



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหกรรม)

ปริญญา

วิศวกรรมอุตสาหกรรม

วิศวกรรมอุตสาหกรรม

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง นโยบายการสั่งผลิตสินค้าหลายชนิดอย่างประหยัด กรณีพิจารณาค่าใช้จ่ายในการควบคุม
สินค้าคงคลังประเภทวัตถุดิบและชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์

Multiple Items Economic Production Quantity with Raw Materials and Components

Inventory Management Consideration

นามผู้วิจัย นางสาวศศิประภา ลิ้มปการณ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุพิทักษ์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์ชนะ รักยศิริ, D.Eng.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์อนันต์ มุ่งวัฒนา, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

นโยบายการสั่งผลิตสินค้าหลายชนิดอย่างประหยัด กรณีพิจารณาค่าใช้จ่ายในการควบคุม
สินค้าคงคลังประเภทวัตถุดิบและชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์

Multiple Items Economic Production Quantity with Raw Materials and Components Inventory
Management Consideration

โดย

นางสาวศศิประภา ลิ้มปการณ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหกรรม)

พ.ศ. 2556

ศศิประภา ลิ้มปการณ 2556: นโยบายการสั่งผลิตสินค้าหลายชนิดอย่างประหยัด กรณี
พิจารณาค่าใช้จ่ายในการควบคุมสินค้าคงคลังประเภทวัตถุดิบและชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหการ) สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์
วิสุทธิ สุพิทักษ์, Ph.D. 98 หน้า

โดยทั่วไปนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดสำหรับระบบการผลิตที่มีสินค้าหลายประเภท
(Multiple Items Economic Production Quantities: Multi-EPQ) มีจุดประสงค์หลักในการหาปริมาณ
สั่งผลิตที่เหมาะสมสำหรับสินค้าแต่ละชนิดในแต่ละรอบการผลิตสำหรับระบบที่อุปสงค์ของสินค้า
แต่ละชนิดเป็นแบบต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวไม่ได้พิจารณาถึงค่าใช้จ่ายที่มีความสัมพันธ์
กับการจัดการสินค้าคงคลังประเภทวัตถุดิบและชิ้นส่วนที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาปริมาณการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปที่เหมาะสมในแต่ละรอบการผลิต
เพื่อลดค่าใช้จ่ายรวมของระบบซึ่งประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ สั่งผลิต และถือครองสินค้า
คงคลังทั้งประเภทวัตถุดิบและสินค้าสำเร็จรูป ในการแก้ปัญหางานวิจัย ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ซึ่ง
แสดงถึงต้นทุนค่าใช้จ่ายของระบบได้ถูกพัฒนาและหาอนุพันธ์เพื่อคำนวณจำนวนรอบการผลิตต่อ
ปีที่ดีที่สุด จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของตัวแบบที่ถูกพัฒนาขึ้น พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความ
แตกต่างระหว่างค่าใช้จ่ายรวมของระบบจากนโยบายที่นำเสนอกับค่าใช้จ่ายรวมของระบบจาก
นโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิมเพิ่มสูงขึ้น เมื่อมีจำนวนวัตถุดิบที่ใช้งานร่วมกันมากขึ้น

Sasiprapa Limpakarn 2013: Multiple Items Economic Production Quantity with Raw Materials and Components Inventory Management Consideration. Master of Engineering (Industrial Engineering), Major Field: Industrial Engineering, Department of Industrial Engineering. Thesis Advisor: Assistant Professor Wisut Supithak, Ph.D. 98 pages.

Although the Multiple Items Economic Production Quantities model (Multi-EPQ) is extensively used in the determination of optimal production lot size of each item in the continuous demand system, this technique does not consider those costs associated with the inventory management of raw materials and components consumed in the production. The purpose of this research is to determine the optimal production lot size of each product in order to minimize the total cost of system including ordering costs, set up costs, and holding costs of raw materials and finished products. For solving the problem, the mathematical model of system total cost is developed and derived in order to determine the optimal number of production cycle per year which can lead to the determination of optimal production lot size of each product. From the study result, it has been found that the percentage of deviation between the total cost yielded from the proposed model and the total cost yielded from the traditional Multi-EPQ model is emphasized when the number of common raw materials is increased.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.วิสุทธิ์ สุพิทักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการวางแผนงานในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจแก้ข้อบกพร่องต่างๆ ขอกราบขอบพระคุณ ดร.ชนะ รัชศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รวมทั้งคณะกรรมการในการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้ายทุกท่านที่เสียสละเวลาควบคุมการสอบและให้คำแนะนำเพื่อให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม และอาจารย์ภาควิชาบริหารธุรกิจทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ต่อไป รวมทั้งขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาและครอบครัวที่ได้ให้การสนับสนุนช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ศศิประภา ลิ้มปการณ์

มีนาคม 2556

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	8
อุปกรณ์และวิธีการ	33
อุปกรณ์	33
วิธีการ	33
ผลและวิจารณ์	34
สรุปและข้อเสนอแนะ	73
สรุป	73
ข้อเสนอแนะ	74
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	75
ภาคผนวก	77
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	98

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ค่าใช้จ่ายในการควบคุมสินค้าคงคลัง ($F = 0.3$)	4
2 ปริมาณการสั่งซื้อ/ส่งผลิตในแต่ละรอบ และค่าใช้จ่ายโดยรวมของระบบต่อปี	6
3 ค่าใช้จ่ายในการควบคุมสินค้าคงคลังสำหรับตัวอย่างในกรณีที่ 1 ($F = 0.3$)	39
4 ค่าใช้จ่ายรวมของระบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณการส่งผลิตสินค้าสำเร็จรูป	42
5 ค่าใช้จ่ายรวมของระบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอบการส่งผลิตสินค้าสำเร็จรูป	60
6 ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนค่าถือครองสินค้า	63
7 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าใช้จ่ายรวมของระบบ	70
8 ค่า p-value จากการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของวิธีที่นำเสนอกับนโยบายการส่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิม	71
9 ผลการวิเคราะห์ช่วงความเชื่อมั่นของค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างด้วยวิธี Wilcoxon Signed Rank	72
ตารางผนวกที่	
ก1 ผลการเปรียบเทียบวิธีที่นำเสนอกับนโยบายการส่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิม เมื่อต้นทุนการสั่งซื้อ/ส่งผลิตเป็น 10 เท่า และมีจำนวนวัตถุดิบที่ใช้ร่วมกัน 1 ชนิด	78
ก2 ผลการเปรียบเทียบวิธีที่นำเสนอกับนโยบายการส่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิม เมื่อต้นทุนการสั่งซื้อ/ส่งผลิตเป็น 100 เท่า และมีจำนวนวัตถุดิบที่ใช้ร่วมกัน 1 ชนิด	82
ก3 ผลการเปรียบเทียบวิธีที่นำเสนอกับนโยบายการส่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิม เมื่อต้นทุนการสั่งซื้อ/ส่งผลิตเป็น 10 เท่า และมีจำนวนวัตถุดิบที่ใช้ร่วมกัน 3 ชนิด	86
ก4 ผลการเปรียบเทียบวิธีที่นำเสนอกับนโยบายการส่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิม เมื่อต้นทุนการสั่งซื้อ/ส่งผลิตเป็น 100 เท่า และมีจำนวนวัตถุดิบที่ใช้ร่วมกัน 3 ชนิด	89
ก5 ผลการเปรียบเทียบวิธีที่นำเสนอกับนโยบายการส่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิม เมื่อต้นทุนการสั่งซื้อ/ส่งผลิตเป็น 10 เท่า และมีจำนวนวัตถุดิบที่ใช้ร่วมกัน 5 ชนิด	92
ก6 ผลการเปรียบเทียบวิธีที่นำเสนอกับนโยบายการส่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิม เมื่อต้นทุนการสั่งซื้อ/ส่งผลิตเป็น 100 เท่า และมีจำนวนวัตถุดิบที่ใช้ร่วมกัน 5 ชนิด	95

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 โครงสร้างสินค้าสำเร็จรูป G_1 , G_2 และ G_3	3
2 ระดับสินค้าคงคลังของวัตถุดิบและสินค้าสำเร็จรูปจากคำตอบในโจทย์ตัวอย่าง	5
3 ระบบการสั่งซื้อสินค้าแบบประหยัด	9
4 ค่าใช้จ่ายรวมต่อปีของระบบการสั่งซื้อสินค้าแบบประหยัด	10
5 ระบบการสั่งซื้อสินค้าตามรอบเวลา	12
6 ค่าใช้จ่ายรวมต่อปีของระบบการสั่งซื้อสินค้าตามรอบเวลา	12
7 นโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดสำหรับสินค้าชนิดเดียว	14
8 นโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดสำหรับสินค้าหลายชนิด	17
9 จำนวนวันในการผลิตสินค้าทุกชนิดและกำลังการผลิตในแต่ละรอบ	19
10 องค์ประกอบของระบบ MRP	20
11 ตัวอย่างโครงสร้างผลิตภัณฑ์ 1 รายการ	21
12 ข้อมูลสถานะวัสดุคงคลังรายการหนึ่ง	22
13 ตัวอย่างการประมวลผลของโปรแกรม MRP	24
14 ระดับสินค้าคงคลังของสินค้าสำเร็จรูปและวัตถุดิบ กรณีระบบผลิตมีสินค้าประเภทเดียว	34
15 โครงสร้างสินค้าสำเร็จรูป G_1	39
16 การใช้โปรแกรม Solver เพื่อหาปริมาณการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปที่ดีที่สุด	40
17 ค่าใช้จ่ายรวมของระบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูป	43
18 ระดับสินค้าคงคลังของสินค้าสำเร็จรูปและวัตถุดิบ กรณีระบบผลิตมีสินค้าหลายประเภท	44
19 การใช้โปรแกรม Solver เพื่อหาจำนวนรอบการสั่งผลิตต่อปีที่ดีที่สุด	57
20 ค่าใช้จ่ายรวมของระบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอบการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูป	61
21 โครงสร้างผลิตภัณฑ์ของสินค้าสำเร็จรูป G_1 และ G_2 เมื่อมีการใช้งานวัตถุดิบร่วมกันจำนวน 1 ชนิด	69
22 โครงสร้างผลิตภัณฑ์ของสินค้าสำเร็จรูป G_1 และ G_2 เมื่อมีการใช้งานวัตถุดิบร่วมกันจำนวน 3 ชนิด	69

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
23 โครงสร้างผลิตภัณฑ์ของสินค้าสำเร็จรูป G_1 และ G_2 เมื่อมีการใช้งานวัตถุดิบ ร่วมกันจำนวน 5 ชนิด	70
24 การทดสอบการกระจายแบบปกติของค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง	71



คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

G_i	= สินค้าสำเร็จรูปที่ i เมื่อ $i = 1, 2, \dots, n$
U_j	= วัตถุดิบที่ j ซึ่งเป็นวัตถุดิบชนิดที่ไม่มีการใช้งานร่วมกัน เมื่อ $j = 1, 2, \dots, o$
C_k	= วัตถุดิบที่ k ซึ่งเป็นวัตถุดิบชนิดที่มีการใช้งานร่วมกัน เมื่อ $k = 1, 2, \dots, p$
D_{G_i}	= ความต้องการสินค้าสำเร็จรูป G_i (หน่วย/ปี) เมื่อ $i = 1, 2, \dots, n$
π_{G_i}	= กำไรการผลิตสินค้าสำเร็จรูป G_i (หน่วย/ปี) เมื่อ $i = 1, 2, \dots, n$
C_{G_i}	= ราคาสินค้าสำเร็จรูป G_i (บาท/หน่วย) เมื่อ $i = 1, 2, \dots, n$ (รวมราคาวัตถุดิบ U_j และ C_k ทั้งหมดที่ใช้ผลิตสินค้าสำเร็จรูป 1 หน่วย)
F	= สัดส่วนค่าถือครองสินค้า (Holding Cost Fraction)
H_{G_i}	= ค่าถือครองสินค้าสำเร็จรูป G_i (บาท/หน่วย/ปี) เมื่อ $H_{G_i} = C_{G_i} F$ และ $i = 1, 2, \dots, n$
S_{G_i}	= ค่าใช้จ่ายในการส่งผลิตสินค้า G_i (บาท/ครั้ง) เมื่อ $i = 1, 2, \dots, n$
C_{U_j}	= ราคาวัตถุดิบ U_j (บาท/หน่วย) เมื่อ $j = 1, 2, \dots, o$
H_{U_j}	= ค่าถือครองวัตถุดิบ U_j (บาท/หน่วย/ปี) เมื่อ $H_{U_j} = C_{U_j} F$ และ $j = 1, 2, \dots, o$
S_{U_j}	= ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อวัตถุดิบ U_j (บาท/ครั้ง) เมื่อ $j = 1, 2, \dots, o$
$X_{G_i U_j}$	= จำนวนชิ้นของวัตถุดิบ U_j ที่ใช้ผลิตสินค้าสำเร็จรูป G_i จำนวน 1 หน่วย ($i = 1, 2, \dots, n$ และ $j = 1, 2, \dots, o$)
C_{C_k}	= ราคาวัตถุดิบรวม C_k (บาท/หน่วย) เมื่อ $k = 1, 2, \dots, p$
H_{C_k}	= ค่าถือครองวัตถุดิบรวม C_k (บาท/หน่วย/ปี) เมื่อ $H_{C_k} = C_{C_k} F$ และ $k = 1, 2, \dots, p$
S_{C_k}	= ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อวัตถุดิบรวม C_k (บาท/ครั้ง) เมื่อ $k = 1, 2, \dots, p$
$X_{G_i C_k}$	= จำนวนชิ้นของวัตถุดิบรวม C_k ที่ใช้ผลิตสินค้าสำเร็จรูป G_i จำนวน 1 หน่วย ($i = 1, 2, \dots, n$ และ $k = 1, 2, \dots, p$)
Q_{G_i}	= ปริมาณการส่งผลิตสินค้าสำเร็จรูป G_i (หน่วย) เมื่อ $i = 1, 2, \dots, n$
Q_{U_j}	= ปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบชนิดที่ไม่มีการใช้งานร่วมกัน U_j (หน่วย) เมื่อ $j = 1, 2, \dots, o$
Q_{C_k}	= ปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบชนิดที่มีการใช้งานร่วมกัน C_k (หน่วย) เมื่อ $k = 1, 2, \dots, p$
m	= จำนวนรอบการผลิตต่อปี (ครั้ง/ปี)
T	= รอบเวลาในการส่งผลิตสินค้าสำเร็จรูป (ปี)
t_{G_i}	= เวลาที่ใช้ผลิตสินค้าสำเร็จรูป G_i ในแต่ละรอบการผลิต (ปี) เมื่อ $i = 1, 2, \dots, n$
$I_{\max G_i}$	= ปริมาณสูงสุดของสินค้าสำเร็จรูป G_i (หน่วย) ในระบบสินค้าคงคลัง ($i = 1, 2, \dots, n$)

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

I_{U_j} = ปริมาณวัตถุดิบ U_j (หน่วย) ในระบบสินค้าคงคลัง โดยมี $\bar{I}_{U_j}$ เป็นปริมาณคงคลังเฉลี่ย
($j = 1, 2, \dots, o$)

I_{C_k} = ปริมาณวัตถุดิบรวม C_k (หน่วย) ในระบบสินค้าคงคลัง โดยมี $\bar{I}_{C_k}$ เป็นปริมาณคงคลังเฉลี่ย
($k = 1, 2, \dots, p$)

$TC()$ = ค่าใช้จ่ายโดยรวมของระบบ (บาท/ปี)

$[z]$ = สัญลักษณ์แสดงลำดับการผลิตโดยเรียงตัวเลขตั้งแต่ 1, 2, ..., n สำหรับกำกับไว้บนตัวแปร
หรือค่าพารามิเตอร์ในกรณีที่มีลำดับการผลิตเข้ามาเกี่ยวข้องเท่านั้น

นโยบายการสั่งผลิตสินค้าหลายชนิดอย่างประหยัด กรณีพิจารณาค่าใช้จ่ายในการควบคุมสินค้าคงคลังประเภทวัตถุดิบและชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์

Multiple Items Economic Production Quantity with Raw Materials and Components Inventory Management Consideration

คำนำ

การบริหารจัดการสินค้าคงคลังเป็นสิ่งจำเป็นและมีความสำคัญต่อระบบการผลิตและการซื้อขายสินค้าทุกชนิด สินค้าคงคลังหากมีไม่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้าอาจทำให้สูญเสียโอกาสทางธุรกิจและเสียภาพลักษณ์ขององค์กร แต่การมีสินค้าคงคลังมากเกินไปทำให้ธุรกิจมีค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนสูง องค์กรจึงต้องควบคุมสินค้าคงคลังให้มีปริมาณเหมาะสมเพื่อให้ธุรกิจดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง รักษาระดับการให้บริการและทำให้ธุรกิจมีกำไรสูงสุด เช่นเดียวกับอุตสาหกรรมการผลิตที่มีกลยุทธ์และเป้าหมายหลักในการดำเนินงานคือ ตอบสนองความต้องการของลูกค้าในระดับความพึงพอใจสูงสุด พร้อมกันนี้ต้องเป็นผู้ผลิตที่มีต้นทุนต่ำในเวลาเดียวกัน รูปแบบอุปสงค์ของสินค้าในโรงงานผู้ผลิตสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ อุปสงค์แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Demand) และอุปสงค์แบบต่อเนื่อง (Continuous Demand) โดยอุปสงค์แบบไม่ต่อเนื่องเป็นอุปสงค์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาหนึ่งแล้วหายไป ไม่มีความสม่ำเสมอ ปริมาณความต้องการในแต่ละครั้งอาจเท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้ และมาเป็นกลุ่มก้อน ซึ่งเทคนิคที่ใช้ในการควบคุมสินค้าคงคลังประเภทนี้มีหลากหลายวิธี เช่น วิธีกำหนดการพลวัตของ Wagner-Whitin วิธีวิวิธคติของ Silver-Meal และวิธีวิวิธคติ Least Unit Cost เป็นต้น สำหรับอุปสงค์แบบต่อเนื่องเป็นอุปสงค์ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ ทั้งนี้อุปสงค์ในแต่ละช่วงเวลาอาจมีค่าเท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้ เทคนิคที่ใช้สามารถแบ่งตามรูปแบบการสั่งได้เป็น 2 ประเภทคือ นโยบายการสั่งซื้อแบบประหยัด (Economic Order Quantity: EOQ) ซึ่งเป็นนโยบายที่ถูกใช้ในกรณีที่มีอัตราการเติมเต็มไม่จำกัดหรือเป็นการสั่งซื้อสินค้าจากผู้ผลิต และนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัด (Economic Production Quantity: EPQ) ซึ่งเป็นนโยบายที่มีอัตราการเติมเต็มสินค้าจำกัดและเป็นค่าคงที่ หรือเป็นนโยบายที่สินค้าถูกเติมเต็มจากการผลิตของหน่วยผลิตสินค้า

ทั้งนี้ในอุตสาหกรรมการผลิตที่มีการผลิตสินค้าสำเร็จรูปหลายชนิดและมีอุปสงค์เป็นแบบต่อเนื่อง โดยทั่วไปการผลิตจะถูกแบ่งเป็นรอบ ในแต่ละรอบประกอบด้วยการผลิตสินค้าทุก

ชนิดในปริมาณหนึ่ง ซึ่งเทคนิคการสั่งผลิตแบบประหยัดได้ถูกพัฒนาปรับเปลี่ยนเป็นนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดสำหรับสินค้าหลายประเภท (Multiple Items Economic Production Quantities: Multi-EPQ) เพื่อคำนวณปริมาณสั่งผลิตที่เหมาะสมสำหรับสินค้าแต่ละชนิดในแต่ละรอบการผลิต โดยหลักการของนโยบายดังกล่าวเป็นการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการปรับตั้งเครื่องจักรกับค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บสินค้าสำเร็จรูปแต่ละชนิด อย่างไรก็ตาม วิธีการดังกล่าวไม่ได้คำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บสินค้าคงคลังประเภทอื่นๆ เช่น วัตถุดิบหรือชิ้นส่วนผลิตต่างๆ ซึ่งเป็นสินค้าคงคลังที่มีความสำคัญในระบบการผลิต คำตอบที่ได้จึงอาจไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดในระบบการผลิตจริง

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอตัวแบบในการหาปริมาณการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปและปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบที่เหมาะสมในแต่ละรอบการผลิตเมื่อทราบลำดับการผลิต สำหรับระบบการผลิตสินค้าสำเร็จรูปหลายประเภทที่มีค่าอุปสงค์เป็นแบบต่อเนื่อง เพื่อลดค่าใช้จ่ายรวมของระบบซึ่งประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ สั่งผลิต และถือครองสินค้าคงคลังทั้งประเภทสินค้าสำเร็จรูปและวัตถุดิบ

วัตถุประสงค์

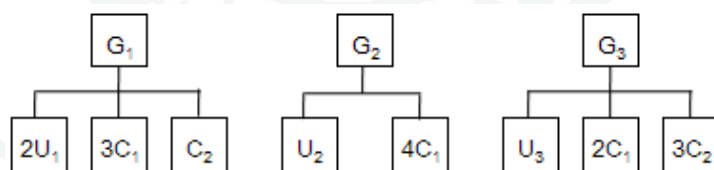
เพื่อหาปริมาณการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปและปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบที่เหมาะสมในแต่ละรอบการผลิตเมื่อทราบลำดับการผลิต สำหรับระบบการผลิตสินค้าสำเร็จรูปหลายประเภทที่มีค่าอุปสงค์เป็นแบบต่อเนื่อง เพื่อลดค่าใช้จ่ายรวมของระบบซึ่งประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ สั่งผลิต และถือครองสินค้าคงคลังทั้งประเภทสินค้าสำเร็จรูปและวัตถุดิบ ซึ่งสามารถแสดงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ได้ดังนี้

$$TC(m) = \sum_{i=1}^n \left(mS_{G_i} + \frac{H_{G_i} I_{\max G_i}}{2} \right) + \sum_{j=1}^o \left(mS_{U_j} + H_{U_j} \bar{I}_{U_j} \right) + \sum_{k=1}^p \left(mS_{C_k} + H_{C_k} \bar{I}_{C_k} \right) \quad (1)$$

ตัวอย่างการคำนวณค่าใช้จ่ายสำหรับปัญหาในงานวิจัยสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

ตัวอย่างแสดงคุณลักษณะของปัญหา

ระบบมีการผลิตสินค้า 3 ประเภท G_1, G_2, G_3 โดยใช้วัตถุดิบร่วมกัน 2 ชนิด C_1, C_2 และใช้วัตถุดิบไม่ร่วมกัน 3 ชนิด U_1, U_2, U_3 โดยมีสัญลักษณ์แสดงโครงสร้างผลิตภัณฑ์เป็น $G_1 = 2U_1 + 3C_1 + C_2$, $G_2 = 2U_2 + 4C_1$ และ $G_3 = U_3 + 2C_1 + 3C_2$ ดังแสดงในภาพที่ 1 และมีค่าพารามิเตอร์ของสินค้าสำเร็จรูปและวัตถุดิบแสดงดังตารางที่ 1

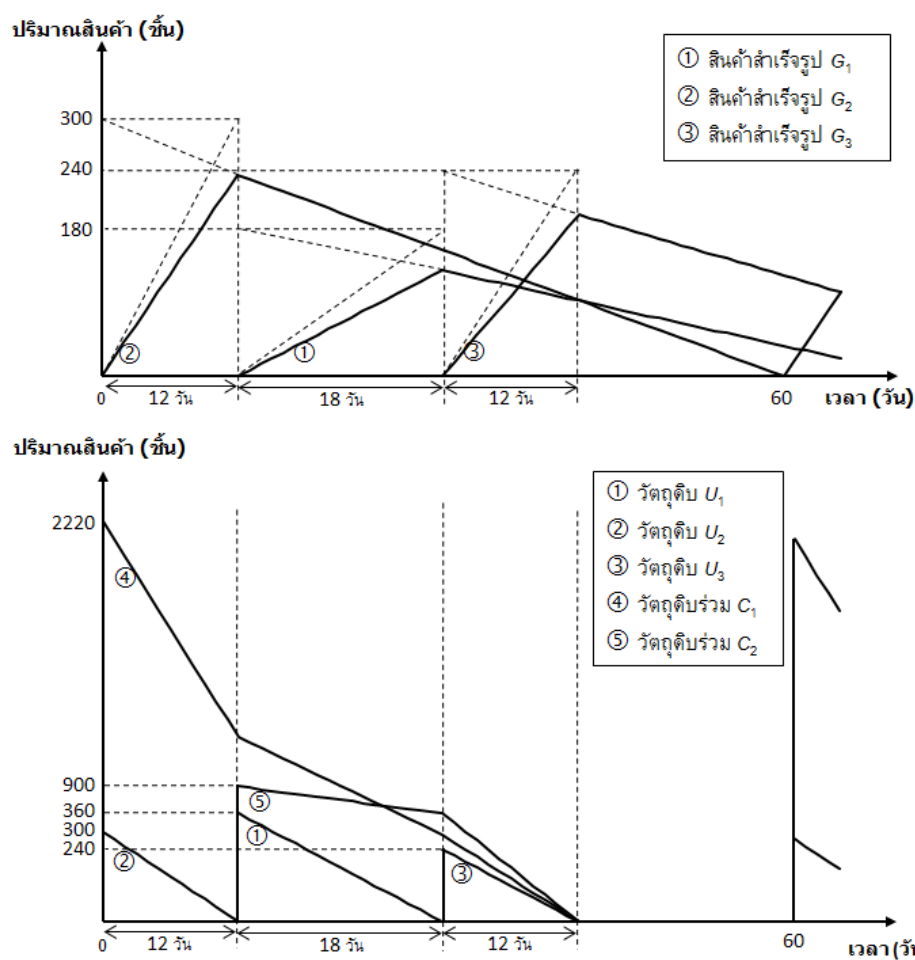


ภาพที่ 1 โครงสร้างสินค้าสำเร็จรูป G_1, G_2 และ G_3

ตารางที่ 1 ค่าใช้จ่ายในการควบคุมสินค้าคงคลัง ($F = 0.3$)

		D	π	C	S	H
$G_i =$	1	1,080	3,600	165	2,550	49.50
	2	1,800	9,000	192	3,100	57.60
	3	1,440	7,200	177	2,870	53.10
$U_j =$	1	-	-	11	80	3.30
	2	-	-	30	120	9.00
	3	-	-	22	95	6.60
$C_k =$	1	-	-	38	130	11.40
	2	-	-	25	105	7.50

กำหนดให้คำตอบที่สนใจคือ ทำการผลิต 6 รอบ/ปี (คำตอบดังกล่าวอาจไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด) ลำดับการผลิตในแต่ละรอบเป็นแบบ ($G_2 \rightarrow G_1 \rightarrow G_3$) และให้วันทำงานมี 360 วัน/ปี ดังนั้นความยาวรอบในการสั่งผลิต (Production Cycle) เท่ากับ 60 วัน ทั้งนี้ระดับสินค้าคงคลังของวัตถุดิบและสินค้าสำเร็จรูปแสดงได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ระดับสินค้าคงคลังของวัตถุดิบและสินค้าสำเร็จรูปจากคำตอบในโจทย์ตัวอย่าง

ปริมาณการสั่งซื้อ/สั่งผลิตในแต่ละรอบ และค่าใช้จ่ายรวมของระบบต่อปีซึ่งเกิดจากผลรวมของค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ สั่งผลิตและถือครองสินค้าสำเร็จรูปและวัตถุดิบ แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณการสั่งซื้อ/ส่งผลิตในแต่ละรอบ และค่าใช้จ่ายโดยรวมของระบบต่อปี

รายการ สินค้า	ปริมาณการสั่งซื้อ/ ส่งผลิต (ชิ้น)	ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ/ส่งผลิต (บาท/ปี)	ค่าใช้จ่ายในการค่าถือครอง (บาท/ปี)
G_1	180	$2,550 \times 6 = 15,300$	$49.50 \times 10.5 \times 6 = 3,118.50$
G_2	300	$3,100 \times 6 = 18,600$	$57.60 \times 20 \times 6 = 6,912.00$
G_3	240	$2,870 \times 6 = 17,220$	$53.10 \times 16 \times 6 = 5,097.60$
U_1	360	$80 \times 6 = 480$	$3.30 \times 9 \times 6 = 178.20$
U_2	300	$120 \times 6 = 720$	$9.00 \times 5 \times 6 = 270.00$
U_3	240	$95 \times 6 = 570$	$6.60 \times 4 \times 6 = 158.40$
C_1	2,220	$130 \times 6 = 780$	$11.4 \times 99.5 \times 6 = 6,805.80$
C_2	900	$105 \times 6 = 630$	$7.50 \times 52.5 \times 6 = 2,362.50$
รวม		54,300	24,903
		79,203	

จากตัวอย่างคุณลักษณะของปัญหา พบว่า ในระบบการผลิตที่มีสินค้า 3 ประเภท G_1, G_2, G_3 โดยใช้วัตถุดิบร่วมกัน 2 ชนิด C_1, C_2 และใช้วัตถุดิบไม่ร่วมกัน 3 ชนิด U_1, U_2, U_3 หากกำหนดจำนวนรอบการผลิตเท่ากับ 6 ครั้ง/ปี และลำดับการผลิตในแต่ละรอบเป็นแบบ $(G_2 \rightarrow G_1 \rightarrow G_3)$ ระบบจะมีค่าใช้จ่ายโดยรวมต่อปีเท่ากับ 79,203 บาท

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งหาปริมาณการส่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปและปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบสำหรับระบบการผลิตสินค้าสำเร็จรูปหลายประเภทที่มีค่าอุปสงค์เป็นแบบต่อเนื่อง เพื่อลดค่าใช้จ่ายรวมของระบบ โดยในการแก้ปัญหาได้ใช้วิธีการหาอนุพันธ์ของค่าใช้จ่ายรวมซึ่งประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการส่งผลิต ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ และค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บสินค้าคงคลังทั้งประเภทสินค้าคงคลังสำเร็จรูป รวมถึงวัตถุดิบชนิดต่างๆ เพื่อหาจำนวนรอบการผลิตที่เหมาะสมต่อปี

สมมติฐานในงานวิจัย

1. โครงสร้างผลิตภัณฑ์มี 2 ระดับ คือ ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปและวัตถุดิบ
2. วัตถุดิบแต่ละชนิดมีการสั่งซื้อเป็นอิสระต่อกัน โดยในแต่ละรอบการผลิตจะสั่งซื้อเพียงครั้งเดียวในช่วงเวลาที่เริ่มเกิดอุปสงค์ของวัตถุดิบนั้น
3. ไม่มีของเสียเกิดขึ้นจากการผลิตสินค้าสำเร็จรูป หรือจากการสั่งซื้อวัตถุดิบ
4. ไม่พิจารณาการเกิดสินค้าคงคลังขาดมือ ทั้งประเภทผลิตภัณฑ์และวัตถุดิบ
5. ไม่มีข้อจำกัดในเรื่องของเงินทุนและพื้นที่ในการจัดเก็บสินค้าคงคลังทุกประเภท
6. กำหนดช่วงเวลานำเป็นศูนย์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

วิธีการแก้ปัญหาการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปและการสั่งซื้อวัตถุดิบที่เหมาะสมในแต่ละรอบ สำหรับระบบการผลิตสินค้าสำเร็จรูปหลายประเภทที่มีค่าอุปสงค์เป็นแบบต่อเนื่อง โดยมีจุดประสงค์เพื่อลดค่าใช้จ่ายรวมของระบบซึ่งประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ ค่าใช้จ่ายในการผลิต และค่าใช้จ่ายในการถือครองสินค้าสำเร็จรูปและวัตถุดิบชนิดต่างๆ

การตรวจเอกสาร

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.1 ทฤษฎีการจัดการสินค้าคงคลัง (Tersine, 1994: 90-140)

การบริหารจัดการสินค้าคงคลังพิจารณาค่าใช้จ่าย 3 ส่วนหลักที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

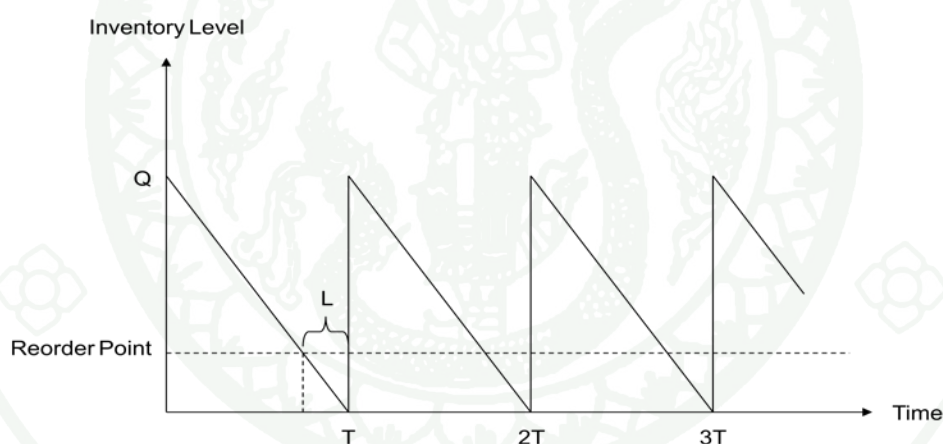
1) ต้นทุนสินค้า (Item Cost) สามารถแบ่งได้เป็นต้นทุนการสั่งซื้อสินค้าต่อหน่วย (Unit Purchase Cost) และต้นทุนการผลิตสินค้าต่อหน่วย (Unit Production Cost) โดยต้นทุนการสั่งซื้อสินค้าต่อหน่วย (Unit Purchase Cost) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการสั่งซื้อสินค้าจากผู้ส่งมอบ ได้แก่ ราคาต้นทุนสินค้า และค่าขนส่งสินค้า เป็นต้น ส่วนต้นทุนการผลิตสินค้าต่อหน่วย (Unit Production Cost) เป็นมูลค่าหรือต้นทุนของสินค้าที่ถูกผลิตภายในโรงงานผู้ผลิตซึ่งประกอบด้วย ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการลงทุนซื้อที่ดิน ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโรงงาน ค่าประกันโรงงาน ค่าเสื่อมโรงงานและเครื่องจักร ภาษี ค่าซ่อมบำรุง เป็นต้น และต้นทุนผันแปร (Variable Cost) ได้แก่ ค่าแรงงาน ค่าวัตถุดิบหรือชิ้นส่วนประกอบ ค่าน้ำและค่าไฟในการผลิต เป็นต้น

2) ต้นทุนในการสั่งซื้อ (Ordering Cost) หรือต้นทุนในการติดตั้ง (Setup Cost) โดยต้นทุนในการสั่งซื้อประกอบด้วย ค่าออกไปคำร้องสั่งซื้อ ค่าวิเคราะห์เพื่อเลือกผู้ส่งมอบ ค่าออกไปสั่งซื้อ ค่ารับสินค้า ค่าตรวจสอบสินค้า ค่าติดตามสินค้า เป็นต้น ส่วนต้นทุนในการติดตั้งประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการปรับแต่งเครื่องมือและเครื่องจักรก่อนที่จะทำการผลิต รวมถึง ค่าใช้จ่ายในการถอดเก็บเครื่องมือและล้างเครื่องจักรหลังการผลิตเสร็จสิ้น

3) ต้นทุนในการถือครองสินค้า (Holding Cost) คือ ต้นทุนรวมทั้งหมดที่เกิดจากการถือครองสินค้าคงคลังซึ่งประกอบด้วย ต้นทุนในการเก็บรักษา ได้แก่ ค่าเช่าคลังสินค้า ค่าพื้นที่ คลังสินค้า ค่าน้ำ ค่าไฟ ค่าเสื่อมสภาพ การเสียหายหรือสูญหายของสินค้า ค่าประกันสินค้า เป็นต้น และต้นทุนดอกเบี้ยเงินจม ซึ่งเป็นต้นทุนที่เกิดจากเงินจมในการลงทุนของสินค้าคงคลังรวมทั้งค่าเสียโอกาส โดยต้นทุนดอกเบี้ยจะแปรผันตรงกับปริมาณสินค้าที่จัดเก็บในคลัง โดยทั่วไปต้นทุนในการถือครองสินค้าต่อปีคิดเป็น 20-40% ของเงินลงทุนในสินค้าคงคลัง

นโยบายในการบริหารจัดการสินค้าคงคลังกรณีอุปสงค์เป็นแบบต่อเนื่องและเป็นอิสระต่อกัน (Independent Demand) สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ ระบบปริมาณการสั่งซื้อคงที่ (Fixed Order Size Systems) ระบบรอบเวลาการสั่งซื้อคงที่ (Fixed Order Interval Systems) และระบบการผลิตเป็นชุด (Batch-Type Production System)

1.1.1 ระบบปริมาณการสั่งซื้อคงที่ เป็นระบบที่มีการสั่งซื้อสินค้าในปริมาณคงที่ทุกครั้ง อย่างไรก็ตามเวลาในการสั่งซื้อสินค้าอาจแตกต่างกันไป โดยจะทำการสั่งซื้อเมื่อปริมาณสินค้าในคลังสินค้าลดลงมาถึงจุดสั่งซื้อสินค้า (Reorder Point) ซึ่งมีค่าคงที่เสมอในแต่ละรอบการสั่งซื้อ ระบบนี้อาจถูกเรียกว่า Q -System หรือ Continuous Review System ซึ่งมีตัวแบบที่สำคัญคือ ตัวแบบนโยบายการสั่งซื้อแบบประหยัด (Economic Order Quantity: EOQ) เป็นนโยบายที่ใช้งานง่ายและนิยมใช้กันโดยทั่วไป เหมาะสำหรับการสั่งซื้อสินค้าที่ละชนิด ทั้งนี้ระบบการสั่งซื้อสินค้าแบบประหยัดแสดงได้ดังภาพที่ 3



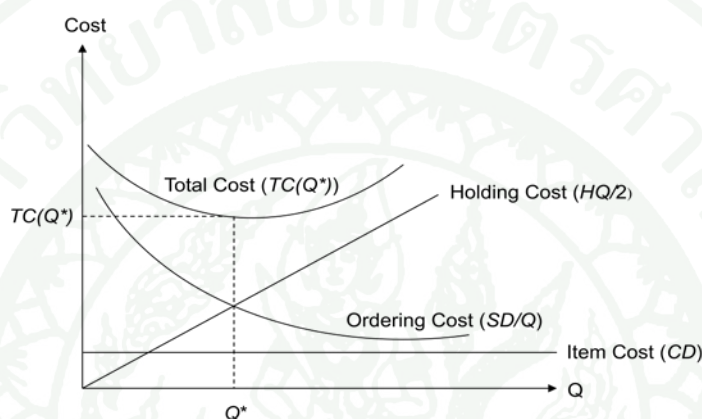
ภาพที่ 3 ระบบการสั่งซื้อสินค้าแบบประหยัด

ที่มา: Tersine (1994)

ค่าใช้จ่ายรวมต่อปีของระบบการสั่งซื้อสินค้าแบบประหยัดประกอบด้วย ต้นทุนสินค้า (Item Cost) ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้า (Ordering Cost) และค่าใช้จ่ายในการถือครองสินค้า (Holding Cost) ดังแสดงในสมการที่ (2) และภาพที่ 4

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

เมื่อ D = ปริมาณความต้องการสินค้า (หน่วยต่อปี)
 C = ต้นทุนสินค้า (บาท/หน่วย)
 S = ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้า (บาท/ครั้ง)
 $H = CF$ = ค่าใช้จ่ายในการถือครองสินค้า (บาท/หน่วย/ปี)
 Q = ปริมาณการสั่งซื้อสินค้า (หน่วย)
 F = สัดส่วนค่าถือครองสินค้า



ภาพที่ 4 ค่าใช้จ่ายรวมต่อปีของระบบการสั่งซื้อสินค้าแบบประหยัด

ที่มา: Tersine (1994)

หาอนุพันธ์ลำดับที่หนึ่งของสมการ (2) เทียบกับตัวแปร Q และให้สมการมีค่าเท่ากับ 0 ดังแสดงในสมการ (3) เพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อที่ดีที่สุด (Q^*) ดังแสดงในสมการที่ (4)

$$\frac{dTC(Q)}{dQ} = \frac{H}{2} - \frac{SD}{Q^2} = 0 \quad (3)$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (4)$$

เมื่อทราบปริมาณการสั่งซื้อที่ดีที่สุด ก็สามารถหาจำนวนครั้งในการสั่งซื้อต่อปี (m) และรอบเวลาการสั่งซื้อที่เหมาะสม (T^*) ดังสมการ (5)

$$T^* = \frac{1}{m} = \frac{Q^*}{D} = \sqrt{\frac{2S}{HD}} \quad (5)$$

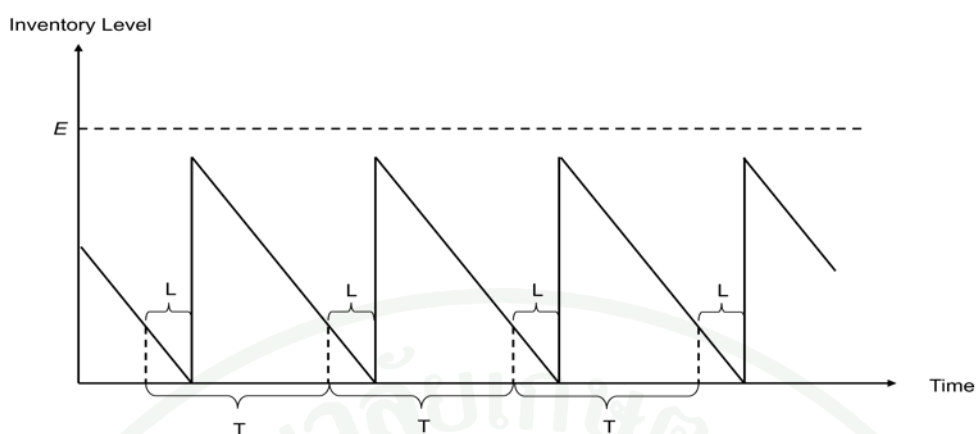
จุดสั่งซื้อคำนวณได้จากปริมาณความต้องการในช่วงเวลารอคอยสินค้า เมื่อปริมาณสินค้าคงคลัง (สินค้าที่มีอยู่ในมือ + สินค้าที่อยู่ระหว่างการนำส่ง – สินค้าค้างส่ง) ถึงจุดสั่งซื้อ สินค้าจะถูกเติมด้วยปริมาณเท่ากับ Q^* โดยจุดสั่งซื้อ (B) คำนวณได้จากสมการ (6) เมื่อ L คือ ระยะเวลาในการนำส่งสินค้า (ปี)

$$B = DL \quad (6)$$

ค่าใช้จ่ายรวมต่อปีที่น้อยที่สุดเกิดจากการสั่งซื้อด้วยปริมาณ Q^* โดยคำนวณได้จากสมการที่ (7) ซึ่งมาจากการแทนค่า Q ด้วย Q^* ลงในสมการที่ (2)

$$TC(Q^*) = CD + HQ^* \quad (7)$$

1.1.2 ระบบรอบเวลาการสั่งซื้อที่เป็นระบบที่มีการสั่งซื้อสินค้าด้วยรอบเวลาที่คงที่ทุกครั้ง ทำให้ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแตกต่างกันไป โดยระบบจะทำการสั่งซื้อเมื่อถึงเวลาที่กำหนดไว้ และสั่งซื้อด้วยปริมาณที่ทำให้ระดับสินค้าคงคลังกลับไปเท่ากับระดับที่ได้กำหนดไว้แล้ว ระบบนี้อาจถูกเรียกว่า T -System หรือ Periodic Inventory System ซึ่งมีตัวแบบที่สำคัญคือ ตัวแบบนโยบายการสั่งซื้อสินค้าตามรอบเวลา (Economic Order Interval: EOI) ดังแสดงในภาพที่ 5

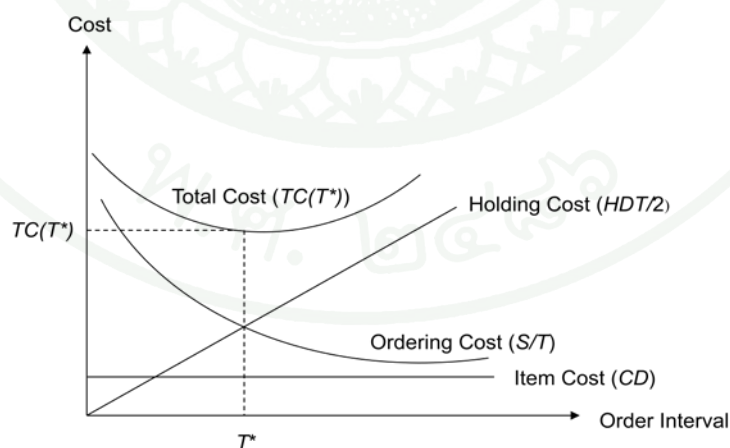


ภาพที่ 5 ระบบการสั่งซื้อสินค้าตามรอบเวลา

ที่มา: Tersine (1994)

ค่าใช้จ่ายรวมต่อปีของระบบการสั่งซื้อตามรอบเวลาประกอบด้วย ต้นทุนสินค้า (Item Cost) ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้า (Ordering Cost) และค่าใช้จ่ายในการถือครองสินค้า (Holding Cost) ดังแสดงในสมการที่ (8) และภาพที่ 6

$$TC(T) = CD + \frac{S}{T} + \frac{HDT}{2} \quad (8)$$



ภาพที่ 6 ค่าใช้จ่ายรวมต่อปีของระบบการสั่งซื้อสินค้าตามรอบเวลา

ที่มา: Tersine (1994)

หาอนุพันธ์ลำดับที่หนึ่งของสมการ (8) เทียบกับตัวแปร T และให้สมการมีค่าเท่ากับ 0 ดังแสดงในสมการที่ (9) เพื่อหาขอบเวลาการสั่งซื้อที่ดีที่สุด (T^*) ดังแสดงในสมการที่ (10)

$$\frac{dTC(T)}{dT} = \frac{HD}{2} - \frac{S}{T^2} = 0 \quad (9)$$

$$T^* = \sqrt{\frac{2S}{HD}} \quad (10)$$

จำนวนครั้งในการสั่งซื้อต่อปี (m) คำนวณได้จากสมการ (11)

$$m^* = \frac{1}{T^*} = \sqrt{\frac{HD}{2S}} \quad (11)$$

เนื่องจากปริมาณความต้องการสินค้ามีค่าคงที่ ทำให้ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าในระบบปริมาณการสั่งคงที่และระบบรอบเวลาการสั่งคงที่มีค่าเท่ากัน ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (12)

$$Q^* = DT^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (12)$$

ระดับสินค้าคงคลังสูงสุด (E) ต้องมีปริมาณมากพอที่จะตอบสนองต่อความต้องการที่เกิดขึ้นภายในรอบเวลาการสั่งซื้อสินค้า (T) และช่วงเวลานำส่งสินค้า (L) โดยระดับสินค้าคงคลังสูงสุดคำนวณได้จากสมการที่ (13) เมื่อ L และ T มีหน่วยเป็นปี

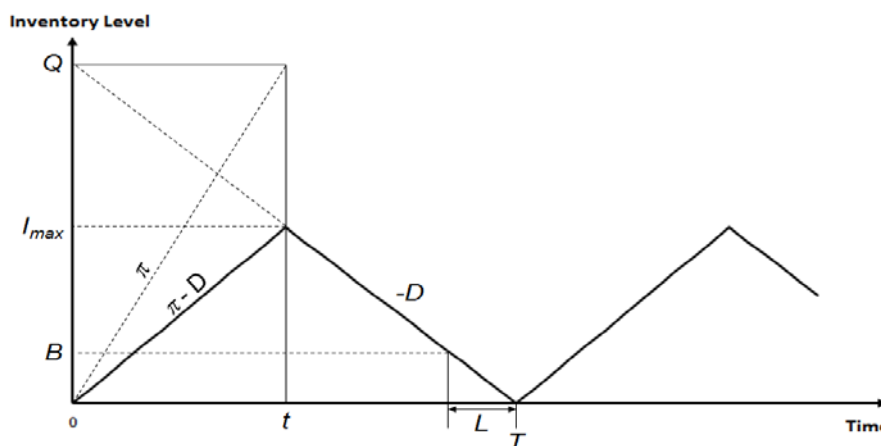
$$E = D(T^* + L) = Q^* + B \quad (13)$$

ค่าใช้จ่ายรวมต่อปีที่น้อยที่สุดเกิดจากการสั่งซื้อสินค้าด้วยรอบเวลาการสั่ง T^* โดยคำนวณได้จากสมการที่ (14) ซึ่งมาจากการแทนค่า T ด้วย T^* ลงในสมการที่ (8)

$$TC(T^*) = CD + HDT^* \quad (14)$$

1.1.3 ระบบการผลิตเป็นชุด เป็นระบบที่มีการสั่งผลิตสินค้าเมื่ออัตราการเติมเต็มสินค้าจำกัด (Finite Production Rate) และเป็นค่าคงที่ หรือเป็นระบบที่สินค้าถูกเติมเต็มจากการผลิตของหน่วยผลิตสินค้า เป็นตัวแบบที่ถูกพัฒนามาจากตัวแบบนโยบายการสั่งซื้อแบบประหยัด โดยสินค้าที่ถูกสั่งผลิตในตัวแบบนี้จะทยอยเข้าสู่คลังสินค้าด้วยอัตราสม่ำเสมอเนื่องจากอัตราการเติมเต็มสินค้าที่จำกัด ดังนั้นระดับสินค้าคงคลังสูงสุดจึงไม่เท่ากับปริมาณสินค้าที่สั่งผลิต เพราะความต้องการเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในระหว่างที่มีการผลิตสินค้า ทั้งนี้ตัวแบบที่สำคัญในระบบการผลิตเป็นชุด ได้แก่ ตัวแบบนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดสำหรับสินค้าชนิดเดียว (Economic Production Quantity: EPQ) และตัวแบบนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดสำหรับสินค้าหลายชนิด (Multiple Items Economic Production Quantities: Multi-EPQ)

ก. นโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดสำหรับสินค้าชนิดเดียว เป็นการหาปริมาณการสั่งผลิตที่เหมาะสมสำหรับระบบที่มีการผลิตสินค้าเพียง 1 ชนิด เพื่อให้ระบบมีค่าใช้จ่ายในการควบคุมสินค้าคงคลังต่ำที่สุด จากภาพที่ 7 ระบบเริ่มทำการผลิตสินค้าเมื่อเวลาเท่ากับศูนย์ และผลิตเสร็จเมื่อเวลาเท่ากับ t จากนั้นระบบจะหยุดการผลิตและระดับของสินค้าคงคลังจะเริ่มลดลงเรื่อยๆ ด้วยอัตราความต้องการสินค้า D จนระดับสินค้าคงคลังเป็น 0 ที่เวลาเท่ากับ T ระบบจึงเริ่มทำการผลิตสินค้าอีกครั้ง



ภาพที่ 7 นโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดสำหรับสินค้าชนิดเดียว

ที่มา: Tersine (1994)

หากไม่มีความต้องการสินค้าเกิดขึ้นในช่วงเวลา 0 ถึง t ระดับสินค้าคงคลังจะเพิ่มขึ้นด้วยอัตราเท่ากับกำลังการผลิต π แต่เนื่องจากมีความต้องการสินค้า D เกิดขึ้น ดังนั้นระดับสินค้าคงคลังจึงเพิ่มขึ้นด้วยอัตราเท่ากับ $\pi - D$ โดยที่ $\pi > D$ ในช่วงเวลาที่ระบบทำการผลิตระดับสินค้าคงคลังจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งระบบหยุดผลิตที่เวลา t ซึ่งเป็นจุดที่ระดับสินค้าคงคลังมีปริมาณมากที่สุด (I_{max}) เท่ากับ $(\pi - D)t$ และ $t = Q/\pi$ จะสังเกตได้ว่าระดับสินค้าคงคลังเปลี่ยนแปลงขึ้นลงอยู่ระหว่างค่าต่ำสุดคือ 0 และค่าสูงสุดคือ $Q(\pi - D)/\pi$ ดังนั้นค่าเฉลี่ยของระดับสินค้าคงคลังมีค่าเท่ากับ $Q(\pi - D)/2\pi$ โดยต้นทุนรวมต่อปีของระบบประกอบด้วย ต้นทุนสินค้า (Unit Production Cost) ต้นทุนการตั้งผลิต (Setup Cost) และต้นทุนในการถือครองสินค้า (Holding Cost) ดังสมการที่ (15)

$$TC(Q) = CD + \frac{SD}{Q} + \frac{HQ(\pi - D)}{2\pi} \quad (15)$$

เมื่อ D = ปริมาณความต้องการสินค้า (หน่วยต่อปี)
 π = กำลังการผลิตสินค้า (หน่วย/ปี)
 C = ต้นทุนสินค้า (บาท/หน่วย)
 S = ต้นทุนในการตั้งผลิตสินค้า (บาท/ครั้ง)
 $H = CF$ = ต้นทุนในการถือครองสินค้า (บาท/หน่วย/ปี)
 Q = ปริมาณการตั้งผลิตสินค้า (หน่วย)
 F = สัดส่วนค่าถือครองสินค้า

หาอนุพันธ์ลำดับที่หนึ่งของสมการ (15) เทียบกับตัวแปร Q และให้สมการมีค่าเท่ากับ 0 ดังแสดงในสมการที่ (16) เพื่อหาปริมาณการตั้งผลิตที่ดีที่สุด (Q^*) ดังแสดงในสมการที่ (17)

$$\frac{dTC(Q)}{dQ} = \frac{H(\pi - D)}{2\pi} - \frac{SD}{Q^2} = 0 \quad (16)$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS\pi}{H(\pi - D)}} \quad (17)$$

เมื่อทราบปริมาณการตั้งผลิตที่ดีที่สุด ก็สามารถหาเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการผลิตสินค้าแต่ละรอบ (t^*) ได้ดังสมการที่ (18)

$$t^* = \frac{Q^*}{\pi} \quad (18)$$

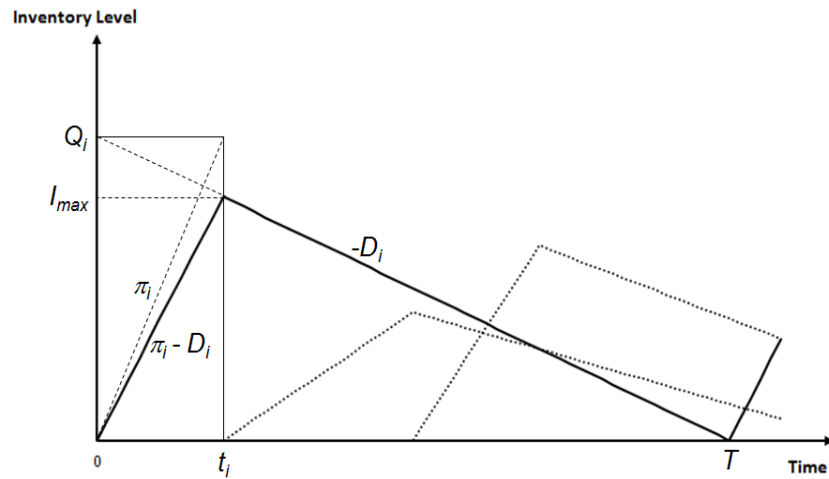
จุดสั่งผลิตคำนวณได้จากปริมาณความต้องการที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาติดตั้งเครื่องจักร เมื่อระดับสินค้าคงคลังลดลงถึงจุดสั่งผลิต สินค้าจะถูกสั่งผลิตด้วยปริมาณเท่ากับ Q^* โดยจุดสั่งผลิต (B) คำนวณได้จากสมการ (19) เมื่อ L คือ ระยะเวลาในการติดตั้งเครื่องจักร (วัน) และ N คือ จำนวนวันทำงานต่อปี (วัน)

$$B = \frac{DL}{N} \quad (19)$$

ค่าใช้จ่ายรวมต่อปีที่น้อยที่สุดเกิดจากการสั่งผลิตด้วยปริมาณ Q^* โดยคำนวณได้จากสมการที่ (20) ซึ่งมาจากการแทนค่า Q ด้วย Q^* ลงในสมการที่ (15)

$$TC(Q^*) = CD + \frac{HQ^*(\pi - D)}{\pi} \quad (20)$$

ข. นโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดสำหรับสินค้าหลายชนิด เป็นการหาจำนวนรอบการสั่งผลิตต่อปีที่เหมาะสม เพื่อให้ระบบมีค่าใช้จ่ายในการควบคุมสินค้าคงคลังต่ำที่สุด ซึ่งการสั่งผลิตสินค้าหลายชนิดมีหลักการเหมือนกันกับการสั่งผลิตสินค้าชนิดเดียว โดยสินค้าแต่ละชนิดมีระดับปริมาณสินค้าคงคลังสูงสุด (I_{max}) เท่ากับ $(\pi - D)t_i$ จากภาพที่ 8 พบว่า $Q_i = \pi t_i = D/m$ ดังนั้นค่าเฉลี่ยของระดับสินค้าคงคลังแต่ละชนิดแสดงได้ดังสมการที่ (21)



ภาพที่ 8 นโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดสำหรับสินค้าหลายชนิด

ที่มา: วิสุทธิ (2554)

$$\frac{(\pi_i - D_i)t_i}{2} = \frac{(\pi_i - D_i)D_i}{2m\pi_i} \quad (21)$$

ต้นทุนรวมต่อปีของระบบประกอบด้วย ต้นทุนสินค้า (Unit Production Cost) ต้นทุนการผลิต (Setup Cost) และต้นทุนในการถือครองสินค้า (Holding Cost) ทุกชนิดรวมกัน ดังแสดงในสมการที่ (22)

$$TC(m) = \sum_{i=1}^n C_i D_i + m \sum_{i=1}^n S_i + \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^n \frac{H_i (\pi_i - D_i) D_i}{\pi_i} \quad (22)$$

กำหนดให้

D_i = ปริมาณความต้องการสินค้า i (หน่วยต่อปี) เมื่อ $i = 1, 2, \dots, n$

π_i = กำลังการผลิตสินค้า i (หน่วย/ปี) เมื่อ $i = 1, 2, \dots, n$

C_i = ต้นทุนสินค้า i (บาท/หน่วย) เมื่อ $i = 1, 2, \dots, n$

S_i = ต้นทุนในการผลิตสินค้า i (บาท/ครั้ง) เมื่อ $i = 1, 2, \dots, n$

$H_i = C_i F$ = ต้นทุนในการถือครองสินค้า i (บาท/หน่วย/ปี) เมื่อ $i = 1, 2, \dots, n$

m = จำนวนรอบการผลิตสินค้า (ครั้ง/ปี)

F = สัดส่วนค่าถือครองสินค้า

หาอนุพันธ์ลำดับที่หนึ่งของสมการ (22) เทียบกับตัวแปร m และให้สมการมีค่าเท่ากับ 0 ดังแสดงในสมการที่ (23) เพื่อหาจำนวนรอบการผลิตต่อปีที่ดีที่สุด (m^*) ดังแสดงในสมการที่ (24)

$$\frac{dTC(m)}{dm} = \sum_{i=1}^n S_i - \frac{1}{2m^2} \sum_{i=1}^n \frac{H_i(\pi_i - D_i)D_i}{\pi_i} = 0 \quad (23)$$

$$m^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \frac{H_i(\pi_i - D_i)D_i}{\pi_i}}{2 \sum_{i=1}^n S_i}} \quad (24)$$

ปริมาณการสั่งผลิตสินค้าแต่ละชนิด (Q_i) คำนวณได้จากสมการ (25)

$$Q_i = \frac{D_i}{m^*} \quad (25)$$

ค่าใช้จ่ายรวมต่อปีที่น้อยที่สุดเกิดจากการสั่งผลิตสินค้าทุกชนิดด้วยจำนวนรอบการผลิต m^* โดยคำนวณได้จากสมการที่ (26) ซึ่งมาจากการแทนค่า m ด้วย m^* ลงในสมการที่ (22)

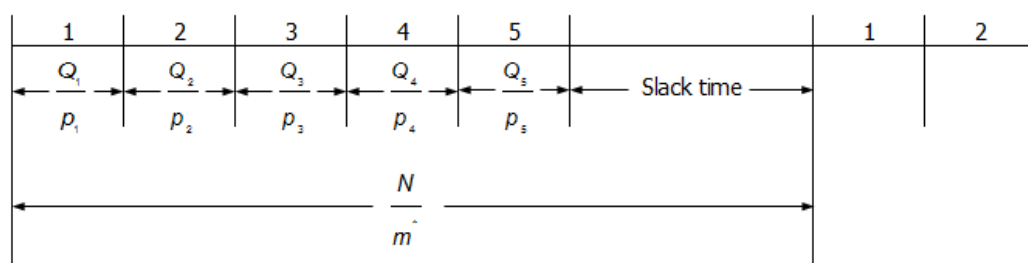
$$\begin{aligned} TC(m^*) &= \sum_{i=1}^n C_i D_i + \frac{1}{m^*} \sum_{i=1}^n \frac{H_i(\pi_i - D_i)D_i}{\pi_i} \\ &= \sum_{i=1}^n C_i D_i + 2m^* \sum_{i=1}^n S_i \end{aligned} \quad (26)$$

เนื่องจากการคำนวณหาจำนวนรอบการผลิตต่อปีที่ดีที่สุด (m^*) ไม่ได้พิจารณาถึงกำลังการผลิต โดยตัวแบบที่พัฒนาขึ้นตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่ากำลังการผลิตเพียงพอต่อความต้องการสินค้าเสมอ ดังนั้นนโยบายการผลิตแบบประหยัดสำหรับสินค้าหลายชนิดนี้จึงเหมาะสมต่อการใช้งานในกรณีที่จำนวนวันทำงานต่อปี (N) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับจำนวนวันที่ต้องใช้ในการผลิตสินค้าทั้งหมด ดังแสดงในสมการที่ (27) เมื่อ p_i คือ กำลังการผลิตสินค้า i (หน่วย/วัน)

$$N \geq \sum_{i=1}^n \frac{D_i}{p_i} \quad (27)$$

หากจำนวนวันที่ต้องใช้ในการผลิตสินค้าทั้งหมดมีค่ามากกว่าจำนวนวันทำงานต่อปี แสดงว่ากำลังการผลิตมีไม่เพียงพอที่จะตอบสนองต่อความต้องการของสินค้าทุกชนิด ดังนั้นโรงงานผลิตต้องทำ

การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น โดยอาจเพิ่มจำนวนชั่วโมงการทำงาน (Overtime) ขยายโรงงาน หรือว่าจ้างบริษัทรับเหมาช่วง (Subcontractor) เป็นต้น



ภาพที่ 9 จำนวนวันในการผลิตสินค้าทุกชนิดและกำลังการผลิตในแต่ละรอบ

ที่มา: Tersine (1994)

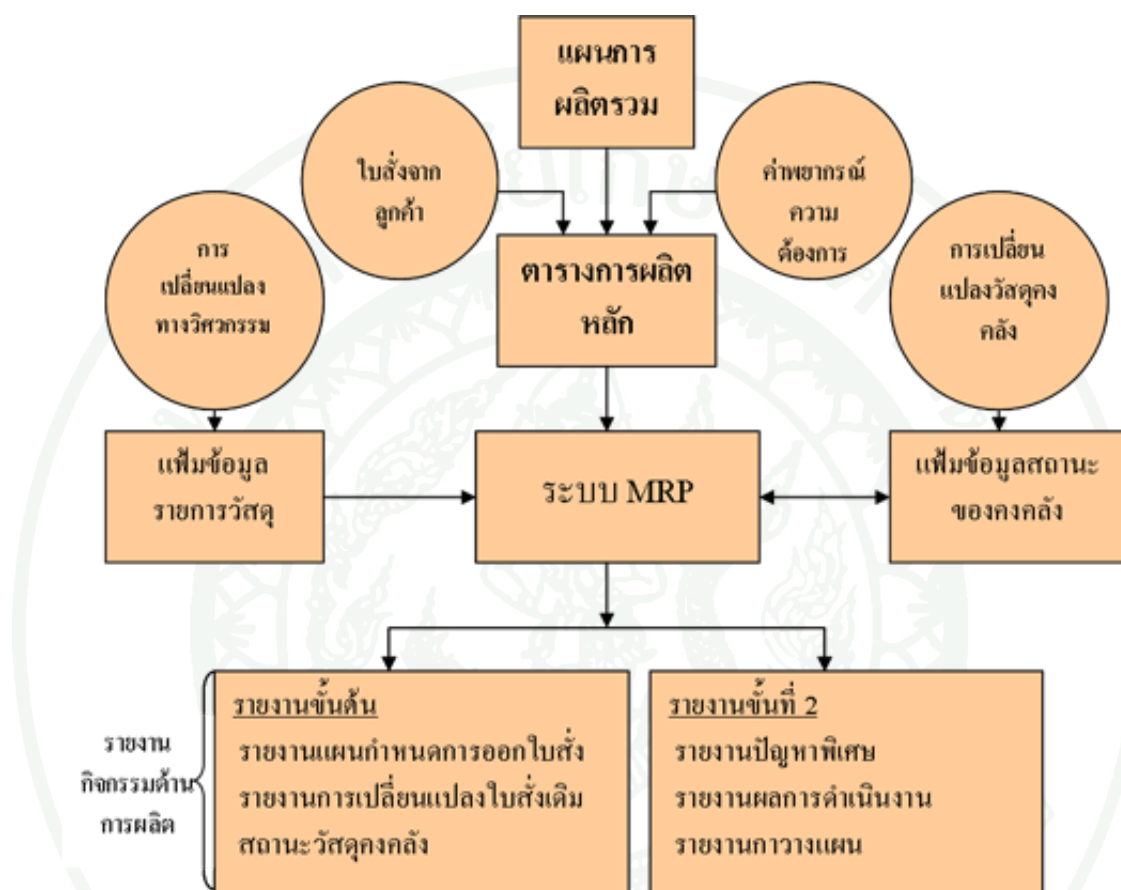
ตัวแบบนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดสำหรับสินค้าหลายชนิดได้กำหนดสมมติฐานว่าเวลาในการติดตั้งเครื่องจักรมีค่าน้อยมาก หรือใช้เวลาในการติดตั้งเครื่องจักรน้อยกว่าเวลาหยุด (Slack Time) ในแต่ละรอบการผลิต จากภาพที่ 9 แสดงให้เห็นว่าเวลาที่ใช้สำหรับผลิตสินค้าแต่ละชนิดรวมกันต้องไม่เกินจำนวนวันทำงานในแต่ละรอบ โดยคำนวณได้จากสมการที่ (28)

$$\frac{N}{m} \geq \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{p_i} \quad (28)$$

1.2 ทฤษฎีการวางแผนความต้องการวัสดุ (พิภพ, 2549: 406-451)

ระบบการวางแผนความต้องการวัสดุ (Material Requirement Planning: MRP) เป็นการบริหารจัดการสินค้าคงคลังกรณีอุปสงค์เป็นแบบไม่ต่อเนื่องและไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent Demand) ซึ่งเป็นกระบวนการวางแผนอย่างเป็นระบบเพื่อจัดหาวัสดุ (ชิ้นส่วนประกอบหรือวัตถุดิบ) ให้เพียงพอกับความต้องการในทุกๆ ระดับของการผลิต ทั้งชนิด จำนวน และในเวลาที่ต้องการ ทั้งนี้ต้องมีความสอดคล้องกับความต้องการผลิตภัณฑ์ที่กำหนดไว้ในตารางการผลิตหลัก

ในการทำงานภายใต้ระบบ MRP มีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ ส่วนนำเข้าข้อมูล (Input) ส่วนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ MRP (MRP Computer Program) และส่วนผลลัพธ์จากระบบ (Output) ดังแสดงตามภาพที่ 10



ภาพที่ 10 องค์ประกอบของระบบ MRP

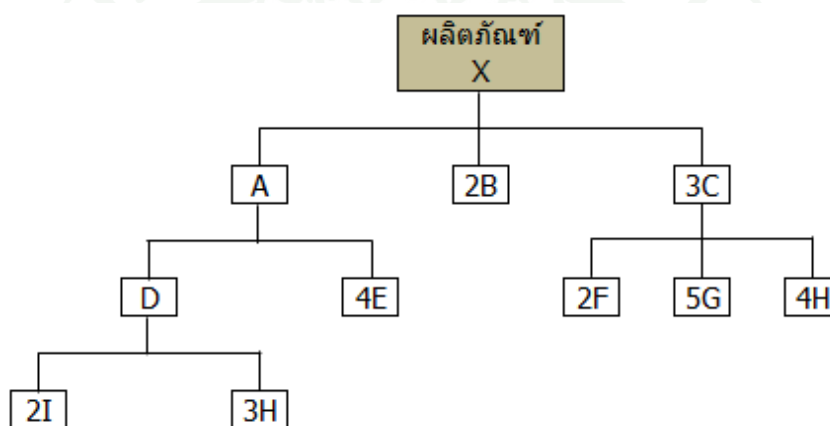
ที่มา: พิภพ (2549)

ก. ส่วนนำเข้าข้อมูล (Input) ประกอบด้วยรายการชุดข้อมูลที่สำคัญ 3 ชุด ดังนี้

1) ตารางการผลิตหลัก (Master Production Scheduling: MPS) เป็นตารางแสดงกำหนดการของรายการวัสดุที่เป็นความต้องการอิสระ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายที่จำหน่ายให้แก่ลูกค้า ซึ่งอาจเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปหรือชิ้นส่วนที่บริษัทขายออกไปในลักษณะของชิ้นส่วนบริการ โดยรายละเอียดในตารางการผลิตหลักประกอบด้วย สินค้าที่ต้องการผลิต ปริมาณสินค้าที่ต้องผลิต และวันที่เริ่มผลิตสินค้า ทั้งนี้ตารางการผลิตหลักสามารถกำหนดขึ้นจากแหล่งข้อมูลแหล่งใดแหล่ง

หนึ่งหรือหลายแหล่ง เช่น จากใบสั่งของลูกค้า จากการพยากรณ์ความต้องการ หรือจากแผนการผลิตรวม (Aggregate Production Planning)

2) บัญชีรายการวัสดุ (Bill of Material: BOM) หรือ โครงสร้างผลิตภัณฑ์ (Product Structure) แสดงให้ทราบถึงวัสดุทุกรายการ พร้อมทั้งปริมาณความต้องการวัสดุแต่ละรายการที่จำเป็นต่อการผลิตสินค้าสำเร็จรูปหนึ่งหน่วย ผลิตภัณฑ์หรือสินค้าสำเร็จรูปแต่ละรายการต้องมีเพียงหนึ่งโครงสร้างผลิตภัณฑ์หรือหนึ่งบัญชีรายการวัสดุนั้น ทั้งนี้ตัวอย่างโครงสร้างผลิตภัณฑ์แสดงไว้ในภาพที่ 11 ซึ่งสรุปได้ดังนี้



ภาพที่ 11 ตัวอย่างโครงสร้างผลิตภัณฑ์ 1 รายการ

ที่มา: พิภพ (2549)

- ผลิตภัณฑ์ X หนึ่งหน่วย ผลิตจากวัสดุ A (ชิ้นส่วนประกอบ) 1 หน่วย วัสดุ B (ชิ้นส่วน) 2 หน่วย และวัสดุ C (ชิ้นส่วนประกอบ) 3 หน่วย
- วัสดุ A หนึ่งหน่วย ผลิตจากวัสดุ D (ชิ้นส่วนประกอบย่อย) 1 หน่วย และวัสดุ E (ชิ้นส่วน) 4 หน่วย
- วัสดุ C หนึ่งหน่วย ผลิตจากวัสดุ F (ชิ้นส่วน) 2 หน่วย วัสดุ G (วัตถุดิบ) 5 หน่วย และวัสดุ H (วัตถุดิบ) 4 หน่วย
- วัสดุ D หนึ่งหน่วย ผลิตจากวัสดุ I (วัตถุดิบ) 2 หน่วย และวัสดุ H 3 หน่วย

3) ข้อมูลสถานะของวัสดุคงคลัง (Inventory Status Records) เป็นบันทึกการเคลื่อนไหวหรือการเปลี่ยนแปลงของรายการวัสดุแต่ละรายการที่เกิดจากการรับเข้าหรือการจ่ายออกของวัสดุคงคลัง การค้างรับหรือค้างจ่าย แผนการสั่ง (Planned Order Releases) และแผนการออกใบสั่ง (Planned Order) การยกเลิกใบสั่ง (Cancelled Order) ความสูญเสียที่เกิดจากของเสีย ความผิดพลาดของรายการขึ้นส่วน เป็นต้น การบันทึกการเคลื่อนไหวเป็นการปรับปรุงข้อมูลสถานะของวัสดุคงคลังแต่ละรายการให้ถูกต้อง และทันสมัยแบบเวลาจริง (Real-Time) อยู่เสมอ

วัสดุแต่ละรายการที่ถูกใช้ในหนึ่งผลิตภัณฑ์หรือในหลายผลิตภัณฑ์ จะมีเพียง 1 รายการบันทึกข้อมูล (Records) และ 1 รายการวัสดุเท่านั้น ข้อมูลสถานะของวัสดุคงคลังที่จำเป็นต่อการประมวลผลในระบบ MRP สามารถแยกได้เป็น 2 กลุ่มหลัก คือ กลุ่มแรกเป็นกลุ่มที่มีการเคลื่อนไหวตลอดเวลา ได้แก่ วัสดุคงคลังในมือ (Inventory on Hand) วัสดุระหว่างการสั่ง (Materials on Order) วัสดุคงคลังที่ต้องจัดสรรจากการจองใช้ (Allocated Inventory) วัสดุคงคลังพร้อมใช้ (Available Inventory) และใบสั่งลูกค้า เป็นต้น กลุ่มสองเป็นกลุ่มที่ค่อนข้างคงที่ ไม่ค่อยมีการเคลื่อนไหวหรือเปลี่ยนแปลง ส่วนใหญ่เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยด้านการวางแผนที่ใช้ในระบบ MRP ได้แก่ ขนาดรุ่นการสั่ง (Lot Size) ช่วงเวลานำ (Lead Time) ระดับสต็อกปลอดภัย (Safety Stock Level) อัตราของเสีย (Scrap Rate) และอัตราผลได้ (Yield) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม รายละเอียดข้อมูลสถานะของสินค้าคงคลังสามารถกำหนดได้อย่างอิสระขึ้นอยู่กับประโยชน์ในการใช้งาน ดังแสดงในภาพที่ 12

ส่วนของรายการ ข้อมูลหลัก	หมายเลขชิ้นส่วน		รายละเอียด	ช่วงเวลานำ		ต้นทุนมาตรฐาน						
	ปริมาณการสั่ง		เวลาเตรียมงาน	รอบการสั่ง		การใช้ปีที่แล้ว						
	อัตราของเสีย		กลุ่ม	ตัวชี้		สต็อกปลอดภัย						
ส่วนของข้อมูล สถานะของวัสดุ คงคลัง	การจัดสรร	ของคงคลังในมือ	ดูแลควบคุม	ช่วงเวลา								รวม
				1	2	3	4	5	6	7	8	
	ความต้องการขึ้นต้น											
	กำหนดการรับของ											
	ของคงคลังพร้อมใช้											
	แผนการออกใบสั่ง											
ส่วนของข้อมูล เสริม	รายละเอียดการสั่ง											
	งานค้าง											
	การดูแลติดตาม											

ภาพที่ 12 ข้อมูลสถานะวัสดุคงคลังรายการหนึ่ง

ที่มา: พิภพ (2549)

ข. ส่วนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ MRP (MRP Computer Program) ทำการวางแผนความต้องการวัสดุโดยอาศัยตารางการผลิตหลัก เพิ่มข้อมูลบัญชีรายการวัสดุ และเพิ่มข้อมูลสถานะของวัสดุคงคลัง ซึ่งมีวิธีดำเนินการดังต่อไปนี้

1) พิจารณารายการวัสดุขั้นสุดท้าย (End Items) ที่ต้องการในแต่ละช่วงเวลาจากตารางการผลิตหลัก

2) พิจารณารายการชิ้นส่วนบริการหรือชิ้นส่วนทดแทน ที่ไม่ได้ถูกรวมอยู่ในตารางการผลิตหลักแต่สรุปได้ว่าลูกค้ามีความต้องการวัสดุดังกล่าว ต้องนำมารวมเป็นรายการวัสดุขั้นสุดท้าย

3) กระจายความต้องการวัสดุขั้นสุดท้ายในตารางการผลิตหลักและชิ้นส่วนบริการไปสู่ความต้องการขั้นต้น (Gross Requirements) สำหรับวัสดุทุกรายการตามช่วงเวลาต่างๆ ในอนาคต โดยคำนวณหาจำนวนความต้องการวัสดุแต่ละชนิดผ่านเพิ่มข้อมูลบัญชีรายการวัสดุ

4) ปรับความต้องการวัสดุขั้นต้นให้เป็นความต้องการสุทธิ (Net Requirements) สำหรับการสั่ง โดยพิจารณาปริมาณวัสดุคงคลังในมือ (Inventory on Hand) และวัสดุระหว่างสั่ง (Materials on Order) ในแต่ละช่วงเวลา ทั้งนี้การเรียกใช้ข้อมูลผ่านเพิ่มข้อมูลสถานะวัสดุคงคลังเพื่อหาความต้องการสุทธิของวัสดุแต่ละชนิดตามช่วงเวลาต่างๆ สามารถคำนวณได้ดังสมการ (30)

$$\begin{aligned} \text{วัสดุคงคลังพร้อมใช้} &= \text{วัสดุคงคลังในมือ} + \text{วัสดุระหว่างสั่ง} - \text{สต็อกปลอดภัย} \\ &\quad - \text{วัสดุคงคลังที่ต้องจัดสรรจากการจองใช้} \end{aligned} \quad (29)$$

$$\text{ความต้องการสุทธิ} = \text{ความต้องการขั้นต้น} - \text{วัสดุคงคลังพร้อมใช้} \quad (30)$$

ถ้าความต้องการสุทธิที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าศูนย์ ต้องมีการออกไปส่งวัสดุรายการนั้น แต่ถ้าผลการคำนวณมีค่าน้อยกว่าศูนย์ แสดงว่ามีจำนวนวัสดุเพียงพอกับช่วงเวลาที่มีความต้องการ และวัสดุคงเหลือในช่วงเวลานั้นจะถูกยกไปเป็นวัสดุคงคลังในมือสำหรับช่วงเวลาถัดไป

5) เมื่อมีความจำเป็นต้องทำการสั่ง ใบสั่งจะถูกส่งล่วงหน้าตามช่วงเวลานำที่กำหนด ซึ่งอาจเป็นช่วงเวลานำของการผลิตหรือช่วงเวลานำของผู้ส่งมอบ

ภาพที่ 13 แสดงตัวอย่างการประมวลผลวัสดุ X ของโปรแกรมระบบ MRP ซึ่งมีความต้องการขั้นต้นในสัปดาห์ที่ 3 เท่ากับ 250 หน่วย และสัปดาห์ที่ 5 เท่ากับ 300 หน่วย ในขณะที่เริ่มต้นการประมวลผลโปรแกรมระบบ MRP ได้ตรวจสอบข้อมูลสถานะสินค้าคงคลังของวัสดุ X พบว่า มีวัสดุคงคลังในมืออยู่ 150 หน่วย มีการจองใช้วัสดุ X เพื่องานอื่นๆ 40 หน่วย ซึ่งจำนวนนี้ต้องถูกจัดสรรไว้ และมีวัสดุ X ที่อยู่ระหว่างสั่งจำนวน 50 หน่วย ซึ่งจะมาส่งในสัปดาห์ที่ 2 สำหรับข้อมูลที่เป็นปัจจัยด้านการวางแผนวัสดุ X บรรจุอยู่ในส่วนรายการข้อมูลหลักของแฟ้มข้อมูลประกอบด้วย สต็อกปลอดภัยซึ่งกำหนดไว้เท่ากับ 50 หน่วย ขนาดรุ่นการสั่งเป็นแบบรุ่นต่อรุ่น (Lot-for-Lot: LFL) และช่วงเวลานำเท่ากับ 1 สัปดาห์

หมายเลขชิ้นส่วน:	ช่วงเวลานำ:	สต็อกปลอดภัย:			ขนาดรุ่นการสั่ง:		
X	1 สัปดาห์	50 หน่วย			รุ่นต่อรุ่น		
วัสดุคงคลังในมือ: 150 หน่วย		การจัดสรร: 40					
รายการ		สัปดาห์					
		1	2	3	4	5	6
ความต้องการขั้นต้น				250		300	
กำหนดการรับของ			50				
วัสดุคงคลังพร้อมใช้		60	110	110	0	0	0
ความต้องการสุทธิ				140		300	
แผนการออกไปสั่ง			140		300		

ภาพที่ 13 ตัวอย่างการประมวลผลของโปรแกรม MRP

ที่มา: พิกพ (2549)

เมื่อทราบความต้องการขั้นต้นแล้ว ในสัปดาห์แรกโปรแกรมระบบ MRP จะเข้าสู่แฟ้มข้อมูลสถานะวัสดุคงคลังเพื่อประมวลผลวัสดุคงคลังพร้อมใช้ (Available Inventory) จากสมการที่ (29) ซึ่งได้เท่ากับ 60 หน่วย และในสัปดาห์ที่ 2 จะเพิ่มขึ้นเป็น 110 หน่วย เนื่องจากคาดว่าจะได้รับวัสดุ X ที่สั่งไปจำนวน 50 หน่วย และในสัปดาห์ที่ 3 วัสดุคงคลังพร้อมใช้จะถูกนำไป

ตอบสนองความต้องการขั้นต้นซึ่งมีความต้องการ 250 หน่วย พบว่าไม่เพียงพอจึงต้องจัดหาเพิ่มเติมอีก 140 หน่วย ปริมาณนี้คำนวณได้จากสมการที่ (30) และถูกเรียกว่าความต้องการสุทธิ (Net Requirements) หลังจากนั้นโปรแกรมจะดำเนินการวางแผนการสั่งเพื่อชดเชยส่วนที่ขาดไป โดยออกไปส่งล่วงหน้าวันที่ต้องการใช้วัสดุสุทธิเป็นเวลาเท่ากับช่วงเวลานำที่กำหนด ซึ่งในที่นี้คือ 1 สัปดาห์ และกำหนดขนาดรุ่นการสั่งเป็นแบบ LFL นั่นคือสั่งเท่ากับจำนวนที่ต้องการ ดังนั้นโปรแกรม MRP จะทำการออกไปส่งวัสดุ X ในสัปดาห์ที่ 2 จำนวน 140 หน่วย เพื่อชดเชยความต้องการที่ขาดไปในสัปดาห์ที่ 3

จากนั้นโปรแกรมจะดำเนินการต่อไปโดยตรวจสอบสถานะคงคลังของวัสดุ X หลังสัปดาห์ที่ 3 ซึ่งได้ผลลัพธ์ว่า สัปดาห์ที่ 4 และ 5 วัสดุคงคลังพร้อมใช้มีค่าเท่ากับ 0 แต่ในสัปดาห์ที่ 5 มีความต้องการใช้วัสดุ X จำนวน 300 หน่วย จึงต้องมีการจัดหาและมีการสั่งเพื่อชดเชยความต้องการในสัปดาห์ที่ 5 อีกจำนวน 300 หน่วย และหลังจากสัปดาห์ที่ 5 โปรแกรมจะคาดการณ์ให้ทราบถึงสถานะวัสดุคงคลังในช่วงเวลาถัดไป

สังเกตว่าการสั่งด้วยขนาดรุ่นการสั่งแบบรุ่นต่อรุ่น ทำให้แนวโน้มของสถานะวัสดุคงคลังเข้าใกล้ศูนย์ จึงเป็นเหตุผลที่ระบบ MRP พยายามผลักดันให้มีการสั่งแบบรุ่นต่อรุ่น ทั้งนี้เพื่อต้องการลดการถือครองวัสดุคงคลังนั่นเอง

ก. ผลลัพธ์จากระบบ MRP (Output) แสดงออกมาในรูปแบบของรายงานต่างๆ ที่เป็นตารางกำหนดการสำหรับจัดหาวัสดุแต่ละชนิดในอนาคต เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของ MPS ในแต่ละช่วงเวลาซึ่งมักมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นตลอดเวลา รายงานดังกล่าวแบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกคือรายงานขั้นที่ 1 เป็นรายงานหลักและเป็นรายงานตามปกติที่ใช้ในการควบคุมการผลิต และวัสดุคงคลัง ได้แก่ แผนการสั่งซื้อหรือสั่งผลิต (Planned Order) ไปสั่งซื้อหรือสั่งผลิต การเปลี่ยนแปลงแผนการสั่ง และข้อมูลสถานะคงคลัง เป็นต้น กลุ่มสองคือรายงานขั้นที่ 2 เป็นรายงานที่ทำขึ้นพิเศษ ไม่ได้เป็นรายงานประจำ มักทำขึ้นเมื่อต้องการแก้ไขปัญหา หรือเป็นความต้องการของผู้บริหารเพื่อใช้ในการตัดสินใจแก้ปัญหาหรือปรับปรุงงาน ได้แก่ รายงานผลการดำเนินงานเพื่อการควบคุม รายงานเพื่อการวางแผน และรายงานปัญหาพิเศษ เป็นต้น

การกำหนดขนาดร่นการสั่งในระบบ MRP (Tersine, 1994: 178-195) สามารถแบ่งวิธีการได้ 7 รูปแบบ ดังนี้

1. การสั่งแบบร่นต่อร่น (Lot-for-Lot: LFL)
2. การสั่งแบบประหยัด (EOQ)
3. การสั่งตามจำนวนช่วงเวลา (Periodic Order Quantity)
4. การสั่งด้วยขั้นตอนวิธี Wagner-Whitin (Wagner-Whitin Algorithm)
5. การสั่งด้วยขั้นตอนวิธี Silver-Meal (Silver-Meal Heuristic)
6. การสั่งแบบต้นทุนต่อหน่วยน้อยสุด (Least Unit Cost: LUC)
7. การสั่งแบบต้นทุนรวมน้อยสุด (Least Total Cost: LTC หรือ Part-Period Algorithm: PPA)

ในงานวิจัยนี้ใช้ขนาดร่นการสั่งแบบร่นต่อร่น ซึ่งเป็นวิธีการสั่งที่ง่ายและนิยมใช้กันโดยทั่วไปมากที่สุด มีลักษณะการใช้งานคือ วางแผนการสั่งเท่ากับความต้องการสุทธิจริง สั่งตามสิ่งที่ต้องการจริงในแต่ละสัปดาห์โดยไม่มีการถือครองไปในอนาคต ต้นทุนในการถือครองต่ำสุด และไม่สนใจค่าใช้จ่ายในการเตรียมการผลิตและข้อจำกัดด้านกำลังการผลิต

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Cardenas-Barron (2001) นำเสนอการใช้วิธีทางพีชคณิต (Algebraic Approach) ในการแก้ปัญหาการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปชนิดเดียวที่มีสินค้าค้างส่งเต็มจำนวน (Full Backordering) แทนวิธีการที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปคือ การหาอนุพันธ์ลำดับหนึ่งเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด และหาอนุพันธ์ลำดับสองเพื่อพิสูจน์ว่าคำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่ดีที่สุด โดยผลที่ได้จากงานวิจัยนี้เป็นสมการสำหรับหาปริมาณการผลิตที่ดีที่สุดและหาค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด ซึ่งมีรูปแบบเหมือนสมการคำตอบ

ที่ได้จากวิธีการหาอนุพันธ์ ผู้วิจัยกล่าวว่าวิธีการที่นำเสนอมีความเข้าใจง่ายและเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจวิธีการควบคุมสินค้าคงคลังซึ่งอาจไม่ได้มีความรู้ทางแคลคูลัส

Pentico *et al.* (2009) ได้ทำการศึกษาปัญหาการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปชนิดเดียวที่มีความต้องการคงที่ และมีสินค้าค้างส่งบางจำนวน (Partial Backordering) โดยค่าสัดส่วนสินค้าค้างส่งจากปริมาณสินค้าขาดมือทั้งหมด (Backordering Rate) มีค่าคงที่ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อหาปริมาณการสั่งผลิตที่ดีที่สุด โดยมีตัวแปรตัดสินใจ 2 ตัว คือ รอบเวลาในการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูป และสัดส่วนความต้องการสินค้าสำเร็จรูปที่ได้รับการเติมเต็มทันที (Fill Rate) ทั้งนี้ได้กำหนดให้นโยบายการตอบสนองความต้องการเป็นแบบเข้าก่อนออกก่อน (First in First out: FIFO) ผู้วิจัยได้เขียนตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่แสดงถึงผลกำไรที่เกิดจากรายได้จากการขายสินค้าคงคลังและสินค้าค้างส่ง หักออกด้วยต้นทุนต่อหน่วยของสินค้า ค่าใช้จ่ายในการสั่งผลิต ค่าถือครองสินค้า ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากสินค้าค้างส่ง และค่าใช้จ่ายจากการไม่ได้ขายสินค้า จากนั้นจัดรูปแบบสมการใหม่พบว่ากำไรที่มากที่สุดเกิดจากตัวแปรตัดสินใจที่ทำให้ค่าใช้จ่ายมีค่าต่ำสุด จึงนำเสนอสมการที่ค่าใช้จ่ายมาหาอนุพันธ์เพื่อหาค่าตัวแปรตัดสินใจที่ดีที่สุดทั้ง 2 ตัวแปร และได้นำเสนอสมการที่ใช้ในการหาค่าวิกฤตของสัดส่วนสินค้าค้างส่งซึ่งใช้ในการแบ่งวิธีการตัดสินใจเลือกนโยบายการควบคุมสินค้าคงคลังเป็น 2 กรณีดังนี้ กรณีแรกเกิดเมื่อสัดส่วนสินค้าค้างส่งมีค่าต่ำกว่าค่าวิกฤต ให้คำนวณหาค่าใช้จ่ายที่เกิดจากนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดที่ไม่ยอมให้เกิดสินค้าขาดมือเปรียบเทียบกับนโยบายการสั่งผลิตที่ยอมเสียยอดขายทั้งหมด โดยเลือกใช้นโยบายการสั่งผลิตที่ให้ค่าใช้จ่ายต่ำกว่า กรณีที่สองเกิดเมื่อสัดส่วนสินค้าค้างส่งมีค่าสูงกว่าค่าวิกฤต ให้ใช้นโยบายการสั่งผลิตสินค้าแบบประหยัดโดยยอมให้มีสินค้าค้างส่งบางจำนวน ผลทางตัวเลขถูกทดสอบเพื่อแสดงให้เห็นถึงความง่ายในการนำไปใช้งานและวิธีการหาค่าตัวแปรที่สนใจอื่นๆ ได้แก่ ปริมาณสินค้าคงคลังสูงสุดในระบบ ปริมาณสินค้าขาดมือสูงสุด ปริมาณสินค้าค้างส่งสูงสุด ปริมาณการสั่งผลิตที่ดีที่สุด และค่าใช้จ่ายต่อปีที่ต่ำที่สุด

Zhang (2009) ได้เพิ่มสมการที่ใช้ในการหาค่าวิกฤตของสัดส่วนสินค้าค้างส่งจากเดิมที่ถูกนำเสนอไว้ในงานวิจัยของ Pentico *et al.* (2009) เนื่องจากพบว่านโยบายการควบคุมสินค้าคงคลังที่เลือกมาจากการใช้ค่าวิกฤตเดิมนั้นไม่ได้ให้ค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดในทุกกรณี ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีค่าวิกฤต 2 ค่า และให้เลือกใช้งานค่าวิกฤตที่มีค่ามากกว่า โดยใช้วิธีในการตัดสินใจเลือกใช้นโยบายการควบคุมสินค้าคงคลังตามเดิม

Pentico *et al.* (2011) ได้ทำการศึกษาปัญหาการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปชนิดเดียวที่มีความต้องการคงที่ และมีสินค้าค้างส่งบางจำนวน โดยสัดส่วนของสินค้าค้างส่งมีค่าเพิ่มขึ้นหลังเริ่มการผลิตรอบถัดไป ตัวแปรตัดสินใจและวิธีการแก้ปัญหาที่นำมาใช้เหมือนกับงานวิจัยของ Pentico *et al.* (2009) แตกต่างกันที่สมการวัตถุประสงค์มีการเพิ่มตัวแปรใหม่คือ ปริมาณยอดขายที่เสียไปต่อปี (Lost Sales per Year) ทั้งนี้ได้กล่าวถึงงานวิจัยของ Zhang (2009) โดยเสนอว่าสมการที่ใช้ในการหาค่าวิกฤตของสัดส่วนสินค้าค้างส่งในงานวิจัย Pentico *et al.* (2009) ยังคงเหมือนเดิม และใช้วิธีคิดเดิมในการพัฒนาสมการสำหรับหาค่าวิกฤตของสัดส่วนสินค้าค้างส่งในงานวิจัยนี้ เพียงแต่เปลี่ยนวิธีการเลือกใช้นโยบายการสั่งผลิตสินค้าทั้งในงานวิจัยเรื่องเก่า (Pentico *et al.*, 2009) และงานวิจัยนี้ ดังนี้ กรณีแรกเกิดเมื่อสัดส่วนสินค้าค้างส่งมีค่าต่ำกว่าค่าวิกฤต ให้คำนวณหาค่าใช้จ่ายที่เกิดจากนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดที่ไม่ยอมให้เกิดสินค้าขาดมือ เปรียบเทียบกับนโยบายการสั่งผลิตที่ยอมเสียยอดขายทั้งหมด กรณีที่สองเกิดเมื่อสัดส่วนสินค้าค้างส่งมีค่าสูงกว่าค่าวิกฤต ให้คำนวณหาค่าใช้จ่ายที่เกิดจากนโยบายการสั่งผลิตสินค้าแบบประหยัดโดยยอมให้มีสินค้าค้างส่งบางจำนวน เปรียบเทียบกับนโยบายการสั่งผลิตที่ยอมเสียยอดขายทั้งหมด โดยทั้ง 2 กรณีให้เลือกใช้นโยบายการสั่งผลิตที่ให้ค่าใช้จ่ายต่ำกว่า

Hsieh and Dye (2012) ได้ใช้ทฤษฎีอสมการค่าเฉลี่ยเลขคณิต-ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Arithmetic-Geometric Mean Inequality) ในการแก้ปัญหา เรื่องเดียวกันกับ Pentico *et al.* (2011) รวมถึงกำหนดตัวแปรตัดสินใจและสมมติฐานเหมือนกันด้วย เพียงแต่งานวิจัยนี้ไม่ต้องใช้วิธีหาอนุพันธ์ในการแก้ปัญหา และไม่ต้องเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เกิดจากนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดที่แตกต่างกัน 3 แบบ คือ ไม่ยอมให้เกิดสินค้าขาดมือ ยอมเสียยอดขายทั้งหมด หรือยอมให้มีสินค้าค้างส่งบางจำนวน แล้วเลือกนโยบายที่ให้ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด โดยวิธีที่ผู้วิจัยนำเสนอสามารถกำหนดนโยบายการสั่งผลิตที่เหมาะสมที่สุดได้ทันทีเพียงหาค่าวิกฤต 2 ค่าจากสมการที่ถูกพัฒนาขึ้น

Drake *et al.* (2011) ศึกษาการวางแผนการผลิตสินค้าสำเร็จรูปชนิดเดียวที่มีสัดส่วนสินค้าค้างส่งคงที่ โดยคำนึงถึงผลกระทบจากปริมาณสะสมของชิ้นส่วนประกอบในระบบก่อนที่จะถูกเปลี่ยนเป็นสินค้าสำเร็จรูป ตัวแปรตัดสินใจมี 3 ตัวแปร ได้แก่ รอบเวลาในการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูป สัดส่วนความต้องการสินค้าสำเร็จรูปที่ได้รับการเติมเต็มทันที (Fill rate) และความถี่ในการสั่งผลิตชิ้นส่วนประกอบแต่ละชนิดในช่วงเวลาการผลิตสินค้าสำเร็จรูป 1 รอบ เนื่องจากผู้วิจัยกำหนดให้นโยบายการตอบสนองความต้องการเป็นแบบเข้าก่อนออกก่อน (First in First out: FIFO) จึงใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของ Pentico *et al.* (2009) สำหรับการคำนวณค่าใช้จ่ายในส่วน

สินค้าสำเร็จรูป และพัฒนาตัวแบบต่อไปโดยเพิ่มค่าใช้จ่ายในส่วนของการสั่งผลิตและค่าถือครอง
 ขึ้นส่วนประกอบเข้าไปในตัวแบบ ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการหาอนุพันธ์เพื่อกำหนดค่าของตัวแปรตัดสินใจ
 ที่ดีที่สุด จากนั้นใช้วิธี Heuristic Integerization Procedure พัฒนาโดย Banerjee *et al.* (1990)
 สำหรับหาค่าความถี่ในการสั่งผลิตขึ้นส่วนประกอบแต่ละชนิดในช่วงเวลาการผลิตสินค้าสำเร็จรูป
 1 รอบที่มีคำตอบเป็นเลขจำนวนเต็มด้วยเหตุผลสองประการคือ ประการแรกเพื่อความสะดวกและความ
 สมเหตุสมผลในการสั่งผลิตขึ้นส่วนประกอบ และประการที่สองเพื่อให้ตัวแบบสมการค่าใช้จ่าย
 สินค้าคงคลังของระบบมีรูปแบบที่ง่ายและไม่ซับซ้อน เนื่องจากหากความถี่ในการสั่งผลิตขึ้นส่วน
 ประกอบแต่ละชนิดในช่วงเวลาการผลิตสินค้าสำเร็จรูป 1 รอบไม่ใช่เลขจำนวนเต็ม และสั่งผลิต
 ขึ้นส่วนประกอบด้วยปริมาณที่เท่ากันทุกรอบ จะทำให้มีปริมาณขึ้นส่วนประกอบถูกจัดเก็บในคง
 คลังค้างไปจนถึงการผลิตสินค้าสำเร็จรูปรอบต่อไป ผู้วิจัยได้ทดสอบผลทางตัวเลขจำนวน 96
 ตัวอย่าง พบว่าค่าใช้จ่ายสินค้าคงคลังของระบบทั้ง 96 ตัวอย่าง เมื่อค่าความถี่ในการสั่งผลิตขึ้นส่วน
 ประกอบแต่ละชนิดเป็นเลขจำนวนเต็ม มีค่าสูงกว่าค่าใช้จ่ายสินค้าคงคลังของระบบที่ดีที่สุด (เมื่อ
 ค่าความถี่ในการสั่งผลิตขึ้นส่วนประกอบแต่ละชนิดไม่ใช่เลขจำนวนเต็ม) เพียงเล็กน้อยเท่านั้น คือ
 ไม่เกิน 0.005%

Salameh and Jaber (2000) ได้ศึกษาปัญหาการสั่งซื้อ/สั่งผลิตแบบประหยัดกรณีสินค้าบาง
 จำนวนเกิดเป็นของเสีย โดยกำหนดให้สัดส่วนของเสียเกิดขึ้นด้วยฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น
 เป็น และของเสียที่เกิดขึ้นจัดเป็นสินค้าคุณภาพต่ำซึ่งจะถูกรวบรวมเป็นกลุ่มและรอขายพร้อมกันใน
 ราคาต่ำกว่าสินค้าคุณภาพดี โดยถูกขายออกจากคลังทันทีที่ตรวจสอบคุณภาพครบทุกชิ้น และก่อน
 สินค้ารอบถัดไปจะมาถึง ผู้วิจัยได้พัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่แสดงถึงผลกำไรซึ่งเกิดจาก
 รายได้จากการขายสินค้าคุณภาพดีและคุณภาพต่ำ หักลบด้วยค่าใช้จ่ายต่างๆ ได้แก่ ต้นทุนสินค้า
 ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ/สั่งผลิต ค่าถือครองสินค้า และค่าตรวจสอบสินค้า จากนั้นทำการหาอนุพันธ์
 เพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อ/สั่งผลิตที่ทำให้ได้กำไรมากที่สุด ผลทางตัวเลขที่ได้จากงานวิจัยถูก
 เปรียบเทียบกับนโยบายการสั่งซื้อ/สั่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิมพบว่า ทั้งผลกำไรและปริมาณการ
 สั่งซื้อ/สั่งผลิตที่ดีที่สุดจากงานวิจัยนี้มีค่ามากกว่าผลกำไรและปริมาณการสั่งซื้อ/สั่งผลิตที่ดีที่สุด
 แบบประหยัดดั้งเดิม นอกจากนี้ถ้าสัดส่วนของเสียมีค่ามากขึ้น จะทำให้ปริมาณการสั่งซื้อ/สั่งผลิตที่
 ดีที่สุดเพิ่มมากขึ้นด้วย ซึ่งตรงกันข้ามกับงานวิจัยของ Rosenblatt and Lee (1986) ที่พบว่าถ้าสัดส่วน
 ของเสียมีค่ามากขึ้น จะทำให้ปริมาณการสั่งซื้อ/สั่งผลิตที่ดีที่สุดลดน้อยลง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก
 Rosenblatt and Lee (1986) กำหนดให้ของเสียที่เกิดขึ้นถูกนำไปทำใหม่เพื่อให้เป็นของดีในทันที
 และถูกจัดเก็บไว้ในคลังสินค้า ทำให้ค่าถือครองสินค้ามีค่าสูงกว่าตัวแบบในงานวิจัยนี้

Hou (2007) ได้นำเสนอตัวแบบการสั่งผลิตสินค้าอย่างประหยัดกรณีมีของเสียเกิดขึ้นในการผลิต โดยมีทางเลือกในการใช้งบประมาณเงินทุน 2 แบบคือ การลงทุนเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการสั่งผลิต และการลงทุนเพื่อปรับปรุงคุณภาพการผลิต ผู้วิจัยได้พัฒนาตัวแบบสำหรับหาค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดซึ่งประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการสั่งผลิต ค่าใช้จ่ายในการแก้ไขชิ้นงาน (Rework Cost) และค่าถือครองสินค้า โดยค่าใช้จ่ายเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับงบประมาณการลงทุนในสองทางเลือกข้างต้นในรูปแบบของสมการลอการิทึม (Logarithm Equation) วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อหาปริมาณการสั่งผลิตที่ดีที่สุด และจำนวนเงินลงทุนที่เหมาะสมในการลดค่าใช้จ่ายการสั่งผลิต และการปรับปรุงคุณภาพการผลิต ในงานวิจัยแสดงให้เห็นว่า การลงทุนเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการสั่งผลิต จะทำให้รอบเวลาและปริมาณการสั่งผลิตที่ดีที่สุดมีค่าลดลง ในขณะที่การลงทุนเพื่อปรับปรุงคุณภาพการผลิตจะทำให้รอบเวลาและปริมาณการสั่งผลิตที่ดีที่สุดมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงต้องวิเคราะห์ข้อดี/ข้อเสีย และหาปริมาณการจัดสรรเงินทุนที่เหมาะสมที่สุดออกมาในรูปแบบของรอบเวลาในการสั่งผลิตที่ดีที่สุด ผลจากการทดสอบตัวอย่างทางตัวเลขพบว่าคำตอบที่ได้จากงานวิจัยนี้ให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตที่ต่ำกว่านโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิม

Chiu (2008) นำเสนอการใช้วิธีทางพีชคณิตในการแก้ปัญหาค่าสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปชนิดเดียวที่มีสินค้าค้างส่งเต็มจำนวน และมีการเกิดของเสียด้วยอัตราไม่คงที่ ซึ่งของเสียทั้งหมดถูกนำมาทำใหม่ทันทีหลังการผลิตสินค้ารอบปกติเสร็จสิ้นลง และในการทำซ้ำจะมีของเสียที่ไม่สามารถแก้ไขได้เกิดขึ้นด้วยอัตราไม่คงที่ โดยผลที่ได้จากงานวิจัยนี้เป็นสมการสำหรับหาปริมาณการสั่งผลิตและปริมาณสินค้าค้างส่งที่ดีที่สุด ที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการควบคุมสินค้าคงคลังต่ำที่สุด ผู้วิจัยกล่าวว่าวิธีการที่นำเสนอมีความเข้าใจง่ายและเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจวิธีการควบคุมสินค้าคงคลังซึ่งอาจไม่ได้มีความรู้ทางแคลคูลัสมากนัก

Taleizadeh *et al.* (2010a) ศึกษากระบวนการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปหลายชนิดบนเครื่องจักรเดียวกันที่ยอมให้มีสินค้าค้างส่งบางจำนวน โดยมีอัตราของเสียเกิดขึ้นด้วยฟังก์ชันความน่าจะเป็นในรูปแบบการแจกแจงต่างๆ และมีข้อจำกัดในด้านระดับการให้บริการ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหารอบเวลาการสั่งผลิตที่เหมาะสม ปริมาณสินค้าขาดมือและปริมาณการสั่งผลิตที่ดีที่สุดที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมในระบบมีค่าน้อยที่สุด ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่แสดงถึงค่าใช้จ่ายรวมในระบบได้ถูกพัฒนาขึ้นซึ่งประกอบด้วยค่าถือครองสินค้า ค่าสั่งผลิตสินค้า ค่าใช้จ่ายจากการเสียยอดขาย ค่าใช้จ่ายจากสินค้าค้างส่ง และต้นทุนของเสียที่เกิดขึ้น จากนั้นใช้วิธีการหาอนุพันธ์เพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด ผู้วิจัยใช้ตัวอย่างทางตัวเลขจำนวน 2 ตัวอย่างที่อัตราของเสียมีการแจกแจงแบบ

ยูนิฟอร์ม (Uniform Distribution) และการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) เพื่อแสดงวิธีการหาคำตอบและได้ใช้ตัวอย่างนี้ในการวิเคราะห์ความไวด้วย

ปัญหาดังกล่าวข้างต้น Taleizadeh *et al.* (2010b) ได้เพิ่มรายละเอียดของปัญหาให้ของเสียทั้งหมดถูกนำมาทำใหม่ โดยมีของเสียที่ไม่สามารถแก้ไขได้เกิดขึ้นด้วยอัตราไม่คงที่ในรูปแบบของการแจกแจงความน่าจะเป็น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหากรอบเวลาการผลิตที่เหมาะสม ปริมาณการผลิตและปริมาณสินค้าค้างส่งที่ดีที่สุดสำหรับสินค้าแต่ละชนิด ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมในระบบมีค่าน้อยที่สุด ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่แสดงถึงค่าใช้จ่ายรวมในระบบได้ถูกพัฒนาขึ้นซึ่งประกอบด้วยค่าถือครองสินค้า ค่าส่งผลิตสินค้า ค่าใช้จ่ายจากการเสียยอดขาย ค่าใช้จ่ายจากสินค้าค้างส่ง ค่าใช้จ่ายในการแก้ไขชิ้นงาน และต้นทุนของเสียที่ไม่สามารถแก้ไขได้ ทั้งนี้วิธีการหาอนุพันธ์ได้ถูกนำมาใช้เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด ผู้วิจัยใช้ตัวอย่างทางตัวเลขจำนวน 2 ตัวอย่าง โดยกำหนดให้อัตราของเสียที่เกิดจากการผลิตรอบปกติและจากการผลิตเพื่อแก้ไขชิ้นงานในตัวอย่างแรกมีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม (Uniform Distribution) และในตัวอย่างที่สองมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) จากนั้นนำตัวอย่างทางตัวเลขมาทำการวิเคราะห์ความไว

ในการศึกษาปัญหาการผลิตสินค้าสำเร็จรูปหลายชนิดจากผู้ส่งมอบ (Supplier) กรณีการเติมเต็มสินค้าแต่ละชนิดเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง และผู้ส่งผลิตมีข้อจำกัดในด้านพื้นที่การจัดเก็บ Pasandideh and Niaki (2008) ได้พัฒนาตัวแบบในรูปแบบของโปรแกรมตัวเลขจำนวนเต็มแบบไม่เป็นเส้นตรง (Non-Linear Integer-Programming Model) และใช้วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) ในการแก้ปัญหา เพื่อกำหนดปริมาณการผลิตที่ดีที่สุด ขนาดที่เหมาะสมของจำนวนที่ถูกนำส่งสำหรับสินค้าแต่ละชนิด และจำนวนครั้งนำส่งที่เหมาะสมในแต่ละรอบการผลิต โดยให้ค่าใช้จ่ายในการควบคุมสินค้าคงคลังต่ำที่สุด

Teng *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษานโยบายการผลิตแบบประหยัด กรณีความต้องการสินค้าและต้นทุนสินค้าต่อหน่วยไม่คงที่ขึ้นกับเวลา มีตัวแปรตัดสินใจ 3 ตัวแปรคือ จำนวนครั้งในการผลิตสินค้า เวลาที่สินค้าชิ้นแรกเริ่มผลิตในแต่ละรอบ และเวลาที่สินค้าชิ้นสุดท้ายผลิตเสร็จในแต่ละรอบ ตัวแบบสมการค่าใช้จ่ายถูกพัฒนาขึ้นซึ่งประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการผลิต, ค่าถือครองสินค้า และต้นทุนของสินค้า ผู้วิจัยเริ่มแก้ปัญหาโดยกำหนดให้จำนวนครั้งในการผลิตสินค้าเป็นค่าคงที่ใดๆ จากนั้นเขียนสมการค่าใช้จ่ายวัตถุประสงค์ในรูปแบบของสมการลากรางจ์ (Lagrange Equation) และทำการหาอนุพันธ์เทียบกับตัวแปร 3 ตัว ได้แก่ เวลาที่สินค้าชิ้นแรกเริ่มผลิตในแต่ละรอบ, เวลาที่สินค้าชิ้นสุดท้ายผลิตเสร็จในแต่ละรอบ และตัวคูณลากรางจ์ (Lagrange

Multiplier) ผู้วิจัยได้ทดสอบตัวอย่างทางตัวเลข พบว่าคำตอบที่ได้จากตัวแบบในงานวิจัยนี้ให้ค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าตัวแบบการสังเคราะห์สินค้าแบบประหยัดดั้งเดิม และกล่าวว่าตัวแบบในงานวิจัยนี้เหมาะสมกับการวางแผนการสังเคราะห์สินค้าประเภทที่เป็นเทคโนโลยีล้ำสมัย (High-Tech Product) ซึ่งมักจะมีวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์สั้น โดยตัวแบบนี้สามารถประยุกต์ใช้ได้ในทุกช่วงเวลาของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Product life cycle)



อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
2. โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel 2007
3. โปรแกรม Solver

วิธีการ

1. ศึกษาทฤษฎีการจัดการสินค้าคงคลังโดยมุ่งเน้นนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัด การวางแผนความต้องการวัสดุ และค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปกรณีระบบมีการผลิตสินค้าชนิดเดียวและหลายชนิด
2. พัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ซึ่งแสดงถึงต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมของระบบ เมื่อมีการพิจารณาค่าใช้จ่ายสินค้าคงคลังทั้งประเภทสินค้าคงคลังสำเร็จรูป และวัตถุดิบชนิดต่างๆ ใช้วิธีการหาอนุพันธ์เพื่อคำนวณจำนวนรอบการผลิตต่อปีที่ดีที่สุด
3. วิเคราะห์ประสิทธิภาพของวิธีการแก้ปัญหาที่นำเสนอโดยเปรียบเทียบกับตัวแบบของนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิม
4. สรุปผลการวิจัย ข้อเสนอแนะ และนำเสนอผลงาน

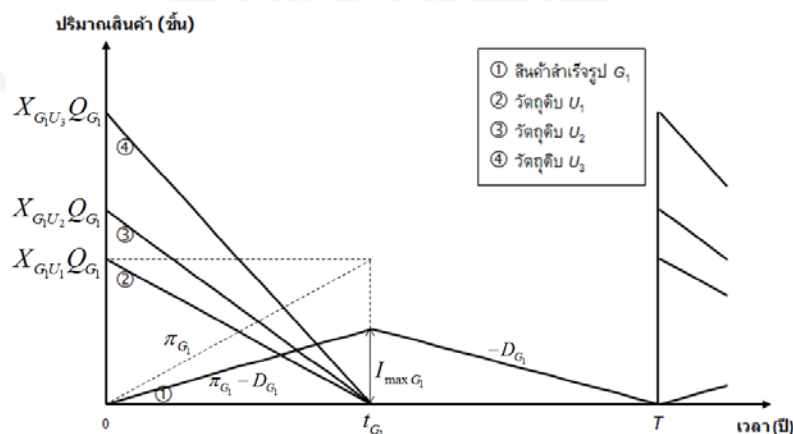
ผลและวิจารณ์

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาปัญหาการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปสำหรับระบบที่มีความต้องการแต่ละชนิดเป็นแบบต่อเนื่อง กรณีพิจารณาค่าใช้จ่ายในการควบคุมสินค้าคงคลังทั้งประเภทสินค้าสำเร็จรูปและวัตถุดิบ โดยรูปแบบของปัญหาการสั่งผลิตสินค้าสามารถแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 นโยบาย คือ นโยบายการสั่งผลิตกรณีระบบการผลิตมีสินค้าประเภทเดียว และนโยบายการสั่งผลิตกรณีระบบการผลิตมีสินค้าหลายประเภท

การพัฒนาตัวแบบสำหรับการแก้ปัญหาในงานวิจัย

กรณีที่ 1 นโยบายการสั่งผลิตกรณีระบบการผลิตมีสินค้าประเภทเดียว

การวิเคราะห์ในส่วนนี้เป็นกรณีที่ระบบมีการผลิตสินค้าประเภทเดียว โดยผลิตภัณฑ์ดังกล่าวสามารถมีจำนวนชนิดของวัตถุดิบได้หลายประเภท ซึ่งมีจุดประสงค์หลักคือ การหาปริมาณสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปและปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบแต่ละประเภทที่เหมาะสมในแต่ละรอบ เพื่อให้ค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดจากการสั่งซื้อวัตถุดิบ การสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูป และการจัดเก็บสินค้าคงคลังทั้ง 2 ประเภทมีค่าต่ำสุด ตัวอย่างของระบบที่มีการผลิตสินค้าสำเร็จรูป 1 ชนิด (G_1) ซึ่งใช้วัตถุดิบ 3 ชนิด (U_1, U_2, U_3) โดยสามารถเขียนโครงสร้างผลิตภัณฑ์ได้เป็น $G_1 = X_{G_1U_1}U_1 + X_{G_1U_2}U_2 + X_{G_1U_3}U_3$ แสดงได้ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 ระดับสินค้าคงคลังของสินค้าสำเร็จรูปและวัตถุดิบ กรณีระบบการผลิตมีสินค้าประเภทเดียว

จากภาพที่ 14 สามารถหารระดับสินค้าคงคลังสูงสุดของสินค้าสำเร็จรูป ($I_{\max G_1}$) ได้จากความสัมพันธ์ของรูปสามเหลี่ยมดังนี้

$$t_{G_1} = \frac{Q_{G_1}}{\pi_{G_1}} = \frac{I_{\max G_1}}{\pi_{G_1} - D_{G_1}} \quad (31)$$

$$I_{\max G_1} = Q_{G_1} \left(1 - \frac{D_{G_1}}{\pi_{G_1}} \right) \quad (32)$$

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายต่อปีในการสั่งผลิตและจัดเก็บสินค้าคงคลังประเภทผลิตภัณฑ์สามารถแสดงได้ดังสมการที่ (33)

$$\begin{aligned} TC_{G_1} &= \frac{S_{G_1} D_{G_1}}{Q_{G_1}} + \frac{H_{G_1} I_{\max G_1}}{2} \\ &= \frac{S_{G_1} D_{G_1}}{Q_{G_1}} + \frac{H_{G_1} Q_{G_1}}{2} \left(1 - \frac{D_{G_1}}{\pi_{G_1}} \right) \end{aligned} \quad (33)$$

ค่าใช้จ่ายในการควบคุมสินค้าคงคลังประเภทวัตถุดิบประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อและถือครอง โดยจำนวนครั้งในการสั่งซื้อวัตถุดิบต่อปีเท่ากับ D_{G_1}/Q_{G_1} และเนื่องจากมีผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวจึงไม่มีวัตถุดิบใช้ร่วมกับผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น ปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบ U_j แต่ละชนิดจึงเท่ากับ $X_{G_1 U_j} Q_{G_1}$ หน่วย ซึ่งในแต่ละรอบวัตถุดิบแต่ละชนิดจะถูกใช้หมดภายในเวลา $t_{G_1} = Q_{G_1}/\pi_{G_1}$ ปี ซึ่งเป็นเวลาที่ใช้ในการผลิตสินค้าแต่ละรอบ ดังนั้นปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ยของวัตถุดิบ U_j เท่ากับพื้นที่รูปสามเหลี่ยมที่มีความสูง $X_{G_1 U_j} Q_{G_1}$ และความยาวฐาน Q_{G_1}/π_{G_1} หารด้วยระยะเวลาต่อรอบ $T = Q_{G_1}/D_{G_1}$ ดังนั้นค่าใช้จ่ายรวมในการควบคุมสินค้าคงคลังประเภทวัตถุดิบทุกชนิดเขียนได้ดังสมการ (34)

$$\begin{aligned} TC_{RM} &= \sum_{j=1}^o \left(\frac{S_{U_j} D_{G_1}}{Q_{G_1}} + \frac{H_{U_j} X_{G_1 U_j} D_{G_1} Q_{G_1}}{2\pi_{G_1}} \right) \\ &= \frac{D_{G_1}}{Q_{G_1}} \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \frac{D_{G_1} Q_{G_1}}{2\pi_{G_1}} \sum_{j=1}^o H_{U_j} X_{G_1 U_j} \end{aligned} \quad (34)$$

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของระบบเป็นผลรวมของค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ สั่งผลิตและถือครองสินค้าสำเร็จรูปและวัตถุดิบ ซึ่งได้จากผลรวมของสมการ (33) และ (34) ดังแสดงในสมการที่ (35)

$$TC(Q_{G_1}) = \frac{S_{G_1} D_{G_1}}{Q_{G_1}} + \frac{H_{G_1} Q_{G_1}}{2} \left(1 - \frac{D_{G_1}}{\pi_{G_1}}\right) + \frac{D_{G_1}}{Q_{G_1}} \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \frac{D_{G_1} Q_{G_1}}{2\pi_{G_1}} \sum_{j=1}^o H_{U_j} X_{G_1 U_j} \quad (35)$$

นำสมการ (35) มาหาอนุพันธ์ลำดับที่หนึ่งเทียบกับตัวแปร Q_{G_1} และให้สมการมีค่าเท่ากับ 0 แสดงในสมการที่ (36) เพื่อหาปริมาณการผลิตที่ดีที่สุด ($Q_{G_1}^*$) ดังสมการที่ (40)

$$\frac{dTC(Q_{G_1})}{dQ_{G_1}} = \frac{H_{G_1}}{2} \left(1 - \frac{D_{G_1}}{\pi_{G_1}}\right) - \frac{S_{G_1} D_{G_1}}{Q_{G_1}^2} + \frac{D_{G_1}}{2\pi_{G_1}} \sum_{j=1}^o H_{U_j} X_{G_1 U_j} - \frac{D_{G_1}}{Q_{G_1}^2} \sum_{j=1}^o S_{U_j} = 0 \quad (36)$$

$$\frac{H_{G_1}}{2} \left(1 - \frac{D_{G_1}}{\pi_{G_1}}\right) + \frac{D_{G_1}}{2\pi_{G_1}} \sum_{j=1}^o H_{U_j} X_{G_1 U_j} = \frac{S_{G_1} D_{G_1}}{Q_{G_1}^2} + \frac{D_{G_1}}{Q_{G_1}^2} \sum_{j=1}^o S_{U_j} \quad (37)$$

$$Q_{G_1}^2 = \frac{\left(S_{G_1} D_{G_1} + D_{G_1} \sum_{j=1}^o S_{U_j}\right) (2\pi_{G_1})}{H_{G_1} (\pi_{G_1} - D_{G_1}) + D_{G_1} \sum_{j=1}^o H_{U_j} X_{G_1 U_j}} \quad (38)$$

$$Q_{G_1}^2 = \frac{2\pi_{G_1} D_{G_1} \left(S_{G_1} + \sum_{j=1}^o S_{U_j}\right)}{H_{G_1} (\pi_{G_1} - D_{G_1}) + D_{G_1} \sum_{j=1}^o H_{U_j} X_{G_1 U_j}} \quad (39)$$

$$Q_{G_1}^* = \sqrt{\frac{2\pi_{G_1} D_{G_1} \left(S_{G_1} + \sum_{j=1}^o S_{U_j}\right)}{H_{G_1} (\pi_{G_1} - D_{G_1}) + D_{G_1} \sum_{j=1}^o H_{U_j} X_{G_1 U_j}}} \quad (40)$$

ปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบแต่ละชนิดสามารถคิดได้จากสมการที่ (41)

$$Q_{U_j} = X_{G_1 U_j} Q_{G_1} \quad (41)$$

จำนวนรอบการผลิตที่เหมาะสมต่อปี (m^*) และรอบเวลาการผลิต (T) คำนวณได้จากสมการ (42)

$$m^* = \frac{1}{T} = \frac{D_{G_1}}{Q_{G_1}^*} \quad (42)$$

สมการที่ (43) แสดงการหาอนุพันธ์ลำดับที่สองของสมการ (35) ซึ่งพบว่ามีค่าเป็นบวกเสมอ

$$\frac{d^2 TC(Q_{G_1})}{dQ_{G_1}^2} = \frac{S_{G_1} D_{G_1}}{Q_{G_1}^3} + \frac{D_{G_1}}{Q_{G_1}^3} \sum_{j=1}^o S_{U_j} > 0 \quad (43)$$

ดังนั้น $Q_{G_1}^*$ ที่ได้จากสมการ (40) จึงเป็นคำตอบที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมของระบบมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งสามารถคำนวณได้จากการแทนค่า $Q_{G_1}^*$ ลงในสมการที่ (35) และจัดรูปสมการใหม่ดังนี้

$$TC(Q_{G_1}^*) = \frac{S_{G_1} D_{G_1}}{Q_{G_1}^*} + \frac{H_{G_1} Q_{G_1}^*}{2} \left(1 - \frac{D_{G_1}}{\pi_{G_1}} \right) + \frac{D_{G_1}}{Q_{G_1}^*} \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \frac{D_{G_1} Q_{G_1}^*}{2\pi_{G_1}} \sum_{j=1}^o H_{U_j} X_{G_1 U_j} \quad (44)$$

$$= \frac{S_{G_1} D_{G_1} + D_{G_1} \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \left(\frac{H_{G_1} (\pi_{G_1} - D_{G_1}) + D_{G_1} \sum_{j=1}^o H_{U_j} X_{G_1 U_j}}{2\pi_{G_1}} \right) (Q_{G_1}^*)^2}{Q_{G_1}^*} \quad (45)$$

แทนค่า $Q_{G_1}^*$ จากสมการ (40) ลงในสมการที่ (45)

$$= \frac{S_{G_1} D_{G_1} + D_{G_1} \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \left(\frac{H_{G_1} (\pi_{G_1} - D_{G_1}) + D_{G_1} \sum_{j=1}^o H_{U_j} X_{G_1 U_j}}{2\pi_{G_1}} \right) \left(\frac{2\pi_{G_1} D_{G_1} \left(S_{G_1} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} \right)}{H_{G_1} (\pi_{G_1} - D_{G_1}) + D_{G_1} \sum_{j=1}^o H_{U_j} X_{G_1 U_j}} \right)}{\sqrt{\frac{2\pi_{G_1} D_{G_1} \left(S_{G_1} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} \right)}{H_{G_1} (\pi_{G_1} - D_{G_1}) + D_{G_1} \sum_{j=1}^o H_{U_j} X_{G_1 U_j}}}} \quad (46)$$

$$= \left(\left(S_{G_1} D_{G_1} + D_{G_1} \sum_{j=1}^o S_{U_j} \right) + D_{G_1} \left(S_{G_1} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} \right) \right) \sqrt{\frac{H_{G_1} (\pi_{G_1} - D_{G_1}) + D_{G_1} \sum_{j=1}^o H_{U_j} X_{G_1 U_j}}{2\pi_{G_1} D_{G_1} \left(S_{G_1} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} \right)}} \quad (47)$$

$$= 2 \left(S_{G_1} D_{G_1} + D_{G_1} \sum_{j=1}^o S_{U_j} \right) \sqrt{\frac{H_{G_1} (\pi_{G_1} - D_{G_1}) + D_{G_1} \sum_{j=1}^o H_{U_j} X_{G_1 U_j}}{2\pi_{G_1} D_{G_1} \left(S_{G_1} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} \right)}} \quad (48)$$

$$= \sqrt{\frac{2^2 \left(S_{G_1} D_{G_1} + D_{G_1} \sum_{j=1}^o S_{U_j} \right)^2 \left(H_{G_1} (\pi_{G_1} - D_{G_1}) + D_{G_1} \sum_{j=1}^o H_{U_j} X_{G_1 U_j} \right)}{2 \pi_{G_1} D_{G_1} \left(S_{G_1} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} \right)}} \quad (49)$$

$$= \sqrt{\frac{2 \left(S_{G_1} D_{G_1} + D_{G_1} \sum_{j=1}^o S_{U_j} \right) \left(H_{G_1} (\pi_{G_1} - D_{G_1}) + D_{G_1} \sum_{j=1}^o H_{U_j} X_{G_1 U_j} \right)}{\pi_{G_1}}} \quad (50)$$

$$= \sqrt{\frac{2 \pi_{G_1} D_{G_1} \left(S_{G_1} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} \right) \left(H_{G_1} (\pi_{G_1} - D_{G_1}) + D_{G_1} \sum_{j=1}^o H_{U_j} X_{G_1 U_j} \right)^2}{\left(H_{G_1} (\pi_{G_1} - D_{G_1}) + D_{G_1} \sum_{j=1}^o H_{U_j} X_{G_1 U_j} \right) \pi_{G_1}^2}} \quad (51)$$

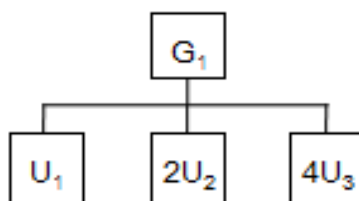
$$= \sqrt{\frac{2 \pi_{G_1} D_{G_1} \left(S_{G_1} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} \right)}{\left(H_{G_1} (\pi_{G_1} - D_{G_1}) + D_{G_1} \sum_{j=1}^o H_{U_j} X_{G_1 U_j} \right)} \left(\frac{H_{G_1} (\pi_{G_1} - D_{G_1}) + D_{G_1} \sum_{j=1}^o H_{U_j} X_{G_1 U_j}}{\pi_{G_1}} \right)} \quad (52)$$

$$TC(Q_{G_1}^*) = Q_{G_1}^* \left(H_{G_1} \left(1 - \frac{D_{G_1}}{\pi_{G_1}} \right) + \frac{D_{G_1}}{\pi_{G_1}} \sum_{j=1}^o H_{U_j} X_{G_1 U_j} \right) \quad (53)$$

จากสมการ (53) พบว่าคำตอบที่ได้จากการคำนวณเป็นค่าใช้จ่ายรวมของระบบที่มีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ/ส่งผลิตเท่ากับค่าใช้จ่ายในการถือครองสินค้าซึ่งเป็นคุณสมบัติที่พบได้ในนโยบายการสั่งซื้อแบบประหยัด

1. ตัวอย่างการคำนวณเชิงตัวเลขของปัญหาในกรณีที่ 1

กำหนดให้ระบบมีการผลิตสินค้าสำเร็จรูป G_1 โดยใช้วัตถุดิบ 3 ชนิด U_1 , U_2 , และ U_3 ซึ่งมีสัญลักษณ์แสดงโครงสร้างผลิตภัณฑ์เป็น $G_1 = U_1 + 2U_2 + 4U_3$ ดังแสดงในภาพที่ 15 และมีค่าพารามิเตอร์ของสินค้าสำเร็จรูปและวัตถุดิบแสดงดังตารางที่ 3 ทั้งนี้กำหนดให้วันทำงานมี 360 วัน/ปี



ภาพที่ 15 โครงสร้างสินค้าสำเร็จรูป G_1

ตารางที่ 3 ค่าใช้จ่ายในการควบคุมสินค้าคงคลังสำหรับตัวอย่างในกรณีที่ 1 ($F = 0.3$)

รายการ สินค้า	ความต้องการ สินค้า (ชิ้น/ปี)	กำลังการผลิต (ชิ้น/ปี)	ราคาสินค้า (บาท/ชิ้น)	ค่าสั่งซื้อ/สั่งผลิต (บาท/ครั้ง)	ค่าถือครองสินค้า (บาท/ชิ้น/ปี)
G_1	1,600	2,500	5,000	25,000	1,500
U_1	-	-	880	5,200	264
U_2	-	-	600	1,100	180
U_3	-	-	720	3,700	216

คำนวณหาปริมาณการสั่งผลิตที่ดีที่สุดจากสมการ (40) ดังนี้

$$Q_{G_1}^* = \sqrt{\frac{(2)(2,500)(1,600)(25,000 + 5,200 + 1,100 + 3,700)}{1,500(2,500 - 1,600) + 1,600((264)(1) + (180)(2) + (216)(4))}} = 273.95 \text{ ชิ้น}$$

จากการคำนวณพบว่าปริมาณการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปที่ดีที่สุดเท่ากับ 273.95 ชิ้น ทั้งนี้ปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบแต่ละชนิดสามารถคำนวณได้จากสมการ (41) และได้คำตอบดังนี้

$$Q_{U_1} = (1)(273.95) = 273.95 \text{ ชิ้น}$$

$$Q_{U_2} = (2)(273.95) = 547.90 \text{ ชิ้น}$$

$$Q_{U_3} = (4)(273.95) = 1,095.80 \text{ ชิ้น}$$

จากสมการ (42) สามารถคำนวณหาจำนวนรอบการผลิตที่เหมาะสม (m^*) ได้เท่ากับ 5.840 รอบ/ปี และรอบเวลาการสั่งผลิต (T) เท่ากับ 0.171 ปี หรือ 62 วัน ซึ่งทำให้ค่าใช้จ่ายโดยรวมของระบบมีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 408,827.40 บาท/ปี โดยคำนวณได้จากสมการที่ (53)

$$TC(Q_{G_1}^*) = \frac{273.95}{2,500} [1,500(2,500 - 1,600) + 1,600((264)(1) + (180)(2) + (216)(4))] = 408,827.40$$

ทั้งนี้สามารถใช้โปรแกรม Solver ในการทวนสอบเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 16 พบว่าปริมาณการสั่งผลิตที่ดีที่สุดเท่ากับ 273.95 ชิ้น ซึ่งทำให้ค่าใช้จ่ายรวมของระบบมีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 408,827.40 บาท/ปี เช่นเดียวกับคำตอบที่ได้จากวิธีการหาอนุพันธ์ลำดับที่หนึ่งของฟังก์ชันวัตถุประสงค์

	A	B	C	D	E	F	G
1	F = 0.3						
2							
3		D	π	C	S	H	X_{G,U_i}
4	G_1	1,600	2,500	5,000	25,000	1,500	-
5	U_1	-	-	880	5,200	264	1
6	U_2	-	-	600	1,100	180	2
7	U_3	-	-	720	3,700	216	4
8							
9	$Q^* =$		273.95				
10	Total cost =		146,009.78	73,967.65	58,403.91	130,446.05	408,827.40

Solver Parameters

Set Target Cell:

Equal To: ☐ Max ☒ Min ☐ Value of:

By Changing Cells:

Subject to the Constraints:

Solve
 Close
 Options
 Reset All
 Help
 Add
 Change
 Delete
 Guess

ภาพที่ 16 การใช้โปรแกรม Solver เพื่อหาปริมาณการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปที่ดีที่สุด

หากเปรียบเทียบกับนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิมสำหรับสินค้าชนิดเดียว ซึ่งคำนวณปริมาณการสั่งผลิต (Q_{EPQ}) จากสมการ (17) โดยไม่มีการพิจารณาค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บวัตถุดิบพบว่า

$$Q_{EPQ}^* = \sqrt{\frac{2(1,600)(25,000)(2,500)}{1,500(2,500 - 1,600)}} = 384.90 \text{ ชิ้น}$$

ซึ่งส่งผลให้ค่าใช้จ่ายรวมของระบบเท่ากับ 432,689.39 บาท/ปี โดยคำนวณได้จากสมการที่ (35)

$$\begin{aligned}
 TC(Q_G) &= \frac{(25,000)(1,600)}{384.90} + \frac{(1,500)(384.90)}{2} \left(1 - \frac{1,600}{2,500}\right) + \frac{1,600}{384.90} (5,200 + 1,100 + 3,700) \\
 &\quad + \frac{(1,600)(384.90)}{2(2,500)} [(264)(1) + (180)(2) + (216)(4)] \\
 &= 432,689.39 \text{ บาท/ปี}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายรวมของระบบที่ได้จากวิธีที่นำเสนอมีค่าต่ำกว่าค่าใช้จ่ายที่ได้จากนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิมคิดเป็น 23,861.99 บาท/ปี

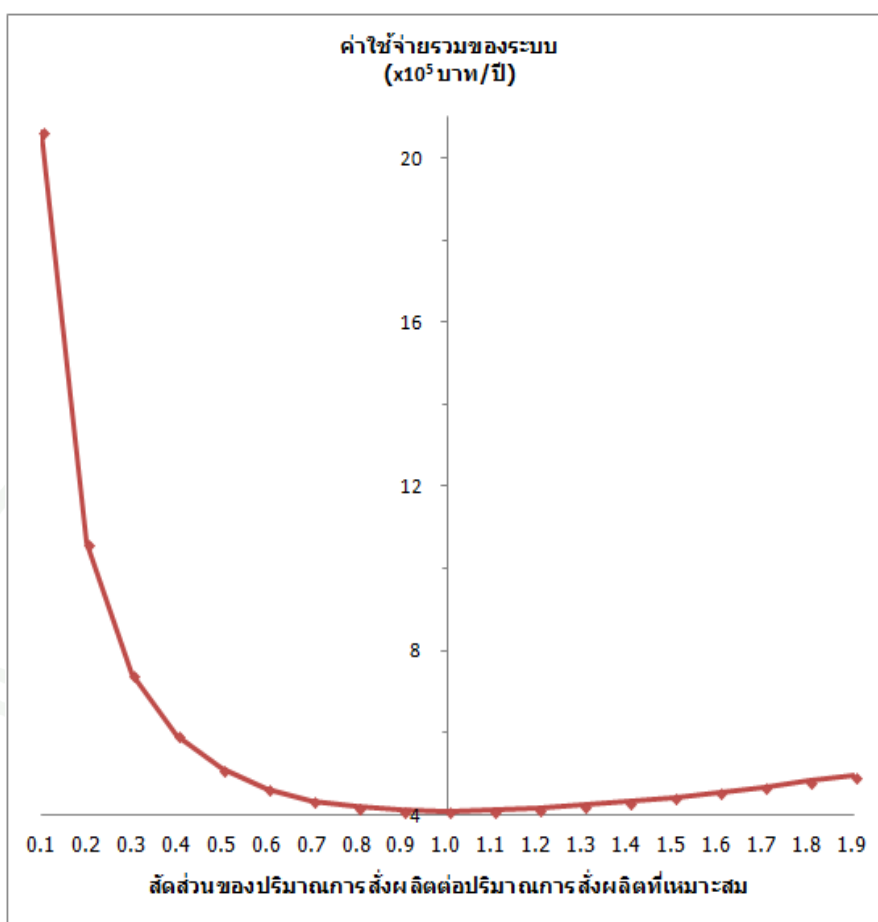
2. การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูป (Q_G)

การวิเคราะห์ความไวในส่วนนี้เป็นการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูป (Q_G) กรณีระบบการผลิตมีสินค้าประเภทเดียว เพื่อดูผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายรวมของระบบ โดยมีหลักการคือ กำหนดให้ค่าพารามิเตอร์และตัวแปรอื่นๆ คงที่ ในขณะที่ทำการเปลี่ยนแปลงปริมาณการสั่งผลิตเพิ่มขึ้นและลดลงครั้งละ 10% จากปริมาณการสั่งผลิตที่เหมาะสม (Q_G^*) จากนั้นคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมของระบบจากสมการที่ (35) เพื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายรวมของระบบที่ดีที่สุด ทั้งนี้ได้แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ความไวเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณการสั่งผลิตเพิ่มขึ้นและลดลงครั้งละ 10% จากปริมาณการสั่งผลิตที่เหมาะสม โดยใช้ตัวอย่างเดียวกันกับปัญหาในกรณีที่ 1 ข้างต้นดังนี้

จากตัวอย่างของปัญหาในกรณีที่ 1 พบว่าปริมาณการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปที่เหมาะสมคือ 273.95 ชิ้น ดังนั้นจึงทำการเปลี่ยนแปลงปริมาณการสั่งผลิตเพิ่มขึ้นและลดลงไปจากปริมาณการสั่งผลิตที่เหมาะสมครั้งละ 27.40 ชิ้น และคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมของระบบต่อปีโดยกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์และตัวแปรอื่นๆ คงที่ ทั้งนี้ได้แสดงค่าใช้จ่ายรวมของระบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปในตารางที่ 4 และได้สร้างกราฟแสดงแนวโน้มของค่าใช้จ่ายรวมของระบบที่เปลี่ยนแปลงไป ณ ค่าสัดส่วนต่างๆ ของปริมาณการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปต่อปริมาณการสั่งผลิตที่เหมาะสมดังภาพที่ 17

ตารางที่ 4 ค่าใช้จ่ายรวมของระบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูป

สัดส่วนของ $Q_{G_i}/Q_{G_i}^*$	ปริมาณการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูป (ชิ้น)	ค่าใช้จ่ายรวมของระบบ (บาท/ปี)
0.1	27.40	2,064,578.35
0.2	54.79	1,062,951.23
0.3	82.19	742,703.10
0.4	109.58	592,799.72
0.5	136.98	511,034.25
0.6	164.37	463,337.72
0.7	191.77	435,109.16
0.8	219.16	419,048.08
0.9	246.56	411,098.66
1.0	273.95	408,827.40
1.1	301.35	410,685.70
1.2	328.75	415,641.19
1.3	356.14	422,979.11
1.4	383.54	432,188.96
1.5	410.93	442,896.35
1.6	438.33	454,820.48
1.7	465.72	467,746.64
1.8	493.12	481,507.82
1.9	520.51	495,972.18



ภาพที่ 17 ค่าใช้จ่ายรวมของระบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูป

จากการวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการสั่งผลิตเมื่อพิจารณาจากภาพที่ 17 พบว่าค่าใช้จ่ายรวมของระบบมีความไวต่อการลดลงของปริมาณการสั่งผลิตมากกว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณการสั่งผลิต นั่นคือ หากปริมาณการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปเปลี่ยนแปลงไปจากปริมาณการสั่งผลิตที่เหมาะสมในปริมาณที่เท่ากัน พบว่าปริมาณการสั่งผลิตที่ลดลงจะส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายรวมของระบบเพิ่มสูงขึ้น มากกว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณการสั่งผลิตที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ จากการวิเคราะห์ความไวแสดงให้เห็นว่าค่าใช้จ่ายรวมของระบบมีค่าน้อยที่สุดเมื่อปริมาณการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปมีค่าเท่ากับปริมาณการสั่งผลิตที่เหมาะสม

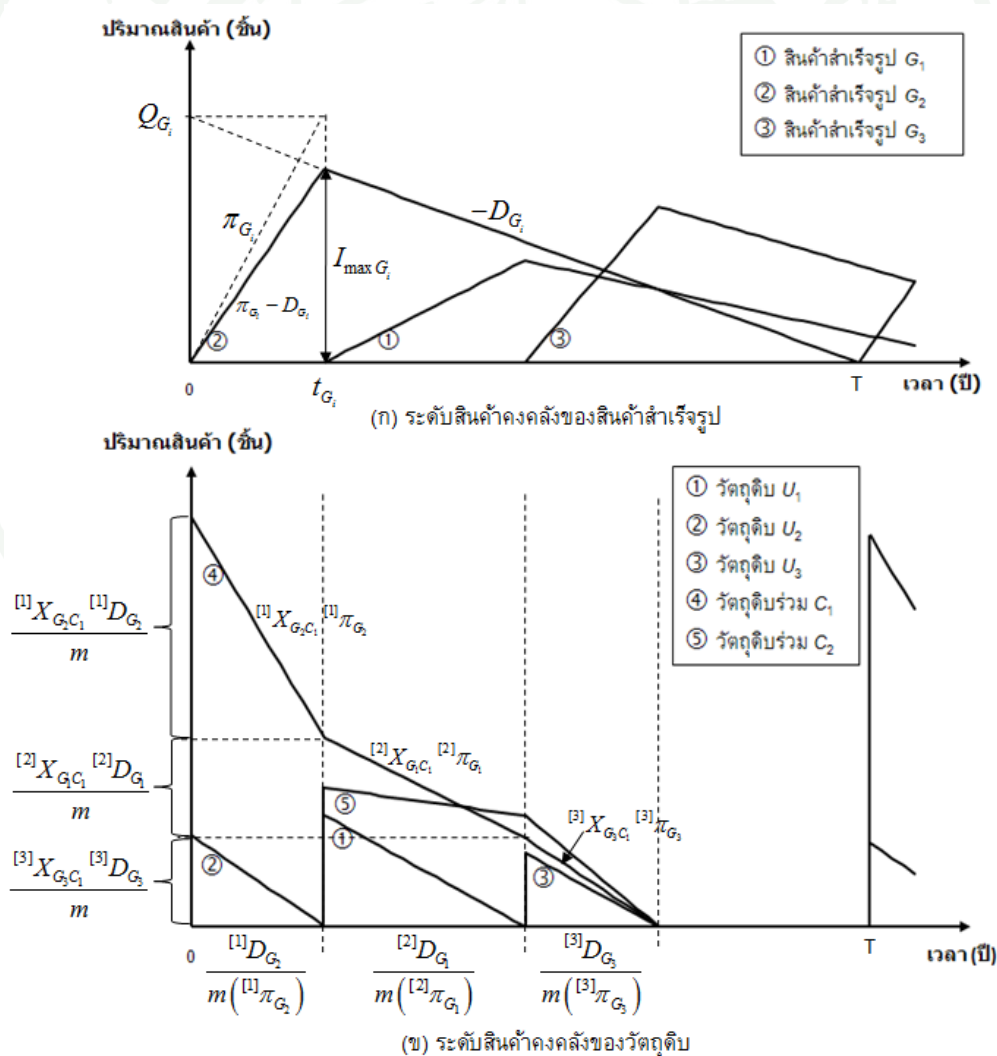
กรณีที่ 2 นโยบายการตั้งผลิตกรณีระบบการผลิตมีสินค้าหลายประเภท

การวิเคราะห์ในส่วนนี้เป็นกรณีที่ระบบมีการผลิตสินค้าหลายชนิด โดยวัตถุดิบในระบบสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ วัตถุดิบที่มีการใช้งานร่วมกันในสินค้าต่างชนิด (Common Raw Materials) และวัตถุดิบที่ไม่มีการใช้งานร่วมกันในสินค้าต่างชนิด (Uncommon Raw Materials)

ตัวอย่างของระบบที่มีการผลิตสินค้าสำเร็จรูป 3 ชนิด (G_1, G_2, G_3) ซึ่งใช้วัตถุดิบร่วมกัน 2 ชนิด (C_1, C_2) และวัตถุดิบไม่ร่วมกัน 3 ชนิด (U_1, U_2, U_3) โดยมีโครงสร้างผลิตภัณฑ์เป็น

$$G_1 = X_{G_1U_1}U_1 + X_{G_1C_1}C_1 + X_{G_1C_2}C_2, \quad G_2 = X_{G_2U_2}U_2 + X_{G_2C_1}C_1 \quad \text{และ} \quad G_3 = X_{G_3U_3}U_3 + X_{G_3C_1}C_1 + X_{G_3C_2}C_2 \quad \text{ดังแสดงในภาพที่}$$

18



ภาพที่ 18 ระดับสินค้าคงคลังของสินค้าสำเร็จรูปและวัตถุดิบ กรณีระบบการผลิตมีสินค้าหลายประเภท
จากภาพที่ 18 (ก) การคำนวณปริมาณตั้งผลิตและปริมาณสินค้าคงคลังสูงสุดของสินค้า

ถ้าเรีจรูป G_i สามารถแสดงได้ดังสมการ (54), (55) และ (56)

$$Q_{G_i} = \pi_{G_i} t_{G_i} = \frac{D_{G_i}}{m} \quad (54)$$

$$t_{G_i} = \frac{D_{G_i}}{m\pi_{G_i}} \quad (55)$$

$$I_{\max G_i} = (\pi_{G_i} - D_{G_i}) t_{G_i} = \frac{(\pi_{G_i} - D_{G_i}) D_{G_i}}{m\pi_{G_i}} \quad (56)$$

ค่าใช้จ่ายในการสังผลิตและจัดเก็บสินค้าคงคลังประเภทผลิตภัณฑ์สามารถแสดงได้ดัง
สมการ (57)

$$\begin{aligned} TC_{G_i} &= m \sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} I_{\max G_i}}{2} \\ &= m \sum_{i=1}^n S_{G_i} + \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} \end{aligned} \quad (57)$$

ค่าใช้จ่ายในการควบคุมสินค้าคงคลังประเภทวัตถุดิบประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อและถือครอง โดยวัตถุดิบทุกชนิดถูกสั่งซื้อเป็นจำนวน m ครั้ง/ปี จากภาพที่ 18 (จ) ปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ยของวัตถุดิบที่ไม่มีการใช้งานร่วมกันแต่ละชนิด (U_j) มีค่าเท่ากับพื้นที่รูปสามเหลี่ยมที่มีความสูง $X_{G_i U_j} D_{G_i} / m$ และความยาวฐาน $D_{G_i} / m\pi_{G_i}$ หารด้วยระยะเวลาต่อรอบ $T = 1/m$ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการ (58)

$$\bar{I}_{U_j} = \left[\left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{X_{G_i U_j} D_{G_i}}{m} \right) \left(\frac{D_{G_i}}{m\pi_{G_i}} \right) \right] \div T = \frac{X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{2m\pi_{G_i}} \quad (58)$$

ดังนั้นผลรวมของค่าใช้จ่ายในการถือครองวัตถุดิบที่ไม่มีการใช้งานร่วมกันทุกชนิดแสดงได้ดัง
สมการ (59)

$$\sum_{j=1}^o H_{U_j} \bar{I}_{U_j} = \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} \quad (59)$$

จากภาพที่ 17 (ข) วัตถุดิบที่มีการใช้งานร่วมกันแต่ละชนิด (C_k) ถูกส่งซื้อในแต่ละรอบด้วยปริมาณเท่ากับสมการ (60)

$$\sum_{i=1}^n X_{G_i C_k} Q_{G_i} = \sum_{i=1}^n \frac{X_{G_i C_k} D_{G_i}}{m} \quad (60)$$

ปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาของวัตถุดิบรวมแต่ละชนิด (C_k) มีค่าเท่ากับพื้นที่ใต้กราฟหารด้วยระยะเวลาต่อรอบ $T = 1/m$ ดังนั้นค่าถือครองวัตถุดิบรวมแต่ละชนิดสามารถแสดงได้ดังสมการที่ (61) - (65)

$$H_{C_k} \bar{I}_{C_k} = \frac{H_{C_k}}{T} \left[\begin{aligned} & \frac{1}{2} \left(\frac{{}^{[1]}X_{G_i C_k} {}^{[1]}D_{G_i}}{m} \right) \left(\frac{{}^{[1]}D_{G_i}}{m({}^{[1]}\pi_{G_i})} \right) \\ & + \frac{1}{2} \left(\frac{{}^{[2]}X_{G_i C_k} {}^{[2]}D_{G_i}}{m} \right) \left(\frac{2({}^{[1]}D_{G_i})}{m({}^{[1]}\pi_{G_i})} + \frac{{}^{[2]}D_{G_i}}{m({}^{[2]}\pi_{G_i})} \right) \\ & + \frac{1}{2} \left(\frac{{}^{[3]}X_{G_i C_k} {}^{[3]}D_{G_i}}{m} \right) \left(\frac{2({}^{[1]}D_{G_i})}{m({}^{[1]}\pi_{G_i})} + \frac{2({}^{[2]}D_{G_i})}{m({}^{[2]}\pi_{G_i})} + \frac{{}^{[3]}D_{G_i}}{m({}^{[3]}\pi_{G_i})} \right) \\ & \vdots \\ & + \frac{1}{2} \left(\frac{{}^{[n]}X_{G_i C_k} {}^{[n]}D_{G_i}}{m} \right) \left(\frac{2({}^{[1]}D_{G_i})}{m({}^{[1]}\pi_{G_i})} + \frac{2({}^{[2]}D_{G_i})}{m({}^{[2]}\pi_{G_i})} + \dots + \frac{2({}^{[n-1]}D_{G_i})}{m({}^{[n-1]}\pi_{G_i})} + \frac{{}^{[n]}D_{G_i}}{m({}^{[n]}\pi_{G_i})} \right) \end{aligned} \right] \quad (61)$$

$$\begin{aligned}
& \left[\begin{aligned}
& \frac{1}{2} \left(\frac{{}^{[1]}X_{G_i C_k} \left({}^{[1]}D_{G_i} \right)^2}{m^2 \left({}^{[1]}\pi_{G_i} \right)} \right) \\
& + \frac{{}^{[2]}X_{G_i C_k} {}^{[2]}D_{G_i}}{m^2} \left(\frac{{}^{[1]}D_{G_i}}{{}^{[1]}\pi_{G_i}} \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{{}^{[2]}X_{G_i C_k} \left({}^{[2]}D_{G_i} \right)^2}{m^2 \left({}^{[2]}\pi_{G_i} \right)} \right) \\
& + \frac{{}^{[3]}X_{G_i C_k} {}^{[3]}D_{G_i}}{m^2} \left(\frac{{}^{[1]}D_{G_i}}{{}^{[1]}\pi_{G_i}} \right) + \frac{{}^{[3]}X_{G_i C_k} {}^{[3]}D_{G_i}}{m^2} \left(\frac{{}^{[2]}D_{G_i}}{{}^{[2]}\pi_{G_i}} \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{{}^{[3]}X_{G_i C_k} \left({}^{[3]}D_{G_i} \right)^2}{m^2 \left({}^{[3]}\pi_{G_i} \right)} \right) \\
& \vdots \\
& \vdots \\
& + \frac{{}^{[n]}X_{G_i C_k} {}^{[n]}D_{G_i}}{m^2} \left(\frac{{}^{[1]}D_{G_i}}{{}^{[1]}\pi_{G_i}} \right) + \frac{{}^{[n]}X_{G_i C_k} {}^{[n]}D_{G_i}}{m^2} \left(\frac{{}^{[2]}D_{G_i}}{{}^{[2]}\pi_{G_i}} \right) \\
& + \dots + \frac{{}^{[n]}X_{G_i C_k} {}^{[n]}D_{G_i}}{m^2} \left(\frac{{}^{[n-1]}D_{G_i}}{[n-1]\pi_{G_i}} \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{{}^{[n]}X_{G_i C_k} \left({}^{[n]}D_{G_i} \right)^2}{m^2 \left({}^{[n]}\pi_{G_i} \right)} \right)
\end{aligned} \right] \\
= H_{C_k} m
\end{aligned} \tag{62}$$

$$\begin{aligned}
& \left[\begin{aligned}
& \frac{{}^{[1]}X_{G_i C_k} \left({}^{[1]}D_{G_i} \right)^2}{2m^2 \left({}^{[1]}\pi_{G_i} \right)} + \frac{{}^{[2]}X_{G_i C_k} \left({}^{[2]}D_{G_i} \right)^2}{2m^2 \left({}^{[2]}\pi_{G_i} \right)} + \dots + \frac{{}^{[n]}X_{G_i C_k} \left({}^{[n]}D_{G_i} \right)^2}{2m^2 \left({}^{[n]}\pi_{G_i} \right)} \\
& + \frac{{}^{[2]}X_{G_i C_k} {}^{[2]}D_{G_i}}{m^2} \left(\frac{{}^{[1]}D_{G_i}}{{}^{[1]}\pi_{G_i}} \right) \\
& + \frac{{}^{[3]}X_{G_i C_k} {}^{[3]}D_{G_i}}{m^2} \left(\frac{{}^{[1]}D_{G_i}}{{}^{[1]}\pi_{G_i}} \right) + \frac{{}^{[3]}X_{G_i C_k} {}^{[3]}D_{G_i}}{m^2} \left(\frac{{}^{[2]}D_{G_i}}{[2]\pi_{G_i}} \right) \\
& \vdots \\
& \vdots \\
& + \frac{{}^{[n]}X_{G_i C_k} {}^{[n]}D_{G_i}}{m^2} \left(\frac{{}^{[1]}D_{G_i}}{[1]\pi_{G_i}} \right) + \frac{{}^{[n]}X_{G_i C_k} {}^{[n]}D_{G_i}}{m^2} \left(\frac{{}^{[2]}D_{G_i}}{[2]\pi_{G_i}} \right) + \dots + \frac{{}^{[n]}X_{G_i C_k} {}^{[n]}D_{G_i}}{m^2} \left(\frac{{}^{[n-1]}D_{G_i}}{[n-1]\pi_{G_i}} \right)
\end{aligned} \right] \\
= H_{C_k} m
\end{aligned} \tag{63}$$

$$\begin{aligned}
& \left[\frac{[1]X_{G_i C_k} ([1]D_{G_i})^2}{2([1]\pi_{G_i})} + \frac{[2]X_{G_i C_k} ([2]D_{G_i})^2}{2([2]\pi_{G_i})} + \dots + \frac{[n]X_{G_i C_k} ([n]D_{G_i})^2}{2([n]\pi_{G_i})} \right. \\
& \quad + \left\{ [2]X_{G_i C_k} [2]D_{G_i} \left(\frac{[1]D_{G_i}}{[1]\pi_{G_i}} \right) \right\} \\
& \quad + \left\{ [3]X_{G_i C_k} [3]D_{G_i} \left(\frac{[1]D_{G_i}}{[1]\pi_{G_i}} \right) + [3]X_{G_i C_k} [3]D_{G_i} \left(\frac{[2]D_{G_i}}{[2]\pi_{G_i}} \right) \right\} \\
& \quad \vdots \\
& \quad + \left\{ [n]X_{G_i C_k} [n]D_{G_i} \left(\frac{[1]D_{G_i}}{[1]\pi_{G_i}} \right) + [n]X_{G_i C_k} [n]D_{G_i} \left(\frac{[2]D_{G_i}}{[2]\pi_{G_i}} \right) + \dots + [n]X_{G_i C_k} [n]D_{G_i} \left(\frac{[n-1]D_{G_i}}{[n-1]\pi_{G_i}} \right) \right\} \Bigg] \\
& = \frac{H_{C_k} m}{m^2} \quad (64)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
H_{C_k} \bar{I}_{C_k} &= \frac{H_{C_k}}{m} \left[\frac{1}{2} \sum_{z=1}^n \frac{[z]X_{G_i C_k} ([z]D_{G_i})^2}{[z]\pi_{G_i}} + \left\{ [2]X_{G_i C_k} [2]D_{G_i} \left(\frac{[1]D_{G_i}}{[1]\pi_{G_i}} \right) \right\} \right. \\
& \quad + \left\{ [3]X_{G_i C_k} [3]D_{G_i} \left(\frac{[1]D_{G_i}}{[1]\pi_{G_i}} + \frac{[2]D_{G_i}}{[2]\pi_{G_i}} \right) \right\} + \dots \\
& \quad + \left\{ [n]X_{G_i C_k} [n]D_{G_i} \left(\frac{[1]D_{G_i}}{[1]\pi_{G_i}} + \frac{[2]D_{G_i}}{[2]\pi_{G_i}} + \dots + \frac{[n-1]D_{G_i}}{[n-1]\pi_{G_i}} \right) \right\} \Bigg] \quad (65)
\end{aligned}$$

ผลรวมของค่าใช้จ่ยในการถือครองวัตถุดิบร่วมทุกชนิดแสดงดังสมการ (66)

$$\begin{aligned}
\sum_{k=1}^p H_{C_k} \bar{I}_{C_k} &= \frac{1}{m} \sum_{k=1}^p H_{C_k} \left[\frac{1}{2} \sum_{z=1}^n \left(\frac{[z]X_{G_i C_k} ([z]D_{G_i})^2}{[z]\pi_{G_i}} \right) + \left\{ [2]X_{G_i C_k} [2]D_{G_i} \left(\frac{[1]D_{G_i}}{[1]\pi_{G_i}} \right) \right\} \right. \\
& \quad + \left\{ [3]X_{G_i C_k} [3]D_{G_i} \left(\frac{[1]D_{G_i}}{[1]\pi_{G_i}} + \frac{[2]D_{G_i}}{[2]\pi_{G_i}} \right) \right\} + \dots \\
& \quad + \left\{ [n]X_{G_i C_k} [n]D_{G_i} \left(\frac{[1]D_{G_i}}{[1]\pi_{G_i}} + \frac{[2]D_{G_i}}{[2]\pi_{G_i}} + \dots + \frac{[n-1]D_{G_i}}{[n-1]\pi_{G_i}} \right) \right\} \Bigg] \quad (66)
\end{aligned}$$

กำหนดให้

$$\phi_{C_k} = \left[\frac{1}{2} \sum_{z=1}^n \left(\frac{[z] X_{G_i C_k} ([z] D_{G_i})^2}{[z] \pi_{G_i}} \right) + \left\{ [2] X_{G_i C_k} [2] D_{G_i} \left(\frac{[1] D_{G_i}}{[1] \pi_{G_i}} \right) \right\} \right. \\ \left. + \left\{ [3] X_{G_i C_k} [3] D_{G_i} \left(\frac{[1] D_{G_i}}{[1] \pi_{G_i}} + \frac{[2] D_{G_i}}{[2] \pi_{G_i}} \right) \right\} + \dots \right. \\ \left. + \left\{ [n] X_{G_i C_k} [n] D_{G_i} \left(\frac{[1] D_{G_i}}{[1] \pi_{G_i}} + \frac{[2] D_{G_i}}{[2] \pi_{G_i}} + \dots + \frac{[n-1] D_{G_i}}{[n-1] \pi_{G_i}} \right) \right\} \right] \quad (67)$$

ดังนั้น

$$\sum_{k=1}^p H_{C_k} \bar{I}_{C_k} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k} \quad (68)$$

จากสมการที่ (67) ค่า ϕ_{C_k} เป็นค่าที่ใช้ในการคำนวณค่าใช้จ่ายในการถือครองวัตถุดิบร่วม สำหรับลำดับการผลิตสินค้าสำเร็จรูปใดๆ โดยในการคำนวณค่า ϕ_{C_k} ให้ถือว่าสินค้าคงคลังสำเร็จรูปที่มีการใช้วัตถุดิบร่วมนั้น ถูกผลิตเป็นลำดับแรก เช่น ในโจทย์ตัวอย่างแสดงคุณลักษณะของปัญหา ซึ่งมีลำดับการผลิตเป็น $(G_2 \rightarrow G_1 \rightarrow G_3)$ หากต้องการคิดค่า ϕ_{C_k} ของวัตถุดิบร่วม C_2 ซึ่งมีการใช้งานในสินค้าสำเร็จรูป G_1 และ G_3 จะพบว่าค่า ϕ_{C_k} ของวัตถุดิบร่วม C_2 ในลำดับ $(G_2 \rightarrow G_1 \rightarrow G_3)$ มีค่าเท่ากับค่า ϕ_{C_k} ของวัตถุดิบร่วม C_2 ในลำดับ $(G_1 \rightarrow G_3 \rightarrow G_2)$ ดังนั้นในการคำนวณค่า ϕ_{C_k} ของวัตถุดิบร่วม C_2 ในลำดับการผลิต $(G_2 \rightarrow G_1 \rightarrow G_3)$ โดยใช้สมการที่ (67) ให้ถือเสมือนว่าลำดับการผลิตเป็น $(G_1 \rightarrow G_3 \rightarrow G_2)$

ค่าใช้จ่ายในการควบคุมสินค้าคงคลังประเภทวัตถุดิบทั้งหมดเกิดจากผลรวมของค่าใช้จ่ายรายปีในการสั่งซื้อและการถือครองวัตถุดิบแสดงได้ดังสมการ (69)

$$TC_{RM(U_j+C_k)} = m \left(\sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) + \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + \frac{1}{m} \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k} \quad (69)$$

ค่าใช้จ่ายโดยรวมของระบบ คือ ผลรวมของค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อและถือครองสินค้าสำเร็จรูป และค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อและถือครองวัตถุดิบทุกประเภท ซึ่งได้จากผลรวมของสมการ (57) และ (69) ดังแสดงในสมการ (70)

$$TC(m) = m \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) + \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + \frac{1}{m} \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k} \quad (70)$$

จำนวนรอบการผลิตต่อปีที่ดีที่สุด (m^*) สามารถคำนวณได้จากการหาอนุพันธ์ลำดับที่หนึ่งของสมการที่ (70) เทียบกับตัวแปร m และกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0 ดังแสดงในสมการที่ (71) - (74)

$$\frac{dTC(m)}{dm} = \sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} - \frac{1}{2m^2} \sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} - \frac{1}{2m^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} - \frac{1}{m^2} \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k} = 0 \quad (71)$$

$$\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} = \frac{1}{2m^2} \sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \frac{1}{2m^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + \frac{1}{m^2} \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k} \quad (72)$$

$$m^2 = \frac{\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + \frac{2}{2} \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k}}{\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k}} \quad (73)$$

$$m^* = \left[\frac{\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k}}{2 \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (74)$$

ปริมาณการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูป G_i แต่ละชนิดคำนวณได้จากสมการ (75)

$$Q_{G_i}^* = \frac{D_{G_i}}{m^*} \quad (75)$$

ปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบที่ไม่มีการใช้งานร่วมกันแต่ละชนิดสามารถคิดได้จากสมการที่ (76)

$$Q_{U_j} = X_{G_i U_j} Q_{G_i} \quad (76)$$

ปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบที่มีการใช้งานร่วมกันแต่ละชนิดคำนวณได้จากสมการ (77)

$$Q_{C_k} = \sum_{i=1}^n X_{G_i C_k} Q_{G_i} \quad (77)$$

สมการที่ (78) แสดงการหาอนุพันธ์ลำดับที่สองของสมการ (70) ซึ่งพบว่ามีค่าเป็นบวกเสมอ

$$\frac{d^2 TC(m)}{dm^2} = \frac{1}{m^3} \sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \frac{1}{m^3} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + \frac{2}{m^3} \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k} > 0 \quad (78)$$

ดังนั้น m^* ที่ได้จากสมการ (74) จึงเป็นคำตอบที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมของระบบมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งสามารถคำนวณได้จากการแทนค่า m^* ลงในสมการที่ (70) และจัดรูปสมการใหม่ดังนี้

$$TC(m^*) = m^* \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) + \frac{1}{2m^*} \sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \frac{1}{2m^*} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + \frac{1}{m^*} \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k} \quad (79)$$

$$= \frac{2(m^*)^2 \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) + \sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k}}{2m^*} \quad (80)$$

แทนค่า m^* จากสมการ (74) ลงในสมการที่ (80)

$$= \left[\frac{\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k}}{\cancel{\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k}}} \right] \left(\cancel{\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k}} \right) + \frac{\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k}}{2 \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (81)$$

$$\begin{aligned}
& \left[\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k} \right] \\
& + \sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k} \\
& = \frac{\left[\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k} \right]}{2 \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (82)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \left[\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k} \right] \\
& = \frac{\left[\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k} \right]}{2 \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (83)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \left[\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k} \right] \left[2 \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \\
& = \frac{\left[\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k} \right]^{\frac{1}{2}}}{\left[2 \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) \right]^{\frac{1}{2}}} \quad (84)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \left[2 \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) \right] \left[\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k} \right]^2 \right]^{\frac{1}{2}} \\
& = \frac{\left[\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k} \right]}{\left[2 \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) \right]} \quad (85)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \left[2 \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) \right] \left[\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k} \right]^2 \right]^{\frac{1}{2}} \\
& = \left[2 \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) \right] \left[\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k} \right]^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (86)
\end{aligned}$$

$$= \left[\frac{2 \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k} \right)}{2 \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (87)$$

$$= 2 \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) \left[\frac{\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k}}{2 \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (88)$$

$$TC(m^*) = 2 \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) m^* \quad (89)$$

จากสมการ (89) พบว่าคำตอบที่ได้จากการคำนวณเป็นค่าใช้จ่ายรวมของระบบที่มีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ/ส่งผลิตเท่ากับค่าใช้จ่ายในการถือครองสินค้าซึ่งเป็นคุณสมบัติที่พบได้ในนโยบายการสั่งซื้อแบบประหยัด

1. ตัวอย่างการคำนวณเชิงตัวเลขของปัญหาในกรณีที่ 2

จากโจทย์ตัวอย่างแสดงคุณลักษณะของปัญหาซึ่งมีลำดับการผลิตของสินค้าสำเร็จรูปเป็น $(G_2 \rightarrow G_1 \rightarrow G_3)$ โดยมีโครงสร้างผลิตภัณฑ์ดังแสดงในภาพที่ 1 และมีค่าพารามิเตอร์ของสินค้าสำเร็จรูปและวัตถุดิบแสดงดังตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาโครงสร้างผลิตภัณฑ์ของสินค้าสำเร็จรูปทั้ง 3 ชนิด พบว่ามีการใช้วัตถุดิบร่วมกัน 2 ชนิดคือ วัตถุดิบที่ใช้งานร่วมกัน C_1 และวัตถุดิบที่ใช้งานร่วมกัน C_2 ดังนั้นจึงเริ่มคำนวณหาค่า ϕ_{C_1} และ ϕ_{C_2} จากสมการที่ (68) ดังนี้

คำนวณหาค่า ϕ_{C_1} :

$$\phi_{C_1} = \left[\frac{1}{2} \sum_{z=1}^3 \left(\frac{[z] X_{G_i C_1} ([z] D_{G_i})^2}{[z] \pi_{G_i}} \right) + \left\{ [2] X_{G_i C_1} [2] D_{G_i} \left(\frac{[1] D_{G_i}}{[1] \pi_{G_i}} \right) \right\} + \left\{ [3] X_{G_i C_1} [3] D_{G_i} \left(\frac{[1] D_{G_i}}{[1] \pi_{G_i}} + \frac{[2] D_{G_i}}{[2] \pi_{G_i}} \right) \right\} \right]$$

$$\begin{aligned}
&= \left[\frac{1}{2} \left(\frac{[1]X_{G_1C_1}([1]D_{G_1})^2}{[1]\pi_{G_1}} + \frac{[2]X_{G_1C_1}([2]D_{G_1})^2}{[2]\pi_{G_1}} + \frac{[3]X_{G_1C_1}([3]D_{G_1})^2}{[3]\pi_{G_1}} \right) \right. \\
&\quad \left. + \left\{ [2]X_{G_1C_1} [2]D_{G_1} \left(\frac{[1]D_{G_1}}{[1]\pi_{G_1}} \right) \right\} + \left\{ [3]X_{G_1C_1} [3]D_{G_1} \left(\frac{[1]D_{G_1}}{[1]\pi_{G_1}} + \frac{[2]D_{G_1}}{[2]\pi_{G_1}} \right) \right\} \right] \\
&= \left[\frac{1}{2} \left(\frac{X_{G_2C_1}(D_{G_2})^2}{\pi_{G_2}} + \frac{X_{G_1C_1}(D_{G_1})^2}{\pi_{G_1}} + \frac{X_{G_3C_1}(D_{G_3})^2}{\pi_{G_3}} \right) + \left\{ X_{G_1C_1} D_{G_1} \left(\frac{D_{G_2}}{\pi_{G_2}} \right) \right\} + \left\{ X_{G_3C_1} D_{G_3} \left(\frac{D_{G_2}}{\pi_{G_2}} + \frac{D_{G_1}}{\pi_{G_1}} \right) \right\} \right] \\
&= \left[\frac{1}{2} \left(\frac{4(1,800)^2}{9,000} + \frac{3(1,080)^2}{3,600} + \frac{2(1,440)^2}{7,200} \right) + \left\{ 3(1,080) \left(\frac{1,800}{9,000} \right) \right\} + \left\{ 2(1,440) \left(\frac{1,800}{9,000} + \frac{1,080}{3,600} \right) \right\} \right] \\
&= 3,582
\end{aligned}$$

คำนวณหาค่า ϕ_{C_2} โดยถือเสมือนว่าลำดับการผลิตเป็น $(G_1 \rightarrow G_3 \rightarrow G_2)$:

$$\begin{aligned}
\phi_{C_2} &= \left[\frac{1}{2} \sum_{z=1}^3 \left(\frac{[z]X_{G_1C_2}([z]D_{G_1})^2}{[z]\pi_{G_1}} \right) + \left\{ [2]X_{G_1C_2} [2]D_{G_1} \left(\frac{[1]D_{G_1}}{[1]\pi_{G_1}} \right) \right\} + \left\{ [3]X_{G_1C_2} [3]D_{G_1} \left(\frac{[1]D_{G_1}}{[1]\pi_{G_1}} + \frac{[2]D_{G_1}}{[2]\pi_{G_1}} \right) \right\} \right] \\
&= \left[\frac{1}{2} \left(\frac{[1]X_{G_1C_2}([1]D_{G_1})^2}{[1]\pi_{G_1}} + \frac{[2]X_{G_1C_2}([2]D_{G_1})^2}{[2]\pi_{G_1}} + \frac{[3]X_{G_1C_2}([3]D_{G_1})^2}{[3]\pi_{G_1}} \right) \right. \\
&\quad \left. + \left\{ [2]X_{G_1C_2} [2]D_{G_1} \left(\frac{[1]D_{G_1}}{[1]\pi_{G_1}} \right) \right\} + \left\{ [3]X_{G_1C_2} [3]D_{G_1} \left(\frac{[1]D_{G_1}}{[1]\pi_{G_1}} + \frac{[2]D_{G_1}}{[2]\pi_{G_1}} \right) \right\} \right] \\
&= \left[\frac{1}{2} \left(\frac{X_{G_1C_2}(D_{G_1})^2}{\pi_{G_1}} + \frac{X_{G_3C_2}(D_{G_3})^2}{\pi_{G_3}} + \frac{X_{G_2C_2}(D_{G_2})^2}{\pi_{G_2}} \right) + \left\{ X_{G_3C_2} D_{G_3} \left(\frac{D_{G_1}}{\pi_{G_1}} \right) \right\} + \left\{ X_{G_2C_2} D_{G_2} \left(\frac{D_{G_1}}{\pi_{G_1}} + \frac{D_{G_3}}{\pi_{G_3}} \right) \right\} \right] \\
&= \left[\frac{1}{2} \left(\frac{1(1,080)^2}{3,600} + \frac{3(1,440)^2}{7,200} + \frac{0(1,800)^2}{9,000} \right) + \left\{ 3(1,440) \left(\frac{1,080}{3,600} \right) \right\} + \left\{ 0(1,800) \left(\frac{1,080}{3,600} + \frac{1,440}{7,200} \right) \right\} \right] \\
&= 1,890
\end{aligned}$$

คำนวณหาจำนวนรอบการผลิตต่อปีที่เหมาะสมได้จากสมการที่ (75) ดังนี้

$$m^* = \left[\frac{\sum_{i=1}^3 \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^2 H_{C_k} \phi_{C_k}}{2 \left(\sum_{i=1}^3 S_{G_i} + \sum_{j=1}^3 S_{U_j} + \sum_{k=1}^2 S_{C_k} \right)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left[\frac{\left(\frac{H_{G_1} D_{G_1} (\pi_{G_1} - D_{G_1})}{\pi_{G_1}} + \frac{H_{G_2} D_{G_2} (\pi_{G_2} - D_{G_2})}{\pi_{G_2}} + \frac{H_{G_3} D_{G_3} (\pi_{G_3} - D_{G_3})}{\pi_{G_3}} \right) + \left(\frac{H_{U_1} X_{G_1 U_1} D_{G_1}^2}{\pi_{G_1}} + \frac{H_{U_2} X_{G_2 U_2} D_{G_2}^2}{\pi_{G_2}} + \frac{H_{U_3} X_{G_3 U_3} D_{G_3}^2}{\pi_{G_3}} \right) + 2(H_{C_1} \phi_{C_1} + H_{C_2} \phi_{C_2})}{2(S_{G_1} + S_{G_2} + S_{G_3} + S_{U_1} + S_{U_2} + S_{U_3} + S_{C_1} + S_{C_2})} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left[\frac{\left(\frac{(49.50)(1,080)(3,600 - 1,080)}{3,600} + \frac{(57.60)(1,800)(9,000 - 1,800)}{9,000} + \frac{(53.10)(1,440)(7,200 - 1,440)}{7,200} \right) + \left(\frac{(3.30)(2)(1,080)^2}{3,600} + \frac{(9.00)(1)(1,800)^2}{9,000} + \frac{(6.60)(1)(1,440)^2}{7,200} \right) + 2((11.40)(3,582) + (7.50)(1,890))}{2(2,550 + 3,100 + 2,870 + 80 + 120 + 95 + 130 + 105)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 4.063 \text{ รอบ/ปี}$$

จากการคำนวณพบว่าจำนวนรอบการผลิตสินค้าสำเร็จรูปที่ดีที่สุดเท่ากับ 4.063 รอบ ทั้งนี้ปริมาณการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูป ปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบที่ไม่มีการใช้งานร่วมกัน และปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบที่มีการใช้งานร่วมกันในแต่ละรอบสามารถคำนวณได้จากสมการ (76), (77) และ (78) ตามลำดับ ดังนี้

ปริมาณการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูป:

$$Q_{G_1}^* = \frac{D_{G_1}}{m^*} = \frac{1,080}{4.063} = 265.81 \text{ ชิ้น}$$

$$Q_{G_2}^* = \frac{D_{G_2}}{m^*} = \frac{1,800}{4.063} = 443.02 \text{ ชิ้น}$$

$$Q_{G_3}^* = \frac{D_{G_3}}{m^*} = \frac{1,440}{4.063} = 354.42 \text{ ชิ้น}$$

ปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบที่ไม่มีการใช้งานร่วมกัน:

$$Q_{U_1} = X_{G_1U_1} Q_{G_1} = (2)(265.81) = 531.62 \text{ ชิ้น}$$

$$Q_{U_2} = X_{G_2U_2} Q_{G_2} = (1)(443.02) = 443.02 \text{ ชิ้น}$$

$$Q_{U_3} = X_{G_3U_3} Q_{G_3} = (1)(354.42) = 354.42 \text{ ชิ้น}$$

ปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบที่มีการใช้งานร่วมกัน:

$$\begin{aligned} Q_{C_1} &= \sum_{i=1}^3 X_{G_iC_1} Q_{G_i} \\ &= X_{G_1C_1} Q_{G_1} + X_{G_2C_1} Q_{G_2} + X_{G_3C_1} Q_{G_3} \\ &= (3)(265.81) + (4)(443.02) + (2)(354.42) \\ &= 3,278.35 \text{ ชิ้น} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{C_2} &= \sum_{i=1}^3 X_{G_iC_2} Q_{G_i} \\ &= X_{G_1C_2} Q_{G_1} + X_{G_2C_2} Q_{G_2} + X_{G_3C_2} Q_{G_3} \\ &= (1)(265.81) + (0)(443.02) + (3)(354.42) \\ &= 1,329.07 \text{ ชิ้น} \end{aligned}$$

ค่าใช้จ่ายโดยรวมของระบบมีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 73,545.44 บาท/ปี โดยคำนวณได้จากสมการที่ (89)

$$TC(m^*) = 2 \left(\sum_{i=1}^3 S_{G_i} + \sum_{j=1}^3 S_{U_j} + \sum_{k=1}^2 S_{C_k} \right) m^*$$

$$= 2(2,550 + 3,100 + 2,870 + 80 + 120 + 95 + 130 + 105)(4.063)$$

$$= 73,545.44 \text{ บาท/ปี}$$

ทั้งนี้ได้ใช้โปรแกรม Solver ในการทวนสอบเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 19 พบว่าจำนวนรอบการผลิตต่อปีที่เหมาะสมเท่ากับ 4.063 รอบ ซึ่งทำให้ค่าใช้จ่ายรวมของระบบมีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 73,545.44 บาท/ปี เช่นเดียวกับคำตอบที่ได้จากวิธีการหาอนุพันธ์ลำดับที่หนึ่งของฟังก์ชันวัตถุประสงค์

	A	B	C	D	E	F	G	H	K	L	M	N	O
1		X_{ij}			X_{jk}								
2		$j=1$	$j=2$	$j=3$	$k=1$	$k=2$							
3	$i=1$	2	0	0	3	1							
4	2	0	1	0	4	0							
5	3	0	0	1	2	3							
6							F	0.30					
7													
8			BOM	D	π	C	S	H	ϕ_{c_i}				
9	$i=1$	2	$2U_1+3C_1+C_2$	1080	3,600	165	2550	49.50	-				
10	2	0	U_2+4C_1	1,800	9,000	192	3100	57.60	-				
11	3	0	$U_3+2C_1+3C_2$	1440	7,200	177	2870	53.10	-				
12	$U_j=1$	-	-	-	-	11	80	3.30	-				
13	2	-	-	-	-	30	120	9.00	-				
14	3	-	-	-	-	22	95	6.60	-				
15	$C_k=1$	-	-	-	-	38	130	11.40	3582				
16	2	-	-	-	-	25	105	7.50	1890				
17		$\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}}$			181,537.20								
18		$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}}$			7,279.20								
19		$2 \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k}$			110,019.60								
20		$2 \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right)$			18,100.00								
21		m^*			4.063								
22		$TC(m^*)$			73,545.44								

Solver Parameters

Set Target Cell: 

Equal To: ☐ Max ☒ Min ☐ Value of:

By Changing Cells: 

Subject to the Constraints:

ภาพที่ 19 การใช้โปรแกรม Solver เพื่อหาจำนวนรอบการสั่งผลิตต่อปีที่ดีที่สุด

หากเปรียบเทียบกับนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิมสำหรับสินค้าหลายประเภท ซึ่งคำนวณจำนวนรอบการผลิตต่อปี (m_{EPQ}) จากสมการ (24) โดยไม่มีการพิจารณาค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บวัตถุดิบพบว่า

$$\begin{aligned}
m_{EPQ}^* &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}}}{2 \sum_{i=1}^3 S_{G_i}}} \\
&= \sqrt{\frac{\frac{H_{G_1} D_{G_1} (\pi_{G_1} - D_{G_1})}{\pi_{G_1}} + \frac{H_{G_2} D_{G_2} (\pi_{G_2} - D_{G_2})}{\pi_{G_2}} + \frac{H_{G_3} D_{G_3} (\pi_{G_3} - D_{G_3})}{\pi_{G_3}}}{2 (S_{G_1} + S_{G_2} + S_{G_3})}} \\
&= \sqrt{\frac{\frac{(49.50)(1,080)(3,600 - 1,080)}{3,600} + \frac{(57.60)(1,800)(9,000 - 1,800)}{9,000} + \frac{(53.10)(1,440)(7,200 - 1,440)}{7,200}}{2 (2,550 + 3,100 + 2,870)}} \\
&= 3.264 \text{ รอบ}
\end{aligned}$$

ซึ่งส่งผลให้ค่าใช้จ่ายรวมของระบบเท่ากับ 75,316.85 บาท/ปี โดยคำนวณได้จากสมการที่ (70)

$$\begin{aligned}
TC(m) &= m \left(\sum_{i=1}^3 S_{G_i} + \sum_{j=1}^3 S_{U_j} + \sum_{k=1}^2 S_{C_k} \right) + \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^3 \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} \\
&\quad + \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + \frac{1}{m} \sum_{k=1}^2 H_{C_k} \phi_{C_k} \\
&= m (S_{G_1} + S_{G_2} + S_{G_3} + S_{U_1} + S_{U_2} + S_{U_3} + S_{C_1} + S_{C_2}) \\
&\quad + \frac{1}{2m} \left(\frac{H_{G_1} D_{G_1} (\pi_{G_1} - D_{G_1})}{\pi_{G_1}} + \frac{H_{G_2} D_{G_2} (\pi_{G_2} - D_{G_2})}{\pi_{G_2}} + \frac{H_{G_3} D_{G_3} (\pi_{G_3} - D_{G_3})}{\pi_{G_3}} \right) \\
&\quad + \frac{1}{2m} \left(\frac{H_{U_1} X_{G_1 U_1} D_{G_1}^2}{\pi_{G_1}} + \frac{H_{U_2} X_{G_2 U_2} D_{G_2}^2}{\pi_{G_2}} + \frac{H_{U_3} X_{G_3 U_3} D_{G_3}^2}{\pi_{G_3}} \right) + \frac{1}{m} (H_{C_1} \phi_{C_1} + H_{C_2} \phi_{C_2}) \\
&= (3.264) (2,550 + 3,100 + 2,870 + 80 + 120 + 95 + 130 + 105) \\
&\quad + \frac{1}{2(3.264)} \left(\frac{(49.50)(1,080)(3,600 - 1,080)}{3,600} + \frac{(57.60)(1,800)(9,000 - 1,800)}{9,000} + \frac{(53.10)(1,440)(7,200 - 1,440)}{7,200} \right) \\
&\quad + \frac{1}{2(3.264)} \left(\frac{(3.30)(2)(1,080)^2}{3,600} + \frac{(9.00)(1)(1,800)^2}{9,000} + \frac{(6.60)(1)(1,440)^2}{7,200} \right) \\
&\quad + \frac{1}{(3.264)} ((11.40)(3,582) + (7.50)(1,890))
\end{aligned}$$

= 75,316.85 บาท/ปี

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายรวมของระบบที่ได้จากวิธีที่นำเสนอมีค่าต่ำกว่าค่าใช้จ่ายที่ได้จากนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิมคิดเป็น 1,771.41 บาท/ปี

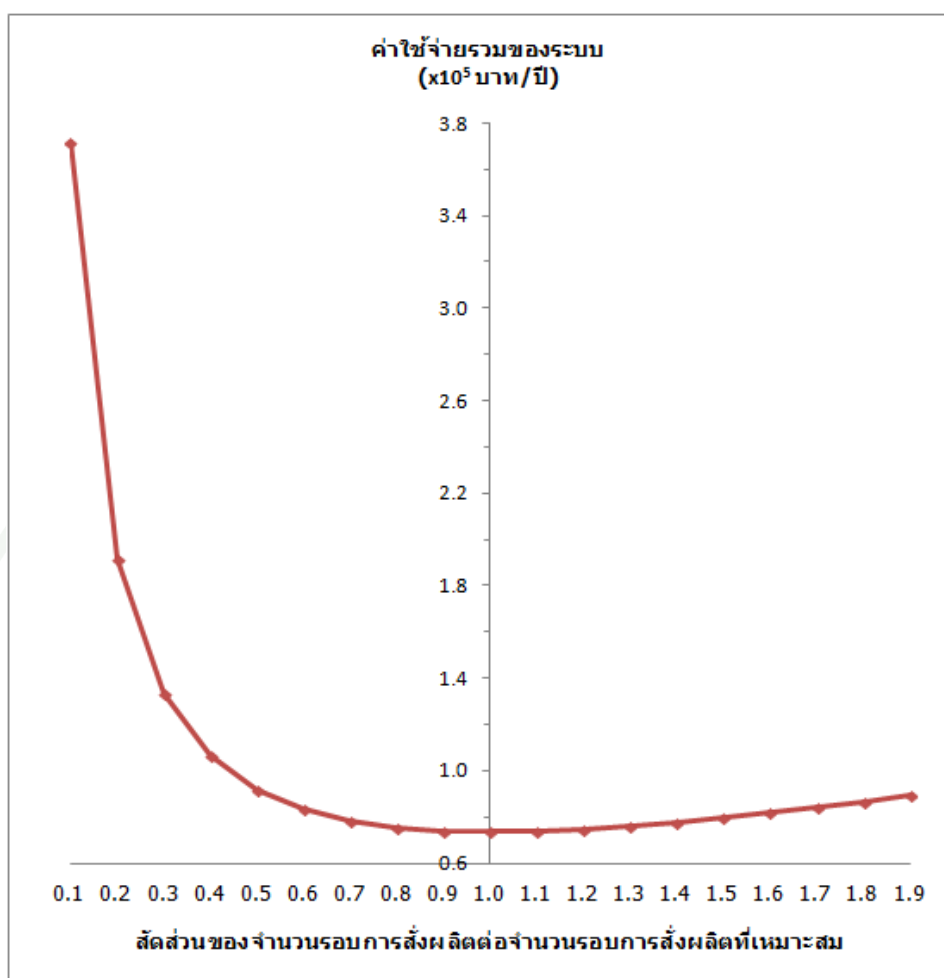
2. การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของจำนวนรอบการสั่งผลิตต่อปี (m)

การวิเคราะห์ความไวในส่วนนี้เป็นการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอบการสั่งผลิตต่อปีของสินค้าสำเร็จรูป (m) กรณีระบบการผลิตมีสินค้าหลายประเภท เพื่อดูผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายรวมของระบบ โดยมีหลักการคือ กำหนดให้ค่าพารามิเตอร์และตัวแปรอื่นๆ คงที่ ในขณะที่ทำการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอบการสั่งผลิตต่อปีเพิ่มขึ้นและลดลงครั้งละ 10% จากจำนวนรอบการสั่งผลิตต่อปีที่เหมาะสม (m^*) จากนั้นคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมของระบบจากสมการที่ (70) เพื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายรวมของระบบที่ดีที่สุด ทั้งนี้ได้แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ความไวเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอบการสั่งผลิตต่อปีเพิ่มขึ้นและลดลงครั้งละ 10% จากจำนวนรอบการสั่งผลิตต่อปีที่เหมาะสม โดยใช้ตัวอย่างเดียวกันกับปัญหาในกรณีที่ 2 ข้างต้นดังนี้

จากตัวอย่างของปัญหาในกรณีที่ 2 พบว่าจำนวนรอบการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปที่เหมาะสมคือ 4.063 รอบ/ปี ดังนั้นจึงทำการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอบการสั่งผลิตเพิ่มขึ้นและลดลงไปจากจำนวนรอบการสั่งผลิตที่เหมาะสมครั้งละ 0.406 รอบ และคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมของระบบต่อปีโดยกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์และตัวแปรอื่นๆ คงที่ ทั้งนี้ได้แสดงค่าใช้จ่ายรวมของระบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอบการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปในตารางที่ 5 และได้สร้างกราฟแสดงแนวโน้มของค่าใช้จ่ายรวมของระบบที่เปลี่ยนแปลงไป ณ ค่าสัดส่วนต่างๆ ของจำนวนรอบการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปต่อจำนวนรอบการสั่งผลิตที่เหมาะสมดังภาพที่ 20

ตารางที่ 5 ค่าใช้จ่ายรวมของระบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอบการสังเคราะห์สินค้าสำเร็จรูป

สัดส่วนของ m/m^*	จำนวนรอบการสังเคราะห์ สินค้าสำเร็จรูป (รอบ/ปี)	ค่าใช้จ่ายรวมของระบบ (บาท/ปี)
0.1	0.406	371,698.93
0.2	0.812	191,360.92
0.3	1.218	133,697.78
0.4	1.624	106,703.36
0.5	2.030	91,976.43
0.6	2.436	83,383.24
0.7	2.842	78,295.05
0.8	3.248	75,397.48
0.9	3.654	73,960.33
1.0	4.060	73,545.46
1.1	4.466	73,874.08
1.2	4.872	74,760.32
1.3	5.278	76,075.49
1.4	5.684	77,727.67
1.5	6.090	79,649.48
1.6	6.496	81,790.34
1.7	6.902	84,111.61
1.8	7.308	86,583.21
1.9	7.714	89,181.42



ภาพที่ 20 ค่าใช้จ่ยรวมของระบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอบการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูป

จากการวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของจำนวนรอบการสั่งผลิตต่อปี เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 20 พบว่าค่าใช้จ่ยรวมของระบบมีความไวต่อการลดลงของจำนวนรอบการสั่งผลิตมากกว่าการเพิ่มขึ้นของจำนวนรอบการสั่งผลิต นั่นคือ หากจำนวนรอบการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปเปลี่ยนแปลงไปจากจำนวนรอบการสั่งผลิตที่เหมาะสมในปริมาณที่เท่ากัน พบว่าจำนวนรอบการสั่งผลิตที่ลดลงจะส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ยรวมของระบบเพิ่มสูงขึ้น มากกว่าการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอบการสั่งผลิตที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ จากการวิเคราะห์ความไวแสดงให้เห็นว่าค่าใช้จ่ยรวมของระบบมีค่าน้อยที่สุดเมื่อจำนวนรอบการสั่งผลิตต่อปีของสินค้าสำเร็จรูปมีค่าเท่ากับจำนวนรอบการสั่งผลิตที่เหมาะสม

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของตัวแบบที่ถูกพัฒนาขึ้น

ในส่วนนี้ได้ทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของตัวแบบที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยทำการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อจำนวนรอบการสั่งผลิตต่อปีและค่าใช้จ่ายรวมของระบบ ซึ่งปัจจัยที่ทำการศึกษา ได้แก่ สัดส่วนค่าถือครองสินค้า ต้นทุนในการสั่งซื้อหรือสั่งผลิต และจำนวนวัตถุดิบที่มีการใช้งานร่วมกัน ทั้งนี้ได้แบ่งการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนแรกเป็นการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยสัดส่วนค่าถือครองสินค้า และส่วนที่สองเป็นการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยต้นทุนในการสั่งซื้อหรือสั่งผลิต และจำนวนวัตถุดิบที่มีการใช้งานร่วมกัน

การวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยสัดส่วนค่าถือครองสินค้า (F)

การวิเคราะห์ในส่วนนี้เป็นการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปัจจัยสัดส่วนค่าถือครองสินค้า (F) กรณีระบบการผลิตมีสินค้าหลายประเภท โดยในงานวิจัยนี้กำหนดให้สินค้าสำเร็จรูปและวัตถุดิบทุกชนิดมีสัดส่วนค่าถือครองสินค้าเท่ากัน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนค่าถือครองสินค้าส่งผลให้จำนวนรอบการสั่งผลิตที่เหมาะสมและค่าใช้จ่ายรวมของระบบมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ดังนั้นการวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยในส่วนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของจำนวนรอบการสั่งผลิตที่เหมาะสมที่ได้จากนโยบายที่นำเสนอกับจำนวนรอบการสั่งผลิตที่ได้จากนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิม (%Deviation of m) และเพื่อศึกษาค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าใช้จ่ายรวมของระบบที่ได้จากนโยบายที่นำเสนอกับค่าใช้จ่ายรวมของระบบที่ได้จากนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิม (%Deviation of TC) โดยมีหลักการคือ กำหนดให้ค่าพารามิเตอร์และตัวแปรอื่นๆ คงที่ ในขณะที่ทำการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนค่าถือครองสินค้าเป็น 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45 และ 0.50 จากนั้นคำนวณหาจำนวนรอบการสั่งผลิตที่เหมาะสมและค่าใช้จ่ายรวมของระบบที่ได้จากนโยบายที่นำเสนอซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (74) และ (89) ตามลำดับ เพื่อเปรียบเทียบกับจำนวนรอบการสั่งผลิตและค่าใช้จ่ายรวมของระบบที่ได้จากนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิมซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (24) และ (70) ตามลำดับ ทั้งนี้การเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยนั้น ได้แสดงผลเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของจำนวนรอบการสั่งผลิตที่เหมาะสมที่ได้จากนโยบายที่นำเสนอกับจำนวนรอบการสั่งผลิตที่ได้จากนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิมซึ่งคำนวณจากสมการ (90) และแสดงผลเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าใช้จ่ายรวมของระบบที่ได้จากนโยบายที่นำเสนอกับค่าใช้จ่ายรวมของระบบที่ได้จากนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิมซึ่งคำนวณจากสมการ (91)

$$\% \text{Deviation of } m = \left(\frac{m^* - m_{EPQ}^*}{m_{EPQ}^*} \right) \times 100 \quad (90)$$

$$\% \text{Deviation of } TC = \left(\frac{TC(m^*) - TC(m_{EPQ}^*)}{TC(m_{EPQ}^*)} \right) \times 100 \quad (91)$$

การวิเคราะห์หัตถิพลของปัจจัยสัดส่วนค่าถือครองสินค้า ได้ใช้ตัวอย่างเดียวกันกับ
ปัญหาในกรณีที่ 2 ข้างต้น โดยผลของค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนค่าถือครองสินค้า

F	m^*	$TC(m^*)$	m_{EPQ}^*	$TC(m_{EPQ}^*)$	%Deviation of m	%Deviation of TC
0.10	2.346	42,461.48	1.884	43,484.21	24.49	-2.35
0.15	2.873	52,004.48	2.308	53,257.06	24.49	-2.35
0.20	3.318	60,049.60	2.665	61,495.95	24.49	-2.35
0.25	3.709	67,137.49	2.980	68,754.57	24.49	-2.35
0.30	4.063	73,545.44	3.264	75,316.85	24.49	-2.35
0.35	4.389	79,438.15	3.526	81,351.50	24.49	-2.35
0.40	4.692	84,922.96	3.769	86,968.41	24.49	-2.35
0.45	4.976	90,074.40	3.998	92,243.93	24.49	-2.35
0.50	5.246	94,946.75	4.214	97,233.64	24.49	-2.35

จากการวิเคราะห์หัตถิพลของปัจจัยสัดส่วนค่าถือครองสินค้า เมื่อพิจารณาผลจากตาราง
ที่ 6 พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของจำนวนรอบการสั่งผลิตที่เหมาะสมที่ได้จากนโยบายที่
นำเสนอกับจำนวนรอบการสั่งผลิตที่ได้จากนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิมมีค่าเท่ากันคือ
24.49% แสดงว่าสัดส่วนค่าถือครองสินค้าไม่มีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง เนื่องจากเมื่อแทน
ค่า m^* จากสมการ (74) และ m_{EPQ}^* จากสมการ (24) ลงในสมการ (90) พบว่าสัดส่วนค่าถือครอง
สินค้านี้จะหักล้างกันหมดไป ดังแสดงในสมการ (92) – (97)

$$\% \text{Deviation of } m = \left(\frac{m^* - m_{EPQ}^*}{m_{EPQ}^*} \right) \times 100 = \left(\frac{m^*}{m_{EPQ}^*} - 1 \right) \times 100 \quad (92)$$

แทนค่า m^* และ m_{EPQ}^* ลงในสมการ (92)

$$= \left[\frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k} \right)^{\frac{1}{2}}}{2 \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right)} \right]^{-1} \times 100 \quad (93)$$

$$\left[\frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} \right)^{\frac{1}{2}}}{2 \sum_{i=1}^n S_{G_i}} \right]$$

$$= \left[\frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k} \right) \left(2 \sum_{i=1}^n S_{G_i} \right)^{\frac{1}{2}}}{2 \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} \right)} \right]^{-1} \times 100 \quad (94)$$

แทนค่า $H_{G_i} = C_{G_i} F$, $H_{U_j} = C_{U_j} F$ และ $H_{C_k} = C_{C_k} F$ ลงในสมการ (94)

$$= \left[\frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^n \frac{C_{G_i} F D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}}}{+ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{C_{U_j} F X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p C_{C_k} F \phi_{C_k}} \right) \left(2 \sum_{i=1}^n S_{G_i} \right)^{\frac{1}{2}}}{2 \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{C_{G_i} F D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} \right)} \right]^{-1} \times 100 \quad (95)$$

$$= \left[\frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^n \frac{C_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}}}{+ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{C_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p C_{C_k} \phi_{C_k}} \right) \left(2 \sum_{i=1}^n S_{G_i} \right)^{\frac{1}{2}}}{2 \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{C_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} \right)} \right]^{-1} \times 100 \quad (96)$$

$$= \left[\frac{\left(\sum_{i=1}^n \frac{C_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{C_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p C_{C_k} \phi_{C_k} \right) \left(2 \sum_{i=1}^n S_{G_i} \right)}{2 \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{C_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} \right)} - 1 \right] \times 100 \quad (97)$$

จากตารางที่ 6 พบว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนค่าถือครองสินค้า ส่งผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าใช้จ่ายรวมของระบบที่ได้จากนโยบายที่นำเสนอกับค่าใช้จ่ายรวมของระบบที่ได้จากนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิมมีค่าเท่ากันคือ -2.35% % แสดงว่าสัดส่วนค่าถือครองสินค้าไม่มีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง เนื่องจากเมื่อแทนค่า $TC(m^*)$ จากสมการ (89) และ $TC(m_{EPQ}^*)$ จากสมการ (70) ลงในสมการ (91) พบว่าสัดส่วนค่าถือครองสินค้าจะหักล้างกันหมดไป ดังแสดงในสมการ (98) – (108)

$$\% \text{Deviation of } TC = \left(\frac{TC(m^*) - TC(m_{EPQ}^*)}{TC(m_{EPQ}^*)} \right) \times 100 = \left(\frac{TC(m^*)}{TC(m_{EPQ}^*)} - 1 \right) \times 100 \quad (98)$$

แทนค่า $TC(m^*)$ และ $TC(m_{EPQ}^*)$ ลงในสมการที่ (98)

$$= \left[\frac{2m^* \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right)}{m_{EPQ}^* \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) + \frac{1}{2m_{EPQ}^*} \sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \frac{1}{2m_{EPQ}^*} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + \frac{1}{m_{EPQ}^*} \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k}} - 1 \right] \times 100 \quad (99)$$

$$= \left[\frac{2m^* \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right)}{\frac{1}{2m_{EPQ}^*} \left(2(m_{EPQ}^*)^2 \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) + \sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k} \right)} - 1 \right] \times 100 \quad (100)$$

แทนค่า m^* จากสมการ (74) และ m_{EPQ}^* จากสมการ (24) ลงในสมการที่ (100)

$$= \left[\begin{array}{c} \left(\frac{\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k}}{2 \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right)} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) \\ \frac{1}{2} \left(\frac{2 \sum_{i=1}^n S_{G_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}}} \right)^{\frac{1}{2}} \left[\frac{\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}}}{2 \sum_{i=1}^n S_{G_i}} \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) \right. \\ \left. + \sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k} \right] \end{array} \right]^{-1} \times 100 \quad (101)$$

$$= \left[\begin{array}{c} \left[2 \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \\ \frac{1}{2 \sum_{i=1}^n S_{G_i}} \left(\frac{2 \sum_{i=1}^n S_{G_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}}} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) \right. \\ \left. + \left(\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} \right) \right. \\ \left. + \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} \right) + 2 \left(\sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} \right) \right) \end{array} \right]^{-1} \times 100 \quad (102)$$

$$= \left[\begin{array}{c} \left[2 \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \\ \left(\frac{1}{2 \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} \right) \sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}}} \right)^{\frac{1}{2}} + \left(\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) \\ + \left(\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} \right) \\ + \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} \right) + 2 \left(\sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} \right) \end{array} \right]^{-1} \times 100 \quad (103)$$

$$= \left[\begin{array}{c} \left[\begin{array}{c} 2 \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) \\ \left(\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k} \right) \\ \left(2 \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} \right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} \right) \right) \end{array} \right]^{\frac{1}{2}} \\ \left(\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) + \left(\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} \right) \\ + \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} \right) + 2 \left(\sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} \right) \end{array} \right]^{-1} \times 100 \quad (104)$$

$$= \left[\left[\begin{array}{c} \left[4 \left(\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \\ \left(\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k} \right) \end{array} \right] \right]^{-1} \times 100 \quad (105)$$

$$= \left[\left(\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) + \left(\sum_{i=1}^n \frac{H_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} \right) \right. \\ \left. + \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{H_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} \right) + 2 \left(\sum_{k=1}^p H_{C_k} \phi_{C_k} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} \right) \right]$$

แทนค่า $H_{G_i} = C_{G_i} F$, $H_{U_j} = C_{U_j} F$ และ $H_{C_k} = C_{C_k} F$ ลงในสมการที่ (105)

$$= \left[\left[\begin{array}{c} \left[4 \left(\sum_{i=1}^n \frac{C_{G_i} F D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \\ \left(\sum_{i=1}^n \frac{C_{G_i} F D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{C_{U_j} F X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p C_{C_k} F \phi_{C_k} \right) \end{array} \right] \right]^{-1} \times 100 \quad (106)$$

$$= \left[\left(\sum_{i=1}^n \frac{C_{G_i} F D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) + \left(\sum_{i=1}^n \frac{C_{G_i} F D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} \right) \right. \\ \left. + \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{C_{U_j} F X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} \right) + 2 \left(\sum_{k=1}^p C_{C_k} F \phi_{C_k} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} \right) \right]$$

$$= \left[\left[\begin{array}{c} \left[4 F^{\frac{1}{2}} \left(\sum_{i=1}^n \frac{C_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \\ \left(\sum_{i=1}^n \frac{C_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{C_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p C_{C_k} \phi_{C_k} \right) \end{array} \right] \right]^{-1} \times 100 \quad (107)$$

$$= \left[\left(\sum_{i=1}^n \frac{C_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) + \left(\sum_{i=1}^n \frac{C_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} \right) \right. \\ \left. + \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{C_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} \right) + 2 \left(\sum_{k=1}^p C_{C_k} \phi_{C_k} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} \right) \right]$$

$$= \left[\frac{\left[\frac{4 \left(\sum_{i=1}^n \frac{C_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} \right)}{\left(\sum_{i=1}^n \frac{C_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{C_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} + 2 \sum_{k=1}^p C_{C_k} \phi_{C_k} \right)} \right]^{\frac{1}{2}}}{\left(\sum_{i=1}^n \frac{C_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} + \sum_{j=1}^o S_{U_j} + \sum_{k=1}^p S_{C_k} \right) + \left(\sum_{i=1}^n \frac{C_{G_i} D_{G_i} (\pi_{G_i} - D_{G_i})}{\pi_{G_i}} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} \right) + \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^o \frac{C_{U_j} X_{G_i U_j} D_{G_i}^2}{\pi_{G_i}} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} \right) + 2 \left(\sum_{k=1}^p C_{C_k} \phi_{C_k} \right) \left(\sum_{i=1}^n S_{G_i} \right)} \right]^{-1} \times 100 \quad (108)$$

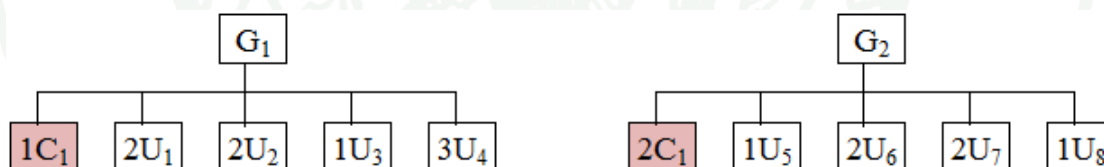
นอกจากนี้ ค่า %Deviation of TC จากตารางที่ 6 มีค่าเท่ากับ -2.35% แสดงว่าค่าใช้จ่ายโดยรวมของระบบที่ได้จากนโยบายที่นำเสนอมีค่าต่ำกว่าค่าใช้จ่ายโดยรวมของระบบที่ได้จากนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิม ไม่ว่าสัดส่วนค่าถือครองสินค้าจะมีค่าเท่าใดก็ตาม

การวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยต้นทุนในการสั่งซื้อหรือสั่งผลิต และจำนวนวัตถุดิบที่มีการใช้งานร่วมกัน

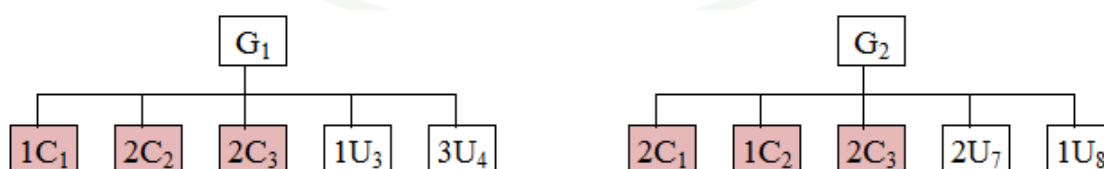
ในขั้นตอนของการวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยต้นทุนในการสั่งซื้อหรือสั่งผลิต และจำนวนวัตถุดิบที่มีการใช้งานร่วมกัน เป็นการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของตัวแบบที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยทำการเปลี่ยนแปลงปัจจัยต้นทุนในการสั่งซื้อหรือสั่งผลิต และจำนวนวัตถุดิบที่มีการใช้งานร่วมกัน (Factor) จากนั้นนำค่าใช้จ่ายรวมของระบบซึ่งประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ สั่งผลิตและถือครองสินค้าสำเร็จรูปและวัตถุดิบที่ได้จากนโยบายที่นำเสนอโดยคำนวณจากสมการ (89) มาเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายรวมของระบบที่ได้จากนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิม ซึ่งคำนวณหาจำนวนรอบการผลิตต่อปี (m_{EPQ}^*) โดยไม่มีการพิจารณาค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บวัตถุดิบจากสมการ (24) และคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมของระบบได้จากสมการ (70) ทั้งนี้การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของตัวแบบที่ถูกพัฒนาขึ้น ได้แสดงผลเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าใช้จ่ายรวมของระบบ (Response) ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (91) หากค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างมีค่าน้อยกว่าศูนย์แสดงว่าตัวแบบที่ถูกพัฒนาขึ้นให้ค่าใช้จ่ายรวมของระบบต่ำกว่านโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิม นอกจากนี้หากค่าใช้จ่ายรวมของระบบที่ได้จากนโยบายที่นำเสนอและค่าใช้จ่ายรวมของระบบที่ได้จากนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าปัจจัยต้นทุนในการสั่งซื้อหรือสั่งผลิต และจำนวนวัตถุดิบที่มีการใช้งานร่วมกันมีอิทธิพลต่อค่าใช้จ่ายรวมของระบบ

กำหนดให้ปัญหาสำหรับการวัดประสิทธิภาพของตัวแบบเกิดจากระบบการผลิตสินค้าสำเร็จรูป 2 ประเภทที่มีโครงสร้างผลิตภัณฑ์ 2 ระดับ และสินค้าสำเร็จรูปแต่ละประเภทมีการใช้วัตถุดิบจำนวน 5 ชนิดในการผลิตสินค้า โดยแบ่งการพิจารณาปัญหาตามปัจจัย 2 ปัจจัย ได้แก่ ต้นทุนในการสั่งซื้อหรือสั่งผลิต (10 เท่า และ 100 เท่า) ของราคาสินค้าหรือวัตถุดิบ และจำนวนวัตถุดิบที่มีการใช้งานร่วมกัน (1 ชนิด, 3 ชนิด และ 5 ชนิด) ซึ่งความต้องการสินค้าสำเร็จรูป และราคาต่อหน่วยของวัตถุดิบ ถูกสุ่มจากการแจกแจงแบบเอกรูปชนิดไม่ต่อเนื่อง (Discrete Uniform Distribution) มีค่าอยู่ในช่วง [1000,9000] และ [1,100] ตามลำดับ กำหนดให้กำลังการผลิตเป็น 3 เท่าของความต้องการสินค้าสำเร็จรูป ราคาต่อหน่วยของสินค้าสำเร็จรูปคิดเป็น 1.1 เท่าของผลรวมของราคาวัตถุดิบทั้งหมดที่อยู่ในโครงสร้างผลิตภัณฑ์ และสัดส่วนค่าถือครองสินค้าคิดเป็น 30% ของราคาสินค้า ทั้งนี้จากการพิจารณาปัจจัย 2 ปัจจัย (Factor) โดยแต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ และ 3 ระดับ (Level) จึงเกิดรูปแบบการทดสอบจำนวน 6 รูปแบบ (Treatment Combination) และในงานวิจัยได้สร้างชุดปัญหาจำนวน 10 ชุด (Replication) สำหรับแต่ละรูปแบบ ซึ่งทำให้ได้จำนวนปัญหาทั้งสิ้น 60 ปัญหา

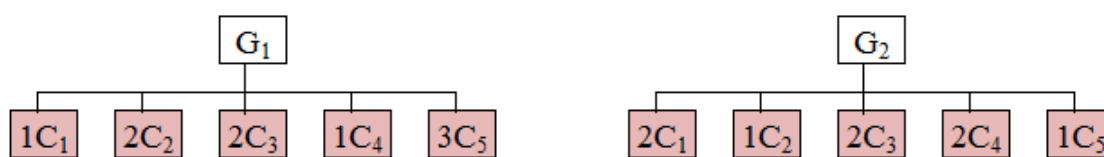
โครงสร้างผลิตภัณฑ์สำหรับสินค้าสำเร็จรูป 2 ประเภท (G_1 และ G_2) เมื่อมีการใช้งานวัตถุดิบร่วมกันจำนวน 1 ชนิด แสดงดังภาพที่ 21, 22 และ 23 ตามลำดับ



ภาพที่ 21 โครงสร้างผลิตภัณฑ์ของสินค้าสำเร็จรูป G_1 และ G_2 เมื่อมีการใช้งานวัตถุดิบร่วมกันจำนวน 1 ชนิด



ภาพที่ 22 โครงสร้างผลิตภัณฑ์ของสินค้าสำเร็จรูป G_1 และ G_2 เมื่อมีการใช้งานวัตถุดิบร่วมกันจำนวน 3 ชนิด



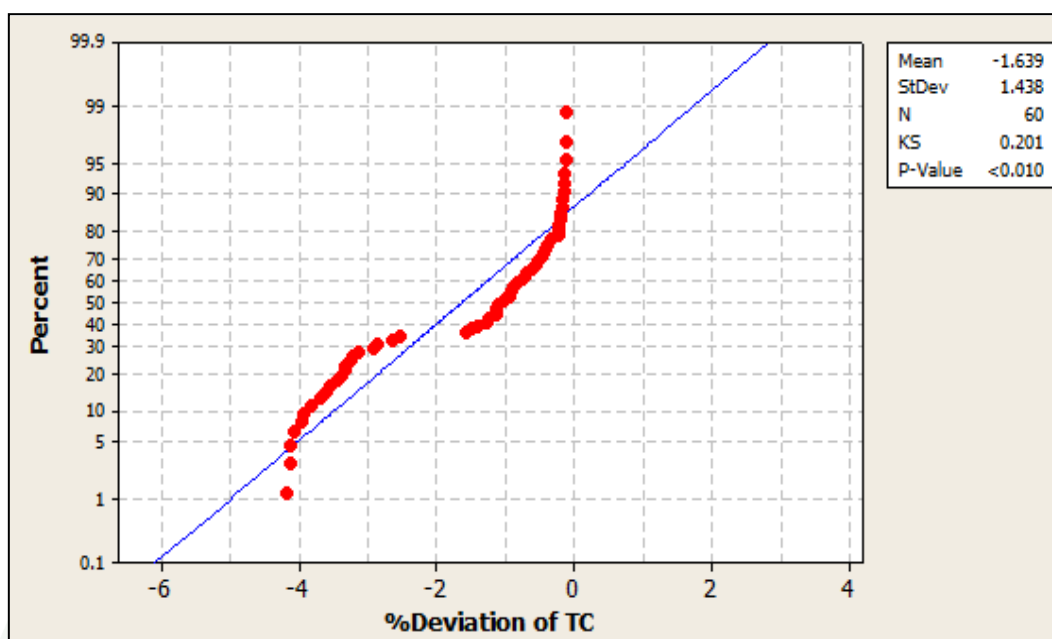
ภาพที่ 23 โครงสร้างผลิตภัณฑ์ของสินค้าสำเร็จรูป G_1 และ G_2 เมื่อมีการใช้งานวัตถุดิบร่วมกันจำนวน 5 ชนิด

ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของนโยบายที่นำเสนอกับนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัคดั้งเดิมสำหรับรูปแบบการทดสอบทั้ง 6 รูปแบบ แสดงตามตารางผนวกที่ ก1 ถึงตารางผนวกที่ ก6 นำเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของทั้ง 6 รูปแบบการทดสอบ รูปแบบละ 10 ปัญหา มาหาค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าใช้จ่ายรวมของระบบ

จำนวนวัตถุดิบที่ใช้ร่วมกัน	ต้นทุนในการสั่งซื้อ/สั่งผลิต		ค่าเฉลี่ยทั้งหมด
	10 เท่า	100 เท่า	
1	-0.32	-0.22	-0.27
3	-1.09	-1.18	-1.14
5	-3.62	-3.40	-3.51
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด	-1.68	-1.60	-1.64

นำค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของนโยบายที่นำเสนอกับนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัคดั้งเดิมมาทดสอบการกระจายแบบปกติของข้อมูล (Normality Test) พบว่ากราฟที่ได้ไม่เป็นเส้นตรง และค่า $p\text{-value} < 0.010$ แสดงว่าข้อมูลไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติตามภาพที่ 24



ภาพที่ 24 การทดสอบการกระจายแบบปกติของค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง

เนื่องจากค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าใช้จ่ายรวมของระบบไม่ได้มีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ ดังนั้นจึงใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ Nonparametric โดยใช้วิธี Mann-Whitney Test สำหรับการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง (Response) เมื่อกำหนดให้ปัจจัยด้านต้นทุนการสั่งซื้อหรือส่งผลิตเป็น 10 เท่า และ 100 เท่าของราคาสินค้าหรือวัตถุดิบ และใช้วิธี Kruskal-Wallis Test สำหรับการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง (Response) เมื่อกำหนดให้ปัจจัยด้านจำนวนวัตถุดิบที่ใช้ร่วมกันเป็น 1 ชนิด, 3 ชนิด และ 5 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่า p-value จากการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของนโยบายที่นำเสนอ กับนโยบายการส่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิม

ปัจจัย	p-value
ต้นทุนการสั่งซื้อ/ส่งผลิต	0.5592
จำนวนวัตถุดิบที่ใช้ร่วมกัน	0.0000

นำค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าใช้จ่ายรวมของระบบ ที่แต่ละระดับของปัจจัยด้านจำนวนวัตถุดิบที่ใช้ร่วมกัน มาวิเคราะห์ด้วยวิธี Wilcoxon Signed Rank เพื่อวิเคราะห์ว่าแต่ละระดับของปัจจัยมีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างหรือไม่ ได้ผลแสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ช่วงความเชื่อมั่นของค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างด้วยวิธี Wilcoxon Signed Rank

ปัจจัย	ระดับ	ช่วงความเชื่อมั่น	
		ขอบเขตล่าง	ขอบเขตบน
จำนวนวัตถุดิบที่ใช้ร่วมกัน	1 ชนิด	-0.339	-0.177
	3 ชนิด	-1.234	-0.924
	5 ชนิด	-3.750	-3.296

จากการเปรียบเทียบตัวแบบนโยบายที่พัฒนาขึ้นกับนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัคดั้งเดิม พบว่า นโยบายที่พัฒนาขึ้นให้ค่าใช้จ่ายรวมของระบบต่ำกว่านโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัคดั้งเดิมในทุกปัญหาที่ทำการเปรียบเทียบดังแสดงในตารางผนวกที่ ก1 ถึงตารางผนวกที่ ก6 โดยค่าเฉลี่ยรวมของเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างคิดเป็น -1.64 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบเมื่อกำหนดให้ต้นทุนการสั่งซื้อ/สั่งผลิตเป็นปัจจัย และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเป็นค่าตอบสนอง พบว่าค่า p-value เท่ากับ 0.5592 แสดงว่าต้นทุนการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตไม่มีนัยสำคัญต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าใช้จ่ายรวมของระบบที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อให้จำนวนวัตถุดิบที่ใช้ร่วมกันเป็นปัจจัย และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเป็นค่าตอบสนอง พบว่าค่า p-value เท่ากับ 0.0000 แสดงว่าจำนวนวัตถุดิบที่ใช้ร่วมกันมีนัยสำคัญต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าใช้จ่ายรวมของระบบที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์หาช่วงความเชื่อมั่นที่แต่ละระดับของปัจจัยด้านจำนวนวัตถุดิบที่ใช้ร่วมกันด้วยวิธี Wilcoxon Signed Rank ดังแสดงในตารางที่ 9 ซึ่งพบว่า ทุกระดับของปัจจัยด้านจำนวนวัตถุดิบที่ใช้ร่วมกันส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าใช้จ่ายรวมของระบบที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยจำนวนวัตถุดิบที่ใช้ร่วมกัน 5 ชนิด ส่งผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างมากที่สุด รองลงมาคือจำนวนวัตถุดิบที่ใช้ร่วมกัน 3 ชนิด และ 1 ชนิด ตามลำดับ ดังนั้นจากการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายรวมของระบบแสดงให้เห็นว่านโยบายที่นำเสนอให้ค่าใช้จ่ายรวมของระบบที่ดีกว่านโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัคดั้งเดิม และความแตกต่างของค่าใช้จ่ายรวมของระบบมีแนวโน้มที่จะต่างกันมากขึ้นเมื่อมีจำนวนวัตถุดิบที่ใช้ร่วมกันมากขึ้น

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอตัวแบบในการหาปริมาณการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปและปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบที่เหมาะสมในแต่ละรอบการผลิตเมื่อทราบลำดับการผลิต เพื่อลดค่าใช้จ่ายรวมของระบบซึ่งประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ สั่งผลิต และถือครองสินค้าคงคลังทั้งประเภทวัตถุดิบและสินค้าสำเร็จรูป ในงานวิจัยนี้พิจารณาระบบการผลิตสินค้าสำเร็จรูปที่มีค่าอุปสงค์เป็นแบบต่อเนื่องและมีโครงสร้างผลิตภัณฑ์ 2 ระดับ คือ ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปและวัตถุดิบ ซึ่งวัตถุดิบแต่ละชนิดมีการสั่งซื้อเป็นอิสระต่อกัน โดยในแต่ละรอบการผลิตจะสั่งซื้อเพียงครั้งเดียวในช่วงเวลาที่เริ่มเกิดอุปสงค์ของวัตถุดิบนั้น ทั้งนี้ได้แบ่งการพิจารณาตัวแบบออกเป็น 2 นโยบาย คือ นโยบายการสั่งผลิตกรณีระบบการผลิตมีสินค้าประเภทเดียว และนโยบายการสั่งผลิตกรณีระบบการผลิตมีสินค้าหลายประเภท

ตัวแบบนโยบายการสั่งผลิตกรณีระบบมีการผลิตสินค้าสำเร็จรูปประเภทเดียวถูกพัฒนามาจากการสร้างสมการค่าใช้จ่ายรวมของระบบที่มีตัวแปรตัดสินใจคือปริมาณการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูป ทำการหาอนุพันธ์ค่าใช้จ่ายรวมของระบบซึ่งประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ สั่งผลิต และถือครองสินค้าคงคลังทั้งประเภทสินค้าสำเร็จรูปและวัตถุดิบเทียบกับตัวแปรตัดสินใจ เพื่อหาปริมาณการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปที่เหมาะสม และคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบแต่ละชนิดจากความสัมพันธ์ในโครงสร้างผลิตภัณฑ์ สำหรับตัวแบบนโยบายการสั่งผลิตกรณีระบบมีการผลิตสินค้าสำเร็จรูปหลายประเภทถูกพัฒนามาจากการสร้างสมการค่าใช้จ่ายรวมของระบบที่มีตัวแปรตัดสินใจคือจำนวนรอบการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปต่อปี ทำการหาอนุพันธ์ค่าใช้จ่ายรวมของระบบซึ่งประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ สั่งผลิต และถือครองสินค้าคงคลังทั้งประเภทสินค้าสำเร็จรูปและวัตถุดิบเทียบกับตัวแปรตัดสินใจ เพื่อหาจำนวนรอบการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปต่อปีที่เหมาะสมจากความสัมพันธ์ของความต้องการสินค้าสำเร็จรูปต่อปีและจำนวนรอบการสั่งผลิตต่อปีทำให้สามารถคำนวณหาปริมาณการสั่งผลิตสินค้าสำเร็จรูปแต่ละชนิดในแต่ละรอบ และจากความสัมพันธ์ในโครงสร้างผลิตภัณฑ์ทำให้สามารถคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบแต่ละชนิดได้เป็นลำดับต่อมา

จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของตัวแบบที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยทำการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยสัดส่วนค่าถือครองสินค้า ต้นทุนในการสั่งซื้อ/สั่งผลิต และจำนวนวัตถุดิบที่มีการใช้งาน

ร่วมกัน (Factor) ที่ส่งผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าใช้จ่ายรวมของระบบจากนโยบายที่นำเสนอกับค่าใช้จ่ายรวมของระบบจากนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัคดั้งเดิม (Response) พบว่า สัดส่วนค่าถือครองสินค้าและต้นทุนในการสั่งซื้อ/สั่งผลิตไม่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าใช้จ่ายรวมของระบบจากนโยบายที่นำเสนอกับค่าใช้จ่ายรวมของระบบจากนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัคดั้งเดิม ในขณะที่ปัจจัยด้านจำนวนวัตถุดิบที่มีการใช้งานร่วมกัน ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าใช้จ่ายรวมของระบบที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าใช้จ่ายจากนโยบายที่นำเสนอกับค่าใช้จ่ายจากนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัคดั้งเดิมจะเพิ่มสูงขึ้น เมื่อมีจำนวนวัตถุดิบที่ใช้งานร่วมกันมากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้สามารถถูกพัฒนาต่อไปในอนาคต โดยเป็นการหาลำดับการผลิตควบคู่ไปกับการหาปริมาณการผลิตที่เหมาะสม เพื่อลดค่าใช้จ่ายโดยรวมของระบบ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

พิภพ สถิตาภรณ์. 2549. ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต. บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

วิสุทธิ สุพิทักษ์. 2554. เอกสารประกอบการสอนวิชา **Inventory Theory**. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน, กรุงเทพฯ. (อัดสำเนา)

Cardenas-Barron, L.E. 2001. The economic production quantity (EPQ) with shortage derived algebraically. **Int. J. Production Economics** 70: 289-292.

Chiu, S.W. 2008. Production lot size problem with failure in repair and backlogging derived without derivatives. **European Journal of Operational Research** 188: 610-615.

Drake, M.J., D.W. Pentico and C. Toews. 2011. Using the EPQ for coordinated planning of a product with partial backordering and its components. **Mathematical and Computer Modelling** 53: 359-375.

Hou, K.L. 2007. An EPQ model with setup cost and process quality as functions of capital expenditure. **Applied Mathematical Modelling** 31: 10-17.

Hsieh, T.P. and C.Y. Dye. 2012. A note on “The EPQ with partial backordering and phase-dependent backordering rate”. **Omega** 40: 131-133.

Pentico, D.W., M.J. Drake and C. Toews. 2009. The deterministic EPQ with partial backordering: A new approach. **Omega** 37: 624-636.

_____, _____ and _____. 2011. The EPQ with partial backordering and phase-dependent backordering rate. **Omega** 39: 574-577.

- Pasandideh, S.H.R. and S.T.A. Niaki. 2008. A genetic algorithm approach to optimize a multi-products EPQ model with discrete delivery orders and constrained space. **Applied Mathematics and Computation** 195: 506-514.
- Salameh, M.K. and M.Y. Jaber. 2000. Economic production quantity model for items with imperfect quality. **Int. J. Production Economics** 64: 59-64.
- Taleizadeh, A.A., S.T.A. Niaki and A.A. Najafi. 2010. Multiproduct single-machine production system with stochastic scrapped production rate, partial backordering and service level constraint. **Journal of Computational and Applied Mathematics** 233: 1834-1849.
- _____, H.M. Wee and S.J. Sadjadi. 2010. Multi-product production quantity model with repair failure and partial backordering. **Computers & Industrial Engineering** 59: 45-54.
- Teng, J.T., L.Y. Ouyang and C.T. Chang. 2005. Deterministic economic production quantity models with time-varying demand and cost. **Applied Mathematical Modelling** 29: 987-1003.
- Tersine, R.J. 1994. **Principles of Inventory and Materials Management**. 4th ed. PTR Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- Zhang, R.Q. 2009. A note on the deterministic EPQ with partial backordering. **Omega** 37: 1036-1038.



ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ ก1 ผลการเปรียบเทียบวิธีที่นำเสนอกับนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิม เมื่อ
ต้นทุนการสั่งซื้อ/สั่งผลิตเป็น 10 เท่า และมีจำนวนวัตถุดิบที่ใช้ร่วมกัน 1 ชนิด

ปัญหา ที่	สินค้า/ วัตถุดิบ	D	π	C	S	H	$TC(m^*)$	$TC(m_{EPQ}^*)$	% ความแตกต่าง
1	G_1	3360	10080	570.90	5709	171.27			
	G_2	6461	19383	273.90	2739	82.17			
	C_1	-	-	43	430	12.90			
	U_1	-	-	60	600	18.00			
	U_2	-	-	47	470	14.10			
	U_3	-	-	52	520	15.60	170284.86	170624.38	-0.20
	U_4	-	-	70	700	21.00			
	U_5	-	-	5	50	1.50			
	U_6	-	-	28	280	8.40			
	U_7	-	-	42	420	12.60			
	U_8	-	-	18	180	5.40			
2	G_1	2177	6531	424.60	4246	127.38			
	G_2	6767	20301	443.30	4433	132.99			
	C_1	-	-	88	880	26.40			
	U_1	-	-	73	730	21.90			
	U_2	-	-	7	70	2.10			
	U_3	-	-	15	150	4.50	188494.19	189412.83	-0.48
	U_4	-	-	41	410	12.30			
	U_5	-	-	54	540	16.20			
	U_6	-	-	26	260	7.80			
	U_7	-	-	23	230	6.90			
	U_8	-	-	75	750	22.50			
3	G_1	2281	6843	401.50	4015	120.45			
	G_2	6356	19068	348.70	3487	104.61			
	C_1	-	-	54	540	16.20			
	U_1	-	-	4	40	1.20			
	U_2	-	-	16	160	4.80			
	U_3	-	-	58	580	17.40	153402.59	153755.65	-0.23
	U_4	-	-	71	710	21.30			
	U_5	-	-	39	390	11.70			
	U_6	-	-	18	180	5.40			
	U_7	-	-	35	350	10.50			
	U_8	-	-	64	640	19.20			

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

ปัญหา ที่	สินค้า/ วัตถุดิบ	D	π	C	S	H	$TC(m^*)$	$TC(m_{EPQ}^*)$	% ความแตกต่าง
4	G_1	6610	19830	405.90	4059	121.77	208261.16	209429.04	-0.56
	G_2	8890	26670	341	3410	102.30			
	C_1	-	-	86	860	25.80			
	U_1	-	-	38	380	11.40			
	U_2	-	-	70	700	21.00			
	U_3	-	-	40	400	12.00			
	U_4	-	-	9	90	2.70			
	U_5	-	-	20	200	6.00			
	U_6	-	-	52	520	15.60			
	U_7	-	-	5	50	1.50			
	U_8	-	-	4	40	1.20			
5	G_1	8408	25224	493.90	4939	148.17	237365.28	238608.97	-0.52
	G_2	8308	24924	345.40	3454	103.62			
	C_1	-	-	87	870	26.10			
	U_1	-	-	71	710	21.30			
	U_2	-	-	6	60	1.80			
	U_3	-	-	28	280	8.40			
	U_4	-	-	60	600	18.00			
	U_5	-	-	10	100	3.00			
	U_6	-	-	3	30	0.90			
	U_7	-	-	57	570	17.10			
	U_8	-	-	10	100	3.00			
6	G_1	2872	8616	657.80	6578	197.34	268704.93	269175.91	-0.17
	G_2	8897	26691	511.50	5115	153.45			
	C_1	-	-	63	630	18.90			
	U_1	-	-	50	500	15.00			
	U_2	-	-	83	830	24.90			
	U_3	-	-	50	500	15.00			
	U_4	-	-	73	730	21.90			
	U_5	-	-	81	810	24.30			
	U_6	-	-	59	590	17.70			
	U_7	-	-	62	620	18.60			
	U_8	-	-	16	160	4.80			

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

ปัญหา ที่	สินค้า/ วัตถุดิบ	D	π	C	S	H	$TC(m^*)$	$TC(m_{EPQ}^*)$	% ความแตกต่าง
7	G_1	1961	5883	661.10	6611	198.33			
	G_2	2978	8934	470.80	4708	141.24			
	C_1	-	-	63	630	18.90			
	U_1	-	-	62	620	18.60			
	U_2	-	-	55	550	16.50			
	U_3	-	-	49	490	14.70	169154.31	169407.99	-0.15
	U_4	-	-	85	850	25.50			
	U_5	-	-	78	780	23.40			
	U_6	-	-	59	590	17.70			
	U_7	-	-	49	490	14.70			
	U_8	-	-	8	80	2.40			
8	G_1	2027	6081	517	5170	155.10			
	G_2	8473	25419	531.30	5313	159.39			
	C_1	-	-	93	930	27.90			
	U_1	-	-	77	770	23.10			
	U_2	-	-	49	490	14.70			
	U_3	-	-	26	260	7.80	244523.00	245534.51	-0.41
	U_4	-	-	33	330	9.90			
	U_5	-	-	26	260	7.80			
	U_6	-	-	27	270	8.10			
	U_7	-	-	62	620	18.60			
	U_8	-	-	93	930	27.90			
9	G_1	1244	3732	614.90	6149	184.47			
	G_2	4415	13245	658.90	6589	197.67			
	C_1	-	-	70	700	21.00			
	U_1	-	-	16	160	4.80			
	U_2	-	-	84	840	25.20			
	U_3	-	-	46	460	13.80	211709.86	212028.60	-0.15
	U_4	-	-	81	810	24.30			
	U_5	-	-	88	880	26.40			
	U_6	-	-	92	920	27.60			
	U_7	-	-	72	720	21.60			
	U_8	-	-	43	430	12.90			

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

ปัญหา ที่	สินค้า/ วัตถุดิบ	D	π	C	S	H	$TC(m^*)$	$TC(m_{EPQ}^*)$	% ความแตกต่าง
10	G_1	3725	11175	556.60	5566	166.98			
	G_2	5261	15783	470.80	4708	141.24			
	C_1	-	-	84	840	25.20			
	U_1	-	-	91	910	27.30			
	U_2	-	-	22	220	6.60			
	U_3	-	-	22	220	6.60	211662.14	212406.06	-0.35
	U_4	-	-	58	580	17.40			
	U_5	-	-	6	60	1.80			
	U_6	-	-	53	530	15.90			
	U_7	-	-	49	490	14.70			
	U_8	-	-	50	500	15.00			

ตารางผนวกที่ ก2 ผลการเปรียบเทียบวิธีที่นำเสนอกับนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิม เมื่อ
ต้นทุนการสั่งซื้อ/สั่งผลิตเป็น 100 เท่า และมีจำนวนวัตถุดิบที่ใช้ร่วมกัน 1 ชนิด

ปัญหา ที่	สินค้า/ วัตถุดิบ	D	π	C	S	H	$TC(m^*)$	$TC(m_{EPQ}^*)$	% ความแตกต่าง
11	G_1	2186	6558	441.10	44110	132.33			
	G_2	4263	12789	622.60	62260	186.78			
	C_1	-	-	86	8600	25.80			
	U_1	-	-	59	5900	17.70			
	U_2	-	-	2	200	0.60			
	U_3	-	-	100	10000	30.00	626020.35	626916.53	-0.14
	U_4	-	-	31	3100	9.30			
	U_5	-	-	78	7800	23.40			
	U_6	-	-	39	3900	11.70			
	U_7	-	-	88	8800	26.40			
	U_8	-	-	62	6200	18.60			
12	G_1	3793	11379	646.80	64680	194.04			
	G_2	8465	25395	265.10	26510	79.53			
	C_1	-	-	41	4100	12.30			
	U_1	-	-	72	7200	21.60			
	U_2	-	-	68	6800	20.40			
	U_3	-	-	51	5100	15.30	637456.76	638252.10	-0.12
	U_4	-	-	72	7200	21.60			
	U_5	-	-	70	7000	21.00			
	U_6	-	-	31	3100	9.30			
	U_7	-	-	8	800	2.40			
	U_8	-	-	11	1100	3.30			
13	G_1	1620	4860	512.60	51260	153.78			
	G_2	6560	19680	473	47300	141.90			
	C_1	-	-	72	7200	21.60			
	U_1	-	-	49	4900	14.70			
	U_2	-	-	19	1900	5.70			
	U_3	-	-	54	5400	16.20	628063.14	629575.62	-0.24
	U_4	-	-	68	6800	20.40			
	U_5	-	-	81	8100	24.30			
	U_6	-	-	12	1200	3.60			
	U_7	-	-	55	5500	16.50			
	U_8	-	-	71	7100	21.30			

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

ปัญหา ที่	สินค้า/ วัตถุดิบ	D	π	C	S	H	$TC(m^*)$	$TC(m_{EPQ}^*)$	% ความแตกต่าง
14	G_1	1043	3129	610.50	61050	183.15			
	G_2	6257	18771	421.30	42130	126.39			
	C_1	-	-	61	6100	18.30			
	U_1	-	-	52	5200	15.60			
	U_2	-	-	49	4900	14.70			
	U_3	-	-	1	100	0.30	567415.54	569970.62	-0.45
	U_4	-	-	97	9700	29.10			
	U_5	-	-	43	4300	12.90			
	U_6	-	-	20	2000	6.00			
	U_7	-	-	84	8400	25.20			
	U_8	-	-	10	1000	3.00			
15	G_1	6395	19185	290.40	29040	87.12			
	G_2	8974	26922	353.10	35310	105.93			
	C_1	-	-	53	5300	15.90			
	U_1	-	-	69	6900	20.70			
	U_2	-	-	22	2200	6.60			
	U_3	-	-	11	1100	3.30	567061.34	568153.49	-0.19
	U_4	-	-	6	600	1.80			
	U_5	-	-	42	4200	12.60			
	U_6	-	-	3	300	0.90			
	U_7	-	-	63	6300	18.90			
	U_8	-	-	41	4100	12.30			
16	G_1	2585	7755	407	40700	122.10			
	G_2	7118	21354	585.20	58520	175.56			
	C_1	-	-	73	7300	21.90			
	U_1	-	-	1	100	0.30			
	U_2	-	-	23	2300	6.90			
	U_3	-	-	66	6600	19.80	711328.91	712935.02	-0.23
	U_4	-	-	61	6100	18.30			
	U_5	-	-	28	2800	8.40			
	U_6	-	-	99	9900	29.70			
	U_7	-	-	53	5300	15.90			
	U_8	-	-	54	5400	16.20			

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

ปัญหา ที่	สินค้า/ วัตถุดิบ	D	π	C	S	H	$TC(m^*)$	$TC(m_{EPQ}^*)$	% ความแตกต่าง
17	G_1	6085	18255	520.30	52030	156.09	881407.91	882402.68	-0.11
	G_2	7114	21342	583	58300	174.90			
	C_1	-	-	73	7300	21.90			
	U_1	-	-	60	6000	18.00			
	U_2	-	-	82	8200	24.60			
	U_3	-	-	38	3800	11.40			
	U_4	-	-	26	2600	7.80			
	U_5	-	-	35	3500	10.50			
	U_6	-	-	86	8600	25.80			
	U_7	-	-	48	4800	14.40			
	U_8	-	-	81	8100	24.30			
18	G_1	2167	6501	669.90	66990	200.97	468831.81	470724.50	-0.40
	G_2	4807	14421	228.80	22880	68.64			
	C_1	-	-	57	5700	17.10			
	U_1	-	-	70	7000	21.00			
	U_2	-	-	50	5000	15.00			
	U_3	-	-	24	2400	7.20			
	U_4	-	-	96	9600	28.80			
	U_5	-	-	38	3800	11.40			
	U_6	-	-	4	400	1.20			
	U_7	-	-	14	1400	4.20			
	U_8	-	-	20	2000	6.00			
19	G_1	3732	11196	416.90	41690	125.07	530583.21	531204.52	-0.12
	G_2	3524	10572	477.40	47740	143.22			
	C_1	-	-	66	6600	19.80			
	U_1	-	-	76	7600	22.80			
	U_2	-	-	13	1300	3.90			
	U_3	-	-	69	6900	20.70			
	U_4	-	-	22	2200	6.60			
	U_5	-	-	62	6200	18.60			
	U_6	-	-	86	8600	25.80			
	U_7	-	-	28	2800	8.40			
	U_8	-	-	12	1200	3.60			

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

ปัญหา ที่	สินค้า/ วัตถุดิบ	D	π	C	S	H	$TC(m^*)$	$TC(m_{EPQ}^*)$	% ความแตกต่าง
20	G_1	3421	10263	688.60	68860	206.58			
	G_2	7235	21705	573.10	57310	171.93			
	C_1	-	-	80	8000	24.00			
	U_1	-	-	51	5100	15.30			
	U_2	-	-	42	4200	12.60			
	U_3	-	-	99	9900	29.70	891677.97	893308.95	-0.18
	U_4	-	-	87	8700	26.10			
	U_5	-	-	69	6900	20.70			
	U_6	-	-	73	7300	21.90			
	U_7	-	-	60	6000	18.00			
	U_8	-	-	26	2600	7.80			

ตารางผนวกที่ ก3 ผลการเปรียบเทียบวิธีที่นำเสนอกับนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิม เมื่อ
ต้นทุนการสั่งซื้อ/สั่งผลิตเป็น 10 เท่า และมีจำนวนวัตถุดิบที่ใช้ร่วมกัน 3 ชนิด

ปัญหา ที่	สินค้า/ วัตถุดิบ	D	π	C	S	H	$TC(m^*)$	$TC(m_{EPQ}^*)$	% ความแตกต่าง
21	G_1	3545	10635	508.20	5082	152.46			
	G_2	3153	9459	295.90	2959	88.77			
	C_1	-	-	25	250	7.50			
	C_2	-	-	54	540	16.20			
	C_3	-	-	31	310	9.30	147095.01	148194.93	-0.74
	U_3	-	-	66	660	19.80			
	U_4	-	-	67	670	20.10			
	U_7	-	-	34	340	10.20			
	U_8	-	-	35	350	10.50			
22	G_1	6608	19824	447.70	4477	134.31			
	G_2	8337	25011	446.60	4466	133.98			
	C_1	-	-	43	430	12.90			
	C_2	-	-	27	270	8.10			
	C_3	-	-	57	570	17.10	248305.61	250643.24	-0.93
	U_3	-	-	43	430	12.90			
	U_4	-	-	51	510	15.30			
	U_7	-	-	42	420	12.60			
	U_8	-	-	95	950	28.50			
23	G_1	5901	17703	552.20	5522	165.66			
	G_2	7359	22077	600.60	6006	180.18			
	C_1	-	-	73	730	21.90			
	C_2	-	-	54	540	16.20			
	C_3	-	-	38	380	11.40	302853.01	305099.10	-0.74
	U_3	-	-	92	920	27.60			
	U_4	-	-	51	510	15.30			
	U_7	-	-	88	880	26.40			
	U_8	-	-	94	940	28.20			

ตารางผนวกที่ ก3 (ต่อ)

ปัญหา ที่	สินค้า/ วัตถุดิบ	D	π	C	S	H	$TC(m^*)$	$TC(m_{EPQ}^*)$	% ความแตกต่าง
24	G_1	6752	20256	590.70	5907	177.21	284473.98	288530.57	-1.41
	G_2	4274	12822	625.90	6259	187.77			
	C_1	-	-	50	500	15.00			
	C_2	-	-	86	860	25.80			
	C_3	-	-	80	800	24.00			
	U_3	-	-	23	230	6.90			
	U_4	-	-	44	440	13.20			
	U_7	-	-	99	990	29.70			
25	U_8	-	-	25	250	7.50	174691.86	176712.81	-1.14
	G_1	2997	8991	621.50	6215	186.45			
	G_2	2234	6702	455.40	4554	136.62			
	C_1	-	-	40	400	12.00			
	C_2	-	-	86	860	25.80			
	C_3	-	-	51	510	15.30			
	U_3	-	-	38	380	11.40			
	U_4	-	-	71	710	21.30			
26	U_7	-	-	58	580	17.40	130885.51	132148.87	-0.96
	U_8	-	-	30	300	9.00			
	G_1	4429	13287	242	2420	72.60			
	G_2	1977	5931	531.30	5313	159.39			
	C_1	-	-	69	690	20.70			
	C_2	-	-	26	260	7.80			
	C_3	-	-	31	310	9.30			
	U_3	-	-	4	40	1.20			
27	U_4	-	-	11	110	3.30	253979.49	257802.94	-1.48
	U_7	-	-	84	840	25.20			
	U_8	-	-	89	890	26.70			
	G_1	4971	14913	624.80	6248	187.44			
	G_2	3731	11193	572	5720	171.60			
	C_1	-	-	66	660	19.80			
	C_2	-	-	67	670	20.10			
	C_3	-	-	91	910	27.30			
	U_3	-	-	84	840	25.20			
	U_4	-	-	34	340	10.20			
	U_7	-	-	64	640	19.20			
	U_8	-	-	11	110	3.30			

ตารางผนวกที่ ก3 (ต่อ)

ปัญหา ที่	สินค้า/ วัตถุดิบ	D	π	C	S	H	$TC(m^*)$	$TC(m_{EPQ}^*)$	% ความแตกต่าง
28	G_1	1220	3660	408.10	4081	122.43	118690.98	120231.33	-1.28
	G_2	3464	10392	343.20	3432	102.96			
	C_1	-	-	78	780	23.40			
	C_2	-	-	28	280	8.40			
	C_3	-	-	16	160	4.80			
	U_3	-	-	70	700	21.00			
	U_4	-	-	45	450	13.50			
	U_7	-	-	18	180	5.40			
29	U_8	-	-	60	600	18.00	437000.19	443988.46	-1.57
	G_1	7748	23244	795.30	7953	238.59			
	G_2	8668	26004	715	7150	214.50			
	C_1	-	-	89	890	26.70			
	C_2	-	-	98	980	29.40			
	C_3	-	-	86	860	25.80			
	U_3	-	-	8	80	2.40			
	U_4	-	-	86	860	25.80			
30	U_7	-	-	59	590	17.70	170419.43	171491.52	-0.63
	U_8	-	-	84	840	25.20			
	G_1	5263	15789	445.50	4455	133.65			
	G_2	3432	10296	369.60	3696	110.88			
	C_1	-	-	52	520	15.60			
	C_2	-	-	31	310	9.30			
	C_3	-	-	27	270	8.10			
	U_3	-	-	33	330	9.90			
	U_4	-	-	68	680	20.40			
	U_7	-	-	29	290	8.70			
	U_8	-	-	89	890	26.70			

ตารางผนวกที่ ก4 ผลการเปรียบเทียบวิธีที่นำเสนอกับนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิม เมื่อ
ต้นทุนการสั่งซื้อ/สั่งผลิตเป็น 100 เท่า และมีจำนวนวัตถุดิบที่ใช้ร่วมกัน 3 ชนิด

ปัญหา ที่	สินค้า/ วัตถุดิบ	D	π	C	S	H	$TC(m^*)$	$TC(m_{EPQ}^*)$	% ความแตกต่าง
31	G_1	7965	23895	817.30	81730	245.19			
	G_2	7625	22875	668.80	66880	200.64			
	C_1	-	-	58	5800	17.40			
	C_2	-	-	85	8500	25.50			
	C_3	-	-	88	8800	26.40	1316343.72	1331152.64	-1.11
	U_3	-	-	96	9600	28.80			
	U_4	-	-	81	8100	24.30			
	U_7	-	-	98	9800	29.40			
	U_8	-	-	35	3500	10.50			
32	G_1	8329	24987	632.50	63250	189.75			
	G_2	6167	18501	570.90	57090	171.27			
	C_1	-	-	44	4400	13.20			
	C_2	-	-	45	4500	13.50			
	C_3	-	-	90	9000	27.00	1026568.11	1037247.50	-1.03
	U_3	-	-	78	7800	23.40			
	U_4	-	-	61	6100	18.30			
	U_7	-	-	83	8300	24.90			
	U_8	-	-	40	4000	12.00			
33	G_1	8100	24300	537.90	53790	161.37			
	G_2	5529	16587	589.60	58960	176.88			
	C_1	-	-	97	9700	29.10			
	C_2	-	-	14	1400	4.20			
	C_3	-	-	53	5300	15.90	925269.00	933606.52	-0.89
	U_3	-	-	27	2700	8.10			
	U_4	-	-	77	7700	23.10			
	U_7	-	-	61	6100	18.30			
	U_8	-	-	100	10000	30.00			

ตารางผนวกที่ ก4 (ต่อ)

ปัญหา ที่	สินค้า/ วัตถุดิบ	D	π	C	S	H	$TC(m^*)$	$TC(m_{EPQ}^*)$	% ความแตกต่าง
34	G_1	2862	8586	338.80	33880	101.64	499476.32	502920.72	-0.68
	G_2	6447	19341	354.20	35420	106.26			
	C_1	-	-	50	5000	15.00			
	C_2	-	-	21	2100	6.30			
	C_3	-	-	28	2800	8.40			
	U_3	-	-	94	9400	28.20			
	U_4	-	-	22	2200	6.60			
	U_7	-	-	28	2800	8.40			
35	U_8	-	-	89	8900	26.70	1052365.78	1062004.20	-0.91
	G_1	6523	19569	694.10	69410	208.23			
	G_2	7084	21252	576.40	57640	172.92			
	C_1	-	-	32	3200	9.60			
	C_2	-	-	77	7700	23.10			
	C_3	-	-	75	7500	22.50			
	U_3	-	-	76	7600	22.80			
	U_4	-	-	73	7300	21.90			
36	U_7	-	-	71	7100	21.30	712897.66	718822.37	-0.82
	U_8	-	-	91	9100	27.30			
	G_1	8076	24228	324.50	32450	97.35			
	G_2	6154	18462	507.10	50710	152.13			
	C_1	-	-	48	4800	14.40			
	C_2	-	-	68	6800	20.40			
	C_3	-	-	27	2700	8.10			
	U_3	-	-	42	4200	12.60			
37	U_4	-	-	5	500	1.50	696910.35	704950.03	-1.14
	U_7	-	-	72	7200	21.60			
	U_8	-	-	99	9900	29.70			
	G_1	5063	15189	371.80	37180	111.54			
	G_2	8554	25662	437.80	43780	131.34			
	C_1	-	-	79	7900	23.70			
	C_2	-	-	49	4900	14.70			
	C_3	-	-	13	1300	3.90			
37	U_3	-	-	27	2700	8.10	696910.35	704950.03	-1.14
	U_4	-	-	36	3600	10.80			
	U_7	-	-	43	4300	12.90			
	U_8	-	-	79	7900	23.70			

ตารางผนวกที่ ก4 (ต่อ)

ปัญหา ที่	สินค้า/ วัตถุดิบ	D	π	C	S	H	$TC(m^*)$	$TC(m_{EPQ}^*)$	% ความแตกต่าง
38	G_1	1557	4671	679.80	67980	203.94	793276.64	816675.26	-2.87
	G_2	7212	21636	500.50	50050	150.15			
	C_1	-	-	68	6800	20.40			
	C_2	-	-	79	7900	23.70			
	C_3	-	-	96	9600	28.80			
	U_3	-	-	62	6200	18.60			
	U_4	-	-	46	4600	13.80			
	U_7	-	-	14	1400	4.20			
39	U_8	-	-	20	2000	6.00	560704.00	567758.31	-1.24
	G_1	2052	6156	603.90	60390	181.17			
	G_2	2764	8292	546.70	54670	164.01			
	C_1	-	-	30	3000	9.00			
	C_2	-	-	54	5400	16.20			
	C_3	-	-	82	8200	24.60			
	U_3	-	-	10	1000	3.00			
	U_4	-	-	79	7900	23.70			
40	U_7	-	-	77	7700	23.10	685726.14	693519.80	-1.12
	U_8	-	-	65	6500	19.50			
	G_1	3728	11184	550	55000	165.00			
	G_2	1935	5805	742.50	74250	222.75			
	C_1	-	-	96	9600	28.80			
	C_2	-	-	68	6800	20.40			
	C_3	-	-	71	7100	21.30			
	U_3	-	-	78	7800	23.40			
40	U_4	-	-	16	1600	4.80	685726.14	693519.80	-1.12
	U_7	-	-	99	9900	29.70			
	U_8	-	-	75	7500	22.50			

ตารางผนวกที่ ก5 ผลการเปรียบเทียบวิธีที่นำเสนอกับนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิม เมื่อ
ต้นทุนการสั่งซื้อ/สั่งผลิตเป็น 10 เท่า และมีจำนวนวัตถุดิบที่ใช้ร่วมกัน 5 ชนิด

ปัญหา ที่	สินค้า/ วัตถุดิบ	D	π	C	S	H	$TC(m^*)$	$TC(m_{EPQ}^*)$	% ความแตกต่าง
41	G_1	2180	6540	484	4840	145.20			
	G_2	6055	18165	391.60	3916	117.48			
	C_1	-	-	25	250	7.50			
	C_2	-	-	54	540	16.20	183972.50	191268.24	-3.81
	C_3	-	-	31	310	9.30			
	C_4	-	-	65	650	19.50			
	C_5	-	-	60	600	18.00			
42	G_1	8455	25365	550	5500	165.00			
	G_2	3260	9780	438.90	4389	131.67			
	C_1	-	-	49	490	14.70			
	C_2	-	-	29	290	8.70	247674.19	254430.87	-2.66
	C_3	-	-	17	170	5.10			
	C_4	-	-	71	710	21.30			
	C_5	-	-	96	960	28.80			
43	G_1	1726	5178	744.70	7447	223.41			
	G_2	6697	20091	663.30	6633	198.99			
	C_1	-	-	73	730	21.90			
	C_2	-	-	37	370	11.10	303349.68	316369.36	-4.12
	C_3	-	-	80	800	24.00			
	C_4	-	-	82	820	24.60			
	C_5	-	-	96	960	28.80			
44	G_1	2200	6600	557.70	5577	167.31			
	G_2	4565	13695	427.90	4279	128.37			
	C_1	-	-	52	520	15.60			
	C_2	-	-	59	590	17.70	185986.31	193099.74	-3.68
	C_3	-	-	59	590	17.70			
	C_4	-	-	21	210	6.30			
	C_5	-	-	66	660	19.80			

ตารางผนวกที่ ๕ (ต่อ)

ปัญหา ที่	สินค้า/ วัตถุดิบ	D	π	C	S	H	$TC(m^*)$	$TC(m_{EPQ}^*)$	% ความแตกต่าง
45	G_1	5060	15180	506	5060	151.80	273192.52	283379.81	-3.59
	G_2	7052	21156	546.70	5467	164.01			
	C_1	-	-	69	690	20.70			
	C_2	-	-	42	420	12.60			
	C_3	-	-	96	960	28.80			
	C_4	-	-	52	520	15.60			
	C_5	-	-	21	210	6.30			
46	G_1	1588	4764	644.60	6446	193.38	234862.54	244834.60	-4.07
	G_2	6597	19791	491.70	4917	147.51			
	C_1	-	-	51	510	15.30			
	C_2	-	-	80	800	24.00			
	C_3	-	-	75	750	22.50			
	C_4	-	-	24	240	7.20			
	C_5	-	-	67	670	20.10			
47	G_1	8075	24225	405.90	4059	121.77	242116.45	250271.99	-3.26
	G_2	8662	25986	394.90	3949	118.47			
	C_1	-	-	43	430	12.90			
	C_2	-	-	41	410	12.30			
	C_3	-	-	23	230	6.90			
	C_4	-	-	72	720	21.60			
	C_5	-	-	42	420	12.60			
48	G_1	1997	5991	688.60	6886	206.58	256023.18	266463.60	-3.92
	G_2	4826	14478	633.60	6336	190.08			
	C_1	-	-	66	660	19.80			
	C_2	-	-	22	220	6.60			
	C_3	-	-	95	950	28.50			
	C_4	-	-	74	740	22.20			
	C_5	-	-	84	840	25.20			
49	G_1	1555	4665	426.80	4268	128.04	196033.37	204595.99	-4.19
	G_2	6088	18264	488.40	4884	146.52			
	C_1	-	-	56	560	16.80			
	C_2	-	-	30	300	9.00			
	C_3	-	-	91	910	27.30			
	C_4	-	-	54	540	16.20			
	C_5	-	-	12	120	3.60			

ตารางผนวกที่ ๕ (ต่อ)

ปัญหา ที่	สินค้า/ วัตถุดิบ	D	π	C	S	H	$TC(m^*)$	$TC(m_{EPQ}^*)$	% ความแตกต่าง
50	G_1	5769	17307	540.10	5401	162.03			
	G_2	3300	9900	515.90	5159	154.77			
	C_1	-	-	86	860	25.80			
	C_2	-	-	66	660	19.80	231283.69	238216.31	-2.91
	C_3	-	-	70	700	21.00			
	C_4	-	-	28	280	8.40			
	C_5	-	-	35	350	10.50			

ตารางผนวกที่ ก6 ผลการเปรียบเทียบวิธีที่นำเสนอกับนโยบายการสั่งผลิตแบบประหยัดดั้งเดิม เมื่อ
ต้นทุนการสั่งซื้อ/สั่งผลิตเป็น 100 เท่า และมีจำนวนวัตถุดิบที่ใช้ร่วมกัน 5 ชนิด

ปัญหา ที่	สินค้า/ วัตถุดิบ	D	π	C	S	H	$TC(m^*)$	$TC(m_{EPQ}^*)$	% ความแตกต่าง
51	G_1	4340	13020	359.70	35970	107.91			
	G_2	8901	26703	412.50	41250	123.75			
	C_1	-	-	45	4500	13.50			
	C_2	-	-	11	1100	3.30	672646.18	700427.98	-3.97
	C_3	-	-	98	9800	29.40			
	C_4	-	-	34	3400	10.20			
	C_5	-	-	10	1000	3.00			
52	G_1	4627	13881	426.80	42680	128.04			
	G_2	4536	13608	416.90	41690	125.07			
	C_1	-	-	61	6100	18.30			
	C_2	-	-	39	3900	11.70	595159.51	614984.54	-3.22
	C_3	-	-	30	3000	9.00			
	C_4	-	-	57	5700	17.10			
	C_5	-	-	44	4400	13.20			
53	G_1	4367	13101	287.10	28710	86.13			
	G_2	8833	26499	209	20900	62.70			
	C_1	-	-	11	1100	3.30			
	C_2	-	-	55	5500	16.50	412680.03	427821.05	-3.54
	C_3	-	-	26	2600	7.80			
	C_4	-	-	19	1900	5.70			
	C_5	-	-	23	2300	6.90			
54	G_1	1694	5082	810.70	81070	243.21			
	G_2	8375	25125	667.70	66770	200.31			
	C_1	-	-	88	8800	26.40			
	C_2	-	-	86	8600	25.80	1089462.46	1136360.87	-4.13
	C_3	-	-	62	6200	18.60			
	C_4	-	-	62	6200	18.60			
	C_5	-	-	97	9700	29.10			

ตารางผนวกที่ ก6 (ต่อ)

ปัญหา ที่	สินค้า/ วัตถุดิบ	D	π	C	S	H	$TC(m^*)$	$TC(m_{EPQ}^*)$	% ความแตกต่าง
55	G_1	7348	22044	671	67100	201.30	874959.97	897662.00	-2.53
	G_2	1873	5619	588.50	58850	176.55			
	C_1	-	-	97	9700	29.10			
	C_2	-	-	57	5700	17.10			
	C_3	-	-	72	7200	21.60			
	C_4	-	-	33	3300	9.90			
	C_5	-	-	74	7400	22.20			
56	G_1	7548	22644	144.10	14410	43.23	266877.70	275535.78	-3.14
	G_2	5755	17265	171.60	17160	51.48			
	C_1	-	-	9	900	2.70			
	C_2	-	-	13	1300	3.90			
	C_3	-	-	16	1600	4.80			
	C_4	-	-	43	4300	12.90			
	C_5	-	-	7	700	2.10			
57	G_1	4670	14010	526.90	52690	158.07	810287.57	838658.37	-3.38
	G_2	6042	18126	525.80	52580	157.74			
	C_1	-	-	77	7700	23.10			
	C_2	-	-	90	9000	27.00			
	C_3	-	-	65	6500	19.50			
	C_4	-	-	44	4400	13.20			
	C_5	-	-	16	1600	4.80			
58	G_1	5300	15900	587.40	58740	176.22	849218.15	878338.18	-3.32
	G_2	7749	23247	433.40	43340	130.02			
	C_1	-	-	83	8300	24.90			
	C_2	-	-	91	9100	27.30			
	C_3	-	-	23	2300	6.90			
	C_4	-	-	10	1000	3.00			
	C_5	-	-	71	7100	21.30			
59	G_1	5058	15174	645.70	64570	193.71	899177.46	930191.80	-3.33
	G_2	5443	16329	554.40	55440	166.32			
	C_1	-	-	79	7900	23.70			
	C_2	-	-	23	2300	6.90			
	C_3	-	-	58	5800	17.40			
	C_4	-	-	55	5500	16.50			
	C_5	-	-	97	9700	29.10			

ตารางผนวกที่ ก6 (ต่อ)

ปัญหา ที่	สินค้า/ วัตถุดิบ	D	π	C	S	H	$TC(m^*)$	$TC(m_{EPQ}^*)$	% ความแตกต่าง
60	G_1	4970	14910	554.40	55440	166.32	853957.82	884462.38	-3.45
	G_2	7055	21165	500.50	50050	150.15			
	C_1	-	-	92	9200	27.60			
	C_2	-	-	18	1800	5.40			
	C_3	-	-	7	700	2.10			
	C_4	-	-	71	7100	21.30			
	C_5	-	-	97	9700	29.10			

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นางสาวศศิประภา ลิ้มปการณ์
เกิดวันที่	24 สิงหาคม พ.ศ.2527
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เทคโนโลยีชีวภาพ) มหาวิทยาลัยมหิดล
ตำแหน่งปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ	ได้รับรางวัลบทความดีเด่น สาขาวิชา Production and Operation Management ในการประชุมวิชาการขายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2555 (IE Network Conference 2012) เรื่อง นโยบายการส่งผลิตสินค้าหลายชนิดอย่างประหยัด กรณีพิจารณาค่าใช้จ่ายในการควบคุมสินค้าคงคลังประเภทวัตถุดิบและชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ได้รับทุนผู้ช่วยสอนจากภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พ.ศ. 2554-2555)