รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ ตัวแบบ EOQ ปรับปรุงที่มีสินค้าชำรุดและมีการขึ้นราคาสินค้า (Improved EOQ Model with Defective Items and Price Increase)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์คณินทร์ ธีรภาพโอฬาร

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

รหัสโครงการ 692015
สัญญาเลขที่ 111/2561

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ ตัวแบบ EOQ ปรับปรุงที่มีสินค้าชำรุดและมีการขึ้นราคาสินค้า (Improved EOQ Model with Defective Items and Price Increase)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์คณินทร์ ธีรภาพโอฬาร
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

กุมภาพันธ์ 2562

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 111/2561

Acknowledgement

This work was financially supported by the Research Grant of Burapha University through National Research Council of Thailand (Grant no. 111/2561).

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร
(Executive Summary)

ข้าพเจ้า ผศ.ดร.คณินทร์ ธีรภาพโอฬาร ได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัยจากมหาวิทยาลัยบูรพา ประเภทงบประมาณเงินรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) มหาวิทยาลัยบูรพา
โครงการวิจัยเรื่อง (ภาษาไทย) ตัวแบบ EOQ ปรับปรุงที่มีสินค้าชำรุดและมีการขึ้นราคาสินค้า
(ภาษาอังกฤษ) Improved EOQ Model with Defective Items and Price Increase
รหัสโครงการ 692015 / สัญญาเลขที่ 111/2561 ได้รับงบประมาณรวมทั้งสิ้น 240,000 บาท (สองแสนสี่หมื่นบาทถ้วน)
ระยะเวลาการดำเนินงาน 1 ปี

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการปรับปรุงตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังที่มีสินค้าชำรุดและและมีการขึ้นราคาสินค้า ในการหาตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุด ได้จัดฟังก์ชันผลต่างของค่าใช้จ่ายรวมในระบบสินค้าคงคลังให้อยู่ในรูปของอสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสองของปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ ซึ่งสามารถทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายรวมของสินค้าคงคลังได้สูงสุด ตัวแบบ EOQ ในการวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้หาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังภายใต้สถานการณ์ที่มีสินค้าชำรุดและมีมีการขึ้นราคาสินค้า นอกจากนี้ได้ยกตัวอย่างเชิงตัวเลขเพื่อแสดงการประยุกต์ใช้ตัวแบบ EOQ ดังกล่าว

ผลลัพธ์ที่ได้

ผลที่ได้จากงานวิจัย คือ ตัวแบบของปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดของระบบสินค้าคงคลังที่มีสินค้าชำรุดและมีการขึ้นราคาสินค้า ดังต่อไปนี้

1. ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด คือ Q_S^* หน่วย เมื่อ

$$Q_S^* = \frac{(Q^*)^2}{2(A+F)}\left[\frac{2(A+F)}{Q_1^*} + k(1-d)\right] - \frac{q}{1-d},\ 0 \le q \le (1-d)Q^*$$

โดยที่ $Q^* = \frac{1}{1-d}\sqrt{\frac{2(A+F)D}{ic}}$ และ $Q_1^* = \frac{1}{1-d}\sqrt{\frac{2(A+F)D}{i(c+k)}}$

และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด คือ G^* เมื่อ

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

2. ถ้า $d=0$ แล้วปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด

$$Q_s^* = \frac{D}{ic}\left[\frac{2A}{Q_1^*}+k\right]-q,\ 0\le q\le Q^*$$

โดยที่ $Q^* = \sqrt{\dfrac{2AD}{ic}}$ และ $Q_1^* = \sqrt{\dfrac{2AD}{i(c+k)}}$

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 ปรับปรุงที่มีสินค้าชำรุดและมีการขึ้นราคาสินค้า” มีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ตัวแบบ EOQ ปรับปรุงที่มีสินค้าชำรุดและมีการขึ้นราคาสินค้าที่หาได้เป็นตัวแบบ EOQ ที่สามารถประยุกต์ใช้ได้กับสถานการณ์ที่มีการขึ้นราคาสินค้าและมีสินค้าชำรุดเกิดขึ้นในระบบสินค้าคงคลัง และต้องมีสมมุติฐานสอดคล้องกับสมมุติฐานในงานวิจัยนี้เท่านั้น

2. ตัวแบบ EOQ ปรับปรุงที่มีสินค้าชำรุดและมีการขึ้นราคาสินค้าที่หาได้สามารถทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้นในระบบสินค้าคงคลังได้สูงสุด

3. ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้ครอบคลุมผลลัพธ์ในระบบสินค้าคงคลังที่มีการขึ้นราคาสินค้าและไม่มีสมมุติฐานของสินค้าชำรุด

4. สามารถนำผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีสินค้าคงคลังที่มีความเกี่ยวข้องได้

5. สามารถนำผลการวิจัยนี้ไปต่อยอดสร้างงานวิจัยโดยการเพิ่มหรือเปลี่ยนแปลงรายละเอียดของสมมุติฐานในระบบสินค้าคงคลังให้มีความสอดคล้องกับระบบสินค้าคงคลังที่เกิดขึ้นจริงมากขึ้น

บทคัดย่อภาษาไทย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการปรับปรุงตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังที่มีสินค้าชำรุดและและมีการขึ้นราคาสินค้า ในการหาตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุด ได้จัดฟังก์ชันผลต่างของค่าใช้จ่ายรวมในระบบสินค้าคงคลังให้อยู่ในรูปของอสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสองของปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ ซึ่งสามารถทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายรวมของสินค้าคงคลังได้สูงสุด ตัวแบบ EOQ ในการวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้หาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังภายใต้สถานการณ์ที่มีสินค้าชำรุดและมีมีการขึ้นราคาสินค้า นอกจากนี้ได้ยกตัวอย่างเชิงตัวเลขเพื่อแสดงการประยุกต์ใช้ตัวแบบ EOQ ดังกล่าว

คำสำคัญ: ตัวแบบ EOQ สินค้าชำรุด การขึ้นราคาสินค้า อสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสอง

Abstract

This research is to improve the optimal EOQ model of inventory system with defective Items and price increase. For determining the optimal EOQ model, it is obtained by formulating the different functions of inventory total cost to be Geometric Mean and Quadratic Mean Inequality form of the special order quantity, which can be saved a maximum inventory total cost. The EOQ in this research can be applied to find the optimal special order quantity of the inventory system under the situation with defective Items and price increase. In addition, some numerical examples are provided to illustrate applications of the obtained EOQ model.

Keywords: EOQ model, Defective items, Price increase, Geometric mean and quadratic mean inequality

สารบัญเรื่อง

		หน้า
กิตติกรรมประกาศภาษาไทย		ก
กิตติกรรมประกาศภาษาอังกฤษ		ข
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร		ค
บทคัดย่อภาษาไทย		จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ฉ
สารบัญเรื่อง		ช
สารบัญตาราง		ฌ
สารบัญภาพ		ญ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย		ฎ
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	5
	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	17
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 d และ q ของตัวอย่างที่ 3.1	17
2	ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด ที่เปลี่ยนแปลงตามค่า d และ q ของตัวอย่างที่ 3.2	18

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การเปลี่ยนแปลงของสินค้าคงคลังในกรณีที่ $q = 0$ หน่วย	8
2	การเปลี่ยนแปลงของสินค้าคงคลังในกรณีที่ $0 < q \leq (1-d)Q^*$ หน่วย	11

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

สัญลักษณ์/คำย่อ	คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย
EOQ	ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบประหยัด (Economic Order Quantity)

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่าตัวแบบแรกที่ใช้หาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะที่สุดในรูปแบบเชิงคณิตศาสตร์ คือ ตัวแบบ EOQ (Economic Order Quantity) พื้นฐาน ต่อจากนั้นได้มีการพัฒนาและนำไปสู่การปรับปรุงพัฒนาเป็นตัวแบบ EOQ อื่น ๆ อีกมากมาย และตัวแบบ EOQ ที่น่าสนใจตัวแบบหนึ่งที่ Naddor (1966) ได้พัฒนาและปรับปรุงมาจากตัวแบบ EOQ พื้นฐานเพื่อให้สอดคล้องกับระบบสินค้าคงคลังที่เป็นจริงมากขึ้น คือ ตัวแบบ EOQ ที่สามารถประยุกต์ใช้กับกรณีที่มีการขึ้นราคาสินค้า ซึ่งมีรายละเอียดพอสังเขปดังนี้ สมมุติว่าในขณะนี้ราคาของสินค้าเท่ากับ c บาทต่อหน่วย และผู้ขายได้ประกาศขึ้นราคาในอีกสามเดือนข้างหน้า ซึ่งทำให้ราคาของสินค้ามีค่าเพิ่มขึ้นอีก k บาทต่อหน่วย โดยมีราคาใหม่เป็น c+k บาทต่อหน่วย และราคา c+k บาทต่อหน่วยนี้จะคงที่อีกในช่วงเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นอาจจะมีราคาเพิ่มขึ้นอีก จะเห็นได้ว่าราคาของสินค้าที่กล่าวมานั้นจะมีราคาคงตัวในช่วงระยะเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นจะมีราคาเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อถึงจุดเวลาที่ผู้ขายได้กำหนด ดังนั้นสมมุติฐานเบื้องต้นเกี่ยวกับราคาของสินค้าจะไม่คงตัวเหมือนกับในสมมุติฐานของตัวแบบ EOQ พื้นฐาน นอกจากนี้ Naddor (1966) ได้สมมุติให้มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษก่อนที่ระดับสินค้าคงคลังจะมีค่าเท่ากับศูนย์หน่วย (หรือก่อนที่มีการขึ้นราคาสินค้า) ต่อมา Tersine (1994) ได้ปรับปรุงตัวแบบดังกล่าวให้สามารถใช้ได้กับกรณีที่ระดับสินค้าคงคลังขณะมีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษมีค่าเท่ากับ q ($q \geq 0$) หน่วย

เมื่อพิจารณาตัวแบบ EOQ ของ Naddor (1966) หรือ Tersine (1994) จะพบว่าตัวแบบ EOQ ดังกล่าวเหมาะสำหรับกรณีที่สินค้าทั้งหมดมีคุณภาพดี 100% ซึ่งในความเป็นจริงเป็นข้อสมมุติที่อาจเกิดขึ้นได้น้อยมาก (Huang, 2003) หรือต้องมีสินค้าชำรุดเป็นบางส่วนเสมอ ในกรณีนี้ สิทธิกรณ์ คำรอด และคณินทร์ ธีรภาพโอฬาร (2559) ได้ใช้วิธีพีชคณิตหาตัวแบบ EOQ โดยปรับปรุงตัวแบบ EOQ ของ Tersine (1994) โดยครอบคลุมในกรณีที่มีสินค้าชำรุดในระบบสินค้าคงคลังที่มีการตรวจสอบสินค้าทั้ง 100% และจะต้องทราบสัดส่วนที่แน่นอนของสินค้าที่ชำรุดทั้งหมดก่อนนำไปเก็บในคลังหรือนำไปขายหลังการตรวจสอบ เนื่องจากตัวแบบ EOQ ของ สิทธิกรณ์ คำรอด และคณินทร์ ธีรภาพโอฬาร (2559) พิจารณาเฉพาะที่ระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษมีค่าเท่ากับ 0 หน่วย เท่านั้น ไม่ได้ครอบคลุมทุกระดับสินค้าคงคลัง นอกจากนี้ในตัวแบบดังกล่าวยังได้คิดค่าใช้จ่ายของสินค้าที่ชำรุด ซึ่งในส่วนนี้ผู้ขายสินค้าควรเป็นผู้รับผิดชอบไม่ใช่ผู้ซื้อสินค้า ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงต้องการปรับปรุงตัวแบบ EOQ ของสิทธิกรณ์ คำรอด และคณินทร์ ธีรภาพโอฬาร (2559) โดยพิจารณาที่ระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษทุกระดับมากกว่าหรือเท่ากับ 0 หน่วย หรือพิจารณาที่ระดับสินค้าคงคลังมีค่าเท่ากับ q ($q \geq 0$) หน่วย และในการศึกษาครั้งนี้ วิธีที่ใช้ในการหาตัวแบบ EOQ ที่ต้องการ คือ อสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Geometric Mean and Quadratic Mean Inequality) ซึ่งเป็นวิธีการหาตัวแบบวิธีใหม่ที่ยังไม่เคยมีนักวิจัยคนใดใช้มาก่อน

1.2 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงตัวแบบ EOQ ที่มีสินค้าชำรุดและมีราคาเพิ่มขึ้น อาทิเช่น

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

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

Huang (2003) ใช้วิธีพีชคณิตของ Grubbström (1996) หาตัวแบบ EOQ และ EPQ (Economic Production Quantity) โดยสมมุติให้มีสินค้าชำรุดในระบบสินค้าคงคลัง ซึ่งจะต้องมีการตรวจสอบสินค้าทั้ง 100% และจะต้องทราบสัดส่วนที่แน่นอนของสินค้าที่ชำรุดทั้งหมดก่อนนำไปเก็บในคลังหรือนำไปขายหลังการตรวจสอบ

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

สิทธิกรณ์ คำรอด และคณินทร์ ธีรภาพโอฬาร (2559) ใช้วิธีพีคณิตของ Grubbström (1996) หาตัวแบบ EOQ ที่มีสินค้าชำรุดและมีการขึ้นราคาสินค้า เฉพาะที่ระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษมีค่าเท่ากับ 0 หน่วย เท่านั้น ไม่ได้ครอบคลุมทุกระดับสินค้าคงคลัง และได้คิดค่าใช้จ่ายของสินค้าที่ชำรุดของผู้ซื้อสินค้า

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1 เพื่อปรับปรุงตัวแบบ EOQ ที่มีสินค้าชำรุดและมีการขึ้นราคาสินค้า

1.3.2 เพื่อนำเสนอวิธีการหาตัวแบบ EOQ แบบใหม่

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาเฉพาะระบบสินค้าคงคลังของตัวแบบ EOQ ที่มีสินค้าชำรุดและมีการขึ้นราคาสินค้า โดยผู้ซื้อสินค้าไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายของสินค้าที่ชำรุดหลังการตรวจสอบ และวิธีที่ใช้ในการหาตัวแบบดังกล่าว คือ อสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสอง

1.5 แนวความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) เพื่อใช้หาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าเหมาะที่สุดที่ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานได้สูงสุด ภายใต้สมมุติฐานที่เพิ่มเติมจากตัวแบบ EOQ พื้นฐานสองข้อ คือ

1. มีสินค้าชำรุดในระบบสินค้าคงคลัง ซึ่งจะต้องมีการตรวจสอบสินค้าทั้ง 100% และจะต้องทราบสัดส่วนที่แน่นอนของสินค้าที่ชำรุดทั้งหมดก่อนนำไปเก็บในคลังหรือนำไปขายหลังการตรวจสอบ โดยผู้ซื้อสินค้าไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายของสินค้าที่ชำรุดหลังการตรวจสอบ

2. ในการดำเนินงานของระบบสินค้าคงคลัง อาจมีบางช่วงเวลาที่สินค้ามีราคาเพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากการขึ้นราคาสินค้าของผู้จำหน่าย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. เป็นองค์ความรู้ใหม่ทางด้านทฤษฎีสินค้าคงคลังเชิงกำหนด (Deterministic Inventory Theory)

2. ได้ตัวแบบ EOQ ที่ใช้หาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าเหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังที่มีสินค้าชำรุดและมีการขึ้นราคาสินค้า ซึ่งครอบคลุมระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษมากกว่าหรือเท่ากับ 0 หน่วย

3. ได้วิธีแบบใหม่ที่สามารถใช้หาตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุด

4. เผยแพร่งานวิจัยในวารสารระดับชาติหรือนานาชาติ

บทที่ 2
วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยในการหาตัวแบบ EOQ ที่มีสินค้าชำรุดและมีการขึ้นราคาสินค้าโดยใช้วิธีอสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสอง 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 แทนอัตราความต้องการสินค้าที่ไม่ชำรุดต่อหน่วยเวลา

A แทนค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้าต่อครั้ง (ต่อคาบ)

F แทนค่าใช้จ่ายดำเนินการตรวจสอบสินค้าต่อครั้ง (ต่อคาบ)

f แทนค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบสินค้าต่อหน่วยสินค้า

c แทนราคาสินค้าที่สั่งซื้อต่อหน่วยสินค้า

d แทนสัดส่วนของสินค้าที่ชำรุด

i แทนค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าที่ไม่ชำรุดที่แปรไปตามราคาสินค้าต่อหน่วยสินค้าต่อหน่วยเวลา

k แทนส่วนต่างของราคาสินค้าที่เพิ่มขึ้น

Q^* แทนปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบปรกติเหมาะที่สุดก่อนสินค้ามีราคาเพิ่มขึ้น (รวมสินค้าที่ชำรุด)

Q_1^* แทนปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบปรกติเหมาะที่สุดหลังสินค้ามีราคาเพิ่มขึ้น (รวมสินค้าที่ชำรุด)

q แทนระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ (ไม่รวมสินค้าที่ชำรุด)

Q_s แทนปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ (รวมสินค้าที่ชำรุด)

Q_s^* แทนปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด (รวมสินค้าที่ชำรุด)

C_s แทนค่าใช้จ่ายรวมเมื่อมีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ

C_n แทนค่าใช้จ่ายรวมเมื่อไม่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ

G แทนค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้

G^* แทนค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด

2.1.2 สมมุติฐาน

1. ความต้องการสินค้าที่ไม่ชำรุดต่อหน่วยเวลา (D) มีค่าคงตัว และทราบค่าแน่นอน
2. ช่วงเวลาตั้งแต่มีการสั่งซื้อสินค้าจนได้รับสินค้า หรือช่วงเวลานำ (Lead time) มีค่าเท่ากับศูนย์
3. การได้รับสินค้าที่สั่งซื้อจะได้รับทีเดียวทั้งหมดทันทีที่สั่งซื้อสินค้า
4. จะทำการสั่งซื้อสินค้าเมื่อระดับสินค้าคงคลังลดลงมาเท่ากับศูนย์หน่วย (ในกรณีที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบปรกติ)
5. ราคาสินค้าต่อหน่วย (c) ไม่คงตัวตลอดเวลา
6. สัดส่วนของสินค้าที่ชำรุด (d) ต้องทราบค่าก่อนนำไปจัดเก็บในคลังสินค้าหรือนำไปขายหลังการตรวจสอบ
7. ระบบสินค้าคงคลังจะดำเนินไปเรื่อย ๆ อย่างต่อเนื่องไม่สิ้นสุด
8. ไม่ยอมให้มีการขาดแคลนสินค้า

2.1.3 วิธีอสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสอง

วิธีที่ใช้หาตัวแบบ EOQ สำหรับงานวิจัยนี้ คือ วิธีอสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสอง ซึ่งเป็นวิธีใหม่ที่ยังไม่มีใครเคยนำเสนอมาก่อน 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 เหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังที่มีสินค้าชำรุดและมีการขึ้นราคาสินค้าในลักษณะเดียวกับงานวิจัยของ Tersine (1994) และ สิทธิกรณ์ คำรอด และ

คณินทร์ ธีรภาพโอฬาร (2559) ด้วยการเพิ่มสินค้าชำรุดเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Huang (2003) เข้าไปในขั้นตอนการสร้างตัวแบบ EOQ ซึ่งเป็นผลการวิจัยที่ต้องการ โดยจัดผลต่างของฟังก์ชันค่าใช้จ่ายรวมให้อยู่ในรูปอสมการ (2.2) และไม่คิดค่าใช้จ่ายของสินค้าที่ชำรุดในค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้น (แตกต่างจาก สิทธิกรณ์ คำรอด และ คณินทร์ ธีรภาพโอฬาร (2559))

2.3 ตรวจสอบผลการวิจัย

เมื่อได้ผลการวิจัยมาเรียบร้อยแล้ว และเนื่องจากผลการวิจัยที่ต้องการ คือ ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ทั้งหมด ดังนั้นในขั้นตอนนี้จะเป็นการตรวจสอบการได้มาของผลการวิจัยทั้งหมดว่ามีความถูกต้องสมบูรณ์แล้ว

2.4 กำหนดตัวอย่างเพื่อแสดงการประยุกต์ใช้ผลการวิจัย

เป็นการประยุกต์ใช้ผลการวิจัย โดยการยกตัวอย่างเชิงตัวเลขเพื่อแสดงให้เห็นว่าผลลัพธ์ต่าง ๆ ที่หามาได้สามารถประยุกต์ใช้อย่างไร ต้องมีการกำหนด หรือต้องทราบค่าอะไรบ้าง

บทที่ 3
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

อันดับแรกจะเป็นการหาตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุด หรือหาตัวแบบของปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุดโดยใช้อสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสองที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.1.3 ต่อจากนั้นจะเป็นการยกตัวอย่างเชิงตัวเลขเพื่อแสดงการประยุกต์ใช้ตัวแบบหรือผลการวิจัยที่หามาได้

3.1 ตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุดและค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด

ผลลัพธ์ที่ต้องการหา คือ ตัวแบบของปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดของระบบสินค้าคงคลังที่มีสินค้าชำรุดและมีการขึ้นราคาสินค้า ดังทฤษฎีบทที่จะนำเสนอต่อไปนี้

ทฤษฎีบทที่ 3.1 ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด คือ Q_S^* หน่วย เมื่อ

$$Q_S^* = \frac{(Q^*)^2}{2(A+F)}\left[\frac{2(A+F)}{Q_1^*} + k(1-d)\right] - \frac{q}{1-d},\ 0 \le q \le (1-d)Q^* \tag{3.1}$$

และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด คือ G^* เมื่อ

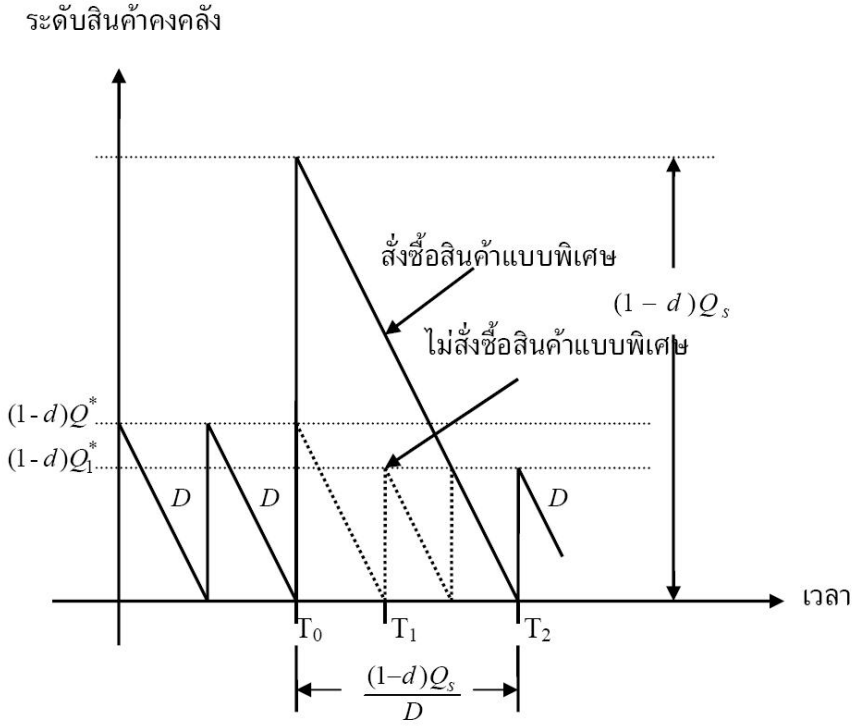
$$G^* = \begin{cases} (A+F)\left(\dfrac{Q_S^*}{Q^*} - 1\right)^2 & ,\ q = 0 \\ (A+F)\left[\left(\dfrac{Q_S^*}{Q^*}\right)^2 - 1\right], & 0 < q \le (1-d)Q^* \end{cases} \tag{3.2}$$

โดยที่ $Q^* = \dfrac{1}{1-d}\sqrt{\dfrac{2(A+F)D}{ic}}$ และ $Q_1^* = \dfrac{1}{1-d}\sqrt{\dfrac{2(A+F)D}{i(c+k)}}$

พิสูจน์ พิจารณาระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษซึ่งมีค่าเท่ากับ q หน่วย การพิสูจน์ผลลัพธ์ที่ได้จะแบ่งตามระดับสินค้าคงคลัง q ออกเป็นสองกรณี คือ กรณีที่ $q = 0$ หน่วย และกรณีที่ $0 < q \le (1-d)Q^*$ หน่วย ดังนี้

กรณีที่ $q = 0$ หน่วย

ให้ T_0 แทนจุดเวลาสุดท้ายก่อนมีการขึ้นราคาสินค้า T_1 แทนจุดเวลาเริ่มต้นที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบปรกติ (หลังจากมีการขึ้นราคาสินค้า) และ T_2 แทนจุดสิ้นสุดคาบของการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ การเปลี่ยนแปลงของสินค้าคงคลังที่มีสินค้าชำรุดและมีการขึ้นราคาสินค้าในกรณีนี้แสดงได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงของสินค้าคงคลังในกรณีที่ $q=0$ หน่วย

การปรับราคาสินค้าเพิ่มขึ้นจาก c บาทต่อหน่วยสินค้า เป็น $c+k$ บาทต่อหน่วยสินค้า เกิดขึ้นหลังจุดเวลา T_0 (ระดับสินค้าคงคลังเท่ากับ 0 หน่วย) ซึ่ง ณ จุดเวลา T_0 อาจมีหรือไม่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ ดังภาพที่ 1 และจะเห็นได้ว่าก่อนขึ้นราคาสินค้า ปริมาณสินค้าที่สั่งซื้อเหมาะที่สุด (Q^*) สามารถหาได้จาก Huang (2003) ดังนี้

$$Q^* = \frac{1}{1-d}\sqrt{\frac{2(A+F)D}{ic}} \tag{3.3}$$

หน่วย และปริมาณสินค้าที่สั่งซื้อเหมาะที่สุดหลังขึ้นราคาสินค้า (Q_1^*) มีค่าเท่ากับ

$$Q_1^* = \frac{1}{1-d}\sqrt{\frac{2(A+F)D}{i(c+k)}} \tag{3.4}$$

หน่วย ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณสินค้าที่สั่งซื้อมีค่าลดลงดังภาพที่ 1

ถ้ามีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ ณ จุดเวลา T_0 ในปริมาณ Q_s หน่วย $(Q_s > 0)$ ค่าใช้จ่ายรวมในกรณีนี้ (ช่วงเวลา T_0 ถึง T_2 ดังภาพที่ 1) ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้ามีค่าเท่ากับ A ค่าใช้จ่ายดำเนินการตรวจสอบสินค้ามีค่าเท่ากับ F ค่าใช้จ่ายที่เป็นมูลค่าสินค้า (พิจารณาเฉพาะสินค้าที่ไม่ชำรุด) $c(1-d)Q_s$

ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบสินค้า fQ_s และค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าที่แปรไปตามราคาสินค้า (พิจารณาเฉพาะสินค้าที่ไม่ชำรุด) มีค่าเท่ากับ $ic\int_0^{\frac{(1-d)Q_s}{D}}[(1-d)Q_s - Dx]dx = \frac{ic(1-d)^2Q_s^2}{2D}$

ดังนั้นค่าใช้จ่ายรวมเมื่อมีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษมีค่าเท่ากับ

$$C_s = A + F + c(1-d)Q_s + fQ_s + \frac{ic(1-d)^2Q_s^2}{2D}$$
$$= A + F + c(1-d)Q_s + fQ_s + \frac{(A+F)Q_s^2}{(Q^*)^2} \quad (\text{โดย } \frac{ic(1-d)^2}{2D} = \frac{A+F}{(Q^*)^2}) \qquad (3.5)$$

ถ้าไม่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ แต่สั่งซื้อสินค้าแบบปกติในช่วงเวลา T_0 ถึง T_2 ซึ่งปริมาณสินค้าที่สั่งซื้อในช่วงนี้เท่ากับ Q_s หน่วย ค่าใช้จ่ายรวมสามารถแบ่งตามราคาสินค้าที่สั่งซื้อได้เป็นสองช่วงเวลา คือ ช่วงเวลา T_0 ถึง T_1 และช่วงเวลา T_1 ถึง T_2 (เส้นประในภาพที่ 1) ค่าใช้จ่ายรวมในช่วงเวลา T_0 ถึง T_1 ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อสินค้าในปริมาณ Q^* หน่วย ในราคาต่อหน่วยสินค้าเท่ากับ c มีค่าเท่ากับ $A + F + c(1-d)Q^* + fQ^*$ และค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้ามีค่าเท่ากับ

$$ic\int_0^{\frac{(1-d)Q^*}{D}}\left[(1-d)Q^* - Dx\right]dx = \frac{ic(1-d)^2(Q^*)^2}{2D} = A + F$$

ดังนั้นค่าใช้จ่ายรวมในช่วงเวลานี้มีค่าเท่ากับ $2(A+F) + c(1-d)Q^* + fQ^*$

ค่าใช้จ่ายรวมในช่วงเวลา T_1 ถึง T_2 ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อสินค้าในปริมาณ $Q_s - Q^*$ หน่วย ราคาต่อหน่วยสินค้าเท่ากับ $c+k$ มีค่าเท่ากับ $\frac{Q_s - Q^*}{Q_1^*}(A+F) + (c+k)(1-d)(Q_s - Q^*) + f(Q_s - Q^*)$ และค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้ามีค่าเท่ากับ

$$\left(\frac{Q_s - Q^*}{Q_1^*}\right)i(c+k)\int_0^{\frac{(1-d)Q_1^*}{D}}\left[(1-d)Q_1^* - Dx\right]dx = \left(\frac{Q_s - Q^*}{Q_1^*}\right)\frac{i(c+k)(1-d)^2(Q_1^*)^2}{2D} = \frac{Q_s - Q^*}{Q_1^*}(A+F)$$

ซึ่งจะได้ค่าใช้จ่ายรวมในช่วงเวลานี้มีค่าเท่ากับ $2\left(\frac{Q_s - Q^*}{Q_1^*}\right)(A+F) + (c+k)(1-d)(Q_s - Q^*) + f(Q_s - Q^*)$

ดังนั้นค่าใช้จ่ายรวมเมื่อไม่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษมีค่าเท่ากับ

$$C_n = 2(A+F) + c(1-d)Q^* + fQ^* + 2\left(\frac{Q_s - Q^*}{Q_1^*}\right)(A+F) + (c+k)(1-d)(Q_s - Q^*) + f(Q_s - Q^*)$$
$$= 2(A+F) + c(1-d)Q_s + fQ_s + 2\left(\frac{Q_s - Q^*}{Q_1^*}\right)(A+F) + k(1-d)(Q_s - Q^*) \qquad (3.6)$$

และค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้สูงสุดมีค่าเท่ากับ

$$
\begin{aligned}
G &= C_n - C_s \\
&= 2(A+F) + c(1-d)Q_s + fQ_s + 2\left(\frac{Q_s - Q^*}{Q_1^*}\right)(A+F) + k(1-d)(Q_s - Q^*) \\
&\quad -A - F - c(1-d)Q_s - fQ_s - \frac{(A+F)Q_s^2}{(Q^*)^2} \\
&= A + F + 2\left(\frac{Q_s - Q^*}{Q_1^*}\right)(A+F) + k(1-d)(Q_s - Q^*) - \frac{(A+F)Q_s^2}{(Q^*)^2} \\
&= -\frac{(A+F)Q_s^2}{(Q^*)^2} + \left(\frac{2(A+F)}{Q_1^*} + k(1-d)\right)(Q_s - Q^*) + A + F \\
&= -\frac{(A+F)Q_s^2}{(Q^*)^2} + 2\left[\frac{A+F}{Q_1^*} + \frac{k(1-d)}{2}\right]Q_s - \left[\frac{2(A+F)}{Q_1^*} + k(1-d)\right]Q^* + A + F \qquad (3.7) \\
&\le \frac{(Q^*)^2}{4(A+F)}\left[\frac{2(A+F)}{Q_1^*} + k(1-d)\right]^2 - \left[\frac{2(A+F)}{Q_1^*} + k(1-d)\right]Q^* + A + F. \qquad (3.8)
\end{aligned}
$$

อสมการ (3.8) ได้มาจากการพิจารณาว่า $\frac{(A+F)Q_s^2}{(Q^*)^2}$ คือ a^2 และ $2\left[\frac{A+F}{Q_1^*} + \frac{k(1-d)}{2}\right]Q_s$ คือ $2ab$ ใน อสมการค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและค่าเฉลี่ยกำลังสอง (2.2) โดยที่ $b = \frac{Q^*}{2\sqrt{A+F}}\left[\frac{2(A+F)}{Q_1^*} + k(1-d)\right]$ และจาก สมการ (3.7) และอสมการ (3.8) จะเห็นได้ว่า G มีค่าสูงสุดเมื่อ

$$
-\frac{(A+F)Q_s^2}{(Q^*)^2} + 2\left[\frac{A+F}{Q_1^*} + \frac{k(1-d)}{2}\right]Q = \frac{(Q^*)^2}{4(A+F)}\left[\frac{2(A+F)}{Q_1^*} + k(1-d)\right]^2 \qquad (3.9)
$$

และโดยสมการ (2.3) สมการ (3.9) จะเป็นจริงก็ต่อเมื่อ

$$
\frac{\sqrt{A+F}Q_s}{Q^*} = \frac{Q^*}{2\sqrt{A+F}}\left[\frac{2(A+F)}{Q_1^*} + k(1-d)\right]
$$

ดังนั้นปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด คือ

$$
Q_s^* = \frac{(Q^*)^2}{2(A+F)}\left(\frac{2(A+F)}{Q_1^*} + k(1-d)\right)
$$

หน่วย และค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้สูงสุดมีค่าเท่ากับ

$$G^* = \frac{(Q^*)^2}{4(A+F)}\left(\frac{2(A+F)}{Q_1^*}+k(1-d)\right)^2 - \left(\frac{2(A+F)}{Q_1^*}+k(1-d)\right)Q^* + A + F$$

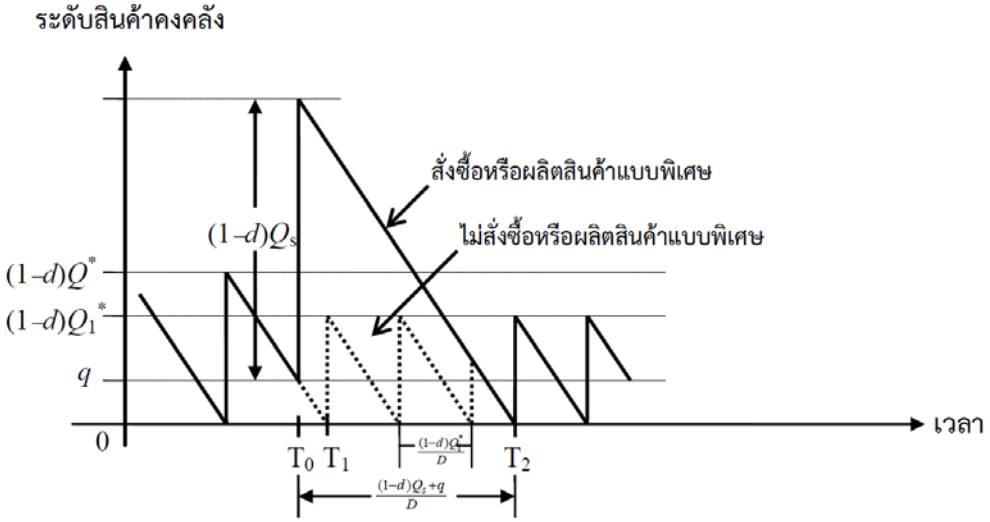
$$= \left[\frac{Q^*}{2\sqrt{A+F}}\left(\frac{2(A+F)}{Q_1^*}+k(1-d)\right)-\sqrt{A+F}\right]^2$$

$$= (A+F)\left[\frac{Q^*}{2(A+F)}\left(\frac{2(A+F)}{Q_1^*}+k(1-d)\right)-1\right]^2$$

$$= (A+F)\left(\frac{Q_S^*}{Q^*}-1\right)^2$$

กรณีที่ $0 < q \le (1-d)Q^*$ **หน่วย**

ให้ T_0 แทนจุดเวลาสุดท้ายก่อนมีการขึ้นราคาสินค้า T_1 แทนจุดเวลาเริ่มต้นที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบปรกติ (หลังจากมีการขึ้นราคาสินค้า) และ T_2 แทนจุดเวลาสิ้นสุดคาบของการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ การเปลี่ยนแปลงของสินค้าคงคลังที่มีสินค้าชำรุดและมีการขึ้นราคาสินค้าในกรณีนี้แสดงได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของสินค้าคงคลังในกรณีที่ $0 < q \le (1-d)Q^*$ หน่วย

การปรับราคาสินค้าเพิ่มขึ้นจาก c บาทต่อหน่วยสินค้า เป็น $c+k$ บาทต่อหน่วยสินค้า ซึ่งการปรับราคาสินค้าเพิ่มขึ้นจะเกิดขึ้นหลังจุดเวลา T_0 (ระดับสินค้าคงคลังเท่ากับ q หน่วย) ซึ่ง ณ จุดเวลา T_0 อาจมีหรือไม่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ ดังภาพที่ 2 ในทำนองเดียวกับกรณีที่ $q=0$ หน่วย ก่อนมีการขึ้นราคาสินค้า ปริมาณสินค้าที่สั่งซื้อเหมาะที่สุด คือ $Q^* = \frac{1}{1-d}\sqrt{\frac{2(A+F)D}{ic}}$ หน่วย และปริมาณสินค้าที่สั่งซื้อเหมาะที่สุดหลังมีการขึ้น

ราคาสินค้า คือ $Q_1^* = \frac{1}{1-d}\sqrt{\frac{2(A+F)D}{i(c+k)}}$ 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 ค่าใช้จ่ายดำเนินการตรวจสอบสินค้ามีค่าเท่ากับ F ค่าใช้จ่ายที่เป็นมูลค่าสินค้าที่พิจารณาเฉพาะสินค้าไม่ชำรุดมีค่าเท่ากับ $c(1-d)Q_s$ ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบสินค้ามีค่าเท่ากับ fQ_s และค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าที่แปรไปตามราคาสินค้ามีค่าเท่ากับ

$$ic\int_0^{\frac{(1-d)Q_s+q}{D}} \left((1-d)Q_s+q-Dx\right)dx = ic\left[((1-d)Q_s+q)x-\frac{Dx^2}{2}\right]_0^{\frac{(1-d)Q_s+q}{D}}$$

$$= \frac{ic\left[(1-d)Q_s+q\right]^2}{2D} \qquad (3.10)$$

ดังนั้นค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นตั้งแต่จุดเวลา T_0 ถึง T_2 มีค่าเท่ากับ

$$A+F+c(1-d)Q_s+fQ_s+\frac{ic\left[(1-d)Q_s+q\right]^2}{2D}$$

นั่นคือ จะได้ว่าค่าใช้จ่ายรวมเมื่อมีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ ณ จุดเวลา T_0 (C_s) มีค่าเท่ากับ

$$C_s = A+F+c(1-d)Q_s+fQ_s+\frac{ic\left[(1-d)Q_s+q\right]^2}{2D} \qquad (3.11)$$

ถ้าไม่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ แต่สั่งซื้อสินค้าแบบปรกติเหมือนเดิม ณ จุดเวลา T_1 เท่ากับ Q_1^* หน่วย (พิจารณาเส้นประในภาพที่ 2) ปริมาณสินค้าที่พิจารณาเฉพาะสินค้าที่ไม่ชำรุดตั้งแต่จุดเวลา T_0 ถึง T_2 มีค่าเท่ากับ $(1-d)Q_s$ หน่วย ในราคา $c+k$ บาทต่อหน่วยสินค้า และจำนวนครั้งในการสั่งซื้อสินค้าและตรวจสอบสินค้ามีค่าเท่ากับ $\frac{Q_s}{Q_1^*}$ ครั้ง ดังนั้นค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ตั้งแต่จุดเวลา T_0 ถึง T_2 ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้ามีค่าเท่ากับ $\frac{Q_s}{Q_1^*}A$ ค่าใช้จ่ายดำเนินการตรวจสอบสินค้ามีค่าเท่ากับ $\frac{Q_s}{Q_1^*}F$ ค่าใช้จ่ายที่เป็นมูลค่าสินค้ามีค่าเท่ากับ $(c+k)(1-d)Q_s$ ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบสินค้ามีค่าเท่ากับ fQ_s และค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าสามารถแบ่งการพิจารณาออกเป็นสองช่วง คือ ค่าใช้ จ่ายในการเก็บรักษาตั้งแต่จุดเวลา T_0 ถึง T_1 มีค่าเท่ากับ

$$ic\int_0^{\frac{q}{D}}\left(q-Dx\right)dx = ic\left[qx-\frac{Dx^2}{2}\right]_0^{\frac{q}{D}}$$

$$= \frac{icq^2}{2D} \qquad (3.12)$$

และค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาตั้งแต่จุดเวลา T_1 ถึง T_2 มีค่าเท่ากับ

$$\left(\frac{Q_s}{Q_1^*}\right)i(c+k)\int_0^{\frac{(1-d)Q_1^*}{D}}\left[(1-d)Q_1^*-Dx\right]dx=\left(\frac{Q_s}{Q_1^*}\right)i(c+k)\left[(1-d)Q_1^*x-\frac{Dx^2}{2}\right]_0^{\frac{(1-d)Q_1^*}{D}}$$

$$=i(c+k)\left(\frac{Q_s}{Q_1^*}\right)\frac{[(1-d)Q_1^*]^2}{2D}$$

$$=\frac{i(c+k)Q_s(1-d)^2Q_1^*}{2D} \qquad (3.13)$$

ดังนั้นจะได้ว่าค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นตั้งแต่จุดเวลา T_0 ถึง T_2 มีค่าเท่ากับ

$$\frac{Q_s}{Q_1^*}(A+F)+(c+k)(1-d)Q_s+fQ_s+\frac{icq^2}{2D}+\frac{i(c+k)Q_s(1-d)^2Q_1^*}{2D}$$

นั่นคือ ค่าใช้จ่ายรวมเมื่อไม่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ (C_n) มีค่าเท่ากับ

$$C_n=\frac{Q_s}{Q_1^*}(A+F)+(c+k)(1-d)Q_s+fQ_s+\frac{icq^2}{2D}+\frac{i(c+k)Q_s(1-d)^2Q_1^*}{2D} \qquad (3.14)$$

และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้ (G) มีค่าเท่ากับ

$$G=C_n-C_s$$

$$=\frac{Q_s}{Q_1^*}(A+F)+(c+k)(1-d)Q_s+fQ_s+\frac{icq^2}{2D}+\frac{i(c+k)Q_s(1-d)^2Q_1^*}{2D}$$

$$-\left\{A+F+c(1-d)Q_s+fQ_s+\frac{ic\left[(1-d)Q_s+q\right]^2}{2D}\right\}$$

$$=\frac{Q_s}{Q_1^*}(A+F)+\frac{icq^2}{2D}+\frac{i(c+k)Q_s(1-d)^2Q_1^*}{2D}+k(1-d)Q_s-\frac{ic\left[(1-d)Q_s+q\right]^2}{2D}-A-F$$

$$=\frac{Q_s}{D}\left[\frac{(A+F)D}{Q_1^*}+\frac{i(c+k)(1-d)^2Q_1^*}{2}\right]+k(1-d)Q_s+\frac{icq^2}{2D}-\frac{ic\left[(1-d)Q_s+q\right]^2}{2D}-A-F$$

$$=\frac{Q_s}{D}\left[\frac{2(A+F)D+i(c+k)(1-d)^2(Q_1^*)^2}{2Q_1^*}\right]+k(1-d)Q_s+\frac{icq^2}{2D}-\frac{ic\left[(1-d)Q_s+q\right]^2}{2D}-A-F$$

และโดย $Q_1^*=\frac{1}{1-d}\sqrt{\frac{2(A+F)D}{i(c+k)}}$ จะได้

$$G = \frac{2(A+F)Q_s}{Q_1^*} + k(1-d)Q_s + \frac{icq^2}{2D} - \frac{ic\left[(1-d)Q_s + q\right]^2}{2D} - A - F$$

$$= \frac{2(A+F)Q_s}{Q_1^*} + k(1-d)Q_s - \frac{ic(1-d)^2 Q_s^2}{2D} - \frac{2ic(1-d)qQ_s}{2D} - A - F$$

$$= -\frac{ic(1-d)^2 Q_s^2}{2D} + 2\left[\frac{A+F}{Q_1^*} + \frac{k(1-d)}{2} - \frac{ic(1-d)q}{2D}\right]Q_s - A - F \qquad (3.15)$$

$$\leq \frac{2D}{ic(1-d)^2}\left[\frac{A+F}{Q_1^*} + \frac{k(1-d)}{2} - \frac{ic(1-d)q}{2D}\right]^2 - A - F \quad \text{(โดยใช้ (2.2))} \qquad (3.16)$$

ซึ่งจะเห็นได้ว่า G ในสมการ (3.15) จะมีค่าสูงสุดเมื่อ

$$-\frac{ic(1-d)^2 Q_s^2}{2D} + 2\left[\frac{A+F}{Q_1^*} + \frac{k(1-d)}{2} - \frac{ic(1-d)q}{2D}\right]Q_s = \frac{2D}{ic(1-d)^2}\left[\frac{A+F}{Q_1^*} + \frac{k(1-d)}{2} - \frac{ic(1-d)q}{2D}\right]^2 \qquad (3.17)$$

และโดยสมการ (2.3) สมการ (3.17) จะเป็นจริงก็ต่อเมื่อ

$$(1-d)\sqrt{\frac{ic}{2D}}Q_s = \frac{1}{1-d}\sqrt{\frac{2D}{ic}}\left[\frac{A+F}{Q_1^*} + \frac{k(1-d)}{2} - \frac{ic(1-d)q}{2D}\right]$$

หรือ

$$Q_s = \frac{2(A+F)D}{ic(1-d)^2(A+F)}\left[\frac{A+F}{Q_1^*} + \frac{k(1-d)}{2} - \frac{ic(1-d)q}{2D}\right]$$

$$= \frac{(Q^*)^2}{A+F}\left[\frac{A+F}{Q_1^*} + \frac{k(1-d)}{2} - \frac{ic(1-d)q}{2D}\right]$$

$$= \frac{(Q^*)^2}{2(A+F)}\left[\frac{2(A+F)}{Q_1^*} + k(1-d)\right] - \frac{q}{1-d}$$

ดังนั้นปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด (Q_s^*) คือ

$$Q_s^* = \frac{(Q^*)^2}{2(A+F)}\left[\frac{2(A+F)}{Q_1^*} + k(1-d)\right] - \frac{q}{1-d}$$

หน่วย

และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด (G^*) สามารถหาได้ดังนี้

$$G^* = \frac{2D}{ic(1-d)^2}\left[\frac{A+F}{Q_1^*} + \frac{k(1-d)}{2} - \frac{ic(1-d)q}{2D}\right]^2 - A - F$$

$$= \frac{(Q^*)^2}{A+F}\left[\frac{A+F}{Q_1^*} + \frac{k(1-d)}{2} - \frac{ic(1-d)q}{2D}\right]^2 - A - F$$

$$= \frac{(A+F)(Q^*)^4}{(Q^*)^2(A+F)^2}\left[\frac{A+F}{Q_1^*} + \frac{k(1-d)}{2} - \frac{ic(1-d)q}{2D}\right]^2 - A - F$$

$$= \frac{(A+F)(Q_S^*)^2}{(Q^*)^2} - (A+F)$$

$$= (A+F)\left[\left(\frac{Q_S^*}{Q^*}\right)^2 - 1\right]$$

ดังนั้นจากการพิสูจน์ทั้งสองกรณี จึงได้ผลลัพธ์ดังที่แสดงในสมการ (3.1) และ (3.2) ตามลำดับ □

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

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

3. กรณีที่ $q=0$ จะเห็นได้ว่า

$$\frac{Q_s^*}{Q^*}=\frac{Q^*}{2(A+F)}\left[\frac{2(A+F)}{Q_1^*}+k(1-d)\right]$$

$$=\frac{Q^*}{Q_1^*}+\frac{Q^*k(1-d)}{2(A+F)}$$

$$=\sqrt{\frac{c+k}{c}}+k\sqrt{\frac{D}{2ic(A+F)}}$$

ไม่ขึ้นอยู่กับค่าของ d และในกรณีที่ $0<q\le(1-d)Q^*$ จะได้ว่า

$$\frac{Q_s^*}{Q^*}=\frac{Q^*}{2(A+F)}\left[\frac{2(A+F)}{Q_1^*}+k(1-d)\right]-\frac{q}{(1-d)Q^*}$$

$$=\sqrt{\frac{c+k}{c}}+k\sqrt{\frac{D}{2ic(A+F)}}-q\sqrt{\frac{ic}{2(A+F)D}}$$

ไม่ขึ้นอยู่กับค่าของ d เช่นเดียวกัน ดังนั้นค่าของ G^* ในสมการ (3.2) จึงไม่ขึ้นกับค่าของ d

4. พิจารณาผลลัพธ์ในทฤษฎีบทที่ 3.1 จะเห็นได้ว่าในกรณีที่ $d=0$ หรือไม่มีสินค้าชำรุดในระบบสินค้าคงคลัง ผลลัพธ์ในทฤษฎีบทที่ 3.1 จะเหมือนกับผลลัพธ์ในงานวิจัยของ Tersine (1994) และผลลัพธ์ในงานวิจัยของ ธนรัตน์ สอาดศรี (2557) ดังบทแทรกต่อไปนี้

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

$$Q_s^*=\frac{D}{ic}\left[\frac{2A}{Q_1^*}+k\right]-q,\ 0\le q\le Q^* \tag{3.18}$$

และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด คือ G^* เมื่อ

$$G^*=\begin{cases}A\left(\dfrac{Q_s^*}{Q^*}-1\right)^2, & q=0\\ A\left[\left(\dfrac{Q_s^*}{Q^*}\right)^2-1\right], & 0<q\le Q^*\end{cases} \tag{3.19}$$

โดยที่ $Q^*=\sqrt{\dfrac{2AD}{ic}}$ และ $Q_1^*=\sqrt{\dfrac{2AD}{i(c+k)}}$

3.2 การประยุกต์ใช้ผลการวิจัย

ในหัวข้อย่อยนี้จะแสดงการประยุกต์ใช้ทฤษฎีบทที่ 3.1 กับระบบสินค้าคงคลังที่มีสินค้าชำรุดและมีการขึ้นราคาสินค้าในรูปของผลลัพธ์เชิงตัวเลขที่สัมพันธ์กับผลลัพธ์ที่ได้ในทฤษฎีบทที่ 3.1 ดังนี้

ตัวอย่างที่ 3.1 กำหนดให้อัตราความต้องการสินค้า $D=4,000$ หน่วยต่อปี ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้า $A=2,000$ บาทต่อครั้ง ค่าใช้จ่ายดำเนินการตรวจสอบสินค้า $F=1,000$ บาทต่อครั้ง ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้า $i=8\%$ ของราคาสินค้าต่อหน่วยต่อปี ราคาของสินค้าที่สั่งซื้อ $c=1,000$ บาทต่อหน่วย ส่วนต่างของราคาที่เพิ่มขึ้น $k=200$ บาทต่อหน่วย โดยกำหนดสัดส่วนของสินค้าที่ชำรุด $d=0.02,\ 0.08$ และ 0.10 และระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ $q=0,\ 50$ และ 200 หน่วย ตามลำดับ ดังนั้นปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดสามารถแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดที่เปลี่ยนแปลงตามค่า d และ q ของตัวอย่างที่ 3.1

d	Q^* (หน่วย)	q (หน่วย)	Q_s^* (หน่วย)	G^* (บาท)
0.02	558.9006	0	10816.3265	1010482.8178
		50	10765.3061	1110025.0000
		200	10612.2449	1078600.0000
0.08	595.3506	0	11521.7391	1010482.8178
		50	11467.3913	1110025.0000
		200	11304.3478	1078600.0000
0.10	608.5806	0	11777.7778	1010482.8178
		50	11722.2222	1110025.0000
		200	11555.5556	1078600.0000

ตัวอย่างที่ 3.2 กำหนดให้อัตราความต้องการสินค้า $D=5,000$ หน่วยต่อปี ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้า $A=3,000$ บาทต่อครั้ง ค่าใช้จ่ายดำเนินการตรวจสอบสินค้า $F=2,500$ บาทต่อครั้ง ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้า $i=15\%$ ของราคาสินค้าต่อหน่วยต่อปี ราคาของสินค้าที่สั่งซื้อ $c=3,000$ บาทต่อหน่วย ส่วนต่างของราคาที่เพิ่มขึ้น $k=400$ บาทต่อหน่วย โดยกำหนดสัดส่วนของสินค้าที่ชำรุด $d=0.05,\ 0.08$ และ 0.15 และระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ $q=0,\ 50,\ 250$ และ 300 หน่วย ตามลำดับ ดังนั้นปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดสามารถแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดที่เปลี่ยนแปลงตามค่า d และ q ของตัวอย่างที่ 3.2

d	Q^* (หน่วย)	q (หน่วย)	Q_s^* (หน่วย)	G^* (บาท)
0.05	368.0031	0	5070.1318	897942.9524
		50	5017.5002	1016932.2130
		250	4806.9739	932932.9593
		300	4754.3423	912495.6459
0.08	380.0032	0	5235.4622	897942.9524
		50	5181.1144	1016932.2130
		250	4963.7230	932932.9593
		300	4909.3752	912495.6459
0.15	411.2976	0	5666.6179	897942.9524
		50	5607.7944	1016932.2130
		250	5372.5002	932932.9593
		300	5313.6767	912495.6459

จากตัวอย่างที่ 3.1 และ 3.2 จะเห็นได้ว่าปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด (Q_s^*) แปรผันตามสัดส่วนของสินค้าที่ชำรุด (d) นั่นคือ เมื่อสัดส่วนสินค้าที่ชำรุดเพิ่มขึ้นปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุดมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย (ในทุกระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ (q)) แต่ค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้สูงสุด (G^*) กลับไม่มีการแปลงเปลี่ยนแปลงไปตามสัดส่วนของสินค้าที่ชำรุด ซึ่งสอดคล้องกับหมายเหตุข้อที่ 3 นอกจากนี้ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด จะแปรผกผันกับระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ นั่นคือ เมื่อระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษมีระดับเพิ่มขึ้น ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุดมีค่าลดลง ซึ่งในกรณีที่ระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเท่ากับ 0 หน่วย ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุดจะมีค่าสูงสุด แต่ค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้สูงสุดกลับมีค่าต่ำสุด

บทที่ 4
บทสรุป

4.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัย “ตัวแบบ EOQ ปรับปรุงที่มีสินค้าชำรุดและมีการขึ้นราคาสินค้า” สามารถสรุปได้ดังนี้

การปรับปรุงตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุด หรือตัวแบบของปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังที่มีสินค้าชำรุดและมีการขึ้นราคาสินค้า ในการดำเนินการปรับปรุงจะอยู่ภายใต้เงื่อนไขเพื่อทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายรวมได้สูงสุด ซึ่งเป้าหมายหลักของการการศึกษาครั้งนี้ คือ ปรับปรุงหรือพัฒนาตัวแบบ EOQ ของ Tersine (1994) และตัวแบบ EOQ ของ สิทธิกรณ์ คำรอด และคณินทร์ ธีรภาพโอฬาร (2559) เพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้ได้กับระบบสินค้าคงคลังที่มีสินค้าชำรุด ทราบสัดส่วนที่แน่นอนของสินค้าที่ชำรุดทั้งหมดต้องมีการตรวจสอบสินค้าทั้งหมดทุกหน่วยหรือ 100% และค่าใช้จ่ายของสินค้าที่ชำรุดหลังการตรวจสอบจะไม่นำมาพิจารณาในตัวแบบ ในการศึกษาครั้งนี้ ตัวแบบ EOQ ที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้หาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังในสถานการณ์ที่มีสินค้าชำรุดและมีการขึ้นราคาสินค้า ซึ่งสามารถทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้นในระบบสินค้าคงคลังได้สูงสุด นอกจากนี้ตัวแบบ EOQ ที่ได้ยังครอบคลุมการประยุกต์ใช้ในทุกระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ และผลลัพธ์ที่ได้ยังครอบคลุมตัวแบบ EOQ ของ Tersine (1994) และ ธนรัตน์ สอาดศรี (2557)

4.2 อภิปรายผลการวิจัย

ผลที่ได้จากงานวิจัย “ตัวแบบ EOQ ปรับปรุงที่มีสินค้าชำรุดและมีการขึ้นราคาสินค้า” สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

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

2. เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดของระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเท่ากับ 0 หน่วย และระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษมากกว่า 0 หน่วย พบว่า

ค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดจะไม่ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของสินค้าที่ชำรุด นั่นคือ ค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดจะไม่แปรผันตามสัดส่วนของสินค้าที่ชำรุด ดังที่ได้แสดงไว้ในหมายเหตุ

3. เมื่อสัดส่วนของสินค้าที่ชำรุดมีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าในระบบสินค้าคงคลังไม่มีสินค้าที่ชำรุด หรือมีของดี 100% ผลลัพธ์ที่ได้ในกรณีนี้จะเหมือนกับผลลัพธ์ของ Tersine (1994) และ ธนรัตน์ สอาดศรี (2557) ซึ่งแสดงว่าผลการวิจัยนี้ครอบคลุมผลการวิจัยของทั้ง Tersine (1994) และ และ ธนรัตน์ สอาดศรี (2557) ดังที่ได้แสดงไว้ในบทแทรก 3.1

บทที่ 5
ผลผลิต

5.1 การตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการ

Teerapabolarn, Kanint. (2019). A new method to derive the EOQ model with defective items and known price increase (ส่งไปพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ)

5.2 การจดสิทธิบัตร

ไม่มี

5.3 ผลงานเชิงพาณิชย์

ไม่มี

5.4 ผลงานเชิงสาธารณะ

เป็นองค์ความรู้ใหม่ทางด้านทฤษฎีสินค้าคงคลังเชิงกำหนด ซึ่งสามารถองค์ความรู้ใหม่นี้ไปใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีสินค้าคงคลังที่มีความเกี่ยวข้องได้ นอกจากนี้สามารถนำตัวแบบ EOQ ที่ได้ไปประยุกต์ใช้หาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าเหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังที่เกี่ยวข้องหรือมีความสัมพันธ์กับกรณีที่มีสินค้าชำรุดและมีการขึ้นราคาสินค้า

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.

สิทธิกรณ์ คำรอด และคณินทร์ ธีรภาพโอฬาร. (2559). ตัวแบบสินค้าคงคลังที่มีสินค้าชารุดและมีการขึ้นราคาสินค้าโดยการใช้พีชคณิต. *ในการประชุมวิชาการคณิตศาสตร์บริสุทธิ์และประยุกต์* (หน้า 157-169). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

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

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

Huang, Y. F. (2003). The EOQ and EPQ models with backlogging and defective items using the algebraic approach. *Journal of Statistics and Management Systems*, *6*(2), 171-180.

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

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