



การประยุกต์ใช้โปรแกรมเชิงเส้น
กับปัญหาการผลิตสุกภัณฑ์ของ
บริษัท อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา จำกัด

นางสาวกรรณิการ์	สัทธรรมวิไล	รหัส 35504502
นางสาวฐิติมา	ตันไสว	รหัส 35504510
นางสาววิจดา	รัตตะมณี	รหัส 35504525

ร.พ.
ก173ก
2538

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....

612530430

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2538

**The Application of Linear Programming
for Solving Production Problem
in Ceramics Industry Co., Ltd.**



**A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of
the Requirement for the Degree of Bachelor of Science**

Department of Statistics

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ

การประยุกต์ใช้โปรแกรมเชิงเส้นกับปัญหาการผลิตสุกษณ์ซ์ของ
บริษัท อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา จำกัด

โดย

นางสาวกรรณิการ์ สัทธรรมวิไล

นางสาวจิตติมา ต้นไสว

นางสาววิจดา รัตตะมณี

ภาควิชา

สถิติประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์วัลย์ลักษณ์ อัครีรวงศ์

ภาควิชา สถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้นำปัญหาพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต



(ผศ. วีรศักดิ์ สุรพัฒน์)

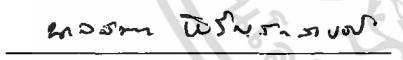
หัวหน้าภาควิชาสถิติประยุกต์

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ



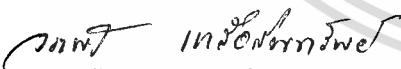
(อาจารย์วัลย์ลักษณ์ อัครีรวงศ์)

ประธานกรรมการ



(อาจารย์นวลสวาท หิรัญยุตวงศ์)

กรรมการ



(อาจารย์วราพร เหลือสินทรัพย์)

กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชา สถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาไทย	ก
บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูป	จ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของปัญหา	2
1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.7 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
1.8 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาปัญหาพิเศษ	5
บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การโปรแกรมเชิงเส้น	6
2.2 การโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็ม	21
2.3 การวิเคราะห์ความไว	26
2.4 การวิเคราะห์อนุกรมเวลาและเทคนิคการพยากรณ์	28
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย	
3.1 ขั้นตอนดำเนินงาน	44
3.2 รายการสุขภัณฑ์ที่อยู่ในขอบเขตการศึกษา	45
3.3 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์	47
3.4 การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์	50
3.5 เปรียบเทียบโปรแกรมที่ใช้ในการศึกษาปัญหาพิเศษ	51
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล	52
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์	
4.1 ผลการวิเคราะห์อนุกรมเวลา	54
4.2 ผลวิเคราะห์การโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็ม	59
4.3 ผลการวิเคราะห์ความไว	66
บทที่ 5 สรุปผลการวิเคราะห์และการเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิเคราะห์	71
5.2 ปัญหาที่พบในการศึกษาปัญหาพิเศษ	74
5.3 ข้อเสนอแนะ	74
ภาคผนวก ก	76
ภาคผนวก ข	80
เอกสารอ้างอิง	95
ประวัติผู้จัดทำ	97

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การประยุกต์ใช้โปรแกรมเชิงเส้นกับปัญหาการผลิตสุขภัณฑ์ของบริษัท อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา จำกัด	
นักศึกษา	นางสาวกรรณิการ์	สัทธรรมวิไล
	นางสาวฐิติมา	ตันไสว
	นางสาววิจดา	รัตตะมณี
ภาควิชา	สถิติประยุกต์	
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์วัลย์ลักษณ์	อัครีรวงศ์
ภาควิชา	สถิติประยุกต์	
ปีการศึกษา	2538	

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์นับเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งซึ่งมีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ มีอัตราการขยายตัวและแนวโน้มที่จะเจริญเติบโตสูงตามการขยายตัวของสังคมเมือง เป้าหมายสำคัญในการดำเนินงาน อุตสาหกรรมคือ ผลกำไรสูงสุด วิธีการหนึ่งที่สามารถจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด มาใช้ให้ได้ผลกำไรสูงสุดคือ การนำเทคนิคการโปรแกรมเชิงเส้นมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิตในการศึกษาปัญหาพิเศษครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาระบบการผลิตสุขภัณฑ์ของบริษัท อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา จำกัด และได้้นำเทคนิคการวิเคราะห์หอนุกรมเวลา เทคนิคการโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็ม และการวิเคราะห์ความไว มาประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิตของบริษัทฯ จากการศึกษาพบว่าขีดจำกัดในกระบวนการผลิตมีดังนี้ ขีดจำกัดด้านเตา ขีดจำกัดด้านเงินทุน ขีดจำกัดด้านยอดขาย และขีดจำกัดการผลิตสูงสุด

ผลการวิเคราะห์พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ควรจะมีผลิตมากที่สุดคืออ่างล้างหน้า หัวส้วมนั่งยอง ส้วมนั่งยุโรป ที่วางสบู่ ที่รองกระดาษ หัวส้วมหุ้มขา ที่ปัสสาวะชาย อ่างสระผม ตามลำดับ และสีที่ควรผลิตมากที่สุดคือ สีขาว จากการวิเคราะห์ความไวสรุปว่าค่าคงที่ด้านขวามือของอสมการขอบข่ายทางด้านเตามีความไวมากกว่าค่าคงที่ด้านขวามือของอสมการขอบข่ายด้านเงินทุน

SPECIAL PROBLEM TITLE The Application of Linear Programming
for Solving Production Problems in
Ceramics Industry Co., Ltd.

NAME MISS KANNIKA SATTAMWILAI
MISS TITHIMA TANSWAI
MISS WIDJADA RATTAMANEE

SPECIAL PROBLEM ADVISER MRS. WALAILAK ATTHIRAWONG

DEPARTMENT APPLIED STATISTICS

ACADEMIC YEAR 1995

ABSTRACT

In the present, the ceramics industry is one of the most important industry in economic development. The main target in every industry is the highest profit, thus Linear Programming is one of the strategies used for handling the problem of confined production resources to cause maximize profit.

This special problem which was studied from the production process in Ceramics Industry Co., Ltd. used Time Series analysis, Linear Programming and Sensitivity analysis to find out the optimal production quantity of each product. The limitations in this production process were capacity of the Tunnel Kiln, budget, demand and the maximum production limit.

Results obtained from Linear Programming indicated that the ceramics products which should be produced were Wall Hung Lavatory, Eastern Squat, Siphon Vortex WC, Soap Holder, Paper Holder, Eastern Squat with Pedestal., Urinal and Shampoo Basin respectively. The result of Sensitivity Analysis showed that the right hand side of Tunnel kiln boundary is more sensitive than budget boundary.

กิติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์วัลย์ลักษณ์ อัครีรวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ผู้ให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนหนังสืออ้างอิงต่าง ๆ จนกระทั่งทำให้ปัญหาพิเศษนี้สำเร็จด้วยดีและขอขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบปัญหาพิเศษ ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขทำให้ปัญหาพิเศษ ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาสถิติประยุกต์ทุกท่านที่ให้ความรู้และให้ คำแนะนำต่าง ๆ มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณบริษัท ไทยอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาจำกัดที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านข้อมูลต่าง ๆ ในการทำปัญหาพิเศษ

ขอขอบพระคุณ คุณประคอง และคุณอมรรัตน์ ต้นไสว ที่อำนวยความสะดวกด้านข้อมูลที่ใช้ในการทำปัญหาพิเศษ

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาสถิติประยุกต์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องการติดต่อประสานงานด้านต่าง ๆ

ขอขอบคุณพี่ ๆ ทุกท่าน เพื่อน ๆ ทุกคน และน้อง ๆ ที่ให้กำลังใจ คอยติดตามความก้าวหน้าของปัญหาพิเศษ และให้ความช่วยเหลือตลอดมา

นางสาวกรรณิการ์ สัทธรรมวิไล

นางสาวรัฐติมา ต้นไสว

นางสาววิจดา รัตตะมณี

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การเพิ่มตัวแปร	16
2.2 ผลลัพธ์เบื้องต้นของการแก้ปัญหาโดยใช้ Simplex Method	17
2.3 การหาผลลัพธ์โดยวิธี Simplex	20
2.4 ความต้องการน้ำอัดลมในแต่ละเดือนปี 2525	36
2.5 กำลังการผลิตสูงสุดของเครื่องจักรและความจุสูงสุดของโกดังสินค้าและน้ำอัดลมแต่ละชนิด	36
2.6 ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยและค่าเก็บรักษาน้ำอัดลมของน้ำอัดลมแต่ละชนิด	37
2.7 คำตอบที่ได้จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในคอมพิวเตอร์	38
2.8 สินค้าที่นำมาใช้ในการวางแผน	39
3.1 รายการสุขภัณฑ์และตัวแปรที่อยู่ในขอบเขตการศึกษา	45
3.2 กำไร ต้นทุนและน้ำหนักของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด	48
3.3 เปรียบเทียบระหว่างโปรแกรม FORCAST ⁺ และ TSP	51
3.4 เปรียบเทียบระหว่างโปรแกรม QSB ⁺ และ LINDO	52
4.1 ตัวแบบและค่าพยากรณ์ยอดขายของผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้น	55
4.2 ขีดจำกัดการผลิตสูงสุด	57
4.3 ปริมาณการผลิตสินค้าแต่ละชนิดในแต่ละเดือนที่เหมาะสมที่สุด	64
4.4 ผลการวิเคราะห์ความไว	67
5.1 ปริมาณการผลิต	72
ก-1 เปรอ์เซ็นต์การใช้วัตถุดิบในการผลิตสุขภัณฑ์ 1 ชิ้น	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ขั้นตอนการแตกกิ่งสาขาโดยวิธี Branch and Bound	25
2.2	การแตกปัญหาด้วยวิธี Branch and Bound	26
ก-1	ผังแสดงกระบวนการผลิตสุกัณฑ์ ของ บริษัท อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา จำกัด	79



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันประเทศไทยกำลังก้าวไปสู่การเป็นประเทศอุตสาหกรรม มีโรงงานอุตสาหกรรมเกิดขึ้นมากมาย โดยเฉพาะอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ ในปี พ.ศ. 2538 ประเทศไทยมีมูลค่านำเข้าสินค้าสุขภัณฑ์ลดลงเป็น 34.6 % และมีมูลค่าส่งออกสินค้าสุขภัณฑ์เพิ่มขึ้น 20.7 %¹ จะเห็นได้ว่าการขยายตัวเพื่อรองรับการเจริญเติบโตของสังคมเมือง รวมทั้งการขยายไปสู่ตลาดต่างประเทศ นับว่าอุตสาหกรรมประเภทนี้มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ ทำรายได้ให้กับประเทศ และมีแนวโน้มที่จะเจริญเติบโตต่อไป

สิ่งที่ทำให้อุตสาหกรรมเหล่านี้ดำรงอยู่ได้ ก็คือ ผลกำไรของผู้ผลิต วิธีที่ผู้ผลิตจะเพิ่มผลกำไรมีหลายวิธี ได้แก่ การลดต้นทุนการผลิต การใช้กลยุทธ์ทางการตลาดเพื่อเพิ่มยอดขาย แต่วิธีการเหล่านี้อาจไม่ใช่วิธีการที่ดีที่สุด เช่น การลดต้นทุนการผลิตอาจทำให้คุณภาพของสินค้าต่ำลง การใช้กลยุทธ์ทางการตลาดถึงแม้จะสามารถเพิ่มยอดขาย แต่ก็ก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายทางด้านอื่น ๆ ซึ่งผลกำไรที่ได้ อาจไม่คุ้มกับค่าใช้จ่ายที่เสียไป จึงทำให้เกิดการวางแผนการผลิตขึ้น ในความเป็นจริงแล้วการวางแผนการผลิตให้เหมาะสมนั้นมีหลายวิธี แต่ส่วนใหญ่พบว่าผู้ผลิตยังไม่มี การนำวิธีการทางคณิตศาสตร์อย่างมีระบบในการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดมาใช้ให้เกิดผลประโยชน์และกำไรสูงสุดในการผลิต

บริษัท อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา จำกัด เป็นหนึ่งในบริษัทฯ ที่ดำเนินกิจการเกี่ยวกับการผลิต และจำหน่ายเครื่องสุขภัณฑ์หลายประเภท เช่น สุขภัณฑ์

¹สถิติการค้าระหว่างประเทศของไทย ปี 2538 (มกราคม - กุมภาพันธ์) ศูนย์สถิติการพาณิชย์ กรมเศรษฐกิจพาณิชย์ พฤษภาคม 2538.

อย่างล้าหน้า ที่วางสูบ ฯลฯ ซึ่งในแต่ละเดือนฝ่ายบริหารการผลิตจะต้องทำการตัดสินใจว่าในแต่ละเดือนจะผลิตสุกัณฑ์แต่แบบ แต่ละสีเป็นจำนวนเท่าไร ภายใต้ทรัพยากรอันจำกัดของบริษัทฯ ได้แก่ จิตความสามารถของเครื่องจักร ปริมาณความต้องการของตลาด และด้านเงินทุน วงการอุตสาหกรรมประเภทนี้มีการแข่งขันกันมากเพื่อลดต้นทุนในการผลิตโดยที่คุณภาพยังเหมือนเดิมจึงนำความรู้ทางด้านการวิจัยดำเนินงาน (Operations Research) โดยเฉพาะเทคนิคการโปรแกรมเชิงเส้น ซึ่งเป็นเทคนิคทางคณิตศาสตร์เทคนิคหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับปัญหานี้ เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้บริหารการผลิตใช้ช่วยในการตัดสินใจ

1.2. วัตถุประสงค์

1.2.1. เพื่อศึกษาระบบการผลิตสุกัณฑ์ของ บริษัท อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา จำกัด

1.2.2. ศึกษาการประยุกต์ใช้เทคนิคการ โปรแกรมเชิงเส้นและ โปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มกับระบบงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะในระบบการผลิต

1.2.3. นำเทคนิคการ โปรแกรมเชิงเส้นมาใช้ในระบบงานจริง โดยจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ได้กำไรสูงสุด

1.2.4. เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในจำนวนที่เหมาะสม

1.3. ขอบเขตของปัญหา

1.3.1. ศึกษาเฉพาะระบบการผลิตผลิตภัณฑ์ของ บริษัท อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา จำกัด

1.3.2. วัตถุประสงค์ของตัวแบบ สนใจเฉพาะแนวทางการผลิตเพื่อให้ได้ผลกำไรสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4. นิยามศัพท์เฉพาะ

1.4.1. **ลูบกันท์** เครื่องอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับห้องน้ำ

1.4.2. **หินฟันม้า (Feldspar)** สูตรเคมีคือ $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_3$ เป็นสินแร่ธรรมชาติ อยู่ในสภาพของหิน มีความถ่วงจำเพาะ 2.55 - 2.75 ใช้ผลิตกระจก เซรามิก อุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง เป็นต้น แหล่งในเมืองไทยมีอยู่ในภาคเหนือ ภาคกลางและภาคใต้

1.4.3. **ทรายแก้ว (Silica)** สูตรเคมีคือ SiO_2 เป็นผลึกเกิดจากธรรมชาติ มีรูปร่างไม่แน่นอน สีต่างกัน มีความแข็งมาก ความถ่วงจำเพาะ 2.319 - 2.653 จุดหลอมละลาย $1,750^{\circ}C$ ใช้ทำเซรามิก กระจก เครื่องขัด ในเมืองไทยมีอยู่ตามชายหาด ในภาคตะวันออก ภาคกลางและภาคใต้

1.4.4. **เกาลิน (Kaolin)** $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ สภาพเป็นดินร่วนซึ่งเปลี่ยนแปลงมาจากหินผุมีความละเอียด ความถ่วงจำเพาะ 1.8 - 2.6 ใช้ทำกระจก เซรามิก สี ฯลฯ มีมากในภาคเหนือและภาคใต้ของประเทศไทย

1.4.5. **ดินขาว (China Clay)** สูตรเคมีคือ $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ได้มาจากการผุพังของหินเหมือนเกาลิน แต่มีสภาพเป็นดินมากกว่าเกาลิน มีสีขาว มีความละเอียด ความถ่วงจำเพาะ 1.8 - 2.6 ใช้ทำเซรามิก สี ฯลฯ มีมากในภาคเหนือและภาคใต้ของประเทศไทย (ความเป็นจริงแล้ว Kaolin และ China Clay คือดินที่มีคุณสมบัติอันเดียวกัน แต่แตกต่างกันที่ China Clay มีสภาพเป็นดินมากกว่า)

1.4.6. **ดินเหนียว (Ball Clay)** เป็นดินเหนียวสูง (มีความละเอียดของเนื้อดินมาก) สามารถนำไปปั้นเป็นรูปร่างต่าง ๆ ได้ตามใจชอบ มีจุดเดือดไม่สูงมากเหมือนเกาลิน หรือ China Clay ใช้ทำเซรามิกและทำเป็นภาชนะเครื่องปั้นดินเผา

1.4.7. **การบริหารการผลิต** การบริหารกระบวนการผลิตหรือกระบวนการแปลงสภาพปัจจัยการผลิตเพื่อให้ได้สินค้าและบริการตามคุณลักษณะเฉพาะตามปริมาณตามระยะเวลาที่กำหนดไว้โดยให้เสียค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดหรือได้กำไรสูงสุด

1.5. ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการทำปัญหาพิเศษมีขั้นตอนในการดำเนินงานดังต่อไปนี้

1.5.1. ศึกษากระบวนการผลิต

ศึกษาระบบการผลิตผลิตภัณฑ์ของ บริษัท อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา จำกัด โดยศึกษาถึงผลิตภัณฑ์ที่บริษัทฯ ทำการผลิต ขั้นตอนและวิธีการผลิต ชนิดและปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสินค้าแต่ละชนิด จำนวนแรงงาน เงินทุน เชื้อเพลิง และเครื่องจักร ที่ใช้เป็นปัจจัยในการผลิต และขีดจำกัดของปัจจัยการผลิตทั้งหมดที่กล่าวมา ความต้องการผลิตภัณฑ์ของตลาด รวมทั้งศึกษานโยบายการวางแผนการผลิตของบริษัทฯ

1.5.2. วิเคราะห์ปัญหาเกี่ยวกับการผลิตและเก็บรวบรวมข้อมูล

เมื่อศึกษาระบบการผลิตของบริษัทฯ แล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการวิเคราะห์ปัญหาเกี่ยวกับการผลิต หลังจากนั้นทำการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งข้อมูลที่รวบรวมได้เป็นข้อมูลทุติยภูมิจากบริษัทฯ

1.5.3. การวิเคราะห์อนุกรมเวลาและสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์

นำยอดขายแต่ละเดือนมาทำการพยากรณ์เพื่อนำยอดขายที่ได้จากการพยากรณ์และข้อมูลอื่น ๆ มาสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์โดยกำหนดตัวแปรตัดสินใจฟังก์ชันเป้าหมาย และฟังก์ชันข้อจำกัด ตามหลักการจัดตั้งรูปแบบปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้น

1.5.4. วิเคราะห์ข้อมูล

นำตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ได้ นำมาแก้ปัญหา เนื่องจากปัญหามีความซับซ้อน จึงใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด

1.5.5. นำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์มาทำการตัดสินใจ

ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์จะเป็นแนวทางให้กับผู้บริหารในการวางแผนและกำหนดนโยบายในการผลิต

1.6.ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.6.1.ทราบถึงวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา
- 1.6.2.สามารถนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์มาเป็นข้อมูลในการตัดสินใจเกี่ยวกับจำนวนการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับสภาพการณ์
- 1.6.3.เป็นข้อเสนอแนะให้กับผู้บริหารในการตัดสินใจเกี่ยวกับจำนวนการผลิตผลิตภัณฑ์ ที่ก่อให้เกิดผลกำไรสูงสุดแก่ผู้ผลิต
- 1.6.4.เป็นแนวทางในการศึกษาต่อหรือค้นคว้าเพิ่มเติมในเรื่องที่เกี่ยวข้องต่อไป

1.7.ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

- 1.7.1.เทคนิคการ โปรแกรมเชิงเส้นตรง
- 1.7.2.เทคนิคการ โปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็ม
- 1.7.3.เทคนิคการวิเคราะห์หอนุกรมเวลา
- 1.7.4.การวิเคราะห์ความไว

1.8.อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาปัญหาพิเศษ

- 1.8.1.เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer) IBM Compatible
- 1.8.2.เครื่องพิมพ์ (Printer) ที่สามารถต่อพ่วงเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลได้
- 1.8.3.โปรแกรมสำเร็จรูป LINDO โปรแกรมสำเร็จรูป QSB⁺ โปรแกรมสำเร็จรูป TSP และ โปรแกรมสำเร็จรูป FORECAST⁺

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1. การโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming)

การโปรแกรมเชิงเส้น เป็นเทคนิคทางคณิตศาสตร์ประยุกต์ที่นำไปใช้ในการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่จำกัด ให้แก่กิจกรรมต่าง ๆ เพื่อให้บรรลุเป้าหมาย ที่ก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด การโปรแกรมเชิงเส้นในปัจจุบันได้นำไปประยุกต์อย่างแพร่หลาย และมีประสิทธิภาพ

ความสำเร็จของการประยุกต์เทคนิคการโปรแกรมเชิงเส้นในรอบสามสิบกว่าปีที่ผ่านมาสามารถประหยัดเงินให้กับวงการอุตสาหกรรมและธุรกิจเป็นเงินหลายพันล้านเหรียญสหรัฐ¹ และเป็นความก้าวหน้าทางคณิตศาสตร์ประยุกต์ที่สำคัญก้าวหนึ่งที่เกิดขึ้นในช่วงกลางคริสต์ศตวรรษที่ 20

การโปรแกรมเชิงเส้น หมายถึงตัวแบบ (Model) ทางคณิตศาสตร์เพื่อแทนความสัมพันธ์ของกิจกรรมต่าง ๆ โดยใช้ตัวแปรทางคณิตศาสตร์แทนระดับกิจกรรมในการตัดสินใจ และพัฒนาเป็นตัวแบบคณิตศาสตร์ให้มีความสัมพันธ์ในรูปฟังก์ชันคณิตศาสตร์ ซึ่งฟังก์ชันคณิตศาสตร์นี้มีคุณสมบัติเป็นฟังก์ชันเชิงเส้น (Linear Function)² ถ้าอยู่ในรูปเรขาคณิต 2 มิติ จะเป็นเส้นตรง ถ้าอยู่ในรูปเรขาคณิต 3 มิติ จะเป็นรูประนาบ

¹นิกร วัฒนพนม การโปรแกรมเชิงเส้นเบื้องต้น พิมพ์ครั้งที่ 1 (โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2531), หน้า 1

²ความหมายของฟังก์ชันเชิงเส้นในทางทฤษฎี

ฟังก์ชันเชิงเส้น $f(X)$ เป็นฟังก์ชันค่าจริง (real value) ที่นิยามบนเวกเตอร์สเปซ (vector space) n มิติ (n dimension) โดยเมื่อกำหนดเวกเตอร์ $X = AU + BV$, แล้ว $f(X) = Af(U) + Bf(V)$ สำหรับทุกเวกเตอร์ n มิติ U และ V และทุกสเกลาร์ (scalars) A และ B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1. ประวัติความเป็นมา

ปัญหาทั่วไปของการโปรแกรมเชิงเส้นมีการพัฒนาและนำมาประยุกต์ใช้อย่างเข้มข้น (Intensive) ขึ้นครั้งแรกเมื่อเดือนมิถุนายนปี ค.ศ.1947 โดยมีหัวหน้าคณะทำงานคือ ยอร์ชบี แคนท์ซิก (George B. Dantzig) และ มาร์แชล วูด (Marshall Wood) พร้อมทั้งทีมงานในกองทัพอากาศสหรัฐอเมริกา ในช่วงนั้นคณะทำงานชุดนี้ได้รับมอบหมายให้วิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการประยุกต์คณิตศาสตร์และเทคนิคที่เกี่ยวข้องต่อปัญหาการวางแผนและการวางแผนโปรแกรมทางการทหาร แคนท์ซิกได้เสนอวิธีการดังนี้ “ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมต่าง ๆ ขององค์กรขนาดใหญ่ เป็นตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้น ทำให้บรรลุเป้าหมายสูงสุด โดยทำให้ฟังก์ชันเชิงเส้นเป้าหมายมีค่าต่ำสุด” ต่อมาในเดือนตุลาคมปี ค.ศ.1948 กองทัพอากาศสหรัฐได้จัดตั้งคณะวิจัยคณะหนึ่งภายใต้ชื่อโครงการสคูป (Scoop : Scientific Computation of Optimum Program) ซึ่งเป็นโครงการที่มีส่วนสำคัญในการพัฒนาและประยุกต์ตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้นอย่างเป็นทางการ ในช่วงต้นการโปรแกรมเชิงเส้นส่วนใหญ่นำไปประยุกต์ใช้ในวงการทหาร เศรษฐศาสตร์ในแบบอินพุต-เอาต์พุต (input-output) ของลีออนทิวฟ (Leontief) และทฤษฎีเกมส์ ต่อจากนั้นก็แพร่หลายในปัญหาทางด้านอุตสาหกรรม ด้านสังคม และปัญหาที่อยู่อาศัย

ในปี ค.ศ. 1947 ผู้เริ่มต้นสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นคือ แคนท์ซิก (Dantzig) พร้อมกันนั้นยังได้เสนอวิธีการแก้ปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นอย่างเป็นระบบ เรียกว่าวิธีซิมเพล็กซ์ (Simplex Method)

การนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาใช้ในการแก้ปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นประสบความสำเร็จครั้งแรกที่องค์กร National Bureau of Standard ของสหรัฐอเมริกา เมื่อเดือนมกราคม ค.ศ. 1952 ตั้งแต่นั้นมาปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นโดยวิธีการซิมเพล็กซ์ได้พัฒนาเป็นโปรแกรม (Computer Program หรือ Software) ใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ และปัจจุบันมีโปรแกรมสำเร็จรูป (Software Package) ที่สามารถนำไปใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer หรือ Microcomputer) ได้

2.1.2. ตัวอย่างการประยุกต์ใช้เทคนิคการโปรแกรมเชิงเส้น

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้เทคนิคการ โปรแกรมเชิงเส้น ได้แก่

1. ปัญหาการผลิต (Production Mix Problem) เป็นการพิจารณาหาปริมาณสินค้าแต่ละประเภทที่ควรจะทำการผลิต เพื่อที่จะให้การใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ไม่ว่าจะเป็นการจักร วัตถุดิบ แรงงาน นั้นเป็นไปอย่างเหมาะสม เพื่อให้ได้ผลกำไรสูงสุด หรือมีค่าใช้จ่ายต่ำสุด

2. ปัญหาผสมสาร (Blending Problem) เป็นการพิจารณาปริมาณสารหรือวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ ที่จะนำมาผสมกันหรือนำมาใช้ในการผลิตสินค้าประเภทต่าง ๆ ตามคุณสมบัติที่กำหนดไว้ เพื่อจะใช้ค่าใช้จ่ายต่ำสุด

3. ปัญหาการขนส่ง (Transportation Problem) เป็นการพิจารณาหาปริมาณสินค้าที่จะทำการขนส่งสินค้าจากแหล่งผลิตสินค้าไปยังผู้บริโภคหรือจุดหมายปลายทาง เพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่ำสุด หรือส่งสินค้าถึงจุดหมายปลายทางได้เร็วที่สุด

4. ปัญหาการมอบหมายงาน (Assignment Problem) เป็นการพิจารณาการมอบหมายงานที่จะต้องทำให้กับบุคลากร หรือเครื่องจักร เพื่อให้งานที่ได้รับมอบหมายแล้วเสร็จในเวลาเร็วที่สุด หรือเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด

5. ปัญหาการลงทุน (Investment Project Selection) เป็นการพิจารณาจัดสรรเงินลงทุนในโครงการลงทุนต่าง ๆ เพื่อให้ได้รับผลตอบแทนสูงที่สุด

6. ปัญหาการเลือกสื่อโฆษณา (Media Selection) เป็นการเลือกใช้สื่อโฆษณาชนิดต่าง ๆ เพื่อให้ข้อมูลหรือข่าวสารที่ต้องการเผยแพร่ออกสู่เป้าหมายเป็นจำนวนมากที่สุด หรือเสียค่าโฆษณาน้อยที่สุด

7. ปัญหาการตัดกระดาษ (Trim Loss Problem) เป็นการพิจารณารูปแบบหรือวิธีการตัดกระดาษ (หรือสินค้าอื่น ๆ ที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกัน เช่น การตัดผ้า การตัดแผ่นเหล็ก) เพื่อที่จะหารูปแบบการตัดกระดาษมาตรฐานที่มีอยู่เป็น ขนาด และปริมาณต่าง ๆ ตามความต้องการ เพื่อที่จะให้มีเศษ (ส่วนที่ใช้ประโยชน์ต่อไปไม่ได้) น้อยที่สุด

8. ปัญหาทางการทหารนำการโปรแกรมเชิงเส้นมาใช้ในการพิจารณาวางแผนการส่งกำลังบำรุง การเลือกกำหนดจำนวนอาวุธยุทโธปกรณ์ การกำหนดยุทธศาสตร์

2.1.3. รูปแบบมาตรฐานของปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้น

รูปแบบมาตรฐานของการโปรแกรมเชิงเส้นมีอยู่ด้วยกันสองลักษณะ คือ ลักษณะที่ต้องการหาค่าสูงสุด (Maximization) หรือต้องการหาค่าต่ำสุด (Minimization) ดังนี้

กรณีการหาค่าสูงสุด

$$\text{Max} Z = C_1 X_1 + C_2 X_2 + \dots + C_n X_n$$

ภายใต้ข้อจำกัด (Subject to Constrains)

$$a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + \dots + a_{1n} X_n \leq b_1 \longrightarrow (1)$$

$$a_{21} X_1 + a_{22} X_2 + \dots + a_{2n} X_n \leq b_2 \longrightarrow (2)$$

...

$$a_{m1} X_1 + a_{m2} X_2 + \dots + a_{mn} X_n \leq b_m \longrightarrow (m)$$

และ

$$X_1, X_2, \dots, X_n \geq 0 \longrightarrow (*)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

X_j = ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable) หรือจำนวนหน่วยของกิจกรรมที่ j ที่ตัดสินใจจะทำ เช่น อาจหมายถึงจำนวนหน่วยของสินค้าที่ j ที่เราจะทำการผลิต ; $j = 1, 2, \dots, n$

C_j = ผลตอบแทน (Profit หรือ Return) ที่ได้จากการตัดสินใจทำกิจกรรมที่ j หนึ่งหน่วย เช่น ในกรณีของการผลิตสินค้าจำนวน c_j จะหมายถึงกำไรที่ได้จากการจำหน่ายสินค้าชนิดที่ j หนึ่งหน่วย $j = 1, 2, \dots, n$

a_{ij} = จำนวนทรัพยากรชนิดที่ i ที่จะใช้ในการทำกิจกรรมที่ j หนึ่งหน่วย (Resource Consumption Rate) ; $i = 1, 2, \dots, m$

และ $j = 1, 2, \dots, n$

b_i = จำนวนทรัพยากร (Resource) ชนิดที่ i ที่มีอยู่เพื่อใช้ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ; $i = 1, 2, \dots, m$

เรียก $\text{Max}Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$ ว่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)

เรียก (1) ถึง (m) ว่าฟังก์ชันข้อจำกัด (Constrain Function)

เรียก (*) ว่า Non-negativity

เรียก X_j ว่าตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable)

เรียก a_{ij}, b_j, c_j ว่าพารามิเตอร์ (Parameter) ของตัวแบบ เป็นค่าตัวเลขคงที่

กรณีการหาค่าต่ำสุด

$$\text{Min}Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

ภายใต้ข้อจำกัด (Subject to Constrains)

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n \geq b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n \geq b_2$$

...

...

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n \geq b_m$$

และ

$$X_1, X_2, \dots, X_n \geq 0$$

2.1.4. ข้อสมมติเบื้องต้นของปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้น

(Assumptions of Linear Programming)

ปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้น มีข้อสมมติเบื้องต้นดังนี้

1. คุณสมบัติเชิงเส้น (Linear Property)

คุณสมบัติเชิงเส้นนี้ในทางทฤษฎีหมายความว่า ฟังก์ชันเป้าหมายและ

ฟังก์ชันข้อจำกัดต้องมีคุณสมบัติเป็นฟังก์ชันเชิงเส้น (Linear function) เท่านั้น คุณสมบัติ

เชิงเส้นอธิบายในทางปฏิบัติได้ว่า เมื่อตัวแปรในการตัดสินใจ (Decision variables) ของ

แต่ละกิจกรรม (x_j) เปลี่ยนไป 1 หน่วย จะทำให้ค่าของฟังก์ชันเป้าหมาย (Z) เปลี่ยนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยค่าคงที่ (c_j) และปริมาณการใช้ทรัพยากรเปลี่ยนไปด้วยค่าคงที่ (a_{ij}) นอกจากนั้น การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรในการตัดสินใจของแต่ละกิจกรรมเป็นอิสระต่อกัน (Independent) และผลการดำเนินงานของแต่ละกิจกรรมสามารถรวมกันได้ (Additivity)

2.ค่าของพารามิเตอร์เป็นค่าคงที่ (Deterministic)

ค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้น a_{ij} , b_j , c_j เป็นค่าคงที่ (Deterministic) และสามารถประมาณค่าได้ (Estimate)

3.แบ่งแยกได้ (Divisionality)

ตัวแปรในการตัดสินใจ (x_j) ของผลลัพธ์สุดตมะ (Optimal solution) เป็นค่าเศษส่วน (Fraction) ได้

2.1.5.การแก้ปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นโดยวิธีซิมเพล็กซ์ (Simplex Method)

วิธีการแก้ปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นด้วยวิธีซิมเพล็กซ์ (Simplex Method) ซึ่งยอร์ช บี แคนท์ซิก (George B. Dantzig) ได้พัฒนาเมื่อปี ค.ศ.1947 เป็นวิธีที่นำไปใช้ในการคำนวณหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดของปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นอย่างง่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านการคำนวณด้วยมือในปัญหาขนาดเล็ก และคำนวณด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในปัญหาทุกขนาด ในปัจจุบันมีการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาใช้ในการคำนวณหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดของปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นอย่างแพร่หลาย

วิธีซิมเพล็กซ์เป็นวิธีทางพีชคณิตที่อาศัยทฤษฎีของเมตริกซ์ (Matrix) เข้าร่วมจัดรูปแบบปัญหาให้มีระบบ ช่วยให้สังเกตความเปลี่ยนแปลงของตัวแปรได้ง่ายและสามารถเข้าใจแนวทางที่ตัวแปรแต่ละตัวเปลี่ยนไปอย่างมีเหตุมีผล วิธีนี้จะเริ่มด้วยการเปลี่ยนตัวแปรต่าง ๆ ให้มีผลต่อสมการเป้าหมาย โดยมีแนวโน้มเข้าสู่เป้าหมายในทางที่เร็วที่สุด การจัดรูปแบบการเข้าเป็นตารางและดำเนินการตามขั้นตอนที่ถูกต้องจะทำให้ได้ผลลัพธ์ตามเป้าหมาย

ผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ (Feasible Solution) หมายถึงค่า x_1 , x_2 , ... , x_n ที่สอดคล้องตามเงื่อนไขทั้งหมด

ผลลัพธ์ที่เป็นไปไม่ได้ (Infeasible Solution) หมายถึงค่า x_1, x_2, \dots, x_n ที่ไม่สอดคล้องตามเงื่อนไขอันใดอันหนึ่ง

ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) ได้แก่คำตอบที่เป็นไปได้ที่ให้ค่าผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงวัตถุประสงค์ที่สุด (สูงสุดหรือต่ำสุดแล้วแต่กรณี) ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดซึ่งเกิดผลตามเป้าหมายเดียวกันอาจมีได้หลาย ๆ ผลลัพธ์

ก่อนที่จะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงานตามวิธีซิมเพล็กซ์ ควรศึกษาสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในลักษณะดังต่อไปนี้

1. ปัญหาที่จะให้สมการเป็นหมายสูงสุด (Maximization) มีความสัมพันธ์กับปัญหาที่จะให้สมการเป้าหมายต่ำสุด (Minimization) ดังนี้

$$\text{Max}Z = \sum_j C_j X_j$$

มีผลเท่ากับ

$$\text{Min}W = -\text{Max}Z = -\sum_j C_j X_j$$

2. การคูณเครื่องหมายลบเข้าไปในสมการจะมีผลทำให้เครื่องหมายสมการเปลี่ยนจากค่ามากกว่าเป็นน้อยกว่า หรือในทางตรงกันข้าม เช่น

$$a_1 X_1 + a_2 X_2 \geq b$$

มีผลเท่ากับ

$$-a_1 X_1 + a_2 X_2 \leq -b$$

3. สมการใด ๆ อาจแทนได้ด้วยสมการในทิศทางตรงข้ามสองสมการพร้อมกัน เช่น

$$a_1 X_1 + a_2 X_2 = b$$

มีผลเท่ากับ

$$a_1 X_1 + a_2 X_2 \leq b \text{ และ } a_1 X_1 + a_2 X_2 \geq b$$

หรือ

$$a_1 X_1 + a_2 X_2 \leq b \text{ และ } -a_1 X_1 - a_2 X_2 \leq -b$$

4. ถ้าทางซ้ายมือของสมการเป็นค่าสัมบูรณ์ (Absolute Value) จะสามารถเปลี่ยนเป็นสมการสองสมการ เช่น

$$|a_1 X_1 + a_2 X_2 \leq b|$$

มีผลเท่ากับ

$$a_1 X_1 + a_2 X_2 \geq -b \text{ และ } a_1 X_1 + a_2 X_2 \leq b$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการดำเนินการตามขั้นตอน จะต้องเปลี่ยนระบบสมการของข้อข่าย โดยการเพิ่มตัวแปรสมมติขึ้น ซึ่งจะเป็นรูปแบบสมการขยาย (Augmented Form) เช่นถ้าสมการเดิมเป็น

$$\text{Max}Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n \leq b_1 \longrightarrow (1)$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n \geq b_2 \longrightarrow (2)$$

...

...

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n = b_m \longrightarrow (m)$$

รูปแบบสมการขยายจะเป็น

$$\text{Max}Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n + X_{n+1} = b_1 \longrightarrow (1)$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n - X_{n+2} + X_{n+3} = b_2 \longrightarrow (2)$$

...

...

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n + X_{n+k} = b_m \longrightarrow (m)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตัวแปรที่เพิ่มขึ้นมาในรูปแบบสมการขยายสามารถแยกได้ดังนี้

1. ในกรณีทีอสมการขอบ่าอยู่ใรรูปน้่อยกว่าหรือเท่ากับ (\leq) เราเพิ่มค่าตัวแปร ซึ่งคิดเป็นค่าของส่วนของทรัพยากรที่เหลืลงไปทางซ้ายมือของอสมการแล้วเปลี่ยนเครื่องหมายอสมการให้เป็นสมการของขอบ่าขึ้นั้น ๆ เช่น ค่า X_{n+1} จากอสมการ

(1) ตัวแปรที่เพิ่มขึ้นนี้เรียกว่า Slack Variable

2. ในกรณีทีอสมการขอบ่าอยู่ใรรูปมากกว่าหรือเท่ากับ (\geq) เราลดค่าตัวแปร ซึ่งคิดเป็นค่าทรัพยากรส่วนเกินจากทางซ้ายมือของอสมการ แล้วเปลี่ยนอสมการเป็นสมการของขอบ่าขึ้นั้น เช่น ค่า $-X_{n+2}$ จากอสมการ (2) เป็นส่วนแสดงว่าค่าทางซ้ายมือมากกว่าค่าทางขวามืออยู่ X_{n+2} ซึ่ง X_{n+2} เป็น Slack Variable เช่นกัน แต่มีเครื่องหมายเป็นลบและมีชื่อเรียกอย่างหนึ่งสำหรับ Slack Variable ที่มีเครื่องหมายลบว่า Surplus Variable จากหลักการทางเมตริกซ์นั้น ตัวแปรที่ให้ผลลัพธ์แต่ละครั้งเมื่อคำนวณหาจะมีสัมประสิทธิ์เท่ากับบวกหนึ่ง (+1) ซึ่งเกิดเป็นเมตริกซ์ของสัมประสิทธิ์ตัวแปรที่เป็น Basic Variable มีลักษณะเป็น Identity Matrix และตามข้อกำหนดของวิธี Simplex Method ได้กำหนดว่าผลลัพธ์เบื้องต้นที่เป็นไปได้ (Initial Feasible Solution) จะมีค่าตัวแปรที่เป็น Basic Variable มากกว่าหรือเท่ากับศูนย์เท่านั้น สำหรับวิธี Simplex Method จึงได้กำหนดให้ Slack Variable เท่านั้นที่เป็น Basic Variable ในผลลัพธ์อันดับแรกของปัญหา แต่เนื่องจากสัมประสิทธิ์ของ Surplus Variable เป็น ลบหนึ่ง (-1) ด้วยเหตุนี้จึงต้องเพิ่มตัวแปรอีกตัวหนึ่งขึ้น คือ X_{n+3} เพื่อให้หาผลลัพธ์เบื้องต้นของปัญหาได้ แต่ค่า X_{n+3} นั้นตั้งขึ้นมาเพียงเพื่อช่วยให้หาผลลัพธ์เบื้องต้นได้เท่านั้น ในการหาผลลัพธ์ขั้นต่อไปจึงจำเป็นต้องกำจัดตัวแปร X_{n+3} นี้ออกไปโดยการปรับค่า X_{n+3} จนกว่าจะมีค่าเป็นศูนย์ไปในที่สุด ถ้ากำจัดไม่ได้หมดก็แสดงว่าปัญหานี้หาผลลัพธ์ค่าตอบไม่ได้ ค่า X_{n+3} นี้เราเรียกว่า Artificial Variable

3. ในกรณีที่เป็นสมการขอบ่าอยู่แล้ว ($=$) เราเพียงแต่เพิ่มค่าตัวแปรช่วย เช่น X_{n+k} ในอสมการ (m) เป็น Artificial Variable ดังกล่าวมาแล้วในตอนท้ายกรณีที่ 2

โดยสรุปจะเขียนตัวแปรเพิ่มขึ้นมา ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การเพิ่มตัวแปร

เครื่องหมาย	ตัวแปรที่เพิ่ม
\leq	+S
\geq	-S+R
$=$	+R

S = Slack Variable

R = Artificial Variable

2.1.6. ขั้นตอนการแก้ปัญหาโดยวิธี Simplex Method

ขั้นตอนที่ 1 จากรูปแบบโปรแกรมเชิงเส้นตรง จัดรูปแบบสมการขยายเข้าสู่ตาราง ดังนี้

$$\text{Max } Z = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3$$

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 \leq b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 \leq b_2$$

$$a_{31}X_1 + a_{32}X_2 + a_{33}X_3 \leq b_3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการขยายจะเป็น

$$Z - C_1X_1 - C_2X_2 - C_3X_3 = 0$$

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + X_4 = b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 + X_5 = b_2$$

$$a_{31}X_1 + a_{32}X_2 + a_{33}X_3 + X_6 = b_3$$

ตารางเพื่อหาผลลัพธ์เบื้องต้น (Initial Basic Feasible Solution) เป็นดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ผลลัพธ์เบื้องต้นของการแก้ปัญหาโดยใช้ Simplex Method

ตัวแปรของ ผลลัพธ์	ค่าเป้าหมาย	ตัวแปรเปลี่ยน	ตัวแปรเพิ่ม	ผลลัพธ์					
	Z	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	b	
Z	1	-C ₁	-C ₂	-C ₃	0	0	0	0	สมการเป้าหมาย
X ₄	0	a ₁₁	a ₁₂	a ₁₃	1	0	0	b ₁	
X ₅	0	a ₂₁	a ₂₂	a ₂₃	0	1	0	b ₂	สมการข้อบ่งชี้
X ₆	0	a ₃₁	a ₃₂	a ₃₃	0	0	1	b ₃	

ภายในตารางจะเป็นค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร โดยมีหลักเกณฑ์ของ Simplex Method กำหนดไว้ว่าตัวแปรเพิ่มนั้นต้องเป็น Identity Matrix สำหรับผลลัพธ์เบื้องต้น

ขั้นตอนที่ 2 พิจารณาจากค่าต่าง ๆ บนตารางในขั้นตอนที่ 1 ซึ่งถือว่าเป็นผลลัพธ์เบื้องต้นได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.เริ่มค่าตัวแปรเปลี่ยน (Decision Variable) หรือ Nonbasic Variable เป็นศูนย์หมด คือ $X_1, X_2, X_3 = 0$ ซึ่งมั่นใจได้ว่าตัวแปรทุกตัวต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์

2.ค่าของสมการเป้าหมายซึ่งได้จาก $Z - C_1X_1 - C_2X_2 - C_3X_3 = 0$ จะมีค่า $Z = 0$ ด้วย

3.ค่าตัวแปรเพิ่มต่าง ๆ อ่านจากผลลัพธ์ค่าตัวแปรของผลลัพธ์ (Basic Variable) ได้ดังนี้

$$X_4 = b_1$$

$$X_5 = b_2$$

$$X_6 = b_3$$

ขั้นตอนที่ 3 พิจารณาทดสอบผลลัพธ์ว่าดีที่สุดในแล้วหรือยัง การทดสอบผลลัพธ์ในขั้นนี้เรียกว่า การทดสอบหลักเกณฑ์ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Optimality Criterion) จะเห็นได้ว่าในบางครั้งแม้แต่ผลลัพธ์เบื้องต้น ก็อาจเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุดอยู่แล้ว แต่โดยมากเรามักจะหาผลลัพธ์ที่ดีกว่าได้โดยใช้หลักเกณฑ์ทดสอบผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

การทดสอบว่าผลลัพธ์ที่ได้ดีที่สุดในแล้วหรือยัง สามารถทำได้โดยวิเคราะห์สมการเป้าหมาย $Z - C_1X_1 - C_2X_2 - C_3X_3 = 0$ โดยการเริ่มแรกด้วย $X_1, X_2, X_3 = 0$ มีผลทำให้ $Z = 0$ จะเห็นได้ว่าถ้าเราเพิ่มค่าของตัวแปร X_1, X_2 หรือ X_3 ตัวหนึ่งตัวใดจะมีผลทำให้ค่า Z สูงขึ้น เช่น $Z - C_1X_1 - C_2X_2 = C_3X_3$ นั่นคือ ถ้าเพิ่มค่า X_3 เพียงค่าเดียวจะมีผลทำให้ค่าสูงขึ้นเท่ากับ C_3X_3 จากข้อสังเกตนี้เองจะเห็นได้ว่า ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ในตาราง ที่เป็นสมการเป้าหมายยังมีค่าเป็นลบอยู่ในตาราง การเพิ่มค่าตัวแปรของสัมประสิทธิ์นั้น ๆ จะมีผลทำให้ค่าของสมการเป้าหมายเพิ่มขึ้น หรืออีกนัยหนึ่งถ้าค่า C_1, C_2 และ C_3 ดังกล่าวยังเป็นค่าลบให้ดำเนินการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดต่อไป

สำหรับกรณีผลลัพธ์ต่ำสุดใช้เครื่องหมายตรงกันข้ามในการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเป็นหลักการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 4 1)พิจารณาหาตัวแปรที่จะเพิ่มค่าซึ่งมีผลทำให้ค่าของสมการเป้าหมายเพิ่มขึ้น การเพิ่มค่าตัวแปรพิจารณาจากค่าตัวแปรที่ให้ค่าของสมการเป้าหมายเพิ่มได้มากที่สุด

สังเกตได้จากสัมประสิทธิ์ของตัวแปรเปลี่ยนมีค่าลบสูงสุด ซึ่งเมื่อย้ายข้างมาด้านขวาของสมการเป้าหมายในตารางจะเป็นสัมประสิทธิ์บวกสูงสุดถือเป็นตัวที่จะเพิ่มค่า จากตาราง ถ้า C_2 มีค่าลบสูงสุด X_2 จะเป็นตัวที่เราเพิ่มค่าให้ก่อน

2) พิจารณาตัวแปรเพื่อลดค่าจากตัวแปรเพิ่ม (Slack or Artificial Variable)

ซึ่งมีค่า $X_4 = b_1$, $X_5 = b_2$, $X_6 = b_3$

การลดค่าตัวแปรนั้นต้องใช้หลักเกณฑ์ของผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ (Feasibility Criterion) เข้ามาช่วย

การพิจารณาหาตัวลดค่าเพื่อเพิ่มค่า X_2 นั้น จะต้องลดค่าตัวแปรเพิ่มให้มากที่สุดภายใต้เงื่อนไขข้อบ่งชี้ว่า ค่าตัวแปรเพิ่มที่ลดนั้นต้องไม่เป็นค่าลบ จากสมการข้อบ่งชี้ในตารางจะเห็นได้ว่าจะลดค่า X_4 , X_5 และ X_6 ได้ทั้งหมด ส่วนจะให้ลดตัวไหนนั้นต้องเลือกใช้ส่วนที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขข้อบ่งชี้ทั้งสามข้อบ่งชี้ได้หมด โดยการพิจารณาจากผลหารที่เกิดจากผลลัพธ์ค่าตัวแปรในตารางและแถวตั้งของค่าตัวแปรเปลี่ยนที่จะเพิ่มค่า X_2 จะได้ผลหารตามแนวนอนดังนี้ b_1/a_{12} , b_2/a_{22} , b_3/a_{32} เลือกค่าผลหารน้อยที่สุดแสดงเป็นตัวลดค่าของตัวแปรเพิ่มตามแนวนอนคือ X_4 , X_5 , X_6 เช่น ถ้า b_2/a_{22} น้อยที่สุด ตัวแปรที่จะลดค่าคือ X_5 สาเหตุที่เราเลือกค่าผลหารน้อยที่สุดเป็นแนวช่วยตัดสินใจตัวแปรลดค่าก็เพราะว่าค่าตัวแปรที่เพิ่มค่านั้นต้องอยู่ภายในข้อบ่งชี้ทุก ๆ สมการข้อบ่งชี้ ถ้าถือเอาผลหารมากมาเป็นเกณฑ์ จะทำให้ขาดคุณสมบัติในสมการข้อบ่งชี้ที่มีตัวผลหารน้อยกว่า และทำให้ผิดหลักเกณฑ์ของผลลัพธ์ที่เป็นไปได้

ตารางที่ 2.3 การหาผลลัพธ์โดยวิธี Simplex

ตัวแปรเข้า
↓

	Z	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	b
Z	1	-C ₁	-C ₂	-C ₃	0	0	0	0
X ₄	0	a ₁₁	a ₁₂	a ₁₃	1	0	0	b ₁
X ₅	0	a ₂₁	a ₂₂	a ₂₃	0	1	0	b ₂
X ₆	0	a ₃₁	a ₃₂	a ₃₃	0	0	1	b ₃

ตัวแปรออก ←

จะเรียกตัวที่เพิ่มค่าของตัวแปรในตารางว่า ตัวแปรเข้า (X₂) และตัวแปรที่ลดค่าว่า ตัวแปรออก (X₅) พิจารณาจากแถวบนของตัวแปรออกจะได้สมการ

$$a_{22}X_2 + X_5 = b_2 \quad \text{โดย } X_1, X_3 = 0$$

$$\text{เมื่อลดค่า } X_5 = 0 \text{ จะได้ } X_2 = b_2/a_{22}$$

เมื่อแทนค่า X₂ เป็นตัวแปรเข้ามีค่า b_2/a_{22} ในตารางโดยวิธีหารแถวบนของตัวแปรลดค่าหรือตัวแปรออกด้วย a_{22} สัมประสิทธิ์ในช่องที่เกิดจากการตัดกันของแถวบนของตัวแปรเข้าและแถวบนของตัวแปรออกจะมีค่าเป็น 1 และเราเรียกจุดนี้ว่า จุดหมุน (Pivot Point)

ขั้นตอนที่ 5 จากจุดหมุน เราใช้วิธีทางพีชคณิตดังกล่าวมาแล้วทำสัมประสิทธิ์อื่น ๆ ในแถวบนให้เป็นศูนย์ ผลที่ได้จะทำให้ค่า Z มีผลลัพธ์สูงขึ้น เมื่อได้ตารางผลกำไรดำเนินการตามขั้นตอนที่ 5 แล้ว ให้กลับไปเริ่มขั้นตอนที่ 3 ต่อไปจนกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

2.2. โปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็ม (Integer Linear Programming)

ในปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้น ถ้ากรณีที่ต้องการให้ค่าของตัวแปรตัดสินใจทั้งหมดหรือบางค่าเป็นจำนวนเต็ม (Integer) หรือเป็นค่าที่ไม่ต่อเนื่อง (Discrete Values) เราจะต้องศึกษาปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นนั้นในลักษณะของปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็ม (Integer Linear Programming Problem) รูปแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มมีลักษณะเดียวกับปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นโดยมีข้อจำกัดเพิ่มว่า ตัวแปรตัดสินใจจะเป็นค่าจำนวนเต็ม ซึ่งอาจจะระบุให้มีค่าเป็นจำนวนเต็มทั้งหมด (All Integer Linear Programming) หรืออาจเป็นจำนวนเต็มเพียงบางค่าก็ได้

2.2.1. รูปแบบมาตรฐานของปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็ม

รูปแบบมาตรฐานของการโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มมีอยู่ด้วยกันสองลักษณะ คือลักษณะที่ต้องการหาค่าสูงสุด (Maximization) หรือต้องการหาค่าต่ำสุด (Minimization) ดังนี้

กรณีการหาค่าสูงสุด

$$\text{Max}Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

ภายใต้ข้อจำกัด (Subject to Constrains)

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n \leq b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n \leq b_2$$

...

...

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n \leq b_m$$

และ

$$X_j \geq 0, \text{ เป็นจำนวนเต็ม}$$

โดยที่

X_j = ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable) หรือจำนวนหน่วยของกิจกรรมที่ j ที่ตัดสินใจจะทำ เช่นอาจหมายถึงจำนวนหน่วยของ สินค้าที่ j ที่เราจะทำการผลิต ซึ่งจะต้องมีค่าเป็นจำนวนเต็ม $j = 1, 2, \dots, n$

C_j = ผลตอบแทน (Profit หรือ Return) ที่ได้จากการตัดสินใจทำกิจกรรมที่ j หนึ่งหน่วย เช่น ในกรณีของการผลิตสินค้า จำนวน c_j จะหมายถึงกำไรที่ได้จากการจำหน่ายสินค้าชนิดที่ j หนึ่งหน่วย โดยที่ $j = 1, 2, \dots, n$

a_{ij} = จำนวนทรัพยากรชนิดที่ i ที่จะใช้ในการทำกิจกรรมที่ j หนึ่งหน่วย
 (Resource Consumption Rate) ; $i = 1, 2, \dots, m$ และ
 $j = 1, 2, \dots, n$
 b_i = จำนวนทรัพยากร (Resource) ชนิดที่ i ที่มีอยู่เพื่อใช้ในการทำ
 กิจกรรมต่าง ๆ ; $i = 1, 2, \dots, m$

กรณีการหาค่าต่ำสุด

$$\text{Min}Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

ภายใต้ข้อจำกัด (Subject to Constrains)

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n \geq b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n \geq b_2$$

...

...

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n \geq b_m$$

และ

$$X_j \geq 0, \text{ เป็นจำนวนเต็ม}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2. การหาคำตอบด้วยวิธีการแตกกิ่งสาขาของปัญหาและการกำหนดขอบเขต (Branch and Bound Method)

ในการหาคำตอบสำหรับปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็ม โดยไม่ได้คำนึงถึงข้อจำกัดว่าค่าของตัวแปรตัดสินใจจะต้องเป็นค่าจำนวนเต็มเท่านั้น เราอาจได้คำตอบที่มีค่าของตัวแปรตัดสินใจเป็นค่าใด ๆ ก็ได้คือ อาจมีค่าเป็นจำนวนเต็มหรืออาจมีค่าเป็นค่าทศนิยมก็ได้ ในกรณีที่ได้คำตอบที่มีค่าของตัวแปรตัดสินใจเป็นค่าจำนวนเต็มที่สุดคล้องกับข้อจำกัดที่ว่าค่าของตัวแปรตัดสินใจจะต้องเป็นค่าจำนวนเต็มนั้น คำคำตอบที่ได้ก็คือคำตอบที่ดีที่สุดที่ต้องการ แต่หากว่าคำตอบที่ได้นั้นมีค่าของตัวแปรตัดสินใจบางค่ายังไม่สอดคล้องกับข้อจำกัดที่ว่า ค่าของตัวแปรตัดสินใจจะต้องเป็นจำนวนเต็ม เราก็จะต้องทำการพิจารณาหาคำตอบซึ่งจะทำให้ได้ค่าของตัวแปรตัดสินใจเป็นค่าจำนวนเต็มต่อไป โดยใช้วิธีการแตกกิ่งสาขาปัญหาและการกำหนดขอบเขต (Branch and Bound Method)

วิธีการนี้เมื่อหาคำตอบของผลลัพธ์จากวิธีกราฟ พีชคณิตหรือวิธี Simplex (เรียกว่าการทำ first approximation) โดยไม่พิจารณาว่าขอบข่ายของคำตอบเป็นจำนวนเต็มแล้ว ให้สร้างสมการขอบข่ายข้อจำกัดลงไป ในสมการข้อจำกัดโดยพิจารณาจากค่าคำตอบที่เกิดขึ้นในขั้นตอนแรกที่ไม่เป็นจำนวนเต็ม สมมติว่าเป็น ตัวแปรตัดสินใจ X_j เมื่อ $i_1 < X_j < i_2$ (มีค่าอยู่ระหว่างจำนวนเต็ม 2 ตัว คือ i_1 และ i_2)

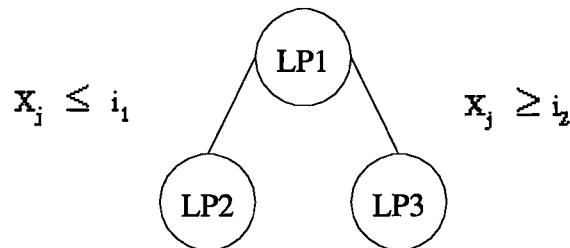
วิธีการก็คือ จะแตกปัญหาเริ่มแรก (หรือจะเรียกว่าเป็นปัญหาที่ 1 หรือ LP_1) ออกเป็น 2 ปัญหา โดยที่แต่ละปัญหาเพิ่มสมการขอบข่ายเข้าไปคือ

ปัญหาที่ 2 (หรือเรียกว่า LP_2) จะมีเงื่อนไขของสมการขอบข่ายคือ $X_j \leq i_1$ และ

ปัญหาที่ 3 (หรือเรียกว่า LP_3) จะมีเงื่อนไขของสมการขอบข่ายคือ $X_j \geq i_2$

วิธีการนี้เรียกว่า “branching” หรือขั้นตอนการแตกกิ่งสาขา ซึ่งวิธีจะทำให้ขอบข่ายที่เป็นไปได้ของคำตอบ (feasible region) ลดลง ซึ่งจะขจัดเงื่อนไขที่ไม่เป็นจำนวนเต็มของ X_j ออกไป

ขั้นตอนการแตกกิ่งสาขา แสดงได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงขั้นตอนการแตกกิ่งสาขาโดยวิธี Branch and Bound

เมื่อเริ่มต้นปัญหาดังกล่าว (LP_1) ต้องการให้ตัวแปรตัดสินใจ x_j มีค่าเป็นจำนวนเต็มและให้ทำการหาคำตอบของปัญหา LP_2 และ LP_3 ที่เรา branching ออกมาแต่ละกิ่งโดยวิธีการทางการโปรแกรมเชิงเส้น หากคำตอบที่ได้จากปัญหาใดปัญหาหนึ่งที่ยังไม่เป็นจำนวนเต็ม ให้ทำการแตกกิ่งสาขาออกไปอีกจนกว่าจะมีค่าตัวแปรตัดสินใจเป็นจำนวนเต็ม จึงจะหยุดการพิจารณาหาคำตอบของกิ่งสาขานั้น และจะทำการย้อนกลับ (back tracking) มาพิจารณากิ่งที่เหลือจนกระทั่งเราสามารถสรุปได้ว่า ไม่ต้องทำการแตกกิ่งสาขาปัญหาออกไปอีก โดยเราจะใช้ค่าของฟังก์ชันเป้าหมายของคำตอบที่สอดคล้อง (Objective function) กับข้อจำกัดที่ว่าค่าของตัวแปรตัดสินใจเป็นจำนวนเต็มที่ดีที่สุดที่สุดในขณะนั้นมาเป็นตัวเปรียบเทียบกำหนดขอบเขต (bound) ซึ่งจะทำการแตกกิ่งสาขาออกไปจนกระทั่งได้ข้อสรุปประการใดประการหนึ่งดังนี้

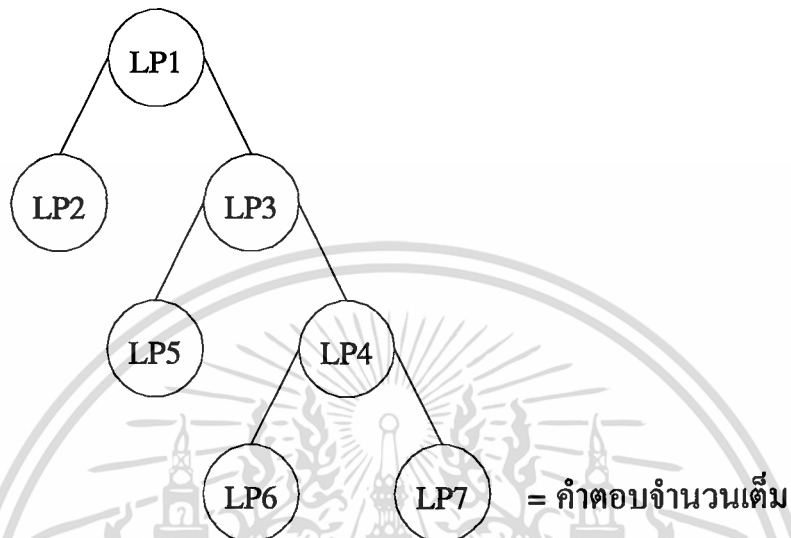
1. ค่าของฟังก์ชันเป้าหมายที่เราแตกกิ่งสาขาต่อไป ไม่ดีกว่าค่าของฟังก์ชันเป้าหมายของคำตอบของจำนวนเต็มที่มีอยู่ หรือ

2. ปัญหาที่เราพิจารณาอยู่นั้น เป็นปัญหาที่ไม่มีคำตอบที่เป็นไปได้ (infeasible solution) เช่น ข้อจำกัดขัดแย้งกันกับข้อจำกัดที่มีอยู่

3. ได้คำตอบที่มีค่าตัวแปรตัดสินใจเป็นจำนวนเต็มแล้ว

ในกรณีที่สามารถสรุปได้ข้อใดข้อหนึ่งดังที่ได้กล่าวมาแล้ว เราจะทำการยุติการแตกกิ่งสาขาต่อไป (fathomed)

เราจะเรียกวิธีการที่ใช้ค่าของฟังก์ชันเป้าหมาย (Objective function) มาใช้ในการเปรียบเทียบการแตกกิ่งสาขาปัญหาว่า การเปรียบเทียบการกำหนดขอบเขต (bound)



รูปที่ 2.2 แสดงการแตกปัญหาโดยวิธี Branch and Bound

2.3. การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity analysis)

จากข้อสมมติที่สำคัญประการหนึ่งของการโปรแกรมเชิงเส้น คือข้อสมมติที่ว่าตัวพารามิเตอร์ (a_{ij}, b_i, c_j) ในแบบจำลองเป็นค่าที่ถูกกำหนดขึ้นโดยสมมติว่าค่าเหล่านั้นแน่นอนและสามารถทราบได้ แต่ในความเป็นจริงแล้วค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เป็นค่าที่คาดคะเนจากประสบการณ์ในอดีต ซึ่งอาจใช้วิธีคาดคะเน โดยกำหนดจากสถิติข้อมูลในอดีตหรือใช้การคำนวณจากเส้นแนวโน้มหรือความสัมพันธ์ เป็นต้น ซึ่งการกำหนดจากข้อมูลในอดีตนั้นอาจตรงหรือไม่ตรงกับความจริงที่เกิดขึ้นเมื่อดำเนินการก็ได้ ยิ่งไปกว่านั้นการกำหนดทรัพยากรเพื่อการผลิตในขั้นต้นอาจกำหนดจากนโยบายในขณะใดขณะหนึ่งซึ่งนโยบายอาจเปลี่ยนไป ดังนั้นเมื่อปฏิบัติงานจริงแล้วตัวพารามิเตอร์ที่เกิดขึ้นในความเป็นจริงอาจแตกต่างไปจากตัวที่กำหนดขึ้นเพื่อสร้างแบบจำลอง คำตอบที่เป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากโปรแกรมยังคงใช้ได้ก็ต่อเมื่อโปรแกรมที่สร้างขึ้นตรงกับสภาพที่เป็นจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาดนี้ เพื่อให้คำตอบที่ได้ถูกต้องยิ่งขึ้นและเป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุด วิธีที่อาจทำได้คือการสร้างแบบจำลองใหม่โดยใช้ตัวพารามิเตอร์ที่คำนวณได้ใหม่แล้ว แก้ปัญหาโดยวิธี Simplex อีกครั้งหนึ่งซึ่งวิธีดังกล่าวเปลืองเวลาและค่าใช้จ่ายมาก เพราะเหมือนกับเป็นการเริ่มต้นใหม่

วิธีการอีกวิธีหนึ่งในการปรับปรุงคำตอบเพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดเมื่อตัวพารามิเตอร์เปลี่ยนแปลงไป คือวิธีวิเคราะห์ความไว (Sensitivity analysis) เพื่อตรวจสอบว่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากวิธี Simplex ในขั้นแรกนั้นมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวพารามิเตอร์ที่เปลี่ยนแปลงนั้นเพียงใด ตัวพารามิเตอร์บางตัวจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคำตอบมาก แต่บางตัวจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคำตอบไม่มาก กล่าวโดยสรุปคือ การวิเคราะห์ความไว เป็นการวิเคราะห์หาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดใหม่เพื่อตัวพารามิเตอร์ในการโปรแกรมเชิงเส้นเปลี่ยนแปลงไป โดยวิธีการปรับจากตาราง Simplex ตารางสุดท้าย ไม่ต้องทำการคำนวณตาราง Simplex ใหม่ตั้งแต่จุดเริ่มต้น

การเปลี่ยนแปลงของตัวพารามิเตอร์นั้นอาจมีผลเป็น 3 กรณีด้วยกันคือ

1. คำตอบที่เหมาะสมไม่เปลี่ยนแปลงหรืออีกนัยหนึ่งก็คือค่าตัวแปรในคำตอบยังคงเป็นค่าเดิม

2. ตัวแปรในคำตอบยังเป็นตัวเดิม แต่ค่าของตัวแปรที่เป็นคำตอบที่เปลี่ยนแปลงไป

3. คำตอบทั้งหมดเปลี่ยนแปลงไป

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของตัวพารามิเตอร์นั้นอาจเกิดขึ้นได้ในกรณีใดกรณีหนึ่ง หรือหลายกรณีต่อไปนี้

1. ข้อจำกัดเปลี่ยนแปลงไป นั่นก็คือ มีการเปลี่ยนแปลงตัวเลขด้านขวามือของสมการข้อจำกัด b_i เช่นจำนวนชั่วโมงแรงงาน หรือเครื่องจักรที่สามารถใช้ได้ในการผลิตเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงนโยบาย เป็นต้น

2. สัมประสิทธิ์ของสมการเป้าหมาย (c_j) เปลี่ยนแปลงไป ในกรณีสัมประสิทธิ์ของสมการเป้าหมาย ยังอาจแบ่งได้เป็นสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่อยู่ในคำตอบกับสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่อยู่นอกคำตอบ

3.สัมประสิทธิ์ของตัวแปรในสมการข้อจำกัด (a_{ij}) เปลี่ยนแปลง ซึ่งก็ทำนองเดียวกับข้อ 2 คืออาจแบ่งเป็นสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในคำตอบกับสัมประสิทธิ์ของตัวแปรนอกคำตอบ

4.มีตัวแปรใหม่เพิ่มขึ้นมาอีก

5.มีสมการข้อจำกัดเพิ่มขึ้นมาอีก

ขั้นตอนและวิธีดำเนินการของการตรวจสอบหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด โดยการวิเคราะห์ความไวมีขั้นตอนโดยสรุปดังนี้

1.คำนวณหาส่วนเปลี่ยนแปลงของตัวแปรนั้น แล้วนำค่าที่เปลี่ยนแปลงไปบวกเข้ากับค่าของสัมประสิทธิ์ของตัวแปรนั้นในตาราง Simplex ตารางสุดท้าย ซึ่งตารางที่เป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุดของโปรแกรมเดิม

2.ปรับตารางที่ได้จากข้อ 1 ให้อยู่ในรูปแบบตารางที่จะหาคำตอบโดยทำตารางจากข้อ 1 ให้เป็นคำตอบพื้นฐานที่เป็นไปได้ก่อนดำเนินการต่อไป

3.ทำการหาคำตอบต่อไปโดยวิธี Simplex จากตารางในข้อ 2 จนกระทั่งถึงตารางสุดท้ายที่แสดงว่าเป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุด

2.4.การวิเคราะห์อนุกรมเวลาและเทคนิคการพยากรณ์

การพยากรณ์ในธุรกิจหมายถึง การประมาณหรือคาดการณ์ความต้องการของสินค้า วัตถุดิบ หรือบริการในช่วงเวลาอนาคตที่ต้องการ

การพยากรณ์นับว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับธุรกิจและอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ธุรกิจที่อยู่ภายใต้สภาวะการแข่งขัน เพราะตัวเลขพยากรณ์ที่ได้จะต้องนำมาใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นของการวางแผนในธุรกิจหลายอย่าง เช่น การวางแผนการผลิต การวางแผนการจัดซื้อ การวางแผนงบประมาณ ฯลฯ

ตามปกติแล้ว การพยากรณ์ย่อมจะต้องมีการผิดพลาดบ้างเป็นธรรมดา เพราะการพยากรณ์เป็นการคาดการณ์เกี่ยวกับปริมาณความต้องการสินค้า วัตถุดิบ หรือบริการในอนาคต ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นอาจมีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพเศรษฐกิจ สังคม และการเมือง ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี การเปลี่ยนแปลงของตลาด อันเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกลยุทธ์ของกลุ่ม เช่น การโฆษณา หรือการลดแลกแจกแถม เป็นต้น โดยทั่วไปการพยากรณ์ที่ผิดพลาดอยู่ในช่วง 5- 10 % เป็นที่ยอมรับแล้วในทางธุรกิจ

2.4.1.เทคนิคการพยากรณ์แบบต่าง ๆ

การพยากรณ์อาจแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1.การพยากรณ์แบบไม่มีหลักการ (Informal Forecasting) เป็นการพยากรณ์โดยอาศัยประสบการณ์ของผู้ทำการพยากรณ์เพียงอย่างเดียว โดยไม่มีวิธีการหรือเทคนิคแต่อย่างใด วิธีนี้เหมาะสำหรับธุรกิจครอบครัวขนาดเล็ก

2.การพยากรณ์แบบมีหลักการ (Formal Forecasting) เป็นการพยากรณ์โดยใช้หลักวิชา ซึ่งสามารถจำแนกย่อยออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

- การพยากรณ์เชิงปริมาณ (Quantitative Forecasting) หมายถึง การพยากรณ์โดยใช้สูตร สมการหรือวิธีการทางสถิติ หรือแบบจำลองต่าง ๆ มาช่วยในการพยากรณ์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือ

ก.การพยากรณ์ที่อธิบายได้ (Explanatory Forecasting) อันประกอบด้วย เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) และแบบจำลองเศรษฐมิติ (Econometric Model)

ข.การพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา (Time Series Forecasting) เป็นวิธีการพยากรณ์โดยใช้ตัวเลขข้อมูลในอดีตมาทำการพยากรณ์ ซึ่งเป็นที่นิยมมากที่สุดในธุรกิจอุตสาหกรรม การพยากรณ์แบบอนุกรมเวลามีหลายวิธีดังนี้

-การประเมินตัวเลขง่าย ๆ (Native) เป็นวิธีการพยากรณ์โดยใช้ประมาณตัวเลขง่าย ๆ จากประสบการณ์ในอดีต เช่น +10 % เป็นต้น

-การพยากรณ์แบบปรับให้เรียบ (Smoothing Techniques) อันประกอบด้วย การปรับให้เรียบโดยใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) การปรับให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียล (Exponential Smoothing) การปรับให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียลซ้ำสองครั้ง (Double Exponential Smoothing)

-การพยากรณ์แบบหาแนวโน้ม (Trend Extrapolation) ได้แก่การพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบ Box- Jenkins

-การพยากรณ์เชิงคุณภาพ (Qualitative Forecasting) เป็นการพยากรณ์โดยไม่ใช้ข้อมูลในอดีตมาวิเคราะห์ แต่จะใช้วิธีการสำรวจ หรือวิเคราะห์ข้อมูล

2.4.2. เทคนิคบ็อกซ์และเจนกินส์

การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยเทคนิคของบ็อกซ์และเจนกินส์ (Box and Jenkins) แตกต่างจากเทคนิคทำให้เรียบคือ ไม่ได้กำหนดตัวแบบก่อนการวิเคราะห์แต่เลือกตัวแบบจากการพิจารณาลักษณะของสหสัมพันธ์ในตนเอง (Autocorrelation) และสหสัมพันธ์ในตนเองส่วนย่อย (Partial Autocorrelation) ของอนุกรมเวลาที่อยู่ในสถานะเสถียร (Stationary) โดยบ็อกซ์และเจนกินส์สร้างตัวแบบ 3 ตัวแบบ คือตัวแบบการถดถอยในตนเอง (Autoregressive Model) ตัวแบบเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Model) และตัวแบบผสมการถดถอยในตนเองกับเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Mixed Autoregressive Moving Average Model) การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยเทคนิคของบ็อกซ์และเจนกินส์ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนคือ ขั้นการค้นหาค่าตัวแบบ (Identification) ขั้นการประมาณค่า (Estimation) ขั้นตรวจสอบตัวแบบ (Diagnostic Checks) และขั้นพยากรณ์ (Forecasting)

2.4.3. ฟังก์ชันความแปรปรวนร่วมในตนเองและสหสัมพันธ์ในตนเอง

กระบวนการเสถียร (Stationary) $\{X_t\}$ มีค่าเฉลี่ย $E(X_t) = \mu$ ความแปรปรวน $Var(X_t) = E(X_t - \mu)^2 = \mu^2$ ซึ่งเป็นค่าคงที่ทั้งสองค่า และความแปรปรวนร่วม $Cov(X_t, X_s)$ ซึ่งเป็นฟังก์ชันของค่าแตกต่างของเวลา $|t-s|$ ดังนั้นความแปรปรวนร่วมระหว่าง X_t และ X_{t+k} คือ

$$\gamma_k = Cov(X_t, X_{t+k}) = E(X_t - \mu)(X_{t+k} - \mu)$$

และสหสัมพันธ์ในตนเองระหว่าง X_t และ X_{t+k} คือ

$$\rho_k = \frac{\text{Cov}(X_t, X_{t+k})}{\sqrt{\text{Var}(X_t)}\sqrt{\text{Var}(X_{t+k})}} = \frac{\gamma_k}{\gamma_0}$$

เมื่อ $\text{Var}(X_t) = \text{Var}(X_{t+k}) = \gamma_0$

γ_k และ ρ_k คือฟังก์ชันความแปรปรวนร่วมในตนเองและสหสัมพันธ์ในตนเอง (ACF) ตามลำดับ

คุณสมบัติของ γ_k และ ρ_k คือ

$$1. \gamma_0 = \text{Var}(X_t); \rho_0 = 1$$

$$2. |\gamma_k| \leq \gamma_0; |\rho_k| \leq 1$$

$$3. \gamma_k = \gamma_{-k} \text{ และ } \rho_k = \rho_{-k} \text{ ทุกค่า } k$$

2.4.4. การแปลงกระบวนการให้เป็นกระบวนการสเตชันนารี

กระบวนการสเตชันนารีมีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนคงที่ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยเทคนิคบ็อกซ์และเจนกินส์ ถ้าขาดคุณสมบัติดังกล่าวจะต้องแปลงกระบวนการให้เป็นแบบสเตชันนารี ซึ่งมีสองกรณีคือ

1. กรณีค่าเฉลี่ยไม่คงที่เปลี่ยนไปตามเวลา

ถ้าอนุกรมเวลามีค่าเฉลี่ยเปลี่ยนไปตามเวลาโดยที่ความแปรปรวนคงที่ และอนุกรมเวลานี้ไม่มีฤดูกาล สามารถแปลงอนุกรมเวลานี้ให้เป็นอนุกรมเวลาสเตชันนารี โดยการหาค่าแตกต่าง ดังนี้

ค่าแตกต่างครั้งที่หนึ่ง (First Differences) แทนด้วย ∇X_t และ

$$\nabla X_t = X_t - X_{t-1} \text{ , สำหรับ } t = 2, 3, \dots, n$$

ค่าแตกต่างครั้งที่สอง (Second Differences) แทนด้วย $\nabla^2 X_t$ และ

$$\nabla^2 X_t = X_t - 2X_{t-1} + X_{t-2} \text{ , สำหรับ } t = 3, 4, \dots, n$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\nabla^d X_t$ แทนค่าแตกต่างครั้งที่ d ได้จากการหาค่าแตกต่างเป็นลำดับจากค่าแตกต่างครั้งก่อน ๆ

ถ้าอนุกรมเวลาที่มีฤดูกาลด้วย การหาค่าแตกต่างฤดูกาลจะหาค่าแตกต่างของค่าอนุกรมเวลาที่อยู่ห่างกันเท่ากับความยาวของฤดูกาล s และแทนด้วย $\nabla_s X_t$

ค่าแตกต่างฤดูกาลครั้งที่หนึ่ง คือ

$$\nabla_s X_t = X_t - X_{t-s}$$

ค่าแตกต่างครั้งที่สอง คือ

$$\nabla_s^2 X_t = X_t - 2X_{t-s} + X_{t-2s}$$

และค่าแตกต่างฤดูกาลครั้งที่ D แทนด้วย $\nabla_s^D X_t$

ในบางครั้งอาจต้องหาค่าแตกต่างแบบไม่มีฤดูกาลและแบบมีฤดูกาลด้วย เมื่อค่าเฉลี่ยไม่มีฤดูกาลและมีฤดูกาลมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป กรณีเช่นนี้จะต้องหาค่าแตกต่างทั้งแบบไม่มีฤดูกาลและแบบมีฤดูกาล โดยจะหาค่าแตกต่างแบบใดก่อนก็ได้

ค่าแตกต่างครั้งที่ d แบบไม่มีฤดูกาลเมื่อหาร่วมกันกับค่าแตกต่างอย่างมีฤดูกาลครั้งที่ D แทนด้วยสัญลักษณ์

$$\nabla_s^D \nabla^d X_t$$

เมื่อ D แทนอันดับของค่าแตกต่างฤดูกาล

d แทนอันดับของค่าแตกต่างไม่มีฤดูกาล

s แทนความยาวของฤดูกาล

2.กรณีความแปรปรวนเปลี่ยนไปตามเวลา

การแปลงกระบวนการที่ความแปรปรวนไม่คงที่แปลงได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับลักษณะการเปลี่ยนแปลงของความแปรปรวน ถ้าความแปรปรวนเป็นสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลา โดยที่ค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างคงที่ก็ควรจะแปลงด้วยลอการิทึม $\ln X_t$ วิธีอื่น ๆ ที่จะแปลงให้ค่าความแปรปรวนคงที่ เช่น X_t หรือ $1/X_t$

ในอนุกรมเวลาชุดหนึ่ง ๆ อาจมีค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนไม่คงที่ทั้งสองอย่าง ควรจะแปลงให้ค่าความแปรปรวนคงที่ก่อนจะแปลงค่าเฉลี่ยให้คงที่

2.4.5. กระบวนการถดถอยในตนเอง (Autoregressive Process)

กระบวนการถดถอยในตนเองเป็นกระบวนการอนุกรมเวลาที่ค่าปัจจุบัน X_t แทนได้ด้วยฟังก์ชันเชิงเส้นของค่าในอดีตกับค่าความรบกวนสุ่ม a_t โดยที่อนุกรมเวลา $\{X_t\}$ เป็นอนุกรมเวลาที่อยู่ในสถานะเสถียร

$$\text{เมื่อกำหนดให้ } Z_t = X_t - \mu$$

จะได้กระบวนการหรือตัวแบบ (Model) การถดถอยในตนเองอันดับ p คือ

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t$$

ตัวแบบถดถอยในตนเองอันดับ p (AR(p)) อาจเขียนในเทอมของค่าสังเกต x_t ได้ดังนี้

$$X_t = \delta + \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} + a_t$$

1. กระบวนการถดถอยในตนเองอันดับหนึ่ง (The First-order Autoregressive Process)

อนุกรมเวลาที่เสถียรแล้วจะเป็นกระบวนการถดถอยในตนเองอันดับที่หนึ่ง ถ้าค่าปัจจุบันของอนุกรมเวลา Z_t แทนได้ด้วยฟังก์ชันเชิงเส้นของค่าสังเกตในอดีตหนึ่งค่า และความรบกวนสุ่ม a_t เมื่อให้ Z_{t-1} แทนค่าสังเกตในอดีตที่ห่างจากค่าปัจจุบัน 1 คาบเวลา ขบวนการ AR(1) จะเขียนได้เป็น

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + a_t$$

โดย ϕ_1 คือพารามิเตอร์การถดถอยในตนเอง (Autoregressive Parameter) ซึ่งอธิบายผลของการเปลี่ยน Z_{t-1} หนึ่งหน่วยที่มีต่อ Z_t โดย ϕ_1 เป็นค่าที่จะต้องประมาณในตัวแบบ a_t คือการรบกวนสุ่ม (Random Shock) หรือความคลาดเคลื่อน (Errors)

กระบวนการ AR(1) จะเป็นกระบวนการเสถียรเมื่อ $|\phi_1| < 1$ คือ สหสัมพันธ์ในตนเองจะลดลงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลสู่ศูนย์

2. กระบวนการถดถอยในตนเองอันดับที่สอง (The Second-Order Autoregressive Process)

ถ้าเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น 2 คาบเวลาที่แล้วมีอิทธิพลต่อการเกิดเหตุการณ์ในปัจจุบันจะอธิบายได้ด้วยกระบวนการถดถอยในตนเองอันดับที่สอง AR(2) ซึ่งมีตัวแบบดังนี้

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + a_t$$

2.4.6. กระบวนการเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Process)

กระบวนการเฉลี่ยเคลื่อนที่ เป็นกระบวนการสำคัญที่ช่วยลดจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่า โดย MA(1) คือกระบวนการเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่หนึ่ง เป็นกระบวนการที่ค่าสังเกตปัจจุบันของอนุกรมเวลาได้รับอิทธิพลจากความคลาดเคลื่อนในอดีตห่าง 1 คาบเวลา คือ

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + a_t - \theta_1 a_{t-1}$$

1. กระบวนการเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่หนึ่ง (The First Order Moving Average Process MA(1))

กระบวนการ MA(1) คือ

$$Z_t = a_t - \theta_1 a_{t-1}$$

กระบวนการ MA(1) มีค่าสหสัมพันธ์ในตนเองที่ไม่เป็นศูนย์เพียงค่าเดียวคือค่าที่มีระยะเวลาห่างไป 1 คาบเวลา (ρ_1) ส่วนค่าสหสัมพันธ์ในตนเองที่มีช่วงเวลากันมากกว่า 1 เป็นศูนย์หมด

2. กระบวนการเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่สอง (The Second Order Moving Average Process MA(2))

ตัวแบบการเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่สอง คือ

$$Z_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2}$$

3. กระบวนการถดถอยในตนเองเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ p และ q (Mixed Autoregressive moving Average Process order p and q)

กระบวนการถดถอยในตนเองอันดับที่ p ผสมกับกระบวนการเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับ q แทนด้วย ARMA (p,q) เป็นตัวแบบของค่าสังเกตปัจจุบันที่เป็นทั้งฟังก์ชันของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าสังเกตในอดีตย้อนหลัง p คาบเวลาและตัวแปรสุ่มอิสระ (ความคลาดเคลื่อน) ปัจจุบัน และย้อนหลัง q คาบเวลา ตัวแบบ ARMA(p,q) คือ

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q}$$

เมื่อ $Z_t = X_t - \mu$

X_t คือ ค่าสังเกต

โดย p คือจำนวนพารามิเตอร์การถดถอยในตนเอง (Autoregressive Parameter)

q คือจำนวนพารามิเตอร์เฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Parameter)

2.5.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1.C. ROGER GLASSEY AND VIRENDRA K. GUPTA, MANAGEMENT SCIENCE , Vol. 21 No. 4 , 1974, U.S.A. A LINEAR PROGRAMMING ANALYSIS OF PAPER RECYCLING เป็นตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้นสร้างขึ้นสำหรับการผลิต การใช้งาน และการนำกลับมาผลิตใหม่ของกระดาษชนิดต่าง ๆ และผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง ตัวแบบนี้ใช้ประมาณอัตราการนำกลับมาผลิตใหม่ที่สูงที่สุดที่จะเป็นไปได้ในสถานการณ์ปัจจุบัน การโปรแกรมเชิงเส้นพารามेटริกจะใช้ในการค้นหาผลกระทบ อันเนื่องมาจากประสิทธิภาพของการเก็บรวบรวม การคัดแยก และการขนย้ายกระดาษที่ใช้แล้วในขบวนการนำกลับมาผลิตใหม่ (recycled)

2.5.2.เสรี สมนาแซง, ผศ.,ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในการประชุมทางวิชาการเรื่องการวิจัยดำเนินงาน , 2525 การวางแผนการผลิตด้วยโปรแกรมเชิงเส้น สำหรับโรงงานผลิตน้ำอัดลม มีรายละเอียดดังนี้

โรงงานผลิตน้ำอัดลมขนาดบรรจุเท่ากันรวม 3 ชนิด โดยทำการผลิตวันละ 24 ชั่วโมง แบ่งการทำงานเป็น 2 กะ และไม่ยอมให้มีสินค้าขาดสต็อก ปริมาณความต้องการของน้ำอัดลมแต่ละชนิดในแต่ละเดือนมีลักษณะแปรปรวนตามฤดูกาล โดยมีความต้องการแต่ละเดือนในปี 2525 ดังตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ความต้องการน้ำอัดลมแต่ละเดือนในปี 2525

ชนิด	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
1	203801	216508	275040	254146	236209	212865
2	190140	209339	258283	252419	23479	197779
3	123023	132857	185424	152064	145390	128600

ตารางที่ 2.4 (ต่อ) ความต้องการน้ำอัดลมแต่ละเดือนในปี พ.ศ. 2525

ชนิด	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	211631	152870	145278	167913	122192	145676
2	194033	158750	142464	164974	120808	143000
3	122397	94305	87673	101371	74733	94873

สำหรับกำลังการผลิตสูงสุดของเครื่องจักรและความจุสูงสุดของโกดังสินค้าของน้ำอัดลมแต่ละชนิดแสดงดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 กำลังการผลิตสูงสุดของเครื่องจักรและความจุสูงสุดของโกดังสินค้าของน้ำอัดลมแต่ละชนิด

น้ำอัดลม	กำลังการผลิตสูงสุด (ถัง/เดือน)	ความจุโกดังสูงสุด (ถัง)	ปริมาณเสริมที่คลังต่อปี (ถัง)
1	214,968	136,500	110,864
2	202,944	125,500	125,864
3	132,288	84,000	76,822

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับต้นทุนการผลิตต่อหน่วยของน้ำอัดลมแต่ละชนิดและค่าเก็บน้ำอัดลมมีค่า
ดังแสดงในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยและค่าเก็บรักษาน้ำอัดลม
ของน้ำอัดลมแต่ละชนิด

น้ำอัดลม	ต้นทุนการผลิต(บาท/ลัง)	ค่าเก็บรักษา(บาท/ลัง)
1	32	0.58
2	32	0.58
3	32	0.58

จากกรณีตัวอย่าง สามารถกำหนดรูปแบบโปรแกรมเชิงเส้นได้ดังนี้

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^{12} \sum_{j=1}^3 (c_{ij}X_{ij} + k_{ij}I_{ij})$$

$$X_{ij} \leq M_{ij}$$

$$I_{ij} \leq N_j$$

$$X_{ij} + I_{i-1,j} - I_{ij} = D_{ij}$$

$$X_{ij} \geq 0$$

$$I_{ij} \geq 0$$

- เมื่อ X_{ij} = ปริมาณน้ำอัดลม i ที่ผลิตในเดือน j (ลัง)
 C_{ij} = ต้นทุนการผลิตน้ำอัดลม j ในเดือน i (บาท)
 I_{ij} = ปริมาณน้ำอัดลม j ที่ผลิตในเดือน i เพื่อเก็บเข้าสต็อก (ลัง)
 k_{ij} = ค่าเก็บน้ำอัดลม j ในเดือน i (บาท/ลัง/เดือน)
 D_{ij} = ความต้องการน้ำอัดลม j ในเดือน i
 M_{ij} = กำลังผลิตสูงสุดของเครื่องจักรที่ผลิตน้ำอัดลม j ในเดือน i (ลัง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N_j = ปริมาณสินค้าคงคลังสูงสุดที่จะเก็บน้ำอัดลม j ในโกดัง (ลัง)

จากกรณีตัวอย่างนี้จะประกอบด้วยตัวแปรตัดสินใจรวม 72 ตัวแปร และมีฟังก์ชันเงื่อนไขรวม 180 ฟังก์ชัน สำหรับการจัดทำแผนในช่วง 1 ปี ค่าตอบที่ดีที่สุดสามารถคำนวณได้โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในคอมพิวเตอร์ดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ค่าตอบที่ได้จากการคำนวณ
โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในคอมพิวเตอร์

เดือน	น้ำอัดลมชนิดที่ 1		น้ำอัดลมชนิดที่ 2		น้ำอัดลมชนิดที่ 3	
	ผลิต	คงคลัง	ผลิต	คงคลัง	ผลิต	คงคลัง
ม.ค.	214968	122031	203944	139014	132288	86087
ก.พ.	214968	120491	203944	133619	132288	96018
มี.ค.	214968	60419	203944	79280	132288	32886
เม.ย.	214968	21214	203944	30805	132288	13102
พ.ค.	214968	-	203944	-	132288	-
มิ.ย.	214968	-	197379	-	128600	-
ก.ค.	211631	-	194033	-	122390	-
ส.ค.	152870	-	158750	-	94035	-
ก.ย.	145270	-	142462	-	87673	-
ต.ค.	167913	-	164974	-	101371	-
พ.ย.	202184	79992	196654	75846	126803	52070
ธ.ค.	202184	136500	196654	129500	126803	84000

2.5.3.เสรี สมณาแซง, ผศ.,ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2525 การใช้โปรแกรมเชิงเส้น ทำแผนการผลิตโรงงานปลาทูน่ากระป๋อง มีการดำเนินงานดังนี้

ในโรงงานผลิตปลาทูน่ากระป๋องแห่งหนึ่ง ใช้วัตถุดิบ 2 ชนิด คือปลาโอคำ (Tuna) และปลาโอลาย(Banito) ซึ่งจากข้อมูลในอดีต วัตถุดิบนี้มีลักษณะแปรปรวนตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฤดูกาล ผลิตภัณฑ์ของโรงงานมีรวมทั้งสิ้น 34 ชนิด และเมื่อจำแนกสินค้าหลักเพียง 3 ชนิด และสินค้าส่วนที่เหลือจะทำตามใบสั่งพิเศษส่วนหนึ่ง และเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้อีกส่วนหนึ่ง

โปรแกรมเชิงเส้นมีรูปแบบดังนี้

1. ฟังก์ชันเป้าหมาย เพื่อหาค่าไรรวมสูงสุด

$$\text{Max} \sum_{i=1}^{12} \sum_{j=1}^{11} G_j X_{ij}$$

เมื่อ G_{ij} = Gross Margin ของผลิตภัณฑ์ j (บาท/ก.ก.พลาสติก)
 X_{ij} = จำนวนผลิตภัณฑ์ j ที่จะผลิตในเดือน i วัดเทียบจำนวนหีบเป็นน้ำหนักพลาสติก (ก.ก.) เนื่องจากน้ำหนักต่อหีบมีค่าไม่เท่ากัน

สินค้าที่นำมาเข้าในการวางแผนมี 11 ชนิดดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 สินค้าที่นำมาเข้าในการวางแผน

j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
สินค้า	TCB	TCO	TCV	TCW	TSB	TSV	ECB	ECO	TXB	EXB	EXO

2. ข้อจำกัดของพลาสติก ปริมาณการผลิตในแต่ละเดือนต้องไม่เกินปริมาณที่ซื้อได้

ปลาโอดำ
$$\sum_{j=1}^4 X_{ij} + X_{i9} \leq T_i$$

ปลาโอสาย
$$\sum_{j=7}^8 X_{ij} + \sum_{j=10}^{11} X_{ij} \leq E_{ij}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ T_i = ปริมาณปลาโอคำที่ซื้อในแต่ละเดือน(ก.ก.)

E_i = ปริมาณปลาโอลายที่ซื้อในแต่ละเดือน(ก.ก.)

T_i และ E_i ได้มาจากการพยากรณ์

3.ข้อจำกัดของเครื่องจักร เครื่องจักรที่เป็นหลักของโรงงานคือเครื่องปิดฝากระป๋อง ซึ่งมีอยู่ 2 ชนิดคือ ขนาด 307 และ 603 รวม 5 เครื่อง

$$\text{ขนาด 307} \quad \sum_{j=1}^4 \frac{X_{ij}}{P} + \sum_{j=5}^6 \frac{X_{ij}}{T} + \sum_{j=7}^8 \frac{X_{ij}}{R} \leq M307_i$$

$$\text{ขนาด 603} \quad \sum_{i=1}^9 \frac{X_{i9}}{Q} + \sum_{j=10}^{11} \frac{X_{ij}}{S} \leq M603_i$$

เมื่อ P = น.น.ปลาโอคำที่ใช้ผลิตปลากระป๋องขึ้น ขนาด 307 (ก.ก./หีบ)

Q = น.น.ปลาโอคำที่ใช้ผลิตปลากระป๋องขึ้น ขนาด 603 (ก.ก./หีบ)

R = น.น.ปลาโอลายที่ใช้ผลิตปลากระป๋องขึ้น ขนาด 307 (ก.ก./หีบ)

S = น.น.ปลาโอลายที่ใช้ผลิตปลากระป๋องขึ้น ขนาด 603 (ก.ก./หีบ)

T = น.น.ปลาโอคำซึ่งใช้ผลิตปลาป่น ขนาด 307 (ก.ก./หีบ)

$M307_i$ = กำลังการผลิตรวมของเครื่องฝาปิดขนาด 307 (หีบ) ในเดือน i

$M603_i$ = กำลังการผลิตรวมของเครื่องฝาปิดขนาด 603 (หีบ) ในเดือน i

กำลังผลิต $M307_i$ และ $M603_i$ ได้หักเวลาปรับตั้งเครื่องและหยุดซ่อมแล้ว

4.สมการ Mass Balance ในการผลิตปลาขึ้นซึ่งเป็นสินค้าหลักจะมีปลาป่นเป็นสินค้าพลอยได้ ซึ่งเท่ากับ 4 % น.น.ปลาสดโดยเฉลี่ย เฉพาะปลาโอคำขึ้น

$$0.04 \left[\sum_{j=1}^4 X_{ij} + X_{i9} \right] = \sum_{j=5}^6 X_{ij}$$

5.ข้อจำกัดด้านความต้องการของการตลาด เฉพาะสินค้า 3 ชนิดคือ TCB, ECB และ TXB ซึ่งเป็นปริมาณสินค้าที่ผลิตในเดือนนี้ บวกกับ stock ที่คงเหลือมาในเดือนก่อน ลบออกจากปริมาณสินค้าที่ต้องเก็บในเดือนนี้ ต้องเท่ากับความต้องการของตลาด

$$\frac{X_{ij}}{P} + \frac{I_{i-1,j}}{P} - \frac{I_{ij}}{P} = D_{ij} \quad \text{เมื่อ } j = 1$$

$$\frac{X_{ij}}{R} + \frac{I_{i-1,j}}{R} - \frac{I_{ij}}{R} = D_{ij} \quad \text{เมื่อ } j = 7$$

$$\frac{X_{ij}}{Q} + \frac{I_{i-1,j}}{Q} - \frac{I_{ij}}{Q} = D_{ij} \quad \text{เมื่อ } j = 9$$

เมื่อ I_{ij} = ปริมาณสินค้า j ที่ผลิตเก็บในเดือน i (ก.ก.ปลาสด)

$I_{i-1,j}$ = ปริมาณสินค้า j ที่ผลิตเก็บในเดือน $i-1$ (ก.ก.ปลาสด)

จะเห็นได้ว่าจากสมการเป้าหมายเหล่านี้นำไปแก้ปัญหาคด้วย Computer จะได้คำตอบที่ต้องการตามข้อกำหนดเบื้องต้น

2.5.4.KEITH BUTTERWORTH, Journal of the Operational Research Society, Vol. 36 , No.2 1985 PRACTICAL APPLICATION OF LINEAR/INTEGER PROGRAMMING IN AGRICULTURE การนำโปรแกรมเชิงเส้นและการโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มมาใช้ เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการทำฟาร์ม ทำให้ทราบว่าจำเป็นต้องดำเนินการอย่างไร เพื่อก่อให้เกิดกำไรที่สูงกว่าที่เคยได้รับและเป็นกำไรที่สูงที่สุด เช่น จะเลี้ยงสัตว์อย่างไร จะปลูกพืชเป็นจำนวนเท่าไร จะต้องจ้างคนงานเป็นจำนวนเท่าไรในช่วงเวลาใด จะเห็นได้ว่าการใช้ Linear/ Integer Programming ช่วยในการจัดระบบฟาร์มใหม่นั้น ก่อให้เกิดผลกำไรที่มากกว่า การจัดระบบฟาร์มเดิม

2.5.5.C PERRY AND WJ PRESTON ,Omega , 14 No. 3 1986
PRODUCTION PLANNING WITH LINEAR PROGRAMMING: FROM TEXTBOOK TO FACTORY การวางแผนการผลิตเป็นกระบวนการอย่างหนึ่งในการทำนายล่วงหน้าของการผลิต ซึ่งจะคำนึงถึงความต้องการของผู้บริโภค ในการทำนายจะคำนึงถึงความสามารถต่าง ๆ ที่มีอยู่ เช่น ความสามารถในการผลิต ระดับของสินค้าคงคลัง และเวลาที่ใช้ในการผลิต ซึ่งการวางแผนการผลิตนี้วัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ แผนการผลิตที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด โดยใช้ทฤษฎีทางสถิติเข้าช่วย คือ การโปรแกรมเชิงเส้น ซึ่งเป็นการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นตรง

2.5.6.สมคิด แก้วสนธิ (2530) การผลิตยาขององค์การยาแห่งจุฬาราชวิทยาลัย องค์การยาแห่งจุฬาราชวิทยาลัย เป็นรัฐวิสาหกิจที่มีกำเนิดขึ้นมาด้วนการรวมตัวระหว่างแผนกเวชภัณฑ์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (ตั้งเมื่อ พ.ศ. 2423) มีหน้าที่ในการจัดหาและจำหน่ายยาและเวชภัณฑ์ให้แก่หน่วยราชการและกระทรวงสาธารณสุข มีหน้าที่ในการผลิตยาและเวชภัณฑ์

ในด้านการผลิตขององค์การยาแห่งจุฬาราชวิทยาลัย ได้ทำการผลิตยาประมาณ 398 รายการ ซึ่งมีมูลค่าประมาณ 201.15 ล้านบาท โดยแบ่งเป็น 4 ประเภท

องค์การยาแห่งจุฬาราชวิทยาลัยได้มีขั้นตอนในการวางแผนการผลิต เป็นการกำหนดปริมาณยาแต่ละชนิดที่จะผลิตขึ้นมานี้อาศัยจากข้อมูลทางสถิติการผลิตในรอบปีที่ผ่านมาประกอบในการตัดสินใจว่าจะผลิตยาอะไรเป็นจำนวนเท่าไร การกำหนดปริมาณการผลิตมีหลักคือองค์การได้กำหนดว่า จำนวนยาที่จะผลิตขึ้นมาในครั้งหนึ่ง ๆ เมื่อรวมถึงจำนวนยาที่อยู่ในคลังแล้วจะต้องมีจำนวนเพียงพอสำหรับการจำหน่ายในช่วงระยะเวลา 6 เดือน ซึ่งทางองค์การผลิต ประยุกต์ทฤษฎีการโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Program) ในการตัดสินใจแล้วเปรียบเทียบการตัดสินใจโดยใช้การโปรแกรมเชิงเส้นกับลักษณะการตัดสินใจการผลิตยาขององค์การยาแห่งจุฬาราชวิทยาลัย

จะเห็นได้ว่าจากการศึกษาการตัดสินใจโดยใช้การโปรแกรมเชิงเส้นจะแสดงการผลิตวิตามินแต่ละชนิดได้ใช้วัตถุดิบ (ตัวยา) ในการผลิตทั้งสิ้นก็ชนิดเป็นจำนวนเท่าใด

ดังนั้นจึงถือว่าจำนวนวัตถุดิบ (ตัวยา) ที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตเท่ากับจำนวนซึ่งเพียงพอในการผลิตตามที่กำหนดในแผนการผลิตในช่วงระยะ 6 เดือนแรกของปี 2525



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

3.1. ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการศึกษาปัญหาพิเศษ มีขั้นตอนในการดำเนินงานดังต่อไปนี้

1. ศึกษากระบวนการผลิต

ศึกษาระบบการผลิตผลิตภัณฑ์ของบริษัท อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา จำกัด โดยศึกษาถึงผลิตภัณฑ์ที่บริษัทฯ ทำการผลิต ขั้นตอนและวิธีการผลิต ประเภทของผลิตภัณฑ์ ปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสินค้าแต่ละชนิด จำนวนแรงงาน เงินทุน เชื้อเพลิง และเครื่องจักร ที่ใช้เป็นปัจจัยในการผลิต และขีดจำกัดของปัจจัยการผลิตทั้งหมด ที่กล่าวมา ความต้องการผลิตภัณฑ์ของตลาด รวมทั้งศึกษานโยบายการวางแผนการผลิตของบริษัท โดยขั้นตอนและวิธีการผลิตแสดงในภาคผนวก ก

2. วิเคราะห์ปัญหาเกี่ยวกับการผลิตและเก็บรวบรวมข้อมูล

เมื่อศึกษาระบบการผลิตของบริษัทแล้ว ขั้นตอนก็คือการวิเคราะห์ปัญหาเกี่ยวกับการผลิต พบว่าบริษัทฯ มีปัญหาดังต่อไปนี้

- ขีดจำกัดทางด้านเตาเผา
- ปัญหาด้านเงินทุนที่มีอยู่อย่างจำกัด
- ปัญหาสินค้าไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด

หลังจากนั้นทำการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์

3. วิเคราะห์อนุกรมเวลาและสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์

นำยอดขายแต่ละเดือนมาทำการพยากรณ์โดยใช้เทคนิคบ็อกซ์และเจนกินส์ เพื่อนำยอดขายที่ได้จากการพยากรณ์และข้อมูลอื่น ๆ มาสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์โดยกำหนดตัวแปรตัดสินใจ ฟังก์ชันเป้าหมาย และฟังก์ชันข้อจำกัด ตามหลักการจัดตั้งรูปแบบปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้น

4.วิเคราะห์ข้อมูล

นำตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ได้ มาแก้ปัญหาด้วยเทคนิคการโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็ม เนื่องจากปัญหามีความซับซ้อน จึงใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด

5.นำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์มาทำการตัดสินใจ

ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์จะเป็นแนวทางให้กับผู้บริหารในการวางแผนและกำหนดนโยบายในการผลิต

3.2.รายการสุกัณฑ์ที่อยู่ในขอบเขตของการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้สนใจจะศึกษาสุกัณฑ์ที่บริษัทฯ ผลิต ดังตารางที่ 3.1 โดยที่จะศึกษาผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 8 ประเภท แต่ละผลิตภัณฑ์มีทั้งหมด 5 สี ยกเว้นผลิตภัณฑ์อ่างสระผม มีเพียงสีขาวเดียว

ตารางที่ 3.1 รายการสุกัณฑ์และตัวแปรที่อยู่ในขอบเขตของการศึกษา

ผลิตภัณฑ์	ตัวแปร
1.1.หัวส้วมนั่งของสีขาว	X_{11}
1.2.หัวส้วมนั่งของสีฟ้า	X_{12}
1.3.หัวส้วมนั่งของสีเขียว	X_{13}
1.4.หัวส้วมนั่งของสีเหลือง	X_{14}
1.5.หัวส้วมนั่งของสีชมพู	X_{15}
2.1.หัวส้วมหุ้มขาสีขาว	X_{21}
2.2.หัวส้วมหุ้มขาสีฟ้า	X_{22}
2.3.หัวส้วมหุ้มขาสีเขียว	X_{23}
2.4.หัวส้วมหุ้มขาสีเหลือง	X_{24}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) รายการสุกัณฑ์และตัวแปรที่อยู่ในขอบเขตของการศึกษา

ผลิตภัณฑ์	ตัวแปร
2.5.หัวสวมหุ้มขาสีชมพู	X ₂₅
3.1.สวมนั่งยุโรปสีขาว	X ₃₁
3.2.สวมนั่งยุโรปสีฟ้า	X ₃₂
3.3.สวมนั่งยุโรปสีเขียว	X ₃₃
3.4.สวมนั่งยุโรปสีเหลือง	X ₃₄
3.5.สวมนั่งยุโรปสีชมพู	X ₃₅
4.1.ที่ปัสสาวะชายสีขาว	X ₄₁
4.2.ที่ปัสสาวะชายสีฟ้า	X ₄₂
4.3.ที่ปัสสาวะชายสีเขียว	X ₄₃
4.4.ที่ปัสสาวะชายสีเหลือง	X ₄₄
4.5.ที่ปัสสาวะชายสีชมพู	X ₄₅
5.1.อ่างล้างหน้าสีขาว	X ₅₁
5.2.อ่างล้างหน้าสีฟ้า	X ₅₂
5.3.อ่างล้างหน้าสีเขียว	X ₅₃
5.4.อ่างล้างหน้าสีเหลือง	X ₅₄
5.5.อ่างล้างหน้าสีชมพู	X ₅₅
6.1.อ่างสระผมสีขาว	X ₆₁
7.1.ที่รองกระดาษสีขาว	X ₇₁
7.2.ที่รองกระดาษสีฟ้า	X ₇₂
7.3.ที่รองกระดาษสีเขียว	X ₇₃
7.4.ที่รองกระดาษสีเหลือง	X ₇₄
7.5.ที่รองกระดาษสีชมพู	X ₇₅

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) รายการสุกัณท์และตัวแปรที่อยู่ในขอบเขตของการศึกษา

ผลิตภัณฑ์	ตัวแปร
8.1.ที่วางสบู่สีขาว	X_{81}
8.2.ที่วางสบู่สีฟ้า	X_{82}
8.3.ที่วางสบู่สีเขียว	X_{83}
8.4.ที่วางสบู่สีเหลือง	X_{84}
8.5.ที่วางสบู่สีชมพู	X_{85}

3.3.ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

จากศึกษาและการเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์มีดังนี้

- 1.ความจุของเตาเผา ในแต่ละเดือนเตาเผาสามารถเผาสุกัณท์ คิดเป็นน้ำหนักสูงสุด 151,200 กิโลกรัม
- 2.เงินทุน ในแต่ละเดือนบริษัทมีเงินในการลงทุน 4,530,500 บาท
- 3.กำไรของผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้น ได้จากการนำราคาขายของผลิตภัณฑ์ ลบด้วยต้นทุนของผลิตภัณฑ์
- 4.น้ำหนักของผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้น เป็นข้อมูลทฤษฎีจากบริษัทฯ
- 5.ต้นทุนของผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้น เป็นข้อมูลทฤษฎีจากบริษัทฯ
- 6.ยอดขายต่อเดือนของผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้น ได้จากการนำข้อมูลยอดขายต่อเดือนในอดีตตั้งแต่ปีพ.ศ. 2533-2537 มาทำการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยเทคนิคบ็อกซ์และเจนกินส์เพื่อใช้เป็นขีดจำกัดทางด้านยอดขาย ในสมการทางคณิตศาสตร์
- 7.ขีดจำกัดสูงสุดของการผลิต ขีดจำกัดสูงสุดของการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้นไม่เกิน 140 % ของยอดขายผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 กำไร ต้นทุน และน้ำหนักของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

ผลิตภัณฑ์	ต้นทุน (บาท)	กำไร (บาท)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)
1.1.หัวส่วนนึ่งของสีขาว	124.74	55.26	8.5
1.2.หัวส่วนนึ่งของสีฟ้า	127.67	77.33	8.5
1.3.หัวส่วนนึ่งของสีเขียว	127.54	77.46	8.5
1.4.หัวส่วนนึ่งของสีเหลือง	127.4	77.60	8.5
1.5.หัวส่วนนึ่งของสีชมพู	128.14	76.06	8.5
2.1.หัวส่วนหุ้มขาสีขาว	243.87	306.13	16.0
2.2.หัวส่วนหุ้มขาสีฟ้า	251.20	428.8	16.0
2.3.หัวส่วนหุ้มขาสีเขียว	251.80	428.18	16.0
2.4.หัวส่วนหุ้มขาสีเหลือง	250.44	429.56	16.0
2.5.หัวส่วนหุ้มขาสีชมพู	255.80	424.2	16.0
3.1.ส่วนนึ่งยุโรปสีขาว	626	974	32.0
3.2.ส่วนนึ่งยุโรปสีฟ้า	615.29	1184.71	32.0
3.3.ส่วนนึ่งยุโรปสีเขียว	616.08	1183.92	32.0
3.4.ส่วนนึ่งยุโรปสีเหลือง	615.12	1184.88	32.0
3.5.ส่วนนึ่งยุโรปสีชมพู	612.12	1187.88	32.0
4.1.ที่ปีสสาวะชายสีขาว	125.32	184.68	7.0
4.2.ที่ปีสสาวะชายสีฟ้า	127.87	242.13	7.0
4.3.ที่ปีสสาวะชายสีเขียว	128.06	241.94	7.0
4.4.ที่ปีสสาวะชายสีเหลือง	129.18	240.82	7.0
4.5.ที่ปีสสาวะชายสีชมพู	127.64	242.82	7.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 (ต่อ) กำไร ต้นทุน และน้ำหนักของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

ผลิตภัณฑ์	ต้นทุน (บาท)	กำไร (บาท)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)
5.1.อ่างล้างหน้าสีขาว	188.14	106.86	10.27
5.2.อ่างล้างหน้าสีฟ้า	194.69	180.31	10.27
5.3.อ่างล้างหน้าสีเขียว	195.25	179.75	10.27
5.4.อ่างล้างหน้าสีเหลือง	194.01	180.99	10.27
5.5.อ่างล้างหน้าสีชมพู	199.81	176.19	10.27
6.1.อ่างสระผมสีขาว	272.5	727.5	14.4
7.1.ที่รองกระดาษสีขาว	28.43	31.57	1.5
7.2.ที่รองกระดาษสีฟ้า	28.87	42.13	1.5
7.3.ที่รองกระดาษสีเขียว	28.91	42.09	1.5
7.4.ที่รองกระดาษสีเหลือง	29.54	41.46	1.5
7.5.ที่รองกระดาษสีชมพู	28.82	42.18	1.5
8.1.ที่วางสบู่สีขาว	28.43	28.57	1.5
8.2.ที่วางสบู่สีฟ้า	28.87	39.13	1.5
8.3.ที่วางสบู่สีเขียว	28.91	39.09	1.5
8.4.ที่วางสบู่สีเหลือง	29.54	38.46	1.5
8.5.ที่วางสบู่สีชมพู	28.82	39.18	1.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4. การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์

กำหนดค่าตัวแปรตัดสินใจที่ใช้ศึกษาในระบบ

X_{ij} จำนวนหน่วยของผลิตภัณฑ์ชนิดที่ i สีที่ j ที่บริษัทตัดสินใจทำการผลิต
เมื่อ $i = 1, 2, \dots, 8$ และ $j = 1, 2, \dots, 5$

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ศึกษาในระบบ

a_{ijk} ปริมาณการใช้ทรัพยากรในการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดที่ i สีที่ j แต่ละหน่วยใช้
ทรัพยากรจากแหล่งที่ k เมื่อ $i = 1, 2, \dots, 8$ $j = 1, 2, \dots, 5$ และ $k = 1, 2, \dots, 74$

b_k ขีดจำกัดทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตจากแหล่งที่ k เมื่อ $k = 1, 2, \dots, 74$

c_{ij} กำไรต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์ชนิดที่ i สีที่ j เมื่อ $i = 1, 2, \dots, 8$ และ $j = 1, 2, \dots, 5$

ในที่นั้น โยบายของบริษัท X คือการผลิตให้ได้กำไรสูงสุด สามารถเขียนเป็น
ตัวแบบได้ดังนี้

$$\text{Max} Z = \sum_i \sum_j c_{ij} X_{ij}$$

ภายใต้ข้อจำกัด

$$\sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^{74} a_{ijk} X_{ij} \leq b_k \quad \text{เมื่อ} \quad i = 1, 2, \dots, 8$$

$$j = 1, 2, \dots, 5$$

$$k = 1, 2, \dots, 74$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \text{เมื่อ} \quad i = 1, 2, \dots, 8$$

$$j = 1, 2, \dots, 5$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ

X_{ij} เป็นจำนวนเต็ม

3.5.เปรียบเทียบโปรแกรมที่ใช้ในการศึกษาปัญหาพิเศษ

จากการศึกษาโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ในการทำปัญหาพิเศษพบว่า มีโปรแกรมสำเร็จรูปหลายโปรแกรมที่ใช้ในการแก้ปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นและการพยากรณ์ แต่ในการปัญหาพิเศษนี้ได้ทำการศึกษาโปรแกรมสำเร็จรูป TSP และ FORECSAT⁺ เพื่อใช้ในการพยากรณ์ และศึกษาโปรแกรมสำเร็จรูป LINDO และ QSB⁺ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้น สามารถสรุปข้อแตกต่างของโปรแกรมได้ดังนี้

1.เปรียบเทียบโปรแกรมที่ใช้ในการพยากรณ์ระหว่างโปรแกรม TSP และ FORECAST⁺ ได้ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 เปรียบเทียบระหว่างโปรแกรม FORECAST⁺ และ TSP

FORECAST ⁺	TSP
1.คู่มือการวิเคราะห์ง่าย	1.คู่มือการวิเคราะห์ยาก
2.ใช้งานได้สะดวก	2.ไม่สะดวกต่อการใช้งาน
3.ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์ มีค่าต่ำกว่าค่าความคลาดเคลื่อนจากโปรแกรม TSP	3.ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์ มีค่าสูงกว่าค่าความคลาดเคลื่อนจากโปรแกรม FORECAST ⁺

จากการศึกษาเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์และความสะดวกในการใช้งาน จึงเลือกใช้โปรแกรม FORECAST⁺

2.เปรียบเทียบโปรแกรมที่ใช้ในการแก้ปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มระหว่างโปรแกรม QSB⁺ และ LINDO ได้ดังตารางที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 เปรียบเทียบระหว่างโปรแกรม QSB⁺ และ LINDO

QSB ⁺	LINDO
1.ป้อนและแก้ไขข้อมูลได้ง่าย	1.ป้อนและแก้ไขข้อมูลได้ยาก
2.เรียกใช้คำสั่งต่าง ๆ ได้ง่ายเพราะมีเมนูให้ เลือกใช้	2.การเลือกใช้คำสั่งมีความยุ่งยากเพราะต้อง ป้อนคำสั่งเอง

จากการศึกษาเปรียบเทียบ พบว่าโปรแกรม QSB⁺ มีความสะดวกในการใช้งาน มากกว่า จึงเลือกใช้ โปรแกรม QSB⁺

3.6.การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ส่วน

1.การวิเคราะห์อนุกรมเวลาของยอดขายผลิตภัณฑ์ เพื่อหาขีดความต้องการของตลาด โดยนำยอดขายของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดเป็นเวลา 5 ปี ตั้งแต่ปี 2533-3537 ดังแสดงในภาคผนวก ข มาวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป FORECAST⁺ ขั้นตอนการวิเคราะห์อนุกรมเวลามีดังนี้

นำตัวอย่างข้อมูลของยอดขายของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด มาพยากรณ์ด้วยเทคนิคต่าง ๆ ดังนี้

- การปรับให้เรียบโดยใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average)
- การปรับให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียล (Exponential Smoothing)
- การปรับให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียลซ้ำสองครั้ง (Double Exponential Smoothing)
- การพยากรณ์แบบหาแนวโน้ม (Trend Extrapolation) ได้แก่การพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบเทคนิคบ็อกซ์และเจนกินส์

ทำการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบแต่ละชนิด จะเห็นว่าค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยเทคนิคบ็อกซ์และเจนกินส์มีค่าต่ำที่สุด ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงเลือกพยากรณ์ด้วยเทคนิคบ็อกซ์และเจนกินส์ และหลังจากนั้นหาตัวแบบที่เหมาะสม สำหรับผลิตภัณฑ์แต่ละตัว และทำการพยากรณ์

การวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์มีขั้นตอนดังนี้

1.1. ค้นหาตัวแบบที่เหมาะสม

- ทำให้อนุกรมเวลาอยู่ในสถานะที่สมดุล

- ค้นหาตัวแบบโดยพิจารณาจากกราฟของ Autocorrelation Function

(ACF) และ Partial Autocorrelation (PACF) ว่ามีลักษณะอย่างไร

1.2. ประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ

1.3. ตรวจสอบตัวแบบโดยใช้บ็อกซ์และเพียร์สแควร์และพิจารณา

ค่าความคลาดเคลื่อน

1.4. เมื่อได้ตัวแบบที่เหมาะสมจึงนำข้อมูลมาทำการพยากรณ์โดยใช้ ตัวแบบนั้น ๆ

2. นำค่าพยากรณ์ยอดขาย และข้อมูลอื่น ๆ มาจัดตั้งตัวแบบทางคณิตศาสตร์ และนำตัวแบบที่ได้มาแก้ปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้น โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป QSB⁺

3. นำผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาสมการเชิงเส้นจำนวนเต็มมาวิเคราะห์ ความไว เพื่อตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวพารามิเตอร์มาก น้อยเพียงใด โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป QSB⁺

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ข้อมูลในการทำปัญหาพิเศษนี้แบ่งเป็น 3 ส่วน

ส่วนแรกคือการวิเคราะห์อนุกรมเวลาของยอดขายสุกัณฑ์แต่ละชนิด โดยจะนำผลการวิเคราะห์ที่ได้จากส่วนแรกนี้ ไปใช้ในการวิเคราะห์ส่วนที่ 2

ส่วนที่สองคือการวิเคราะห์การ โปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็ม ผลลัพธ์ที่ได้จากส่วนที่ 2 คือ ปริมาณการผลิตสุกัณฑ์แต่ละชนิดในแต่ละเดือน ที่ทำให้บริษัทได้รับผลกำไรสูงสุด ภายใต้ทรัพยากรการผลิตที่มีอยู่อย่างจำกัด

และส่วนที่ 3 คือ การวิเคราะห์ความไวเพื่อตรวจสอบว่า ผลลัพธ์ที่ได้จากส่วนที่ 2 มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์มากน้อยเพียงใด

ผลการวิเคราะห์ทั้ง 3 ส่วนปรากฏดังนี้

4.1.ผลการวิเคราะห์อนุกรมเวลา

จากการเปรียบเทียบเทคนิคการพยากรณ์ต่าง ๆ ที่นำมาพยากรณ์ยอดขายผลิตภัณฑ์ โดยใช้ข้อมูลยอดขายผลิตภัณฑ์รายเดือนตั้งแต่ ปีพ.ศ. 2533-2537 รวม 60 เดือน พบว่าวิธีพยากรณ์ที่มีค่ากำลังสองค่าความคลาดเคลื่อน (Mean Square Error หรือ MSE) และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percent Error หรือ MAPE) น้อยที่สุดคือวิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์ โดยที่ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด แต่ละสี มีตัวแบบที่เหมาะสมและค่าพยากรณ์ต่าง ๆ กันดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตัวแบบและค่าพยากรณ์ยอดขายของผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้น

ผลิตภัณฑ์	ตัวแบบ	ค่าพยากรณ์	หมายเหตุ
หัวส้วมนั่งของสีขาว	กระบวนการเคลื่อนที่อันดับ 2 (MA 2)	1,713	แปลงข้อมูลด้วยรากที่สี่
หัวส้วมนั่งของสีฟ้า	การถดถอยในตนเองอันดับที่ 2 (AR 2)	585	แปลงข้อมูลด้วยรากที่สอง
หัวส้วมนั่งของสีเขียว	การถดถอยในตนเองเคลื่อนที่อันดับที่ 1 และ 1 (ARMA (1,1))	323	แปลงข้อมูลด้วยรากที่สอง
หัวส้วมนั่งของสีเหลือง	กระบวนการเคลื่อนที่อันดับ 2 (MA 2)	131	แปลงข้อมูลด้วยรากที่สอง
หัวส้วมนั่งของสีชมพู	การถดถอยในตนเองเคลื่อนที่อันดับที่ 1 และ 2 (ARMA (1,2))	187	-
หัวส้วมหุ้มขาสีขาว	การถดถอยในตนเองอันดับที่ 1 (AR 1)	188	แปลงข้อมูลด้วยเศษหนึ่งส่วนรากที่สอง
หัวส้วมหุ้มขาสีฟ้า	การถดถอยในตนเองเคลื่อนที่อันดับที่ 1 และ 1 (ARMA (1,1))	64	แปลงข้อมูลด้วยรากที่สี่
หัวส้วมหุ้มขาสีเขียว	การถดถอยในตนเองอันดับที่ 2 (AR 2)	20	แปลงข้อมูลด้วยรากที่สอง
หัวส้วมหุ้มขาสีเหลือง	การถดถอยในตนเองอันดับที่ 2 (AR 2)	12	แปลงข้อมูลด้วยเศษหนึ่งส่วนรากที่สอง
หัวส้วมหุ้มขาสีชมพู	การถดถอยในตนเองอันดับที่ 2 (AR 2)	14	แปลงข้อมูลด้วยเศษหนึ่งส่วนรากที่สี่
ส้วมนั่งยุโรปสีขาว	การถดถอยในตนเองอันดับที่ 1 (AR 1)	955	แปลงข้อมูลด้วยเศษหนึ่งส่วนรากที่สี่
ส้วมนั่งยุโรปสีฟ้า	การถดถอยในตนเองอันดับที่ 2 (AR 2)	521	แปลงข้อมูลด้วยรากที่สอง
ส้วมนั่งยุโรปสีเขียว	การถดถอยในตนเองอันดับที่ 2 (AR 2)	224	แปลงข้อมูลด้วยล็อก
ส้วมนั่งยุโรปสีเหลือง	การถดถอยในตนเองอันดับที่ 1 (AR 1)	59	แปลงข้อมูลด้วยรากที่สอง
ส้วมนั่งยุโรปสีชมพู	การถดถอยในตนเองเคลื่อนที่อันดับที่ 1 และ 1 (ARMA (1,1))	0	แปลงข้อมูลด้วยล็อก
ที่ปัสสาวะชายสีขาว	การถดถอยในตนเองอันดับที่ 2 (AR 2)	130	แปลงข้อมูลด้วยล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ตัวแบบและค่าพยากรณ์ยอดขายของผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้น

ผลิตภัณฑ์	ตัวแบบ	ค่าพยากรณ์	หมายเหตุ
ที่ปัสสาวะชายสีฟ้า	กระบวนการเคลื่อนที่อันดับ 1 (MA 1)	66	แปลงข้อมูลด้วยรากที่สอง
ที่ปัสสาวะชายสีเขียว	การถดถอยในตนเองอันดับที่ 2 (AR 2)	20	แปลงข้อมูลด้วยรากที่สอง
ที่ปัสสาวะชายสีเหลือง	การถดถอยในตนเองเคลื่อนที่อันดับที่ 2 และ 1 (ARMA (2,1))	11	แปลงข้อมูลด้วยรากที่สอง
ที่ปัสสาวะชายสีชมพู	การถดถอยในตนเองอันดับที่ 2 (AR 2)	7	แปลงข้อมูลด้วยเศษหนึ่งส่วนรากที่สี่
อ่างล้างหน้าสีขาว	การถดถอยในตนเองเคลื่อนที่อันดับที่ 1 และ 1 (ARMA (1,1))	1,697	แปลงข้อมูลด้วยล็อก
อ่างล้างหน้าสีฟ้า	กระบวนการเคลื่อนที่อันดับ 2 (MA 2)	444	แปลงข้อมูลด้วยล็อก
อ่างล้างหน้าสีเขียว	การถดถอยในตนเองเคลื่อนที่อันดับที่ 1 และ 1 (ARMA (1,1))	418	-
อ่างล้างหน้าสีเหลือง	การถดถอยในตนเองเคลื่อนที่อันดับที่ 1 และ 1 (ARMA (1,1))	123	-
อ่างล้างหน้าสีชมพู	การถดถอยในตนเองเคลื่อนที่อันดับที่ 1 และ 1 (ARMA (1,1))	89	-
อ่างสระผมสีขาว	กระบวนการเคลื่อนที่อันดับ 2 (MA 2)	16	-
ที่รองกระดาศสีขาว	การถดถอยในตนเองอันดับที่ 1 (AR 1)	130	แปลงข้อมูลด้วยเศษหนึ่งส่วนรากที่สี่
ที่รองกระดาศสีฟ้า	การถดถอยในตนเองอันดับที่ 1 (AR 1)	245	-
ที่รองกระดาศสีเขียว	การถดถอยในตนเองอันดับที่ 2 (AR 2)	103	-
ที่รองกระดาศสีเหลือง	กระบวนการเคลื่อนที่อันดับ 1 (MA 1)	226	-
ที่รองกระดาศสีชมพู	การถดถอยในตนเองอันดับที่ 2 (AR 2)	40	-
ที่วางสบู่สีขาว	การถดถอยในตนเองอันดับที่ 2 (AR 2)	552	แปลงข้อมูลด้วยเศษหนึ่งส่วนรากที่สี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ตัวแบบและค่าพยากรณ์ยอดขายของผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้น

ผลิตภัณฑ์	ตัวแบบ	ค่าพยากรณ์	หมายเหตุ
ที่วางสบู่สีฟ้า	การถดถอยในตนเองอันดับที่ 2 (AR 2)	617	-
ที่วางสบู่สีเขียว	การถดถอยในตนเองอันดับที่ 1 (AR 1)	125	-
ที่วางสบู่สีเหลือง	การถดถอยในตนเองเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ 1 และ 1 (ARMA (1,1))	105	-
ที่วางสบู่สีชมพู	การถดถอยในตนเองเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ 1 และ 1 (ARMA (1,1))	68	-

จากผลการพยากรณ์ยอดขายของผลิตภัณฑ์ สามารถนำมาคำนวณขีดจำกัดการผลิตสูงสุดได้ โดยทางบริษัทมีนโยบายในการผลิตว่า จะทำการผลิตสุกัณฑ์ไม่เกิน 140 % ของยอดขายผลิตภัณฑ์ ขีดจำกัดการผลิตสูงสุดที่ได้จากการคำนวณแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ขีดจำกัดการผลิตสูงสุด

ผลิตภัณฑ์	ขีดจำกัดการผลิตสูงสุด (ชิ้น)
หัวส้วมนั่งของสีขาว	2,398
หัวส้วมนั่งของสีฟ้า	819
หัวส้วมนั่งของสีเขียว	453
หัวส้วมนั่งของสีเหลือง	184
หัวส้วมนั่งของสีชมพู	262
หัวส้วมหุ้มขาสีขาว	264
หัวส้วมหุ้มขาสีฟ้า	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) ขีดจำกัดการผลิตสูงสุด

ผลิตภัณฑ์	ขีดจำกัดการผลิตสูงสุด (ตัน)
หัวส้อมหุ้มขาสีเขียว	28
หัวส้อมหุ้มขาสีเหลือง	17
หัวส้อมหุ้มขาสีชมพู	20
ส้อมนึ่งยุโรปสีขาว	1,337
ส้อมนึ่งยุโรปสีฟ้า	730
ส้อมนึ่งยุโรปสีเขียว	314
ส้อมนึ่งยุโรปสีเหลือง	83
ส้อมนึ่งยุโรปสีชมพู	1
ที่ปัสสาวะชายสีขาว	182
ที่ปัสสาวะชายสีฟ้า	93
ที่ปัสสาวะชายสีเขียว	28
ที่ปัสสาวะชายสีเหลือง	16
ที่ปัสสาวะชายสีชมพู	10
อ่างล้างหน้าสีขาว	2,376
อ่างล้างหน้าสีฟ้า	622
อ่างล้างหน้าสีเขียว	586
อ่างล้างหน้าสีเหลือง	173
อ่างล้างหน้าสีชมพู	125
อ่างระดมสีขาว	23
ที่รองกระดาษสีขาว	182
ที่รองกระดาษสีฟ้า	343
ที่รองกระดาษสีเขียว	145
ที่รองกระดาษสีเหลือง	317

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) ขีดจำกัดการผลิตสูงสุด

ผลิตภัณฑ์	ขีดจำกัดการผลิตสูงสุด (ชิ้น)
ที่รองกระดาษสีชมพู	56
ที่วางสบู่สีขาว	773
ที่วางสบู่สีฟ้า	864
ที่วางสบู่สีเขียว	175
ที่วางสบู่สีเหลือง	147
ที่วางสบู่สีชมพู	96

4.2.ผลวิเคราะห์การโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็ม

จากข้อมูลทางด้านนำหน้าของผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้น ค่าไรของผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้น เงินทุนในการผลิตต่อเดือน ความจุของเตาเผาต่อเดือน ข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ยอดขาย และขีดจำกัดสูงสุดในการผลิต สามารถนำมาสร้างเป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

สมการเป้าหมาย

$$\begin{aligned}
 \text{Max } Z = & 55.26X_{11} + 77.33X_{12} + 77.46X_{13} + 77.60X_{14} + 76.06X_{15} \\
 & + 306.13X_{21} + 428.8X_{22} + 428.18X_{23} + 429.56X_{24} + 424.2X_{25} \\
 & + 974X_{31} + 1184.71X_{32} + 1183.92X_{33} + 1184.88X_{34} + 1187.88X_{35} \\
 & + 184.68X_{41} + 242.13X_{42} + 241.94X_{43} + 240.82X_{44} + 242.82X_{45} \\
 & + 106.86X_{51} + 180.31X_{52} + 179.75X_{53} + 180.99X_{54} + 176.19X_{55} \\
 & + 727.5X_{61} \\
 & + 31.57X_{71} + 42.13X_{72} + 42.09X_{73} + 41.46X_{74} + 42.18X_{75} \\
 & + 28.57X_{81} + 39.13X_{82} + 39.09X_{83} + 38.46X_{84} + 39.18X_{85}
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อสมการขอบข่าย

1. ขีดจำกัดด้านเตา

$$\begin{aligned}
 & 8.5X_{11} + 8.5X_{12} + 8.5X_{13} + 8.5X_{14} + 8.5X_{15} \\
 & + 16.0X_{21} + 16.0X_{22} + 16.0X_{23} + 16.0X_{24} + 16.0X_{25} \\
 & + 32.0X_{31} + 32.0X_{32} + 32.0X_{33} + 32.0X_{34} + 32.0X_{35} \\
 & + 7.0X_{41} + 7.0X_{42} + 7.0X_{43} + 7.0X_{44} + 7.0X_{45} \\
 & + 10.27X_{51} + 10.27X_{52} + 10.27X_{53} + 10.27X_{54} + 10.27X_{55} \\
 & + 14.4X_{61} \\
 & + 1.5X_{71} + 1.5X_{72} + 1.5X_{73} + 1.5X_{74} + 1.5X_{75} \\
 & + 1.5X_{81} + 1.5X_{82} + 1.5X_{83} + 1.5X_{84} + 1.5X_{85} \leq 151200
 \end{aligned}$$

2. ขีดจำกัดด้านเงินทุน

$$\begin{aligned}
 & 124.74X_{11} + 127.67X_{12} + 127.54X_{13} + 127.4X_{14} + 128.14X_{15} \\
 & + 243.87X_{21} + 251.20X_{22} + 251.80X_{23} + 250.44X_{24} + 255.80X_{25} \\
 & + 626X_{31} + 615.29X_{32} + 616.08X_{33} + 615.12X_{34} + 612.12X_{35} \\
 & + 125.32X_{41} + 127.87X_{42} + 128.06X_{43} + 129.18X_{44} + 127.64X_{45} \\
 & + 188.14X_{51} + 194.69X_{52} + 195.25X_{53} + 194.01X_{54} + 199.81X_{55} \\
 & + 272.5X_{61} \\
 & + 28.43X_{71} + 28.87X_{72} + 28.91X_{73} + 29.54X_{74} + 28.82X_{75} \\
 & + 28.43X_{81} + 28.87X_{82} + 28.91X_{83} + 29.54X_{84} + 28.82X_{85} \leq 4530500
 \end{aligned}$$

3. ขีดจำกัดด้านยอดขายของผลิตภัณฑ์ทั้ง 36 ชนิด

$$X_{11} \geq 1713$$

$$X_{12} \geq 585$$

$$X_{13} \geq 323$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$X_{14} \geq 131$$

$$X_{15} \geq 187$$

$$X_{21} \geq 188$$

$$X_{22} \geq 64$$

$$X_{23} \geq 20$$

$$X_{24} \geq 12$$

$$X_{25} \geq 14$$

$$X_{31} \geq 955$$

$$X_{32} \geq 521$$

$$X_{33} \geq 244$$

$$X_{34} \geq 59$$

$$X_{35} \geq 0$$

$$X_{41} \geq 130$$

$$X_{42} \geq 66$$

$$X_{43} \geq 20$$

$$X_{44} \geq 11$$

$$X_{45} \geq 7$$

$$X_{51} \geq 1697$$

$$X_{52} \geq 444$$

$$X_{53} \geq 418$$

$$X_{54} \geq 123$$

$$X_{55} \geq 89$$

$$X_{61} \geq 16$$

$$X_{71} \geq 130$$

$$X_{72} \geq 245$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$X_{73} \geq 103$$

$$X_{74} \geq 226$$

$$X_{75} \geq 40$$

$$X_{81} \geq 552$$

$$X_{82} \geq 617$$

$$X_{83} \geq 125$$

$$X_{84} \geq 105$$

$$X_{85} \geq 68$$

4. ขีดจำกัดการผลิตสูงสุด มี 36 ข้อจำกัด

$$X_{11} \leq 2398$$

$$X_{12} \leq 819$$

$$X_{13} \leq 453$$

$$X_{14} \leq 184$$

$$X_{15} \leq 262$$

$$X_{21} \leq 264$$

$$X_{22} \leq 90$$

$$X_{23} \leq 28$$

$$X_{24} \leq 17$$

$$X_{25} \leq 20$$

$$X_{31} \leq 1337$$

$$X_{32} \leq 730$$

$$X_{33} \leq 314$$

$$X_{34} \leq 83$$

$$X_{35} \leq 1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$X_{41} \leq 182$$

$$X_{42} \leq 93$$

$$X_{43} \leq 28$$

$$X_{44} \leq 16$$

$$X_{45} \leq 10$$

$$X_{51} \leq 2376$$

$$X_{52} \leq 622$$

$$X_{53} \leq 586$$

$$X_{54} \leq 173$$

$$X_{55} \leq 125$$

$$X_{61} \leq 23$$

$$X_{71} \leq 182$$

$$X_{72} \leq 343$$

$$X_{73} \leq 145$$

$$X_{74} \leq 317$$

$$X_{75} \leq 56$$

$$X_{81} \leq 773$$

$$X_{82} \leq 864$$

$$X_{83} \leq 175$$

$$X_{84} \leq 147$$

$$X_{85} \leq 96$$

และ $X_{ij} \geq 0$ และ เป็นจำนวนเต็ม เมื่อ $i = 1, 2, \dots, 8$
 $j = 1, 2, \dots, 5$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรตัดสินใจ 36 ตัวแปร และฟังก์ชันเงื่อนไข 74 ฟังก์ชัน นำตัวแบบไปวิเคราะห์หาจำนวนผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมที่จะผลิตในแต่ละเดือนด้วยเทคนิคการโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็ม โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป QSB⁺ ผลการวิเคราะห์คือ ปริมาณการผลิตสินค้าแต่ละชนิดในแต่ละเดือนที่เหมาะสมที่สุด แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ปริมาณการผลิตสินค้าแต่ละชนิดในแต่ละเดือนที่เหมาะสมที่สุด

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิต (ชิ้น)
1.1.หัวส้วมนั่งของสีขา	1,713
1.2.หัวส้วมนั่งของสีฟ้า	585
1.3.หัวส้วมนั่งของสีเขียว	323
1.4.หัวส้วมนั่งของสีเหลือง	133
1.5.หัวส้วมนั่งของสีชมพู	187
2.1.หัวส้วมหุ้มขาสีขา	264
2.2.หัวส้วมหุ้มขาสีฟ้า	90
2.3.หัวส้วมหุ้มขาสีเขียว	28
2.4.หัวส้วมหุ้มขาสีเหลือง	17
2.5.หัวส้วมหุ้มขาสีชมพู	20
3.1.ส้วมนั่งยุโรปสีขา	1,337
3.2.ส้วมนั่งยุโรปสีฟ้า	730
3.3.ส้วมนั่งยุโรปสีเขียว	314
3.4.ส้วมนั่งยุโรปสีเหลือง	83
3.5.ส้วมนั่งยุโรปสีชมพู	1
4.1.ที่ปัสสาวะชายสีขา	182

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) แสดงปริมาณการผลิตสินค้าแต่ละชนิด ในแต่ละเดือน

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิต (ชิ้น)
4.2.ที่ปีสวาระชายสีฟ้า	93
4.3.ที่ปีสวาระชายสีเขียว	28
4.4.ที่ปีสวาระชายสีเหลือง	16
4.5.ที่ปีสวาระชายสีชมพู	10
5.1.อ่างล้างหน้าสีขาว	1,740
5.2.อ่างล้างหน้าสีฟ้า	622
5.3.อ่างล้างหน้าสีเขียว	586
5.4.อ่างล้างหน้าสีเหลือง	172
5.5.อ่างล้างหน้าสีชมพู	125
6.1.อ่างสระผมสีขาว	23
7.1.ที่รองกระดวยสีขาว	182
7.2.ที่รองกระดวยสีฟ้า	343
7.3.ที่รองกระดวยสีเขียว	145
7.4.ที่รองกระดวยสีเหลือง	317
7.5.ที่รองกระดวยสีชมพู	56
8.1.ที่วางสบู่สีขาว	773
8.2.ที่วางสบู่สีฟ้า	864
8.3.ที่วางสบู่สีเขียว	175
8.4.ที่วางสบู่สีเหลือง	147
8.5.ที่วางสบู่สีชมพู	96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการผลิตผลิตภัณฑ์ในแต่ละเดือนดังตารางข้างต้น จะทำให้บริษัทฯ ได้ผลกำไรสูงสุดเป็นเงิน 3,631,767 บาท

4.3.ผลการวิเคราะห์ความไว

จากข้อสมมติของการโปรแกรมเชิงเส้น ค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบจะต้องเป็นค่าคงที่ค่าหนึ่ง แต่ในความเป็นจริงค่าพารามิเตอร์มักเกิดจากการคาดคะเน และอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงตามสภาพการณ์ได้ จึงต้องทำการวิเคราะห์ความไว เพื่อตรวจสอบว่ารูปแบบปัญหาที่จัดตั้งนี้ สามารถนำมาใช้ในการตัดสินใจผลิตผลิตภัณฑ์ในตารางที่ 4.2 เมื่อค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ อยู่ในช่วงใด การวิเคราะห์ความไวจะช่วยให้ผู้บริหารตัดสินใจได้ว่าควรจะใช้ตัวแบบเดิมต่อไป หรือจะต้องคำนวณหาจำนวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมใหม่

จากการวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์ตัวแบบโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป QSB⁺ ได้ผลดังนี้

4.3.1.การวิเคราะห์ความไวในส่วนของสัมประสิทธิ์ของสมการเป้าหมาย (Objective Coefficient Ranges)

การเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของสมการเป้าหมายที่ทำให้ตัวแบบเดิมยังคงใช้ได้ สามารถเป็นไปได้ในช่วงต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ความไว

ผลิตภัณฑ์	ช่วงการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ของสมการเป้าหมาย (Objective Coefficient Ranges)	
	ต่ำสุด (บาท)	สูงสุด (บาท)
1.1.หัวส่วมนั่งของสีขาว	0	88.44
1.2.หัวส่วมนั่งของสีฟ้า	0	88.44
1.3.หัวส่วมนั่งของสีเขียว	0	88.44
1.4.หัวส่วมนั่งของสีเหลือง	0	88.44
1.5.หัวส่วมนั่งของสีชมพู	0	88.44
2.1.หัวส่วมหุ้มขาสีขา	166.42	Infinity
2.2.หัวส่วมหุ้มขาสีฟ้า	166.42	Infinity
2.3.หัวส่วมหุ้มขาสีเขียว	166.42	Infinity
2.4.หัวส่วมหุ้มขาสีเหลือง	166.42	Infinity
2.5.หัวส่วมหุ้มขาสีชมพู	166.42	Infinity
3.1.ส่วมนั่งยุโรปสีขา	332.96	Infinity
3.2.ส่วมนั่งยุโรปสีฟ้า	332.96	Infinity
3.3.ส่วมนั่งยุโรปสีเขียว	332.96	Infinity
3.4.ส่วมนั่งยุโรปสีเหลือง	332.96	Infinity
3.5.ส่วมนั่งยุโรปสีชมพู	332.96	Infinity
4.1.ที่ปัสสาวะชายสีขา	72.84	Infinity
4.2.ที่ปัสสาวะชายสีฟ้า	72.84	Infinity
4.3.ที่ปัสสาวะชายสีเขียว	72.84	Infinity
4.4.ที่ปัสสาวะชายสีเหลือง	72.84	Infinity
4.5.ที่ปัสสาวะชายสีชมพู	72.84	Infinity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ความไว

ผลิตภัณฑ์	ช่วงการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ของสมการเป้าหมาย (Objective Coefficient Ranges)	
	ต่ำสุด (บาท)	สูงสุด (บาท)
5.1 อ่างล้างหน้าสีขาว	93.76	176.19
5.2 อ่างล้างหน้าสีฟ้า	106.86	Infinity
5.3.อ่างล้างหน้าสีเขียว	106.86	Infinity
5.4.อ่างล้างหน้าสีเหลือง	106.86	Infinity
5.5.อ่างล้างหน้าสีชมพู	106.86	Infinity
6.1.อ่างสระผมสีขาว	149.83	Infinity
7.1.ที่รองกระดาดสีขาว	15.61	Infinity
7.2.ที่รองกระดาดสีฟ้า	15.61	Infinity
7.3.ที่รองกระดาดสีเขียว	15.61	Infinity
7.4.ที่รองกระดาดสีเหลือง	15.61	Infinity
7.5.ที่รองกระดาดสีชมพู	15.61	Infinity
8.1.ที่วางสบู่สีขาว	15.61	Infinity
8.2.ที่วางสบู่สีฟ้า	15.61	Infinity
8.3.ที่วางสบู่สีเขียว	15.61	Infinity
8.4.ที่วางสบู่สีเหลือง	15.61	Infinity
8.5.ที่วางสบู่สีชมพู	15.61	Infinity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถอธิบายผลจากตารางได้ดังนี้

ตัวแบบเดิมที่คำนวณได้จะยังคงใช้ได้ ถ้าสัมประสิทธิ์สมการเป้าหมายของตัวแบบ (ในที่นี้คือกำไรต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์) อยู่ในช่วงดังต่อไปนี้

ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากหัวส่วนนั่งของสีขาวอยู่ในช่วง 0-88.44 บาท

ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากหัวส่วนนั่งของสีฟ้าอยู่ในช่วง 0-88.44 บาท

ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากหัวส่วนนั่งของสีขาวยาวอยู่ในช่วง 0-88.44 บาท

ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากหัวส่วนนั่งของสีเหลืองอยู่ในช่วง 0-88.44 บาท

ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากหัวส่วนนั่งของสีชมพูอยู่ในช่วง 0-88.44 บาท

ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากหัวส่วนหุ้มขาสีขาวยามีค่าตั้งแต่ 166.48 บาทขึ้นไป

ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากหัวส่วนหุ้มขาสีฟ้ามีค่าตั้งแต่ 166.48 บาทขึ้นไป

ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากหัวส่วนหุ้มขาสีเขียวมีค่าตั้งแต่ 166.48 บาทขึ้นไป

ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากหัวส่วนหุ้มขาสีเหลืองมีค่าตั้งแต่ 166.48 บาทขึ้นไป

ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากหัวส่วนหุ้มขาสีชมพูมีค่าตั้งแต่ 166.48 บาทขึ้นไป

ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากหัวส่วนนั่งยุโรปสีขาวยามีค่าตั้งแต่ 332.96 บาทขึ้นไป

ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากหัวส่วนนั่งยุโรปสีฟ้ามีค่าตั้งแต่ 332.96 บาทขึ้นไป

ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากหัวส่วนนั่งยุโรปสีเขียวมีค่าตั้งแต่ 332.96 บาทขึ้นไป

ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากหัวส่วนนั่งยุโรปสีเหลืองมีค่าตั้งแต่ 332.96 บาทขึ้นไป

ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากหัวส่วนนั่งยุโรปสีชมพูมีค่าตั้งแต่ 332.96 บาทขึ้นไป

ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากที่ปีสสาวะชายสีขาวยามีค่าตั้งแต่ 72.84 บาทขึ้นไป

ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากที่ปีสสาวะชายสีฟ้ามีค่าตั้งแต่ 72.84 บาทขึ้นไป

ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากที่ปีสสาวะชายสีเขียวมีค่าตั้งแต่ 72.84 บาทขึ้นไป

ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากที่ปีสสาวะชายสีเหลืองมีค่าตั้งแต่ 72.84 บาทขึ้นไป

ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากที่ปีสสาวะชายสีชมพูมีค่าตั้งแต่ 72.84 บาทขึ้นไป

ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากอ่างล้างหน้าสีขาวอยู่ในช่วง 93.76 - 176.19 บาท

ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากอ่างล้างหน้าสีฟ้ามีค่าตั้งแต่ 106.86 บาทขึ้นไป

ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากอ่างล้างหน้าสีเขียวมีค่าตั้งแต่ 106.86 บาทขึ้นไป

ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากอ่างล้างหน้าสีเหลืองมีค่าตั้งแต่ 106.86 บาทขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากอ่างล้างหน้าสีชมพูมีค่าตั้งแต่ 106.86 บาทขึ้นไป
 ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากอ่างสระผมสีขาวมีค่าตั้งแต่ 149.83 บาทขึ้นไป
 ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากที่รองกระดาษสีขาวมีค่าตั้งแต่ 15.61 บาทขึ้นไป
 ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากที่รองกระดาษสีฟ้ามีค่าตั้งแต่ 15.61 บาทขึ้นไป
 ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากที่รองกระดาษสีเขียวมีค่าตั้งแต่ 15.61 บาทขึ้นไป
 ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากที่รองกระดาษสีเหลืองมีค่าตั้งแต่ 15.61 บาทขึ้นไป
 ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากที่รองกระดาษสีชมพูมีค่าตั้งแต่ 15.61 บาทขึ้นไป
 ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากที่รองวางสบู่สีขาวมีค่าตั้งแต่ 15.61 บาทขึ้นไป
 ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากที่รองวางสบู่สีฟ้ามีค่าตั้งแต่ 15.61 บาทขึ้นไป
 ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากที่รองวางสบู่สีเขียวมีค่าตั้งแต่ 15.61 บาทขึ้นไป
 ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากที่รองวางสบู่สีเหลืองมีค่าตั้งแต่ 15.61 บาทขึ้นไป
 ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากที่รองวางสบู่สีชมพูมีค่าตั้งแต่ 15.61 บาทขึ้นไป

4.3.2.การวิเคราะห์ความไวในส่วนของสัมประสิทธิ์ทางขวามือ (Right Hand Side Ranges)

ตัวแบบเดิมที่คำนวณได้จะยังคงใช้ได้ ถ้าสัมประสิทธิ์ทางขวามือของตัวแบบ (ขีดจำกัดด้านเตา และ ขีดจำกัดเงินทุน) อยู่ในช่วงดังต่อไปนี้

1. ขีดจำกัดด้านเตาอยู่ในช่วง 150,742 - 247,639 กิโลกรัมต่อเดือน
2. ขีดจำกัดด้านเงินทุนมีค่าตั้งแต่ 2,763,797 บาทขึ้นไป

พบว่าขีดจำกัดด้านเตามีความไวมากกว่าขีดจำกัดด้านเงินทุน

บทที่ 5

สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ

5.1.สรุปผลการวิเคราะห์

ปัญหาพิเศษฉบับนี้ ได้ศึกษากระบวนการผลิตสุกัณฑ์ของบริษัท อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา จำกัด หนึ่งในบริษัทฯ ที่ดำเนินกิจการเกี่ยวกับการผลิต และจำหน่ายเครื่องสุกัณฑ์หลายประเภท เช่น สุกัณฑ์ อ่างล้างหน้า ที่วางสบู่ ฯลฯ ซึ่งในแต่ละเดือนฝ่ายบริหารการผลิตจะต้องทำการตัดสินใจว่าจะผลิตสุกัณฑ์แต่ละแบบ แต่ละสีเป็นจำนวนเท่าไร ภายใต้ทรัพยากรอันจำกัดของบริษัทฯ ได้แก่ จี๊ดความสามารถของเครื่องจักร ปริมาณความต้องการของตลาด จี๊ดจำกัดการผลิตสูงสุด และจี๊ดจำกัดด้านเงินทุน วงการอุตสาหกรรมประเภทนี้มีการแข่งขันกันมากเพื่อลดต้นทุนในการผลิต โดยที่คุณภาพสินค้ายังเหมือนเดิม จึงได้นำความรู้ทางด้านการวิจัยดำเนินงาน (Operations Research) โดยเฉพาะเทคนิคการโปรแกรมเชิงเส้น ซึ่งเป็นเทคนิคทางคณิตศาสตร์เทคนิคหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับปัญหานี้ เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้บริหารการผลิตใช้ประกอบการตัดสินใจในการผลิตว่าในแต่ละเดือนจะผลิตสุกัณฑ์แต่ละแบบ แต่ละสีเป็นจำนวนเท่าไร เพื่อให้ได้ผลกำไรสูงสุด

5.1.1.สรุปผลการวิเคราะห์ค่าพยากรณ์ยอดขายของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ได้เลือกใช้เทคนิคของบ็อกซ์และเจนกินส์ในการวิเคราะห์อนุกรมเวลาของยอดขายผลิตภัณฑ์ต่อเดือน เพราะค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ต่ำกว่าเทคนิคอื่น ๆ โดยตัวแบบที่ใช้ในการพยากรณ์แตกต่างกันไปตามผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดแต่ละสี ตัวแบบที่เลือกใช้ได้แก่

-ตัวแบบการเคลื่อนที่อันดับ 1 (MA 1)

-ตัวแบบการเคลื่อนที่อันดับ 2 (MA 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตัวแบบการถดถอยในตนเองอันดับ 1 (AR1)
- ตัวแบบการถดถอยในตนเองอันดับ 2 (AR 2)
- ตัวแบบกระบวนการถดถอยในตนเองเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับ 1 และ 1 (ARMA(1,1))
- ตัวแบบกระบวนการถดถอยในตนเองเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับ 2 และ 1 (ARMA(2,1))
- ตัวแบบกระบวนการถดถอยในตนเองเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับ 1 และ 2 (ARMA(1,2))

5.1.2.สรุปผลการวิเคราะห์การโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็ม

จากการใช้เทคนิคการโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มวิเคราะห์หาจำนวนการผลิตสุกัณฑ์ที่เหมาะสม โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์ QSB⁺ ในการวิเคราะห์ สามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ปริมาณการผลิต

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณการผลิต(ชิ้น)					
	สีขาว	สีฟ้า	สีเขียว	สีเหลือง	สีชมพู	รวม
หัวส่วนนึ่งของ	1713	585	323	133	187	2941
หัวส่วนหุ้มขา	264	90	28	17	20	419
ส่วนนึ่งยุโรป	1337	730	314	83	1	2165
ที่ปีสวระชาย	182	93	28	16	10	329
อ่างล้างหน้า	1740	622	586	172	125	3245
อ่างสระผม	23	-	-	-	-	23
ที่รองกระดาด	182	343	145	317	56	1043
ที่วางสบู่	773	864	175	147	96	2055

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 5.1 พบว่า สุขภัณฑ์ที่บริษัทฯ ควรจะผลิตมากที่สุดคือ อ่างล้างหน้า หัวส้วมนั่งยอง ส้วมนั่งยุโรป ที่วางสบู่ ที่รองกระดาด หัวส้วมหุ้มขา ที่ปัสสาวะชาย และอ่างสระผม ตามลำดับ

สีที่ควรผลิตมากที่สุดคือ สีขาว ยกเว้นผลิตภัณฑ์ที่รองกระดาด และที่วางสบู่ ควรผลิตสีชมพูมากที่สุด

ผลกำไรสูงสุดที่จะได้รับในแต่ละเดือนเป็น 3,631,767.00 บาท เมื่อทำการผลิตสุขภัณฑ์แต่ละชนิดในแต่ละเดือนดังตารางที่ 5.1

5.1.3.สรุปผลการวิเคราะห์ความไว

จากข้อสมมติของการโปรแกรมเชิงเส้น ค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ จะต้องเป็นค่าคงที่ค่าหนึ่ง แต่ในความเป็นจริง ค่าพารามิเตอร์มักเกิดจากการคาดคะเน ทำให้อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงตามสภาพการณ์ได้ ในการศึกษาปัญหาพิเศษนี้จึงได้มีการวิเคราะห์ความไว เพื่อตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้จากการโปรแกรมเชิงเส้น มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์มากน้อยเพียงใด ผลการวิเคราะห์มีดังนี้

1.การวิเคราะห์ความไวในส่วนของสัมประสิทธิ์ของสมการเป้าหมาย
ตัวแบบทางคณิตศาสตร์จะยังเป็นตัวแบบเดิม ถ้าสัมประสิทธิ์สมการเป้าหมายของตัวแบบ อยู่ในช่วงต่อไปนี้

- ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากหัวส้วมนั่งยอง อยู่ในช่วง 0 - 88.44 บาท
- ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากหัวส้วมหุ้มขา มีค่าตั้งแต่ 166.42 บาทขึ้นไป
- ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากส้วมนั่งยุโรป มีค่าตั้งแต่ 332.96 บาทขึ้นไป
- ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากที่ปัสสาวะชาย มีค่าตั้งแต่ 72.84 บาทขึ้นไป
- ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากอ่างล้างหน้า มีค่าตั้งแต่ 106.86 บาทขึ้นไปยกเว้น

อ่างล้างหน้าสีขาว ที่จะมีค่าอยู่ในช่วง 93.76 - 176.19 บาท

- ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากอ่างสระผมสีขาว มีค่าตั้งแต่ 149.83 บาทขึ้นไป
- ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากที่รองกระดาด มีค่าตั้งแต่ 15.61 บาทขึ้นไป
- ผลกำไรต่อหน่วยที่ได้จากที่วางสบู่ มีค่าตั้งแต่ 15.61 บาทขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.การวิเคราะห์ความไวในส่วนของสัมประสิทธิ์ทางด้านขวามือ
จากการวิเคราะห์ความไวสามารถสรุปได้ว่า

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์จะยังเป็นตัวแบบเดิม ถ้าขีดจำกัดทางด้านเตาอยู่ใน
ช่วง 150,742 - 247,630 กิโลกรัม

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์จะยังเป็นตัวแบบเดิม ถ้าขีดจำกัดทางด้านเงินทุนมีค่า
ตั้งแต่ 2,763,797 บาทขึ้นไป

ค่าคงที่ด้านขวามือของสมการขอบข่ายทางด้านเตามีความไวมากกว่าค่าคงที่
ด้านขวามือของสมการขอบข่ายด้านเงินทุน

5.2.ปัญหาที่พบในการศึกษาปัญหาพิเศษ

1.จากการศึกษาระบบการผลิตของบริษัทฯ นี้พบว่าไม่มีขีดจำกัดทางด้าน
แรงงาน วัตถุดิบ และขีดจำกัดของปัจจัยการผลิตอื่น ๆ ทำให้ผลจากการวิเคราะห์การ
โปรแกรมเชิงเส้นที่ได้อาจจะไม่เหมาะสมเท่าที่ควร

2.การเก็บข้อมูลที่ใช้ในการทำปัญหาพิเศษค่อนข้างยุ่งยาก เนื่องจากข้อมูล
จากทางบริษัทฯ เป็นข้อมูลที่ไม่ได้แยกเป็นหมวดหมู่

3.โปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ในการวิเคราะห์การโปรแกรมเชิงเส้นเป็น
โปรแกรมที่ไม่เคยศึกษามาก่อนทำให้เสียเวลาในการศึกษาวิธีการใช้และการวิเคราะห์ผลจาก
โปรแกรม

5.3.ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาปัญหาพิเศษ มีข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้สนใจ
จะศึกษาปัญหาในลักษณะเดียวกันดังนี้

1.ควรศึกษาข้อจำกัดด้านอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น ด้านปริมาตรของเตาเผา

2.ควรนำปัญหาสินค้าคงคลังมาพิจารณาด้วยเพื่อการวางแผนการผลิตที่ สมบูรณ์มากขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
วัตถุดิบและขั้นตอนการผลิตสุกภัณฑ์

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

ในการผลิตสุกภัณฑ์แต่ละชนิดจะใช้วัตถุดิบที่เหมือนกันแสดงดังตารางที่ ก-1

ตารางที่ ก-1 แสดงเปอร์เซ็นต์การใช้วัตถุดิบในการผลิตสุกภัณฑ์ 1 ชั้น

วัตถุดิบที่ใช้	เปอร์เซ็นต์
หินฟันม้า (Feldspar)	33
ทรายแก้ว (Silica)	9
ดินเหนียว (Ball Clay)	25
เกาลิน (Kaolin)	21
ดินขาว (China Clay)	12

2. ขั้นตอนในการผลิตสุกภัณฑ์

ในการผลิตสุกภัณฑ์มีกรรมวิธีในการผลิตแบ่งออกเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

2.1. กรรมวิธีการผลิตสุกภัณฑ์

1. นำหินฟันม้า (Feldspar) มาย่อยให้เล็กลงโดยใช้วิธี Jaw Crusher ตาม
ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำหินฟันม้า (Feldspar) ททราย (Silica) ดินเหนียว (Ball Clay) เกาลิน (Kaolin) ดินขาว (China Clay) มาบดพร้อมกันในโม่บด (Ball Clay) แล้วเติมน้ำลงไป ตามสูตร ใช้เวลาบดประมาณ 20 ชั่วโมง แล้วนำตัวอย่างน้ำดิน (Slip) ที่ได้ไปตรวจสอบ
3. นำน้ำดิน (Slip) ที่ได้ตามที่กำหนดแล้วผ่านตะแกรงลงไปยังบ่อพักน้ำดิน (Slip) เพื่อจะได้นำไปหล่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ตามต้องการ

2.2.กรรมวิธีการหล่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ (Casting)

1. นำแบบปูนปลาสเตอร์ซึ่งมีรูปแบบต่าง ๆ ตามที่ต้องการผลิต ประกอบแบบ ให้เรียบร้อยและรัดให้แน่น เทน้ำดิน (Slip) ลงแบบพิมพ์ทิ้งไว้ประมาณ 80-90 นาที เพื่อให้ปูนปลาสเตอร์ดูดน้ำดินให้ได้ความหนาตามต้องการ เมื่อได้เวลาตามที่กำหนดถ่ายน้ำดิน (Slip) ที่ค้างอยู่ในแบบซึ่งไม่ต้องการใช้ ออกโดยใส่ในภาชนะรองรับแล้วนำไปเทลงบ่อพักน้ำดิน เก็บไว้เพื่อจะได้นำไปใช้ผลิตในวันต่อไป
2. ถ่ายน้ำดินที่ค้างอยู่ในแบบพิมพ์ออกแล้ว รออีกประมาณ 30 นาที เพื่อให้ น้ำดินที่อยู่ในแบบแข็งตัว
3. เมื่อได้เวลาตามที่กำหนดจึงถอดอุปกรณ์รัดแบบออกและเปิดแบบพิมพ์ นำเอา น้ำดินที่แห้งหมาด ๆ ออกมาผึ่งไว้บนผ้าที่รองรับ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์แห้ง

2.3.กรรมวิธีการอบ (Drying)

เมื่อผึ่งผลิตภัณฑ์อยู่บนผ้าที่รองรับประมาณ 1 วันจึงนำผลิตภัณฑ์ที่เป็นตัว ดินเข้าห้องอบแห้ง ซึ่งมีเครื่องพ่นความร้อนไปตามท่อให้ห้องอบมีความร้อนโดยทั่ว หลังจากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่เริ่มแห้งไปตรวจสอบต่อไป

2.4.กรรมวิธีการตรวจผลิตภัณฑ์ (Inspection)

นำผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งแล้วไปตรวจสอบเพื่อหารอยร้าวหรือรอยแตกชำรุด ผลิตภัณฑ์ที่เสียจะนำไปผ่านเครื่องบดย่อยให้เป็นน้ำดิน (Slip) หล่อ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ดีผ่านการตรวจสอบจะทำการตกแต่งให้เรียบร้อยเพื่อนำไปพ่นเคลือบ

2.5.กรรมวิธีการพ่นเคลือบ (Glaze)

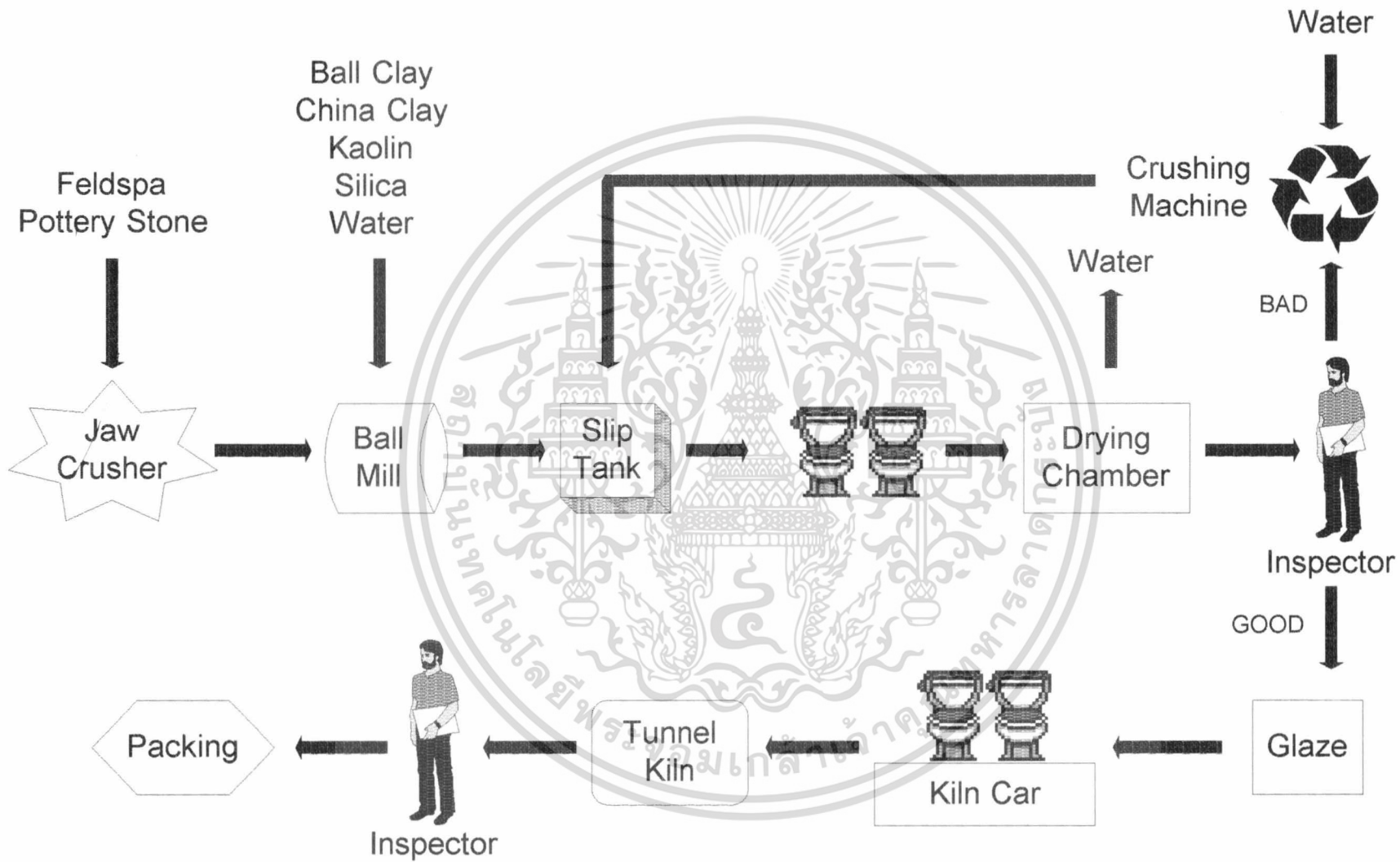
นำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการตรวจสอบและตกแต่งแล้วเข้าสู่พ่นเคลือบโดยมีระบบดูดไอเคลือบหรือฝุ่นเคลือบ เมื่อพ่นเคลือบเสร็จแล้วก็นำผลิตภัณฑ์ขึ้นเตาเผา

2.6.กรรมวิธีการขึ้นรถเตาเผา (Kiln car)

นำผลิตภัณฑ์ที่พ่นเคลือบมาตกแต่งให้เรียบร้อยแล้วนำไปจัดเรียงไว้บนรถเตา (Kiln car)

2.7.กรรมวิธีการเผา (Tunnel Kiln)

นำผลิตภัณฑ์ที่จัดเรียงไว้บนรถเตาเข้าสู่เตาเผา ใช้เวลาในการเผาประมาณ 20-22 ชั่วโมง โดยใช้อุณหภูมิสูงสุด นำผลิตภัณฑ์ออกจากเตาเผาไปตรวจสอบ (Inspection) หารอยแตกร้าวหรือตำหนิ ผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดแยกนำไปทิ้ง ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ดีนำไปบรรจุหีบห่อเพื่อจำหน่ายต่อไป



รูปที่ ก-1 ฟังแสดงกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์
ของบริษัท อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา จำกัด

ภาคผนวก ข

ยอดขายสุบภัณฑ์ (จีน) ปี พ.ศ. 2533

ผลิตภัณฑ์	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
หัวส่วนนั่งของสีขาว	3,000	400	2,494	1,800	1,200	1,300	1,100	414	1,392	1,680	2,400	2,376
หัวส่วนนั่งของสีฟ้า	240	180	136	814	519	210	384	414	300	325	360	538
หัวส่วนนั่งของสีเขียว	120	90	90	180	240	120	90	240	180	142	213	383
หัวส่วนนั่งของสีเหลือง	30	36	44	120	60	54	127	120	90	90	71	50
หัวส่วนนั่งของสีชมพู	60	90	136	120	90	108	120	108	89	102	180	296
หัวส่วนหุ้มขาสีขาว	60	160	148	136	142	160	142	84	106	160	138	138
หัวส่วนหุ้มขาสีฟ้า	32	34	34	60	58	8	90	70	50	40	90	58
หัวส่วนหุ้มขาสีเขียว	-	-	-	60	62	70	45	55	18	32	43	30
หัวส่วนหุ้มขาสีเหลือง	-	-	-	10	12	14	18	16	18	20	14	10
หัวส่วนหุ้มขาสีชมพู	-	-	-	20	25	24	36	48	36	20	18	21
ส่วนนั่งยุโรปสีขาว	60	300	216	500	800	559	600	867	900	800	700	650
ส่วนนั่งยุโรปสีฟ้า	60	70	88	87	75	62	68	100	58	70	79	110

ยอดขายสุภภัณฑ์ (จีน) ปี พ.ศ. 2533 (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ส้วมนั่งยุโรปสีเขียว	-	32	50	45	28	60	24	42	33	55	63	47
ส้วมนั่งยุโรปสีเหลือง	-	-	20	30	17	27	20	29	40	47	20	36
ส้วมนั่งยุโรปสีชมพู	-	-	30	25	35	53	46	40	55	33	50	103
ที่ปัสสาวะชายสีขาว	12	12	-	30	60	90	120	60	90	84	250	249
ที่ปัสสาวะชายสีฟ้า	-	-	-	180	60	51	12	18	30	26	54	85
ที่ปัสสาวะชายสีเขียว	-	-	-	60	30	25	18	18	20	16	32	43
ที่ปัสสาวะชายสีเหลือง	-	-	-	12	12	12	12	-	16	14	20	34
ที่ปัสสาวะชายสีชมพู	-	-	-	18	-	19	-	-	-	10	20	30
อ่างล้างหน้าสีขาว	600	540	660	420	480	300	240	370	360	540	420	456
อ่างล้างหน้าสีฟ้า	240	175	120	90	180	240	360	300	312	324	336	382
อ่างล้างหน้าสีเขียว	72	48	40	54	48	60	102	96	486	492	120	126
อ่างล้างหน้าสีเหลือง	12	12	18	6	24	36	24	18	12	18	72	69
อ่างล้างหน้าสีชมพู	36	27	18	12	18	24	30	36	42	48	60	92
อ่างระผมสีขาว	-	-	-	9	12	6	3	6	9	7	24	30

ยอดขายสุขภัณฑ์ (จีน) ปี พ.ศ. 2533 (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ที่รองกระดาษสีขาว	240	300	456	360	420	515	604	540	1,040	1,253	500	118
ที่รองกระดาษสีฟ้า	420	380	240	360	340	480	462	390	210	-	181	534
ที่รองกระดาษสีเขียว	300	120	180	90	50	268	138	144	163	98	160	145
ที่รองกระดาษสีเหลือง	120	80	60	50	60	80	62	86	59	-	80	103
ที่รองกระดาษสีชมพู	60	30	20	10	40	20	60	40	120	80	70	83
ที่วางสบู่สีขาว	420	480	400	480	440	400	400	500	520	600	560	520
ที่วางสบู่สีฟ้า	158	-	-	60	48	50	120	100	148	46	384	167
ที่วางสบู่สีเขียว	-	-	-	90	91	60	82	48	113	85	24	34
ที่วางสบู่สีเหลือง	-	-	-	125	-	-	30	60	123	43	40	28
ที่วางสบู่สีชมพู	-	-	-	30	24	94	60	23	30	31	52	40

ยอดขายสุบภัณฑ์ (จีน) ปี พ.ศ. 2534

ผลิตภัณฑ์	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
หัวส้อมนั่งของสีขาว	1,734	1,668	1,500	1,752	1,620	1,530	1,320	1,500	1,746	1,920	1,926	2,400
หัวส้อมนั่งของสีฟ้า	600	540	420	777	710	580	515	600	600	720	630	780
หัวส้อมนั่งของสีเขียว	150	120	144	150	156	162	240	228	264	270	240	208
หัวส้อมนั่งของสีเหลือง	78	120	144	72	90	90	180	192	84	108	120	134
หัวส้อมนั่งของสีชมพู	60	96	72	78	66	72	90	120	144	180	288	187
หัวส้อมหุ้มขาสีขาว	120	100	80	110	90	85	78	60	75	72	94	78
หัวส้อมหุ้มขาสีฟ้า	48	68	46	60	64	60	56	64	68	72	80	85
หัวส้อมหุ้มขาสีเขียว	24	30	28	22	26	30	22	24	28	20	30	20
หัวส้อมหุ้มขาสีเหลือง	4	2	6	4	2	4	2	2	4	-	-	-
หัวส้อมหุ้มขาสีชมพู	10	12	8	6	8	16	8	10	14	10	10	8
ส้อมนั่งยุโรปสีขาว	500	780	740	800	780	770	810	860	920	896	850	900
ส้อมนั่งยุโรปสีฟ้า	120	90	100	165	110	95	105	120	130	124	132	187
ส้อมนั่งยุโรปสีเขียว	164	186	172	150	62	108	90	80	120	118	110	55
ส้อมนั่งยุโรปสีเหลือง	65	40	50	55	49	72	68	64	70	74	76	74

ยอดขายสุขภัณฑ์ (จีน) ปี พ.ศ. 2534 (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ส้มม่วงยุโรปสีชมพู	80	60	85	72	62	59	64	70	71	110	35	69
ที่ปัสสาวะชายสีขาว	120	150	180	90	84	72	78	108	120	114	150	120
ที่ปัสสาวะชายสีฟ้า	24	30	48	18	42	54	24	18	60	42	36	52
ที่ปัสสาวะชายสีเขียว	12	6	18	24	18	30	18	24	6	12	6	6
ที่ปัสสาวะชายสีเหลือง	6	6	12	9	6	18	12	6	6	12	18	18
ที่ปัสสาวะชายสีชมพู	6	6	6	12	12	6	6	6	6	6	6	5
อ่างล้างหน้าสีขาว	600	564	570	630	564	546	612	570	600	480	570	785
อ่างล้างหน้าสีฟ้า	390	216	480	510	564	498	600	510	522	528	540	552
อ่างล้างหน้าสีเขียว	135	171	215	240	206	180	187	109	165	270	220	210
อ่างล้างหน้าสีเหลือง	72	90	55	95	90	84	36	66	60	54	42	48
อ่างล้างหน้าสีชมพู	66	54	45	115	80	140	60	57	99	96	102	108
อ่างสระผมสีขาว	30	48	45	24	42	45	21	24	27	18	21	15
ที่รองกระดาษสีขาว	240	150	120	100	110	140	160	220	100	80	120	140

ยอดขายสุภภัณฑ์ (จีน) ปี พ.ศ. 2534 (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ที่รองกระดาษสีฟ้า	200	180	160	140	120	100	180	150	120	110	280	202
ที่รองกระดาษสีเขียว	90	72	84	66	96	102	108	120	104	84	96	164
ที่รองกระดาษสีเหลือง	72	60	80	90	50	40	100	50	60	60	30	32
ที่รองกระดาษสีชมพู	36	40	50	48	60	66	40	50	20	30	40	56
ที่วางสบู่สีขาว	500	560	620	700	680	600	660	780	740	720	600	883
ที่วางสบู่สีฟ้า	240	180	200	150	100	120	140	160	200	140	120	136
ที่วางสบู่สีเขียว	120	100	80	110	140	100	60	70	130	140	180	152
ที่วางสบู่สีเหลือง	60	80	80	70	80	60	50	90	100	80	60	157
ที่วางสบู่สีชมพู	70	60	80	60	50	80	70	60	30	60	40	44

ยอดขายสุกภัณฑ์ (จีน) ปี พ.ศ. 2535

ผลิตภัณฑ์	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
หัวส่วนนั่งของสีขาว	2,000	2,100	1,800	2,016	2,020	2,160	2,180	2,140	2,040	2,080	2,015	2,100
หัวส่วนนั่งของสีฟ้า	780	900	912	810	768	744	792	756	840	786	840	976
หัวส่วนนั่งของสีเขียว	360	390	366	294	312	324	336	372	492	390	378	466
หัวส่วนนั่งของสีเหลือง	180	174	192	186	168	158	210	216	156	162	240	180
หัวส่วนนั่งของสีชมพู	150	162	174	144	138	156	180	192	168	150	132	212
หัวส่วนหุ้มขาสีขาว	50	48	52	56	60	44	46	62	52	58	48	56
หัวส่วนหุ้มขาสีฟ้า	16	12	14	18	20	16	22	18	14	18	20	12
หัวส่วนหุ้มขาสีเขียว	12	8	10	16	14	18	12	10	14	16	17	10
หัวส่วนหุ้มขาสีเหลือง	10	8	8	6	14	8	10	8	16	8	10	9
หัวส่วนหุ้มขาสีชมพู	10	14	12	8	6	10	8	16	12	8	9	10
ส่วนนั่งยุโรปสีขาว	350	348	353	365	360	340	320	334	339	380	392	407
ส่วนนั่งยุโรปสีฟ้า	220	214	230	241	215	232	223	240	210	213	218	224
ส่วนนั่งยุโรปสีเขียว	45	42	43	47	44	46	50	51	48	46	45	57
ส่วนนั่งยุโรปสีเหลือง	36	33	48	35	36	37	32	29	27	36	27	31
ส่วนนั่งยุโรปสีชมพู	35	34	36	39	41	38	37	36	34	38	40	45

ยอดขายสุบภัณฑ์ (จีน) ปี พ.ศ. 2535 (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ที่ปีสสาวะชายสีขาว	42	60	36	30	48	60	66	72	60	48	78	36
ที่ปีสสาวะชายสีฟ้า	24	30	18	18	30	36	12	18	30	36	24	27
ที่ปีสสาวะชายสีเขียว	12	6	12	18	6	12	18	6	12	6	12	16
ที่ปีสสาวะชายสีเหลือง	6	12	6	12	6	6	3	6	6	6	6	7
ที่ปีสสาวะชายสีชมพู	6	12	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
อ่างล้างหน้าสีขาว	2,800	2,100	2,920	2,860	2,896	2,950	3,160	2,280	2,340	2,520	2,800	2,721
อ่างล้างหน้าสีฟ้า	810	780	840	816	852	792	780	804	786	798	841	853
อ่างล้างหน้าสีเขียว	300	288	360	372	360	390	372	258	336	384	293	280
อ่างล้างหน้าสีเหลือง	180	192	210	216	174	162	168	192	210	204	207	115
อ่างล้างหน้าสีชมพู	132	114	120	126	144	138	150	132	144	120	144	141
อ่างสระผมสีขาว	12	9	6	18	12	3	9	24	18	12	12	9
ที่รองกระดาษสีขาว	180	150	80	96	150	80	60	130	112	80	82	60
ที่รองกระดาษสีฟ้า	306	136	264	188	150	180	148	126	240	200	160	160
ที่รองกระดาษสีเขียว	120	110	140	50	60	80	130	120	140	90	60	51

ยอดขายสุบภัณฑ์ (จีน) ปี พ.ศ. 2535 (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ที่รองกระดาษสีเหลือง	28	30	50	60	40	20	10	30	40	50	60	68
ที่รองกระดาษสีชมพู	20	40	10	30	50	12	20	30	10	30	40	44
ที่วางสบู่สีขาว	250	300	300	238	214	328	268	500	400	312	156	200
ที่วางสบู่สีฟ้า	214	200	196	150	176	150	120	200	147	132	104	102
ที่วางสบู่สีเขียว	30	40	36	182	100	60	80	50	60	70	80	149
ที่วางสบู่สีเหลือง	50	30	20	30	10	40	20	30	40	40	40	50
ที่วางสบู่สีชมพู	40	30	30	20	40	20	30	40	50	20	50	55

ยอดขายสุกภัณฑ์ (จีน) ปี พ.ศ. 2536

ผลิตภัณฑ์	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
หัวส้มนึ่งของสีขาว	1,880	1,700	600	429	600	1,200	1,500	2,479	1,800	1,584	1,500	2,250
หัวส้มนึ่งของสีฟ้า	646	720	227	300	240	600	332	600	540	450	360	314
หัวส้มนึ่งของสีเขียว	276	184	-	60	40	540	540	240	180	90	120	88
หัวส้มนึ่งของสีเหลือง	135	90	-	-	150	360	480	260	60	54	120	54
หัวส้มนึ่งของสีชมพู	189	126	-	-	120	480	600	740	240	180	54	50
หัวส้มหุ้มขาสีขาว	263	176	126	134	160	170	116	300	240	372	400	488
หัวส้มหุ้มขาสีฟ้า	19	13	25	15	18	16	60	54	48	71	81	148
หัวส้มหุ้มขาสีเขียว	18	-	6	18	18	60	6	34	24	30	24	24
หัวส้มหุ้มขาสีเหลือง	-	-	-	8	20	60	18	7	8	16	10	24
หัวส้มหุ้มขาสีชมพู	-	-	7	11	12	10	12	24	7	18	38	45
ส้มนึ่งยุโรปสีขาว	1,600	2,100	2,000	2,107	2,285	1,500	1,533	1,200	1,398	1,600	1,181	1,500
ส้มนึ่งยุโรปสีฟ้า	249	180	160	164	204	319	291	320	293	300	318	419
ส้มนึ่งยุโรปสีเขียว	60	40	65	50	58	233	165	148	165	141	120	98
ส้มนึ่งยุโรปสีเหลือง	28	60	62	30	31	151	97	79	89	94	72	62

ยอดขายสุบกัณฑ์ (จีน) ปี พ.ศ. 2536 (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ส่วนนึ่งยุโรปสีชมพู	75	32	68	32	51	119	72	85	78	83	60	53
ที่ปัสสาวะชายสีขาว	216	144	54	168	72	180	264	492	564	480	450	546
ที่ปัสสาวะชายสีฟ้า	12	12	36	-	30	18	46	84	66	68	30	30
ที่ปัสสาวะชายสีเขียว	18	12	12	-	13	-	24	22	41	16	32	17
ที่ปัสสาวะชายสีเหลือง	12	-	8	-	9	-	19	8	29	12	19	10
ที่ปัสสาวะชายสีชมพู	-	-	10	-	8	-	10	12	30	8	10	11
อ่างล้างหน้าสีขาว	1,200	1,500	1,545	1,600	700	1,200	1,290	2,400	1,800	1,850	3,000	2,400
อ่างล้างหน้าสีฟ้า	240	180	240	296	217	237	180	75	209	180	135	75
อ่างล้างหน้าสีเขียว	120	150	106	66	93	143	60	58	151	135	72	48
อ่างล้างหน้าสีเหลือง	40	44	56	55	43	12	19	63	60	50	120	38
อ่างล้างหน้าสีชมพู	90	70	-	45	57	60	43	47	60	130	120	55
อ่างระดมสีขาว	-	6	-	-	6	24	36	9	3	12	6	12
ที่รองกระดาดสีขาว	88	156	182	322	650	700	494	474	798	1,000	754	790
ที่รองกระดาดสีฟ้า	2	20	48	36	48	170	84	216	282	172	60	36

ยอดขายสุบภัณฑ์ (จีน) ปี พ.ศ. 2536 (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ที่รองกระดาษสีเขียว	-	-	-	40	28	35	30	103	114	105	40	-
ที่รองกระดาษสีเหลือง	-	-	-	56	20	43	28	57	50	59	33	-
ที่รองกระดาษสีชมพู	-	-	-	40	20	22	22	40	36	36	27	-
ที่วางสบู่สีขาว	111	322	144	244	1,600	1,756	500	652	800	920	1,800	2,194
ที่วางสบู่สีฟ้า	100	160	125	122	115	170	290	186	360	160	172	80
ที่วางสบู่สีเขียว	-	-	80	34	45	35	42	104	113	50	49	38
ที่วางสบู่สีเหลือง	-	-	36	36	20	43	28	56	97	30	21	30
ที่วางสบู่สีชมพู	-	-	64	30	20	22	30	40	90	30	20	32

ยอดขายสุบภัณฑ์ (จีน) ปี พ.ศ. 2537

ผลิตภัณฑ์	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
หัวสวมสีขาว	1,560	1,500	1,536	1,518	1,500	1,970	1,440	1,560	1,680	1,458	1,452	1,946
หัวสวมนั่งของสีฟ้า	720	750	732	780	642	726	738	720	684	690	480	475
หัวสวมนั่งของสีเขียว	540	552	528	510	504	516	480	492	540	570	652	758
หัวสวมนั่งของสีเหลือง	180	192	210	198	174	186	204	216	210	150	174	141
หัวสวมนั่งของสีชมพู	252	240	228	234	270	258	234	216	246	276	300	315
หัวสวมหุ้มขาสีขาว	286	290	208	270	268	209	296	272	264	208	220	282
หัวสวมหุ้มขาสีฟ้า	90	82	78	74	82	76	72	86	90	84	80	92
หัวสวมหุ้มขาสีเขียว	20	24	22	28	26	28	24	40	30	22	21	34
หัวสวมหุ้มขาสีเหลือง	24	28	30	34	26	20	24	22	20	22	20	21
หัวสวมหุ้มขาสีชมพู	16	18	20	22	12	16	14	12	18	16	12	18
สวมนั่งยุโรปสีขาว	1,370	1,400	1,340	1,320	1,280	1,250	1,410	1,390	1,330	1,430	1,450	1,480
สวมนั่งยุโรปสีฟ้า	380	350	420	480	410	370	400	390	330	450	430	440
สวมนั่งยุโรปสีเขียว	252	240	276	228	246	234	264	204	222	258	274	352

ยอดขายสุขภัณฑ์ (จีน) ปี พ.ศ. 2537 (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ส่วนนั่งยุโรปสี่เหลี่ยม	90	95	85	84	80	92	102	108	92	98	95	112
ส่วนนั่งยุโรปสี่มุม	186	165	170	164	160	250	180	185	175	178	190	229
ที่ปีสตาวะชายสี่ขา	132	120	144	150	114	108	138	132	156	180	144	144
ที่ปีสตาวะชายสี่ขา	42	48	60	54	36	66	62	30	42	48	54	30
ที่ปีสตาวะชายสี่เหลี่ยม	24	18	30	36	12	18	24	42	36	18	30	42
ที่ปีสตาวะชายสี่เหลี่ยม	12	18	6	12	12	18	12	6	12	17	12	12
ที่ปีสตาวะชายสี่มุม	6	6	3	4	2	6	3	3	3	3	4	5
อ่างล้างหน้าสี่ขา	1,740	1,710	1,728	1,680	1,620	1,644	1,560	1,596	1,578	1,650	2,160	2,289
อ่างล้างหน้าสี่ขา	1,020	1,050	1,032	1,068	1,038	1,092	1,098	1,080	1,056	1,074	916	922
อ่างล้างหน้าสี่เหลี่ยม	672	660	648	720	690	708	744	690	678	666	714	481
อ่างล้างหน้าสี่เหลี่ยม	150	132	156	168	138	126	162	174	144	150	164	150
อ่างล้างหน้าสี่มุม	90	72	84	96	102	84	78	114	108	144	84	76
อ่างระดมสี่ขา	15	9	12	15	18	21	15	12	9	18	15	18
ที่รองกระดาษสี่ขา	240	220	210	180	220	220	230	220	240	260	280	296

ยอดขายสุกภัณฑ์ (จีน) ปี พ.ศ. 2537 (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ทรงกระดาศีฟ้า	390	420	400	360	420	320	340	380	360	410	450	442
ทรงกระดาศีเขียว	120	130	140	100	160	200	140	180	110	120	100	138
ทรงกระดาศีเหลือง	90	80	60	100	80	150	120	60	140	110	104	80
ทรงกระดาศีชมพู	50	40	60	80	40	30	70	60	70	30	40	57
ทิวางสบู่สีขาว	700	800	500	840	760	680	720	820	700	690	760	852
ทิวางสบู่สีฟ้า	500	550	520	580	540	510	490	530	550	527	520	580
ทิวางสบู่สีเขียว	180	120	150	140	200	160	150	140	161	220	150	300
ทิวางสบู่สีเหลือง	120	130	140	100	110	120	160	100	80	150	130	148
ทิวางสบู่สีชมพู	80	50	70	100	60	110	80	120	80	90	104	80

เอกสารอ้างอิง

- ดำรงค์ ทิพย์โยธา คู่มือโปรแกรมสำเร็จรูป LINDO , โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2538.
- นิกร วัฒนพนม การโปรแกรมเชิงเส้นเบื้องต้น , โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 2533.
- ประกอบ จิรจิตติ การโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็ม , โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 2534.
- ปรีดา พิมพ์ข้าวฆ่า เซรามิกส์ , จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2535.
- พอพันธ์ วัชจิตพันธ์ การบริหารงานผลิตและบริการ , สำนักพิมพ์ไอเดียนสโตร์ 2521.
- วัลย์ลักษณ์ อัครีรวงศ์ เอกสารประกอบการสอนวิชาการวิจัยดำเนินงาน 2 , ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2537.
- วิจิตร ตัณฑสุทธิ และ คณะ การวิจัยดำเนินงาน 2 , บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่นจำกัด , พิมพ์ครั้งที่ 5 2521.
- ศูนย์สถิติการพาณิชย์ กรมสถิติพาณิชย์ สถิติการค้าระหว่างประเทศของไทย ปี 2538 (มกราคม-กุมภาพันธ์) 2538.
- สมคิด แก้วสนธิ ลิเนียร์โปรแกรม : หลักและการประยุกต์ , จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2530.
- สัมพันธ์ กลิ่นพิกุล และ ยอดดวง พันธุ์นรา การบริหารการผลิตในอุตสาหกรรม , สำนักพิมพ์ไอเดียนสโตร์ 2529 .
- หัททยา เชื้อววัฒน์ เอกสารประกอบการสอนวิชาการวิเคราะห์อนุกรมเวลา , ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2537.
- C. PERRY and WJ PRESTON Production Planning with Linear Programing: from Textbook to Factory, Omega , Vol. 14 , No. 3, pp. 99-107, 1986.
- C. ROGER GLASSEY and VIRENDRA K. GUPTA A Linear Programming Analysis of Paper Recycling, Management Science , Vol. 21 , pp. 392-408, 1974.

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KEITH BUTTERWORTH Practical Application of Linear/Integer Programming in Agriculture, Journal of the Operational Research Society, Vol.36 No.2, pp. 233-238, 1985.

Yih-Long Chang and Roberyt S. Ullivan QSB⁺ Quantitative Systems for Business Plus, Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall, 1989.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้จัดทำ

นางสาวกรรณิการ์	สัทธรรมวิไล
เกิดวันที่	23 กันยายน พ.ศ. 2517
ภูมิลำเนาเดิม	สมุทรปราการ
ที่อยู่	83/270 ซอยกันตบุตร ถนนสุขุมวิท ตำบลบางเมืองใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ 10270
โทรศัพท์	384-5859
นางสาวจิตติมา	ตันไสว
เกิดวันที่	19 มิถุนายน พ.ศ. 2518
ภูมิลำเนาเดิม	นครปฐม
ที่อยู่	6/44 ถนนเพชรเกษม ตำบลอ้อมใหญ่ อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม 73160
โทรศัพท์	420-0241
นางสาววิจิตา	รัตตะมณี
เกิดวันที่	5 ธันวาคม พ.ศ. 2516
ภูมิลำเนาเดิม	แม่ฮ่องสอน
ที่อยู่	453/16 ถนนศุกกิจ ตำบลหน้าเมือง อำเภอเมือง จังหวัดยะเชิงเตตรา 24000
โทรศัพท์	(038) 513-460

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้