

ตัวแบบปริมาณสั่งซื้อที่ประหยัดสำหรับสินค้าที่เน่าเสียง่าย ภายใต้การตรวจสอบสินค้าที่ผิดพลาด

Economic Order Quantity Model for Perishable Items under Inspection Error

วุฒิชัย ศรีโสดาพล¹, นฤพร สุทธิจิตร², สุทธยาณ์ ไชยรัตน์³ และรัตนากาล คำสอน^{3*}
Wuttichai Srisodaphol¹, Naruporn Suttijit², Sutthaya Chaiyarat² and Rattanakarn Khomson^{3*}

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อเสนอตัวแบบปริมาณสั่งซื้อที่ประหยัดสำหรับสินค้าที่เน่าเสียง่าย ภายใต้การตรวจสอบสินค้าเมื่ออัตราความต้องการคงที่ โดยไม่มีช่วงเวลานำ ไม่มีการขาดแคลนสินค้า และมีการตรวจสอบสินค้าทุกหน่วยสินค้าในแต่ละรอบ แต่อาจจะมีผิดพลาดในการตรวจสอบสินค้า ซึ่งตัวแบบที่นำเสนอสามารถหาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสมที่ทำให้ค่าใช้จ่ายทั้งหมดเฉลี่ยต่อหน่วยเวลาต่ำที่สุด พร้อมทั้งมีการแสดงตัวอย่างเชิงตัวเลขเพื่อทำการสนับสนุนผลของการศึกษาเชิงทฤษฎี และมีการวิเคราะห์ความไวของเศษส่วนสินค้าที่เสียที่มีผลต่อค่าใช้จ่ายทั้งหมดเฉลี่ยต่อหน่วยเวลา ซึ่งพบว่า เศษส่วนของสินค้าที่เสียเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าใช้จ่ายทั้งหมดเฉลี่ยต่อหน่วยเวลาเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

คำสำคัญ: อัตราการเน่าเสีย, เศษส่วนของสินค้าที่เสีย, นโยบายสินค้าคงคลัง, การวิเคราะห์ความไว

Abstract

The objective of this study was to propose economic order quantity model for perishable items under inspection with constant demand, without lead time, no shortage, and all screened items in each cycle but the inspection error was occurred. In this proposed model, optimal order quantity with the minimum total cost per time unit was obtained. Furthermore, a numerical example was displayed to the support theoretical study and sensitivity analysis of fraction of perishable items affecting expected total cost per unit time. The results share that a fraction of perishable was increased then the expected total cost per time unit would also be increased.

Keywords: Deterioration Rate, Fraction of Defective Items, Inventory Policy, Sensitivity Analysis

¹ ผศ.ดร., สาขาวิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

² นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

³ อ., แผนกวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ 50300

¹ Asst. Prof. Dr., Department of Statistics, Faculty of Science, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002

² Undergraduate Student, Department of Statistics, Faculty of Science, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002

³ Lecturer, Department of Mathematics, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Mai, 50300

* Corresponding author: E-mail address: krattanakarn@hotmail.com, Tel.: 084-6126690

(Received: September 2, 2019; Revised: October 28, 2019; Accepted: December 24, 2019)

บทนำ

สินค้าในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ผักสดและผลไม้ จะมีความแตกต่างจากอุตสาหกรรมทั่วไป คือ สินค้าในอุตสาหกรรมอาหาร มีอายุการเก็บรักษาทำให้คุณภาพของสินค้าลดลงเรื่อยๆ โดยการเสื่อมคุณภาพ หรือการลดลงของคุณภาพอาหารทั้งทางด้านกายภาพเช่น สี กลิ่นรส สรรพคุณ เนื้อสัมผัส และทางโภชนาการ จะทำให้อาหารไม่เป็นที่ต้องการ ไม่ปลอดภัย และไม่ได้รับการยอมรับของผู้บริโภค เนื่องจากสินค้าในอุตสาหกรรมอาหารมีอายุการเก็บรักษาและผู้ขายต้องสรรหาสิ่งที่มีคุณภาพที่ดีที่สุดมาเสนอขายแก่ผู้ซื้อ การตรวจสอบสินค้าจึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญและจำเป็นต้องทำการตรวจสอบเพื่อยืนยันความถูกต้อง คุณภาพของสินค้า และจำนวนสินค้า ซึ่งหากเกิดความผิดพลาดในการตรวจสอบสินค้าจะทำให้มีสินค้าที่เสีย หรือสินค้าที่มีตำหนิส่งถึงมือผู้ซื้อ และนอกจากนี้ยังส่งผลเสียทำให้ผู้ขายมีภาพลักษณ์ที่ไม่ดี

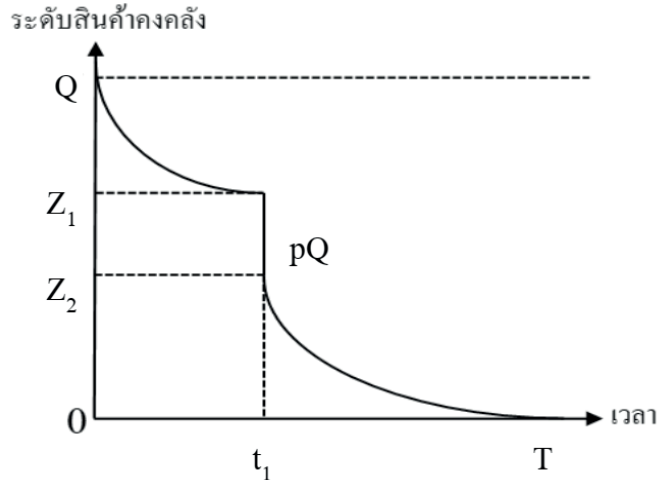
ที่ผ่านมามีการศึกษาเกี่ยวกับตัวแบบปริมาณสั่งซื้อที่ประหยัดสำหรับสินค้าที่มีการเน่าเสียง่าย เช่น ในปี 1995 Padmanabhan และ Vrat [1] ได้นำเสนอตัวแบบการสั่งซื้อแบบประหยัด สำหรับสินค้าที่เน่าเสียง่าย เมื่อระดับสินค้าคงคลังขึ้นกับอัตราการขาย มีอัตราการเติมเต็มสินค้าแบบไม่จำกัด โดยไม่มีช่วงเวลานำ เวลาการเสื่อมสภาพของสินค้ามีการแจกแจงแบบเลขชี้กำลังและนโยบายสินค้าคงคลังที่ใช้คือมีการตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง ในปี 1998 Giri และ Chaudhuri [2] ได้นำเสนอตัวแบบเชิงกำหนด (Deterministic Model) ของสินค้าคงคลังที่มีการเน่าเสียง่ายเมื่อระดับสินค้าคงคลังขึ้นอยู่กับการความต้องการและค่าใช้จ่ายในการ จัดเก็บรักษาที่ไม่เป็นเชิงเส้น โดยไม่มีช่วงเวลานำ มีการเติมเต็มสินค้าทันที ค่าใช้จ่ายในการเติมเต็มสินค้า ทรานค่าและมีค่าคงที่ ระบบสินค้าคงคลังประกอบด้วยสินค้าชนิดเดียว และมีจุดของการจัดหาสินค้า (Stocking Point) เพียงจุดเดียวในแต่ละรอบการสั่งซื้อ ต่อมาในปี 2005 Dye และ Ouyang [3] ได้นำเสนอตัวแบบการสั่งซื้อที่ประหยัดสำหรับสินค้าที่เน่าเสียง่ายซึ่งพัฒนาจากตัวแบบของ Padmanabhan และ Vrat [1] ภายใต้อสมมติเดียวกันยกเว้นมีระยะเวลาภายในการค้างส่งสินค้าบางส่วน ในปี 2010 Hsieh และ Dye [4] ได้นำเสนอ นโยบายการเติมเต็มสินค้าที่เหมาะสมสำหรับสินค้าที่เน่าเสียง่ายเมื่อเวลาการเสื่อมสภาพของสินค้า มีการแจกแจงแบบเลขชี้กำลังและมีข้อจำกัดในการจัดเก็บสินค้า โดยยอมให้มีการขาดแคลนสินค้า ไม่มี ช่วงเวลานำ ระยะเวลาในการลงทุนของระบบสินค้าคงคลังเป็นแบบไม่จำกัด และมีพื้นที่ในการจัดเก็บสินค้า ในปี 2011 Sana [5] ได้นำเสนอตัวแบบการสั่งซื้อแบบประหยัดสำหรับสินค้าที่เน่าเสียง่าย ที่มีการกำหนด ระยะเวลาในการลงทุนที่แน่นอน อัตราความต้องการลดลงเป็นกำลังสองของราคาขาย ราคาในช่วงเวลาที่ แตกต่างกันเป็นตัวแปรในการตัดสินใจ โดยตัวแบบถูกพัฒนาขึ้นสำหรับสินคารายการเดียว มีการพิจารณา การเสื่อมสภาพของสินค้า ระยะเวลาในการลงทุนแน่นอน ความยาวรอบของการสั่งซื้อแต่ละรอบเท่ากัน และไม่ให้ยอมให้มีการขาดแคลนสินค้า ในปี 2013 Avinadav *et al.* [6] ได้เสนอตัวแบบสินค้าคงคลังสำหรับ สินค้าเน่าเสียง่ายกับฟังก์ชันความต้องการเกิดจากต่อราคาขายสินค้าและเวลาหลังจากการเติมเต็มสินค้า อัตราความต้องการลดลงเป็นแบบเชิงเส้นกับราคาขายและลดลงเป็นแบบพหุนามกับเวลาหลังจากการเติมเต็ม สินค้า โดยไม่ยอมให้มีการค้างส่งสินค้า ซึ่งช่วงเวลานำมีค่าคงที่ สินค้ามีอายุการเก็บรักษาคงที่ และสินค้า ทั้งหมดมีระยะเวลาหมดอายุซึ่งผู้บริโภคทราบได้ ในปี 2013 เช่นเดียวกัน Taleizadeh *et al.* [7] ได้เสนอตัวแบบ การสั่งซื้อแบบประหยัดสำหรับสินค้าที่สามารถเน่าเสียง่ายกับการขายแบบลดราคาและยอมให้มีการขาดแคลน สินค้า และในปี 2015 Kouki *et al.* [8] นำเสนอตัวแบบ (r,Q) ที่มีค่าเสียโอกาสในการขายสินค้า สำหรับสินค้า ที่เน่าเสียง่ายโดยมีความต้องการสินค้าแบบเพี้ยนสุ่ม อายุการใช้งานและช่วงเวลานำคงที่ และไม่มีสินค้าเสีย

ในช่วงเวลานำ นอกจากนี้ ยังได้มีการนำเสนอตัวแบบปริมาณสั่งซื้อที่ประหยัดเกี่ยวกับการตรวจสอบสินค้าระหว่างที่มีการขายสินค้าที่ไม่ใช่สินค้าที่เน่าเสียง่าย ซึ่งการตรวจสอบสินค้านั้นสามารถเกิดความคิดพลาดได้ [9-13] เพื่อให้ตัวแบบนั้นสอดคล้องกับความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอตัวแบบการสั่งซื้อที่ประหยัดสำหรับสินค้าที่มีการเน่าเสียง่ายภายใต้การตรวจสอบสินค้า โดยเกิดความคิดพลาดในการตรวจสอบสินค้าได้ เมื่ออัตราความต้องการสินค้าทราบค่าและมีค่าคงที่ ไม่มีช่วงเวลานำ ไม่ยอมให้มีการขาดแคลนสินค้าและมีการตรวจสอบสินค้าอย่างต่อเนื่องและตรวจสอบทุกหน่วยสินค้า ซึ่งเป็นตัวแบบที่สามารถหาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าต่อรอบที่เหมาะสมที่ทำให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยสุทธิที่ต่ำสุด

ตัวแบบการสั่งซื้อที่ประหยัดที่นำเสนอ

ในระบบของสินค้าคงคลังสำหรับการสั่งซื้อสินค้าที่ประหยัดสำหรับสินค้าที่เน่าเสียง่ายและมีการตรวจสอบสินค้าที่นำเสนอนี้ กำหนดให้มีปริมาณการสั่งซื้อคือ Q หน่วยต่อรอบ แต่ละรอบการสั่งซื้อมีเศษส่วนของสินค้าที่เสียเท่ากับ p และมีการตรวจสอบสินค้าทุกหน่วยสินค้า โดยเวลาในการตรวจสอบสินค้าคงคลังควบคู่ไปกับการขายสินค้าจนกระทั่งถึงเวลาคือ t_1 ซึ่งจะมีปริมาณสินค้าคงคลังลดลงถึงระดับ Z_1 ซึ่งเกิดจากความต้องการสินค้าและอัตราการเน่าเสียของสินค้า และที่เวลา t_1 จะพบสินค้าที่เสียทั้งหมด pQ หน่วย จึงนำสินค้าที่เสียทั้งหมดออกจากระบบสินค้าคงคลัง ทำให้ปริมาณสินค้าคงคลังลดลงเหลือระดับ Z_2 จากนั้นทำการขายสินค้าต่อจนกระทั่งสิ้นสุดรอบเวลา T ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ระบบของสินค้าคงคลัง

โดยมีข้อสมมติฐานเบื้องต้นดังนี้

1. อัตราความต้องการสินค้าทราบค่าและมีค่าคงที่
2. ไม่มีช่วงเวลานำ
3. ไม่มีการขาดแคลนสินค้า
4. มีการตรวจสอบสินค้าตรวจสอบอย่างต่อเนื่องและทำการตรวจสอบทุกหน่วยสินค้า
5. ไม่มีการคืนสินค้าเนื่องจากข้อผิดพลาดของการตรวจสอบสินค้า

สัญลักษณ์ที่ใช้ในตัวแบบ

- D แทน อัตราความต้องการสินค้า
Q แทน ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าต่อรอบ
 μ แทน อัตราการนำเสียของสินค้าต่อหน่วยเวลา
c แทน ต้นทุนสินค้าต่อหน่วย
d แทน ต้นทุนการตรวจคัดกรองสินค้าต่อหน่วย
x แทน อัตราการตรวจคัดกรองสินค้าต่อหน่วยเวลา
K แทน ต้นทุนคงที่ในการสั่งซื้อสินค้าต่อรอบ
h แทน ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าต่อหน่วย
T แทน ความยาวของรอบการสั่งซื้อสินค้า
 m_1 แทน ความน่าจะเป็นที่จำแนกสินค้าที่ไม่เสียเป็นสินค้าที่เสีย
 m_2 แทน ความน่าจะเป็นที่จำแนกสินค้าที่เสียเป็นสินค้าที่ไม่เสีย
p แทน เศษส่วนของสินค้าที่เสีย
 t_1 แทน เวลาการตรวจสอบในหนึ่งรอบ
 $I(t)$ แทน ปริมาณสินค้าคงคลังที่มีอยู่ ณ เวลา t
 $f(p)$ แทน ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของ p โดยมีการแจกแจงเอกรูปชนิดต่อเนื่อง $U(0,a)$
 c_a แทน ค่าใช้จ่ายของการยอมรับสินค้าที่เสีย
 c_r แทน ค่าใช้จ่ายของการปฏิเสธสินค้าที่ไม่เสีย
 Z_1 แทน ระดับสินค้าที่เวลา t_1
 Z_2 แทน ระดับสินค้าเมื่อนำสินค้าที่เสียออกจากระบบสินค้าคงคลังที่เวลา t_1

จากรูปที่ 1 ระดับสินค้าคงคลังลดลงเมื่อเวลาผ่านไปเนื่องจากสินค้าที่นำเสียและการขายสินค้า ดังนั้นสมการเชิงอนุพันธ์ของระดับสินค้าคงคลังที่เวลา t เขียน ได้ดังนี้

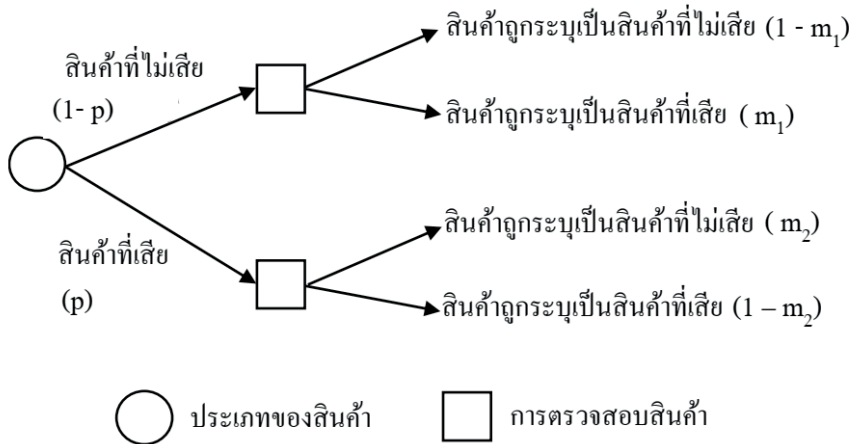
$$\frac{dI(t)}{dt} = -[\mu I(t) + D], \quad 0 \leq t \leq T \quad (1)$$

ภายใต้เงื่อนไข $I(0) = Q$ และ $I(T) = 0$ จากสมการ (1) จะได้ระดับสินค้าคงคลัง $I(t)$ คือ

$$I(t) = \begin{cases} -\frac{D}{\mu} + \left(Q + \frac{D}{\mu}\right)e^{-\mu t} & , 0 \leq t \leq t_1 \\ -\frac{D}{\mu} + \frac{D}{\mu}e^{-\mu(t-T)} & , t_1 < t \leq T \end{cases}$$

ซึ่งการตรวจสอบคัดแยกสินค้าจะมีเหตุการณ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมด 4 กรณี โดยมีเศษส่วนของสินค้าในกรณีต่างๆ ดังนี้
กรณีที่ 1 สินค้าที่ไม่เสียถูกระบุเป็นสินค้าที่ไม่เสีย โดยมีเศษส่วนของสินค้ากรณีนี้ คือ $(1-p)(1-m_1)$
กรณีที่ 2 สินค้าที่ไม่เสียถูกระบุเป็นสินค้าที่เสีย โดยมีเศษส่วนของสินค้ากรณีนี้ คือ $(1-p)m_1$
กรณีที่ 3 สินค้าที่เสียถูกระบุเป็นสินค้าที่ไม่เสีย โดยมีเศษส่วนของสินค้ากรณีนี้ คือ pm_2
กรณีที่ 4 สินค้าที่เสียถูกระบุเป็นสินค้าที่เสีย โดยมีเศษส่วนของสินค้ากรณีนี้ คือ $p(1-m_1)$

โดยแต่ละกรณีของการคัดแยกสินค้า ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กรณีที่แตกต่างกันของการคัดแยกสินค้า

พิจารณา ความยาวรอบของการสั่งซื้อสินค้า (T) คือ $T = \frac{Q(1-p)(1-m_1)}{D}$ (2)

และ ค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อรอบ (TC) โดย

TC = ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้าต่อรอบ (PC) + ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบสินค้าต่อรอบ (IC) + ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าต่อรอบ (HC)

ซึ่ง ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้าต่อรอบ (PC) คือ $PC = K + cQ$

ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบสินค้าต่อรอบ (IC) คือ $IC = dQ + c_r(1-p)m_1Q + c_a pm_2Q$

ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าต่อรอบ (HC) คือ $HC = h \left[-\frac{DT}{\mu} + \frac{Q}{\mu} (1-e^{-\mu T}) + \frac{D}{\mu^2} (e^{-\mu t_1 + \mu T} - e^{-\mu t_1}) \right]$

เมื่อแทนค่า $t_1 = \frac{D}{x}$ และ $T = \frac{Q(1-p)(1-m_1)}{D}$ จะได้

$$HC = h \left[-\frac{Q(1-p)(1-m_1)}{\mu} + \frac{Q}{\mu} \left(1 - e^{-\mu \frac{D}{x}} \right) + \frac{D}{\mu^2} \left(e^{-\mu \frac{D}{x} + \mu \frac{Q(1-p)(1-m_1)}{D}} - e^{-\mu \frac{D}{x}} \right) \right]$$

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (TC) คือ

$$TC(Q) = K + cQ + dQ + c_r(1-p)m_1Q + c_a pm_2Q + h \left[-\frac{Q(1-p)(1-m_1)}{\mu} + \frac{Q}{\mu} \left(1 - e^{-\mu \frac{D}{x}} \right) + \frac{D}{\mu^2} \left(e^{-\mu \frac{D}{x} + \mu \frac{Q(1-p)(1-m_1)}{D}} - e^{-\mu \frac{D}{x}} \right) \right] \quad (3)$$

เนื่องจาก p คือเศษส่วนสินค้าที่เสียที่มีฟังก์ชันความน่าจะเป็นคือ $f(p)$ ทำให้การหาค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อหน่วยเวลาจาก $E[TCU(Q)] = \frac{E[TC(Q)]}{E[T]}$ โดย $E[TC(Q)]$ คือค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อรอบ หรือค่าใช้จ่ายทั้งหมดเฉลี่ยต่อรอบ และ $E[T]$ คือค่าคาดหวังของความยาวรอบของการสั่งซื้อสินค้า หรือความยาวรอบของการสั่งซื้อสินค้าเฉลี่ย จากสมการ (3) จะได้ค่าใช้จ่ายทั้งหมดเฉลี่ยต่อรอบ คือ

$$E[TC(Q)] = K + cQ + dQ + c_r(1-E(p))m_1Q + c_uE(p)m_2Q + h \left[-\frac{Q(1-E(p))(1-m_1)}{\mu} + \frac{Q}{\mu} \left(1 - e^{-\frac{\mu D}{x}} \right) + \frac{D}{\mu^2} E \left(e^{-\frac{\mu D}{x} + \mu \frac{Q(1-p)(1-m_1)}{D}} \right) - e^{-\frac{\mu D}{x}} \right] \quad (4)$$

โดยจากสมการ(2) ความยาวรอบของการสั่งซื้อสินค้าเฉลี่ยคือ $E[T] = \frac{Q(1-E(p))(1-m_1)}{D}$

นั่นคือ ค่าใช้จ่ายทั้งหมดเฉลี่ยต่อหน่วยเวลา คือ

$$E[TCU(Q)] = \frac{K + cQ + dQ + c_r \left(1 - \frac{a}{2} \right) m_1 Q + c_u \left(\frac{a}{2} \right) m_2 Q + h \left[-\frac{Q \left(1 - \frac{a}{2} \right) (1-m_1)}{\mu} + \frac{Q}{\mu} \left(1 - e^{-\frac{\mu D}{x}} \right) + \frac{D}{\mu^2} E \left(e^{-\frac{\mu D}{x} + \mu \frac{Q(1-m_1)}{D}} \right) - e^{-\frac{\mu D}{x}} \right]}{Q \left(1 - \frac{a}{2} \right) (1-m_1)} \quad (5)$$

เพื่อที่จะหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่ทำให้ค่าใช้จ่ายทั้งหมดเฉลี่ยต่อหน่วยเวลามีค่าต่ำที่สุดจึงหาอนุพันธ์อันดับหนึ่งของสมการ (5) เทียบกับ Q แล้ว
กำหนดให้เท่ากับศูนย์ จากนั้นแก้สมการหาค่า Q จะได้อนุพันธ์อันดับหนึ่งของสมการ (5) เทียบกับ Q คือ

$$\frac{d}{dQ} E[TCU(Q)] = \frac{D}{Q^2 \left(1 - \frac{a}{2} \right) (1-m_1)} \left\{ -K - \frac{hD^2 e^{-\frac{\mu D}{x}}}{a\mu^3 (1-m_1)} \left[\frac{Q \left(\frac{\mu(1-a-m_1+am_1)}{D} e^{-\frac{\mu Q(1-a-m_1+am_1)}{D}} - \frac{\mu(1-m_1)}{D} e^{-\frac{\mu Q(1-m_1)}{D}} \right)}{Q} - \frac{2 \left(e^{-\frac{\mu Q(1-a-m_1+am_1)}{D}} - e^{-\frac{\mu Q(1-m_1)}{D}} \right)}{Q} \right] + \frac{hDe^{-\frac{\mu D}{x}}}{\mu^2} \right\}$$

กำหนดให้อนุพันธ์อันดับหนึ่งของสมการ (5) เทียบกับ Q เท่ากับ 0 นั่นคือ

$$\frac{D}{Q^2 \left(1 - \frac{a}{2} \right) (1-m_1)} \left\{ -K - \frac{hD^2 e^{-\frac{\mu D}{x}}}{a\mu^3 (1-m_1)} \left[\frac{Q \left(\frac{\mu(1-a-m_1+am_1)}{D} e^{-\frac{\mu Q(1-a-m_1+am_1)}{D}} - \frac{\mu(1-m_1)}{D} e^{-\frac{\mu Q(1-m_1)}{D}} \right)}{Q} - \frac{2 \left(e^{-\frac{\mu Q(1-a-m_1+am_1)}{D}} - e^{-\frac{\mu Q(1-m_1)}{D}} \right)}{Q} \right] + \frac{hDe^{-\frac{\mu D}{x}}}{\mu^2} \right\} = 0$$

หรือ

$$\frac{Ka\mu^3(1-m_1)e^{\frac{\mu}{x}}}{hD^2} - \frac{a\mu(1-m_1)}{D} = - \left(\frac{\mu(1-a-m_1+am_1)}{D} e^{\frac{\mu Q(1-a-m_1+am_1)}{D}} - \frac{\mu(1-m_1)}{D} e^{\frac{\mu Q(1-m_1)}{D}} \right) + \frac{2 \left(e^{\frac{\mu Q(1-a-m_1-am_1)}{D}} - e^{\frac{\mu Q(1-m_1)}{D}} \right)}{Q} \quad (6)$$

การหาค่า Q^* ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายทั้งหมดเฉลี่ยต่อหน่วยเวลา ($E[TCU(Q)]$) มีค่าต่ำที่สุด โดยพิจารณาสมการ (6) ซึ่งกำหนดค่า Q เท่ากับ 1 เพิ่มค่าของ Q ทีละ 1 จนถึง $Q = D$ ซึ่งจะได้ Q^* เมื่อ $E[TCU(Q)]$ มีค่าต่ำที่สุด โดยสอดคล้องจากสมการ (6)

จากตัวแบบการสั่งซื้อที่ประหยัดสำหรับสินค้าที่มีการเน่าเสียง่ายที่นำเสนอนี้ ได้มีการพิจารณาเพิ่มเติมในกรณีของการตรวจสอบสินค้าทุกหน่วยสินค้าระหว่างการขายสินค้าให้ลูกค้าไปพร้อม ๆ กัน และการตรวจสอบสินค้านั้นอาจเกิดความผิดพลาดในการตรวจสอบสินค้าได้ ซึ่งจะสอดคล้องกับสถานการณ์จริงมากกว่าตัวแบบที่นำเสนอมาก่อนข้างต้นที่ยังไม่มีการตรวจสอบสินค้าก่อนส่งให้ลูกค้า [1-8] แต่ก็ยังมีข้อจำกัดสำหรับตัวแบบที่นำเสนอนี้ คือ ความต้องการสินค้าของลูกค้ามีค่าคงที่ ไม่มีช่วงเวลานำและไม่ยอมให้มีการขาดแคลนสินค้า

ตัวอย่างเชิงตัวเลขและการวิเคราะห์ความไว

เพื่อทำการสนับสนุนผลของการศึกษาเชิงทฤษฎี จึงพิจารณาตัวอย่าง จาก Taleizadeh *et al.* [7] โดย $D = 8000$ หน่วยต่อปี $c = 10$ ดอลลาร์ต่อหน่วย $K = 30$ ดอลลาร์ต่อรอบ $h = 0.8$ ดอลลาร์ต่อปี $\mu = 0.005$ ต่อปี และได้กำหนดตัวแปรเพิ่มเติม คือ $x = 100$ หน่วยต่อปี $d = 0.5$ ดอลลาร์ต่อปี $m_1 = 0.05$ $m_2 = 0.05$ $c_u = 80$ ดอลลาร์ต่อหน่วย $c_r = 16$ ดอลลาร์ต่อหน่วย และ

$$f(p) = \begin{cases} 20 & , 0 < p < 0.05 \\ 0 & \end{cases}$$

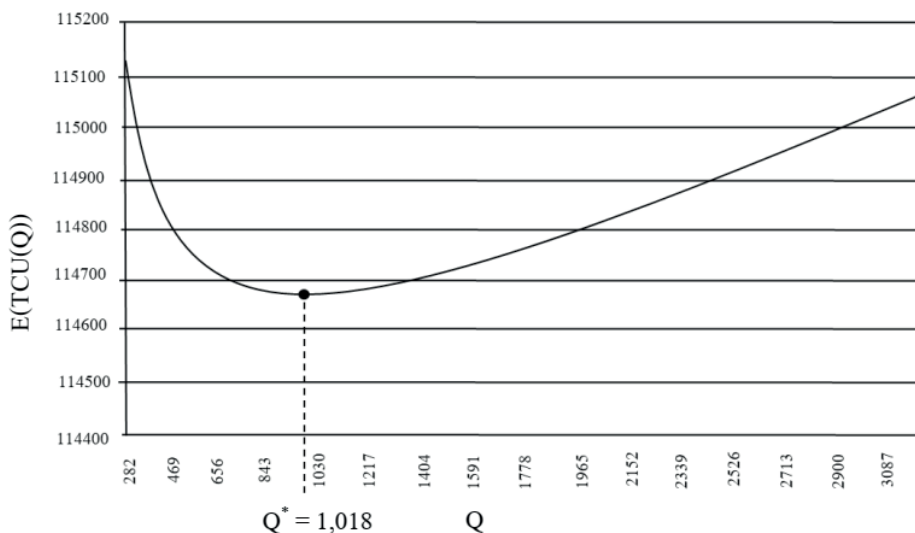
โดย $E(p) = 0.025$

เมื่อทำการคำนวณหาค่าปริมาณการสั่งซื้อและค่าใช้จ่ายทั้งหมดเฉลี่ยต่อหน่วยเวลา โดยกำหนดค่า Q เท่ากับ 1 เพิ่มค่าของ Q ทีละ 1 จนถึง $Q = D = 8,000$ ทำให้ได้ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมและค่าใช้จ่ายทั้งหมดเฉลี่ยต่อหน่วยเวลาที่ต่ำที่สุดคือ Q เท่ากับ 1,018 หน่วย และ $E[TCU(Q)]$ เท่ากับ 125,776.2180 ดอลลาร์

ผลลัพธ์ของตัวอย่างเชิงตัวเลขแสดงให้เห็นว่า ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมและค่าใช้จ่ายทั้งหมดเฉลี่ยต่อหน่วยเวลาที่ต่ำที่สุดของตัวแบบการสั่งซื้อแบบประหยัดสำหรับสินค้าที่เน่าเสียง่ายภายใต้ตรวจสอบสินค้า คือ

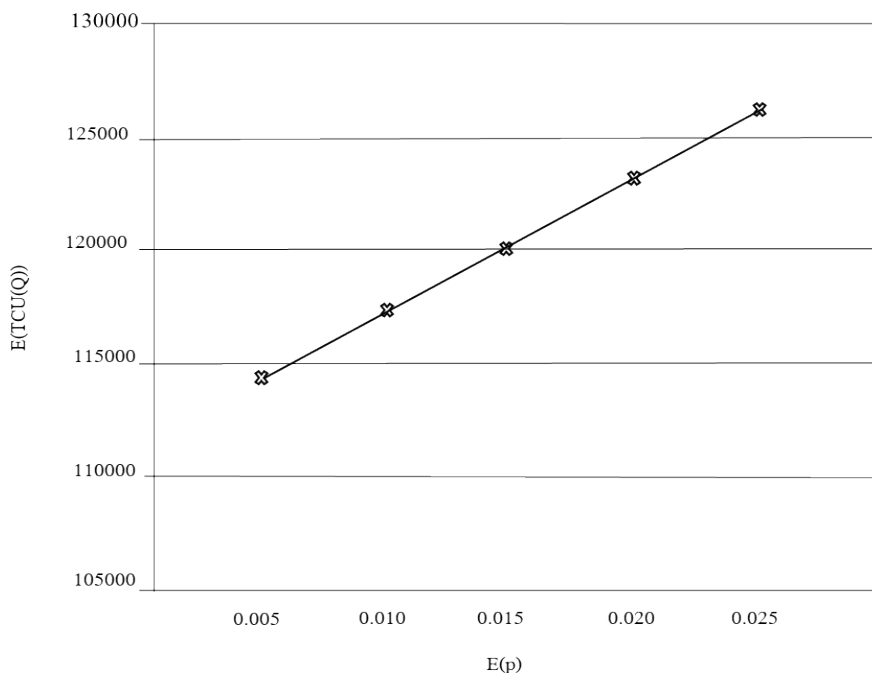
ปริมาณการสั่งซื้อ หรือ Q เท่ากับ 1,018 หน่วย และค่าใช้จ่ายเฉลี่ยสุทธิ หรือ $E[TCU(Q)]$ เท่ากับ 125,776.2180 ดอลลาร์ และ $E(T) = \frac{Q(1-E(p))}{D} = \frac{1018(1-0.025)}{8000} = 0.1241$ ปี หรือ $45.2965 \approx 46$ วัน โดยจำนวนสินค้า

ที่สั่งซื้อแต่ละครั้งเท่ากับ 1,018 หน่วย ถึงจะเพียงพอกับความต้องการสินค้า ดังภาพที่ 3 แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่ามีจุดต่ำสุดของค่าใช้จ่ายเฉลี่ยสุทธิ



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายทั้งหมดเฉลี่ยต่อหน่วยเวลา $E[TCU(Q)]$ กับ Q

สำหรับการวิเคราะห์ความไวของค่าเฉลี่ยของเศษส่วนของสินค้าที่เสีย ($E(p)$) ว่ามีผลต่อค่าใช้จ่ายทั้งหมดเฉลี่ยต่อหน่วยเวลา $E[TCU(Q)]$ อย่างไร สามารถพิจารณาจากการกำหนดให้ $E(p)$ มีค่าเป็น 0.005, 0.010, 0.015, 0.020 และ 0.025 ที่เกิดจาก a เท่ากับ 0.01, 0.02, 0.03, 0.04 และ 0.05 ตามลำดับ หา Q^* ที่ทำให้ $E[TCU(Q)]$ มีค่าต่ำที่สุด จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายทั้งหมดเฉลี่ยต่อหน่วยเวลา ($E[TCU(Q)]$) กับค่าเฉลี่ยของเศษส่วนของสินค้าที่เสีย ($E(p)$) แสดงในภาพที่ 4 โดยจากภาพที่ 4 แสดงให้เห็นว่าเมื่อค่าเฉลี่ยเศษส่วนของสินค้าที่เสียมีค่าเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าใช้จ่ายทั้งหมดเฉลี่ยต่อหน่วยเวลามีค่าเพิ่มขึ้นไปด้วย



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายทั้งหมดเฉลี่ยต่อหน่วยเวลากับค่าเฉลี่ยของเศษส่วนของสินค้าที่เสีย

สรุปผล

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแบบการสั่งซื้อที่ประหยัดกรณีสินค้าเน่าเสียง่ายพบว่า ยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับกรณีที่มีการตรวจสอบสินค้า เพื่อให้สอดคล้องกับความเป็นจริงมากขึ้น ในบทความนี้ จึงได้นำเสนอตัวแบบการสั่งซื้อที่ประหยัดสำหรับสินค้าที่มีการเน่าเสียง่าย ภายใต้การตรวจสอบสินค้า ระหว่างการขายสินค้า ที่สามารถหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ค่าใช้จ่ายทั้งหมดเฉลี่ยต่อหน่วยเวลาต่ำที่สุดได้ เมื่ออัตราความต้องการสินค้าทราบค่าและมีค่าคงที่ไม่มีช่วงเวลานำตรวจสอบสินค้า ทุกหน่วยสินค้า ไม่ยอมให้มีการขาดแคลนสินค้า และสามารถเกิดความผิดพลาดในการตรวจสอบสินค้าได้ เมื่อทำการหาปริมาณสินค้าที่เหมาะสมที่สุดและค่าใช้จ่ายทั้งหมดเฉลี่ยต่อหน่วยเวลาที่ต่ำที่สุด ทำให้ทราบว่า ค่าใช้จ่ายทั้งหมดเฉลี่ยต่อหน่วยเวลา มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามค่าเฉลี่ยของเศษส่วนของสินค้าที่เสียที่เพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ในระบบสินค้าคงคลังของสินค้าที่เน่าเสียง่ายอาจจะมีช่วงเวลาที่เกิดการขาดแคลนสินค้า ดังนั้น ในการศึกษาครั้งต่อไปสามารถพิจารณาตัวแบบการสั่งซื้อที่ประหยัดในกรณีสินค้าที่เน่าเสียง่ายเมื่อมีช่วงเวลาที่เกิดการขาดแคลนสินค้าได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Padmanabhan, G., & Vrat, P. (1995). EOQ models for perishable items under stock dependent selling rate. *European Journal of Operational Research*, 86(2), 281–292.
- [2] Giri, B.C., & Chaudhuri, K.S. (1998). Deterministic models of perishable inventory with stock dependent demand rate and nonlinear holding cost. *European Journal of Operational Research*, 105(3), 467–474.
- [3] Dye, C.Y., & Ouyang, L.Y. (2005). An EOQ model for perishable items under stock-dependent selling rate and time-dependent partial backlogging. *European Journal of Operational Research*, 163(3), 776–783.
- [4] Hsieh, T.P., & Dye, C.Y., (2010). Optimal replenishment policy for perishable items with stock dependent selling rate and capacity constraint. *Computer & Industrial Engineering*, 59(2), 251–258.
- [5] Sana, S.S., (2011). Price-sensitive demand for perishable items – an EOQ model. *Applied Mathematics and Computation*, 217(13), 6248–6259.
- [6] Avinadav, T., Herbon, A., & Spiegel, U., (2013). Optimal inventory policy for a perishable item with demand function sensitive to price and time. *International Journal of Production Economics*, 144(2), 497–506.
- [7] Taleizadeh, A.A., Nohammadi, B., Cardenas-Barron, L.E., & Samimi, H. (2013). An EOQ model for perishable product with special sale and shortage, *International Journal of Production Economics*, 145(1), 318–338.

- [8] Kouki, C., Jemai, Z., & Minner, S. (2015). A lost sales (r, Q) inventory control model for perishables with fixed lifetime and lead time. *International Journal of Production Economics*, 168, 143–157.
- [9] 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.
- [10] Goyal, S.K., & Cardenas-Barron, L.E. (2002). Note on: Economic production quantity model for items with imperfect quality – A practical approach. *International Journal of Production Economics*, 77(1), 85–87.
- [11] Eroglu, A., & Ozdemir, G. (2007). An economic order quantity model with defective items and shortage. *International Journal of Production Economics*, 106(2), 544–549.
- [12] Wee, H.M., Yu, J., & Chen, M.C. (2007). Optimal inventory model for items with imperfect quality and shortage backordering. *Omega*, 35(1), 7–11.
- [13] Maddah, B., & Jaber, M. Y. (2008). Economic order quantity model with imperfect quality: Revisited. *International Journal of Production Economics*, 112(2), 808–815.