การพยากรณ์ความต้องการและการหาต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดของโครงข่ายบรรเทาทุกข์

ศศิภาส์ สีดาว[1] และเจริญชัย โขมพัตราภรณ์[*2]
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

Received: 20 November 2019; Revised: 12 June 2020; Accepted: 17 June 2020

บทคัดย่อ

การเสื่อมสภาพลงของสิ่งแวดล้อมอย่างรวดเร็วส่งผลให้ภัยพิบัติมีความรุนแรงมากขึ้นในปัจจุบัน เมื่อเกิดภัยพิบัติขึ้น กลไกการขนส่งสิ่งของบรรเทาทุกข์จะถูกดำเนินการเพื่อส่งมอบสิ่งของบรรเทาทุกข์แก่ผู้ประสบภัย ในหลายกรณีการขนส่งที่รวดเร็วมีผลต่อการรอดชีวิตของผู้ประสบภัย ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการเตรียมพร้อมสิ่งของบรรเทาทุกข์ให้เพียงพอสำหรับภัยพิบัติที่ไม่แน่นอน งานวิจัยนี้ศึกษาสถานการณ์ขององค์กรให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติ ซึ่งมีสิ่งของบรรเทาทุกข์ 5 ประเภท และมีศูนย์ให้ความช่วยเหลือ 10 แห่งกระจายอยู่ทั่วประเทศ สิ่งของบรรเทาทุกข์ส่วนใหญ่มีพฤติกรรมความต้องการแบบ Intermittent และ Lumpy ดังนั้นจึงใช้การพยากรณ์ด้วยวิธี Croston และ Syntetos & Boylan ควบคู่กับดัชนีฤดูกาลเพื่อให้มีความแม่นยำขึ้น จากนั้นได้พัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่มีจุดประสงค์เพื่อลดต้นทุนในการขนส่งระหว่างศูนย์ให้ความช่วยเหลือและต้นทุนการเก็บรักษาวัสดุคงคลัง โดยเพิ่มแนวทางให้สามารถส่งสิ่งของบรรเทาทุกข์ระหว่างศูนย์ได้สำหรับศูนย์ที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกัน ตัวแบบนี้ได้ถูกทดสอบและเปรียบเทียบกับการขนส่งที่ใช้ในปัจจุบันที่อนุญาตให้ขนส่งจากศูนย์ให้ความช่วยเหลือกลางเท่านั้น ผลการศึกษาพบว่าหากใช้การขนส่งที่นำเสนอในงานวิจัยนี้จะสามารถลดต้นทุนรวมได้ถึงร้อยละ 13 ในบางเดือน อันเป็นผลมาจาการขนส่งในระยะทางสั้นๆ ระหว่างศูนย์ใกล้เคียงและยังทำให้สิ่งของบรรเทาทุกข์เข้าถึงผู้ประสบภัยได้รวดเร็วยิ่งขึ้นด้วย

คำสำคัญ: การพยากรณ์ความต้องการ, ต้นทุนการขนส่งและการเก็บรักษาวัสดุคงคลัง, ภัยพิบัติ, ความต้องการแบบ Intermittent และ Lumpy, การเตรียมพร้อมวัสดุคงคลัง

---

* Corresponding author. E-mail: charoenchai.kho@kmutt.ac.th
[1] นักศึกษามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
[2] รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Demand Forecasting and Total Cost Minimization of Disaster Relief Network

Sasipar Sridao[1] and Charoenchai Khompatraporn[*2]
Department of Production Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi
126 Pracha Uthit Rd., Bangmod, Thungkru, Bangkok 10140

Received: 20 November 2019; Revised: 12 June 2020; Accepted: 17 June 2020

Abstract

Rapid degradation of the environment contributes to rising severity of disasters in recent years. Once a disaster hits, a disaster relief aid delivery mechanism is triggered to deliver the relief aids to the needed victims. In many cases, timely deliveries of these aids are vital to the survival of the disaster victims. Therefore, it is important to sufficiently stock these relief aids under uncertainty of disaster. This research assimilates the situation of a humanitarian organization. There are five different relief aids and 10 humanitarian aid centers throughout the country. The majority of the demands of the relief aids exhibit intermittent and lumpy behaviors, so they are forecasted using Croston and Syntetos & Boylan methods together with seasonality index to give more accurate results. Then a mathematical optimization model in which its objective is to minimize the total transportation and inventory holding costs between humanitarian aids centers is formulated. The model also allows transportation of relief aids between neighboring centers. The model is tested and compared with the current practice that only the transportation of the relief aids from the central location is permitted. The results show that with the transportation method proposed in this research the total cost can be reduced up to 13% in a certain month due to short transportation of the relief aids among neighboring centers by which the time for the aids to reach the victims is also reduced.

Keywords: Demand forecast, Transportation and inventory holding costs, Disaster, Intermittent and lumpy demands, Prepositioning inventory

---

* Corresponding author. E-mail: charoenchai.kho@kmutt.ac.th
1 Master's student in Department of Production Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi
2 Associate Professor in Department of Production Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi

1. บทนำ

เหตุการณ์การเกิดภัยพิบัติในประเทศไทยในหลายปีที่ผ่านมา มีระดับความรุนแรงและความถี่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง อาจด้วยมาจากสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปและอุณหภูมิของโลกที่มีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อเหตุการณ์ภัยพิบัติเกิดขึ้นแล้ว สิ่งที่สำคัญที่สุดคือการช่วยเหลือผู้ประสบภัย ซึ่งในการเกิดภัยพิบัติแต่ละครั้งนั้นไม่สามารถคาดเดาช่วงเวลาการเกิดได้แน่นอน จึงพบว่าปริมาณความต้องการสิ่งของบรรเทาทุกข์นั้นมีความไม่แน่นอนด้วย ดังในงานวิจัยของ Pratondo [1] ที่กล่าวว่า หนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้ปริมาณความต้องการมีความไม่แน่นอนคือ ปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม เช่น การเกิดภัยพิบัติ ซึ่งความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นจะส่งผลให้การเตรียมปริมาณสิ่งของบรรเทาทุกข์ให้เหมาะสมเพื่อพร้อมรับมือกับเหตุการณ์ภัยพิบัตินั้นจึงทำได้ยาก โดยการเตรียมสิ่งของบรรเทาทุกข์ขององค์กรกรณีศึกษาที่ให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยนั้นอาศัยการประมาณจำนวนความต้องการจากประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงาน โดยมักพิจารณาจากข้อมูลความต้องการของปีงบประมาณก่อนหน้าและปริมาณความต้องการของเดือนก่อนหน้าเป็นหลัก

ข้อมูลปริมาณความต้องการจากศูนย์ให้ความช่วยเหลือย่อยที่กระจายอยู่ตามภูมิภาคทั่วประเทศ จะถูกส่งมาที่ศูนย์ให้ความช่วยเหลือกลางที่กรุงเทพฯ จากนั้นจึงทำการขนส่งสิ่งของบรรเทาทุกข์ตามปริมาณความต้องการที่แจ้งมาและเก็บบางส่วนเป็นวัสดุคงคลังไว้เพื่อเตรียมพร้อมกับภัยพิบัติที่อาจจะเกิดขึ้น ซึ่งในงานวิจัยของ van der Laan และคณะ [2] ได้ทำการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสิ่งของให้ความช่วยเหลือทางการแพทย์ด้วยประสบการณ์เช่นเดียวกัน แต่จะเพิ่มขั้นตอนการปรับปริมาณการสั่งซื้อด้วยการจัดกลุ่มสินค้า หากสินค้าใดมีความเสี่ยงที่จะหมดอายุก็จะพิจารณาสั่งสินค้าจำนวนน้อยลง ซึ่งการพยากรณ์ปริมาณความต้องการด้วยประสบการณ์นั้นอาจส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ ทำให้ไม่สามารถเตรียมพร้อมสิ่งของบรรเทาทุกข์เพื่อรองรับความต้องการของผู้ประสบภัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการพยากรณ์ (Forecasting) ปริมาณสิ่งของบรรเทาทุกข์อย่างมีหลักการรองรับจึงเป็นเรื่องที่จำเป็นเพื่อเป็นแนวทางการดำเนินงานให้กับองค์กรที่ให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยสามารถจัดเตรียมสิ่งของบรรเทาทุกข์ในระยะเตรียมพร้อมก่อนเกิดภัยพิบัติได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

ในงานวิจัยนี้ได้พยากรณ์ปริมาณความต้องการของสิ่งของบรรเทาทุกข์ 5 ประเภท ให้กับศูนย์ให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยทั้งหมด 10 ศูนย์ ซึ่งกระจายอยู่ตามภูมิภาคต่างๆ และมีพื้นที่รับผิดชอบที่แตกต่างกันออกไป แต่มีการรวมข้อมูล ประสานงาน และสั่งการจากศูนย์กลางที่ตั้งอยู่ในกรุงเทพฯ เป็นหลัก ซึ่งการพยากรณ์ปริมาณความต้องการในงานวิจัยนี้เริ่มจากการแบ่งประเภทของความต้องการ (Demand Type) และเลือกใช้วิธีพยากรณ์ที่เหมาะสมโดยประเมินจากค่าความคลาดเคลื่อน (Error) ต่ำที่สุด

สำหรับการขนส่งสิ่งของบรรเทาทุกข์ในปัจจุบันจะขนส่งจากศูนย์ให้ความช่วยเหลือกลางเป็นหลักและยังไม่มีแนวทางการขนส่งสิ่งของบรรเทาทุกข์ระหว่างศูนย์ในภูมิภาคที่อยู่ใกล้เคียงกันอย่างชัดเจน งานวิจัยนี้จึงสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อหาผลเฉลยที่ทำให้ต้นทุนการขนส่งและต้นทุนการเก็บรักษาสิ่งของบรรเทาทุกข์ที่ต่ำที่สุด โดยเพิ่มแนวทางการขนส่งระหว่างศูนย์ให้ความช่วยเหลือที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกันตามภูมิภาคต่างๆ เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งสิ่งของบรรเทาทุกข์จากศูนย์ให้ความช่วยเหลือกลาง ซึ่งมีระยะทางไกลกว่า และการขนส่งสิ่งของบรรเทาทุกข์ระหว่างศูนย์ในภูมิภาคยังสามารถลดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสิ่งของ ณ ศูนย์ให้ความช่วยเหลือย่อยเนื่องจากแต่ละศูนย์ไม่จำเป็นต้องถือครองสิ่งของบรรเทาทุกข์ทั้งหมด เพราะสามารถเรียกสิ่งของบรรเทาทุกข์ได้จากศูนย์ใกล้เคียงหากมีความต้องการฉุกเฉิน

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจำแนกรูปแบบความต้องการ

ในการพยากรณ์ปริมาณความต้องการควรเลือกวิธีการพยากรณ์ให้เหมาะสมกับธรรมชาติของข้อมูลย้อนหลังที่ทำการศึกษามากที่สุด เพื่อให้ค่าพยากรณ์มีความแม่นยำและค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดการพิจารณาเลือกวิธีการพยากรณ์นั้นทำได้โดยแบ่งประเภทของรูปแบบความต้องการเสียก่อน โดยความต้องการสามารถแบ่งประเภทได้เป็น 4 ประเภทดังนี้ [3-5]

1. Smooth Demand เป็นกลุ่มที่มีความต้องการใช้สม่ำเสมอ (พิจารณาที่เวลาเป็นหลัก) ปริมาณความต้องการมีความแปรปรวนต่ำ (พิจารณาที่จำนวนเป็นหลัก)

2. Intermittent Demand เป็นกลุ่มที่มีความต้องการไม่สม่ำเสมอ มีหลายช่วงเวลาที่ไม่มีความต้องการ แต่หากมีความต้องการในช่วงเวลานั้นแล้วปริมาณความต้องการมีความแปรปรวนต่ำ

3. Erratic Demand เป็นกลุ่มที่มีความต้องการสม่ำเสมอ แต่ปริมาณความต้องการมีความแปรปรวนสูง

4. Lumpy Demand เป็นกลุ่มที่มีความต้องการสินค้าไม่สม่ำเสมอ มีหลายช่วงเวลาที่ไม่มีความต้องการ และปริมาณความต้องการมีความแปรปรวนสูง ดังนั้นความต้องการสินค้ากลุ่มนี้จึงมีความไม่แน่นอนสูงกว่ารูปแบบความต้องการประเภทอื่น

ในการแบ่งประเภทของรูปแบบความต้องการทั้ง 4 ประเภทที่ได้กล่าวถึง จะพิจารณาจากค่ากำลังสองของสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (Coefficient Variability: CV^2) และคำนวณค่าคาบเวลาเฉลี่ยที่ไม่มีความต้องการ (Average No-demand Interval: ADI) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากข้อ 2.1.1 และ 2.1.2 ตามลำดับ [4, 5]

2.1.1 การคำนวณค่ากำลังสองสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (Coefficient Variability: CV^2)

เป็นการหาความแปรปรวนของความต้องการว่ามีมากหรือน้อยเพียงใด ซึ่งพิจารณาอัตราความต้องการใช้ในแต่ละช่วงเวลา การคำนวณค่ากำลังสองสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (CV^2) เป็นดังสมการ 2.1-2.2

$$CV^2 = \left(\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(\mu_i-\mu)^2}}{\mu}\right)^2 \qquad (2.1)$$

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{n}\mu_i}{n} \qquad (2.2)$$

โดยที่

i คือ ดัชนีคาบเวลา

n คือ จำนวนช่วงเวลาที่ใช้ในการพิจารณาทั้งหมด

μ คือ ค่าเฉลี่ยปริมาณความต้องการ

μ_i คือ ปริมาณความต้องการแต่ละคาบเวลา i

2.1.2 คำนวณค่าคาบเวลาเฉลี่ยที่ไม่มีความต้องการ (Average No-demand Interval: ADI)

เป็นการหาค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาเพื่อหาว่าปริมาณความต้องการมีความสม่ำเสมอเพียงใด การคำนวณค่าคาบเวลาเฉลี่ยที่ไม่มีความต้องการ เป็นคำนวณโดยอ้อมโดยพิจารณาคาบที่มีความต้องการ 2 คาบที่อยู่ใกล้กันที่สุด จากนั้นนับจำนวนคาบเวลาที่อยู่ระหว่าง 2 คาบเวลานี้แต่เป็นคาบที่ไม่มีความต้องการ มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย ดังสมการที่ 2.3

$$ADI = \frac{\sum_{i=1}^{n}T_i}{n} \qquad (2.3)$$

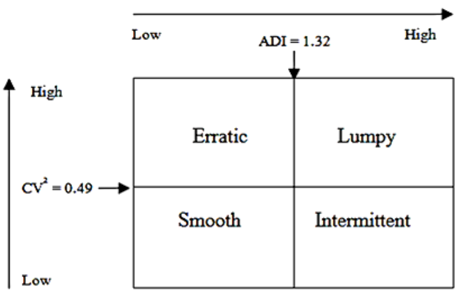
โดยที่

i คือ ดัชนีคาบเวลา

n คือ จำนวนครั้งที่พิจารณา

T_i คือ จำนวนคาบเวลาที่ไม่มีความต้องการ (ซึ่งอยู่ระหว่างคาบที่มีความต้องการ 2 คาบเวลา)

การจำแนกรูปแบบความต้องการ โดยพิจารณาจากพิจารณาค่ากำลังสองสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (Coefficient Variability: CV^2) และค่าคาบเวลาเฉลี่ยที่ไม่มีความต้องการ (Average No-demand Interval: ADI) โดยสามารถแบ่งได้ตามรูปที่ 1 (ปรับปรุงจาก [3-5])



รูปที่ 1 ประเภทรูปแบบความต้องการ

2.2 การพยากรณ์ปริมาณความต้องการ

วิธีการพยากรณ์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ดังนี้ [6,7]

2.2.1 การพยากรณ์เชิงคุณภาพ

เป็นวิธีที่อาศัยวิจารณญาณหรือความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (หรือผู้บริหาร) ในการคาดคะเนถึงเหตุการณ์ที่จะ

เกิดขึ้นในอนาคต วิธีการดังกล่าวจะเป็นประโยชน์กับการพยากรณ์ในระยะปานกลางและระยะยาว ไม่มีหลักเกณฑ์ที่แน่ชัดแต่ใช้ความรู้ ดุลยพินิจ และประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญหรือผู้บริหารเป็นเกณฑ์ อย่างไรก็ตามการพยากรณ์เชิงคุณภาพมีข้อเสียในเชิงการนำมาปฏิบัติ เพราะจะได้เพียงค่าประมาณการ วิธีการพยากรณ์เชิงคุณภาพที่นิยมใช้มีอยู่ 5 วิธี คือ วิธีเดลฟาย (Delphi Method) วิธีการวิจัยตลาด (Marketing Research) วิธีฉันทามติกลุ่ม (Panel Consensus) วิธีการพยากรณ์แบบรากหญ้า (Grass Root Forecasting) และ วิธีการพยากรณ์ที่ยึดอดีตเป็นหลัก (Historical Analogy)

2.2.2 วิธีการพยากรณ์เชิงปริมาณ

การพยากรณ์เชิงปริมาณ เป็นวิธีการพยากรณ์ที่ใช้ข้อมูลในอดีตมาเป็นหลักในการพิจารณาถึงสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยอาศัยหลักสถิติและคณิตศาสตร์ จุดประสงค์ของวิธีการพยากรณ์เหล่านี้คือ ต้องการที่จะชี้ให้เห็นถึงรูปแบบของข้อมูลในอดีต และทำการตีความรูปแบบของข้อมูลถึงทิศทางของข้อมูลที่จะเป็นไปได้ในอนาคต ซึ่งการพยากรณ์เชิงปริมาณสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีใหญ่ๆ คือ

2.2.2.1 การพยากรณ์โดยวิธีทางคณิตศาสตร์ (Casual or Explanatory Methods)

เป็นวิธีที่มีสมมติฐานว่าความต้องการของสินค้ารายการหนึ่งจะขึ้นอยู่กับปัจจัยอิสระตัวใดตัวหนึ่งหรือหลายตัว (เช่น ราคา การโฆษณา การแข่งขันด้านราคา เป็นต้น) วิธีทางคณิตศาสตร์แบ่งออกเป็นหลายวิธี แต่วิธีที่นิยมและแพร่หลายมากที่สุดวิธีหนึ่งคือ วิธีการวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์ (Correlation and Regression Analysis)

2.2.2.2 การพยากรณ์โดยวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Analysis)

เป็นการพยากรณ์โดยการศึกษาถึงความเคลื่อนไหวของข้อมูลชุดหนึ่งๆ ตามระยะเวลาในอดีตว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน ตัวอย่างข้อมูลอนุกรมเวลา ได้แก่ ข้อมูลการขายสินค้ารายวัน ข้อมูลการผลิตสินค้ารายเดือน เป็นต้น ในการนำเสนอข้อมูลอนุกรมเวลามักจะเรียงลำดับเวลาตามปฏิทิน ข้อมูลอนุกรมเวลาที่รวบรวมไว้สามารถนำเสนอได้ทั้งแบบกราฟหรือตาราง การนำเสนอแบบกราฟสามารถช่วยให้ทราบถึงทิศทางการเปลี่ยนแปลงและแนวโน้มของข้อมูล ซึ่งการพยากรณ์โดยวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่ใช้ในการวิจัยนี้มีดังนี้

1. วิธีการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Method: MA)

การพยากรณ์แบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ให้ความสำคัญกับข้อมูลเท่ากันทั้งหมด โดยมีสมการการคำนวณดังนี้ [7]

$$MA_n = \frac{\sum_{i=1}^{n} D_i}{n} \qquad (2.4)$$

โดยที่

i คือ ดัชนีคาบเวลา

D_i คือ ปริมาณความต้องการในคาบที่ i

n คือ จำนวนคาบเวลาในการคำนวณค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ที่ต้องการเช่น อาจจะเป็น 3, 4, 5 หรืออื่นๆ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของข้อมูล

2. วิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลอย่างง่าย (Simple Exponential Smoothing: SES)

วิธีปรับเรียบเอ็กโปเนนเชียลอย่างง่ายนั้นใช้ค่าสัมประสิทธิ์ α ในการปรับเรียบ (Smoothing Constant) เพื่อตอบสนองต่อข้อมูลค่าความต้องการ ค่า α ที่สูงขึ้นจะสัมพันธ์หรือตอบสนองกับการพยากรณ์ต่อค่าความต้องการครั้งล่าสุดมาก แต่ค่า α ที่ต่ำจะแสดงการพยากรณ์ที่ราบเรียบมากขึ้น คือมีการตอบสนองต่อค่าความต้องการครั้งล่าสุดน้อยกว่าแต่แสดงค่า “กลางๆ” ของความต้องการโดยทั่วๆ ไป มีสมการคำนวณเป็นดังนี้ [7]

$$F_{i+1} = F_i + \alpha(D_i - F_i) \qquad (2.5)$$

โดยที่

i คือ ดัชนีคาบเวลา

D_i คือ ปริมาณความต้องการในคาบที่ i

F_i คือ ค่าพยากรณ์ความต้องการในคาบที่ i

F_{i+1} คือ ค่าพยากรณ์ความต้องการในคาบที่ $i+1$

α คือ ค่าสัมประสิทธิ์ปรับเรียบมีค่าอยู่ในช่วง 0-1

3. วิธี Croston (Croston's Method: CT)

มักใช้สำหรับการพยากรณ์ความต้องการสินค้าประเภท Intermittent และ Lumpy โดยการแยกพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้า และคาบเวลาที่ต้องการใช้สินค้า โดยเน้นให้ความสำคัญกับสถานการณ์ที่ความต้องการสินค้ามีค่าเป็นศูนย์หลายครั้งติดต่อกัน สมการการคำนวณมีดังนี้ [8]

$$F_{i+1} = \frac{Z_i}{P_i} \tag{2.6}$$

$$Z_i = \alpha D_i + (1-\alpha)Z_{i-1} \tag{2.7}$$

$$P_i = \alpha G_i + (1-\alpha)P_{i-1} \tag{2.8}$$

โดยที่

i คือ ดัชนีคาบเวลา

D_i คือ ปริมาณความต้องการในคาบที่ i

F_{i+1} คือ ค่าพยากรณ์ด้วยวิธี Croston ในคาบที่ $i+1$

G_i คือ ความกว้างของคาบเวลา ระหว่างคาบ i ที่มีความต้องการกับคาบที่มีความต้องการก่อนหน้านั้น (Demand interval between the demand in period *i* and its previous demand)

P_i คือ จำนวนคาบเวลาที่ได้จากการพยากรณ์หลังจากคาบที่ i (Demand interval forecast after period *i*)

Z_i คือ ปริมาณความต้องการที่ได้จากการพยากรณ์ของคาบที่ i

α คือ ค่าสัมประสิทธิ์มีค่าอยู่ในช่วง 0-1

4. วิธี Syntetos and Boylan (Syntetos and Boylan Method: SB)

เป็นวิธีการพยากรณ์ที่ปรับปรุงจากวิธีของ Croston โดยมีการกำจัดความเอนเอียง (Bias) ออกจากการคำนวณ มีสมการคำนวณดังต่อไปนี้ [9]

$$F_{i+1} = \left(1-\frac{\alpha}{2}\right)\frac{Z_i}{P_i} \tag{2.9}$$

$$Z_i = \alpha D_i + (1-\alpha)Z_{i-1} \tag{2.10}$$

$$P_i = \alpha G_i + (1-\alpha)P_{i-1} \tag{2.11}$$

โดยที่ สัญลักษณ์ต่างๆ เป็นเช่นเดียวกับการพยากรณ์โดยวิธี Croston ยกเว้นค่าพยากรณ์ F_{i+1} ในที่นี้เป็นค่าพยากรณ์จากวิธี Syntetos & Boylan ในคาบที่ $i+1$

5. ดัชนีฤดูกาล (Seasonal Index)

การพยากรณ์ปริมาณความต้องการที่มีธรรมชาติของข้อมูลเป็นการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล สามารถหาดัชนีฤดูกาล (Seasonal Index: SI) มาคูณกับปริมาณความต้องการปกติได้เพื่อหาปริมาณความต้องการที่ใกล้เคียงกับความต้องการจริงมากที่สุด การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงไปเรื่อยๆ อย่างช้าๆ ในช่วงเวลาหนึ่งๆ บางครั้งอาจคงรูปแบบของฤดูกาลที่มีเสถียรภาพอยู่เป็นเวลาหลายปีแต่หลังจากนั้นก็เปลี่ยนแปลงไปเป็นอีกรูปแบบหนึ่ง ค่าดัชนีฤดูกาลจะใช้เพื่อปรับปริมาณความต้องการสำหรับข้อมูลที่มีความผันแปรตามฤดูกาล (Season Variation) การคำนวณค่าดัชนีฤดูกาลในข้อมูลรายปีสามารถทำได้ด้วยการหาสัดส่วนระหว่างปริมาณความต้องการจริง (Actual Demand) กับ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ศูนย์กลาง 12 เดือน (12 Month Centered Moving Average) ดังนี้ [10]

$$SI_i = \frac{D_i}{MA_{12}} \tag{2.12}$$

โดยที่

SI_i คือ ค่าดัชนีฤดูกาลของคาบที่ i (หรือบางกรณีอาจหมายถึงช่วงเวลาที่ i ก็ได้)

D_i คือ ปริมาณความต้องการจริงในคาบที่ i

MA_{12} คือ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ศูนย์กลาง 12 เดือน

ในงานวิจัยนี้ได้เพิ่มวิธีพยากรณ์ที่ใช้ค่าปรับดัชนีฤดูกาลกับการพยากรณ์ด้วยวิธี Croston และ Syntetos & Boylan ซึ่งวิธี Croston with Seasonal Index (CTSI) และวิธี Syntetos & Boylan with Seasonal Index (SBSI) คำนวณได้จากสมการที่ 2.13 และ 2.14 ตามลำดับ

$$F_{i+1} = \frac{Z_i}{P_i}SI_i \tag{2.13}$$

$$F_{i+1} = \left(1-\frac{\alpha}{2}\right)\frac{Z_i}{P_i}SI_i \tag{2.14}$$

2.3 การวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์

ในการเลือกวิธีที่เหมาะสมในการพยากรณ์เชิงปริมาณมักพิจารณาจากความคลาดเคลื่อนต่ำสุดที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นการหาค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่เกิดขึ้นจริงและค่าที่ได้จากการพยากรณ์ ในงานวิจัยนี้คำนวณความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์โดยวิธี ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Deviation: MAD) [7,11] โดยมีรายละเอียดดังนี้

ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย คำนวณได้จากการนำค่าสัมบูรณ์ของความแตกต่างระหว่างค่าความต้องการจริงและค่าพยากรณ์ที่ได้ในแต่ละคาบมารวมกันทั้งหมด แล้วหารด้วยจำนวนคาบเวลาที่พิจารณา หาก MAD มีค่าน้อยแสดงว่าการพยากรณ์ค่อนข้างใกล้เคียงกับความเป็นจริง โดยมีสมการคำนวณดังนี้

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^{n} |D_i - F_i|}{n} \tag{2.15}$$

โดยที่

i คือ ดัชนีคาบเวลา

D_i คือ ปริมาณความต้องการในคาบที่ i

F_i คือ ค่าพยากรณ์ความต้องการในคาบที่ i

n คือ จำนวนคาบเวลาที่พิจารณา

2.4 การหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimization)

การหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด เป็นวิธีการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาแนวทางที่ดีที่สุดในการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่ต้องการมากที่สุด ตัวอย่างการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดเช่น การหาระยะทางการเดินทางที่สั้นที่สุดในการเดินทางจากเมืองหนึ่งไปยังอีกเมืองหนึ่ง หรือการกำหนดการผลิตสินค้าเพื่อให้เกิดค่าตอบแทนสูงที่สุดภายใต้ทรัพยากรการผลิตที่มีจำกัด เป็นต้น การหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด มีองค์ประกอบทั้งหมด 3 ส่วนคือ [12, 13]

1. ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables) เป็นตัวแปรที่มีผลต่อการตัดสินใจ มีค่าเปลี่ยนแปลงได้และผลของการเปลี่ยนแปลงมีผลต่อการได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution)
2. ข้อจำกัด (Constraints) เป็นข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา ซึ่งสามารถกำหนดผ่านสมการต่างๆ เพื่อแสดงรูปแบบความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของตัวแปรตัดสินใจ
3. วัตถุประสงค์ (Objective) เป็นการวัดเป้าหมายหรือสิ่งที่เราต้องการจากการแก้ปัญหา เช่น ระยะทางที่สั้นที่สุด ค่าใช้จ่ายต่ำสุด ผลตอบแทนที่สูงที่สุด เป็นต้น โดยทั่วไปจะมีอยู่ 2 รูปแบบคือ
   a. Maximization คือ ต้องการคำตอบที่มีค่าสูงที่สุด
   b. Minimization คือ ต้องการคำตอบที่มีค่าต่ำที่สุด

3. ปัญหาโครงข่ายการขนส่งสิ่งของบรรเทาทุกข์

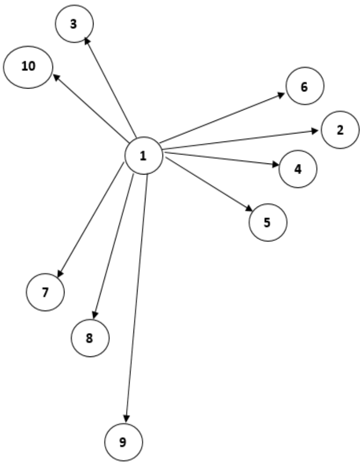
3.1 รายละเอียดของปัญหา

ปัญหาของงานวิจัยนี้คือการพิจารณาแนวทางการขนส่งสิ่งของบรรเทาทุกข์ที่เหมาะสม โดยใช้ข้อมูลการพยากรณ์ความต้องการสิ่งของบรรเทาทุกข์ที่มีอยู่ 5 ประเภท นั่นคือ

1. ถุงช่วยเหลือผู้ประสบภัย (โดยต่อไปจะเรียกอย่างย่อว่า ถุงช่วยเหลือ) เป็นชุดสิ่งของหลักที่แจกจ่ายให้แก่ผู้ประสบภัยในเกือบทุกประเภทของภัยพิบัติ
2. ผ้าห่ม เพื่อแจกจ่ายผู้ประสบภัยหนาวหรือกรณีอื่นที่จำเป็น
3. เสื้อกันหนาว เพื่อแจกจ่ายผู้ประสบภัยหนาว
4. ชุดสุขอนามัย เป็นชุดสิ่งของที่ประกอบไปด้วยยาและชุดปฐมพยาบาลพื้นฐาน
5. ชุดอัคคีภัย เป็นชุดสิ่งของที่มุ่งเน้นช่วยเหลือผู้ประสบภัยด้านอัคคีภัยเป็นหลัก

ในงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลปริมาณความต้องการสิ่งของบรรเทาทุกข์ทั้ง 5 ชนิด ตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ. 2554 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2559 ของศูนย์ให้ความช่วยเหลือทั้ง 10 แห่ง (ดังรูปที่ 2) โดยในรูป เลข 1 คือศูนย์ให้ความช่วยเหลือส่วนกลางที่กรุงเทพฯ เลข 2 คือศูนย์ใน จ.อุบลราชธานี เลข 3 คือศูนย์ใน จ.เชียงใหม่ เลข 4 คือศูนย์ใน จ.สุรินทร์ เลข 5 คือศูนย์ใน จ.สระแก้ว เลข 6 คือศูนย์ใน จ.นครราชสีมา เลข 7 คือศูนย์ใน จ.เพชรบุรี เลข 8 คือศูนย์ใน จ.ประจวบคีรีขันธ์

เลข 9 คือศูนย์ใน จ.นครศรีธรรมราช และเลข 10 คือศูนย์ใน จ.ตาก



รูปที่ 2 โครงข่ายการขนส่งสิ่งของบรรเทาทุกข์

3.2 การจำแนกรูปแบบความต้องการ

จากข้อมูลปริมาณความต้องการ สามารถมาคำนวณค่า CV^2 และ ADI ตามสมการที่ 2.1 – 2.3 เพื่อจำแนกรูปแบบความต้องการ ตารางที่ 1 แสดงผลการจำแนกรูปแบบความต้องการตามประเภทสิ่งของบรรเทาทุกข์ของศูนย์ให้ความช่วยเหลือต่างๆ

3.3 การพยากรณ์

วิธีการพยากรณ์ในงานวิจัยนี้ ใช้การพยากรณ์การวิเคราะห์อนุกรมเวลา เนื่องจากลักษณะของภัยพิบัติที่ส่งผลต่อปริมาณความต้องการสิ่งของบรรเทาทุกข์ ส่วนหนึ่งมาจากอิทธิพลของฤดูกาล

3.3.1 การพยากรณ์รูปแบบความต้องการกลุ่ม Smooth & Erratic

จากข้อมูลรูปแบบความต้องการของสิ่งของบรรเทาทุกข์ทั้ง 5 ชนิดตามตารางที่ 1 พบว่ามีรูปแบบความต้องการประเภท Smooth 2 กรณี และ Erratic 1 กรณี แต่รูปแบบความต้องการประเภท Smooth ที่เกิดขึ้นมาจากกรณีความต้องการที่เป็น 0 ทั้งหมด คือไม่เคยมีปริมาณความต้องการเกิดขึ้นเลย ซึ่งเป็นสิ่งของบรรเทาทุกข์ประเภทเสื้อกันหนาวที่ศูนย์ให้ความช่วยเหลือที่ 9 และชุดสุขอนามัยที่ศูนย์ให้ความช่วยเหลือที่ 4 ซึ่งวิธีการพยากรณ์ที่นิยมสำหรับความต้องการกลุ่ม Smooth นี้คือ วิธีการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (MA) และวิธีการแบบปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลอย่างง่าย (SES) โดยหากพยากรณ์ด้วยวิธีการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่จะได้ค่าพยากรณ์เป็นศูนย์ และหากใช้วิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลอย่างง่ายจะมีค่า $\alpha = 0$ ซึ่งเมื่อประยุกต์ใช้กับข้อมูลแล้วทั้ง 2 วิธีจะให้ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์เป็นศูนย์ ในที่นี้จึงแสดงผลด้วย SES $\alpha = 0.0$ ในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 รูปแบบความต้องการของสิ่งของบรรเทาทุกข์

ศูนย์ที่	ถุงช่วยเหลือ			ผ้าห่ม			เสื้อกันหนาว			ชุดสุขอนามัย			ชุดอัคคีภัย		
	CV^2	ADI	รูปแบบ	CV^2	ADI	รูปแบบ	CV^2	ADI	รูปแบบ	CV^2	ADI	รูปแบบ	CV^2	ADI	รูปแบบ
1	2.73	1.04	Erratic	0.65	2.25	Lumpy	0.70	7.20	Lumpy	0.41	3.43	Intermittent	1.53	1.61	Lumpy
2	2.81	4.06	Lumpy	0.97	3.65	Lumpy	0.52	3.88	Lumpy	4.21	3.00	Lumpy	3.91	2.19	Lumpy
3	4.81	2.27	Lumpy	1.24	2.52	Lumpy	1.23	2.65	Lumpy	1.96	4.64	Lumpy	0.00	52.00	Intermittent
4	1.06	8.75	Lumpy	0.90	3.32	Lumpy	1.78	3.93	Lumpy	0.00	0.00	Smooth	0.00	42.00	Intermittent
5	0.95	4.18	Lumpy	3.04	4.50	Lumpy	0.45	7.20	Intermittent	1.49	24.00	Lumpy	0.75	16.75	Lumpy
6	7.28	1.63	Lumpy	0.59	3.41	Lumpy	0.54	4.21	Lumpy	4.45	6.36	Lumpy	11.30	1.56	Lumpy
7	1.82	6.00	Lumpy	1.94	16.67	Lumpy	1.00	17.00	Lumpy	1.09	4.25	Lumpy	2.79	6.00	Lumpy
8	25.99	2.15	Lumpy	0.71	12.00	Lumpy	0.57	10.71	Lumpy	0.00	0.30	Intermittent	0.99	33.00	Lumpy
9	5.38	3.79	Lumpy	0.55	4.00	Lumpy	0.00	0.00	Smooth	0.69	6.50	Lumpy	5.55	6.29	Lumpy
10	3.38	2.73	Lumpy	3.43	3.26	Lumpy	0.68	3.93	Lumpy	0.29	33.50	Intermittent	4.82	3.82	Lumpy

ตารางที่ 2 วิธีพยากรณ์ที่ให้ค่า MAD ที่ต่ำที่สุด

ศูนย์ให้ความช่วยเหลือ	สิ่งของบรรเทาทุกข์				
	ถุงช่วยเหลือ	ผ้าห่ม	เสื้อกันหนาว	ชุดสุขอนามัย	ชุดอัคคีภัย
ศูนย์ที่ 1	SES α =0.9	SBSI α =0.1	SBSI α =0.1	SBSI α =0.3	SBSI α =0.4
ศูนย์ที่ 2	SBSI α =0.9	SBSI α =0.1	SBSI α =0.1	SBSI α =0.9	SBSI α =0.1
ศูนย์ที่ 3	SBSI α =0.9	SBSI α =0.9	SBSI α =0.1	SBSI α =0.9	CTSI α =0.1
ศูนย์ที่ 4	SBSI α =0.9	SBSI α =0.9	SBSI α =0.1	SES α =0.0	CTSI α =0.1
ศูนย์ที่ 5	SBSI α =0.1	SBSI α =0.9	SBSI α =0.1	CT α =0.1	CTSI α =0.1
ศูนย์ที่ 6	SBSI α =0.2	SBSI α =0.9	SBSI α =0.1	SBSI α =0.9	SBSI α =0.1
ศูนย์ที่ 7	SBSI α =0.1	SBSI α =0.9	SBSI α =0.9	SBSI α =0.3	CTSI α =0.1
ศูนย์ที่ 8	SBSI α =0.1	SBSI α =0.9	SBSI α =0.3	CT α =0.1	CTSI α =0.1
ศูนย์ที่ 9	SBSI α =0.1	SBSI α =0.9	SES α =0.0	SBSI α =0.9	SBSI α =0.1
ศูนย์ที่ 10	SBSI α =0.1	SBSI α =0.9	SBSI α =0.1	CT α =0.1	SBSI α =0.9

สำหรับรูปแบบความต้องการประเภท Erratic ซึ่งมีความต้องการสม่ำเสมอและข้อมูลเป็นข้อมูลแบบอนุกรมเวลา จึงเลือกใช้วิธีการพยากรณ์ที่นิยมกับข้อมูลประเภทนี้ 2 วิธี คือ การหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ที่ 3, 5, 7 และ 9 เดือน โดยคำนวณจากสมการที่ 2.4 และการหาแบบปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลอย่างง่าย (Simple Exponential Smoothing: SES) โดยทดสอบกับ α = 0.1 ถึง 0.9 ในสมการที่ 2.5

3.3.2 การพยากรณ์รูปแบบความต้องการกลุ่ม Intermittent & Lumpy

จากข้อมูลรูปแบบความต้องการของสิ่งของบรรเทาทุกข์ทั้ง 5 ชนิด ตามตารางที่ 1 พบว่ามีรูปแบบความต้องการประเภท Intermittent 6 กรณี และ Lumpy 41 กรณี การพยากรณ์สำหรับความต้องการกลุ่มนี้จะให้ความสำคัญกับช่วงเวลาที่ไม่มีปริมาณความต้องการเกิดขึ้นโดยสังเกตจากค่า ADI จะมีค่าสูง จึงเลือกใช้วิธีการพยากรณ์ที่นำค่าคาบเวลาที่ไม่มีความต้องการเข้ามาคำนวณด้วย นั้นคือวิธีการพยากรณ์แบบ Croston (CT) และ Syntetos & Boylan ดังสมการที่ 2.6 ถึง 2.11

นอกจากนี้ยังได้เพิ่มวิธีการพยากรณ์อีก 2 วิธีคือ การพยากรณ์แบบ Croston with Seasonal Index (CTSI) และ Syntetos & Boylan with Seasonal Index (SBSI) ซึ่ง ดังสมการที่ 2.13 และ 2.14 ที่ได้ปรับใช้วิธี Croston และ Syntetos & Boylan มาร่วมกับค่าดัชนีฤดูกาล โดยวิธีการพยากรณ์ 2 วิธีหลังนี้เป็นวิธีที่นำมาประยุกต์ใช้เพื่อให้การพยากรณ์มีความคลาดเคลื่อนน้อยลง

3.4 การวัดค่าความคลาดเคลื่อน

การวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ในงานวิจัยนี้ประเมินโดยวิธี MAD ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยแสดงเฉพาะการพยากรณ์ที่ให้ค่า MAD ที่ต่ำที่สุด จากนั้นใช้วิธีเหล่านี้มาพยากรณ์ความต้องการของเดือนมกราคม ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2560 ตัวอย่างผลการพยากรณ์ของเดือนมกราคม พ.ศ. 2560 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3

นำค่าพยากรณ์ที่ได้และค่าสัมประสิทธิ์อื่นๆ มาหาแนวทางการขนส่งที่ทำให้ต้นทุนการขนส่งรวมที่ต่ำที่สุด ดังแสดงในตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ในหัวข้อต่อไป

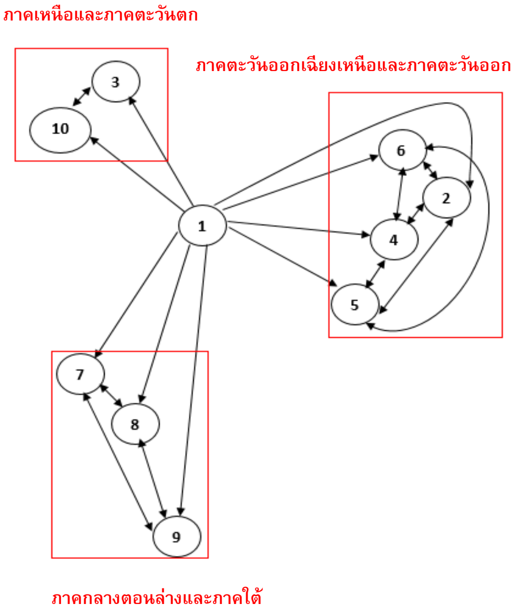
4. ตัวแบบทางคณิตศาสตร์

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ต่อไปนี้เป็นตัวแบบอธิบายโครงข่ายการขนส่งสิ่งของบรรเทาทุกข์ไปยังศูนย์ให้ความช่วยเหลือ (เรียกโดยย่อว่า “ศูนย์”) ต่างๆ เพื่อหาต้นทุนการขนส่งและการถือครองวัสดุคงคลังที่ต่ำที่สุด ปัจจุบันการขนส่งสิ่งของบรรเทาทุกข์จะขนส่งจากศูนย์ให้ความช่วยเหลือกลางที่ กรุงเทพฯ ไปยังศูนย์ตามภูมิภาคเท่านั้น โดยไม่มีแนวทางการขนส่งระหว่างศูนย์อื่นๆ ที่อยู่ตามภูมิภาคอย่างชัดเจน

ตารางที่ 3 ค่าพยากรณ์เดือนมกราคม พ.ศ. 2560

ศูนย์ให้ความช่วยเหลือ	สิ่งของบรรเทาทุกข์ (จำนวนชุด)				
	ถุงช่วยเหลือ	ผ้าห่ม	เสื้อกันหนาว	ชุดสุขอนามัย	ชุดอัคคีภัย
ศูนย์ที่ 1	462	2,423	466	0	255
ศูนย์ที่ 2	0	3,083	2,159	1	2
ศูนย์ที่ 3	7	1,003	895	33	0
ศูนย์ที่ 4	0	3,011	1,630	0	0
ศูนย์ที่ 5	0	1,295	100	2	31
ศูนย์ที่ 6	143	2,433	1,371	0	3
ศูนย์ที่ 7	393	0	3	2	3
ศูนย์ที่ 8	742	3	25	47	20
ศูนย์ที่ 9	4,044	0	0	44	3
ศูนย์ที่ 10	7	1,250	635	22	0

ซึ่งในงานวิจัยนี้เสนอแนวคิดให้ศูนย์ในภูมิภาคที่อยู่ใกล้เคียงกันสามารถส่งสิ่งของบรรเทาทุกข์ระหว่างกันได้ โดยขนส่งจากศูนย์ที่มีปริมาณสิ่งของเกินความต้องการไปยังศูนย์ที่มีปริมาณสิ่งของไม่เพียงพอต่อความต้องการ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 โครงข่ายการขนส่งแบบเชื่อมโยงศูนย์ให้ความช่วยเหลือในพื้นที่ใกล้เคียง

4.1 ดัชนีและสัญลักษณ์

1. โหนด (Nodes)

i คือ ดัชนีศูนย์ให้ความช่วยเหลือโดย i= 1, 2, 3, ..., 10

h คือ โหนดสมมุติในการรับส่งสิ่งของ

เพื่อให้การขนส่งมีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดจึงควรทำการขนส่งในพื้นที่ที่ใกล้เคียงกัน ในงานวิจัยนี้จึงแบ่งกลุ่มศูนย์ที่สามารถส่งสิ่งของระหว่างกันได้เป็น 3 กลุ่มตามตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์นั้นๆ หากจะทำการขนส่งนอกกลุ่มควรใช้การขนส่งจากส่วนกลางเนื่องจากระยะทางสั้นกว่า กลุ่มศูนย์ทั้ง 3 กลุ่ม หรือ 3 เซตตามภูมิภาค แบ่งดังนี้

- เซต A หมายถึง เซตของศูนย์ที่อยู่ภาคเหนือและภาคตะวันตก มีสมาชิกคือศูนย์ที่ 3 และ 10 ดังนั้นกำหนดให้ A = {3, 10}
- เซต B หมายถึง เซตของศูนย์ที่อยู่ภาคตะวันออกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีสมาชิกคือศูนย์ที่ 2, 4, 5 และ 6 ดังนั้นกำหนดให้ B = {2, 4, 5, 6}
- เซต C หมายถึง เซตของศูนย์ที่อยู่ภาคกลางตอนล่างและภาคใต้ มีสมาชิกคือศูนย์ที่ 7, 8 และ 9 ดังนั้นกำหนดให้ C = {7, 8, 9}

และกำหนดให้เซต D = A ∪ B ∪ C

t คือ ดัชนีคาบเวลา หน่วยเป็นเดือน

2. เส้นเชื่อม (Arcs)

(i, j) คือ เส้นทางในการส่งสิ่งของบรรเทาทุกข์จากศูนย์ i ไปยังศูนย์ j โดย i= 1, 2, 3, ..., 10 และ j= 1, 2, 3, ..., 10

3. สิ่งของบรรเทาทุกข์ (Relief Aids)

k คือ ดัชนีสิ่งของบรรเทาทุกข์ 5 ประเภท คือ 1 แทน ถุงช่วยเหลือ, 2 แทน ผ้าห่ม, 3 แทน เสื้อกันหนาว, 4 แทน ชุดสุขอนามัย และ 5 แทน ชุดอัคคีภัย

4. ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

X_{ijk}^t คือ ปริมาณสิ่งของ k ที่ขนส่งจากศูนย์ i ไปศูนย์ j ในคาบเวลา t หน่วยเป็นชิ้น

XA_{ij}^t คือ จำนวนรอบรถในการขนส่งสิ่งของจากศูนย์ i ไปศูนย์ j ในคาบเวลา t หน่วยเป็นรอบ

5. พารามิเตอร์ (Parameters)

C_{ij}^t คือ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสิ่งของจากศูนย์ i ไปศูนย์ j ในคาบเวลา t หน่วยเป็นบาท/รอบ

V_k คือ ปริมาตรสิ่งของบรรเทาทุกข์ k หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

Cr_{ik}^t คือ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาของสิ่งของ k ที่ศูนย์ i ในคาบเวลา t หน่วยเป็นบาท/เดือน/ชิ้น

R_{ik}^t คือ ปริมาณคงเหลือของสิ่งของชนิด k ที่ศูนย์ i ในคาบเวลา t หน่วยเป็นชิ้น

V_{truck} คือ ปริมาตรของรถบรรทุกขนาด 4 ล้อ หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

F_{ik}^t คือ ค่าพยากรณ์ของสิ่งของ k ที่ศูนย์ i ในคาบเวลา t หน่วยเป็นชิ้น

D_{ik}^t คือ ปริมาณความต้องการจริงของสิ่งของ k ที่ศูนย์ i ในคาบเวลา t หน่วยเป็นชิ้น

S_{ik}^t คือ ปริมาณการจัดเก็บขั้นต่ำของสิ่งของ k ที่ศูนย์ i ในคาบเวลา t หน่วยเป็นชิ้น

4.2 ตัวแบบคณิตศาสตร์

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ประกอบไปด้วย สมการจุดประสงค์ และสมการข้อจำกัด ดังนี้

1. สมการจุดประสงค์

$$\min \sum_{t=1}^{5} \sum_{i\in 1\cup D} \sum_{j\in D} C_{ij}^t \, XA_{ij}^t + \sum_{t=1}^{5} \sum_{i\in 1\cup D} \sum_{k=1}^{5} Cr_{ik}^t \, R_{ik}^t \quad (4.1)$$

2. สมการข้อจำกัด

$$\left\lceil \frac{\sum_{k=1}^{5} X_{ijk}^t V_k}{V_{truck}} \right\rceil = XA_{ij}^t, \forall i,j,t \quad (4.2)$$

$$R_{ik}^t = R_{ik}^{t-1} + X_{hik}^t - X_{ijk}^t - D_{ik}^t, \quad \forall h \in 1\cup D, \forall i,j \in D, \forall k,t \quad (4.3)$$

ปริมาณขนส่งสุทธิ (Net Flow) ของเซต A

$$X_{hik}^t + R_{ik}^{t-1} - X_{ijk}^t - F_{ik}^t - S_{ik}^t \geq 0, \quad \forall h \in 1\cup A, \forall i \in A, \forall k \quad (4.4)$$

ปริมาณขนส่งสุทธิ (Net Flow) ของเซต B

$$X_{hik}^t + R_{ik}^{t-1} - X_{ijk}^t - F_{ik}^t - S_{ik}^t \geq 0, \quad \forall h \in 1\cup B, \forall i \in B, \forall k \quad (4.5)$$

ปริมาณรับส่งสุทธิ (Net flow) ของเซต C

$$X_{hik}^t + R_{ik}^{t-1} - X_{ijk}^t - F_{ik}^t - S_{ik}^t \geq 0, \quad \forall h \in 1\cup C, \forall i \in C, \forall k \quad (4.6)$$

และ $X_{ijk}^t \geq 0$ และ XA_{ij}^t เป็นจำนวนเต็มที่ไม่น้อยกว่าศูนย์ $\forall i,j,k,t$ (4.7)

โดยที่

$1\cup A, 1\cup B, 1\cup C$ และ $1\cup D$ หมายถึงการยูเนียนระหว่างเซตที่มีศูนย์ 1 เท่านั้น กับเซ็ตของศูนย์ A, B, C และ D ตามลำดับ

สมการที่ 4.1 แสดงค่าใช้จ่ายรวมประกอบด้วยผลรวมของต้นทุนในการขนส่งสิ่งของบรรเทาทุกข์และค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา หน่วยเป็นบาทต่อเดือน

สมการที่ 4.2 จำนวนรอบรถในการขนส่งสิ่งของบรรเทาทุกข์ทั้งหมดจากศูนย์ i ไป j คิดจากปริมาตรที่จะขนส่งหารด้วยปริมาตรของรถบรรทุก หน่วยเป็นรอบ

สมการที่ 4.3 ปริมาณคงเหลือสิ่งของ k ที่ศูนย์ i เท่ากับปริมาณคงเหลือของเดือนก่อนหน้ารวมกับสิ่งของที่รับมาจากศูนย์อื่นแล้วหักปริมาณความต้องการที่เกิดขึ้นจริงที่ศูนย์ i และสิ่งของที่ศูนย์ i ส่งให้ศูนย์อื่นๆ หน่วยเป็นชิ้น

สมการที่ 4.4 ถึง 4.6 แสดงปริมาณการรับส่งสุทธิสิ่งของ k ที่ศูนย์ในเซต A เซต B และ เซต C ตามลำดับ

สมการที่ 4.7 กำหนดให้ปริมาณสิ่งของ k ที่ขนส่งจากศูนย์ i ไป j เป็นจำนวนเต็มบวกและศูนย์ หน่วยเป็นชิ้น

5. ผลการศึกษา

5.1 ข้อมูลเชิงปริมาณ

เนื่องจากศูนย์ต่างๆ มีขนาดของคลังไม่เท่ากัน จึงกำหนดปริมาณการจัดเก็บขั้นต่ำ (Safety Stock) ของสิ่งของบรรเทาทุกข์ที่ศูนย์ต่างๆ ไว้แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4 จะสังเกตได้ว่าสิ่งของบรรเทาทุกข์บางประเภทจะไม่เก็บไว้ที่บางศูนย์ เนื่องจากคลังของศูนย์ในภูมิภาคบางศูนย์มีขนาดเล็กและมักไม่เกิดภัยพิบัติที่ต้องใช้สิ่งของบรรเทาทุกข์ประเภทนั้นๆ แต่ศูนย์ให้ความช่วยเหลือกลางจะต้องเก็บจำนวนขั้นต่ำของสิ่งของบรรเทาทุกข์ทุกประเภท

ตารางที่ 4 ปริมาณสิ่งของบรรเทาทุกข์ที่จัดเก็บขั้นต่ำ ณ ศูนย์ต่างๆ

ศูนย์ให้ความช่วยเหลือ	สิ่งของบรรเทาทุกข์ (จำนวนชุด)				
	ถุงช่วยเหลือ	ผ้าห่ม	เสื้อกันหนาว	ชุดสุขอนามัย	ชุดอัคคีภัย
ศูนย์ที่ 1	1,000	2,000	1,000	100	100
ศูนย์ที่ 2	500	1,000	500	50	50
ศูนย์ที่ 3	200	2,000	1,000	0	90
ศูนย์ที่ 4	500	1,000	500	200	200
ศูนย์ที่ 5	100	100	100	0	30
ศูนย์ที่ 6	100	100	100	0	30
ศูนย์ที่ 7	100	100	100	0	30
ศูนย์ที่ 8	100	100	100	0	30
ศูนย์ที่ 9	2,000	0	1,000	0	100
ศูนย์ที่ 10	500	1,000	1,000	50	0

ตารางที่ 5 ผลการสุ่มจำนวนสิ่งของบรรเทาทุกข์ เดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 ของศูนย์ให้ความช่วยเหลือต่างๆ

ศูนย์ให้ความช่วยเหลือ	สิ่งของบรรเทาทุกข์ (จำนวนชุด)				
	ถุงช่วยเหลือ	ผ้าห่ม	เสื้อกันหนาว	ชุดสุขอนามัย	ชุดอัคคีภัย
ศูนย์ที่ 1	1,070	2,080	1,190	118	120
ศูนย์ที่ 2	515	1,200	470	54	47
ศูนย์ที่ 3	212	2,000	1,140	0	90
ศูนย์ที่ 4	565	1,100	570	226	210
ศูนย์ที่ 5	100	108	80	0	31
ศูนย์ที่ 6	87	101	91	0	26
ศูนย์ที่ 7	86	83	119	0	32
ศูนย์ที่ 8	104	101	113	0	28
ศูนย์ที่ 9	2,400	0	900	0	113
ศูนย์ที่ 10	435	1,060	1,120	53	0

เนื่องจากหน่วยงานกรณีศึกษา ไม่มีข้อมูลแน่นอนถึงจำนวนสิ่งของในคลังของเดือนสุดท้าย (เดือนธันวาคม พ.ศ. 2559) จึงต้องทำการประมาณการปริมาณสิ่งของบรรเทาทุกข์ของเดือนสุดท้ายของทุกๆ ศูนย์ โดยในงานวิจัยนี้ใช้การสุ่ม โดยกำหนดให้มีปริมาณคงคลังของเดือนสุดท้ายมีประมาณร้อยละ 80-120 ของปริมาณการจัดเก็บขั้นต่ำ ทั้งนี้เพราะการจัดเก็บขั้นต่ำเป็นนโยบายที่ทุกศูนย์ต้องปฏิบัติตาม แต่ปริมาณที่เก็บจริงอาจคลาดเคลื่อนจากปริมาณจัดเก็บขั้นต่ำไปบ้าง ดังแสดงผลการสุ่มในตารางที่ 5 จำนวนสิ่งของเหล่านี้ใช้เป็นจำนวนสิ่งของเริ่มต้น (คาบเวลาที่ $t-1$) เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าของตัวแบบคณิตศาสตร์

ปริมาตรโดยประมาณของถุงช่วยเหลือ ผ้าห่ม เสื้อกันหนาว ชุดสุขอนามัย และชุดอัคคีภัยแต่ละชุด คือ 0.0046, 0.0093, 0.0024, 0.0041 และ 0.0158 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาของสิ่งของบรรเทาทุกข์เหล่านี้มีค่า 4.17, 2.92, 2.92, 1.25 และ 1.25 บาท/เดือน/ชิ้น ตามลำดับ ทั้งนี้ ค่าใช้จ่ายในเก็บรักษาสิ่งของบรรเทาทุกข์คิดเป็นบาท/เดือน/ชิ้น แทนการคิดเป็นรายชุด เนื่องจากโดยปกติแล้วการจัดเก็บจะจัดเก็บแยกตามรายการสิ่งของในชุดเพื่อประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บและสะดวกในการตรวจสอบปริมาณคงคลัง การสั่งซื้อสิ่งของในชุดมาจากหลากหลายผู้ส่งมอบและปริมาณสั่งซื้อของสิ่งของต้องสั่งซื้อตาม SKU ของผู้ส่งมอบแต่ละรายการซึ่งมีความหลากหลายซึ่งอาจไม่ลงตัวเป็นชุด

สำหรับค่าใช้จ่ายในการขนส่งคิดเป็นค่าขนส่งต่อรอบการเดินรถ โดยคิดจากระยะทางจริงและใช้อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน 4.5 กม./ลิตร จากค่าน้ำมัน 25 บาท/ลิตร ปริมาตรของรถบรรทุก 4 ล้อ ที่ไม่มีการบรรทุกเท่ากับ 8.90 ลูกบาศก์เมตร แต่คิดปริมาตรการบรรทุกที่ขนส่งได้จริงที่ร้อยละ 80 ของปริมาตรเปล่า หรือเท่ากับ 7.12 ลูกบาศก์เมตร และค่าพยากรณ์ของสิ่งของบรรเทาทุกข์แต่ละประเภทของแต่ละศูนย์ในเดือนมกราคม ถึง พฤษภาคม ได้จากการพยากรณ์ในหัวข้อที่ 3

5.2 ค่าใช้จ่ายรวมในการขนส่งสิ่งของบรรเทาทุกข์

จากข้อมูลในหัวข้อ 5.1 นำไปแทนค่าและหาคำตอบตามตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในหัวข้อ 4.2 (แบบใหม่) โดยใช้โปรแกรม Open Solver เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมของโครงข่ายเปรียบเทียบการขนส่งที่ส่งจากศูนย์ให้ความช่วยเหลือกลางเท่านั้นตามหัวข้อที่ 3.1 (แบบเดิม) ค่าใช้จ่ายของการขนส่งและเก็บรักษาสิ่งของบรรเทาทุกข์ของทั้ง 2 กรณี แสดงได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าใช้จ่ายเดือนมกราคม ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2560

ค่าใช้จ่าย (บาท)	มกราคม 2560		กุมภาพันธ์ 2560		มีนาคม 2560		เมษายน 2560		พฤษภาคม 2560	
	แบบเดิม	แบบใหม่	แบบเดิม	แบบใหม่	แบบเดิม	แบบใหม่	แบบเดิม	แบบใหม่	แบบเดิม	แบบใหม่
ค่าเก็บรักษา	108,766	108,766	61,721	61,721	80,811	80,811	79,757	***73,918***	80,138	***77,101***
ค่าขนส่ง	69,739	69,739	27,439	27,439	38,596	38,596	28,950	***20,210***	23,532	***23,302***
ค่าใช้จ่ายรวม	178,505	178,505	89,160	89,160	119,407	119,407	108,707	***94,137***	103,670	***100,403***

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบร้อยละระดับการให้บริการ ระหว่างเดือน มกราคม ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2560 จากการพยากรณ์แบบเดิมและแบบใหม่

การพยากรณ์	มกราคม 2560	กุมภาพันธ์ 2560	มีนาคม 2560	เมษายน 2560	พฤษภาคม 2560
แบบเดิม	51.63%	67.34%	80.33%	84.00%	100%
แบบใหม่	78.04%	67.57%	82.39%	86.71%	100%

จากตารางพบว่า ค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้นในเดือนมกราคม ถึง มีนาคม ระหว่างการขนส่งแบบเดิมและแบบใหม่มีค่าใช้จ่ายเท่ากัน ซึ่งเกิดจากปริมาณสิ่งของบรรเทาทุกข์ที่ถือครองของแต่ละศูนย์ในภูมิภาคจากเดือนก่อนหน้ามีจำนวนน้อย สิ่งของบรรเทาทุกข์เพื่อตอบสนองความต้องการเป็นการขนส่งจากศูนย์ให้ความช่วยเหลือกลางไปยังศูนย์ภูมิภาคเท่านั้นไม่มีการขนส่งระหว่างศูนย์ใกล้เคียง ซึ่งยังเป็นลักษณะการทำงานแบบเดิม ทำให้ยังไม่เห็นความแตกต่างระหว่างการขนส่งแบบเดิมและแบบใหม่

สำหรับเดือนเมษายนค่าใช้จ่ายรวมแบบเดิมเท่ากับ 108,707 บาท และแบบใหม่เท่ากับ 94,137 บาท ซึ่งลดลงคิดเป็น 13 เปอร์เซ็นต์ และเดือนพฤษภาคมค่าใช้จ่ายรวมแบบเดิมเท่ากับ 103,670 บาท และแบบใหม่เท่ากับ 100,403 บาท ซึ่งลดลงคิดเป็น 3 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากเป็นช่วงเปลี่ยนฤดูกาล ซึ่งมักเป็นช่วงที่ภัยพิบัติเปลี่ยนรูปแบบและต้องการสิ่งของบรรเทาทุกข์ที่แตกต่างจากฤดูกาลที่ผ่านมา สิ่งของบรรเทาทุกข์บางรายการอาจมีเหลือจากเดือนที่แล้วบ้างในบางศูนย์ที่อยู่ภูมิภาค จึงเกิดการขนส่งระหว่างศูนย์ใกล้เคียงที่ยังมีสิ่งของบางประเภทคงคลังเก็บไว้จากเดือนที่ผ่านมา ซึ่งการขนส่งระหว่างศูนย์ในพื้นที่ใกล้เคียงจะถูกกว่าการขนส่งจากศูนย์ให้ความช่วยเหลือกลางเนื่องจากมีระยะทางสั้นกว่า

ข้อดีอีกประการของการขนส่งระหว่างศูนย์ที่อยู่ในพื้นที่เดียวกันคือเวลาในการขนส่งที่น้อยกว่า ส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการตอบสนองต่อภัยพิบัติที่เกิดขึ้นน้อยลง หรือตอบสนองต่อภัยพิบัติได้รวดเร็วกว่าการขนส่งมาจากส่วนกลางซึ่งใช้เวลาในการขนส่งมากกว่า และสำหรับการขนส่งระหว่างศูนย์ที่อยู่ใกล้เคียงกันยังส่งผลต่อต้นทุนการขนส่งที่น้อยกว่าการขนส่งจากศูนย์ให้ความช่วยเหลือกลางอีกด้วย

5.3 ผลกระทบของค่าพยากรณ์ต่อระดับการให้บริการ

ผลกระทบอีกประการหนึ่งของการใช้แนวทางการพยากรณ์ตามรูปแบบความต้องการของสิ่งของบรรเทาทุกข์ คือ การที่ค่าพยากรณ์มีความใกล้เคียงกับค่าความต้องการจริงมากกว่าการคาดการความต้องการด้วยวิธีการเดิม ส่งผลให้มีสิ่งของบรรเทาทุกข์เพียงพอกับความต้องการจริงมากขึ้น ซึ่งสามารถวัดได้จากระดับการให้บริการ (Service Level) ที่สูงขึ้นดังตารางที่ 7 โดยค่าในตารางได้จากการพิจารณาความต้องการจริงเทียบกับสิ่งของบรรเทาทุกข์ที่จัดเตรียมและส่งมอบตามค่าพยากรณ์ แน่นอนว่าค่าพยากรณ์มีความคลาดเคลื่อนจากความต้องการจริง แต่หากใกล้เคียงก็แสดงว่าสามารถตอบสนองความต้องการจริงได้ดีกว่า

อย่างไรก็ดี จากข้อมูลในตารางจะพบว่าค่าระดับการให้บริการน้อยกว่า 100% ในช่วงแรกของปี เมื่อตรวจสอบข้อมูลภัยพิบัติย้อนหลัง พบว่าในช่วงเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 เกิดอุทกภัยในหลายจังหวัดทางภาคใต้ ซึ่งโดยทั่วไปเป็นช่วงที่เริ่มเข้าสู่ฤดูหนาวแล้ว (มักไม่

เกิดอุทกภัยแต่เป็นมักเกิดภัยหนาวทางภาคเหนือ) ทั้งนี้เป็นผลจากพายุที่พัดเข้าประเทศล่าช้ากว่าปกติ จึงมีความต้องการสิ่งของบรรเทาทุกข์ของศูนย์ทางภาคใต้เพิ่มเติมจากปกติเป็นจำนวนมาก สำหรับช่วงเดือนมีนาคมและเมษายนต่อมามีภัยพิบัติเกิดขึ้นบ้างแต่ไม่รุนแรง และในเดือนพฤษภาคมของปีเดียวกัน พบว่ามีการเรียกสิ่งของบรรเทาทุกข์เพิ่มเติมเพียงหนึ่งครั้งและเป็นจำนวนเพียงเล็กน้อย

จากตัวเลขในตารางที่ 7 จะเห็นได้ว่า ในช่วงเดือนมกราคมถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2560 ที่ทำการศึกษา ในเกือบทุกเดือน ผลจากการพยากรณ์ที่ดำเนินการวิจัยมีแนวโน้มที่ให้ผลใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากกว่าวิธีเดิม ส่งผลให้แม้จะมีการเรียกสิ่งของบรรเทาทุกข์เพิ่มเติมระหว่างเดือนก็สามารถรองรับได้ดีกว่า

6. สรุป

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและจำแนกประเภทของความต้องการสิ่งของบรรเทาทุกข์ขององค์กรกรณีศึกษาที่มีทั้งหมด 5 ประเภท และมีศูนย์ให้ความช่วยเหลือกระจายอยู่ทั่วประเทศจำนวน 10 แห่ง การพยากรณ์เพื่อเตรียมพร้อมสิ่งของบรรเทาทุกข์มักใช้ความเชี่ยวชาญของผู้ปฏิบัติงานเป็นหลัก และส่งสิ่งของบรรเทาทุกข์จากศูนย์ให้ความช่วยเหลือกลางที่ตั้งอยู่ในพื้นที่กรุงเทพฯ

เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายขององค์กร งานวิจัยนี้จึงจำแนกประเภทของความต้องการตามคุณสมบัติความแปรปรวนของปริมาณและเวลาของสิ่งของบรรเทาทุกข์เป็น 4 ประเภท (Smooth, Erotic, Intermittent and Lumpy Demands) โดยใช้ข้อมูลความต้องการระหว่างปี พ.ศ. 2554 – 2559 ของสิ่งของบรรเทาทุกข์แต่ละประเภทในแต่ละศูนย์ จากนั้นจึงใช้การพยากรณ์ที่เหมาะสมกับประเภทของความต้องการนั้นๆ โดยเฉพาะการพยากรณ์สำหรับสิ่งของบรรเทาทุกข์ที่มีความต้องการแบบ Intermittent และ Lumpy ได้นำเสนอการพยากรณ์ด้วยวิธี Croston และ Syntetos & Boylan และยังประยุกต์ใช้ดัชนีฤดูกาลเพิ่มเติมเพื่อให้การพยากรณ์มีความแม่นยำยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ยังได้นำเสนอแนวทางการขนส่งระหว่างศูนย์ให้ความช่วยเหลือที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกัน เพื่อลดการขนส่งจากศูนย์ให้ความช่วยเหลือกลางในกรุงเทพฯ ที่มีระยะทางในการขนส่งไกลกว่า มีค่าใช้จ่ายมากกว่า ใช้เวลาในการขนส่งมากกว่า รวมทั้งในบางศูนย์ยังมีการเก็บสิ่งของบรรเทาทุกข์ไว้ปริมาณมากเกินความจำเป็น โดยสามารถส่งสิ่งของให้ศูนย์ใกล้เคียงที่ต้องการสิ่งของบรรเทาทุกข์นั้นๆ เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสิ่งของบรรเทาทุกข์ของศูนย์ที่มีสิ่งของมากเกินความจำเป็นอีกด้วย ดังนั้นแนวคิดการขนส่งระหว่างศูนย์ในพื้นที่ใกล้เคียงกันจะได้ประโยชน์ทั้งในด้านการลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งจากส่วนกลางและลดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสิ่งของบรรเทาทุกข์ในเวลาเดียวกัน โดยงานวิจัยนี้ได้เสนอตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับโครงข่ายการขนส่งแบบใหม่อีกด้วย

จากตัวแบบคณิตศาสตร์ ได้ใช้ข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อศึกษาผลกระทบของแนวคิดการขนส่งตามตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ใช้การการพยากรณ์จากประเภทของความต้องการ (แบบใหม่) เทียบกับการขนส่งที่ใช้ในปัจจุบันและการพยากรณ์ที่ใช้ผู้เชี่ยวชาญ (แบบเดิม) ของเดือน มกราคม ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2560 พบว่า แนวคิดแบบใหม่สามารถลดค่าใช้จ่ายได้ในบางเดือนโดยเฉพาะช่วงเปลี่ยนฤดูที่ความต้องการสิ่งของบรรเทาทุกข์มีการเปลี่ยนประเภท แต่บางเดือนก็มีค่าใช้จ่ายเท่ากับการขนส่งแบบเดิมเนื่องจากเป็นการขนส่งสิ่งของบรรเทาทุกข์เพิ่มเติมจากส่วนกลาง แต่ไม่มีเดือนใดเลยที่มีค่าใช้จ่ายรวมของแนวคิดแบบใหม่มากกว่าแบบเดิม

ประโยชน์ของการพยากรณ์ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้อีกประการหนึ่งคือ ผลของการพยากรณ์ที่นำเสนอมีความคลาดเคลื่อนน้อยลง หรือใกล้เคียงกับจำนวนความต้องการจริงมากขึ้น ทำให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการและมีระดับการให้บริการที่ดีขึ้น มีสิ่งของบรรเทาทุกข์เพียงพอต่อเหตุภัยพิบัติหรือความต้องการฉุกเฉินได้ดีขึ้นด้วย

แม้ว่าองค์กรกรณีศึกษาจะมีสิ่งของบรรเทาทุกข์ถึง 5 ประเภท แต่สิ่งของบรรเทาทุกข์ที่ผู้ประสบภัยและชุมชนต้องการในแต่ละช่วงเวลาอาจมีมากกว่าสิ่งของเหล่านี้ ซึ่งโดยปกติแล้วจำเป็นต้องให้ชุมชนที่ประสบภัยพิบัติสามารถฟื้นฟูและกลับเป็นปกติได้รวดเร็วที่สุด ในช่วงการฟื้นฟูแรกๆ อาจต้องการอุปกรณ์และวัสดุก่อสร้าง และเมื่อชุมชนได้รับการฟื้นฟูในระดับหนึ่งแล้วอาจต้องการชุดนักเรียนและอุปกรณ์

การเรียนเพิ่มเติม เป็นต้น ซึ่งความต้องการสิ่งของบรรเทาทุกข์ในช่วงการฟื้นฟูไม่ได้ครอบคลุมในงานวิจัยนี้

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนส่วนหนึ่งจากกองทุน มจธ. ในโอกาสครบรอบ 55 ปี ของการก่อตั้งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

8. เอกสารอ้างอิง

[1] A. Pratondo, "Fuzzy rule base for analytical demand forecasting enhancement," in *Proceeding of the 2nd International Conference in Advances in Computing, Control and Telecommunication Technologies (ACT)*, Jakarta, 2010.

[2] E. V. D. Laan, J. V. Dalen, M. Rohrmoser and R. Simpson, "Demand forecasting and order planning for humanitarian logistics: An empirical assessment," *Journal of Operations Management.*, vol. 45, pp. 114–122, 2016.

[3] P. Hoang, Springer Handbook of Engineering Statistic: Statistical Management and Modelling for Demand of Spare Parts, Germany: Springer, 2006.

[4] นพพล คณากรยิ่งยง และ เจริญชัย โขมพัตราภรณ์, "การพยากรณ์ความต้องการหลายรูปแบบและการสั่งซื้อแบบตู้คอนเทนเนอร์ที่เหมาะสม กรณีศึกษาอุปกรณ์ออกกำลังกายนำเข้า," *วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน.*, ปีที่ 5, ฉบับที่ 1, น. 1-11, 2560.

[5] D. Bucher and J. Meissner, "Configuring single-echelon systems using demand categorization," in *Service Parts Management*, London, Springer-Verlag, 2011, pp. 203-219.

[6] ศรีสมรัก อินทุจันทร์, *การใช้ระบบสนับสนุนการตัดสินในในการจัดการสินค้าคงคลัง*, โครงการตำราเพื่อธุรกิจขนาดย่อม คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 2532.

[7] พิภพ ลลิตาภรณ์, ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต, พิมพ์ครั้งที่ 8., กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2541.

[8] T. Euud and S. Babangida, "Calculating order-up-to levels for products with intermittent demand," *International Journal of Production Economics.*, vol.118, pp. 82-86, 2008.

[9] A. Syntetos and J. E. Boyland, "The accuracy of intermittent demand estimates," *International Journal of Forecasting.*, vol.21, no. 2, pp.303-314, 2005.

[10] Stevenson, J.W., and Chuong, C.S., Operations Management, 2nd ed., McGraw-Hill, 2014.

[11] วราพร งามสุข, การพยากรณ์อนุกรมเวลาโดยการเปรียบเทียบวิธีแบบฉบับและวิธีบอกซ์-เจนกินส์ กรณีศึกษาจำนวนการเกิดอุบัติเหตุในประเทศไทย, ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาสถิติ, มหาวิทยาลัยบูรพา, 2555.

[12] ทวัยพร ชาเจียมเจน และ อรรถกร เก่งพล, "การหาปริมาณการผลิตที่เหมาะสมโดยการใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ : กรณีศึกษาการวางแผนการผลิตบริษัทในอุตสาหกรรมกระดาษ," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.*, ปีที่ 17, ฉบับที่ 3, น. 57-65, 2550.

[13] ธนัญชัย ลีภักดิ์ปรีดา, การหาค่าเหมาะสมที่สุดหลักการพื้นฐานและขั้นตอนวิธีการ, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2543.