ตัวแบบการวางแผนการผลิตเสื้อผ้าแฟชั่นที่มีข้อจำกัดเรื่องงบประมาณ

อวยพร พู่วณิชย์[1] และ ศิวิกา ดุษฎีโหนด*[2]
หลักสูตรการจัดการโลจิสติกส์ คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
118 ถ.เสรีไทย บางกะปิ กรุงเทพฯ 10240

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึงกรณีศึกษาการวางแผนการสั่งผลิตเสื้อผ้าแฟชั่นของแบรนด์หนึ่งซึ่งมีสินค้าหลักห้าประเภท บริษัทมีสองฤดูการขายต่อปี ต้องสั่งผลิตล่วงหน้า 6 เดือนโดยมีงบประมาณรวมแต่ละฤดูกาลเท่ากับ 35 ล้านบาท หรือ 70 ล้านบาทต่อปี นโยบายในปี 2554-2555 พบว่ามีสินค้าคงเหลือมาก งานวิจัยนี้จึงนำตัวแบบสินค้าคงคลังที่เรียกว่า newsvendor มาประยุกต์ใช้เพื่อหาปริมาณสั่งซื้อที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ค่าคาดหมายกำไรรวมสูงสุดภายใต้งบประมาณของแต่ละฤดูกาล จากการวิเคราะห์ข้อมูล 2554-2555 โดยทดสอบภาวะสารูปสนิทดี พบว่าปริมาณความต้องการต่อเดือนมีการแจกแจงแบบปกติ นโยบายจากตัวแบบข้างต้นหากนำไปใช้กับข้อมูลใน 2556 พบว่ากำไรที่ได้เพิ่มขึ้นประมาณ 7,273,369 บาทต่อปี นอกจากนี้บริษัทควรใช้งบประมาณรวมอยู่ที่ 50 ล้านบาทต่อปี โดยงบประมาณส่วนที่เหลืออาจนำไปใช้ทำกิจกรรมส่งเสริมการตลาดหรือพัฒนารูปแบบการออกแบบสินค้า เพื่อดึงดูดความสนใจและอาจส่งเสริมยอดขายสินค้าในอนาคต

คำสำคัญ: การจัดการสินค้าคงคลัง, ตัวแบบ newsvendor, การประยุกต์ใช้ตัวแบบสโทแคสติกในการจัดการโลจิสติกส์

* Corresponding author. E-mail: dsiwiga@yahoo.com
[1] นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรการจัดการโลจิสติสก์ คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
[2] อาจารย์หลักสูตรการจัดการโลจิสติสก์ คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

Production Planning Model with a Budget Constraint for Fashion Clothing

Auyporn Poovanich[1] and Siwiga Dusadenoad*[2]
Logistics Management Program, Graduate School of Applied Statistics,
Natioanal Intitute of Development Administration
118 SeriThai Road, Bangkapi, Bangkok 10240, Thailand

Abstract

A case study is presented concerning an inventory problem found with a fashion clothing brand regarding five product categories. The company has two selling seasons; an order for each category needs to be placed six months before each season begins, and the total order for each season cannot exceed a pre-specified budget, currently 35 million THBs (i.e., 70 million THBs per year). With the company's ordering policy in 2011-2012, there were significant left-over inventories. We therefore applied an inventory model, the so-called newsvendor model, to determine the optimal order quantities that would maximize the total expected profit subject to the budget constraint. From analyzing the historical records from 2011 to 2012 using the goodness-of-fit test, we found that the monthly demand followed normal distribution. Our policy was tested using the 2013 company data: Our model could have increased the yearly profit by 7.2 million THBs, and the annual budget could have been reduced to 50 million THBs. This saving could have been spent on other activities such as marketing campaigns or product design in order to attract more customers.

Keywords: inventory management, newsvendor model, stochastic model applications in logistics management

* Corresponding author. E-mail: dsiwiga@yahoo.com

[1] Master Degree Student in Logistics Management Program, Graduate School of Applied Statistics, NIDA

[2] Lecturer in Logistics Management Program, Graduate School of Applied Statistics, NIDA

1. บทนำ

ในภาวะเศรษฐกิจยุคปัจจุบัน ธุรกิจต่างๆ มีการแข่งขันทวีความรุนแรงมากขึ้นทุกวัน แต่ละองค์กรต่างหากลยุทธ์เพื่อเพิ่มความได้เปรียบทางการตลาด ธุรกิจเสื้อผ้าก็เป็นอีกธุรกิจหนึ่งที่ยังคงดำเนินต่อไปได้ เพราะเป็นหนึ่งในปัจจัยสี่ของการดำรงชีวิต เป็นธุรกิจทำเงินที่สามารถสร้างรายได้ให้กับทั้งนักลงทุนมืออาชีพ และนักลงทุนมือใหม่ที่หันมาประกอบธุรกิจประเภทนี้กันอย่างล้นหลาม เพราะไม่ว่าหญิงหรือชายก็หันมาสนใจและใส่ใจในเรื่องความงาม และต้องการเสริมบุคลิกให้ตัวเองดูดีในสังคม ทำให้ธุรกิจนี้เติบโตอย่างรวดเร็ว

บริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทผลิตเสื้อผ้าแฟชั่น ได้แบ่งการผลิตและการขายสินค้าออกเป็นสองฤดูกาล คือ ฤดูร้อนเดือนกุมภาพันธ์ถึงกรกฎาคม และฤดูหนาวเดือนสิงหาคมถึงมกราคม และแบ่งประเภทของสินค้าออกเป็น 5 ประเภทใหญ่คือ 1) เสื้อแบ่งย่อยเป็นแขนสั้นและแขนยาว 2) กางเกงแบ่งย่อยเป็นกางเกงขาสั้น กางเกงขายาวและกางเกงสูท 3) สูทแบ่งย่อยเป็นเสื้อสูทกับแจ็คเก็ต 4) สินค้าผ้าถักแบ่งย่อยเป็นเสื้อยืด เสื้อโปโล และเสื้อกันหนาว 5) สินค้าเบ็ดเตล็ดแบ่งย่อยเป็นเข็มขัดและเนคไท

นโยบายในการสั่งผลิตสินค้า เป็นการสั่งผลิตล่วงหน้าประมาณ 6 เดือนก่อนเริ่มขายสินค้าแต่ละฤดูกาล จำนวนสั่งผลิตใช้ข้อมูลการพยากรณ์ยอดขายจากฝ่ายขายเพื่อนำมาสั่งผลิตสินค้าแต่ละประเภท โดยแบ่งการสั่งผลิตเป็นเสื้อ 50% กางเกง 35% สูท 5% ผ้าถัก 5% และเบ็ดเตล็ด 5% ภายใต้งบประมาณที่บริษัทกำหนดให้ในแต่ละปี ซึ่งทางบริษัทได้ใช้นโยบายนี้มานาน และไม่ได้มีการปรับปรุงให้สอดคล้องกับความต้องการปัจจุบันของลูกค้า จากการใช้นโยบายนี้ทำให้เกิดปัญหาในเรื่องของสินค้าคงเหลือจากการขายเยอะ และมีอายุเกิน 6 เดือน ทำให้เกิดการขาดทุน และมีต้นทุนของการขนส่งและการจัดเก็บสินค้าเพิ่มขึ้น

ผู้ศึกษาเล็งเห็นถึงปัญหานี้ และสนใจที่จะศึกษาถึงนโยบายการสั่งผลิตแบบเดิม รวมถึงยอดขายสินค้าย้อนหลัง และนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์กำหนดปริมาณสั่งผลิตสินค้าที่เหมาะสม โดยผู้ศึกษาจะนำตัวแบบ newsvendor มาใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสั่งผลิตที่เหมาะสม กล่าวคือมีปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของผู้ซื้อ และคงเหลือสินค้าจากการขายน้อยที่สุด เพื่อเป็นการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายจากการสั่งผลิตสินค้าที่มากเกินไป

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตัวแบบ newsvendor เป็นตัวแบบการจัดการสินค้าคงคลัง ที่มีการตัดสินใจสั่งซื้อเพียงครั้งเดียว ก่อนที่จะทราบค่าที่แท้จริงของปริมาณความต้องการซึ่งมีค่าไม่แน่นอนหรือเป็นตัวแปรสุ่ม (random variable) ตัวแบบนี้เหมาะสำหรับสินค้าที่มีช่วงเวลาการขายสั้น หรือมีอายุจำกัด และไม่สามารถเก็บไว้ขายได้หลังหมดช่วงเวลาการขายนั้นแล้ว ตัวอย่างเช่น หนังสือพิมพ์ โรงพิมพ์ต้องตัดสินใจสั่งผลิตก่อนทราบปริมาณความต้องการที่แท้จริง หากในวันนั้นไม่สามารถขายได้หมด หนังสือพิมพ์ที่เหลือไม่สามารถเก็บไปขายได้ในวันต่อไป ตัวแบบนี้จึงมักถูกเรียกว่าตัวแบบ newsvendor สินค้าอื่น ๆ ที่สามารถนำตัวแบบนี้ไปประยุกต์ได้ เช่น ขนมหรืออาหารที่ผลิตวันต่อวัน ปฏิทินที่มีช่วงการขายเพียงปลายปีถึงหลังต้นปีใหม่ไม่นาน การ์ดเทศกาล หรือสินค้าแฟชั่นดังในบทความนี้ ตัวแบบนี้มีกล่าวถึงในหนังสือการจัดการสินค้าคงคลัง หรือการจัดการโซ่อุปทาน เช่น บทที่ 10 ใน [1] บทที่ 11 ใน [2] และบทที่ 5 ใน [3] หรือในบทความปริทัศน์ (review paper) ของ Qin et. al. [4] และ Khouja [5] เป็นต้น

ในตัวแบบ newsvendor มีต้นทุนดังนี้ ให้ c_o เป็นต้นทุนต่อหน่วยของสินค้าคงคลังที่เหลือจากการจำหน่าย (overage cost) และให้ c_u เป็นต้นทุนต่อหน่วยของความต้องการซื้อสินค้าที่มากกว่าสินค้าคงคลังที่มีอยู่ (underage cost) หากบริษัทสั่งซื้อสินค้าเป็นจำนวนมากเกิน ก็อาจมีสินค้าเหลือเป็นจำนวนมาก ในทางตรงกันข้ามหากบริษัทสั่งซื้อสินค้าเป็นจำนวนน้อยเกิน ก็อาจมีลูกค้าที่ไม่ได้ของที่ต้องการเป็นจำนวนมาก เกิดเป็นค่าเสียโอกาสขึ้น ดังนั้นปริมาณสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุด มีจุดมุ่งหมายทำให้ต้นทุนรวมทั้งสองต่ำที่สุด ปริมาณสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดแทนด้วย x^* เป็นผลเฉลยของสมการ

$$F(x^*) = c_u/(c_u + c_o)$$

โดยที่ F แทนฟังก์ชันแจกแจงสะสม (cumulative distribution function) ของปริมาณความต้องการของลูกค้า (customer demand) ความยากของปัญหาการตัดสินใจข้างต้นอยู่ที่ว่า ผู้ตัดสินใจ (decision maker) ต้องตัดสินใจว่าจะผลิตเท่าใดภายใต้ความไม่แน่นอน (uncertainty) ของปริมาณความต้องการ ปริมาณการผลิตที่ตัดสินใจไปแล้วไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้หลังจากที่ทราบปริมาณความต้องการจริง

งานวิจัยอื่น ๆ ที่ได้นำตัวแบบ newsvendor มาประยุกต์ใช้ เช่น วุฒิพงศ์ จิตตั้งสกุล และคณะ [6] ได้มีแนวคิดในการพัฒนาแบบจำลองในการบริหารเงินคงคลังโดยจะพิจารณาถึงปัจจัยทางบัญชีควบคู่ไปกับปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อหาผลลัพธ์ในรูปของระดับเงินคงคลังที่เหมาะสม โดยพิจารณาต้นทุนการบริหารเงินคงคลังใน 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 ต้นทุนการถือเงินคงคลังสูงเกินความจำเป็น ซึ่งได้แก่ ต้นทุนค่าเสียโอกาสในการนำเงินไปลงทุนทางอื่น และส่วนที่ 2 ต้นทุนการขาดแคลนเงินคงคลัง ได้แก่ กรณีที่รัฐบาลมีเงินคงคลังไม่เพียงพอต่อการใช้จ่าย และต้องมีการออกตราสารเพื่อจัดหาเงินสดเพิ่ม โดยในการศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองการบริหารเงินสดโดยการหาระดับเงินสด (เงินคงคลัง) ที่ทำให้ต้นทุนของการบริหารเงินสดต่ำที่สุดสามตัวแบบ ได้แก่ 1) Baumol 2) Miller–Orr และ 3) newsvendor โดยได้แบ่งเป็นกรณีรัฐบาลดำเนินนโยบายการคลังแบบขาดดุล และกรณีรัฐบาลดำเนินนโยบายการคลังแบบสมดุล ทั้งนี้ ในการศึกษาจะใช้ผลการประมาณการตามแบบจำลอง newsvendor เป็นหลัก เนื่องจากเป็นแบบจำลองเดียวที่ได้คำนึงถึงความผันผวนของความต้องการเงินสดในการประมาณการระดับเงินคงคลังที่เหมาะสมของรัฐบาลไว้ด้วย

ตามที่ [7] ได้ศึกษาวิเคราะห์หาปริมาณเงินสดสำรองที่เหมาะสมให้กับเครื่องเบิกถอนเงินสดอัตโนมัติของธนาคารแห่งหนึ่งในประเทศไทย การวิเคราะห์ใช้ตัวแบบ newsvendor โดยกำหนดระดับการให้บริการที่ 98% ตัวแปรสุ่มซึ่งแทนปริมาณเงินเบิกถอนในแต่ละรอบเติมเงิน (3.5 วัน) สร้างมาจาก 2 วิธีดังนี้ 1) พิจารณาปริมาณเบิกถอนรวมต่อรอบเติม 2) พิจารณาปริมาณเบิกถอนต่อหนึ่งรายการถอนร่วมกันกับจานวนรายการถอนต่อรอบเติม จากการวิจัยสามารถช่วยลดเงินทุนที่จมอยู่กับเครื่องเบิกถอนเงินสดอัตโนมัติและทำให้กระแสเงินสดของธนาคารเกิดสภาพคล่องมากขึ้น

วัฒนา แย้มประยูรสวัสดิ์ และ โอฬาร กิตติธีรพรชัย [8] ศึกษาการวางแผนการขนส่งในระยะยาวของผู้ให้บริการขนส่งโดยให้ความสำคัญกับการพิจาณาค่าใช้จ่ายในการจ้างผู้รับเหมาภายนอก หากเตรียมรถบรรทุกจำนวนน้อยเกินไปเปรียบเทียบกับความสูญเสียโอกาสในการหารายได้จากลูกค้าช่องทางอื่นๆ หากมีการเตรียมจำนวนรถบรรทุกมากเกินไป โดยพบว่าการตัดสินใจดังกล่าวมีลักษณะคล้ายคลึงกับปัญหาการจัดการพัสดุคงคลังแบบความต้องการไม่แน่นอน หรือ ปัญหา newsvendor ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์เพื่อสร้างกรอบการทำสัญญาระหว่างผู้ผลิตและผู้ให้บริการขนส่ง โดยวิเคราะห์หาปริมาณที่เหมาะสมในการเตรียมรถบรรทุกสำหรับการจองเพื่อให้คู่สัญญาทั้งสองมีความร่วมมือในการวางแผนขนส่ง และมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลอย่างเป็นระบบ

ตัวแบบ newsvendor ที่ประยุกต์ใช้ในกรณีศึกษานี้แตกต่างจากตัวแบบ newsvendor แบบพื้นฐาน เพราะเนื่องจากบริษัทกรณีศึกษามีข้อจำกัดเรื่องงบการผลิตรวมในตัวแบบพื้นฐานมีสินค้าเพียงรายการเดียว ไม่มีข้อจำกัดเรื่องงบประมาณ ในบทความนี้มีสินค้าห้ารายการ และมีงบการผลิตรวมต่อปีเท่ากับ 70 ล้านบาท ความยากของปัญหานอกจากอยู่ที่ความไม่แน่นอนของปริมาณความต้องการของสินค้าทั้งห้ารายการแล้ว ยังอยู่ที่เรื่องงบประมาณการผลิตรวม (budget constraint) หากไม่มีข้อจำกัดเรื่องงบการผลิต ปัญหาสามารถแก้ได้โดยสร้างห้าตัวแบบสำหรับสินค้าแต่ละรายการ ซึ่งเป็นการใช้ตัวแบบ newsvendor แบบพื้นฐาน แต่บทความนี้บริษัทกรณีศึกษามีงบประมาณ 70 ล้าน สำหรับการผลิตสินค้าทั้งห้ารายการ จึงไม่สามารถใช้ตัวแบบพื้นฐานแยกเป็นแต่ละรายการได้ ต้องประยุกต์สร้างตัวแบบใหม่ ซึ่งเป็นตัวแบบที่มีตัวแปรตัดสินใจ (decision variables) ห้าตัว ภายใต้ของจำกัดเรื่องงบประมาณการผลิตรวมและมีจุดหมายเพื่อให้ต้นทุนรวมทั้งห้าต่ำสุด ตัวแบบในบทความนี้จึงซับซ้อนกว่าตัวแบบ newsvendor พื้นฐาน

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

สำหรับการศึกษาครั้งนี้มีห้าขั้นตอน (1) เก็บรวบรวมข้อมูลของบริษัทย้อนหลังตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2554 ถึงมกราคม 2556 โดยแบ่งข้อมูลออกเป็นสองฤดูกาล และแบ่งสินค้าออกเป็นห้ารายการ คือ เสื้อ กางเกง สูท ผ้าถักและเบ็ดเตล็ด มีการสัมภาษณ์ผู้จัดการฝ่ายผลิตสินค้า เพื่อสอบถามถึงรายละเอียดสินค้า นโยบายในการผลิตสินค้าและข้อมูลด้านต้นทุนและยอดขายย้อนหลัง โดยใช้โปรแกรม SAP เพื่อเรียกดูข้อมูลดังกล่าว (2) จัดการข้อมูลปริมาณความต้องการให้อยู่ในรูปที่สามารถนำไปวิเคราะห์ได้ โดยที่นี้ สมมติให้ปริมาณความต้องการแจกแจงแบบปกติ ขั้นตอนนี้จะหาค่า mean และ standard deviation ของสินค้าทั้งห้ารายการ พร้อมทั้งทำการทดสอบภาวะสารูปสนิทดี (goodness of fit) (3) สร้างตัวแบบ newsvendor และหานโยบายที่เหมาะสมที่สุด (4) ทดสอบนโยบายใหม่ที่ได้มาจากข้อมูล 2554 – 2555 มาใช้กับ

ข้อมูลปี 2556 (5) เปรียบเทียบนโยบายเดิมของบริษัทกับนโยบายใหม่ที่มาประยุกต์ใช้กับข้อมูลปี 2556

ตัวแบบ newsvendor ที่มีข้อจำกัดเรื่องงบประมาณรวม เป็นปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุด (optimization problem) ที่มีพารามิเตอร์นำเข้า (input parameters) ดังนี้

ให้ n แทนจำนวนรายการสินค้า ซึ่งสำหรับบริษัทนี้ $n = 5$

ให้ m แทนจำนวนฤดูกาลในหนึ่งปี ซึ่งสำหรับบริษัทนี้ $m = 2$

สำหรับแต่ละ $i = 1, 2, \dots, n$ และฤดูกาล $j = 1,2$

ให้ b_j แทนงบประมาณในฤดูกาล j ซึ่งเท่ากับ 35 ล้านบาทต่อฤดู

ให้ D_{ij} เป็นตัวแปรสุ่ม (random variable) แทนปริมาณความต้องการสินค้า (demand) รายการ i ในฤดู j

ให้ p_{ij} แทนรายได้ต่อหน่วยของสินค้ารายการ i ในฤดู j

ให้ c_{ij} แทนต้นทุนต่อหน่วยของสินค้ารายการ i ในฤดู j

ให้ s_{ij} แทนมูลค่าซาก (salvage) ต่อหน่วยสินค้ารายการ i ในฤดู j

ตัวแปรตัดสินใจ คือ ปริมาณสั่งผลิตของสินค้ารายการที่ i ในฤดู j

แทนด้วย x_{ij} โดยที่ $i = 1, 2, \dots, n$

และ $j = 1,2, \dots, m$

Maximize

$$E\left[\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{m} p_{ij}\min(D_{ij}, x_{ij}) - c_{ij}x_{ij} + s_{ij}(x_{ij} - D_{ij})^{+}\right] \quad (1)$$

Subject to:

$$\sum_{i=1}^{n} c_{ij}x_{ij} \le b_j \text{ สำหรับแต่ละ } j = 1, \dots, m \quad (2)$$

$$x_{ij} \ge 0 \text{ สำหรับ } i = 1, 2, \dots, n \text{ และ } j = 1, \dots, m \quad (3)$$

โดยที่สัญลักษณ์ $(y)^{+} = max(y, 0)$ เป็น positive part ของ y ในตัวแบบข้างต้น ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (objective function) ในสมการ (1) คือค่าคาดหมาย (expected value) ของกำไรรวมของสินค้าทุกรายการทุกฤดูกาลในหนึ่งปี กำไรของสินค้าแต่ละรายการได้จากรายได้จากปริมาณที่ขายได้ $min(x_{ij}, D_{ij})$ รวมกับเงินจากมูลค่าซากในพจน์ที่สอง ลบด้วยต้นทุนในพจน์สุดท้าย สังเกตว่าปริมาณที่ขายได้ต้องไม่เกินจำนวนที่ผลิต x_{ij} และต้องไม่เกินปริมาณความต้องการ D_{ij} จึงได้ว่าปริมาณที่ขายได้ในพจน์แรกของ (1) คือ

$$min(x_{ij}, D_{ij}) = \begin{cases} D_{ij}; D_{ij} \le x_{ij} \\ x_{ij}; D_{ij} > x_{ij} \end{cases} \quad (4)$$

กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ หากปริมาณความต้องการไม่เกินจำนวนที่ซื้อมา [กรณีบนในสมการ (4)] แล้วปริมาณที่ขายได้เท่ากับปริมาณความต้องการ ในทางตรงกันข้าม หากปริมาณความต้องการเกินจำนวนที่ซื้อมา [กรณีล่างในสมการ (4)] แล้วปริมาณที่ขายได้เท่ากับจำนวนที่ซื้อมา

ใน (1) พจน์ที่สองปริมาณสินค้าที่เหลือได้จาก positive part ของปริมาณที่ผลิตหักด้วยปริมาณความต้องการ ในข้อจำกัด (constraint) ที่ (2) ระบุว่าจำนวนเงินที่ใช้ผลิตสินค้าทุกรายการรวมกันต้องไม่เกินงบประมาณที่มีต่อฤดูกาล ข้อจำกัดที่ (3) กำหนดว่าจำนวนที่ซื้อมาต้องเป็นค่าไม่ติดลบ หรือที่มักเรียกว่า non-negativity constraint ตัวแบบนี้ต้องการหาจำนวนผลิตที่ดีที่สุดของสินค้าแต่ละรายการ เพื่อให้ค่าคาดหมายกำไรรวมสูงสุด โดยที่ใช้เงินในการผลิตไม่เกินงบที่กำหนดไว้

จากสมบัติของค่าคาดหมายที่ว่าค่าคาดหมายของผลบวกเท่าผลบวกของค่าคาดหมาย ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (1) สามารถเขียนได้ดังนี้

$$\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n}\Big\{p_{ij}E[min(x_{ij}, D_{ij})] + s_{ij}E\left[(x_{ij} - D_{ij})^{+}\right] - c_{ij}x_{ij}\Big\} \quad (5)$$

ในตัวแบบที่มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือ (5) และหากไม่มีข้อจำกัดเรื่องงบประมาณ (2) เราสามารถแยกตัวแบบที่ไม่มีข้อจำกัดเป็น $n = 5$ ปัญหาย่อย ซึ่งแต่ละปัญหาย่อยเป็นตัวแบบ newsvendor พื้นฐานที่มีตัวแปรตัดสินใจเพียงตัวเดียว และมีสูตรคำนวณปริมาณสั่งซื้อเหมาะสมที่สุดดังที่ได้กล่าวข้างต้น นั่นคือ

$$F_{ij}(x_{ij}^{*}) = c_{u,ij}/(c_{u,ij} + c_{o,ij}) \quad (6)$$

โดยที่ F_{ij} แทนฟังก์ชันแจกแจงสะสมของปริมาณความต้องการของสินค้ารายการ i ในฤดู j ต้นทุน underage $c_{u,ij} = p_{ij} - c_{ij}$ เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นหากมีสินค้าน้อยเกินไปหนึ่งชิ้น ซึ่งก็คือ กำไรที่หายไปนั่นเอง กำไรต่อ

หน่วยได้มาจากรายได้ต่อหน่วยลบด้วยต้นทุนต่อหน่วย ต้นทุน overage $c_{o,ij} = c_{ij} - s_{ij}$ เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นหากมีสินค้ามากเกินไปหนึ่งชิ้น สำหรับทุกชิ้นที่ผลิต บริษัทเสีย c_{ij} ต่อชิ้นแต่หากมีสินค้าเหลือจะสามารถขายเป็นมูลค่าซากได้คืนมา s_{ij} ต่อชิ้น

ในปัญหาของบริษัทกรณีศึกษา สูตร (6) ข้างต้นไม่สามารถนำมาใช้ได้โดยตรง เพราะตัวแบบ newsvendor พื้นฐานไม่มีข้อจำกัดเรื่องงบประมาณ ปริมาณการผลิตที่หาได้จากสูตร (6) อาจทำให้ต้นทุนการผลิตของสินค้าทุกรายการรวมกันเกินงบประมาณที่ตั้งไว้ หากเป็นเช่นนั้นบริษัทต้องตัดสินใจต่อไปว่าควรลดการผลิตสินค้ารายการใดเป็นปริมาณเท่าใด ทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องสร้างตัวแบบที่พิจารณาข้อจำกัดเรื่องงบประมาณรวมเข้าไป และต้องมีตัวแปรตัดสินใจเป็นปริมาณการผลิตของสินค้าทุกรายการ

ค่าคาดหมายในพจน์แรกและพจน์ที่สองของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (5) ซึ่งแทนยอดขายเฉลี่ย $E[min(x_{ij}, D_{ij})]$ และจำนวนของเหลือเฉลี่ย $E[(x_{ij} - D_{ij})^+]$ หาได้จาก first-order loss function $E[(D_{ij} - x_{ij})^+]$ ซึ่งในตัวแบบนี้คือปริมาณสินค้าที่ขาดส่ง หรือจำนวนลูกค้าที่ไม่ได้ของความสัมพันธ์ของค่าคาดหมายดังกล่าว และ loss function เป็นดังนี้

$$E[\min(x_{ij}, D_{ij} = E[D_{ij}] - E\left[(D_{ij} - x_{ij})^+\right] \quad (7)$$

$$E\left[(x_{ij} - D_{ij})^+\right] = x_{ij} - E[\min(x_{ij}, D_{ij})] \quad (8)$$

สมการ (7) กล่าวว่ายอดขายเฉลี่ยได้จากปริมาณความต้องการเฉลี่ยลบด้วยจำนวนสินค้าขาดส่งเฉลี่ย สมการ (8) กล่าวว่าปริมาณสินค้าที่เหลือเฉลี่ยได้จากปริมาณสินค้าที่ผลิตลบด้วยยอดขายเฉลี่ย สำหรับการแจกแจงส่วนมาก เช่น normal มีตาราง loss function อยู่แล้วในหนังสือ สถิติและความน่าจะเป็นทั่วไป หรือได้จาก

$$L(z) = \phi(z) - z(1 - \Phi(z)) \quad (9)$$

$$E\left[(D_{ij} - x_{ij})^+\right] = \sigma_{ij} L\left(\frac{x_{ij} - \mu_{ij}}{\sigma_{ij}}\right) \quad (10)$$

โดยที่ ϕ และ Φ เป็นฟังก์ชันความหนาแน่น (density function) และฟังก์ชันแจกแจงสะสม (cumulative distribution function) ของการแจกแจงปกติมาตรฐาน (standard normal distribution)

การหาผลเฉลยที่ดีที่สุดในบทความนี้ทำโดยใช้ Excel Solver กำหนดให้ Solving Method คือ GRG Nonlinear ซึ่งเหมาะสำหรับ nonlinear optimization สังเกตว่าตัวแบบหาค่าเหมาะสมที่สุด (1)—(3) นี้ไม่ใช่ตัวแบบโปรแกรมเชิงเส้น (linear programming model) พจน์แรกและพจน์ที่สองในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (1) นั่นคือยอดขายเฉลี่ยและปริมาณสินค้าเหลือเฉลี่ยไม่ได้แปรผันตรงเชิงเส้น (linearly proportional) กับปริมาณที่ผลิต ดังนั้นจึงไม่เหมาะสมที่จะใช้ Simplex algorithm ของ Excel Solver

ในการคำนวณ loss function เราสามารถใช้คำสั่ง Excel NORM.DIST(z,0,1,0) หาฟังก์ชันความหนาแน่น $\phi(z)$และ NORM.DIST(z,0,1,1) หาฟังก์ชันแจกแจงสะสม $\Phi(z)$ ของการแจกแจงปกติมาตรฐาน คำสั่ง NORM.DIST ใน argument ท้ายสุดเป็น 1 หรือ TRUE ถ้าต้องการเป็นฟังก์ชันแจกแจงสะสม ถ้าไม่ต้องการสะสมแต่ต้องการเป็น density ให้ใส่ 0 หรือ FALSE สำหรับใน argument ที่สองและสาม แทน mean และ standard deviation ของการแจกแจงปกติที่สนใจ สำหรับการแจกแจงปกติมาตรฐานจะมี mean=0 และ standard deviation=1

4. ผลการวิจัย

ปริมาณความต้องการต่อเดือนมี sample mean และ sample standard deviation คำนวณไว้ดังแสดงในตารางที่ 1 จากนั้นใช้ Kolmogorov-Smirnov test เพื่อทดสอบสารูปสนิทดี ซึ่งมีสมมติฐานว่าง (null hypothesis) ว่าปริมาณความต้องการต่อเดือนมีการแจกแจงปกติซึ่งมี mean และ standard deviation ตามตารางที่ 1 โดยใช้คำสั่ง ks.test ในโปรแกรมตัวอย่าง เช่น สำหรับเสื้อฤดูหนาว ks.test(d2$Shirt,“pnorm”, mean=7668.3, sd=1048.55) ข้อมูลปริมาณความต้องการเสื้อต่อเดือนอยู่ในตัวแปรชื่อ d2$Shirt สำหรับ“pnorm” เป็นการบอกว่าในสมมติฐานว่างการแจกแจงที่สนใจคือ normal ค่า p-value ที่ได้จากการทดสอบแสดงไว้ในคอลัมน์สุดท้ายของแต่ละฤดู ทุกค่า p-value สูงกว่า 0.05 ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานว่างที่ระดับนัยสำคัญ (significance level) $\alpha = 0.05$ จึงสามารถสร้างตัวแบบที่กำหนดให้ปริมาณความต้องการแจกแจงปกติได้

ตารางที่ 1 ปริมาณความต้องการต่อเดือนในปี 2554-2555

	ฤดูร้อน			ฤดูหนาว		
	mean	SD		mean	SD	
รายการ	ชิ้น/เดือน	ชิ้น/เดือน	p-value	ชิ้น/เดือน	ชิ้น/เดือน	p-value
Shirt	5,478.58	648	0.9049	7,668.83	1,048.55	0.7123
Pants	2,483.17	393.16	0.8783	3,258.08	399.29	0.8296
Suit	189.5	24.43	0.7636	242.17	73.9	0.9552
Knit Wear	169.5	65.87	0.2246	168.33	67.48	0.2601
Accessories	104.83	28.45	0.6597	170.42	83.72	0.7487

แต่ละฤดูกาลขายมีระยะเวลา $k = 6$ เดือน จึงต้องคำนวณหา mean และ standard deviation สำหรับปริมาณความต้องการหกเดือน แทนด้วย μ และ σ ตามลำดับ กำหนดให้ปริมาณความต้องการสินค้าในแต่ละเดือนเป็นอิสระต่อกันจะได้ $\mu = 6\,\mu_1$ และ $\sigma = \sqrt{6}\,\sigma_1$ โดยที่ μ_1และσ_1 แทน mean และ standard deviation ของปริมาณความต้องการต่อเดือน นอกจากนี้จากทฤษฎีความน่าจะเป็น ผลบวก k ตัวแปรสุ่มปกติที่เป็นอิสระต่อกันจะมีการแจกแจงแบบปกติด้วย โดยที่ mean และ standard deviation ได้มาจากวิธีการข้างต้น ค่าที่ได้พร้อมทั้งข้อมูลด้านค่าใช้จ่าย และปริมาณการผลิตที่ได้จากการหาผลเฉลยโดยใช้ Excel Solver ดังแสดงในตารางที่ 2 ในคอลัมน์สุดท้าย

ตารางที่ 2 พารามิเตอร์นำเข้าและผลเฉลยจากตัวแบบ

		mean	SD	รายได้	ต้นทุน	มูลค่าซาก	ปริมาณผลิต
		ชิ้น	ชิ้น	บาท/ชิ้น	บาท/ชิ้น	บาท/ชิ้น	ชิ้น
ร้อน	Shirt	32,871.50	1,587.28	1,431.0	343.0	286.2	35,488
	Pants	14,899.00	963.05	1,687.0	421.0	337.4	16,381
	Suit	1,137.00	59.84	5,284.0	1,382.0	1,056.8	1,222
	Knit Wear	1,017.00	161.36	1,490.0	374.0	298.0	1,263
	Accessories	629.00	69.68	1,401.0	340.0	280.2	741
หนาว	Shirt	46,013.00	2,568.41	1,438.0	345.0	287.6	50,240
	Pants	19,548.50	978.05	1,699.0	424.0	339.8	21,053
	Suit	1,453.00	181.02	5,250.0	1,377.0	1,050.0	1,710
	Knit Wear	1,010.00	165.30	1,444.0	356.0	288.8	1,270
	Accessories	1,022.50	205.08	1,430.0	339.0	286.0	1,367

เพื่อความชัดเจน ปัญหาการผลิตข้างต้นสำหรับฤดูร้อน (ฤดูกาลที่ 1) มีตัวแปรตัดสินใจคือปริมาณการผลิตเสื้อกางเกง สูท ผ้าถัก และเบ็ดเตล็ด แทนด้วย $x_{11}, x_{21}, x_{31}, x_{41}, x_{51}$ เงื่อนไขข้อจำกัด (11) กำหนดว่าต้นทุนการผลิตในฤดูร้อนต้องไม่เกินงบประมาณ ซึ่งคือ 35 ล้านบาท

$$343x_{11} + 421x_{21} + \cdots + 340\,x_{51} \leq 35{,}000{,}000 \qquad (10)$$

ค่าคาดหมายกำไรจากการผลิตเสื้อ x_{11} หน่วยในฤดูร้อนคือ

$$f_{11}(x_{11}) = 1431E[\min(x_{11}, D_{11})] + 286.2E[(x_{11} - D_{11})^{+}] - 343x_{11} \qquad (12)$$

โดยที่ใน (12) พจน์แรกคือรายได้ (มาจากราคาขายต่อหน่วยคูณกับยอดขาย) หน่วย พจน์ที่สองคือรายได้จากมูลค่าซาก (มาจากมูลค่าซากต่อหน่วยคูณกับจำนวนของที่เหลือ) และพจน์ที่สามคือต้นทุนการผลิตเสื้อจำนวน x_{11} หน่วย ทำนองเดียวกันให้ $f_{21}, f_{31}, f_{41}, f_{51}$ แทนกำไรจากการผลิตกางเกง กางเกง สูท ผ้าถัก และเบ็ดเตล็ด ตามลำดับ ในฤดูร้อน บริษัทต้องการให้ได้ค่าคาดหมายกำไรสูงสุด โดยมีข้อจำกัดเรื่องงบประมาณเขียนได้ดังนี้

$$\max f_{11}(x_{11}) + f_{21}(x_{21}) + \cdots + f_{51}(x_{51})$$
$$343x_{11} + 421x_{21} + \cdots + 340x_{51} \leq 35{,}000{,}000$$

สำหรับในฤดูหนาวบริษัทสามารถสร้างตัวแบบทำนองเดียวกันได้

หลังจากได้ปริมาณผลิตที่มาจากการวิเคราะห์ปี 2554-2555 แล้ว ขั้นตอนต่อมาเป็นการทดสอบนโยบายใหม่ที่ได้นี้กับข้อมูลปี 2556 โดยนำปริมาณผลิตที่ได้มาใช้ในปี 2556 ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบผลกำไรระหว่างนโยบายเดิมกับใหม่

ฤดูร้อน	จำนวนการสั่งผลิต (ชิ้น)		จำนวนที่ขายได้ (ชิ้น)	กำไร (บาท)	
รายการ	เดิม	ใหม่		เดิม	ใหม่
Shirt	42,775	35,488	35,076	30,150,049	32,123,775
Pants	25,325	16,380	15,277	15,492,788	16,578,569
Suit	1,690	1,222	1,129	3,208,457	3,509,150
Knit Wear	2,500	1,262	1,169	883,538	999,788
Accessories	2,400	741	713	600,532	720,131
Total	74,690	55,093	53,364	50,335,365	53,931,414
ฤดูหนาว	จำนวนการสั่งผลิต (ชิ้น)		จำนวนที่ขายได้ (ชิ้น)	กำไร (บาท)	
รายการ	เดิม	ใหม่		เดิม	ใหม่
Shirt	52,275	50,240	48,547	41,229,653	43,148,188
Pants	30,950	21,053	20,337	20,366,676	21,520,467
Suit	2,060	1,709	1,474	3,486,451	3,791,742
Knit Wear	3,000	1,269	1,152	1,041,023	1,238,143
Accessories	2,800	1,367	1,291	1,014,907	1,117,490
Total	91,085	75,638	72,801	67,138,711	70,816,031

จากตารางที่ 3 ผลต่างของกำไรที่ได้จากการขายของฤดูเพิ่มขึ้น 3,596,048 บาท หรือคิดเป็น 7.14% และผลต่างของกำไรที่ได้จากการขายของฤดูเพิ่มขึ้น 3,677,319 บาท หรือคิดเป็น 5.48%

5. ผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหานโยบายในการสั่งผลิตสินค้าที่เหมาะสม สำหรับฤดูร้อนและฤดูหนาวของบริษัทผลิตเสื้อผ้าแห่งหนึ่ง พบว่านโยบายเดิมนั้นได้มีการสั่งผลิตตามงบประมาณที่ให้มาจนหมด ซึ่งไม่ใช่นโยบายที่เหมาะสมที่สุดในการสั่งผลิตเสื้อผ้า เนื่องจากทำให้มีสินค้าคงเหลือจากการขายเป็นจำนวนมาก เมื่อได้มีการเปรียบเทียบนโยบายเดิมกับนโยบายใหม่ที่นำตัวแบบ newsvendor มาใช้ในการกำหนดนโยบายในการสั่งผลิตที่เหมาะสมทำให้ต้นทุนในการสั่งผลิตสินค้าลดลง สินค้าคงเหลือจากการขายลดลง และกำไรจากการขายสินค้าเพิ่มขึ้น

นอกจากนี้ทางผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมหากเปลี่ยนงบประมาณเป็น 70 ล้านบาท, 60 ล้านบาท, 50 ล้านบาท, 40 ล้านบาท และ 30 ล้านบาท ตามลำดับ ได้ผลการศึกษาตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 งบประมาณที่ใช้ในการผลิตและกำไรที่คาดว่าจะได้รับ

งบประมาณที่ตั้งไว้ (ล้านบาท)	งบที่ใช้จริง (ล้านบาท)	กำไรที่คาดว่าจะได้รับตามตัวแบบ (ล้านบาท)
70	50	142
60	50	142
50	50	142
40	40	124
30	30	94

จากตารางสรุปจะเห็นได้ว่างบประมาณที่ใช้ในการผลิตสินค้าที่เหมาะสมนั้นอยู่ที่ประมาณ 50 ล้านบาท ซึ่งผลกำไรที่คาดว่าจะได้รับคือ 142 ล้านบาท ถึงแม้ว่าทางบริษัทจะเพิ่มงบประมาณไปจนถึง 70 ล้านบาท แต่ผลจากการวิเคราะห์นี้สรุปออกมาให้เห็นว่างบประมาณเพียงแค่ 50 ล้านบาท ก็เพียงพอสำหรับการผลิตสินค้าเพื่อให้ได้กำไรสูงสุดนั่นเอง งบประมาณส่วนที่เหลือทางบริษัทอาจจะนำไปใช้ในส่วนของการทำโปรโมชั่นเพื่อเพิ่มยอดขายสินค้าหรือพัฒนารูปแบบการออกแบบสินค้าแต่ละประเภทเพื่อให้สินค้าดูมีความน่าสนใจ ดึงดูดให้ลูกค้าสนใจในผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นการส่งเสริมยอดขายสินค้าในอนาคต

6. เอกสารอ้างอิง

[1] E. Silver, D. Pyke and R. Peterson, *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1998.

[2] G. Cachon and C. Terwiesch , *Matching Supply with Demand: An Introduction to Operations Management*. McGraw-Hill, New York, 2009.

[3] S. Nahmias, *Production and Operations Research*. McGraw-Hill, Inc., New York, 2009.

[4] Y. Qin, R. Wang, A. Vakharia, Y. Chen and M. Seref, “The newsvendor problem: Review and directions for future research,” *European Journal of Operational Research.,* vol 213 (2) pp. 361—374, 2011.

[5] M. Khouja, “The single-period (news-vendor) problem: Literature review and suggestions for future research,” *Omega*., vol 27 (5), pp. 537—553, 1999.

[6] วุฒิพงศ์ จิตตั้งสกุล และคณะ. (13 ธันวาคม 2557). *การศึกษาระดับเงินคงคลังที่เหมาะสม,* [ระบบออนไลน์],แหล่งที่มา:http://www.fpo.go.th/e_research/page3_new2.html.

[7] อัครณี ภักดีวงษ์ และ กาญจ์นภา อมรัชกุล, “การกำหนดปริมาณเงินสดสำรองที่เหมาะสมให้เครื่องเบิกถอนเงินอัตโนมัติ: กรณีศึกษา ธนาคารแห่งหนึ่งในประเทศไทย,” *วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน*., ปีที่ 1 (1), หน้า 1-15, 2556.

[8] วัฒนา แย้มประยูรสวัสดิ์ และ โอฬาร กิตติธีรพรชัย. (13 ธันวาคม 2557). *แบบจำลองการจัดการปริมาณรถบรรทุกสำหรับความต้องการหลายช่องทาง,* [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.yumpu.com/en/document/view/16979707/b-08-as-nida/3