

นโยบายการจัดการสินค้าคงคลังสำหรับอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในประเทศ: การศึกษาโดยการจำลองสถานการณ์

พิชชวีร์ มีสุขดิลกพัฒน์¹⁾ และदनัยพงส์ เชนฐูโชติศักดิ์²⁾

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอรูปแบบการควบคุมสินค้าคงคลังสำหรับผู้ผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในประเทศ โดยได้พัฒนาจากรูปแบบ (Q, r) ซึ่งเป็นรูปแบบที่รองรับความต้องการของลูกค้าที่ไม่แน่นอน โดยรูปแบบนี้จะทำการปรับสมดุลระหว่างต้นทุนในการถือครองสินค้าและต้นทุนเมื่อไม่สามารถมีสินค้านำส่งให้กับลูกค้าเพื่อให้แน่ใจว่าจะมีสินค้าส่งมอบให้กับลูกค้าในขณะที่มีการควบคุมต้นทุนด้านสินค้าคงคลัง ประสิทธิภาพของรูปแบบที่นำเสนอเช่นความสามารถในการควบคุมต้นทุนสินค้าคงคลัง และความเสถียรได้ถูกทดสอบในงานวิจัยนี้โดยวิธีการจำลองสถานการณ์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการควบคุมสินค้าคงคลังที่นำเสนอมีศักยภาพในการนำไปใช้จริงในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

คำสำคัญ: การจัดการสินค้าคงคลัง ความต้องการภายใต้ความไม่แน่นอน การจำลองสถานการณ์

¹⁾ นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002 ปัจจุบัน พนักงานบริษัทเวสเทิร์นดิเจิตอล (ประเทศไทย) จำกัด
อีเมลล์: Pitchawee.Meesukdilokpat@wdc.com

²⁾ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น
40002 อีเมลล์: cdanai@kku.ac.th

* Corresponding Author

(Q,r) Based Inventory Model for Thailand's HDD Industry: A Simulation Study

Pitchawee Meesukdilokpat¹⁾ and Danaipong Chetchotsak²⁾

Abstract

A stochastic inventory policy under uncertain demand for hard disk drive makers and suppliers in Thailand was developed. The policy was based on the (Q, r) model and was proposed to balance the cost of having high inventory level versus the cost of not be able to fulfill the customer demand. This ensured that there will be sufficient goods for customers while at the same time the inventory cost is monitored. Performance of the proposed model in terms of capability of controlling the inventory cost and its robustness was evaluated through our experiment based on a Monte Carlo simulation. The results suggested a great potential of using the proposed model in the hard disk drive industry.

Keywords: inventory models, demand uncertainty, simulation

¹⁾ Graduate Students, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002, currently working with Western Digital (Thailand),

E-mail: Pitchawee.Meesukdilokpat@wdc.com

²⁾ Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002, E-mail: cdanai@kku.ac.th

* Corresponding Author

1. บทนำ

จากภาวะการแข่งขันและต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นในปัจจุบัน ทำให้กลุ่มบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในประเทศได้ตระหนักถึงการจัดการการผลิตที่มีประสิทธิภาพและการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพโดยคงไว้ซึ่งคุณภาพที่ได้มาตรฐานตามความต้องการของลูกค้า การลดต้นทุนด้านสินค้าคงคลัง (ชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์) เป็นกลยุทธ์หนึ่งที่กลุ่มอุตสาหกรรมดังกล่าวได้คำนึงถึง โดยภาพรวมต้นทุนสินค้าคงคลังเกิดจากความไม่แน่นอนของความต้องการสินค้าจากลูกค้าและส่งผลให้บริษัทผู้ผลิตต้องมีการผลิตสินค้าเพื่อสำรองไว้ในคลังสินค้าในปริมาณที่สูง ซึ่งหากการสำรองสินค้ามีปริมาณที่สูงเกินไป บริษัทจะต้องรับภาระต้นทุนการถือครองสินค้าที่สูงและอาจส่งผลให้สินค้าหมดอายุลงในเวลาต่อมา เนื่องจากการเปลี่ยน รุ่นของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเกิดจากความต้องการของตลาดหรือการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ของอุปกรณ์ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ แต่หากมีการสำรองสินค้าที่น้อยเกินไป บริษัทผู้ผลิตอาจไม่สามารถส่งสินค้าให้กับลูกค้าได้ตามปริมาณและเวลาที่กำหนดไว้ ซึ่งถือว่าเป็นค่าเสียโอกาสและอาจส่งผลกระทบต่อความสัมพันธ์ระหว่างบริษัทผู้ผลิตและลูกค้าได้

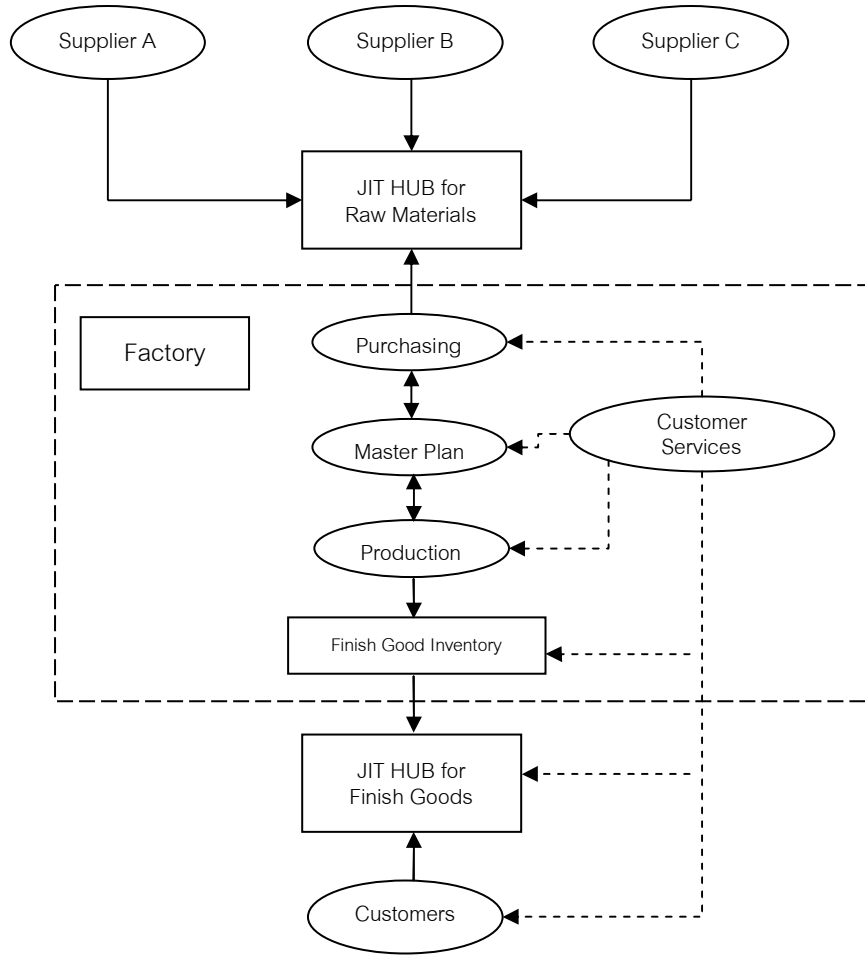
มีงานวิจัยจำนวนมากที่ทำการศึกษเกี่ยวกับนโยบายสินค้าคงคลังภายใต้ความต้องการที่ไม่แน่นอนของลูกค้า โดยนำรูปแบบ (Q, r) มาใช้ในการกำหนดนโยบายงานวิจัยของ Axaster (2006) Matheus และ Gelders (2000) Tarim และ Kingsman (2006) และ Pattanapairoj และ Chetchotsak (2008) ได้นำเสนอรูปแบบ (Q, r) มาใช้ในการควบคุมสินค้าคงคลังมีเป้าหมายเพื่อลดต้นทุนโดยรวมให้ต่ำที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบว่ามีบทความใดที่ระบุประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นจากการสร้างรูปแบบ (Q, r) กล่าวคือ การสร้างรูปแบบ (Q, r) นั้น จำเป็นจะต้องรู้ข้อมูลการแจกแจงทางสถิติของปริมาณความต้องการสินค้าจากลูกค้า ซึ่งโดยทั่วไปแล้วสามารถจะประมาณจากข้อมูลในอดีต Pattanapairoj และ Chetchotsak (2008) แต่อย่างไรก็ตามการแจกแจงข้อมูลปริมาณความต้องการสินค้าในอดีตและในอนาคตที่เกิดขึ้น ไม่จำเป็นจะต้องมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงคำสั่งซื้อจากลูกค้าหรือปัจจัยอื่นๆ ซึ่งความ

จริงดังกล่าวนี้ อาจส่งผลให้ต้นทุนสินค้าคงคลังสูงขึ้นกว่าที่คาดการณ์ไว้มาก

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษายผลต่อเนื่องจากงานวิจัยของ Meesukdilokpat และ Chetchotsak (2009) ซึ่งได้นำเสนอรูปแบบการกำหนดนโยบายสินค้าคงคลังที่เหมาะสมโดยอาศัยรูปแบบ (Q, r) และได้เสนอวิธีการกำหนดนโยบายสินค้าคงคลังที่สอดคล้องกับการผลิตตามสั่ง (Make-to-Order) ผนวกเข้ากับรูปแบบ (Q, r) เพื่อรองรับความไม่แน่นอน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงคำสั่งซื้อจากลูกค้า ดังนั้นจุดมุ่งหมายของงานวิจัยนี้คือ 1) นำเสนอรูปแบบ (Q, r) เพื่อใช้ในการกำหนดนโยบายสินค้าคงคลังสำหรับบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ และ 2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของรูปแบบที่นำเสนอในการควบคุมสินค้าคงคลังโดยวิธีจำลองสถานการณ์ (Monte Carlo Simulation)

2. การจัดการสินค้าคงคลังในโรงงานกรณีศึกษา

ระบบการจัดการสินค้าคงคลังของโรงงานกรณีศึกษาประกอบด้วยคลังจัดเก็บ 3 แห่งคือ 1) คลังจัดเก็บวัตถุดิบ (JIT HUB for Raw Materials) ซึ่งผู้ขายปัจจัยการผลิต (Suppliers) จะเป็นผู้รับผิดชอบการจัดการทั้งหมด 2) คลังสินค้าจัดเก็บผลิตภัณฑ์ภายใน (Finished Good Inventory) จะใช้จัดเก็บผลิตภัณฑ์หลังจากกระบวนการผลิต และ 3) คลังสินค้าจัดเก็บผลิตภัณฑ์ภายนอก (JIT HUB for Finished Goods) ซึ่งเปรียบเสมือนศูนย์กระจายสินค้าโดยจะตั้งอยู่ใกล้โรงงานของลูกค้า และโรงงานกรณีศึกษาจะเป็นผู้รับผิดชอบและบริหารจัดการคลังประเภทนี้ รูปที่ 1 แสดงการติดต่อสื่อสารระหว่างคลังประเภทต่างๆ ของโรงงานกรณีศึกษา โดยในงานวิจัยนี้จะมุ่งศึกษาเฉพาะคลังจัดเก็บสินค้าภายใน ซึ่งในปัจจุบันคลังดังกล่าวจะทำการจัดเก็บสินค้าเพื่อส่งออกให้คลังจัดเก็บผลิตภัณฑ์ภายนอก โดยจะจัดเก็บสินค้าตามคำสั่งซื้อจากลูกค้าและจะมีการสั่งผลิตสินค้าเพื่อจัดเก็บสำรองเพิ่มเติมไว้ประมาณร้อยละ 50 ของปริมาณที่ลูกค้าสั่งซื้อ เพื่อรองรับความไม่แน่นอนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงคำสั่งซื้อจากลูกค้า



รูปที่ 1 กระบวนการติดต่อสื่อสารของระบบภายในคลังในโรงงานและบริษัทลูกค้า

3. รูปแบบ (Q, r) และรูปแบบที่นำเสนอ

รูปแบบ (Q, r) เป็นรูปแบบที่ใช้ในการกำหนดนโยบายสินค้าคงคลัง ในกรณีที่ความต้องการของสินค้าไม่แน่นอน รูปแบบ (Q, r) จะกำหนดปริมาณสินค้าที่ต้องการสำรองและปริมาณการสั่งซื้อพร้อมๆกัน เพื่อปรับสมดุลระหว่างต้นทุนสินค้าคงคลัง ซึ่งได้แก่ ต้นทุนการถือครองสินค้า(Holding Cost) ต้นทุนการสั่งผลิต(Ordering Cost) และต้นทุนเนื่องจากสินค้าขาดแคลน ซึ่งกล่าวโดยทั่วไปรูปแบบ (Q, r) เป็นการผสมผสานระหว่างรูปแบบ EOQ และBase Stock (Hopp and Spearman, 2001) และจาก Tersine (1994) ต้นทุนสินค้าคงคลังมีรูปแบบดังนี้

$$TC = A + H + G \tag{1}$$

หรือ

$$TC = A + H + L \tag{2}$$

โดยในงานวิจัยนี้จะใช้สมการที่ 1 ในการวิเคราะห์ ต้นทุนซึ่งในกรณีนี้ลูกค้าสามารถรอคอยสินค้าที่ขาดแคลนได้ และต้นทุนที่เกิดขึ้นในกรณีนี้ คือ Backordering Cost ซึ่งสำหรับอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แล้ว Backordering Cost ได้แก่ ต้นทุนที่ใช้ในการจ่ายค่าล่วงเวลาให้กับพนักงานในการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ให้กับลูกค้า และรวมถึงต้นทุนในการสูญเสียลูกค้าในอนาคต ตารางที่ 1 แสดงขั้นตอนในการสร้างรูปแบบ (Q, r)

ตารางที่ 1 (Q, r) อัลกอริทึม

- i) คำนวณปริมาณการสั่งซื้อผลิต Q : $Q = \sqrt{\frac{2AR}{H}}$
- ii) คำนวณค่าความน่าจะเป็นที่ก่อให้เกิดความไม่สามารถตอบสนองของความต้องการลูกค้าได้ (Optimum Probability of Backorder):

$$f(r) = \sigma \frac{HQ}{GR}, \text{ หาก } R \text{ มีการแจกแจงแบบ}$$

ปกติ

$$\text{หรือ } f(r) = \frac{HQ}{GR}, \text{ หาก } R \text{ มีการแจกแจงใดๆ}$$

- iii) คำนวณ r จาก

$$f(M > m) \leq f(r), \text{ โดยที่}$$

$$f(M > m) = \int_m^{\infty} f(M) dM$$

ในงานวิจัยนี้ Q จะใช้แทนปริมาณการสั่งซื้อผลิตสินค้า เนื่องจากคลังสินค้ามิได้สั่งซื้อสินค้าแต่ทำการสั่งซื้อผลิตสินค้าเพื่อนำมาจัดเก็บและจัดส่งมอบให้กับลูกค้า เมื่อคำนวณได้ค่า Q และ r จากตารางที่ 1 ต้นทุนสินค้าคงคลังโดยรวมสามารถคำนวณได้จาก สมการที่ 3 ดังนี้

$$TC = \left(\frac{AR}{Q}\right) + \left(\frac{hQ}{2}\right) + \left(\frac{GR f(r)}{Q}\right) \quad (3)$$

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอรูปแบบการกำหนดนโยบายควบคุมสินค้าคงคลังโดยสร้างบนพื้นฐานของรูปแบบ (Q, r) ดังตารางที่ 2

รูปแบบ QR I และ QR II ได้สร้างขึ้นบนพื้นฐานของรูปแบบ (Q, r) โดยใน QR II ได้ใช้ตัวคูณ 1.5 เท่าของปริมาณความต้องการสินค้ามาคำนวณค่า Q และ r เนื่องจากตัวคูณดังกล่าวบริษัทกรณีศึกษาได้ใช้เป็นปริมาณสำรองเพื่อป้องกันการขาดแคลนสินค้า ในรูปแบบ QR III นั้นเป็นการผสมผสานระหว่างนโยบายการสั่งซื้อผลิตสินค้าตามคำสั่งจากลูกค้า และรูปแบบ (Q, r)

กล่าวคือในนโยบายนี้ นำปริมาณการสั่งซื้อจากลูกค้ามาเป็นปริมาณสั่งผลิต และนำปริมาณสินค้าที่ขาดแคลน (ε) มาใช้ในการคำนวณค่า Q และ r โดยปริมาณสินค้าที่ขาดแคลนนี้ได้ถูกพิจารณาเสมือนว่าเป็นปริมาณความต้องการสินค้าที่สำรองไว้เพื่อป้องกันสินค้าขาดแคลน สำหรับรูปแบบ QR III นั้น นโยบาย ผลิตตามสั่ง จะใช้ในการตอบสนองความต้องการของลูกค้าตามคำสั่งซื้อ ส่วน Q และ r จะถูกใช้เป็นปริมาณสำรองเพื่อรองรับความไม่แน่นอน ทั้งนี้ QR I และ QR II โดยการคำนวณเสมือนว่าปริมาณความต้องการมีการแจกแจงปกติ ในขณะที่ QR III ได้กำหนดให้ ε มีการแจกแจงแบบพอยซอง การใช้หลักการดังกล่าวได้นำมาจากผลการทดลองของ Pattanapairoj และ Chetchotsak (2008) ซึ่งจะทำให้การใช้รูปแบบที่นำเสนอทั้ง 3 รูปแบบไม่จำเป็นต้องทราบรูปแบบการแจกแจงทางสถิติของปริมาณความต้องการของลูกค้า (Distribution-Free-Model)

ตารางที่ 2 คำอธิบายรูปแบบที่นำเสนอ

รูปแบบ	คำอธิบาย
QR I	Q และ r กะประมาณจากปริมาณความต้องการสินค้าในอดีต โดยคำนวณเสมือนว่าความต้องการสินค้ามีการแจกแจงแบบปกติ
QR II	Q และ r กะประมาณจาก 1.5 เท่าของปริมาณความต้องการสินค้าในอดีต โดยคำนวณเสมือนว่าความต้องการสินค้ามีการแจกแจงแบบปกติ
QR III	ใช้นโยบายการสั่งซื้อผลิตสินค้าตามคำสั่งลูกค้า ผสมผสานกับรูปแบบ (Q, r) โดย Q และ r กะประมาณจาก ε , $\varepsilon = \begin{cases} 0, & Q_o - Q_d \leq 0 \\ Q_o - Q_d, & Q_o - Q_d > 0 \end{cases}$ โดย Q และ r คำนวณเสมือนว่าความต้องการสินค้ามีการแจกแจงแบบ Poisson

4. การทดลองขั้นที่ 1

การศึกษาและประเมินประสิทธิภาพของรูปแบบการกำหนดนโยบายสินค้าคงคลังในงานวิจัยนี้จะใช้วิธีการจำลองสถานการณ์ (Monte Carlo Simulation) เนื่องจากวิธีดังกล่าวสามารถควบคุมปัจจัยที่มีผลกระทบต่อต้นทุนสินค้าคงคลังได้ เช่น การควบคุมรูปแบบการแจกแจงความต้องการของสินค้า (Demand Distribution) และอัตราส่วนระหว่างต้นทุนการถือครองและต้นทุนจากการไม่สามารถนำส่งสินค้าให้แก่ลูกค้าได้ตามระยะเวลาและปริมาณที่กำหนดได้ ข้อกำหนดและเงื่อนไขดังต่อไปนี้ได้กำหนดขึ้นเพื่อใช้ควบคุมการทดลองและการจำลองสถานการณ์

- 1) การวิเคราะห์ต้นทุนสินค้าคงคลังจากการจำลองสถานการณ์จะคำนวณต้นทุนในรอบระยะเวลา 1 ปี
- 2) อัตราการผลิตสินค้ามีค่ามากกว่าอัตราความต้องการสินค้าในแต่ละช่วงเวลา
- 3) ต้นทุนที่มาจากไม่สามารถนำส่งสินค้าให้แก่ลูกค้าได้จะคิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อครั้งของการขาดแคลน
- 4) ต้นทุนสินค้าคงคลังรวมจะพิจารณาจากต้นทุนในการถือครองสินค้า ต้นทุนการสั่งผลิตและต้นทุนจากการไม่สามารถนำส่งสินค้าให้แก่ลูกค้าได้
- 5) ผลิตรภัณฑ์ที่ใช้ในการศึกษานี้คือ Hookup Assembly ของผลิตภัณฑ์กรณีศึกษา

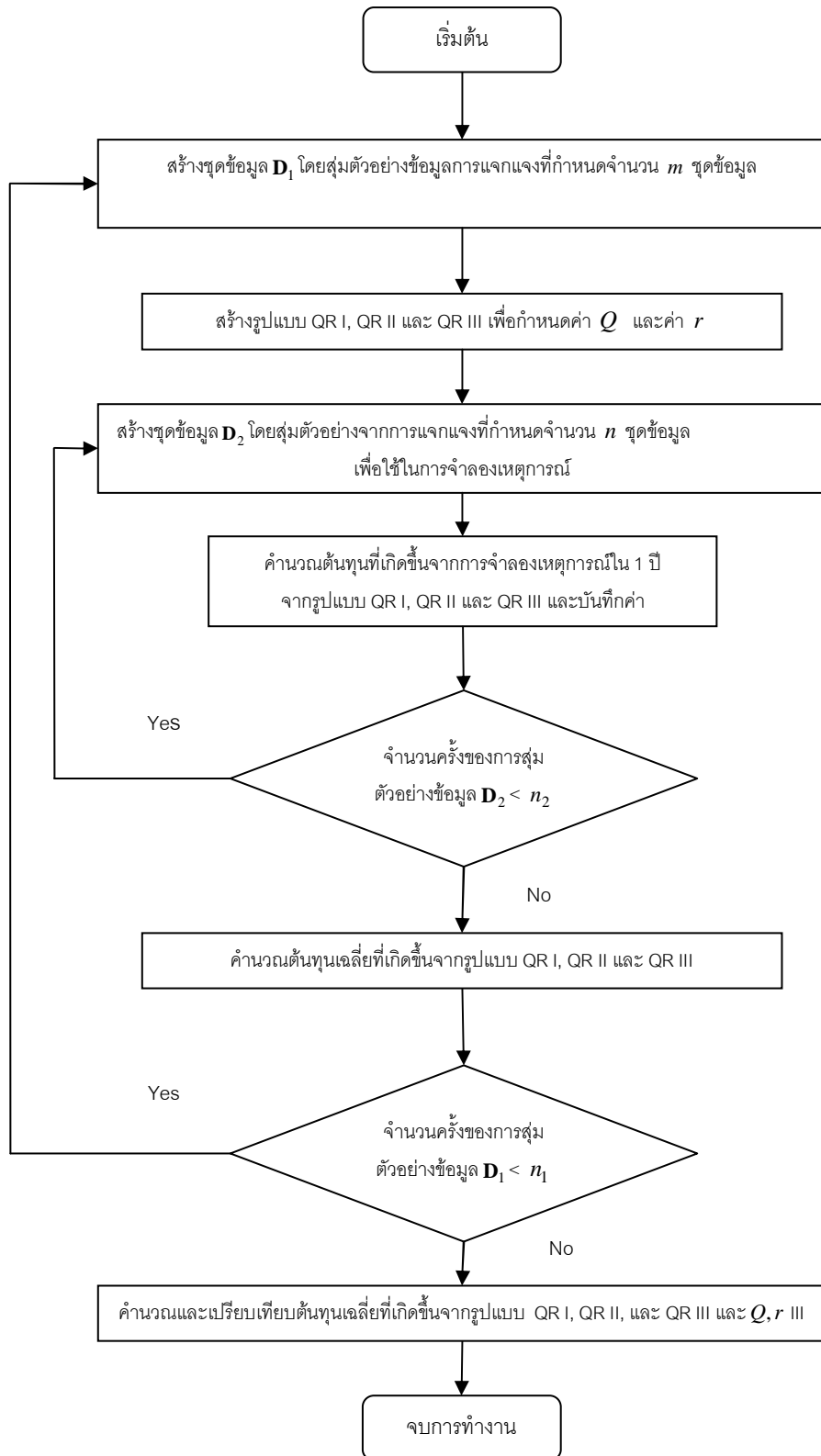
ตารางที่ 3 การออกแบบการทดลอง

ตัวแปร	ระดับ
I. การแจกแจงของข้อมูลความต้องการ	
- เนกกาทีฟเอ็กโปเนนเชียล	$\theta = 100,$
- ปกติ	$\theta = 100, \sigma = 30$
- พอยซองค์	$\theta = 100$
- วายบูล	$\theta = 100, \beta = 30$
II. ค่า G	1) $G = 100$ 2) $G = 1,000$

ตารางที่ 4 การแจกแจงของข้อมูลความต้องการ

การแจกแจง	รูปแบบของฟังก์ชัน
- เนกกาทีฟเอ็กโปเนนเชียล	$f(M) = \frac{1}{\theta} \exp(-M / \theta)$
- ปกติ	$f(M) = \frac{\exp(-z^2 / 2)}{\sqrt{2\pi}}, z = \frac{M - \theta}{\sigma}$
- พอยซองค์	$f(M) = \frac{\theta^M \exp(-\theta)}{M!}$
- วายบูล	$f(M) = \exp(-\frac{M}{\theta})^\beta \left[\left(\frac{\beta}{\theta}\right) \left(\frac{M}{\theta}\right)^{\beta-1} \right]$

ในการทดลองนี้ต้นทุนในการสั่งผลิตคิดเป็น 60 บาทต่อครั้งการผลิต และต้นทุนการถือครองผลิตภัณฑ์คิดเป็น 10 บาทต่อหน่วยต่อปี โดยค่าของต้นทุนดังกล่าวได้จากการประมาณของบริษัทกรณีศึกษา ตารางที่ 3 แสดงค่าตัวแปรที่ใช้ในการทดลองและตารางที่ 4 แสดงรูปแบบการแจกแจง ความต้องการสินค้าที่ใช้ในการทดลอง จากตารางที่ 3 ค่า G ได้กำหนดขึ้นเพื่อทดสอบความสามารถของรูปแบบที่นำเสนอในภาวะการณ์ที่แตกต่างกันออกไปกล่าวคือ ที่ค่า $G = 1,000$ นโยบายการควบคุมสินค้าคงคลังจะมุ่งป้องกันมิให้สินค้าขาดแคลนแทนที่จะจำกัด ปริมาณการถือครองสินค้าและปล่อยให้สินค้าขาดแคลน เนื่องจากหากเกิดสินค้าขาดแคลนจะมีค่าใช้จ่ายที่เกิดสูงขึ้น ในทางตรงกันข้าม ที่ค่า $G = 100$ นโยบายการควบคุมสินค้าคงคลังจะมุ่งควบคุมปริมาณสินค้าคงคลังโดยยอมให้มีสินค้าขาดแคลนได้บ้าง



รูปที่ 2 ขั้นตอนการทดลองและการจำลองสถานการณ์

รูปที่ 2 แสดงขั้นตอนการทดลองและการจำลองสถานการณ์ของรูปแบบที่นำเสนอเพื่อควบคุมสินค้าคงคลังในการจำลองสถานการณ์การทดลองจะทำการสุ่มตัวอย่างตามปริมาณความต้องการสินค้าตามรูปแบบการแจกแจงที่กำหนด เพื่อสร้างชุดข้อมูล D_1 จำนวน m ระเบียบ (Data Points) เพื่อเป็นการจำลองข้อมูลความต้องการในอดีตเพื่อใช้ในการสร้างรูปแบบ (Q, r) และในที่นี้ D_1 จะเป็นข้อมูลที่แสดงคำสั่งซื้อจากลูกค้าด้วย และหลังจากนั้น การทดลองจะทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อสร้างชุดข้อมูล D_2 จำนวน n ระเบียบ เพื่อเป็นการจำลองปริมาณความต้องการสินค้าในอนาคตตามรูปแบบต่างๆของปริมาณความต้องการสินค้าในรอบ 1 ปี ต่อจากนั้นจึงคำนวณต้นทุนสินค้าคงคลังโดยรวมในรอบ 1 ปี ในที่นี้กำหนดให้ $m = 52$ ระเบียบ เนื่องจากค่าดังกล่าวมีค่าเท่ากับจำนวน 52 คาบ หรือสัปดาห์ในรอบ 1 ปี

เพื่อลดความโน้มเอียงเนื่องมาจากการสุ่มตัวอย่าง (Dependency on Sampling) ในแต่ละหน่วยการทดลอง (Trial) จึงทำการสุ่มตัวอย่างข้อมูล D_1 จำนวน n_1 ครั้ง และในทำนองเดียวกัน ชุดข้อมูล D_2 ก็ทำการสุ่มตัวอย่าง n_2 ครั้ง ในที่นี้กำหนดให้ n_1 และ n_2 เท่ากับ 20 ซึ่งเชื่อว่าจำนวนครั้งของการสุ่มตัวอย่างจะเพียงพอที่จะลดความโน้มเอียงได้ ดังนั้นต้นทุนสินค้าคงคลังเฉลี่ยจากการสุ่มตัวอย่าง 20 ครั้ง คำนวณได้จาก

$$\overline{TC} = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} \overline{TC}_i \quad (4)$$

โดยที่

$$\overline{TC}_i = \frac{1}{n_2} \sum_{j=1}^{n_2} TC_j, \quad i = 1, 2, \dots, n_1 \quad (5)$$

และ

$$TC_j = H_j + A_j + G_j, \quad j = 1, 2, \dots, n_2 \quad (6)$$

เพื่อประเมินและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของรูปแบบที่นำเสนอในการควบคุมสินค้าคงคลัง วิธีการพื้นฐาน (Baseline) ได้กำหนดขึ้น โดยจะใช้วิธีการสั่งสินค้าตาม

คำสั่งลูกค้า โดยจะสั่งสินค้าเป็นจำนวน 1.5 เท่าของปริมาณความต้องการจากลูกค้า ซึ่งวิธีดังกล่าวนี้บริษัทกรณี ศึกษาได้ใช้อยู่ในปัจจุบัน

5. ผลการทดลอง

ผลการทดลองได้แสดงไว้ในรูปของต้นทุนสินค้าคงคลังเฉลี่ยต่อปี โดยแสดงในตาราง Homogenous Subset ซึ่งคำนวณจากวิธีของ Duncan's Multiple-Range Test (Bewick et al., 2004) ดังตารางที่ 5-8 ซึ่งวิธีควบคุมสินค้าคงคลังที่นำเสนอวิธีใดมีลำดับของ Homogeneous Subset ลำดับที่ 1 จะมีต้นทุนสินค้าคงคลังต่ำที่สุด ในขณะที่ Homogeneous Subset ลำดับสุดท้ายจะมีค่าต้นทุนสูงสุด

เมื่อต้นทุนการขาดแคลนสินค้าอยู่มีค่าต่ำสุด ($G = 100$) และเมื่อความต้องการของลูกค้ามีการแจกแจงแบบปกติ หรือ เนกกาที่ฟอเคอโปเนลเชียว QRI ควบคุมสินค้าคงคลังได้ดีที่สุด แต่เมื่อความต้องการของลูกค้ามีการแจกแจงแบบวายบูลหรือพอยซองค์ QRIII ควบคุมสินค้าคงคลังได้ดีที่สุด ซึ่งในกรณีนี้ ($G = 100$) ทุกูปแบบที่นำเสนอจะให้น้ำหนักความสำคัญต่อต้นทุนการถือครองสินค้ามากกว่าต้นทุนการขาดแคลนสินค้า กล่าวคือ ทุกูปแบบการควบคุมสินค้าคงคลังจะพยายามลดต้นทุนการถือครองสินค้าโดยยอมให้มีการขาดแคลนสินค้าบ้าง

เมื่อต้นทุนการขาดแคลนสินค้าอยู่ในระดับสูง ($G = 1,000$) QRIII จะควบคุมสินค้าคงคลังได้ดีกว่าวิธีอื่นๆ โดยภาพรวม ซึ่งในกรณีนี้ทุกูปแบบการควบคุมสินค้าคงคลังจะให้น้ำหนักความสำคัญต่อการป้องกันการขาดแคลนสินค้ามากกว่าการลดจำนวนการถือครองสินค้า

ในมุมมองของบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ นโยบายการควบคุมสินค้าคงคลังควรจะควบคุมมิให้เกิดสินค้าขาดแคลนเป็นหลักในขณะที่ยังมีการควบคุมและจำกัดจำนวนการถือครองสินค้า ดังนั้น QRIII จึงมีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับกลุ่มผู้ผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

ตารางที่ 5 ผลการทดลอง (Normal Distribution)

วิธีที่นำเสนอ	G = 100		G = 1,000	
	ต้นทุนสินค้าคงคลังเฉลี่ยต่อปี	Rank of Homogeneous Subsets	ต้นทุนสินค้าคงคลังเฉลี่ยต่อปี	Rank of Homogeneous Subsets
QR I	฿ 38,113.00	1	฿ 61,356.00	2
QR II	฿ 54,915.00	4	฿ 72,791.78	3
QR III	฿ 39,939.00	2	฿ 56,668.73	1
Baseline	฿ 44,900.00	3	฿ 56,857.15	1

ตารางที่ 6 ผลการทดลอง (Negative Exponential Distribution)

วิธีที่นำเสนอ	G = 100		G = 1,000	
	ต้นทุนสินค้าคงคลังเฉลี่ยต่อปี	Rank of Homogeneous Subsets	ต้นทุนสินค้าคงคลังเฉลี่ยต่อปี	Rank of Homogeneous Subsets
QR I	฿ 53,016.00	1	฿ 96,597	1
QR II	฿ 76,953.00	2	฿ 126,128	3
QR III	฿ 100,556.0	4	฿ 115,498	2
Baseline	฿ 94,609.00	3	฿ 107,915	2

ตารางที่ 7 ผลการทดลอง (Weibull Distribution)

วิธีที่นำเสนอ	G = 100		G = 1,000	
	ต้นทุนสินค้าคงคลังเฉลี่ยต่อปี	Rank of Homogeneous Subsets	ต้นทุนสินค้าคงคลังเฉลี่ยต่อปี	Rank of Homogeneous Subsets
QR I	฿ 36,071.00	2	฿ 58,575.00	3
QR II	฿ 50,499.00	4	฿ 62,541.40	4
QR III	฿ 24,091.00	1	฿ 37,250.00	1
Baseline	฿ 44,437.00	3	฿ 50,424.00	2

ตารางที่ 8 ผลการทดลอง (Poisson Distribution)

วิธีที่นำเสนอ	G = 100		G = 1,000	
	ต้นทุนสินค้าคงคลังเฉลี่ยต่อปี	Rank of Homogeneous Subsets	ต้นทุนสินค้าคงคลังเฉลี่ยต่อปี	Rank of Homogeneous Subsets
QR I	฿ 36,274.00	2	฿ 58,831.00	3
QR II	฿ 50,729.00	4	฿ 66,230.00	4
QR III	฿ 30,579.00	1	฿ 45,475.00	1
Baseline	฿ 45,911.00	3	฿ 52,300.00	2

6. การทดลองขั้นที่ 2 (ทดลองเชิงลึก)

การทดลองขั้นที่ 2 แบ่งออกเป็น 2 การทดลองย่อย ซึ่งประกอบด้วย 1) การทดลองความเสถียร (Robustness) ของวิธีที่นำเสนอในการควบคุมสินค้าคงคลัง เมื่อรูปแบบการแจกแจงทางสถิติของลูกค้านอนาคตเปลี่ยนแปลงไป และ 2) การทดสอบความสามารถของวิธีที่นำเสนอเมื่อมีการปรับปรุงค่าของ Q และ r อยู่เสมอในแต่ละช่วงเวลา

6.1 การทดสอบความเสถียร (Robustness)

โดยทั่วไปในขั้นตอนการสร้างรูปแบบ (Q, r) ค่า Q และ r คำนวณจากข้อมูลในอดีตซึ่งมีรูปแบบการแจกแจงทางสถิติเฉพาะ แล้วจึงนำค่า Q และ r มากำหนดเป็นนโยบายการควบคุมสินค้าคงคลัง แต่ทั้งนี้หากรูปแบบการแจกแจงความต้องการสินค้าในอดีต และที่จะเกิดขึ้นในอนาคตไม่เหมือนกัน หรือมีการคลาดเคลื่อนไป การควบคุม

สินค้าคงคลังอาจมีความผิดพลาดไปและเกิดความสูญเสียขึ้น

การทดลองนี้ กำหนดให้ $D_1 \sim N(100,30)$ และ $D_2 \sim Uniform(80,100)$ โดยที่ D_1 จะใช้ในการสร้างรูปแบบ (Q, r) และ D_2 จะใช้ในการจำลองสถานการณ์เพื่อคำนวณหาต้นทุนสินค้าคงคลัง ตารางที่ 9 แสดงผลการทดลอง

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า QR III มีความเสถียรมากกว่าวิธีอื่นๆ ซึ่งแม้ว่า ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างรูปแบบ (Q, r) จะมีการแจกแจงแบบปกติ แต่หากปริมาณความต้องการสินค้าที่เกิดขึ้นจะมีการแจกแจงที่เปลี่ยนไปจากเดิมซึ่งคือการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มในกรณีนี้ รูปแบบ (Q, r) ยังควบคุมต้นทุนสินค้าคงคลังได้ดีกว่าวิธีอื่นๆ

ตารางที่ 9 ผลการทดสอบความเสถียร

วิธีที่นำเสนอ	G = 100		G = 1,000	
	ต้นทุนสินค้าคงคลังเฉลี่ยต่อปี	Rank of Homogeneous Subsets	ต้นทุนสินค้าคงคลังเฉลี่ยต่อปี	Rank of Homogeneous Subsets
QR I	฿36,597.70	2	฿60,770.50	2
QR II	฿51,248.55	3	฿71,087.33	3
QR III	฿25,877.98	1	฿52,537.60	1

ตารางที่ 10 การทดลองปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัยอยู่เสมอ

จำนวนความถี่ในการปรับปรุงข้อมูล	วิธีดำเนินการ
1 ครั้งต่อปี	ใช้ข้อมูลในอดีตย้อนหลัง 52 สัปดาห์เพื่อคำนวณหาค่า Q และค่า r และนำค่าที่ได้มาใช้เป็นนโยบายสินค้าคงคลัง
2 ครั้งต่อปี	ใช้ข้อมูลในอดีตย้อนหลัง 26 สัปดาห์เพื่อคำนวณหาค่า Q และค่า r ครั้งที่หนึ่งและนำค่าที่ได้มาใช้เป็นนโยบายสินค้าคงคลังในสัปดาห์ที่ 1-26 และจากนั้นนำปริมาณความต้องการสินค้าที่เกิดขึ้นแล้วในสัปดาห์ที่ 1-26 มาคำนวณหาค่า Q และค่า r ครั้งที่สองและนำค่าที่ได้ใช้เป็นนโยบายสินค้าคงคลังในสัปดาห์ที่ 27-52
3 ครั้งต่อปี	ดำเนินการในทำนองเดียวกันกับการปรับปรุงข้อมูล 2 ครั้งต่อปี แต่ทำการปรับปรุงข้อมูล 3 ครั้งต่อปี โดยใช้ข้อมูลในอดีตย้อนหลัง 17 สัปดาห์เพื่อสร้างนโยบายการควบคุมสินค้าคงคลังในสัปดาห์ที่ 1-17; ใช้ข้อมูลปริมาณความต้องการในสัปดาห์ที่ 1-17 เพื่อสร้างนโยบายการควบคุมสินค้าคงคลังในสัปดาห์ที่ 18-34; และใช้ข้อมูลปริมาณความต้องการในสัปดาห์ที่ 18-34 เพื่อสร้างนโยบายการควบคุมสินค้าคงคลังในสัปดาห์ที่ 35-52

6.2 การปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัยอยู่เสมอ

หลักแนวคิดของวิธีนี้คือหากชุดข้อมูล D_1 ซึ่งเป็นข้อมูลในอดีตนำมาใช้ในการสร้างรูปแบบ (Q, r) มีการปรับปรุงให้ทันสมัยอยู่เสมอ การควบคุมสินค้าคงคลังน่าจะมีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากการปรับปรุงข้อมูลที่ใช้ในการสร้างรูปแบบ (Q, r) ให้ทันสมัยอยู่ตลอดเวลา ในการทดลองนี้จึงได้ทดลองปรับปรุงค่า Q และ r สำหรับ QRIII อย่างสม่ำเสมอโดยแบ่งเป็น 3 ระดับคือ การปรับปรุง 1 ครั้ง การปรับปรุง 2 ครั้ง และ 3 ครั้งในรอบ 1 ปี ดังตารางที่ 10 และผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 11

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงข้อมูลอยู่เป็นประจำไม่ได้ช่วยให้การควบคุมสินค้าคงคลังของ QRIII

มีประสิทธิภาพมากขึ้น ไม่ว่าจะมีความถี่ในการปรับปรุงข้อมูลมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการทดลองขัดกับสามัญสำนึกโดยทั่วไป กล่าวคือการปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัยอยู่เสมอ น่าจะช่วยให้รูปแบบ (Q, r) ควบคุมสินค้าคงคลังได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่เหตุที่ผลการทดลองเป็นเช่นนั้นอาจเป็นเพราะ รูปแบบ QRIII จะคำนวณค่า Q และ r โดยเสมือนว่าความต้องการสินค้าของลูกค้ามีการแจกแจงแบบพอยซองค์ ทั้งนี้ไม่ว่ารูปแบบการแจกแจงความต้องการของลูกค้าที่เกิดขึ้นจะเป็นแบบใดก็ตาม ดังนั้นการปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัยอยู่เสมออาจไม่มีผลมากนักต่อประสิทธิภาพของรูปแบบ (Q, r)

ตารางที่ 11 ผลการเปรียบเทียบต้นทุนสินค้าคงคลังโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test เมื่อมีการปรับปรุงข้อมูล

รูปแบบการแจกแจง	จำนวนความถี่ในการปรับปรุงข้อมูล	G = 100		G = 1,000	
		ต้นทุนสินค้าคงคลังเฉลี่ยต่อปี	Rank of Homogeneous Subsets	ต้นทุนสินค้าคงคลังเฉลี่ยต่อปี	Rank of Homogeneous Subsets
ปกติ	1 ครั้ง	฿40,676.38	1	฿57,466.63	1
	2 ครั้ง	฿40,430.85	1	฿57,393.10	1
	3 ครั้ง	฿40,548.38	1	฿57,520.95	1
เนกาทีฟเอกโปเนนเชียล	1 ครั้ง	฿106,196.93	1	฿118,764.55	1
	2 ครั้ง	฿104,945.20	1	฿117,016.75	1
	3 ครั้ง	฿106,198.70	1	฿117,258.35	1
วายบลู	1 ครั้ง	฿22,217.68	1	฿36,967.93	1
	2 ครั้ง	฿22,140.15	1	฿36,605.65	1
	3 ครั้ง	฿21,830.83	1	฿36,303.68	1
พอยซอง	1 ครั้ง	฿30,332.90	1	฿45,184.65	1
	2 ครั้ง	฿30,131.60	1	฿44,879.20	1
	3 ครั้ง	฿29,644.08	1	฿44,462.33	1

7. บทสรุป

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอรูปแบบการควบคุมสินค้าคงคลังสำหรับผู้ผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์โดยได้พัฒนาจากรูปแบบ (Q, r) ผลการทดลองจากการจำลองสถานการณ์โดยภาพรวมแสดงให้เห็นว่ารูปแบบ QRIII ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในการควบคุมต้นทุนสินค้าคงคลังได้ดีกว่าวิธีอื่นๆ และผลการทดสอบความเสถียรพบว่า รูปแบบ QRIII มีความเสถียรมากกว่าวิธีอื่นๆ กล่าวคือเมื่อรูปแบบการแจกแจงทางสถิติของปริมาณความต้องการสินค้าในอดีตซึ่งนำมาใช้ในการสร้างรูปแบบ (Q, r) และปริมาณความต้องการที่เกิดขึ้นในระหว่างการบังคับใช้รูปแบบ (Q, r) มีความแตกต่างกัน รูปแบบ QRIII ยังควบคุมต้นทุนสินค้าคงคลังได้ดีกว่าวิธีอื่นๆ ดังนั้นรูปแบบการควบคุมสินค้าคงคลังที่นำเสนอจึงมีศักยภาพและเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับโรงงานกรณีศึกษาและอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่ใกล้เคียงต่อไป

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก ศูนย์วิจัยร่วมเฉพาะทางด้านส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นและศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ผู้แต่งบทความคนที่สองขอขอบคุณพระเจ้าผู้ประทานพรและสติปัญญาในการทำงานวิจัยจนสำเร็จ

9. เอกสารอ้างอิง

- Axsater, S. (2006). A Simple Procedure for Determining Order Quantities under a Fill Rate Constraint and Normally Distributed Lead-Time Demand. *European Journal of Operational Research.*, vol. 174, 480-491.
- Bewick, V., Cheek, L. and Ball, J. (2004). Statistics review 9: One-way analysis of variance. *Critical Care*. Vol. 8, no. 2., 112-118.

Hopp, J.W. and Spearman, L.M. (2001). *Factory Physics: Foundations of manufacturing Management*. 2nd ed.; McGraw-Hill.

Matheus, P. and Gelders, L. (2000). The (R, Q) Inventory Policy Subject to a Compound Poisson Demand Pattern. *Int. J. Production Economics.*, vol. 68, 307-317.

Meesukdilokpat, P. and Chetchotsak, D. (2009). (Q,R) Based Inventory Policies for Hard Disk Drive Industry: A Simulation Study, *The proceeding of DST-CON 2009*, Bangkok, Thailand, May 13-15.

S. Pattanapairoj and D. Chetchotsak. (2008). Inventory Policy Subject to Uncertain Sparse Data Conditions. *KKU Engineering Journal*. vol. 35, no. 1, 153-164. (In Thai).

Tarim, S.A. and Kingsman, B.G. (2006). Modeling and computing (R_n, S_n) policies for inventory system with non-stationary stochastic demand. *European Journal of Operational Research*. vol. 174, 581-599.

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

อักษรย่อและสัญลักษณ์

A	=	set up cost in Baht,
G	=	backordering cost per outage in Baht,
H	=	holding cost per unit of inventory per year in Baht,
L	=	lost sales cost in Baht,
M	=	lead time demand in units,
Q	=	lot size in units,
Q_o	=	weekly orders form customers in units
Q_d	=	actual weekly demands in units
R	=	Average annual demand in units,
r	=	Reorder point in units
TC	=	Total inventory cost in Baht.
$f(M)$	=	probability density function of lead time demand,
σ	=	Standard deviation of lead time demand,