Engng.J.CMU.(2019) 26 (1), 234-248

วารสารวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Engineering Journal
Chiang Mai University

การพัฒนาวิธีการสั่งซื้อผ่านส่วนกลางโดยพิจารณาที่กรอบเวลาแบบหมุน กรณีศึกษา: บริษัทผลิตอาหารสัตว์

The Development Centralized Purchasing Method Considering Rolling Horizon: A Case Study of Feed Production Company

กมลนัทธ์ อรุณรัตน์ วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ* และ วรโชค ไชยวงศ์

Kamolnut Arunrat, Wipawee Tharmmaphornphilas* and Worachok Chaiwong

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

254 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

Department of Industrial Engineering, Chulalongkorn University,
254 Phayathai Road, Pathumwan, Bangkok Thailand. 10330
*E-mail: wipawee.t@chula.ac.th, kamolnut.a@student.chula.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการสั่งซื้อถุงบรรจุภัณฑ์อาหารสัตว์ของบริษัทแห่งหนึ่งซึ่งประกอบไปด้วย 12 โรงงาน และผู้ผลิตถุงบรรจุภัณฑ์อาหารสัตว์ 3 ราย โดยพิจารณาถุงบรรจุภัณฑ์ทั้งหมด 188 ชนิด ในปัจจุบัน การสั่งซื้อของแต่ละโรงงานจะเป็นอิสระต่อกัน พนักงานจัดซื้อวางแผนโดยไม่มีเครื่องมือใดๆช่วยตัดสินใจ อาศัยเพียงประสบการณ์ในการตัดสินใจ เป็นผลให้เกิดต้นทุนจัดซื้อที่สูง บทความนี้ได้สร้างแนวทางการสั่งซื้อผ่านส่วนกลางโดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม (Mixed-Integer Programming) เพื่อช่วยตัดสินใจปัญหาที่ซับซ้อน ภายใต้เงื่อนไขที่บริษัทและผู้ผลิตกำหนด วิธีการนี้ช่วยลดต้นทุนจัดเก็บพัสดุคงคลัง ลดต้นทุนสินค้าและ ลดค่าใช้จ่ายในการจัดส่ง จากการทดสอบกับข้อมูลจริงพบว่าในช่วงแรกระบบจะตัดสินใจนำพัสดุคงคลังที่ค้างอยู่มาใช้เป็นผลให้ระบบตัดสินใจสั่งซื้อน้อย ทำให้ต้นทุนในช่วงแรกลดลงเป็นจำนวนมาก และเมื่อเวลาผ่านไปพบว่าการสั่งซื้อผ่านส่วนกลางสามารถลดต้นทุนรวมในระบบเฉลี่ยต่อสัปดาห์ได้ 810,974 บาทซึ่งคิดเป็น 10.66%

คำสำคัญ: การสั่งซื้อผ่านส่วนกลาง โปรแกรมเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม กรอบเวลาแบบหมุน

ABSTRACT

The purpose of this paper is to reduce ordering cost of feed packaging of a company having 12 production plants, 3 suppliers and 188 SKUs (Stock Keeping Unit). Currently, each plant staff makes decisions based on his/her own judgment that comes from his/her experience without decision making tools resulting in high purchasing cost. This paper develops a centralized purchasing system using mixed-integer programming to help making decision in a complex system under the conditions which the company and suppliers defined. This system can reduce holding cost, product cost and transportation cost. Testing the system with real data, it found that in the initial stage the model decides to use current inventory resulting in small order quantity. Thus, the total cost in the initial stage is extremely reduced. For the later stages, with this centralized system, the total cost is reduced 810,974 baht per week or about 10.66%.

Keywords: Centralized purchasing, Mixed-Integer Programming, Rolling Horizon

Received 18 August 2017
Revised 19 March 2018
Accepted 17 May 2018

1. บทนำ

การบริหารบริษัทให้สามารถอยู่ในสภาวะการแข่งขันที่รุนแรงได้นั้น จำเป็นต้องบริหารจัดการให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุด เพื่อให้บริษัทสามารถแข่งขันในตลาดได้ จากบริษัทกรณีศึกษา พบว่าต้นทุนการสั่งซื้อถุงบรรจุภัณฑ์อาหารสัตว์ของบริษัทซึ่งประกอบไปด้วย 12 โรงงานมีค่าสูง ดังนั้นหากทางบริษัทสามารถบริหารจัดการการสั่งซื้อถุงบรรจุภัณฑ์อาหารสัตว์ได้อย่างเหมาะสม จะช่วยลดต้นทุนรวมได้

จากการศึกษาวิธีการสั่งซื้อถุงบรรจุภัณฑ์อาหารสัตว์ พบว่า ปัจจุบันการสั่งซื้อถุงบรรจุภัณฑ์อาหารสัตว์ของทั้ง 12 โรงงาน จะเลือกสั่งซื้อจากผู้ผลิต 3 ราย ตามสัดส่วนที่ตกลงไว้กับทางผู้ผลิต โดยที่การวางแผนสั่งซื้อของทั้ง 12 โรงงานนั้นจะเป็นอิสระต่อกัน ไม่มีการควบคุมการสั่งซื้อผ่านส่วนกลาง การวางแผนสั่งซื้อเป็นการตัดสินใจของพนักงานที่วางแผนในโรงงานนั้นๆ ไม่มีหลักเกณฑ์แน่นอนตายตัว ไม่มีเครื่องมือใดๆช่วยในการตัดสินใจ ใช้เพียงประสบการณ์ส่วนตัวในการสั่งซื้อ และพิจารณาเพียงว่าการสั่งซื้อต้องเป็นไปตามเงื่อนไขของข้อตกลงระหว่างบริษัทผู้ผลิตแต่ละราย

เนื่องจากเงื่อนไขตามข้อตกลงมีความซับซ้อน ทำให้พนักงานใช้เวลาตัดสินใจนาน อีกทั้งยังส่งผลให้การตัดสินใจมีความผิดพลาดและไม่มีประสิทธิภาพมากนัก และเนื่องจากการวางแผนสั่งซื้อของทั้ง 12 โรงงานเป็นอิสระต่อกันทำให้ผู้วางแผนสั่งซื้อของแต่ละโรงงานไม่ทราบยอดรวมที่ผู้ผลิตต้องผลิต รวมถึงไม่ทราบความสามารถในการรองรับการผลิตที่เหลือของผู้ผลิต ซึ่งหากในช่วงเวลาต่างๆ มีการสั่งซื้อพร้อมๆ กันจากหลายโรงงานจะส่งผลให้ทางผู้ผลิตไม่สามารถผลิตและจัดส่งได้ทันเวลา จึงเกิดการส่งเร่งด่วน เป็นผลให้ทางโรงงานขาดความเชื่อมั่นในตัวผู้ผลิต จึงจำเป็นต้องสั่งสินค้าในปริมาณที่มากกว่าเดิมเพื่อเก็บเป็นพัสดุคงคลังไว้ใช้ในสายการผลิต ส่งผลให้เกิดสินค้าค้างในระบบตามมา ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะสะท้อนมายังต้นทุนการจัดส่งและการจัดเก็บสูงตามมา

แนวคิดการสั่งซื้อผ่านส่วนกลางจึงเกิดขึ้น เพื่อให้เห็นภาพรวมการสั่งของทุกโรงงาน จำนวนการใช้ถุงบรรจุภัณฑ์อาหารสัตว์ และจำนวนคงคลังโดยรวมของทั้ง 12 โรงงาน จะได้มีการตัดสินใจสั่งซื้อที่เหมาะสม โดยพิจารณาการสั่งซื้อของแต่ละโรงงานให้เหมาะสมกับผู้ผลิตแต่ละรายโดยที่สัดส่วนการสั่งยังคงเป็นไปตามเงื่อนไขของข้อตกลง นอกจากนี้ยังสามารถพิจารณาการขนส่งร่วมกันระหว่างโรงงาน เพื่อประหยัดต้นทุนในการจัดส่ง [1]

บทความนี้จึงเสนอแนวทางการสั่งซื้อผ่านส่วนกลางโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ เพื่อระบุปริมาณบรรจุภัณฑ์ที่สั่งซื้อจากผู้ผลิตแต่ละราย ปริมาณบรรจุภัณฑ์ที่จัดเก็บในแต่ละช่วงเวลา เส้นทางที่ใช้ในการจัดส่ง รวมถึงขนาดรถและจำนวนเที่ยวรถที่ใช้ในการจัดส่ง เนื่องจากโรงงานมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลปริมาณการใช้จริงอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ได้ผลเฉลยที่สอดคล้องกับความต้องการปัจจุบัน ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการวางแผนแบบ กรอบเวลาแบบหมุน (Rolling Horizon) เพื่อให้สามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลให้เป็นปัจจุบัน ซึ่งการปรับข้อมูลนี้ทำให้ข้อมูลนำเข้าในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ใกล้เคียงกับปัญหาหน้างานจริงมากขึ้น [2, 3]

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสั่งซื้อผ่านส่วนกลางพบว่า Munson และ Hu [4] ได้ศึกษผลกระทบของการใช้ระบบการตัดสินใจสั่งซื้อผ่านส่วนกลางที่มีผลต่อระดับสินค้าคงคลัง โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาฮิวริสติกเพื่อหาผลเฉลยที่เหมาะสม จากนั้น Karjalainen [5] ได้ศึกษาผลกระทบด้านต้นทุนของการสั่งซื้อผ่านระบบส่วนกลางโดยการเปรียบเทียบต้นทุนการดำเนินการของการสั่งซื้อผ่านส่วนกลางและ การสั่งซื้อแบบไม่ผ่านส่วนกลาง

ซึ่งผลลัพธ์จากงานวิจัยนี้พบว่าการสั่งซื้อผ่านส่วนกลางจะสามารถประหยัดต้นทุนได้มากกว่า

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพิจารณาเลือกสั่งซื้อจากผู้ผลิตหลายราย Ghodsypour และ O'brien [6] ได้เสนอแบบจำลองคณิตศาสตร์ ในการแก้ปัญหาการเลือกซื้อสินค้าจากผู้ผลิตที่มีความหลากหลาย โดยต้องการให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุด แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้พิจารณาเพียงสินค้าประเภทเดียว ต่อมา Hammami et al. [7] ได้เสนอแบบจำลองคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาในลักษณะใกล้เคียงกัน แต่มีการพิจารณาเพิ่มเติมของสินค้าหลายประเภท สิ่งที่ได้จากแบบจำลองคณิตศาสตร์ของงานวิจัยนี้คือ จำนวนสินค้าแต่ละประเภทที่ต้องสั่งจากผู้ผลิตแต่ละรายในแต่ละช่วงเวลา จากนั้น Pazhani และ Mendoza [8] ได้พัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์ต่อ เพื่อพิจารณาปันส่วนปริมาณการสั่งซื้อของผู้ผลิตต่างๆ โดยได้มีการพิจารณาเพิ่มเติมกรณีต้นทุนขนส่งเป็นค่าฟังก์ชันเชิงเส้นแบบช่วง (Piecewise) กล่าวคือ ปริมาณการขนส่งต่อคันรถจะมีผลต่อต้นทุนการขนส่งด้วย

ในส่วนของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนการขนส่ง รวมไปถึงการพิจารณาเลือกเส้นทางขนส่ง ชวิศ บุญมี และชมพูนุท เกษมเศรษฐ์ [9] ได้เสนอแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ต่นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุด โดยพิจารณาเลือกศูนย์กระจายสินค้าเพื่อส่งมอบต่อ และ Zhang et al. [10] ได้สร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อเลือกเส้นทางที่เหมาะสมจากตัวเลือกเส้นทางเดิมที่มีอยู่แล้ว ซึ่งจะพิจารณาจากระยะทางและเวลา เพื่อลดต้นทุนการขนส่ง ในขณะที่ Gao et al. [11] พิจารณาปัญหาการเลือกเส้นทางจากเส้นทางเดิมที่มีอยู่แล้วเช่นกัน และได้มีการพิจารณาเพิ่มเติมการออกแบบเส้นทาง แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัย 3 ชิ้นนี้ไม่ได้มีการกล่าวถึงขนาดรถ และต้นทุนการจัดเก็บ

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวกับต้นทุนการขนส่ง และต้นทุนการจัดเก็บ Vidović et al. [12] สนใจปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งเพื่อเติมเต็มเชื้อเพลิงหลายชนิด จากคลังไปยังสถานีต่างๆในแต่ละวัน ซึ่งได้นำเสนอปัญหาในรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ต้นทุนการจัดเก็บ และต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุด ในเวลาเดียวกัน Mirzapour และ Rekik [13] ได้สร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน เพื่อจัดเส้นทางการขนส่งที่พิจารณาสินค้าหลายชนิด หลายช่วงเวลา โดยพิจารณาการขนส่งจากผู้ผลิตหลายๆที่ มายังโรงงานเป้าหมาย

3. รูปแบบปัญหา

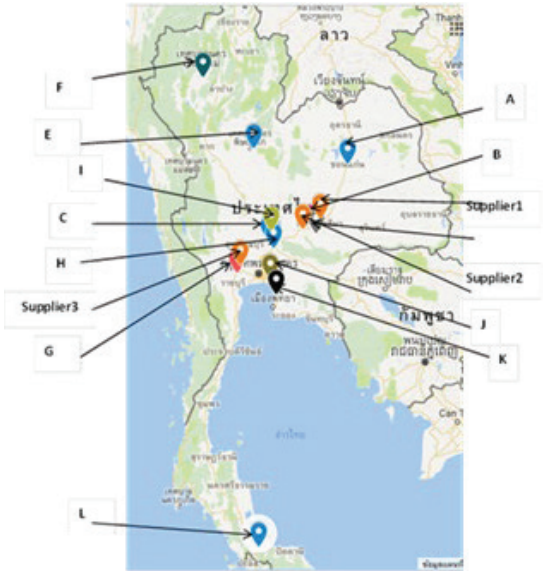
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางการสั่งซื้อถุงบรรจุภัณฑ์อาหารสัตว์ของบริษัทแห่งหนึ่ง ซึ่งประกอบไปด้วย 12 โรงงาน จากผู้ผลิตบรรจุภัณฑ์ 3 ราย โดยต้องการให้เกิดค่าใช้จ่ายดำเนินการต่างๆน้อยที่สุด ซึ่งประกอบไปด้วย ต้นทุนสินค้า ต้นทุนการจัดเก็บสินค้า และ ต้นทุนการสั่งซื้อ ในงานวิจัยนี้จะหมายถึงค่าขนส่ง โดยเงื่อนไขต่างๆที่นำมาพิจารณาในการสั่งซื้อ การเลือกผู้ผลิต การเลือกเส้นทาง รวมไปถึงการกำหนดปริมาณคงคลัง มีดังนี้

1. ระยะเวลาการตัดสินใจเป็นรายสัปดาห์ โดยการนำไปใช้จะเป็นในลักษณะ "กรอบเวลาแบบหมุน" หรืออธิบายได้ว่า เบื้องต้นจะวางแผนเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ (3 เดือน) ที่มีการปรับปรุงข้อมูลทุก 4 สัปดาห์ โดยผลเฉลยใน 4 สัปดาห์แรกจะเป็นแผนที่บริษัทนำไปใช้จริง ส่วนผลเฉลยในสัปดาห์ที่เหลือจะเป็นเพียงการประมาณการเพื่อแจ้งให้ทางผู้ผลิตทราบ เพื่อที่ทางผู้ผลิตจะได้จัดเตรียมวัตถุดิบได้ทัน จากนั้นเมื่อผ่านไป 4 สัปดาห์จะมีการปรับปรุงข้อมูลนำเข้าความต้องการใหม่ที่มาจากการยืนยันของลูกค้าและโดยผลของ 4 สัปดาห์แรกจะนำไปใช้จริงเช่นเดิม และจะเป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ

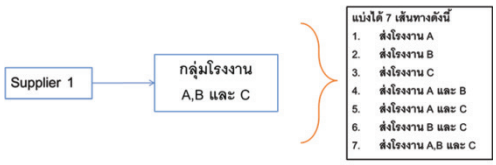
2. ความต้องการใช้ถุงบรรจุภัณฑ์อาหารสัตว์ทราบล่วงหน้าซึ่งมาจากการประมาณการของบริษัทที่มีความแม่นยำสูง

3. เที่ยวรถขนส่งมีไม่จำกัด

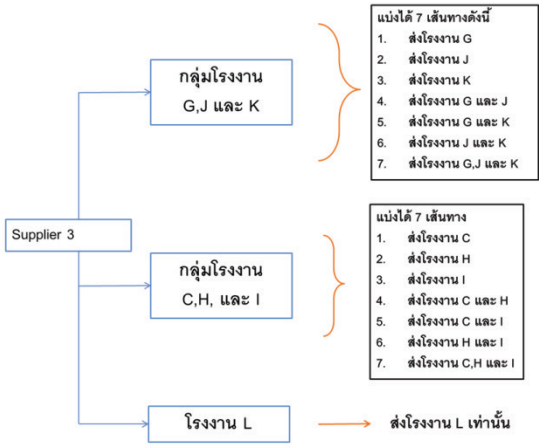
4. เส้นทางในการขนส่งจะพิจารณาเลือกเฉพาะเส้นที่ทางผู้ผลิตสามารถจัดส่งได้จริงเท่านั้น โดยพิจารณาจากตำแหน่งที่ตั้งของผู้ผลิต 3 ราย และตำแหน่งที่ตั้งของโรงงานทั้ง 12 โรงงาน ดังรูปที่ 1 ซึ่งคิดเป็น 47 เส้นทางตามรูปที่ 2-4



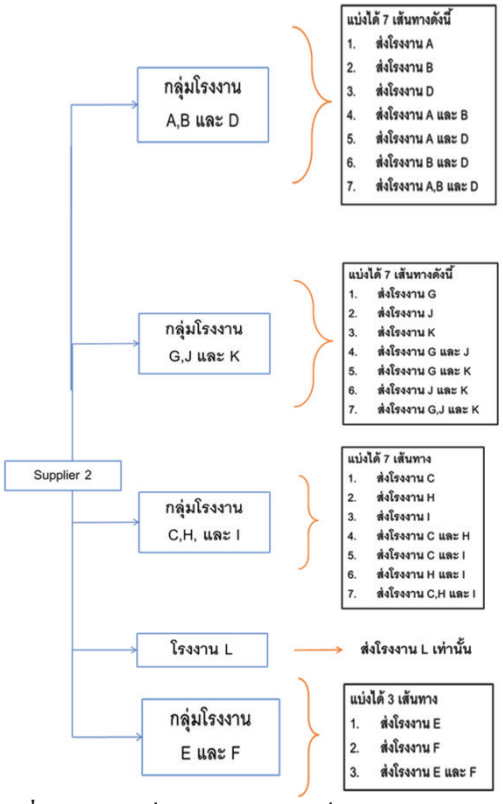
รูปที่ 1 ตำแหน่งของทั้ง 12 โรงงานและ ผู้ผลิต 3 ราย



รูปที่ 2 เส้นทางที่เฉพาะผู้ผลิตรายที่ 1 สามารถจัดส่งได้



รูปที่ 3 เส้นทางที่เฉพาะผู้ผลิตรายที่ 3 สามารถจัดส่งได้



รูปที่ 4 เส้นทางที่เฉพาะผู้ผลิตรายที่ 2 สามารถจัดส่งได้

5. พิจารณารถ 3 ขนาด: 4 ล้อ 6 ล้อ และ 10 ล้อ โดยปริมาณการจัดส่งแต่ละรอบต้องไม่เกินความจุของรถ

6. บริษัทได้ตกลงสัดส่วนการสั่งซื้อถุงบรรจุภัณฑ์จากผู้ผลิตทั้ง 3 รายในแต่ละเดือน (รวม 4 ครั้ง) ดังนี้

- ต้องสั่งจากผู้ผลิตรายที่ 1 ไม่ต่ำกว่า 250 ล็อต
- ต้องสั่งจากผู้ผลิตรายที่ 2 หลังจากหักยอดการสั่งจากผู้ผลิตรายแรกแล้ว สัดส่วนการสั่งซื้อจะเป็น 70-80% ของการสั่งทั้งหมด และสัดส่วนที่เหลือจะตกเป็นของผู้ผลิตรายที่ 3

*การสั่งซื้อจากผู้ผลิตทุกรายต้องสั่งซื้อเป็นล็อตเท่านั้น โดยกำหนดว่า 1 ล็อต = 1,000 ใบ

7. รายละเอียดการสั่งซื้อถุงบรรจุภัณฑ์อาหารสัตว์ของ 12 โรงงาน จากผู้ผลิตทั้ง 3 ราย จะพิจารณาจากชนิดสินค้าที่ทางผู้ผลิตสามารถผลิตให้แก่โรงงานได้ซึ่งรวมทั้งหมด 188 ชนิด แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดการผลิตถุงบรรจุภัณฑ์อาหารสัตว์ของผู้ผลิตทั้ง 3 รายให้แต่ละโรงงาน

ผู้ผลิต / โรงงาน	ผู้ผลิต รายที่ 1	ผู้ผลิต รายที่ 2	ผู้ผลิต รายที่ 3
A (15 ชนิด)	ผลิตได้ 6 ชนิด	ผลิตได้ 9 ชนิด (ไม่ซ้ำกับผู้ผลิต1)	-
B (23 ชนิด)	ผลิตได้ 5 ชนิด	ผลิตได้ 18 ชนิด (ไม่ซ้ำกับผู้ผลิต1)	-
C (19 ชนิด)	ผลิตได้ 5 ชนิด	ผลิตได้ 14 ชนิด (ไม่ซ้ำกับผู้ผลิต 1)	
D (1 ชนิด)	-	ผลิตได้ 1 ชนิด	-
E (16 ชนิด)	-	ผลิตได้ 16 ชนิด	-
F (26 ชนิด)	-	ผลิตได้ 26 ชนิด	-
G (26 ชนิด)	-	ผลิตได้ 26 ชนิด	
H (19 ชนิด)	-	ผลิตได้ 19 ชนิด	
I (2 ชนิด)	-	ผลิตได้ 2 ชนิด	
J (23 ชนิด)	-	ผลิตได้ 23 ชนิด	
K (5 ชนิด)	-	ผลิตได้ 5 ชนิด	
L (13 ชนิด)	-	ผลิตได้ 13 ชนิด	
รวม = 188 ชนิด			

8. กรณีของผู้ผลิตรายที่ 1 ถ้าปริมาณการสั่งทุกบรรจุภัณฑ์ทุกโรงงานรวมต่อครั้งไม่ถึง 20 ล็อตจะมีค่าใช้จ่ายต่อล็อตเพิ่มเติมดังนี้

- สั่งมากกว่า 10 ล็อต แต่ไม่ถึง 20 ล็อต คิดราคาราคาเพิ่ม 200 บาท/ล็อต
- สั่งมากกว่า 5 ล็อต แต่ไม่เกิน 10 ล็อต คิดราคาเพิ่ม 500 บาท/ล็อต
- สั่งมากกว่า 2 ล็อต แต่ไม่เกิน 5 ล็อต คิดราคาเพิ่ม 800 บาท/ล็อต
- สั่งไม่เกิน 2 ล็อต คิดราคาเพิ่ม 1,000 บาท/ล็อต

9. แต่ละบรรจุภัณฑ์ที่สั่งกับผู้ผลิตรายที่ 2 และ รายที่ 3 ต้องสั่งขั้นต่ำ 10 ล็อต

10. ถ้าผู้ผลิตรายที่ 3 จัดส่งให้โรงงาน L ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม 10,000 บาท/เที่ยวรถ

11. ระยะเวลานำส่ง (Lead time) = 2 สัปดาห์

12. ปริมาณการสั่งสินค้ารวมต้องไม่เกินความสามารถในการผลิตของผู้ผลิตแต่ละราย

13. ไม่อนุญาตให้เกิดการขาดสินค้า ซึ่งในบทความนี้จะกำหนดให้มีระดับสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย ซึ่งมาจากค่าที่ทางโรงงานเป็นผู้กำหนด

4. แบบจำลองคณิตศาสตร์

4.1 แบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับภาพรวมปัญหา

การกำหนดดัชนี

S = เซตของผู้ผลิต $\{1,2,3\}$

1 = ผู้ผลิตรายที่ 1 2= ผู้ผลิตรายที่ 2 3= ผู้ผลิตรายที่ 3

L = เซตของขนาดรถ $\{1,2,3\}$

1 = 4 ล้ อ 2 = 6 ล้อ 3 = 10 ล้อ

P = เซตของถุงบรรจุภัณฑ์อาหารสัตว์ $\{1,2,\ldots,188\}$

$P1$ = เซตของถุงบรรจุภัณฑ์อาหารสัตว์ที่สามารถสั่งกับผู้ผลิตรายที่ 1 ได้ $\{1,2,\ldots,16\}$

$P2$= เซตของถุงบรรจุภัณฑ์อาหารสัตว์ที่สามารถสั่งกับผู้ผลิตรายที่ 2 ได้ $\{17,18,\dots,188\}$

$P3$ = เซตของถุงบรรจุภัณฑ์อาหารสัตว์ที่สามารถสั่งกับผู้ผลิตรายที่ 3 ได้ $\{87,88,\dots,188\}$

J = เซตของโรงงาน $\{1,2,\dots,12\}$; $1 = A,\ 2 = B,\dots,12 = L$

$J1$ = เซตของโรงงานที่ผู้ผลิตรายที่ 1 สามารถส่งได้ $\{1,2,3\}$

$J2$ = เซตของโรงงานที่ผู้ผลิตรายที่ 2 สามารถส่งได้ $\{1,2,\dots,12\}$

$J3$ = เซตของโรงงานที่ผู้ผลิตรายที่ 3 สามารถส่งได้ $\{3,7,8,..,12\}$

R = เซตของเส้นทางทั้งหมด $\{1,2,\dots,47\}$ ที่ผู้ผลิตสามารถจัดส่งได้ ตามรูปที่ 2-4

$R1$ = เซตของเส้นทางที่ผู้ผลิตรายที่ 1 สามารถส่งได้ $\{1,2,\dots,7\}$

$R2$ = เซตของเส้นทางที่ผู้ผลิตรายที่ 2 สามารถส่งได้ $\{8,9,\dots,32\}$

$R3$ = เซตของเส้นทางที่ผู้ผลิตรายที่ 3 สามารถส่งได้ $\{33,34,\dots,47\}$

T = เซตของสัปดาห์ทั้งหมด $\{0,1,2,\dots,t\}$

$T1$ = เซตของสัปดาห์ในช่วงเดือนที่ 1

$T2$ = เซตของสัปดาห์ในช่วงเดือนที่ 2

$T3$ = เซตของสัปดาห์ในช่วงเดือนที่ 3

การกำหนดข้อมูลนำเข้า

$RouteCost_{l,r}$ = ต้นทุนการขนส่งที่ใช้รถชนิด l ที่เส้นทาง r (บาท/รอบ)

$HoldingCost_p$ = ต้นทุนการจัดเก็บของถุง p (บาท/ล็อต/สัปดาห์)

$ProCost_{p,s}$ = ต้นทุนถุง p จากผู้ผลิต s (บาท/ล็อต)

$D_{p,j,t}$ = ความต้องการใช้ถุง p ที่โรงงาน j ที่ช่วงเวลา t (ล็อต/สัปดาห์)

Cap_l = ความจุของรถขนาด l (ล็อต/เที่ยว)

$CapPro_s$ = ความสามารถในการผลิตของผู้ผลิต s (ล็อต)

$CapWh_j$ = ความสามารถในการจัดเก็บของโรงงาน j (ล็อต)

M = ข้อมูลจำลองนำเข้า (Dummy) ที่มีค่ามากๆ เพื่อให้สามารถหาคำตอบได้

FT = ค่าขนส่งเพิ่มคงที่กรณีที่ผู้ผลิตรายที่ 3 ยังโรงงาน L (บาท/รอบ)

$SS_{p,j}$ = ระดับคงคลังเพื่อความปลอดภัยของถุง p ที่โรงงาน j (ล็อต)

$g_{p,j,r}$ = 1; ถุง p ของโรงงาน j สามารถจัดส่งบนเส้นทาง r ได้

0; อื่นๆ

การกำหนดตัวแปรตัดสินใจ

$Truck_{l,r,t}$ = จำนวนเที่ยวรถ l เลือกใช้เส้นทาง r ณ ช่วงเวลา t (รอบ)

$O_{p,j,s,t}$ = จำนวนล็อตของถุง p ที่โรงงาน j สั่งซื้อจากผู้ผลิต s ณ เวลา t (ล็อต)

$Inv_{p,j,t}$ = จำนวนถุง p ที่จัดเก็บที่โรงงาน j ณ สิ้นสุดช่วงเวลา t (ล็อต)

$Send_{p,r,t}$ = จำนวนถุง p ที่ขนส่งโดยเส้นทาง r ณ ช่วงเวลา t (ล็อต)

$f(Cost_p)$ = ฟังชั่นก์เชิงเส้นเป็นช่วง (Piecewise Function) ของถุงชนิด p สำหรับกรณีสั่งจากผู้ผลิตรายที่ 1 (บาท/ล็อต)

$W_{p,j,s,t}$ = 1; ถ้าเกิดการสั่งถุง p ที่โรงงาน j จากผู้ผลิต s ณ ช่วงเวลา t

0; อื่นๆ

จากข้อมูลนำเข้าและตัวแปรตัดสินใจ สามารถเขียนแบบจำลองคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$MinZ = \sum_{l\in L}\sum_{r\in R}\sum_{t\in T} RoutingCost_{l,r}Truck_{l,r,t} +$$

$$\sum_{l\in L}\sum_{t\in T} FT\ Truck_{l,r=47,t} + \sum_{p\in P1}\sum_{j\in J1}\sum_{t\in T} f(Cost_p)\, O_{p,j,s=1,t} + \sum_{p\in(P2\cup P3)}\sum_{j\in(J2\cup J3)}\sum_{s=2}^{3}\sum_{t\in T} ProCost_{p,s} O_{p,j,s,t} + \sum_{p\in P}\sum_{j\in J}\sum_{t\in T} HoldingCost_p Inv_{p,j,t} \quad (1)$$

$$Inv_{p,j,t-1} + \sum_{s\in S} O_{p,j,s,t-2} - D_{p,j,t} = Inv_{p,j,t} \quad ; \forall p,j,t \geq 1 \quad (2)$$

$$O_{p,j,s,t-2} = \sum_{r\in R1} g_{p,j,r} * Send_{p,r,t} \quad ; \forall p \in P1, j \in J1, s = 1, \forall t \quad (3.1)$$

$$O_{p,j,s,t-2} = \sum_{r\in R2} g_{p,j,r} * Send_{p,r,t} \quad ; \forall p \in P2\backslash P3, j \in J2\backslash J3, s = 2, \forall t \quad (3.2)$$

$$O_{p,j,s,t-2} = \sum_{r\in R2\cup 3} g_{p,j,r} * Send_{p,r,t} \; ; \forall p \in P3, j \in J3, s = 2,3, \forall t \quad (3.3)$$

$$\sum_{p\in P} Send_{p,r,t} \leq \sum_{l\in L} Cap_l * Truck_{l,r,t} \quad ; \forall r,t \quad (4)$$

$$\sum_{p\in P1}\sum_{j\in J1} O_{p,j,s,t} \leq CapPro_s \quad ; \forall t, s = 1 \quad (5.1)$$

$$\sum_{p\in P2}\sum_{j\in J2} O_{p,j,s,t} \leq CapPro_s \quad ; \forall t, s = 2 \quad (5.2)$$

$$\sum_{p\in P3}\sum_{j\in J3} O_{p,j,s,t} \leq CapPro_s \quad ; \forall t, s = 3 \quad (5.3)$$

$$10 - O_{p,j,s,t} \leq M\left(1 - W_{p,j,s,t}\right) \; ; \forall p(P2 \cup P3), j \in (J2 \cup J3), s = 2,3, \forall t \quad (6.1)$$

$$O_{p,j,s,t} \leq M * W_{p,j,s,t} \quad ; \forall p \in (P2 \cup P3), j \in (J2 \cup J3), s = 2,3, \forall t \quad (6.2)$$

$$\sum_{p\in P1}\sum_{j\in J1}\sum_{t\in T1} O_{p,j,s,t} \geq 250 \; ; s = 1 \quad (7.1)$$

$$\sum_{p\in P1}\sum_{j\in J1}\sum_{t\in T2} O_{p,j,s,t} \geq 250 \; ; s = 1 \quad (7.2)$$

$$\sum_{p\in P1}\sum_{j\in J1}\sum_{t\in T3} O_{p,j,s,t} \geq 250 \; ; s = 1 \quad (7.3)$$

$$\sum_{p\in P2}\sum_{j\in J2}\sum_{t\in T1} O_{p,j,s=2,t} \geq 0.70\left(\sum_{p\in(P2\cup P3)}\sum_{j\in(J2\cup J3)}\sum_{s=2}^{3}\sum_{t\in T1} O_{p,j,s,t}\right) \quad (8.1)$$

$$\sum_{p\in P2}\sum_{j\in J2}\sum_{t\in T2} O_{p,j,s=2,t} \geq 0.70\left(\sum_{p\in(P2\cup P3)}\sum_{j\in(J2\cup J3)}\sum_{s=2}^{3}\sum_{t\in T2} O_{p,j,s,t}\right) \quad (8.2)$$

$$\sum_{p\in P2}\sum_{j\in J2}\sum_{t\in T3} O_{p,j,s=2,t} \geq 0.70\left(\sum_{p\in(P2\cup P3)}\sum_{j\in(J2\cup J3)}\sum_{s=2}^{3}\sum_{t\in T3} O_{p,j,s,t}\right) \quad (8.3)$$

$$\sum_{p\in P2}\sum_{j\in J2}\sum_{t\in T1} O_{p,j,s=2,t} \leq 0.80\left(\sum_{p\in(P2\cup P3)}\sum_{j\in(J2\cup J3)}\sum_{s=2}^{3}\sum_{t\in T1} O_{p,j,s,t}\right) \quad (9.1)$$

$$\sum_{p\in P2}\sum_{j\in J2}\sum_{t\in T2} O_{p,j,s=2,t} \leq 0.80\left(\sum_{p\in(P2\cup P3)}\sum_{j\in(J2\cup J3)}\sum_{s=2}^{3}\sum_{t\in T2} O_{p,j,s,t}\right) \quad (9.2)$$

$$\sum_{p\in P2}\sum_{j\in J2}\sum_{t\in T3} O_{p,j,s=2,t} \leq 0.80\left(\sum_{p\in(P2\cup P3)}\sum_{j\in(J2\cup J3)}\sum_{s=2}^{3}\sum_{t\in T3} O_{p,j,s,t}\right) \quad (9.3)$$

$$\sum_{p\in P} Inv_{p,j,t} \leq CapWh_j \quad ; \forall j,t \quad (10)$$

$$Truck_{l,r,t} \in Int+ \quad ; \forall l,r,t \quad (11)$$

$$O_{p,j,s,t} \in Int+ \quad ; \forall p,j,s,t \quad (12)$$

$$W_{p,j,s,t} \in \{0,1\} \quad ; \forall p,j,s,t \quad (13)$$

$$Send_{p,r,t} \geq 0 \quad ; \forall p,r,t \quad (14)$$

$$Inv_{p,j,t} \geq SS_{p,j} \quad ; \forall p,j,t \quad (15)$$

สมการ (1) เป็นสมการวัตถุประสงค์เพื่อหาต้นทุนที่ต่ำที่สุด โดยพิจารณาต้นทุนการขนส่งแต่ละเส้นทาง ต้นทุนขนส่งคงที่กรณีผู้ผลิตรายที่ 3 ส่งไปโรงงาน L ต้นทุนของบรรจุภัณฑ์ซึ่งแบ่งเป็น 2 กรณีคือ 1) ต้นทุนการสั่งซื้อของผู้ผลิตรายที่ 1 ที่มีต้นทุนต่อหน่วยไม่คงที่ (Piecewise Linear Function) ซึ่งยังไม่ใช่ฟังชั่นก์เชิงเส้นจึงต้องทำการแปลงให้เป็นฟังชั่นก์เชิงเส้นต่อไป (อธิบายในแบบจำลองคณิตศาสตร์ส่วนที่ 2) ต้นทุนการสั่งซื้อของผู้ผลิตรายที่ 2 และ 3 ที่มีต้นทุนต่อหน่วยคงที่ และส่วนสุดท้ายคือต้นทุนการจัดเก็บสินค้า เงื่อนไข (2) เป็นเงื่อนไขการไหลเพื่อคำนวณหาระดับสินค้าคงคลังแต่ละชนิดสินค้า แต่ละโรงงาน เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลานั้นๆ เงื่อนไข (3.1) - (3.3) เป็นเงื่อนไขที่กำหนดว่าปริมาณบรรจุภัณฑ์ที่สั่งจะต้องเท่ากับปริมาณบรรจุภัณฑ์ที่ขนส่งไปยังโรงงานนั้นๆ โดยเงื่อนไขที่ (3.1) เป็นข้อจำกัด

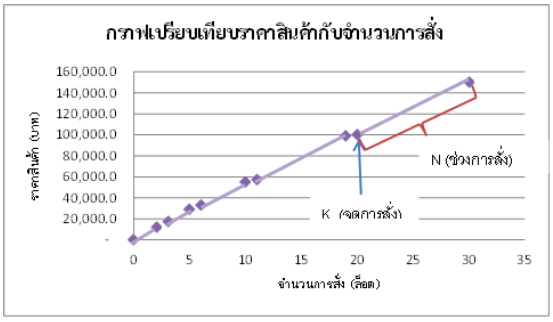
ของการสั่งจากผู้ผลิตรายที่ 1 เท่านั้น เงื่อนไขที่ (3.2) เป็นข้อจำกัดของการสั่งจากผู้ผลิตรายที่ 2 เท่านั้น และ เงื่อนไขที่ (3.3) เป็นข้อจำกัดของบรรจุภัณฑ์ที่สามารถการสั่งจากผู้ผลิตรายที่ 2 และรายที่ 3 ได้ เงื่อนไข (4) ปริมาณที่ส่งไม่เกินความจุของรถขนส่ง เงื่อนไข (5.1) – (5.3) ปริมาณที่สั่งรวมทุกบรรจุภัณฑ์ ทุกโรงงาน จะต้องไม่เกินความสามารถในการผลิตของผู้ผลิตนั้นๆ เงื่อนไข (6.1) และ (6.2) แสดงว่าถ้าจะสั่งจากผู้ผลิตรายที่ 2 และรายที่ 3 ในแต่ละครั้งในแต่ละชนิด ต้องสั่งขั้นต่ำ 10 ล็อต ซึ่งจะทำให้ $W_{p,j,s,t}$ เท่ากับ 1 แต่ถ้าไม่สั่งจะเท่ากับ 0 เงื่อนไข (7.1) – (7.3) กำหนดให้การสั่งรวมกันของทุกโรงงาน ทุกผลิตภัณฑ์รวมกัน 4 ครั้งใน 1 เดือนต้องสั่งจากผู้ผลิตรายที่ 1 ไม่ต่ำกว่า 250 ล็อต เงื่อนไข (8.1) – (8.3) แสดงถึงการสั่งจากผู้ผลิตรายที่ 2 ต้องมากกว่า 70% ของการสั่งซื้อจากผู้ผลิตรายที่ 2 รวมกับผู้ผลิตรายที่ 3 ในทุกเดือน เงื่อนไข (9.1) – (9.3) การสั่งจากผู้ผลิตรายที่ 2 ต้องไม่เกิน 80% ของการสั่งซื้อจากผู้ผลิตรายที่ 2 รวมกับผู้ผลิตรายที่ 3 ในทุกเดือน เงื่อนไข (10) ปริมาณสินค้าคงคลังรวมในแต่ละโรงงาน แต่ละช่วงเวลาต้องไม่เกินความสามารถในการจัดเก็บของโรงงานนั้นๆ เงื่อนไข (11) – (14) เป็นการกำหนดประเภทตัวแปรตัดสินใจ และเงื่อนไข (15) เป็นเงื่อนไขที่ใช้กำหนดระดับคงคลังให้ไม่ต่ำกว่าระดับคงคลังเพื่อความปลอดภัย

4.2 แบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับฟังชันก์เชิงเส้นเป็นช่วง (Piecewise Linear Function)

เนื่องจากต้นทุนของผู้ผลิตรายที่ 1 มีต้นทุนต่อหน่วยไม่คงที่ ซึ่งแสดงตัวอย่างได้ดังรูปที่ 5 ดังนั้นแล้วในส่วนนี้จะทำการปรับรูปแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อให้เกิดฟังก์ชั่นเชิงเส้น โดยแทนค่าสมการที่ 16

$$f(Cost_p)O_{p,j,s=1,t} = \sum_{k\in K} Z_{k,t}\, Cost(b_{p,k}) \quad (16)$$

ในฟังก์ชั่นจุดประสงค์และเพิ่มเงื่อนไข (17)-(22) ในแบบจำลอง (3.1) รายละเอียดแสดงดังต่อไปนี้



รูปที่ 5 ราคาสินค้ากับจำนวนที่สั่ง

การกำหนดดัชนี

N = เซตของช่วงปริมาณการสั่งซื้อที่ทุกๆ โรงงานสั่งจากผู้ผลิตรายที่ 1 ที่ทำให้ราคาของบรรจุภัณฑ์เปลี่ยนไป $\{1,2,..,5\}$; 1 = สั่งในปริมาณ 0-2 ล็อต, 2 = สั่งในปริมาณ 3-5 ล็อต, 3 = สั่ง ในปริมาณ 6-10 ล็อต, 4 = สั่งในปริมาณ 11-19 ล็อต, 5 = สั่งในปริมาณมากกว่า 20 ล็อต

K = เซตของจุดการสั่งที่ทำให้ราคาบรรจุภัณฑ์ของผู้ผลิตรายที่ 1 เปลี่ยนไป $\{1, 2,\ldots,10\}$ 1= 0 ล็อต, 2= 2 ล็อต, 3= 3 ล็อต, 4= 5 ล็อต, 5=6 ล็อต, 6= 10 ล็อต, 7= 11 ล็อต, 8= 19 ล็อต, 9= 20 ล็อต, 10= M ล็อต

การกำหนดข้อมูลนำเข้า

b_k = ปริมาณการสั่งซื้อ ณ จุด k (ล็อต)

$Cost(b_{p,k})$ = ราคาของบรรจุภัณฑ์ p ที่จุดเปลี่ยนราคาสินค้า k เมื่อสั่งจากผู้ผลิตรายที่ 1 (บาท)

การกำหนดตัวแปรตัดสินใจ

$Z_{k,t}$ = สัดส่วนการสั่งที่จุด k ณ ช่วงเวลา t

$Y_{n,t}$ = 1; ถ้าทุกๆ โรงงานสั่งรวมกันอยู่ในช่วง n ณ ช่วงเวลา t

0; อื่นๆ

ซึ่งสามารถเขียนเงื่อนไขได้ดังนี้

$$f(Cost_p)O_{p,j,s=1,t} = \sum_{k\in K} Z_{k,t}\, Cost(b_{p,k}) \quad ;\forall p \in P1, \forall t \quad (16)$$

$$\sum_{p\in P}\sum_{j\in J} O_{p,j,s=1,t} = \sum_{k\in K} b_k Z_{k,t} \quad ;\forall t \quad (17)$$

$$Z_{k=1,t} \le Y_{n=1,t} \quad ;\forall t \quad (18.1)$$

$$Z_{k=2,t} \le Y_{n=1,t} \quad ;\forall t \quad (18.2)$$

$$Z_{k=3,t} \le Y_{n=2,t} \quad ;\forall t \quad (18.3)$$

$$Z_{k=4,t} \le Y_{n=2,t} \quad ;\forall t \quad (18.4)$$

$$Z_{k=5,t} \le Y_{n=3,t} \quad ;\forall t \quad (18.5)$$

$$Z_{k=6,t} \le Y_{n=3,t} \quad ;\forall t \quad (18.6)$$

$$Z_{k=7,t} \le Y_{n=4,t} \quad ;\forall t \quad (18.7)$$

$$Z_{k=8,t} \le Y_{n=4,t} \quad ;\forall t \quad (18.8)$$

$$Z_{k=9,t} \le Y_{n=5,t} \quad ;\forall t \quad (18.9)$$

$$Z_{k=10,t} \le Y_{n=5,t} \quad ;\forall t \quad (18.10)$$

$$\sum_{n\in N} Y_{n,t} = 1 \quad ;\forall t \quad (19)$$

$$Y_{n,t} \in \{0,1\} \quad ;\forall n,t \quad (20)$$

$$\sum_{k\in K} Z_{k,t} = 1 \quad ;\forall t \quad (21)$$

$$Z_{k,t} \ge 0 \quad ;\forall k,t \quad (22)$$

ฟังก์ชั่นที่ (16) มีวัตถุประสงค์เพื่อหาต้นทุนราคาถุงบรรจุภัณฑ์อาหารสัตว์ชนิด p ที่สั่งซื้อกับผู้ผลิตรายที่ 1 โดยสามารถคำนวณต้นทุนได้จากผลรวมของสัดส่วนการสั่งซื้อที่จุด k คูณกับราคาถุงบรรจุภัณฑ์อาหารสัตว์ชนิด p ที่จุด k เช่น ทราบค่าสัดส่วนการสั่งคือ $Z_{k=5t} = 0.5$ และ $Z_{k=6t} = 0.5$ และต้นทุนสินค้าที่จุด k คือ $Cost(b_{p,k=5}) = 33{,}000$ และ $Cost(b_{p,k=6}) = 55{,}500$ เมื่อแทนค่าลงในเงื่อนไขที่ 16 จะได้ต้นทุนสินค้าชนิด p ดังนี้ (33,000*0.5) + (55,500*0.5) = 44,000 บาท เงื่อนไขที่ (17) เป็นเงื่อนไขหาสัดส่วนการสั่งซื้อ โดยพิจารณาจากจำนวนการสั่งซื้อรวมของบรรจุภัณฑ์ทุกชนิด ทุกโรงงาน โดยกำหนดว่าจำนวนรวมของการสั่งซื้อจะต้องเท่ากับผลรวมของสัดส่วนการสั่งซื้อของจุดเปลี่ยนราคา k คูณกับจุดที่ทำให้ราคาเปลี่ยน เช่น หากสั่งสินค้า 8 ล็อต จำนวน 8 ล็อตนี้จะอยู่ระหว่างจุด $k = 5$ (6 ล็อต) และ $k = 6$ (10 ล็อต) และมีสัดส่วนการสั่ง $Z_{k=5t} = 0.5$ และ $Z_{k=6t} = 0.5$ และเมื่อนำมาแทนในเงื่อนไขที่ 17 จะได้ 6*(0.5)+10*(0.5) = 8 เงื่อนไขที่ (18.1)-(18.10) แสดงว่าการสั่งซื้อในช่วง n ต้องอยู่ระหว่างสัดส่วนการสั่งซื้อ ณ จุด k และ $k+1$ เงื่อนไขที่ (19) สามารถเลือกสั่งซื้อได้เพียง 1 ช่วงราคาในแต่ละช่วงเวลา เงื่อนไขที่ (20) ถ้า $Y_{n,t}$ เป็น 1 แสดงว่าจำนวนการสั่งในแต่ละช่วงเวลาอยู่ในช่วงการสั่งซื้อ n เงื่อนไขที่ (21) ในแต่ละช่วงเวลาเมื่อรวมสัดส่วนการสั่งซื้อแล้วจะต้องเท่ากับ 1 เงื่อนไขที่ (22) ในแต่ละช่วงเวลาสัดส่วนการสั่งซื้อจะต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0

5. ผลการดำเนินงานวิจัย

5.1 ผลการวิจัย

1. การตัดสินใจของงานวิจัยนี้จะมาจากผลเฉลยของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ผ่านการทำกรอบเวลาแบบหมุน (Rolling Horizon) ซึ่งคิดเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์โดยที่แบบจำลองคณิตศาสตร์นี้ได้ถูกประมวลผลผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CPLEX โดยใช้คอมพิวเตอร์ Intel® Core™ i5-3210M CPU@2.50 GHz RAM: 8GB

2. เนื่องจากลักษณะข้อมูลนำเข้า ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งปัญหาในการหาผลเฉลยออกเป็น 3 ปัญหาย่อย 1) ปัญหาสำหรับถุงบรรจุภัณฑ์ที่สามารถสั่งกับผู้ผลิตรายที่ 1 ได้เท่านั้น ใช้เวลาประมวลผล 3 นาที โดยให้คำตอบของต้นทุนที่ต่ำที่สุดคือ 8,809,504.172 บาท 2) ปัญหาสำหรับถุงบรรจุภัณฑ์ที่สามารถสั่งกับผู้ผลิตรายที่ 2 ได้เท่านั้น ใช้เวลาประมวลผล 55 นาที ให้คำตอบของต้นทุนที่ต่ำที่สุดคือ 15,303,416.128 บาท 3) ปัญหาสำหรับสำหรับถุงบรรจุภัณฑ์ที่สามารถพิจารณาเลือกสั่งซื้อจากผู้ผลิตรายที่ 2 หรือผู้ผลิตรายที่ 3 ใช้เวลาประมวลผล 1 ชั่วโมง 30 นาที ให้คำตอบของต้นทุนที่ต่ำที่สุดคือ 25,737,863.243 บาทโดย

ทั้ง 3 ปัญหา ทำให้ได้ผลเฉลยคือปริมาณการสั่งถุงบรรจุภัณฑ์แต่ละประเภทจากผู้ผลิตแต่ละรายของแต่ละโรงงานในแต่ละช่วงเวลา ปริมาณการจัดเก็บถุงบรรจุภัณฑ์แต่ละประเภทของแต่ละโรงงานในแต่ละช่วงเวลา รวมไปถึงจำนวนเที่ยวรถและขนาดรถที่ใช้จัดส่งในแต่ละเส้นทางแต่ละช่วงเวลา

3. จากเปรียบเทียบต้นทุนของการใช้วิธีการสั่งซื้อผ่านส่วนกลางที่มาจากผลเฉลยของแบบจำลองคณิตศาสตร์และการสั่งซื้อแบบปัจจุบันที่มาจากทางบริษัท โดยในบทความนี้ใช้ข้อมูลจริงในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2560 พบว่าการสั่งซื้อผ่านส่วนกลางจะสามารถลดต้นทุนโดยรวมได้ ซึ่งจะแสดงตัวอย่างรายละเอียดการตัดสินใจของการสั่งซื้อแบบปัจจุบันที่มาจากบริษัทและการสั่งซื้อผ่านส่วนกลางที่มาจากผลเฉลยของแบบจำลองคณิตศาสตร์ในตารางที่ 2-4 และแสดงการเปรียบเทียบต้นทุนแต่ละด้านอย่างละเอียดในแต่ละสัปดาห์ในรูปที่ 6-8

ตารางที่ 2 ตัวอย่างการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากผู้ผลิตรายที่ 1 ในแต่ละสัปดาห์ของวิธีการสั่งซื้อแบบเดิม (ล็อต)

โรงงาน	ผลิตภัณฑ์	สัปดาห์							
		1	2	3	4	5	6	7	8
C	12	0	20	20	0	0	20	0	0
	13	10	0	0	20	10	0	10	0
	14	10	0	0	0	10	0	0	0
	15	10	0	0	0	10	0	0	0
	16	5	0	0	0	5	0	10	0

ตารางที่ 3 ตัวอย่างการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากผู้ผลิตรายที่ 1 ในแต่ละสัปดาห์ของวิธีการสั่งซื้อผ่านส่วนกลาง (ล็อต)

โรงงาน	ผลิตภัณฑ์	สัปดาห์							
		1	2	3	4	5	6	7	8
A	1	11	0	25	0	18	0	24	0
	2	17	0	0	22	0	0	0	17
	3	0	13	0	22	0	0	0	0
	4	0	32	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	25	0	0	0	0
	6	0	0	0	17	0	0	0	0

ตารางที่ 3 (ต่อ) ตัวอย่างการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากผู้ผลิตรายที่ 1 ในแต่ละสัปดาห์ของวิธีการสั่งซื้อผ่านส่วนกลาง (ล็อต)

โรงงาน	ผลิตภัณฑ์	สัปดาห์							
		1	2	3	4	5	6	7	8
B	7	11	54	0	0	35	0	42	0
	8	19	33	0	0	0	21	0	0
	9	0	0	0	0	1	0	68	0
	10	0	21	0	0	19	0	21	0
	11	22	0	0	0	0	0	0	0
C	12	0	21	8	0	0	11	0	10
	13	0	14	0	8	0	11	0	9
	14	0	0	0	7	0	6	0	3
	15	0	6	0	4	0	5	0	4
	16	0	6	0	2	0	5	0	4

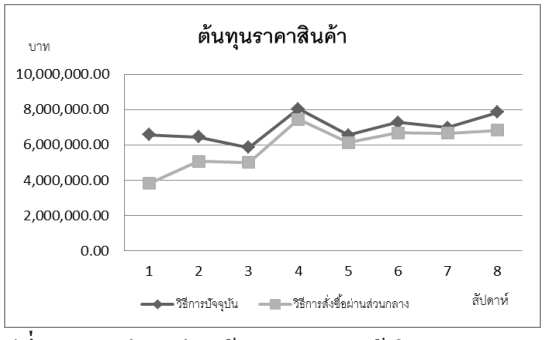
จากตารางที่ 2 และ 3 สามารถบอกได้ว่าการสั่งซื้อผ่านส่วนกลางโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์จะมีประสิทธิภาพดีกว่า การสั่งซื้อแบบปัจจุบัน กล่าวคือการวางแผนผ่านส่วนกลางจะมองเห็นภาพรวมทำให้สามารถพิจารณาสั่งซื้อหลายโรงงานพร้อมกันได้ ทำให้การติดสินใจผ่านส่วนกลางในแต่ละช่วงเวลา โรงงาน C ไม่จำเป็นต้องสั่งให้ครบ 20 ล็อตเนื่องจากสามารถรวมการสั่งจากโรงงานอื่นๆได้ เช่น ในสัปดาห์ที่ 3 ผลิตภัณฑ์ที่ 12 ของโรงงาน C จะสามารถสั่งซื้อเพียง 8 ล็อตเท่านั้นเพราะสามารถรวมยอดการสั่งจากโรงงาน A และ B ได้ ในขณะที่การตัดสินใจสั่งซื้อแบบปัจจุบัน ผู้วางแผนโรงงาน C จะไม่ทราบปริมาณ และช่วงการสั่งของโรงงาน A และ B ทำให้ไม่สามารถรวมการสั่งซื้อกับโรงงานอื่นๆได้ เป็นผลให้ผู้วางแผนของโรงงาน C ต้องสั่งซื้อถึง 20 ล็อตเพื่อจะได้ไม่เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม

ตารางที่ 4 ตัวอย่างการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากผู้ผลิตรายที่ 2 และผู้ผลิตรายที่ 3 ของโรงงาน G โดยการสั่งซื้อโดยแบบวิธีปัจจุบันและ การสั่งซื้อโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ ในช่วง 8 สัปดาห์

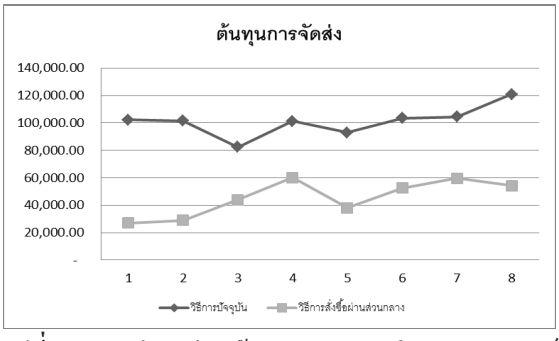
ผลิต-ภัณฑ์	ต้นทุน		แบบปัจจุบัน			สั่งซื้อผ่านส่วนกลาง		
	ผู้ผลิต 2	ผู้ผลิต 3	ผู้ผลิตรายที่		ต้นทุนสินค้ารวม	ผู้ผลิตรายที่		ต้นทุนสินค้ารวม
			2	3		2	3	
100	7,480	7,450	0	150	1,117,500	49	32	600,020
101	7,790	7,860	0	88	691,680	34	10	343,460
102	13,900	13,400	90	0	1,251,000	0	40	536,000
103	9,130	8,630	70	0	639,100	0	40	345,200
104	7,550	8,050	10	0	75,500	13	0	98,150
105	13,900	13,400	70	0	973,000	0	21	281,400
106	9,730	9,230	20	0	194,600	0	23	212,290
107	13,900	13,400	24	0	333,600	0	12	160,800
108	8,470	8,320	10	0	84,700	0	38	316,160
109	8,000	7,750	40	0	320,000	0	32	248,000
110	8,430	7,930	10	0	84,300	0	26	206,180
111	8,300	8,050	32	0	265,600	0	27	217,350
112	7,380	7,450	0	0	-	0	0	-
113	7,380	7,450	48	0	354,240	17	0	125,460
114	8,500	8,000	30	0	255,000	0	26	208,000
115	8,770	8,620	90	0	789,300	0	19	163,780
116	7,380	7,620	0	34	259,080	18	0	132,840
117	7,030	7,250	0	0	-	0	0	-
118	7,030	7,250	0	8	58,000	21	0	147,630
119	9,130	8,630	14	0	127,820	0	18	155,340
120	7,480	7,450	0	40	298,000	0	15	111,750
121	9,120	8,620	8	0	72,960	0	12	103,440

จากตารางที่ 4 พบว่าการตัดสินใจแบบปัจจุบันทำให้ต้นทุนที่สูงกว่าเพราะทางโรงงานต้องพยายามสั่งผลิตภัณฑ์จากผู้ผลิตรายที่ 2 เป็นจำนวนมากแม้ว่าบางผลิตภัณฑ์ผู้ผลิตรายที่ 2 จะมีราคาสูงกว่าผู้ผลิตรายที่ 3 เพื่อให้สัดส่วนการสั่งซื้ออยู่ในช่วง 70-80% ตามนโยบายของบริษัทในขณะที่การสั่งซื้อผ่านส่วนกลางโรงงาน G ไม่จำเป็นต้องสั่งสินค้าจากผู้ผลิตรายที่ 2 ให้ได้ 70-80% เนื่องจากสามารถรวมการสั่งกับโรงงานอื่นๆได้

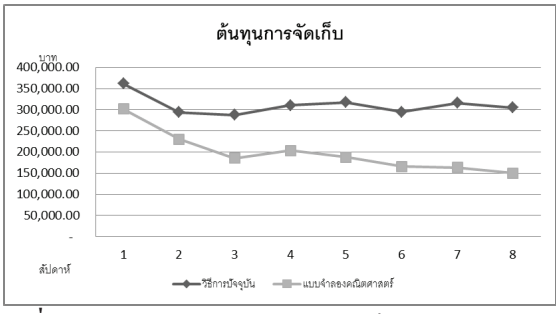
นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 1 พบว่าโรงงาน G จะอยู่ใกล้ผู้ผลิตรายที่ 3 มากกว่าผู้ผลิตรายที่ 2 ส่งผลให้ต้นทุนการจัดส่งของวิธีการสั่งซื้อผ่านส่วนกลางต่ำกว่าวิธีการสั่งซื้อแบบปัจจุบัน



รูปที่ 6 การเปรียบเทียบต้นทุนราคาสินค้าในแต่ละสัปดาห์



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบต้นทุนการขนส่งในแต่ละสัปดาห์



รูปที่ 8 การเปรียบเทียบต้นทุนการจัดเก็บในแต่ละสัปดาห์

จากรูปที่ 6-8 เป็นการเปรียบเทียบต้นทุนในแต่ละด้านในแต่ละสัปดาห์ โดยจะเห็น ในช่วงสัปดาห์แรกๆวิธีการสั่งซื้อผ่านส่วนกลางจะมีต้นทุนราคาสินค้าต่ำและจะค่อยๆสูงขึ้นจนถึงจุดหนึ่งแล้วต้นทุนราคาสินค้าจะค่อนข้างคงที่ เมื่อมาวิเคราะห์ดูแล้วพบว่า ในช่วงแรกแบบจำลองคณิตศาสตร์ตัดสินใจนำพัสดุคงคลังที่ค้างในระบบมาใช้ เป็นผลให้มีการสั่งซื้อน้อยลง และส่งผลให้การจัดส่งลดลงตามมา ซึ่งสะท้อนมายังต้นทุนราคาสินค้าและ ต้นทุนการขนส่ง แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไป พัสดุคงคลังที่ค้างในระบบเริ่มลดลงจึงมีการสั่งสินค้ามากขึ้นทำให้ผลต่างของการสั่งซื้อและการจัดส่งของทั้ง 2 วิธีลดลง เมื่อพิจารณาช่วงเวลาที่ระบบเข้าสู่สถานะที่ไม่ได้ใช้สินค้าคงคลังเดิมเพื่อสนองความต้องการลูกค้า พบว่าการสั่งซื้อโดยผ่านส่วนกลางจะสามารถประหยัดค่าต้นทุนสินค้าได้เฉลี่ย 632,420.01 บาท/สัปดาห์ หรือคิดเป็น 8.91% ประหยัดต้นทุนค่าขนส่งเฉลี่ย 49,489.84 บาท/สัปดาห์ หรือคิดเป็น 42.32% ในขณะที่ต้นทุนการจัดเก็บในช่วงระยะแรกผลต่างของต้นทุนการจัดเก็บของทั้ง 2 วิธีไม่ต่างกันมากนัก แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปการสั่งซื้อผ่านส่วนกลางจะมีต้นทุนการจัดเก็บลดลงเนื่องจากนำพัสดุคงคลังที่ค้างในระบบออกมาใช้มากขึ้น โดยพบว่าเมื่อเวลาผ่านไปสามารถประหยัดต้นทุนโดยเฉลี่ย 129,064.02 บาท/สัปดาห์ หรือคิดเป็น 52.44%

5.2 วิเคราะห์ผลเฉลยที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากการวิเคราะห์ผลเฉลยที่ได้จากแบบจำลองคณิตศาสตร์พบว่าสาเหตุที่ทำให้การสั่งซื้อผ่านส่วนกลางสามารถลดต้นทุนจากการสั่งซื้อจากแบบปัจจุบันคือ

1. การสั่งซื้อผ่านส่วนกลางสามารถสร้างทางเลือกการตัดสินใจได้มากกว่า ทำให้การตัดสินใจมีความเหมาะสมและ มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

- สำหรับบรรจุภัณฑ์ที่สั่งกับผู้ผลิตรายที่ 1 พบว่าในแต่ละช่วงเวลาทุกโรงงานสามารถสั่งในปริมาณที่ต้องการใช้จริงโดยไม่จำเป็นต้องสั่งขั้นต่ำ 20 ล็อต เพื่อที่จะไม่เสียค่าใช้จ่ายพิเศษเพิ่มเติม เนื่องจากการสั่งซื้อผ่านส่วนกลางจะพิจารณาการสั่งร่วมกับโรงงานอื่นๆ โดยเมื่อรวมปริมาณการสั่งทุกโรงงานแล้วจะสามารถทำให้ปริมาณการสั่งในแต่ละช่วงเวลาเกิน 20 ล็อตได้
- สำหรับบรรจุภัณฑ์ที่สามารถเลือกพิจารณาสั่งซื้อกับผู้ผลิตรายที่ 2 และผู้ผลิตรายที่ 3 พบว่าระบบสามารถตัดสินใจเลือกสั่งซื้อจากผู้ผลิตได้เหมาะสม โดยแต่ละโรงงานไม่จำเป็นต้องพยายามสั่งซื้อบรรจุภัณฑ์จากผู้ผลิตรายที่ 2 เป็นปริมาณมากเพื่อรักษาสัดส่วนไว้ เนื่องจากมีการพิจารณาหลายๆ โรงงานร่วมกัน เป็นผลให้เมื่อรวมปริมาณการสั่งกับทุกโรงงานแล้วภาพรวมทั่วประเทศของบริษัทยังสามารถรักษาสัดส่วนการสั่งไว้ได้
- การตัดสินใจผ่านส่วนกลางสามารถเลือกเส้นทางในการจัดส่งที่เหมาะสมทำให้ต้นทุนการจัดส่งลดลง

2. การสั่งซื้อผ่านส่วนกลางจะตัดสินใจสั่งซื้อในช่วงเวลาที่เหมาะสมเป็นผลให้สินค้าเข้าระบบในช่วงเวลาที่พอดี กล่าวคือสินค้าเข้าระบบในช่วงเวลาที่ระบบต้องการเติมเต็มสินค้าพอดี ในขณะที่การสั่งซื้อแบบปัจจุบันจะมีสินค้าเกินในระบบ เนื่องจากยังคงมีการสั่งซื้อ แม้ว่าในระบบจะมีพัสดุคงคลังเพียงพอกับความต้องการอยู่

3. จากการสั่งซื้อที่เหมาะสมสามารถลดจำนวนเที่ยวรถในการจัดส่งได้เป็นผลให้ต้นทุนในการจัดส่งลดลงตามมา

5.3 การทดสอบใช้ในสถาณการณ์จริง

การจะนำผลเฉลยที่ได้จากแบบจำลองคณิตศาสตร์ไปใช้จริงได้นั้นจะต้องมั่นใจว่าจะไม่เกิดเหตุการณ์สินค้าขาดมือ ดังนั้นแล้วก่อนจะนำไปใช้งานจริงจะต้องทำการทดสอบผลเฉลยที่ได้กับความต้องการที่เกิดขึ้นจริงก่อน เพราะความต้องการจริงอาจมีความคลาดเคลื่อนได้เล็กน้อย โดยจะแสดงตัวอย่างทดสอบในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตัวอย่างการทดสอบใช้ในสถาณการณ์จริงของบรรจุภัณฑ์ตัวอย่างที่ 1 ที่สามารถสั่งกับผู้ผลิตรายที่ 1 ได้

สัปดาห์ (t)	พัสดุคงคลังในช่วงก่อนหน้า (t-1)	*การสั่ง (t-2)	ความต้องการจริง (t)	พัสดุคงคลัง ณ สิ้นเวลา (t)
t=1	28.1	0	10.364	17.736
t=2	17.736	0	9.596	8.14
t=3	8.14	10	8.245	9.895
t=4	9.895	0	0.773	9.122
t=5	9.122	11	9.594	10.528
t=6	10.528	0	8.991	1.537
t=7	1.537	10	9.137	2.4
t=8	2.4	10	10.333	2.067

*การสั่ง (t-2) จะมาจากผลเฉลยที่ได้จากแบบจำลองคณิตศาสตร์

6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลจากงานวิจัย

งานวิจัยสามารถสรุปได้ว่า สำหรับบริษัทกรณีศึกษาการสั่งซื้อผ่านส่วนกลางในช่วงเริ่มต้นจะสามารถลดต้นทุนได้เป็นจำนวนมากเนื่องจากในระบบมีพัสดุคงคลังค้างเป็นจำนวนมาก ทำให้การตัดสินใจสั่งซื้อน้อยลง การจัดส่งจึง

ลดลงตามมา แต่เมื่อเวลาผ่านไปพัสดุคงคลังในระบบลดลง จึงมีการสั่งซื้อและจัดส่งมากขึ้นเป็นผลให้ต้นทุนเริ่มสูงกว่าในช่วงเริ่มต้น แต่อย่างไรก็ตามพบว่าเมื่อเวลาผ่านไปยังสามารถลดต้นทุนโดยรวมได้เฉลี่ย 810,974 บาทต่อสัปดห์ ซึ่งคิดเป็น 10.66% ซึ่งเป็นต้นทุนราคาสินค้าเฉลี่ย 632,420 บาท/สัปดาห์ หรือคิดเป็น 8.91% ต้นทุนการจัดส่งเฉลี่ย 49,490 บาท/สัปดาห์ และต้นทุนการจัดเก็บเฉลี่ย 129,064 บาท/สัปดาห์ หรือคิดเป็น 52.44% โดยที่การเปลี่ยนวิธีการสั่งซื้อนี้ไม่ทำให้บรรจุภัณฑ์ใดๆเกิดเหตุการณ์สินค้าขาดมือ

อย่างไรก็ตามเนื่องจากขนาดและความซับซ้อนของปัญหาจึงต้องทำการแบ่งปัญหาออกเป็น 3 ส่วน เพื่อให้สามารถหาผลเฉลยตามเงื่อนไขที่กำหนดได้ แต่จากรูปแบบข้อมูลนำเข้าของบริษัทกรณีศึกษา การแบ่งเป็นปัญหาย่อยไม่ได้ส่งผลต่อผลเฉลยที่ดีที่สุดแต่อย่างใด

6.2 ข้อเสนอแนะ

1. งานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการสั่งซื้อในแผนกอื่นๆของบริษัทได้ อาทิเช่น การสั่งซื้อวัตถุดิบ โดยอาจมีการปรับปรุงข้อจำกัดหรือเงื่อนไขอื่นๆเพิ่มเติม เช่น เงื่อนไขปริมาณการขนส่ง หรือ จำนวนแหล่งที่สามารถสั่งซื้อวัตถุดิบได้ เป็นต้น

2. การจะนำระบบการสั่งซื้อผ่านส่วนกลางไปใช้จริงนั้นทางทางบริษัทจะต้องมั่นใจได้ว่าข้อมูลต่างๆ มีการอัพเดทและไม่มีความผิดพลาด เช่น ระดับสินค้าคงคลัง หรือ ปริมาณความต้องการใช้ถุงบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิด

3. ก่อนจัดทำระบบการสั่งซื้อผ่านส่วนกลางจะต้องทำการแจ้งขั้นตอนในการทำงานให้กับทางผู้ผลิตทุกรายตลอดจนพนักงานทุกคนที่มีส่วนร่วมกับทั้งระบบการสั่งซื้อแบบเดิม และระบบการสั่งซื้อแบบใหม่ เพื่อให้เข้าใจถึงขั้นตอนต่างๆก่อนเริ่มใช้งาน

4. การนำไปปรับใช้ควรเริ่มจากการนำไปใช้กับการสั่งซื้อของผู้ผลิตรายที่ 1 และ โรงงาน A, B และ C ก่อน เนื่องจากเป็นผู้ผลิตขนาดเล็ก และพิจารณาบรรจุภัณฑ์ของทางบริษัทเพียง 16 ชนิด ซึ่งหากมีข้อผิดพลาดใดๆเกิดขึ้นจะไม่ส่งผลกระทบที่รุนแรงนัก

เอกสารอ้างอิง

[1] Chen, Y., Wahab, M. and Ongkunaruk, P. A joint replenishment problem considering multiple trucks with shipment and resource constraints. *Computers & Operations Research,* 2016; 74: 53-63.

[2] Sethi, S. and Sorger, G. A theory of rolling horizon decision making. Annals of Operations Research, 1991; 29(1): 387-415.

[3] นิรชร วะชุม และ กาญจน์นภา อมรัชกุล. ตัวแบบปริมาณการสั่งซื้อแบบพลวัตเมื่อระยะเวลานำไม่แน่นอน: กรณีศึกษาถ่านหินอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์. *วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน*, 2009; 4(2).

[4] Munson, C. L. and Hu, J. Incorporating quantity discounts and their inventory impacts into the centralized purchasing decision. *European Journal of operational research,* 2010; 201(2): 581-592.

[5] Karjalainen, K. Estimating the cost effects of purchasing centralization—Empirical evidence from framework agreements in the public sector. *Journal of Purchasing and supply Management,* 2011; 17(2): 87-97.

[6] Ghodsypour, S. H. and O'brien, C. The total cost of logistics in supplier selection, under conditions of multiple sourcing, multiple criteria and capacity constraint. *International journal of production economics,* 2001; 73(1): 15-27.

[7] Hammami, R., Frein, Y. and Hadj-Alouane, A.B. An international supplier selection model with inventory and transportation management decisions. *Flexible Services and Manufacturing Journal,* 2012; 24(1): 4-27.

[8] Pazhani, S., Ventura, J. A. and Mendoza, A. A serial inventory system with supplier selection and order quantity allocation considering transportation costs. *Applied Mathematical Modelling,* 2016; 40(1): 612-634.

[9] ชวิศ บุญมี และ ชมพูนุท เกษมเศรษฐ์. การประยุกต์ใช้เทคนิคการหาค่าที่ดีที่สุดสำหรับการกระจายสินค้า: กรณีศึกษาโรงงานผลไม้กระป๋อง. วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน, 2557; 2(2).

[10] Zhang, X., Zhang, Z., Zhang, Y., Wei,D. and Deng, Y. Route selection for emergency logistics management: A bio-inspired algorithm. *Safety science*, 2013; 54: 87-91.

[11] Gao, G., Zhang, B., Li, X. and Lv, J. Research on Routing Selection Algorithm Based on Genetic Algorithm. *Intelligent Computing and Information Science*, 2011; 353-358.

[12] Vidović, M., Popović, D. and Ratković, B. Mixed integer and heuristics model for the inventory routing problem in fuel delivery. *International Journal of Production Economics*, 2014; 147: 593-604.

[13] Mirzapour Al-e-hashem, S. and Rekik, Y. Multi-product multi-period Inventory Routing Problem with a transshipment option: A green approach. *International Journal of Production Economics*, 2014; 157: 80-88.