รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ ตัวแบบ EOQ ภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการขึ้นราคาสินค้า (The EOQ Model under Trade Credit Period Depending on the Order Quantity and Price Increase)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์คณินทร์ ธีรภาพโอฬาร

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้
จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561
มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 692008
สัญญาเลขที่ 110/2561

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ ตัวแบบ EOQ ภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการขึ้นราคาสินค้า (The EOQ Model under Trade Credit Period Depending on the Order Quantity and Price Increase)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์คณินทร์ ธีรภาพโอฬาร
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

มกราคม 2562

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 110/2561

Acknowledgement

This work was financially supported by the Research Grant of Burapha University through National Research Council of Thailand (Grant no. 110/2561).

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร
(Executive Summary)

ข้าพเจ้า ผศ.ดร.คณินทร์ ธีรภาพโอฬาร ได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัยจากมหาวิทยาลัยบูรพา ประเภทงบประมาณเงินรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) มหาวิทยาลัยบูรพา
โครงการวิจัยเรื่อง (ภาษาไทย) ตัวแบบ EOQ ภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการขึ้นราคาสินค้า
(ภาษาอังกฤษ) The EOQ Model under Trade Credit Period Depending on the Order Quantity and Price Increase
รหัสโครงการ 692008 / สัญญาเลขที่ 110/2561 ได้รับงบประมาณรวมทั้งสิ้น 240,000 บาท (สองแสนสี่หมื่นบาทถ้วน)
ระยะเวลาการดำเนินงาน 1 ปี

บทคัดย่อ

จุดมุ่งหมายของการศึกษาครั้งนี้ คือ หาตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการขึ้นราคาสินค้า โดยพิจารณาระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษที่มากกว่าหรือเท่ากับ 0 หน่วย หรือที่ระดับสินค้าคงคลังมีค่าเท่ากับ q (q ≥ 0) หน่วย และในการหาตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุด ได้ประยุกต์ใช้อสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสองจัดรูปแบบของค่าใช้จ่ายรวมเพื่อทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายรวมของสินค้าคงคลังได้สูงสุด อสมการที่ประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมืออย่างง่ายที่สามารถใช้หาตัวแบบ EOQ โดยไม่ต้องใช้แคลคูลัสเชิงอนุพันธ์ ในท้ายที่สุดได้กำหนดตัวอย่างเชิงตัวเลขเพื่อแสดงการประยุกต์ใช้ผลลัพธ์หาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังนี้

ผลลัพธ์ที่ได้

ผลที่ได้จากงานวิจัย คือ ตัวแบบของปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดของระบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการขึ้นราคาสินค้า ดังต่อไปนี้

1. ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด คือ Q_s^* หน่วย เมื่อ

$$Q_s^* = \frac{Q_b^2}{2A}\left(\frac{2A}{Q_1^*} + k - \frac{hq}{D}\right),\ 0 \le q \le Q^*$$

โดยที่ $Q^* = \sqrt{\dfrac{2AD}{h + cI_a(1-\alpha)^2 - pI_b\alpha^2}}$ เมื่อ $cI_a(1-\alpha)^2 - pI_b\alpha^2 > 0,\ Q_b = \sqrt{\dfrac{2AD}{h + cI_a(1-\alpha)^2 - (p+k)I_b\alpha^2}}$

เมื่อ $cI_a(1-\alpha)^2-(p+k)I_b\alpha^2>0$ และ $Q_1^*=\sqrt{\dfrac{2AD}{h+(c+k)I_a(1-\alpha)^2-(p+k)I_b\alpha^2}}$ เมื่อ $(c+k)I_a(1-\alpha)^2$ $-(p+k)I_b\alpha^2>0$

และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด คือ G^* เมื่อ

$$G^*=\begin{cases}A\left(\dfrac{Q_s^*-Q^*}{Q_b}\right)^2, & q=0\\ A\left[\left(\dfrac{Q_s^*}{Q_b}\right)^2-1\right], & 0<q\le Q^*\end{cases}$$

2. ถ้า $\alpha=0$ หรือคาบเวลาของเครดิตการค้าไม่ขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแล้วปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด

$$Q_s^*=\frac{(Q^*)^2}{2A}\left(\frac{2A}{Q_1^*}+k-\frac{hq}{D}\right),\ 0\le q\le Q^*$$

หน่วย โดยที่ $Q^*=\sqrt{\dfrac{2AD}{h+cI_a}}$ และ $Q_1^*=\sqrt{\dfrac{2AD}{h+(c+k)I_a}}$

และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด คือ G^* เมื่อ

$$G^*=\begin{cases}A\left(\dfrac{Q_s^*}{Q^*}-1\right)^2, & q=0\\ A\left[\left(\dfrac{Q_s^*}{Q^*}\right)^2-1\right], & 0<q\le Q^*\end{cases}$$

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัย “ตัวแบบ EOQ ภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการขึ้นราคาสินค้า” มีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ตัวแบบ EOQ ภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการขึ้นราคาสินค้าที่หาได้ เป็นตัวแบบ EOQ ของร้านค้าปลีกที่สามารถประยุกต์ใช้ได้กับสถานการณ์ที่มีคาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการขึ้นราคาสินค้าในระบบสินค้าคงคลัง และต้องมีสมมุติฐานสอดคล้องกับสมมุติฐานในงานวิจัยนี้เท่านั้น

2. ตัวแบบ EOQ ภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการขึ้นราคาสินค้าที่หาได้ สามารถทำให้ระบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกประหยัดค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้นในระบบสินค้าคงคลังได้สูงสุด

3. ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้ไม่สามารถใช้ได้กับระบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกที่มีค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าแปรไปตามราคาสินค้า

4. สามารถนำผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีสินค้าคงคลังที่มีความเกี่ยวข้องได้

5. สามารถนำผลการวิจัยนี้ไปต่อยอดสร้างงานวิจัยโดยการเพิ่มหรือเปลี่ยนแปลงรายละเอียดของสมมุติฐานในระบบสินค้าคงคลังให้มีความสอดคล้องกับระบบสินค้าคงคลังที่เกิดขึ้นจริงมากขึ้น

บทคัดย่อภาษาไทย

จุดมุ่งหมายของการศึกษาครั้งนี้ คือ หาตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการขึ้นราคาสินค้า โดยพิจารณาระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษที่มากกว่าหรือเท่ากับ 0 หน่วย หรือที่ระดับสินค้าคงคลังมีค่าเท่ากับ q (q ≥ 0) หน่วย และในการหาตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุด ได้ประยุกต์ใช้อสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสองจัดรูปแบบของค่าใช้จ่ายรวมเพื่อทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายรวมของสินค้าคงคลังได้สูงสุด อสมการที่ประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมืออย่างง่ายที่สามารถใช้หาตัวแบบ EOQ โดยไม่ต้องใช้แคลคูลัสเชิงอนุพันธ์ ในท้ายที่สุดได้กำหนดตัวอย่างเชิงตัวเลขเพื่อแสดงการประยุกต์ใช้ผลลัพธ์หาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังนี้

คำสำคัญ: ตัวแบบ EOQ การขึ้นราคาสินค้า คาบเวลาของเครดิตการค้า อสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสอง

Abstract

The aim of this study is to determine the optimal EOQ model of retail stores inventory system under trade credit period depending on the order quantity and price increase by considering the level of inventory while a special order is placed to be greater than or equal to 0 units or the level of inventory is equal to q ($q \geq 0$) units. For determining the optimal EOQ model, it is obtained by applying Geometric Mean and Quadratic Mean Inequality to formulate the total cost for saving a maximum inventory total cost. This applied inequality is a simple tool that can be used to derive the EOQ model without differential calculus. Finally, some numerical examples are given to illustrate application of the results to find the optimal special order quantity of this inventory system.

Keywords: EOQ model, Price increase, Trade credit period, Geometric mean and quadratic mean inequality

สารบัญเรื่อง

		หน้า
กิตติกรรมประกาศภาษาไทย		ก
กิตติกรรมประกาศภาษาอังกฤษ		ข
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร		ค
บทคัดย่อภาษาไทย		ฉ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ช
สารบัญเรื่อง		ซ
สารบัญตาราง		ญ
สารบัญภาพ		ฎ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย		ฏ
บทที่ 1 บทนำ		1
	1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
	1.2 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง	2
	1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
	1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
	1.5 แนวความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย	3
	1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	3
บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย		4
	2.1 กำหนดสัญกรณ์ (Notation) สมมุติฐาน (Assumption) และวิธีที่ใช้ในการหาตัวแบบ EOQ	4
	2.1.1 สัญกรณ์	4
	2.1.2 สมมุติฐาน	5
	2.1.3 วิธีอสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสอง	5
	2.2 ดำเนินการหาผลการวิจัย	6
	2.3 ตรวจสอบผลการวิจัย	6
	2.4 กำหนดตัวอย่างเพื่อแสดงการประยุกต์ใช้ผลการวิจัย	6
บทที่ 3 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล		7
	3.1 ตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุดและค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด	7
	ทฤษฎีบทที่ 3.1	7
	บทแทรกที่ 3.1	17

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 3		
	3.2 การประยุกต์ใช้ผลการวิจัย	17
บทที่ 4	บทสรุป	20
	4.1 สรุปผลการวิจัย	20
	4.2 อภิปรายผลการวิจัย	20
บทที่ 5	ผลผลิต	22
	5.1 การตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการ	22
	5.2 การจดสิทธิบัตร	22
	5.3 ผลงานเชิงพาณิชย์	22
	5.4 ผลงานเชิงสาธารณะ	22
รายงานสรุปการเงิน		23
บรรณานุกรม		24
ประวัตินักวิจัยและคณะ		25

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด ที่เปลี่ยนแปลงตามค่า α และ q ของตัวอย่างที่ 3.1	18
2	ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด ที่เปลี่ยนแปลงตามค่า α และ q ของตัวอย่างที่ 3.2	17

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การเปลี่ยนแปลงของสินค้าคงคลังในกรณีที่ $q=0$ หน่วย และ $Q^* > Q_1^*$	8
2	การเปลี่ยนแปลงของสินค้าคงคลังในกรณีที่ $q=0$ หน่วย และ $Q^* < Q_1^*$	8
3	การเปลี่ยนแปลงของสินค้าคงคลังในกรณีที่ $0 < q \le Q^*$ หน่วย และ $Q^* > Q_1^*$	12
4	การเปลี่ยนแปลงของสินค้าคงคลังในกรณีที่ $0 < q \le Q^*$ หน่วย และ $Q^* < Q_1^*$	13

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

สัญลักษณ์/คำย่อ	คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย
EOQ	ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบประหยัด (Economic Order Quantity)

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ในปี 1985 Goyal ได้นำเสนอตัวแบบ EOQ (Economic Order Quantity) ของระบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีก (retailer) ภายใต้สมมุติฐานที่ว่าคาบเวลาของเครดิตการค้า (trade credit period) เป็นอิสระกับปริมาณการสั่งซื้อสินค้า (order quantity) และได้สมมุติให้ราคาขายและราคาซื้อของสินค้าต่อหน่วยของร้านค้าปลีกมีค่าเท่ากัน ซึ่งอาจไม่สอดคล้องกับสถานการณ์จริงของระบบสินค้าคงคลังนี้ นั่นคือ คาบเวลาของเครดิตการค้าจะขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้า เช่น ผู้ผลิตสินค้า (supplier) อาจขยายคาบเวลาของเครดิตการค้าให้ยาวนานขึ้นเมื่อร้านค้าปลีกสั่งซื้อสินค้าในปริมาณมาก และในความเป็นจริงราคาขายและราคาซื้อสินค้าต่อหน่วยของร้านค้าปลีกไม่จำเป็นต้องมีค่าเท่ากัน ในกรณีนี้ Teng (2002) ได้ปรับสมมุติฐานและตัวแบบ EOQ ของ Goyal (1985) โดยสมมุติให้ราคาขายและราคาซื้อสินค้าต่อหน่วยของร้านค้าปลีกมีค่าไม่เท่ากัน และ Tu et al. (2008) ได้ปรับปรุงตัวแบบ EOQ ของ Goyal (1985) โดยปรับสมมุติฐานทั้งสองข้อใหม่ นั่นคือ เพื่อจูงใจร้านค้าปลีก ผู้ผลิตสินค้าจะขยายคาบเวลาของเครดิตการค้าเพิ่มขึ้น เมื่อร้านค้าปลีกสั่งซื้อสินค้าในปริมาณมากขึ้น (คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้า) และราคาขายและราคาซื้อสินค้าต่อหน่วยของร้านค้าปลีกไม่จำเป็นต้องมีค่าเท่ากัน (ราคาขายสินค้าต่อหน่วยมากกว่าหรือเท่ากับราคาซื้อสินค้าต่อหน่วย)

ตัวแบบ EOQ ของ Tu et al. (2008) สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ดีกว่าตัวแบบ EOQ ของ Goyal (1985) เพราะว่าได้ผ่อนปรนสมมุติฐานที่เข้มงวดที่มีอยู่เดิมแล้วก็ตาม แต่ในบางกรณีผู้ผลิตสินค้าอาจมีการขึ้นราคาสินค้าต่อหน่วย (ผู้ผลิตจะแจ้งให้ทราบก่อนล่วงว่าจะขึ้นราคาสินค้าเมื่อใด) หมายความว่า สมมุติว่าในขณะนี้ราคาของสินค้าเท่ากับ c บาทต่อหน่วยสินค้า และผู้ผลิตสินค้าได้ประกาศขึ้นราคาในอีก 5 เดือนข้างหน้าอีก k บาทต่อหน่วยสินค้า โดยมีราคาใหม่เป็น c+k บาทต่อหน่วย และราคา c+k บาทต่อหน่วยนี้จะคงที่อีกในช่วงเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นผู้ผลิตอาจจะมีการขึ้นราคาสินค้าอีกต่อไปเรื่อย ๆ จะเห็นได้ว่าราคาของสินค้าที่กล่าวมานั้นจะมีราคาคงตัวในช่วงระยะเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นจะมีราคาเพิ่มขึ้นอีกเมื่อถึงจุดเวลาที่ผู้ผลิตสินค้ากำหนด ทำให้ราคาของสินค้าไม่คงตัวเหมือนกับในสมมุติฐานของตัวแบบ EOQ ของ Tu et al. (2008) และในจุดเวลาที่มีการขึ้นราคาสินค้าร้านค้าปลีกอาจมีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษหรือไม่ก็ได้ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงสนใจศึกษาและหาตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุดที่สอดคล้องกับระบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกภายใต้สมมุติฐานของ Tu et al. (2008) ร่วมกับสมมุติฐานของการขึ้นราคาสินค้าในงานวิจัยของ Naddor (1966) หรืองานวิจัยของ Tersine (1994) ซึ่งจะเป็นการพัฒนาตัวแบบ EOQ ในทางทฤษฎีให้มีความสอดคล้องกับระบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกที่ใกล้ความเป็นจริงมากขึ้น โดยพิจารณาระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษทุกระดับที่มากกว่าหรือเท่ากับ 0 หน่วย หรือพิจารณาที่ระดับสินค้าคงคลังมีค่าเท่ากับ q ($q \geq 0$) หน่วย สำหรับวิธีที่ใช้ในการหาตัวแบบ EOQ ที่ต้องการ คือ อสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Geometric Mean and Quadratic Mean Inequality) ซึ่งเป็นเครื่องมือ (tool) อย่างง่ายที่ใช้หาตัวแบบ EOQ ที่ต้องการ

1.2 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแบบ EOQ ภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการขึ้นราคาสินค้า อาทิเช่น

Naddor (1966) ได้พัฒนาและปรับปรุงตัวแบบ EOQ พื้นฐานให้สามารถประยุกต์ใช้ในกรณีที่มีการเพิ่มราคาสินค้า โดยสมมุติให้มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษก่อนที่ระดับสินค้าคงคลังจะมีค่าเท่ากับศูนย์หน่วย (หรือก่อนที่มีการขึ้นราคาสินค้า) และได้ใช้วิธีแคลคูลัสเชิงอนุพันธ์ (Differential Calculus Method) หาตัวแบบ EOQ ดังกล่าว

Goyal (1985) ได้นำเสนอระบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกภายใต้สมมุติฐานที่ว่าคาบเวลาของเครดิตการค้าเป็นอิสระกับปริมาณการสั่งซื้อสินค้า และได้สมมุติให้ราคาขายและราคาซื้อของสินค้าต่อหน่วยของร้านค้าปลีกมีค่าเท่ากัน พร้อมทั้งหาตัวแบบ EOQ ของระบบสินค้าคงคลังดังกล่าว

Tersine (1994) ได้ปรับปรุงตัวแบบ EOQ ของ Naddor (1966) ให้ประยุกต์ใช้ได้มากขึ้น โดยสมมุติให้ระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษมีค่าเท่ากับ q $(q \geqslant 0)$ หน่วย และได้ใช้วิธีแคลคูลัสเชิงอนุพันธ์หาตัวแบบ EOQ ที่ต้องการ

Grubbström (1996) ใช้วิธีพีชคณิตหาตัวแบบ EOQ พื้นฐาน ซึ่งเป็นครั้งแรกที่ไม่ใช้วิธีแคลคูลัสเชิงอนุพันธ์

Teng (2002) ได้ปรับสมมุติฐานและตัวแบบ EOQ ของ Goyal (1985) โดยสมมุติให้ราคาขายและราคาซื้อสินค้าต่อหน่วยของร้านค้าปลีกมีค่าไม่เท่ากัน

Tu et al. (2008) ได้นำเสนอตัวแบบ EOQ โดยผ่อนปรนสมมุติฐานทั้งสองข้อของ Goyal (1985) คือ ผู้ผลิตสินค้าจะขยายคาบเวลาของเครดิตการค้าให้ยาวนานขึ้นเมื่อร้านค้าปลีกสั่งซื้อสินค้าในปริมาณมาก และราคาขายและราคาซื้อสินค้าต่อหน่วยของร้านค้าปลีกไม่จำเป็นต้องมีค่าเท่ากัน

คณินทร์ ธีรภาพโอฬาร และสิทธิกรณ์ คำรอด (2556) ใช้วิธีพีคณิตของ Grubbström (1996) หาตัวแบบ EOQ โดยปรับปรุงตัวแบบ EOQ ของ Naddor (1966) ด้วยการเพิ่มสมมุติฐานที่ยอมให้มีสินค้าขาดแคลนในระบบสินค้าคงคลัง

คณินทร์ ธีรภาพโอฬาร และวิรณชัย พุ่มสุข (2556) ใช้วิธีพีคณิตของ Grubbström (1996) หาตัวแบบ EOQ โดยปรับปรุงตัวแบบ EOQ ของ Naddor (1966) ด้วยการปรับสมมุติฐานอัตราการเพิ่มสินค้าจากอัตราการเพิ่มสินค้าที่มีค่าอนันต์เป็นมีค่าจำกัดในระบบสินค้าคงคลัง

ธนรัตน์ สอาดศรี (2557) ใช้วิธีพีคณิตของ Grubbström (1996) หาตัวแบบ EOQ ภายใต้สมมุติฐานเดียวกับ Tersine (1994)

สิทธิกรณ์ คำรอด และคณินทร์ ธีรภาพโอฬาร (2558) ใช้วิธีพีคณิตของ Grubbström (1996) ปรับปรุงตัวแบบ EOQ ที่มีสินค้าขาดแคลนสินค้าและสินค้ามีราคาสูงขึ้น โดยครอบคลุมทุกระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1 เพื่อหาตัวแบบ EOQ ภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการขึ้นราคาสินค้า

1.3.2 เพื่อนำเสนอเครื่องมือแบบใหม่ที่ใช้หาตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุด

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาและหาตัวแบบ EOQ เฉพาะระบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกภายใต้สมมุติฐานของ Tu et al. (2008) ร่วมกับสมมุติฐานของการขึ้นราคาสินค้าในงานวิจัยของ Naddor (1966) หรืองานวิจัยของ Tersine (1994) และวิธีที่ใช้ในการหาตัวแบบดังกล่าว คือ อสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสอง

1.5 แนวความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) เพื่อใช้หาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าเหมาะที่สุดที่ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานได้สูงสุด ภายใต้สมมุติฐานที่เพิ่มเติมจากตัวแบบ EOQ พื้นฐาน คือ

1. คาบเวลาของเครดิตการค้าในระบบสินค้าคงคลังขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้า
2. ราคาขายสินค้าต่อหน่วยมากกว่าหรือเท่ากับราคาซื้อสินค้าต่อหน่วย (ของร้านค้าปลีก)
3. ในการดำเนินงานของระบบสินค้าคงคลังอาจมีบางช่วงเวลาที่สินค้ามีราคาเพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากการขึ้นราคาสินค้าของผู้ผลิตสินค้า

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. เป็นองค์ความรู้ใหม่ทางด้านทฤษฎีสินค้าคงคลังเชิงกำหนด (Deterministic Inventory Theory)
2. ได้ตัวแบบ EOQ ภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการขึ้นราคาสินค้า ซึ่งครอบคลุมระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษมากกว่าหรือเท่ากับ 0 หน่วย
3. ได้เครื่องมือแบบใหม่ (อสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสอง) ที่สามารถใช้หาตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุด
4. เผยแพร่งานวิจัยในวารสารระดับชาติหรือนานาชาติ

บทที่ 2
วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยในการหาตัวแบบ EOQ ภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการขึ้นราคาสินค้าโดยใช้วิธีอสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสอง มีดังนี้

2.1 กำหนดสัญกรณ์ (Notation) สมมุติฐาน (Assumption) และวิธีที่ใช้ในการหาตัวแบบ EOQ

การกำหนดสัญกรณ์และสมมุติฐานในงานวิจัยนี้ ได้กำหนดให้สอดคล้องกับระบบสินค้าคงคลังที่ปรากฏในงานวิจัยของ สิทธิกรณ์ คำรอด และ คณินทร์ ธีรภาพโอฬาร (2559) และในงานวิจัยของ Huang (2003) และวิธีที่ใช้ในการหาตัวแบบ EOQ คือ วิธีอสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสอง ดังนี้

2.1.1 สัญกรณ์

D แทนอัตราความต้องการสินค้าต่อหน่วยเวลา

A แทนค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้าต่อครั้ง (ต่อคาบ)

h แทนค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าต่อหน่วยสินค้าต่อหน่วยเวลา

c แทนราคาสินค้าที่สั่งซื้อจากผู้ผลิตต่อหน่วยสินค้า

p แทนราคาสินค้าที่ร้านค้าปลีกจำหน่ายต่อหน่วยสินค้า

α แทนสัดส่วนของคาบเวลาของเครดิตการค้า ($0 \le \alpha < 1$)

I_a แทนอัตราดอกเบี้ยที่ต้องจ่ายต่อหน่วยเงินตราที่ใช้ลงทุนในสินค้าคงคลังต่อหน่วยเวลา

I_b แทนอัตราดอกเบี้ยที่ได้รับต่อหน่วยเงินตราต่อหน่วยเวลา

k แทนส่วนต่างของราคาสินค้าที่เพิ่มขึ้น

Q^* แทนปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบปรกติเหมาะที่สุดก่อนสินค้ามีราคาเพิ่มขึ้น

Q_1^* แทนปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบปรกติเหมาะที่สุดหลังสินค้ามีราคาเพิ่มขึ้น

q แทนระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ

Q_s แทนปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ

Q_s^* แทนปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด

C_s แทนค่าใช้จ่ายรวมเมื่อมีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ

C_n แทนค่าใช้จ่ายรวมเมื่อไม่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ

G แทนค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้

G^* แทนค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด

2.1.2 สมมุติฐาน

1. ความต้องการสินค้าต่อหน่วยเวลา (D) มีค่าคงตัว และทราบค่าแน่นอน
2. ช่วงเวลาตั้งแต่มีการสั่งซื้อสินค้าจนได้รับสินค้า หรือช่วงเวลานำ (Lead time) มีค่าเท่ากับศูนย์
3. การได้รับสินค้าที่สั่งซื้อจะได้รับทีเดียวทั้งหมดทันทีที่สั่งซื้อสินค้า
4. จะทำการสั่งซื้อสินค้าเมื่อระดับสินค้าคงคลังลดลงมาเท่ากับศูนย์หน่วย (ในกรณีที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบปรกติ)
5. ราคาสินค้าที่สั่งซื้อจากผู้ผลิตต่อหน่วย (c) ไม่คงตัวตลอดเวลา
6. ราคาสินค้าที่จำหน่ายของร้านค้าปลีกต้องมากกว่าหรือเท่ากับราคาต้นทุนที่ซื้อสินค้าจากผู้ผลิต
8. ไม่ยอมให้มีการขาดแคลนสินค้า
9. คาบเวลาของเครดิตการค้าจะขึ้นอยู่กับปริมาณสินค้าที่สั่งซื้อของร้านค้าปลีก
10. ในระหว่างคาบเวลาที่มีการสั่งซื้อสินค้าแต่ละครั้ง ถ้ายังไม่ถึงเวลาชำระเงินค่าสินค้าให้กับผู้ผลิตสินค้า รายได้จากการจำหน่ายสินค้าของร้านค้าปลีกทั้งหมดจะฝากไว้กับธนาคารเพื่อรับดอกเบี้ย และเมื่อถึงเวลาชำระเงินจะนำเงินที่ได้ทั้งหมด (รายได้จากการจำหน่ายสินค้าและรายได้จากดอกเบี้ยเงินฝาก) ไปชำระเงินค่าสินค้าและชำระเงินค่าดอกเบี้ยที่ลงทุนในสินค้าคงคลัง

2.1.3 วิธีอสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสอง

วิธีที่ใช้หาตัวแบบ EOQ สำหรับงานวิจัยนี้ คือ วิธีอสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสอง ซึ่งเป็นเครื่องมือแบบใหม่ที่ยังไม่มีใครเคยนำเสนอมาก่อน หลักการของวิธีนี้ คือ จัดผลต่างของฟังก์ชันค่าใช้จ่ายรวมให้อยู่ในรูปอสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสองเพื่อทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้สูงสุด ดังนี้

ให้ a และ b เป็นจำนวนจริงบวกใด ๆ แล้วจะได้ว่า

$$\sqrt{ab} \le \sqrt{\frac{a^2+b^2}{2}} \tag{2.1}$$

อสมการ (2.1) เรียกว่าอสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Cvetkovski, 2012) และจากอสมการ (2.1) จะได้ว่า

$$2ab \le a^2+b^2$$

หรือ

$$-a^2+2ab \le b^2 \tag{2.2}$$

และ

$$-a^2+2ab = b^2 \tag{2.3}$$

ก็ต่อเมื่อ $a=b$ ในงานวิจัยนี้ต้องจัดผลต่างของฟังก์ชันค่าใช้จ่ายรวมให้อยู่ในรูปอสมการ (2.2) และใช้สมการ (2.3) ทำให้ฟังก์ชันค่าใช้จ่ายรวมมีค่าสูงสุด

2.2 ดำเนินการหาผลการวิจัย

ดำเนินการผลการวิจัย ในที่นี้หมายถึงการหาตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังที่มีสินค้าภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการขึ้นราคาสินค้า โดยเพิ่มสมมุติฐานของการขึ้นราคาสินค้าในงานวิจัยของของ Tersine (1994) เข้าไปในระบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกภายใต้สมมุติฐานของ Tu et al. (2008) ซึ่งผลการวิจัยที่ต้องการได้มาจากการจัดจัดผลต่างของฟังก์ชันค่าใช้จ่ายรวมให้อยู่ในรูปอสมการ (2.2) และใช้สมการ (2.3) ทำให้ฟังก์ชันค่าใช้จ่ายรวมมีค่าสูงสุดเพื่อให้ได้ตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุดนั่นเอง

2.3 ตรวจสอบผลการวิจัย

เมื่อได้ผลการวิจัยมาเรียบร้อยแล้ว และเนื่องจากผลการวิจัยที่ต้องการ คือ ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ทั้งหมด ดังนั้นในขั้นตอนนี้จะเป็นการตรวจสอบการได้มาของผลการวิจัยทั้งหมดว่ามีความถูกต้องสมบูรณ์แล้ว

2.4 กำหนดตัวอย่างเพื่อแสดงการประยุกต์ใช้ผลการวิจัย

เป็นการประยุกต์ใช้ผลการวิจัย โดยการยกตัวอย่างเชิงตัวเลขเพื่อแสดงให้เห็นว่าผลลัพธ์ต่าง ๆ ที่หามาได้สามารถประยุกต์ใช้อย่างไร ต้องมีการกำหนด หรือต้องทราบค่าอะไรบ้าง

บทที่ 3
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ในการหาผลลัพธ์ที่ต้องการ จะเริ่มต้นด้วยการหาตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุด หรือหาตัวแบบของปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังที่มีสินค้าภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการขึ้นราคาสินค้า โดยใช้อสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสองที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.1.3 ต่อจากนั้นจะเป็นการยกตัวอย่างเชิงตัวเลขเพื่อแสดงการประยุกต์ใช้ผลลัพธ์หรือผลการวิจัย

3.1 ตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุดและค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด

ผลลัพธ์ที่ต้องการหา คือ ตัวแบบของปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดของระบบสินค้าคงคลังภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการขึ้นราคาสินค้า ดังทฤษฎีบทที่จะนำเสนอต่อไปนี้

ทฤษฎีบทที่ 3.1 ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด คือ Q_S^* หน่วย เมื่อ

$$Q_S^* = \frac{Q_b^2}{2A}\left(\frac{2A}{Q_1^*} + k - \frac{hq}{D}\right),\ 0 \le q \le Q^* \tag{3.1}$$

และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด คือ G^* เมื่อ

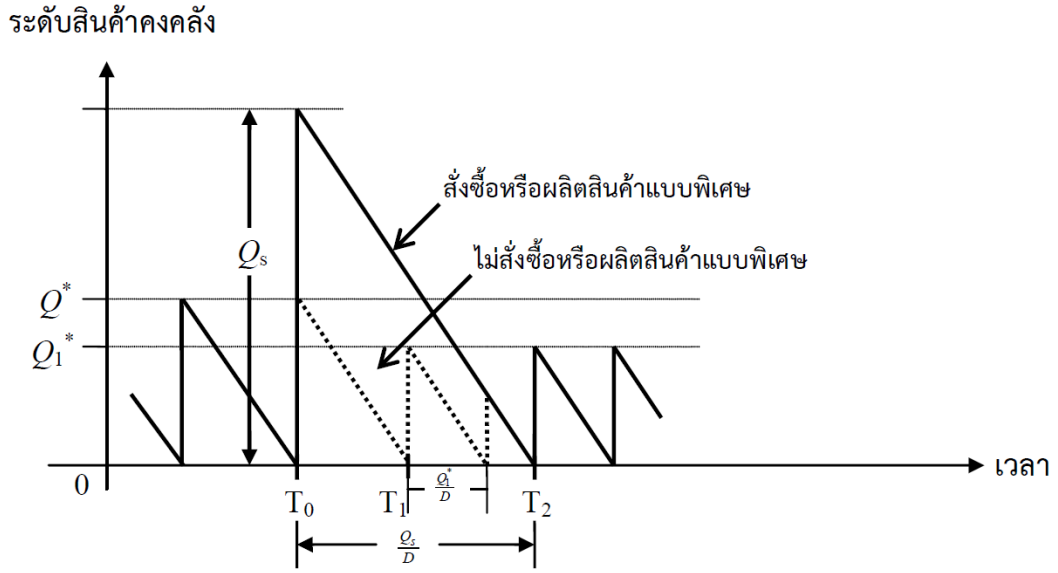
$$G^* = \begin{cases} A\left(\dfrac{Q_S^* - Q^*}{Q_b}\right)^2,\ q = 0 \\ A\left[\left(\dfrac{Q_S^*}{Q_b}\right)^2 - 1\right],\ 0 < q \le Q^* \end{cases} \tag{3.2}$$

โดยที่ $Q^* = \sqrt{\dfrac{2AD}{h + cI_a(1-\alpha)^2 - pI_b\alpha^2}}$ เมื่อ $cI_a(1-\alpha)^2 - pI_b\alpha^2 > 0$, $Q_b = \sqrt{\dfrac{2AD}{h + cI_a(1-\alpha)^2 - (p+k)I_b\alpha^2}}$ เมื่อ $cI_a(1-\alpha)^2 - (p+k)I_b\alpha^2 > 0$ และ $Q_1^* = \sqrt{\dfrac{2AD}{h + (c+k)I_a(1-\alpha)^2 - (p+k)I_b\alpha^2}}$ เมื่อ $(c+k)I_a(1-\alpha)^2 - (p+k)I_b\alpha^2 > 0$

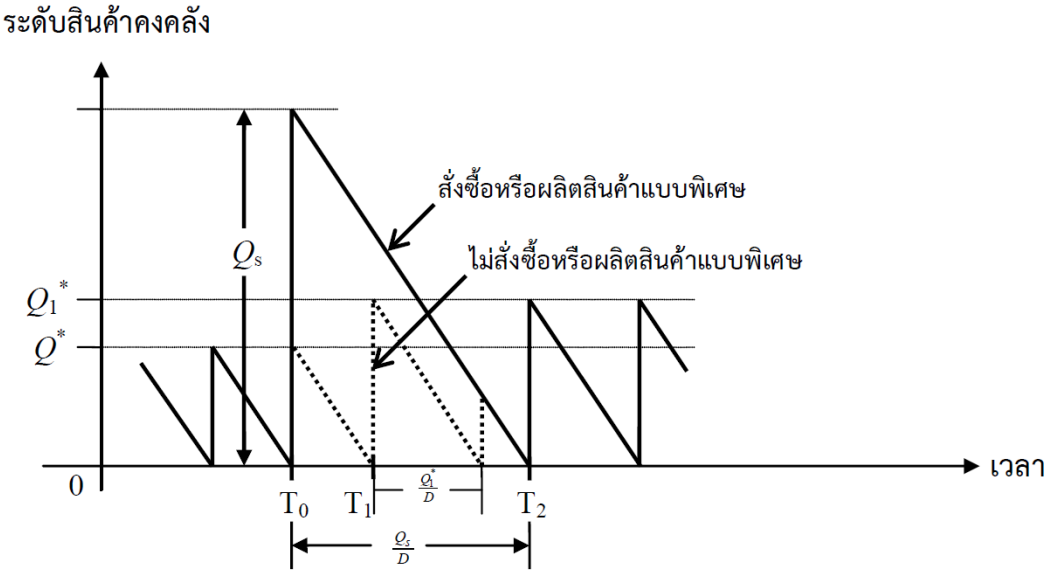
พิสูจน์ พิจารณาระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษซึ่งมีค่าเท่ากับ q หน่วย การพิสูจน์ผลลัพธ์ที่ได้จะแบ่งตามระดับสินค้าคงคลัง q ออกเป็นสองกรณี คือ กรณีที่ $q = 0$ หน่วย และกรณีที่ $0 < q \le Q^*$ หน่วย ดังนี้

กรณีที่ $q = 0$ หน่วย

ให้ T_0 แทนจุดเวลาสุดท้ายก่อนมีการขึ้นราคาสินค้า T_1 แทนจุดเวลาเริ่มต้นที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบปรกติ (หลังจากมีการขึ้นราคาสินค้า) และ T_2 แทนจุดสิ้นสุดคาบของการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ การเปลี่ยนแปลงของสินค้าคงคลังภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการขึ้นราคาสินค้า สำหรับกรณีนี้แสดงได้ดังภาพที่ 1 และ 2



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงของสินค้าคงคลังในกรณีที่ $q = 0$ หน่วย และ $Q^* > Q_1^*$



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของสินค้าคงคลังในกรณีที่ $q = 0$ หน่วย และ $Q^* < Q_1^*$

การปรับราคาสินค้าเพิ่มขึ้นจาก c บาทต่อหน่วยสินค้า เป็น $c+k$ บาทต่อหน่วยสินค้า เกิดขึ้นหลังจุดเวลา T_0 (ระดับสินค้าคงคลังเท่ากับ 0 หน่วย) ซึ่ง ณ จุดเวลา T_0 อาจมีหรือไม่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ ดังภาพที่ 1 และ 2 และจะเห็นได้ว่าก่อนขึ้นราคาสินค้า ปริมาณสินค้าที่สั่งซื้อเหมาะที่สุด (Q^*) สามารถหาได้จาก Tu et al. (2008) ดังนี้

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AD}{h + cI_a(1-\alpha)^2 - pI_b\alpha^2}} \tag{3.3}$$

หน่วย และปริมาณสินค้าที่สั่งซื้อเหมาะที่สุดหลังขึ้นราคาสินค้า (Q_1^*) มีค่าเท่ากับ

$$Q_1^* = \sqrt{\frac{2AD}{h + (c+k)I_a(1-\alpha)^2 - (p+k)I_b\alpha^2}} \tag{3.4}$$

หน่วย ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณสินค้าที่สั่งซื้อหลังมีการขึ้นราคาสินค้าอาจมีค่าลดลงดังภาพที่ 1 หรือ มีค่าเพิ่มขึ้นดังภาพที่ 2

ถ้ามีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ ณ จุดเวลา T_0 ในปริมาณ Q_s หน่วย $(Q_s > 0)$ ค่าใช้จ่ายรวมในกรณีนี้ (ช่วงเวลา T_0 ถึง T_2 ดังภาพที่ 1 และ 2) ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้ามีค่าเท่ากับ A ค่าใช้จ่ายที่เป็นมูลค่าสินค้าเท่ากับ cQ_s ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้ามีค่าเท่ากับ $h\int_0^{\frac{Q_s}{D}}(Q_s - Dx)dx = \frac{hQ_s^2}{2D}$ ค่าใช้จ่ายของดอกเบี้ยที่เกิดจากมีสินค้าคงคลังเหลืออยู่มีค่าเท่ากับ $cI_a\int_0^{(1-\alpha)\frac{Q_s}{D}} Dxdx = \frac{cI_a(1-\alpha)^2Q_s^2}{2D}$ และได้รับดอกเบี้ยเงินฝากจากการขายสินค้าของร้านค้าปลีก (ราคาใหม่) เท่ากับ $(p+k)I_b\int_0^{\alpha\frac{Q_s}{D}} Dxdx = \frac{(p+k)I_b\alpha^2Q_s^2}{2D}$

ดังนั้นค่าใช้จ่ายรวมเมื่อมีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษมีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned} C_s &= A + cQ_s + \frac{hQ_s^2}{2D} + \frac{cI_a(1-\alpha)^2Q_s^2}{2D} - \frac{(p+k)I_b\alpha^2Q_s^2}{2D} \\ &= A + cQ_s + \left[\frac{h + cI_a(1-\alpha)^2 - (p+k)I_b\alpha^2}{2D}\right]Q_s^2 \\ &= A + cQ_s + \frac{AQ_s^2}{Q_b^2} \qquad \left(\text{โดย } \frac{h + cI_a(1-\alpha)^2 - (p+k)I_b\alpha^2}{2D} = \frac{A}{Q_b^2}\right) \end{aligned} \tag{3.5}$$

ถ้าไม่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ แต่สั่งซื้อสินค้าแบบปกติในช่วงเวลา T_0 ถึง T_2 ซึ่งปริมาณสินค้าที่สั่งซื้อในช่วงนี้มีค่าเท่ากับ Q_s หน่วย ค่าใช้จ่ายรวมสามารถแบ่งตามราคาสินค้าที่สั่งซื้อได้เป็นสองช่วงเวลา คือ ช่วงเวลา T_0 ถึง T_1 และช่วงเวลา T_1 ถึง T_2 (เส้นประในภาพที่ 1 และ 2) ค่าใช้จ่ายรวมในช่วงเวลา T_0 ถึง T_1 ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อสินค้าในปริมาณ Q^* หน่วย ในราคาต่อหน่วยสินค้าเท่ากับ c มีค่าเท่ากับ

$A+cQ^*$ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้ามีค่าเท่ากับ $h\int_0^{\frac{Q^*}{D}}\left(Q^*-Dx\right)dx=\frac{h(Q^*)^2}{2D}$ ค่าใช้จ่ายของดอกเบี้ยที่เกิดจากมีสินค้าคงคลังเหลืออยู่มีค่าเท่ากับ $cI_a\int_0^{(1-\alpha)\frac{Q^*}{D}}Dxdx=\frac{cI_a(1-\alpha)^2(Q^*)^2}{2D}$ และได้รับดอกเบี้ยเงินฝากจากการขายสินค้าของร้านค้าปลีก (ราคาใหม่) เท่ากับ $(p+k)I_b\int_0^{\alpha\frac{Q^*}{D}}Dxdx=\frac{(p+k)I_b\alpha^2(Q^*)^2}{2D}$

ดังนั้นค่าใช้จ่ายรวมในช่วงเวลานี้มีค่าเท่ากับ

$$A+cQ^*+\frac{h(Q^*)^2}{2D}+\frac{cI_a(1-\alpha)^2(Q^*)^2}{2D}-\frac{(p+k)I_b\alpha^2(Q^*)^2}{2D}$$

$$=A+cQ^*+\left[\frac{h+cI_a(1-\alpha)^2-(p+k)I_b\alpha^2}{2D}\right](Q^*)^2$$

$$=A+cQ^*+\frac{A(Q^*)^2}{Q_b^2}$$

ค่าใช้จ่ายรวมในช่วงเวลา T_1 ถึง T_2 ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อสินค้าในปริมาณ Q_s-Q^* หน่วย ราคาต่อหน่วยสินค้าเท่ากับ $c+k$ มีค่าเท่ากับ $\left(\frac{Q_s-Q^*}{Q_1^*}\right)A+(c+k)(Q_s-Q^*)$ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้ามีค่าเท่ากับ $\left(\frac{Q_s-Q^*}{Q_1^*}\right)h\int_0^{\frac{Q_1^*}{D}}\left(Q_1^*-Dx\right)dx=\left(\frac{Q_s-Q^*}{Q_1^*}\right)\frac{h(Q_1^*)^2}{2D}$ ค่าใช้จ่ายของดอกเบี้ยที่เกิดจากมีสินค้าคงคลังเหลืออยู่มีค่าเท่ากับ $\left(\frac{Q_s-Q^*}{Q_1^*}\right)(c+k)I_a\int_0^{(1-\alpha)\frac{Q_1^*}{D}}Dxdx=\left(\frac{Q_s-Q^*}{Q_1^*}\right)\frac{(c+k)I_a(1-\alpha)^2(Q_1^*)^2}{2D}$ และได้รับดอกเบี้ยเงินฝากเท่ากับ $\left(\frac{Q_s-Q^*}{Q_1^*}\right)(p+k)I_b\int_0^{\alpha\frac{Q_1^*}{D}}Dxdx=\left(\frac{Q_s-Q^*}{Q_1^*}\right)\frac{(p+k)I_b\alpha^2(Q_1^*)^2}{2D}$

ซึ่งจะได้ค่าใช้จ่ายรวมในช่วงเวลานี้มีค่าเท่ากับ

$$\left(\frac{Q_s-Q^*}{Q_1^*}\right)A+(c+k)(Q_s-Q^*)+\left(\frac{Q_s-Q^*}{Q_1^*}\right)\left[\frac{h+(c+k)I_a(1-\alpha)^2-(p+k)I_b\alpha^2}{2D}\right](Q_1^*)^2$$

$$=2\left(\frac{Q_s-Q^*}{Q_1^*}\right)A+(c+k)(Q_s-Q^*)\qquad\left(\text{โดย }\frac{h+(c+k)I_a(1-\alpha)^2-(p+k)I_b\alpha^2}{2D}=\frac{A}{(Q_1^*)^2}\right)$$

ดังนั้นค่าใช้จ่ายรวมเมื่อไม่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษมีค่าเท่ากับ

$$C_n = A + cQ^* + \frac{A(Q^*)^2}{Q_b^2} + 2\left(\frac{Q_s - Q^*}{Q_1^*}\right)A + (c+k)(Q_s - Q^*)$$

$$= A + cQ_s + \frac{A(Q^*)^2}{Q_b^2} + 2\left(\frac{Q_s - Q^*}{Q_1^*}\right)A + k(Q_s - Q^*) \quad (3.6)$$

และค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้สูงสุดมีค่าเท่ากับ

$$G = C_n - C_s$$

$$= \frac{A(Q^*)^2}{Q_b^2} + 2\left(\frac{Q_s - Q^*}{Q_1^*}\right)A + k(Q_s - Q^*) - \frac{AQ_s^2}{Q_b^2}$$

$$= -\frac{AQ_s^2}{Q_b^2} + 2\left(\frac{Q_s - Q^*}{Q_1^*}\right)A + k(Q_s - Q^*) + \frac{A(Q^*)^2}{Q_b^2}$$

$$= -\frac{AQ_s^2}{Q_b^2} + \left(\frac{2A}{Q_1^*} + k\right)(Q_s - Q^*) + \frac{A(Q^*)^2}{Q_b^2}$$

$$= -\frac{AQ_s^2}{Q_b^2} + \left(\frac{2A}{Q_1^*} + k\right)Q_s - \left(\frac{2A}{Q_1^*} + k\right)Q^* + \frac{A(Q^*)^2}{Q_b^2} \quad (3.7)$$

ใช้อสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสอง (2.2) ในสมการ (3.7) โดยพิจารณาว่า $\frac{AQ_s^2}{Q_b^2}$ คือ a^2 และ $\left(\frac{2A}{Q_1^*} + k\right)Q_s$ คือ $2ab$ โดยที่ $b = \frac{Q_b}{2\sqrt{A}}\left(\frac{2A}{Q^*} + k\right)$ ดังนั้นโดยสมการ (3.7) จะได้ว่า

$$G \le \frac{Q_b^2}{4A}\left(\frac{2A}{Q_1^*} + k\right)^2 - \left(\frac{2A}{Q_1^*} + k\right)Q^* + \frac{A(Q^*)^2}{Q_b^2} \quad (3.8)$$

และจะเห็นได้ว่า G ในอสมการ (3.8) จะมีค่าสูงสุดเมื่อ

$$G = \frac{Q_b^2}{4A}\left(\frac{2A}{Q_1^*} + k\right)^2 - \left(\frac{2A}{Q_1^*} + k\right)Q^* + \frac{A(Q^*)^2}{Q_b^2} \quad (3.9)$$

และโดยสมการ (2.3) สมการ (3.9) จะเป็นจริงก็ต่อเมื่อ

$$\frac{\sqrt{A}Q_s}{Q_b} = \frac{Q_b}{2\sqrt{A}}\left(\frac{2A}{Q_1^*} + k\right)$$

ดังนั้นปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด คือ

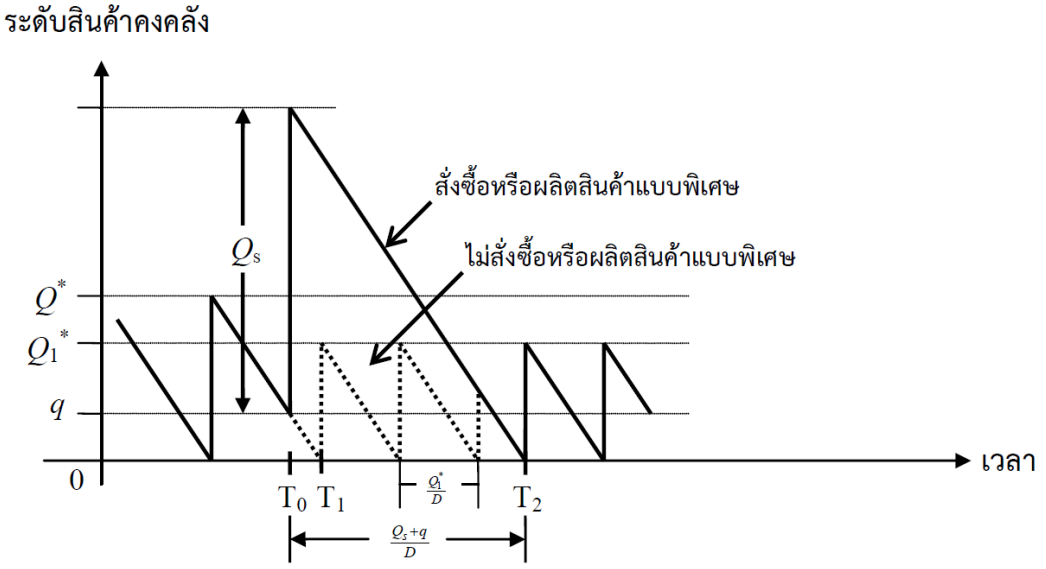
$$Q_s^* = \frac{Q_b^2}{2A}\left(\frac{2A}{Q_1^*} + k\right)$$

หน่วย และค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้สูงสุดมีค่าเท่ากับ

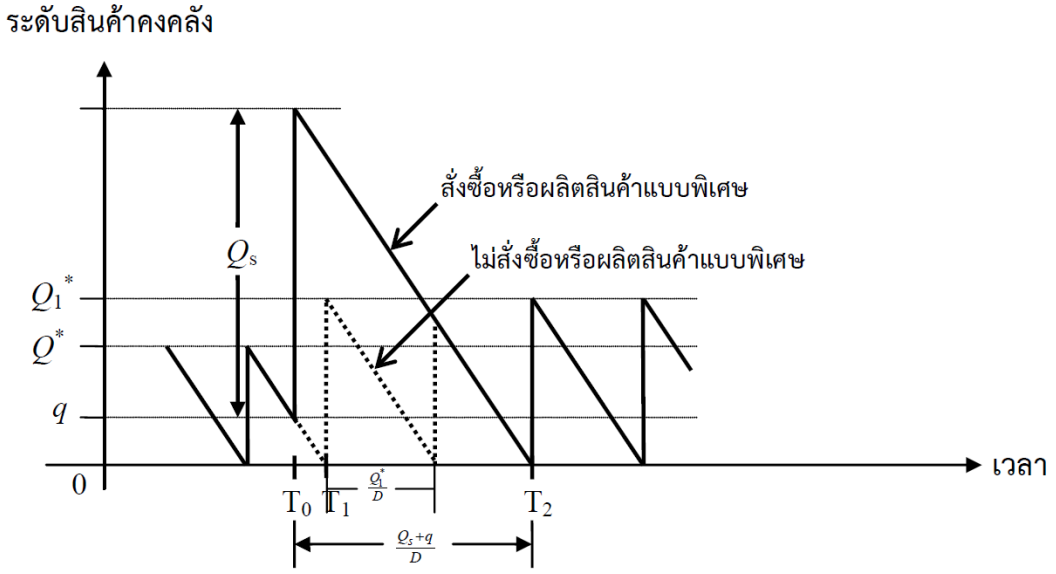
$$\begin{aligned}
G^* &= \frac{Q_b^2}{4A}\left(\frac{2A}{Q_1^*} + k\right)^2 - \left(\frac{2A}{Q_1^*} + k\right)Q^* + \frac{A(Q^*)^2}{Q_b^2} \\
&= \frac{A}{Q_b^2}\left\{\frac{Q_b^4}{4A^2}\left(\frac{2A}{Q_1^*} + k\right)^2\right\} - \frac{2A}{Q_b^2}\left\{\frac{Q_b^2}{2A}\left(\frac{2A}{Q_1^*} + k\right)\right\}Q^* + \frac{A(Q^*)^2}{Q_b^2} \\
&= \frac{A(Q_s^*)^2}{Q_b^2} - \frac{2AQ_s^*Q^*}{Q_b^2} + \frac{A(Q^*)^2}{Q_b^2} \\
&= \frac{A}{Q_b^2}\left[(Q_s^*)^2 - 2Q_s^*Q^* + (Q^*)^2\right] \\
&= A\left(\frac{Q_s^* - Q^*}{Q_b}\right)^2
\end{aligned}$$

กรณีที่ $0 < q \le Q^*$ **หน่วย**

ให้ T_0 แทนจุดเวลาก่อนมีการขึ้นราคาสินค้า T_1 แทนจุดเวลาเริ่มต้นที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบปรกติ และ T_2 แทนจุดเวลาสิ้นสุดคาบของการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ การเปลี่ยนแปลงของสินค้าคงคลังภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการขึ้นราคาสินค้าสำหรับกรณีนี้แสดงได้ดังภาพที่ 3 และ 4



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของสินค้าคงคลังในกรณีที่ $0 < q \le Q^*$ หน่วย และ $Q^* > Q_1^*$



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของสินค้าคงคลังในกรณีที่ $0 < q \le Q^*$ หน่วย และ $Q^* < Q_1^*$

การปรับราคาสินค้าเพิ่มขึ้นจาก c บาทต่อหน่วยสินค้า เป็น $c+k$ บาทต่อหน่วยสินค้า ซึ่งการปรับราคาสินค้าเพิ่มขึ้นจะเกิดขึ้นหลังจุดเวลา T_0 (ระดับสินค้าคงคลังเท่ากับ q หน่วย) ซึ่ง ณ จุดเวลา T_0 อาจมีหรือไม่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ ดังภาพที่ 3 และ 4 และในทำนองเดียวกับกรณีที่ $q=0$ หน่วย ก่อนมีการขึ้นราคาสินค้า ปริมาณสินค้าที่สั่งซื้อเหมาะที่สุด คือ $Q^* = \sqrt{\frac{2AD}{h + cI_a(1-\alpha)^2 - pI_b\alpha^2}}$ หน่วย และปริมาณสินค้าที่สั่งซื้อเหมาะที่สุดหลังมีการขึ้นราคาสินค้า คือ $Q_1^* = \sqrt{\frac{2AD}{h + (c+k)I_a(1-\alpha)^2 - (p+k)I_b\alpha^2}}$ หน่วย ซึ่งเหมือนกับในสมการ (3.3) และ (3.4) ตามลำดับ ต่อไปพิจารณาค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ของระบบสินค้าคงคลัง

ถ้ามีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ ณ จุดเวลา T_0 ในปริมาณ Q_s หน่วย ค่าใช้จ่ายรวมตั้งแต่จุดเวลา T_0 ถึง T_2 ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้ามีค่าเท่ากับ A ค่าใช้จ่ายที่เป็นมูลค่าสินค้ามีค่าเท่ากับ cQ_s ค่าใช้จ่ายค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้ามีค่าเท่ากับ $h\int_0^{\frac{Q_s+q}{D}} (Q_s+q-Dx)\,dx = \frac{h(Q_s+q)^2}{2D}$ ค่าใช้จ่ายของดอกเบี้ยที่เกิดจากมีสินค้าคงคลังเหลืออยู่มีค่าเท่ากับ $cI_a\int_0^{(1-\alpha)\frac{q}{D}} Dx\,dx + cI_a\int_0^{(1-\alpha)\frac{Q_s}{D}} Dx\,dx = \frac{cI_a(1-\alpha)^2(Q_s^2+q^2)}{2D}$ และได้รับดอกเบี้ยเงินฝากจากการขายสินค้าของร้านค้าปลีก (ราคาใหม่) เท่ากับ $(p+k)I_b\int_0^{\alpha\frac{q}{D}} Dx\,dx + (p+k)I_b\int_0^{\alpha\frac{Q_s}{D}} Dx\,dx$ $= \frac{(p+k)I_b\alpha^2(Q_s^2+q^2)}{2D}$ ดังนั้นค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นตั้งแต่จุดเวลา T_0 ถึง T_2 มีค่าเท่ากับ

$$A+cQ_s+\frac{h(Q_s+q)^2}{2D}+\frac{cI_a(1-\alpha)^2(Q_s^2+q^2)}{2D}-\frac{(p+k)I_b\alpha^2(Q_s^2+q^2)}{2D}$$

นั่นคือ จะได้ว่าค่าใช้จ่ายรวมเมื่อมีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ ณ จุดเวลา T_0 (C_s) มีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned}C_s &= A+cQ_s+\left[\frac{h+cI_a(1-\alpha)^2-(p+k)I_b\alpha^2}{2D}\right](Q_s^2+q^2)+\frac{hqQ_s}{D}\\ &= A+cQ_s+\frac{A(Q_s^2+q^2)}{Q_b^2}+\frac{hqQ_s}{D}\end{aligned} \qquad (3.10)$$

ถ้าไม่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ แต่สั่งซื้อสินค้าแบบปรกติเหมือนเดิม ณ จุดเวลา T_1 เท่ากับ Q_1^* หน่วย (พิจารณาเส้นประในภาพที่ 3 และ 4) ปริมาณสินค้าที่พิจารณาตั้งแต่จุดเวลา T_0 ถึง T_2 มีค่าเท่ากับ Q_s หน่วย ในราคา $c+k$ บาทต่อหน่วยสินค้า และจำนวนครั้งในการสั่งซื้อสินค้ามีค่าเท่ากับ $\frac{Q_s}{Q_1^*}$ ครั้ง ดังนั้นค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ตั้งแต่จุดเวลา T_0 ถึง T_2 ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้ามีค่าเท่ากับ $\frac{Q_s}{Q_1^*}A$ ค่าใช้จ่ายที่เป็นมูลค่าสินค้ามีค่าเท่ากับ $(c+k)Q_s$ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้า ค่าใช้จ่ายของดอกเบี้ยที่เกิดจากมีสินค้าคงคลังเหลืออยู่ และดอกเบี้ยเงินฝากที่ได้รับ สามารถแบ่งการพิจารณาออกตามช่วงเวลาเป็นสองช่วง คือ

ช่วงเวลา T_0 ถึง T_1 ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ $h\int_0^{\frac{q}{D}}(q-Dx)\,dx=\frac{hq^2}{2D}$ ค่าใช้จ่ายของดอกเบี้ยที่เกิดจากมีสินค้าคงคลังเหลืออยู่มีค่าเท่ากับ $cI_a\int_0^{(1-\alpha)\frac{q}{D}}Dx\,dx=\frac{cI_a(1-\alpha)^2q^2}{2D}$ และได้รับดอกเบี้ยเงินฝากจากการขายสินค้าของร้านค้าปลีกราคาใหม่เท่ากับ $(p+k)I_b\int_0^{\alpha\frac{q}{D}}Dx\,dx=\frac{(p+k)I_b\alpha^2q^2}{2D}$

ช่วงเวลา T_1 ถึง T_2 ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ $\left(\frac{Q_s}{Q_1^*}\right)h\int_0^{\frac{Q_1^*}{D}}\left(Q_1^*-Dx\right)dx=\frac{hQ_1^*Q_s}{2D}$ ค่าใช้จ่ายของดอกเบี้ยที่เกิดจากมีสินค้าคงคลังเหลืออยู่มีค่าเท่ากับ $\left(\frac{Q_s}{Q_1^*}\right)(c+k)I_a\int_0^{(1-\alpha)\frac{Q_1^*}{D}}Dx\,dx=\frac{(c+k)I_a(1-\alpha)^2Q_1^*Q_s}{2D}$ และดอกเบี้ยเงินฝากที่ได้รับมีค่าเท่ากับ $\left(\frac{Q_s}{Q_1^*}\right)(p+k)I_b\int_0^{\alpha\frac{Q_1^*}{D}}Dx\,dx=\frac{(p+k)I_b\alpha^2Q_1^*Q_s}{2D}$

ดังนั้นจะได้ว่าค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นตั้งแต่จุดเวลา T_0 ถึง T_2 มีค่าเท่ากับ

$$\frac{AQ_s}{Q_1^*}+(c+k)Q_s+\frac{hq^2}{2D}+\frac{cI_a(1-\alpha)^2q^2}{2D}-\frac{(p+k)I_b\alpha^2q^2}{2D}+\frac{hQ_1^*Q_s}{2D}+\frac{(c+k)I_a(1-\alpha)^2Q_1^*Q_s}{2D}-\frac{(p+k)I_b\alpha^2Q_1^*Q_s}{2D}$$

นั่นคือ ค่าใช้จ่ายรวมเมื่อไม่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ (C_n) มีค่าเท่ากับ

$$C_n = \frac{AQ_s}{Q_1^*} + (c+k)Q_s + \left[\frac{h + cI_a(1-\alpha)^2 - (p+k)I_b\alpha^2}{2D}\right]q^2 + \left[\frac{h + (c+k)I_a(1-\alpha)^2 - (p+k)I_b\alpha^2}{2D}\right]Q_1^*Q_s$$

$$= \frac{AQ_s}{Q_1^*} + (c+k)Q_s + \frac{Aq^2}{Q_b^2} + \frac{AQ_s}{Q_1^*}$$

$$= \frac{2AQ_s}{Q_1^*} + (c+k)Q_s + \frac{Aq^2}{Q_b^2} \qquad (3.11)$$

และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้ (G) มีค่าเท่ากับ

$$G = C_n - C_s$$

$$= \frac{2AQ_s}{Q_1^*} + (c+k)Q_s + \frac{Aq^2}{Q_b^2} - \left\{A + cQ_s + \frac{A(Q_s^2+q^2)}{Q_b^2} + \frac{hqQ_s}{D}\right\}$$

$$= \frac{2AQ_s}{Q_1^*} + kQ_s - \frac{AQ_s^2}{Q_b^2} - \frac{hqQ_s}{D} - A$$

$$= -\frac{AQ_s^2}{Q_b^2} + \left(\frac{2A}{Q_1^*} + k - \frac{hq}{D}\right)Q_s - A \qquad (3.12)$$

$$\le \frac{Q_b^2}{4A}\left(\frac{2A}{Q_1^*} + k - \frac{hq}{D}\right)^2 - A \qquad \text{(โดยใช้ (2.2))}$$

ซึ่งจะเห็นได้ว่า G ในสมการ (3.12) จะมีค่าสูงสุดเมื่อ

$$G = \frac{Q_b^2}{4A}\left(\frac{2A}{Q_1^*} + k - \frac{hq}{D}\right)^2 - A \qquad (3.13)$$

และโดยสมการ (2.3) สมการ (3.13) จะเป็นจริงก็ต่อเมื่อ

$$\frac{Q_s\sqrt{A}}{Q_b} = \frac{Q_b}{2\sqrt{A}}\left(\frac{2A}{Q_1^*} + k - \frac{hq}{D}\right)$$

หรือ

$$Q_s = \frac{Q_b^2}{2A}\left(\frac{2A}{Q_1^*} + k - \frac{hq}{D}\right)$$

ดังนั้นปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด (Q_s^*) คือ

$$Q_s^* = \frac{Q_b^2}{2A}\left(\frac{2A}{Q_1^*} + k - \frac{hq}{D}\right)$$

และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด (G^*) สามารถหาได้ดังนี้

$$\begin{aligned} G^* &= \frac{Q_b^2}{4A}\left(\frac{2A}{Q_1^*}+k-\frac{hq}{D}\right)^2 - A \\ &= \frac{A}{Q_b^2}\frac{Q_b^4}{4A^2}\left(\frac{2A}{Q_1^*}+k-\frac{hq}{D}\right)^2 - A \\ &= \frac{A}{Q_b^2}\left[\frac{Q_b^2}{2A}\left(\frac{2A}{Q_1^*}+k-\frac{hq}{D}\right)\right]^2 - A \\ &= A\left[\left(\frac{Q_s^*}{Q_b}\right)^2 - 1\right] \end{aligned}$$

ดังนั้นจากการพิสูจน์ทั้งสองกรณี จึงได้ผลลัพธ์ดังที่แสดงในสมการ (3.1) และ (3.2) ตามลำดับ □

หมายเหตุ 1. กรณีที่ $q=0$ จะเห็นได้ว่า $G^* = A\left(\frac{Q_s^*-Q^*}{Q_b}\right)^2 > 0$ เสมอ ดังนั้นเมื่อมีการขึ้นราคาสินค้าร้านค้าปลีกจึงควรจะสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษในปริมาณ $\frac{Q_b^2}{2A}\left(\frac{2A}{Q_1^*}+k\right)$ หน่วย ซึ่งจะทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายรวมได้สูงสุดเท่ากับ $A\left(\frac{Q_s^*-Q^*}{Q_b}\right)^2$

2. กรณีที่ $0<q\le Q^*$ ถ้า $A\left[\left(\frac{Q_s^*}{Q_b}\right)^2-1\right]>0$ แล้วจะได้ $G^*>0$ ดังนั้นถ้าต้องการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษในปริมาณ $\frac{Q_b^2}{2A}\left(\frac{2A}{Q_1^*}+k-\frac{hq}{D}\right)$ หน่วย ก็ต่อเมื่อ $A\left[\left(\frac{Q_s^*}{Q_b}\right)^2-1\right]>0$ ซึ่งจะทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายรวมได้สูงสุดเท่ากับ $A\left[\left(\frac{Q_s^*}{Q_b}\right)^2-1\right]$

3. พิจารณาผลลัพธ์ในทฤษฎีบทที่ 3.1 จะเห็นได้ว่าในกรณีที่ $\alpha=0$ หรือไม่มีคาบเวลาของเครดิตการค้า ผลลัพธ์ที่ได้สามารถแสดงดังบทแทรกต่อไปนี้

บทแทรกที่ 3.1 ถ้า $\alpha=0$ แล้วปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด คือ Q_s^* หน่วย เมื่อ

$$Q_s^* = \frac{(Q^*)^2}{2A}\left(\frac{2A}{Q_1^*}+k-\frac{hq}{D}\right),\ 0\le q\le Q^* \tag{3.14}$$

และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด คือ G^* เมื่อ

$$G^* = \begin{cases} A\left(\frac{Q_S^*}{Q^*} - 1\right)^2 & , q = 0 \\ A\left[\left(\frac{Q_S^*}{Q^*}\right)^2 - 1\right], & 0 < q \le Q^* \end{cases} \tag{3.15}$$

โดยที่ $Q^* = \sqrt{\frac{2AD}{h + cI_a}}$ และ $Q_1^* = \sqrt{\frac{2AD}{h + (c+k)I_a}}$

3.2 การประยุกต์ใช้ผลการวิจัย

ในหัวข้อย่อยนี้จะแสดงการประยุกต์ใช้ผลลัพธ์ในทฤษฎีบทที่ 3.1 กับระบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการขึ้นราคาสินค้า ที่อยู่ในรูปของผลลัพธ์เชิงตัวเลขที่สัมพันธ์กับผลลัพธ์ที่ได้ในทฤษฎีบทที่ 3.1 ดังนี้

ตัวอย่างที่ 3.1 กำหนดให้อัตราความต้องการสินค้า $D = 4,000$ หน่วยต่อปี ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้า $A = 3,000$ บาทต่อครั้ง ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้า $h = 50$ บาทต่อหน่วยสินค้าต่อปี ราคาของสินค้าที่สั่งซื้อ $c = 1,500$ บาทต่อหน่วยสินค้า ราคาสินค้าที่ร้านค้าปลีกจำหน่าย $p = 2000$ บาทต่อหน่วยสินค้า ส่วนต่างของราคาที่เพิ่มขึ้น $k = 300$ บาทต่อหน่วยสินค้า ดอกเบี้ยเงินกู้ $I_a = 8\%$ ของเงินกู้ต่อปี และดอกเบี้ยเงินฝาก $I_b = 1\%$ ของเงินฝากต่อปี โดยกำหนดสัดส่วนของคาบเวลาของเครดิตการค้า $\alpha = 0.1,\ 0.4$ และ 0.8 และกำหนดระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ $q = 0,\ 100$ และ 300 หน่วย ตามลำดับ ดังนั้นปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดสามารถแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดที่เปลี่ยนแปลงตามค่า α และ q ของตัวอย่างที่ 3.1

α	Q^* (หน่วย)	q (หน่วย)	Q_s^* (หน่วย)	G^* (บาท)
0.1	404.0610	0	8594.9298	1113917.4717
		100	8560.9093	1343413.6189
		300	8492.8682	1322096.3971
0.4	516.3978	0	13947.0174	1865836.4564
		100	13891.1639	2156272.0355
		300	13779.4571	2121683.7592
0.8	755.9289	0	30723.1555	4269796.5351
		100	30598.4050	4687674.5666
		300	30348.9040	4611490.4303

ตัวอย่างที่ 3.2 กำหนดให้อัตราความต้องการสินค้า $D = 5,000$ หน่วยต่อปี ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้า $A = 4,000$ บาทต่อครั้ง ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้า $h = 100$ บาทต่อหน่วยสินค้าต่อปี ราคาของสินค้าที่สั่งซื้อ $c = 5,000$ บาทต่อหน่วยสินค้า ราคาสินค้าที่ร้านค้าปลีกจำหน่าย $p = 7000$ บาทต่อหน่วยสินค้า ส่วนต่างของราคาที่เพิ่มขึ้น $k = 1000$ บาทต่อหน่วยสินค้า ดอกเบี้ยเงินกู้ $I_a = 7\%$ ของเงินกู้ต่อปี และดอกเบี้ยเงินฝาก $I_b = 0.5\%$ ของเงินฝากต่อปี โดยกำหนดสัดส่วนของคาบเวลาของเครดิตการค้า $\alpha = 0.2,\ 0.5$ และ 0.7 และกำหนดระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ $q = 0,\ 150,\ 250$ และ 350 หน่วย ตามลำดับ ดังนั้นปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดสามารถแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดที่เปลี่ยนแปลงตามค่า α และ q ของตัวอย่างที่ 3.2

α	Q^* (หน่วย)	q (หน่วย)	Q_s^* (หน่วย)	G^* (บาท)
0.2	352.1258	0	15884.5970	7429371.7793
		150	15838.0709	8083226.3557
		250	15807.0535	8051581.2313
		350	15775.4158	8019367.1125
0.5	473.0499	0	28666.5781	13637906.0028
		150	28582.0710	14496592.4273
		250	28525.7330	14439484.6232
		350	28469.3950	14382489.4952
0.7	591.4417	0	45297.2337	21770232.2178
		150	45163.1855	22820392.0678
		250	45073.8200	22730155.0624
		350	44984.4545	22640096.7880

ผลลัพธ์เชิงตัวเลขในตัวอย่างที่ 3.1 และ 3.2 ได้แสดงให้เห็นว่าปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด (Q_s^*) แปรผันตามสัดส่วนของคาบเวลาของเครดิตการค้า (α) นั่นคือ เมื่อสัดส่วนของคาบเวลาของเครดิตการค้าเพิ่มขึ้นปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุดมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย และค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้สูงสุด (G^*) ก็แปรผันตามสัดส่วนของคาบเวลาของเครดิตการค้าเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุดจะแปรผกผันกับระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ (q) นั่นคือ เมื่อระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษมีระดับเพิ่มขึ้นปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุดมีค่าลดลง และจะเห็นได้ว่าที่ระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเท่ากับ 0 หน่วย ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุดจะมีค่ามากที่สุด แต่ค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้สูงสุดกลับมีค่าต่ำสุด

บทที่ 4
บทสรุป

4.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัย “ตัวแบบ EOQ ภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการขึ้นราคาสินค้า” สามารถสรุปได้ดังนี้

ตัวแบบ EOQ ภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการขึ้นราคาสินค้าเป็นตัวแบบ EOQ ของร้านค้าปลีกเหมาะที่สุด หรือเป็นตัวแบบของปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการขึ้นราคาสินค้า ซึ่งสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายรวมของระบบสินค้าคงคลังได้สูงสุด เป้าหมายหลักของการการศึกษาครั้งนี้ คือ ต้องการพัฒนาตัวแบบ EOQ โดยนำสมมุติฐานบางส่วนที่อยู่ในตัวแบบ EOQ ของ Tersine (1994) เพิ่มเข้าไปในตัวแบบ EOQ ของ Tu et al. (2008) เพื่อทำให้ผลลัพธ์ที่ได้สอดคล้องกับระบบสินค้าคงคลังที่เป็นจริงมากขึ้น นอกจากนี้วิธีที่นำมาใช้หาตัวแบบ EOQ ที่ต้องการ หรือในการศึกษาครั้งนี้เรียกว่าวิธีอสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสอง เป็นวิธีแบบใหม่ที่แตกต่างจากวิธีเดิมอื่น ๆ นั่นคือ เป็นเครื่องมืออย่างง่ายที่สามารถใช้หาตัวแบบ EOQ โดยไม่ต้องใช้แคลคูลัสเชิงอนุพันธ์ ซึ่งเหมาะสำหรับผู้ที่ไม่มีความรู้ทางด้านแคลคูลัสเชิงอนุพันธ์

4.2 อภิปรายผลการวิจัย

ผลที่ได้จากงานวิจัย “ตัวแบบ EOQ ภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการขึ้นราคาสินค้า” สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. เนื่องจากตัวแบบ EOQ ที่ใช้หาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุดขึ้นอยู่กับระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ และมีการพิจารณาเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบสินค้าคงคลังแตกต่างกัน จึงทำให้ผลลัพธ์ที่ได้แบ่งออกได้เป็นสองกรณี คือ กรณีที่ระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเท่ากับ 0 หน่วย และกรณีที่ระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษมากกว่า 0 หน่วย ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้มีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ในการตัดสินใจว่าจะสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษหรือไม่อาจต้องพิจารณาจากระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ กล่าวคือ ถ้าระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเท่ากับ 0 หน่วย การสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษสามารถสั่งซื้อได้เสมอ เพราะว่าสามารถทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายรวมได้สูงสุดอย่างแน่นอน แต่ถ้าระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษมากกว่า 0 หน่วย การสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษสามารถกระทำได้ก็ต่อเมื่อค่าใช้จ่ายรวมสูงสุดต้องมีค่ามากกว่าศูนย์เท่านั้น

2. เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด จะพบว่าค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดจะขึ้นอยู่กับคาบเวลาของเครดิตการค้าหรือขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้า นั่นคือ ถ้าคาบเวลาของเครดิต

การค้ายาวขึ้นหรือปริมาณการสั่งซื้อสินค้ามีค่าเพิ่มขึ้น ค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดจะมีค่ามากขึ้น หรือสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายรวมได้มากขึ้น ซึ่งเป็นผลดีต่อร้านค้าปลีก

3. เมื่อสัดส่วนของคาบเวลาของเครดิตการค้ามีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าระบบสินค้าคงคลังไม่มีคาบเวลาของเครดิตการค้า หรือผู้ผลิตไม่ให้เครดิตกับร้านค้าปลีก ผลลัพธ์ที่ได้ในกรณีนี้จะคล้ายกับผลลัพธ์ของ Tersine (1994) และ ธนรัตน์ สอาดศรี (2557) ดังที่ได้แสดงไว้ในบทแทรก 3.1

บทที่ 5
ผลผลิต

5.1 การตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการ

Teerapabolarn, Kanint. (2019). Using a new method to derive EOQ model under trade credit period depending on the order quantity and known price increase (กำลังดำเนินการจัดทำเพื่อส่งไปตีพิมพ์ในวารสารวิชาการนานาชาติ)

5.2 การจดสิทธิบัตร

ไม่มี

5.3 ผลงานเชิงพาณิชย์

ไม่มี

5.4 ผลงานเชิงสาธารณะ

เป็นองค์ความรู้ใหม่ทางด้านทฤษฎีสินค้าคงคลังเชิงกำหนด ซึ่งสามารถองค์ความรู้ใหม่นี้ไปใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีสินค้าคงคลังที่มีความเกี่ยวข้องได้ นอกจากนี้สามารถนำตัวแบบ EOQ ที่ได้ไปประยุกต์ใช้หาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าเหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังที่เกี่ยวข้องภายใต้สมมุติฐานว่าคาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการขึ้นราคาสินค้า

รายงานสรุปการเงิน

เลขที่โครงการระบบบริหารงานวิจัย 2561A10802158 สัญญาเลขที่ 110/2561

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยบูรพา

ชื่อโครงการ ตัวแบบ EOQ ภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการขึ้นราคาสินค้า (The EOQ Model under Trade Credit Period Depending on the Order Quantity and Price Increase)

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน ผศ.ดร.คณินทร์ ธีรภาพโอฬาร

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 20 ตุลาคม พ.ศ. 2560 ถึงวันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2561

ระยะเวลาในการดำเนินการ 1 ปี - เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2560 – 30 กันยายน พ.ศ. 2561

รายรับ

จำนวนเงินที่ได้รับ

งวดที่ 1 (50%) 120,000 บาท เมื่อวัน เดือน ปี 20 ตุลาคม พ.ศ. 2560

งวดที่ 2 (40%) 96,000 บาท เมื่อวัน เดือน ปี 25 เมษายน พ.ศ. 2561

งวดที่ 3 (10%) 24,000 บาท เมื่อวัน เดือน ปี _____

รวม 240,000 บาท (สองแสนสี่หมื่นบาทถ้วน)

รายจ่าย

รายการ	งบประมาณที่ตั้งไว้	งบประมาณที่ใช้จริง	จำนวนเงินคงเหลือ/เกิน
1. ค่าจ้างผู้ช่วยนักวิจัย	190,200.00	190,200.00	0.00
2. ค่าตอบแทน	24,000.00	24,000.00	0.00
3. ค่าใช้สอย	1,800.00	1,800.00	0.00
4. ค่าธรรมเนียมอุดหนุนสถาบัน	24,000.00	24,000.00	0.00
รวม	240,000.00	240,000.00	0.00

(_____)

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

บรรณานุกรม

คณินทร์ ธีรภาพโอฬาร และสิทธิกรณ์ คำรอด. (2556). ตัวแบบ EOQ ที่มีการขาดแคลนสินค้าและสินค้ามีราคาสูงขึ้นที่ได้มาโดยพีชคณิต. *วารสารวิทยาศาสตร์ มศว*, *29*(1), 37-55.

คณินทร์ ธีรภาพโอฬาร และวิรณชัย พุ่มสุข. (2556). ตัวแบบ EOQ ที่มีอัตราการเพิ่มสินค้าต่อเนื่องและสินค้ามีราคาสูงขึ้น. *วารสารวิทยาศาสตร์ มศว*, *29*(2), 43-58.

ธนรัตน์ สอาดศรี. (2557). การหาตัวแบบ EOQ ที่ทราบว่าสินค้ามีราคาสูงขึ้นโดยวิธีพีชคณิต. *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ "วิทยาศาสตร์วิจัย 6"*, 52-58

สิทธิกรณ์ คำรอด และคณินทร์ ธีรภาพโอฬาร. (2558). การหาตัวแบบ EOQ ที่มีสินค้าขาดแคลนสินค้าและสินค้ามีราคาสูงขึ้นโดยพีชคณิต. *วารสารวิทยาศาสตร์ มศว, 31*(1), 103-121.

Cvetkovski, Z. (2012). *Inequalities*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

Goyal, S. K. (1985). Economic order quantity under conditions of permissible delay in payments. *Journal of the Operational Research Society, 36*(4), 335-338.

Grubbström, R. W. (1996). *Material Requirements Planning and Manufacturing Resource Planning* (International Encyclopedia of Business and Management). London: Routledge.

Naddor, E. (1966). *Inventory Systems.* New York: Wiley.

Teng, J. T. (2002). On the economic order quantity under conditions of permissible delay in payments. *Journal of the Operational Research Society, 53*(8), 915-918.

Tersine, R. J. (1994). *Principles of inventory and materials management* (4th ed.). New Jersey: Prentice-Hall.

Tu, Y. C., Hsu, K. H., & Huang, Y. F. (2008). Retailer's economic order quantity under trade credit period depending on the order quantity without calculus. *Journal of Applied Sciences, 8*(15), 2785-2787.