

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในหัวข้อจะกล่าวถึงแนวคิดและทฤษฎีที่ใช้ในงานวิจัย โดยที่เนื้อหาหลักจะมุ่งประเด็นไปที่แบบจำลองพื้นฐานต่างๆที่มีข้อกำหนดต่างกัน แต่เป้าหมายของทุกๆแบบจำลองที่กล่าวถึงคือหาปริมาณสินค้าคงคลังที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดน้อยที่สุด เพื่อนำมาปรับปรุงและใช้กับสถานการณ์จำลองจริงที่ผู้วิจัยกำลังศึกษาอยู่ในขณะนี้ แต่ถึงอย่างไรก็ตามเพื่อความเข้าใจในแบบจำลองมากขึ้น ผู้วิจัยขอเสนอความหมาย ความสำคัญของการจัดการสินค้าคงคลัง และต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับสินค้าคงคลัง [1, 4]

2.1 ความหมายของสินค้าคงคลังและความสำคัญของสินค้าคงคลัง

สินค้าคงคลัง คือ วัตถุดิบ (Raw materials) สินค้าระหว่างทำ (Work in process) และสินค้าสำเร็จรูป (Finished goods) ที่หน่วยงาน บริษัท หรือโรงงานเก็บสะสมไว้จ่ายให้กับลูกค้าหรือผู้ใช้

แม้ว่าสินค้าคงคลังจะก่อให้เกิดต้นทุนกับกิจการ แต่การมีสินค้าคงคลังนั้นมีความจำเป็นมากในวงจรธุรกิจที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1.1 เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า

ถ้าความต้องการ (Demand) สินค้าของลูกค้ามากกว่าปริมาณสินค้าคงคลังที่มีอยู่ บริษัทจะไม่มีสินค้าสนองความต้องการของลูกค้าได้ ซึ่งทำให้เกิดผลเสียทั้งทางตรงและทางอ้อม ผลเสียโดยตรงคือบริษัทจะขาดกำไรที่ควรจะได้ ผลเสียทางอ้อมคือความเชื่อถือของลูกค้าที่มีต่อบริษัทจะลดลงและถ้าผลิตภัณฑ์ยังขาดอยู่เช่นนี้บ่อย ๆ ลูกค้าก็จะไปซื้อผลิตภัณฑ์ของคู่แข่งแทน ในทางตรงกันข้ามถ้าปริมาณสินค้าคงคลังมีมากกว่าความต้องการสินค้าของลูกค้า บริษัทหรือโรงงานจะต้องเสียเงิน เพื่อใช้ในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง ทางบริษัทหรือโรงงานจะต้องใช้เงินเป็นจำนวนมาก เงินจำนวนนี้รูปของเงินคงคลัง แทนที่จะมีโอกาสนำออกมาหาผลตอบแทนในทางอื่นในช่วงเวลาที่ผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ยังอยู่ในรูปสินค้าคงคลัง

2.1.2 เพื่อป้องกันความไม่แน่นอนที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

สินค้าคงคลังช่วยป้องกันความไม่แน่นอนที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต เช่น ในบางครั้งผู้ผลิตอาจจะมีการสั่งซื้อวัตถุดิบเก็บไว้เนื่องจากคาดว่าราคาของวัตถุดิบในอนาคตจะสูงขึ้นหรือขาดแคลน หรือมีแนวโน้มว่าโรงงานของซัพพลายเออร์ (Supplier) จะมีการประท้วงหยุดงานของแรงงาน นอกจากนั้น

การเก็บวัตถุดิบไว้ส่วนหนึ่งทำให้สามารถส่งป้อนกระบวนการผลิตได้ในเวลาที่ต้องการโดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบ และไม่ทำให้สายการผลิตต้องหยุดชะงัก

2.1.3 ทำให้เกิดการประหยัดต้นทุน

ในการสั่งซื้อสินค้า ไม่ว่าจะเป็นการสั่งซื้อวัตถุดิบเพื่อนำมาผลิตหรือการสั่งซื้อสินค้าสำเร็จรูป เพื่อนำมาจำหน่ายจะทำให้ผู้สั่งซื้อได้รับปริมาณส่วนลดตามปริมาณที่สั่งซื้อ นอกจากนั้น สินค้าบางประเภทมีความต้องการตามฤดูกาล แต่กิจการจำเป็นต้องมีระดับการผลิตที่สม่ำเสมอตลอดทั้งปีเนื่องจากต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นจากการมีระดับการผลิตที่สม่ำเสมอ จะต่ำกว่าระดับการผลิตที่ไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นสินค้าคงคลังจะช่วยทำให้เกิดการประหยัดต้นทุน อย่างไรก็ตามระดับการผลิตที่สม่ำเสมอตลอดปีจะทำให้กิจการมีสินค้าคงคลังสะสมไว้ในบางช่วง

2.2 ต้นทุนสินค้าคงคลัง

ต้นทุนสินค้าคงคลัง คือ ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับสินค้าคงคลัง ซึ่งได้แก่

2.2.1 ต้นทุนสินค้า (Item Cost)

ในที่นี้เป็นต้นทุนของสินค้าที่เกิดจากการสั่งซื้อและการผลิตที่บริษัทหรือโรงงานได้ทำการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตขึ้นมา เช่น ต้นทุนวัตถุดิบ ต้นทุนส่วนประกอบต่าง ๆ ต้นทุนสินค้าสำเร็จรูป

2.2.2 ต้นทุนในการสั่งซื้อและการเริ่มผลิต (Ordering Cost and Setup Cost)

ต้นทุนส่วนนี้เกิดขึ้นเมื่อบริษัทหรือโรงงานสั่งซื้อและการผลิตในแต่ละครั้ง ต้นทุนในการสั่งซื้อประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ค่าใช้จ่ายในการจัดเตรียมเอกสารในการออกคำสั่งซื้อ ค่าโทรศัพท์ ค่าโทรสาร การติดตามคำสั่งซื้อ ฯลฯ ส่วนต้นทุนในการเริ่มผลิตประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการออกคำสั่งผลิตและค่าใช้จ่ายในการปรับตั้งเครื่องจักรเพื่อเริ่มกระบวนการผลิต

2.2.3 ต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้า (Holding Cost)

ต้นทุนส่วนนี้เกิดขึ้นเมื่อโรงงานหรือบริษัทสั่งซื้อหรือสั่งผลิตสินค้าแล้ว ยังไม่ได้จำหน่ายออกไป จึงจำเป็นต้องมีการเก็บรักษา โดยทั่วไปต้นทุนส่วนนี้เป็นค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับคลังสินค้า (Warehouse) เช่น ค่าเสื่อมราคาสินค้า ค่าสาธารณูปโภค ค่าจ้างบุคคลากร ค่าเครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้ในการจัดเก็บ ค่าซ่อมบำรุง ค่าประกันภัยสินค้าและคลังสินค้า ค่าจ้างพนักงานรักษาความปลอดภัย ฯลฯ ในกรณีที่กิจการเช่าคลังสินค้าไว้เก็บสินค้าจะมีค่าเช่าคลังสินค้าส่วนหนึ่งเกิดขึ้น ส่วนกิจการที่ไม่ได้เก็บสินค้าไว้ในคลังสินค้าแต่เก็บไว้ในโรงงาน ถือว่าพื้นที่ของโรงงานที่เสียไปในการจัดเก็บสินค้าคงคลังเป็นต้นทุนส่วนนี้

2.2.4 ต้นทุนของเงินทุน (Cost of Capital)

การเก็บรักษาสินค้าคงคลังไว้ในกิจการทำให้เกิดต้นทุนจม (Sunk cost) จากการที่กิจการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตสินค้าขึ้นมาแล้ว แต่ยังไม่สามารถจำหน่ายต่อไปได้ การประมาณต้นทุนของเงินทุนอาจจะคิดจากอัตราดอกเบี้ยโดยถือว่ากิจการสูญเสียดอกเบี้ยจากการที่ไม่สามารถขายสินค้าและนำเงินไปฝากธนาคารได้

2.2.5 ต้นทุนสินค้าเสื่อมสภาพ (Cost of Obsolescence, Deterioration and Loss)

ต้นทุนสินค้าเสื่อมสภาพ หมายถึง ต้นทุนที่เกิดจากการที่สินค้าคงคลังที่เก็บไว้เสื่อมสมัยหรือเสื่อมสภาพไปจนไม่สามารถนำมาขายได้ในสภาพปกติ จึงต้องมีการนำไปทิ้ง หรือนำไปผลิตใหม่ หรือนำไปขายลดราคา หรือนำไปขายเป็นสินค้าเกรดรองลงไป ซึ่งทั้งหมดนี้ก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายกับกิจการทั้งสิ้น ในกรณีที่สินค้าคงคลังที่เก็บไว้เกิดการสูญหายถือว่าเป็นต้นทุนส่วนนี้

2.2.6 ต้นทุนสินค้าขาดมือ (Stock-out Cost)

ต้นทุนสินค้าขาดมือหมายถึงต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการที่กิจการเก็บสินค้าคงคลังไว้ไม่เพียงพอ กับความต้องการของลูกค้าที่เกิดขึ้น หากลูกค้าไม่สามารถรอสินค้าจากการผลิตครั้งใหม่ได้ จะทำให้กิจการต้องเสียยอดขายไปซึ่งถือเป็นต้นทุนของสินค้าขาดมือ

2.3 แบบจำลองเพื่อการจัดการสินค้าคงคลัง

2.3.1 แบบจำลองจำนวนการสั่งซื้อที่ประหยัด (Economic Order Quantity, EOQ)

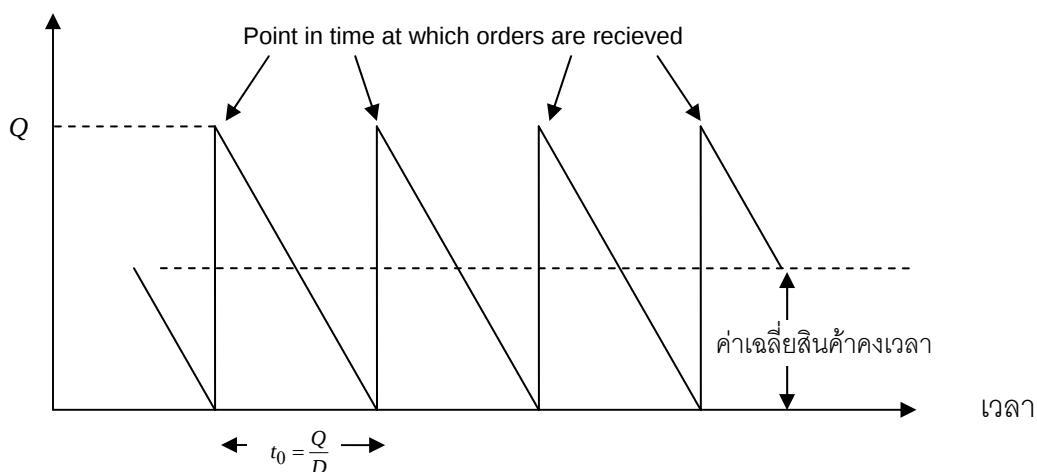
แบบจำลองนี้เป็นตัวแบบจำลองสินค้าคงคลังง่ายที่สุด โดยไม่ให้เกิดสินค้าขาดมือ เมื่อสั่งซื้อสินค้าแล้วสินค้าทั้งหมดจะมาถึงพร้อมกัน สินค้าที่สั่งในแต่ละครั้งเป็นสินค้าประเภทเดียว

- กำหนดให้
- Q – ปริมาณสินค้าที่สั่งซื้อในแต่ละครั้ง
 - D – ความต้องการสินค้าต่อ 1 หน่วยเวลา
 - C_o – ค่าใช้จ่ายคงตัวที่เกิดขึ้นในการสั่งซื้อสินค้าแต่ละครั้ง
 - C_h – ค่าเก็บรักษาสินค้าคงคลัง 1 หน่วย/หน่วยเวลา
 - L – ช่วงเวลานำส่งสินค้า

ระดับสูงสุดของสินค้าคงคลังเกิดขึ้นเมื่อได้รับสินค้าทั้งหมดที่สั่งซื้อจำนวน Q หน่วยและระดับสินค้าคงคลังเข้าสู่ศูนย์เมื่อเวลาผ่านไป $\frac{Q}{D}$ หลังจากได้รับสินค้า

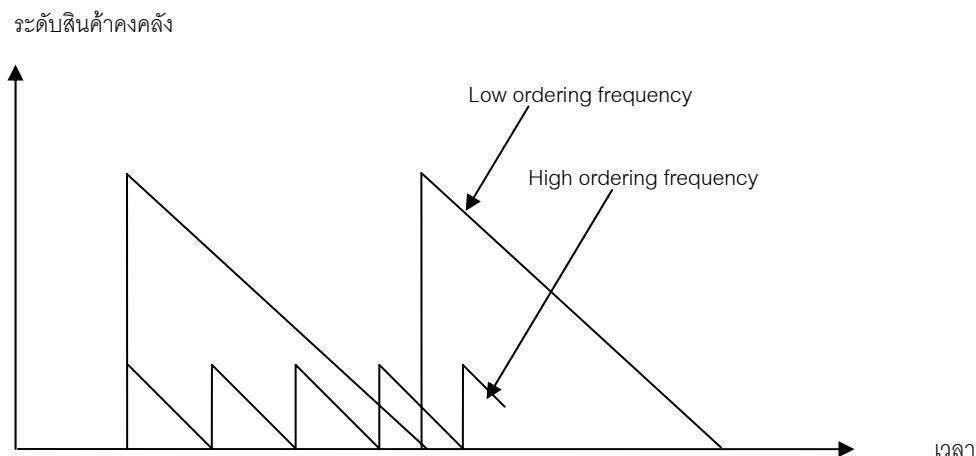
ระดับสินค้าคงคลัง

(หน่วย)



รูปที่ 2.1 ระดับสินค้าเมื่อสั่งซื้อสินค้า

จากรูปที่ 2.1 ช่วงเวลาแต่ละรอบของสินค้าคงคลังคือ $t_o = \frac{Q}{D}$ และระดับสินค้าคงคลังโดยเฉลี่ยเท่ากับพื้นที่ภายใต้ระดับสินค้าคงคลังในช่วง 1 หน่วยเวลา $\frac{Q}{2}$ ในการสั่งซื้อสินค้าปริมาณ Q ถ้าค่า Q น้อยคือสั่งซื้อครั้งละน้อย ๆ จึงต้องทำการสั่งซื้อบ่อยครั้ง ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อมาก อย่างไรก็ตามจะมีระดับสินค้าคงคลังน้อยซึ่งทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาน้อย ในทางตรงกันข้ามถ้าค่า Q มากคือสั่งซื้อครั้งละมาก ๆ จึงไม่ต้องสั่งซื้อบ่อย ๆ แต่ปริมาณสินค้าคงคลังก็จะมากด้วยดังรูปที่ 2.2 เมื่อค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการสั่งซื้อและค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังมีความสัมพันธ์กันลักษณะนี้จึงต้องหาปริมาณการสั่งซื้อ Q ที่เหมาะสม เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายที่สุด (Economic Order Quantity, EOQ) ในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายนี้จะสนใจเฉพาะค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้อง โดยไม่รวมต้นทุนต่อหน่วยของสินค้า เพราะค่าใช้จ่ายส่วนนี้ไม่ได้ขึ้นกับระดับสินค้าคงคลัง



รูปที่ 2.2 ระดับสินค้าคงคลังและจำนวนครั้งของการสั่งซื้อ

ให้ $TC(Q)$ แทนค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อ 1 หน่วยเวลา ซึ่งเป็นฟังก์ชันของ Q

$TC(Q) = \text{ค่าใช้จ่ายคงตัว/หน่วยเวลา} + \text{ค่าเก็บรักษาสินค้าคงคลัง/หน่วย}$

เมื่อช่วงเวลาแต่ละรอบคือ $t_o = \frac{Q}{D}$ นั่นคือ ใน 1 หน่วยเวลาจำนวนครั้งที่ต้องสั่งซื้อสินค้า $\frac{D}{Q}$ ครั้ง จะได้

$$TC(Q) = C_o \left(\frac{D}{Q} \right) + C_h \left(\frac{Q}{2} \right) \quad (2.1)$$

หาค่า Q ที่เหมาะสมโดยการหาอนุพันธ์ของ TC เทียบกับ Q และให้อนุพันธ์ของ TC เทียบกับ Q เท่ากับศูนย์ ทั้งนี้สมมติว่า Q เป็นตัวแปรต่อเนื่อง (Continuous Variable) จะได้

$$\frac{d}{dQ} TC = \frac{-C_o D}{Q^2} + \frac{C_h}{2} = 0 \quad (2.2)$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2C_o D}{C_h}} \quad (2.3)$$

ทดสอบว่า Q^* ว่าเป็นค่าให้ $TC(Q)$ ต่ำสุดหรือไม่ โดยใช้อนุพันธ์อันดับสอง จะได้

$$\frac{d^2}{dQ^2}TC = \frac{2C_oD}{Q^3} = \sqrt{\frac{C_h^3}{2C_oD}} \quad (2.4)$$

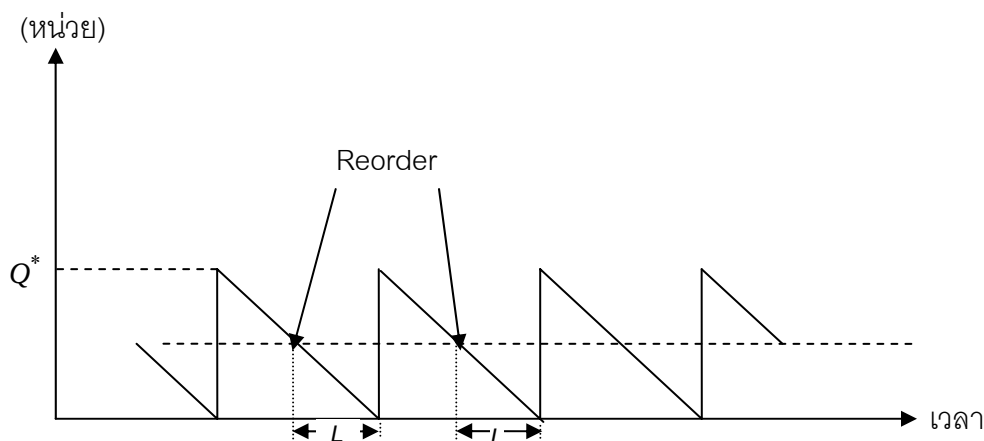
เมื่ออนุพันธ์อันดับสองเป็นบวก แสดงว่าค่า Q^* ที่ได้ให้ $TC(Q^*)$ ต่ำสุด หรืออาจกล่าวได้ว่า ปริมาณสินค้าที่สั่งซื้อ Q^* จะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด ซึ่งหาได้จากการแทน Q^* ในสมการที่ (2.1) นั่นคือแผนการสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสมที่สุดของตัวแบบนี้ คือ

สั่งซื้อปริมาณ
$$Q^* = \sqrt{\frac{2C_oD}{C_h}}$$

ค่าใช้จ่ายทั้งหมด
$$TC(Q^*) = \sqrt{2C_oDC_h} \quad (2.5)$$

สำหรับสถานการณ์ของปัญหาสินค้าคงคลังส่วนใหญ่มักจะมีช่วงเวลาการนำส่งสินค้าคือ $L \neq 0$ ณ จุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder Point) จะเป็นจุดเวลาก่อนที่สินค้าจะถูกนำส่งในช่วงเวลา L ต่อมา ดังรูปที่ 2.3

ระดับสินค้าคงคลัง



รูปที่ 2.3 แสดงจุดสั่งซื้อใหม่

การพิจารณาจุดสั่งซื้อใหม่ จำแนกได้ 2 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 $L \leq t_0$ แสดงว่าต้องสั่งซื้อสินค้าขณะที่ระดับสินค้าเท่ากับ $(L \times \text{ความต้องการสินค้าต่อวัน})$

กรณีที่ 2 $L > t_0$ พิจารณาดังนี้ ถ้า $L = nt_0 + d$, n เป็นจำนวนเต็มบวกแสดงว่าจะต้องส่งของล่วงหน้า n รอบ โดยสั่งซื้อขณะที่ของในคลังสินค้าอยู่ที่ระดับ $(d \times \text{ความต้องการสินค้าต่อวัน})$

2.3.2 แบบจำลองปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดแบบมีส่วนลดตามปริมาณที่ (EOQ Model with Quantity Discounts)

ในแบบจำลองที่กล่าวมาข้างต้นไม่ได้นำต้นทุนของสินค้ามาคิด เพราะไม่ว่าจะซื้อสินค้าจำนวนเท่าไร ต้นทุนสินค้าจะเท่ากับ ราคาสินค้าคูณด้วยจำนวนที่ซื้อ เพราะราคาต่อหน่วยคงที่ จึงไม่มีผลกระทบต่อระดับราคาสินค้าคงคลัง สำหรับหัวข้อนี้ราคาสินค้าขึ้นอยู่กับปริมาณสินค้าที่ซื้อ พิจารณาแบบจำลองสินค้าคงคลังในกรณีที่มีราคาส่งส่วนลดตามปริมาณที่ซื้อ และเมื่อสั่งซื้อสินค้าแล้วจะได้สินค้าทั้งหมดในเวลาเดียวกันและไม่ยอมให้สินค้าขาดมือ

สมมติให้ ต้นทุนต่อหน่วยเป็น C_1 เมื่อ $Q < q$

และ ต้นทุนต่อหน่วยเป็น C_2 เมื่อ $Q \geq q$

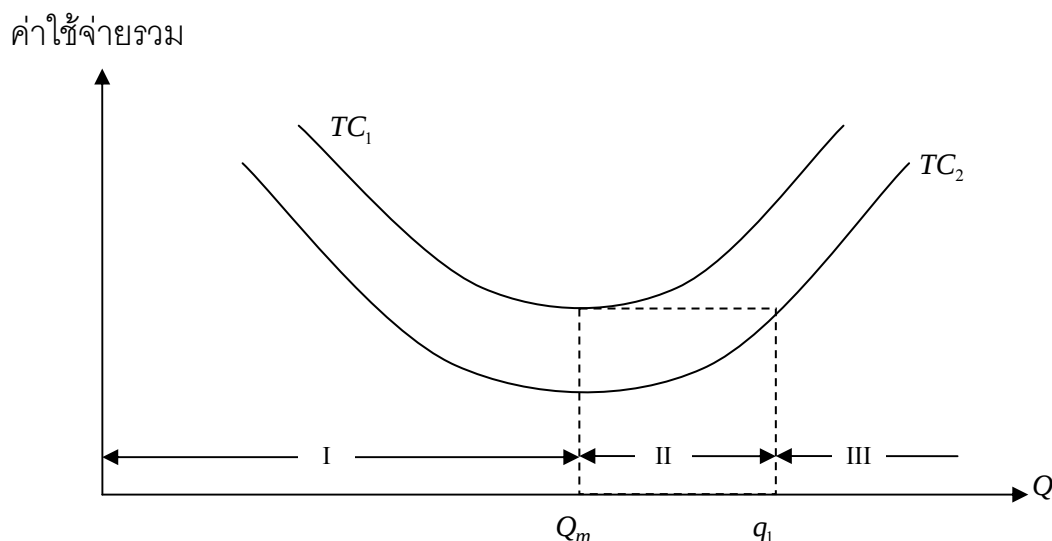
โดยที่ $C_1 > C_2$ และ q เป็นปริมาณที่เริ่มคิดราคาส่งลด

ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในแต่ละรอบประกอบด้วยค่าใช้จ่ายคงที่ในการซื้อ (Setup Cost) ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังและราคาสินค้าแต่ละชิ้น ดังนั้น ค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อหน่วยเวลาเมื่อ $Q < q$ คือ

$$TC_1(Q) = C_1 D + C_o \left(\frac{D}{Q} \right) + C_h \left(\frac{Q}{2} \right) \quad (2.6)$$

สำหรับ $Q \geq q$ ค่าใช้จ่ายคือ

$$TC_2(Q) = C_2 D + C_o \left(\frac{D}{Q} \right) + C_h \left(\frac{Q}{2} \right) \quad (2.7)$$



รูปที่ 2.4 กราฟของฟังก์ชันในสมการที่ (2.6) และ (2.7)

ถ้าไม่คิดถึงราคาส่วลดชั่วขณะ และให้ Q_m แทนปริมาณที่จะทำให้ TC_1 และ TC_2 น้อยที่สุดแล้ว

จะได้
$$Q_m = \sqrt{\frac{2C_o D}{C_h}}$$

ฟังก์ชัน TC_1 และ TC_2 ในรูปแสดงให้เห็นว่าในการสั่งซื้อสินค้าจำนวนที่เหมาะสม Q^* ขึ้นอยู่กับ q ซึ่งเป็นปริมาณที่เริ่มคิดราคาส่วลดและตกอยู่ใน 3 ช่วงคือ I, II, III แต่ละช่วงกำหนดจาก $q_1 > Q_m$

$$TC_1(Q_m) = TC_2(q_1) \quad (2.8)$$

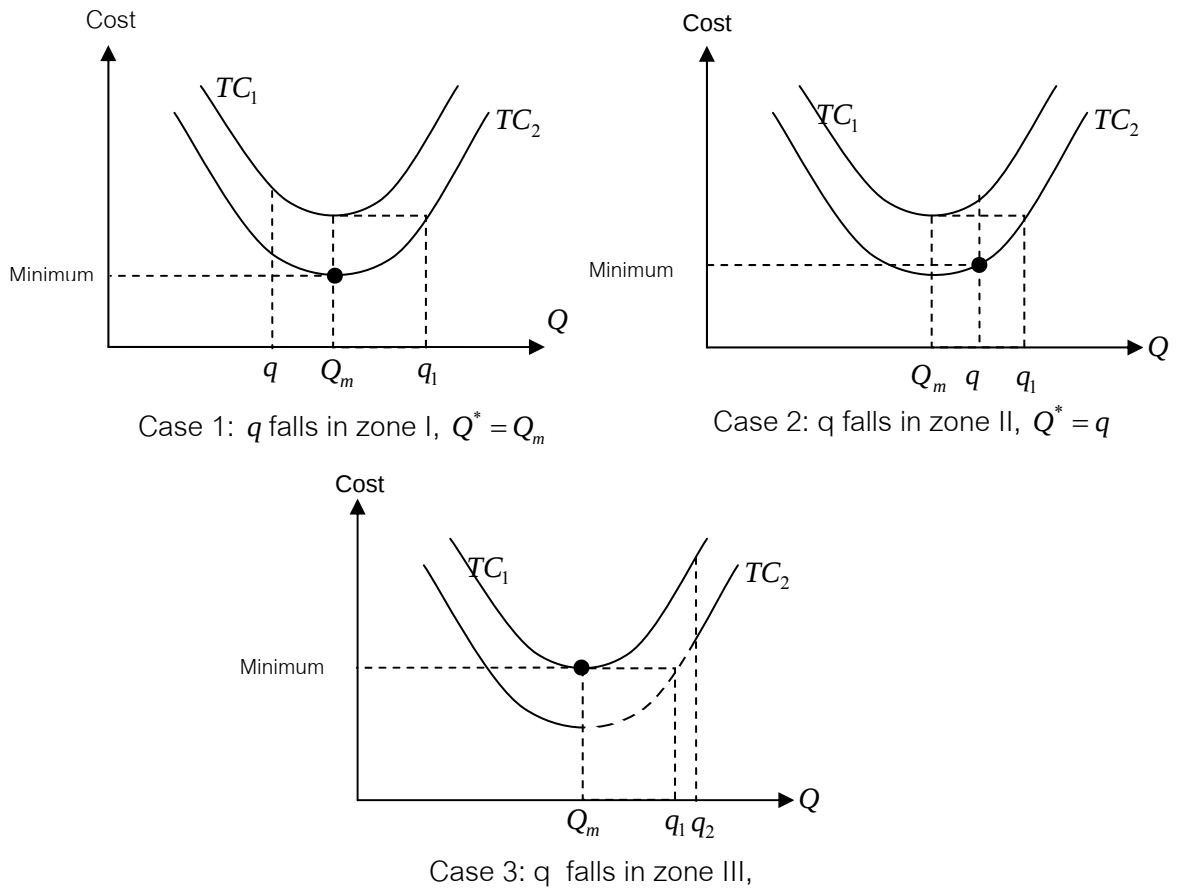
เมื่อ $Q_m = \sqrt{\frac{2C_o D}{C_h}}$ แก้สมการ (2.8) จะได้ค่า q_1

ในกรณีนี้แบ่งช่วงได้ดังนี้

ช่วงที่ I : $0 \leq q \leq Q_m$

ช่วงที่ II : $Q_m \leq q \leq q_1$

ช่วงที่ III : $q \leq q_1$



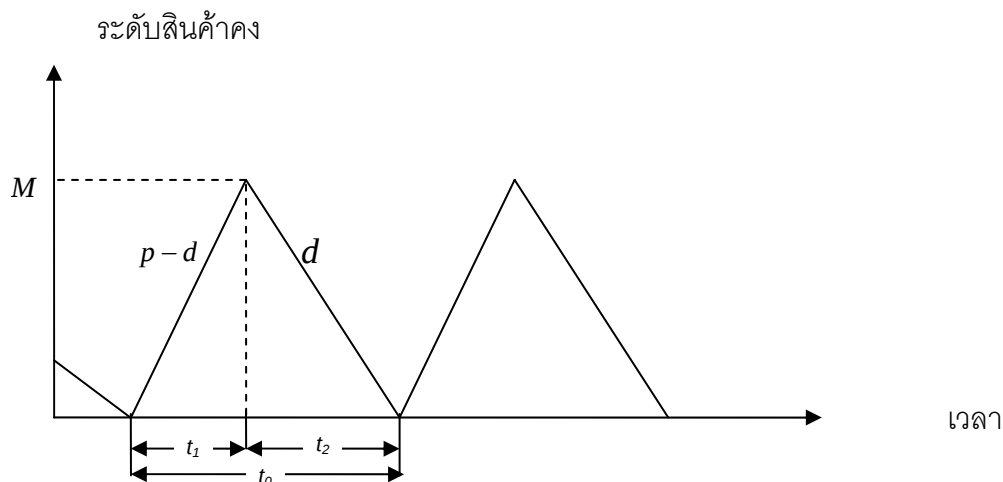
รูปที่ 2.5 คำตอบเหมาะสม Q^* ของแต่ละกรณี

คำตอบที่เหมาะสม Q^* จะขึ้นอยู่กับว่า จะตกอยู่ในช่วง I, II, III ดังนี้

$$\left\{ \begin{array}{lll} Q^* = Q_m & \text{ถ้า } 0 \leq q \leq Q_m & (\text{ช่วงที่ I}) \\ Q^* = q & \text{ถ้า } Q_m \leq q \leq q_1 & (\text{ช่วงที่ II}) \\ Q^* = Q_m & \text{ถ้า } q \geq q_1 & (\text{ช่วงที่ III}) \end{array} \right.$$

2.3.3 แบบจำลองจำนวนการผลิตที่ประหยัด (Economic Production Lot Size)

แบบจำลองนี้จะสมมติว่าบริษัทผลิตสินค้าในอัตราคงที่คือผลิตจำนวน p หน่วยต่อหน่วยเวลา ความต้องการสินค้าคงที่อัตรา d หน่วยต่อหน่วยเวลา โดยที่ $p > d$ ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.6 ระดับสินค้าคงคลังกับเวลาในแบบจำลองการผลิต

ในช่วง t_1 ผลิตสินค้าในอัตรา p หน่วยต่อหน่วยเวลา และอัตราความต้องการ d หน่วยต่อหน่วยเวลา ดังนั้นระดับสินค้าคงคลังจะเพิ่มขึ้นในอัตรา $p-d$ หลังจากหยุดผลิตความต้องการยังคงอยู่ในอัตรา d หน่วยต่อหน่วยเวลา ซึ่งทำให้ระดับสินค้าคงคลังลดลงในอัตรา d สำหรับช่วงเวลา t_2 รอบ

ของสินค้าคงคลังทั้งหมดแทนด้วย $t_0 = t_1 + t_2 = \frac{Q}{D}$

กำหนดให้

M - ระดับสินค้าคงคลังที่มากที่สุด

Q - จำนวนสินค้าที่เกิดขึ้นเมื่อมีจะผลิตในแต่ละรอบ

C_o - ค่าใช้จ่ายคงต้นที่เกิดขึ้นเมื่อเริ่มต้นผลิตสินค้า

C_h - ค่าเก็บรักษาสินค้าคงคลัง 1 หน่วย/หน่วยเวลา

จากรูปที่ 2.6 จะได้

$$Q = pt_1 \rightarrow t_1 = \frac{Q}{p}$$

$$M = (p-d)t_1 = (p-d)\frac{Q}{p} = Q\left(1 - \frac{d}{p}\right)$$

ดังนั้น
$$M = Q \left(1 - \frac{D}{P} \right)$$

จำนวนสินค้าคงคลังในแต่ละรอบโดยเฉลี่ย
$$= \frac{M}{2} = Q \left(1 - \frac{D}{P} \right)$$

ใน 1 หน่วยเวลาจำนวนรอบที่ต้องทำการผลิต
$$= \frac{D}{Q}$$

ค่าใช้จ่ายทั้งหมด = ค่าใช้จ่ายคงตัว/หน่วยเวลา + ค่าเก็บสินค้าคงคลัง/หน่วยเวลา

$$TC(Q) = C_o \frac{D}{Q} + C_h \frac{Q}{2} \left(1 - \frac{D}{P} \right) \quad (2.9)$$

หาค่า Q ที่ทำให้ $TC(Q)$ น้อยที่สุด ดังนี้

$$\left. \frac{d}{dQ} TC(Q) \right|_{Q^*} = \frac{-C_o D}{Q^2} + \frac{C_h}{2} \left(1 - \frac{D}{P} \right) \Big|_{Q^*} = 0 \quad (2.10)$$

$$Q^2 = \frac{2C_o D}{C_h \left(1 - \frac{D}{P} \right)}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2C_o D}{C_h \left(1 - \frac{D}{P} \right)}} = \sqrt{\left(\frac{2DC_o}{C_h} \right) \left(\frac{P}{P-D} \right)} \quad (2.11)$$

ช่วงเวลาแต่ละรอบของสินค้าคงคลัง,
$$t_o = \frac{Q^*}{D} = \sqrt{\frac{2C_o}{DC_h \left(1 - \frac{D}{P} \right)}}$$

ช่วงเวลาทำการผลิต,
$$t = \frac{Q}{P}$$

ค่าใช้จ่ายทั้งหมด

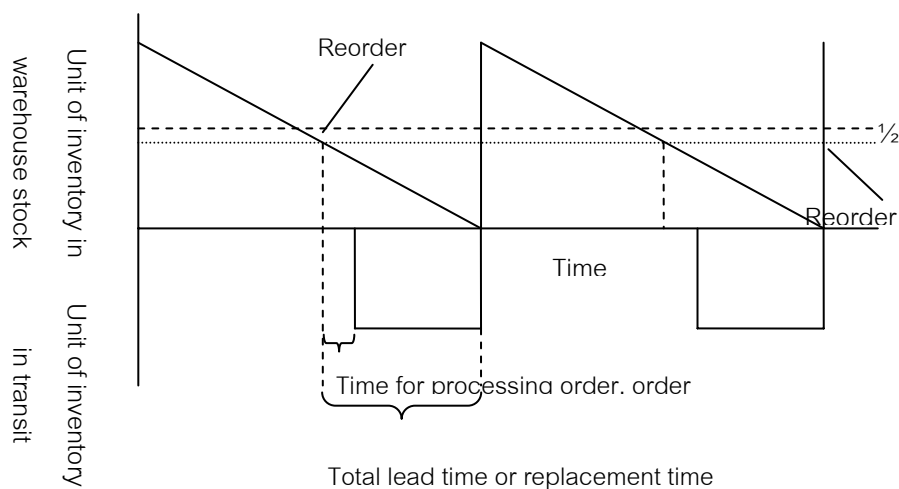
$$TC(Q^*) = \sqrt{2C_oDC_h(1-\frac{D}{P})} \quad (2.12)$$

เมื่อทดสอบค่า Q^* จะได้ว่า $\frac{d^2TC(Q)}{dQ^2} > 0$

ดังนั้นจึงได้ว่า Q^* ที่ได้ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดมีค่าต่ำที่สุด

2.3.4 แบบจำลอง EOQ ที่พิจารณาค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในระหว่างขนส่ง

ในการขนส่งสินค้า ระยะเวลาในการขนส่งมีผลต่อค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น โดยถ้าใช้ระยะเวลาในการขนส่งมากจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งมาก เพราะค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาสินคงคลังซึ่งผู้ผลิตต้องรับผิดชอบมีค่ามาก จะเห็นว่า ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างขนส่งมีลักษณะเช่นเดียวกับ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นขณะที่มีสินค้าคงคลัง ทั้งที่จัดเก็บอยู่ในคลังสินค้า หรืออยู่ในระหว่างการเคลื่อนย้าย ดังนั้นจึงต้องพิจารณาค่าขนส่งสินค้าซึ่งขึ้นกับปริมาณสินค้าและค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาซึ่งขึ้นกับระยะเวลาในการขนส่ง



รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างสินค้าคงคลังในคลังสินค้าและสินค้าคงคลังในขณะขนส่ง

จากรูปที่ 2.7 เมื่อเปรียบเทียบกราฟส่วนล่างและกราฟส่วนบนจะเห็นว่าระดับสินค้าคงคลังในคลังสินค้ามีความแตกต่าง 2 ประการ สำหรับการหาค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม ประการที่หนึ่ง สินค้าคงคลัง

จะถูกส่งในระหว่าง 1 รอบการผลิต โดยระยะเวลาในการเคลื่อนย้ายสินค้าคงคลังน้อยกว่าระยะเวลาในการเคลื่อนย้ายสินค้าคงคลังจากรอบการผลิตก่อนหน้าเข้าสู่คลังสินค้า ประการที่สองสินค้าที่อยู่ในระหว่างการขนส่งจะไม่ถูกใช้หรือขาย ซึ่งต่างกับสินค้าที่อยู่ในคลังสินค้า ดังนั้น ค่าใช้จ่ายของการเก็บรักษาสินค้าคงคลังในระหว่างการขนส่งจะต่างจากค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังขณะที่อยู่ในคลังสินค้า กำหนดตัวแปรดังต่อไปนี้

c_{h_1} – อัตราค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังในขณะขนส่งบาทต่อหน่วย

C – มูลค่าต่อหน่วยของสินค้าคงคลัง

t – ระยะเวลาในแต่ละรอบการผลิต

t_l – ระยะเวลาในการขนส่งในแต่ละรอบการผลิต

M – ค่าเฉลี่ยจำนวนสินค้าคงคลังในระหว่างการขนส่ง

Q – ปริมาณการสั่งซื้อในแต่ละรอบการดำเนินงาน

D – ความต้องการต่อปี

C_o – ค่าใช้จ่ายในการการสั่งซื้อ 1 ครั้งหรือค่าใช้จ่ายในการเริ่มผลิต

c_{h_2} – อัตราค่าใช้จ่ายของการเก็บรักษาสินค้าคงคลังในคลังสินค้า

สามารถหาค่าเฉลี่ยจำนวนสินค้าคงคลังในระหว่างการขนส่ง M ได้ดังนี้ $M = \frac{t_l}{t} Q$

เมื่อ $t = \frac{360}{D/Q}$ ดังนั้น $M = \frac{t_l}{360} D$

สามารถเขียนสมการค่าใช้จ่ายสินค้าคงคลังทั้งหมด ในรูปใหม่ได้เป็น

$$TC = \frac{1}{2} C c_{h_1} Q + C_o \frac{D}{Q} + \frac{t_l}{t} Q c_{h_2} C \quad (2.13)$$

$$TC = \frac{1}{2} C c_{h_2} Q + C_o \frac{D}{Q} + \frac{t_l}{360} D c_{h_1} C \quad (2.14)$$

2.3.5 แบบจำลอง EOQ ที่พิจารณา อัตราค่าขนส่งต่อน้ำหนักสินค้า

เมื่อพิจารณาอัตราการขนส่งสินค้าคงคลังร่วมกับค่าใช้จ่ายซึ่งเกิดจากปริมาณการขนส่งแต่ละครั้ง ผู้ส่งสินค้าอาจขนส่งสินค้าปริมาณน้อยหรือมากโดยใช้ยานพาหนะที่เหมาะสมกับปริมาณสินค้า นอกจากนั้นการพิจารณาค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังและค่าใช้จ่ายจากการสั่งซื้อช่วยให้เกิดการตัดสินใจว่าทำอย่างไรค่าใช้จ่ายการขนส่งที่มีผลต่อค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่ำลงวิธีการหนึ่งที่มีประโยชน์เพื่อหาค่าและเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายรายปีทั้งหมดของแบบจำลอง EOQ ที่ขึ้น กับอัตราปริมาณหรือขนาดการขนส่ง ในการขนส่งสินค้า ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าต่อน้ำหนักสินค้า จะมีผลต่อค่าใช้จ่ายรวมโดย ถ้าค่าใช้จ่ายในขนส่งสินค้าต่อระดับสินค้าลดลงจะทำให้

- ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังในคลังสินค้าเพิ่มขึ้น
- ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อและค่าใช้จ่ายในการเริ่มผลิตลดลง
- ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าลดลง
- ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังในขณะขนส่งลดลง

ดังนั้นเราจึงสามารถปรับปรุงแบบจำลอง EOQ พื้นฐาน โดยพิจารณาอัตราค่าขนส่งต่อระดับสินค้า ดังนี้ กำหนดให้

$TC_b(Q)$ – ค่าใช้จ่ายรวมที่ EOQ พื้นฐาน

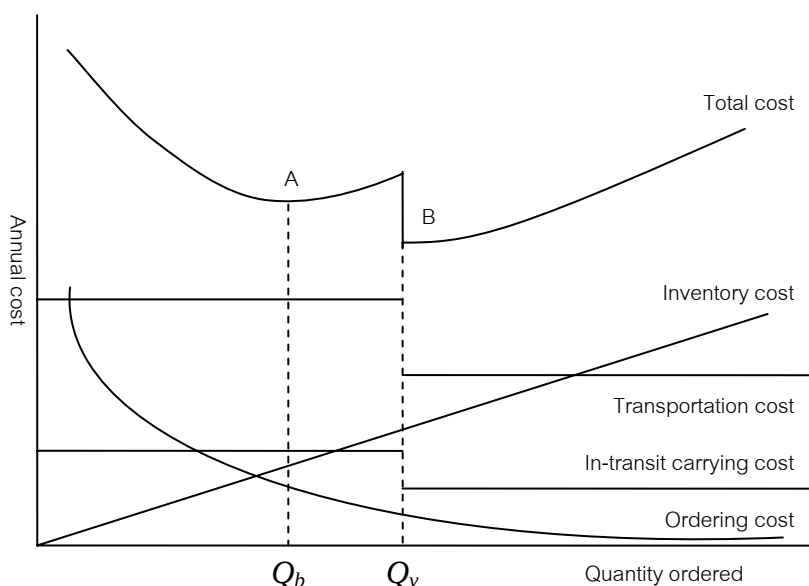
$TC_v(Q)$ – ค่าใช้จ่ายรวมอัตราค่าขนส่งต่อน้ำหนักสินค้าที่กำหนด

t_m – เวลาในการขนส่งสำหรับ EOQ พื้นฐาน

t_n – เวลาในการขนส่งสำหรับ EOQ ที่ปรับปรุงแล้ว

H – อัตราค่าขนส่งต่อน้ำหนักสินค้าที่ EOQ พื้นฐาน

L – อัตราค่าขนส่งต่อน้ำหนักสินค้าที่ EOQ ที่พิจารณาอัตราค่าขนส่งต่อน้ำหนักสินค้า



A = Total cost at basic EOQ (Q_b)

B = Total cost at quantity associated with transportation volume rate

รูปที่ 2.8 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดกับปริมาณสินค้าที่สั่งซื้อ

สามารถหาค่าใช้จ่ายรายปีทั้งหมดแต่ละปี ได้จากสมการ

$$TC_b(Q) = \frac{1}{2} Q_b C c_{h_2} + C_o \frac{D}{Q_b} + HD + \frac{t_m}{t} Q_b c_{h_1} C \quad (2.15)$$

$$TC_v(Q) = \frac{1}{2} Q_v c_{h_2} C + C_o \frac{D}{Q_v} + LR + \frac{t_n}{t} Q_v c_{h_1} C \quad (2.16)$$

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มีงานวิจัยจำนวนมากที่นำเสนองานเกี่ยวกับแบบจำลองสินค้าคงคลังในกรณีสำหรับผู้ค้ารายเดียว จัดส่งสินค้าชนิดเดียวให้กับลูกค้ารายเดียว ตัวอย่างเช่น ในปี 2000 Goyal [5] ซึ่งพิจารณาแผนการผลิตสินค้าคงคลัง และการจัดการขนส่ง เพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายรวมที่ต่ำที่สุดทั้งผู้ค้าและลูกค้า โดยมีแนวคิดว่าการขนส่งรอบแรกน้อยที่สุดที่เป็นไปได้ แล้วขนส่งรอบถัดไปจนถึงรอบสุดท้ายปริมาณเท่า ๆ กัน โดยไม่ยอมให้สินค้าขาดมือ เมื่อเปรียบเทียบกับ Lu (1995) [6] ที่ทำการจัดส่งทุกรอบเท่า ๆ

กัน และ Hill (1997) [7] และ Goyal (1995) [8] ที่ทำการจัดส่งสินค้าแต่ละรอบเท่ากัน จะเห็นว่าเกิดค่าใช้จ่ายรวมมากกว่านโยบายของ Goyal (2000)

ในปี 2004 Hong Zhao และ Yang Wang, etc. al [9] ได้เสนอการปรับปรุงแบบจำลอง EOQ โดยพิจารณาปัญหาสำหรับการหาปริมาณการสั่งซื้อและความถี่ในการสั่งซื้อ ซึ่งคิดค่าใช้จ่ายในการขนส่งและพิจารณาจำนวนและประเภทยานพาหนะในการขนส่งที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมที่ต่ำที่สุด โดยทำการสร้าง ขั้นตอนวิธี (Algorithm) เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมในขั้นตอนที่จำกัด

ในปีปัจจุบัน Yong และ Sheng [10] ได้เสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับธุรกิจผู้ค้ารายเดียวจัดส่งสินค้าชนิดเดียวให้กับลูกค้ารายเดียว โดยพิจารณากรณีที่ยอมให้เกิดสภาวะขาดมือสำหรับลูกค้าและไม่ยอมให้เกิดสภาวะสินค้าขาดมือ โดยพิจารณาค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังสำหรับลูกค้ามากกว่าค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังสำหรับผู้ค้า การขนส่งสินค้าในรอบแรกจะทำให้สินค้าในคลังสินค้าหมดพอดี แต่ในรอบสุดท้ายจะต้องไม่น้อยกว่าเวลาในการผลิตรอบแรก เพื่อหาปริมาณการผลิตและจำนวนการขนส่งที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมที่ต่ำที่สุด ซึ่งจะสามารถหาคำตอบที่เหมาะสมโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Matlab 5.3

Ertogral และ Darwish, etc.al [11] ได้เสนอแบบจำลองการผลิตและการขนส่งสำหรับผู้ค้ารายเดียวและลูกค้ารายเดียว โดยพิจารณาค่าใช้จ่ายในการขนส่งเป็นส่วนสำคัญ ซึ่งงานวิจัยบางชิ้นที่นำมาคิดเป็นค่าใช้จ่ายคงที่ โดยนำมารวมกับค่าใช้จ่ายในการเริ่มผลิตหรือค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ และคิดค่าใช้จ่ายในการขนส่งขึ้นอยู่กับปริมาณสินค้าที่ขนส่งโดยมีส่วนลดการขนส่งเมื่อปริมาณการขนส่งเพิ่มขึ้น จุดประสงค์ของแบบจำลองนี้คือ เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมในการผลิตและปริมาณการผลิตที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมที่ต่ำที่สุด

และในปี 2006 Hui Ming Wee และ Chun Jen Chung [12] ได้เสนอแบบจำลองการผลิตสินค้าคงคลังสำหรับผู้ค้ารายเดียว และผู้ซื้อรายเดียว โดยไม่ยอมให้เกิดสภาวะสินค้าขาดมือ และทำการจัดส่งรอบละเท่า ๆ กัน n รอบ เพื่อต้องการหาปริมาณการผลิตที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมที่ต่ำที่สุด โดยไม่ใช้วิธีการหาอนุพันธ์ในการแก้ปัญหาสหการหลายตัวแปร แต่ใช้วิธีทางพีชคณิตเพื่อแก้ปัญหานี้