ตัวแบบควบคุมสินค้าคงคลัง (s,Q) เมื่อมีค่าใช้จ่ายในการส่งคืนสินค้า และให้ราคาส่วนลด

วุฒิชัย ศรีโสดาพล* จรูญศักดิ์ ธรรมิภักดิ์ และ ณัฐพงษ์ นาสาวัง

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างตัวแบบสินค้าคงคลัง สำหรับระบบสินค้าคงคลังประเภทรายการเดียวจากคลังเดียว โดยพิจารณานโยบาย (s,Q) ในการควบคุมสินค้าคงคลังเมื่อมีสินค้าที่ถูกส่งคืน และหาจุดสั่งซื้อที่เหมาะสม (s*) ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม (Q*) ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดต่ำที่สุด กรณีมีการสั่งซื้อสินค้าปกติ พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง 2 สถานการณ์ที่แตกต่างกัน คือ 1) ความต้องการสินค้าและสินค้าที่ถูกส่งคืนเป็นอิสระกัน 2) ความต้องการสินค้าและสินค้าที่ถูกส่งคืนไม่เป็นอิสระกัน โดยที่ความต้องการสินค้าและสินค้าที่ถูกส่งคืนมีการแจกแจงแบบปัวซง ผลการศึกษาเชิงตัวเลขพบว่า ที่ความต้องการสินค้าและสินค้าที่ถูกส่งคืนเป็นอิสระกัน ได้ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมมากกว่าสถานการณ์ที่ไม่เป็นอิสระกัน แต่มีค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดต่ำกว่า ในขณะที่ทั้ง 2 สถานการณ์ ได้จุดสั่งซื้อที่เหมาะสมเท่ากัน ส่วนกรณีการสั่งซื้อสินค้าเมื่อกำหนดเงื่อนไขในการให้ส่วนลด พบว่าที่ความต้องการสินค้าและสินค้าที่ถูกส่งคืนไม่เป็นอิสระกัน ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสมมีมากขึ้นกว่ากรณีการสั่งซื้อสินค้าแบบปกติ และยังทำให้ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดมีค่าลดลงอีกด้วย ส่วนที่ปริมาณความต้องการสินค้าและสินค้าที่ถูกส่งคืนเป็นอิสระนั้น เงื่อนไขในการให้ส่วนลดที่ผู้ผลิตเสนอแก่ผู้ประกอบการทำให้ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดมีค่ามากกว่าการซื้อสินค้าแบบปกติ ดังนั้นปริมาณการสั่งซื้อสินค้า และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดจึงยังคงเดิม

คำสำคัญ : ระบบสินค้าคงคลัง, นโยบายสินค้าคงคลัง, ราคาส่วนลด, ค่าใช้จ่ายในการส่งคืนสินค้า

ภาควิชาสถิติ, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น

* ผู้ติดต่อ, อีเมล์: wuttsr@kku.ac.th รับเมื่อ 6 สิงหาคม 2557 ตอบรับเมื่อ 10 ตุลาคม 2557

An (*s*,*Q*) Inventory Control Model with Return Cost and Price Discount

Wuttichai Srisodaphol[*] Jaroonsak Thammipak and Nattapong Nasawang

Abstract

The objective of this study is to construct an inventory control model for an inventory system single item single source by considering the (*s*,*Q*) inventory policy with returned items and find the optimal point of purchase (*s**) and optimal order quantity (*Q**) that minimizing the total cost. In case of regular order, the relationship between demand and returned items is considered into two cases which are 1) demand and returned items are independent 2) demand and returned items are dependent. Demand and return items have Poisson distribution. The results of numerical study show that the case of demand and returned items are independent, the optimal order quantity is greater than the case of demand and returned items are dependent. On the other way round, the previous case reveals lower the minimum of total cost than the latter case. Moreover, these two cases have the same optimal point of purchase. In case of adding price discount, the results show that the case of demand and returned items are independent is greater optimal order quantity than the case of regular order, and the minimum of total cost is decreasing. Demand and returned items are dependent, the case of adding price discount is greater total cost than the regular order. Then, optimal order quantity and the minimum of total cost remain the same.

Keywords : Inventory policy, Inventory system, Price discount, Return cost

Department of Statistics, Faculty of Science, Khon Kaen University

[*] Corresponding author, E-mail: wuttsr@kku.ac.th Received 6 August 2014, Accepted 10 October 2014

1. บทนำ

ในการดำเนินธุรกิจค้าขายปัญหาสำคัญสำหรับเจ้าของกิจการ คือ ปัญหาการควบคุมสินค้าคงคลัง นั่นคืออาจจะมีบ่อยครั้งที่ไม่มีสินค้าเมื่อลูกค้าต้องการ ทำให้สูญเสียรายได้ที่ควรจะได้ และทำให้เสียลูกค้าประจำไปด้วย แต่ถ้าหากมีสินค้าที่ขายไม่ค่อยดีค้างอยู่นาน จะทำให้เสียค่าเก็บรักษาและค่าเสียโอกาส เกิดภาระค่าใช้จ่ายโดยไม่จำเป็น เช่นเดียวกับกรณีมีการส่งคืนสินค้า ซึ่งการส่งคืนสินค้าจะทำให้เกิดภาระเพิ่มมากขึ้นในส่วนของค่าใช้จ่ายในระบบสินค้าคงคลัง แต่เพื่อประโยชน์ของผู้บริโภค ผู้จัดจำหน่ายมักจะยอมรับสินค้าที่ถูกส่งคืนเนื่องจากสินค้าที่ส่งคืนนั้นยังมีคุณภาพเทียบเท่าเหมือนสินค้าใหม่และเป็นประโยชน์อยู่เสมอ

เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดการส่งคืนสินค้า มีผู้วิจัยหลายท่านได้เสนอนโยบายการควบคุมสินค้าคงคลังในกรณีมีการส่งคืนสินค้า เช่น ในปี 2001 Kiesmuller และ van der Laan [1] ได้เสนอตัวแบบสินค้าคงคลังที่มีสินค้ารายการเดียวที่นำกลับมาขายใหม่และแสดงให้เห็นความแตกต่างของความสัมพันธ์ของปริมาณความต้องการสินค้าและสินค้าที่ถูกส่งคืนในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน ซึ่งสินค้าที่ถูกส่งคืนจะเกิดขึ้นแบบสุ่มและจะขึ้นอยู่กับความต้องการสินค้าอย่างชัดเจน ปี 2002 Fleischmann, Kuik และ Dekker [2] เสนอตัวแบบสินค้าคงคลังพื้นฐานที่ประกอบด้วยความต้องการสินค้าและสินค้าที่ถูกส่งคืนมีการแจกแจงแบบปัวซง (Poisson) ภายใต้นโยบาย (s,Q) และหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม จากนั้นปี 2003 Brito และ Dekker [3] ได้ศึกษาตัวแบบสินค้าคงคลังเมื่อมีสินค้าถูกส่งคืนซึ่งเป็นอิสระจากปริมาณความต้องการสินค้าภายใต้กระบวนการปัวซง ปี 2008 Gupta และ Johar [4] เสนอนโยบายสินค้าคงคลังกรณีสินค้าประเภทเดียวที่มีคุณภาพสินค้า 3 ระดับ ซึ่งปริมาณความต้องการสินค้าและสินค้าที่ถูกส่งคืนทราบค่าและเป็นค่าคงที่ ปี 2011 Wang และ Di [5] ได้เสนอตัวแบบควบคุมสินค้าคงคลังภายใต้นโยบาย (s,S) กรณีมีสินค้าที่ถูกส่งคืน โดยเสนอความแตกต่างใน 2 กรณี คือ ความต้องการสินค้าและสินค้าที่ถูกส่งคืนไม่เป็นอิสระกัน และความต้องการสินค้าและสินค้าที่ถูกส่งคืนเป็นอิสระกัน และหาจุดสั่งซื้อที่เหมาะสม และระดับสินค้าคงคลังสูงสุด

ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดการสินค้าคงคลังประเภทรายการเดียวจากคลังเดียว (Single-item, Single-source, SISS) ภายใต้นโยบายสินค้าคงคลัง (s,Q) [6] กรณีมีสินค้าที่ถูกส่งคืนและผู้ประกอบการยอมรับภาระค่าใช้จ่ายในการคืนสินค้าทั้งหมด ซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายในระบบสินค้าคงคลังเพิ่มมากขึ้น แต่อยู่ภายใต้เงื่อนไขค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด โดยในการศึกษาครั้งนี้จะพิจารณาความสัมพันธ์ใน 2 สถานการณ์ โดยใช้แนวคิดจาก Wang และ Di [5] คือ ปริมาณความต้องการสินค้าและปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืนไม่เป็นอิสระกัน และปริมาณความต้องการสินค้าและปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืนเป็นอิสระกัน โดยที่ปริมาณความต้องการสินค้า และปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืน มีการแจกแจงแบบปัวซง และหาจุดสั่งซื้อ และปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม พร้อมทั้งศึกษากรณีที่มีการให้ส่วนลดแก่ทุกหน่วยสินค้า เมื่อมีการสั่งซื้อสินค้าเพิ่มจากปริมาณการสั่งซื้อเดิม

2. ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยนี้ศึกษาตัวแบบควบคุมสินค้าคงคลังภายใต้นโยบายสินค้าคงคลัง (s,Q) กรณีมีสินค้าที่ถูกส่งคืนและ

ผู้ประกอบการยอมรับภาระค่าใช้จ่ายในการคืนสินค้าทั้งหมด ทั้งศึกษากรณีที่มีการให้ส่วนลดแก่ทุกหน่วยสินค้า เมื่อมีการสั่งซื้อเพิ่ม มีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

2.1 การกำหนดแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

พิจารณาสินค้ารายการเดียวจากคลังเดียวและปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืนสามารถนำกลับมาใช้หรือขายใหม่ได้เหมือนกันกับสินค้าใหม่ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะส่งสินค้าที่ถูกส่งคืนกลับเข้าในคลังสินค้า จึงทำให้ในคลังสินค้าจะมีทั้งสินค้าใหม่และสินค้าที่ถูกส่งคืน

จาก Wang และ Di [5] ได้เสนอตัวแบบควบคุมสินค้าคงคลังภายใต้นโยบายสินค้าคงคลัง (*s,S*) กรณีมีสินค้าที่ถูกส่งคืนและเป็นกรณีที่ผู้ค้าส่งไม่ยอมรับภาระค่าใช้จ่ายในการคืนสินค้า โดยปริมาณความต้องการสินค้าและปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืนมีการแจกแจงแบบปัวซง เมื่อมีปริมาณความต้องการสินค้าที่เกิดขึ้นมีความไม่แน่นอน ในการศึกษานี้ได้มีการส่งคืนสินค้า ซึ่งทางผู้ประกอบการยอมรับภาระค่าใช้จ่ายในการคืนสินค้าทั้งหมด ซึ่งกรณีนี้ในระบบสินค้าคงคลังจะส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในระบบเพิ่มขึ้น ดังนั้นเพื่อจะทำให้การดำเนินงานของธุรกิจการค้ามั่นคงและได้รับผลตอบแทนมากที่สุด จึงทำการศึกษาเพื่อจัดการระบบสินค้าคงคลังภายใต้นโยบายที่กล่าวไปข้างต้นเพื่อทำให้ค่าใช้จ่ายในระบบสินค้าคงคลังรวมทั้งหมดต่ำสุด ดังรูปที่ 1

จากรูป 1 เมื่อปริมาณความต้องการสินค้า (*D*) เข้ามาและปริมาณความต้องการนั้นมากกว่าปริมาณสินค้าที่มีอยู่ในคลังสินค้า เมื่อเกิดการซื้อขายสินค้าระหว่างผู้ประกอบการและลูกค้านั้น จะทำให้เกิดค่าสูญเสียโอกาส (c_U) เนื่องจากผู้ประกอบการยอมให้เกิดสินค้าขาดแคลน ทางผู้ประกอบการจึงมีการสั่งซื้อสินค้าจากภายนอก ในการสั่งซื้อแต่ละครั้งจะมีค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้า ($c_O + c_P Q$) ซึ่งเกิดจาก ค่าใช้จ่ายในการสั่งแต่ละครั้ง (c_O) รวมกับ ต้นทุนการสั่งซื้อต่อชิ้น (c_P) ในปริมาณการสั่งซื้อ (Q) จากนั้นนำสินค้าที่สั่งเก็บเข้าคลังสินค้า จึงทำให้เกิดค่าเก็บรักษาสินค้า (c_H) ตามมา และสินค้าที่ขายไปมีโอกาสที่จะถูกส่งคืน (*R*) ในอัตราที่ไม่แน่นอน และปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืนนั้นบางส่วนสามารถใช้ประโยชน์ได้ทันทีหรือบางส่วนอาจต้องปรับปรุงสินค้าก่อนค่อยเก็บเข้าคลังสินค้า ทำให้ในระบบเกิดค่าใช้จ่ายในกรณีที่มีสินค้าที่ถูกส่งคืน (c_R) และค่าใช้ในการไปรับคืนสินค้าที่ถูกส่งคืน (c_{RC}) ซึ่งจะเป็นไปตามวัฏจักรเช่นนี้เสมอไป

2.1.1 ข้อสมมติของตัวแบบ

1. สินค้าที่ถูกส่งคืนจะถูกเพิ่มเข้าไปในสินค้าล๊อตใหม่ซึ่งใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ทันที หรือบางส่วนมีการปรับปรุงสินค้าก่อน จึงจะนำกลับมาขายใหม่ได้
2. ปริมาณความต้องการสินค้าและสินค้าที่ถูกส่งคืนมีความไม่แน่นอนในช่วงเวลา สามารถหาได้โดยใช้วิธีการแจกแจงความน่าจะเป็น
3. ผู้ประกอบการยอมให้เกิดสินค้าขาดแคลน

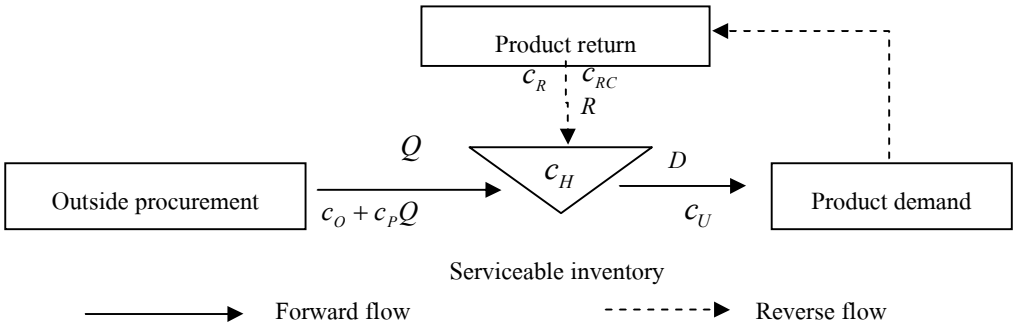
2.1.2 สัญลักษณ์ที่ใช้ในตัวแบบ

กรณีการสั่งซื้อสินค้าปกติ

D คือจำนวนสินค้าที่ต้องการในช่วงเวลา; เป็นตัวแปรสุ่ม

R คือจำนวนสินค้าที่ถูกส่งคืนและสินค้านำกลับมาใช้ในช่วงเวลา; เป็นตัวแปรสุ่ม

X คือจำนวนความต้องการสุทธิในช่วงเวลา เมื่อ $x = d - r$; เป็นตัวแปรสุ่ม



รูปที่ 1 การไหลเวียนของสินค้าและค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้อง

I คือระดับสินค้าคงคลัง ณ จุดเริ่มต้นในช่วงเวลาก่อนที่จะสั่งซื้อ

c_O คือต้นทุนต่อการสั่งซื้อในแต่ละครั้ง

c_P คือต้นทุนการสั่งซื้อ ต่อชิ้น

c_R คือต้นทุนปรับปรุงสินค้า ต่อสินค้าที่ส่งคืน

c_H คือต้นทุนการเก็บรักษา ต่อชิ้น ต่อช่วงเวลา

c_U คือต้นทุนการสูญเสียโอกาส ต่อชิ้น

c_{RC} คือต้นทุนรับคืนสินค้า ต่อสินค้าที่ส่งคืน

S คือ ระดับสินค้าคงคลังสูงสุด เมื่อ $S = I + Q$

α คืออัตราการส่งคืนสินค้า เมื่อ $\alpha = r/d$ โดย $0 \le \alpha \le 1$

λ_R คืออัตราการส่งคืนสินค้า

λ_D คืออัตราความต้องการสินค้า

Q คือจำนวนการสั่งซื้อสินค้าที่จุดเริ่มต้นต่อช่วงเวลา; ตัวแปรการตัดสินใจ

s คือจุดสั่งซื้อใหม่; ตัวแปรตัดสินใจ เมื่อ $s = S - Q$ กรณีสั่งซื้อสินค้าเมื่อกำหนดเงื่อนไขในการให้ส่วนลดแก่ทุกหน่วยสินค้า

c_P^* คือต้นทุนการสั่งซื้อใหม่ ต่อชิ้น

Q_{new}^* คือปริมาณการสั่งซื้อสินค้าใหม่ที่เหมาะสมต่อช่วงเวลา: ตัวแปรตัดสินใจ

2.2 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

2.2.1 กรณีมีการสั่งซื้อสินค้าปกติ

ตามข้อสมมติและสัญลักษณ์ข้างต้น เราสามารถหาค่าใช้จ่ายรวมในช่วงระยะเวลาได้

2.2.1.1 ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องในระบบสินค้าคงคลัง

1. ค่าใช้จ่ายการสั่งซื้อ คือ $c_O + c_P Q$

2. ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา : จำเป็นที่ต้องจ่ายเมื่อ $x < I + Q$ (overstock) และไม่จำเป็นที่ต้องจ่ายเมื่อ $x \ge I + Q$ คือ $c_H \sum_{x=0}^{I+Q} (I + Q - x)\, p(x)$

3. ค่าใช้จ่ายการสูญเสียโอกาส : จำเป็นที่ต้องจ่ายเมื่อ $x > I + Q$ (under stock) และไม่จำเป็นที่ต้องจ่ายเมื่อ $x \le I + Q$ คือ $c_U \sum_{x=I+Q+1}^{\infty} (x - I - Q)\, p(x)$

4. ค่าใช้จ่ายการปรับปรุงสินค้าถูกส่งคืน คือ $c_R \sum_{r=0}^{\infty} r p(r)$

5. ค่าใช้จ่ายที่ไปรับสินค้าคืน คือ $c_{RC} \sum_{r=0}^{\infty} r p(r)$

เมื่อทราบค่าใช้จ่ายในแต่ละส่วนแล้ว จะได้ตัวแบบควบคุมสินค้าคงคลัง ดังนี้
ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด (Total Cost: TC) คือ

$$f(Q)=c_o+c_PQ+c_H\sum_{x=0}^{I+Q}(I+Q-x)\,p(x)+c_U\sum_{x=I+Q+1}^{\infty}(x-I-Q)\,p(x)+c_R\sum_{r=0}^{\infty}rp(r)+c_{RC}\sum_{r=0}^{\infty}rp(r) \quad (1)$$

ดังนั้นในการสั่งสินค้าเพื่อให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุดและตอบสนองนโยบายสินค้าคงคลังที่เหมาะสม และปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม (Q^*) นั่นคือต้องหาค่า Q ที่ทำให้ $f(Q)$ มีค่าต่ำที่สุด

ในทำนองเดียวกัน เมื่อ $S = I + Q$ ในการสั่งสินค้าเพื่อให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุดและตอบสนองนโยบายสินค้าคงคลังที่เหมาะสม และระดับสินค้าคงคลังสูงสุดที่เหมาะสม (S^*) ต้องหาค่า S ที่ทำให้ $f(S)$ มีค่าต่ำที่สุด โดย $f(S)$ คือ

$$f(S)=c_o+c_P(S-I)+c_H\sum_{x=0}^{S}(S-x)\,p(x)+c_U\sum_{x=S+1}^{\infty}(x-S)\,p(x)+c_R\sum_{r=0}^{\infty}rp(r)+c_{RC}\sum_{r=0}^{\infty}rp(r) \quad (2)$$

โดยหาค่า Q^* และ S^* ที่สอดคล้องตามเงื่อนไข (3) และ (4) ตามลำดับ

$$f(Q^*+1)\geq f(Q^*) \text{ และ } f(Q^*-1)\geq f(Q^*) \quad (3)$$

$$f(S^*+1)\geq f(S^*) \text{ และ } f(S^*-1)\geq f(S^*) \quad (4)$$

ส่วนการหาจุดสั่งซื้อที่เหมาะสม s^* ภายใต้นโยบาย (s,Q) เมื่อ $s^* = S^* - Q^*$ จะแบ่งออกเป็น 2 เหตุการณ์ ได้แก่ เหตุการณ์ไม่จำเป็นต้องจัดซื้อสินค้าเมื่อ $I > s$ และเหตุการณ์ที่จำเป็นต้องจัดซื้อสินค้าในปริมาณสั่งซื้อ Q เมื่อ $I \leq s$ จะหาตามเงื่อนไข (5) นั่นคือ

$$f(s^*)-c_O\leq f(Q^*) \quad (5)$$

ดังนั้นสามารถตัดสินเลือก s^* ได้โดยพิจารณาจากเงื่อนไข (5)

ในส่วนนี้ จะพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความต้องการสินค้า และปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืน ซึ่งแบ่งเป็น 2 สถานการณ์ คือ

1. ปริมาณความต้องการสินค้าและปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืนไม่เป็นอิสระกัน [5]

ถ้าปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืนไม่เป็นอิสระกับปริมาณความต้องการสินค้าในช่วงเวลา โดย D เป็นตัวแปรสุ่มมีการแจกแจงแบบปัวซง ที่มีพารามิเตอร์ λ_D คือ $D \sim \text{Poisson}(\lambda_D)$

$$P(D=d)=\frac{\lambda_D^d}{d!}e^{-\lambda_D}$$

R เป็นตัวแปรสุ่ม มีการแจกแจงแบบปัวซง ที่มีพารามิเตอร์ $\alpha\lambda_D$ คือ $R \sim \text{Poisson}(\alpha\lambda_D)$

$$P(R=r)=\frac{\alpha\lambda_D^r}{r!}e^{-\alpha\lambda_D}$$

และ X เป็นตัวแปรสุ่ม มีการแจกแจงแบบปัวซง ที่มีพารามิเตอร์ $(1-\alpha)\lambda_D$ คือ $X \sim \text{Poisson}((1-\alpha)\lambda_D)$

$$P(X=x)=\frac{(1-\alpha)\lambda_D^x}{x!}e^{-(1-\alpha)\lambda_D}$$

2. ปริมาณความต้องการสินค้าและปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืนเป็นอิสระกัน [5]

ถ้าปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืนเป็นอิสระกับปริมาณความต้องการสินค้าในช่วงเวลา โดย R เป็นตัวแปรสุ่มในการแจกแจงแบบปัวซง ที่มีพารามิเตอร์ λ_R คือ $R \sim \text{Poisson}(\lambda_R)$

$$P(R=r)=\frac{\lambda_R^r}{r!}e^{-\lambda_R}$$

และ X เป็นตัวแปรสุ่ม มีการแจกแจงแบบปัวซง ที่มีฟังก์ชันความน่าจะเป็น คือ

$$P(X=x)=e^{-(\lambda_D+\lambda_R)}\left(\frac{\lambda_D}{\lambda_R}\right)^{x/2}J_x\left(2\sqrt{\lambda_D\lambda_R}\right)$$

2.2.2 กรณีมีการสั่งซื้อสินค้าเมื่อกำหนดเงื่อนไขในการให้ส่วนลด

เมื่อทางผู้ประกอบการมีการสั่งซื้อสินค้าเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถลดต้นทุนในการสั่งซื้อสินค้าได้ ทางผู้ผลิตจึงได้เสนอเงื่อนไขในการให้ส่วนลดในทุกหน่วยของสินค้าแก่ผู้ประกอบการ โดยงานวิจัยนี้ได้กำหนดเงื่อนไขตาม (6) นั่นคือ ถ้าซื้อสินค้าเพิ่มขึ้นจากเดิมไม่เกินร้อยละ 10 จะลดราคาสินค้าต่อหน่วยให้ร้อยละ 1 หรือถ้าซื้อสินค้าเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 10 แต่ไม่เกินร้อยละ 20 จะลดราคาสินค้าต่อหน่วยให้ร้อยละ 2 ตามลำดับ ดังนี้

$$c_P^*=\begin{cases}0.99c_P; & Q^*<Q\le 1.1Q^*\\ 0.98c_P; & 1.1Q^*<Q\le 1.2Q^*\\ 0.97c_P; & 1.2Q^*<Q\le 1.3Q^*\\ 0.96c_P; & 1.3Q^*<Q\le 1.4Q^*\\ 0.95c_P; & 1.4Q^*<Q\le 1.5Q^*\\ 0.94c_P; & Q>1.5Q^*\end{cases} \quad (6)$$

ตามเงื่อนไขข้างต้น เราสามารถหาค่าใช้จ่ายรวมในช่วงระยะเวลาได้

2.2.2.1 ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องในระบบสินค้าคงคลัง

1. ค่าใช้จ่ายการสั่งซื้อเมื่อให้ส่วนลด คือ $c_O+c_P^*Q$

2. ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา : จำเป็นที่ต้องจ่ายเมื่อ $x < I + Q$ (overstock) และไม่จำเป็นที่ต้องจ่ายเมื่อ $x \ge I+Q$ คือ $c_H\sum_{x=0}^{I+Q}(I+Q-x)\,p(x)$

3. ค่าใช้จ่ายการสูญเสียโอกาส : จำเป็นที่ต้องจ่ายเมื่อ $x > I + Q$ (understock) และไม่จำเป็นที่ต้องจ่ายเมื่อ $x \le I+Q$ คือ $c_U\sum_{x=I+Q+1}^{\infty}(x-I-Q)\,p(x)$

4. ค่าใช้จ่ายการปรับปรุงสินค้าถูกส่งคืน คือ $c_R\sum_{r=0}^{\infty}rp(r)$

5. ค่าใช้จ่ายที่ไปรับสินค้าคืน คือ $c_{RC}\sum_{r=0}^{\infty}rp(r)$

เมื่อทราบค่าใช้จ่ายในแต่ละส่วนแล้ว จะได้ตัวแบบควบคุมสินค้าคงคลังเมื่อให้ส่วนลด ดังนี้

ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด (Total Cost: TC) คือ

$$\begin{aligned}f(Q)=c_o+c_P^*Q+c_H\sum_{x=0}^{I+Q}(I+Q-x)\,p(x)\\ +c_U\sum_{x=I+Q+1}^{\infty}(x-I-Q)\,p(x)+c_R\sum_{r=0}^{\infty}rp(r)\\ +c_{RC}\sum_{r=0}^{\infty}rp(r)\end{aligned} \quad (7)$$

ดังนั้น ในการสั่งสินค้าเพื่อให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุดและตอบสนองนโยบายสินค้าคงคลังที่เหมาะสมเมื่อให้ส่วนลด และปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม (Q_{new}^*) นั่นคือ ต้องหาค่า Q ที่ทำให้ $f(Q)$ มีค่าต่ำที่สุด

โดยหา Q_{new}^* ที่สอดคล้องกับเงื่อนไข (8) ดังนี้

$$\left[f\left(Q^*_{new}+1\right) \geq f\left(Q^*_{new}\right) \text{ และ } f\left(Q^*_{new}-1\right) \geq f\left(Q^*_{new}\right)\right] \leq f(Q) \quad (8)$$

ส่วนการหาค่า s^* ภายใต้นโยบาย (s,Q) จะแบ่งออกเป็น 2 เหตุการณ์ ได้แก่ เหตุการณ์ไม่จำเป็นต้องจัดซื้อสินค้าเมื่อ $I > s$ และเหตุการณ์ที่จำเป็นต้องจัดซื้อสินค้าในปริมาณสั่งซื้อ Q เมื่อ $I \leq s$ จะหาตามเงื่อนไข (9) นั่นคือ

$$f\left(s^*\right) - c_O \leq f\left(Q^*_{new}\right) \quad (9)$$

ดังนั้นสามารถตัดสินเลือก s^* ได้โดยพิจารณาจากเงื่อนไข (9)

โดยจะพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความต้องการสินค้า และปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืน ซึ่งแบ่งเป็น 2 สถานการณ์ เช่นเดียวกับกรณีมีการสั่งซื้อสินค้าปกติ นั่นคือ 1) ปริมาณความต้องการสินค้าและปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืน มีการแจกแจงแบบปัวซงและไม่เป็นอิสระกัน และ 2) ปริมาณความต้องการสินค้าและปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืน มีการแจกแจงแบบปัวซงและเป็นอิสระกัน

2.3 การคำนวณเชิงตัวเลข

สำหรับขั้นตอนในการคำนวณเชิงตัวเลขนั้นจะเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสองสถานการณ์ที่แตกต่างกัน คือ 1) ปริมาณความต้องการสินค้าและปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืนไม่เป็นอิสระต่อกัน 2) ปริมาณความต้องการสินค้าและปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืนเป็นอิสระต่อกัน โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.3.1 กรณีมีการสั่งซื้อสินค้าปกติ

2.3.1.1 ปริมาณความต้องการสินค้าและปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืนไม่เป็นอิสระกัน

1. ให้ปริมาณความต้องการสินค้าและปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืน มีการแจกแจงแบบปัวซงและไม่เป็นอิสระกันโดยมี D เป็นตัวแปรสุ่มมีการแจกแจงแบบปัวซง คือ $D \sim \text{Poisson}\left(\lambda_D\right)$ เมื่อ X มีการแจกแจงแบบปัวซง คือ $X \sim \text{Poisson}\left((1-\alpha)\lambda_D\right)$ และ R มีการแจกแจงแบบปัวซง คือ $R \sim \text{Poisson}\left(\alpha\lambda_D\right)$

2. กำหนดค่าของตัวแปรคงที่ทั้งหมด คือ $\lambda_D, \alpha, I, c_O, c_P, c_H, c_U, c_R$ และ c_{RC}

3. หาปริมาณสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม Q^* โดยคำนวณจากสมการที่ (1) โดยเริ่มจาก $Q=1$ ไปเรื่อยๆ จนสอดคล้องกับเงื่อนไข (3)

4. หาระดับสินค้าคงคลังสูงสุด S^* ให้ทำในทำนองเดียวกันกับหาปริมาณสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม Q^* โดยคำนวณจากสมการที่ (2) โดยเริ่มจาก $S=1$ ไปเรื่อยๆ จนสอดคล้องกับในเงื่อนไข (4)

5. ตัดสินใจเลือกจุดสั่งซื้อที่เหมาะสม เมื่อ $s^* = S^* - Q^*$ ในเงื่อนไข (5) ซึ่งต้องสอดคล้องกับ 2 เหตุการณ์ ได้แก่ เหตุการณ์ไม่จำเป็นต้องจัดซื้อสินค้าเมื่อ $I > s$ และเหตุการณ์ที่จำเป็นต้องจัดซื้อสินค้าในปริมาณสั่งซื้อ Q เมื่อ $I \leq s$

6. ภายใต้นโยบายควบคุมสินค้าคงคลัง (s,Q) ระดับสินค้าคงคลัง ณ จุดเริ่มต้นก่อนการสั่งซื้อ I มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับจุดสั่งซื้อที่เหมาะสม (s^*) ให้ทำการสั่งซื้อสินค้าในปริมาณสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม (Q^*) นอกเหนือจากเงื่อนไขนี้ไม่จำเป็นต้องทำการสั่งซื้อสินค้า

2.3.1.2 ปริมาณความต้องการสินค้าและปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืนเป็นอิสระกัน

1. ให้ปริมาณความต้องการสินค้าและปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืน มีการแจกแจงแบบปัวซงและอิสระกันโดยมี D เป็นตัวแปรสุ่มมีการแจกแจงแบบปัวซง คือ $D \sim \text{Poisson}(\lambda_D)$ เมื่อ R มีการแจกแจงแบบปัวซง คือ $R \sim \text{Poisson}(\lambda_R)$ และ X มีการแจกแจงแบบปัวซง ซึ่งมีฟังก์ชันความน่าจะเป็น ดังนี้

$$P(X=x) = e^{-(\lambda_D+\lambda_R)}\left(\frac{\lambda_D}{\lambda_R}\right)^{x/2} J_x\left(2\sqrt{\lambda_D\lambda_R}\right)$$

2. กำหนดค่าของตัวแปรคงที่ทั้งหมด คือ $\lambda_D, \lambda_R, I, c_O, c_P, c_H, c_U, c_R$ และ c_{RC}

3. หาปริมาณสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม Q^* โดยคำนวณจากสมการที่ (1) โดยเริ่มจาก $Q=1$ ไปเรื่อยๆ จนสอดคล้องกับเงื่อนไข (3)

4. หาระดับสินค้าคงคลังสูงสุด S^* ให้ทำในทำนองเดียวกันกับหาปริมาณสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม Q^* โดยคำนวณจากสมการที่ (2) โดยเริ่มจาก $S=1$ ไปเรื่อยๆ จนสอดคล้องกับในเงื่อนไข (4)

5. ตัดสินใจเลือกจุดสั่งซื้อที่เหมาะสม เมื่อ $s^* = S^* - Q^*$ ในเงื่อนไข (5) ซึ่งต้องสอดคล้องกับ 2 เหตุการณ์ ได้แก่ เหตุการณ์ไม่จำเป็นต้องจัดซื้อสินค้า เมื่อ $I > s$ และเหตุการณ์ที่จำเป็นต้องจัดซื้อสินค้าในปริมาณสั่งซื้อ Q เมื่อ $I \le s$

6. ภายใต้นโยบายควบคุมสินค้าคงคลัง (s,Q) ระดับสินค้าคงคลัง ณ จุดเริ่มต้นก่อนการสั่งซื้อ I มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับจุดสั่งซื้อที่เหมาะสม (s^*) ให้ทำการสั่งซื้อสินค้าในปริมาณสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม (Q^*) นอกเหนือจากเงื่อนไขนี้ไม่จำเป็นต้องทำการสั่งซื้อสินค้า

2.3.2 กรณีมีการสั่งซื้อสินค้าเมื่อกำหนดเงื่อนไขในการให้ส่วนลด

2.3.2.1 ปริมาณความต้องการสินค้าและปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืนไม่เป็นอิสระกัน

เมื่อได้ปริมาณสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม (Q^*) จากการสั่งซื้อสินค้าปกติแล้ว

1. หาปริมาณสั่งซื้อเพิ่ม (Q) และต้นทุนการสั่งซื้อใหม่ ต่อชิ้น (c_P^*) โดยการแทนค่า $Q = Q^* + 1$ ให้สอดคล้องกับเงื่อนไข (6)

2. หาปริมาณการสั่งซื้อใหม่ที่เหมาะสม (Q_{new}^*) โดยคำนวณจากสมการที่ (7) และต้องสอดคล้องกับเงื่อนไข (8)

3. ภายใต้นโยบายควบคุมสินค้าคงคลัง (s,Q) ระดับสินค้าคงคลัง ณ จุดเริ่มต้นก่อนการสั่งซื้อ I มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับจุดสั่งซื้อที่เหมาะสม (s^*) ให้ทำการสั่งซื้อสินค้าในปริมาณสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม (Q_{new}^*) นอกเหนือจากเงื่อนไขนี้ไม่จำเป็นต้องทำการสั่งซื้อสินค้า

2.3.2.2 ปริมาณความต้องการสินค้าและปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืนเป็นอิสระกัน

เมื่อได้ปริมาณสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม (Q^*) จากการสั่งซื้อสินค้าปกติแล้ว

1. หาปริมาณสั่งซื้อเพิ่ม (Q) และต้นทุนการสั่งซื้อใหม่ ต่อชิ้น (c_P^*) โดยเริ่มจาก $Q = Q^* + 1$ ให้สอดคล้องกับเงื่อนไข (6)

2. หาปริมาณการสั่งซื้อใหม่ที่เหมาะสม (Q_{new}^*) โดยคำนวณจากสมการที่ (7) นั่นคือ และต้องสอดคล้องกับเงื่อนไข (8)

3. ภายใต้นโยบายควบคุมสินค้าคงคลัง (s,Q) ระดับสินค้าคงคลัง ณ จุดเริ่มต้นก่อนการสั่งซื้อ I มีค่าน้อยกว่า

หรือเท่ากับจุดสั่งซื้อที่เหมาะสม (s^*) ให้ทำการสั่งซื้อสินค้าในปริมาณสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม (Q^*_{new}) นอกเหนือจากเงื่อนไขนี้ไม่จำเป็นต้องทำการสั่งซื้อสินค้า

2.3.3 ข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์

ใช้ข้อมูลจริง จาก Wang และ Di [5] ที่แบ่งตามสถานการณ์ที่แตกต่างกัน ดังนี้

1. ปริมาณความต้องการสินค้าและปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืนไม่เป็นอิสระต่อกัน โดยกำหนดให้ $\lambda_D = 100,\ c_O = 2825,\ c_P = 850,\ c_H = 45,\ c_U = 1250,\ c_R = 300,\ c_{RC} = 150,\ \alpha = 0.2$ และ $I = 60$

2. ปริมาณความต้องการสินค้าและปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืนอิสระต่อกัน โดยกำหนดให้ $\lambda_D = 100,\ c_O = 2825,\ c_P = 850,\ c_H = 45,\ c_U = 1250,\ c_R = 300,\ c_{RC} = 150,\ \lambda_R = 20$ และ $I = 60$

3. การคำนวณเชิงตัวเลข

การคำนวณจุดสั่งซื้อที่เหมาะสม ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด ซึ่งแยกออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีสั่งซื้อสินค้าปกติ และกรณีมีการสั่งซื้อสินค้าเมื่อกำหนดเงื่อนไขในการให้ส่วนลด ในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน คือ 1) ปริมาณความต้องการสินค้าและปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืนมีการแจกแจงแบบปัวซงไม่เป็นอิสระกัน 2) ปริมาณความต้องการสินค้าและปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืนมีการแจกแจงแบบปัวซงเป็นอิสระกัน

3.2.1 กรณีซื้อสินค้าปกติ

3.2.1.1 ปริมาณความต้องการสินค้าและปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืนไม่เป็นอิสระกัน

จากผลการศึกษาการเสนอตัวแบบควบคุมสินค้าคงคลัง ภายใต้นโยบาย (s,Q) สามารถคำนวณหา จุดสั่งซื้อสินค้า ปริมาณการสั่งซื้อสินค้า และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด ที่ระดับอัตราการส่งคืนสินค้าที่แตกต่างกัน คือ α = 0.1, 0.2 และ 0.3 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1-3

ตารางที่ 1 จุดสั่งซื้อสินค้า ปริมาณการสั่งซื้อ และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด ที่ระดับ α = 0.1

จุดสั่งซื้อสินค้า (s)	ปริมาณการสั่งซื้อสินค้า (Q)	ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด (TC)
60	20	37,692
60	21	37,497
60	22	37,337
60	23	37,218
60	24	37,141
60	**25**	**37,110**
60	26	37,128

จากตารางที่ 1 เมื่อเพิ่มปริมาณการสั่งซื้อสินค้าตั้งแต่ Q = 1 ไปเรื่อยๆ (ในที่นี้แสดง Q = 20 เป็นต้นไป) พบว่าในปริมาณการสั่งซื้อสินค้าที่จำนวน 25 หน่วย ส่งผลทำให้เกิดค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดต่ำที่สุด และได้จุดสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม (s* = 60) ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม (Q* = 25) และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด 37,110

จากตารางที่ 2 เมื่อเพิ่มปริมาณการสั่งซื้อสินค้าตั้งแต่ Q = 1 ไปเรื่อยๆ (ในที่นี้แสดง Q = 10 เป็นต้นไป) พบว่าในปริมาณการสั่งซื้อสินค้าที่จำนวน 15 หน่วย ส่งผลทำให้เกิดค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดต่ำที่สุด และได้จุดสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม (s* = 60) ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม (Q* = 15) และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด 32,866

ตารางที่ 2 จุดสั่งซื้อสินค้า ปริมาณการสั่งซื้อ และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด ที่ระดับ $\alpha = 0.2$

จุดสั่งซื้อสินค้า (s)	ปริมาณการสั่งซื้อสินค้า (Q)	ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด (TC)
60	10	33,537
60	11	33,322
60	12	33,144
60	13	33,006
60	14	32,912
60	**15**	**32,866**
60	16	32,871

ตารางที่ 3 จุดสั่งซื้อสินค้า ปริมาณการสั่งซื้อ และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด ที่ระดับ $\alpha = 0.3$

จุดสั่งซื้อสินค้า (s)	ปริมาณการสั่งซื้อสินค้า (Q)	ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด (TC)
60	1	29,142
60	2	28,942
60	3	28,783
60	4	28,669
60	5	28,604
60	**6**	**28,593**
60	7	28,639

จากตารางที่ 3 พบว่าในปริมาณการสั่งซื้อสินค้าที่จำนวน 6 หน่วย ส่งผลทำให้เกิดค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดต่ำที่สุด และได้จุดสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม ($s^* = 60$) ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม ($Q^* = 6$) และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด 28,593

จากการเพิ่มค่าใช้จ่ายในส่วนของผู้ประกอบการไปรับคืนสินค้าด้วยตนเองนั้น ในกรณีปริมาณความต้องการสินค้าและปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืนไม่เป็นอิสระกัน ค่าใช้จ่ายในส่วนที่เพิ่มขึ้นมานั้นไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการสั่งซื้อสินค้าเหมาะสม แต่ส่งผลทำให้ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดเมื่อสั่งซื้อสินค้าในปริมาณที่เหมาะสมแล้วมีค่าเพิ่มขึ้น จาก Wang และ Di [5] ที่ได้เสนอไว้

3.2.1.2 ปริมาณความต้องการสินค้าและปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืนเป็นอิสระกัน

จากผลการศึกษาการเสนอตัวแบบควบคุมสินค้าคงคลัง ภายใต้นโยบาย (s,Q) สามารถคำนวณหา จุดสั่งซื้อสินค้า ปริมาณการสั่งซื้อสินค้า และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด ที่ระดับอัตราการส่งคืนสินค้าที่แตกต่างกัน คือ $\lambda_R = 10, 20, 30, 40, 50$ และ 60 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4 จุดสั่งซื้อสินค้า ปริมาณการสั่งซื้อ และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด ที่ระดับ $\lambda_R = 10$

จุดสั่งซื้อสินค้า (s)	ปริมาณการสั่งซื้อสินค้า (Q)	ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด (TC)
60	17	31,448
60	18	29,948
60	19	28,807
60	20	28,036
60	21	27,634
60	**22**	**27,586**
60	23	27,862

จากตารางที่ 4 เมื่อเพิ่มปริมาณการสั่งซื้อสินค้าตั้งแต่ $Q = 1$ ไปเรื่อยๆ (ในที่นี้แสดง $Q = 17$ เป็นต้นไป) พบว่าในปริมาณการสั่งซื้อสินค้าที่จำนวน 22 หน่วย ส่งผลทำ

ให้เกิดค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดต่ำที่สุด จึงได้ จุดสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม (s^* = 60) ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม (Q^* = 22) และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด 27,586

ตารางที่ 5 จุดสั่งซื้อสินค้า ปริมาณการสั่งซื้อ และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด ที่ระดับ $\lambda_R = 20$

จุดสั่งซื้อสินค้า (s)	ปริมาณการสั่งซื้อสินค้า (Q)	ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด (TC)
60	16	43,240
60	17	39,790
60	18	37,170
60	19	35,330
60	20	34,180
60	**21**	**33,660**
60	22	33,670

จากตารางที่ 5 เมื่อเพิ่มปริมาณการสั่งซื้อสินค้าตั้งแต่ Q = 1 ไปเรื่อยๆ (ในที่นี้แสดง Q = 16 เป็นต้นไป) พบว่าในปริมาณการสั่งซื้อสินค้าที่จำนวน 21 หน่วย ส่งผลทำให้เกิดค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดต่ำที่สุด จึงได้ จุดสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม (s^* = 60) ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม (Q^* = 21) และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด 33,660

จากตารางที่ 6 เมื่อเพิ่มปริมาณการสั่งซื้อสินค้าตั้งแต่ Q = 1 ไปเรื่อยๆ (ในที่นี้แสดง Q = 14 เป็นต้นไป) พบว่าในปริมาณการสั่งซื้อสินค้าที่จำนวน 19 หน่วย ส่งผลทำให้เกิดค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดต่ำที่สุด จึงได้ จุดสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม (s^* = 60) ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม (Q^* = 19) และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด 40,460

ตารางที่ 6 จุดสั่งซื้อสินค้า ปริมาณการสั่งซื้อ และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด ที่ระดับ $\lambda_R = 30$

จุดสั่งซื้อสินค้า (s)	**ปริมาณการสั่งซื้อสินค้า (Q)**	**ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด (TC)**
60	14	50,900
60	15	47,000
60	16	44,120
60	17	42,150
60	18	40,970
60	**19**	**40,460**
60	20	40,500

ตารางที่ 7 จุดสั่งซื้อสินค้า ปริมาณการสั่งซื้อ และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด ที่ระดับ $\lambda_R = 40$

จุดสั่งซื้อสินค้า (s)	**ปริมาณการสั่งซื้อสินค้า (Q)**	**ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด (TC)**
60	11	52,600
60	12	49,440
60	13	47,220
60	14	45,810
60	15	45,090
60	**16**	**44,940**
60	17	45,260

จากตารางที่ 7 เมื่อเพิ่มปริมาณการสั่งซื้อสินค้าตั้งแต่ Q = 1 ไปเรื่อยๆ (ในที่นี้แสดง Q = 11 เป็นต้นไป) พบว่าในปริมาณการสั่งซื้อสินค้าที่จำนวน 16 หน่วย ส่งผลทำให้เกิดค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดต่ำที่สุด จึงได้ จุดสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม (s^* = 60) ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม (Q^* = 16) และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด 44,940

ตารางที่ 8 จุดสั่งซื้อสินค้า ปริมาณการสั่งซื้อ และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด ที่ระดับ $\lambda_R = 50$

จุดสั่งซื้อสินค้า (*s*)	ปริมาณการสั่งซื้อสินค้า (*Q*)	ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด (*TC*)
60	6	39,739
60	7	36,924
60	8	34,865
60	9	33,455
60	10	32,601
60	**11**	**32,213**
60	12	32,216

จากตารางที่ 8 เมื่อเพิ่มปริมาณการสั่งซื้อสินค้าตั้งแต่ $Q = 1$ ไปเรื่อยๆ (ในที่นี้แสดง $Q = 6$ เป็นต้นไป) พบว่าในปริมาณการสั่งซื้อสินค้าที่จำนวน 11 หน่วย ส่งผลทำให้เกิดค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดต่ำที่สุด จึงได้ จุดสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม ($s^* = 60$) ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม ($Q^* = 11$) และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด 32,213

ตารางที่ 9 จุดสั่งซื้อสินค้า ปริมาณการสั่งซื้อ และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด ที่ระดับ $\lambda_R = 60$

จุดสั่งซื้อสินค้า (*s*)	ปริมาณการสั่งซื้อสินค้า (*Q*)	ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด (*TC*)
60	1	14,422
60	2	13,766
60	3	13,361
60	**4**	**13,180**
60	5	13,196

จากตารางที่ 9 พบว่า ในปริมาณการสั่งซื้อสินค้าที่จำนวน 4 หน่วย ส่งผลทำให้เกิดค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดต่ำที่สุด จึงได้ จุดสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม ($s^* = 60$) ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม ($Q^* = 4$) และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด 13,180

จากการเพิ่มค่าใช้จ่ายในส่วนของผู้ประกอบการไปรับคืนสินค้าด้วยตนเองนั้น ในกรณีปริมาณความต้องการสินค้าและปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืนเป็นอิสระกัน ส่งผลทำให้ทั้งปริมาณการสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสมและค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามไปด้วยเมื่อเปรียบเทียบกับ Wang และ Di [5]

นอกจากนี้ทั้งกรณีปริมาณความต้องการสินค้าและปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืนไม่เป็นอิสระกันและกรณีเป็นอิสระกัน ได้จุดสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสมลดลงจาก Wang และ Di [5] ที่ได้เสนอไว้

3.2.2 กรณีมีการสั่งซื้อสินค้าเมื่อกำหนดเงื่อนไขในการให้ส่วนลด

3.2.2.1 ปริมาณความต้องการสินค้าและปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืนไม่เป็นอิสระกัน

จากผลการศึกษาการเสนอตัวแบบควบคุมสินค้าคงคลังภายใต้นโยบาย (s,Q) กรณีที่ผู้ผลิตได้เสนอเงื่อนไขในการให้ส่วนลดในทุกหน่วยของสินค้าแก่ผู้ประกอบการ สามารถคำนวณหา จุดสั่งซื้อสินค้า ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าเพิ่ม และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดที่ระดับอัตราการส่งคืนสินค้าที่แตกต่างกัน คือ $\alpha = 0.1$, 0.2 และ 0.3 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 10-11

จากตารางที่ 10 พบว่า เมื่อผู้ผลิตเสนอเงื่อนไขในการให้ส่วนลดแล้ว ทำให้สามารถซื้อสินค้าได้เพิ่มมากขึ้น (จากเดิม $Q^* = 25$) และยังทำให้ค่าใช้จ่ายรวมลดลงอีก

ด้วย (จากเดิม TC = 37,110) โดยได้ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าใหม่ (Q^*_{new} = 28) และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด 36,841 ในขณะที่จุดสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสมยังคงเท่าเดิม (s^* = 60)

ตารางที่ 10 จุดสั่งซื้อสินค้า ปริมาณการสั่งซื้อเพิ่ม และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด ที่ระดับ α = 0.1

จุดสั่งซื้อสินค้า (s)	ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าเพิ่ม (Q_{new})	ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด (TC)
60	26	36,907
60	27	36,967
60	**28**	**36,841**
60	29	36,999

ตารางที่ 11 จุดสั่งซื้อสินค้า ปริมาณการสั่งซื้อเพิ่ม และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด ที่ระดับ α = 0.2

จุดสั่งซื้อสินค้า (s)	ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าเพิ่ม (Q_{new})	ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด (TC)
60	16	32,735
60	**17**	**32,640**
60	18	32,736

จากตารางที่ 11 พบว่า เมื่อผู้ผลิตเสนอเงื่อนไขในการให้ส่วนลดแล้ว ทำให้สามารถซื้อสินค้าได้เพิ่มมากขึ้น (จากเดิม Q^* = 15) และยังทำให้ค่าใช้จ่ายรวมลดลงอีกด้วย (จากเดิม TC = 32,866) โดยได้ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าใหม่ (Q^*_{new} = 17) และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด 32,640 ในขณะที่จุดสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสมยังคงเท่าเดิม (s^* = 60)

ในขณะที่การคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าเพิ่มและค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด ที่ระดับ α = 0.3 นั้น ผลการวิจัยพบว่า เงื่อนไขในการให้ส่วนลดที่ผู้ผลิตเสนอแก่ผู้ประกอบการนั้น ไม่ทำให้ในการสั่งซื้อสินค้าเพิ่มเป็นทางเลือกที่ดีกว่ากรณีซื้อสินค้าแบบปกติ

3.2.2.2 ปริมาณความต้องการสินค้าและปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืนเป็นอิสระกัน

จากผลการศึกษาการเสนอตัวแบบควบคุมสินค้าคงคลัง ภายใต้นโยบาย (s,Q) กรณีที่ผู้ผลิตได้เสนอเงื่อนไขในการให้ส่วนลดในทุกหน่วยของสินค้าแก่ผู้ประกอบการ ที่ระดับอัตราการส่งคืนสินค้าที่แตกต่างกัน คือ λ_R = 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 พบว่าเงื่อนไขในการให้ส่วนลดที่ผู้ผลิตเสนอแก่ผู้ประกอบการนั้น ไม่ทำให้ในการสั่งซื้อสินค้าเพิ่มเป็นทางเลือกที่ดีกว่ากรณีซื้อสินค้าแบบปกติ ดังนั้นปริมาณการสั่งซื้อสินค้า และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดจึงยังคงเดิม

4. สรุปผล

จากการวิเคราะห์เชิงตัวเลขจากข้อมูลจริงจาก Wang และ Di [5] พบว่าในกรณีการสั่งซื้อสินค้าปกติ ที่ปริมาณความต้องการสินค้าและปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืนไม่เป็นอิสระกันนั้น พบว่าเมื่ออัตราการส่งคืนสินค้า (α) มีค่าเพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ ปริมาณการสั่งซื้อสินค้า และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด มีค่าลดลง และผลการวิจัยยังพบอีกว่า เมื่อระดับอัตราการส่งคืนสินค้า α = 0.4 ขึ้นไปนั้น ส่งผลทำให้ไม่สามารถหาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสมได้ เนื่องจากไม่สามารถหาค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดต่ำสุดพร้อมทั้งปริมาณการสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสมได้ ดังนั้นทางผู้ประกอบการจึงควรกำหนดขอบเขตในการส่งคืนสินค้า ที่ระดับ

$0 \le \alpha \le 0.3$ เพื่อทำให้ผลของการดำเนินงานทางธุรกิจเป็นไปในทางที่เหมาะสม ส่วนปริมาณความต้องการสินค้าและปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืนเป็นอิสระกันนั้น พบว่าเมื่ออัตราการส่งคืนสินค้า (λ_R) มีค่าเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลทำให้ปริมาณการสั่งซื้อสินค้ามีปริมาณที่ลดลง ในขณะที่ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดมีค่าสูงขึ้น แต่เมื่ออัตราการส่งคืนสินค้าที่ระดับ $\lambda_R \ge 50$ ขึ้นไปค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดกลับมีแนวโน้มที่ลดลง ส่วนในกรณีมีการสั่งซื้อสินค้าเมื่อกำหนดเงื่อนไขในการให้ส่วนลด ที่ปริมาณความต้องการสินค้าและปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืนไม่เป็นอิสระกันนั้น พบว่าผลลัพธ์เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับกรณีการสั่งซื้อสินค้าปกติ แต่ที่ระดับอัตราการส่งคืนสินค้า $\alpha = 0.3$ เงื่อนไขในการให้ส่วนลดที่ผู้ผลิตเสนอแก่ผู้ประกอบการนั้น ไม่ทำให้ในการสั่งซื้อสินค้าเพิ่มเป็นทางเลือกที่ดีกว่ากรณีซื้อสินค้าแบบปกติ ดังนั้นปริมาณการสั่งซื้อสินค้า และค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดจึงยังคงเดิม ในขณะที่ปริมาณความต้องการสินค้าและปริมาณสินค้าที่ถูกส่งคืนเป็นอิสระกันนั้น ในทุกระดับของอัตราการส่งคืนสินค้า (λ_R) ก็ไม่มีการสั่งซื้อสินค้าเพิ่มจากปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมเดิมแต่อย่างใด

5. เอกสารอ้างอิง

[1] G.P. Kiesmuller and E.A. van der Laan, “An Inventory Model with Dependent Product Demands and Returns”, International Journal of Production Economics 72, 2001, pp. 73-87.

[2] M. Fleischmann, R. Kuik and R. Dekker, “Controlling Inventories with Stochastic Item Returns: A Basic Model”, European Journal of Operational Research 138, 2002, pp. 63-75.

[3] M.P. de Brito and R. Dekker, “Modelling Product Returns in Inventory Control-Exploring the Validity of General Assumptions”, International Journal of Production Economics 81-82, 2003, pp. 225-241.

[4] S.M. Gupta and B.O. Johar, “An inventory control model for product returns” Available: http://iris.lib.neu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1018&context=gupta_pub, 27 July 2014.

[5] M. Wang and W. Di, “An (*s,S*) Inventory Control Model with Return Flows”, Proceedings of the International Conference on Business Management and Electronic Information, Guangzhou, China, 2011, pp. 328-331.

[6] V. Lorchirachoonkul, “Inventory Theory”, National institute of development administration, Bangkok, 1993. (in Thai)