รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ ตัวแบบ EOQ ที่มีสินค้าชำรุดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ (The EOQ Model with Defective Items and Special Sales Price)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์คณินทร์ ธีรภาพโอฬาร

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้
จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560
มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 353180
สัญญาเลขที่ 152/2560

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ ตัวแบบ EOQ ที่มีสินค้าชำรุดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ (The EOQ Model with Defective Items and Special Sales Price)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์คณินทร์ ธีรภาพโอฬาร
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

พฤศจิกายน 2560

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 152/2560

Acknowledgement

This work was financially supported by the Research Grant of Burapha University through National Research Council of Thailand (Grant no. 152/2560).

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร
(Executive Summary)

ข้าพเจ้า ผศ.ดร.คณินทร์ ธีรภาพโอฬาร ได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัยจากมหาวิทยาลัยบูรพา ประเภทงบประมาณเงินรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) มหาวิทยาลัยบูรพา
โครงการวิจัยเรื่อง (ภาษาไทย) ตัวแบบ EOQ ที่มีสินค้าชำรุดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ
(ภาษาอังกฤษ) The EOQ Model with Defective Items and Special Sales Price
รหัสโครงการ 353180 / สัญญาเลขที่ 152/2560 ได้รับงบประมาณรวมทั้งสิ้น 166,100 บาท (หนึ่งแสนหกหมื่นหกพันหนึ่งร้อยบาทถ้วน)
ระยะเวลาการดำเนินงาน 1 ปี

บทคัดย่อ

จุดมุ่งหมายของการวิจัยครั้งนี้ คือ ต้องการหาตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังที่มีสินค้าชำรุดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ โดยการเพิ่มสมมุติฐานของสินค้าชำรุดเข้าไปในระบบสินค้าคงคลังที่มีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ ในการหาตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุดดังกล่าวได้ใช้วิธีพีชคณิตจัดฟังก์ชันผลต่างของค่าใช้จ่ายรวมในระบบสินค้าคงคลังให้อยู่ในรูปแบบกำลังสองสมบูรณ์ของปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ ซึ่งสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายรวมของสินค้าคงคลังได้สูงสุด ตัวแบบ EOQ ในการวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้หาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังภายใต้สถานการณ์ที่มีสินค้าชำรุดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ นอกจากนี้ได้ยกตัวอย่างเพื่อแสดงการประยุกต์ใช้ตัวแบบ EOQ ที่หาได้

ผลลัพธ์ที่ได้

ผลที่ได้จากงานวิจัย คือ ตัวแบบของปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดของระบบสินค้าคงคลังที่มีสินค้าชำรุดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ ดังต่อไปนี้

1. ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด คือ Q_s^* หน่วย เมื่อ

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

โดยที่ $Q^* = \frac{1}{1-d}\sqrt{\frac{2(A+F)D}{ic}}$ และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด คือ G^* เมื่อ

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

2. ถ้า $d=0$ แล้วปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด

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

เมื่อ $Q^* = \sqrt{\dfrac{2AD}{ic}}$ และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด

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

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัย “ตัวแบบ EOQ ที่มีสินค้าชำรุดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ” มีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ตัวแบบ EOQ ที่มีสินค้าชำรุดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษที่หาได้เป็นตัวแบบ EOQ ที่สามารถประยุกต์ใช้ได้กับสถานการณ์ที่มีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษและมีสินค้าชำรุดเกิดขึ้นในระบบสินค้าคงคลัง และต้องมีสมมุติฐานสอดคล้องกับสมมุติฐานในงานวิจัยนี้เท่านั้น

2. ตัวแบบ EOQ ที่มีสินค้าชำรุดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษที่หาได้สามารถทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้นในระบบสินค้าคงคลังได้สูงสุด

3. ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้ครอบคลุมผลลัพธ์ในระบบสินค้าคงคลังที่มีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษในกรณีที่ไม่มีสมมุติฐานของสินค้าชำรุด

4. สามารถนำผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีสินค้าคงคลังที่มีความเกี่ยวข้องได้

5. สามารถนำผลการวิจัยนี้ไปต่อยอดสร้างงานวิจัยโดยการเพิ่มหรือเปลี่ยนแปลงรายละเอียดของสมมุติฐานในระบบสินค้าคงคลังให้มีความสอดคล้องกับระบบสินค้าคงคลังที่เกิดขึ้นจริงมากขึ้น

บทคัดย่อภาษาไทย

จุดมุ่งหมายของการวิจัยครั้งนี้ คือ ต้องการหาตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังที่มีสินค้าชำรุดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ โดยการเพิ่มสมมุติฐานของสินค้าชำรุดเข้าไปในระบบสินค้าคงคลังที่มีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ ในการหาตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุดดังกล่าวได้ใช้วิธีพีชคณิตจัดฟังก์ชันผลต่างของค่าใช้จ่ายรวมในระบบสินค้าคงคลังให้อยู่ในรูปแบบกำลังสองสมบูรณ์ของปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ ซึ่งสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายรวมของสินค้าคงคลังได้สูงสุด ตัวแบบ EOQ ในการวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้หาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังภายใต้สถานการณ์ที่มีสินค้าชำรุดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ นอกจากนี้ได้ยกตัวอย่างเพื่อแสดงการประยุกต์ใช้ตัวแบบ EOQ ที่หาได้

คำสำคัญ: ตัวแบบ EOQ สินค้าชำรุด การลดราคาสินค้าแบบพิเศษ

Abstract

The aim of this research is to determine the optimal EOQ model of inventory system with defective Items and special sales price by adding an assumption of defective items to the inventory system with special sales price. For determining the optimal EOQ model, the algebraic method is used to formulate the different functions of inventory total cost to be completing the square 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 special sales price. In addition, some examples are provided to illustrate application of the obtained EOQ model.

Keywords: EOQ model, Defective items, Special sales price

สารบัญเรื่อง

		หน้า
กิตติกรรมประกาศภาษาไทย		ก
กิตติกรรมประกาศภาษาอังกฤษ		ข
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร		ค
บทคัดย่อภาษาไทย		จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ฉ
สารบัญเรื่อง		ช
สารบัญตาราง		ฌ
สารบัญภาพ		ญ
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 วิธีพีชคณิต	5
	2.2 ดำเนินการหาผลการวิจัย	5
	2.3 ตรวจสอบผลการวิจัย	5
	2.4 กำหนดตัวอย่างเพื่อแสดงการประยุกต์ใช้ผลการวิจัย	5
บทที่ 3	ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	6
	3.1 ตัวแบบ EOQ และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด	6
	ทฤษฎีบทที่ 3.1	6
	บทแทรกที่ 3.1	15

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
รายงานสรุปการเงิน		22
บรรณานุกรม		23
ประวัตินักวิจัยและคณะ		25

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด ที่เปลี่ยนแปลงตามค่า d และ q ของตัวอย่างที่ 3.1	16
2	ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด ที่เปลี่ยนแปลงตามค่า d และ q ของตัวอย่างที่ 3.2	17

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การเปลี่ยนแปลงของสินค้าคงคลังในกรณีที่ $q = 0$ หน่วย	7
2	การเปลี่ยนแปลงของสินค้าคงคลังในกรณีที่ $0 < q \leq (1-d)Q^*$ หน่วย	10

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

สัญลักษณ์/คำย่อ	คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย
EOQ	ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบประหยัด (Economic Order Quantity)

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ในการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีสินค้าคงคลัง เนื้อหาเริ่มต้นจะต้องกล่าวถึงตัวแบบ EOQ (Economic Order Quantity) พื้นฐาน ซึ่งเป็นตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ตัวแบบแรกที่ใช้หาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าเหมาะที่สุด ในปัจจุบันตัวแบบ EOQ พื้นฐานนี้ถูกพัฒนาและปรับปรุงไปสู่ตัวแบบ EOQ อื่น ๆ อีกมากมายภายใต้สมมุติฐานที่สอดคล้องกับระบบสินค้าคงคลังที่เกิดขึ้นจริงมากขึ้น และตัวแบบ EOQ ตัวแบบหนึ่งที่น่าสนใจ คือ ตัวแบบที่ Tersine (1994) ได้พัฒนาและปรับปรุงตัวแบบ EOQ พื้นฐานให้สอดคล้องกับระบบสินค้าคงคลังที่มีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ Tersine (1994) เรียกตัวแบบนี้ว่า ตัวแบบ EOQ ที่มีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ (EOQ model with special sales price) ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้กับกรณีที่ระบบสินค้าคงคลังมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ กล่าวคือ สมมุติว่าในขณะนี้ราคาของสินค้าเท่ากับ c บาทต่อหน่วยสินค้า และผู้จำหน่ายสินค้าได้ประกาศลดราคาสินค้าแบบพิเศษในอีกหนึ่งเดือนข้างหน้า k ($0<k<c$) บาทต่อหน่วยสินค้า ซึ่งจะทำให้ราคาของสินค้ามีค่าลดลง k บาทต่อหน่วยสินค้า ทำให้ราคาใหม่ในช่วงเวลาที่มีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษมีค่าเท่ากับ c-k บาทต่อหน่วยสินค้า และเมื่อเลยช่วงเวลาที่มีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษดังกล่าว ราคาสินค้าจะกลับมามีราคาเท่าเดิม หรือมีราคาเท่ากับก่อนมีการการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ จะเห็นได้ว่าราคาของสินค้าที่กล่าวมานั้นอาจมีค่าลดลงในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง จากนั้นราคาของสินค้าจะกลับมามีราคาเท่าเดิม ทำให้ราคาของสินค้าในตัวแบบนี้จะมีค่าไม่คงตัวเหมือนราคาสินค้าที่อยู่ในสมมุติฐานของ ตัวแบบ EOQ พื้นฐาน ซึ่งในการหาตัวแบบ EOQ ของระบบสินค้าคงคลังนี้ Tersine (1994) ได้สมมุติให้ระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษมีค่าเท่ากับ 0 หน่วย ต่อมา Teerapabolarn และ Thornsri (2014) ได้ปรับปรุงตัวแบบ EOQ ของ Tersine (1994) โดยสมมุติให้ได้ระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษมีค่าเท่ากับ q ($0 < q \leq Q^*$) หน่วย เมื่อ Q^* คือ ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าเหมาะที่สุดก่อนและหลังที่มีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ

เมื่อพิจารณาตัวแบบ EOQ ของ Tersine (1994) หรือตัวแบบ EOQ ของ Teerapabolarn และ Thornsri (2014) จะพบว่าตัวแบบ EOQ ดังกล่าวเหมาะสำหรับกรณีที่สินค้าทั้งหมดในระบบสินค้าคงคลังมีคุณภาพดี 100% หรือไม่มีสินค้าชำรุดในระบบสินค้าคงคลัง ซึ่งในความเป็นจริงเป็นข้อสมมุติที่เกิดขึ้นได้ยากและอาจเป็นไปไม่ได้ ดังที่ได้มีการศึกษาไว้ในงานวิจัยของ Schwaller (1998), Salameh และ Jaber (2000), Huang (2003) และ Tu และคณะ (2011) และงานวิจัยของ Huang (2003) ได้เพิ่มสมมุติฐานของสินค้าชำรุดเข้าไปในระบบสินค้าคงคลังที่ได้ศึกษา โดยต้องมีการตรวจสอบสินค้าทุกหน่วยทั้ง 100% และต้องทราบสัดส่วนที่แน่นอนของสินค้าที่ชำรุดทั้งหมดก่อนนำไปเก็บในคลังหรือนำไปขายหลังการตรวจสอบแล้วเสร็จ ดังนั้นจุดที่สนใจในการศึกษาครั้งนี้ คือ ต้องการหาตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังที่มีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษที่ครอบคลุมในกรณีที่มีสินค้าชำรุดในระบบสินค้าคงคลังโดยการเพิ่มสมมุติฐานของสินค้าชำรุดเข้าไปในระบบสินค้าคงคลังที่มีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษของ Tersine (1994) และ Teerapabolarn และ Thornsri (2014) โดย

ต้องมีการตรวจสอบสินค้าทุกหน่วยทั้ง 100% และต้องทราบสัดส่วนที่แน่นอนของสินค้าที่ชำรุดทั้งหมดก่อนนำไปเก็บในคลังหรือนำไปขายหลังการตรวจสอบแล้วเสร็จเช่นเดียวกับในงานวิจัยของ Huang (2003) และวิธีที่ใช้ในการหาตัวแบบ EOQ ที่ต้องการ คือ วิธีพีชคณิต (Algebraic method) ที่นำเสนอโดย Grubbström (1996)

1.2 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแบบ EOQ ที่มีสินค้าชำรุดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ อาทิเช่น

Tersine (1994) ได้ปรับปรุงตัวแบบ EOQ พื้นฐานให้สอดคล้องกับระบบสินค้าคงคลังที่มีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ และได้เรียกตัวแบบนี้ว่า ตัวแบบ EOQ ที่มีการลดราคาสินค้าแบบซึ่งสามารถประยุกต์ใช้กับกรณีที่ระบบสินค้าคงคลังพื้นฐานมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษและได้สมมุติให้ระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษมีค่าเท่ากับ 0 หน่วย สำหรับวิธีที่ใช้ในการหาตัวแบบ EOQ ดังกล่าว คือ วิธีแคลคูลัสเชิงอนุพันธ์ (Differential calculus)

Grubbström (1996) ใช้วิธีพีชคณิตหาตัวแบบ EOQ พื้นฐานที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมต่อหน่วยเวลามีค่าต่ำสุดซึ่งเป็นครั้งแรกที่ใช้วิธีอื่นหาตัวแบบ EOQ นอกเหนือจากการใช้วิธีแคลคูลัสเชิงอนุพันธ์

Huang (2003) ใช้วิธีพีชคณิตของ Grubbström (1996) หาตัวแบบ EOQ และ ตัวแบบ EPQ (Economic Production Quantity) โดยสมมุติให้มีสินค้าชำรุดในระบบสินค้าคงคลัง ซึ่งต้องมีการตรวจสอบสินค้าทุกหน่วยทั้ง 100% และต้องทราบสัดส่วนที่แน่นอนของสินค้าที่ชำรุดทั้งหมดก่อนนำไปเก็บในคลังหรือนำไปขายหลังการตรวจสอบแล้วเสร็จ

Teerapabolarn และ Thornsri (2014) ใช้วิธีพีคณิตของ Grubbström (1996) หาตัวแบบ EOQ ที่มีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษด้วยการปรับปรุงตัวแบบ EOQ ของ Tersine (1994) โดยสมมุติให้ได้ระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษมีค่าเท่ากับ $q\ (0 < q \le Q^{*})$ หน่วย

Teerapabolarn และ Khamrod (2015) ใช้วิธีพีคณิตของ Grubbström (1996) หาตัวแบบ EOQ ที่มีสินค้าขาดแคลนสินค้าและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษโดยสมมุติให้ได้ระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษครอบคลุมทุกระดับสินค้าคงคลัง

Teerapabolarn และ Mekparyup (2016) ใช้วิธีพีคณิตของ Grubbström (1996) หาตัวแบบ EOQ ที่มีอัตราการเพิ่มสินค้าจำกัดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ โดยสมมุติให้ได้ระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษมีค่าเท่ากับ 0 หน่วย

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อหาตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุดที่ใช้หาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าเหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังที่มีสินค้าชำรุดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาเฉพาะระบบสินค้าคงคลังของตัวแบบ EOQ ที่มีสินค้าชำรุดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ ซึ่งจะต้องมีการตรวจสอบสินค้าทุกหน่วยทั้ง 100% และต้องทราบสัดส่วนที่แน่นอนของสินค้าที่ชำรุดทั้งหมดก่อนนำไปเก็บในคลังหรือนำไปขายหลังการตรวจสอบแล้วเสร็จ และวิธีที่ใช้ในการหาตัวแบบดังกล่าว คือ วิธีพีชคณิต

1.5 แนวความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทฤษฎีในบริบทของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) เพื่อใช้หาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าเหมาะที่สุดที่ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายรวมในการดำเนินงานได้สูงสุดของระบบสินค้าคงคลังที่มีสินค้าชำรุดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ ซึ่งเป็นการนำงานวิจัยของ Tersine (1994) และ Teerapabolarn และ Thornsri (2014) และงานวิจัยของ Huang (2003) มาสร้างองค์ความรู้ใหม่ภายใต้สมมุติฐานที่สำคัญที่เพิ่มขึ้นมาจากตัวแบบ EOQ พื้นฐานสองข้อ คือ

1. มีสินค้าชำรุดในระบบสินค้าคงคลัง ซึ่งจะต้องมีการตรวจสอบสินค้าทุกหน่วยทั้ง 100% และต้องทราบสัดส่วนที่แน่นอนของสินค้าที่ชำรุดทั้งหมดก่อนนำไปเก็บในคลังหรือนำไปขายหลังการตรวจสอบแล้วเสร็จ
2. ในการดำเนินงานของระบบสินค้าคงคลัง อาจมีบางช่วงเวลาที่ผู้ผลิตหรือผู้จำหน่ายมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. เป็นองค์ความรู้ใหม่ทางด้านทฤษฎีสินค้าคงคลังเชิงกำหนด (Deterministic Inventory Theory)
2. ได้ตัวแบบ EOQ ที่ใช้หาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าเหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังที่มีสินค้าชำรุดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ
3. เผยแพร่งานวิจัยในวารสารระดับชาติ

บทที่ 2
วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยในการหาตัวแบบ EOQ ที่มีสินค้าชำรุดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษโดยใช้วิธีพีชคณิตมีดังนี้

2.1 กำหนดสัญกรณ์ (Notation) สมมุติฐาน (Assumption) และวิธีที่ใช้ในการหาตัวแบบ EOQ

การกำหนดสัญกรณ์และสมมุติฐานในงานวิจัยนี้ ได้กำหนดให้สอดคล้องกับระบบสินค้าคงคลังที่ปรากฏในงานวิจัยของ Teerapabolarn และ Thornsri (2014) และในงานวิจัยของ Huang (2003) และวิธีที่ใช้ในการหาตัวแบบ EOQ คือ วิธีพีชคณิต ดังนี้

2.1.1 สัญกรณ์

D แทนอัตราความต้องการสินค้าที่ไม่ชำรุดต่อหน่วยเวลา

A แทนค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้าต่อครั้ง (ต่อคาบ)

F แทนค่าใช้จ่ายดำเนินการตรวจสอบสินค้าต่อครั้ง (ต่อคาบ)

f แทนค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบสินค้าต่อหน่วยสินค้า

c แทนราคาสินค้าที่สั่งซื้อต่อหน่วยสินค้า

d แทนสัดส่วนของสินค้าที่ชำรุด

i แทนค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าที่ไม่ชำรุดที่แปรไปตามราคาสินค้าต่อหน่วยสินค้าต่อหน่วยเวลา

k แทนส่วนต่างของราคาสินค้าที่ลดลง

Q^* แทนปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบปกติเหมาะที่สุดก่อนและหลังที่มีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ (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 วิธีพีชคณิต

วิธีที่ใช้หาตัวแบบ EOQ สำหรับงานวิจัยนี้ คือ วิธีพีชคณิตที่เรียกว่า กำลังสองสมบูรณ์ ซึ่งนำเสนอโดย Grubbström (1996) นั่นคือ ใช้พีชคณิตจัดผลต่างของฟังก์ชันค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้นให้อยู่ในรูปกำลังสองสมบูรณ์ของปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ เพื่อทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้สูงสุดนั่นคือ จัดฟังก์ชัน $a_1x^2 - a_2x$ ให้อยู่ในรูป

$$a_1\left(x - \frac{a_2}{2a_1}\right)^2 - \frac{a_2^2}{4a_1} \tag{2.1}$$

โดยที่ a_1 และ a_2 เป็นจำนวนจริงบวกและ x เป็นตัวแปรตัดสินใจ (Decision variable) หรือผลเฉลยที่ต้องการ

2.2 ดำเนินการหาผลการวิจัย

ดำเนินการผลการวิจัย ในที่นี้หมายถึงการหาตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังที่มีสินค้าชำรุดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษในลักษณะเดียวกับงานวิจัยของ Tersine (1994) และ Teerapabolarn และ Thornsri (2014) ด้วยการเพิ่มสินค้าชำรุดเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Huang (2003) เข้าไปในขั้นตอนการสร้างตัวแบบ EOQ ซึ่งเป็นผลการวิจัยที่ต้องการ โดยใช้วิธีพีชคณิตในสมการ (2.1)

2.3 ตรวจสอบผลการวิจัย

เมื่อได้ผลการวิจัยมาเรียบร้อยแล้ว และเนื่องจากผลการวิจัยที่ต้องการ คือ ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ทั้งหมด ดังนั้นในขั้นตอนนี้จะเป็นการตรวจสอบการได้มาของผลการวิจัยทั้งหมดว่ามีความถูกต้องสมบูรณ์แล้ว

2.4 การประยุกต์ใช้ผลการวิจัย

เป็นการประยุกต์ใช้ผลการวิจัย โดยการยกตัวอย่างเพื่อแสดงให้เห็นว่าผลลัพธ์ต่าง ๆ ที่หามาได้สามารถประยุกต์ใช้อย่างไร ต้องมีการกำหนด หรือต้องทราบค่าอะไรบ้าง

บทที่ 3
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

อันดับแรกจะเป็นการหาตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุด หรือหาตัวแบบของปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุดโดยใช้วิธีพีชคณิตที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.3 ต่อจากนั้นจะเป็นการยกตัวอย่างเพื่อแสดงการประยุกต์ใช้ผลการวิจัยที่หามาได้

3.1 ตัวแบบ EOQ และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด

ผลลัพธ์ที่ต้องการหา คือ ตัวแบบของปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดของระบบสินค้าคงคลังที่มีสินค้าชำรุดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ ดังทฤษฎีบทต่อไปนี้

ทฤษฎีบทที่ 3.1 ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด คือ Q_S^* หน่วย เมื่อ

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

และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด คือ G^* เมื่อ

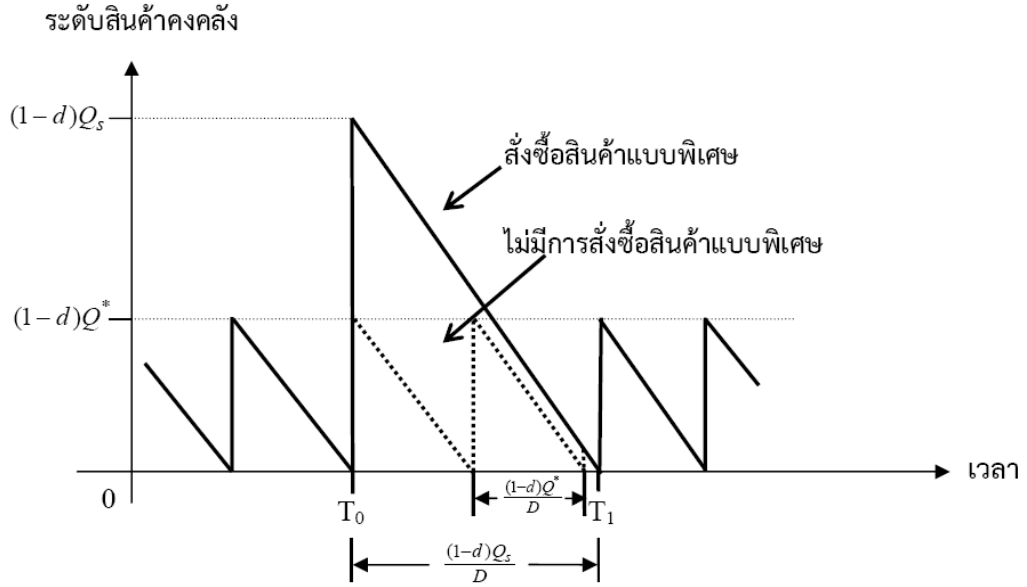
$$G^* = \begin{cases} \dfrac{(A+F)(c-k)}{c}\left(\dfrac{Q_S^*}{Q^*}-1\right)^2, & q=0 \\ (A+F)\left[\dfrac{c-k}{c}\left(\dfrac{Q_S^*}{Q^*}\right)^2-1\right], & 0<q\le(1-d)Q^* \end{cases} \tag{3.2}$$

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

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 แทนจุดเริ่มต้นที่มีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ และ T_1 แทนจุดสิ้นสุดคาบของการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ การเปลี่ยนแปลงของสินค้าคงคลังที่มีสินค้าชำรุดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษในกรณีนี้แสดงได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงของสินค้าคงคลังในกรณีที่ $q=0$ หน่วย

การปรับราคาสินค้าลดลงแบบพิเศษจาก c บาทต่อหน่วยสินค้า เป็น $c-k$ บาทต่อหน่วยสินค้า เกิดขึ้น ณ จุดเวลา T_0 (ระดับสินค้าคงคลังเท่ากับ 0 หน่วย) ซึ่งอาจมีหรือไม่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ ดังภาพที่ 1 และเมื่อเลยจุดเวลานี้ไปแล้ว สินค้าจะมีราคา c บาทต่อหน่วยสินค้าเท่าเดิม ต่อไปพิจารณาค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ของระบบสินค้าคงคลัง จะเห็นได้ว่าก่อนและหลังเวลาที่มีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ ณ จุดเวลา T_0 จะสามารถจัดหาสินค้าเหมาะที่สุดด้วยราคา c บาทต่อหน่วยสินค้าในปริมาณ Q^* หน่วย ซึ่ง Huang (2003) สามารถหา Q^* ได้ดังสมการต่อไปนี้

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

ถ้ามีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ ณ จุดเวลา T_0 ในปริมาณ Q_s หน่วย ค่าใช้จ่ายรวมตั้งแต่จุดเวลา T_0 ถึง T_1 ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้ามีค่าเท่ากับ A ค่าใช้จ่ายดำเนินการตรวจสอบสินค้ามีค่าเท่ากับ F ค่าใช้จ่ายที่เป็นมูลค่าสินค้าที่พิจารณาเฉพาะสินค้าไม่ชำรุดมีค่าเท่ากับ $(c-k)(1-d)Q_s$ ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบสินค้ามีค่าเท่ากับ fQ_s และค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้า (พิจารณาเฉพาะสินค้าที่ไม่ชำรุด) มีค่าเท่ากับ

$$i(c-k)\int_0^{\frac{(1-d)Q_S}{D}} \left[(1-d)Q_s - Dx\right]dx = \frac{i(c-k)(1-d)^2Q_s^2}{2D} \tag{3.4}$$

ดังนั้นค่าใช้จ่ายรวมเมื่อมีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ (C_s) มีค่าเท่ากับ

$$C_s = A + F + (c-k)(1-d)Q_s + fQ_s + \frac{i(c-k)(1-d)^2 Q_s^2}{2D} \tag{3.5}$$

ถ้าไม่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ แต่สั่งซื้อสินค้าในปริมาณปรกติ ณ จุดเวลา T_0 เท่ากับ Q^* หน่วย (พิจารณาเส้นประในภาพที่ 1) และเนื่องจากปริมาณสินค้าที่พิจารณาเฉพาะสินค้าที่ไม่ชำรุดตั้งแต่จุดเวลา T_0 ถึง T_1 มีค่าเท่ากับ $(1-d)Q_s$ หน่วย แบ่งเป็นปริมาณสินค้า $(1-d)Q^*$ หน่วย ในราคา $c-k$ บาทต่อหน่วยสินค้า และปริมาณสินค้า $(1-d)(Q_s - Q^*)$ หน่วย ในราคา c บาทต่อหน่วยสินค้า และจำนวนครั้งในการสั่งซื้อสินค้าและตรวจสอบสินค้ามีค่าเท่ากับ $\frac{Q_s}{Q^*}$ ครั้ง ดังนั้นค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ตั้งแต่จุดเวลา T_0 ถึง T_1 ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้ามีค่าเท่ากับ $\frac{Q_s}{Q^*}A$ ค่าใช้จ่ายดำเนินการตรวจสอบสินค้ามีค่าเท่ากับ $\frac{Q_s}{Q^*}F$ ค่าใช้จ่ายที่เป็นมูลค่าสินค้ามีค่าเท่ากับ $(c-k)(1-d)Q^* + c(1-d)(Q_s - Q^*)$ ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบสินค้ามีค่าเท่ากับ fQ_s และค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าในช่วงเวลา $\frac{(1-d)Q_s}{D}$ มีค่าเท่ากับ

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

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

$$= \frac{ic(1-d)^2 Q_s Q^*}{2D} - \frac{ik(1-d)^2(Q^*)^2}{2D} \tag{3.6}$$

ดังนั้นค่าใช้จ่ายรวมเมื่อไม่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ (C_n) มีค่าเท่ากับ

$$C_n = \frac{Q_s}{Q^*}(A+F) + (c-k)(1-d)Q^* + c(1-d)(Q_s - Q^*) + fQ_s + \frac{ic(1-d)^2 Q_s Q^*}{2D} - \frac{ik(1-d)^2(Q^*)^2}{2D}$$

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

$$= \frac{Q_s}{D}\left[\frac{(A+F)D}{Q^*} + \frac{2(A+F)D}{2Q^*}\right] - k(1-d)Q^* + c(1-d)Q_s + fQ_s - \frac{ik(1-d)^2(Q^*)^2}{2D} \quad \text{(โดย (3.3))}$$

$$= \frac{2(A+F)Q_s}{Q^*} - k(1-d)Q^* + c(1-d)Q_s + fQ_s - \frac{ik(1-d)^2(Q^*)^2}{2D} \tag{3.7}$$

และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้ (G) มีค่าเท่ากับ

$$G = C_n - C_s$$

$$= \frac{2(A+F)Q_s}{Q^*} - k(1-d)Q^* + c(1-d)Q_s + fQ_s - \frac{ik(1-d)^2(Q^*)^2}{2D}$$
$$-\left\{A+F+(c-k)(1-d)Q_s + fQ_s + \frac{i(c-k)(1-d)^2Q_s^2}{2D}\right\}$$

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

$$= -\frac{i(c-k)(1-d)^2Q_s^2}{2D} + \left[\frac{2(A+F)}{Q^*} + k(1-d)\right]Q_s$$
$$-k(1-d)Q^* - \frac{k(A+F)}{c} - (A+F) \qquad \text{(โดย (3.3))}$$

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

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

$$= -\frac{i(c-k)(1-d)^2}{2D}\left[Q_s - \frac{D}{i(c-k)(1-d)^2}\left[\frac{2(A+F)}{Q^*} + k(1-d)\right]\right]^2$$
$$+\frac{D}{2i(c-k)(1-d)^2}\left[\frac{2(A+F)}{Q^*} + k(1-d)\right]^2 - k(1-d)Q^* - \frac{k(A+F)}{c} - (A+F) \quad \text{(โดย (2.1))} \qquad (3.8)$$

ซึ่งจะเห็นได้ว่า G ในสมการ (3.8) จะมีค่าสูงสุดเมื่อ $Q_s - \frac{D}{i(c-k)(1-d)^2}\left[\frac{2(A+F)}{Q^*} + k(1-d)\right] = 0$

ดังนั้นปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด (Q_s^*) คือ

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

และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดเมื่อมีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ (G^*) มีค่าเท่ากับ

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

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

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

$$= \frac{(A+F)(c-k)}{c}\left[\frac{(Q_s^*)^2}{(Q^*)^2}+1\right] - \frac{i(c-k)(1-d)^2}{D}Q^*Q_s^* \qquad \text{(โดย (3.3))}$$

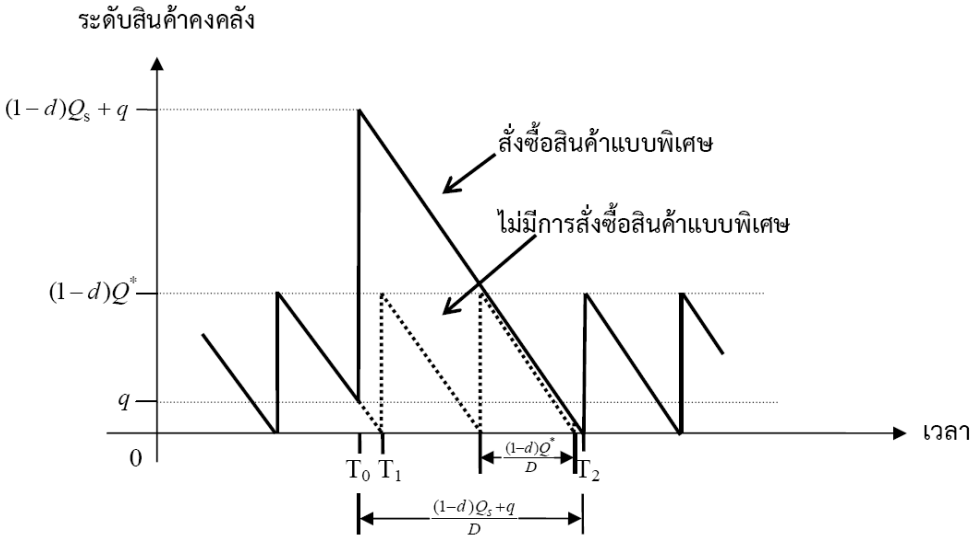
$$= \frac{(A+F)(c-k)}{c}\left[\left(\frac{Q_s^*}{Q^*}\right)^2 - \frac{ic(1-d)^2}{(A+F)D}Q^*Q_s^*+1\right]$$

$$= \frac{(A+F)(c-k)}{c}\left[\left(\frac{Q_s^*}{Q^*}\right)^2 - 2\frac{Q_s^*}{Q^*}+1\right] \qquad \text{(โดย (3.3))}$$

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

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

ให้ T_0 แทนจุดเริ่มต้นที่มีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ T_1 แทนจุดสิ้นสดคาบของการสั่งซื้อสินค้าแบบปรกติ (หลังจากมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ) และ T_2 แทนจุดสิ้นสุดคาบของการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ การเปลี่ยนแปลงของสินค้าคงคลังที่มีสินค้าชำรุดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษในกรณีนี้แสดงได้ดังภาพที่ 2



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

การปรับราคาสินค้าลดลงแบบพิเศษจาก c บาทต่อหน่วยสินค้า เป็น $c-k$ บาทต่อหน่วยสินค้า เกิดขึ้น ณ จุดเวลา T_0 (ระดับสินค้าคงคลังเท่ากับ q หน่วย) ซึ่งอาจมีหรือไม่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ ดังภาพที่ 2 และเมื่อเลยจุดเวลานี้ไปแล้ว สินค้าจะมีราคา c บาทต่อหน่วยสินค้าเท่าเดิม จะเห็นได้ว่าก่อนและหลังเวลาที่มีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ ณ จุดเวลา T_0 จะสามารถจัดหาสินค้าเหมาะที่สุดด้วยราคา c บาทต่อหน่วยสินค้าในปริมาณ $Q^* = \frac{1}{1-d}\sqrt{\frac{2(A+F)D}{ic}}$ หน่วย ดังสมการ (3.3) เช่นเดียวกัน ต่อไปพิจารณาค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ของระบบสินค้าคงคลัง

ถ้ามีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ ณ จุดเวลา T_0 ในปริมาณ Q_s หน่วย ค่าใช้จ่ายรวมตั้งแต่จุดเวลา T_0 ถึง T_2 ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้ามีค่าเท่ากับ A ค่าใช้จ่ายดำเนินการตรวจสอบสินค้ามีค่าเท่ากับ F ค่าใช้จ่ายที่เป็นมูลค่าสินค้าที่พิจารณาเฉพาะสินค้าไม่ชำรุดมีค่าเท่ากับ $(c-k)(1-d)Q_s$ ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบสินค้ามีค่าเท่ากับ fQ_s และค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าสามารถแบ่งการพิจารณาออกเป็นสองช่วง คือ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาตั้งแต่จุดเวลา T_0 ถึง T_1 มีค่าเท่ากับ

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

$$= \frac{icq^2}{2D} + i(c-k)\frac{q(1-d)Q_s}{D} \qquad (3.9)$$

และค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาตั้งแต่จุดเวลา T_1 ถึง T_2 มีค่าเท่ากับ

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

$$= i(c-k)\frac{\left[(1-d)Q_s\right]^2}{2D} \qquad (3.10)$$

ดังนั้นค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นตั้งแต่จุดเวลา T_0 ถึง T_2 มีค่าเท่ากับ

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

นั่นคือ จะได้ว่าค่าใช้จ่ายรวมเมื่อมีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ ณ จุดเวลา T_0 (C_s) มีค่าเท่ากับ

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

ถ้าไม่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ แต่สั่งซื้อสินค้าแบบปรกติเหมือนเดิม ณ จุดเวลา T_1 เท่ากับ Q^* หน่วย (พิจารณาเส้นประในรูปที่ 2) ปริมาณสินค้าที่พิจารณาเฉพาะสินค้าที่ไม่ชำรุดตั้งแต่จุดเวลา T_0 ถึง T_2 มีค่าเท่ากับ

$(1-d)Q_s$ หน่วย ในราคา c บาทต่อหน่วยสินค้า และจำนวนครั้งในการสั่งซื้อสินค้าและตรวจสอบสินค้ามีค่าเท่ากับ $\frac{Q_s}{Q^*}$ ครั้ง ดังนั้นค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ตั้งแต่จุดเวลา T_0 ถึง T_2 ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้ามีค่าเท่ากับ $\frac{Q_s}{Q^*}A$ ค่าใช้จ่ายดำเนินการตรวจสอบสินค้ามีค่าเท่ากับ $\frac{Q_s}{Q^*}F$ ค่าใช้จ่ายที่เป็นมูลค่าสินค้ามีค่าเท่ากับ $c(1-d)Q_s$ ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบสินค้ามีค่าเท่ากับ fQ_s และค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าสามารถแบ่งการพิจารณาออกเป็นสองช่วง คือ ค่าใช้ จ่ายในการเก็บรักษาตั้งแต่จุดเวลา T_0 ถึง T_1 มีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned} ic\int_0^{\frac{q}{D}}(q-Dx)\,dx &= ic\left[qx-\frac{Dx^2}{2}\right]_0^{\frac{q}{D}} \\ &= \frac{icq^2}{2D} \end{aligned} \tag{3.12}$$

และค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาตั้งแต่จุดเวลา T_1 ถึง T_2 มีค่าเท่ากับ

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

$$= ic\left(\frac{Q_s}{Q^*}\right)\frac{[(1-d)Q^*]^2}{2D}$$

$$= \frac{icQ_s(1-d)^2Q^*}{2D} \tag{3.13}$$

ดังนั้นจะได้ว่าค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นตั้งแต่จุดเวลา T_0 ถึง T_2 มีค่าเท่ากับ

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

นั่นคือ ค่าใช้จ่ายรวมเมื่อไม่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ (C_n) มีค่าเท่ากับ

$$C_n = \frac{Q_s}{Q^*}(A+F)+c(1-d)Q_s+fQ_s+\frac{icq^2}{2D}+\frac{icQ_s(1-d)^2Q^*}{2D} \tag{3.14}$$

และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้ (G) มีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned} G &= C_n - C_s \\ &= \frac{Q_s}{Q^*}(A+F)+c(1-d)Q_s+fQ_s+\frac{icq^2}{2D}+\frac{icQ_s(1-d)^2Q^*}{2D} \\ &\quad -\left\{A+F+(c-k)(1-d)Q_s+fQ_s+i(c-k)\frac{\left[(1-d)Q_s\right]^2}{2D}+\frac{icq^2}{2D}+i(c-k)\frac{q(1-d)Q_s}{D}\right\} \end{aligned}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

จะเห็นได้ว่า G ในสมการ (3.15) จะมีค่าสูงสุดเมื่อ $Q_s - \left(\frac{D}{i(c-k)(1-d)^2}\left[\frac{2(A+F)}{Q^*} + k(1-d)\right] - \frac{q}{1-d}\right) = 0$

ดังนั้นปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด (Q_s^*) คือ

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

และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดเมื่อมีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ (G^*) มีค่าเท่ากับ

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

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

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

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

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

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

ดังนั้นจากการพิสูจน์ทั้งสองกรณี จึงได้ผลลัพธ์ที่ต้องการดังที่แสดงในสมการ (3.1) และ (3.2) ตามลำดับ □

หมายเหตุ 1. กรณีที่ $q = 0$ จะได้ว่า

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

$$= \frac{1}{c-k}\left(cQ^* + \frac{kD}{i(1-d)}\right)$$

$$> Q^*$$

ทำให้ $G^* > 0$ เสมอ ดังนั้นในกรณีนี้จึงควรจะสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษในปริมาณ Q_s^* หน่วย เมื่อมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ ซึ่งจะทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายรวมได้สูงสุดเท่ากับ $\frac{(A+F)(c-k)}{c}\left(\frac{Q_s^*}{Q^*} - 1\right)^2$

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

3. กรณีที่ $q = 0$ จะได้ว่า

$$\frac{Q_s^*}{Q^*} = \frac{1}{(c-k)Q^*}\left(cQ^* + \frac{kD}{i(1-d)}\right)$$

$$= \frac{1}{c-k}\left(c + k\sqrt{\frac{cD}{2i(A+F)}}\right)$$

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

$$\frac{Q_s^*}{Q^*} = \frac{1}{(c-k)Q^*}\left(cQ^* + \frac{kD}{i(1-d)}\right) - \frac{q}{(1-d)Q^*}$$

$$= \frac{1}{c-k}\left(c + k\sqrt{\frac{cD}{2i(A+F)}}\right) - \frac{q}{\sqrt{\frac{2(A+F)D}{ic}}}$$

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 Teerapanolarn และ Thornsri (2014) ดังบทแทรกต่อไปนี้

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

$$Q_s^* = \frac{D}{i(c-k)}\left(\frac{2A}{Q^*} + k\right) - q,\ 0 \le q \le Q^* \tag{3.16}$$

และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุด คือ G^* เมื่อ

$$G^* = \begin{cases} \dfrac{A(c-k)}{c}\left(\dfrac{Q_s^*}{Q^*}-1\right)^2, & q=0 \\ A\left[\dfrac{c-k}{c}\left(\dfrac{Q_s^*}{Q^*}\right)^2-1\right], & 0<q\le Q^* \end{cases} \tag{3.17}$$

โดยที่ $Q^* = \sqrt{\dfrac{2AD}{ic}}$

3.2 การประยุกต์ใช้ผลการวิจัย

ในหัวข้อย่อยนี้จะแสดงการประยุกต์ใช้ทฤษฎีบทที่ 3.1 กับระบบสินค้าคงคลังที่มีสินค้าชำรุดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษในรูปของผลลัพธ์เชิงตัวเลขที่สัมพันธ์กับผลลัพธ์ที่ได้ในทฤษฎีบทที่ 3.1 ดังนี้

ตัวอย่างที่ 3.1 กำหนดให้อัตราความต้องการสินค้า $D=3{,}000$ หน่วยต่อปี ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้า $A=2{,}500$ บาทต่อครั้ง ค่าใช้จ่ายดำเนินการตรวจสอบสินค้า $F=1{,}000$ บาทต่อครั้ง ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้า $i=10\%$ ของราคาสินค้าต่อหน่วยต่อปี ราคาของสินค้าที่สั่งซื้อ $c=1{,}500$ บาทต่อหน่วย ส่วนต่างของราคาที่ลดลง $k=300$ บาทต่อหน่วย โดยกำหนดสัดส่วนของสินค้าที่ชำรุด $d=0.05,\ 0.10$ และ 0.15 และระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ $q=0,\ 100$ และ 300 หน่วย ตามลำดับ ดังนั้นปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดสามารถแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดที่เปลี่ยนแปลงตามค่า d และ q ของตัวอย่างที่ 3.1

d	Q^* (หน่วย)	q (หน่วย)	Q_s^* (หน่วย)	G^* (บาท)
0.05	393.8587	0	8387.0602	988489.2261
		100	8281.7970	1058156.8486
		300	8071.2707	1004892.5708
0.10	415.7397	0	8853.0080	988489.2261
		100	8741.8969	1058156.8486
		300	8519.6746	1004892.5708
0.15	440.1950	0	9373.7731	988489.2261
		100	9256.1261	1058156.8486
		300	9020.8320	1004892.5708

ตัวอย่างที่ 3.2 กำหนดให้อัตราความต้องการสินค้า $D = 6,000$ หน่วยต่อปี ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้า $A = 3,500$ บาทต่อครั้ง ค่าใช้จ่ายดำเนินการตรวจสอบสินค้า $F = 2,000$ บาทต่อครั้ง ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้า $i = 5\%$ ของราคาสินค้าต่อหน่วยต่อปี ราคาของสินค้าที่สั่งซื้อ $c = 2,500$ บาทต่อหน่วย ส่วนต่างของราคาที่ลดลง $k = 500$ บาทต่อหน่วย โดยกำหนดสัดส่วนของสินค้าที่ชำรุด $d = 0.03,\ 0.08$ และ 0.12 และระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ $q = 0,\ 200,\ 400$ และ 600 หน่วย ตามลำดับ ดังนั้นปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดสามารถแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด และค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดที่เปลี่ยนแปลงตามค่า d และ q ของตัวอย่างที่ 3.2

d	Q^* (หน่วย)	q (หน่วย)	Q_s^* (หน่วย)	G^* (บาท)
0.03	749.1094	0	31864.2218	7591104.5106
		200	31658.0362	7852828.2361
		400	31451.8506	7750800.5857
		600	31245.6651	7649439.6021
0.08	789.8218	0	33595.9729	7591104.5106
		200	33378.5816	7852828.2361
		400	33161.1903	7750800.5857
		600	32943.7990	7649439.6021
0.12	825.7228	0	35123.0626	7591104.5106
		200	34895.7899	7852828.2361
		400	34668.5172	7750800.5857
		600	34441.2444	7649439.6021

พิจารณาตัวอย่างที่ 3.1 และ 3.2 จะเห็นได้ว่าปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุด (Q_s^*) แปรผันตามสัดส่วนของสินค้าที่ชำรุด (d) นั่นคือ เมื่อสัดส่วนสินค้าที่ชำรุดเพิ่มขึ้นปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุดมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย แต่ค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้สูงสุด (G^*) ไม่มีการแปลงเปลี่ยนแปลงตามสัดส่วนของสินค้าที่ชำรุด ซึ่งสอดคล้องกับหมายเหตุข้อที่ 3 นอกจากนี้ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุดจะแปรผันตามระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ (q) นั่นคือ เมื่อระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษมีระดับเพิ่มขึ้นปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุดมีค่าลดลง ยกเว้นในกรณีที่

ระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเท่ากับ 0 หน่วย ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุดจะมีค่ามากที่สุด แต่ค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้สูงสุดกลับมีค่าต่ำสุด

บทที่ 4
บทสรุป

4.1 สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัย “ตัวแบบ EOQ ที่มีสินค้าชำรุดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ” สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

การหาตัวแบบ EOQ เหมาะที่สุด หรือตัวแบบของปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังที่มีสินค้าชำรุดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษภายใต้เงื่อนไขที่ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายรวมได้สูงสุด โดยปรับปรุงหรือพัฒนาตัวแบบ EOQ ของ Tersine (1994) และตัวแบบ EOQ ของ Teerapabolarn และ Thornsri (2014) เพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้ได้กับระบบสินค้าคงคลังที่มีสินค้าชำรุด ที่ทราบสัดส่วนที่แน่นอนของสินค้าที่ชำรุดทั้งหมด และต้องมีการตรวจสอบสินค้าทั้งหมดทุกหน่วยหรือ 100% ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ ตัวแบบ EOQ ที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้หาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษเหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังในสถานการณ์ที่มีสินค้าชำรุดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ และสามารถทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้นในระบบสินค้าคงคลังได้สูงสุด นอกจากนี้ตัวแบบ EOQ ที่ได้ยังครอบคลุมการประยุกต์ใช้ในทุกระดับสินค้าคงคลังขณะที่มีการสั่งซื้อสินค้าแบบพิเศษ

4.2 อภิปรายผลการวิจัย

ผลที่ได้จากงานวิจัย “ตัวแบบ EOQ ที่มีสินค้าชำรุดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ” 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 พบว่าค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดจะไม่ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของสินค้าที่ชำรุด นั่นคือ ค่าใช้จ่ายรวมที่สามารถประหยัดได้สูงสุดจะไม่แปรผันตามสัดส่วนของสินค้าที่ชำรุด

3. เมื่อสัดส่วนของสินค้าที่ชำรุดมีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าในระบบสินค้าคงคลังไม่มีสินค้าที่ชำรุด หรือมีของดี 100% ผลลัพธ์ที่ได้ในกรณีนี้จะเหมือนกับผลลัพธ์ของ Tersine (1994) และผลลัพธ์ของ Teerapabolarn และ Thornsri (2014) ซึ่งแสดงว่าผลการวิจัยนี้ครอบคลุมผลการวิจัยของทั้ง Tersine (1994) และ Teerapabolarn และ Thornsri (2014)

บทที่ 5
ผลผลิต

5.1 การตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการ

1. สิทธิกรณ์ คำรอด และคณินทร์ ธีรภาพโอฬาร. (2560). ตัวแบบสินค้าคงคลังที่มีสินค้าชำรุดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ. ในการประชุมวิชาการคณิตศาสตร์บริสุทธิ์และประยุกต์ (หน้า 31-40). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
2. คณินทร์ ธีรภาพโอฬาร. (2561). การปรับปรุงตัวแบบสินค้าคงคลังที่มีสินค้าชำรุดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, *23*(1), XXX-XXX.

5.2 การจดสิทธิบัตร

ไม่มี

5.3 ผลงานเชิงพาณิชย์

ไม่มี

5.4 ผลงานเชิงสาธารณะ

เป็นองค์ความรู้ใหม่ทางด้านทฤษฎีสินค้าคงคลังเชิงกำหนด ซึ่งสามารถองค์ความรู้ใหม่นี้ไปใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีสินค้าคงคลังที่มีความเกี่ยวข้องได้ นอกจากนี้สามารถนำตัวแบบ EOQ ที่ได้ไปประยุกต์ใช้หาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าเหมาะที่สุดของระบบสินค้าคงคลังที่เกี่ยวข้องหรือมีความสัมพันธ์กับกรณีที่มีสินค้าชำรุดและมีการลดราคาสินค้าแบบพิเศษ

บรรณานุกรม

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.

Tersine, R. J. (1994). *Principles of Inventory and Materials Management* (4th ed.). New Jersey: Prentice-Hall.

Salameh, M. K., & Jaber, M. Y. (2000). Economic production quantity model for items with imperfect quality, *International Journal of Production Economics*, *64*(1-3), 59-64.

Schwaller, R .L. (1988). EOQ under inspection costs. *Production and Inventory Management Journal*, *29*(3), 22-24.

Taleizadeh, A. A., Pentico, D. W., Aryanezhad, M., & Ghoreyshi, S. M. (2012). An economic order quantity model with partial backordering and a special sale price. *European Journal of Operational Research, 221*(3), 571-583.

Teerapabolarn, K, & Khamrod, S. (2015). The EOQ model with shortage and special sales price. *Srinakharinwirot Science Journal*, *31*(1), 147-163. (in Thai)

Teerapabolarn, K. & Mekparyup, J. (2016). The EOQ model with continuous replenishment rate and special sales price. *Srinakharinwirot Science Journal*, *32*(1), 127-132. (in Thai)

Teerapabolarn, K. & Thornsri, N. (2014). Determination of the EOQ model with special sales price by algebraic method. *Srinakharinwirot Science Journal*, *30*(1), 193-207. (in Thai)

Tu, Y. C., Huang, Y. F., Chen, W. K., & Chen, H. F. (2011). Using simple methods to derive EOQ and EPQ models with shortage and imperfect quality. *Journal of Information &*

Optimization Sciences, *32*(6), 1333-1340.