การหาปริมาณสั่งซื้อที่เหมาะสมสำหรับระบบสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่าย ด้วยวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน

นางสาวกิ่งกาญจนา ดุงโคกกรวด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2560

DETERMINING OPTIMAL ORDERING QUANTITY FOR PERISHABLE INVENTORY SYSTEMS USING VARIABLE NEIGHBORHOOD SEARCH ALGORITHM

Kingkanjana Dungkhokkruad

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering

Suranaree University of Technology

Academic Year 2017

การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมสำหรับระบบสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่าย ด้วยวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(อ. ดร.นรา สมัตถภาพงศ์)
ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร.ปวีร์ ศิริรักษ์)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(รศ. ดร.พรศิริ จงกล)
กรรมการ

(รศ. ดร.นิวิท เจริญใจ)
กรรมการ

(ศ. ดร.สันติ แม้นศิริ)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาความเป็นสากล

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

KINGKANJANA DUNGKHOKKRUAD : DETERMINING OPTIMAL ORDERING QUANTITY FOR PERISHABLE INVENTORY SYSTEMS USING VARIABLE NEIGHBORHOOD SEARCH ALGORITHM. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. PAVEE SIRIRUK, PH.D., 85 PP.

PERISHABLE INVENTORY CONTROL/VARIABLE NEIGHBORHOOD SEARCH (VNS)/METAHEURISTIC

Perishable products are goods that loss their values over time. If the products cannot be sold on time, the values of excess inventory might go to zero. As their features are limited in terms of lifetime, inventory control is one of the most important in business enterprises and Industries. The entrepreneur should focus on creating an effective inventory management system. Precise forecasting of consumer demands will affect the optimal ordering quantity.

The objective of this research was to present a mathematical model for determining the optimal ordering quantity of perishable products under continuous review inventory systems (Q, r). The modified variable neighborhood search (VNS) was developed in MATLAB to determine the optimal ordering quantity. Case studies were introduced to demonstrate the modified variable neighborhood search algorithm. The results indicated that the optimal ordering quantities were obtained from modified variable neighborhood search in an average time of 0.2724 minutes.

School of Industrial Engineering

Academic Year 2017

Student's Signature กิ่งกาญจนา

Advisor's Signature

กิ่งกาญจนา ดุงโคกกรวด : การหาปริมาณสั่งซื้อที่เหมาะสมสำหรับระบบสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่ายด้วยวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (DETERMINING OPTIMAL ORDERING QUANTITY FOR PERISHABLE INVENTORY SYSTEMS USING VARIABLE NEIGHBORHOOD SEARCH ALGORITHM) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีร์ ศิริรักษ์, 85 หน้า

สินค้าประเภทเน่าเสียง่าย นับว่าเป็นสินค้าที่ส่งผลให้เกิดต้นทุนสูญเสียแก่ผู้ประกอบการเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นต้นทุนในการจัดเก็บสินค้าคงคลังที่มากเกินไป หรือถ้าหากมีการจัดเก็บในปริมาณที่น้อยเกินไปจะก่อให้เกิดต้นทุนการสูญเสียโอกาสจากการที่ไม่สามารถจัดจำหน่ายสินค้าให้แก่ผู้บริโภค เนื่องจากคุณสมบัติของสินค้าที่มีข้อจำกัดในด้านอายุการเก็บรักษา ดังนั้นการควบคุมสินค้าคงคลังเป็นสิ่งที่สำคัญในองค์กรธุรกิจและอุตสาหกรรม ซึ่งผู้ประกอบการควรจะให้ความสนใจต่อการสร้างระบบการจัดการสินค้าคงคลังที่มีประสิทธิภาพ การคาดการณ์ปริมาณความต้องการของผู้บริโภคที่แม่นยำซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณการสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสม

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดของสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่ายแบบพิจารณาต่อเนื่องภายใต้นโยบาย (Q,r) ด้วยวิธีการค้นหาใกล้เคียงแบบแปรผัน (Variable Neighborhood Search : VNS) การหาผลลัพธ์ทำได้โดยการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ด้วยโปรแกรม MATLAB กรณีศึกษาถูกกำหนดขึ้นเพื่อแสดงกระบวนการหาผลลัพธ์ของวิธีการค้นหาใกล้เคียงแบบแปรผัน ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าวิธีการค้นหาใกล้เคียงแบบแปรผันสามารถค้นหาคำตอบของกรณีศึกษาได้ในเวลาเฉลี่ย 0.2724 นาที

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2560 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บุคคล และกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือ อย่างยิ่ง ทั้งในด้านวิชาการ และด้านการดำเนินงานวิจัย อาทิเช่น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีร์ ศิริรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ที่ให้โอกาสทางการศึกษาแก่ผู้วิจัย ให้คำปรึกษา คำแนะนำ อันเป็นประโยชน์แก่การวิจัยตลอดเวลาการทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งสละเวลาตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์นี้จนทำให้ผลงานวิจัยเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์

หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ และคณาจารย์ในสาขาวิชาทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษา ให้การช่วยเหลือด้านต่าง ๆ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือที่ดีเสมอมา

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ให้คำชี้แนะเพื่อให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จและให้การเลี้ยงดู ส่งเสริมการศึกษาเป็นอย่างดีตลอดมา ตลอดจนให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

กิ่งกาญจนา ดุงโคกกรวด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) .....ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) .....ข
กิตติกรรมประกาศ .....ค
สารบัญ .....ง
สารบัญตาราง .....ฉ
สารบัญรูป .....ช

บทที่

1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3
1.4 กรอบแนวความคิดการวิจัย 4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 ทฤษฎีและหลักการเกี่ยวกับการจัดการสินค้าคงคลัง 6
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่าย 17
2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (Variable Neighborhood Search: VNS) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 20

3 วิธีดำเนินการวิจัย 27
3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 27
3.2 สมมติฐาน และขอบเขตงานวิจัย 27
3.3 ตัวแปร และสัญลักษณ์ 28
3.4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) 29
3.5 การประยุกต์ใช้วิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผันร่วมกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 35

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4 ผลการวิจัย 42
4.1 ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมด้วย
วิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน 42
4.2 การพิจารณาค่าปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมภายใต้การค้นหา
ค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน 52
4.3 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) 52
5 สรุปผลการวิจัย 62
5.1 สรุป 62
5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป 63
รายการอ้างอิง 64
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. เนื้อหาและการใช้การโปรแกรม MATLAB 68
ภาคผนวก ข. ชุดคำสั่งที่ใช้ในโปรแกรม MATLAB 73
ภาคผนวก ค. บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา 78
ประวัติผู้เขียน 85

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 การเลือกแบบจำลองสินค้าคงคลังที่เหมาะสม 19
3.1 สัญลักษณ์ของค่าพารามิเตอร์สำหรับฟังก์ชันวัตถุประสงค์ 36
4.1 พารามิเตอร์เริ่มต้นสำหรับกรณีศึกษาที่ 1 43
4.2 พารามิเตอร์การค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS)
สำหรับกรณีศึกษาที่ 1 45
4.3 ผลเฉลยจากวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS)
สำหรับกรณีศึกษาที่ 1 46
4.4 พารามิเตอร์เริ่มต้นสำหรับกรณีศึกษาที่ 2 47
4.5 พารามิเตอร์การค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS)
สำหรับกรณีศึกษาที่ 2 48
4.6 ผลเฉลยจากวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS)
สำหรับกรณีศึกษาที่ 2 48
4.7 พารามิเตอร์เริ่มต้นสำหรับกรณีศึกษาที่ 3 50
4.8 พารามิเตอร์การค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS)
สำหรับกรณีศึกษาที่ 3 51
4.9 ผลเฉลยจากวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS)
สำหรับกรณีศึกษาที่ 3 51
4.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของต้นทุนการสั่งซื้อ (K) 53
4.11 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของต้นทุนในการเก็บรักษา (h) 54
4.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของต้นทุนสินค้าหมดอายุ (W) 55
4.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของปริมาณความต้องการสินค้า (D) 58
4.14 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของจุดสั่งซื้อใหม่ (r) 60
ก.1 รายชื่อโปรแกรม 69
ก.2 สิ่งที่ป้อนค่าและผลลัพธ์ของฟังก์ชัน objfunc.m 70

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

1.1 กรอบแนวความคิดการวิจัย 4
2.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อและต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลัง (ชมพูนุท เกษมเศรษฐ์, 2559) 9
2.2 กราฟระบบสินค้าคงคลังภายใต้การสั่งซื้อแบบ EOQ (ชมพูนุท เกษมเศรษฐ์, 2559) 12
2.3 กราฟแสดงค่าใช้จ่ายที่จุดสั่งซื้อที่เหมาะสม (Jacobs และ Chase, 2008) 14
2.4 ตัวแบบสินค้าคงคลังแบบพิจารณาต่อเนื่อง (Q,r) (YALÇIN, 2012) 16
2.5 ขั้นตอนการทำงานของวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS) (Mladenovic et al., 2008) 22
2.6 รหัสเทียมของ ILS (Grosso et al., 2009) 25
3.1 จุดสั่งซื้อใหม่สำหรับระดับการให้บริการ (Hillier และ Hillier, 2002) 30
3.2 ขั้นตอนของวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS) 40
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อและปริมาณการสั่งซื้อ 54
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนในการเก็บรักษาและปริมาณการสั่งซื้อ 55
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนสินค้าหมดอายุและปริมาณการสั่งซื้อ 57
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการและปริมาณการสั่งซื้อ 59
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลานำและปริมาณการสั่งซื้อ 61
ก.1 กระบวนการทำงานของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ 71
ก.2 กระบวนการทำงานของวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS) 72

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

สถานการณ์ของธุรกิจในปัจจุบันต้องทำการแข่งขันกันเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทำให้วงจรชีวิตสินค้ามีแนวโน้มที่สั้นลง บริษัท ผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องจึงให้ความสำคัญในการจัดการสินค้าคงคลังให้มีประสิทธิภาพเพื่อลดโอกาสเกิดความเสียหาย และสร้างโอกาสในการทำกำไรให้มากขึ้น โดยอยู่บนพื้นฐานของต้นทุนที่ต่ำแต่กำไรสูง การบริหารและกำหนดนโยบายที่มีประสิทธิภาพเพื่อใช้ในการควบคุมปริมาณสินค้าคงคลังที่ดีจะช่วยให้ธุรกิจสามารถกำหนดเวลาและปริมาณการสั่งซื้ออย่างเหมาะสมพอเพียงกับความต้องการในระยะเวลากำหนด สินค้าคงคลังมีส่วนใหญ่จะสามารถเก็บไว้นาน แต่อย่างไรก็ตามมีสินค้าหลายประเภทที่ไม่สามารถเก็บรักษาสภาพของสินค้าได้ (Perishability) สินค้าเน่าเสียได้ง่าย มีอายุการเก็บรักษาสั้น (Lifetime) ถ้าหากจัดเก็บไว้นานเกินไปทำให้สินค้าเสื่อมสภาพ เช่น อาหาร (เนื้อสัตว์, สัตว์ปีกแช่เย็นหรือแช่แข็ง, ปลา, กาแฟ, ไวน์, แอลกอฮอล์, อาหารออร์แกนิก, นมและผลิตภัณฑ์โคนม, ขนมปัง เป็นต้น), ทางการแพทย์หรือเวชภัณฑ์ (วัคซีน, วิตามิน, เลือด, ยารักษาโรค, เครื่องสำอาง), ผลิตภัณฑ์จากพืช และ สินค้าอุตสาหกรรม (สารยึดติด, สี และสารเคมี เป็นต้น) (Myers, 2009) การถือครองสินค้าคงคลังในปริมาณที่มากเกินไปและอาจเป็นปัญหากับธุรกิจ ทั้งในเรื่องค่าใช้จ่ายส่วนเกินที่ไม่จำเป็นในการเก็บรักษา และหากมีการสั่งซื้อปริมาณมากเกินไปแล้วใช้ไม่หมดหรือเหลือจากการจำหน่าย หากเก็บไว้นานเกินอายุ สินค้าจะเกิดการเน่าเสียเสื่อมสภาพไป หรือหมดอายุ ทำให้เกิดต้นทุนความสูญเสียให้กับธุรกิจ

การจัดการสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่าย (Perishable products) เป็นประเด็นที่สำคัญที่มีผลกระทบในอุตสาหกรรมหลายประเภทจึงมีงานวิจัยอยู่มากที่ศึกษาเกี่ยวกับสินค้าคงคลังที่มีข้อจำกัดของอายุของสินค้า ซึ่งได้มีการกล่าวถึงในงานวิจัยของ Nahmias (1982), Raafat (1991) และ Goyal and Giri (2001) เป็นต้น เพราะการเสื่อมสภาพของสินค้าส่งผลกระทบอย่างมากระบบสินค้าคงคลังและต่อกำไรของธุรกิจ ในงานวิจัยของ Nahmias and Wang (1979) ได้นำเสนอเกี่ยวกับสินค้าคงคลังเน่าเสียง่ายต้นทุนคงที่ในการสั่งซื้อและช่วงเวลานำคงตัวเป็นครั้งแรก ได้แบ่งประเภทความแตกต่างกันตามประเภทของการเน่าเสียออกเป็น 2 ประเภทคือ กำหนดวันหมดอายุ (Fix lifetime) และไม่มีวันหมดอายุที่แน่นอน (Random lifetime) ดังนั้นการควบคุมสินค้าคงคลังอย่างมีประสิทธิภาพนั้นจะต้องสามารถกำหนดระดับของสินค้าคงคลังและปริมาณสินค้าคงคลังที่จำเป็น

ต้องใช้เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าในขณะที่พยายามรักษาต้นทุนในการจัดเก็บให้ต่ำที่สุด เพื่อลดโอกาสเกิดความเสียหาย ลดค่าเสียหายจากการมีสินค้ามากเกินความต้องการของลูกค้าจนต้องทิ้งเมื่อสินค้าหมดอายุจึงต้องมีการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม โดยจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวของกับการปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมสำหรับสินค้าเน่าเสียง่าย สำหรับสินค้าชนิดเดียว (Single product) พบว่า งานวิจัยของ Pavee (2012) ได้นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่าย งานวิจัยนี้จึงได้นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาเป็นตัวอย่างเพื่อประยุกต์ใช้วิธีการหาคำตอบปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมด้วยวิธีการเมตาฮิวริสติก (Metaheuristic)

ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมมีความซับซ้อนไม่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ในระยะเวลาอันสั้น ถ้าหากใช้วิธีการหาคำตอบโดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์กับปัญหาดังกล่าวอาจจะต้องใช้เวลานานในการหาคำตอบ นักวิจัยหลายท่านจึงได้เสนอแนวคิดแก้ไขในปัจจุบันวิธีการทางด้านเมตาฮิวริสติกมีอยู่หลากหลายได้มีการคิดค้นขั้นตอนในการแก้ปัญหาที่แตกต่างกันออกไป เพื่อให้วิธีการแก้ปัญหาและวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (Variable Neighborhood Search: VNS) ซึ่งเป็นวิธีทางเมตาฮิวริสติกที่มีแนวความคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาที่ไม่ซับซ้อน (Hansen et al., 2010) เป็นวิธีการแก้ปัญหาแบบหนึ่งที่ช่วยให้ได้มาซึ่งคำตอบที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้กระบวนการค้นหาคำตอบที่อยู่ใกล้เคียงกับคำตอบปัจจุบันและใช้พัฒนาคำตอบให้ดีขึ้นโดยอาศัยย่านคำตอบใกล้เคียง (Neighborhood) รวมถึงในการค้นหาคำตอบโดยการหลีกเลี่ยงไม่ให้ค่าคำตอบไปติดอยู่ที่ค่าคำตอบที่ดีที่สุดในพื้นที่ใกล้เคียง (Local optimum)

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยทำการศึกษาและนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน เพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่ายที่กำหนดวันหมดอายุโดยพิจารณากรณีสินค้าชนิดเดียว ตัวแบบสินค้าคงคลังแบบพิจารณาต่อเนื่องภายใต้นโยบาย (Q,r)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ศึกษาการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่าย

1.2.2 เพื่อศึกษาหาวิธีการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่ายด้วยวิธีการค้นหาคำตอบในย่านใกล้เคียงแบบแปรผัน (Variable Neighborhood Search: VNS)

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ ตัวแบบของระบบสินค้าคงคลังที่ใช้ศึกษาคือตัวแบบสินค้าคงคลังแบบพิจารณาต่อเนื่องภายใต้นโยบาย (Q,r) สินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่ายและวิธีที่ใช้หาคำตอบปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดคือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในงานวิจัยของ Pavee (2012) โดยมีขอบเขตของการวิจัน ดังนี้

1.3.1 กรณีสินค้าชนิดเดียวที่มีอายุสินค้ากำหนดวันหมดอายุที่แน่นอน หมายถึงสินค้าไม่มีการเน่าเสียหรือเสื่อมสภาพตามระยะเวลาในการเก็บรักษา กำหนดให้อายุสินค้ามีระยะเวลาเป็น m วัน

1.3.2 มีช่วงเวลานำ (Lead time) มีหน่วยเวลา L วัน และช่วงเวลานำน้อยกว่าอายุสินค้า

1.3.3 ตัวแบบสินค้าคงคลังแบบพิจารณาต่อเนื่องภายใต้นโยบาย (Continuous review (Q,r))

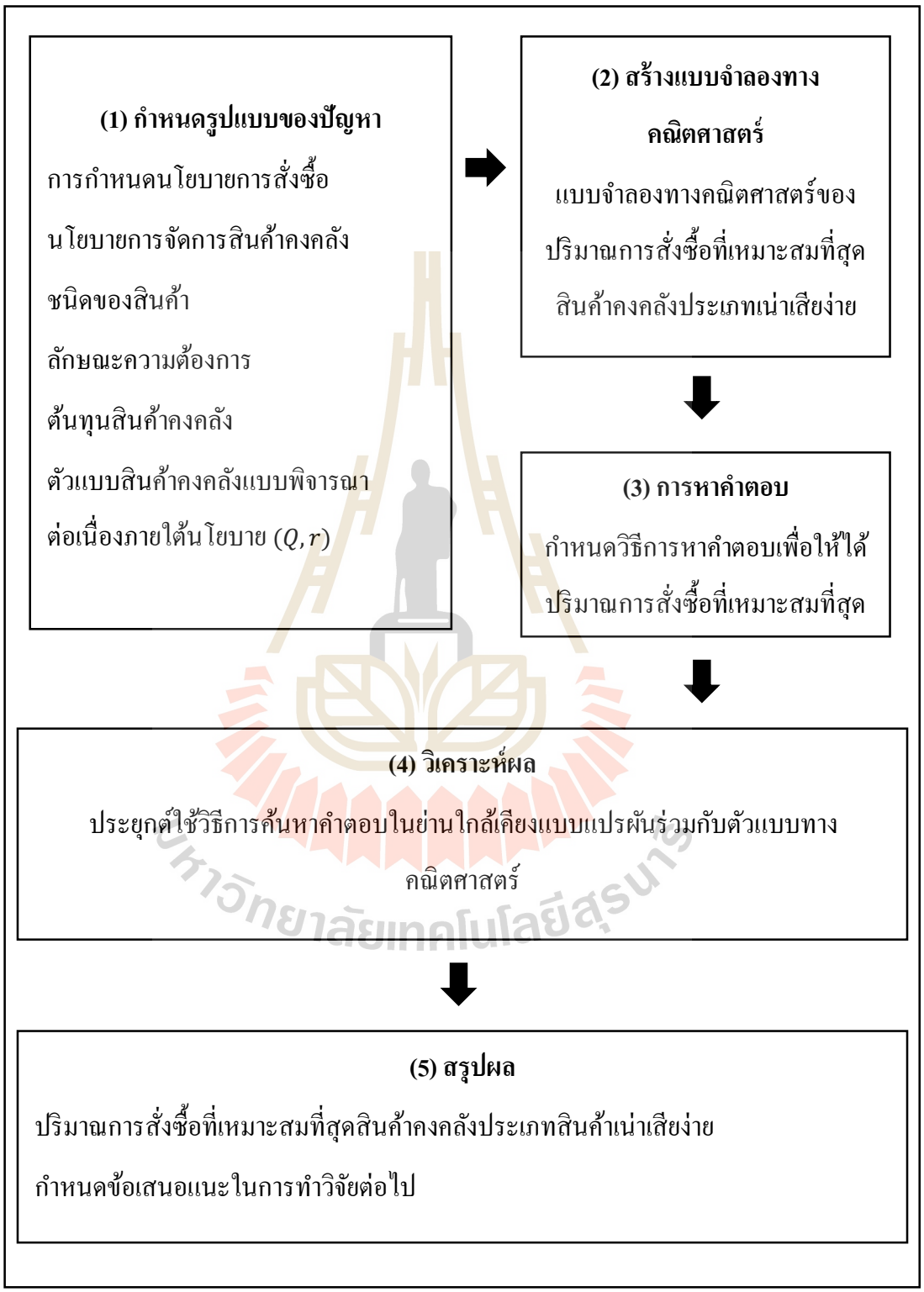
1.3.4 การหมุนเวียนสินค้าใช้หลักเข้าก่อน – ออกก่อน (First In First Out: FIFO)

1.3.5 ถ้าหากสินค้าไม่ถูกขายและหมดอายุก่อน การนำไปทิ้งจะถูกคิดเป็นต้นทุนสินค้าหมดอายุ (Outdating costs) มีมูลค่าเท่ากับ W บาทต่อหน่วยสินค้า

และใช้วิธีการค้นหาคำตอบในย่านใกล้เคียงแบบแปรผัน (Variable Neighborhood Search: VNS) ในการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่าย จะทำการศึกษาภายใต้ขอบเขตการวิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.4 กรอบแนวความคิดการวิจัย



รูปที่ 1.1 กรอบแนวความคิดการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถใช้ตัวแบบสินค้าคงคลัง (Q,r) มาใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์หาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุด

1.5.2 ทำให้ทราบถึงขั้นตอนการดำเนินงานของวิธีการหาค่าที่เหมาะสมโดยวิธีการค้นหาคำตอบในย่านใกล้เคียงแบบแปรผัน

1.5.3 สามารถนำวิธีการหาค่าที่เหมาะสมโดยวิธีการค้นหาคำตอบในย่านใกล้เคียงแบบแปรผันไปประยุกต์เพื่อแก้ปัญหากับงานวิจัยอื่น ๆ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเรื่องการประยุกต์ใช้วิธีการค้นหาค่าสำหรับการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดของสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่าย ทางผู้วิจัยได้ศึกษารวบรวมทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาใช้กับการวิเคราะห์หาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่าย กำหนดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อที่ทำการศึกษาเพื่อใช้ประกอบเป็นแนวทางในการจัดทำงานวิจัย

2.1 ทฤษฎีและหลักการเกี่ยวกับการจัดการสินค้าคงคลัง

การบริหารสินค้าคงคลังเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้บริหารควรให้ความสนใจและเอาใจใส่อย่างใกล้ชิด ทั้งนี้เพราะสินค้าคงคลังเป็นทรัพย์สินที่มีมูลค่าสูงที่สุดในกลุ่มของทรัพย์สินหมุนเวียน การบริหารจัดการสินค้าคงคลังที่ดีเป็นปัจจัยสำคัญหนึ่งที่ช่วยเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันทางธุรกิจ (พิภพ ลลิตาภรณ์, 2552, น.31) ซึ่งวัตถุประสงค์ของการควบคุมระบบสินค้าคงคลังคือเพื่อหาแนวทางในการกำหนดจำนวนของคงคลังที่มีอยู่ให้เพียงพอต่อความต้องการหรืออุปสงค์โดยที่ทำให้เกิดต้นทุนต่ำที่สุด (Winstonv and Goldberg, 2004)

คำนาย อภิปรัชญาสกุล (2553) ได้กล่าวถึงวัตถุประสงค์หลักของระบบสินค้าคงคลังในเชิงปฏิบัติคือการประยุกต์ใช้ตัวแบบสินค้าคงคลังที่มีอยู่เพื่อการแก้ปัญหาต่าง ๆ เกี่ยวกับสินค้าคงคลังนั่นเอง โดยที่ตัวแบบสินค้าคงคลังจะระบุและบอกรายละเอียดของพฤติกรรมตัวแปรที่สำคัญในสถานการณ์ต่าง ๆ ตลอดจนการคำนวณค่าใช้จ่ายต้นทุนที่เกี่ยวข้อง และการคาดการณ์เกี่ยวกับสินค้าสำรองในระหว่างการผลิตด้วยว่าควรจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามอุปสงค์ (Demand) เท่าใดเพื่อการวางแผนการควบคุมสินค้าคงคลังให้ถูกต้องว่าจะสั่งสินค้าเมื่อใด เท่าใด และจะมีสินค้าสำรองปริมาณเท่าใด

การควบคุมสินค้าคงคลังที่ดีเป็นผลมาจากการกำหนดการสั่งซื้อสินค้าในปริมาณที่เหมาะสม โดยทั่วไปจะประกอบด้วยต้นทุนการสั่งซื้อ (Ordering costs) และต้นทุนการเก็บรักษา (Holding costs) เป็นหลัก แต่อาจมีต้นทุนอื่น ๆ ร่วมด้วยขึ้นอยู่กับลักษณะของแต่ละสินค้าเป็นสำคัญ

2.1.1 ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการจัดการสินค้าคงคลัง

ชมพูนุท เกษมเศรษฐ์ (2559, น.69) ได้อธิบายต้นทุนการจัดการสินค้าคงคลัง

ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ

(1) ต้นทุนราคาสินค้าคงคลัง ต้นทุนส่วนนี้จะคิดจากปริมาณความต้องการสินค้าคงคลังในช่วงเวลาใดๆ คูณกับราคาต่อหน่วยของพัสดุคงคลังนั้น ๆ ถือว่าต้นทุนส่วนนี้เป็นต้นทุนคงที่ (Fixed cost) เนื่องจากไม่ว่าจะทำการสั่งซื้อที่ขนาดการสั่งซื้อเท่าใด หรือ Q (Order quantity) ต้นทุนส่วนนี้จะมีค่าคงที่ต่อช่วงเวลาใด ๆ เนื่องจากความต้องการของสินค้าคงคลังต่อช่วงเวลาใด ๆ มีค่าคงที่เนื่องจากเป็นการคำนวณในระบบดีเทอมินิสติคนั่นเอง

(2) ต้นทุนในการควบคุมสินค้าคงคลัง เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นโดยมีความสัมพันธ์กับขนาดการสั่งซื้อแต่ละครั้ง ดังนั้นที่ขนาดการสั่งซื้อที่แตกต่างกันต้นทุนการควบคุมพัสดุคงคลังก็จะมีความแตกต่างกันถือว่าต้นทุนส่วนนี้เป็นต้นทุนผันแปร (Variable costs) ตามขนาดการสั่งซื้อที่ปริมาณหนึ่ง ๆ โดยต้นทุนในการควบคุมพัสดุคงคลังจะพบโดยทั่วไปอยู่ 3 ประเภท ได้แก่

- ต้นทุนในการสั่งซื้อ (Ordering costs: P) ต้นทุนประเภทนี้ อาจอยู่ในรูปของ (1) ต้นทุนการสั่งซื้อ (Purchasing costs) หรือ (2) ต้นทุนในการสั่งผลิต (Setup costs) เกิดเมื่อมีการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตใหม่โดยจะเกิดขึ้นทุกครั้งการสั่งซื้อหรือสั่งผลิต โดยไม่ขึ้นกับขนาดการสั่งซื้อในแต่ละครั้ง ดังนั้นเมื่อขนาดของการสั่งซื้อมีปริมาณมากจะทำให้ต้นทุนส่วนนี้ต่ำ เนื่องจากหากขนาดการสั่งซื้อมีปริมาณมากที่ความต้องการสินค้าสำหรับช่วงเวลาใด ๆ จำนวนครั้งที่ทำการสั่งซื้อจะเกิดขึ้นเพียงน้อยครั้ง ทำให้เมื่อคิดต้นทุนการสั่งซื้อต่อครั้งตามจำนวนครั้งการสั่งซื้อที่เกิดขึ้น ต้นทุนส่วนนี้จึงมีค่าน้อย (แปรผันตามจำนวนครั้งของการสั่งซื้อแต่แปรผกผันกับขนาดการสั่งซื้อ)
- ต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง (Holding costs: H) ต้นทุนส่วนนี้จะเกิดขึ้นเมื่อมีการถือครองพัสดุคงคลังไว้ โดยต้นทุนในการถือครองพัสดุคงคลังจะคิดตามปริมาณการถือครองสินค้าคงคลังโดยเฉลี่ย ต่อช่วงเวลาใดๆ ต้นทุนประเภทนี้แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ (1) ต้นทุนดอกเบี้ยเงินจม (I) และ (2) ต้นทุนในการเก็บรักษา (W) โดยงานวิจัยนี้ได้ศึกษาทางสินค้าเน่าเสียง่าย จึงได้เพิ่มเติมในเรื่อง ต้นทุนเนื่องจากสินค้าล้าสมัย เกิดจากการเก็บสินค้าไว้เป็นระยะเวลานานเกินไปทำให้สินค้าเสื่อมสภาพจึงมีผลต่อมูลค่าสินค้าซึ่งไม่อาจขายได้ในราคาเดิม หรืออาจไม่มีมูลค่าเลย ถึงแม้สินค้านั้นจะอยู่ในสภาพที่ใช้ได้ สินค้าที่มีลักษณะแบบนี้ เช่น สินค้าแฟชั่น สินค้าเทคโนโลยีสูง เป็นต้น ต้นทุนเมื่อสินค้าเน่าเสีย สินค้าที่เก็บ

ไว้เป็นสินค้าคงคลังอาจเน่าเสียหรือเสื่อมสภาพ เช่น สินค้าประเภทผลไม้ อาหารสด สินค้าเกิดเปียกชื้นหรือแห้งทำให้เสื่อมสภาพ เป็นต้น

- ต้นทุนที่เกิดจากสินค้าขาดแคลน (Shortage costs: S) เกิดขึ้นเมื่อพัสดุคงคลังไม่เพียงพอพบใน 2 รูปแบบ คือ (1) การสูญเสียโอกาสางการขาย (Lot sale) และ (2) ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากความล่าช้าในการส่งสินค้า (Back ordering) โดยทั่วไปจะกำหนดให้ต้นทุนที่เกิดจากสินค้าขาดแคลนมีหน่วยเป็นจำนวนเงินต่อหน่วยสินค้าที่ขาดแคลนต่อหน่วยเวลาที่ขาดแคลน

จากต้นทุนในการควบคุมสินค้าคงคลังทั้ง 3 ประเภทที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนั้น สามารถเขียนสมการแสดงต้นทุนรวมได้ดังนี้

ต้นทุนรวม = ต้นทุนในการสั่งซื้อ (Ordering costs) + ต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง (Holding costs) + ต้นทุนที่เกิดจากสินค้าขาดแคลน (Shortage costs)

ในการดำเนินการควบคุมสินค้าคงคลังจะเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจขั้นพื้นฐานอยู่ 2 ประการ คือ

(1) การตัดสินใจว่า จะสั่งสินค้าคงคลังแต่ละรายการจำนวนเท่าไหร่ในแต่ละครั้งของการสั่งซื้อ ซึ่งการตัดสินใจนี้จะเกี่ยวข้องกับการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อ

(2) การตัดสินใจว่าจะทำการสั่งซื้อสินค้าเมื่อไหร่ ซึ่งการตัดสินใจนี้จะเกี่ยวข้องกับการกำหนดจุดสั่งซื้อ (Reorder point: r)

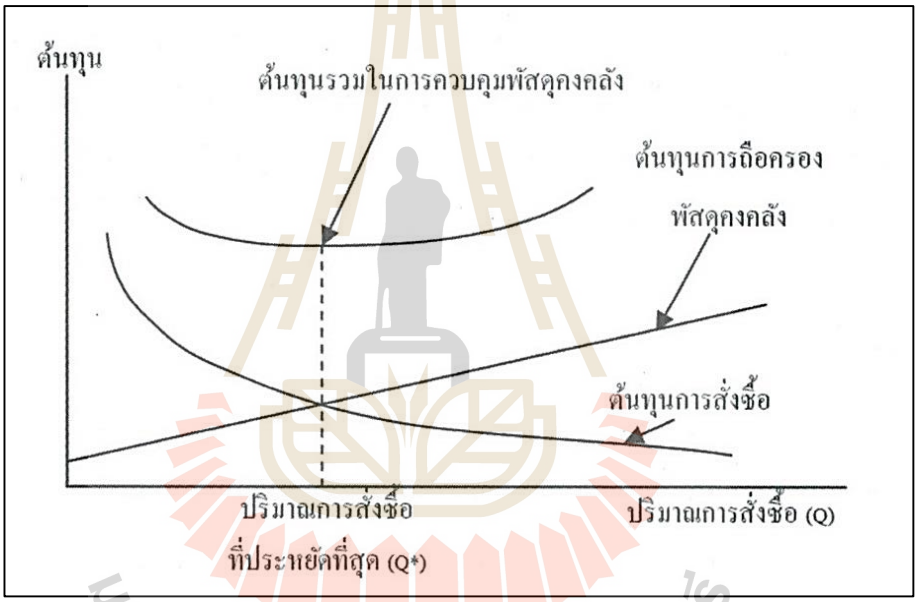
โดยการตัดสินใจพื้นฐานทั้งสองจะเป็นไปเพื่อการทำให้เกิดต้นทุนการควบคุมสินค้าคงคลังที่ต่ำที่สุด

2.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อและต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลัง

ต้นทุนในการควบคุมสินค้าคงคลังตามที่กล่าวข้างต้นประกอบด้วยสองส่วน คือ ต้นทุนการสั่งซื้อ (Ordering costs) รวมกับต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลัง (Holding costs) ซึ่งต้นทุนทั้งสองส่วนนี้มีความสัมพันธ์กันแบบแปรผกผันกัน กล่าวคือเมื่อพิจารณาที่ปริมาณการสั่งซื้อ/ผลิตที่ต่างกัน จะพบว่าต้นทุนการสั่งซื้อจะแปรผกผันกับปริมาณการสั่งซื้อ (Q) เนื่องจากที่ปริมาณความต้องการสินค้าที่คงที่สำหรับช่วงเวลาใด ๆ หากมีการสั่งซื้อปริมาณ (Q) ที่ปริมาณมาก จำนวนครั้งของการสั่งซื้อจะน้อยทำให้ต้นทุนในส่วนนี้น้อยเนื่องจากจำนวนครั้งของการสั่งซื้อที่น้อย ในขณะที่ถ้าสั่งซื้อที่ปริมาณ (Q) มาก จะทำให้เกิดการรับเข้าสินค้าคงคลังเข้ามาในปริมาณมาก ทำให้สินค้าโดยเฉลี่ยจะต้องถูกถือครองในปริมาณสูงและระยะเวลานานส่งผลให้ต้นทุนของการถือครองสินค้าคงคลังสูง ซึ่งกล่าวได้ว่า ต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลังแปรผันตามขนาดการสั่งซื้อ/ผลิต

ในทางตรงกันข้ามเมื่อพิจารณาที่ปริมาณการสั่งซื้อหรือการสั่งผลิตที่มีปริมาณน้อย จะทำให้ต้องสั่งซื้อบ่อย ๆ แต่การถือครองสินค้าคงคลังจะอยู่ที่ปริมาณต่ำและเวลาการถือครองจะไม่นานทำให้กรณีนี้ต้นทุนการสั่งซื้อจะสูง แต่ต้นทุนการถือครองจะต่ำ

ดังนั้นหากพิจารณากราฟความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อและต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลังดังรูปที่ 2.1 หากต้นทุนการสั่งซื้อและการถือครองมีความสัมพันธ์เชิงลบ จุดที่ต้นทุนรวมการควบคุมสินค้าคงคลังที่ต่ำที่สุดจะเป็นจุดที่ต้นทุนทั้งสองส่วนนี้เท่ากัน ซึ่งหากทำการสั่งซื้อที่ปริมาณการสั่งซื้อ ณ จุดนี้จะทำให้ต้นทุนรวมเกิดขึ้นน้อยที่สุด ซึ่งปริมาณการสั่งซื้อ/ผลิต ณ จุดนี้ จะเรียกว่า ปริมาณการสั่งซื้อ/ผลิตที่ประหยัดที่สุด (Economic Order Quantity: Q^*)



รูปที่ 2.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อและต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลัง (ชมพูนุท เกษมเศรษฐ์, 2559)

2.1.3 ตัวแบบการจัดการสินค้าคงคลัง (Inventory model)

ตัวแบบการจัดการสินค้าคงคลัง คือสมการคณิตศาสตร์ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณการสั่งซื้อหรือการผลิตที่เหมาะสมที่สุดหรือประหยัดที่สุด และช่วงเวลาที่เหมาะสมในการสั่งซื้อหรือผลิต (พิชิต สุขเจริญพงษ์, 2547) จำแนกสินค้าคงคลังออกเป็น 2 ประเภทด้วยกัน คือ

1) ตัวแบบการจัดการสินค้าคงคลังแบบดีเทอมินิสติค (Deterministic inventory model)

คือตัวแบบที่ใช้หาปริมาณการสั่งซื้อหรือผลิตที่เหมาะสมที่สุด เมื่อตัวแปรต่าง ๆ

เช่น ปริมาณความต้องการสินค้า เวลาการส่งมอบสินค้าและต้นทุนต่าง ๆ มีค่าคงที่แน่นอน การคำนวณภายใต้ระบบดีเทอมินิสติคนั้น ตัวแปรทุกตัวที่เกี่ยวข้องในการคำนวณจะต้องเป็นตัวแปรที่ทราบค่าและมีค่าคงที่แน่นอนโดยตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณตัวแบบการจัดการสินค้าคงคลังจะประกอบด้วย

- ความต้องการของลูกค้าที่เป็นความต้องการแบบอิสระและเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Continuous)
- ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับสินค้าคงคลัง
- ช่วงเวลานำของการสั่งซื้อ/ผลิต (Lead time: L)

ในการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับการจัดการสินค้าคงคลังจะเน้นที่การตอบคำถามพื้นฐานอยู่ 2 ประการคือ ขนาดการสั่งซื้อควรจะเป็นเท่าไหร่ (How many) และเมื่อไหร่ที่จะต้องทำการสั่งซื้อ (When)

ตัวแบบการสั่งซื้อที่กำหนดขนาดการสั่งซื้อที่แน่นอน (Fixed order size system) ในทุกครั้งที่ต้องทำการสั่งซื้อ/ผลิต จะต้องทำการสั่งซื้อ/ผลิตด้วยขนาดรุ่นหรือปริมาณที่เท่ากันเสมอ ทุกครั้งสิ่งที่เป็นผลจากการสั่งที่ปริมาณคงที่ตลอด จะทำให้คาบเวลาหรือรอบเวลาการสั่งซื้อ/ผลิต (Cycle time: T) จะไม่คงที่ ขึ้นอยู่กับความต้องการสินค้าในแต่ละช่วงของการสั่งซื้อนั้น ๆ ดังนั้นในการคำนวณเพื่อตอบคำถามพื้นฐานสองประการคำตอบที่ได้จะได้แก่ ขนาด/ปริมาณการสั่งซื้อ/ผลิต และจุดสั่งซื้อ/ผลิต

ตัวแบบที่รู้จักกันโดยทั่วไป เช่น ตัวแบบปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดหรือ EOQ (Economic Order Quantity) ตัวแบบสินค้าคงคลังเมื่อการส่งมอบสินค้าช้ามาไม่พร้อมกัน และตัวแบบสินค้าคงคลังเมื่อมีส่วนลด เป็นต้น

<u>ตัวแบบปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (Economic Order Quantity: EOQ)</u>

ระบบสินค้าคงคลังที่แพร่หลายในปัจจุบันมีความซับซ้อนมากขึ้นตามสภาพแวดล้อมทางธุรกิจที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ความซับซ้อนของระบบสินค้าคงคลังได้ริเริ่มจากตัวแบบระบบสินค้าคงคลังพื้นฐานที่เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายในนามของ EOQ (Wilson, 1934)

EOQ คือ ตัวแบบปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดหรือขนาดของการสั่งซื้อที่ทำให้เกิดต้นทุนในการควบคุมสินค้าคงคลังที่น้อยที่สุด

(1) สมมติฐานของการคำนวณในระบบของตัวแบบปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด EOQ

ในการนำตัวแบบการจัดการสินค้าคงคลังปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด EOQ ไปใช้จะต้องมีการตรวจสอบก่อนว่าสถานการณ์ของปัญหานั้นสอดคล้องกับสมมติฐานของการคำนวณหรือไม่

EOQ เป็นตัวแบบทั่วไปที่นิยมนำไปใช้มากที่สุด สมมติฐานของการคำนวณตามตัวแบบของ EOQ มีดังนี้

- ความต้องการสินค้าทราบค่าแน่นอน เกิดขึ้นแบบคงที่ (ในรูปแบบหน่วยต่อเวลา) และเกิดอย่างต่อเนื่อง
- ช่วงเวลานำของการสั่งซื้อทราบค่าแน่นอน เกิดขึ้นแบบคงที่
- การเติมเต็มของสินค้า จะเข้ามาเติมเต็มในคลังสินค้าพร้อมกันทั้งหมดในเวลาเดียวกัน
- อนุญาตให้มีการขาดแคลนสินค้า
- ส่วนประกอบของต้นทุนมีโครงสร้างแน่นอน
- การคำนวณจะไม่คิดถึงข้อจำกัดด้านพื้นที่ กำลังการผลิต และเงินทุน
- จะคำนวณสำหรับสินค้าชนิดเดียวเท่านั้น (Single product)

(2) ตัวแบบการคำนวณในระบบของตัวแบบปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ)

D = ความต้องการสินค้าต่อปี (หน่วย/ปี)

d = ความต้องการสินค้าต่อหน่วยเวลา (หน่วย/เวลา)

Q = ปริมาณการสั่งซื้อต่อครั้ง (หน่วย/ครั้ง)

C = ราคาสินค้าต่อหน่วย

P = ต้นทุนในการสั่งซื้อสินค้าต่อครั้ง

H = ต้นทุนการเก็บรักษาต่อหน่วยเวลา

L = ช่วงเวลานำในการสั่งซื้อ

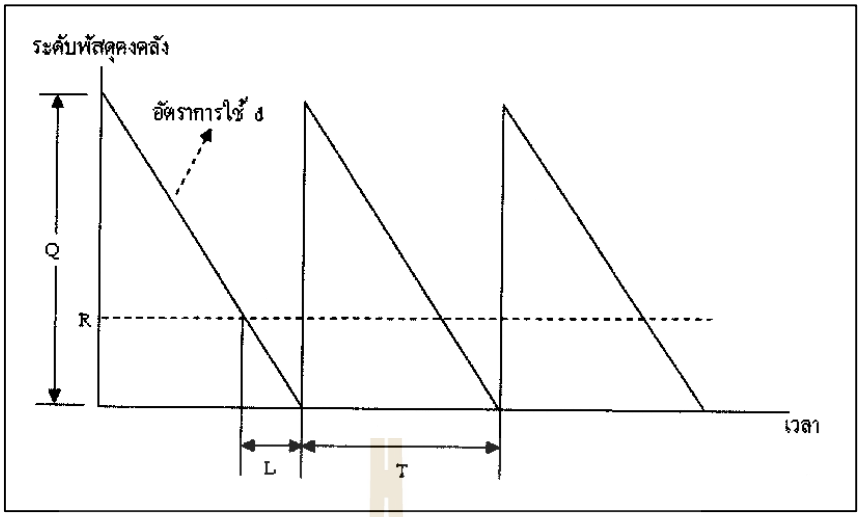
T = คาบ/รอบเวลาการสั่งซื้อ

r = จุดสั่งซื้อ

h, i = % สัดส่วนต้นทุนการเก็บรักษาคิดจากราคาสินค้าต่อหน่วยเวลา

ในการแสดงที่มาของวิธีการคำนวณของทฤษฎีการจัดการสินค้าคงคลังนั้น จะอาศัยการเขียนกราฟของปริมาณสินค้าคงคลังเทียบกับเวลาโดยการคำนวณในระบบของตัวแบบปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ) จะสามารถแสดงกราฟดังรูปที่ 2.2

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.2 กราฟระบบสินค้าคงคลังภายใต้การสั่งซื้อแบบ EOQ

(ชมพูนุท เกษมเศรษฐ์, 2559)

จากรูปที่ 2.2 จะเห็นว่าปริมาณสินค้าคงคลังที่มีเก็บไว้จะถูกใช้อย่างต่อเนื่องตามอัตราความต้องการสินค้า (d) โดยทั่วไปมักนิยมทำการคำนวณโดยใช้หน่วยเวลาเป็นปี ซึ่งจะแทนความต้องการสินค้ารายปีด้วยตัวแปร D ซึ่งมีหน่วยเป็นหน่วยสินค้าต่อปี เนื่องจากความต้องการอัตรา D จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น ระดับสินค้าคงคลังจะลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งปริมาณตกมาสู่ระดับหนึ่งที่ถูกกำหนดไว้ เรียกว่า จุดสั่งซื้อใหม่ (r) ณ จุดนี้จะเป็นการบอกว่าถึงเวลาที่จะต้องทำการสั่งซื้อสินค้าเข้ามาเติมเต็ม สินค้าปริมาณ Q จะถูกสั่งซื้อ ณ จุดปริมาณ r จากนั้นสินค้าจะยังไม่เข้ามาเนื่องจากสินค้าต้องใช้เวลารอคอยเท่ากับ ช่วงเวลานำในการสั่งซื้อ (L) โดยในช่วงที่รอสินค้าเข้ามานั้น สินค้าคงคลังจะยังถูกดึงไปใช้เรื่อย ๆ ด้วยอัตราเท่าเดิมจนเมื่อครบเวลา L หน่วยเวลาสินค้าคงคลังจะหมดพอดีแต่สินค้าปริมาณ Q เช่นเดิม ลักษณะแบบนี้จะเกิดขึ้นซ้ำ ๆ โดยการสั่งซื้อ 1 ครั้งปริมาณสินค้า Q จะถูกใช้ไปจนหมดโดยใช้เวลา 1 คาบเวลา (T) หรือเรียกว่ารอบเวลาการสั่งซื้อ

หากพิจารณากราฟ เมื่อทราบช่วงเวลานำของการสั่งซื้อสินค้า (L) จะสามารถกำหนดจุดสั่งซื้อได้ง่าย ๆ ในกรณีที่ไม่มีสินค้าคงคลังสำรอง (Safety stock: S) โดยปริมาณสินค้าคงคลังที่จะตั้งเป็นจุดสั่งซื้อจะเท่ากับปริมาณสินค้าคงคลังที่ต้องการใช้ในช่วงเวลานำนั้นเอง

พิจารณาต้นทุนรวมของการจัดการสินค้าคงคลังใน 1 ปี จะแบ่งได้เป็น

ต้นทุนราคาสินค้ารายปี	=	CD
ต้นทุนการสั่งซื้อรายปี	=	$(D/Q)P$
โดยที่ D/Q	=	จำนวนครั้งที่ทำการสั่งซื้อใน 1 ปี

ต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลังต่อปี = $(Q/2)H$

โดยที่ $Q/2$ = สินค้าคงคลังเฉลี่ยต่อปี

ดังนั้น

ต้นทุนรวมของการจัดการสินค้าคงคลังต่อปี (Total Cost: TC) จะเขียนได้ดังนี้

$$TC(Q) = CD + (D/Q)P + (Q/2)H$$

จากสมการต้นทุนรวมต้องการหาปริมาณการสั่งซื้อ (Q) ที่ทำให้สมการต้นทุนรวมของการจัดการสินค้าคงคลัง (TC) มีค่าน้อยที่สุด ดังนั้นจึงต้องทำการหาอนุพันธ์ (TC) เทียบกับ Q ดังนี้

$$\frac{dTC}{dQ} = -\frac{DP}{Q^2} + \frac{H}{2}$$

จากนั้น กำหนดให้ผลลัพธ์ของอนุพันธ์ $TC = 0$ ทำการหาสมการของ Q ที่ทำให้เกิดการจุดสั่งซื้อและปริมาณที่เหมาะสม ตัวแบบการจัดการสินค้าคงคลังได้ ดังนี้
(จุดที่ต่ำที่สุดของกราฟ TC จะมีความชันเป็น 0 ซึ่งความชันของกราฟหาจากการหาอนุพันธ์ 1 ครั้ง ของสมการ TC)

$$-\frac{DP}{Q^2} + \frac{H}{2} = 0$$

$$\frac{H}{2} = \frac{DP}{Q^2}$$

$$Q^2 = \frac{2DP}{H}$$

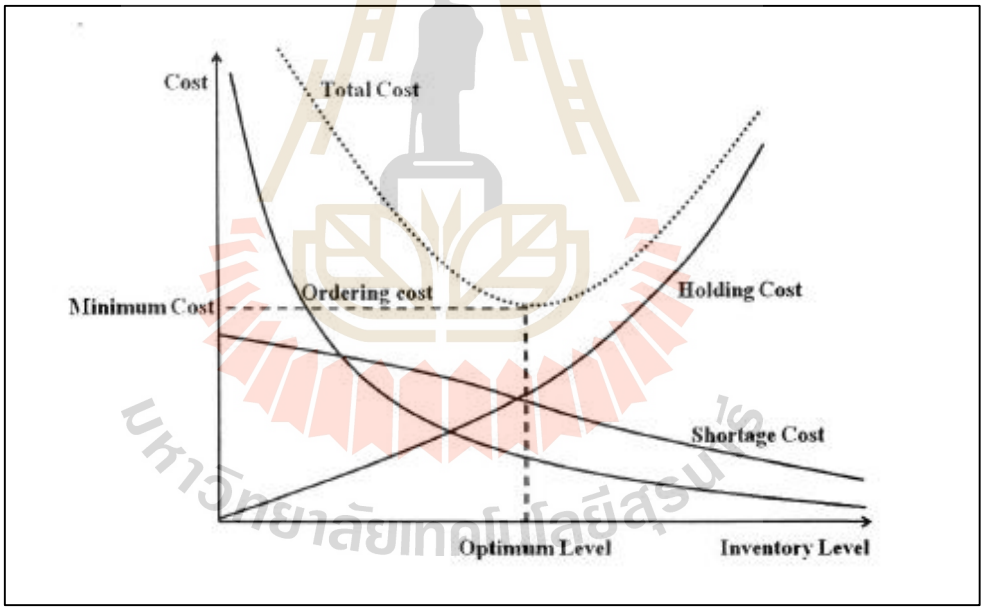
$$Q^* = \sqrt{\frac{2DP}{H}} \qquad (2.1)$$

ซึ่ง Q^* เรียกว่า ปริมาณการสั่งผลิตที่ประหยัด (EOQ) นั่นเอง

(3) สมมติฐานของการคำนวณในของตัวแบบปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด EOQ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากที่มาของสูตรการคำนวณสมการ (2.1) หากพิจารณาสมการเริ่มต้นคือสมการต้นทุนรวมของการจัดการสินค้าคงคลัง ซึ่งประกอบด้วยสองส่วนหลัก คือ ต้นทุนราคาสินค้า (Fixed cost) และต้นทุนการควบคุมสินค้าคงคลัง (Variable costs) ต้นทุนส่วนแรกจะไม่มีความแปรผันสัมพันธ์กับค่าปริมาณการสั่งซื้อ (Q) ซึ่งเป็นปริมาณการสั่งซื้อแต่ละครั้ง เนื่องจากหากพิจารณาช่วงเวลาใด ๆ ในที่นี้พิจารณารายปีจากสมมติฐานว่าความต้องการในช่วงเวลาใด ๆ จะมีค่าคงที่แน่นอน ดังนั้น D จะคงที่ ไม่ว่าจะเป็นปีไหนความต้องการจะเท่ากับ D เสมอ Q จึงไม่มีผลกลับ D ดังนั้นต้นทุนส่วนนี้ที่มีพจน์เป็น CD จะถูกตัดออกเมื่อทำการหาอนุพันธ์ ดังนั้นสามารถกล่าวได้ว่าเฉพาะต้นทุนการควบคุมสินค้าคงคลังเท่านั้นที่จะมีผลต่อการคำนวณค่าของ Q ซึ่งหากพิจารณาต้นทุนการควบคุมสินค้าคงคลังมีอยู่ 2 ส่วนคือ ต้นทุนสั่งซื้อและต้นทุนถือครองสินค้าคงคลัง ซึ่งต้นทุนสองส่วนนี้จะมีลักษณะแปรผกผันกัน โดยที่ต้นทุนการสั่งซื้อจะแปรผกผันกับปริมาณการสั่งซื้อและต้นทุนถือครองสินค้าคงคลังจะแปรผันตรงกับปริมาณการสั่งซื้อ แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 กราฟแสดงค่าใช้จ่ายที่จุดสั่งซื้อที่เหมาะสม

(Jacobs และ Chase, 2008)

ดังนั้นที่มาของสมการ (2.1) สามารถพิจารณาง่าย ๆ ได้ดังนี้ คือเมื่อต้นทุนสองส่วนนี้แปรผกผันกัน ดังนั้น ณ จุดปริมาณการสั่งซื้อต้นทุนสองส่วนนี้เท่ากันจะทำให้เกิดจุดที่ประหยัดที่สุดในการสั่งซื้อนั่นเอง สามารถอธิบายโดยใช้การคำนวณได้ดังนี้

ต้นทุนการสั่งซื้อรายปี = ต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลังรายปี

$$\frac{DP}{Q} = \frac{HQ}{2}$$

$$Q^2 = \frac{2DP}{H}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DP}{H}}$$

ซึ่งจะได้สูตร Q^* เหมือนสมการ (2.1)

หากต้องการคำนวณหาเฉพาะต้นทุนรวมของการควบคุมสินค้าคงคลัง (Total Variable Cost: TVC) ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนการสั่งซื้อรวมกับต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลัง ณ ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด (EOQ, Q^*) จะสามารถคำนวณได้โดยการแทนค่าของ Q^* เข้าไปในสมการต้นทุนทั้งสอง จะได้

ต้นทุนเฉพาะส่วนของการควบคุมสินค้าคงคลังที่น้อยที่สุดจากสมการ (2.2)

$$TVC^* = \sqrt{2DPH} \tag{2.2}$$

โดยข้อควรระวังสำหรับการใช้สมการ (2.2) คือ สมการนี้จะใช้ได้เฉพาะการหาต้นทุนการควบคุมสินค้าคงคลัง ณ จุดที่เป็น EOQ เท่านั้น
รอบเวลาในการสั่งซื้อประหยัดที่สุด (ปี) สามารถคำนวณได้จากสมการ (2.3)

$$T^* = \frac{Q^*}{D} = \sqrt{\frac{2P}{HD}} \tag{2.3}$$

2) ตัวแบบการจัดการสินค้าคงคลังแบบสโตคาสติค (Stochastic inventory model)

คือตัวแบบที่ใช้ปริมาณการสั่งซื้อหรือผลิตที่เหมาะสมที่สุด เมื่อตัวแปรต่าง ๆ มีค่าไม่แน่นอนและมีความน่าจะเป็นทางสถิติเข้ามาเกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาตัวแบบสินค้าคงคลังแบบพิจารณาต่อเนื่องภายใต้นโยบาย (Q, r) เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่ายที่มีข้อจำกัดอายุสินค้า ซึ่งหมายถึงนโยบายการจัดการสินค้าคงคลังที่มีการตรวจสอบปริมาณสินค้าคงคลังแบบต่อเนื่อง โดยกำหนดให้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

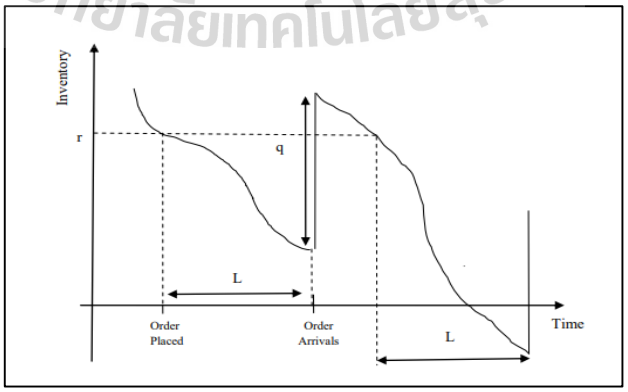
มีการสั่งซื้อสินค้ามาเติมเต็มในคลังสินค้าเป็นจำนวน Q หน่วย เมื่อปริมาณสินค้าคงคลังลดลงมาจนถึงจุดสั่งซื้อ r หน่วย ที่กำหนดไว้หรือต่ำกว่า การจัดการสินค้าคงคลังแบบนี้มีลักษณะเหมือนระบบกำหนดจุดสั่งซื้อสินค้า ได้แก่ EOQ และ EPQ

2.1.4 ตัวแบบสินค้าคงคลังแบบพิจารณาต่อเนื่องภายใต้นโยบาย (Q,r) หรือ ตัวแบบการจัดการสินค้าคงคลัง (Q,r) (Stochastic inventory continuous review , the (Q,r) Model)

นโยบาย (Q,r) ก็คือการสั่งสินค้าในปริมาณ Q (Order quantity) เมื่อสินค้าคงคลังลดลงถึงระดับ r (Reorder point) ที่กำหนดไว้เพราะว่าจะไม่ได้รับสินค้าทันทีเนื่องจากมีช่วงเวลานำของการส่งสินค้า (Lead time) โดยปริมาณที่สั่งมาเพิ่มจะต้องเป็นปริมาณที่ทำให้ค่าใช้จ่ายโดยรวมของการเก็บรักษาสินค้าคงคลังมีค่าต่ำที่สุด สำหรับตัวแบบนี้ ค่าระดับความต้องการสินค้าในช่วงเวลานำมีความไม่แน่นอนด้วยคือเป็นตัวแปรสุ่มซึ่งทำให้ จุดสั่งซื้อมีความไม่แน่นอนตามไปด้วย

ตัวแบบสินค้าคงคลังแบบพิจารณาต่อเนื่องภายใต้นโยบาย (Q,r) มีวิธีการใกล้เคียงกับตัวแบบ (EOQ) ที่มีลักษณะความต้องการของลูกค้าคงที่ แต่ตัวแบบสินค้าคงคลังแบบพิจารณาต่อเนื่องภายใต้นโยบาย (Q,r) มีความแตกต่างจาก ตัวแบบ (EOQ)คือความต้องการในแต่ละครั้งไม่แน่นอน และพิจารณาสินค้าค้างส่ง (Backordering) ซึ่ง ตัวแบบ (EOQ) ไม่พิจารณา ตัวแบบสินค้าคงคลังแบบพิจารณาต่อเนื่องภายใต้นโยบาย (Q,r)จะมีขั้นตอนการพิจารณา 2 ส่วนคือ

1) หาปริมาณการสั่งซื้อจากตัวแบบ (EOQ)
2) หาจุดสั่งซื้อจากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความต้องการกับปริมาณคงคลังสำรอง



รูปที่ 2.4 ตัวแบบสินค้าคงคลังแบบพิจารณาต่อเนื่อง (Q,r)

(YALÇIN, 2012)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เป็นนโยบายที่บริหารงานยากขึ้น เนื่องจากต้องทำการตรวจนับสินค้าคงคลังตลอดเวลา หากสินค้าคงคลังลดลงมาถึงระดับ r หน่วย จะต้องสั่งซื้อสินค้าทันที ดังนั้นการเลือกใช้นโยบายสินค้าคงคลังจะขึ้นอยู่กับลักษณะระบบนั้น ๆ เช่น ความต้องการสินค้าเป็นตัวแปรสุ่มหรือมีค่าคงที่ เวลารอคอยสินค้าเป็นตัวแปรสุ่มหรือมีค่าคงที่ เป็นต้น ให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่าย

ที่ผ่านมามีการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวกับระบบสินค้าคงคลังนั้นมีหลากหลายประเภท อาจแบ่งได้ตามคุณลักษณะต่าง ๆ เช่น การหาปริมาณการสั่งซื้อคงคลังประเภทเน่าเสียง่ายที่พิจารณาอายุของสินค้า โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ มีกำหนดวันหมดอายุ (Fixed lifetime) และคุณภาพลดลงตามเวลา (Random lifetime) (Nahmias, 1982) สินค้าแบบกำหนดวันหมดอายุมีเวลาแสดงวันหมดอายุที่แน่นอน เช่น เลือด ผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ ผลิตภัณฑ์ยา ผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็งส่วนใหญ่ เป็นต้น ในส่วนของสินค้าเน่าเสียง่ายแบบคุณภาพลดลงตามเวลาจะไม่ทราบวันหมดอายุที่แน่นอนสินค้าจะเสื่อมสภาพลงตามเวลาที่เพิ่มขึ้น เช่น ผักและผลไม้สด (Goval and Giri, 2001) แบ่งตามความต้องการ ความต้องการเป็นแบบทราบค่าแน่นอนหรือมีการแจกแจงความน่าจะเป็น (Deterministic or Probabilistic demand) สินค้าประเภทเดียวหรือหลายประเภท (Single or Multiple products) การจัดเก็บสินค้าคงคลังเป็นแบบจัดเก็บเพียงระดับเดียวหรือหลายระดับ (Single or Multiple Echelons) การสั่งซื้อสินค้าเป็นแบบสั่งซื้อทีละประเภทอย่างเป็นอิสระต่อกันหรือพร้อมกัน (Independent or Joint ordering) จากความหลากหลายของการจัดการสินค้าคงคลังข้างต้น ทำให้มีผู้เสนองานวิจัยในด้านนี้ไว้มากมาย ดังนั้นการศึกษานี้จะศึกษาเฉพาะผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับขอบเขตของการวิจัยเท่านั้น

Schmidt and Nahmias (1985) ได้พิจารณาตัวแบบสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่ายที่สินค้ากำหนดวันหมดอายุและมีช่วงเวลารอคอยสินค้า ผู้ที่การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแบบสินค้าคงคลังแบบพิจารณาต่อเนื่องภายใต้นโยบาย (Continuous review) ที่มีอายุสินค้าจำกัด ได้แก่ Nandakumar and Morton (1993), Chiu (1995) และ Chen and Teng (2014)

แบบจำลองเดิมถูกขยายเพิ่มเติมโดยนำต้นทุนสินค้าหมดอายุ (Outdating costs) มาพิจารณาด้วยการประมาณการหมดอายุจากขนาดการสั่งซื้อสินค้า Chiu (1995, 1999) ที่ได้รับจากนโยบายการสั่งซื่อที่เหมาะสมและช่วงเวลาที่ต้องสั่งซื้อสินค้าล่วงหน้าก่อนที่จะได้รับสินค้าไม่เท่ากับศูนย์หรือมีเวลารอคอยสินค้า เพื่อลดต้นทุนเฉลี่ยรวม (Total Expected Average Cost) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาเพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมและพฤติกรรมของฟังก์ชันต้นทุนเฉลี่ยที่ประกอบด้วยต้นทุนการสั่งซื้อ ต้นทุนการเก็บรักษาสินค้า และต้นทุนสินค้าหมดอายุหรือเสื่อมสภาพ เป็นการวิเคราะห์และแสดงผลเชิงคอนเวกซ์ในปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม

ต่อมา Tekin et al. (2001) ได้พัฒนานโยบายตัวแบบสินค้าคงคลัง (Q,r) ที่มีช่วงเวลานำ

Fries (1975) ได้พัฒนานโยบายสำหรับสินค้าประเภทเน่าเสียง่ายที่มีข้อจำกัดของอายุเป็นปัญหาช่วงเวลาที่จำกัด (Finite Horizon Problem) และความต้องการสินค้าเป็นแบบต่อเนื่องที่ปริมาณสินค้าหมดอายุในแต่ละช่วงเวลา โดยเฉพาะกรณีที่ไม่มีการค้างส่งสินค้า (No Backlogging) ที่การกระจายความต้องการและไม่แปรเปลี่ยนตามช่วงเวลา

Lian et al. (2009) ทำการศึกษาตัวแบบสินค้าคงคลังที่พิจารณาการทบทวนระดับสินค้าคงคลังตลอดเวลาที่กระบวนความต้องการแบบมาร์คอฟ (Markovian Renewal) เพื่อหานโยบายการสั่งซื้อที่เหมาะสม (Optimal Ordering Policy) โดยพิจารณาปัญหานโยบายการเติมเต็มสินค้าในสินค้าคงคลังสำหรับสินค้าชนิดเดียว โดยสมมุติให้สินค้ามีอายุการแจกแจงแบบเอ็กโปเนนเชียล (Exponential Distribution) ที่มีเวลานำเป็นศูนย์ สร้างแบบจำลอง Markovian renewal และผลที่ได้จากการวิเคราะห์ Expected recycle time ฟังก์ชันต้นทุนรวม

Van Donselaar and Broekmeulen (2012) การประมาณค่าที่คาดหวังปริมาณของเสีย (outdating) สินค้าประเภทเน่าเสียง่ายในระบบสินค้าคงคลังตัวแบบที่ใช้จะพิจารณาการทบทวนสินค้าคงคลังตามช่วงเวลา กำหนดให้ช่วงเวลานำไม่เท่ากับศูนย์และยกเลิกนโยบายวิธีเข้าก่อน-ออกก่อน (First In First Out) ความต้องการสินค้าเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete demand) และ ความต้องการแบบสโตคาสติค และได้ศึกษาการจัดเก็บสินค้าคงคลังเป็นแบบจัดเก็บเพียงระดับเดียว สินค้าประเภทเดียว (Single Echelon Single Product) ประเภทสินค้าเน่าเสียง่าย โดยสินค้าคงคลังจะไม่สามารถรองรับความต้องการได้ทันที การประมาณจะใช้ประเมินปริมาณการหมดอายุที่ลดลงโดยการเปลี่ยนสินค้าคงคลังเผื่อเก็บไว้ตามลักษณะของสินค้าและลักษณะของความต้องการ อันดับแรกการประมาณที่ได้จากการวิเคราะห์และการใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis) มาช่วยปรับปรุง

Duan and Liao (2013) ได้นำเสนอการจัดการการหาค่าที่ดีที่สุดด้วยแบบจำลองสถานการณ์สำหรับการจัดการสินค้าคงคลังในโซ่อุปทาน นโยบายการเติมเต็มสินค้าคงคลังแบบใหม่ (replenishment policy) พัฒนามาจากอัตราส่วนสินค้าคงคลังหรือ OIR policy (Old Inventory Ratio) เป็นนโยบายที่ใช้เพียงข้อมูลอายุบางส่วนที่วัดจากความใหม่ของสินค้าคงคลัง ประสิทธิภาพของนโยบายใหม่เป็นการประเมินรายละเอียดสำหรับ เกล็ดเลือด (Platelet) (ที่มีอายุจำกัดเพียง 5 วัน) เป็นสินค้าแบบผู้ผลิตรายเดียวและผู้ซื้อหลายรายในโซ่อุปทาน มีวัตถุประสงค์เพื่อลดอัตราการหมดอายุของสินค้าที่กำหนดให้ระดับสินค้าขาดแคลนที่ยอมรับได้สูงสุด วิธีการนี้ออกแบบเฉพาะสินค้าคงคลังของเกล็ดเลือด (PLTs) ใช้วิธีการการหาคำตอบที่เหมาะสมด้วยวิธีเมตาฮิวริสติกที่กำหนดให้ค่าคาดหวังของระบบอัตราการหมดอายุน้อยที่สุดและมีข้อจำกัดของอัตราเติมเต็มสินค้า

Coelho and Laporte (2014) ได้วิเคราะห์การตัดสินใจร่วมที่เหมาะสม (Optimal joint decisions) สินค้าที่มีอายุไม่คงที่ลักษณะของปัญหาหลักคือการเติมเต็มสินค้าร่วมกันและการส่งสินค้าของสินค้าประเภทเน่าเสียง่ายใช้วิธีแก้ปัญหาแบบการแตกกิ่งและตัดระนาบ (Branch and Cut Algorithm)

Herbon, Levner and Cheng (2014) กล่าวว่าสินค้าประเภทเน่าเสียง่ายต้องคำนึงถึงอายุของสินค้าจึงควรกำหนดปริมาณให้เพียงพอขายในช่วงเวลาก่อนที่สินค้าจะเน่าเสีย เพราะเป็นสินค้าที่เสี่ยงต่อการเน่าเสียง่ายและมีอายุสินค้าที่สั้น ถ้าปริมาณสั่งซื้อที่มากเกินความต้องการก็ต้องทิ้งไปก่อให้เกิดความสูญเสียหรือมีกำไรลดลง แต่ถ้ากำหนดปริมาณไว้ต่ำกว่าความต้องการก็จะทำให้สูญเสียโอกาสในการขายและความต้องการสินค้าที่เกิดขึ้นในสถานการณ์จริงส่วนมากเป็นความต้องการแบบไม่แน่นอนซึ่งเราไม่สามารถรู้ล่วงหน้าได้ ทำให้การวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อมีความยุ่งยาก ดังนั้นการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อที่ดีและเหมาะสมจะช่วยลดต้นทุนรวมให้มีค่าต่ำสุดและลดปัญหาสินค้าขาดแคลนอีกทั้งลดปริมาณของเสียเมื่อสินค้าหมดอายุ

ดังนั้นในการกำหนดนโยบายด้านสินค้าคงคลัง นอกจากจะจำเป็นต้องคำนึงถึงวิธีการที่เหมาะสมสำหรับสถานการณ์แล้วยังต้องคำนึงถึงผลดีผลเสียในด้านต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นด้วย สำหรับการสร้างแบบจำลองในงานวิจัยที่ผ่านมามีทั้งการใช้ตัวแบบสินค้าคงคลังหรือตัวแบบทางคณิตศาสตร์อื่น ๆ หรือการใช้ฮิวริสติกส์ (Heuristics) ในการจัดการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อซึ่งตัวแบบทางด้านสินค้าคงคลังที่ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยที่ผ่านมามีทั้งระบบทบทวนต่อเนื่องและทบทวนตามระยะเวลาขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในสถานการณ์ปัญหาในงานวิจัยนั้น ๆ

ตารางที่ 2.1 การเลือกแบบจำลองสินค้าคงคลังที่เหมาะสม

คำอธิบาย	**ลักษณะของตัวแบบสินค้าคงคลัง**
1.ชนิดของสินค้า (Number of products)	• ประเภทเดียว (Single product) หลายประเภท (Multiple products)
2. ลักษณะความต้องการ (Nature of demand)	• ทราบค่าแน่นอน (Deterministic demand) แจกแจงความน่าจะเป็น (Probabilistic demand)
3. ช่วงเวลานำ (Lead time)	• คงที่ (Constant) แจกแจงความน่าจะเป็น (Probabilistic)

ตารางที่ 2.1 การเลือกแบบจำลองสินค้าคงคลังที่เหมาะสม (ต่อ)

คำอธิบาย	ลักษณะของตัวแบบสินค้าคงคลัง
4. พิจารณาสินค้าขาดมือ (Shortages)	ไม่พิจารณา (None) • พิจารณา (All orders or Lost orders)
5. ลักษณะของการตรวจนับสินค้าคงคลัง (Review time) หรือ นโยบายการจัดการ (Management policy)	• การพิจารณาระดับสินค้าคงอย่างต่อเนื่อง (Continuous review) การพิจารณาระดับสินค้าคงคลังตามช่วงเวลา (Periodic review)
6. ระยะเวลาวางแผน (Planning horizon)	• คาบเวลาเดียว (Single period) หลายคาบเวลา (Infinite)
7. อายุสินค้า	คุณภาพลดลงตามเวลา (Random lifetime) • กำหนดวันหมดอายุ (Fixed lifetime)

จากการศึกษาทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น สรุปได้ว่าการศึกษานี้จะศึกษาระบบสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่าย ตัวแบบสินค้าคงคลังแบบพิจารณาต่อเนื่องภายใต้นโยบาย (Q, r) สินค้าชนิดเดียว กรณีที่ความต้องการสินค้าทราบค่าแน่นอนมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ มีช่วงเวลานำและช่วงเวลานำต้องน้อยกว่าอายุของสินค้า

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (Variable Neighborhood Search: VNS) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระพีพันธ์ ปิตาคะโส (2554) กล่าวว่าเมตาฮิวริสติกเป็นลำดับวิธีในการหาคำตอบที่ดีภายในระยะเวลาจำกัดเป็นวิธีการค้นหาคำตอบจากคำตอบที่เป็นไปได้ (Feasible solution) ในพื้นที่คำตอบที่เป็นไปได้จะมีคำตอบหนึ่งที่เป็นคำตอบที่มีค่าดีที่สุด เรียกว่า คำตอบที่ดีที่สุดในพื้นที่คำตอบที่เป็นไปได้ (Global optimum) นอกจากนี้หากพื้นที่คำตอบที่มีคำตอบที่เป็นไปได้มีเนื้อที่ใหญ่มาก หรือมีจำนวนคำตอบที่เป็นไปได้มากก็อาจจะมีการแยกย่อยพื้นที่ออกเป็นพื้นที่เล็ก ๆ และคำตอบที่ดีที่สุดในแต่ละพื้นที่ที่ถูกแบ่งนั้น จะเรียกว่าคำตอบที่ดีที่สุดในพื้นที่ย่อย (Local optimum) ซึ่งวิธีการ

ค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดในพื้นที่ที่ถูกแยกย่อยนั้นจะเรียกว่า การค้นหาหรือปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่ (Local Search: LS)

วิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน(Variable Neighborhood Search: VNS) เป็นวิธีการรูปแบบหนึ่งในสาขาเมตาฮิวริสติก ถูกนำเสนอครั้งแรก ในปี 1997 โดย Pierre Hansen และ Mladenovic Nenad เป็นวิธีการที่สามารถใช้ในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดได้สำหรับหลายปัญหา และการออกแบบรวมถึงการประยุกต์ใช้วิธีการทางฮิวริสติกส์ สำหรับปัญหาที่มีความหลากหลายทางด้านตัวแปร ข้อกำหนด ปัญหาต่างๆ ที่ซับซ้อน การค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผันถูกพัฒนาจากการปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่ กลยุทธ์ที่สำคัญของวิธีนี้คือ ทำให้คำตอบเฉพาะที่หลีกเลี่ยงไม่ให้คำตอบไปติดที่ค่าคำตอบที่ดีที่สุดในย่านคำตอบใกล้เคียง โดย VNS จะอาศัยการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างการปรับปรุงคำตอบในย่านใกล้เคียง (Neighborhood Structure: NS_n) ถ้าคำตอบใหม่ที่ค้นพบมีคุณภาพแย่กว่าคำตอบเดิมหรือว่าค่าคำตอบไปติดอยู่ที่คำตอบที่ดีที่สุดเฉพาะที่ โดยการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผันจะทำซ้ำจนกว่าจะถึงเงื่อนไขหยุดการค้นหาหรือเกณฑ์การหยุดค้นหาตามที่ผู้วิจัยได้ออกแบบไว้ จากลักษณะของพื้นที่ในการหาค้นหาคำตอบ แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างการปรับปรุงคำตอบย่านคำตอบใกล้เคียงสามารถเพิ่มโอกาสในการพบค่าคำตอบที่ดีมากกว่าการทำการปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างการปรับปรุงคำตอบย่านคำตอบใกล้เคียง การค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผันเป็นวิธีที่เป็นเหตุเป็นผลจึงถูกนำมาใช้แก้ปัญหาเชิงการจัดอย่างแพร่หลาย เนื่องจากที่โครงสร้างการทำงานที่สามารถทำความเข้าใจง่ายและไม่ซับซ้อนจนเกินไปอีกทั้งค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการมีจำนวนน้อย

Hansen and Mladenovic (2001) ได้ทำการสรุปทฤษฎีของวิธีสำรวจตัวแปรข้างเคียงและการประยุกต์วิธีสำรวจตัวแปรข้างเคียงในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อแก้ปัญหาในรูปแบบที่แตกต่างกัน กล่าวว่า VSN เป็น Search Algorithm อีกกลุ่มหนึ่งที่ถูกพัฒนาขึ้น เหมาะสำหรับปัญหาที่มีขนาดใหญ่มีแนวคิดในการพัฒนาคำตอบให้ดีขึ้นโดยพยายามที่จะออกจากช่วงคำตอบที่มีอยู่ในปัจจุบันเพื่อหาคำตอบใหม่ในช่วงอื่น ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนในการพัฒนาคำตอบ 4 ขั้นตอน คือ

1) การกำหนดกรอบการค้นหา (Neighborhood Domain)

2) การสุ่มเพื่อเลือกคำตอบที่จะทำการพัฒนา (Shaking)

3) การหาคำตอบในช่วงใกล้เคียง (Local Search)

4) เปรียบเทียบผลที่ได้ ระหว่างคำตอบเดิมและคำตอบใหม่ หากคำตอบที่ได้มีการพัฒนาให้เลือกคำตอบใหม่ที่หาได้แล้วทำการค้นหาโดยใช้โครงสร้างการปรับปรุงคำตอบในย่านใกล้เคียง (Neighborhood Structure) เดิม หากคำตอบที่ได้ไม่ดีขึ้นให้เพิ่มลำดับ Neighborhood Structure ขึ้นแล้ววนซ้ำจากตอนที่ 2 จนได้ลำดับของ Neighborhood Structure เท่ากับกรอบการค้นหาที่กำหนดไว้จึงหยุดการค้นหา

ซึ่งวิธีการสำรวจคำตอบใกล้เคียงนั้นเป็นวิธีการพัฒนาคำตอบที่ดีวิธีหนึ่ง แต่ไม่มีทฤษฎีที่แน่นอนว่า การออกแบบการค้นหาตำแหน่งที่ต้องการปรับเปลี่ยนนั้นเป็นอย่างไรและวิธีการที่จะสร้างคำตอบใหม่จากตำแหน่งนั้น ๆ ดังนั้นการประยุกต์นำวิธีนี้มาทำการปรับปรุงคำตอบโดยการนำพื้นฐานการสร้างจุดที่ค้นหาคำตอบและการปรับปรุงจึงได้ทำการออกแบบทำการสร้างและการปรับปรุงคำตอบใกล้เคียง

นักวิจัยจึงนิยมนำวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (Variable Neighborhood Search: VNS) มาปรับปรุงโครงสร้างการปรับปรุงคำตอบในย่านใกล้เคียง (Neighborhood Structure: NS_n) ด้วยรูปแบบที่หลากหลายแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบ แต่อย่างไรก็ตามการปรับปรุง NS นี้ก็ทำให้กระบวนการทำงานของวิธีค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS) มีความซับซ้อนเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เวลาในการค้นหาคำตอบก็จะเพิ่มขึ้น ขั้นตอนทางคอมพิวเตอร์ของวิธีค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS) ที่คิดค้นโดย Pierre Hansen และ Mladenovic Nenad แสดงดังรูปที่ 2.5

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์

ขั้นตอนที่ 2 ทำการเลือกเซตของโครงสร้างการปรับปรุงคำตอบย่านคำตอบใกล้เคียง (Neighborhood Structures: $NS_n(Q)$) ; $n = 1,\ldots, n_{max}$

ขั้นตอนที่ 3 จากนั้นกำหนดค่าคำตอบเริ่มต้น Q และเลือกเงื่อนไขของการหยุดค้นหา

ทำซ้ำขั้นตอนต่อไปนี้จนกระทั่งเงื่อนไขของการหยุดค้นหาเป็นจริง

- กำหนดให้ $i = 1$
- ดำเนินการค้นหาตามขั้นตอนต่อไปนี้จนกว่าค่า $i = i_{max}$

ขั้นตอนที่ 4 Shaking สร้างจุด Q' ขึ้นมาอย่างสุ่มจากโครงสร้างการปรับปรุงคำตอบย่านคำตอบใกล้เคียง ลำดับที่ n ของ Q $(Q' \in NS_n(Q))$

รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการทำงานของวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS) (Mladenovic et al., 2008)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขั้นตอนที่ 5 Local Search เลือกวิธีการค้นหาเฉพาะที่เพื่อใช้ในการค้นหาค่าที่เหมาะสมเฉพาะที่ (Local optimum) Q'' โดยถือว่า Q' คือค่าเริ่มต้นของการค้นหา

ขั้นตอนที่ 6 Neighborhood Changes เปรียบเทียบผลที่ได้

ถ้าหากค่าเหมาะสมเฉพาะที่ Q'' ที่ทำการค้นหามาได้

นำไปแทนลงในฟังก์ชันวัตถุประสงค์แล้วทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีการพัฒนา เมื่อเทียบกับการแทน Q ลงไป เช่น ต้องการหาค่า Q ที่ทำให้ $f(Q)$ มีค่าเข้าใกล้ศูนย์มากที่สุด

ดังนั้น ถ้าหาก $f(Q'') < f(Q)$ จะทำการสลับค่าให้ $Q \leftarrow Q''$ และดำเนินการค้นหาค่าเหมาะสมที่สุดต่อไปในย่านคำตอบย่านเดิม $NS_n(Q)$ แต่ถ้าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ไม่มีการพัฒนาขึ้น จะทำการเปลี่ยนโครงสร้างการปรับปรุงคำตอบย่านคำตอบใกล้เคียงในการค้นหาคำตอบโดยทำการเพิ่มค่าของ n โดย $n = n + 1$ และกลับไปสู่ขั้นตอนที่ 4 อีกครั้ง

รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการทำงานของวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS) (ต่อ) (Mladenovic et al., 2008)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากรูปที่ 2.5 แสดงขั้นตอนการทำงานของวิธีกระบวนการวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS) Mladenovic et al. (2008) กล่าวว่ากระบวนการวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (Variable Neighborhood Search: VNS) ได้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้ในหลาย ๆ รูปแบบไม่ว่าจะเป็นปัญหาที่มีลักษณะคำตอบเป็นแบบต่อเนื่องหรือไม่ต่อเนื่องและยังสามารถนำไปใช้สำหรับการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้น (Linear program) ปัญหาโปรแกรมไม่เชิงเส้น (Nonlinear program) ปัญหาโปรแกรมแบบผสมจำนวนจริง (Mixed integer programs) ปัญหาโปรแกรมแบบจำนวนเต็ม (Integer program) เป็นต้น และภายในกระบวนการวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS) สิ่งที่ต้องกำหนดขึ้นมาก่อนที่จะเริ่มกระบวนการประกอบไปด้วย

(1) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ต้องการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด

(2) NS_n หมายถึง รูปแบบโครงสร้างคำตอบในย่านใกล้เคียง เมื่อ n คือ จำนวนรูปแบบของโครงสร้างคำตอบในย่านใกล้เคียงที่เป็นไปได้ $n = 1,..., n_{max}$ จะถูกสร้างขึ้นโดยผู้วิจัยเพื่อนำมาในการค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุด โดยรูปแบบหรือจำนวนโครงสร้างคำตอบในย่านใกล้เคียงจะขึ้นอยู่กับผู้วิจัยเป็นผู้กำหนดแต่โดยมากแล้วอาจใช้เพียงหนึ่งรูปแบบเท่านั้น ในการกำหนดโครงสร้างคำตอบในย่านใกล้เคียงสำหรับการค้นหาคำตอบ นั่นคือ $n_{max} = 1$

(3) ค่าเริ่มต้นของการค้นหา Q ซึ่งอาจได้มาจากเลขสุ่มที่สร้างขึ้นโดยมีการแจกแจงแบบต่างๆ หรือสร้างมาจากวิธีการอื่นซึ่งจะมีความเหมาะสมต่างกันไปแล้วแต่สถานการณ์

เงื่อนไขของการหยุดค้นหาจะขึ้นอยู่กับผู้วิจัยเป็นผู้กำหนด อาจเป็นระยะเวลาที่มากที่สุดในการค้นหาที่ยอมรับได้หรือจำนวนรอบของการค้นหาที่มากที่สุดที่ยอมรับได้ เป็นต้น

(4) วิธีการค้นหาคำตอบเฉพาะที่ซึ่งจะนำมาใช้ในขั้นตอน Local Search ขั้นตอนนี้จะเป็นการค้นหาคำตอบเฉพาะที่ (Local Search: LS) เป็นวิธีการหาค่าคำตอบที่ดีที่สุดโดยอาศัยหลักการประมาณวิธีหนึ่ง ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับปัญหาที่มีขนาดใหญ่และความซับซ้อนสูงที่ปกติไม่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ในระยะเวลาอันสั้น ข้อดีคือมีความซับซ้อนไม่มากนัก อีกทั้งสามารถแก้ปัญหาขนาดใหญ่ที่ซับซ้อนได้ในเวลาไม่นาน แต่ข้อเสียคือผลลัพธ์ที่มักจะไปติดที่ค่าคำตอบที่ดีที่สุดในย่านคำตอบใกล้เคียง การปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่นี้ดำเนินการได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับประเภทของปัญหาที่จะแก้ไข เช่นการสลับตำแหน่ง (SWAP) การสลับสองตำแหน่ง (2-opt) การย้ายลำดับลูกค้าหนึ่งรายระหว่างเส้นทาง (One move operator) เป็นต้นกระบวนการ LS มีหลายรูปแบบ แต่จะยกตัวอย่างรูปแบบที่ถูกนำไปใช้งานในงานวิจัยนี้ คือวิธีค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำ (Iterated Local Search: ILS)

วิธีการค้นหาคำตอบเฉพาะที่แบบวนซ้ำเป็นเมตาฮิวริสติกที่พัฒนามาจากวิธีการปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่พื้นฐาน (Basic Local Search: BLS) โดยที่แนวคิดของวิธีการปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่พื้นฐานคือค้นหาจุดที่ดีที่สุดในพื้นที่หนึ่งที่จำกัดในพื้นที่ที่เป็นไปได้วิธีการค้นหาคำตอบเฉพาะที่แบบวนซ้ำนำข้อดีของวิธีการปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่พื้นฐาน มาใช้คือหาคำตอบที่ดีที่สุดในแต่ละพื้นที่หลังจากนั้นจะรบกวนคำตอบ (Perturbation) เพื่อให้ออกจากพื้นที่เดิม (Escape) แล้วค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดในพื้นที่ใหม่จากหลักการพื้นฐานดังกล่าว การประยุกต์ใช้วิธีการค้นหาคำตอบเฉพาะที่แบบวนซ้ำจะขึ้นอยู่กับ 2 ประการหลัก คือคุณภาพของการปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่ (Local Search) และเทคนิคการรบกวนคำตอบ (Perturbation techniques) (ระพีพันธ์ ปิตาคะโส, 2554) หลักการทั่วไปของวิธีค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำ (ILS) ประกอบด้วยขั้นตอนหลักดังรูปที่ 2.6

Procedure *Iterated Local Search*

X_0 = GenerateInitialSolution

X^* = LocalSearch (X_0)

repeat

X' = Perturbation ($X^*, history$)

$X^{*\prime}$= LocalSearch (X')

X^* = AcceptanceCriterion ($X^*, X^{*\prime}, history$)

until termination condition met

end

รูปที่ 2.6 รหัสเทียมของ ILS (Grosso et al., 2009)

โดยประกอบด้วย 2 กระบวนการหลักคือ LocalSearch() และ Perturbation() โดย LocalSearch() จะเน้นการค้นหาที่พยายามหลีกเลี่ยงจุดใกล้เคียง ส่วน Perturbation() เป็นการหาคำตอบเพื่อหลีกเลี่ยงการตกหลุมการค้นหาคำตอบเฉพาะที่ (Local optimal) วิธีค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำ (ILS) ซึ่งแบ่งเป็น 3 ระยะคือ ระยะแรกเป็นการสร้างคำตอบเริ่มต้น (X_0) สำหรับระยะที่สองนั้นคำตอบที่ได้จากระยะแรกจะถูกปรับปรุงด้วยวิธีการค้นหา ส่วนในระยะที่สาม จะนำคำตอบที่ได้จากระยะที่สองมาทำการรบกวนคำตอบ (Perturbation) เพื่อให้ออกจากพื้นที่เดิมแล้วทำการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดในพื้นที่ใหม่

การหาจุดต่ำสุดใกล้เคียง Local optimal point และจะถูกใช้พิจารณาในการหาความนูนของฟังก์ชัน Convex function ในการหาค่าความเหมาะสมที่สุดโดยเฉพาะการหาจุดเหมาะสมวงกว้าง Global optimization

Toksari and Guner (2007) นำเสนอวิธีการแก้ไขปัญหาการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดแบบไม่มีเงื่อนไข ซึ่งเป็นปัญหาที่จะต้องหาค่าตัวแปรที่เป็นจำนวนจริงเพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด (Unconstrained optimization problem) เพื่อหาค่าที่ดีที่สุดของสมการ โดยการกำหนดรูปแบบของโครงสร้างของย่านใกล้เคียง 2 รูปแบบ คือ NS_1 The random directions และ NS_2 The decreasing jump วิธีการสำรวจตัวแปรข้างเคียงเป็นวิธีการที่ดีและมีประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับเมตาฮิวริสติกอื่น โดยพบว่าเมื่อนำวิธีสำรวจตัวแปรข้างเคียงชนิดลดระดับและวิธีการสำรวจตัวแปรข้างเคียงไปแก้ไขปัญหาเทียบกับวิธีควบคุมการค้นหาแบบสุ่ม (Controlled Random Search) วิธีการจำลองการอบ

เหนียว (Multi-Level Single Linkage Simulated Annealing) วิธีการจำลองการอบเหนียวชนิดสโตคาสติคดิฟเฟเรนเทียล (Simulated Annealing Based on Stochastic Differential Equations) และวิธีการค้นหาแบบทาบู (Tabu Search)

Xu et al. (2003) ได้ศึกษาและแก้ปัญหาปัญหาการรับและส่งสินค้าด้วยรถหลายคันด้วยมีการส่งสินค้าภายในกรอบเวลา (Time Windows) และพัฒนาวิธีการหาคำตอบย่านใกล้เคียง โดยเบื้องต้นใช้วิธีแบบประหยัด (Saving Algorithm) ในการสร้างเส้นทางในแต่ละวันและปรับปรุงเส้นทางโดยการกำหนดรูปแบบของโครงสร้างของย่านใกล้เคียง ด้วยวิธี 2-Opt และ 3-Opt และเปรียบเทียบกับปัญหา 3 ขนาดคือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ เพื่อหาเส้นทางในระยะเวลาสั้น

Lewis and Torczon (2000) ทำการศึกษาการนำวิธีค้นหาโดยตรง (Direct Search) เพื่อการแก้ปัญหาค่าต่ำสุดแบบไม่มีเงื่อนไข (Unconstrained minimization problems) พบว่าวิธีการค้นหาโดยตรงสามารถใช้หาคำตอบสำหรับปัญหาที่เป็นฮิวริสติกส์และเหมาะสมกับการนำมาใช้แก้ปัญหาที่ไม่มีขอบเขต โดยกระบวนการสามารถลู่เข้าหาคำตอบที่เหมาะสมได้และเนื่องจากวิธีนี้เป็นวิธีที่นำมาใช้ได้ง่าย กล่าวคือไม่ต้องใช้อนุพันธ์ของปัญหาในกระบวนการหาคำตอบอีกทั้งยังมีความยืดหยุ่นและเชื่อถือได้จึงเป็นที่นิยมใช้

วิธีการหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS) นั้นเป็นวิธีการพัฒนาคำตอบที่ดีวิธีหนึ่ง แต่ไม่มีทฤษฎีที่แน่นอนว่าการออกแบบการค้นหาตำแหน่งที่ต้องการปรับเปลี่ยนนั้นเป็นอย่างไรและวิธีการที่จะสร้างคำตอบใหม่จากตำแหน่งนั้น ๆ

ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอโปรแกรมประยุกต์โดยใช้หลักการวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน โดยนำพื้นฐานการสร้างจุดที่ค้นหาคำตอบและการปรับปรุงการออกแบบการสร้าง เพื่อแก้ปัญหาการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่ายแบบกำหนดวันหมดอายุสินค้าชนิดเดียว ตัวแบบสินค้าคงคลังแบบพิจารณาต่อเนื่องภายใต้นโยบาย (Q, r) โดยได้นำวิธีการค้นหาแบบ Line search มาเป็นรูปแบบโครงสร้างคำตอบในย่านใกล้เคียง โดยการเขียนโปรแกรมบน Matlab เพื่อทดสอบกับปัญหา จากการทดสอบด้วยวิธีนี้เมื่อพิจารณาจากผลการคำนวณพบว่าวิธีการดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้ดี

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

รายละเอียดของขั้นตอนต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้

3.1.1 ศึกษาทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยจะศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับระบบของสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่าย โดยเน้นที่การพิจารณาตัวแบบสินค้าคงคลังแบบต่าง ๆ

3.1.2 รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ และเก็บข้อมูลจากกรณีศึกษาเพื่อนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แทนระบบของปัญหา ด้วยตัวแบบสินค้าคงคลังแบบพิจารณาต่อเนื่องภายใต้นโยบาย (Q,r)

3.1.3 กำหนดวัตถุประสงค์ของการทำวิจัยซึ่งก็คือการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของระบบสินค้าคลังประเภทเน่าเสียง่าย

3.1.4 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมสำหรับสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่าย

3.1.5 เพื่อหาวิธีการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมสำหรับสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่าย ด้วยวิธีการค้นหาคำตอบในย่านใกล้เคียงแบบแปรผัน (Variable Neighborhood Search: VNS)

3.1.6 หาผลลัพธ์ของปัญหาโดยใช้โปรแกรมที่พัฒนา

3.1.7 วิเคราะห์และสรุปผล

3.1.8 จัดทำเล่มวิทยานิพนธ์

3.2 สมมติฐาน และขอบเขตงานวิจัย

ในการศึกษาเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม โดยจะเริ่มต้นด้วยการกำหนดแบบจำลองสินค้าคงคลังแบบพิจารณาต่อเนื่องภายใต้นโยบาย (Q,r) เพื่อปรับไปสู่สมมติฐานของงานวิจัยที่สอดคล้องกับระบบสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่ายและในงานวิจัยนี้ได้นำแนวคิดจากบทความของ Pavee (2012) ที่เสนอวิธีการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมประเภทเน่าเสียง่ายที่มีรูปแบบการจัดการสินค้าคงคลังที่มีลักษณะพิเศษเพิ่มเติมขึ้นมาเนื่องจากว่าเป็นสินค้าที่มีอายุสั้น โดยใช้แบบจำลองสินค้าคงคลังแบบพิจารณาต่อเนื่องภายใต้นโยบาย (Q,r) ในการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมและจุดสั่งซื้อใหม่ ซึ่งมีสมมติฐานดังนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.2.1 การพิจารณาระดับสินค้าคงคลังอย่างต่อเนื่อง (Continuous review) โดยกำหนดให้มีการสั่งซื้อเป็นจำนวน Q หน่วยสินค้า ($Q > 0$) เมื่อระดับสินค้าคงคลังลดลงจนถึงจุดของการสั่งซื้ออีกครั้ง (Reorder point) ที่กำหนดไว้ r หน่วยของสินค้า

3.2.2 สินค้าชนิดเดียวที่มีสินค้ากำหนดวันหมดอายุที่แน่นอนหมายถึงสินค้าไม่มีการเน่าเสียหรือเสื่อมสภาพตามระยะเวลาในการเก็บรักษา กำหนดให้อายุสินค้ามีระยะเวลาเป็น m วัน

3.2.3 มีช่วงเวลานำ (Lead time) มีหน่วยเวลา L วัน และมีระยะเวลาน้อยกว่าอายุสินค้า

3.2.4 ปริมาณความต้องการใช้ในช่วงเวลา t ใด ๆ และ t คือตัวแปรสุ่มที่มีค่าเป็นบวก (Non-negative random variable)

3.2.5 ไม่อนุญาตให้มีการขาดแคลนสินค้า

3.2.6 การหมุนเวียนสินค้าใช้หลักเข้าก่อน – ออกก่อน (First In First Out: FIFO)

3.2.7 ถ้าหากสินค้าไม่ถูกขายและหมดอายุก่อน การนำไปทิ้งจะถูกคิดเป็นต้นทุนสินค้าหมดอายุ (Outdating costs) มีมูลค่าเท่ากับ W บาทต่อหน่วยสินค้า

3.2.8 ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการมีสินค้าคงคลังและการรักษาสภาพให้สินค้าคงคลังนั้นอยู่ในรูปใช้งานได้คือต้นทุนในการเก็บรักษา (Holding costs) มีมูลค่าเท่ากับ h บาทต่อหน่วยเวลา

3.3 ตัวแปร และสัญลักษณ์

ตัวแบบสินค้าคงคลังแบบพิจารณาต่อเนื่องภายใต้นโยบาย (Q, r) สินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่ายที่มีข้อจำกัดของอายุสินค้าเป็นปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุด

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variables)

Q แทนปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม (หน่วยของสินค้า)

r แทนจุดสั่งซื้อใหม่ (หน่วยของสินค้า)

พารามิเตอร์นำเข้า (Input parameters) ดังนี้

D แทนอัตราความต้องการสินค้า (Demand) หน่วยสินค้าต่อปี

K แทนต้นทุนคงที่ในการสั่งซื้อ (Ordering costs) บาทต่อครั้ง

h แทนต้นทุนในการเก็บรักษา (Holding costs) บาทต่อหน่วยเวลา

W แทนต้นทุนสินค้าหมดอายุ (Outdating costs) บาทต่อหน่วยสินค้า

L แทนช่วงเวลานำหน่วยเวลา (Lead time) มีหน่วยเป็นวัน

μ_X แทนค่าเฉลี่ยความต้องการของสินค้า (หน่วยของสินค้า) ระหว่างช่วงเวลานำ

σ_X^2 แทนความแปรปรวนของความต้องการคงคลัง

σ_X แทนความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความต้องการของสินค้าในช่วงเวลานำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตัวแปรสุ่ม (Random variables)

X แทนตัวแปรสุ่มเป็นค่าความต้องการที่เกิดระหว่างช่วงเวลานำ (Lead time)

3.4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model)

ในงานวิจัยนี้ได้มีการพิจารณาต้นทุนสินค้าหมดอายุเพิ่มเติม ทำให้ในงานวิจัยนี้สมการของค่าคาดหมายต้นทุนรวม (Total Expected Cost: EC) ประกอบด้วยต้นทุนการสั่งซื้อ (Ordering costs) ต้นทุนการเก็บรักษา (Holding costs) และต้นทุนสินค้าหมดอายุ (Outdating costs) จะเขียนได้ดังสมการ (3.1)

$$EC(Q,r) = E[Ordering\ Costs + Holding\ Costs + Outdating\ Costs] \tag{3.1}$$

จากสมมติฐานของงานวิจัย นโยบาย (Q,r) ก็คือเมื่อใดก็ตามที่ระดับสินค้าลดลงมาที่ระดับจุดสั่งซื้อ (Reorder point) ที่ r หน่วยของสินค้าต้องทำการสั่งซื้อสินค้าปริมาณ Q หน่วยสินค้า (Order quantity) เพราะว่าเราจะไม่ได้รับสินค้าทันทีเนื่องจากมีช่วงเวลาของการรอสินค้า (Lead time) เป็นระยะเวลา L วัน สำหรับแบบจำลองสินค้าคงคลังแบบพิจารณาต่อเนื่องภายใต้นโยบาย (Q,r) นี้ ค่าระดับความต้องการของสินค้าในระหว่างช่วงเวลานำมีการแจกแจงแบบปกติ (Normally distributed demand) ที่มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน μ_X และ σ_X^2 ตามลำดับ

ดังนั้นเราจะต้องทำการคำนวณหาค่า r หน่วยสินค้า โดยมีข้อสมมติฐานก็คือค่าเฉลี่ยของความต้องการใช้สินค้าระหว่างช่วงเวลานำ ให้แทนด้วย $E[X]$ ซึ่งเป็นค่าคาดหวังของตัวแปรสุ่ม X

$$\mu_X = E[X] = L \times E[D] = DL \tag{3.2}$$

$$\sigma_X^2 = Var[X] = L \times Var[D]$$

และ $\sigma_X = \sigma\sqrt{L}$ (3.3)

เมื่อกำหนดให้

$E[X]$ คือ ค่าเฉลี่ยของความต้องการที่เกิดระว่างช่วงเวลานำ

$E[D]$ คือ ค่าเฉลี่ยของความต้องการ

$Var[X]$ คือ ความแปรปรวนของความต้องการที่เกิดระว่างช่วงเวลานำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

$Var[D]$ คือ ความแปรปรวนของความต้องการ

กำหนดให้ $Pr\{X \geq r\}$ คือความน่าจะเป็นที่ความต้องการสินค้าในช่วงเวลานำไม่เกินกว่าสินค้าคงเหลือเพื่อความปลอดภัยที่มีอยู่ในมือ

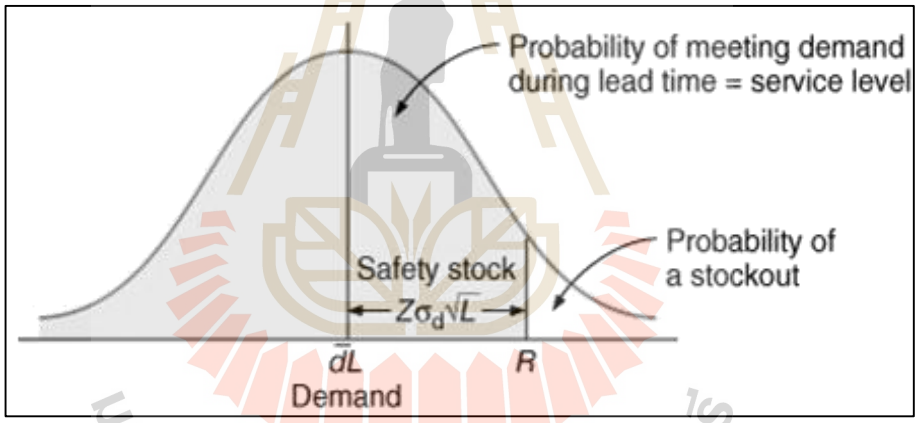
ดังนั้น $Pr\{X \geq r\} = q$ โดยที่ q คือ ความน่าจะเป็นที่สินค้าจะขาดแคลน แทนด้วย $Pr\{Z \geq k\} = q$

โดยที่ $Pr\{Z \geq k\} = q$ คือ ความน่าจะเป็นที่จะมีค่ามากกว่าค่าตัวคูณเผื่อเพื่อความปลอดภัย (k) ในฟังก์ชันการกระจายแบบปกติ

Stockout Probability คือความน่าจะเป็นที่สินค้าหมดในช่วงเวลารอสินค้า

จะได้ว่า การคำนวณค่าตัวคูณเผื่อ k (safety factor) ซึ่งสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$k = \frac{r-\mu_X}{\sigma_X}$$



รูปที่ 3.1 จุดสั่งซื้อใหม่สำหรับระดับการให้บริการ (Hillier และ Hillier, 2002)

การคำนวณหาค่าตัวคูณเผื่อ (Safety Factor: k)

ความน่าจะเป็นที่สินค้าจะขาดแคลน (Stockout probability: $P(SO)$) จากรูปที่ 3.1 จะได้ว่า

Service level (SL) = 1 - $P(SO)$

หาค่า k โดยการเปิดตาราง Normal distribution ที่ระดับ Service level เช่น

k = 0 => 50% no stock out probability

k = 1.28 => 90% no stock out probability

k = 1.645 => 95% no stock out probability

การสั่งซื้อสินค้ามีช่วงเวลานำ (Lead time) ดังนั้นถ้าช่วงเวลานำในการส่งสินค้าไม่นานอาจจะไม่ต้องมีการเตรียมสินค้าคงคลังสำรองไว้ในปริมาณมาก ในทางตรงกันข้ามถ้าช่วงเวลานำมีความไม่แน่นอนสูงมีโอกาสและความเสี่ยงที่สินค้าจะขาดแคลนสูง (Stockout probability) จึงจำเป็นต้องเตรียมสินค้าคงคลังไว้สูง

โดยจุดสั่งซื้อจะขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นของการแจกแจงความต้องการในช่วงเวลานำ ในอัตราความต้องการสินค้าคงคลังคงที่มีการกระจายของข้อมูลแบบปกติ

จากค่าตัวคูณเผื่อ k ที่คำนวณได้ นำไปคำนวณหาจุดสั่งซื้อใหม่

$$r = \mu_X + k\sigma_X$$

จากสมการ (3.2) และ (3.3) ดังนั้นจุดสั่งซื้อใหม่ (r) สามารถหาได้จาก สมการ (3.4) ดังนี้

จุดสั่งซื้อใหม่ = (อัตราความต้องการ × รอบเวลา) + สินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย

$$r = DL + k\sigma\sqrt{L} \tag{3.4}$$

จากสมการค่าคาดหมายต้นทุนรวมสามารถคำนวณต้นทุนการสั่งซื้อ ต้นทุนการเก็บรักษาและต้นทุนสินค้าหมดอายุ ได้ดังนี้

<u>ต้นทุนการสั่งซื้อ</u>

$$Ordering\ Cost = K(Number\ of\ cycles) = \frac{KD}{Q} \tag{3.5}$$

ค่าคาดหมายของระดับสินค้า

$$E[inventory\ Level] = \frac{1}{2}(Inventory\ Level\ at\ the\ Beginning\ of\ a\ Cycle + Inventory\ Level\ at\ the\ Beginning\ of\ a\ Cycle)$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การคำนวณระดับสินค้าคงคลังเริ่มต้น โดย

$$r = E[X] + Q \tag{3.6}$$

การคำนวณระดับสินค้าคงคลังสิ้นงวด โดย

$$r - E[X] \tag{3.7}$$

จากสมการที่ (3.6) และ (3.7) สามารถคำนวณความคาดหวังระดับสินค้าคงคลัง ดังนี้

$$E[Inventory\ Level] = \frac{1}{2}(r - E[X] + Q + r - E[X])$$

$$E[Inventory\ Level] = \frac{Q}{2} + r - E[X] \tag{3.8}$$

<u>ต้นทุนในการเก็บรักษา</u>

$$Expected\ Holding\ costs = h \times E[Inventory\ Level]$$

จากสมการที่ (3.8) ต้นทุนในการเก็บรักษาจะได้ว่า

$$Expected\ Holding\ costs = h\left\{\frac{Q}{2} + r - E[X]\right\}$$

จากสมการที่ (3.2) และ (3.4) ฟังก์ชันต้นทุนการเก็บรักษา สามารถเขียนได้ดังนี้

$$Expected\ Holding\ costs = h\left\{\frac{Q}{2} + k\sigma\sqrt{L}\right\} \tag{3.9}$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

<u>ต้นทุนสินค้าหมดอายุ</u>

$$Expected\ Outdating\ costs$$
$$= \int_0^{r+Q}(r+Q-d_{m+L})f_{m+L}(d_{m+L})dd_{m+L}$$
$$-\int_0^{r}(r-d_{m+L})f_{m+L}(d_{m+L})dd_{m+L} \quad (3.10)$$

$$Expected\ Outdating\ costs$$
$$= W\begin{bmatrix}\int_0^{r+Q}(r+Q-d_{m+L})f_{m+L}(d_{m+L})\mathrm{d}d_{m+L}\\ -\int_0^{r}(r-d_{m+L})f_{m+L}(d_{m+L})\mathrm{d}d_{m+L}\end{bmatrix} \quad (3.11)$$

จากสมการที่ (3.1), (3.5), (3.9) และ (3.11) ค่าคาดหมายต้นทุนรวม สามารถเขียนได้ ดังนี้

$$EC(Q) = \frac{KD}{Q} + h\left\{\frac{Q}{2} + k\sigma\sqrt{L}\right\}$$
$$+W\begin{bmatrix}\int_0^{r+Q}(r+Q-d_{m+L})f_{m+L}(d_{m+L})\mathrm{d}d_{m+L} -\\ \int_0^{r}(r-d_{m+L})f_{m+L}(d_{m+L})\mathrm{d}d_{m+L}\end{bmatrix} \quad (3.12)$$

จากสมการค่าคาดหมายต้นทุนรวมต้องการหาปริมาณการสั่งซื้อ Q ที่ทำให้สมการค่าคาดหมายต้นทุนรวม EC มีค่าน้อยที่สุด ดังนั้น จึงทำการหาอนุพันธ์ EC เทียบกับ Q

กฎการหาอนุพันธ์ของไลบ์นิตซ์ (Leibniz's rule) หา first derivative ของสมการที่ (3.12) จะได้

$$\frac{\partial EC(Q)}{\partial Q} = -\frac{KD}{Q^2} + \frac{h}{2} + W\left[\int_0^{r+Q} f_{m+L}(d_{m+L})\mathrm{d}d_{m+L}\right] \quad (3.13)$$

หา second derivative โดยใช้กฎของไลบ์นิตซ์ ของสมการที่ (3.13)

$$\frac{\partial^2 EC(Q)}{\partial Q^2} = \frac{2KD}{Q^3} + W\left[\int_0^{r+Q} f_{m+L}(r+Q)\mathrm{d}(r+Q)\right] \quad (3.14)$$

สมการที่ (3.14)

$\forall Q > 0$ โดยให้ $EC(Q)$ เป็นฟังก์ชันคอนเวกซ์ (Convex function)

จุดต่ำที่สุดของ $EC(Q)$ จะมีความชันเป็น 0 ซึ่งความชันจากการหาอนุพันธ์ของสมการ $EC(Q)$

หาค่า Q^* ที่ให้ Convex function ($EC(Q) = 0$)

$$\Phi(r + Q^*) = \frac{KD}{WQ^{*2}} - \frac{h}{2W}$$

หรือ $\Phi(r + Q^*) - \frac{KD}{WQ^{*2}} + \frac{h}{2W} = 0$ (3.15)

โดยที่ Φ เป็นฟังก์ชันแจกแจงสะสม (Cumulative distribution function) ของการแจกแจงปกติมาตรฐาน (Standard normal distribution)

สมการที่ (3.15) สมการเป้าหมายในการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุด (Q^*) ที่ทำให้คำตอบของผลรวมต้นทุนสินค้าคงคลังต่ำสุด หรือเป็นการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุด (Q^*) ที่ทำให้สมการ (3.15) มีค่าเท่ากับ 0

ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ)

$$Q^2 = \frac{2KD}{h} \quad (3.16)$$

ปริมาณการสั่งซื้อตัวแบบสินค้าคงคลังแบบพิจารณาต่อเนื่องภายใต้นโยบาย (Q, r)

$$Q^2 = \frac{2KD}{[2W\Phi(r+Q)+h]} \quad (3.17)$$

กำหนดให้ สมการที่ (3.16) ≥ (3.17)

$$\frac{2KD}{h} \geq \frac{2KD}{[2W\Phi(r+Q)+h]}$$

$$= \frac{1}{h} \geq \frac{1}{[2W\Phi(r+Q)+h]}$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

$= h \leq 2W\Phi(r+Q) + h$

ทราบแล้วว่า $2W\Phi(r+Q) \geq 0$ เพราะว่า $W \geq 0$ และ $0 \leq \Phi(r+Q) \leq 1$ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ตัวแบบปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด EOQ เป็นค่ามากสุดที่เป็นไปได้ของคำตอบ (Upper bound)

3.5 การประยุกต์ใช้วิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผันร่วมกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากวัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือการค้นหาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสมที่สุด (Q^*) ในสมการที่ (3.15) ซึ่งวัตถุประสงค์คือการหาค่า Q^* ที่ทำให้สมการที่ (3.15) มีค่าเท่ากับ 0 ซึ่งเป็นปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งปัญหานี้มีความคล้ายคลึงกับลักษณะทั่วไปของปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดประเภทต่อเนื่อง (Continuous optimization problem) นอกจากนี้การแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดประเภทต่อเนื่องสามารถดำเนินการแก้ไขปัญหาได้ด้วยฮิวริสติกส์ที่มีการค้นคว้าและพัฒนากันอย่างแพร่หลาย เช่นงานวิจัยของ Drazic et al. (2006), Toksari and Güner (2007) และ Mladenovic et al. (2008) จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยอื่น ๆ เพิ่มเติม Mladenovic and Hansen (1997) กล่าวว่าวิธีการค้นหาคำตอบแบบใกล้เคียงแบบแปรผัน (Variable Neighborhood Search: VNS) ซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถใช้ในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดได้สำหรับหลากหลายปัญหา ได้นำเสนอวิธีการสำรวจตัวแปรใกล้เคียงในการแก้ไขปัญหาและการออกแบบ รวมถึงการประยุกต์ใช้วิธีการทางฮิวริสติกส์สำหรับปัญหาที่มีความหลากหลายทางด้านตัวแปร ข้อกำหนดปัญหาต่างที่ซับซ้อน ด้วยแนวคิดวิธีการค้นหาคำตอบแบบใกล้เคียงแบบแปรผันคือการแทนที่โครงสร้างการปรับปรุงคำตอบย่านคำตอบใกล้เคียง (Neighborhood Structures: NS)

จากการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมผู้วิจัย พบว่าวิธีการค้นหาคำตอบแบบใกล้เคียงแบบแปรผันเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดอย่างเป็นระบบขณะที่มีการค้นหาคำตอบความเหมาะสมภายใต้คำตอบนั้น ๆ (Hansen et al., 2008) โดยขั้นตอนวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผันในงานวิจัยนี้มีขั้นตอนมีระเบียบวิธีการคือจะค้นหาค่าที่เหมาะสมที่ทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าคำตอบของเงื่อนไขที่กำหนดไว้ และในแต่ละขั้นของการกระทำซ้ำจะมีการคิดค้นขั้นตอนกระบวนการที่คำนึงถึงการลู่เข้าหาคำตอบและอัตราการลู่เข้าหาคำตอบ โดยการกำหนดโครงสร้างการปรับปรุงคำตอบย่านคำตอบใกล้เคียงและเงื่อนไขบังคับด้วยเหตุผลตามที่ผู้วิจัยกำหนดดังกล่าวผู้วิจัยจึงเลือกที่จะประยุกต์ใช้วิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวในปัญหาการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมนี้

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบขั้นตอนต่าง ๆ ของวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผันในการค้นหาคำตอบโดยประยุกต์ขั้นตอนจาก Mladenovic et al. (2008) ซึ่งมีทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างคำตอบเริ่มต้น

การสร้างคำตอบเริ่มต้น (Initial Solution) เมื่อค่าของปริมาณการสั่งซื้อ Q^* สร้างขึ้นอย่างสุ่มจากช่วง $[Q_L^*, Q_U^*]$ โดยช่วงของ Q^* ดังกล่าวที่จะใช้แตกต่างกันไปตามลักษณะของงานวิจัย ใช้ทำการสุ่มเลือกค่าของปริมาณการสั่งซื้อ Q^* และคำนวณค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $f(Q^*)$ จากสมการที่ (3.18) ของค่าเริ่มต้นของการค้นหา

ขั้นตอนที่ 2 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

ภายในกระบวนการวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS) สิ่งที่ต้องกำหนดในขั้นต้น ประกอบไปด้วย

2.1) พารามิเตอร์ที่ใช้ในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด

การกำหนดสัญลักษณ์ของค่าพารามิเตอร์ (Parameter setting) ต่าง ๆ เพื่อใช้ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สัญลักษณ์ของค่าพารามิเตอร์สำหรับฟังก์ชันวัตถุประสงค์

คำอธิบาย	**พารามิเตอร์**	**หน่วย**
ต้นทุนคงที่ในการสั่งซื้อ	K	บาทต่อครั้ง
ต้นทุนในการเก็บรักษา	h	บาทต่อหน่วยเวลา
ต้นทุนสินค้าหมดอายุ	W	บาทต่อหน่วยสินค้า
อัตราความต้องการสินค้า	D	หน่วยสินค้าต่อปี
ความแปรปรวนของความต้องการคงคลัง	σ^2	หน่วยสินค้า
ช่วงเวลานำ	L	หน่วยเวลา (วัน)
ความน่าจะเป็นที่สินค้าจะขาดแคลน	P_SO	
ค่าตัวคูณเผื่อ	k	
จุดสั่งซื้อใหม่	r	หน่วยสินค้า
ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุด (Optimal ordering quantity) (ด้วยวิธีการค้นหาคำตอบ VNS)	Q^*	หน่วยสินค้า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.2) การคำนวณเพื่อหาจุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder point: r)

จากแบบจำลองสินค้าคงคลังในงานวิจัยนี้ คือแบบจำลองสินค้าคงคลังแบบพิจารณาต่อเนื่องภายใต้นโยบาย (Q,r)

แบบจำลองสินค้าคงคลังแบบพิจารณาต่อเนื่องภายใต้นโยบาย (Q,r) คือเมื่อที่ระดับสินค้าลดลงมาถึงระดับ r หน่วยสินค้า ทางบริษัทจะต้องสั่งสินค้า Q หน่วยสินค้าทันที ในขั้นตอนที่ (2) จึงทำการคำนวณหาระดับจุดสั่งซื้อใหม่ r หน่วยสินค้าจากสมการที่ (3.4) ดังแสดงไว้ในหัวข้อที่ 3.2 ดังนี้

$$r = DL + k\sigma\sqrt{L}$$

2.3) การกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์สำหรับการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัยนี้ คือสมการที่ (3.15) ดังแสดงในหัวข้อที่ 3.3 โดยวัตถุประสงค์ของการหาคำตอบคือการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุด (Q^*) ที่ทำให้สมการวัตถุประสงค์มีค่าเท่ากับ 0

โดยที่สมการฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ใช้แทนค่า Q^* หน่วยสินค้า ในการหาคำตอบปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุด แสดงดังสมการ

$$f(Q^*) = \Phi(r + Q^*) - \frac{KD}{WQ^{*2}} + \frac{h}{2W} \qquad (3.18)$$

ขั้นตอนที่ 3 การกำหนดรูปแบบของโครงสร้างของคำตอบในย่านใกล้เคียง

กำหนดให้ NS_n หมายถึง รูปแบบโครงสร้างของย่านคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน เมื่อ n คือ จำนวนของรูปแบบของโครงสร้างของย่านคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผันที่เป็นไปได้ n = 1,…, n_{max} จะถูกสร้างโดยผู้วิจัยเพื่อนำมาในการค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุด สำหรับงานวิจัยนี้มีรูปแบบโครงสร้างการปรับปรุงคำตอบย่านคำตอบใกล้เคียง เพียงหนึ่งรูปแบบ คือ n_{max} = 1

การกำหนดโครงสร้างของย่านคำตอบใกล้เคียงโดยการประยุกต์ใช้วิธีการค้นหา Line Search (Toksari and Guner, 2007) ซึ่งขั้นตอนกระบวนการหาค่าเหมาะสมที่สุดสามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ขั้นตอนย่อย คือ 1) การหาทิศทางเพื่อการกำหนดทิศทางในการค้นหาจุดต่ำที่สุดหรือเหมาะสม ที่สุดตามเงื่อนไขที่กำหนด และ 2) ขนาดระยะทางที่เคลื่อนที่ในทิศทางนั้น ทันทีที่หาทิศทางเรียบร้อยแล้วจะทำการคำนวณหาระยะทางที่เคลื่อนที่ต่อไป

3.1) การหาทิศทางการเคลื่อนที่ (Search direction : d)

การกำหนดหาทิศทางของ Search direction ต้องอาศัยค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $f(Q)$ เป็นตัวกำหนดทิศทางการค้นหา โดยการแทนค่าปริมาณการสั่งซื้อภายในย่านคำตอบใกล้เคียงในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $f(Q)$ เพื่อกำหนดทิศทางให้ d มีค่าเป็น -1 เมื่อ $f(Q) \leq 0.5$ และ $Q > 0$ หรือมีค่าเป็น 1 เมื่อ $f(Q) \leq 0.5$ ดังแสดงในสมการด้านล่าง

$$d = \begin{cases} -1, & ; f(Q) > 0.5 \text{ และ } Q > 0 \\ 1, & ; f(Q) \leq 0.5 \end{cases}$$

3.2) ระยะทางที่เคลื่อนที่ (Step length : λ)

ในงานวิจัยได้กำหนดค่าเริ่มต้นระยะทางที่เคลื่อนที่ λ มีค่าเท่ากับ 1 (ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสมของขนาดของปัญหา) ถ้าหากค่าปริมาณการสั่งซื้อที่ได้จากกระบวนการวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน ทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์พัฒนาขึ้นจะยังคงใช้ค่า $\lambda = 1$

แต่ถ้าค่าปริมาณการสั่งซื้อที่ได้ไม่ทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีการพัฒนา จะลดค่า λ จาก 1 ลดลงไปที่ละ 0.01

วิธีการค้นหาแบบ Line Search เป็นการค้นหาโดยการทำการกระโดดจากจุดหนึ่ง Q^i ไปยังอีกจุดหนึ่ง Q^{i+1} ในทิศทางที่ทำให้ค่าของฟังก์ชันมีค่าเข้าใกล้ศูนย์มากขึ้น โดยมีความสัมพันธ์ของการกระโดดในแต่ละครั้งมีสมการเป็น

$$Q^{i+1} = Q^i + u^i \lambda^i d^i \text{ โดยที่ } i = 1,\dots,i_{max} \tag{3.19}$$

โดยที่ u^i คือตัวเลขสุ่มจะมีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม (Uniform distribution) ในช่วง (0, 1) ครั้งที่ i

d^i คือทิศทางการเคลื่อนที่หรือทิศทางการค้นหา (Search direction)

λ^i คือระยะทางที่เคลื่อนที่หรือรัศมีของย่านคำตอบในการทำซ้ำที่ i (Step size) ในทิศทางของ d^i

ขั้นตอนที่ 4 กำหนดเงื่อนไขของการหยุดค้นหา

กำหนดเงื่อนไขของการหยุดค้นหาคำตอบ ในที่นี้จะสิ้นสุดเมื่อกระบวนการดำเนินการค้นหาไปจบครบจำนวนรอบของการวนซ้ำ $i = 1,\dots, i_{max}$ โดยที่ i_{max} เท่ากับจำนวน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รอบสูงสุด หรือค่าปริมาณการสั่งซื้อที่ทำให้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในรอบ $i + 1$ มีค่าเท่ากับ 0 นั่นคือ $f(Q^*) = 0$

ขั้นตอนที่ 5 กำหนดให้ i คือจำนวนรอบของการค้นหา จะค้นหาตามขั้นตอนต่อไปนี้จนกว่าเงื่อนไขของการหยุดค้นหาจะเป็นจริง

5.1) กระบวนการ Shaking

ฟังก์ชัน Shaking มีเป้าหมายเพื่อปรับปรุงคำตอบเบื้องต้นโดยการใช้โครงสร้างการปรับปรุงคำตอบย่านคำตอบใกล้เคียงปัจจุบัน

สร้างคำตอบ Q_i' เพื่อให้เป็นค่าปริมาณการสั่งซื้อในย่านใกล้เคียงสำหรับ Q_i^* ขึ้นมาอย่างสุ่มจากโครงสร้างการปรับปรุงคำตอบย่านคำตอบใกล้เคียง (NS_1) รูปแบบการค้นหาแบบ Line search และคำนวณค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $f(Q_i')$ ดังแสดงในรูปที่ 3.2

5.2) การหาคำตอบในช่วงใกล้เคียง (Local Search)

ขั้นตอนนี้จะเป็นการการค้นหาคำตอบเฉพาะที่ โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีการค้นหาคำตอบเฉพาะที่แบบวนซ้ำ (ILS) กระบวนการทำงานของ ILS ได้แบ่งออกเป็น 3 ระยะคือระยะแรกเป็นการสร้างคำตอบเริ่มต้น ระยะที่สองเป็นการปรับปรุงคำตอบ และระยะที่สามเป็นการเลือกค่าคำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งที่ได้อธิบายหลักการและวิธีการไว้ในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.3 สำหรับการวิจัยนี้การหาคำตอบเริ่มต้นด้วยวิธีการ Shaking และทำการปรับปรุงคำตอบด้วยวิธี Local Search ด้วยวิธีการค้นหาคำตอบเฉพาะที่แบบวนซ้ำ (ILS) ก่อนที่จะเข้าการเลือกค่าคำตอบที่ดีของคำตอบเฉพาะที่

5.2.1) ระยะแรกสร้างคำตอบเริ่มต้นที่นำค่า Q_i' จากวิธีการ Shaking

5.2.2) สร้าง Q_i'' ขึ้นมาจากสมการที่ (3.20) ถ้า $f(Q_i')$ > 0.5 และ $Q > 0$ หรือสมการ (3.21) $f(Q_i') \leq 0.5$ เพื่อให้เป็นค่าในย่านคำตอบใกล้เคียงสำหรับ Q_i' และตัวเลขสุ่ม u มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มที่มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1, $u \sim U(0, 1)$

$$Q_i'' = Q_i' - u \qquad \text{ถ้า } f(Q_i') > 0.5 \text{ และ } Q > 0 \tag{3.20}$$

$$Q_i'' = Q_i' + u \qquad \text{ถ้า } f(Q_i') \leq 0.5 \tag{3.21}$$

โดยที่ $i = 1, \ldots, i_{max}$

5.2.3) การเลือกค่าคำตอบที่ดีที่สุด (Accept Solution) เมื่อได้คำตอบ (Q_i'') จากวิธีการ Local Search ในขั้นตอนนี้จะประเมินผลค่าปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมได้โดย

ถ้าหากค่าสัมบูรณ์ของ $|f(Q_i'')| < |f(Q_i')|$ จะทำให้ค่าเหมาะสมเฉพาะที่คือ Q_i''

แต่ถ้าค่าสัมบูรณ์ของ $|f(Q_i'')| > |f(Q_i')|$ จะกลับไปค้นหาใหม่ขั้นตอนที่ 5 จนกว่า $|f(Q_i'')| < |f(Q_i')|$ และสิ้นสุดขั้นตอน Local Search

ขั้นตอนที่ 6 เปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่างคำตอบเดิมและคำตอบใหม่ (Neighborhood Changes)

เมื่อได้คำตอบ (Q'') และ $(f(Q''))$ จากการค้นหาในขั้นตอนที่ 5 แล้วทำการเปรียบเทียบค่าคำตอบฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ระหว่างคำตอบใหม่ที่ได้จากการค้นหา Local Search $(f(Q''))$ และ ค่าคำตอบเริ่มต้น $(f(Q^*))$ ถ้าหากค่าคำตอบของค่าสัมบูรณ์ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $|f(Q'')| < |f(Q^*)|$ ก็จะแทนค่า Q'' เข้าไปใน Q^* และให้แทนที่ $Q^* \leftarrow Q''$ และทำการทำซ้ำกระบวนการวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผันใหม่อีกครั้ง โดย $i = i + 1$ และ $\lambda = 1$ แต่ถ้าค่าสัมบูรณ์ของ $|f(Q'')| > |f(Q^*)|$ จะให้ $\lambda = \lambda - 0.01$

ขั้นตอนการแก้ปัญหาโดยการประยุกต์ใช้การค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผันซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอน แสดงดังรูปที่ 3.2

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างคำตอบเริ่มต้น

กำหนดค่าคำตอบเริ่มต้น Q^* ด้วยวิธีการสุ่ม

ขั้นตอนที่ 2 การคำนวณฟังก์ชันวัตถุประสงค์

2.1) พารามิเตอร์ที่ใช้ในการหาคำตอบที่เหมาะสม

2.2) การคำนวณหาจุดสั่งซื้อใหม่

2.3) การคำนวณฟังก์ชันวัตถุประสงค์

ขั้นตอนที่ 3 การกำหนดรูปแบบของโครงสร้างของคำตอบในย่านใกล้เคียง (Neighborhood Structures: NS_n)

ทำการเลือกรูปแบบของโครงสร้างการปรับปรุงคำตอบย่านคำตอบใกล้เคียง (Neighborhood Structures: $NS_n(Q)$); $n = 1,\dots, n_{max}$

ในงานวิจัยนี้กำหนด NS_n โดย $n = 1$ รูปแบบ ด้วยโครงสร้างแบบ Line search

รูปที่ 3.2 ขั้นตอนของวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS)

ขั้นตอนที่ 4 เงื่อนไขของการหยุดค้นหา

- กำหนดให้จำนวนรอบเริ่มต้น $i = 1$
- ดำเนินการค้นหาตามขั้นตอนต่อไปนี้จนกว่า

ค่า $i = i_{max}$ (i_{max} = 1,000) หรือ $f(Q^*) = 0$

ทำซ้ำขั้นตอนต่อไปนี้จนกระทั่งเงื่อนไขของการหยุดค้นหาเป็นจริง

ขั้นตอนที่ 5

5.1) Shaking

สร้างจุด Q' ขึ้นมาอย่างสุ่มจากโครงสร้างการปรับปรุงคำตอบย่านคำตอบใกล้เคียง ลำดับที่ n ของ Q ($Q' \in NS_n(Q)$)

5.2) Local Search

เลือกวิธีการค้นหาเฉพาะที่เพื่อใช้ในการค้นหาค่าที่เหมาะสมเฉพาะที่ (Local optimum) รูปแบบที่ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ คือ วิธีค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำ (Iterated Local Search: ILS) Q'' โดยถือว่า Q' คือค่าเริ่มต้นของการค้นหา

5.3) Accept Solution เมื่อได้คำตอบ Q'' เปรียบเทียบผลที่ได้

โดย ถ้าหาก $f(Q'') < f(Q')$ จะทำให้ค่าเหมาะสมเฉพาะที่ คือ Q^*

แต่ถ้าค่าสัมบูรณ์ของ $f(Q'') > f(Q')$ จะกลับไปขั้นตอนที่ 5

ขั้นตอนที่ 6 Neighborhood Changes เปรียบเทียบผลที่ได้

ถ้าหากค่าเหมาะสมเฉพาะที่ Q'' ทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีการพัฒนาเมื่อเทียบกับการแทน Q^* ลงไป คือ ถ้าหาก $f(Q'') < f(Q^*)$ จะทำการสลับค่าให้ $Q^* \leftarrow Q''$ และดำเนินการค้นหาค่าเหมาะสมที่สุดต่อไปในย่านคำตอบย่านเดิม $NS_1(Q^*)$ แต่ถ้าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ไม่มีการพัฒนาขึ้น และทำการทำซ้ำกระบวนการวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผันใหม่อีกครั้ง โดยทำการเพิ่มค่าของ i โดย $i = i + 1$และกลับไปสู่ขั้นตอนที่ 5 อีกครั้ง

รูปที่ 3.2 ขั้นตอนของวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS) (ต่อ)

บทที่ 4
ผลการวิจัย

จากการวิธีการดำเนินการวิจัยที่กล่าวในบทที่ 3 แสดงขั้นตอนและอธิบายการประยุกต์ใช้วิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผันในการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดของสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่ายสำหรับกรณีสินค้าชนิดเดียว ตัวแบบสินค้าคงคลังแบบพิจารณาต่อเนื่องภายใต้นโยบาย (Q, r) ในบทนี้แสดงถึงตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผันในการหาคำตอบข้อมูลต่าง ๆ ที่ผู้วิจัยได้ทำการสร้างขึ้นมาเพื่อนำมาทดสอบกับแบบจำลองนี้ใช้ตัวอย่างของข้อมูลจากกรณีศึกษาซึ่งมีตัวอย่างการคำนวณและกรณีศึกษา 3 กรณี

4.1 ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมด้วยวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน

จากการกำหนดสมมติฐานและการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในบทที่ 3 ว่าปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมด้วยการเริ่มต้นการค้นหาภายใต้กระบวนการวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (Variable Neighborhood Search: VNS) จะใช้ค่าปริมาณการสั่งซื้อที่สร้างขึ้นอย่างสุ่มในช่วง $[Q_L^*, Q_U^*]$ ซึ่งมีเงื่อนไขของการหยุดค้นหาคำตอบคือจะสิ้นสุดกระบวนการเมื่อการดำเนินการค้นหามีจำนวนรอบของการวนซ้ำที่ i ไปจนครบรอบที่กำหนดไว้คือเท่ากับ i_{max} หรือค่าปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่หาได้ในรอบที่ $i + 1$ ทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าเท่ากับ 0 นั่นคือสมการฟังก์ชันวัตถุประสงค์ สมการที่ (3.18) เท่ากับศูนย์หรือ $f(Q^*) = 0$ โดยการดำเนินการตามกระบวนการวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS) ที่มีการเขียนชุดคำสั่งบนโปรแกรม MATLAB ทำให้ได้ค่าปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของแต่ละตัวอย่างกรณีศึกษาดังต่อไปนี้

4.1.1 ตัวอย่างการคำนวณของกรณีศึกษาที่ 1

แสดงขั้นตอนวิธีการคำนวณของการหาคำตอบด้วยวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS) ตัวอย่างข้อมูลของสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่ายที่มีวันกำหนดอายุสินค้าชนิดเดียวสำหรับกรณีศึกษาที่ 1

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างคำตอบเริ่มต้น

ค่าของปริมาณการสั่งซื้อ Q^* สร้างขึ้นอย่างสุ่มจากช่วง $[Q_L^*, Q_U^*]$ โดยกำหนดค่าของช่วงในการค้นหาคือ [0, 1000]

ขั้นตอนที่ 2 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

2.1) กำหนดข้อมูลพารามิเตอร์ที่ใช้ในการหาคำตอบที่เหมาะสม

กำหนดให้ต้นทุนคงที่ในการสั่งซื้อสินค้า K = 10 บาทต่อครั้ง ต้นทุนในการเก็บรักษา h = 1 บาทต่อหน่วยเวลา ต้นทุนสินค้าหมดอายุ W = 5 บาทต่อหน่วยสินค้า อัตราความต้องการของสินค้ามีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย D = 10 หน่วยสินค้าต่อปี และความแปรปรวนของความต้องการคงคลัง σ^2 = 10 หน่วยสินค้า ที่ช่วงเวลานำ L = 1 วัน ความน่าจะเป็นในการเกิดสินค้าขาดมือ P_SO = 0.1 ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 พารามิเตอร์เริ่มต้นสำหรับกรณีศึกษาที่ 1

พารามิเตอร์	**ค่าของข้อมูล**	**หน่วย**
ต้นทุนคงที่ในการสั่งซื้อ (K)	10	บาทต่อครั้ง
ต้นทุนในการเก็บรักษา (h)	1	บาทต่อหน่วยเวลา
ต้นทุนสินค้าหมดอายุ (W)	5	บาทต่อหน่วยสินค้า
อัตราความต้องการสินค้า (D)	10	หน่วยสินค้าต่อปี
ความแปรปรวนของความต้องการคงคลัง (σ^2)	10	หน่วยสินค้า
ช่วงเวลานำ (L)	1	วัน
ความน่าจะเป็นที่สินค้าจะขาดแคลน (P_SO)	0.1	

2.2) การคำนวณเพื่อหาจุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder point: r)

Service level (SL) = 1 - P_SO

Service level (SL) = 0.9

หาค่าตัวคูณเผื่อ (k) โดยการเปิดตาราง Normal distribution ที่ระดับ Service level = 0.9 ทำให้ได้ค่าตัวคูณเผื่อ k = 1.28

คำนวณจุดสั่งซื้อใหม่ สมการที่ (3.4)

$$r = DL + k\sigma\sqrt{L}$$

r = 14.0526 หน่วยสินค้า

2.3) การกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์

จุดประสงค์ของการหาคำตอบคือค่าปริมาณการสั่งซื้อ (Q^*) ที่ทำให้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์เท่ากับ 0 (สมการที่ 3.18)

$$f(Q^*) = \Phi(r + Q^*) - \frac{KD}{WQ^{*2}} + \frac{h}{2W}$$

เงื่อนไขของการหยุดค้นหา : $f(Q^*) = 0$

ขั้นตอนที่ 3 การกำหนดรูปแบบของโครงสร้างของคำตอบในย่านใกล้เคียง

กำหนดรูปแบบโครงสร้างของย่านคำตอบใกล้เคียง (NS_n) คือ การใช้โครงสร้าง Line Search หรือ NS_1 (n_{max} = 1) ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ขั้นตอนที่ 4 กำหนดเงื่อนไขของการหยุดค้นหา

กำหนดเงื่อนไขของการหยุดค้นหาคำตอบ ในที่นี้จะสิ้นสุดเมื่อกระบวนการดำเนินการค้นหาไปจบครบจำนวนรอบของการวนซ้ำ i = 1,…, i_{max} โดยที่ i_{max} เท่ากับจำนวนรอบสูงสุด สำหรับกรณีศึกษาที่ 1 จำนวนรอบสูงสุด i_{max} = 1,000 รอบ หรือค่าปริมาณการสั่งซื้อที่ทำให้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในรอบ i + 1 มีค่าเท่ากับ 0 นั่นคือ $f(Q^*) = 0$ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 พารามิเตอร์การค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS) สำหรับกรณีศึกษาที่ 1

พารามิเตอร์	**ค่าของข้อมูล**
ทิศทางการเคลื่อนที่ (d)	-1, 1
ระยะทางที่เคลื่อนที่ $lamda$ (λ)	1
ตัวเลขสุ่มจะมีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม (u)	$u \sim U$ (0, 1)
จำนวนของรูปแบบของโครงสร้างของย่านคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน n = 1,…, n_{max}	n_{max} = 1
จำนวนรอบของการวนซ้ำ i = 1,...,i_{max}	i_{max} = 1,000

ขั้นตอนที่ 5 การค้นหาคำตอบที่เหมาะสม

5.1) กระบวนการ Shaking คือการนำรูปแบบของโครงสร้างของย่านคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน NS_n โดยที่ n_{max} = 1 หรือที่ผู้วิจัยได้กำหนดหลักการค้นหาคำตอบแบบ Line Search มาสร้างคำตอบซึ่งเท่ากับ Q' หน่วยสินค้า โดยเป็นค่าข้างเคียงของคำตอบเริ่มต้น

5.2) การหาคำตอบเฉพาะที่ Local Search โดยนำวิธีการค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำ (Iterated Local Search: ILS) มาใช้ในการหาคำตอบ ได้แบ่งออกเป็น 3 ระยะคือ ระยะแรกเป็นการสร้างคำตอบเริ่มต้น ระยะที่สองเป็นการปรับปรุงคำตอบ และระยะที่สามเป็นการเลือกค่าคำตอบที่ดีของคำตอบเฉพาะที่ ด้วยการสร้างคำตอบเฉพาะที่ Q'' ซึ่งค่าเริ่มต้นมาจากกระบวนการ Shaking

ขั้นตอนที่ 6 เปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่างคำตอบเดิมและคำตอบใหม่ (Neighborhood Changes) เพื่อหาค่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุดของการค้นหาด้วยวิธีวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน

จากผลการทดสอบหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (Q^*) คือ 4.2642 หน่วยสินค้า โดยค่าของคำตอบลดลงจนลู่เข้าหาคำตอบ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.3 ผลเฉลยจากวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS) สำหรับกรณีศึกษาที่ 1

พารามิเตอร์	**ค่าของข้อมูล**	**หน่วย**
Q^*	4.2642	หน่วยสินค้า
ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $(f(Q^*))$	0	
CPU time	0.2724	นาที
จำนวนรอบ	178	รอบ

4.1.2 ตัวอย่างกรณีศึกษาที่ 2

ตัวอย่างข้อมูลสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่ายที่กำหนดวันหมดอายุสำหรับสินค้าชนิดเดียวกรณีศึกษาที่ 2

1) ขั้นตอนการคำนวณฟังก์ชันวัตถุประสงค์

(1) กำหนดข้อมูลพารามิเตอร์ที่ใช้ในการหาคำตอบที่เหมาะสม

กำหนดให้ต้นทุนคงที่ในการสั่งซื้อสินค้า K = 10 บาทต่อครั้ง ต้นทุนในการเก็บรักษา h = 1 บาทต่อหน่วยเวลา ต้นทุนสินค้าหมดอายุ W = 5 บาทต่อหน่วยสินค้า อัตราความต้องการของสินค้ามีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย D = 50 หน่วยสินค้าต่อปี และความแปรปรวนของความต้องการคงคลัง σ^2 = 10 หน่วยสินค้า ที่ช่วงเวลานำ L = 1 วัน ความน่าจะเป็นในการเกิดสินค้าขาดมือมีค่าเป็น P_SO = 0.1

(2) การคำนวณเพื่อหาจุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder point: r)

Service level (SL) = 1 - P_SO

Service level (SL) = 0.9

หาค่าตัวคูณเผื่อ (k) โดยการเปิดตาราง Normal distribution ที่ระดับ Service level = 0.9 ทำให้ได้ค่าตัวคูณเผื่อ k = 1.28

คำนวณจุดสั่งซื้อใหม่ สมการที่ (3.4)

$$r = DL + k\sigma\sqrt{L}$$

r = 54.0526 หน่วยสินค้า

ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 พารามิเตอร์เริ่มต้นสำหรับกรณีศึกษาที่ 2

พารามิเตอร์	ค่าของข้อมูล	หน่วย
ต้นทุนคงที่ในการสั่งซื้อ (K)	10	บาทต่อครั้ง
ต้นทุนในการเก็บรักษา (h)	1	บาทต่อหน่วยเวลา
ต้นทุนสินค้าหมดอายุ (W)	5	บาทต่อหน่วยสินค้า
อัตราความต้องการสินค้า (D)	50	หน่วยสินค้าต่อปี
ความแปรปรวนของความต้องการคงคลัง (σ^2)	10	หน่วยสินค้า
ช่วงเวลานำ (L)	1	วัน
ความน่าจะเป็นที่สินค้าจะขาดแคลน (P_SO)	0.1	
Service level (SL)	0.9	
ค่าตัวคูณเผื่อ (k)	1.28	
จุดสั่งซื้อใหม่ (r)	54.0526	หน่วยสินค้า

(3) การกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์

จุดประสงค์ของการหาคำตอบคือค่าปริมาณการสั่งซื้อ (Q^*) ที่ทำให้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์เท่ากับ 0 (สมการที่ 3.18)

2) การกำหนดพารามิเตอร์สำหรับวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS)

(1) การกำหนดรูปแบบของโครงสร้างของคำตอบในย่านใกล้เคียง

กำหนดรูปแบบโครงสร้างของย่านคำตอบใกล้เคียง (NS_n) คือ การใช้โครงสร้าง Line Search หรือ NS_1 (n_{max} = 1) ดังแสดงในตารางที่ 4.5

(2) กำหนดเงื่อนไขของการหยุดค้นหา

กำหนดเงื่อนไขของการหยุดค้นหาคำตอบ ในที่นี้จะสิ้นสุดเมื่อกระบวนการดำเนินการค้นหาไปจบครบจำนวนรอบของการวนซ้ำ i = 1,…, i_{max} โดยที่ i_{max} เท่ากับจำนวน

รอบสูงสุด สำหรับกรณีศึกษาที่ 2 จำนวนรอบสูงสุด i_{max} = 5,000 รอบ หรือค่าปริมาณการสั่งซื้อที่ทำให้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในรอบ i + 1 มีค่าเท่ากับ 0 นั่นคือ $f(Q^*) = 0$ ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 พารามิเตอร์การค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS) สำหรับกรณีศึกษาที่ 2

พารามิเตอร์	**ค่าของข้อมูล**
ทิศทางการเคลื่อนที่ (d)	-1, 1
ระยะทางที่เคลื่อนที่ $lamda$ (λ)	1
ตัวเลขสุ่มจะมีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม (u)	$u \sim U$ (0, 1)
จำนวนของรูปแบบของโครงสร้างของย่านคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน n = 1,…, n_{max}	n_{max} = 1
จำนวนรอบของการวนซ้ำ i = 1,...,i_{max}	i_{max} = 5,000

จากผลการทดสอบหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดคือ 9.5345 หน่วยสินค้า โดยค่าของคำตอบลดลงจนลู่เข้าหาคำตอบด้วยวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลเฉลยจากวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS) สำหรับกรณีศึกษาที่ 2

พารามิเตอร์	**ค่าของข้อมูล**	**หน่วย**
Q^*	9.5345	หน่วยสินค้า
ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $(f(Q^*))$	0	
CPU Time	0.4121	นาที
จำนวนรอบ	101	รอบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.1.3 ตัวอย่างกรณีศึกษาที่ 3

ตัวอย่างข้อมูลสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่ายที่มีวันกำหนดอายุสำหรับสินค้าชนิดเดียวกรณีศึกษาที่ 3

1) ขั้นตอนการคำนวณฟังก์ชันวัตถุประสงค์

(1) กำหนดข้อมูลพารามิเตอร์ที่ใช้ในการหาคำตอบที่เหมาะสม

กำหนดให้ต้นทุนคงที่ในการสั่งซื้อสินค้า K = 10 บาทต่อครั้ง ต้นทุนในการเก็บรักษา h = 1 บาทต่อหน่วยเวลา ต้นทุนสินค้าหมดอายุ W = 5 บาทต่อหน่วยสินค้า อัตราความต้องการของสินค้ามีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย D = 10 หน่วยสินค้า และความแปรปรวนของความต้องการคงคลัง σ^2 = 10 หน่วยสินค้า ที่ช่วงเวลานำ L = 2 วัน ความน่าจะเป็นในการเกิดสินค้าขาดมือ P_SO = 0.1

(2) การคำนวณเพื่อหาจุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder point: r)

Service level (SL) = 1 - P_SO

Service level (SL) = 0.9

หาค่าตัวคูณเผื่อ (k) โดยการเปิดตาราง Normal distribution ที่ระดับ Service level = 0.9 ทำให้ได้ค่าตัวคูณเผื่อ k = 1.28

คำนวณจุดสั่งซื้อใหม่ สมการที่ (3.4)

$$r = DL + k\sigma\sqrt{L}$$

r = 25.7313 หน่วยสินค้า

ดังแสดงในตารางที่ 4.7

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.7 พารามิเตอร์เริ่มต้นสำหรับกรณีศึกษาที่ 3

พารามิเตอร์	ค่าของข้อมูล	หน่วย
ต้นทุนคงที่ในการสั่งซื้อ (K)	10	บาทต่อครั้ง
ต้นทุนในการเก็บรักษา (h)	1	บาทต่อหน่วยเวลา
ต้นทุนสินค้าหมดอายุ (W)	5	บาทต่อหน่วยสินค้า
อัตราความต้องการสินค้า (D)	10	หน่วยสินค้าต่อปี
ความแปรปรวนของความต้องการคงคลัง (V)	10	หน่วยสินค้า
ช่วงเวลานำ (L)	2	วัน
ความน่าจะเป็นที่สินค้าจะขาดแคลน (P_SO)	0.1	
Service level (SL)	0.9	
ค่าตัวคูณเผื่อ (k)	1.28	
จุดสั่งซื้อใหม่ (r)	25.7313	หน่วยสินค้า

(3) การกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์

จุดประสงค์ของการหาคำตอบคือค่าปริมาณการสั่งซื้อ (Q^*) ที่ทำให้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์เท่ากับ 0 (สมการที่ 3.18)

2) การกำหนดพารามิเตอร์สำหรับวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS)

(1) การกำหนดรูปแบบของโครงสร้างของคำตอบในย่านใกล้เคียง

กำหนดรูปแบบโครงสร้างของย่านคำตอบใกล้เคียง (NS_n) คือ การใช้โครงสร้าง Line Search หรือ NS_1 (n_{max} = 1) ดังแสดงในตารางที่ 4.8

(2) กำหนดเงื่อนไขของการหยุดค้นหา

กำหนดเงื่อนไขของการหยุดค้นหาคำตอบ ในที่นี้จะสิ้นสุดเมื่อกระบวนการดำเนินการค้นหาไปจบครบจำนวนรอบของการวนซ้ำ i = 1,…, i_{max}; i_{max} เท่ากับจำนวนรอบสูงสุด สำหรับกรณีศึกษาที่ 3 จำนวนรอบสูงสุด i_{max} = 1,000 รอบ หรือค่าปริมาณการสั่งซื้อเหมาะสมที่ทำให้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ สมการที่ (3.18) ในรอบ i + 1 มีค่าเท่ากับ 0 นั่นคือ $f(Q^*)$ = 0 ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 พารามิเตอร์การค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS) สำหรับกรณีศึกษาที่ 3

พารามิเตอร์	**ค่าของข้อมูล**
ทิศทางการเคลื่อนที่ (d)	-1, 1
ระยะทางที่เคลื่อนที่ $lamda$ (λ)	1
ตัวเลขสุ่มจะมีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม (u)	$u \sim U$ (0, 1)
จำนวนของรูปแบบของโครงสร้างของย่านคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน n = 1,…, n_{max}	n_{max} = 1
จำนวนรอบของการวนซ้ำ i = 1,...,i_{max}	i_{max} = 1,000

จากผลการทดสอบหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดคือ 4.2634 หน่วยสินค้า โดยค่าของคำตอบลดลงจนลู่เข้าหาคำตอบด้วยวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน แสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลเฉลยจากวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS) สำหรับกรณีศึกษาที่ 3

พารามิเตอร์	**ค่าของข้อมูล**	**หน่วย**
Q^*	4.2634	หน่วยสินค้า
ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $(f(Q^*))$	0	
CPU Time	0.1027	นาที
จำนวนรอบ	68	รอบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.2 การพิจารณาค่าปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมภายใต้การค้นหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน

เมื่อพิจารณาการหาปริมาณการสั่งซื้อกรณีศึกษาตัวอย่างสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่ายที่มีวันกำหนดอายุสำหรับสินค้าชนิดเดียวทั้ง 3 กรณี พบว่าปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมจากกรณีศึกษาตัวอย่างที่ได้มาจากวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน เมื่อค่าเริ่มต้นของการค้นหาเป็นแบบสุ่มที่ให้คำตอบปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุด (Q^*) ทำให้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์เท่ากับศูนย์

หรือ สมการที่ (3.18) เท่ากับศูนย์ $f(Q^*) = 0$ เช่น กรณีศึกษาสินค้าชนิดที่ 1 กรณีศึกษาสินค้าชนิดที่ 2 และกรณีศึกษาสินค้าชนิดที่ 3 ค่าปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดที่ค้นหาคำตอบด้วยวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผันสามารถทำให้ค่าคำตอบฟังก์ชันวัตถุประสงค์ลู่เข้าใกล้คำตอบและมีค่าเท่ากับ 0

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมสำหรับกรณีศึกษาตัวอย่างสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่ายที่มีวันกำหนดอายุสำหรับสินค้าชนิดเดียวที่นำมาทำการศึกษาครั้งนี้ด้วยการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดจากวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผันที่มีค่าเริ่มต้นการค้นหาแบบสุ่ม เมื่อพิจารณาการดำเนินงานของโปรแกรมที่ได้แสดงในตารางที่ 4.3 ตารางที่ 4.6 และตารางที่ 4.9 จะเห็นว่าจำนวนรอบของการทำซ้ำจะดำเนิน 178 รอบ 101 รอบ และ 68 รอบ ตามลำดับ สามารถหาค่าปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดได้ อีกทั้งในการทำงานของโปรแกรมใช้เวลาเพียง 0.2724 นาที 0.4121 นาที และ 0.1027 นาที ตามลำดับ ดังนั้นการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดโดยวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผันจึงนับว่าเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะสะดวกและง่ายต่อการนำมาใช้แก้ไขปัญหาการหาคำตอบของค่าที่เหมาะสม

4.3 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)

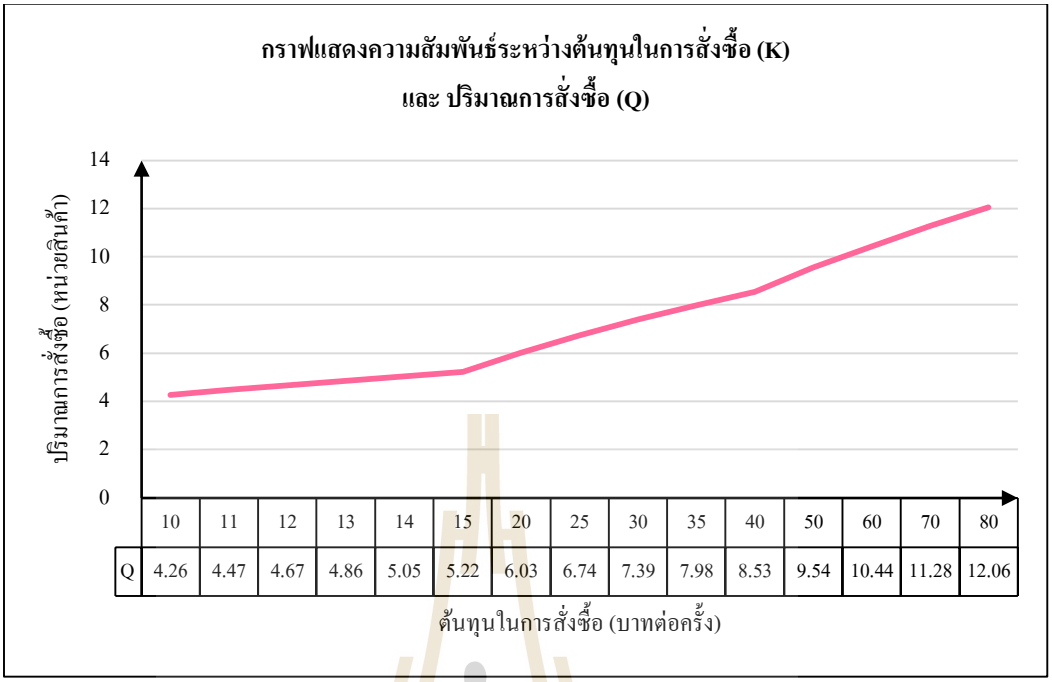
การวิเคราะห์ความไวเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ ซึ่งผู้วิจัยทำการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อปริมาณการสั่งซื้อ (Order quantity: Q) โดยทำการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ดังนี้ ต้นทุนการสั่งซื้อ (Ordering costs) ต้นทุนในการเก็บรักษา (Holding costs) ต้นทุนสินค้าหมดอายุ (Outdating costs) อัตราความต้องการ (Demand) ช่วงเวลานำ (L) และจุดสั่งซื้อใหม่ (r) ดังต่อไปนี้

4.3.1 การเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการสั่งซื้อ (K)

เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต้นทุนการสั่งซื้อ (K) ที่เพิ่มขึ้นตามลำดับจะพบว่าปริมาณการสั่งซื้อ (Q) มีการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นเหมือนกัน จากค่าความสัมพันธ์ของสมการ ถ้า K เพิ่ม Q จะเพิ่มตามแต่ในขนาดที่น้อยกว่าเนื่องจากอยู่ภายในการถอดรากที่สอง และเมื่อ K ลด ปริมาณ Q จะลดตามด้วยอัตราที่น้อยกว่าเช่นกัน กล่าวคือถ้าต้นทุนการสั่งซื้อมีค่าสูงปริมาณการสั่งซื้อจะเพิ่มขึ้น เพราะจะได้สั่งซื้อให้น้อยครั้งลงแต่ในทางกลับกันหากต้นทุนการสั่งซื้อต่ำจะพิจารณาซื้อในขนาดที่ลดลงได้ ถึงแม้จำนวนครั้งจะเพิ่มแต่ต้นทุนต่ำนั่นเอง ดังแสดงในตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของต้นทุนการสั่งซื้อ (K)

K	h	W	D	σ^2	L	k	r	Q^*	EOQ
10	1	5	10	10	1	1.2816	14.0526	4.2640	14.1421
11	1	5	10	10	1	1.2816	14.0526	4.4717	14.8324
12	1	5	10	10	1	1.2816	14.0526	4.6689	15.4919
13	1	5	10	10	1	1.2816	14.0526	4.8607	16.1245
14	1	5	10	10	1	1.2816	14.0526	5.0475	16.7332
15	1	5	10	10	1	1.2816	14.0526	5.2232	17.3205
20	1	5	10	10	1	1.2816	14.0526	6.0326	20.0000
25	1	5	10	10	1	1.2816	14.0526	6.7392	22.3607
30	1	5	10	10	1	1.2816	14.0526	7.3874	24.4949
35	1	5	10	10	1	1.2816	14.0526	7.9793	26.4575
40	1	5	10	10	1	1.2816	14.0526	8.5259	28.2843
50	1	5	10	10	1	1.2816	14.0526	9.5360	31.6228
60	1	5	10	10	1	1.2816	14.0526	10.4441	34.6410
70	1	5	10	10	1	1.2816	14.0526	11.2802	37.4166
80	1	5	10	10	1	1.2816	14.0526	12.0632	40.0000



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนการสั่งซื้อและปริมาณการสั่งซื้อ

4.3.2 การเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการเก็บรักษา (h)

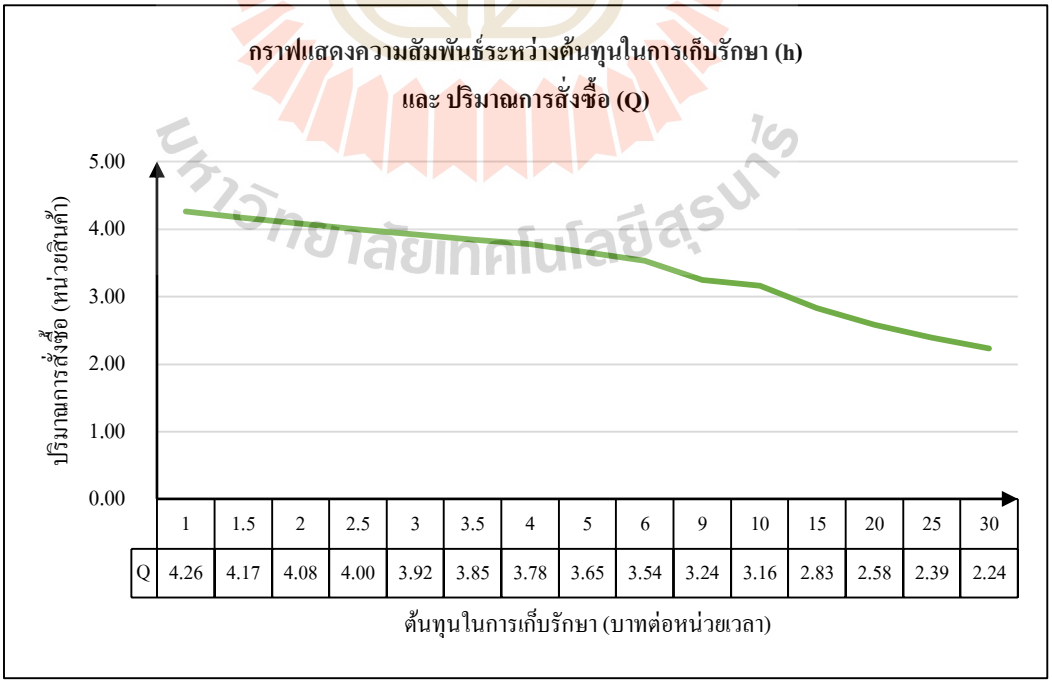
เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต้นทุนการเก็บรักษา (h) ที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ จะพบว่าปริมาณการสั่งซื้อ (Q) มีการเปลี่ยนแปลงที่ตรงข้ามกันคือมีปริมาณการสั่งซื้อที่ลดลง โดย h และ Q มีความสัมพันธ์แบบแปรผกผัน กล่าวคือถ้าต้นทุนในการเก็บรักษามีค่าสูงปริมาณการสั่งซื้อจะลดลงเนื่องจากไม่ต้องการให้เกิดการเก็บรักษาสินค้าในปริมาณสูง แต่ในทางกลับกันหากต้นทุนการเก็บรักษาต่ำจะพิจารณาซื้อในขนาดที่เพิ่มขึ้นนั่นเอง ดังแสดงในตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.11 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของต้นทุนในการเก็บรักษา (h)

K	h	W	D	σ^2	L	k	r	Q^*	EOQ
10	1	5	10	10	1	1.2816	14.0526	4.2638	14.1421
10	1.5	5	10	10	1	1.2816	14.0526	4.1687	11.5470
10	2	5	10	10	1	1.2816	14.0526	4.0825	10.0000
10	2.5	5	10	10	1	1.2816	14.0526	4.0012	8.9443
10	3	5	10	10	1	1.2816	14.0526	3.9230	8.1650

ตารางที่ 4.11 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของต้นทุนในการเก็บรักษา (h) (ต่อ)

K	h	W	D	σ^2	L	k	r	Q^*	EOQ
10	3	5	10	10	1	1.2816	14.0526	3.9230	8.1650
10	3.5	5	10	10	1	1.2816	14.0526	3.8489	7.5593
10	4	5	10	10	1	1.2816	14.0526	3.7789	7.0711
10	5	5	10	10	1	1.2816	14.0526	3.6518	6.3246
10	6	5	10	10	1	1.2816	14.0526	3.5363	5.7735
10	9	5	10	10	1	1.2816	14.0526	3.2444	4.7140
10	10	5	10	10	1	1.2816	14.0526	3.1619	4.4721
10	15	5	10	10	1	1.2816	14.0526	2.8284	3.6515
10	20	5	10	10	1	1.2816	14.0526	2.5817	3.1623
10	25	5	10	10	1	1.2816	14.0526	2.3904	2.8284
10	30	5	10	10	1	1.2816	14.0526	2.2361	2.5820



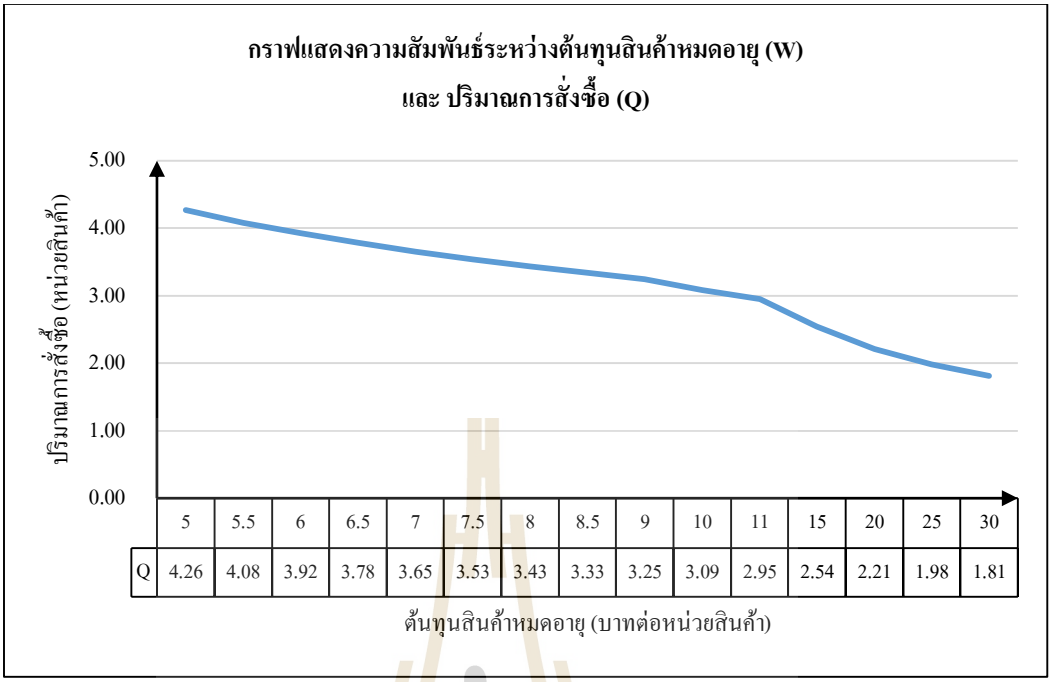
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนในการเก็บรักษาและปริมาณการสั่งซื้อ

4.3.3 การเปลี่ยนแปลงของต้นทุนสินค้าหมดอายุ (W)

เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต้นทุนสินค้าหมดอายุ (W) ที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ จะพบว่าปริมาณการสั่งซื้อ (Q) มีการเปลี่ยนแปลงที่ตรงข้ามกัน โดย W และ Q มีความสัมพันธ์แบบแปรผกผัน กล่าวคือถ้าต้นทุนสินค้าหมดอายุมีค่าสูงปริมาณการสั่งซื้อจะลดลงเนื่องจากไม่ต้องการให้เกิดต้นทุนสินค้าหมดอายุที่สูง แต่ในทางกลับกันหากต้นทุนสินค้าหมดอายุต่ำจะพิจารณาซื้อในปริมาณที่เพิ่มขึ้นนั่นเอง ดังแสดงในตารางที่ 4.12 และรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของต้นทุนสินค้าหมดอายุ (W)

K	h	W	D	σ^2	L	k	r	Q^*	EOQ
10	1	5	10	10	1	1.2816	14.0526	4.2647	14.1421
10	1	5.5	10	10	1	1.2816	14.0526	4.0820	14.1421
10	1	6	10	10	1	1.2816	14.0526	3.9239	14.1421
10	1	6.5	10	10	1	1.2816	14.0526	3.7810	14.1421
10	1	7	10	10	1	1.2816	14.0526	3.6513	14.1421
10	1	7.5	10	10	1	1.2816	14.0526	3.5341	14.1421
10	1	8	10	10	1	1.2816	14.0526	3.4293	14.1421
10	1	8.5	10	10	1	1.2816	14.0526	3.3349	14.1421
10	1	9	10	10	1	1.2816	14.0526	3.2450	14.1421
10	1	10	10	10	1	1.2816	14.0526	3.0868	14.1421
10	1	11	10	10	1	1.2816	14.0526	2.9494	14.1421
10	1	15	10	10	1	1.2816	14.0526	2.5401	14.1421
10	1	20	10	10	1	1.2816	14.0526	2.2080	14.1421
10	1	25	10	10	1	1.2816	14.0526	1.9804	14.1421
10	1	30	10	10	1	1.2816	14.0526	1.8108	14.1421



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนสินค้าหมดอายุและปริมาณการสั่งซื้อ

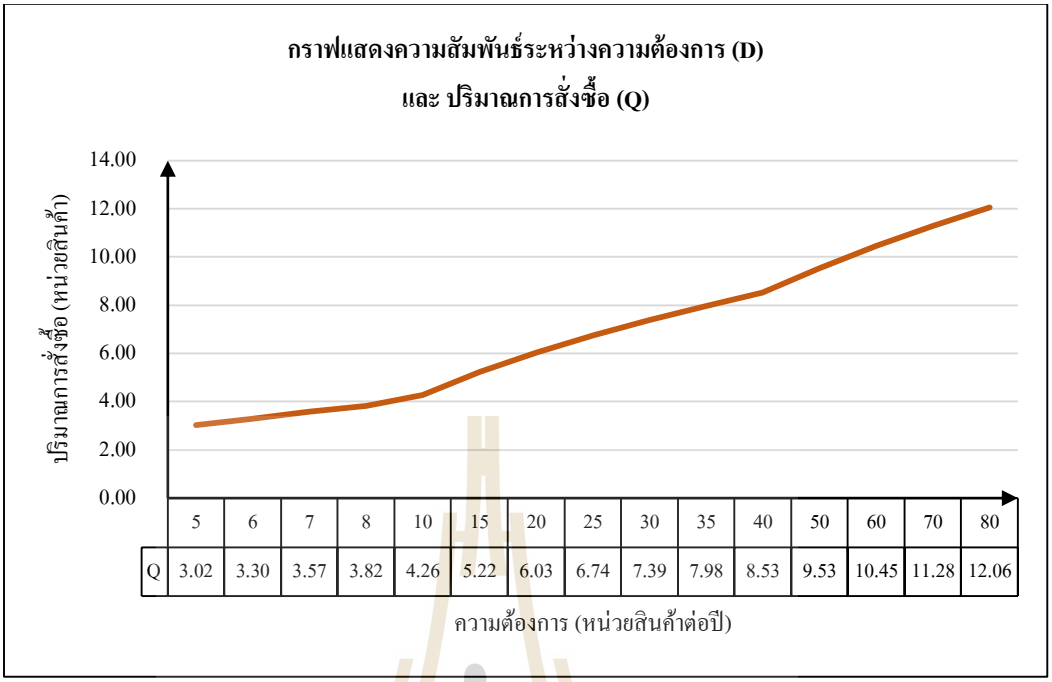
4.3.4 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณความต้องการสินค้า (D)

เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ปริมาณความต้องการสินค้า (D) ที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ จะพบว่าปริมาณการสั่งซื้อ (Q) มีการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นเหมือนกัน จากความสัมพันธ์ของสมการ ถ้า D เพิ่ม Q จะเพิ่มตามแต่ในขนาดที่น้อยกว่าเนื่องจากอยู่ภายในการถอดรากที่สอง และเมื่อ D ลดปริมาณ Qจะลดตามด้วยอัตราที่น้อยกว่าเช่นกัน กล่าวคือถ้าความต้องการสินค้ามีค่าเพิ่มขึ้นก็จำเป็นจะต้องซื้อสินค้าเพิ่มขึ้นในปริมาณต่อครั้งมากขึ้น เพื่อให้เพียงพอต่อการตอบสนองความต้องการของลูกค้า ในทางกลับกันถ้าต้องการสินค้าลดลงปริมาณในการสั่งซื้อจะลดลงตามไปด้วยนั่นเอง แสดงให้เห็นว่าดังแสดงในตารางที่ 4.13 และรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของปริมาณความต้องการสินค้า (D)

K	h	W	D	σ^2	L	k	r	Q^*	EOQ
10	1	5	5	10	1	1.2816	9.0526	3.0161	10.0000
10	1	5	6	10	1	1.2816	10.0526	3.3021	10.9545
10	1	5	7	10	1	1.2816	11.0526	3.5682	11.8322
10	1	5	8	10	1	1.2816	12.0526	3.8154	12.6491
10	1	5	10	10	1	1.2816	14.0526	4.2648	14.1421
10	1	5	15	10	1	1.2816	19.0526	5.2234	17.3205
10	1	5	20	10	1	1.2816	24.0526	6.0277	20.0000
10	1	5	25	10	1	1.2816	29.0526	6.7411	22.3607
10	1	5	30	10	1	1.2816	34.0526	7.3856	24.4949
10	1	5	35	10	1	1.2816	39.0526	7.9755	26.4575
10	1	5	40	10	1	1.2816	44.0526	8.5280	28.2843
10	1	5	50	10	1	1.2816	54.0526	9.5338	31.6228
10	1	5	60	10	1	1.2816	64.0526	10.4484	34.6410
10	1	5	70	10	1	1.2816	74.0526	11.2835	37.4166
10	1	5	80	10	1	1.2816	84.0526	12.0640	40.0000

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการและปริมาณการสั่งซื้อ

4.3.5 การเปลี่ยนแปลงของจุดสั่งซื้อใหม่ (r)

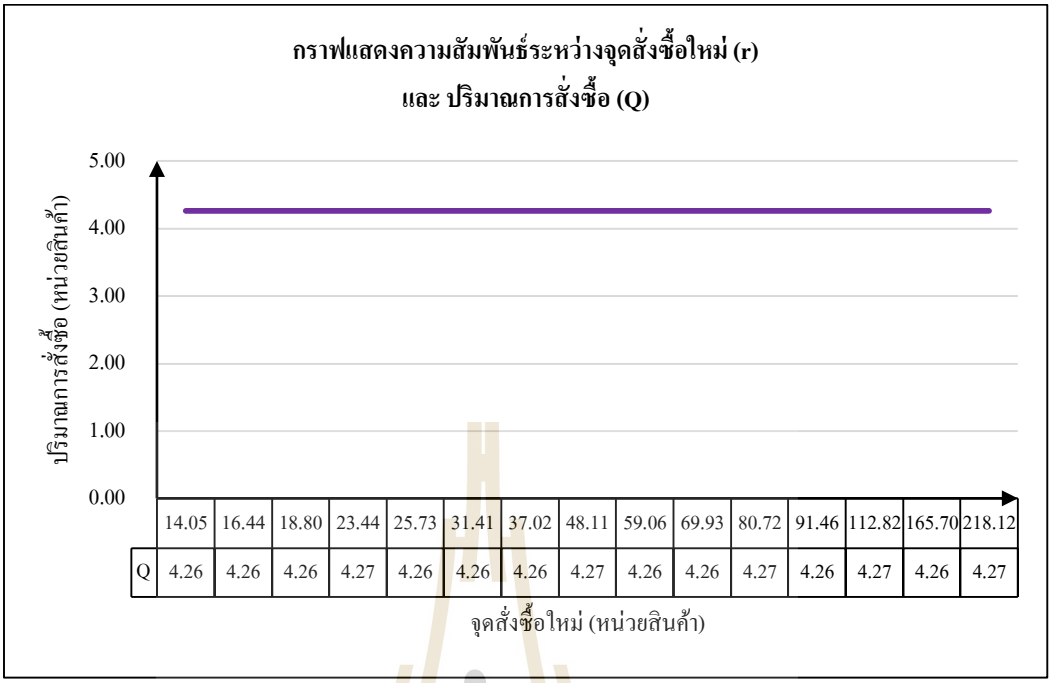
สมการของการหาจุดสั่งซื้อใหม่ $r = DL + k\sigma\sqrt{L}$ จากความสัมพันธ์ของสมการถ้า L เพิ่มขึ้น r จะเพิ่มขึ้น ถ้า L ลดลง r ลดลง เนื่องจากเมื่อช่วงเวลารอคอยสินค้ามีระยะเวลามากขึ้น ทำให้ต้องมีการการกำหนดจุดสั่งซื้อซ้ำที่ขนาดสินค้าในปริมาณที่เพิ่มขึ้น เพื่อให้มีสินค้าเพียงพอต่อความต้องการสินค้า ดังนั้นในหัวข้อนี้จึงได้เปลี่ยนแปลงช่วงเวลานำเพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์ความไวเพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างจุดสั่งซื้อใหม่และปริมาณการสั่งซื้อต่อไป

เมื่อค่าพารามิเตอร์ปริมาณสินค้าที่จุดสั่งซื้อใหม่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามลำดับ จะเห็นว่าปริมาณความต้องการมีค่าคงที่แสดงในตารางที่ 4.14 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่าง r และ Q จะพบว่าเมื่อ r เปลี่ยนมีค่าเพิ่มขึ้น Q มีค่าคงที่ ทำให้ทราบว่าเมื่อความต้องการสินค้ามีการเปลี่ยนแปลงต่ำทำให้ที่ระดับจุดสั่งซื้อไม่มีผลต่อปริมาณการสั่งซื้อ ดังแสดงในตารางที่ 4.14 และรูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.14 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของจุดสั่งซื้อใหม่ (r)

K	h	W	D	σ^2	L	k	r	Q^*	EOQ
10	1	5	10	10	1	1.2816	14.0526	4.2636	14.1421
10	1	5	10	10	1.2	1.2816	16.4394	4.2623	14.1421
10	1	5	10	10	1.4	1.2816	18.7951	4.2626	14.1421
10	1	5	10	10	1.8	1.2816	23.4372	4.2659	14.1421
10	1	5	10	10	2	1.2816	25.7313	4.2622	14.1421
10	1	5	10	10	2.5	1.2816	31.4078	4.2639	14.1421
10	1	5	10	10	3	1.2816	37.0193	4.2648	14.1421
10	1	5	10	10	4	1.2816	48.1052	4.2656	14.1421
10	1	5	10	10	5	1.2816	59.0619	4.2633	14.1421
10	1	5	10	10	6	1.2816	69.9269	4.2637	14.1421
10	1	5	10	10	7	1.2816	80.7222	4.2653	14.1421
10	1	5	10	10	8	1.2816	91.4625	4.2635	14.1421
10	1	5	10	10	10	1.2816	112.8155	4.2656	14.1421
10	1	5	10	10	15	1.2816	165.6957	4.2649	14.1421
10	1	5	10	10	20	1.2816	218.1239	4.2656	14.1421

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดสั่งซื้อและปริมาณการสั่งซื้อ
เมื่อช่วงเวลานำ มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 20

จากการวิเคราะห์ความไวทั้ง 5 กรณี พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณในการสั่งซื้อคือ ต้นทุนการสั่งซื้อ ต้นทุนในการเก็บรักษา ต้นทุนสินค้าหมดอายุ ความต้องการสินค้า สรุปได้ว่าปริมาณในการสั่งซื้อมีโอกาสเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นลดลงได้หากพารามิเตอร์เหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุป

สินค้าประเภทเน่าเสียง่ายเป็นสินค้าที่มีความแตกต่างจากสินค้าประเภทอื่น ๆ เนื่องจากเป็นสินค้าที่อายุของสินค้าสั้น การบริหารจัดการสินค้าคงคลังจึงเป็นเรื่องที่ต้องอาศัยความละเอียดรอบคอบรวมถึงปริมาณการสั่งซื้อต้องอยู่ในจุดที่เหมาะสมเพราะหากสั่งมาแล้วขายไม่หมดจะทำให้บริษัทมีต้นทุนที่สูงขึ้นหรือสั่งมาน้อยไปก็จะทำให้สินค้าขาดแคลนและเสียโอกาสในการจำหน่ายสินค้า ซึ่งหลายองค์กรพยายามหาหนทางในการจัดการกับระดับสินค้าคงคลังให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสม

จากความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากงานวิจัยของ Pavee (2012) จุดประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือศึกษาการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่ายด้วยวิธีการค้นหาคำตอบในย่านใกล้เคียงแบบแปรผัน (Variable Neighborhood Search: VNS) ที่เป็นวิธีการค้นหาตำแหน่งที่ต้องการพัฒนาคำตอบและสร้างวิธีการพัฒนาคำตอบขึ้นเองหรืออาจกล่าวได้ว่าไม่มีรูปแบบในการพัฒนาคำตอบที่ตายตัวดังนั้นในหลาย ๆ ปัญหาที่นำวิธีการค้นหาคำตอบจึงเปลี่ยนแปลงวิธีการต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับปัญหาที่นำมาทดสอบเสมอ ซึ่งนับได้ว่าวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผันเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สร้างความเป็นไปได้ของการค้นหาคำตอบได้ดี โดยใช้ร่วมกับวิธีการหลักต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาทำให้ลู่เข้าสู่คำตอบได้อย่างรวดเร็วและเพิ่มศักยภาพของวิธีต่าง ๆ ให้เพิ่มมากขึ้นภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด

โดยเขียนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แทนระบบแล้วทำการหาค่าเหมาะสมที่สุดโดยการเขียนแบบจำลองการหาคำตอบโปรแกรมบน MATLAB มาพัฒนาเพื่อให้เกิดและแสดงผลออกเป็นค่าปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุด ดังกรณีศึกษาตัวอย่างสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่ายที่มีกำหนดวันหมดอายุสำหรับสินค้าชนิดเดียว กรณีที่ 1 จากการหาคำตอบได้ปริมาณการสั่งซื้อเท่ากับ 4.2642 หน่วยสินค้า เมื่อแทนค่าไปในฟังก์ชันวัตถุประสงค์แล้วทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์เท่ากับศูนย์ซึ่งเป็นค่าปริมาณการสั่งซื้อที่ได้มาจากวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน มีจำนวนรอบของการค้นหา 178 รอบ และใช้เวลาในการดำเนินการ 0.2724 นาที จากผลการวิจัยทำให้สามารถสรุปได้ว่า เมื่อมีปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดที่จะทำให้ได้กำไรที่เหมาะสมและทำให้ช่วยลดต้นทุนสินค้าคงคลังของบริษัทได้อีกด้วย สำหรับในส่วนของการวิเคราะห์ความไวของปริมาณการ

สั่งซื้อ พบว่าการเพิ่มหรือลดปริมาณการสั่งซื้อจะมีผลต่อต้นทุนและระดับการให้บริการลูกค้า

5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

งานวิจัยนี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานของปัญหาการหาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่ายสินค้าชนิดเดียวที่มีอายุสินค้าที่กำหนดวันหมดอายุที่แน่นอนซึ่งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถให้คำตอบในสินค้าประเภทหนึ่งที่ไม่รวมถึงสินค้าเน่าเสียง่ายประเภทที่มีการเสื่อมสภาพตามเวลา สินค้าคงคลังที่มีคุณลักษณะที่แตกต่างกันทำให้ต้องการวิธีการในการบริหารจัดการที่แตกต่างกันด้วย

วิธีการหาปริมาณการสั่งซื้อโดยการวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน สำหรับเลขสุ่มที่มีการใช้ในสมการโครงสร้างการปรับปรุงคำตอบในย่านใกล้เคียง (Neighborhood Structure: NS_n) อาจมีการกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ในเงื่อนไขอื่น ๆ และในขั้นตอนของการหาค่าเหมาะสมเฉพาะที่ (Local Search) ซึ่งในงานวิจัยนี้มีการใช้ วิธีค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำ (Iterated Local Search: ILS) ในอนาคตอาจมีการนำเอาวิธีการทางเมตาฮิวริสติกวิธีอื่น ๆ มาประยุกต์ใช้แทน เช่น วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยระบบอาณาจักรมด (Ant Colony Optimization), วิธีการหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาค (Particle Swarm Optimization) เป็นต้น

การกำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ สำหรับวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผันจะส่งผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการทำงาน เช่น จำนวนความต้องการ ต้นทุน และค่าเริ่มต้นในการค้นหา ถ้ากำหนดให้มีค่ามากเกินไปคำตอบที่ได้อาจมีค่าดีมากแต่เวลาที่ใช้ในการทดสอบก็จะมากขึ้นตาม ดังนั้นควรออกแบบทดลองเพื่อเลือกพารามิเตอร์ที่เหาะสมกับปัญหานั้น ๆ เพื่อความถูกต้องแม่นยำของคำตอบ

ในปัจจุบันมีกลุ่มวิธีการค้นหาแบบ VNS ที่พัฒนาขึ้นในรูปแบบใหม่ ๆ ที่ได้ถูกคิดค้นโดยนักวิจัยมากมาย เช่น Basic Variable Neighborhood Search (BVNS), Generalized Variable Neighborhood Search (GVNS), Gaussian Variable Neighborhood Search (Gauss VNS) และ Reduced Variable Neighborhood Search (RVNS) ในอนาคตอาจมีการนำ VNS เหล่านี้มาทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบกับ VNS เดิม

รายการอ้างอิง

คำนาย อภิปรัชญาสกุล. (2553). **การจัดการสินค้าคงคลัง = Inventory management.** กรุงเทพฯ : บริษัทโฟกัสมีเดีย แอนด์พับลิชชิ่ง.

ชมพูนุท เกษมเศรษฐ์. (2559). **ทฤษฎีการจัดการพัสดุคงคลังและการประยุกต์ใช้ สำหรับตัวแบบพัสดุคงคลังดีเทอมินิสติคแบบต่อเนื่อง.** เชียงใหม่ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ศูนย์บริหารงานวิจัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พิชิต สุขเจริญพงษ์. (2547). **การจัดการวิศวกรรมการผลิต.** กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

พิภพ ลลิตาภรณ์. (2552). **การบริหารพัสดุคงคลัง = Inventory management.** กรุงเทพฯ : ส.ส.ท.

ระพีพันธ์ ปีตาคะโส. (2554). **วิธีการเมตาฮิวริสติกเพื่อแก้ปัญหาการวางแผนการผลิตและการจัดการโลจิสติกส์.** กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

Chen, S. C., & Teng, J. T. (2014). **Retailer's optimal ordering policy for deteriorating items with maximum lifetime under supplier's trade credit financing.** Applied Mathematical Modelling. 38(15-16), 4049-4061.

Chiu, H. N. (1995). **An approximation to the continuous review inventory model with perishable items and lead times.** European Journal of operational research. 87(1): 93-108.

Chiu, H. N. (1999). **A good approximation of the inventory level in a (Q, r) perishable inventory system.** RAIRO-Operations Research. 33(1): 29-45.

Coelho, L. C., & Laporte, G. (2014). **Optimal joint replenishment, delivery and inventory management policies for perishable products.** Computers & Operations Research. 47: 42-52.

Drazic, M., Kovacevic-Vujcic, V., Cangalovic, M., & Mladenovic, N. (2006). **Glob—a new VNS-based software for global optimization. In Global optimization.** Springer. 135-154.

Duan, Q., & Liao, T. W. (2013). **A new age-based replenishment policy for supply chain inventory optimization of highly perishable products**. International Journal of Production Economics. 145(2): 658-671.

Fries, B. E. (1975). **Optimal ordering policy for a perishable commodity with fixed lifetime.** Operations Research. 23(1), 46-61.

Goyal, S., & Giri, B. C. (2001). **Recent trends in modeling of deteriorating inventory.** European Journal of operational research. 134(1): 1-16.

Grosso, A., Jamali, A. R. M. J. U., & Locatelli, M. (2009). **Finding maximin latin hypercube designs by iterated local search heuristics.** European Journal of Operational Research. 197(2): 541-547.

Hansen, P., & Mladenovic, N. (2001). **Variable neighborhood search: Principles and applications.** European Journal of operational research. 130(3): 449-467.

Hansen, P., Mladenovic, N., & Perez, J. A. M. (2010). **Variable neighbourhood search: methods and applications.** Annals of Operations Research. 175(1): 367-407.

Hansen, P., Oguz, C., & Mladenovic, N. (2008). **Variable neighborhood search for minimum cost berth allocation.** European Journal of Operational Research. 191(3): 636-649.

Herbon, A., Levner, E., & Cheng, T. (2014). **Perishable inventory management with dynamic pricing using time–temperature indicators linked to automatic detecting devices.** International Journal of Production Economics. 147, 605-613.

Hillier, F., & Hillier, M. (2002). **Introduction to Management Science w/Student CD-ROM.** McGraw-Hill, Inc.

Jacobs, F. R., & Chase, R. B. (2008). **Operations and supply management: the core.** McGraw Hill/Irwin.

Lewis, R. M., & Torczon, V. (2000). **Pattern search methods for linearly constrained minimization.** SIAM Journal on Optimization. 10(3): 917-941.

Lian, Z., Liu, X., & Zhao, N. (2009). **A perishable inventory model with Markovian renewal demands.** International Journal of Production Economics. 121(1): 176-182.

Mladenovic, N., Drazic, M., Kovacevic-Vujcic, V., & Cangalovic, M. (2008). **General variable neighborhood search for the continuous optimization.** European Journal of operational research. 191(3): 753-770.

Mladenovic, N., & Hansen, P. (1997). **Variable neighborhood search.** Computers & Operations Research. 24(11): 1097-1100.

Myers, B. R. (2009). **Analysis of an inventory system with product perishability and substitution: A simulation-optimization approach.**

Nahmias, S. (1982). **Perishable inventory theory: A review.** Operations research. 30(4): 680-708.

Nahmias, S., & Wang, S. S. (1979). **A heuristic lot size reorder point model for decaying inventories.** Management science. 25(1): 90-97.

Nandakumar, P., & Morton, T. E. (1993). **Near myopic heuristics for the fixed-life perishability problem**. Management Science. 39(12), 1490-1498.

Raafat, F. (1991). **Survey of literature on continuously deteriorating inventory models.** Journal of the Operational Research society. 42(1): 27-37.

Schmidt, C. P., & Nahmias, S. (1985). **Optimal policy for a two-stage assembly system under random demand.** Operations Research. 33(5), 1130-1145.

Siriruk, P. (2012). **The Optimal Ordering Policy for a Perishable Inventory System.** In proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science.

Tekin, E., Gurler, U., & Berk, E. (2001). **Age-based vs. stock level control policies for a perishable inventory system.** European Journal of operational research. 134(2), 309-329.

Toksarı, M. D., & Güner, E. (2007). **Solving the unconstrained optimization problem by a variable neighborhood search.** Journal of Mathematical Analysis and Applications. 328(2): 1178-1187.

Van Donselaar, K. H., & Broekmeulen, R. A. (2012). **Approximations for the relative outdating of perishable products by combining stochastic modeling, simulation and regression modeling.** International Journal of Production Economics. 140(2): 660-669.

Wilson, R. H. (1934). **A Scientific Routine for Stock Control.** Harvard Business Review. 13: 116–28.

Winston, W. L., & Goldberg, J. B. (2004). **Operations research: applications and algorithms (Vol. 3).** Thomson Brooks/Cole Belmont.

Xu, H., Chen, Z.-L., Rajagopal, S., & Arunapuram, S. (2003). **Solving a practical pickup and delivery problem.** Transportation science. 37(3): 347-364.

YALCIN, B. (2012). **Inventory policies for perishable items.** (Doctoral dissertation).

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก

เนื้อหาและการใช้การโปรแกรม MATLAB

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม MATLAB

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการใช้งานโปรแกรม MATLAB สำหรับปัญหาการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดสินค้าคงคลังประเภทเน่าเสียง่ายด้วยวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS) ของกรณีศึกษาตัวอย่างประเภทสินค้าชนิดเดียว

ก.1 เนื้อหาของโปรแกรม

ในงานวิจัยนี้ได้มีการเขียนคำสั่งลงบนโปรแกรม MATLAB เพื่อหาค่าคำตอบที่เหมาะสม โดยที่งานวิจัยสามารถแบ่งโปรแกรมหลักและฟังก์ชันที่เกี่ยวข้องได้ดังในตารางที่ ก.1

ตารางที่ ก.1 รายชื่อโปรแกรม

ชื่อโปรแกรม/ฟังก์ชัน	รายละเอียด	สมการที่เกี่ยวข้อง	ฟังก์ชันที่เกี่ยวข้อง
objfunc.m	ฟังก์ชันวัตถุประสงค์	สมการ (3.4) สมการ (3.18)	
VNS.m	หาค่าปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุด	สมการ (3.19) สมการ (3.20) สมการ (3.21)	objfunc.m

การเรียกใช้โปรแกรม VNS สามารถทำได้โดยการพิมพ์ชื่อโปรแกรม เช่น VNS ไม่จำเป็นต้องเติม .m ลงไปใน Command Window ของ MATLAB หลังจากนั้น MATLAB จะทำการเรียกโปรแกรมออกมาให้ผู้ใช้ใช้งาน

ก.2 การใช้โปรแกรม

เนื่องจากได้แบ่งโปรแกรมหลัก ๆ ออกเป็นแต่ละโปรแกรมแยกออกจากกัน หลังจากได้เรียกโปรแกรมออกมาแล้ว ลักษณะของการทำงานของแต่ละโปรแกรมจะให้ผู้ใช้ป้อนค่าลงไปในแต่ละโปรแกรม

โดยที่โปรแกรม “objfunc.m” จะต้องป้อนค่าซึ่งค่าที่ป้อนแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ พารามิเตอร์นำเข้า (Input parameters) และค่าปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดมาจากวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS) ที่มีผลลัพธ์เป็นปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุด Q^* ดังแสดงในตารางที่ ก.2

ตารางที่ ก.2 สิ่งที่ป้อนค่าและผลลัพธ์ของฟังก์ชัน objfunc.m

ป้อนค่า (Input)	**ป้อนค่าเริ่มแรก/ตัวอย่าง**	**หน่วย**	**ผลลัพธ์**
$K = Ordering\ costs$	10	บาทต่อครั้ง	
$h = holding\ costs$	1	บาทต่อหน่วยเวลา	
$W = Outdating\ costs$	5	บาทต่อหน่วยสินค้า	
$D = Demand$	10	หน่วยสินค้าต่อปี	
$V = Variance\ of\ demand$	10	หน่วยสินค้า	
$L = Lead\ time$	1	หน่วยเวลา (วัน)	
P_SO $= Stockout\ probability$	0.1		ค่าตัวคูณเผื่อ k (safety factor)

จากตารางที่ ก.2 ข้อมูลตัวอย่างจากกรณีศึกษาที่ 1 ฟังก์ชัน objfunc.m นี้จะหาค่าปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้โปรแกรมที่เกี่ยวข้องคือ VNS.m ลักษณะของการทำงานของโปรแกรม VNS.m จะแสดงใน command line ใน MATLAB จะแสดงเป็นรายละเอียดดังต่อไปนี้

ส่วนที่พารามิเตอร์นำเข้า (Input parameters)

Ordering costs = 10

holding costs = 1

Outdating costs = 5

Demand = 10

Variance of demand during lead time = 10

Lead time = 1

Stockout probability = 0.1

ส่วนแสดงผล (Result section)

โดยมีการแสดงผลเป็นดังนี้

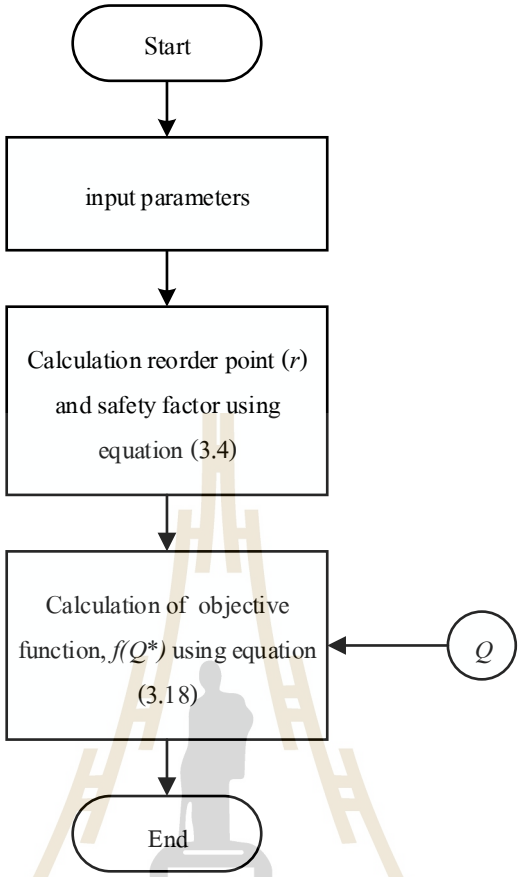
The optimal value of Q^* is 4.2634

Objective functions is of Q^* is 0

Iterations: 178

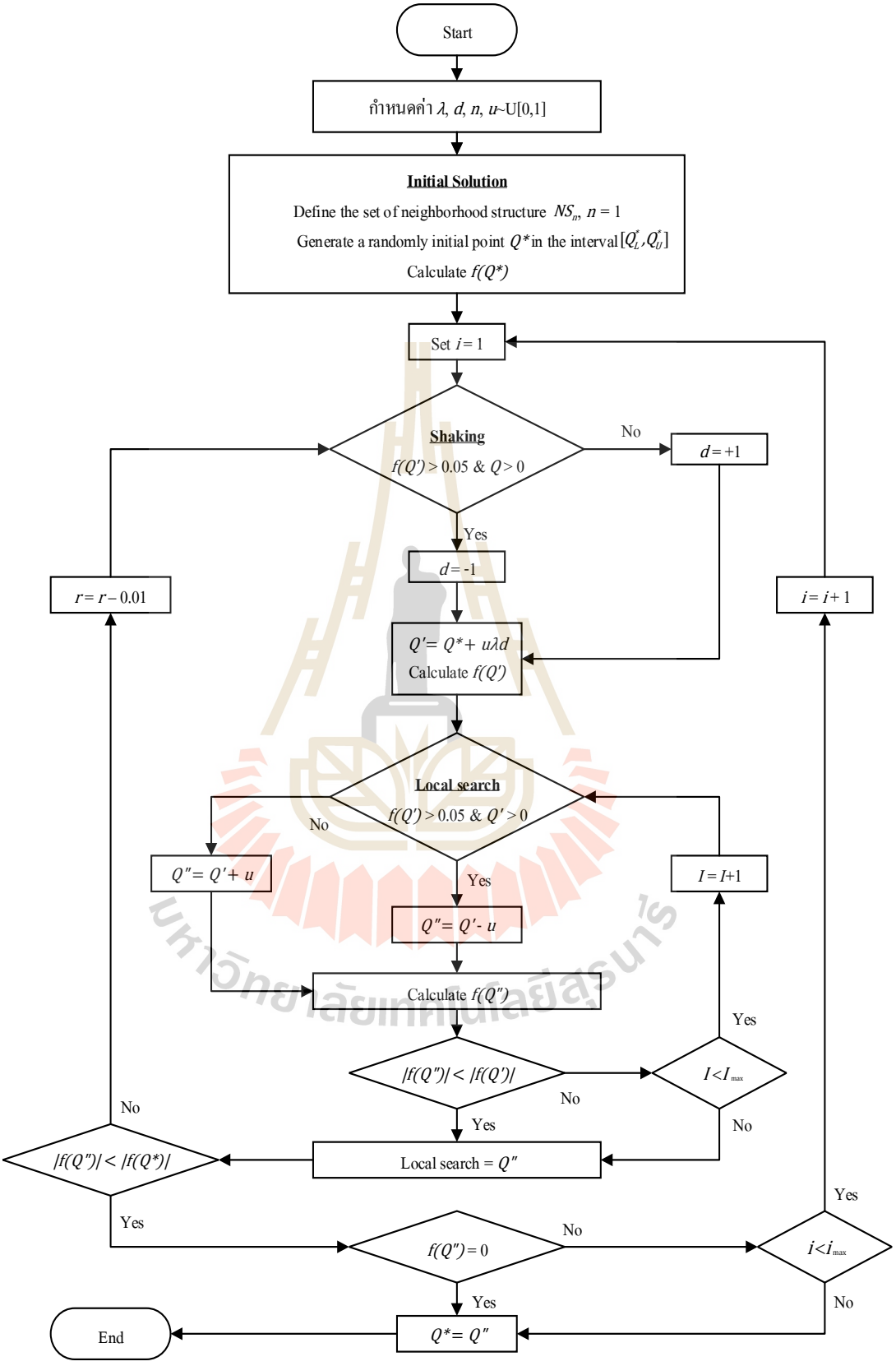
CPU time (min): 0.2724

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ ก.1 กระบวนการทำงานของฟังก์ชันวัตถุประสงค์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ ก.2 กระบวนการทำงานของวิธีการค้นหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS)

ภาคผนวก ข

ชุดคำสั่งที่ใช้ในโปรแกรม MATLAB

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการสั่งซื้อสินค้าคงคลัง ประเภทเน่าเสียง่าย

ส่วนของการกำหนดตัวแปรและรับค่า

```
function orderquantity = objfunc(q)

%input parameters

K  = input('\n Ordering costs  = ');  %Ordering costs
h  = input(' holding costs   = ');    %holding costs
W  = input(' Outdating costs = ');    %Outdating costs
D  = input(' Demand   = ');           %Demand is normally
distributed with mean
V  = input(' Variance of demand during lead time = ');
%Variance of demand during lead time
L  = input(' Lead time = ');          %Lead time
P_SO = input(' stockout probability = ');     %stockout
probability

%safety factor
k = norminv((1-sp));

%reorder point
r = (D*L)+(sf*sqrt(V)*sqrt(L));

%cumulative distribution function
NF = r+q;
cdf_n = normcdf(NF,0,1);
```

ส่วนของฟังก์ชันวัตถุประสงค์

```
%objective value
orderquantity
= round(cdf_n -((K*D)/(W*(q^2)))+(h/(2*W)),4,'significant');

end
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ส่วนของวิธีการค้นหาใกล้เคียงแบบแปรผัน (VNS)

```
% Variable Neighborhood Search - VNS

clear all
close all
clc

tic

%_____________________________________________________________________
%                            VNS parameters
lambda = 1;
dlambda = -0.01;
elambda = 0.01;
%_____________________________________________________________________
%                            Setup the VNS
ff = 'objfunc';          %objective function
QL = 1;
QU = 1000;
%_____________________________________________________________________
%                          Stopping criteria
imin = 1;                %counter
imax = 1000;
min_obj = 0;             %optimized function

%_____________________________________________________________________
%                     Initial solution generation
q_initial = floor(random('unif',QL,QU,1,1));

for i=imin:1:imax
    q = q_initial;
    ff_q = feval(ff, q);
    abs_ff_q = abs(ff_q);
%_____________________________________________________________________
%               Shaking phase by Neighborhood NS
%    Generate a point Q' at random from k neighborhood of Q
    for stepsize = lambda:dlambda:elambda
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
        for z=1:length(abs_ff_q)
            if  ff_q(z) > 0.05  &&  q > 0
                d(z) = -1;
            else
                d(z) = 1;
            end
        end

%                       Neighborhood structure
        q_shaking = q + (rand(1,1)*stepsize*d) ;
        ff_q_shaking = feval(ff, q_shaking);
        abs_ff_q_shaking = abs(ff_q_shaking);

%_____________________________________________________________________________
%              Local Search by Iterated Local Search (ILS)
        for LS = imin:1:imax
            for z = 1:length(abs_ff_q_shaking)
                if ff_q_shaking(z)>0.05 && q_shaking>0
                    q_ILS = q_shaking - rand(1,1);
                else
                    q_ILS = q_shaking + rand(1,1);
                end
            end

            ff_q_ILS = feval(ff, q_ILS);
            abs_ff_q_ILS = abs(ff_q_ILS);

            if abs_ff_q_ILS < abs_ff_q_shaking
                local = q_ILS;
                localsearch = 1
            end
            if localsearch == 1
                 break;
            end
        end

        if abs_ff_q_ILS < abs_ff_q
```

```
            globalbest = q_ILS;
            f_globalbest = feval(ff, globalbest);
            abs_ff_q_globalbest= abs(f_globalbest);
            neighborhoodchanges  = 2
        end
        if neighborhoodchanges == 2
            break;
        end
    end

%_____________________________________________________________________________
%                       optimal solution
    if abs_ff_q_globalbest == 0
        q_optimal = globalbest;
        fprintf('The optimal value of Q is %.4f\n',global)
        objectivevalue = feval(ff,q_optimal);
        fprintf('Objective value = %.4d\n',objectivevalue)
        return
    else
        q = q_ILS;
    end

toc;
runing_timer_min = toc/60;
fprintf('CPU time %d\n',runing_timer_min)

end
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ค

บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อบทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

Pavee siriruk, Kingkanjana Dungkhokkruad. (2017). **Ordering quantity decisions for perishable inventory control using simulated annealing.** International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA 2017), 4th, pp. 111-115, IEEE.

2017 4th International Conference on Industrial Engineering and Applications

Ordering Quantity Decisions for Perishable Inventory Control Using Simulated Annealing

Pavee Siriruk, Kingkanjana Dungkhokkruad
School of Industrial Engineering, Institute of Engineering
Suranaree University of Technology, SUT
Nakhon Ratchasima 30000, Thailand
e-mail: pavee@g.sut.ac.th, kingkanjana.dung@gmail.com

***Abstract*—The perishable products are goods that loss their values over time. If the products cannot be sold on time, the values of excess inventory might go to zero. Because of its features are limited in terms of shelf life, so inventory management is a major obstacle for the company. The entrepreneur should focus on creating an effective inventory management system. The projected demand of consumers precisely. This will affect the amount of the right product. Continuous review *(Q,r)* concept is to define a reorder point and order quantity. This will support policy under the assumption that demand is normally distributed fixed lifetime with positive lead time. In this paper, a mathematical model with continuous review *(Q,r)*, used in determination of appropriate order quantity for the perishable inventory systems, is developed. The objective of this research is to find optimal ordering quantity, minimizing total costs. The modified Simulated Annealing (SA) is employed to find the optimal ordering quantity for perishable product inventory systems. The results indicated that the optimal ordering quantity is equal to 16.51, which is obtained from modified simulated annealing within 0.51 seconds. The expected total costs decreased 69.85 percent, when comparing with results obtained from EOQ model.**

Keywords-perishable inventory control; simulated annealing; heuristics

I. INTRODUCTION

Nowadays, controlling and managing the inventory of perishable products are extremely important in many current industries. Perishable inventory control is a wide spread phenomenon existing in many business sectors. For example, fresh food may gradually deteriorate before it gets consumed in supermarket and the electronic product may age while still in storage. Perishable products must consider shelf life of goods as a major factor. We must have sufficient product quantities for sales and the products must be sold in specific period before they are perished [1].

Perishable products have continuous or discrete loss of utility and therefore can have either fixed life or random life. Fixed life perishable products have a deterministic and definite shelf life such as pharmaceuticals, consumer packed goods, perfumes and photographic films. On the other hand, random life perishable products have a shelf life that is not known in advance and variable depending on variety factors including storage atmosphere. These products are discarded when they spoil and the time to spoilage is uncertain such as fruits, vegetables, dairy products, and bakery products [2].

Academic literature of inventory system for perishables product with deterministic or fixed lifetime can be categorized into various classes depending on (a) the inventory is reviewed periodically or continuously, (b) whether replenishment orders arrive instantaneously or after a positive lead time, (c) the cost components (ordering, holding, outdating and shortage costs).

The first comprehensive review on perishable products can be found in [3]. Schmidt and Nahmias [4] consider a perishable inventory model with fixed lifetime and lead time. This was the first model with continuous review and a non-zero lead time in a finite lifetime context. The representative literature of inventory management with respect to perishable products under continuous model includes [5], [6], and [7]. Under continuous review system, [8], [9], and [10] are related to revision of inventory level periodically of products which have no limitation of time and lead time of goods is zero. Chiu [6] developed a simple yet good approximation of the expected outdating for a fixed-life perishable inventory model with a positive lead time. This author used an extremely rough approximation of the expected inventory level per unit time since both the expected outdating of the current order size and the expected shortage quantity per cycle are assumed to be negligible in the calculation of the expected stock level. Though this strong assumption can help simplify computation of the holding cost, distortion in determining a best (Q, r) ordering policy may arise. Tekin, Gürler, and Berk [10] have developed a modified (Q, r) policy with positive lead times under a special aging process. Lian, Liu, and Zhao [11] studies inventory model which considers Continuous Review by using Markovian Renewal Process in order to find Optimal Ordering Policy by consideration of replenishment policy in inventory for single goods by assumed lead time is zero. Results obtained from analysis of expected recycle time function of total expected costs. Van Donselaar and Broekmeulen [13] estimates expectation of outdating in perishable goods in inventory management model which considers the expected recycle in lead time is not zero, first-in-first-out policy, discrete demand and stochastic demand as well as studying inventory of single echelon single product in perishable goods. The inventory will not able to support customer needs immediately, the estimation is made by assessment of expiration which is reduced by replacement of storage inventory according to character of product and character of first priority demand. The estimation is obtained from a regression analysis is

978-1-5090-6775-6/17/$31.00 ©2017 IEEE

applied for improvement. Optimal joint decisions for uncertain shelf life goods is joint replenishment and delivery of perishable goods by using solution of Branch-and-Cut Algorithm analyze by [14]. Taleizadeh [15] develop an economic order quantity (EOQ) model for a deteriorating item with and without shortage under consecutive prepayments.

Simulated Annealing (SA), first proposed by [16], is one of the best and well-known meta-heuristic algorithms to solve complex optimization problems. McKendall, Shang, and Kuppusamy [17] has studied and researched 2-Phase of Simulated Annealing (SA) such as SA I and SA II in order to reduce material loading cost and factory layout changing cost to have minimum total cost.

In this paper, we considered the perishable product with a continuous review model (Q, r) with respect to positive lead time, fixed lifetime and FIFO policy. The product lifetime is known and fixed. Finding optimization by using Simulated Annealing. Its purpose is to find ordering quantity for inventory system of perishable items by calculation of optimization for the minimum expected total cost which include outdated cost for perishable goods with certain expired date.

The rest of this paper is organized as follows. Section II introduces the basic assumptions of our model. In section III, the main analytical results for the continuous review model using the Simulated Annealing algorithm is presented. Section IV presents a numerical example to demonstrate the implementation of the proposed Simulated Annealing algorithm. Finally, conclusions are given in section V.

II. MATHEMATICAL MODEL

In section of the paper gives an overview of the proposed continuous review inventory model. Only one perishable products is considered. Products have a fixed lifetime of m units of time. We consider a FIFO issuing policy in which the first produced items are issued first. An order size of Q is placed when the inventory level reaches the order point, r. There is a positive lead time, L, for each replenishment. In this model consist of ordering cost, holding cost, and outdating cost.

The mathematical model of the problem is extended the work of Sirirak [18] and presented below.

A. Definition of Notations

K Fixed ordering cost per order.

h Inventory holding cost per unit per unit time.

W Outdating cost per unit.

D Total demand in a year.

L Positive order lead time.

r Reorder point.

k Safety factor.

m Fixed lifetime of the perishable product.

EC Total expected cost function.

Q^* Ordering quantity.

In order to build inventory models, we consider a continuous review and intend to minimize total cost per unit time by determining optimal value of its order quantity and reorder point. Besides following assumptions are considered:

Additional notations will be introduced later when needed. The following assumptions are made to derive formulae for the approximate continuous review perishable inventory model.

B. Assumption

The following assumptions are applied to the model:

a) The inventory system under consideration deals with single item. Perishable item with fixed lifetime equal to m periods.

b) The inventory is controlled by an (Q, r) continuous review system: an order of size $Q > 0$ is placed and FIFO issuing policies.

c) All units of a replenishment order arrive in fresh condition.

d) No shortage is allowed (all demands are met).

e) A positive order lead time L for replenishment; L is less than the lifetime m.

f) The demand unit time t, d_t, is a nonnegative random variable. It is also assumed that if Φ(t) is cumulative normal demand by time t, then Φ(t) is a stochastic process with stationary independent increments.

g) d_{m+L} is a random variable. $\Phi(m + L)$ has normal density $f_{m+L}(d_{m+L})$ and mean $(m + L)d$.

h) If each unit has not been used to meet a demand before the expiration date, it must be discarded and an outdate cost equals to W is charged.

i) Given that X is a random variable during lead time demand.

j) Assume demand is normally distributed. All normal distributions are characterized by two parameters, mean = μ and variance = σ^2.

C. Model Development

In this model, it is assumed that the products deteriorate with a constant deterioration rate. The total expected cost function consists of ordering cost, holding cost, and outdating cost as shown below.

$$EC(Q,r) = E[Ordering\ Cost + Holding\ Cost + Outdating\ Cost] \quad (1)$$

$$\mu_x = E[X] = L \times E[D] = DL \quad (2)$$

$$\sigma_x^2 = Var[X] = L \times Var[D],$$

So that $\sigma_x = \sigma\sqrt{L}$. (3)

$Pr\{X \geq r\}$ is the probability of stockout during the lead time, then choosing r such that $Pr\{X \geq r\} = q$,when q is

the allowable stock out probability. Due to the normal distributed probability, the $Pr\{X \geq r\} = q$, becomes $Pr\{Z \geq k\} = q$, where $k = \frac{r-\mu_X}{\sigma_X}$ is the safety factor. Thus, $r = \mu_X + k\sigma_X$,

From equation (2) and equation (3), the reorder point using the safety factor becomes,

$$r = DL + k\sigma\sqrt{L} \tag{4}$$

After approximating the reorder point by the safety factor, equation (1) can be recognized as

$$EC(Q) = E[Ordering\ Cost + Holding\ Cost + Outdating\ Cost] \tag{5}$$

The total expected cost function can be written as

$$EC(Q) = \frac{KD}{Q} + h\left\{\frac{Q}{2} + k\sigma\sqrt{L}\right\} + W\left[\int_0^{r+Q}(r+Q-d_{m+L})f_{m+L}(d_{m+L})\,dd_{m+L} - \int_0^{r}(r-d_{m+L})f_{m+L}(d_{m+L})\,dd_{m+L}\right] \tag{6}$$

From Siriruk [18]. The total expected cost function is greater than 0, $\forall Q > 0, EC(Q)$ is a convex function.

As the total cost function is a convex function to zero and solving yields the optimal Q^*

$$\Phi(r+Q^*) = \frac{KD}{WQ^{*2}} - \frac{h}{2W},$$

$$\Phi(r+Q^*) = -\frac{KD}{WQ^{*2}} - \frac{h}{2W} = 0 \tag{7}$$

The conventional EOQ equation is known as

$$Q = \sqrt{\frac{2KD}{h}} \tag{8}$$

III. Solution Methodology

This research applies Simulated Annealing (SA) to find the economic ordering quantity for fixed shelf life goods inventory under continuous review (Q, r). The optimization process of SA algorithm is shown as the flowchart in Fig. 1 (Shown in the last page).

Given Ordering cost (K), Holding cost (h), Outdating cost (W), Demand (D), Variance(σ^2), Safety factor (k), and Reorder point (r) is a constant value.

Step 1. Initial solutions by defining Q^* default by random value between $a \leq Q^* \leq b$ and [a, b] – [0, ∞].

Step 2. The expected cost function then can be calculated using equation (7)

$$\Phi(r+Q^*) = -\frac{KD}{WQ^{*2}} - \frac{h}{2W} = 0$$

Step 3. Determine conditions for Q^*

IF expected cost function < 0

Then set value of $a = Q^*$

Else IF expected cost function > 0

Then set value of $b = Q^*$

END IF

END IF

Step 4. If the total expected cost function is equal to 0 after substituting values of Q^* obtained in Step 3, then stop. Otherwise, go to Step 2.

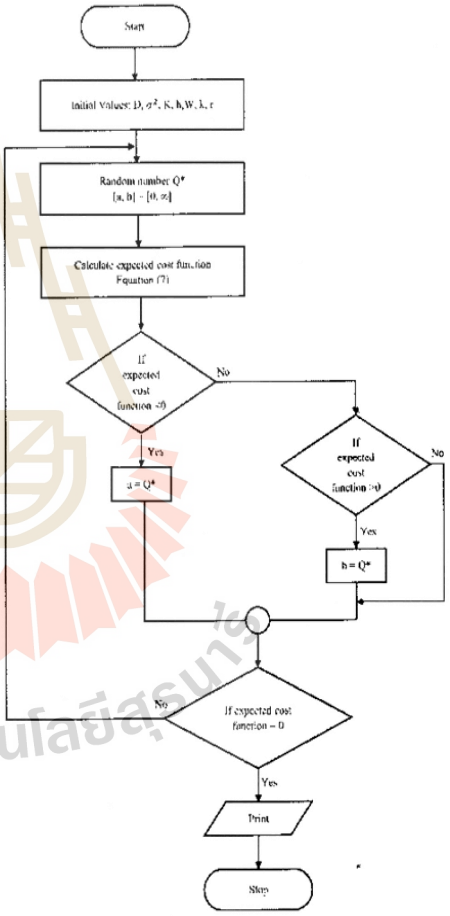


Figure 1. Flowchart of simulated annealing algorithm.

IV. NUMERICAL EXAMPLES

We consider a continuous review inventory system which verifies the assumptions described above. The reorder point is calculated from equation (4), equal to 104.05. The values of all parameters are shown in Table I.

TABLE I. THE VALUES OF ALL PARAMETERS

No	*Parameters*	*Symbol*	*Value*
1	Demand is normally distributed with mean	μ	10
2	Variance	σ^2	10
3	Ordering cost	K	15
4	Holding cost	H	1
5	Outdating cost	W	5
6	Safety factor	k	1.2815
7	Reorder point	R	104.0477

The Simulated annealing algorithm is coded in MATLAB R2014a. The optimal ordering quantity (Q^*), using equation (7) and simulated annealing algorithm described above, is equal to 16.51 units (Q^* = 16.51). The optimal solution is obtained within 0.51 seconds. The computational results are shown in Table II.

TABLE II. THE EXPERIMENTAL RESULTS

Results	*Value*	*Unit*
Order quantity	16.51	units
Run time	0.51	seconds
The average of rounds	30,466	cycles

We compare the optimal solutions between equation (7) and equation (8). From Table III we found that equation (8) the order quantity is 54.77 unit.

TABLE III. COMPARE THE OPTIMAL VALUES

Equation no.	Parameters							Order quantity
	μ	σ^2	K	H	W	k	r	
(7)	10	10	15	1	5	1.2815	104.0477	16.51
(8)	10	10	15	1	5	1.2815	104.0477	54.77

We consider numerical example to show that the optimal order quantity obtained from equation (7) is 16.51 less than that obtained from equation (8). The order quantity decrease 69.85 percent when compared to ordering quantity obtained by using EOQ Method.

V. CONCLUSIONS

The purpose of this research is to find the optimal ordering quantity for the perishable products. The fixed lifetime under continuous review inventory policy is assumed. The objective is to minimize the total expected cost function.

The modified simulated annealing algorithm was developed to find optimal ordering quantity. The results showed that the optimal ordering quantity was 16.51 units with processing time of 0.51 seconds and repeating 30,466 cycles. The comparison between modified simulated annealing algorithm and economic order quantity model (EOQ) demonstrated that modified simulated annealing algorithm was better than EOQ model because simulated annealing algorithm can reduce the total expected cost and fulfill uncertain demands.

REFERENCES

[1] A. Herbon, E. Levner, and T. Cheng, "Perishable inventory management with dynamic pricing using time–temperature indicators linked to automatic detecting devices," International Journal of Production Economics, vol. 147, pp. 605-613, 2014.

[2] F. Raafat, "Survey of literature on continuously deteriorating inventory models," Journal of the Operational Research society, vol. 42, no. 1, pp. 27-37, 1991.

[3] S. Nahmias, "Optimal ordering policies for perishable inventory—II," Operations Research, vol. 23, no. 4, pp. 735-749, 1975.

[4] C. P. Schmidt, and S. Nahmias, "Optimal policy for a two-stage assembly system under random demand," Operations Research, vol. 33, no. 5, pp. 1130-1145, 1985.

[5] P. Nandakumar, and T. E. Morton, "Near myopic heuristics for the fixed-life perishability problem," Management Science, vol. 39, no. 12, pp. 1490-1498, 1993.

[6] H. N. Chiu, "An approximation to the continuous review inventory model with perishable items and lead times," European Journal of Operational Research, vol. 87, no. 1, pp. 93-108, 1995.

[7] S.-C. Chen, and J.-T. Teng, "Retailer's optimal ordering policy for deteriorating items with maximum lifetime under supplier's trade credit financing," Applied Mathematical Modelling, vol. 38, no. 15, pp. 4049-4061, 2014.

[8] M. A. Cohen, "Analysis of single critical number ordering policies for perishable inventories," Operations Research, vol. 24, no. 4, pp. 726-741, 1976.

[9] S. Nahmias, "On ordering perishable inventory when both demand and lifetime are random," Management Science, vol. 24, no. 1, pp. 82-90, 1977.

[10] D. Chazan, and S. Gal, "A Markovian model for a perishable product inventory," Management Science, vol. 23, no. 5, pp. 512-521, 1977.

[11] E. Tekin, Ü. Gürler, and E. Berk, "Age-based vs. stock level control policies for a perishable inventory system," European Journal of Operational Research, vol. 134, no. 2, pp. 309-329, 2001.

[12] Z. Lian, X. Liu, and N. Zhao, "A perishable inventory model with Markovian renewal demands," International Journal of Production Economics, vol. 121, no. 1, pp. 176-182, 2009.

[13] K. H. Van Donselaar, and R. A. Broekmeulen, "Approximations for the relative outdating of perishable products by combining stochastic modeling, simulation and regression modeling," International Journal of Production Economics, vol. 140, no. 2, pp. 660-669, 2012.

[14] L. C. Coelho, and G. Laporte, "Optimal joint replenishment, delivery and inventory management policies for perishable products," Computers & Operations Research, vol. 47, pp. 42-52, 2014.

[15] A. A. Taleizadeh, "An economic order quantity model for deteriorating item in a purchasing system with multiple prepayments," Applied Mathematical Modelling, vol. 38, no. 23, pp. 5357-5366, 2014.

[16] S. Kirkpatrick, C. D. Gelatt, and M. P. Vecchi, "Optimization by simulated annealing," science, vol. 220, no. 4598, pp. 671-680, 1983.

[17] A. R. McKendall, J. Shang, and S. Kuppusamy, "Simulated annealing heuristics for the dynamic facility layout problem," Computers & operations research, vol. 33, no. 8, pp. 2431-2444, 2006.

[18] P. Siriruk, "The Optimal Ordering Policy for a Perishable Inventory System."

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นางสาวกิ่งกาญจนา ดุงโคกกรวด เกิดเมื่อวันที่ 23 ธันวาคม พ.ศ. 2533 ภูมิลำเนาอยู่ที่บ้านเลขที่ 363 หมู่ 4 ตำบลโคกกรวด อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสุรนารีวิทยา และเริ่มเข้าศึกษาระดับปริญญาตรีที่ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ. 2552 และสำเร็จการศึกษาเมื่อปี พ.ศ. 2555

จากนั้นได้เข้าศึกษาในสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปี พ.ศ. 2556 ในขณะที่ศึกษาต่อในระดับบัณฑิตศึกษา ได้เป็นผู้ช่วยสอนรายวิชาปฏิบัติการกรรมวิธีการผลิต รายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมอุตสาหการขั้นพื้นฐาน และรายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกลสำหรับวิศวกรรมอุตสาหการ

ผลงานวิจัย : ได้เสนอบทความเข้าร่วมในการประชุมวิชาการ 2017 4th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA) ประจำปี 2560 เรื่อง Ordering quantity decisions for perishable inventory control using simulated annealing

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี