รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ ตัวแบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ (Retailer's Inventory Models under Trade Credit Period Depending on the Order Quantity and Special Sales Price)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์คณินทร์ ธีรภาพโอฬาร

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

รหัสโครงการ 692013
สัญญาเลขที่ 109/2561

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ ตัวแบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ (Retailer's Inventory Models under Trade Credit Period Depending on the Order Quantity and Special Sales Price)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์คณินทร์ ธีรภาพโอฬาร
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

กุมภาพันธ์ 2562

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 109/2561

Acknowledgement

This work was financially supported by the Research Grant of Burapha University through National Research Council of Thailand (Grant no. 109/2561).

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร
(Executive Summary)

ข้าพเจ้า ผศ.ดร.คณินทร์ ธีรภาพโอฬาร ได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัยจากมหาวิทยาลัยบูรพา ประเภทงบประมาณเงินรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) มหาวิทยาลัยบูรพา
โครงการวิจัยเรื่อง (ภาษาไทย) ตัวแบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ
(ภาษาอังกฤษ) Retailer's Inventory Models under Trade Credit Period Depending on the Order Quantity and Special Sales Price
รหัสโครงการ 692013 / สัญญาเลขที่ 109/2561 ได้รับงบประมาณรวมทั้งสิ้น 240,000 บาท (สองแสนสี่หมื่นบาทถ้วน)
ระยะเวลาการดำเนินงาน 1 ปี

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้อสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสองหาตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ ระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษครอบคลุมทุกระดับ (มากกว่าหรือเท่ากับ 0 หน่วย) หรือที่ระดับสินค้าคงคลังมีค่าเท่ากับ q ($q \geq 0$) หน่วย ตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุดได้มาโดยจัดรูปแบบของค่าใช้จ่ายรวมให้อยู่ในรูปของอสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสองเพื่อทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายรวมของสินค้าคงคลังได้สูงสุด การศึกษาครั้งนี้เป็นการพัฒนาระบบสินค้าคงคลังภายใต้สมมุติฐานที่ว่าคาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้า โดยเพิ่มสมมุติฐานของการลดราคาสินค้าแบบพิเศษเข้าไปในระบบสินค้าคงคลัง นอกจากนี้ได้กำหนดตัวอย่างเชิงตัวเลขเพื่อแสดงการประยุกต์ใช้ผลลัพธ์ต่าง ๆ ที่หาได้

ผลลัพธ์ที่ได้

ผลที่ได้จากงานวิจัย คือ ตัวแบบของปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดของระบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ ดังต่อไปนี้

1. ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด คือ Q_S^* หน่วย เมื่อ

$$Q_S^* = \frac{Q_d^2}{2A}\left(\frac{2A}{Q^*} + k - \frac{hq}{D}\right),\ 0 \leq q \leq Q^*$$

โดยที่ $Q^* = \sqrt{\frac{2AD}{h + cI_a(1-\alpha)^2 - pI_b\alpha^2}}$ เมื่อ $cI_a(1-\alpha)^2 - pI_b\alpha^2 > 0$ และ

$Q_d = \sqrt{\frac{2AD}{h + (c-k)I_a(1-\alpha)^2 - pI_b\alpha^2}}$ เมื่อ $(c-k)I_a(1-\alpha)^2 - pI_b\alpha^2 > 0$

และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด คือ G^* เมื่อ

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

2. ถ้า $\alpha = 0$ หรือคาบเวลาของเครดิตการค้าไม่ขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแล้วปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด

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

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

และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด คือ G^* เมื่อ

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

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัย “ตัวแบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ” มีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ตัวแบบ EOQ ภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ เป็นตัวแบบ EOQ ที่สามารถประยุกต์ใช้ได้กับสถานการณ์ที่มีคาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษในระบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีก ซึ่งจะต้องมีสมมุติฐานสอดคล้องกับสมมุติฐานในงานวิจัยนี้เท่านั้น

2. ตัวแบบ EOQ ภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ เป็นตัวแบบของปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุดที่ทำให้ระบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกประหยัดค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้นในระบบสินค้าคงคลังได้สูงสุด

3. ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้ไม่สามารถใช้ได้โดยตรงกับระบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกที่มีค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าแปรไปตามราคาสินค้า แต่สามารถประยุกต์ใช้ตามที่ต้องการได้

4. สามารถนำผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีสินค้าคงคลังที่มีความเกี่ยวข้องได้

5. สามารถนำผลการวิจัยนี้ไปต่อยอดสร้างงานวิจัยโดยการเพิ่มหรือเปลี่ยนแปลงรายละเอียดของสมมุติฐานในระบบสินค้าคงคลังให้มีความสอดคล้องกับระบบสินค้าคงคลังที่เกิดขึ้นจริงมากขึ้น

บทคัดย่อภาษาไทย

การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้อสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสองหาตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ ระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษครอบคลุมทุกระดับ (มากกว่าหรือเท่ากับ 0 หน่วย) หรือที่ระดับสินค้าคงคลังมีค่าเท่ากับ q ($q \geq 0$) หน่วย ตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุดได้มาโดยจัดรูปแบบของค่าใช้จ่ายรวมให้อยู่ในรูปของอสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสองเพื่อทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายรวมของสินค้าคงคลังได้สูงสุด การศึกษาครั้งนี้เป็นการพัฒนาระบบสินค้าคงคลังภายใต้สมมุติฐานที่ว่าคาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้า โดยเพิ่มสมมุติฐานของการลดราคาสินค้าแบบพิเศษเข้าไปในระบบสินค้าคงคลัง นอกจากนี้ได้กำหนดตัวอย่างเชิงตัวเลขเพื่อแสดงการประยุกต์ใช้ผลลัพธ์ต่าง ๆ ที่หาได้

คำสำคัญ: ตัวแบบ EOQ การลดราคาสินค้าแบบพิเศษ คาบเวลาของเครดิตการค้า อสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสอง

Abstract

This study uses Geometric Mean and Quadratic Mean Inequality to derive the optimal EOQ model of retail's inventory system under trade credit period depending on the order quantity and special sales price. The level of inventory while a special order is placed covers all levels, greater than or equal to 0 units, or the level of inventory is equal to q ($q \geq 0$) units. The optimal EOQ model is obtained by formulating the total cost to satisfy Geometric Mean and Quadratic Mean Inequality form for saving a maximum inventory total cost. This study is a development of the inventory system under the assumption of trade credit period depending on the order quantity by adding the assumption of special sales price into the inventory system. Additionally, some numerical examples are provided to illustrate application of all results obtained.

Keywords: EOQ model, Special sales price, 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	2
	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	16

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 3		
3.2	การประยุกต์ใช้ผลการวิจัย	16
บทที่ 4	บทสรุป	19
4.1	สรุปผลการวิจัย	19
4.2	อภิปรายผลการวิจัย	19
บทที่ 5	ผลผลิต	21
5.1	การตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการ	21
5.2	การจดสิทธิบัตร	21
5.3	ผลงานเชิงพาณิชย์	21
5.4	ผลงานเชิงสาธารณะ	21
บรรณานุกรม		22
ประวัตินักวิจัยและคณะ		23

สารบัญตาราง

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

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การเปลี่ยนแปลงของสินค้าคงคลังในกรณีที่ $q = 0$ หน่วย	8
2	การเปลี่ยนแปลงของสินค้าคงคลังในกรณีที่ $0 < q \leq Q^*$ หน่วย	12

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

สัญลักษณ์/คำย่อ	คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย
EOQ	ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบประหยัด (Economic Order Quantity)

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

Goyal (1985) ได้นำเสนอตัวแบบ EOQ (Economic Order Quantity) ของระบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีก (retailer) ภายใต้สมมุติฐานที่ว่าคาบเวลาของเครดิตการค้า (trade credit period) เป็นอิสระกับปริมาณการสั่งซื้อสินค้า (order quantity) และได้สมมุติให้ราคาขายและราคาซื้อของสินค้าต่อหน่วยของร้านค้าปลีกมีค่าเท่ากัน ซึ่งอาจไม่สอดคล้องกับสถานการณ์จริงของระบบสินค้าคงคลังนี้ นั่นคือ คาบเวลาของเครดิตการค้าอาจขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้า เช่น ผู้ผลิตสินค้า (supplier) อาจขยายคาบเวลาของเครดิตการค้าให้ยาวนานขึ้นเมื่อร้านค้าปลีกสั่งซื้อสินค้าในปริมาณมาก และในความเป็นจริงราคาขายและราคาซื้อสินค้าต่อหน่วยของร้านค้าปลีกไม่จำเป็นต้องมีค่าเท่ากัน ต่อมา Teng (2002) ได้ปรับสมมุติฐานและตัวแบบ EOQ ของ Goyal (1985) โดยสมมุติให้ราคาขายและราคาซื้อสินค้าต่อหน่วยของร้านค้าปลีกมีค่าไม่เท่ากัน แต่ยังคงใช้สมมุติฐานที่ว่าคาบเวลาของเครดิตการค้าเป็นอิสระกับปริมาณการสั่งซื้อสินค้า ภายหลัง Tu et al. (2008) ได้ปรับปรุงตัวแบบ EOQ ของ Goyal (1985) โดยปรับสมมุติฐานทั้งสองข้อใหม่ คือ ผู้ผลิตสินค้าจะขยายคาบเวลาของเครดิตการค้าเพิ่มขึ้น เมื่อร้านค้าปลีกสั่งซื้อสินค้าในปริมาณมาก (คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้า) และราคาขายและราคาซื้อสินค้าต่อหน่วยของร้านค้าปลีกไม่จำเป็นต้องมีค่าเท่ากัน (ราคาขายสินค้าต่อหน่วยมากกว่าหรือเท่ากับราคาซื้อสินค้าต่อหน่วย)

ถึงแม้ว่าตัวแบบ EOQ ของ Tu et al. (2008) สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ดีกว่าตัวแบบ EOQ ของ Goyal (1985) เพราะว่าได้ผ่อนปรนสมมุติฐานที่เข้มงวดของ Goyal แล้วก็ตาม แต่ในบางกรณีผู้ผลิตสินค้าอาจมีลดราคาซื้อสินค้าต่อหน่วย (ผู้ผลิตควรแจ้งให้ทราบก่อนล่วงว่าจะมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ) นั่นคือ สมมุติว่าในขณะนี้ราคาของสินค้าเท่ากับ c บาทต่อหน่วยสินค้า และผู้ผลิตสินค้าได้ประกาศลดราคาสินค้าแบบพิเศษในอีกหนึ่งเดือนข้างหน้า ซึ่งจะทำให้ราคาของสินค้ามีค่าลดลง k บาทต่อหน่วยสินค้า ($0<k<c$) ทำให้ราคาใหม่ในช่วงเวลาที่มีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษมีค่าเท่ากับ $c-k$ บาทต่อหน่วยสินค้า และเมื่อเลยช่วงเวลาที่มีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษดังกล่าว ราคาสินค้าจะกลับมามีราคาเท่าเดิมเหมือนก่อนการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ จะเห็นได้ว่าราคาของสินค้าที่กล่าวมานั้นอาจมีค่าลดลงในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง จากนั้นราคาของสินค้าจะกลับมามีราคาเท่าเดิม ทำให้ราคาของสินค้าในตัวแบบนี้จะมีค่าไม่คงตัวเหมือนราคาสินค้าที่อยู่ในสมมุติฐานตัวแบบ EOQ ของ Tu et al. (2008) ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงสนใจศึกษาและหาตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุดที่สอดคล้องกับระบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกภายใต้สมมุติฐานของ Tu et al. (2008) และได้เพิ่มสมมุติฐานของการลดราคาสินค้าแบบพิเศษในงานวิจัยของ Tersine (1994) เข้าไปในตัวแบบของ Tu et al. (2008) ซึ่งเป็นการพัฒนาตัวแบบ EOQ ในทางทฤษฎีที่มีอยู่เดิมให้มีความสอดคล้องกับระบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกที่มีความเป็นจริงมากขึ้น และในการหาตัวแบบดังกล่าว จะพิจารณาระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษทุกระดับที่มากกว่าหรือ

เท่ากับ 0 หน่วย หรือพิจารณาที่ระดับสินค้าคงคลังมีค่าเท่ากับ q ($q \geq 0$) หน่วย สำหรับวิธีที่ใช้ในการหาตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุด คือ อสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Geometric Mean and Quadratic Mean Inequality) ซึ่งเป็นแนวคิดใหม่ที่ใช้หาตัวแบบ EOQ ที่ต้องการ

1.2 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ อาทิเช่น

Goyal (1985) ได้นำเสนอระบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกภายใต้สมมุติฐานที่ว่าคาบเวลาของเครดิตการค้าเป็นอิสระกับปริมาณการสั่งซื้อสินค้า และได้สมมุติให้ราคาขายและราคาซื้อของสินค้าต่อหน่วยของร้านค้าปลีกมีค่าเท่ากัน พร้อมทั้งหาตัวแบบ EOQ ของระบบสินค้าคงคลังดังกล่าว

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

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

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

คณินทร์ ธีรภาพโอฬาร และเนริสา ทอนศรี (2557) ใช้วิธีพีคณิตของ Grubbström (1996) หาตัวแบบ EOQ ที่มีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษด้วยการปรับปรุงตัวแบบ EOQ ของ Tersine (1994) โดยสมมุติให้ได้ระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษมีค่าเท่ากับ q ($q \geq 0$) หน่วย

คณินทร์ ธีรภาพโอฬาร และจตุภัทร เมฆพายัพ (2559) ใช้วิธีพีคณิตของ Grubbström (1996) หาตัวแบบ EOQ ที่มีอัตราการเพิ่มสินค้าจำกัดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ

ดนุสรณ์ ธนะปาละ และคณินทร์ ธีรภาพโอฬาร (2559) ใช้วิธีพีคณิตของ Grubbström (1996) ปรับปรุงตัวแบบ EOQ ที่มีอัตราการเพิ่มสินค้าจำกัดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ โดยครอบคลุมทุกระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1 เพื่อหาตัวแบบ EOQ ของร้านค้าปลีกภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ

1.3.2 เพื่อนำเสนอแนวความคิดใหม่ที่ใช้ในการหาตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุด

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาและหาตัวแบบ EOQ เฉพาะระบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกภายใต้สมมุติฐานของ Tu et al. (2008) ร่วมกับสมมุติฐานของการลดราคาสินค้าแบบพิเศษในงานวิจัยของ Tersine (1994) และวิธีที่ใช้หาตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุด คือ อสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสอง

1.5 แนวความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) เพื่อใช้หาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าเหมาะที่สุดที่ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานได้สูงสุด ภายใต้สมมุติฐานที่เพิ่มเติมจากตัวแบบ EOQ พื้นฐาน คือ

1. คาบเวลาของเครดิตการค้าในระบบสินค้าคงคลังขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้า
2. ราคาขายสินค้าต่อหน่วยมากกว่าหรือเท่ากับราคาซื้อสินค้าต่อหน่วย (ของร้านค้าปลีก)
3. ในการดำเนินงานของระบบสินค้าคงคลังอาจมีบางช่วงเวลาที่สินค้ามีราคาลดลงอันเนื่องมาจากการลดราคาสินค้าแบบพิเศษของผู้ผลิตสินค้า
4. แนวทางในการหาตัวแบบที่ต้องการ การวิจัยครั้งนี้จะนำวิธีอสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสองมาประยุกต์ใช้

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. เป็นองค์ความรู้ใหม่ทางด้านทฤษฎีสินค้าคงคลังเชิงกำหนด (Deterministic Inventory Theory)
2. ได้ตัวแบบ EOQ ของร้านค้าปลีกภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ ซึ่งครอบคลุมระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษทั้งหมด (มากกว่าหรือเท่ากับ 0 หน่วย)
3. ได้แนวคิดใหม่และเครื่องมือแบบใหม่ (อสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสอง) ที่สามารถใช้หาตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุด
4. เผยแพร่งานวิจัยในวารสารระดับชาติหรือนานาชาติ

บทที่ 2
วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยในการหาตัวแบบ EOQ ภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการขึ้นราคาสินค้าโดยใช้วิธีอสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสอง มีดังนี้

2.1 กำหนดสัญกรณ์ (Notation) สมมุติฐาน (Assumption) และวิธีที่ใช้ในการหาตัวแบบ EOQ

การกำหนดสัญกรณ์และสมมุติฐานในงานวิจัยนี้ ได้กำหนดให้สอดคล้องกับระบบสินค้าคงคลังที่ปรากฏในงานวิจัยของ Tu et al. (2008) และในงานวิจัยของ Tersine (1994) ที่เป็นการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ และวิธีที่ใช้หาตัวแบบ 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 แทนส่วนต่างของราคาสินค้าที่ลดลง

Q^* แทนปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบปกติเหมาะที่สุดก่อนและหลังที่มีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ

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 เหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ โดยเพิ่มสมมุติฐานของการลดราคาสินค้าแบบพิเศษในงานวิจัยของของ 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 หรือหาตัวแบบของปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการราคาสินค้าแบบพิเศษ โดยใช้อสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสองที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.1.3 ต่อจากนั้นจะเป็นการยกตัวอย่างเชิงตัวเลขเพื่อแสดงการประยุกต์ใช้ผลลัพธ์หรือผลการวิจัยที่หามาได้

3.1 ตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุดและค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด

ผลลัพธ์ที่ต้องการหา คือ ตัวแบบของปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดของระบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการราคาสินค้าแบบพิเศษ ดังทฤษฎีบทที่จะนำเสนอต่อไปนี้

ทฤษฎีบทที่ 3.1 ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด คือ Q_S^* หน่วย เมื่อ

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

และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด คือ G^* เมื่อ

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

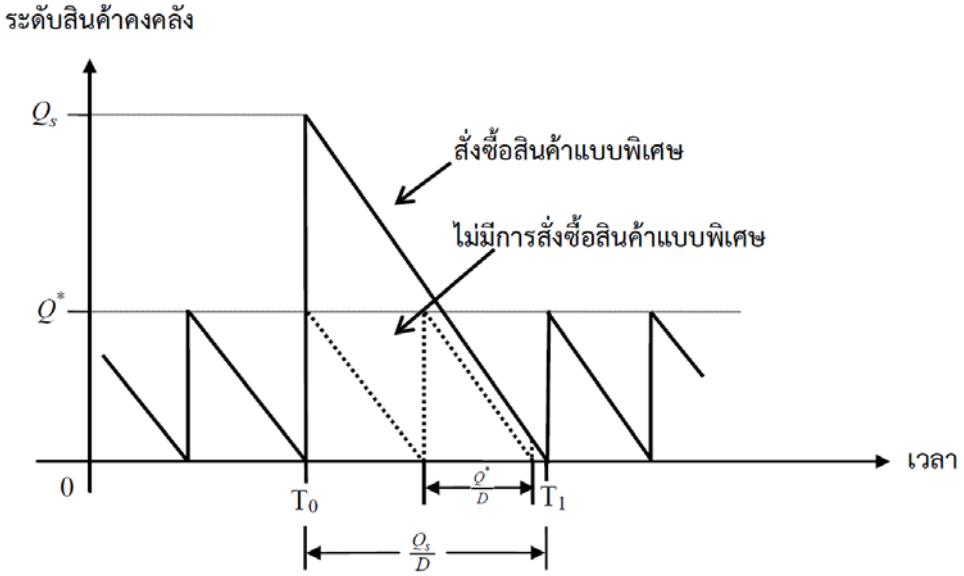
โดยที่ $Q^* = \sqrt{\dfrac{2AD}{h + cI_a(1-\alpha)^2 - pI_b\alpha^2}}$ เมื่อ $cI_a(1-\alpha)^2 - pI_b\alpha^2 > 0$ และ

$Q_d = \sqrt{\dfrac{2AD}{h + (c-k)I_a(1-\alpha)^2 - pI_b\alpha^2}}$ เมื่อ $(c-k)I_a(1-\alpha)^2 - pI_b\alpha^2 > 0$

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 แทนจุดเวลาที่มีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ และ T_1 แทนจุดสิ้นสุดคาบของการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ การเปลี่ยนแปลงของสินค้าคงคลังภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการขึ้นราคาสินค้าสำหรับกรณีนี้แสดงได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงของสินค้าคงคลังในกรณีที่ $q = 0$ หน่วย

การปรับราคาสินค้าลดลงจาก c บาทต่อหน่วยสินค้า เป็น $c-k$ บาทต่อหน่วยสินค้า เกิดขึ้น ณ จุดเวลา T_0 (ระดับสินค้าคงคลังเท่ากับ 0 หน่วย) ซึ่ง ณ จุดเวลา T_0 อาจมีหรือไม่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ ดังภาพที่ 1 และจะเห็นได้ว่าก่อนและหลังลดราคาสินค้า 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

ถ้ามีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ ณ จุดเวลา T_0 ในปริมาณ Q_s หน่วย $(Q_s > 0)$ ค่าใช้จ่ายรวมในกรณีนี้ (ช่วงเวลา T_0 ถึง T_1 ดังภาพที่ 1) ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้ามีค่าเท่ากับ A ค่าใช้จ่ายที่เป็นมูลค่าสินค้าเท่ากับ $(c-k)Q_s$ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้ามีค่าเท่ากับ $h\int_0^{\frac{Q_s}{D}} (Q_s - Dx)dx = \frac{hQ_s^2}{2D}$ ค่าใช้จ่ายของดอกเบี้ยที่เกิดจากมีสินค้าคงคลังเหลืออยู่มีค่าเท่ากับ $(c-k)I_a \int_0^{(1-\alpha)\frac{Q_s}{D}} Dxdx = \frac{(c-k)I_a(1-\alpha)^2Q_s^2}{2D}$ และได้รับ

ดอกเบี้ยเงินฝากเท่ากับ $pI_b \int_0^{\alpha\frac{Q_s}{D}} Dxdx = \frac{pI_b\alpha^2Q_s^2}{2D}$ (พิจารณาราคาขายของสินค้าต่อหน่วยสินค้าของร้านค้าปลีกเท่ากับ p)

ดังนั้นค่าใช้จ่ายรวมเมื่อมีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษมีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned} C_s &= A + (c-k)Q_s + \frac{hQ_s^2}{2D} + \frac{(c-k)I_a(1-\alpha)^2Q_s^2}{2D} - \frac{pI_b\alpha^2Q_s^2}{2D} \\ &= A + (c-k)Q_s + \left[\frac{h + (c-k)I_a(1-\alpha)^2 - pI_b\alpha^2}{2D}\right]Q_s^2 \\ &= A + (c-k)Q_s + \frac{AQ_s^2}{Q_d^2} \end{aligned} \tag{3.4}$$

เมื่อ $Q_d^2 = \frac{2AD}{h + (c-k)I_a(1-\alpha)^2 - pI_b\alpha^2}$

ถ้าไม่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ แต่สั่งซื้อสินค้าในปริมาณปรกติ ณ จุดเวลา T_0 เท่ากับ Q^* หน่วย (พิจารณาเส้นประในภาพที่ 1) และเนื่องจากปริมาณสินค้าที่พิจารณาเฉพาะสินค้าที่ไม่ชำรุดตั้งแต่จุดเวลา T_0 ถึง T_1 มีค่าเท่ากับ Q_s หน่วย แบ่งเป็นปริมาณสินค้า Q^* หน่วย ในราคา $c-k$ บาทต่อหน่วยสินค้า และปริมาณสินค้า $Q_s - Q^*$ หน่วย ในราคา c บาทต่อหน่วยสินค้า และจำนวนครั้งในการสั่งซื้อสินค้ามีค่าเท่ากับ $\frac{Q_s}{Q^*}$ ครั้ง ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ตั้งแต่จุดเวลา T_0 ถึง T_1 ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้ามีค่าเท่ากับ $\frac{Q_s}{Q^*}A$ ค่าใช้จ่ายที่เป็นมูลค่าสินค้ามีค่าเท่ากับ $(c-k)Q^* + c(Q_s - Q^*)$ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าในช่วงเวลา $\frac{Q_s}{D}$ มีค่าเท่ากับ

$\frac{Q_s}{Q^*}h\int_0^{\frac{Q^*}{D}}\left(Q^* - Dx\right)dx = \frac{hQ^*Q_s}{2D}$ ค่าใช้จ่ายของดอกเบี้ยที่เกิดจากมีสินค้าคงคลังเหลืออยู่มีค่าเท่ากับ

$$(c-k)I_a\int_0^{(1-\alpha)\frac{Q^*}{D}} Dxdx + \left(\frac{Q_s - Q^*}{Q^*}\right)cI_a\int_0^{(1-\alpha)\frac{Q^*}{D}} Dxdx = \frac{(c-k)I_a(1-\alpha)^2(Q^*)^2}{2D} + \frac{cI_a(1-\alpha)^2(Q_s-Q^*)Q^*}{2D}$$

และได้รับดอกเบี้ยเงินฝากเท่ากับ $\frac{Q_s}{Q^*}pI_a\int_0^{\alpha\frac{Q^*}{D}} Dxdx = \frac{pI_b\alpha^2Q_sQ^*}{2D}$

ดังนั้นค่าใช้จ่ายรวมเมื่อไม่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษมีค่าเท่ากับ

$$C_n = \frac{Q_s}{Q^*}A + (c-k)Q^* + c(Q_s - Q^*) + \frac{hQ^*Q_s}{2D} + \frac{(c-k)I_a(1-\alpha)^2(Q^*)^2}{2D} + \frac{cI_a(1-\alpha)^2(Q_s-Q^*)Q^*}{2D}$$
$$- \frac{pI_b\alpha^2 Q_s Q^*}{2D}$$
$$= \frac{Q_s}{Q^*}A + (c-k)Q^* + c(Q_s - Q^*) + \left[\frac{h + (c-k)I_a(1-\alpha)^2 - pI_b\alpha^2}{2D}\right](Q^*)^2$$
$$+ \left[\frac{h + cI_a(1-\alpha)^2 - pI_b\alpha^2}{2D}\right](Q_s - Q^*)Q^*$$

เนื่องจาก $Q_d^2 = \frac{2AD}{h + (c-k)I_a(1-\alpha)^2 - pI_b\alpha^2}$ และ $(Q^*)^2 = \frac{2AD}{h + cI_a(1-\alpha)^2 - pI_b\alpha^2}$ จะได้ว่า

$$C_n = \frac{Q_s}{Q^*}A + (c-k)Q^* + c(Q_s - Q^*) + \frac{A(Q^*)^2}{Q_d^2} + \left(\frac{Q_s - Q^*}{Q^*}\right)A$$
$$= \frac{2AQ_s}{Q^*} + (c-k)Q^* + c(Q_s - Q^*) + \frac{A(Q^*)^2}{Q_d^2} - A \qquad (3.5)$$

และค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้สูงสุดมีค่าเท่ากับ

$$G = C_n - C_s$$

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

$$= \frac{2AQ_s}{Q^*} + k(Q_s - Q^*) + \frac{A(Q^*)^2}{Q_d^2} - \frac{AQ_s^2}{Q_d^2} - 2A$$

$$= -\frac{AQ_s^2}{Q_d^2} + 2\left(\frac{A}{Q^*} + \frac{k}{2}\right)Q_s + \frac{A(Q^*)^2}{Q_d^2} - kQ^* - 2A \qquad (3.6)$$

ใช้อสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสอง (2.2) ในสมการ (3.6) โดยพิจารณาว่า $\frac{AQ_s^2}{Q_d^2}$ คือ a^2 และ $2\left(\frac{A}{Q_1^*} + \frac{k}{2}\right)Q_s$ คือ $2ab$ โดยที่ $b = \frac{Q_d}{\sqrt{A}}\left(\frac{A}{Q^*} + \frac{k}{2}\right)$ จะได้ว่า

$$G \le \frac{Q_d^2}{A}\left(\frac{A}{Q^*} + \frac{k}{2}\right)^2 + \frac{A(Q^*)^2}{Q_d^2} - kQ^* - 2A \qquad (3.7)$$

ซึ่งจะเห็นได้ว่า G ในอสมการ (3.7) จะมีค่าสูงสุดเมื่อ

$$G = \frac{Q_d^2}{A}\left(\frac{A}{Q^*}+\frac{k}{2}\right)^2 + \frac{A(Q^*)^2}{Q_d^2} - kQ^* - 2A \qquad (3.8)$$

และโดยสมการ (2.3) สมการ (3.8) จะเป็นจริงก็ต่อเมื่อ

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

ดังนั้นปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด คือ

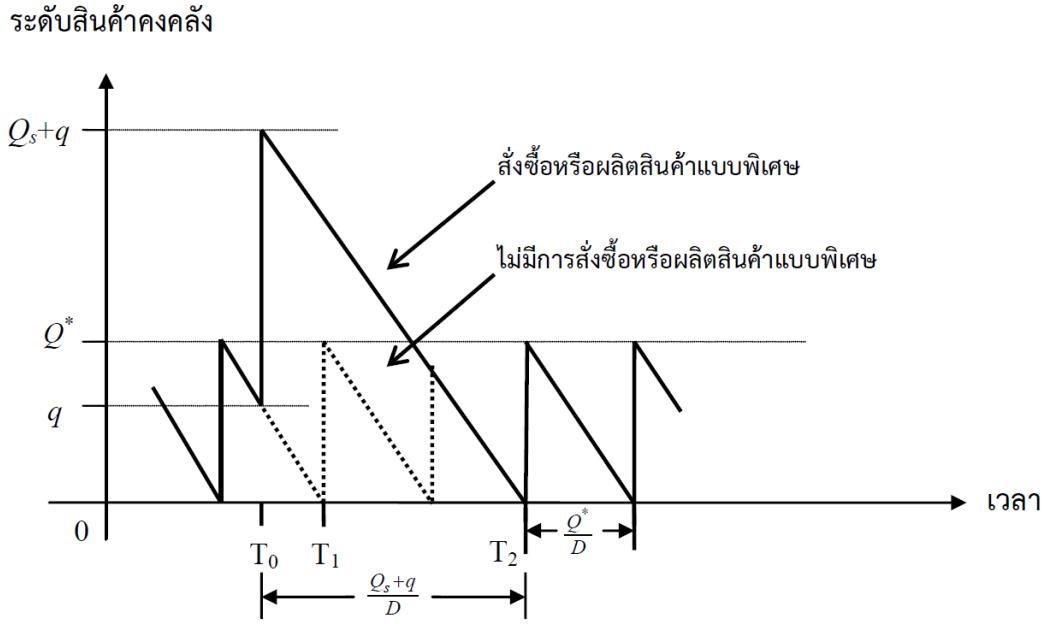
$$Q_s^* = \frac{Q_d^2}{2A}\left(\frac{2A}{Q^*}+k\right)$$

หน่วย และค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้สูงสุดมีค่าเท่ากับ

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

กรณีที่ $0 < q \le Q^*$ **หน่วย**

ให้ T_0 แทนจุดเวลาที่มีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ T_1 แทนจุดเวลาเริ่มต้นที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบปรกติ (หลังจากมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ) และ T_2 แทนจุดสิ้นสุดคาบของการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ การเปลี่ยนแปลงของสินค้าคงคลังภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการขึ้นราคาสินค้าสำหรับกรณีนี้แสดงได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของสินค้าคงคลังในกรณีที่ $0<q\le Q^*$ หน่วย

การปรับราคาสินค้าลดลงจาก c บาทต่อหน่วยสินค้า เป็น $c-k$ บาทต่อหน่วยสินค้า ซึ่งการปรับราคาสินค้าลดลงจะเกิดขึ้น ณ จุดเวลา T_0 (ระดับสินค้าคงคลังเท่ากับ q หน่วย) ซึ่งอาจมีหรือไม่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ ดังภาพที่ 2 และทำนองเดียวกับกรณีที่ $q=0$ หน่วย ก่อนและหลังที่มีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ ปริมาณสินค้าที่สั่งซื้อเหมาะที่สุด คือ $Q^*=\sqrt{\dfrac{2AD}{h+cI_a(1-\alpha)^2-pI_b\alpha^2}}$ หน่วย เช่นเดียวกันกับในสมการ (3.3) ต่อไปพิจารณาค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบสินค้าคงคลัง

ถ้ามีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ ณ จุดเวลา T_0 ในปริมาณ Q_s หน่วย ค่าใช้จ่ายรวมตั้งแต่จุดเวลา T_0 ถึง T_2 ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้ามีค่าเท่ากับ A ค่าใช้จ่ายที่เป็นมูลค่าสินค้ามีค่าเท่ากับ $(c-k)Q_s$ ค่าใช้จ่ายค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้ามีค่าเท่ากับ $h\displaystyle\int_0^{\frac{Q_s+q}{D}}\left((Q_s+q)-Dx\right)dx=\frac{h(Q_s+q)^2}{2D}$ ค่าใช้จ่ายของดอกเบี้ยที่เกิดจากมีสินค้าคงคลังเหลืออยู่มีค่าเท่ากับ

$$cI_a\int_0^{(1-\alpha)\frac{q}{D}}Dxdx+(c-k)I_a\int_0^{(1-\alpha)\frac{Q_s}{D}}Dxdx=\frac{cI_a(1-\alpha)^2q^2}{2D}+\frac{(c-k)I_a(1-\alpha)^2Q_s^2}{2D}$$

และได้รับดอกเบี้ยเงินฝากเท่ากับ $pI_b\displaystyle\int_0^{\alpha\frac{q}{D}}Dxdx+pI_b\int_0^{\alpha\frac{Q_s}{D}}Dxdx=\frac{pI_b\alpha^2(q^2+Q_s^2)}{2D}$

ดังนั้นค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นตั้งแต่จุดเวลา T_0 ถึง T_2 มีค่าเท่ากับ

$$A+(c-k)Q_s+\frac{h(Q_s+q)^2}{2D}+\frac{cI_a(1-\alpha)^2q^2}{2D}+\frac{(c-k)I_a(1-\alpha)^2Q_s^2}{2D}-\frac{pI_b\alpha^2(q^2+Q_s^2)}{2D}$$

นั่นคือ จะได้ว่าค่าใช้จ่ายรวมเมื่อมีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ ณ จุดเวลา T_0 (C_s) มีค่าเท่ากับ

$$C_s = A + (c-k)Q_s + \frac{h(Q_s+q)^2}{2D} + \frac{cI_a(1-\alpha)^2q^2}{2D} + \frac{(c-k)I_a(1-\alpha)^2Q_s^2}{2D} - \frac{pI_b\alpha^2(q^2+Q_s^2)}{2D}$$

$$= A + (c-k)Q_s + \frac{h+cI_a(1-\alpha)^2 - pI_b\alpha^2}{2D}q^2 + \frac{h+(c-k)I_a(1-\alpha)^2 - pI_b\alpha^2}{2D}Q_s^2 + \frac{hqQ_s}{D}$$

$$= A + (c-k)Q_s + \frac{Aq^2}{(Q^*)^2} + \frac{AQ_s^2}{Q_d^2} + \frac{hqQ_s}{D} \qquad (3.9)$$

ถ้าไม่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ แต่สั่งซื้อสินค้าแบบปรกติเหมือนเดิม ณ จุดเวลา T_1 เท่ากับ Q^* หน่วย (พิจารณาเส้นประในภาพที่ 2) ปริมาณสินค้าที่พิจารณาตั้งแต่จุดเวลา T_0 ถึง T_2 มีค่าเท่ากับ Q_s หน่วย ในราคา c บาทต่อหน่วยสินค้า และจำนวนครั้งในการสั่งซื้อสินค้ามีค่าเท่ากับ $\frac{Q_s}{Q^*}$ ครั้ง ดังนั้นค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ตั้งแต่จุดเวลา T_0 ถึง T_2 ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้ามีค่าเท่ากับ $\frac{Q_s}{Q^*}A$ ค่าใช้จ่ายที่เป็นมูลค่าสินค้ามีค่าเท่ากับ cQ_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 $cI_a\int_0^{(1-\alpha)\frac{q}{D}} Dx\,dx = \frac{cI_a(1-\alpha)^2q^2}{2D}$ และดอกเบี้ยเงินฝากที่ได้รับมีค่าเท่ากับ $pI_b\int_0^{\alpha\frac{q}{D}} Dx\,dx = \frac{pI_b\alpha^2q^2}{2D}$

ช่วงเวลา T_1 ถึง T_2 ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ $\frac{Q_s}{Q^*}h\int_0^{\frac{Q^*}{D}}\left(Q^*-Dx\right)dx = \frac{hQ^*Q_s}{2D}$ ค่าใช้จ่ายของดอกเบี้ยที่เกิดจากมีสินค้าคงคลังเหลืออยู่มีค่าเท่ากับ $\frac{Q_s}{Q^*}cI_a\int_0^{(1-\alpha)\frac{Q^*}{D}} Dx\,dx = \frac{cI_a(1-\alpha)^2Q^*Q_s}{2D}$ และดอกเบี้ยเงินฝากที่ได้รับมีค่าเท่ากับ $\frac{Q_s}{Q^*}pI_b\int_0^{\alpha\frac{Q^*}{D}} Dx\,dx = \frac{pI_b\alpha^2Q^*Q_s}{2D}$

ดังนั้นจะได้ว่าค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นตั้งแต่จุดเวลา T_0 ถึง T_2 มีค่าเท่ากับ

$$\frac{AQ_s}{Q_1^*} + cQ_s + \frac{hq^2}{2D} + \frac{cI_a(1-\alpha)^2q^2}{2D} - \frac{pI_b\alpha^2q^2}{2D} + \frac{hQ^*Q_s}{2D} + \frac{cI_a(1-\alpha)^2Q^*Q_s}{2D} - \frac{pI_b\alpha^2Q^*Q_s}{2D}$$

นั่นคือ ค่าใช้จ่ายรวมเมื่อไม่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ (C_n) มีค่าเท่ากับ

$$C_n = \frac{AQ_s}{Q^*} + cQ_s + \left[\frac{h + cI_a(1-\alpha)^2 - pI_b\alpha^2}{2D}\right]q^2 + \left[\frac{h + cI_a(1-\alpha)^2 - pI_b\alpha^2}{2D}\right]Q^*Q_s$$

$$= \frac{AQ_s}{Q^*} + cQ_s + \frac{Aq^2}{(Q^*)^2} + \frac{AQ_s}{Q^*}$$

$$= \frac{2AQ_s}{Q^*} + cQ_s + \frac{Aq^2}{(Q^*)^2} \qquad (3.10)$$

และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้ (G) มีค่าเท่ากับ

$$G = C_n - C_s$$

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

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

$$= -\frac{AQ_s^2}{Q_d^2} + \left(\frac{2A}{Q^*} + k - \frac{hq}{D}\right)Q_s - A \qquad (3.11)$$

$$\leq \frac{Q_d^2}{4A}\left(\frac{2A}{Q^*} + k - \frac{hq}{D}\right)^2 - A \qquad \text{(โดยใช้ (2.2))}$$

ซึ่งจะเห็นได้ว่า G ในสมการ (3.11) จะมีค่าสูงสุดเมื่อ

$$G = \frac{Q_d^2}{4A}\left(\frac{2A}{Q^*} + k - \frac{hq}{D}\right)^2 - A \qquad (3.12)$$

และโดยสมการ (2.3) สมการ (3.12) จะเป็นจริงก็ต่อเมื่อ

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

หรือ

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

ดังนั้นปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด (Q_s^*) คือ

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

และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด (G^*) สามารถหาได้ดังนี้

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

ดังนั้นจากการพิสูจน์ทั้งสองกรณี จึงได้ผลลัพธ์ดังที่แสดงในสมการ (3.1) และ (3.2) ตามลำดับ □

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

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

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

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

$$Q_s^* = \frac{Q_d^2}{2A}\left(\frac{2A}{Q^*} + k - \frac{hq}{D}\right),\ 0 \le q \le Q^* \tag{3.13}$$

และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด คือ G^* เมื่อ

$$G^* = \begin{cases} A\left(\dfrac{Q_s^* - Q^*}{Q_d}\right)^2,\ q = 0 \\ A\left[\left(\dfrac{Q_s^*}{Q_d}\right)^2 - 1\right],\ 0 < q \le Q^* \end{cases} \tag{3.14}$$

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

3.2 การประยุกต์ใช้ผลการวิจัย

การประยุกต์ใช้ผลลัพธ์ในทฤษฎีบทที่ 3.1 หาตัวแบบ EOQ ของระบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ ที่อยู่ในรูปแบบของผลลัพธ์เชิงตัวเลขที่สัมพันธ์กับผลลัพธ์ที่ได้ในทฤษฎีบทที่ 3.1 สามารถแสดงได้ดังนี้

ตัวอย่างที่ 3.1 กำหนดให้อัตราความต้องการสินค้า $D = 5{,}000$ หน่วยต่อปี ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้า $A = 5{,}000$ บาทต่อครั้ง ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้า $h = 100$ บาทต่อหน่วยสินค้าต่อปี ราคาของสินค้าที่สั่งซื้อ $c = 2{,}500$ บาทต่อหน่วยสินค้า ราคาสินค้าที่ร้านค้าปลีกจำหน่าย $p = 3{,}000$ บาทต่อหน่วยสินค้า ส่วนต่างของราคาที่ลดลง $k = 100$ บาทต่อหน่วยสินค้า ดอกเบี้ยเงินกู้ $I_a = 7.5\%$ ของเงินกู้ต่อปี และดอกเบี้ยเงินฝาก $I_b = 0.75\%$ ของเงินฝากต่อปี โดยกำหนดสัดส่วนของคาบเวลาของเครดิตการค้า $\alpha = 0.25,\ 0.50$ และ 0.75 และ กำหนดระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ $q = 0,\ 200$ และ 400 หน่วย ตามลำดับ ดังนั้นปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดสามารถแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดที่เปลี่ยนแปลงตามค่า α และ q ของตัวอย่างที่ 3.1

α	Q^* (หน่วย)	q (หน่วย)	Q_s^* (หน่วย)	G^* (บาท)
0.25	494.9980	0	3002.1501	125618.0201
		200	2902.0719	163308.8314
		400	2801.9937	151900.7002
0.50	594.9641	0	4186.3967	179771.2821
		200	4042.8989	222808.8809
		400	3899.4012	206924.2806
0.75	710.4448	0	5783.4471	253734.4819
		200	5580.5944	302050.8542
		400	5377.7418	280134.1816

ตัวอย่างที่ 3.2 กำหนดให้อัตราความต้องการสินค้า $D = 8,000$ หน่วยต่อปี ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้า $A = 6,000$ บาทต่อครั้ง ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้า $h = 150$ บาทต่อหน่วยสินค้าต่อปี ราคาของสินค้าที่สั่งซื้อ $c = 4,000$ บาทต่อหน่วยสินค้า ราคาสินค้าที่ร้านค้าปลีกจำหน่าย $p = 5,000$ บาทต่อหน่วยสินค้า ส่วนต่างของราคาที่ลดลง $k = 500$ บาทต่อหน่วยสินค้า ดอกเบี้ยเงินกู้ $I_a = 6.5\%$ ของเงินกู้ต่อปี และดอกเบี้ยเงินฝาก $I_b = 0.5\%$ ของเงินฝากต่อปี โดยกำหนดสัดส่วนของคาบเวลาของเครดิตการค้า $\alpha = 0.15,\ 0.55$ และ 0.85 และ กำหนดระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ $q = 0,\ 150,\ 300$ และ 500 หน่วย ตามลำดับ ดังนั้นปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด สามารถแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดที่เปลี่ยนแปลงตามค่า α และ q ของตัวอย่างที่ 3.2

α	Q^* (หน่วย)	q (หน่วย)	Q_s^* (หน่วย)	G^* (บาท)
0.15	533.5013	0	13299.8202	3196487.2975
		150	13228.1199	3425925.5041
		300	13156.4196	3388822.2454
		500	13060.8192	3339664.9226
0.55	701.4890	0	21933.0850	5310935.8145
		150	21813.7256	5600159.6495
		300	21694.3661	5538976.3956
		500	21535.2202	5457920.9212
0.85	834.7006	0	30022.0217	7297386.2666
		150	29857.8555	7630530.4283
		300	29693.6893	7546786.0684
		500	29474.8011	7435845.1488

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 “ตัวแบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ” สามารถสรุปได้ดังนี้

ตัวแบบ EOQ ที่มีคาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ เป็นตัวแบบของปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกที่มีคาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษในบางช่วงเวลา การสั่งซื้อสินค้าตามตัวแบบนี้จะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายรวมของระบบสินค้าคงคลังได้สูงสุด ซึ่งจะเห็นได้ว่าถ้าให้คาบเวลาของเครดิตการค้ายาวนานตามปริมาณการสั่งซื้อสินค้าที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ร้านค้าปลีกประหยัดค่าใช้จ่ายรวมได้มากขึ้น การศึกษาครั้งนี้เป็นการพัฒนาตัวแบบ EOQ โดยนำสมมุติฐานเกี่ยวกับการลดราคาสินค้าแบบพิเศษที่ศึกษาโดย Tersine (1994) เพิ่มเข้าไปในตัวแบบ EOQ ของ Tu et al. (2008) ซึ่งทำให้ผลลัพธ์ที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับกรณีที่มีการลดราคาแบบชั่วคราว หรือมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ โดยสอดคล้องกับระบบสินค้าคงคลังที่เกิดขึ้นจริงมากขึ้น นอกจากนี้วิธีการที่ใช้ดำเนินการหาตัวแบบ EOQ ของการศึกษาครั้งนี้เป็นวิธีที่ใช้แนวคิดแบบใหม่ที่แตกต่างจากวิธีการเดิมอื่น ๆ ที่ผ่านมา เรียกว่าวิธีอสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสอง ซึ่งสามารถใช้หาตัวแบบ EOQ โดยไม่ต้องใช้แคลคูลัสเชิงอนุพันธ์

4.2 อภิปรายผลการวิจัย

ผลที่ได้จากงานวิจัย “ตัวแบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกภายใต้คาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ” สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. เนื่องจากตัวแบบ EOQ ที่ใช้หาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุดขึ้นอยู่กับระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ และมีการพิจารณาเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบสินค้าคงคลังแตกต่างกัน จึงทำให้ผลลัพธ์ที่ได้แบ่งออกได้เป็นสองกรณี คือ กรณีที่ระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเท่ากับ 0 หน่วย และกรณีที่ระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษมากกว่า 0 หน่วย ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้มีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ในการตัดสินใจว่าจะสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษหรือไม่อาจต้องพิจารณาจากระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ กล่าวคือ ถ้าระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเท่ากับ 0 หน่วย การสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษสามารถสั่งซื้อได้เสมอ ซึ่งสามารถทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายรวมได้สูงสุดอย่างแน่นอน และแต่ถ้าระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษมากกว่า 0 หน่วย การสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษสามารถกระทำได้ก็ต่อเมื่อค่าใช้จ่ายรวมสูงสุดต้องมีค่ามากกว่าศูนย์เท่านั้น และจากการศึกษาจะเห็นได้ว่าในกรณีที่ระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเท่ากับ 0 หน่วย จะทำให้ร้านค้าปลีก

ประหยัดค่าใช้จ่ายรวมได้สูงที่สุด ซึ่งสูงกว่าในกรณีที่ระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษมากกว่า 0 หน่วย

2. เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด จะพบว่าค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดจะขึ้นอยู่กับคาบเวลาของเครดิตการค้าหรือขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้า นั่นคือ ถ้าคาบเวลาของเครดิตการค้ายาวขึ้นหรือปริมาณการสั่งซื้อสินค้ามีค่าเพิ่มขึ้น ค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดจะมีค่ามากขึ้นหรือสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายรวมได้มากขึ้น ซึ่งเป็นผลดีต่อร้านค้าปลีก

บทที่ 5
ผลผลิต

5.1 การตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการ

Teerapabolarn, Kanint. (2019). A simple method to derive EOQ model under trade credit period depending on the order quantity and special sales price (กำลังดำเนินการจัดทำเพื่อส่งไปตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ)

5.2 การจดสิทธิบัตร

ไม่มี

5.3 ผลงานเชิงพาณิชย์

ไม่มี

5.4 ผลงานเชิงสาธารณะ

เป็นองค์ความรู้ใหม่ทางด้านทฤษฎีสินค้าคงคลังเชิงกำหนด ซึ่งสามารถองค์ความรู้ใหม่นี้ไปใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีสินค้าคงคลังที่มีความเกี่ยวข้องได้ นอกจากนี้สามารถนำตัวแบบ EOQ ที่ได้ไปประยุกต์ใช้หาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าเหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกที่มีสมมุติฐานว่าคาบเวลาของเครดิตการค้าขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ

บรรณานุกรม

คณินทร์ ธีรภาพโอฬาร และเนริสา ทอนศรี. (2557). การหาตัวแบบ EOQ ที่มีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ. *วารสารวิทยาศาสตร์ มศว, 30*(1), 193-207.

คณินทร์ ธีรภาพโอฬาร และจตุภัทร เมฆพายัพ. (2559). ตัวแบบ EOQ ที่มีอัตราการเพิ่มสินค้าต่อเนื่องและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ. *วารสารวิทยาศาสตร์ มศว, 32*(1), 103-114.

ดนุสรณ์ ธนะปาละ และคณินทร์ ธีรภาพโอฬาร. (2559). ตัวแบบ EOQ ที่มีอัตราการเพิ่มสินค้าจากัดสาหรับกรณีที่มีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ. *ในการประชุมวิชาการคณิตศาสตร์บริสุทธิ์และประยุกต์* (หน้า 157-169). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

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.

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.