



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหกรรม)

ปริญญา

วิศวกรรมอุตสาหกรรม

วิศวกรรมอุตสาหกรรม

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง นำระบบการบริหารสินค้าคงคลังโดยผู้ผลิตมาใช้เพื่อหาระดับสินค้าคงคลังที่เหมาะสม
สำหรับปัญหาที่มีคลังสินค้าหลักแห่งเดียว กับหลายผู้ค้าปลีก

Implementation of Vendor Managed Inventory System to Determine Inventory Levels
for Single Warehouse with Multi Retailers Problem

นามผู้วิจัย นายปวิณ สุวแซ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์อนันต์ มุ่งวัฒนา, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุพิทักษ์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์อนันต์ มุ่งวัฒนา, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กาญจนา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

นำระบบการบริหารสินค้าคงคลังโดยผู้ผลิตมาใช้เพื่หาระดับสินค้าคงคลังที่เหมาะสม
สำหรับปัญหาที่มีคลังสินค้าหลักแห่งเดียว กับหลายผู้ค้าปลีก

Implementation of Vendor Managed Inventory System to Determine Inventory Levels
for Single Warehouse with Multi Retailers Problem

โดย

นายปวิณ สุวเขา

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหกรรม)

พ.ศ. 2556

ปวิณ สุวแซ 2556: นาระบบการบริหารสินค้าคงคลังโดยผู้ผลิตมาใช้เพื่อหาระดับสินค้าคงคลังที่เหมาะสมสำหรับปัญหาที่มีคลังสินค้าหลักแห่งเดียวกับหลายผู้ค้าปลีก ปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหการ) สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชา
วิศวกรรมอุตสาหการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์
อนันต์ มุ่งวัฒนา, Ph.D. 76 หน้า

โดยทั่วไปปัญหาการเติมเต็มสินค้าคงคลังในปริมาณคงที่จะเป็นระบบที่มีต้นทุนการขนส่งสินค้าและต้นทุนการถือครองสินค้าสูง ดังนั้นในงานวิจัยนี้พิจารณาปัญหาที่มีคลังสินค้าหลักแห่งเดียวกับผู้ค้าปลีกหลายรายซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อการลดต้นทุนด้านสินค้าคงคลังและต้นทุนการขนส่งสินค้าคงคลังให้ต่ำที่สุด งานวิจัยนี้ได้นำแนวคิดการบริหารสินค้าคงคลังมาประยุกต์ใช้เพื่อกำหนดระดับของสินค้าคงคลังที่ผู้ค้าปลีกและกำหนดระยะเวลาในการเติมเต็มสินค้าคงคลังในแต่ละรอบแต่ก่อนอื่นต้องใช้วิธีการเดินทางของพนักงานขายหลายคนพร้อมกัน (multi Traveling Salesman Problem : mTSP) เพื่อจัดกลุ่มผู้ค้าปลีก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ระยะทางรวมสำหรับการขนส่งต่ำที่สุดโดยมีข้อจำกัดด้านเวลาการขนส่ง นอกจากนี้ในงานวิจัยนี้ได้สมมติให้การขนส่งต้องส่งด้วยสินค้าเต็มคัน ซึ่งความสามารถในการบรรทุกสินค้าของยานพาหนะจะเป็นตัวกำหนดระดับสินค้าคงคลังที่ผู้ค้าปลีก ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ถูกนำไปเปรียบเทียบกับวิธีการหาขนาดการสั่งซื้อที่ประหยัดเมื่อต้นทุนการส่งสินค้ามีราคาสูงขึ้น (EOQ with Rising Delivery Cost) ซึ่งต้นทุนรวมของวิธีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมานี้มีต้นทุนรวมต่ำกว่าโดยเฉลี่ย 23.03%

ลายมือชื่อนิติ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Pawin Suwakae 2013: Implementation of Vendor Managed Inventory System to Determine Inventory Levels for Single Warehouse with Multi Retailers Problem. Master of Engineering (Industrial Engineering), Major Field: Industrial Engineering, Department of Industrial Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Anan Mungwattana, Ph.D. 76 pages.

The replenishment problem using the fixed order size system usually results in high transportation and holding costs. Thus, this research investigates the single warehouse-multi retailer problem with the objective of minimizing the inventory and transportation costs. The vendor managed inventory concept is applied to specify the inventory level and time to delivery. But first, the multi traveling salesman problem is solved to cluster the retailers with the objective of minimizing the total distance with time window constrain. Furthermore, in this research, it is assumed that delivery is made with full truckload. Then, truck capacity determines inventory level. The results have been compared with the economic order quantity with rising delivery cost. And the total cost is reduced on average by 23.03% comparing with the rising cost.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.อนันต์ มุ่งวัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการวางแผนงานในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.วิสุทธิ์ สุพิทักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รวมทั้งคณะกรรมการในการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้ายทุกท่านที่เสียสละเวลาควบคุมการสอบและให้คำแนะนำเพื่อให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม และอาจารย์คณะบริหารธุรกิจทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ต่อไป รวมทั้งขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาและครอบครัวที่ได้ให้การสนับสนุนช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ปวิณ สุวแข

มีนาคม 2556

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	26
อุปกรณ์	26
วิธีการ	26
ผลและวิจารณ์	35
สรุปและข้อเสนอแนะ	47
สรุป	47
ข้อเสนอแนะ	48
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	49
ภาคผนวก	52
ภาคผนวก ก แผนผังระยะทาง	53
ภาคผนวก ข เส้นทางการขนส่งสินค้าในกรณีที่มีต้นทุนต่ำที่สุด	59
ภาคผนวก ค ระดับสินค้าคงคลังของวิธีวิริสติกส์	61
ภาคผนวก ง ระดับสินค้าคงคลังของวิธี Rising Delivery Cost	66
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	76

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1	ลักษณะของปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ
2	ข้อมูลปริมาณความต้องการสินค้าและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละผู้ค้าปลีก
3	ระยะทางระหว่างคลังสินค้ากับผู้ค้าปลีกและผู้ค้าปลีกกับผู้ค้าปลีก
4	เส้นทางการขนส่งของยานพาหนะแต่ละคัน
5	คำนวณเงื่อนไขด้านเวลาการขนส่ง
6	ตัวอย่างการหาระดับสินค้าคงคลังและระดับสินค้าคงคลังสำรองที่ผู้ค้าปลีก
7	ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดในวิธีฮิวริสติกส์
8	หาระดับสินค้าคงคลังสำหรับวิธีการสั่งซื้อแบบประหยัดเมื่อต้นทุนการขนส่งเพิ่ม
9	ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดในวิธีการสั่งซื้อแบบประหยัดเมื่อต้นทุนการขนส่งเพิ่ม
10	ต้นทุนของปัญหาสมมติในแต่ละกรณีและวิธีเปรียบเทียบ
11	ผลการทดลองจากการเปลี่ยนแปลงผู้ค้าปลีกตั้งแต่ 5 รายจนถึง 13 ราย
12	ต้นทุนด้านสินค้าคงคลังของทั้งสองวิธีจากการวิเคราะห์ที่ 5 ผู้ค้าปลีก
13	ต้นทุนด้านสินค้าคงคลังของทั้งสองจากการวิเคราะห์ที่ 10 ผู้ค้าปลีก
14	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของต้นทุนด้านสินค้าคงคลังจากการวิเคราะห์ที่ 5 ผู้ค้าปลีก
15	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของต้นทุนด้านสินค้าคงคลังจากการวิเคราะห์ที่ 10 ผู้ค้าปลีก
16	ผลการทดสอบความแตกต่างของค่ามัธยฐานระหว่าง 2 วิธี
17	ค่า P-Value จากการทดสอบความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
18	ค่า P-Value จากการทดสอบระดับของปัจจัยโดยใช้ Mann-Whitney Test
19	วิเคราะห์ช่วงความเชื่อมั่นของเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
20	ปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์ความไว
21	ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่ได้จากการวิเคราะห์ความไว

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ก1 แผนผังระยะทางสำหรับปัญหาที่มี 6 ผู้ค้าปลีก	54
ก2 แผนผังระยะทางสำหรับปัญหาที่มี 7 ผู้ค้าปลีก	54
ก3 แผนผังระยะทางสำหรับปัญหาที่มี 8 ผู้ค้าปลีก	55
ก4 แผนผังระยะทางสำหรับปัญหาที่มี 9 ผู้ค้าปลีก	55
ก5 แผนผังระยะทางสำหรับปัญหาที่มี 10 ผู้ค้าปลีก	56
ก6 แผนผังระยะทางสำหรับปัญหาที่มี 11 ผู้ค้าปลีก	56
ก7 แผนผังระยะทางสำหรับปัญหาที่มี 12 ผู้ค้าปลีก	57
ก8 แผนผังระยะทางสำหรับปัญหาที่มี 13 ผู้ค้าปลีก	58
ข1 เส้นทางการขนส่งสินค้าสำหรับกรณีที่มีต้นทุนต่ำที่สุด	60
ค1 ระดับสินค้าคงคลังของวิธีฮิวริสติกส์สำหรับ 5 ผู้ค้าปลีก	62
ค2 ระดับสินค้าคงคลังของวิธีฮิวริสติกส์สำหรับ 6 ผู้ค้าปลีก	62
ค3 ระดับสินค้าคงคลังของวิธีฮิวริสติกส์สำหรับ 7 ผู้ค้าปลีก	62
ค4 ระดับสินค้าคงคลังของวิธีฮิวริสติกส์สำหรับ 8 ผู้ค้าปลีก	63
ค5 ระดับสินค้าคงคลังของวิธีฮิวริสติกส์สำหรับ 9 ผู้ค้าปลีก	63
ค6 ระดับสินค้าคงคลังของวิธีฮิวริสติกส์สำหรับ 10 ผู้ค้าปลีก	64
ค7 ระดับสินค้าคงคลังของวิธีฮิวริสติกส์สำหรับ 11 ผู้ค้าปลีก	64
ค8 ระดับสินค้าคงคลังของวิธีฮิวริสติกส์สำหรับ 12 ผู้ค้าปลีก	65
ค9 ระดับสินค้าคงคลังของวิธีฮิวริสติกส์สำหรับ 13 ผู้ค้าปลีก	65

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ง1 ระดับสินค้าคงคลังของวิธี Rising Delivery Cost สำหรับ 5 ผู้ค้าปลีก	67
ง2 ระดับสินค้าคงคลังของวิธี Rising Delivery Cost สำหรับ 6 ผู้ค้าปลีก	68
ง3 ระดับสินค้าคงคลังของวิธี Rising Delivery Cost สำหรับ 7 ผู้ค้าปลีก	69
ง4 ระดับสินค้าคงคลังของวิธี Rising Delivery Cost สำหรับ 8 ผู้ค้าปลีก	70
ง5 ระดับสินค้าคงคลังของวิธี Rising Delivery Cost สำหรับ 9 ผู้ค้าปลีก	71
ง6 ระดับสินค้าคงคลังของวิธี Rising Delivery Cost สำหรับ 10 ผู้ค้าปลีก	72
ง7 ระดับสินค้าคงคลังของวิธี Rising Delivery Cost สำหรับ 11 ผู้ค้าปลีก	73
ง8 ระดับสินค้าคงคลังของวิธี Rising Delivery Cost สำหรับ 12 ผู้ค้าปลีก	74
ง9 ระดับสินค้าคงคลังของวิธี Rising Delivery Cost สำหรับ 13 ผู้ค้าปลีก	75

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1	โครงข่ายของโซ่อุปทาน
2	ระบบการสั่งซื้อแบบ Economic Order Quantity (EOQ)
3	ต้นทุนรวมของระบบการสั่งซื้อแบบ Economic Order Quantity (EOQ)
4	การสั่งซื้อระบบ Economic Order Interval (EOI)
5	ต้นทุนรวมของระบบการสั่งซื้อแบบ Economic Order Interval (EOI)
6	เส้นต้นทุนรวมของกรณีมีส่วนลดในการสั่งซื้อสินค้า
7	เส้นต้นทุนรวมของกรณีต้นทุนการขนส่งมีค่าสูงขึ้น
8	เครือข่ายเส้นทางยานพาหนะ
9	กรอบการทำงาน
10	ทดสอบการแจกแจงปกติ (Normality Test)
11	กราฟผลกระทบของปัจจัยหลัก
12	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับต้นทุนการขนส่งสินค้าและค่า สัดส่วนการถือครองสินค้า

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

C_{ij}	=	คือเป็นระยะทางจากคลังสินค้าหรือผู้ค้าปลีกที่ i ไปยังคลังสินค้าหรือผู้ค้าปลีกที่ j
C_m	=	คือระยะทางรวมในแต่ละเส้นทางการขนส่ง m
d_i^m	=	คือปริมาณความต้องการสินค้าเฉลี่ยต่อวัน
D_i^m	=	คือปริมาณความต้องการสินค้าต่อปี
H	=	คือต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลังต่อหน่วยต่อปี
h	=	คือค่าสัดส่วนต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลัง
K	=	คือความสามารถในการบรรทุกสินค้าของยานพาหนะ
L	=	คือระยะทางที่ยานพาหนะสามารถวิ่งได้ต่อวัน
LT_m	=	คือช่วงเวลานำในการขนส่งสินค้าในแต่ละเส้นทางการขนส่ง m
m	=	คือจำนวนพนักงานขาย (ยานพาหนะ) ที่กำหนดในแต่ละกรณี
n	=	คือจำนวนผู้ค้าปลีก
Ordering Cost	=	คือต้นทุนการสั่งซื้อสินค้าต่อเที่ยว
Q_i^m	=	คือระดับสินค้าคงคลังที่ผู้ค้าปลีกแต่ละราย
SS_i^m	=	คือระดับของสินค้าคงคลังสำรองที่ผู้ค้าปลีกแต่ละราย
T_m	=	คือเวลาการใช้สินค้าในแต่ละเส้นทางการขนส่ง m
Tr	=	คือต้นทุนการขนส่งสินค้า (บาท/กม.)
WD	=	คือจำนวนวันทำงาน
X_{ij}	=	คือเส้นทางระหว่างคลังสินค้าหรือผู้ค้าปลีกที่ i ไปยังคลังสินค้าหรือผู้ค้าปลีกที่ j
σ_i^m	=	คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณความต้องการสินค้าเฉลี่ยต่อวัน

**นำระบบการบริหารสินค้าคงคลังโดยผู้ผลิตมาใช้เพื่อหาระดับสินค้าคงคลังที่เหมาะสม
สำหรับปัญหาที่มีคลังสินค้าหลักแห่งเดียว กับหลายผู้ค้าปลีก**

**Implementation of Vendor Managed Inventory System to Determine Inventory
Levels for Single Warehouse Multi Retailer Problem**

คำนำ

ภายใต้สภาพแวดล้อมของการแข่งขันทางธุรกิจในปัจจุบันและวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่สั้นลงรวมทั้งความคาดหวังของลูกค้าที่เพิ่มสูงขึ้น สิ่งต่างๆเหล่านี้เป็นแรงผลักดันให้ผู้ประกอบการต้องหาแนวทาง และวิธีการเพื่อตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้าเพื่อให้บริษัทสามารถยืนอยู่บนเส้นทางธุรกิจต่อไปได้ ปัจจุบันธุรกิจส่วนใหญ่ทั่วโลกได้หันมาลงทุนและให้ความสำคัญกับกลยุทธ์การบริหารห่วงโซ่อุปทาน เนื่องจากการบริหารห่วงโซ่อุปทานเป็นแนวทางที่จะสามารถลดต้นทุนและเพิ่มขีดความสามารถในเชิงธุรกิจได้

กระบวนการการขนส่งเป็นอีกหนึ่งกิจกรรมในระบบห่วงโซ่อุปทานที่มีต้นทุนสูงเนื่องจากการขนส่งคือการเคลื่อนย้ายปัจจัยการผลิตจากแหล่งผลิตต่างๆ มาสู่โรงงานเพื่อนำไปใช้ในการผลิตจนถึงการขนส่งสินค้าสำเร็จรูปไปยังผู้ค้าปลีกต่างๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค อีกทั้งยังมีผลต่อต้นทุนรวมในการสนับสนุนการกระจายสินค้าสู่ตลาด ดังนั้นการขนส่งจึงมีบทบาทสำคัญต่อการสนับสนุนการกระจายสินค้าสู่ตลาด นอกจากนี้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าก็ถือเป็นต้นทุนส่วนหนึ่งในการนำมากำหนดราคาสินค้าที่จำหน่ายในตลาด ดังนั้นการหานโยบายในการขนส่งสินค้าที่ดีกว่าวิธีเดิม จะสามารถเพิ่มความสามารถในการแข่งขันในยุคปัจจุบันได้

ระบบการบริหารสินค้าคงคลังโดยผู้ผลิตถูกนำมาช่วยในการบริหารสินค้าคงคลังในคลังสินค้าของลูกค้าทำให้ผู้ผลิตทราบยอดสินค้าคงคลังคงเหลือของลูกค้า และสามารถดำเนินการตัดสินใจในการเติมสินค้าให้กับลูกค้า ซึ่งจะช่วยลดปัญหาการเก็บสะสมของสินค้าสินค้าคงคลังทั้งในส่วนของผู้ผลิตและลูกค้าด้วย

งานวิจัยนี้สนใจปัญหาของระบบการเติมเต็มสินค้าคงคลังในปริมาณคงที่สำหรับปัญหาที่มีคลังสินค้าหลักแห่งเดียวกับหลายผู้ค้าปลีก โดยใช้แนวคิดการบริหารสินค้าคงคลังโดยผู้ผลิตมาประยุกต์กับคลังสินค้าเพื่อให้คลังสินค้าสามารถสังเกตระดับสินค้าคงคลัง อัตราการใช้สินค้าคงคลังของผู้ค้าปลีกและสามารถวางแผนการขนส่งสินค้าคงคลังได้อย่างเหมาะสม และใช้วิธีการเดินทางของพนักงานขายหลายคนพร้อมกัน (multi Traveling Salesman Problem : mTSP) เพื่อใช้ในการจัดกลุ่มผู้ค้าปลีก โดยมีวัตถุประสงค์ให้เส้นทางการขนส่งนั้นต่ำที่สุด โดยมีข้อจำกัดด้านเวลาในการขนส่งด้วย นอกจากนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอแนวคิดการส่งสินค้าด้วยยานพาหนะเต็มคันในงานวิจัยนี้เพื่อนำมาแก้ปัญหาการใช้ความสามารถในการบรรทุกของยานพาหนะไม่เต็มประสิทธิภาพและใช้เป็นตัวกำหนดระดับของสินค้าคงคลังที่ผู้ค้าปลีกและเป็นตัวกำหนดข้อจำกัดด้านเวลาการขนส่ง ซึ่งผลที่ได้จากการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหานี้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับการหาระดับสินค้าคงคลังด้วยวิธีการหาขนาดการสั่งซื้อที่ประหยัดในกรณีที่ต้นทุนการส่งสินค้ามีราคาสูงขึ้นเมื่อส่งสินค้ามากขึ้น (Economic Order Quantity with Rising Delivery Cost)

วัตถุประสงค์

1. พัฒนารูปแบบการแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับปัญหาการเดิมเดิมสินค้าคงคลัง เพื่อหาจำนวนยานพาหนะที่เหมาะสมสำหรับการขนส่งสินค้าไปยังผู้ค้าปลีก
2. วิเคราะห์หาระดับสินค้าคงคลังที่เหมาะสมสำหรับผู้ค้าปลีก

ขอบเขตของงานวิจัย

1. พิจารณาลังสินค้า 1 แห่งและผู้ค้าปลีก 13 ราย
2. จำนวนเส้นทางที่ใช้ในการขนส่งสินค้า จะมีได้ไม่เกินจำนวนผู้ค้าปลีก และในแต่ละเส้นทางจะมียานพาหนะได้เพียงคันเดียว
3. ยานพาหนะจะออกไปส่งสินค้าได้ก็ต่อเมื่อมีสินค้าเต็มคัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้จำนวนยานพาหนะที่เหมาะสมสำหรับการขนส่ง
2. ได้รู้ระดับสินค้าคงคลังที่เหมาะสมสำหรับผู้ค้าปลีกแต่ละราย

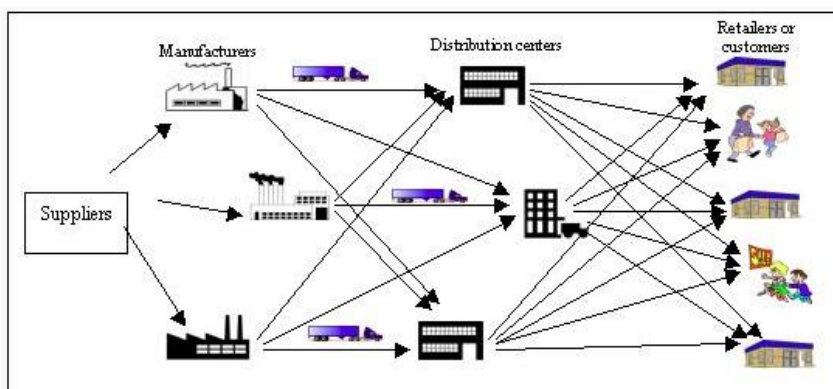
การตรวจเอกสาร

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.1 ห่วงโซ่อุปทาน

โซ่อุปทาน หมายถึง การเชื่อมต่อของหน่วยหรือจุดต่างๆในการผลิตสินค้าหรือบริการที่เริ่มต้นจากวัตถุดิบไปยังจุดสุดท้ายคือลูกค้า โดยทั่วไปแล้วโซ่อุปทานประกอบด้วยจุดที่สำคัญๆ คือ

1. ผู้ส่งมอบ (Suppliers) หมายถึง ผู้ที่ส่งวัตถุดิบให้กับโรงงานหรือหน่วยบริการ
2. โรงงานผู้ผลิต (Manufacturers) หมายถึง ผู้ที่ทำหน้าที่ในการแปรรูปวัตถุดิบที่ได้รับจากผู้ส่งมอบ ให้มีคุณค่าสูงขึ้น
3. ศูนย์กระจายสินค้า (Distribution Centers) หมายถึง จุดที่ทำหน้าที่ในการกระจายสินค้าไปให้ถึงมือผู้บริโภคหรือลูกค้าที่ศูนย์กระจายสินค้าหนึ่งๆ อาจจะมีสินค้าที่มาจากหลายโรงงานการผลิต เช่น ศูนย์กระจายสินค้าของซูเปอร์มาร์เก็ตต่างๆ จะมีสินค้ามาจากโรงงานที่ต่าง ๆ กัน
4. ร้านค้าย่อยและลูกค้าหรือผู้บริโภค (Retailers or Customers) คือ จุดปลายทางสุดของโซ่อุปทาน ซึ่งเป็นจุดที่สินค้าหรือบริการต่างๆจะต้องถูกใช้จนหมดมูลค่า และไม่มีการเพิ่มคุณค่าให้กับสินค้าหรือบริการนั้นๆ



ภาพที่ 1 โครงข่ายของโซ่อุปทาน

กิจกรรมหลักในโซ่อุปทาน

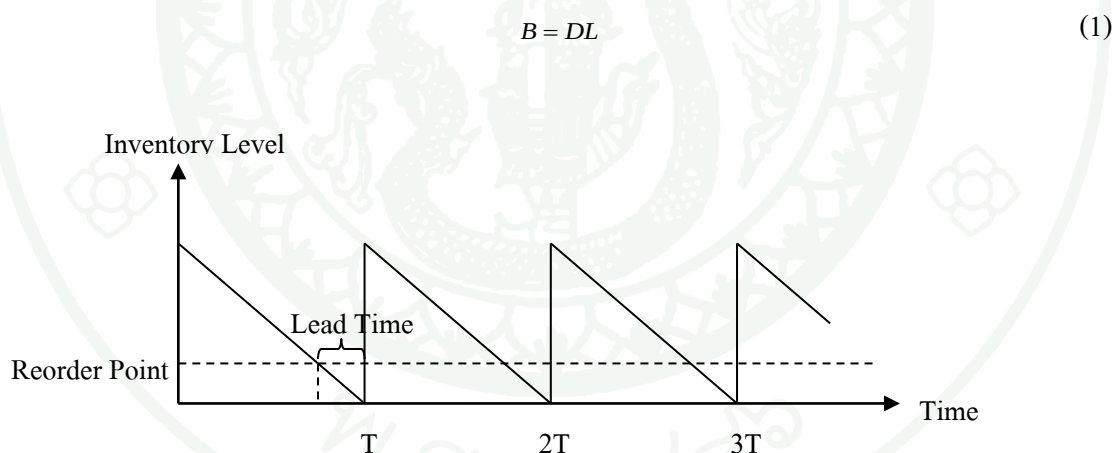
1. การจัดหา (Procurement) เป็นการจัดหาวัตถุดิบหรือวัสดุที่ป้อนเข้าไปยังจุดต่างๆในสายของห่วงโซ่อุปทาน
2. การขนส่ง (Transportation) เป็นกิจกรรมที่เพิ่มคุณค่าของสินค้าในแง่ของการย้ายสถานที่ หากการขนส่งไม่ดี สินค้าอาจจะได้รับความเสียหายระหว่างทางจะเห็นว่าการขนส่งก็มีผลต่อต้นทุนโดยตรง
3. การจัดเก็บ (Warehousing) เป็นกิจกรรมที่มีได้เพิ่มคุณค่าให้กับตัวสินค้าเลย แต่ก็เป็นกิจกรรมที่ต้องมีเพื่อรองรับกับความต้องการของลูกค้าที่ไม่คงที่ รวมทั้งประโยชน์ในด้านการประหยัดเมื่อมีการผลิตของจำนวนมากในแต่ละครั้ง
4. การกระจายสินค้า (Distribution) เป็นกิจกรรมที่ช่วยกระจายสินค้าจากจุดจัดเก็บส่งต่อไปยังร้านค้าปลีกหรือซูเปอร์มาร์เก็ต

1.2 การจัดการสินค้าคงคลัง

1.2.1 ทฤษฎีการจัดการสินค้าคงคลังเบื้องต้น

Richard (1994) ได้กล่าวถึง ระบบที่ความต้องการสินค้ามีความเป็นอิสระต่อกัน (Independent Demand System) ในการสั่งซื้อสินค้านั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ Fixed Order Size System และ Fixed Order Interval System

1. ระบบ Fixed Order Size System มีคุณลักษณะที่สำคัญสองอย่างคือ เป็นระบบที่มีการสั่งซื้อสินค้าในปริมาณคงที่ทุกครั้ง และจะมีการสั่งซื้อสินค้าก็ต่อเมื่อปริมาณสินค้าในคลังสินค้าลดลงมาถึงจุดสั่งซื้อสินค้า (Reorder Point) ระบบนี้อาจถูกเรียกว่าระบบ Continuous review system ซึ่งมีตัวแบบที่สำคัญคือ ตัวแบบ Economic Order Quantity: EOQ การหาจุดสั่งซื้อที่เหมาะสมสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1) โดยระบบการสั่งซื้อแบบ Economic Order Quantity (EOQ) แสดงได้ตามภาพที่ 2

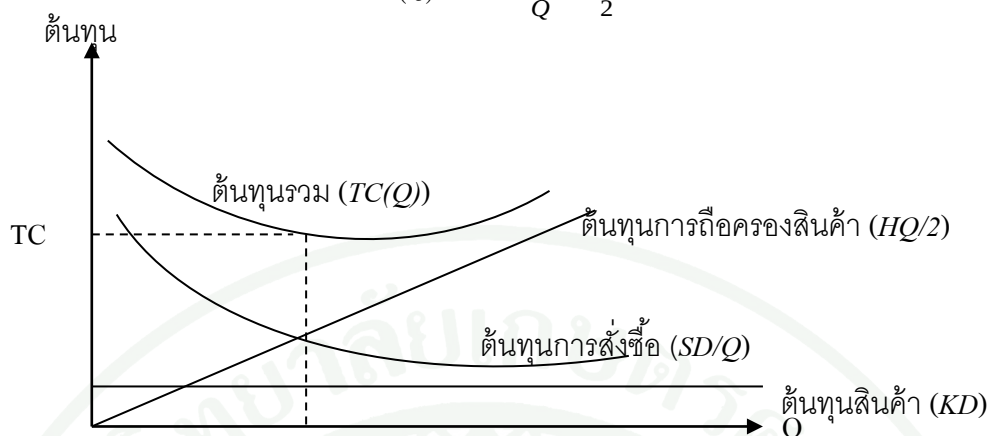


ภาพที่ 2 ระบบการสั่งซื้อแบบ Economic Order Quantity (EOQ)

ที่มา : Richard (1994)

ซึ่งต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นในระบบ EOQ แบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ ต้นทุนสินค้า ต้นทุนในการสั่งซื้อ และต้นทุนในการถือครองสินค้า ดังสมการที่ (2) และภาพที่ 3

$$TC(Q) = KD + \frac{SD}{Q} + \frac{HQ}{2} \quad (2)$$



ภาพที่ 3 ต้นทุนรวมของระบบการสั่งซื้อแบบ Economic Order Quantity (EOQ)

ที่มา: Richard (1994)

เป้าหมายของระบบ EOQ คือ ต้องการหาปริมาณการสั่งซื้อในแต่ละครั้งที่ทำให้ต้นทุนรวมในการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตต่ำที่สุด แสดงว่า $\frac{\partial TC(Q)}{\partial Q} = 0$ ซึ่งเมื่อทำการแก้สมการแล้วจะได้ ปริมาณการสั่งซื้อและรอบเวลาการสั่งซื้อที่เหมาะสมดังสมการที่ (3) และ (4)

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (3)$$

$$T^* = Q^*/D \quad (4)$$

เนื่องมาจากความไม่แน่นอนของความต้องการสินค้า ในช่วงเวลานำส่งสินค้า จึงจำเป็นต้องมี Safety Stock ไว้เพื่อป้องกันการขาดสินค้า ซึ่งสามารถหา Safety Stock ได้ตามสมการที่ (5)

$$SS = Z\sigma_L \quad (5)$$

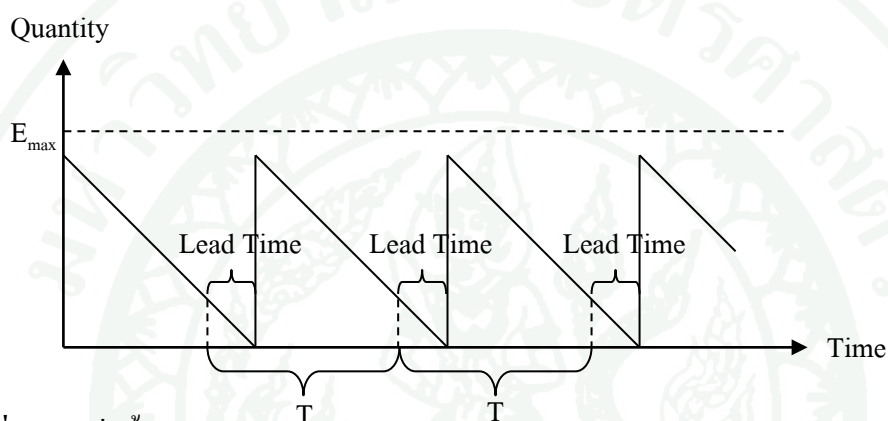
2. ระบบ Fixed Order Interval System เป็นระบบที่มีการสั่งซื้อสินค้าตามรอบเวลาของการสั่งซื้อซึ่งคงที่ ทำให้ปริมาณในการสั่งซื้อในแต่ละรอบของการสั่งซื้อไม่คงที่ ตัวอย่างที่สำคัญคือ ตัวอย่าง Economic Order Interval: EOI โดยสามารถหารอบเวลาการสั่งซื้อที่เหมาะสมได้จากสมการที่ (6)

$$T^* = \sqrt{\frac{2S}{HD}} \quad (6)$$

และระดับสินค้าคงคลังสูงสุด ($E_{\max}$) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (7)

$$E_{\max} = D(T^* + L) \quad (7)$$

โดยการสั่งซื้อระบบ Economic Order Interval (EOI) แสดงดังภาพที่ 4

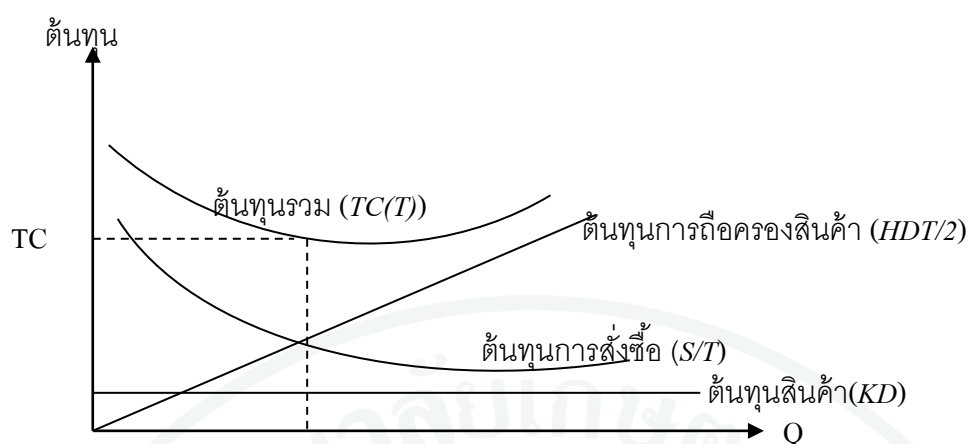


ภาพที่ 4 การสั่งซื้อระบบ Economic Order Interval (EOI)

ที่มา: Richard (1994)

ต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นในระบบ EOI แบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือต้นทุนสินค้า ต้นทุนในการสั่งซื้อ และต้นทุนในการถือครองสินค้า ดังสมการที่ (8) และภาพที่ 5

$$TC(T) = KD + \frac{s}{T} + \frac{HDT}{2} \quad (8)$$



ภาพที่ 5 ต้นทุนรวมของระบบการสั่งซื้อแบบ Economic Order Interval (EOI)

ที่มา: Richard (1994)

เนื่องจากความไม่แน่นอนของความต้องการสินค้า ในช่วงเวลานำส่งสินค้าและช่วงเวลาปกติ จึงจำเป็นต้องมี Safety Stock ไว้เพื่อป้องกันการขาดสินค้า ซึ่งสามารถหา Safety Stock ได้ตามสมการที่ (9)

$$SS = Z\sigma_{L+T} \quad (9)$$

สรุปได้ว่า ข้อดีของระบบ EOQ คือ มี Safety Stock น้อยกว่าระบบ EOI ที่ระดับ Service Level เดียวกัน เนื่องจากระบบ EOQ มี Safety Stock ไว้เพื่อป้องกันการขาดสินค้าจากความต้องการสินค้าที่ไม่แน่นอนในช่วงเวลานำส่งสินค้าเท่านั้น แต่ ระบบ EOI มี Safety Stock ไว้เพื่อป้องกันการขาดสินค้าจากความต้องการสินค้าที่ไม่แน่นอนในช่วงเวลานำส่งสินค้าและในช่วงเวลาปกติด้วย ทั้งนี้ ระบบ EOQ ก็มีข้อเสีย คือ ระบบ EOQ ไม่เหมาะกับการสั่งซื้อสินค้าหลายประเภท เนื่องจากสินค้าแต่ละประเภทมีจุดสั่งซื้อไม่เท่ากัน ทำให้ควบคุมรอบในการสั่งซื้อได้ยาก ส่วนระบบ EOI มีความเหมาะสมกับระบบการสั่งซื้อที่มีสินค้าหลายประเภทมากกว่า เพราะควบคุมเฉพาะเวลาการสั่งซื้อที่เหมาะสมเท่านั้น ในกรณีสินค้ามีหลายประเภท หรือผู้ค้าปลีกมีหลายราย ระบบ EOI อาจถูกเรียกว่าระบบ Joint Replenish Policy (JRP) ซึ่งเป็นชนิดของแบบจำลองสินค้าคงคลังที่เกี่ยวข้องกับสินค้าหรือผลิตภัณฑ์หลายๆชนิด วัตถุประสงค์ของโมเดล คือ การทำให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุด ขณะที่ต้องตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้

1.2.2 การสั่งซื้อที่ประหยัดในกรณีมีส่วนลดในการสั่งซื้อ (Economic Order Quantity with All Unit Quantity Discount)

ตามตัวแบบของสินค้าคงคลังที่กล่าวมา เราได้ตั้งข้อสมมติว่าราคาของสินค้าคงคลังจะมีค่าคงที่ ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ไม่ว่าจะซื้อจำนวนมากหรือน้อยเพียงใด แต่ในทางปฏิบัติ มักจะลดราคาให้ต่ำลงเพื่อจูงใจผู้ซื้อให้ซื้อสินค้ามากขึ้น โดยผู้ขายจะกำหนดขนาดของการซื้อที่มีส่วนลดราคาสินค้ามาให้ ดังนั้นผู้ซื้อต้องตัดสินใจว่าจะซื้อครั้งลง Q_0 หน่วย โดยที่ไม่ได้ส่วนลดของผลิตภัณฑ์นั้น หรือจะซื้อเพิ่มขึ้นตามข้อเสนอที่พ่อค้าให้มา ในขั้นแรกผู้ซื้อต้องพิจารณาถึงข้อดีและข้อเสียของการสั่งซื้อปริมาณมากก่อนเพราะจะได้วิเคราะห์ถึงค่าใช้จ่ายในส่วนที่เพิ่มขึ้นและส่วนที่ลดลง สำหรับการตัดสินใจประเมินข้อเสนอของผู้ขายเกี่ยวกับส่วนลดได้อย่างถูกต้อง

การตัดสินใจหาขนาดรุ่นของสินค้าที่ควรสั่งในกรณีมีส่วนลดราคา จะใช้การคำนวณเปรียบเทียบต้นทุนรวมสินค้าต่อปีของการสั่งซื้อตามแบบ EOQ กับต้นทุนรวมสินค้าต่อปีที่สั่งซื้อในปริมาณที่ได้รับส่วนลดจากผู้ส่งมอบ ในการคำนวณต้นทุนรวมสินค้าต่อไปนี้จะประกอบไปด้วยต้นทุนราคาสินค้า และต้นทุนในการควบคุมบริหารสินค้าคงคลัง สำหรับขั้นตอนในการคำนวณเปรียบเทียบมีขั้นตอนดังนี้

1. หาค่า Q_0 โดยใช้ราคาสินค้าต่อหน่วยต่ำที่สุดมาคิดและถ้าคำนวณได้ Q_0 ที่เป็นไปตามเงื่อนไขของผู้ขายจะถือได้ว่า Q_0 นั้นเป็นขนาดของการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดแล้ว

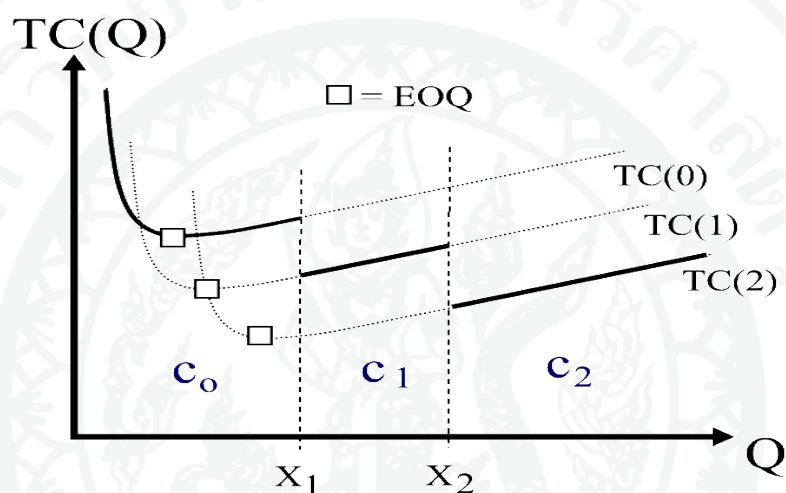
2. ถ้า Q_0 ที่คำนวณได้ไม่เป็นไปตามเงื่อนไข ให้คำนวณค่าต้นทุนรวมโดยใช้ขนาดของการสั่งซื้อที่น้อยที่สุด ณ ระดับราคาที่กำลังพิจารณา แล้วดำเนินขั้นที่ 3 ต่อไป

3. คำนวณหาค่า Q_0 โดยใช้ระดับราคาที่สูงขึ้นกว่าเดิมโดย

ก. ถ้าได้ Q_0 ที่เป็นไปได้ ให้คำนวณที่ต้นทุนรวมต่อปีและนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าต้นทุนรวมต่อปีในขั้นที่ 2 ค่าใดให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุด ให้ใช้ Q_0 ของต้นทุนรวมค่านั้นเป็นขนาดการสั่งซื้อที่ประหยัด

ข. ถ้าพบว่า Q_0 ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขให้คำนวณซ้ำในขั้นที่ 2 และ 3.1 จนกว่าจะได้ค่า Q_0 ที่ทำให้ค่าต้นทุนรวมต่อปีต่ำที่สุด

เมื่อนำค่าของต้นทุนรวมที่คำนวณได้มาเขียนกราฟ จะได้กราฟดังภาพที่ 6 โดยจุดที่อยู่บนเส้นประคือขนาดของการสั่งซื้อที่เป็นไปไม่ได้ และจุดที่อยู่บนเส้นทึบบนเส้นต้นทุนการสั่งซื้อ $TC(0)$ คือขนาดของการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดในกรณีนี้

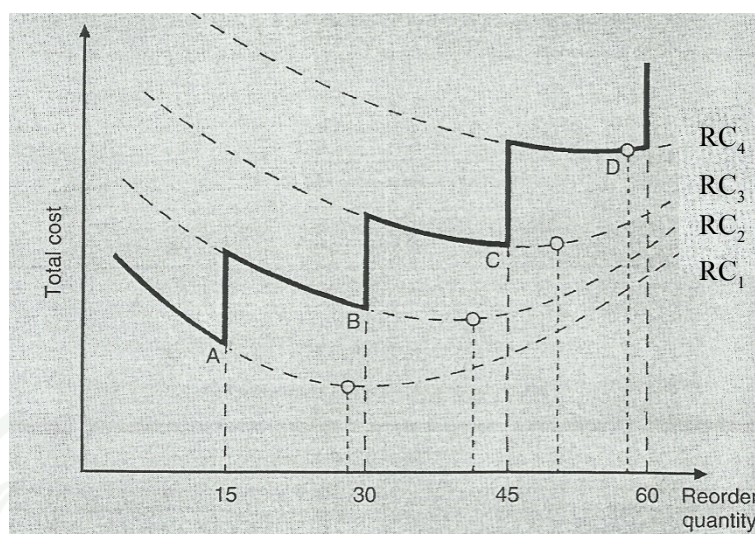


ภาพที่ 6 เส้นต้นทุนรวมของกรณีมีส่วนลดในการสั่งซื้อสินค้า

1.2.3 การสั่งซื้อที่ประหยัดในกรณีต้นทุนการขนส่งสินค้าขึ้นราคา (Economic Order Quantity with Rising Delivery Cost)

จากระบบการสั่งซื้อที่ประหยัดในกรณีมีส่วนลดในการสั่งซื้อเราสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในกรณีการขนส่งสินค้าโดยต้นทุนการขนส่งสินค้าจะขึ้นราคาเมื่อต้องใช้นานพหุนะสำหรับการขนส่งมากกว่า 1 คัน

โดยใช้วิธีการคำนวณต้นทุนรวมสินค้าคงคลังเหมือนกรณีมีส่วนลดในการสั่งซื้อสินค้า และเมื่อนำต้นทุนรวมมาทำเป็นกราฟจะได้ดังภาพที่ 7 โดยจุดที่อยู่บนเส้นประคือขนาดของการสั่งซื้อที่เป็นไปไม่ได้ และจุดที่อยู่บนเส้นทึบบนเส้นต้นทุนการสั่งซื้อ RC_4 คือขนาดของการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดในกรณีนี้



ภาพที่ 7 เส้นต้นทุนรวมของกรณีต้นทุนการขนส่งมีค่าสูงขึ้น

ที่มา: Waters (2003)

1.2.4 ต้นทุนสินค้าคงคลัง (Inventory Cost)

เป้าหมายหลักของการบริหารจัดการสินค้าคงคลังคือ การมีปริมาณสินค้าคงคลังที่เหมาะสมและเพียงพอต่อความต้องการ ในขณะที่มีต้นทุนสินค้าคงคลังต่ำสุด โดยต้นทุนสินค้าคงคลังสามารถจำแนกได้ 3 ประเภท (พิภพ, 2536) คือ

1.2.4.1 ต้นทุนการสั่งซื้อ (Ordering Cost) คือ ต้นทุนที่จ่ายไปเพื่อให้ได้มาซึ่งสินค้าที่ต้องการ โดยต้นทุนประเภทนี้จะเกิดขึ้นทุกครั้งที่มีการสั่งซื้อ และไม่ผันแปรตามจำนวนสินค้า ดังนั้นการสั่งซื้อสินค้าครั้งละจำนวนมาก จะสามารถประหยัดต้นทุนนี้ได้ ซึ่งต้นทุนการสั่งซื้อจะประกอบด้วยค่าใช้จ่าย ดังนี้

1. ค่าใช้จ่ายในการจัดเตรียมการ และออกใบสั่งซื้อ
2. ค่าใช้จ่ายในการเก็บบันทึกหลักฐานการสั่งซื้อ
3. ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า

4. ค่าใช้จ่ายในการตรวจรับสินค้า

5. ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบเอกสาร

6. ค่าใช้จ่ายในการชำระหนี้

โดยส่วนมากต้นทุนดังกล่าว มักพิจารณาจากค่าเครื่องเขียน และเงินเดือนของพนักงานฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับการจัดซื้อสินค้า

1.2.4.2 ต้นทุนการเก็บรักษาคงคลัง (Holding Cost หรือ Carrying Cost) คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการจัดเก็บสินค้า และผันแปรตามจำนวนสินค้า ดังนั้นการสั่งซื้อครั้งละจำนวนน้อย แต่อาจเพิ่มความถี่ในการสั่งซื้อ จะสามารถประหยัดต้นทุนนี้ได้ โดยต้นทุนประเภทนี้มักมีการคำนวณให้อยู่ในรูปร้อยละของมูลค่าคงคลังเฉลี่ย ซึ่งต้นทุนการเก็บรักษาคงคลังจะประกอบด้วย ค่าใช้จ่าย (Stock and Lambert, 2001) ดังนี้

1. ค่าสูญเสียโอกาสในการลงทุน เช่น ดอกเบี้ยของเงินทุนที่จมอยู่กับสินค้าคงคลัง เป็นต้น
2. ค่าใช้จ่ายในการบริการเก็บสินค้าคงคลัง เช่น ค่าประกัน ค่าภาษี และค่าอุปกรณ์เครื่องมือและสิ่งอำนวยความสะดวกในการจัดเก็บคงคลัง เป็นต้น
3. ค่าใช้จ่ายสำหรับพื้นที่เก็บสินค้าคงคลัง เช่น ค่าเช่าโกดัง เป็นต้น
4. ค่าใช้จ่ายด้านความเสี่ยงในการจัดเก็บ เช่น ค่าสินค้าเสียหายหรือล้าสมัย ค่าสินค้าสูญหาย และค่าย้ายพื้นที่จัดเก็บ เป็นต้น

1.2.4.3 ต้นทุนการขาดแคลนสินค้า (Shortage Cost หรือ Out-of-stock Cost) คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการมีสินค้าจัดจำหน่ายไม่เพียงพอต่อความต้องการ ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่ผันแปรหรือไม่ผันแปรกับจำนวนสินค้าที่ขาดแคลนก็ได้ ค่าใช้จ่ายประเภทนี้ ได้แก่ รายได้ที่ควรได้รับจาก

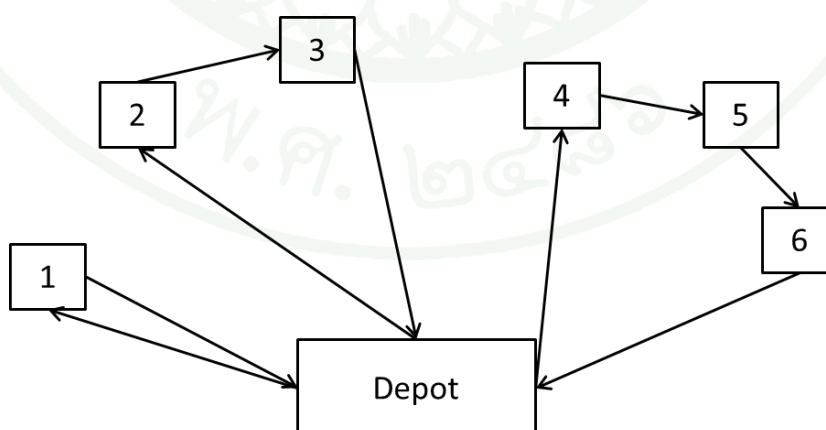
การขายสินค้า ค่าปรับ และการขาดความเชื่อถือจากลูกค้าจนทำให้สูญเสียลูกค้าไป ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่สามารถประเมินมูลค่าได้

1.3 ปัญหาการขนส่ง

1.3.1 ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem; VRP)

ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ คือการกำหนดกลุ่มของเส้นทางการขนส่งจากคลังสินค้ากลางไปยังความต้องการที่จุดต่างๆ โดยที่ค่าใช้จ่ายหรือระยะทางในการขนส่งมีค่าน้อยที่สุด ภายใต้เงื่อนไขหรือข้อจำกัดในด้านต่างๆ ด้วย เช่น เวลา จำนวนและขีดจำกัดของยานพาหนะ เป็นต้น

Golden *et al.* (1977) ได้เสนอปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะจากคลังสินค้าไปยังลูกค้าหลายจุด ซึ่งมีปริมาณความต้องการแตกต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขคือ ระยะทางต่ำที่สุด และทุกๆ ยานพาหนะจะเริ่มต้นและสิ้นสุดที่คลังสินค้ากลาง โดยมีข้อจำกัดในความจุของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งและระยะเวลาสูงสุดในการขนส่งหนึ่งรอบของเส้นทางการจัดส่ง ถ้าไม่คำนึงถึงข้อจำกัดในระยะเวลาสูงสุดในการขนส่ง จะเป็นปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะมาตรฐาน (Standard Vehicle Routing Problem : VRP) ภาพที่ 8 เป็นเครือข่ายที่แสดงลักษณะเส้นทางยานพาหนะ โดยกลุ่มยานพาหนะ



ภาพที่ 8 เครือข่ายเส้นทางยานพาหนะ

โดยแสดงเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ดังนี้

$$\text{Minimize} \quad \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{v=1}^{NV} C_{ij} X_{ij}^v \quad (10)$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{i=1}^n \sum_{v=1}^{NV} X_{ij}^v = 1 \quad (j = 2, \dots, n) \quad (11)$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{v=1}^{NV} X_{ij}^v = 1 \quad (i = 2, \dots, n) \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ip}^v - \sum_{j=1}^n X_{pj}^v = 0 \quad (v = 1, \dots, NV; p = 1, \dots, n) \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^n D_i \left(\sum_{j=1}^n X_{ij}^v \right) \leq K_v \quad (v = 1, \dots, NV) \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^n t_i^v \sum_{j=1}^n X_{ij}^v + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n t_{ij}^v X_{ij}^v \leq T_v \quad (v = 1, \dots, NV) \quad (15)$$

$$\sum_{j=2}^n X_{1j}^v \leq 1 \quad (v = 1, \dots, NV) \quad (16)$$

$$\sum_{i=2}^n X_{i1}^v \leq 1 \quad (v = 1, \dots, NV) \quad (17)$$

$$X \in S \quad (18)$$

$$X_{ij}^v = 0 \text{ or } 1 \text{ for all } i, j, v \quad (19)$$

โดยที่

- n คือจำนวนของปม (Node)
- NV คือจำนวนยานพาหนะ
- K_v คือความจุยานพาหนะ
- T_v คือข้อจำกัดด้านเวลาสูงสุดของเส้นทางยานพาหนะ v
- d_i คือปริมาณความต้องการสินค้าของปมที่ i (จุดส่งสินค้าที่ i) โดยที่ $d_1 = 0$
- t_1^v คือเวลาที่ต้องการสำหรับยานพาหนะ v ในการส่งมอบ ณ ปม i ($t_1^v = 0$) ปม $i=1$ คือคลังสินค้ากลาง
- t_{ij}^v คือเวลาในการเดินทางสำหรับยานพาหนะ v จากปม i ไปยังปม j ($t_{ij}^v = \infty$)
- C_{ij} คือค่าใช้จ่ายในการเดินทางจากปม i ไปยังปม j

$X_{ij}^v = 1$ เมื่อเส้นทาง $i-j$ ถูกเลือกโดยยานพาหนะที่ v ไม่เช่นนั้น $X_{ij}^v = 0$ และ X เป็นเมตริกซ์ของ $X_{ij} \equiv \sum_{v=1}^{NV} X_{ij}^v$ แสดงการเชื่อมโยงของปม, S คือเส้นทางของยานพาหนะแต่ละคันซึ่งไม่รวมจุดเริ่มต้น (ปมที่ 1)

1.2.2 ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่มีคลังสินค้าหลายแห่ง (The multi-depot vehicle routing problem; MDVRP)

เป็นรูปแบบของปัญหาที่พัฒนามาจากปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ (VRP) ซึ่งจะมีคลังสินค้าเพียงแห่งเดียว โดยแสดงเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังต่อไปนี้

$$\text{Minimize} \quad \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{v=1}^{NV} C_{ij} X_{ij}^v \quad (20)$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{i=1}^n \sum_{v=1}^{NV} X_{ij}^v = 1 \quad (j = M+1, \dots, n) \quad (21)$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{v=1}^{NV} X_{ij}^v = 1 \quad (i = M+1, \dots, n) \quad (22)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ip}^v - \sum_j X_{pj}^v = 0 \quad (v = 1, \dots, NV; p = 1, \dots, n) \quad (23)$$

$$\sum_{i=1}^n D_i \left(\sum_{j=1}^n X_{ij}^v \right) \leq K_v \quad (v = 1, \dots, NV) \quad (24)$$

$$\sum_{i=1}^n t_i^v \sum_{j=1}^n X_{ij}^v + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n t_{ij}^v X_{ij}^v \leq T_v \quad (v = 1, \dots, NV) \quad (25)$$

$$\sum_{i=1}^M \sum_{j=M+1}^n X_{ij}^v \leq 1 \quad (v = 1, \dots, NV) \quad (26)$$

$$\sum_{p=1}^M \sum_{i=M+1}^n X_{ip}^v \leq 1 \quad (v = 1, \dots, NV) \quad (27)$$

$$X \in S \quad (28)$$

$$X_{ij}^v = 0 \text{ or } 1 \text{ for all } i, j, v \quad (29)$$

โดยที่

M	คือจำนวนคลังสินค้า
n	คือจำนวนของปม (Node)
NV	คือจำนวนยานพาหนะ
K_v	คือความจุยานพาหนะ (v)
T_v	คือข้อจำกัดด้านเวลาสูงสุดของเส้นทางยานพาหนะ (v)
d_i	คือปริมาณความต้องการสินค้าของปมที่ i (จุดส่งสินค้าที่ i) โดยที่ $d_1 = 0$
t_i^v	คือเวลาที่ต้องการสำหรับยานพาหนะ v ในการส่งมอบ ณ ปม i ($t_i^v = 0$) ปม $i=1$ คือคลังสินค้ากลาง
t_{ij}^v	คือเวลาในการเดินทางจากสำหรับยานพาหนะ v จากปม i ไปยังปม j ($t_{ij}^v = \infty$)
C_{ij}	คือค่าใช้จ่ายในการเดินทางจากปม i ไปยังปม j

สมการวัตถุประสงค์ที่ (20) กำหนดให้หาระยะทางรวมในการเดินทางจากปมที่ i ใดๆ ไป j ใดๆ มีระยะทางต่ำที่สุด

สมการข้อจำกัดที่ (21) และ (22) เป็นการควบคุมการส่งสินค้าไปยังลูกค้าด้วยยานพาหนะเพียงหนึ่งคัน

สมการข้อจำกัดที่ (23) เป็นตัวควบคุมยานพาหนะที่เข้าไปส่งสินค้ายังลูกค้า i จะต้องออกจากลูกค้า i ด้วย

สมการข้อจำกัดที่ (24) เป็นข้อจำกัดในด้านความจุของยานพาหนะ

สมการข้อจำกัดที่ (25) เป็นข้อจำกัดในด้านเวลาในการเดินทาง

สมการข้อจำกัดที่ (26) และ (27) กำหนดเพื่อยืนยันว่าปริมาณความต้องการสินค้าจะต้องไม่เกินจำนวนยานพาหนะที่สามารถใช้งานได้

สมการข้อจำกัดที่ (28) คือข้อจำกัดในเรื่องของการเกิดเส้นทางย่อย (Subtour breaking)

สมการข้อจำกัดที่ (29) แสดงการเชื่อมโยงระหว่างปม i และ j โดยจะให้ค่าเท่ากับ 1 เมื่อมีการเชื่อมโยงระหว่างปม i กับ j และให้ค่าเท่ากับ 0 เมื่อไม่เกิดการเชื่อมโยงเกิดขึ้น

ปัญหาการเกิดเส้นทางย่อยสามารถกำจัดออกไปได้โดยการเลือกใช้ข้อกำหนดใดๆ ดังต่อไปนี้

1. $S = \{(x_{ij}) : \sum_{i \in Q} \sum_{j \notin Q} x_{ij} \geq 1 \text{ สำหรับทุกเซตย่อย } Q = \{1, 2, \dots, n\} \text{ ซึ่งมีปม } 1, 2, \dots, M\}$
2. $S = \{(x_{ij}) : \sum_{i \in R} \sum_{j \in R} x_{ij} \leq |R| - 1 \text{ สำหรับทุกๆ เซตย่อย } R \text{ ที่ไม่ใช่เซตว่างของปม } \{M+1, M+2, \dots, n\}\}$
3. $S = \{(x_{ij}) : y_i - y_j + nx_{ij} \leq n - 1 \text{ สำหรับ } M = 1 \leq i \neq j \leq n \text{ และเป็นจำนวนจริงใด } y_i\}$

เนื่องจากปัญหาที่เกี่ยวกับการขนส่งนั้นมีขอบเขตที่หลากหลาย และขึ้นกับการประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงาน การทำความเข้าใจในรายละเอียดของปัญหาให้ดียิ่งขึ้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะทำให้วิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง ดังนั้น Bodin and Golden (1981) ได้นำเสนอลักษณะเฉพาะของสิ่งที่ทำให้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งมีความแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะของปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ

ลักษณะของปัญหา	ทางเลือกที่เป็นไปได้
1. จำนวนของยานพาหนะ (Fleet)	- จำนวน 1 คัน - จำนวนหลายคัน
2. ประเภทของยานพาหนะที่มี (Vehicle type)	- ประเภทเดียวกันหมด - หลายประเภท - ยานพาหนะแบบพิเศษ

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ลักษณะของปัญหา	ทางเลือกที่เป็นไปได้
3. ที่จอดยานพาหนะ (Depot) หรือคลังสินค้า (Warehouse)	- คลังสินค้ากลาง 1 แห่ง - คลังสินค้ากลางมากกว่า 1 แห่ง
4. ความต้องการในการขนส่ง (Transport demand)	- ความต้องการที่แน่นอน (Deterministic) - ความต้องการที่ไม่แน่นอน (Stochastic)
5. จุดกำเนิดความต้องการ (Demand location)	- ขึ้นกับความพอใจบางส่วน - ที่ตำแหน่ง (Node หรือ point) - ที่เส้นทาง (Arc หรือ route) - ที่ตำแหน่งและเส้นทาง (Mix)
6. ความสามารถในการบรรทุกยานพาหนะ (Vehicle capacity)	- เท่ากันหมด - ไม่เท่ากัน
7. เวลาในการขนส่งที่ยอมรับได้มากที่สุด (Maximum route time)	- กำหนด (เท่ากันทุกเส้นทาง) - กำหนด (ต่างกันตามเส้นทาง) - ไม่กำหนด (ไม่จำกัดความจุ)
8. ข้อจำกัดในด้านเวลาในการขนส่ง (Time windows)	- แบบด้านเดียว (Single-sided) - แบบสองด้าน (Double-sided)
9. ต้นทุน	- ต้นทุนผันแปรหรือต้นทุนเส้นทาง - ต้นทุนคงที่หรือต้นทุนยานพาหนะ - ต้นทุนขนส่งร่วม

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กัญจนภรณ์ (2554) นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งแบบมีกรอบเวลา โดยความซับซ้อนมันเกิดจากความไม่แน่นอนของเวลาเดินทางที่ขึ้นกับสภาพการจราจร โดยใช้วิธีเชิงทฤษฎีสำหรับความไม่แน่นอนของเวลาการเดินทาง วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือ พัฒนาอัลกอริทึมผลเฉลยเชิงทฤษฎีสำหรับการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งกรณีมีรถหลายขนาดแบบมีกรอบเวลา ขอบเขตงานวิจัยประกอบด้วย คลังสินค้าเดียว ความต้องการของลูกค้ามีหลากหลาย รถขนส่งมีหลายประเภท มีการกำหนดกรอบเวลาในการขนส่ง และเวลาเดินทางเป็นแบบไม่แน่นอน อัลกอริทึมแรกที่ใช้ในการหาผลเฉลยเริ่มต้นคือ วิธีการแทรกไปข้างหน้าแบบตัดแปลง จากนั้นปรับปรุงผลเฉลยด้วยวิธีการค้นหาแบบเฉพาะที่แบบสลับสับเปลี่ยนปมด้วยค่าแลมด้า และวิธีการเชิงพันธุกรรม โดยเปรียบเทียบผลเฉลยกับปัญหาเทียบเคียงของ Solomon เกณฑ์การตัดสินใจเชิงทฤษฎีในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วยสภาพทฤษฎีสมบรูณ์ ความแตกต่างทฤษฎี และสภาพทฤษฎีแบบสัมพัทธ์

ชริน (2552) งานวิจัยนี้ได้พัฒนาขั้นตอนวิธีการในการหาผลเฉลยเชิงทฤษฎีด้วยวิธีวิธิตดิกส์แบบผสมผสาน โดยมีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อหาผลเฉลยเชิงทฤษฎีสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งแบบมีกรอบเวลาและเวลาเดินทางไม่แน่นอน ซึ่งกำหนดอยู่ในรูปของช่วงเวลา ความซับซ้อนของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งแบบมีกรอบเวลานี้ เกิดจากความไม่แน่นอนของเวลาเดินทางที่ขึ้นอยู่กับสภาพการจราจร เช่น การเกิดอุบัติเหตุสภาพการจราจรติดขัด หรือสภาวะอากาศ ฉะนั้นส่วนสำคัญ คือ การสร้างรูปแบบของความไม่แน่นอนและขั้นตอนวิธีการในการแก้ปัญหา งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการเข้าสู่ผลเฉลยแบบการสร้างสถานการณ์ และขั้นตอนวิธีการแบบผสมผสานในการค้นหาผลเฉลยเชิงทฤษฎี

สุจินดา (2552) เสนองานวิจัยการศึกษาการจัดการสินค้าคงคลัง และการขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา มุ่งหานโยบายการจัดการสินค้าคงคลังที่เหมาะสม และปริมาณการขนส่งขั้นต่ำเพื่อลดต้นทุนการดำเนินงาน โดยทำการแบ่งกลุ่มสินค้าตามหลัก ABC Classification สร้างแบบจำลองสถานการณ์เลียนแบบระบบการจัดการสินค้าคงคลังของบริษัท เพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อ รอบการสั่งซื้อ จุดสั่งซื้อ และระดับสินค้าคงคลังสูงสุด ที่เหมาะสมกับระดับการให้บริการลูกค้าต่างๆ

สุครัตน์ (2547) พัฒนาวีธีการเพื่อแก้ปัญหาการรวมกันของปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะและการบรรจุ ซึ่งได้พัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะขึ้นมา 2 ตัวแบบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาเส้นทางการขนส่งสินค้าที่มีระยะทางรวมกันสั้นที่สุด ในส่วนของการแก้ปัญหาการบรรจุได้ใช้วิธีเชิงฮิวริสติกส์ที่มีพื้นฐานมาจากวิธีการเชิงพลวัตและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อคำนวณการหารูปแบบการบรรจุสินค้าที่มีอัตราประโยชน์ของการใช้ปริมาตรสูงสุด จากนั้นจึงทำการประเมินประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่นำเสนอโดยใช้ข้อมูลจากกรณีศึกษา

อุบลรัตน์ (2551) เสนองานวิจัยที่มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวีธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่มีคลังสินค้าหลายแห่งซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ระยะทางรวมของระบบน้อยที่สุด ในการหาผลเฉลยเบื้องต้นลูกค้าจะถูกแจกจ่ายไปยังคลังสินค้าที่ใกล้ที่สุดโดยวิธีใกล้ไหนไปนั้น (Arbitrary Nearest Neighbor Algorithm) จากนั้นเส้นทางของยานพาหนะในแต่ละคลังสินค้าจะถูกสร้างขึ้นโดยใช้อัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) และเส้นทางนั้นๆจะถูกพัฒนาต่อโดยวิธี Arbitrary Insertion ในขั้นตอนสุดท้ายอัลกอริทึมเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) จะถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงผลเฉลยของระบบ ผลจากการคำนวณแสดงให้เห็นถึงการลดลงของระยะทางรวมของระบบในแต่ละขั้นตอน

อภิสิทธิ์ (2554) เสนองานวิจัยการศึกษาปัญหาการกระจายสินค้า ในระบบที่มีคลังสินค้าหลัก 1 คลัง และมีผู้ค้าปลีกหลายราย โดยผู้ค้าปลีกแต่ละรายมีความต้องการสินค้าในปริมาณที่ไม่เท่ากัน ตั้งอยู่ในตำแหน่งที่แตกต่างกัน วัตถุประสงค์เพื่อคำนวณรอบเวลาการสั่งซื้อ ปริมาณการสั่งซื้อและเส้นทางในการเดินทางของผู้ค้าปลีกแต่ละรายเพื่อลดต้นทุนโดยรวมของระบบ ซึ่งประกอบด้วย ต้นทุนการสั่งซื้อสินค้า ต้นทุนในการขนส่งสินค้า และต้นทุนในการถือครองสินค้า และใช้กระบวนการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) ในการจัดกลุ่มผู้ค้าปลีกที่จะทำการสั่งซื้อร่วมกัน

Brander (2006) ได้พิจารณาปัญหาการจัดตารางการผลิตสินค้าหลายรายการ โดยที่แต่ละรายการมีปริมาณความต้องการสินค้าแบบสุ่มและมีสายการผลิตเดียว งานวิจัยนี้จะแสดงวิธีการประมาณความแปรปรวนของความต้องการสินค้าในช่วงเวลานำ และนำเสนอแบบจำลองสำหรับกำหนดระดับสินค้าคงคลังสำรองและรูปแบบการสั่งที่เหมาะสมสำหรับระบบรอบเวลาสั่งซื้อคงที่ ซึ่งแบบจำลองนี้จะมีทั้งที่ไม่พิจารณาเวลาว่างงานและพิจารณาเวลาว่างงาน สำหรับระบบที่พิจารณา

เวลาว่างงาน ผู้วิจัยจะนำเสนอแบบจำลองการควบคุมที่สามารถสร้างการตัดสินใจที่ผลิตสินค้าชนิดใดต่อไป หรือจะไม่ผลิต ประสิทธิภาพของแบบจำลองนี้จะทดสอบในการจำลองสถานการณ์

Chan (2003) ได้กล่าวว่า ปัญหาการเติมเต็มร่วมกันเป็นปัญหาที่เกิดจากการต้องการสินค้าคงคลังหลายๆชนิด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนานโยบายคงคลังสินค้าให้ได้ต้นทุนรวมต่ำที่สุด ซึ่งผู้วิจัยได้นำสถานการณ์ที่มีผู้ซื้อสินค้าหลายคน และมีสินค้าหลายๆประเภท (Multi-buyer joint replenishment problem: MJRP) และประยุกต์ใช้วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) กับกรณีตัวอย่าง เปรียบเทียบกับวิธีการของ Goyal ซึ่งพบว่าวิธีการเชิงพันธุกรรมจะหาคำคำตอบที่เหมาะสมได้รวดเร็วกว่าวิธีของ Goyal ที่ไม่เหมาะสมกับกรณีที่มีผู้สั่งซื้อหลายราย และสินค้ามีหลายประเภท

Darwish *et al.* (2009) นำเสนอระบบ Vendor managed inventory (VMI) ที่รวมกันระหว่างผู้จำหน่ายและผู้ค้าปลีกซึ่งเป็นระบบที่ผู้ขายจะตัดสินใจเกี่ยวกับระดับสินค้าคงคลังที่เหมาะสมภายในขอบเขตที่ได้ตกลงกันในสัญญาระหว่างผู้จำหน่ายและผู้ค้าปลีก ในสัญญานี้ผู้ขายมักจะเกิดค่าใช้จ่ายในการลงโทษสำหรับสินค้าที่เกินขอบเขตที่ตกลงกันไว้ วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อพัฒนารูปแบบสำหรับห่วงโซ่อุปทานที่มีผู้ผลิตรายเดียว และร้านค้าปลีกหลายรายภายใต้ระบบ VMI แบบจำลองนี้จะแสดงถึงข้อตกลงระหว่างผู้จำหน่ายและผู้ค้าปลีกอย่างชัดเจนรูปแบบจำลองที่ถูกพัฒนาขึ้นสามารถอธิบายห่วงโซ่อุปทานที่มีข้อจำกัดด้านความสามารถในการขนส่งโดยเลือกจากต้นทุนลงโทษที่สูงที่สุด

Kiesmuller (2009) นำเสนอนโยบายการเติมเต็มสินค้าโดยใช้เวลาการขนส่งคงที่และมีเงื่อนไขต้องส่งสินค้าโดยขยายพหุคูณในปัญหาการสั่งซื้อสินค้าหลายรายการที่มีคลังสินค้ากับผู้ค้าปลีกรายเดียว โดยที่ผู้ค้าปลีกโดยที่ความต้องการสินค้ามีความไม่แน่นอน

Kiesmuller (2010) นำเสนองานวิจัยเกี่ยวกับการสั่งซื้อสินค้าร่วมกันระหว่างผู้ค้าปลีกกับคลังสินค้าภายใต้สภาพแวดล้อมที่ต้นทุนด้านการขนส่งมีอิทธิพลสูงและต้องส่งสินค้าเติมกัน ผู้วิจัยได้ใช้นโยบายแบบ QS policy โดยจะสั่งซื้อสินค้าก็ต่อเมื่อระดับสินค้าคงคลังรวมทุกรายการสินค้าลดต่ำกว่าจุดสั่งซื้อ และนำนโยบายดังกล่าวไปเปรียบเทียบกับกรณีเติมเต็มสินค้าคงคลังแบบปกติ โดยใช้จุดสั่งซื้อของแต่ละรายการเป็นตัวสั่งซื้อสินค้าแยกกัน

Braekers (2011) นำเสนอการใช้อัลกอริทึมมอบเหนี่ยวสำหรับปัญหาจัดเส้นทางของยานพาหนะซึ่งมีเงื่อนไขต้องบรรทุกสินค้าเต็มคันและมีสองฟังก์ชันวัตถุประสงค์ โดยการใช้ Two-Phase Solution Algorithm เพื่อแก้ปัญหาสองฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือการใช้นานพาหนะให้น้อยที่สุดและมีระยะทางในการเดินทางน้อยที่สุด คำตอบจะแสดงให้เห็นถึงการต้องแลกกันระหว่างสองวัตถุประสงค์ และแสดงถึงความสามารถในการหาคำตอบที่ของอัลกอริทึมว่าสามารถหาคำตอบได้ในระยะเวลาอันสั้น นอกจากนี้การหาผลเฉลยจะง่ายขึ้นเมื่อจำนวนยานพาหนะมากขึ้น

Li (2004) ได้กล่าวว่า ปัญหาการการเติมเต็มกรณีที่มีผู้ซื้อหลายๆคนนั้น (MJRP) คือปัญหาการคลังสินค้าหลายๆชนิดแล้วมีการสั่งซื้อร่วมกันจากผู้ส่งรายเดียว โดยการสั่งซื้อร่วมกันจะช่วยลดต้นทุนในการสั่งซื้อหลัก วัตถุประสงค์ของ MJRP เพื่อต้องการให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุด ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้วิธีการของ RAND มาปรับปรุงให้ใช้ได้กับกรณีตัวอย่าง ซึ่งแตกต่างจากในอดีตที่ใช้วิธีการของ RAND กับผู้ซื้อรายเดียวเท่านั้น

Li (2010) นำเสนองานวิจัยระบบการจัดการสินค้าคงคลังโดยที่คลังสินค้าหลักเป็นผู้รับผิดชอบในการเติมสินค้าให้แก่ผู้ค้าปลีกหลายรายโดยการขนส่งมีจำนวนจำกัด ด้านโยบายการส่งสินค้าเป็นแบบแยกส่งสินค้านั้นหมายความว่าต้องมีผู้ค้าปลีกอย่างน้อยหนึ่งรายที่ได้รับสินค้าจากหลายเส้นทางของการขนส่ง โดยเงื่อนไขการขนส่งดังกล่าวสามารถลดต้นทุนสินค้าคงคลังของร้านค้าปลีกลงได้

Moon *et al.* (2005) ได้กล่าวว่า การจำกัดทรัพยากรในกระบวนการผลิตหรือระบบคลังสินค้าจริง เช่น เงินทุน พื้นที่ และความสามารถในการขนส่ง แต่ก็ไม่ได้มีงานวิจัยใดที่ให้ความสนใจในเรื่องนี้ ซึ่งจะมีงานวิจัยจำนวนน้อยมากที่เกี่ยวข้องกับนโยบายการเติมเต็มร่วมกันที่ให้ความสนใจในเรื่องของการที่มีทรัพยากรมีอย่างจำกัดในกรณีที่มีเงินทุนอย่างจำกัด โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อพัฒนาวิธีการในการแก้ไขปัญหา 2 อัลกอริทึม ได้แก่ ตัวแรกได้ทำการพัฒนาวิธี RAND Algorithm นำมาประยุกต์ใช้กับปัญหาการเติมเต็มร่วมกันในกรณีที่ทรัพยากรมีอย่างจำกัด ตัวที่สองคือ ได้พัฒนาวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) นำมาใช้กับปัญหาเดียวกัน เขาพบว่า วิธีการเชิงพันธุกรรมได้ให้ประสิทธิภาพของคำตอบที่ดีกว่าวิธีการ RAND Algorithm ในกรณีที่เงินลงทุนมีอย่างจำกัด

Osman (2012) เสนองานวิจัยเกี่ยวกับการกำหนดระดับสินค้าคงคลังสำรองสำหรับระบบห่วงโซ่อุปทานซึ่งประกอบด้วยจุดจัดเก็บสินค้าหลายจุด ซึ่งแต่ละจุดจัดเก็บสินค้าจะต้องเผชิญกับแปรปรวนของปริมาณความต้องการสินค้าจากผู้ซื้อและช่วงเวลานำส่งสินค้าของผู้จำหน่าย ช่วงเวลานำส่งสูงสุดที่เป็นไปได้ของผู้จำหน่ายสามารถกำหนดได้ ในงานวิจัยนี้ต้องการหาอัตราการเติมสินค้าและสินค้าคงคลังปลอดภัยในแต่ละจุดจัดเก็บสินค้าซึ่งนำไปสู่ระดับบริการลูกค้าที่พึงพอใจโดยที่มีระดับสินค้าคงคลังปลอดภัยต่ำสุด ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอสองแบบจำลองสำหรับหาระดับสินค้าคงคลังปลอดภัยและอัตราการเติมเต็มสินค้าคือ แบบการกระจายศูนย์ และแบบรวมศูนย์ แบบกระจายศูนย์จะหาจำนวนความต้องการสินค้าคงคลังปลอดภัยในแต่ละจุดจัดเก็บสินค้าสำหรับรองรับความแปรปรวนของความต้องการสินค้าในช่วงเวลานำส่ง แบบรวมศูนย์จะหาระดับสินค้าคงคลังสำรองรวมในแต่ละส่วนของระบบห่วงโซ่อุปทาน โดยที่วิธี benders decomposition ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อนำมาแก้ปัญหา สมการข้อจำกัดของสินค้าคงคลังสำรองที่ไม่เป็นสมการเชิงเส้นตรง และมีข้อจำกัดด้านตัวแปรไบนารีที่มีผลต่อสินค้าคงคลังสำรอง

Rieksts *et al.* (2008) ศึกษา นโยบาย Power-of-two policy สำหรับระบบมีคลังสินค้า 1 คลัง และมีผู้ค้าปลีกหลายราย (One-warehouse multi-retailer) แต่เป็นกรณีที่มีการลดราคาเมื่อมีการสั่งสินค้าเพิ่มขึ้น โดยแบบจำลองก็ได้ใช้หลักการเหมือนระบบ EOQ ทั่วไปแต่จะแตกต่างกันที่จะมีการลดราคาเมื่อมีการสั่งสินค้ามากขึ้น ผู้วิจัยพบว่า นโยบาย Power-of-two policy มีประสิทธิภาพถึง 94% ในการหาคำตอบ และสามารถมีประสิทธิภาพถึง 98% ถ้ามีการวางแผนในการสั่งซื้อไว้ แต่โดยทั่วไปในกรณีปกติวิธีการ Power-of-two policy มีประสิทธิภาพได้ถึง 96%

Daniel (2006) บทความนี้เกี่ยวกับปัญหาการตัดสินใจสำหรับกำหนดสินค้าคงคลังพื้นฐานในระบบห่วงโซ่อุปทาน ปัญหาในรูปแบบนี้ถูกใช้ครั้งแรกกับปัญหาการหาต้นทุนด้านสินค้าคงคลังที่ต่ำที่สุดที่มีวัตถุประสงค์เดียว ต่อมาจึงนำมาใช้กับปัญหาหลายวัตถุประสงค์โดยการพิจารณา 2 ส่วนคือ ต้นทุนการถือครองสินค้าและต้นทุนการขาดสินค้า ของขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมในแบบต่างๆถูกนำมาใช้เพื่อกำหนดระดับของสินค้าคงคลังที่ดีที่สุดสำหรับกรณีปัญหาที่มีวัตถุประสงค์เดียว โดยเฉพาะวิธี random-key gene-wise genetic algorithm (RKGGA) นั้นสามารถแสดงประสิทธิภาพที่ดีมากในด้านของการเข้าสู่ระดับสินค้าคงคลังที่ดีที่สุดและใช้เวลาคำนวณต่ำสุด ด้วยวิธีการเชิงฮิวริสติกส์ และผลเฉลยของวิธีการเชิงฮิวริสติกส์จะให้ได้มาซึ่งระดับของสินค้าคงคลังซึ่งเป็นคำตอบเบื้องต้นจะถูกนำเสนอในส่วนต้นของ RKGGA และนำคำตอบเหล่านั้นไปหาผล

เฉลี่ยที่ดีที่สุด เพื่อที่จะจัดการกับปัญหาหลายวัตถุประสงค์ คำตอบในแต่ละวัตถุประสงค์ต้องได้คำตอบที่ไม่ถูกรบกวนจากเงื่อนไขอื่นๆ

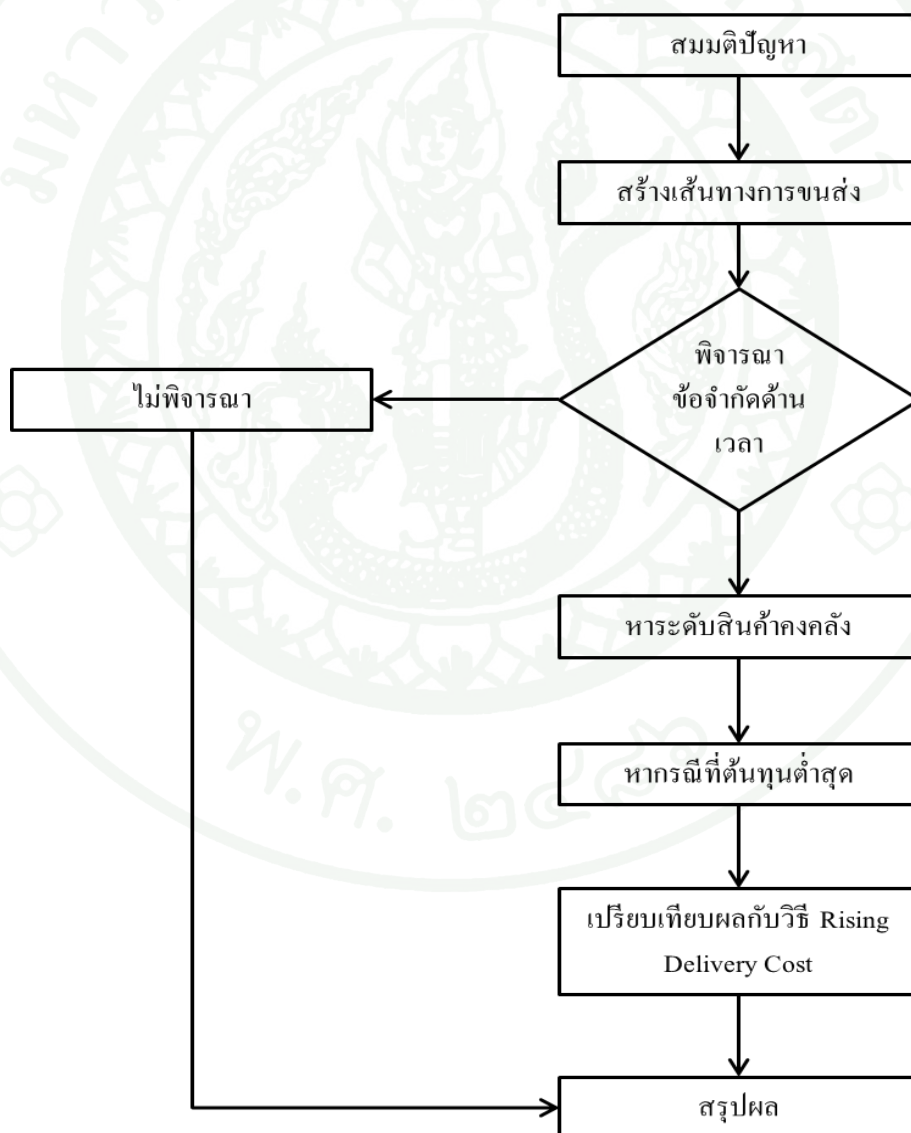
Yang *et al.* (2011) นำเสนอการประสานงานระหว่างนโยบายสินค้าคงคลัง และนโยบายการขนส่งสามารถนำไปสู่การลดต้นทุน และสามารถเพิ่มระดับบริการให้ดีขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งบริษัทที่นำบริษัทบุคคลที่สามมาเพื่อใช้ในการขนส่งสินค้าระหว่างห่วงโซ่อุปทานแทน ซึ่งงานวิจัยนี้เน้นระบบห่วงโซ่อุปทานที่มีคลังสินค้าหลัก 1 คลัง และกระจายสินค้าให้แก่ผู้ค้าปลีกหลายราย โดยมีการส่งสินค้าย่อยหลัง และขนส่งสินค้าได้ในปริมาณจำกัด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแนะนำนโยบายในการขนส่งสินค้าที่สามารถลดค่าใช้จ่ายได้ทั้งระบบ ใช้ประโยชน์จากการมีส่วนร่วมเมื่อส่งสินค้าในปริมาณมาก รูปแบบของปัญหาในงานวิจัยจะเขียนออกมาในเชิงโปรแกรมจำนวนเต็ม ปัญหาห่วงโซ่อุปทานมักจะมีความซับซ้อน และเกี่ยวข้องกับการคำนวณจำนวนมากจึงเป็นเรื่องยากที่จะหาคำตอบที่ดีที่สุด เพื่อที่จะหาคำตอบผู้วิจัยใช้วิธีเชิงพันธุกรรมช่วยแก้ปัญหา และผลที่ได้รับแสดงให้เห็นแล้วว่าวิธีเชิงพันธุกรรมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพนโยบายเดิมเดิมสินค้า

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
2. โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel 2007

วิธีการ



ภาพที่ 9 กรอบการทำงาน

1. การสมมติปัญหา

1.1 กำหนดจำนวนผู้ค้าปลีก ปริมาณความต้องการสินค้า และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณความต้องการสินค้า

รูปแบบของข้อมูลที่กำหนดจะเป็นการสุ่มซึ่งมีการกระจายตัวแบบมีรูปแบบ (Uniform Distribution) โดยปริมาณความต้องการสินค้าจะหาจากสมการที่ (30)

$$d_i^m = \frac{\max_i^m - \min_i^m}{2} \quad (30)$$

โดยที่ค่า $\max$ ได้จากการสุ่มข้อมูลในช่วง 600 - 1,400 และค่า $\min$ ได้จากการสุ่มข้อมูลในช่วง 5,400 - 13,000 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจะหาได้จากสมการที่ (31)

$$\sigma_i^m = \sqrt{\frac{(\max_i^m - \min_i^m)^2}{12}} \quad (31)$$

ตารางที่ 2 ข้อมูลปริมาณความต้องการสินค้าและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละผู้ค้าปลีก

ผู้ค้าปลีก	Min	Max	d_i^m	σ_i^m
1	1,143	10,292	5,718	1,154.70
2	1,142	10,278	5,710	1,732.05
3	1,192	10,735	5,964	2,309.40
4	1,250	11,257	6,254	1,443.38
5	1,361	12,249	6,805	1,327.90

1.2 กำหนดระยะทางระหว่างคลังสินค้ากับผู้ค้าปลีกและผู้ค้าปลีกกับผู้ค้าปลีก

รูปแบบของข้อมูลที่สร้างจะเป็นแบบสมมาตร ซึ่งมีการกระจายตัวแบบมีรูปแบบ (Uniform Distribution) โดยสุ่มข้อมูลอยู่ในช่วง 50 ถึง 100 ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยที่คลังสินค้าหลักแทนด้วย W และผู้ค้าปลีกแทนด้วย 1, 2, ..., n

ตารางที่ 3 แผนผังระยะทางสำหรับปัญหาที่มี 5 ผู้ค้าปลีก

(หน่วย : กิโลเมตร)

	W	1	2	3	4	5
W	-	86	91	62	81	88
1	86	-	64	70	78	56
2	91	64	-	71	74	67
3	62	70	71	-	53	90
4	81	78	74	53	-	94
5	88	56	67	90	94	-

ตารางที่ 3 คือผลที่ได้จากการสุ่ม โดยในตารางนี้เป็นแผนผังระยะทางสำหรับ 5 ผู้ค้าปลีก และจะแสดงแผนผังระยะทางสำหรับ 6 ผู้ค้าปลีกจนถึง 12 ผู้ค้าปลีก ในตารางผนวกที่ ก1 ถึง ก8

2. การสร้างเส้นทางการขนส่ง

ในงานวิจัยนี้จะสร้างกรณีต่างๆที่มีจำนวนเส้นทางที่ใช้สำหรับการขนส่งไม่เท่ากันเพื่อนำมาเปรียบเทียบหากรณีที่มีต้นทุนด้านสินค้าคงคลังต่ำที่สุด โดยที่จำนวนกรณีสำหรับแต่ละปัญหาจะไม่เกินจำนวนผู้ค้าปลีกที่กำหนดขึ้น โดยที่จะกำหนดให้กรณีที่ 1 มีเส้นทางสำหรับการขนส่งเท่ากับ 1 เส้นทาง กรณีที่ 2 จะมีเส้นทางสำหรับการขนส่งเท่ากับ 2 เส้นทาง และสุดท้าย กรณีที่ n จะมีจำนวนเส้นทางในการขนส่งเท่ากับ n เส้นทาง

การหาเส้นทางสำหรับการขนส่งในแต่ละกรณีในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้วิธีการเดินทางของพนักงานขายหลายคนพร้อมกัน (multi Traveling Salesman Problem : mTSP) เพื่อหาเส้นทางการขนส่งที่สั้นที่สุดสำหรับยานพาหนะแต่ละคัน ซึ่งมีสมการทางคณิตศาสตร์ดังนี้

$$\text{Minimize} \quad \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \quad (32)$$

$$\text{Subject To} \quad \sum_{j=2}^n X_{1j} = m \quad (m = 1, 2, \dots, n) \quad (33)$$

$$\sum_{i=2}^n X_{i1} = m \quad (m = 1, 2, \dots, n) \quad (34)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = 1 \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (35)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = 1 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (36)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ip} - \sum_{j=1}^n X_{pj} = 0 \quad (p = 1, 2, \dots, n) \quad (37)$$

$$\sum_{i \neq j; i, j \in S}^n X_{ij} \leq |S| - 1 \quad (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n) \quad (38)$$

$$X_{ij} \in \{0, 1\} \quad (39)$$

สมการการเป้าหมายที่ (32) กำหนดเพื่อหาระยะทางรวมที่น้อยที่สุดของการเดินทางจากจุด i ใดๆ ไปจุด j ใดๆ

สมการข้อจำกัดที่ (33) และ (34) เป็นสมการที่กำหนดให้ยานพาหนะต้องออกจากคลังสินค้าและกลับเข้าคลังสินค้าโดยที่จำนวนยานพาหนะเท่ากับ m

สมการข้อจำกัดที่ (35) และ (36) เป็นการควบคุมการส่งสินค้าไปยังผู้ค้าปลีกด้วยยานพาหนะเพียงคันเดียว

สมการข้อจำกัดที่ (37) เป็นสมการสำหรับควบคุมให้ยานพาหนะต้องเข้าและออกจากผู้ค้าปลีกรายเดียวกัน

สมการข้อจำกัดที่ (38) เป็นสมการข้อจำกัดที่ใช้กำจัดเส้นทางย่อย (Subtour Elimination Constrain)

สมการข้อจำกัดที่ (39) แสดงการเชื่อมโยงระหว่างปม i และ j โดยจะให้ค่าเท่ากับ 1 เมื่อมีการเชื่อมโยงระหว่างปม i กับ j และให้ค่าเท่ากับ 0 เมื่อไม่เกิดการเชื่อมโยงเกิดขึ้น

จากตัวอย่างข้อมูลระยะทางในตารางที่ 3 สามารถหาเส้นทางการขนส่งที่สั้นที่สุดสำหรับยานพาหนะแต่ละคันในแต่ละกรณีได้ตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เส้นทางการขนส่งของยานพาหนะแต่ละคัน

กรณีที่	ยานพาหนะ คันที่	การเดินทาง							C_m (กม.)
1	1	w	3	4	2	1	5	w	397
2	1	w	3	w					124
	2	w	1	5	2	4	w		364
3	1	w	3	w					124
	2	w	4	w					162
	3	w	5	1	2	w			299
4	1	w	2	w					182
	2	w	3	w					124
	3	w	4	w					162
	4	w	5	1	w				230
5	1	w	1	w					172
	2	w	2	w					182
	3	w	3	w					124
	4	w	4	w					162
	5	w	5	w					176

3. กรอบเวลาสำหรับการขนส่งสินค้า

กรอบเวลาสำหรับการขนส่งสินค้าในงานวิจัยนี้คือช่วงเวลานำในการขนส่งสินค้าในแต่ละเส้นทาง (LT^m) จะต้องมีค่าน้อยกว่าเวลาการใช้สินค้าในแต่ละเส้นทางขนส่ง (T^m) ซึ่งถ้าคำนวณแล้วพบว่า LT^m มีค่ามากกว่า T^m กรณีนั้นจะไม่ถูกพิจารณา โดยค่าทั้งสองสามารถหาได้จากสมการที่ (40) และ (41) ตามลำดับ

$$LT^m = \frac{C^m}{L} \quad (40)$$

$$T^m = \frac{K}{\sum_{i=1; i \in m}^n d_i^m} \quad (41)$$

จากข้อมูลในตารางที่ 4 เราจะสามารถหาค่าผลรวมของปริมาณความต้องการเฉลี่ยในแต่ละเส้นทางการขนส่งได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้ความสามารถในการบรรทุกสินค้าเท่ากับ 60,000 หน่วยต่อคัน และระยะทางที่ยานพาหนะสามารถวิ่งได้ต่อวันเท่ากับ 1,000 กิโลเมตร ดังนั้นจะสามารถหาค่า (LT^m) ได้

ตารางที่ 5 จำนวนเงื่อนไขด้านเวลาการขนส่ง

กรณีที่	ยานพาหนะคันที่	C_m (กม.)	$\sum_{i=1; i \in m}^n d_i^m$ (หน่วย)	LT^m (วัน)	T^m (วัน)
1	1	397	30,451	0.40	1.97
2	1	124	5,964	0.12	10.06
	2	364	24,487	0.36	2.45
3	1	124	5,964	0.12	10.06
	2	162	6,254	0.16	9.59
	3	299	18,233	0.30	3.29
4	1	182	5,710	0.18	10.51
	2	124	5,964	0.12	10.06
	3	162	6,254	0.16	9.59
	4	230	12,523	0.23	4.79
5	1	172	5,718	0.17	10.49
	2	182	5,710	0.18	10.51
	3	124	5,964	0.12	10.06
	4	162	6,254	0.16	9.59
	5	176	6,805	0.18	8.82

ตารางที่ 15 แสดงผลการคำนวณเงื่อนไขด้านเวลาในการขนส่งสินค้า พบว่าไม่มีเส้นทางไหนที่มีค่าช่วงเวลานำในการขนส่งสินค้าในแต่ละเส้นทาง (LT^m) มากกว่าเวลาการใช้สินค้าในแต่ละเส้นทางในการขนส่ง (T^m)

4. หาระดับสินค้าคงคลังที่ผู้ค้าปลีก

ตารางที่ 6 ตัวอย่างการหาระดับสินค้าคงคลังและระดับสินค้าคงคลังสำรองที่ผู้ค้าปลีก

ยานพาหนะคันที่	1	2			
C^m (กม.)	124	364			
ผู้ค้าปลีกรายที่	3	1	2	4	5
D_i^m	2,147,040	2,058,480	2,055,600	2,251,440	2,449,800
d_i^m	5,964	5,718	5,710	6,254	6,805
σ_i^m	2,754.65	2,641.03	2,637.34	2,888.60	3,143.09
Q_i^m	60,000	14,011	13,991	15,324	16,674
SS_i^m	17,230.19	8,683.87	8,671.72	9,497.89	10,334.68

ตารางที่ 6 ได้ใช้ข้อมูลในของกรณีที่ 2 ในตารางที่ 5 มาเป็นตัวอย่างในการคำนวณปริมาณโดยความต้องการสินค้าต่อปี (D_i^m) โดยใช้ค่าปริมาณความต้องการสินค้าเฉลี่ยต่อวันที่สมมติจากตารางที่ 2 นำมาคูณกับจำนวนวันทำงาน (WD) ดังสมการที่ (42)

$$D_i^m = d_i^m \times WD \quad (42)$$

ระดับสินค้าคงคลังที่ผู้ค้าปลีก (Q_i^m) สามารถหาได้จากการนำเวลาการใช้สินค้าในแต่ละเส้นทางในการขนส่ง (T_m) คูณกับปริมาณความต้องการสินค้าเฉลี่ย (d_i^m) และระดับสินค้าคงคลังสำรอง (SS_i^m) หาได้จากสมการที่ (43) และ (44)

$$Q_i^m = T^m(d_i^m) \quad (43)$$

$$SS_i^m = Z_\alpha \sigma_i^m \sqrt{T^m + LT^m} \quad (44)$$

ตารางที่ 7 ค่าของตัวแปรที่กำหนดในวิธีวิธีวิสถิติ

ยานพาหนะคันที่	1	2
K (หน่วย)	60,000	60,000
T^m (วัน)	10.06	2.45
LT^m (วัน)	0.12	0.36
Z_α	1.96	1.96
WD (วัน)	360	360
H (หน่วย/ปี)	18.5	18.5
Tr (บาท/ปี)	7.5	7.5

ตารางที่ 7 คือค่าของตัวแปรที่กำหนดเอาไว้ใช้คำนวณหาระดับของสินค้าคงคลังในวิธีวิธีวิสถิติ

5. หาระดับสินค้าคงคลังสำหรับวิธีการสั่งซื้อแบบประหยัดเมื่อต้นทุนการขนส่งเพิ่ม

ตารางที่ 8 หาระดับสินค้าคงคลังสำหรับวิธีการสั่งซื้อแบบประหยัดเมื่อต้นทุนการขนส่งเพิ่ม

ยานพาหนะคันที่	1	2	3	4	5
C^m (กม.)	172	182	124	162	176
ผู้ค้าปลีกรายที่	1	2	3	4	5
D_i^m	2,058,480.00	2,055,600.00	2,147,040.00	2,251,440.00	2,449,800.00
d_i^m	5,718.00	5,710.00	5,964.00	6,254.00	6,805.00
σ_i^m	2,641.03	2,637.34	2,754.65	2,888.60	3,143.09
Q_i^m	16,943.27	17,416.66	14,692.33	17,196.79	18,697.41
SS_i^m	9,165.55	9,293.32	8,684.87	9,660.92	10,533.49

จากตารางที่ 8 จะสามารถคำนวณปริมาณความต้องการสินค้าต่อปี (D_i^m) โดยใช้สมการที่ (42)

ระดับสินค้าคงคลังที่ผู้ค้าปลีก (Q_i^m) และระดับสินค้าคงคลังสำรอง (SS_i^m) สามารถหาจากสมการที่ (45) และ (46)

$$Q_i^m = \sqrt{\frac{2 * D_i^m * Tr}{H}} \quad (45)$$

$$SS_i^m = Z_\alpha \sigma_i^m \sqrt{T^m + LT^m} \quad (46)$$

โดยที่ค่าเวลาการใช้สินค้าในแต่ละเส้นทางการขนส่ง (T^m) สามารถหาได้จากสมการที่ (47)

$$T^m = \frac{Q_i^m * WD}{D_i^m} \quad (47)$$

ตารางที่ 9 ค่าตัวแปรที่กำหนดในวิธีการสั่งซื้อแบบประหยัดเมื่อต้นทุนการขนส่งเพิ่ม

ยานพาหนะ คันที่	1	2	3	4	5
K (หน่วย)	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
H (บาท/ปี)	18.50	18.50	18.50	18.50	18.50
Ordering Cost	1,290.00	1,365.00	930.00	1,215.00	1,320.00
WD (วัน)	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00
T^m (วัน)	2.96	3.05	2.46	2.75	2.75
LT^m (วัน)	0.17	0.18	0.12	0.16	0.18

ตารางที่ 9 แสดงค่าของตัวแปรที่กำหนดไว้สำหรับใช้คำนวณหาค่าระดับสินค้าคงคลังสำหรับวิธีการสั่งซื้อแบบประหยัดเมื่อต้นทุนการขนส่งเพิ่ม

ผลและวิจารณ์

1. ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้นำเสนอขั้นตอนและวิธีการแก้ปัญหาการเติมเต็มสินค้าคงคลังที่มีคลังสินค้าหลัก
แห่งเดียวกับผู้ค้าปลีก

ตารางที่ 10 ต้นทุนของปัญหาสมมติในแต่ละกรณีและวิธีเปรียบเทียบ

(หน่วย : บาท)			
กรณีที่	ต้นทุนถือครองสินค้า	ต้นทุนการขนส่ง	รวม
1	1,339,680.00	544,007.12	1,883,687.11
2	2,116,739.34	434,376.18	2,551,115.52
3	2,889,466.70	324,195.80	3,213,662.49
4	3,648,542.79	255,248.73	3,903,791.52
5	4,388,089.59	223,788.60	4,611,878.19
Rising Delivery Cost	1,661,510.68	785,754.80	2,447,265.44

ตารางที่ 10 แสดงการคำนวณต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลังและต้นทุนการขนส่งสินค้า
ของทั้งสองวิธี โดยต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลังสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (48) และ
ต้นทุนการขนส่งสินค้าสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (49)

$$H \sum_{m=1}^v \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_i^m}{2} + SS_i^m \right) \quad (48)$$

$$Tr \sum_{m=1}^v \left(C^m \frac{WD}{T^m} \right) \quad (49)$$

จากการคำนวณพบว่ากรณีที่ 1 มีต้นทุนด้านสินค้าคงคลังที่น้อยที่สุดจากทั้งหมด 5 กรณี
เท่ากับ 1,883,687.11 บาท และน้อยกว่าวิธี Rising Delivery Cost ซึ่งมีต้นทุนเท่ากับ 2,447,265.44
บาท คิดเป็น 23.03%

จากปัญหาสมมติดังกล่าวผู้วิจัยได้ทดลองเพิ่มจำนวนผู้ค้าปลีกเป็น 13 รายและคำนวณหาต้นทุนโดยเลือกเฉพาะกรณีที่ต่ำที่สุดนำมาเปรียบเทียบกับวิธี Rising Delivery Cost

ตารางที่ 11 ผลการทดลองจากการเปลี่ยนแปลงผู้ค้าปลีกตั้งแต่ 5 รายจนถึง 13 ราย

จำนวนผู้ค้าปลีก	อิวิริสติกส์ (บาท)	Rising Delivery Cost (บาท)	เปอร์เซ็นต์ความ แตกต่าง (%)
5	1,883,687.11	2,447,265.44	23.03
6	1,597,789.84	2,037,052.88	21.56
7	2,051,522.73	2,780,748.24	26.22
8	2,348,542.03	3,175,229.91	26.03
9	2,683,577.91	3,514,287.44	24.15
10	3,144,636.14	4,107,997.69	23.45
11	3,927,343.52	5,115,753.62	23.23
12	3,979,988.70	5,190,396.28	23.32
13	4,138,957.85	5,244,438.83	21.07

จากผลการทดลองในตารางที่ 11 พบว่าต้นทุนที่ลดได้โดยเฉลี่ยเท่ากับ 23.56% โดยเส้นทางการขนส่งสินค้าและระยะทางรวมแสดงในตารางผนวกที่ ข1 ระดับสินค้าคงคลังของวิธีอิวิริสติกส์จะแสดงในตารางผนวกที่ ค1 ถึง ค9 และ ระดับสินค้าคงคลังของวิธี Rising Delivery Cost จะแสดงในตารางผนวกที่ ง1 ถึง ง9

2. การวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของวิธีการ

งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ปัจจัยโดยการออกแบบการทดลอง โดยเปลี่ยนแปลงต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลัง ต้นทุนการขนส่งสินค้าคงคลัง และจำนวนผู้ค้าปลีก โดยที่ต้นทุนการถือครองสินค้าและต้นทุนการขนส่งสินค้ามี 3 ระดับ และจำนวนผู้ค้าปลีกมี 2 ระดับ โดยในแต่ละการทดลองจะมีการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง และได้ผลดังตารางต่อไปนี้ ตารางที่ 10 และ 11 จะแสดงผลอยู่ในรูปต้นทุนด้านสินค้าคงคลังของทั้งสองวิธี และสรุปเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของต้นทุนด้านสินค้าคงคลังในตารางที่ 12 และ 13

ตารางที่ 12 ต้นทุนด้านสินค้าคงคลังของทั้งสองวิธีจากการวิเคราะห์ที่ 5 ผู้ค้าปลีก

(หน่วย : บาท)

ต้นทุน การ ขนส่ง สินค้า	5 ผู้ค้าปลีก					
	ค่าสัดส่วนถือครองสินค้า					
	10%		20%		30%	
	ต้นทุนรวม Rising Cost	ต้นทุนรวม	ต้นทุนรวม Rising Cost	ต้นทุนรวม	ต้นทุนรวม Rising Cost	ต้นทุนรวม
7.5 บาท/กม.	1,097,210.57	830,441.06	1,577,154.93	1,190,169.89	1,971,140.26	1,540,211.58
	1,048,539.67	801,451.40	1,663,394.47	1,284,963.49	2,036,460.33	1,558,346.72
	1,082,298.31	827,759.74	1,697,839.25	1,233,802.49	1,995,108.85	1,515,014.70
	1,115,124.96	819,406.79	1,682,108.18	1,214,182.64	2,098,371.99	1,578,621.11
	1,105,294.62	864,449.31	1,600,204.93	1,174,824.06	1,935,936.09	1,488,941.37
22.5 บาท/กม.	1,702,821.13	1,541,937.79	2,531,446.01	2,209,562.70	3,465,817.67	2,509,170.65
	1,695,573.43	1,511,889.16	2,698,710.45	2,145,106.55	3,284,041.90	2,575,149.89
	1,691,459.45	1,440,529.13	2,789,772.25	2,285,049.68	3,162,160.40	2,398,132.74
	1,672,197.67	1,508,678.16	2,713,387.17	2,114,538.99	3,535,484.24	2,681,320.38
	1,869,927.48	1,790,145.74	2,723,438.50	2,238,543.83	3,592,133.41	2,956,158.90
37.5 บาท/กม.	2,076,820.87	1,969,826.12	3,379,316.13	2,998,095.63	4,538,500.77	3,751,854.04
	2,151,826.69	1,983,519.44	3,045,562.35	2,809,788.94	4,627,564.40	3,982,837.65
	2,223,293.08	2,135,586.28	3,103,224.26	2,771,776.00	4,051,657.41	3,219,478.45
	2,283,578.81	2,068,366.33	3,267,409.30	2,913,822.50	4,221,868.02	3,722,380.16
	2,169,829.15	2,057,957.17	3,143,189.15	2,972,498.29	4,187,841.87	3,426,343.07

ตารางที่ 13 ต้นทุนด้านสินค้าคงคลังของทั้งสองจากการวิเคราะห์ที่ 10 ผู้ค้าปลีก

(หน่วย : บาท)

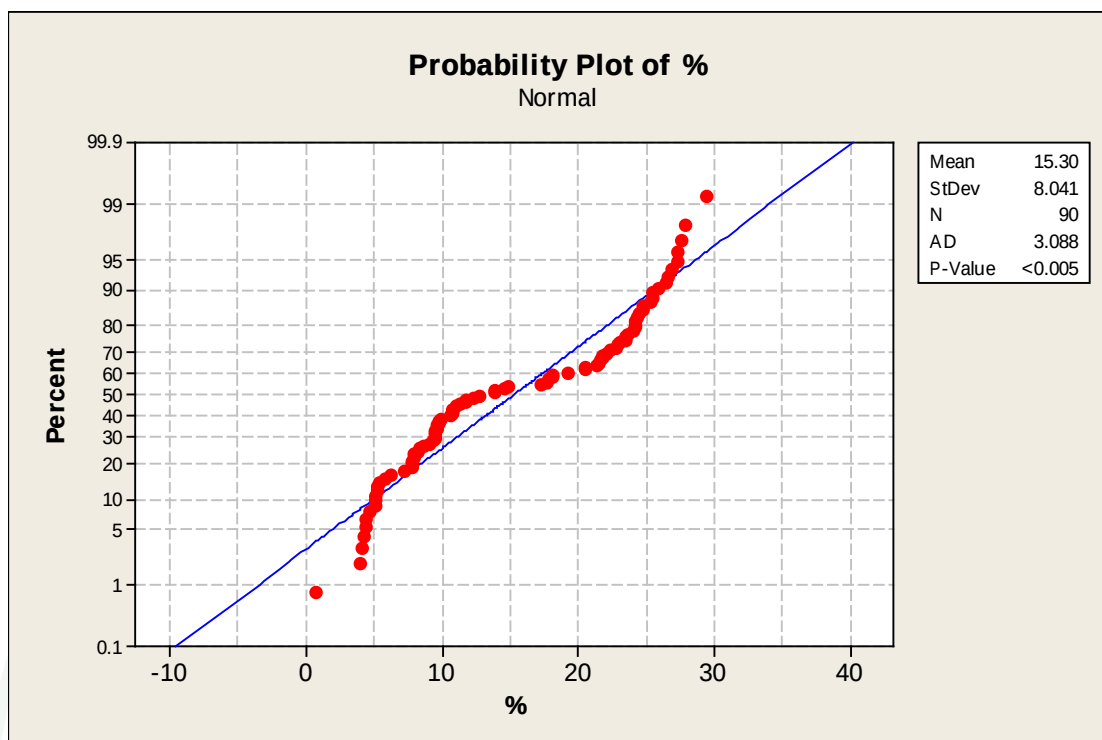
ต้นทุน การ ขนส่ง สินค้า	10 ผู้ค้าปลีก					
	ค่าสัดส่วนถือครองสินค้า					
	10%		20%		30%	
	ต้นทุนรวม Rising Cost	ต้นทุนรวม	ต้นทุนรวม Rising Cost	ต้นทุนรวม	ต้นทุนรวม Rising Cost	ต้นทุนรวม
7.5 บาท/กม.	2,290,088.81	1,954,494.44	3,339,589.94	2,577,293.93	4,150,966.20	3,036,325.42
	2,028,203.11	1,525,495.93	3,282,005.47	2,573,629.34	3,945,172.28	2,945,108.28
	2,187,585.98	1,684,491.52	3,277,200.51	2,578,519.98	4,006,270.11	2,985,350.28
	2,167,424.14	1,960,462.13	3,355,388.01	2,607,409.30	4,183,831.84	3,043,943.92
	2,131,600.96	1,997,274.30	3,263,110.92	2,432,306.06	4,160,648.78	3,082,032.20
22.5 บาท/กม.	3,287,208.46	3,261,047.31	5,342,273.60	4,311,371.73	5,865,084.89	5,052,760.99
	3,174,561.56	2,886,204.04	5,205,105.08	4,928,606.73	6,030,914.95	5,750,577.29
	3,235,253.40	2,885,670.50	4,663,417.53	4,291,459.42	5,986,404.09	5,735,404.18
	3,251,168.62	2,991,554.43	5,615,320.22	4,952,753.21	5,777,425.27	5,278,583.64
	3,544,698.07	3,201,197.30	4,941,078.34	4,525,183.72	5,875,774.86	5,388,006.28
37.5 บาท/กม.	4,298,745.41	4,050,657.43	6,445,854.48	5,808,639.43	7,706,079.01	6,965,145.14
	4,204,901.86	3,982,951.53	6,055,989.68	5,308,918.04	7,830,115.82	5,939,269.34
	4,384,520.31	4,192,137.56	6,149,448.58	5,699,985.31	7,964,090.72	7,208,513.45
	4,341,983.05	4,150,508.84	5,746,742.08	5,181,922.98	8,196,400.35	7,293,784.73
	4,358,878.09	4,132,310.58	5,826,557.86	5,271,145.46	7,760,091.47	7,155,918.53

ตารางที่ 14 เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของต้นทุนด้านสินค้าคงคลังจากการวิเคราะห์ที่ 5 ผู้ค้าปลีก

5 ผู้ค้าปลีก						
ต้นทุนการ ขนส่ง สินค้า	ค่าสัดส่วนถือครองสินค้า					
	10%		20%		30%	
	เปอร์เซ็นต์		เปอร์เซ็นต์		เปอร์เซ็นต์	
	ความ แตกต่าง (%)	เฉลี่ย (%)	ความ แตกต่าง (%)	เฉลี่ย (%)	ความ แตกต่าง (%)	เฉลี่ย (%)
7.5 บาท/กม.	24.31		24.54		21.86	
	23.56		29.45		23.48	
	23.52	23.94	27.33	27.14	24.06	23.45
	26.52		27.82		24.77	
	21.79		26.58		23.09	
22.5 บาท/กม.	9.45		12.72		27.60	
	10.83		20.51		21.59	
	14.84	9.83	18.09	18.24	24.16	23.04
	9.78		22.07		24.16	
	4.27		17.80		17.70	
37.5 บาท/กม.	5.15		11.28		17.33	
	7.82		7.74		13.93	
	3.94	6.30	10.68	9.19	20.54	16.36
	9.42		10.82		11.83	
	5.16		5.43		18.18	

ตารางที่ 15 เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของต้นทุนด้านสินค้าคงคลังจากการวิเคราะห์ที่ 10 ผู้ค้าปลีก

10 ผู้ค้าปลีก						
ต้นทุนการ ขนส่ง สินค้า	ค่าสัดส่วนถือครองสินค้า					
	10%		20%		30%	
	เปอร์เซ็นต์		เปอร์เซ็นต์		เปอร์เซ็นต์	
	ความ แตกต่าง (%)	เฉลี่ย (%)	ความ แตกต่าง (%)	เฉลี่ย (%)	ความ แตกต่าง (%)	เฉลี่ย (%)
7.5 บาท/กม.	14.65		22.83		26.85	
	24.79		21.58		25.35	
	23.00	15.66	21.32	22.70	25.48	26.17
	9.55		22.29		27.25	
	6.30		25.46		25.92	
22.5 บาท/กม.	0.80		19.30		13.85	
	9.08		5.31		4.65	
	10.81	7.67	7.98	10.56	4.19	7.93
	7.99		11.80		8.63	
	9.69		8.42		8.30	
37.5 บาท/กม.	5.77		9.89		9.61	
	5.28		12.34		24.15	
	4.39	5.01	7.31	9.78	9.49	12.41
	4.41		9.83		11.01	
	5.20		9.53		7.79	



ภาพที่ 10 ทดสอบการแจกแจงปกติ (Normality Test)

นำเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างมาทดสอบการแจกแจงปกติ (Normality Test) ดังภาพที่ 10 พบว่าค่า P-Value มีค่าน้อยกว่า 0.05 ดังนั้นค่าเปอร์เซ็นต์ความต่างนั้นไม่เป็นการแจกแจงปกติ เพราะฉะนั้นใช้การวิเคราะห์แบบ Parametric ไม่ได้ ดังนั้นจึงใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ Nonparametric ในการวิเคราะห์แทน โดยใช้ Mann-Whitney Test เพื่อทดสอบหาค่ากลางของสองกลุ่มตัวอย่างว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 12 และ 13 ซึ่งมีการตั้งสมมติฐานดังนี้

$$H_0 : M_1 = M_2$$

$$H_1 : M_1 \neq M_2$$

กำหนดให้

M_1 คือค่ามัธยฐานของกลุ่มตัวอย่างที่คำนวณได้จากวิธี Rising Delivery Cost

M_2 คือค่ามัธยฐานของกลุ่มตัวอย่างที่คำนวณได้จากวิธีฮิวริสติกส์ที่พัฒนาขึ้นมา

ตารางที่ 16 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่ามัธยฐานระหว่าง 2 วิธี

	N	Median
M_1	90	3,279,603
M_2	90	2,790,782
Significant at 0.0259		

จากผลการทดสอบในตารางที่ 16 พบว่ามีนัยสำคัญที่ 0.0259 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าค่ามัธยฐานระหว่างวิธี Rising Delivery Cost นั้นแตกต่างจากวิธีอีวิริสติกส์ที่พัฒนาขึ้น

หลังจากการทดสอบค่ามัธยฐานแล้ว คือการทดสอบความแตกต่างของปัจจัยในแต่ละระดับว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยใช้ข้อมูลในตารางที่ 14 และ 15 โดยใช้วิธี Kruskal-Wallis test ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่าง 2 วิธี โดยกำหนดให้ จำนวนผู้ค้าปลีก ค่าสัดส่วนถือครองสินค้า และ ต้นทุนการขนส่งเป็นปัจจัย (Factor) และ กำหนดให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่าง 2 วิธีเป็นผลตอบสนอง (Response)

ตารางที่ 17 ค่า P-Value จากการทดสอบความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง

ปัจจัย	P-Value
จำนวนผู้ค้าปลีก	0.013
ค่าสัดส่วนถือครองสินค้า	0.003
ต้นทุนการขนส่งสินค้า	< 0.0001

จากผลในตารางที่ 17 ค่า P-Value ในแต่ละปัจจัยมีค่าน้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างในแต่ละระดับของปัจจัยมีความแตกต่างกัน ดังนั้นสรุปได้ว่าจำนวนผู้ค้าปลีก ค่าสัดส่วนถือครองสินค้า และ ต้นทุนการขนส่งสินค้านั้นมีผลต่อประสิทธิภาพในการลดต้นทุนด้านสินค้าคงคลัง

ตารางที่ 18 ค่า P-Value จากการทดสอบระดับของปัจจัยโดยใช้ Mann-Whitney Test

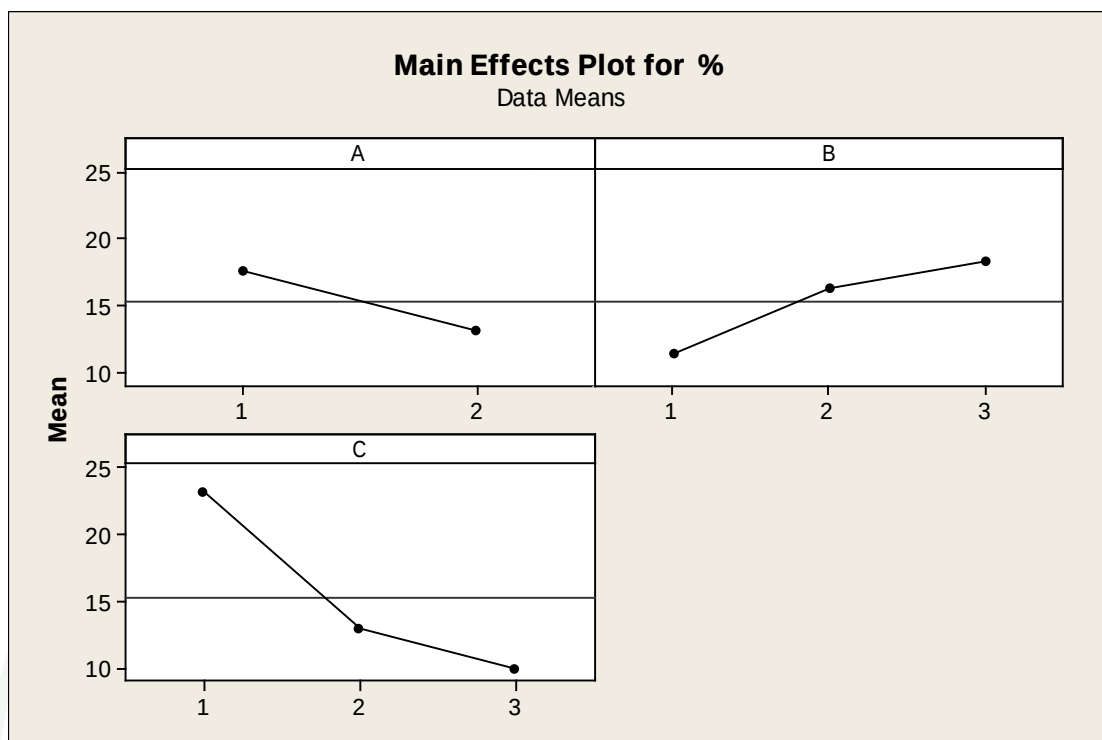
ปัจจัย	ระดับปัจจัยที่เทียบกัน		
	1 VS 2	1 VS 3	2 VS 3
จำนวนผู้ค้าปลีก	0.0129	-	-
ค่าสัดส่วนถือครอง สินค้า	0.0083	0.0017	0.3183
ต้นทุนการขนส่ง สินค้า	< 0.0001	< 0.0001	0.0963

จากตารางที่ 18 พบว่าค่าสัดส่วนการถือครองสินค้าและต้นทุนการขนส่งสินค้าที่ระดับปัจจัยที่ 2 เทียบกับระดับปัจจัยที่ 3 จะไม่นับสำคัญต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง

นำค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง ที่แต่ละระดับของปัจจัยมาวิเคราะห์ด้วยวิธี Wilcoxon Signed Rank เพื่อวิเคราะห์ว่าแต่ละระดับของปัจจัยมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างหรือไม่ ได้ผลดังแสดงในตารางที่

ตารางที่ 19 วิเคราะห์ช่วงความเชื่อมั่นของเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง

ปัจจัย	ระดับ	ช่วงความเชื่อมั่น	
		ขอบเขตล่าง	ขอบเขตบน
จำนวนผู้ค้าปลีก	5 ราย	15.15	20.20
	10 ราย	9.39	15.83
ค่าสัดส่วนถือครอง สินค้า	10 %	7.41	14.73
	20 %	13.32	19.09
	30 %	15.67	22.05
ต้นทุนการสั่งซื้อสินค้า (บาท/กม.)	7.5	22.93	25.12
	22.5	9.58	15.55
	37.5	7.60	11.80



ภาพที่ 11 กราฟผลกระทบของปัจจัยหลัก

โดยที่

- A-1 คือจำนวนผู้ค้าปลีก 5 ราย
- A-2 คือจำนวนผู้ค้าปลีก 10 ราย
- B-1 คือค่าสัดส่วนถือครองสินค้าที่ 10% ของต้นทุนสินค้า
- B-2 คือค่าสัดส่วนถือครองสินค้าที่ 20% ของต้นทุนสินค้า
- B-3 คือค่าสัดส่วนถือครองสินค้าที่ 30% ของต้นทุนสินค้า
- C-1 คือต้นทุนการขนส่งสินค้า 7.5 บาท/กม.
- C-2 คือต้นทุนการขนส่งสินค้า 22.5 บาท/กม.
- C-3 คือต้นทุนการขนส่งสินค้า 37.5 บาท/กม.

จากภาพที่ 11 พบว่าจำนวนผู้ค้าปลีกและต้นทุนการขนส่งสินค้ายิ่งเพิ่มขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพของวิธีที่พัฒนาขึ้นมาลดลง แต่ปัจจัยด้านค่าสัดส่วนการถือครองสินค้ายิ่งเพิ่มขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพของวิธีที่พัฒนาขึ้นมานี้เพิ่มขึ้น

3. การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของทั้งสองวิธี

การวิเคราะห์ความไวในงานวิจัยนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนถือครองสินค้า และต้นทุนการขนส่งสินค้าเพื่อศึกษาค่าของเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่เปลี่ยนแปลงไป โดยทำการเปลี่ยนแปลงค่าทั้ง 2 ดังตารางที่ 20 และกำหนดจำนวนผู้ค้าปลีกที่ใช้ในการวิเคราะห์ความไวเท่ากับ 10 ราย

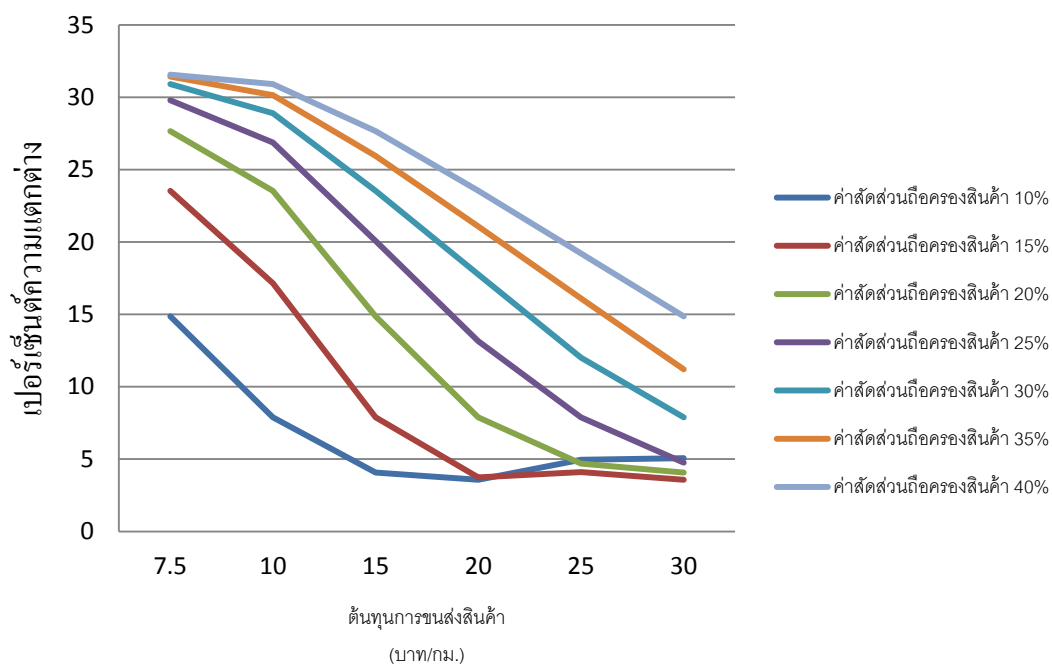
ตารางที่ 20 ปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์ความไว

ค่าสัดส่วนการถือครองสินค้า	ต้นทุนการขนส่งสินค้า (บาท/กม.)
10 %	7.5
15 %	10
20 %	15
25 %	20
30 %	25
35 %	30
40 %	-

ตารางที่ 21 ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่ได้จากการวิเคราะห์ความไว

(หน่วย : เปอร์เซนต์)

ต้นทุนการขนส่ง สินค้า (บาท/กม.)	ค่าสัดส่วนการถือครองสินค้า						
	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%
7.5	14.87	23.54	27.66	29.8	30.91	31.43	31.57
10	7.89	17.16	23.54	26.88	28.9	30.15	30.91
15	4.07	7.89	14.87	20.08	23.54	25.95	27.66
20	3.57	3.74	7.89	13.15	17.76	21.08	23.55
25	4.95	4.1	4.69	7.89	12.01	16.1	19.21
30	5.07	3.57	4.07	4.76	7.89	11.2	14.87



ภาพที่ 12 เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับต้นทุนการขนส่งสินค้าและค่าสัดส่วนการถือครองสินค้า

จากผลการวิเคราะห์ความไวในตารางที่ 21 และภาพที่ 12 จึงสรุปได้ว่าค่าสัดส่วนการถือครองสินค้าที่สูงขึ้นจะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของทั้งสองวิธีนั้นดีขึ้นแต่ในทางกลับกัน ต้นทุนการขนส่งสินค้าที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างนั้นต่ำลง

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาการเติมเต็มสินค้าคงคลังสำหรับปัญหาที่มีคลังสินค้าหลักแห่งเดียวกับหลายผู้ค้าปลีกและมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนด้านสินค้าคงคลังให้มากที่สุด โดยใช้แนวคิดการบริหารสินค้าคงคลังโดยผู้ผลิตมาประยุกต์ใช้ที่คลังสินค้าเพื่อให้คลังสินค้าสามารถรับรู้อัตราการใช้ของสินค้าที่ผู้ค้าปลีกและสามารถวางแผนการขนส่งสินค้าได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอแนวคิดการส่งสินค้าด้วยยานพาหนะเต็มคันมาใช้เพื่อให้สามารถใช้ประสิทธิภาพการบรรทุกให้สูงที่สุดและใช้เป็นตัวกำหนดระดับสินค้าคงคลังในแต่ละผู้ค้าปลีกด้วย และใช้วิธีการเดินทางของพนักงานขายหลายคนพร้อมกัน (multi Traveling Salesman Problem : mTSP) เพื่อใช้หาเส้นทางสั้นที่สุดในการขนส่งสินค้าในแต่ละกรณี โดยนำผลที่ได้จากวิธีที่พัฒนาขึ้นมานี้มาเปรียบเทียบกับวิธีการบริหารสินค้าคงคลังแบบ Rising Delivery Cost ซึ่งวิธีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมานี้มีต้นทุนต่ำกว่าวิธี Rising Delivery Cost ประมาณ 23.71%

จากการวิเคราะห์ความไวโดยการเปลี่ยนแปลงจำนวนผู้ค้าปลีก ต้นทุนการขนส่งสินค้าและอัตราส่วนต้นทุนการถือครองสินค้าพบว่าทั้ง 3 ปัจจัยนี้มีผลต่อประสิทธิภาพของวิธีที่พัฒนาขึ้นมานี้ โดยจำนวนผู้ค้าปลีกและต้นทุนการขนส่งสินค้ามีแนวโน้มเดียวกันคือเมื่อค่ามากขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพในการลดต้นทุนนั้นต่ำลง แต่เมื่อค่าสัดส่วนถือครองสินค้ามีค่าสูงขึ้นจะส่งผลให้วิธีการนี้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้นด้วย

ข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์ความไว ผู้วิจัยได้ศึกษาผลกระทบจากปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อความสามารถในการลดต้นทุนของวิธีผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ซึ่งศึกษาจำนวนผู้ค้าปลีก ต้นทุนการขนส่งสินค้าและค่าสัดส่วนการถือครองสินค้าซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนด้านสินค้าโดยตรง นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นในงานวิจัยนี้ที่ได้กำหนดขึ้นมา และไม่ได้นำมาวิเคราะห์ความไวเพื่อศึกษาผลกระทบต่อผลของวิธีการที่พัฒนาขึ้นมา เช่น ระยะทางระหว่างคลังสินค้ากับผู้ค้าปลีกและผู้ค้าปลีกกับผู้ค้าปลีก อัตราการใช้สินค้าคงคลังของผู้ค้าปลีก ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการใช้สินค้าคงคลังของผู้ค้าปลีก และความสามารถในการบรรทุกสินค้าของยานพาหนะซึ่งควรจะนำขึ้นมาศึกษาและวิเคราะห์หาผลกระทบที่มีต่อผลของวิธีที่พัฒนาขึ้นมา

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาการเติมเต็มสินค้าคงคลังสำหรับร้านค้าที่มีคลังสินค้าหลักแห่งเดียวกับหลายผู้ค้าปลีก และพิจารณาสินค้าผลิตภัณฑ์เดียว ซึ่งสามารถนำไปขยายขอบเขตงานวิจัยให้ครอบคลุมหลายคลังสินค้าหรือหลายผลิตภัณฑ์ได้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กัญจนารณ์ เจริญผล. 2554. ผลเฉลยเชิงทฤษฎีที่เหมาะสมสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งกรณีมีรถหลายขนาดแบบมีกรอบเวลา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ธรีนิ มณีศรี. 2552. ขั้นตอนวิธีการสำหรับการหาผลเฉลยเชิงทฤษฎีของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งแบบมีกรอบเวลาและเวลาเดินทางไม่แน่นอน. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พิภพ เล้าประจง. 2536. ระบบการควบคุมการผลิตเชิงวิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 5. บริษัทดวงกมลสมัย, กรุงเทพฯ.
- สุจินดา เจียรวรรณ. 2552. การหาโอบายการจัดการสินค้าคงคลังและปริมาณการขนส่งที่มีประสิทธิภาพสำหรับบริษัทผู้แทนจำหน่ายผลิตภัณฑ์สมุนไพรกรณีศึกษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุดารัตน์ สุ่มมาตย์. 2547. การใช้วิธีเชิงฮิวริสติกส์เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะและการบรรจุ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อุบลรัตน์ เขียรชนาคม. 2551. การใช้วิธีเชิงฮิวริสติกส์เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่มีคลังสินค้าหลายแห่ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อภิสิทธิ์ วิวัฒน์โยธินชัย. 2554. การใช้วิธีการเชิงพันธุกรรมในการแก้ปัญหาการเติมเต็มสินค้าคงคลังในกรณีที่มีคลังสินค้าหลัก 1 คลัง และมีผู้ค้าปลีกหลายราย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Bodin, L. and B. Golden. 1981. Classification in vehicle routing and scheduling. **Network** 11: 97-108.

- Chan, C.K., B.K.S. Cheung and A. Langevin. 2003. Solving the multi-buyer joint replenishment problem with a modified genetic algorithm. **Transportation research part B** 2003 (37): 291-299.
- Waters, D. 2003. **Inventory Control and Management**. 2th ed. John Wiley & Sons Ltd., England.
- Kiesmuller, G.P. 2009. A multi-item periodic replenishment policy with full truckloads. **Int. J. Production Economics** (2009) 275–281
- Kiesmuller, G.P. 2010. Multi-item inventory control with full truckloads: A comparison of aggregate and individual order triggering. **European Journal of Operational Research** 200 (2010) 54–62
- Osman, H. and K. Demirli 2012. Integrated safety stock optimization for multiple sourced stockpoints facing variable demand and lead time. **Int. J. Production Economics** 135 (2012) 299–307
- Daniel, J.S.R. and C. Rajendran. 2006. Heuristic approaches to determine base-stock levels in a serial supply chain with a single objective and with multiple objectives. **European Journal of Operational Research** 175 (2006) 566–592
- Braekers, K., A. Caris and G.K. Janssens. 2011. A Deterministic Annealing Algorithm for a Bi-Objective Full Truckload Vehicle Routing Problem in Drayage Operations. **Procedia Social and Behavioral Sciences** 20 (2011) 344–353
- Li, J. 2010. Coordination of split deliveries in one-warehouse multi-retailer distribution systems. **Computers & Industrial Engineering** 60 (2011) 291–301

- Li, Q. 2004. Solving the multi-buyer joint replenishment problem with the RAND method. **computers & industrial engineering** 2004 (46): 755-762.
- Darwish, M.A. and O.M. Odah. 2009. Vendor managed inventory model for single-vendor multi-retailer supply chains. **European Journal of Operational Research** 204 (2010) 473–484.
- Moon, I.K. and B.C. Cha. 2005. The joint replenishment problem with resource restriction. **European journal of operational research** 2006 (173): 190-198.
- Brander, P. and R. Forsberg. 2006. Determination of safety stocks for cyclic schedules with stochastic demands. **Int. J. Production Economics** 2006 (173): 271-295.
- Richard, J.T. 1994. **Principles of inventory and materials management**. 4 ed. PTR Prentice-Hall, Inc., The United States of America.
- Rieksts, B.Q., J.A. Ventura and Y.T. Herer. 2008. Power-of-two policies for single-warehouse multi-retailer inventory systems with order frequency discounts. **Computers & Operations Research** 2009 (36): 2286-2294.
- Stock, J.R. and D.M. Lambert. 2001. **Strategic Logistics Management**. 4th ed. McGraw-Hill, Inc., New York.
- Yang, W., T.S. Chan and V. Kumar. 2011. Optimizing replenishment policies using Genetic Algorithm for single-warehouse multi-retailer system. **Expert Systems with Applications** 39 (2012) 3081–3086.





ภาคผนวก ก
แผนผังระยะทาง

ตารางผนวกที่ ก1 แผนผังระยะทางสำหรับปัญหาที่มี 6 ผู้ค้าปลีก

(หน่วย : กิโลเมตร)

	W	1	2	3	4	5	6
W	-	68	59	100	58	52	62
1	68	-	58	72	75	65	100
2	59	58	-	58	75	94	53
3	100	72	58	-	92	74	95
4	58	75	75	92	-	80	56
5	52	65	94	74	80	-	85
6	62	100	53	95	56	85	-

ตารางผนวกที่ ก2 แผนผังระยะทางสำหรับปัญหาที่มี 7 ผู้ค้าปลีก

(หน่วย : กิโลเมตร)

	W	1	2	3	4	5	6	7
W	-	68	59	100	58	52	62	74
1	68	-	58	72	75	65	100	52
2	59	58	-	58	75	94	53	61
3	100	72	58	-	92	74	95	69
4	58	75	75	92	-	80	56	69
5	52	65	94	74	80	-	85	67
6	62	100	53	95	56	85	-	72
7	74	52	61	69	69	67	72	-

ตารางผนวกที่ ก3 แผนผังระยะทางสำหรับปัญหาที่มี 8 ผู้ค้าปลีก

(หน่วย : กิโลเมตร)

	W	1	2	3	4	5	6	7	8
W	-	81	52	59	94	91	60	54	92
1	81	-	67	56	77	79	61	58	67
2	52	67	-	90	97	78	83	68	92
3	59	56	90	-	55	90	94	69	98
4	94	77	97	55	-	62	71	59	97
5	91	79	78	90	62	-	87	64	55
6	60	61	83	94	71	87	-	86	65
7	54	58	68	69	59	64	86	-	53
8	92	67	92	98	97	55	65	53	-

ตารางผนวกที่ ก4 แผนผังระยะทางสำหรับปัญหาที่มี 9 ผู้ค้าปลีก

(หน่วย : กิโลเมตร)

	W	1	2	3	4	5	6	7	8	9
W	-	81	52	59	94	91	60	54	92	59
1	81	-	67	56	77	79	61	58	67	97
2	52	67	-	90	97	78	83	68	92	86
3	59	56	90	-	55	90	94	69	98	90
4	94	77	97	55	-	62	71	59	97	71
5	91	79	78	90	62	-	87	64	55	62
6	60	61	83	94	71	87	-	86	65	80
7	54	58	68	69	59	64	86	-	53	77
8	92	67	92	98	97	55	65	53	-	66
9	59	97	86	90	71	62	80	77	66	-

ตารางผนวกที่ ก5 แผนผังระยะทางสำหรับปัญหาที่มี 10 ผู้ค้าปลีก

(หน่วย : กิโลเมตร)

	W	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
W	-	55	99	80	81	74	53	78	65	50	95
1	55	-	57	52	98	53	51	84	58	99	62
2	99	57	-	67	83	79	83	53	89	74	54
3	80	52	67	-	85	84	67	77	99	67	71
4	81	98	83	85	-	96	91	91	76	99	98
5	74	53	79	84	96	-	77	76	78	60	51
6	53	51	83	67	91	77	-	87	71	51	75
7	78	84	53	77	91	76	87	-	58	70	77
8	65	58	89	99	76	78	71	58	-	57	76
9	50	99	74	67	99	60	51	70	57	-	56
10	95	62	54	71	98	51	75	77	76	56	-

ตารางผนวกที่ ก6 แผนผังระยะทางสำหรับปัญหาที่มี 11 ผู้ค้าปลีก

(หน่วย : กิโลเมตร)

	W	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
W	-	95	84	97	81	81	62	70	92	75	68	87
1	95	-	72	97	70	74	73	69	52	81	59	64
2	84	72	-	80	67	73	89	94	67	90	56	80
3	97	97	80	-	97	65	60	87	95	71	68	58
4	81	70	67	97	-	80	84	95	67	76	77	67
5	81	74	73	65	80	-	75	78	59	65	86	70
6	62	73	89	60	84	75	-	85	69	75	81	76
7	70	69	94	87	95	78	85	-	78	60	82	60
8	92	52	67	95	67	59	69	78	-	68	51	68
9	75	81	90	71	76	65	75	60	68	-	89	73
10	68	59	56	68	77	86	81	82	51	89	-	70
11	87	64	80	58	67	70	76	60	68	73	70	-

ตารางผนวกที่ ก7 แผนผังระยะทางสำหรับปัญหาที่มี 12 ผู้ค้าปลีก

(หน่วย : กิโลเมตร)

	W	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
W	-	88	96	67	99	87	83	71	63	65	86	57	70
1	88	-	77	70	93	70	79	94	62	99	71	83	51
2	96	77	-	60	69	57	88	99	98	73	78	65	68
3	67	70	60	-	53	93	89	64	96	66	88	56	62
4	99	93	69	53	-	71	68	71	61	60	77	97	62
5	87	70	57	93	71	-	64	83	74	74	52	56	83
6	83	79	88	89	68	64	-	95	92	52	81	66	86
7	71	94	99	64	71	83	95	-	58	72	93	93	72
8	63	62	98	96	61	74	92	58	-	60	59	54	89
9	65	99	73	66	60	74	52	72	60	-	84	66	73
10	86	71	78	88	77	52	81	93	59	84	-	97	50
11	57	83	65	56	97	56	66	93	54	66	97	-	55
12	70	51	68	62	62	83	86	72	89	73	50	55	-

ตารางผนวกที่ ก8 แผนผังระยะทางสำหรับปัญหาที่มี 13 ผู้ค้าปลีก

(หน่วย : กิโลเมตร)

	W	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
W	-	62	85	67	51	53	66	72	56	81	90	77	72	86
1	62	-	60	64	54	97	83	78	67	73	93	74	80	81
2	85	60	-	54	91	91	76	77	71	81	85	66	98	54
3	67	64	54	-	93	79	58	69	98	68	53	58	51	89
4	51	54	91	93	-	77	53	91	58	82	58	59	56	59
5	53	97	91	79	77	-	70	57	62	71	74	59	54	84
6	66	83	76	58	53	70	-	99	56	82	74	86	54	67
7	72	78	77	69	91	57	99	-	61	54	69	57	61	88
8	56	67	71	98	58	62	56	61	-	78	78	83	57	96
9	81	73	81	68	82	71	82	54	78	-	83	66	81	61
10	90	93	85	53	58	74	74	69	78	83	-	57	61	63
11	77	74	66	58	59	59	86	57	83	66	57	-	78	51
12	72	80	98	51	56	54	54	61	57	81	61	78	-	100
13	86	81	54	89	59	84	67	88	96	61	63	51	100	-



ตารางผนวกที่ ข1 เส้นทางการขนส่งสินค้าสำหรับกรณีที่มีต้นทุนต่ำที่สุด

ผู้ค้า ปลีก	กรณี ที่เหมาะสม	เส้นทางการขนส่ง														
5	1	w	3	4	2	1	5	w								
6	1	w	5	1	3	2	6	4	w							
7	1	w	5	1	7	3	2	6	4	w						
8	1	w	2	7	8	5	4	3	1	6	w					
9	1	w	9	5	8	6	1	3	4	7	2	w				
10	1	w	9	5	10	2	7	8	4	3	1	6	w			
11	1	w	7	9	5	8	1	10	2	4	11	3	6	w		
12	1	w	7	8	1	12	10	5	2	3	4	9	6	11	w	
13	1	w	8	6	12	5	7	9	13	11	10	3	2	1	4	w



ตารางผนวกที่ ค1 ระดับสินค้าคงคลังของวิธีวิฤตติศาสตร์สำหรับ 5 ผู้ค้าปลีก

ผู้ค้าปลีก	1	2	3	4	5
D_i^m	2,058,480	2,055,600	2,147,040	2,251,440	2,449,800
d_i^m	5,718	5,710	5,964	6,254	6,805
σ_i^m	1,154.70	1,732.05	2,309.40	1,443.37	1,327.90
Q_i^m	11,266.62	11,250.86	11,751.33	12,322.74	13,408.42
SS_i^m	3,482.24	5,223.36	6,964.48	4,352.80	4,004.58

ตารางผนวกที่ ค2 ระดับสินค้าคงคลังของวิธีวิฤตติศาสตร์สำหรับ 6 ผู้ค้าปลีก

ผู้ค้าปลีก	1	2	3	4	5	6
D_i^m	1,407,960	1,883,160	1,626,120	1,508,400	1,803,600	1,702,080
d_i^m	3,911	5,231	4,517	4,190	5,010	4,728
σ_i^m	1,154.70	1,443.38	1,558.85	1,327.91	1,732.05	1,847.52
Q_i^m	8,506.18	11,377.10	9,824.19	9,112.99	10,896.44	10,283.10
SS_i^m	3,641.55	4,551.94	4,916.09	4,187.78	5,462.32	5,826.48

ตารางผนวกที่ ค3 ระดับสินค้าคงคลังของวิธีวิฤตติศาสตร์สำหรับ 7 ผู้ค้าปลีก

ผู้ค้าปลีก	1	2	3	4	5	6	7
D_i^m	2,067,840	2,473,920	1,792,080	1,946,520	1,682,640	1,556,280	1,555,200
d_i^m	5,744	6,872	4,978	5,407	4,674	4,323	4,320
σ_i^m	2,309.40	2,886.75	1,732.05	2,020.73	1,789.79	1,674.32	1,616.58
Q_i^m	9,489.51	11,353.10	8,224.02	8,932.76	7,721.79	7,141.91	7,136.96
SS_i^m	6,582.91	8,228.64	4,937.19	5,760.05	5,101.76	4,772.61	4,608.04

ตารางผนวกที่ ค4 ระดับสินค้าคงคลังของวิธีวิริสติกส์สำหรับ 8 ผู้ค้าปลีก

ผู้ค้าปลีก	1	2	3	4	5	6	7	8
D_i^m	2,067,840	2,473,920	1,792,080	1,946,520	1,555,200	1,682,640	1,556,280	1,654,200
d_i^m	5,744	6,872	4,978	5,407	4,320	4,674	4,323	4,595
σ_i^m	2,309.40	2,886.75	1,732.05	2,020.73	1,789.79	1,847.52	1,674.32	2,020.73
Q_i^m	8,423.73	10,077.97	7,300.37	7,929.51	6,335.39	6,854.55	6,339.79	6,738.69
SS_i^m	6,382.95	7,978.68	4,787.21	5,585.08	4,946.78	5,106.36	4,627.64	5,585.08

ตารางผนวกที่ ค5 ระดับสินค้าคงคลังของวิธีวิริสติกส์สำหรับ 9 ผู้ค้าปลีก

ผู้ค้าปลีก	1	2	3	4	5	6	7	8	9
D_i^m	1,340,280	1,396,440	2,034,000	2,025,720	1,773,000	2,203,200	1,082,160	1,098,360	2,475,360
d_i^m	3,723	3,879	5,650	5,627	4,925	6,120	3,006	3,051	6,876
σ_i^m	1,616.58	1,674.32	2,598.08	2,655.81	2,540.34	2,886.75	1,154.70	1,212.44	2,944.49
Q_i^m	5,212.22	5,430.62	7,910.03	7,877.83	6,895.02	8,568.03	4,208.41	4,271.41	9,626.43
SS_i^m	4,471.97	4,631.68	7,187.09	7,346.80	7,027.38	7,985.66	3,194.26	3,353.98	8,145.37

ตารางผนวกที่ ๑๖ ระดับสินค้าคงคลังของวิธีวิริสติกส์สำหรับ 10 ผู้ค้าปลีก

ผู้ค้าปลีก	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D_i^m	2,366,280	2,215,440	1,371,600	2,030,040	2,361,600	2,315,160	1,217,160	1,623,960	1,136,880	1,368,360
d_i^m	6,573	6,154	3,810	5,639	6,560	6,431	3,381	4,511	3,158	3,801
σ_i^m	3,348.63	3,290.90	1,732.05	3,175.43	2,886.75	2,944.49	1,327.91	1,443.38	1,501.11	1,558.85
Q_i^m	7,884.76	7,382.14	4,570.35	6,764.36	7,869.17	7,714.42	4,055.74	5,411.25	3,788.24	4,559.56
SS_i^m	8,909.13	8,755.52	4,608.17	8,448.31	7,680.28	7,833.89	3,532.93	3,840.14	3,993.75	4,147.35

ตารางผนวกที่ ๑๗ ระดับสินค้าคงคลังของวิธีวิริสติกส์สำหรับ 11 ผู้ค้าปลีก

ผู้ค้าปลีก	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
D_i^m	1,850,040	2,153,160	1,593,360	2,090,160	1,692,000	1,671,120	2,197,440	2,171,160	2,378,880	1,525,320	2,175,480
d_i^m	5,139	5,981	4,426	5,806	4,700	4,642	6,104	6,031	6,608	4,237	6,043
σ_i^m	2,713.55	2,771.28	2,309.40	2,829.02	2,424.87	2,482.61	2,886.75	2,944.49	2,829.02	2,251.67	2,771.28
Q_i^m	5,163.35	6,009.34	4,446.97	5,833.51	4,722.27	4,664.00	6,132.93	6,059.58	6,639.32	4,257.08	6,071.64
SS_i^m	7,015.12	7,164.38	5,970.32	7,313.64	6,268.83	6,418.09	7,462.90	7,612.16	7,313.64	5,821.06	7,164.38

ตารางผนวกที่ ค8 ระดับสินค้าคงคลังของวิธีวิริสติกส์สำหรับ 12 ผู้ค้าปลีก

ผู้ค้าปลีก	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
D_i^m	2,033,280	1,959,840	1,617,120	2,363,040	2,518,200	1,499,760	1,452,240	2,220,120	1,255,320	1,900,080	1,519,920	1,794,600
d_i^m	5,648	5,444	4,492	6,564	6,995	4,166	4,034	6,167	3,487	5,278	4,222	4,985
σ_i^m	2,829.02	2,771.28	2,309.40	2,886.75	2,944.49	1,732.05	1,847.52	2,829.02	1,732.05	2,655.81	1,905.26	1,962.99
Q_i^m	5,511.86	5,312.77	4,383.72	6,405.78	6,826.39	4,065.58	3,936.76	6,018.35	3,402.95	5,150.78	4,120.23	4,864.84
SS_i^m	7,282.37	7,133.75	5,944.79	7,430.99	7,579.61	4,458.60	4,755.84	7,282.37	4,458.60	6,836.51	4,904.46	5,053.07

ตารางผนวกที่ ค9 ระดับสินค้าคงคลังของวิธีวิริสติกส์สำหรับ 13 ผู้ค้าปลีก

ผู้ค้าปลีก	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
D_i^m	2,480,400	1,647,360	1,927,080	1,559,160	1,562,760	1,276,560	2,361,600	1,386,000	2,131,560	1,631,520	1,087,920	1,104,480	1,877,760
d_i^m	6,890	4,576	5,353	4,331	4,341	3,546	6,560	3,850	5,921	4,532	3,022	3,068	5,216
σ_i^m	3,002.22	2,309.40	2,886.75	2,367.14	2,309.40	1,732.05	2,886.75	1,789.79	2,713.55	2,424.87	1,674.32	1,616.58	2,655.81
Q_i^m	6,754.24	4,485.83	5,247.52	4,245.66	4,255.47	3,476.13	6,430.74	3,774.14	5,804.33	4,442.70	2,962.45	3,007.55	5,113.22
SS_i^m	7,789.37	5,991.83	7,489.78	6,141.62	5,991.83	4,493.87	7,489.78	4,643.66	7,040.40	6,291.42	4,344.07	4,194.28	6,890.60



ตารางผนวกที่ ๑1 ระดับสินค้าคงคลังของวิธี Rising Delivery Cost สำหรับ 5 ผู้ค้าปลีก

ผู้ค้าปลีก	1	2	3	4	5
C_m	172	182	124	162	176
D_i^m	2,058,480	2,055,600	2,147,040	2,251,440	2,449,800
d_i^m	5,718	5,710	5,964	6,254	6,805
σ_i^m	1,154.70	1,732.05	2,309.40	1,443.38	1,327.91
Q_i^m	16,943.27	17,416.66	14,692.33	17,196.79	18,697.41
SS_i^m	4,007.32	6,103.32	7,281.08	4,827.37	4,450.23

ตารางผนวกที่ ๖2 ระดับสินค้าคงคลังของวิธี Rising Delivery Cost สำหรับ 6 ผู้ค้าปลีก

ผู้ค้าปลีก	1	2	3	4	5	6
C_m	136	118	200	116	104	124
D_i^m	1,407,960	1,883,160	1,626,120	1,508,400	1,803,600	1,702,080
d_i^m	3,911	5,231	4,517	4,190	5,010	4,728
σ_i^m	1,154.70	1,443.38	1,327.91	1,732.05	1,847.52	1,558.85
Q_i^m	12,460.18	13,422.84	16,238.69	11,910.97	12,332.37	13,081.59
SS_i^m	4,124.97	4,634.77	5,070.26	5,839.40	5,800.10	5,194.82

ตารางผนวกที่ 33 ระดับสินค้าคงคลังของวิธี Rising Delivery Cost สำหรับ 7 ผู้ค้าปลีก

ผู้ค้าปลีก	1	2	3	4	6	7	5
C_m	162	104	118	188	120	108	238
D_i^m	2,067,840	2,473,920	1,792,080	1,946,520	1,682,640	1,556,280	1,555,200
d_i^m	5,744	6,872	4,978	5,407	4,674	4,323	4,320
σ_i^m	2,309.40	2,886.75	1,732.05	2,020.73	1,674.32	1,616.58	1,789.79
Q_i^m	16,480.70	14,443.39	13,094.21	17,225.35	12,795.17	11,673.89	17,323.73
SS_i^m	7,880.67	8,403.23	5,628.05	7,274.78	5,547.38	5,309.87	7,230.29

ตารางผนวกที่ ๓4 ระดับสินค้าคงคลังของวิธี Rising Delivery Cost สำหรับ 8 ผู้ค้าปลีก

ผู้ค้าปลีก	1	2	3	4	5	6	7	8
C_m	162	104	118	188	182	120	108	184
D_i^m	2,067,840	2,473,920	1,792,080	1,946,520	1,555,200	1,682,640	1,556,280	1,654,200
d_i^m	5,744	6,872	4,978	5,407	4,320	4,674	4,323	4,595
σ_i^m	2,309.40	2,886.75	1,732.05	2,020.73	1,789.79	1,847.52	1,674.32	2,020.73
Q_i^m	16,480.70	14,443.39	13,094.21	17,225.35	15,149.16	12,795.17	11,673.89	15,709.51
SS_i^m	7,880.67	8,403.23	5,628.05	7,274.78	6,737.47	6,121.25	5,499.51	7,517.70

ตารางผนวกที่ 5 ระดับสินค้าคงคลังของวิธี Rising Delivery Cost สำหรับ 9 ผู้ค้าปลีก

ผู้ค้าปลีก	1	2	3	4	5	6	7	8	9
C_m	110	198	160	162	148	106	156	130	100
D_i^m	2,366,280	2,215,440	1,371,600	2,030,040	2,361,600	2,315,160	1,217,160	1,623,960	1,136,880
d_i^m	6,573	6,154	3,810	5,639	6,560	6,431	3,381	4,511	3,158
σ_i^m	1,616.58	1,674.32	2,598.08	2,655.81	2,540.34	2,886.75	1,154.70	1,212.44	2,944.49
Q_i^m	13,268.29	10,851.45	13,950.07	17,572.29	16,175.21	14,641.22	9,734.58	12,800.92	15,389.34
SS_i^m	6,116.00	5,589.89	8,190.48	9,471.60	9,270.04	8,968.22	4,140.12	4,973.18	8,858.59

ตารางผนวกที่ ๖ ระดับสินค้าคงคลังของวิธี Rising Delivery Cost สำหรับ 10 ผู้ค้าปลีก

ผู้ค้าปลีก	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C_m	110	198	160	162	148	106	156	130	100	190
D_i^m	2,366,280	2,215,440	1,371,600	2,030,040	2,361,600	2,315,160	1,217,160	1,623,960	1,136,880	1,368,360
d_i^m	6,573	6,154	3,810	5,639	6,560	6,431	3,381	4,511	3,158	3,801
σ_i^m	3,348.63	3,290.90	1,732.05	3,175.43	2,886.75	2,944.49	1,327.91	1,443.38	1,501.11	1,558.85
Q_i^m	14,527.44	18,859.16	13,339.31	16,329.38	16,834.25	14,105.98	12,407.83	13,083.35	9,601.01	14,519.00
SS_i^m	9,997.31	11,650.59	6,495.68	10,883.34	9,321.51	8,751.37	5,090.83	4,924.70	5,213.73	6,118.14

ตารางผนวกที่ ๗ ระดับสินค้าคงคลังของวิธี Rising Delivery Cost สำหรับ 11 ผู้ค้าปลีก

ผู้ค้าปลีก	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
C_m	190	168	194	162	162	124	140	184	150	136	174
D_i^m	1,850,040	2,153,160	1,593,360	2,090,160	1,692,000	1,671,120	2,197,440	2,171,160	2,378,880	1,525,320	2,175,480
d_i^m	5,139	5,981	4,426	5,806	4,700	4,642	6,104	6,031	6,608	4,237	6,043
σ_i^m	2,713.55	2,771.28	2,309.40	2,829.02	2,424.87	2,482.61	2,886.75	2,944.49	2,829.02	2,251.67	2,771.28
Q_i^m	16,882.13	17,125.87	15,831.34	16,569.41	14,907.93	12,962.07	15,793.64	17,997.60	17,009.50	12,969.10	17,519.11
SS_i^m	9,914.64	9,457.07	8,789.77	9,629.33	8,678.03	8,309.66	9,344.19	10,272.37	9,151.69	7,890.88	9,521.89

ตารางผนวกที่ ๘ ระดับสินค้าคงคลังของวิธี Rising Delivery Cost สำหรับ 12 ผู้ค้าปลีก

ผู้ค้า ปลีก	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
C_m	176	192	134	198	174	166	142	126	130	172	114	140
D_i^m	2,033,280	1,959,840	1,617,120	2,363,040	2,518,200	1,499,760	1,452,240	2,220,120	1,255,320	1,900,080	1,519,920	1,794,600
d_i^m	5,648	5,444	4,492	6,564	6,995	4,166	4,034	6,167	3,487	5,278	4,222	4,985
σ_i^m	2,829.02	2,771.28	2,309.40	2,886.75	2,944.49	1,732.05	1,847.52	2,829.02	1,732.05	2,655.81	1,905.26	1,962.99
Q_i^m	17,033.92	17,467.10	13,255.11	19,477.26	18,848.62	14,207.73	12,930.73	15,060.29	11,502.93	16,278.33	11,852.84	14,272.75
SS_i^m	9,906.44	10,016.32	7,950.07	10,066.35	9,774.61	6,420.07	6,625.24	8,885.78	6,286.20	9,393.08	6,382.71	6,667.49

ตารางผนวกที่ ๑๑ ระดับสินค้าคงคลังของวิธี Rising Delivery Cost สำหรับ 13 ผู้ค้าปลีก

ผู้ค้าปลีก	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
C_m	124	170	134	102	106	132	144	112	162	180	154	144	172
D_i^m	2,480,400	1,647,360	1,927,080	1,559,160	1,562,760	1,276,560	2,361,600	1,386,000	2,131,560	1,631,520	1,087,920	1,104,480	1,877,760
d_i^m	6,890	4,576	5,353	4,331	4,341	3,546	6,560	3,850	5,921	4,532	3,022	3,068	5,216
σ_i^m	3,002.22	2,309.40	2,886.75	2,367.14	2,309.40	1,732.05	2,886.75	1,789.79	2,713.55	2,424.87	1,674.32	1,616.58	2,655.81
Q_i^m	15,791.79	15,068.79	14,469.78	11,355.47	11,589.34	11,688.73	16,605.20	11,218.90	16,732.70	15,430.93	11,655.17	11,355.86	16,182.44
SS_i^m	9,146.31	8,423.30	9,530.24	7,657.29	7,541.28	6,285.75	9,254.44	6,102.27	9,193.55	8,998.75	6,572.15	6,213.32	9,419.40

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นายปวิณ สุวแข
เกิดวันที่	15 ตุลาคม พ.ศ.2531
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพ
ประวัติการศึกษา	วศ.บ.(วิศวกรรมอุตสาหการ) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-