แบบจำลองเชิงคงทนในการกระจายสินค้าสำหรับอุตสาหกรรมน้ำตาลภายในประเทศ

นายนิธิ ทองเป็นใหญ่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ROBUST DISTRIBUTION PLANNING FOR DOMESTIC SUGAR INDUSTRY

Mr. Nithi Tongpenyai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Civil Engineering

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แบบจำลองเชิงคงทนในการกระจายสินค้าสำหรับอุตสาหกรรมน้ำตาลภายในประเทศ
โดย	นายนิธิ ทองเป็นใหญ่
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มาโนช โลหเตปานนท์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มาโนช โลหเตปานนท์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำพล การุณสุนทวงษ์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เจริญชัย โชมพัตราภรณ์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นิธิ ทองเป็นใหญ่: แบบจำลองเชิงคงทนในการกระจายสินค้าสำหรับอุตสาหกรรมน้ำตาลภายในประเทศ. (ROBUST DISTRIBUTION PLANNING FOR DOMESTIC SUGAR INDUSTRY) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร. มาโนช โลหเตปานนท์, 62 หน้า.

ปัจจุบันการกระจายน้ำตาลในประเทศนั้นไม่ได้คำนึงถึงความไม่แน่นอนของความสามารถในการผลิตน้ำตาล ขนส่งและ ความต้องการของตลาด ซึ่งการกระจายสินค้าโดยที่ไม่ได้คำนึงถึงความไม่แน่นอนต่างๆที่อาจจะเกิดขึ้นนั้นจะทำให้สูญเสียต้นทุนหรืออาจจะนำไปสู่การสูญเสียโอกาสทางการตลาด งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อการกระจายสินค้าน้ำตาล เช่น ความสามารถในการผลิตและความต้องการน้ำตาลของตลาดที่ผันแปรได้ เข้ามาพิจารณาในการพัฒนาแบบจำลอง เพื่อที่จะพัฒนาให้แบบจำลองนั้นสะท้อนถึงความเป็นจริงในตลาดการกระจายน้ำตาลและ สามารถรองรับกับความไม่แน่นอนของข้อมูลต่างๆที่อาจจะเกิดขึ้นได้ ผลที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยนี้คือ บริษัทผลิตน้ำตาลสามารถนำเอาแบบจำลองการกระจายสินค้าไปใช้วางแผนการผลิตและการขนส่งได้อย่างเหมาะสมเพื่อให้ได้ผลกำไรสูงที่สุด และมีความสามารถในการแข่งขันในตลาดน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น

โดยจากผลการทดลองพบว่าแบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 3 นั้นเหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้ในการการวางแผนการผลิตและการกระจายสินค้าน้ำตาลมากที่สุดเนื่องจากว่า มีความคงคน ต่อความแปรปรวนของตัวแปรต่างๆที่ส่งผลกระทบต่อแบบจำลองได้ดีที่สุด และแบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 2 นั้นมีค่าที่ดีรองลงมาแต่ว่ามีค่าความแน่นอนของผลที่จะได้ดีที่สุด ซึ่งเหมาะสำหรับผู้ประกอบการที่ต้องการความแน่นอนของผลเฉลยมากที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อ อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
ปีการศึกษา 2553

#5070324221 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEY WORDS: Robust Optimization, multi-commodity flow, multi period distribution planning,

NITHI TONGPENYAI ROBUST DISTRIBUTION PLANNING FOR DOMESTIC SUGAR INDUSTRY.ADVISOR: ASST.PROF.MANOJ LOHATEPANONT, Ph.D., 62 pp

In this paper we study the distribution of sugar products in domestic sugar industry. Most current distribution plans do not consider uncertainties that may arise and lead to higher costs or lost opportunities in market during actual operation of the distribution plan. Uncertainties may arise from both the supply and demand sides. In this paper, we study factors that might lead to uncertainties in the distribution plans and incorporate them into a distribution planning optimization model to create robust distribution plans using a company in the domestic sugar industry as a case study. The anticipated benefits from this paper are robust distribution planning model that can be used to optimize the distribution plans for domestic sugar firms.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department: Civil Engineering Student's Signature.....
Field of Study: Civil Engineering Advisor's Signature.....
Academic Year: 2010

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มาโนช โลหเตปานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่คอยให้คำปรึกษาทั้งในเรื่องแนวทางในการดำเนินการวิจัย และการใช้ชีวิตการมีความรับผิดชอบ ข้าพเจ้าเชื่อแน่ว่าหากขาดความช่วยเหลือของท่านอาจารย์ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่สามารถสำเร็จสมบูรณ์ได้

ขอขอบพระคุณ ดร. อำพล การุณสุนทวงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมที่คอยให้คำปรึกษาและแนวทางในการดำเนินการวิจัย ตลอดจนชี้แนะแนวทางในการแก้ปัญหา อันมีประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์ สำหรับคำปรึกษาวิทยานิพนธ์และความกรุณาที่สละเวลามาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณคณาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้อันเป็นประโยชน์ทั้งในด้านการทำงานวิจัยและการประกอบอาชีพในอนาคต

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณคุณพ่อ คุณแม่ ญาติ และเพื่อนทุกคน ที่คอยเป็นกำลังใจ ตักเตือน ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญ.....ช

สารบัญตาราง.....ซ

สารบัญภาพ.....ฌ

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ที่มาและความสำคัญ.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....3

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....3

1.4 องค์ความรู้ที่ได้รับ.....3

1.5 ผลประโยชน์จากการวิจัย.....4

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....5

2.1 MULTI COMMODITY FLOW.....5

2.2 ROBUST OPTIMIZATION.....6

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....14

บทที่ 4 การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์.....17

4.1 กระบวนการผลิตน้ำตาลและ ลักษณะพิเศษของน้ำตาล.....17

4.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....18

บทที่ 5 ผลการวิเคราะห์.....32

บทที่6 สรุปผลการวิจัย.....48

รายการอ้างอิง.....49

ภาคผนวก.....51

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....60

สารบัญภาพ

รูปที่ 2.1 รูปแสดงเหตุการณ์ที่เกิดได้ทั้งหมด 7

รูปที่ 4.1 รูปแสดงกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ 17

รูปที่ 4.2 รูปแสดงกระบวนการผลิตน้ำตาลบริสุทธิ์ 17

รูปที่ 4.3 เส้นทางการขนส่งน้ำตาล 18

รูปที่ 4.4 ลักษณะการไหลของน้ำตาล 19

รูปที่ 4.5 เส้นทางการไหลของน้ำตาลดิบ 22

รูปที่ 4.6 เส้นทางการไหลของน้ำตาลบริสุทธิ์ 22

รูปที่ 4.7 แผนภูมิการผลิตและการกระจายสินค้าน้ำตาล 24

รูปที่ 5.1 รูปแสดงค่าที่บังคับเมื่อทำการ RUN SIMULATION 34

รูปที่ 5.2 แสดงความเปลี่ยนแปลงเมื่อกำหนดให้ปริมาณความต้องการน้ำตาลคงที่ 37

รูปที่ 5.3 แสดงความเปลี่ยนแปลงเมื่อกำหนดให้ DEMAND คงที่ 38

รูปที่ 5.4 แสดงความเปลี่ยนแปลงเมื่อกำหนดให้ DEMAND คงที่ 39

รูปที่ 5.5 แสดงความเปลี่ยนแปลงเมื่อกำหนดให้ DEMAND คงที่ 39

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5.6 แสดงความเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 3 เมื่อกำหนดให้ ปริมาณความต้องการน้ำตาลคงที่ 40

รูปที่ 5.7 แสดงความเปลี่ยนแปลงของแบบจำลอง เมื่อกำหนดให้ ปริมาณความต้องการน้ำตาลคงที่ 41

รูปที่ 5.8 แสดงความเปลี่ยนแปลงเมื่อกำหนดให้ความสามารถในการผลิตคงที่ 41

รูปที่ 5.9 แสดงความเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองหาผลเฉลยดีที่สุด เมื่อกำหนดให้ความสามารถในการผลิตคงที่ 42

รูปที่ 5.10 แสดงความเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 1 เมื่อกำหนดให้ความสามารถในการผลิตคงที่ 43

รูปที่ 5.11 แสดงความเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 2 เมื่อกำหนดให้ความสามารถในการผลิตคงที่ 44

รูปที่ 5.12 แสดงความเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 2 เมื่อกำหนดให้ความสามารถในการผลิตคงที่ 44

รูปที่ 5.13 แสดงความเปลี่ยนแปลงของแบบจำลอง เมื่อกำหนดให้ ความสามารถในการผลิตน้ำตาลคงที่ 45

รูปที่ 5.14 แสดงค่าเฉลี่ยของผลเฉลยที่ผ่านการ SIMULATION 46

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงค่า Y ต่าง..... 11

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างตารางค่าขนส่ง..... 14

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงความสามารถในการละลาย..... 15

ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างปริมาณความต้องการน้ำตาลของลูกค้า..... 15

ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างความสามารถในการจัดเก็บน้ำตาลของโกดัง..... 15

ตารางที่ 4.1 กำลังการผลิตของโรงงาน (TON)..... 20

ตารางที่ 4.2 กำลังการบรรจุกของโรงงาน (TON)..... 20

ตารางที่ 4.3 ปริมาณสูงสุดในการเก็บน้ำตาลในแต่ละโกดัง (TON)..... 21

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงความต้องการน้ำตาลบริสุทธิ์ของลูกค้า (TON)..... 21

ตารางที่ 5.1 ตารางแสดงผลเฉลยของแต่ละแบบจำลอง..... 33

ตารางที่ 5.2 ตารางแสดงระดับ PROTECTION LEVEL..... 35

ตารางที่ 5.3 ตารางแสดงเปอร์เซ็นที่แต่ละแบบจำลองสามารถหาผลเฉลยได้..... 35

ตารางที่ 5.4 ตารางแสดงผลที่ได้จากการ RUN SIMULATION ของ OPTIMAL MODEL36

ตารางที่ 5.5 ตารางแสดงผลที่ได้จากการ RUN SIMULATION ของ ROBUST MODEL 1
..... 36

ตารางที่ 5.6 ตารางแสดงผลที่ได้จากการ RUN SIMULATION ของ ROBUST MODEL 2
..... 37

ตารางที่ 5.7 ตารางแสดงผลที่ได้จากการ RUN SIMULATION ของ ROBUST MODEL 3
..... 37

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในโลกธุรกิจปัจจุบันอัตราการเติบโตของตลาดและจำนวนผู้ประกอบการขยายตัวมากขึ้นทุกขณะ การเติบโตดังกล่าวส่งผลการให้แข่งขันในธุรกิจนั้นๆเพิ่มขึ้นและยังผลให้การแข่งขันด้านราคาสินค้าและการบริการเพิ่มยิ่งขึ้นไปอีก ดังนั้น การที่แต่ละบริษัทจะสามารถยืนหยัดและอยู่รอดได้ในสภาวะการณ์เช่นนี้ผู้ประกอบการจำเป็นต้องควบคุมราคาต้นทุน ซึ่งการวิเคราะห์และดำเนินการจัดการว่าผู้ประกอบการควรควบคุมส่วนใดด้วยวิธีใดนั้นเป็นปัจจัยหลักที่มีความสำคัญอย่างมาก การลดต้นทุนโดยการพัฒนาบริหารระบบการขนส่ง หรือโลจิสติกส์นั้นเป็นที่จับตาและได้รับความสำคัญอย่างมากทั้งในอดีตและปัจจุบัน เนื่องจากหากมีการจัดการและพัฒนาการขนส่งอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพนั้นสามารถช่วยลดต้นทุนได้อย่างเป็นรูปธรรม สำหรับผู้ประกอบการขนาดใหญ่ที่มีจำนวนความถี่ของรอบและปริมาณการขนส่งที่สูงนั้นหากได้รับการพัฒนาระบบขนส่งอย่างเหมาะสมก็จะสามารถช่วยลดต้นทุนได้มหาศาล และไม่เพียงแต่ผู้ประกอบการรายใหญ่เท่านั้นการพัฒนาระบบขนส่งยังสามารถทำได้ในผู้ประกอบการทุกขนาด ทั้งนี้ การวิเคราะห์หาวิธีลดต้นทุนนั้น เบื้องต้นทำได้โดยพิจารณาจากต้นทุนโลจิสติกส์ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนหลักดังนี้

1. ต้นทุนการขนส่งสินค้า (Transportation Cost) คือ ต้นทุนที่เกิดจากค่าใช้จ่ายของเจ้าของกิจการดำเนินการ เพื่อขนย้ายสินค้าจากแหล่งผลิตไปยังปลายทาง
2. ต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง (Inventory Holding Cost) ประกอบด้วย ต้นทุนการถือครองสินค้า (Inventory Carrying Cost) และต้นทุนการบริหารคลังสินค้า (Warehousing Cost) หรือต้นทุนที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการให้บริการภายในคลังสินค้า การจัดเก็บสินค้า การเลือกสถานที่ตั้งโรงงานและคลังสินค้า
3. ต้นทุนการบริหารจัดการโลจิสติกส์ (Administration Cost) หมายถึง ต้นทุนด้านบริหารจัดการซึ่งเกี่ยวข้องกับกิจกรรมโลจิสติกส์ต่างๆ ประกอบด้วย ต้นทุนการดำเนินกระบวนการสั่งซื้อสินค้า ต้นทุนการจัดซื้อวัตถุดิบ ต้นทุนการจัดการวัตถุดิบ

ต้นทุนการพยากรณ์ความต้องการสินค้า ต้นทุนการสนับสนุนด้านอะไหล่และการบริการ ต้นทุนการให้บริการลูกค้า ต้นทุนการสื่อสาร

งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการลดต้นทุนการขนส่งสินค้าและการลดต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง ซึ่งการดำเนินการลดต้นทุนสองด้านนี้จะส่งผลให้สามารถลดต้นทุนทาง โลจิสติกส์อย่างมีประสิทธิภาพได้

การใช้องค์ความรู้ในด้านโลจิสติกส์เข้ามาจัดการระบบของผู้ประกอบการนั้นจำเป็นต้องสอดคล้องกับความต้องการของลูกค้าด้วย ซึ่งงบประมาณที่ใช้ในการบริหารจัดการโลจิสติกส์ของผู้ประกอบการนั้นจะถูกประมาณไว้ก่อนที่จะรู้ปริมาณความต้องการของลูกค้าที่แน่นอน และก่อนที่จะทราบเหตุการณ์นอกเหนือความคาดหมายต่างๆที่จะเกิดขึ้น

แต่เมื่อนำข้อมูลมาใช้กับแบบจำลองนั้นอาจจะพบว่า ข้อมูลที่ได้มานั้นไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ หรือข้อมูลอาจได้มาไม่เป็นค่าคงที่หรือว่าได้มาเป็นช่วงข้อมูลซึ่งจะพบว่าไม่สามารถนำมาใส่ในโมเดลที่ทำมาได้ข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ได้แก่ ความต้องการของลูกค้า(Demand) ราคาน้ำมัน ปริมาณของทัพยากรที่มี ความสามารถในการผลิต

การจัดการขนส่งสินค้า ได้นำองค์ความรู้ด้านโลจิสติกส์ เข้ามาช่วยในการบริหารจัดการการกระจายสินค้าของผู้ประกอบการเพื่อลดต้นทุนการขนส่งให้ต่ำที่สุด (Optimal) แต่ในทางปฏิบัติ หากเรากระจายสินค้าโดยใช้ต้นทุนที่ต่ำที่สุดแล้วเกิดเหตุการณ์นอกเหนือความคาดหมาย เช่น กรณีใช้รถบรรทุก 5 คันในการกระจายสินค้าจากโรงงานแห่งหนึ่งไปยัง 10 ปลายทาง แล้วรถบรรทุกคันใดคันหนึ่งเกิดเหตุขัดข้องขึ้น อันเป็นเหตุให้ไม่สามารถส่งสินค้าไปยังสถานที่ปลายทางได้ ก็จะส่งผลกระทบต่อต้นทุนการกระจายสินค้า ทว่า หากเลือกวิธีจัดการด้วยต้นทุนที่สูงกว่า โดยเพิ่มจำนวนรถบรรทุกเป็น 6 คัน กรณีนี้ถึงแม้รถคันใดคันหนึ่งเกิดขัดข้องก็ยังสามารถใช้รถคันอีกคันหนึ่งที่เพิ่มเข้ามาในการขนส่งสินค้าแทนได้ เปรียบเสมือนการซื้อประกัน โดยยินยอมจ่ายเงินในปริมาณที่น้อยเพื่อรองรับความไม่แน่นอนของเหตุการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นโดยไม่คาดคิดได้ เช่นรถเกิดเหตุขัดข้อง การวางแผนประเภทนี้เรียกว่า Robust Planning

การสร้างแบบจำลองโดยทั่วไปที่มีข้อมูลไม่สมบูรณ์ เราจะทำการสมมุติให้ข้อมูลชุดนั้นเป็น ค่าคงที่โดยที่อาจจะใช้ค่าเฉลี่ย หรือว่าอาจจะใช้ค่าแย่ที่สุด แต่ว่าการสร้างแบบจำลองโดยใช้วิธีดังกล่าวมีข้อเสียคือ อาจมีข้อมูลบางชุดที่ไม่สามารถหาผลเฉลยได้ หรืออาจจะให้คำตอบต่าง

จากค่าดีที่สุดเกินค่าที่ยอมรับได้ การสร้างแบบจำลองเชิงคงทน (Robust Optimization) จะช่วยให้สามารถหาผลเฉลยของแต่ละชุดข้อมูลได้มากขึ้น และสามารถกำหนดความแตกต่างของผลเฉลยที่ได้จากแบบจำลองหาค่าที่ดีที่สุดกับแบบจำลองเชิงคงทน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อแผนการกระจายสินค้าน้ำตาลในขั้นปฏิบัติการว่ามีปัจจัยใดที่ส่งผลกระทบต่อแผนการกระจายสินค้าน้ำตาล
2. พัฒนาแบบจำลองการกระจายสินค้าน้ำตาลสำหรับการวางแผนหาผลเฉลยดีที่สุดในการกระจายสินค้า
3. พัฒนาแบบจำลองสำหรับการวางแผนเชิงคงทนในการกระจายสินค้า
4. วิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียระหว่างแบบจำลองการกระจายสินค้าเชิงคงทน(robust model) กับแบบจำลองการกระจายสินค้าผลเฉลยดีที่สุด (optimal model)

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษารูปแบบการกระจายสินค้าน้ำตาลโดยที่มีข้อจำกัดต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. โรงงานผลิตน้ำตาล 5 โรงงาน
2. โกดังเก็บสินค้า 5 โกดัง
3. น้ำตาล 5 ชนิด (83% ของ volume ทั้งหมด)
4. จังหวัดปลายทาง 30 จังหวัด (85% ของ volume ทั้งหมด)
5. ปริมาณความต้องการน้ำตาล ทั้งหมด 9 เดือน

1.4 องค์ความรู้ที่ได้รับ

1. สามารถนำความไม่แน่นอนที่ได้จากการศึกษาไปพัฒนารูปแบบการกระจายสินค้าที่มีความเหมาะสมได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. สามารถนำแบบจำลองการกระจายสินค้าที่พัฒนาไปใช้ในการวางแผนการกระจายสินค้าได้

1.5 ผลประโยชน์จากการวิจัย

1. สามารถบอกได้ว่ามีความไม่แน่นอนใดที่ส่งผลต่อการวางแผนการการกระจายสินค้าน้ำตาล
2. พัฒนาแบบจำลองการกระจายสินค้าน้ำตาลสำหรับการวางแผนหาผลเฉลยดีที่สุดในการกระจายสินค้า
3. พัฒนาแบบจำลองสำหรับการวางแผนเชิงคงทนในการกระจายสินค้า
4. เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียระหว่างแบบจำลองการกระจายสินค้าเชิงคงทน(robust model) กับแบบจำลองการกระจายสินค้าผลเฉลยดีที่สุด (optimal model)
5. เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยทางด้านการประยุกต์การวิจัยดำเนินงาน (Operations Research) เพื่อพัฒนาการวางแผนและการขนส่งในอนาคต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 Multi Commodity Flow

การไหลของสินค้าหลายประเภทคือ การขนส่งสินหลายประเภทจากต้นทางไปยังปลายทางโดยมีข้อจำกัดต่างๆดังนี้

- ผลรวมการไหลของสินค้าทุกชนิดบนโครงข่ายใดๆจะต้องไม่เกินความจุของโครงข่ายนั้นๆ (Capacity constraints)
- การไหลของสินค้าที่เข้าและออก node ต่างจะต้องเท่ากัน(Flow conservation)
- การไหลของสินค้าชนิดต่างๆไปยังจุดปลายทางจะต้องเพียงพอกับความต้องการของสินค้านั้นๆที่จุดปลายทาง (Demand satisfaction)

Aggarwal et al. (1995) ได้ใช้วิธีการแก้ปัญหาแบบ ฮิวริสติกส์ในการแก้ปัญหาการไหลสำหรับสินค้าหลายประเภท โดยที่สมมุติให้ค่าปริมาณการไหลในแต่ละเส้นทางเป็นจำนวนเต็ม การแก้ปัญหาเริ่มจากการหาปัญหาตั้งต้น โดยแยกความจุของการไหลของสินค้าในแต่ละเส้นทางออกตามชนิดของสินค้า และทำการแยกปริมาณการไหลในแต่ละชนิดสินค้าให้เหลือเพียงโครงข่ายการไหลของสินค้าเพียงหนึ่งชนิด แล้วพิจารณาความจุของการไหลในเส้นทางใหม่ในแต่ละรอบการคำนวณเพื่อหาผลเฉลยที่ดีกว่า

Eksioglu et al. (2002) นำเสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกส์สำหรับการแก้ปัญหาห่วงโซ่อุปทานสำหรับสินค้าหลายชนิดโดยที่ฟังก์ชันต้นทุนนั้นสมมุติให้เป็นต้นทุนแบบรเพิ่มขึ้นคงที่ (Fixed Charge Cost Function) โดยใช้วิธีที่เรียกว่า MC–DSSP ซึ่งจะทำการปรับระดับความชันของกราฟในแต่ละรอบของการคำนวณ ซึ่งในแต่ละรอบการคำนวณจะหาค่าที่เหมาะสมนอกจากนั้นยังได้ใช้วิธีการผ่อนผันโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming Relaxation) เข้ามาช่วยในการแก้ไขปัญหาอีกด้วย

Babonneau (2006) นำวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ Lagrangian เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาการไหลของสินค้าหลายประเภทเพื่อลดระยะเวลาในการแก้ปัญหา ในการแก้ปัญหาโดยใช้ Lagrangian นั้นจะทำการปลดข้อบังคับบางข้อในสมการออกไป เพื่อความสะดวกในการแก้ปัญหา

2.2 Robust optimization

แบบจำลองเชิงคงทน (Robust Optimization) นั้น ได้นำเทคนิคเชิงโครงสร้างมาใช้มากกว่าการวิเคราะห์แบบความไว (sensitivity) ยกตัวอย่างเช่น การรับมือกับปัญหาที่จำเป็นต้องใช้เวลา หรือในที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของระบบเข้ามาเกี่ยวข้อง ตรงจุดนี้ผู้ผลิตผู้มีอำนาจตัดสินใจจะเลือกวิธีที่ยืดหยุ่นและสามารถปรับเปลี่ยนได้ ซึ่งพวกเขาจะจัดหาเครื่องมือกลไกมาใช้สำหรับปรับเปลี่ยนแบบจำลองแก่ลูกค้า อย่างไรก็ตามการหาผลเฉลยที่ดีที่สุด (typically optimizes) เป็นเพียงขั้นตอนแรกของการกระจายมูลค่าสินค้า และมองข้ามขั้นตอนต่อไปรวมถึงการตัดสินใจของผู้ผลิตที่มีความเสี่ยง ความสำคัญของการควบคุมการเปลี่ยนแปลงของวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นที่จับตามองในวงการการเงิน

ในแบบจำลอง Robust optimization จะเป็นการหาค่าที่ดีที่สุดของแบบจำลองโดยคำนึงถึงความไม่แน่นอนที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองนั้นด้วย โดยสิ่งไม่แน่นอนที่อาจจะเกิดขึ้นนั้นจะถูกนำมารวมอยู่ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (objective function) เรียกว่า ฟังก์ชันค่าปรับ (penalty function)

ตัวอย่างเช่น วิธีการที่รวม Goal Programming กับ การบรรยายข้อมูลเชิงเหตุการณ์ (Scenario-based description) ดังตัวอย่างปัญหากำหนดการเชิงเส้น ต่อไปนี้

$$Min \quad cx + dy$$

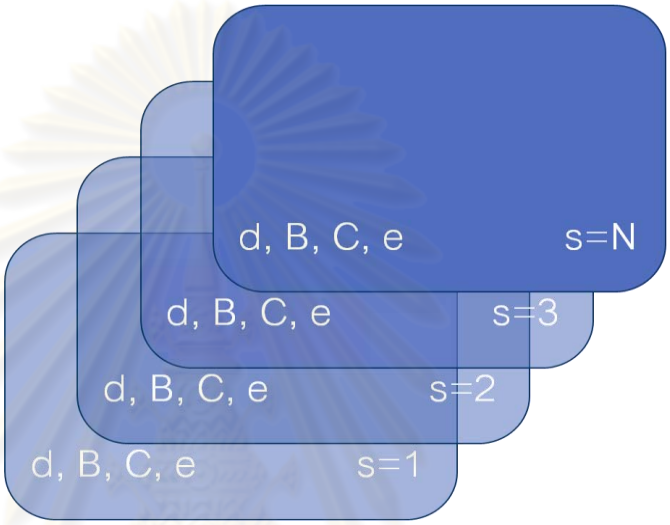
$$Subject \ to$$

$$Ax = b \tag{2.1}$$

$$Bx + Cy = e \tag{2.2}$$

$$x, y \leq 0 \tag{2.3}$$

ปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาการหาค่าต่ำที่สุดของสมการวัตถุประสงค์ $cx + dy$ โดยที่มีฟังก์ชันค่าปรับคือ (dy) เป็นส่วนที่แทนไม่แน่นอนที่อาจจะเกิดขึ้น สมการเงื่อนไขคือสมการที่ (1) และ (2) มี d, B, C และ e เป็นตัวแปรสุ่ม โดยมีค่าที่สามารถเป็นไปได้คือ (d(s), B(s), C(s), e(s) : s ∈ {1,…,N})



รูปที่ 2.1 รูปแสดงเหตุการณ์ที่เกิดได้ทั้งหมด

โดยที่ N คือจำนวนของเหตุการณ์ที่สามารถเกิดได้ทั้งหมด กล่าวคือมีเหตุการณ์ที่สามารถเกิดได้ทั้งหมด N เหตุการณ์ และค่า d,B,C และ e จะเปลี่ยนไปตามเหตุการณ์นั้นๆ โดยที่ค่าของฟังก์ชันที่เหตุการณ์ต่างๆ (s) เขียนได้ดังนี้

$$f(x,y) = cx + \sum_s d(s)y(s)p(s) \tag{2.4}$$

จากสมการ $\sum_s d(s)y(s)$ คือส่วนของฟังก์ชันค่าปรับ (penalty function) ที่เหตุการณ์ (s) และ $p(s)$ คือโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ (s) ในการแก้ปัญหาแบบ Robust optimization นั้นต้องพยายามทำให้ฟังก์ชันค่าปรับนั้นเป็นค่าที่สูงที่สุดที่จะเป็นไปได้ $Max \sum_s d(s)y(s)$ แต่ปัญหาหลักนั้นคือการ Minimize cost ที่เกิดขึ้น ดังนั้นโจทย์ข้อนี้จึงเป็นการหาคำตอบของ $Min(Max \sum_s d(s)y(s))$ กล่าวคือเป็นการหาผลเฉลยต่ำที่สุดของโดยที่ให้ฟังก์ชันค่าปรับมีค่ามากที่สุด หรือสามารถเรียกปัญหานี้ว่า Minimax (Mulvey et.al 1995)

การนำเอา Robust optimization มาใช้ในการสร้างแบบจำลองนั้นสารมารถออกแบบ แบบจำลองได้หลายวิธีเช่น วิธีข้างต้นโดยการนำผลของความแปรปรวนของข้อมูลเข้ามารวมอยู่ในฟังก์ชันจุดประสงค์ หรืออาจเปลี่ยนฟังก์ชันจุดประสงค์เลยก็ได้

ในการสร้างแบบจำลองสามารถนำมาต่อยอดวิธีคิดได้เช่น ในแบบจำลองด้านต้นนั้นจะไม่สามารถบอกได้ว่า ผลเฉลยที่ได้จากแบบจำลองเชิงคงทน (robust model) นั้นแตกต่างกับผลเฉลยที่ได้จาก แบบจำลองหาผลเฉลยดีที่สุด (nominal model) เท่าไร แต่ในแบบจำลอง Delta Formulation ที่จะกล่าวต่อไปนั้นสามารถบอกได้ว่าค่าความแตกต่างระหว่างผลเฉลยที่ได้จากแบบจำลอเชิงคงทน นั้นแตกต่างกับผลเฉลยจากแบบจำลองหาผลเฉลยหาค่าดีที่สุดเท่าไร

2.2.1 Extended Bertsimas-Sim (Delta) Formulation

$$\text{Min} \quad v \tag{2.5}$$

$$s.t.$$

$$\sum_j c_j x_j \geq \sum_j c_j x_j^* + \delta \tag{2.6}$$

$$v \geq \Delta_j \qquad \forall i \in I \tag{2.7}$$

$$\sum_{st} (a_{ij} + \hat{a}_{ij}) x_j - \sum_{st} \tilde{a}_{ij} s_{ij} \leq b_i \qquad b_i \ \forall i \in I \tag{2.8}$$

$$s_{ij} \leq x_{ij} \qquad \forall i \in I, \forall j \in J \tag{2.9}$$

$$\Delta_i \geq ls_{ij(i,l)} - \sum_{st} \left[1 - x_{j(i,k)}\right] \qquad \forall l = 1....l, \forall j \in J \tag{2.10}$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \qquad \forall i \in I, \forall j \in J \tag{2.11}$$

$$s_{ij} \in \{0,1\} \qquad \forall i \in I, \forall j \in J \tag{2.12}$$

โดยที่

c_j = กำไรของตัวแปร j

I = Set ของข้อจำกัด (constraints)

J = Set ของตัวแปร (variables)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$\tilde{a}_{ij}$ = ตัวตัดสินใจของ constraint i และ variable j

a_{ij} = ค่าเฉลี่ยของ $\tilde{a}_{ij}$

$\hat{a}_{ij}$ = ค่าครึ่งนึงของ $\tilde{a}_{ij}$

b_i = ค่า RHS ของ constrain i

$l(i, j)$ = ลำดับที่ j ของตัวแปร เมื่อนำค่าของ $\tilde{a}_{ij}$ มาเรียงจากน้อยไปมาก

$j(i, l)$ = ลำดับแรกเริ่มของ j

y_j^* = ผลเฉลยดีที่สุดของตัวแปร j สำหรับปัญหาปกติ

δ = ค่าใช้จ่ายที่ผู้ประกอบการยอมที่จะจ่ายเพื่อที่จะแลกความ robustness ของแบบจำลอง

x_j = binary decision variable โดยเท่ากับ 1 เมื่อ ตัวแปรj มีความไม่แน่นอน และเท่ากับ 0 ในกรณีอื่น

s_{ij} = binary decision variable โดยเท่ากับ 1 เมื่อ $\tilde{a}_{ij}$ ห้ามเป็น uncertain variable

Δ_i = จำนวนมากสุดของ x ในผลเฉลยที่จำเป็นต้องใช้ค่าเฉลี่ยเพื่อที่จะคงให้ constrain i ถูกต้อง

v = จำนวนมากสุดของ uncertain variable ที่จำเป็นต้องใช้ค่าเฉลี่ยแทนที่จะใช้ค่ามากที่สุดเพื่อที่จะคงให้ข้อจำกัดถูกต้อง

ในการแก้แบบจำลองเชิงคงทน (robust model) นั้นต้องทำการแก้แบบจำลองหาผลเฉลยดีที่สุด (nominal model) ก่อนเพื่อที่หาค่าผลเฉลยที่ดีที่สุดก่อน เพื่อนำมาแทนในสมการที่ 2.6 โดยสมการที่ 2.6 มีความหมายว่า ค่าใช้จ่ายที่ได้จาก robust model นั้นจะต้องมีค่าไม่น้อยไปกว่าค่าผลเฉลยที่ดีที่สุดของ nominal model บวกด้วยค่าใช่จ่ายที่ผู้ประกอบการยินดีที่จะจ่ายเพื่อให้ model มีความ robustness

ใน robust model ปกตินั้นแบบจำลองจะไม่สามารถบอกได้ว่า ค่าความแตกต่างของผลเฉลยระหว่างผลเฉลยที่ได้จาก robust model และผลเฉลยที่ได้จาก nominal model นั้นมีค่าเท่ากับเท่าไร แต่ว่าใน Extended Bertsimas –Sim (Delta) Formulation สามารถบอกได้โดยที่ผู้ประกอบการสามารถตัดสินใจได้ว่าต้องการจะจ่ายเท่าไรเพื่อแลกความ robustness ของแบบจำลอง

ในสมการที่ 2.8 เป็นสมการที่บอกว่าตัวแปรไหนเป็นตัวแปรที่มีความไม่แน่นอน นั้นให้สมมุติให้ใช้ค่าแย่ที่สุดของตัวแปรนั้น $(a_{ij} + \hat{a}_{ij})$ โดยที่ a_{ij} คือค่าเฉลี่ย และ $\hat{a}_{ij}$ เป็นที่ครึ่งนึงของความไม่แน่นอนเมื่อบวกกันจะได้ค่าแย่ที่สุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ และในพจน์ $(\sum_{st} \widetilde{a}_{ij} s_{ij})$ คือส่วนที่เป็นตัวตัดสินใจว่าตัวแปร x นั้นสามารถเป็นตัวแปรที่มีความไม่แน่นอนได้หรือไม่

สมการที่ 2.9 กำหนดว่า s_{ij} ต้องมีค่าน้อยกว่า x_{ij} คือจำนวนตัวแปรที่มีความไม่แน่นอนจะต้องน้อยกว่าค่าที่ไม่ยอมให้ตัวแปรนั้นเกิดความไม่แน่นอน และในสมการที่ 2.10 นั้นจะเป็นสมการที่นับจำนวนของจำนวนตัวแปรที่ยอมให้เกิดความไม่แน่นอนขึ้นได้

แต่ในแบบจำลองนี้มีข้อเสียคือไม่สามารถบอกได้ว่าควรจะมีตัวแปรที่มีความไม่แน่นอนกี่ตัว ซึ่งจะต้องทดสอบหาผลเฉลย ถ้าไม่สามารถหาผลเฉลยได้ต้องลดจำนวนตัวแปรที่มีความไม่แน่นอนลงแล้วทำการทดสอบหาผลเฉลยใหม่

2.2.2 Extended chance constrained formulation

แบบจำลอง Extended chance constrained formulation นั้นเป็นแบบจำลองหาค่าระดับความน่าเชื่อถือสูงที่สุดโดยที่สามารถให้น้ำหนักของตัวแปรที่มีความไม่แน่นอนแต่ละตัวได้ตามความเหมาะสม

ในแบบจำลองนี้ได้นำค่าความน่าจะเป็น (probability) เข้ามาช่วยในการสร้างแบบจำลอง และจะไม่ต้องทำการแก้ปัญหาเพื่อหาจำนวนตัวแปรที่ยอมให้เป็นตัวแปรที่มีความไม่แน่นอน โดยในแบบจำลองจะทำการหาจำนวนตัวแปรที่ยอมให้เกิดความไม่แน่นอน และคำณวณให้ว่าที่ระดับความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นนั้นมีค่าความน่าเชื่อถืออยู่ที่เท่าไร นอกจากนี้แบบจำลองยังสามารถกำหนดค่าใช้จ่าย (penalty) เพื่อที่ทำให้แบบจำลองมีความคงทนมากขึ้น (robustness)

$$\max \quad \sum_{i \in I} \omega_i \gamma_i \tag{2.13}$$

$s.t.$

$$\sum_{j \in J} c_j x_j \quad \geq \quad \sum_{j \in J} c_j z_j^* - \Delta \tag{2.14}$$

$$\sum_{j \in J} A_{ij} x_j \quad \leq \quad \sum_{k=1}^{K} b_i^k \left(y_i^k - y_i^{k-1} \right) \qquad \forall i \in I \tag{2.15}$$

$$y_i^k \geq y_i^{k-1} \quad \forall k = 1,\ldots,K_i, i \in I \tag{2.16}$$

$$y_i^0 = 0 \quad \forall i \in I \tag{2.17}$$

$$y_i^K = 1 \quad \forall i \in I \tag{2.18}$$

$$\gamma_i \leq \sum_{k=1}^{K} p_i^k \left(y_i^k - y_i^{k-1}\right) \quad \forall i \in I \tag{2.19}$$

$$x_j \geq 0 \quad \forall j \in J \tag{2.20}$$

$$y_i^k \in \{0,1\} \quad \forall k \in K, \forall j \in J \tag{2.21}$$

$$0 \leq \gamma_i \leq 1 \quad \forall i \in I \tag{2.22}$$

โดยที่

I = Set ของ constraints i

J = Set ของตัวแปร j

a_{ij} = ค่าสัมประสิทธ์ของ constrain ที่ i ตัวที่ j

b_i = ค่า RSH ของ constrain ที่ i

k_i = ตัวเลข quantile ที่บอกถึง protection level

b_i^k = ค่า RHS ที่ quantile k

z^* = ค่า Optimal solution

w_i = weight of protection level of constraint I

p_i^k = ค่าความน่าจะเป็นของ constrain i ที่ protection level k

x_j = decision variables

γ_i = protection lever of constraint i

y_i^k = 1 เมื่อ quantile k ถูก protect

0 , otherwise

	b≤2	b≤3	b≤5	b≤7	b≤8
	y1	y2	y3	y4	y5
Protection level	99%	95%	80%	65%	50%

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงค่า y ต่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างการเลือกค่า y จากตารางจะเห็นว่ามีค่า y อยู่ 5 quantile โดยที่

y1 คือ $b \leq 2$ มีโอกาสเกิด $b \leq 2$ เท่ากับ 1% หรือว่ามี protection level = 99%

y2 คือ $b \leq 3$ มีโอกาสเกิด $b \leq 3$ เท่ากับ 5% หรือว่ามี protection level = 95%

y3 คือ $b \leq 5$ มีโอกาสเกิด $b \leq 5$ เท่ากับ 20% หรือว่ามี protection level = 80%

y4 คือ $b \leq 7$ มีโอกาสเกิด $b \leq 7$ เท่ากับ 35% หรือว่ามี protection level = 35%

y5 คือ $b \leq 8$ มีโอกาสเกิด $b \leq 8$ เท่ากับ 50% หรือว่ามี protection level = 50%

ถ้าเกิดเหตุการณ์ $b \leq 3$ จะได้ค่า y1 =0, y2=0, y3=1, y4=1, y5=1 โดยที่จะมีค่า protection level = 95% และค่า protection level ที่ระดับ 80%, 65%, 50% จะถูก protect ด้วย

ในแบบจำลอง Extended Chance Constrained นั้นจะเป็นการแก้ปัญหาหาค่า protection ของตัวแปรที่สูงที่สุดโดยที่สามารถให้น้ำหนักของแต่ละตัวแปรได้ว่า ตัวแปรต่างๆมีความสำคัญมากเท่าไร

โดยในการแก้ปัญหา robust model นั้นต้องทำการแก้ปัญหาแบบจำลองหาผลเฉลยดีที่สุดก่อน (nominal model) ก่อนเหมือนกับในแบบจะลอง Bertsimus-Sim(Delta)Formulation โดยนำค่าที่ได้จาการแก้ปัญหา nominal model มาใส่ใน z_j^* เพื่อที่จะใช้ในการแก้ปัญหา robust model โดยที่สมาการที่ 2.14 นั้นหมายถึงกำไรที่ได้จาก robust model นั้นจะต้องมากกว่า กำไรที่ได้จาก nominal model ลบด้วยค่าใช้จ่ายที่ผู้ประกอบการยอมเสียเพื่อที่จะให้แบบจำลองมีความคงทนมากขึ้น

ในแบบจำลองจะทำการเลือกค่า y ที่มีความเหมาะสมที่สุดที่จะทำให้ค่า protection level ของแบบจำลองมีค่าสูงที่สุดโดยที่ค่า y_i^0 (ค่า y ที่ quantile แรก) จะต้องมีค่าเท่ากับ 0 และค่า y_i^K (ค่า y ที่ quantile สุดท้าย) จะต้องมีค่าเท่ากับ 1 และค่า โดยที่ค่า y นั้นจะต้องเรียงจากน้อยไปมากดังตางรางที่ 2.1

กล่าวคือ ค่า y ที่เลือกจะส่งผลต่อสองสมการในแบบจำลองคือ สมการ 2.15 และสมากรที่ 2.19 โดยในสมการ 2.15 นั้นแบบจำลองจำทำการเลือกค่า RHS ที่เหมาะสมโดยที่ Ax จะต้องไม่เกินค่า b และในสมการที่ 2.19 นั้นจะเก็บค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดค่า y นั้นๆ และค่า γ_i จะต้องน้อยกว่าค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิด lavanya (2007)

Zanjani and Nourelfath (2008) ได้ศึกษาในการวางแผนการผลิตไม้ซึ่งเป็นสินค้าที่เป็นลักษณะแบบ หลายชนิดสินค้าและหลายช่วงเวลา ลักษณะพิเศษของไม้คือ ไม้เมื่อผ่าน

กระบวนการผลิตแล้วจะได้ไม้หลายขนาดจึงเป็น multi product และเมื่อผลิตออกมาแล้วจะต้องทำการเก็บรักษาเพื่อรอให้ลูกค้าสั่งสินค้าจึงเป็น multi period

ในงานวิจัยได้ทำการสร้างแบบจำลองขึ้นมา 2 แบบจำลองโดยแต่ละแบบจำลองจะพิจารณาถึงความไม่แน่นอนที่จะเกิดขึ้นต่างกันคือ ในแบบจำลองแรกพิจารณาความไม่แน่นอนของวัตถุดิบคือ ท่อนซุง และแบบจำลองที่สองพิจารณาถึงต้นทุนการเก็บรักษาสินค้า (inventory cost) ซึ่งจากงานวิจัยสามารถสรุปได้ว่า หากเป็นบริษัทที่ต้องดูแลลูกค้าเป็นอย่างดีก็ควรที่จะใช้แบบจำลองที่พิจารณาถึงต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าเนื่องจากจะทำให้สามารถควบคุมค่า customer service ได้ตามที่ต้องการซึ่งถ้าต้องการให้ customer service สูงนั้นก็จะต้องเสียค่าดูแลในด้านต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าสูงตามไปด้วย แต่หากเป็นโรงงานที่ต้องการที่จะควบคุมค่าใช้จ่ายเป็นหลักก็ควรที่จะเลือกใช้ แบบจำลองที่พิจารณาถึงวัตถุดิบเนื่องจากจะสามารถควบคุมค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อวัตถุดิบได้

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้วพบว่า แบบจำลอง Extended Chance Constrained มีความเหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้ในการกระจายสินค้าน้ำตาลเนื่องจากสามารถสะท้อนถึงสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นได้ และสามารถกำหนดค่าใช้จ่ายที่ต้องการเพื่อที่จะทำให้แบบจำลองมีความคงทนได้ตามต้องการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยเกี่ยวกับการกระจายสินค้าน้ำตาล เพื่อหาแบบจำลองที่เหมาะสมการกระกระจายสินค้าน้ำตาลนั้นมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. ศึกษารูปแบบในการทำงานและปัญหาในการทำงานของระบบการทำงานในปัจจุบัน
2. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อที่จะวิเคราะห์ได้ว่าระบบในปัจจุบันนั้นมีส่วนใดที่สามารถจะปรับปรุงแก้ไขได้
3. รวบรวมข้อมูลที่ต้องใช้ในงานวิจัยดังนี้
    - รูปแบบการทำงานในปัจจุบัน
    - ทำการรวบรวมอัตราค่าขนส่งซึ่งมีตัวอย่างค่าขนส่งดังนี้

MP			อัตราค่าขนส่ง (บาท/ตัน)	
พื้นที่ปลายทาง	ระยะทาง	38.01 - 40.00	40.01 - 42.00	42.01 - 44.00
ภาคกลาง				
สุพรรณบุรี	90	283	292	301
สิงห์บุรี	98	284	293	303
ชัยนาท	100	304	314	324
กาญจนบุรี	104	334	344	354
นครปฐม	105	438	448	459
อ่างทอง	105	282	293	303
อุทัยธานี	115	395	407	418
ลพบุรี	130	324	337	350
ราชบุรี	141	360	374	388
นนทบุรี	150	438	453	467
ปทุมธานี	160	438	454	469
สระบุรี	168	438	454	471

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างตารางค่าขนส่ง

ในตารางที่ 3.1 เป็นตัวอย่างตารางค่าขนส่งจากโรงงาน MP ไปยังจังหวัดปลายทางต่างๆ โดยที่ตารางจะมีส่วนประกอบของ ระยะทางระหว่างโรงงานถึงจังหวัดปลายทาง และอัตราค่าขนส่ง (บาท/ตัน) ณ ราคาน้ำมาต่างๆ

- อัตราค่าจัดเก็บสินค้า อัตราการจัดเก็บสินค้านั้นจัดเก็บในส่วนของโกดังในโรงงานจะไม่มีค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บน้ำตาล แต่ในงานวิจัยนี้ได้คิดอัตราค่าจัดเก็บเป็น 10 % ของราคาน้ำตาล
- ปริมาณน้ำตาลแต่ละชนิดที่สามารถผลิตได้

	MP	MK	UF	UP	SB
remelt	(49,102)	(27,587)	(46,875)	(7,500)	(21,638)

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงความสามารถในการละลาย

- ปริมาณความต้องการของลูกค้า

		2008/1	2008/2	2008/3	2008/4	2008/5
น้ำตาลทราย A	กรุงเทพมหานคร	2841.1	1575.6	2347.8	1024.4	1937.0
	กำแพงเพชร	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	ขอนแก่น	656.1	389.1	390.6	0.0	0.0
	ฉะเชิงเทรา	0.0	32.9	0.0	0.0	13.3
	ชลบุรี	0.0	0.0	0.0	0.0	62.0
น้ำตาลทราย B	กรุงเทพมหานคร	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	กำแพงเพชร	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	ขอนแก่น	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	ฉะเชิงเทรา	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
น้ำตาลทราย C	กรุงเทพมหานคร	2466.6	2388.1	2188.1	1408.2	2389.9
	กำแพงเพชร	14.9	15.5	0.0	0.0	0.0
	ขอนแก่น	324.6	124.7	201.1	70.0	115.9
	ฉะเชิงเทรา	0.0	28.3	319.3	155.4	189.4

ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างปริมาณความต้องการน้ำตาลของลูกค้า

ตารางข้างต้นเป็นตัวอย่างความต้องน้ำตาลของลูกค้าในจังหวัดปลายทางต่างๆของน้ำตาลชนิดต่างโดยข้อมูลเต็มจะมีข้อมูลทั้งหมด 30 จังหวัดปลายทาง น้ำตาล 5 ชนิด และจำนวนเดือนของข้อมูลน้ำตาล 9 เดือน

- ความสามารถในการจัดเก็บน้ำตาลของโกดัง

Warehouse No.	MP		SB	
	Bag	Bulk	Bag	Bulk
Total (Ton)	11,497	218,500	21,000	55,000

ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างความสามารถในการจัดเก็บน้ำตาลของโกดัง

- ความสามารถในการบรรจุหีบห่อน้ำตาลของโรงงาน

4. ทำการสร้างแบบจำลองการกระจายสินค้าน้ำตาลด้วยวิธีหาผลเฉลยที่ดีที่สุด (nominal optimization) โดยการใช้ข้อมูลขนาดเล็กเพื่อทดสอบความถูกต้องในการกระจายสินค้าน้ำตาล
5. ทำการสร้างแบบจำลองการกระจายสินค้าน้ำตาลด้วยวิธีแบบจำลองเชิงคงทน (robust optimization) เพื่อที่จะนำมาเปรียบเทียบแบบจำลองทั้งสองว่าที่ความถูกต้องเพียงไร
6. ทำการพัฒนาแบบจำลองการกระจายสินค้าน้ำตาลด้วยวิธีหาผลเฉลยดีที่สุดโดยใช้ข้อมูลจริง
7. ทำการพัฒนาแบบจำลองเชิงคงทนโดยใช้ข้อมูลจริง
8. ทดสอบประสิทธิภาพการแก้ปัญหาระหว่างแบบจำลองผลเฉลยที่ดีที่สุดและแบบจำลองเชิงคงทนด้วยข้อมูลหลายๆชุดและสรุปผลการทดสอบ
9. วิเคราะห์และเปรียบเทียบผลจากแบบจำลองทั้งสองแบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

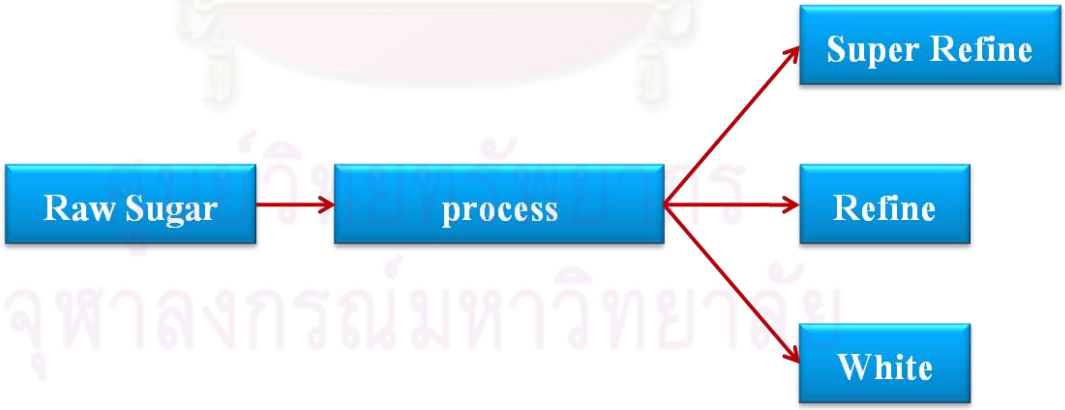
การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

4.1 กระบวนการผลิตน้ำตาลและ ลักษณะพิเศษของน้ำตาล

น้ำตาลเป็นสินค้าที่มีลักษณะเป็น multi product และ multi period และช่วงเวลาในการผลิต และเก็บต่างจาก สินค้าชนิดอื่นๆคือ น้ำตาลดิบซึ่งเป็นวัตถุดิบที่จะนำไปผลิตเป็นน้ำตาลชนิดอื่นนั้นจะสามารถผลิตได้ในฤดูเท่านั้นคือฤดูหีบ(เดือนมกราคม ถึงเดือน เมษายน) เมื่อหมดฤดูหีบแล้วจะไม่สามารถผลิตน้ำตาลดิบได้อีก แต่จะนำน้ำตาลดิบที่เก็บไว้ไปเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตน้ำตาลชนิดอื่นต่อไป

รูปที่ 4.1 รูปแสดงกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

ลักษณะการผลิตน้ำตาลคือ จะต้องนำ อ้อย จากไร่เข้ามาในโรงงานเพื่อที่จะทำการหีบอ้อย หลังจากผ่านกระบวนการหีบอ้อย จะได้น้ำตาลที่เรียกว่าน้ำตาลดิบ



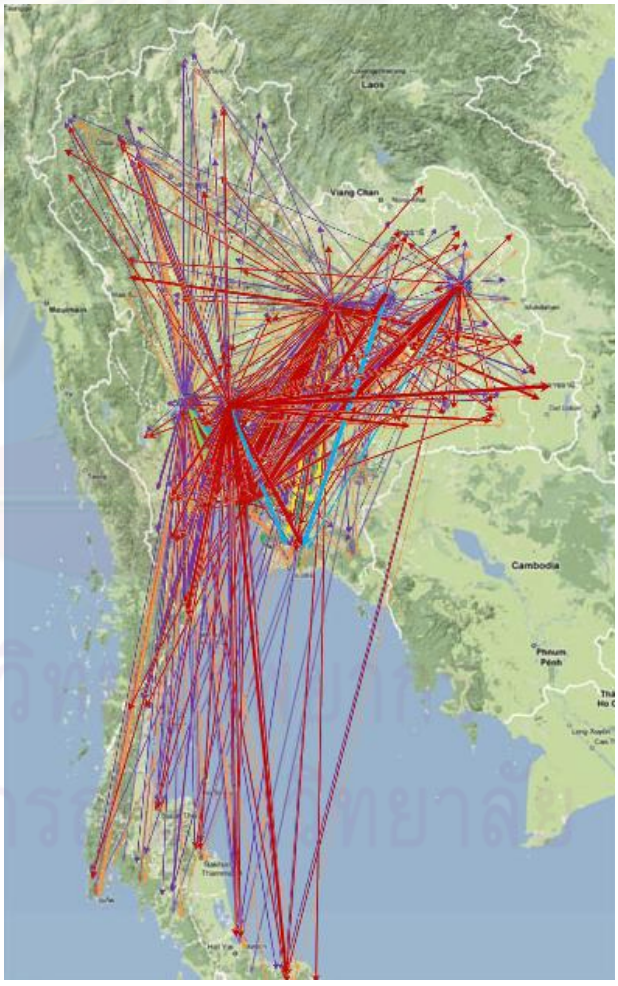
รูปที่ 4.2 รูปแสดงกระบวนการผลิตน้ำตาลบริสุทธิ์

หลังจากได้น้ำตาลดิบแล้วจึงเอาน้ำตาลดิบนั้นมาผ่านกระบวนการผลิต (การละลาย) เพื่อผลิตเป็นน้ำตาลชนิดอื่นๆต่อไปคือ น้ำตาลบริสุทธิ์พิเศษ (Super Refine) น้ำตาลบริสุทธิ์ (Refine) และน้ำตาลทรายขาว (White)

ซึ่งในการผลิตน้ำตาลดิบนั้นจะผลิตได้เฉพาะช่วงหีบ คือประมาณระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน หลังจากนั้นจะไม่สามารถผลิตได้อีก กล่าวคือ ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายนนั้นหาสามารถอ้อยได้เท่าไรก็จะต้องนำมาผลิตเป็นน้ำตาลทั้งหมดและเก็บไว้ในโกดังสินค้า หลังจากนั้นจึงนำน้ำตาลดิบที่เก็บไว้มาทำการผลิตเป็นน้ำตาลชนิดอื่นๆต่อไป

4.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

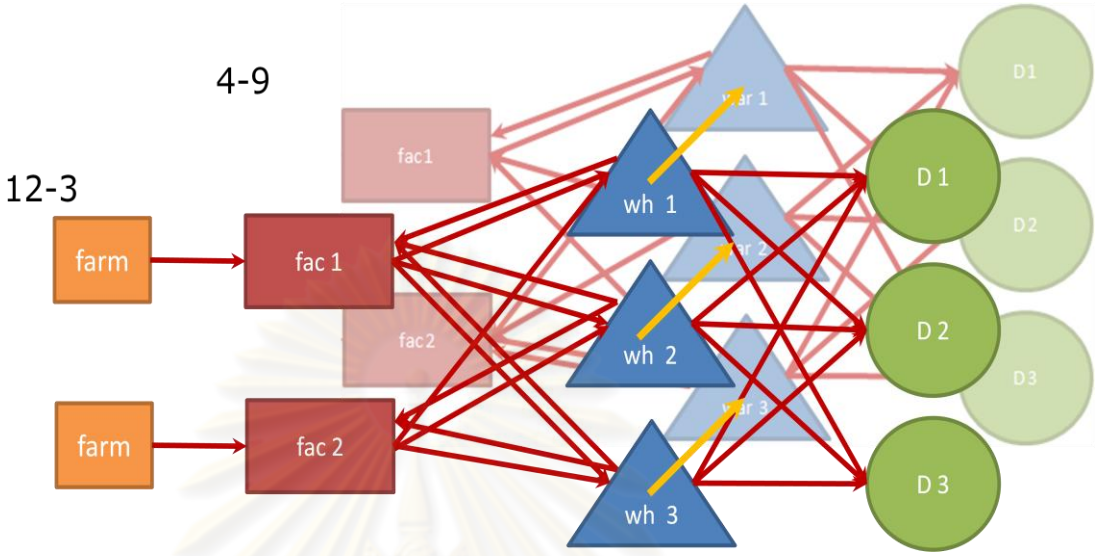
ศึกษาลักษณะของปัญหา และศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ดังที่ได้กล่าวในบทที่1 และ 2



รูปที่ 4.3 เส้นทางการขนส่งน้ำตาล

จากรูปจะเป็นการแสดงเส้นทางการขนส่งน้ำตาลทุกชนิด (11 ชนิด) จาก 5 โรงงาน ไปยังจังหวัดต่างๆทั่วประเทศ โดยแต่ละสีหมายถึงน้ำตาลแต่ละชนิดที่ขนส่ง

หลังจากที่ได้ข้อมูลเส้นทางการขนส่งน้ำตาลแล้วจึงทำการศึกษาลักษณะการไหลของน้ำตาลตั้งแต่กระบวนการผลิตไปจนถึงลูกค้าซึ่งจะมีลักษณะดังนี้



รูปที่ 4.4 ลักษณะการไหลของน้ำตาล

จากรูปที่ 4.4 จะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนเดือนที่ 12-3 (แผนภาพสีเข้ม) และอีกส่วนคือ ส่วนของเดือนที่ 4-9 (แผนภาพสีอ่อน) จะสังเกตุได้ว่าในเดือนที่ 12-3 ในแผนภาพจะมี node farm ซึ่งเป็นลักษณะของการส่งอ้อยจากไร่เข้ามายังโรงงานเพื่อทำการผลิตน้ำตาล (เดือน 12-3 เป็นฤดูหีบอ้อย) ส่วนในเดือนที่ 4-9 เป็นฤดูละลาย ซึ่งในช่วงนี้จะไม่มีการหีบอ้อยแล้ว (ฤดูละลาย) แต่จะนำเอาน้ำตาลทรายดิบที่ผลิตในฤดูหีบอ้อยนั้นมาละลายเป็นน้ำตาลชนิดอื่นๆเพื่อส่งน้ำตาลให้กับลูกค้าโดยทั้ง 2 ส่วนนั้นจะมีการเชื่อมโยงที่ wh (warehouse) คือการเก็บน้ำตาลจากเดือนที่ 1 จะถูกส่งต่อไปยังเดือนที่ 2

ลักษณะการไหลของน้ำตาลนั้นจะเริ่มจาก ไร่ (farm) โดยอ้อยจากไร่นั้นจะถูกส่งมากที่โรงงานเพื่อทำการผลิตน้ำตาล หลังจากที่ผลิตน้ำตาลดิบแล้ว บางส่วนจะส่งไปเก็บไว้ที่โกดังเพื่อรอการส่งกลับเข้ามาในโรงงานเพื่อทำการผลิตเป็นน้ำตาลชนิดอื่น และอีกส่วนของน้ำตาลดิบจะนำไปแปรรูปเป็นน้ำตาลชนิดอื่นแล้วนำไปเก็บที่โกดังเพื่อรอการขนส่งต่อไปให้ลูกค้า

โดยในรูปที่ 4.4 นั้น wh1 (warehouse 1) จะตั้งอยู่ในตัวโรงงาน fac 1 (factory 1) ค่าขนส่งจาก โรงงาน 1 ไป โกดัง 1 นั้นจะเท่ากับ 0 เช่นเดียวกับ โกดัง 2 จะตั้งอยู่ในตัวโรงงาน โรงงาน

2 ค่าขนส่งจาก โรงงาน 2 ไป โกดัง 2 นั้นจะเท่ากับ 0 เช่นกัน ส่วน โกดัง 3 นั้นปรียบเสมือนโกดังนอกโรงงาน ซึ่งการขนส่งน้ำตาลจากโรงงานที่ 1 และ 2 ไปยังโกดัง 3 นั้น จะมีค่าใช้จ่าย

รูปที่ 4.5 และ 4.6 เป็นผลที่ได้จากการสร้างแบบจำลองเพื่อเป็นต้นแบบในการสร้างแบบจำลองขนาดใหญ่โดยมีข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองนั้งนี้

ระยะเวลา 11 เดือน

2 ชนิดน้ำตาล (Raw, Refine)

2 โรงงาน (MP,SB)

3 โกดัง(2 โกดังในโรงงานและ 1 โกดังนอกโรงงาน)

3 จังหวัดปลายทาง (กรุงเทพ อยุธยา และ สมุทรสาคร)

ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง

		MP	SB
ฤดูหีบ	Raw	56,450	26,894
	Refine T1	8,511	13,897
ฤดูละลาย	Raw	0	0
	Refine T1	13,280	15,700

ตารางที่ 4.1 กำลังการผลิตของโรงงาน (ton)

	MP	SB
50 kg	3620	1005

ตารางที่ 4.2 กำลังการบรรจุกของโรงงาน (ton)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	MP	SB	พระประแดง
Capacity	218,500	70,121	54,912

ตารางที่ 4.3 ปริมาณสูงสุดในการเก็บน้ำตาลในแต่ละโกดัง (ton)

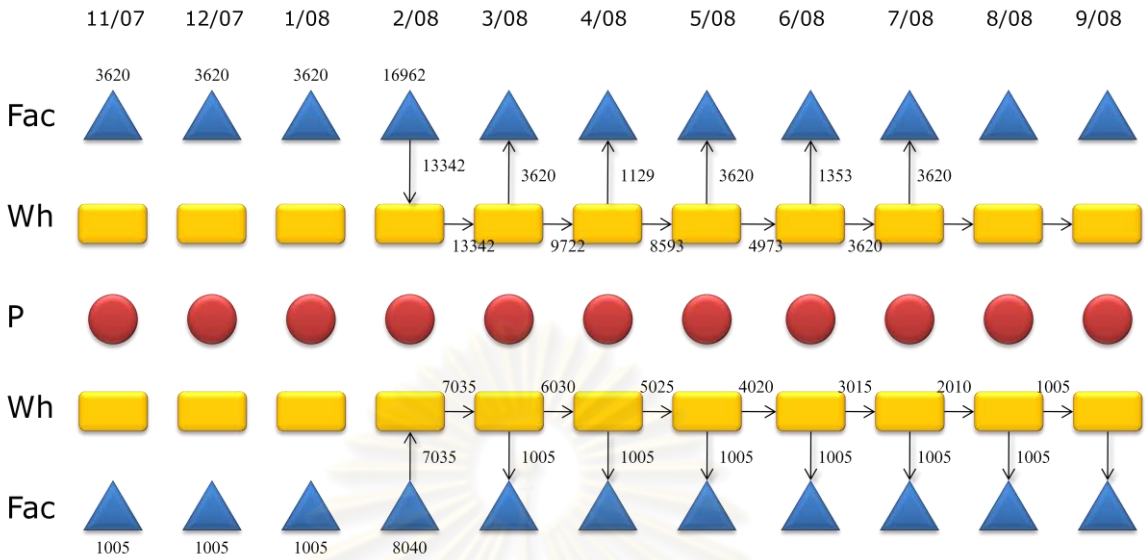
	11/07	12/07	1/08	2/08	3/08	4/08	5/08	6/08	7/08	8/08	9/08
กรุงเทพ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
อยุธยา	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
สมุทรสาคร	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงความต้องการน้ำตาลดิบของลูกค้า (ton)

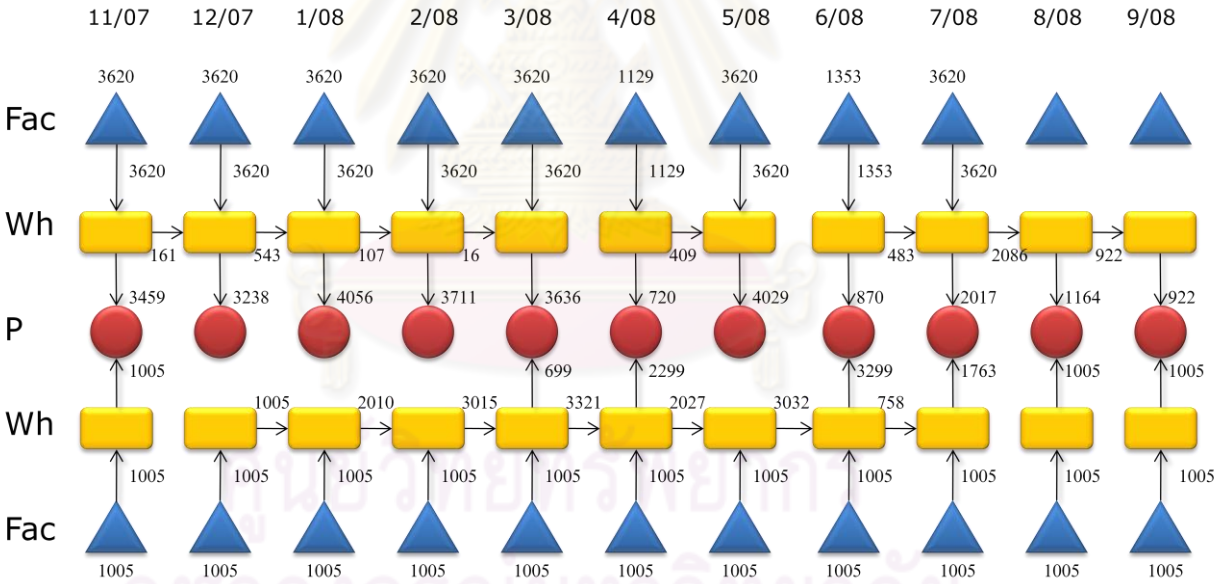
	11/07	12/07	1/08	2/08	3/08	4/08	5/08	6/08	7/08	8/08	9/08
กรุงเทพ	3504	2578	3216	2796	3271	2299	3189	3279	2924	1344	1207
อยุธยา	105	90	285	285	315	210	330	315	285	300	285
สมุทรสาคร	855	570	555	630	750	510	510	555	570	525	435

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงความต้องการน้ำตาลบริสุทธิ์ของลูกค้า (ton)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.5 เส้นทางการไหลของน้ำตาลดิบ



รูปที่ 4.6 เส้นทางการไหลของน้ำตาลบริสุทธิ์

จากตัวแปรต่างๆในรูปที่ 4.5 และ 4.6 มีความหมายดังนี้ Fac ในด้านบนของรูปภาพหมายถึงโรงงานมิตรผล (MP) ส่วน Fac ในด้านล่างของรูปภาพนั้นหมายถึงโรงงานสิงห์บุรี Wh ในด้านบนของรูปภาพคือโกดังในโรงงานมิตรผล และWh ในด้านล่างของรูปภาพนั้นคือโกดังในโรงงานสิงห์บุรี และ P คือ 3 จังหวัดปลายทางแต่ในรูปที่ 4.5 และ 4.6 นั้นได้นำทั้ง 3 จังหวัดมา

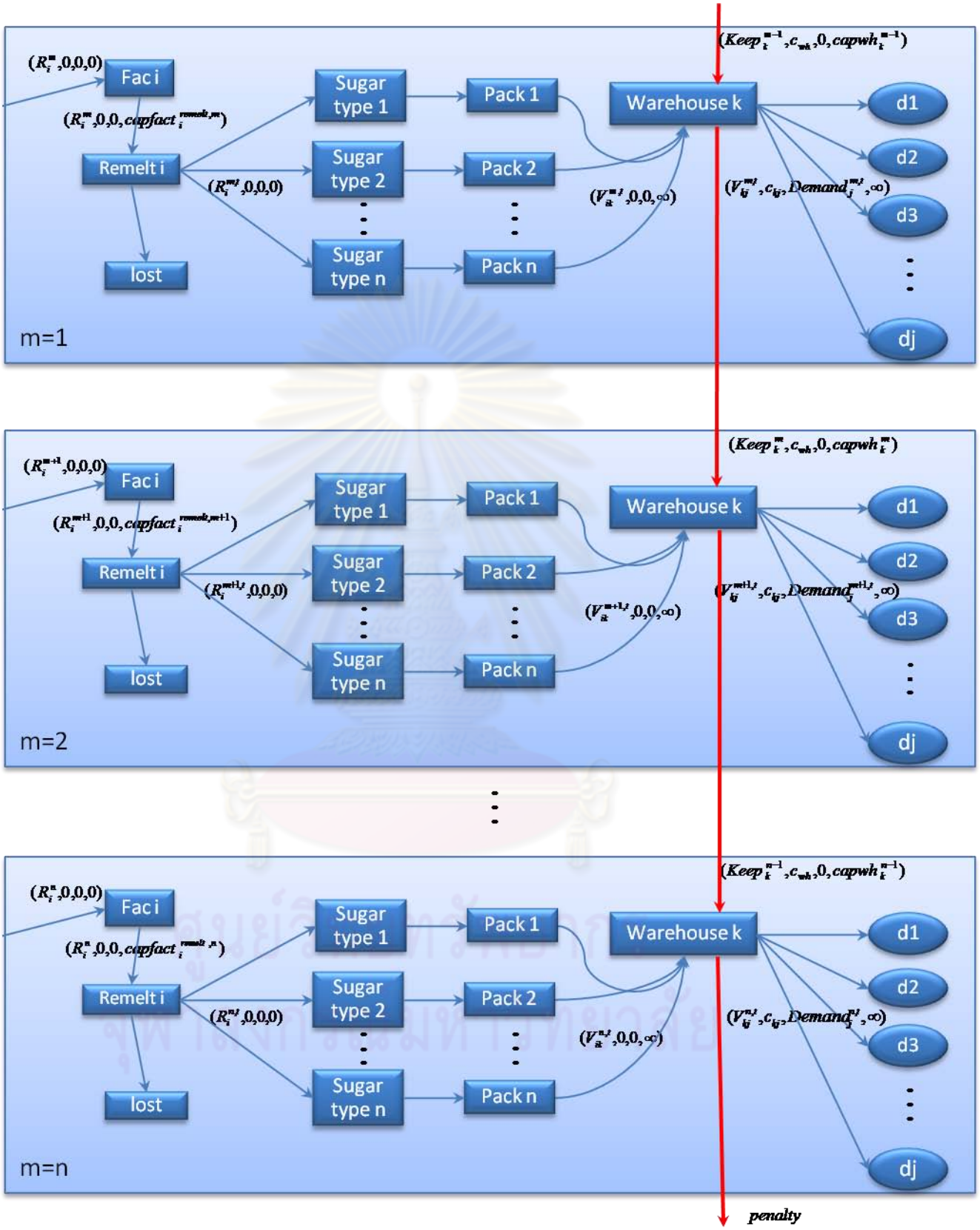
รวมกันเพื่อให้เห็นลักษณะการผลิตน้ำตาล ผลที่ได้จากแบบจำลองนั้นไม่มีการส่งน้ำตาลไปเก็บที่โกดัง นอกจึงไม่ได้แสดงในรูปที่ 4.5 และ 4.6

ในรูปที่ 4.5 และ 4.6 จะแสดงความสัมพันธ์ในการผลิตน้ำตาลดิบและน้ำตาลบริสุทธิ์ เช่น การผลิตน้ำตาลทรายดิบของโรงงานมิตรผล ในเดือน 11/07 จะผลิตออกมาเท่ากับ 3620 ตันแต่จะไม่ได้ทำการขนส่งไปที่โกดังแต่จะนำไปแปรรูปเป็นน้ำตาลบริสุทธิ์ เท่ากับ 3620 ในรูปที่ 9 ในเดือนที่ 12 และเดือน 1 ที่โรงงานมิตรผลก็จะทำการผลิตน้ำตาลดิบเท่ากับ 3620 และนำไปแปรรูปเป็นน้ำตาลบริสุทธิ์เช่นกัน แต่ในเดือนที่ 2 น้ำตาลดิบที่ผลิตที่โรงงานมิตรผลนั้นจะทำการผลิตออกมามาก เนื่องจากลังจากเดือนที่ 2 นั้นจะไม่มีอ้อยส่งเข้ามาในโรงงานเพื่อผลิตน้ำตาล จึงทำให้ต้องผลิตน้ำตาลดิบเก็บไว้เพื่อทำการแปรรูปเป็นน้ำตาลบริสุทธิ์แล้วส่งให้ลูกค้าต่อไป จะสังเกตุเห็นว่าในเดือนที่ 3-9 นั้นจะไม่มีการผลิตน้ำตาลดิบเพิ่มแล้ว

ในรูปที่ 4.6 จะแสดงการไหลของน้ำตาลบริสุทธิ์ คือ ในเดือนที่ 11 โรงงานมิตรผลจะทำการผลิตน้ำตาลบริสุทธิ์ 3620 ตัน และจะทำการส่งไปเก็บที่โกดัง 3620 (ผลิตเท่า capacityในการบรรจุ) แล้วส่งต่อไปยังลูกค้า ซึ่งมีความต้องการเท่ากับ 3459 ส่วนที่เหลือจากการส่งไปยังลูกค้านั้นจะทำการเก็บไว้ในโกดังและส่งไปยังเดือนที่ 12 ในเดือนที่ 12 ก็จะทำการผลิตน้ำตาลบริสุทธิ์เท่ากับ 3620 แล้วทำการส่งไปยังโกดัง ซึ่งน้ำตาลจะรวมกับน้ำตาลที่ถูกเก็บไว้ในโกดังจากเดือนที่แล้ว 161 รวมเป็น 3781 และแยกเป็นสองส่วนคือ ส่งให้ลูกค้า 3238 และเก็บอีก 543 ซึ่งการไหลของน้ำตาลจะเป็นเช่นนี้จนถึงเดือน 9

ในรูปที่ 4.4 นั้นจะเป็นการแสดงการไกลของน้ำตาลเพียงส่วนเดียว ซึ่งในแบบจำลองจริงนั้นจะมี 5 โรงงาน 5 โกดัง 5 ชนิดน้ำตาลและ 30 จังหวัดปลายทาง ซึ่งจะมีตัวแปรทั้งหมดประมาณ 30000 ตัวแปร

หลังจากที่ได้ทำการศึกษารูปแบบการไหลของน้ำตาลแล้วจึงทำการสร้างแบบจำลองเพื่อหาค่าที่ดีที่สุดสำหรับการกระจายสินค้าน้ำตาล



รูปที่ 4.7 แผนภูมิการผลิตและการกระจายสินค้าน้ำตาล

4.2.1 การหาผลเฉลยดีที่สุด (Nominal Optimization)

แบบจำลองแรกที่ทำในงานวิจัยนี้คือแบบจำลองหาผลเฉลยดีที่สุด ซึ่งเป็นแบบจำลองรูปแบบปกติที่นิยมใช้ แต่ว่าในแบบจำลองชนิดนี้ไม่ได้คำนึงถึงผลของความไม่แน่นอนที่อาจจะเกิดขึ้น แบบจำลองชนิดนี้เป็นแบบจำลองทั่วไปที่นิยมใช้ เนื่องจากเป็นวิธีการสร้างแบบจำลองพื้นฐาน

$$\text{Min} \quad Obj\left(V_{kj}^{t}, Keep_{k}^{mt}\right) = \sum_{m}\sum_{t}\sum_{k}\sum_{j}\left(C_{kj}^{mt}V_{kj}^{mt}\right) + \sum_{m}\sum_{t}\sum_{k}\left(C_{k}Keep_{k}^{mt}\right) \quad (4.1)$$

Subject to

$$R_i^m = \sum_t \mu_t R_i^m + \mu_{lost} R_i^m \qquad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.2)$$

$$V_i^{m,t} = \mu_t R_i^m \qquad \forall i \in I, \forall t \in T, \forall m \in M \quad (4.3)$$

$$lost_i^m = \mu_{lost} R_i^m \qquad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.4)$$

$$Keep_k^{m-1,t} + \sum_i V_{ik}^{m,t} = Keep_k^{m,t} + \sum_j V_{kj}^{m,t} \qquad \forall k \in K, \forall m \in M, \forall t \in T \quad (4.5)$$

$$\sum_t keep_k^{m,t} \le capwh_k^m \qquad \forall m \in M, \forall k \in K \quad (4.6)$$

$$R_i^m \le Capfact_i^{remelt,m} \qquad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.7)$$

$$\sum_k V_{kj}^t \ge Demand_j^t \qquad \forall j \in J, \forall t \in T \quad (4.8)$$

$$R, V \ge 0 \quad (4.9)$$

โดยที่

T	=	เซตของชนิดน้ำตาล
I	=	เซตของโรงงาน
J	=	เซตของชนิดจังหวัดปลายทาง
K	=	เซตของชนิด Warehouse
M	=	เซตของเดือน
t	=	ชนิดน้ำตาล t
i	=	โรงงาน i
k	=	โกดัง k
j	=	จังหวัดปลายทาง j

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

m = เดือน

R_i^m = ปริมาณน้ำตาลดิบที่ส่งจากโรงงาน i ไปทำการละลาย

$R_i^{m,t}$ = ปริมาณน้ำตาลชนิด t ที่ผ่านการละลายแล้วจากโรงงาน i

$V_{ik}^{m,t}$ = ปริมาณน้ำตาลชนิด t ที่ส่งจากโรงงาน i ไปโกดัง k ใน เดือน m

$V_{kj}^{m,t}$ = ปริมาณน้ำตาลชนิด t ที่ส่งจากโกดัง k ไปจังหวัด j ใน เดือน m

$lost_i^m$ = ปริมาณน้ำตาลที่สูญเสียจากกระบวนการผลิตที่โรงงาน i ในเดือน m

μ_{st} = ค่าสัมประสิทธิในการละลายน้ำตาลชนิด st

μ_{lost} = ค่าสัมประสิทธิในการสูญเสียน้ำตาลเมื่อผ่านกระบวนการละลายน้ำตาล

c_{kj} = ค่าขนส่งน้ำตาลต่อตัน จากโกดัง k ไปยังจังหวัด j

c_{wh} = ค่าจัดเก็บน้ำตาลที่โกดัง wh

$keep_k^{m,t}$ = ปริมาณน้ำตาลชนิด t ในโกดัง k ที่เก็บจากเดือน m ไปเดือน m+1

$Capfact_i^{m,remelt}$ = ความสามารถในการทำละลายน้ำตาลที่โรงงาน i

$Demand_j^{m,t}$ = ความต้องการน้ำตาลชนิด t จากจังหวัด j

$capwh_k^m$ = ความสามารถในการจัดเก็บของโกดัง

แบบจำลองการหาผลเฉลยดีที่สุดนั้นจะทำการหาค่าขนส่งที่ถูกที่สุดในการกระจายสินค้าน้ำตาลไปยังจังหวัดปลายทาง โดยที่ไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบของความไม่แน่นอนของข้อมูลที่อาจจะเกิดขึ้น

ขั้นตอนการผลิตน้ำตาลจะถูกจำลองมาอยู่ในแบบจำลองโดยเริ่มจารการนำอ้อยจากไร้เข้ามาที่โรงงานผ่านกระบวนการหีบอ้อยได้น้ำตาลดิบ แล้วนำน้ำตาลดิบนั้นไปผ่านกระบวนการละลายในสมการที่ 4.2 คือนำน้ำตาลดิบ R_i ผ่านกระบวนการละลายเพื่อให้ได้น้ำตาลชนิด t และในกระบวนการละลายนั้นจะมีการสูญเสียน้ำตาลโดยมีสัมประสิทธิ์คือ μ_{lost}

ในสมการที่ 4.3คือสัดส่วนของน้ำตาลแต่ละชนิดที่ผลิตได้เมื่อผ่านกระบวนการละลายน้ำตาลโดยสัมประสิทธิ์ของน้ำตาลแต่ละชนิดคือ μ_{st} เมื่อผ่านกระบวนการละลายน้ำตาลเพื่อให้ได้น้ำตาลชนิดต่างๆแล้ว น้ำตาลเหล่านั้นจะถูกส่งไปบรรจุหีบห่อและถูกส่งต่อไปยังโกดังเพื่อทำการเก็บน้ำตาลรอการส่งไปจังหวัดปลายทางหรือเก็บไปยังเดือนถัดไป สมการที่ 4.5 คือสมการที่หมายถึง น้ำตาลที่เก็บมาจากเดือนที่แล้วบวกกับน้ำตาลที่ถูกผลิตและส่งมาเก็บที่โกดังในเดือนนั้นๆ ต้องเท่ากับน้ำตาลที่ถูกเก็บไปยังเดือนถัดไปรวมกับน้ำตาลที่ส่งให้ลูกค้า

สมการที่ 4.6และ 4.7 เป็น capacity constrain ที่กำหนดว่าปริมาณน้ำตาลที่เก็บข้ามเดือนทั้งหมดจะต้องไม่เกินความสามารถในการจัดเก็บน้ำตาลของเดือนนั้นๆ และน้ำตาลที่ถูกส่งมาละลายในเดือนนั้นๆจะต้องมีค่าไม่เกินความสามารถในการละลายน้ำตาลในแต่ละโรงงานในเดือนนั้นๆ

ส่วนสุดท้ายคือการจัดส่งน้ำตาล สมการที่ 4.8 เป็นข้อจำกัดที่บอกว่าน้ำตาลที่ส่งไปยังจังหวัดปลายทางใดๆจะต้องเพียงพอต่อความต้องการน้ำตาลชนิดนั้นๆในแต่ละจังหวัด และสมการที่ 4.9 คือตัวแปรแต่ละตัวแปลในแบบจำลองนั้นจะต้องมีค่าเป็นบวก

4.2.2. การหาผลเฉลยแบบคงทนแบบที่ 1 (Robust Model 1)

ในแบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 1 นั้นจะสะท้อนถึงความไม่แน่นอนที่อาจจะเกิดขึ้นจากการที่เราไม่ทราบปริมาณของความต้องการน้ำตาลที่แน่ชัด ในแบบจำลองนี้จึงได้ตั้งสมมุติฐานให้มีความไม่แน่นอนที่ปริมาณความต้องการน้ำตาลในแต่ละเดือน

$$\text{Max} \quad \sum_i w1_i \gamma 1_i \tag{4.10}$$

Subject to

$$Obj\left(V_{kj}^{t}, Keep_{k}^{mt}\right) \le Obj\left(\widetilde{V}_{kj}^{t}, \widetilde{K}eep_{k}^{mt}\right) + \Delta \tag{4.11}$$

$$R_i = \sum_t \mu_t R_i^m + \mu_{lost} R_i^m \qquad \forall i \in I, \forall m \in M \tag{4.12}$$

$$V_i^{m,t} = \mu_t R_i^m \qquad \forall i \in I, \forall t \in T, \forall m \in M \tag{4.13}$$

$$lost_i^m = \mu_{lost} R_i^m \qquad \forall i \in I, \forall m \in M \tag{4.14}$$

$$Keep_k^{m-1,t} + \sum_i V_{ik}^{m,t} = Keep_k^{m,t} + \sum_j V_{kj}^{m,t} \qquad \forall k \in K, \forall m \in M, \forall t \in T \tag{4.15}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$R_i^m \leq Capfact_i^{remelt,m} \quad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.16)$$

$$\sum_k V_{kj}^t \leq \sum_{\omega=1}^{\Omega 1} Demand_j^{m,t}\left(y1_{i,m}^{\omega} - y1_{i,m}^{\omega-1}\right) \forall j \in J, \forall t \in T, \forall m \in M, \omega \in \Omega 1 \quad (4.16)$$

$$y1_{i,m}^{\omega} \geq y1_{i,m}^{\omega-1} \quad \forall i \in I, \forall m \in M, \omega \in \Omega 1 \quad (4.17)$$

$$y1_{i,m}^{0} = 0 \quad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.18)$$

$$y1_{i,m}^{\Omega 1} = 1 \quad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.19)$$

$$\gamma 1_{i,m} \leq \sum_{\omega=1}^{\Omega 1} p1_{i,m}^{\omega}\left(y1_{i,m}^{\omega} - y1_{i,m}^{\omega-1}\right) \quad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.20)$$

$$y1_{i,m}^{\omega} = \{0,1\} \quad \forall i \in I, \forall m \in M, \omega \in \Omega 1 \quad (4.21)$$

$$0 \leq \gamma 1_{i,m} \leq 1 \quad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.22)$$

$$R, V \geq 0 \quad (4.23)$$

โดยที่

Δ = จำนวนเงินที่ยอมเสียเพื่อให้ได้ความคงทนของแบบจำลอง

$w1_i$ = น้ำหนักความสำคัญของ constrain i

$\Omega 1$ = เซ็ตของ ω

$\gamma 1$ = ค่าความน่าเชื่อถือของ uncertain variable ตัวที่ 1 (demand)

$p1_i^k$ = ค่าความน่าจะเป็นของตัวแปรที่ k ใน constrain i โดยที่จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1

$y1_i^k$ = เป็น binary variable โดยจะเท่ากับ 1 เมื่อตัวแปร k ถูกป้องกัน และจะเท่ากับ 0 เมื่อตัวแปรที่ k ไม่ได้ถูกป้องกัน

4.2.3. การหาผลเฉลยแบบคงทนแบบที่ 2 (Robust Model 2)

แบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 2 นั้นจะรวบรวมความไม่แน่นอนของกำลังการผลิตในแต่ละเดือน โดยใน robust model 2 นั้นจะสะท้อนเหตุการณ์ความไม่แน่นอนที่อาจจะเกิดขึ้นเช่น

เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตนั้นเกิดชำรุดเสียหาย หรือปริมาณอ้อยที่นำมาหีบมีปริมาณมาก หรือน้อยกว่าที่ประมาณการณ์ไว้

Max $\sum_i w2_i \gamma 2_i$ (4.24)

Subject to

$$Obj\left(V_{kj}^{t}, Keep_{k}^{mt}\right) \le Obj\left(\widetilde{V}_{kj}^{t}, \widetilde{Keep}_{k}^{mt}\right) + \Delta \quad (4.25)$$

$$R_i^m = \sum_t \mu_t R_i^m + \mu_{lost} R_i^m \qquad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.26)$$

$$V_i^{m,t} = \mu_t R_i^m \qquad \forall i \in I, \forall t \in T, \forall m \in M \quad (4.27)$$

$$lost_i^m = \mu_{lost} R_i^m \qquad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.28)$$

$$Keep_k^{m-1,t} + \sum_i V_{ik}^{m,t} = Keep_k^{m,t} + \sum_j V_{kj}^{m,t} \qquad \forall k \in K, \forall m \in M, \forall t \in T \quad (4.29)$$

$$R_i^m \le \sum_{\omega=1}^{\Omega 2} Capfact_i^{remelt,m}\left(y2_{i,m}^{\omega} - y2_{i,m}^{\omega-1}\right) \forall i \in I, \forall m \in M, \omega \in \Omega 2 \quad (4.30)$$

$$\sum_t Keep_k^{m,t} \le Capwh_k^m \qquad \forall k \in K, \forall m \in M \quad (4.31)$$

$$\sum_k V_{kj}^t \ge Demand_j^{m,t} \qquad \forall j \in J, \forall t \in T \quad (4.32)$$

$$y2_{i,m}^{\omega} \ge y2_{i,m}^{\omega-1} \qquad \forall i \in I, \forall m \in M, \omega \in \Omega 2 \quad (4.33)$$

$$y2_{i,m}^{0} = 0 \qquad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.34)$$

$$y2_{i,m}^{\Omega 2} = 1 \qquad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.35)$$

$$\gamma 2_{i,m} \le \sum_{\omega=1}^{\Omega 2} p2_{i,m}^{\omega}\left(y2_{i,m}^{\omega} - y2_{i,m}^{\omega-1}\right) \qquad \forall i \in I, \forall m \in M \omega \in \Omega 2 \quad (4.36)$$

$$y2_{i,m}^{\omega} = \{0,1\} \qquad \forall i \in I, \forall m \in M, \omega \in \Omega 2 \quad (4.38)$$

$$0 \le \gamma 2_{i,m} \le 1 \qquad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.39)$$

$$R, V, Keep \ge 0 \quad (4.40)$$

โดยที่

Δ = จำนวนเงินที่ยอมเสียเพื่อให้ได้ความคงทนของแบบจำลอง

$w2_i$ = น้ำหนักความสำคัญของ constrain i

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$\Omega 2$ = เซ็ตของ ω

$\gamma 2$ = ค่าความน่าเชื่อถือของ uncertain variable ตัวที่ 2 (capacity)

$p2_i^k$ = ค่าความน่าจะเป็นของตัวแปรที่ k ใน constrain i โดยที่จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1

$y2_i^k$ = เป็น binary variable โดยจะเท่ากับ 1 เมื่อตัวแปร k ถูกป้องกัน และจะเท่ากับ 0 เมื่อตัวแปรที่ k ไม่ได้ถูกป้องกัน

4.2.4. การหาผลเฉลยแบบคงทนแบบที่ 3 (Robust Model 3)

แบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 3 นั้นเป็นแบบจำลองเชิงคงทนที่มีความคงทนมากที่สุดใน 3 แบบคือ รวบรวมทั้งความไม่แน่นอนของความต้องการปริมาณน้ำตาลในแต่ละเดือนและความไม่แน่นอนของปริมาณการทำละลายน้ำตาลได้ในแต่ละเดือน ซึ่งแบบจำลองนี้สามารถสะท้อนถึงความเป็นจริงได้มากที่สุด เนื่องจากในสถานการณ์จริงนั้นเราไม่สามารถทราบได้ว่าเมื่อถึงช่วงเดือนนั้นๆ ปริมาณน้ำตาลที่ทำละลายและปริมาณความต้องการน้ำตาลจะมีค่าเท่าไร

Max $$\sum_i w1_i \gamma 1_i + \sum_i w2_i \gamma 2_i \quad (4.41)$$

Subject to

$$Obj\left(V_{kj}^t, Keep_k^{mt}\right) \le Obj\left(\widetilde{V}_{kj}^t, \widetilde{Keep}_k^{mt}\right) + \Delta \quad (4.42)$$

$$R_i^m = \sum_t \mu_t R_i^m + \mu_{lost} R_i^m \qquad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.43)$$

$$V_i^{m,t} = \mu_t R_i^m \qquad \forall i \in I, \forall t \in T, \forall m \in M \quad (4.44)$$

$$lost_i^m = \mu_{lost} R_i^m \qquad \forall i \in I, \forall m \in M \quad (4.45)$$

$$Keep_k^{m-1,t} + \sum_i V_{ik}^{m,t} = Keep_k^{m,t} + \sum_j V_{kj}^{m,t} \qquad \forall k \in K, \forall m \in M, \forall t \in T \quad (4.46)$$

$$\sum_k V_{kj}^t \ge \sum_{\omega=1}^{\Omega 1} Demand_j^{m,t}\left(y1_{i,m}^{\omega} - y1_{i,m}^{\omega-1}\right) \forall j \in J, \forall t \in T, \forall m \in M, \omega \in \Omega 1 \quad (4.47)$$

$$R_i^m \le \sum_{\omega=1}^{\Omega 2} Capfact_i^{remelt,m}\left(y2_{i,m}^{\omega} - y2_{i,m}^{\omega-1}\right) \qquad \forall i \in I, \forall m \in M, \omega \in \Omega 2 \quad (4.48)$$

$$\sum_t Keep_k^{m,t} \le Capwh_k^m \qquad \forall k \in K, \forall m \in M \quad (4.49)$$

$$y1_{i,m}^{\omega} \geq y1_{i,m}^{\omega-1} \qquad \forall i \in I, \forall m \in M, \omega \in \Omega 1 \qquad (4.50)$$

$$y2_{i,m}^{\omega} \geq y2_{i,m}^{\omega-1} \qquad \forall i \in I, \forall m \in M, \omega \in \Omega 2 \qquad (4.51)$$

$$y1_{i,m}^{0} = 0 \qquad \forall i \in I, \forall m \in M \qquad (4.52)$$

$$y2_{i,m}^{0} = 0 \qquad \forall i \in I, \forall m \in M \qquad (4.53)$$

$$y1_{i,m}^{\Omega 1} = 1 \qquad \forall i \in I, \forall m \in M \qquad (4.54)$$

$$y2_{i,m}^{\Omega 2} = 1 \qquad \forall i \in I, \forall m \in M \qquad (4.55)$$

$$\gamma 1_{i,m} \leq \sum_{\omega=1}^{\Omega 2} p1_{i,m}^{\omega}\left(y1_{i,m}^{\omega} - y1_{i,m}^{\omega-1}\right) \qquad \forall i \in I, \forall m \in M \omega \in \Omega 1 \qquad (4.56)$$

$$\gamma 2_{i,m} \leq \sum_{\omega=1}^{\Omega 2} p2_{i,m}^{\omega}\left(y2_{i,m}^{\omega} - y2_{i,m}^{\omega-1}\right) \qquad \forall i \in I, \forall m \in M \omega \in \Omega 2 \qquad (4.57)$$

$$y1_{i,m}^{\omega} = \{0,1\} \qquad \forall i \in I, \forall m \in M, \omega \in \Omega 1 \qquad (4.58)$$

$$y2_{i,m}^{\omega} = \{0,1\} \qquad \forall i \in I, \forall m \in M, \omega \in \Omega 2 \qquad (4.59)$$

$$0 \leq \gamma 1_{i,m} \leq 1 \qquad \forall i \in I, \forall m \in M \qquad (4.60)$$

$$0 \leq \gamma 2_{i,m} \leq 1 \qquad \forall i \in I, \forall m \in M \qquad (4.61)$$

$$R, V, Keep \geq 0 \qquad (4.62)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

ผลการวิเคราะห์

การทดสอบวิธีการแก้ปัญหา ผู้วิจัยได้ใช้คอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยประมวลผลคือ Intel Core 2 Duo su 9400 ภายใต้หน่วยความจำ 4 กิกกะไบท์ โดยใช้ซอฟท์แวร์สำหรับการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดที่มีความเหมาะสมเพื่อนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหา โดยใช้ซอฟท์แวร์ ILOG CPLEX V.12.1 ซึ่งเป็นซอฟท์แวร์ออฟติไมเซชั่นเชิงพาณิชย์ที่มีประสิทธิภาพสูง โดยใช้งานร่วมกับการพัฒนาซอฟแวร์คอมพิวเตอร์ภาษา C# โดยมีโปรแกรม Microsoft Visual C# 2010 Express เป็นเครื่องมือในการคอมไพล์รหัสคำสั่ง

ในการแก้ปัญหาข้อมูลที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหานั้นจะเป็นค่าเฉลี่ยซึ่งจะมีความแตกต่างกันในแต่ละแบบจำลองดังนี้

แบบจำลองหาผลเฉลยดีที่สุด (optimal) เป็นแบบจำลองแบบพื้นฐาน ซึ่งข้อมูลที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหานั้นค่าความสามารถในการผลิตนั้นใช้ค่าคงที่คือ 12000 ตันต่อเดือน และค่าปริมาณความต้องการน้ำตาลนั้นจะใช้เป็นค่าคงที่

แบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 1 (robust 1) เป็นแบบจำลองที่คำนึงถึงความไม่แน่นอนของความต้องการน้ำตาล ข้อมูลที่นำมาใช้เป็นความสามารถในการผลิตนั้นใช้ค่าคงที่เท่ากับ 12000 ตันต่อเดือน และค่าปริมาณความต้องการน้ำตาลนั้นจะเป็นการแจกแจงเฉลี่ย (Distribution)

แบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 2 (robust 2) เป็นแบบจำลองที่คำนึงถึงความไม่แน่นอนของความสามารถในการผลิตน้ำตาล ข้อมูลที่นำมาใช้เป็นความสามารถในการผลิตนั้นเป็นการแจกแจงเฉลี่ยตั้งแต่ 9000-15000 ตันต่อเดือน และค่าปริมาณความต้องการน้ำตาลนั้นจะเป็นค่าคงที่

แบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 3 (robust 3) เป็นแบบจำลองที่คำนึงถึงความไม่แน่นอนของความสามารถในการผลิตน้ำตาลและความไม่แน่นอนของปริมาณความต้องการน้ำตาล ข้อมูลที่นำมาใช้เป็นความสามารถในการผลิตนั้นเป็นการแจกแจงเฉลี่ยตั้งแต่ 9000-15000 ตันต่อเดือน และค่าปริมาณความต้องการน้ำตาลนั้นจะเป็นแจกแจงเฉลี่ย

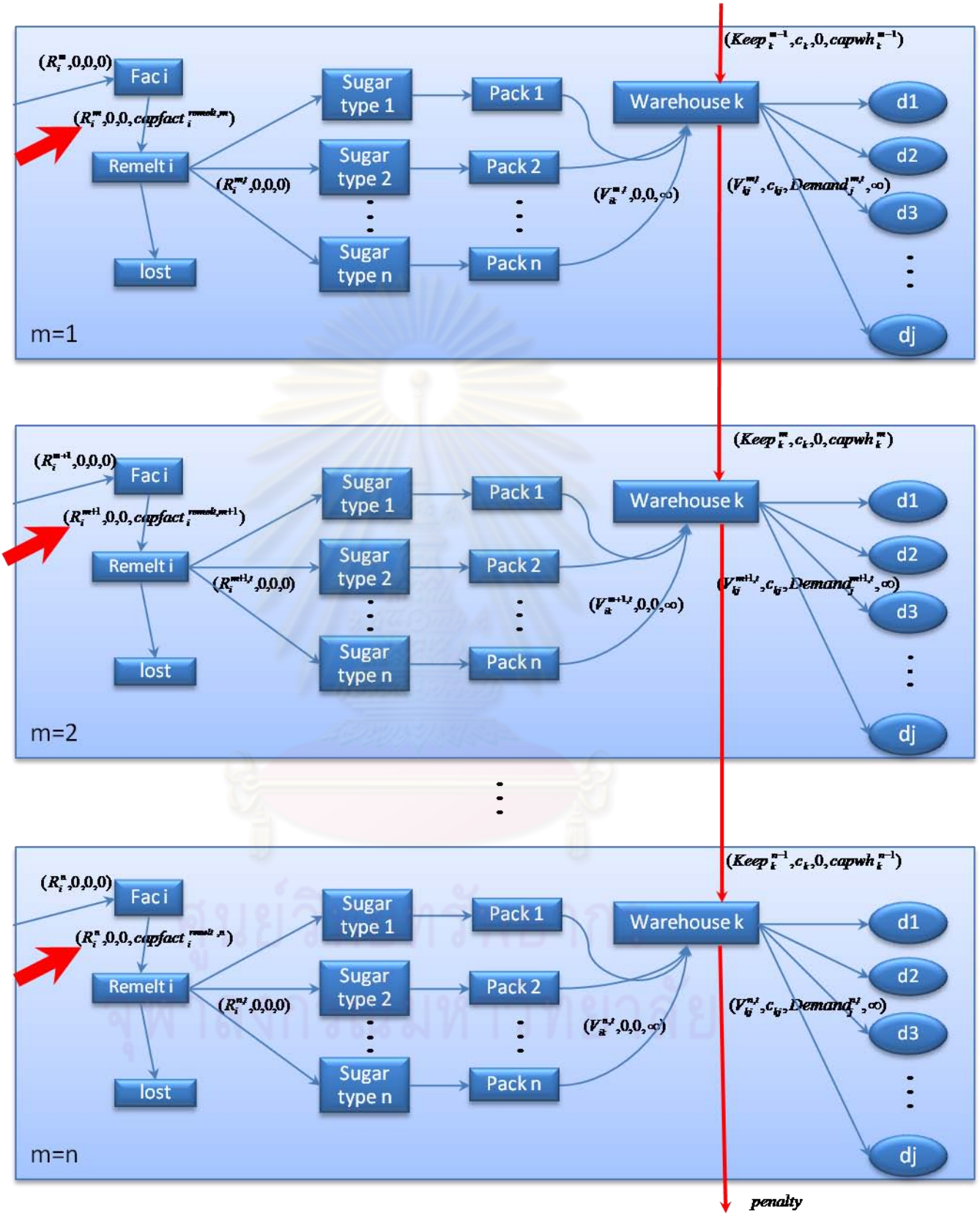
เมื่อนำข้อมูลต่างๆไปหาผลเฉลยในแต่ละแบบจำลองจะได้ผลเฉลยของแต่ละแบบจำลองดังตารางที่ 5.1

	optimal	robust 1	robust 2	robust 3
Objective function value	156,995,372	195,875,428	183,420,562	192,172,753

ตารางที่ 5.1 ตารางแสดงผลเฉลยของแต่ละแบบจำลอง

เมื่อทำการหาผลเฉลยของแต่ละแบบจำลองแล้วได้ผลดังตารางดังตารางที่ 5.1 โดยพบว่า แบบจำลองหาผลเฉลยดีที่สุดนั้นได้ค่าที่ดีที่สุด(ต่ำที่สุด) เนื่องจากในการหาผลเฉลยนี้ยังไม่มีความไม่แน่นอนเข้ามาเกี่ยวข้องโดยได้ค่าอยู่ที่ 156,995,372 บาท ค่าผลเฉลยที่ได้จาก robust model 1 นั้นได้ค่าสูงที่สุดเนื่องจากใน robust model 1 นั้นได้ทำการพยายามที่จะส่งสินค้าเกินความต้องการของจังหวัดปลายทาง ทำให้ค่าผลเฉลยที่ได้นั้นมีค่าสูงมากอยู่ที่ 195,875,428 บาท ผลเฉลยจากแบบจำลอง robust model 2 นั้นได้ค่าที่สูงกว่าผลเฉลยจากแบบจำลองหาผลเฉลยดีที่สุดเช่นกันโดยมีค่าอยู่ที่ 183,420,562 บาท เนื่องจากใน robust model 2 ได้ทำการกระจายการผลิตออกในทุกๆ โรงงานทำให้อาจมีการผลิตจากโรงงานที่มีต้นทุนค่าขนส่งสูง ทำให้ได้ค่าผลเฉลยที่สูงกว่า และผลเฉลยจากแบบจำลอง robust model 3 นั้นมีค่าอยู่ระหว่างกลองระหว่าง robust model 1 และ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.1 รูปแสดงค่าที่บังคับเมื่อทำการ run simulation

การทดสอบความคงทนของแต่ละแบบจำลองนั้นสามารถทำได้หลายวิธี หนึ่งในนั้นคือการนำค่าปริมาณการผลิตและปริมาณน้ำตาลที่ส่งให้จังหวัดปลายทางที่หาผลเฉลยมาได้ในแต่ละแบบจำลองมาเทียบหาค่า Protection level ของแต่ละแบบจำลองว่าแต่ละแบบจำลองมีค่า protection level เท่ากับเท่าไรซึ่งได้ผลดังตารางที่ 5.2

	Protection level (%)
optimal	58.16
robust 1	81.53
robust 2	73.25
robust 3	100

ตารางที่ 5.2 ตารางแสดงระดับ protection level

จากผลที่ได้จะพบว่า เปอร์เซ็นของค่า Protection level ของแบบจำลอง robust 3 มีค่าสูงที่สุดคือมีความคงทนสูงสุดเนื่องจากเป็นการเทียบ เปอร์เซ็นของค่า Protection level กับตัวเองจึงได้ค่าเท่ากับ 100 ค่า Protection level ของแบบจำลอง robust 1, robust 2 และ optimal มีค่ารองลงมาอยู่ที่ 81.53 %,73.25% และ 58.16% ตามลำดับ ส่วนสาเหตุที่ค่า Protection level ที่ได้จากแบบจำลอง robust 1 นั้นมีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากแบบจำลอง robust 2 นั้นเนื่องจากในแบบจำลอง robust 1 มีการพยายามที่ส่งสินค้าให้เกินกว่าความต้องการทำให้ระดับการผลิตนั้นตาลมีค่าสูงตามไปด้วย ทำให้ค่า Protection level ในแบบจำลอง robust 1 มีค่าสูงกว่าค่า Protection level จากแบบจำลอง robust 2

หลังจากที่ได้ทำการหาค่าผลเฉลยที่ดีที่สุดแล้วได้ทำการทดสอบโดยการ Simulation โดยทำการสร้างชุดข้อมูลของปริมาณความต้องการน้ำตาลและ ความสามารถในการผลิตน้ำตาลทั้งหมด 50 ชุดข้อมูลแล้วนำไปทำการทดสอบในแบบจำลองที่ได้สร้างไว้โดยการกำหนดค่า R ที่ไหลเข้าในแบบจำลอง (บริเวณลูกศรสีแดง) ดังรูปที่ 5.1 แล้วปล่อยให้แบบจำลองทำการคำณวณ หาค่าผลเฉลยที่ demand และ supply ต่างๆ โดยในการ run simulation จะมีบางชุดการทดลองไม่สามารถหาค่าผลเฉลยได้โดยมีค่าแสดงดังตารางที่ 5.3

	optimal	robust 1	robust 2	robust 3
%feasible	27%	100%	72%	100%

ตารางที่ 5.3 ตารางแสดงเปอร์เซ็นที่แต่ละแบบจำลองสามารถหาผลเฉลยได้

จากตารางที่ 5.3 จะเห็นว่าถ้านำเอาแบบจำลองหาผลเฉลยดีที่สุดไปใช้ในการวางแผนการผลิตจะมีเพียง 27 % เท่านั้นที่แบบจำลองจะหาผลเฉลยได้ซึ่งไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการวางแผนการผลิตเป็นอย่างยิ่ง ค่าที่ดีขึ้นมาคือค่าที่ได้จากแบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 2 (robust 2) คือมีค่าเท่ากับ 72% ซึ่งค่าที่ได้ดีกว่าแบบจำลองหาผลเฉลยดีที่สุดเนื่องจากในแบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 2 นั้นได้คำนึงถึงความไม่แน่นอนของความสามาถในการผลิตในแบบจำลองจึงทำให้มีโอกาสที่จะหาผลเฉลยได้มากกว่า ส่วนแบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 1 และ 3 นั้นสามารถหาผลเฉลยได้ในทุกการทดลองเนื่องจาก ในแบบจำลองเชิงคงทน 1 และ3 นั้นได้คำนึงถึงความไม่แน่นอนของปริมาณความต้องการน้ำตาลได้ ซึ่งปริมาณความต้องการน้ำตาลนั้นมีผลกระทบมากต่อโอกาสที่จะหาผลเฉลยได้ของแบบจำลอง จึงทำให้ทั้งแบบจำลองเชิงคงทนที่ 1 และ 3 สามารถหาผลเฉลยได้ในทุกชุดการทดลอง

เมื่อทำการ Simulation เสร็จแล้วทำการแบ่งชุดข้อมูลของ demand และ supply ออกเป็นส่วนๆ โดยแบ่งช่วงข้อมูลเป็นที่ค่าเฉลี่ย มากว่าค่าเฉลี่ย 10% และน้อยกว่าค่าเฉลี่ย 10% ได้ค่าของผลเฉลยในแบบจำลองต่างๆตามตารางที่ 5.4, 5.5, 5.6 และ 5.7

optimal		**supply**		
		-10%	mean	10%
demand	10%	187,595,422	168,014,619	168,014,619
	mean	184,048,405	157,215,372	167,431,438
	-10%	180,922,591	166,178,498	166,178,498

ตารางที่ 5.4 ตารางแสดงผลที่ได้จากการ run simulation ของ optimal model

robust 1		**supply**		
		-10%	mean	10%
demand	10%	205,237,490	197,425,421	196,332,372
	mean	196,184,732	193,875,428	193,483,729
	-10%	187,211,520	187,212,320	188,625,421

ตารางที่ 5.5 ตารางแสดงผลที่ได้จากการ run simulation ของ robust model 1

robust 2		supply		
		-10%	mean	10%
demand	10%	199,872,069	189,473,035	165,273,520
	mean	194,637,392	183,420,562	164,383,720
	-10%	191,314,175	180,374,423	163,211,520

ตารางที่ 5.6 ตารางแสดงผลที่ได้จากการ run simulation ของ robust model 2

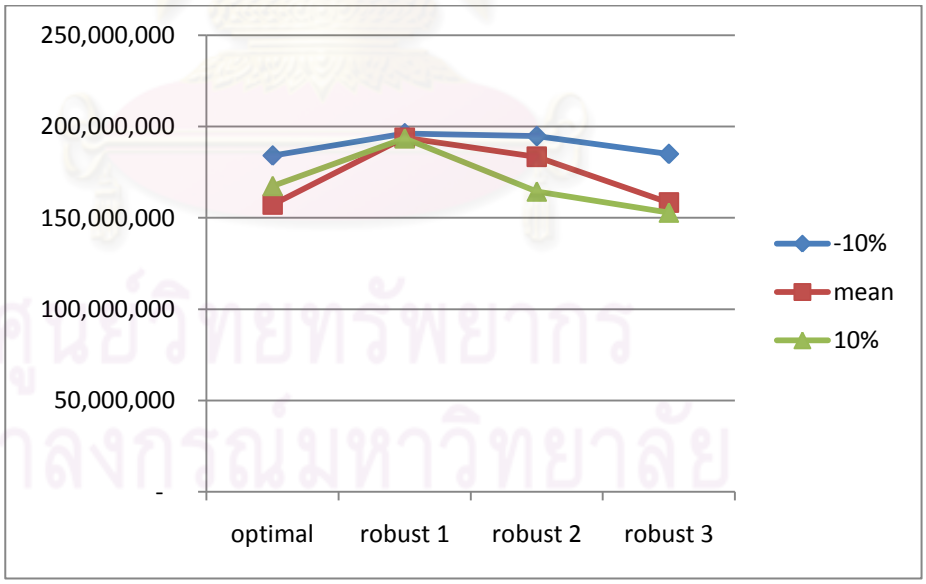
robust 3		supply		
		-10%	mean	10%
demand	10%	185,655,649	161,275,060	153,570,528
	mean	184,938,273	158,364,927	152,847,593
	-10%	184,390,729	155,490,055	151,478,407

ตารางที่ 5.7 ตารางแสดงผลที่ได้จากการ run simulation ของ robust model 3

เมื่อทำการทดสอบผลกระทบรูปแบบต่างๆที่อาจส่งผลต่อแบบจำลองการกระจายสินค้าน้ำตาลแล้ว จึงทำการวิเคราห์ข้อมูลโดยแบ่งวิเคราะห์ทีละส่วนดังนี้

การวิเคราะห์เมื่อกำหนดให้ demand คงที่ แต่ supply สามารถเปลี่ยนแปลงได้

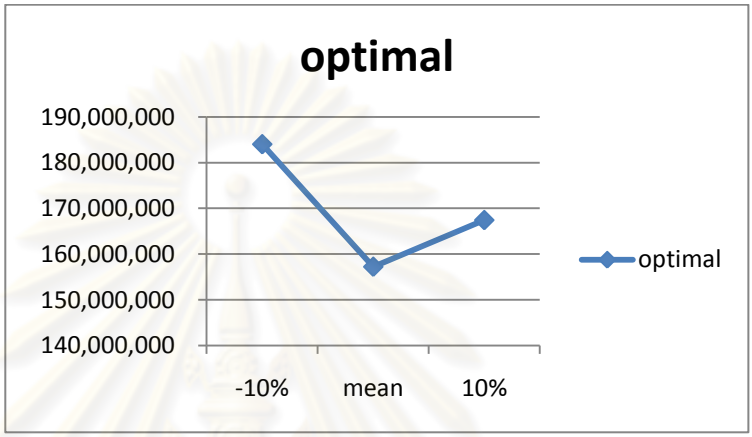
เมื่อทำการวิเคราะห์ผล จะได้ผลดังนี้ถ้าหากทำการกำหนดให้ปริมาณความต้องการน้ำตาลคงที่แล้วให้ความสามารถในการผลิตเปลี่ยนแปลงได้ จะได้ผลดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 แสดงความเปลี่ยนแปลงเมื่อกำหนดให้ปริมาณความต้องการน้ำตาลคงที่

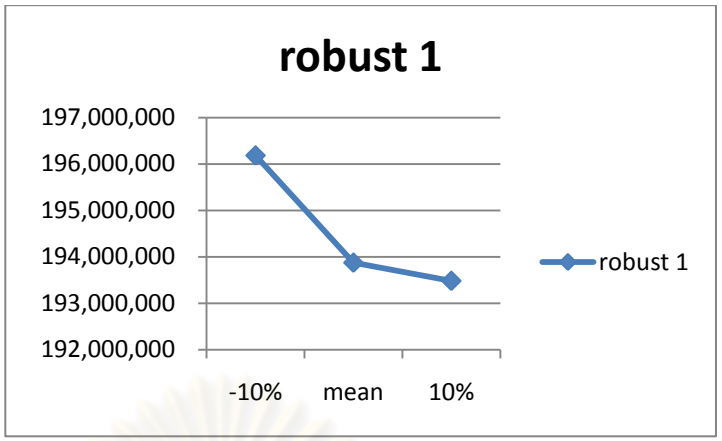
จากรูปที่ 5.2 เป็นรูปที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าสมการวัตถุประสงค์ของแบบจำลองต่างๆ โดยจะสังเกตเห็นว่าค่าขนส่งรวมที่ได้จากแบบจำลองหาผลเฉลยดีที่สุด (optimal model) นั้นมีค่าต่ำ และจะมีค่าสูงขึ้นในแบบจำลอง robust 1 และ robust 2 และกลับมาต่ำใน

แบบจำลอง robust 3 ซึ่งจะเห็นว่าแบบจำลองที่สมควรนำไปใช้ได้แก่แบบจำลองหาผลเฉลยดีที่สุด (optimal model) และแบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 3 (robust model 3) และเมื่อสังเกตผลของการเปลี่ยนแปลงในแต่ละแบบจำลอง เมื่อค่าความสามารถในการผลิต (supply) มีการเปลี่ยนแปลง สามารถวิเคราะห์ผลที่เกิดในแต่ละแบบจำลองได้ดังนี้



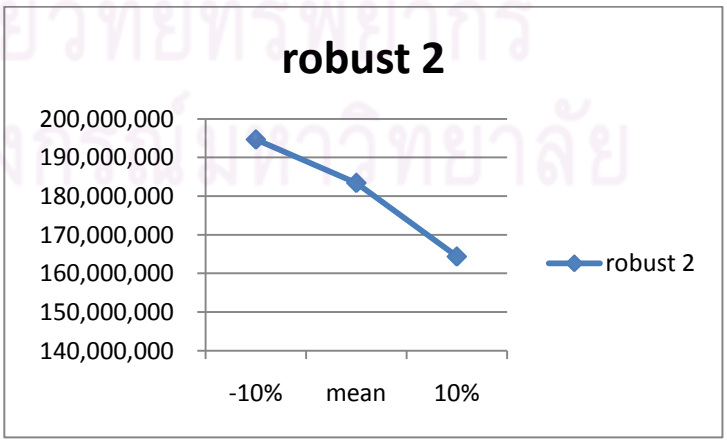
รูปที่ 5.3 แสดงความเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองหาผลเฉลยดีที่สุดเมื่อกำหนดให้ปริมาณความต้องการน้ำตาลคงที่

optimal model นั้นพบว่าถ้ามีความเปลี่ยนแปลงของ supply ไม่ว่าจะเป็นทั้งในทางบวก หรือว่าทางลบนั้นก็จะส่งผลกระทบต่อผลเฉลยในทางแย่เสมอ กล่าวคือถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลงของ supply ในทางลบจะทำให้ผลเฉลยเพิ่มขึ้นจาก 157,215,372 บาทเป็น 184,048,405 บาทหรือคิดเป็นส่วนต่างเป็น 26,833,033 บาทแต่ถ้าหากเกิดการเปลี่ยนแปลงของ supply ในทางเพิ่มขึ้นก็จะส่งผลกระทบต่อผลเฉลยในทางลบเช่นกันคือ ผลเฉลยเปลี่ยนจาก 157,215,372 บาท เป็น 167,431,438 บาท หรือมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น 10,216,066 บาท ซึ่งจากผลข้างต้นนั้นจะเห็นว่าแบบจำลองหาผลเฉลยดีที่สุดนั้นเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการผลิต แบบจำลองจะไม่สามารถรองรับความเปลี่ยนแปลงนั้นได้โดยจะส่งผลให้ค่าขนส่งรวมมีค่าเพิ่มขึ้นจากผลเฉลยที่ทั้ง demand และ supply อยู่ที่ค่าเฉลี่ย



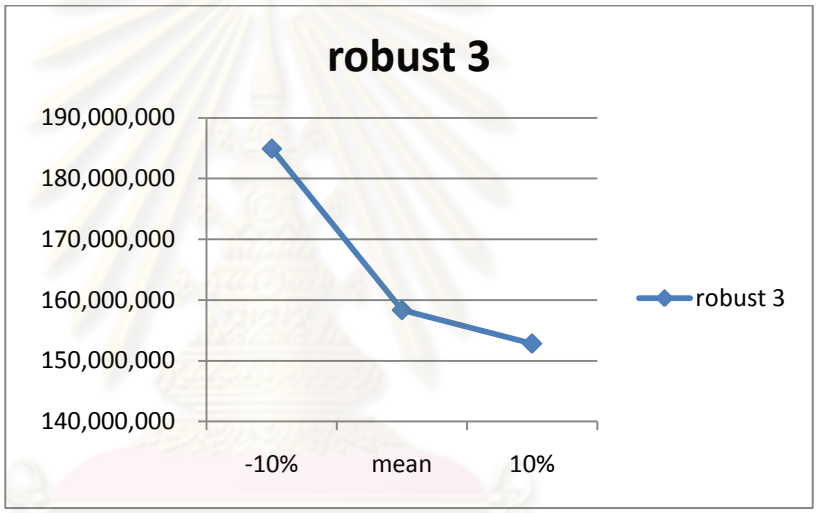
รูปที่ 5.4 แสดงความเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 1 เมื่อกำหนดให้ปริมาณความต้องการน้ำตาลคงที่

ในแบบจำลอง robust model นั้นพบว่าถ้ามีความเปลี่ยนแปลงของ supply ในทางลบเช่นถ้าหากมีการชำรุดเสียหายของเครื่องจักรบางส่วนทำให้ความสามารถในการผลิตลดลง หรือสามารถเก็บเกี่ยวอ้อยได้น้อยทำให้มีอ้อยที่จะมาทำการหีบน้อยทำให้ความสามารถในการผลิตลดลงจะทำให้ผลเฉลยเพิ่มขึ้นจาก 193,875,428 บาทเป็น 196,184,732 บาทหรือคิดเป็นส่วนต่างเป็น 2,309,304 บาทแต่ถ้าหากเกิดการเปลี่ยนแปลงของ supply ในทางเพิ่มขึ้นก็จะส่งผลกระทบต่อผลเฉลยในทางบวกเนื่องจากในแบบจำลอง robust 1 นั้นได้คำนึงถึงความเปลี่ยนแปลงของ demand เข้ามาในแบบจำลองโดยจะส่งผลให้ผลเฉลยเปลี่ยนจาก 193,875,428 บาท เป็น 193,483,729 บาท หรือมีค่าใช้จ่ายลดลง 391,699 บาท



รูปที่ 5.5 แสดงความเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 2 เมื่อกำหนดให้ปริมาณความต้องการน้ำตาลคงที่

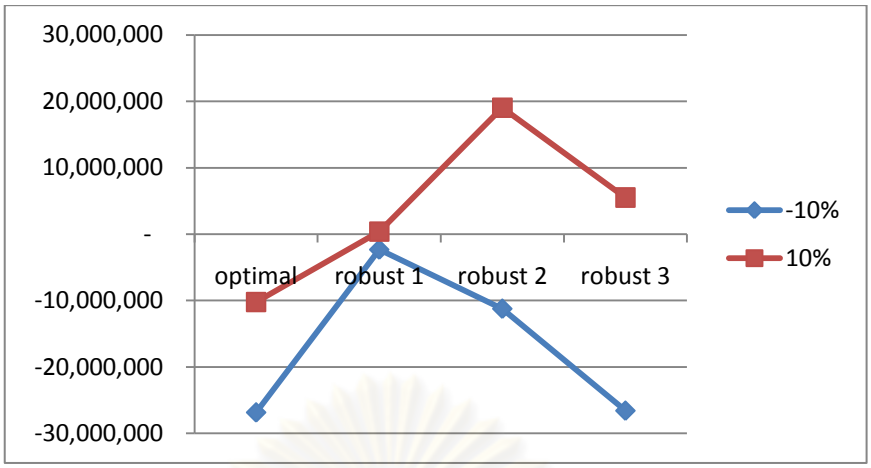
เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของ supply นั้นจะส่งผลต่อค่าผลเฉลยจากแบบจำลองเชิงคงทน 2 (robust 2) โดยถ้าหากว่า supply มีค่าน้อยกว่าที่ประมาณการณ์ไว้ จะทำให้ผลเฉลยที่ได้จากแบบจำลอง robust 2 มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 183,420,562 บาทเป็น 194,637,392 บาทหรือคิดเป็นส่วนต่างเป็น 11,216,830 บาทแต่ถ้าหากเกิดการเปลี่ยนแปลงของ supply ในทางเพิ่มขึ้นก็จะส่งผลกระทบต่อผลเฉลยในทางบวกคือจะส่งผลให้ผลเฉลยที่ได้จาก robust 2 นั้นมีค่าต่ำลงเนื่องจากใน robust 2 นั้นได้คำนึงถึงความไม่แน่นอนของ supply ในแบบจำลองด้วย โดยจะส่งผลให้ผลเฉลยเปลี่ยนจาก 183,420,562 บาท เป็น 164,383,720 บาท หรือมีค่าใช้จ่ายลดลง 19,036,842 บาท



รูปที่ 5.6 แสดงความเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 3 เมื่อกำหนดให้ปริมาณความต้องการน้ำตาลคงที่

robust 3 ใน robust 3 นั้นถ้าหากมีความแปรปรวนของ supply โดยให้ demand มีค่าอยู่ที่ค่าเฉลี่ยนั้นจะส่งผลต่อแบบจำลองดังนี้ ในเหตุการณ์ที่ค่า supply มีค่าน้อยกว่าค่าที่คาดการณ์ไว้จะส่งต่อค่าผลเฉลยจาก 158,364,927 บาทเป็น 184,938,273 บาทคือมีค่าขนส่งรวมเพิ่มขึ้น 26,573,346 บาท แต่ถ้า supply มีค่ามากกว่าค่าที่คาดการณ์ไว้จะส่งผลต่าผลเฉลยจาก 158,364,927 เป็น 152,847,593 โดยจะมีค่าการกระจายสินค้าน้ำตาลลดลง 5,517,334 บาท

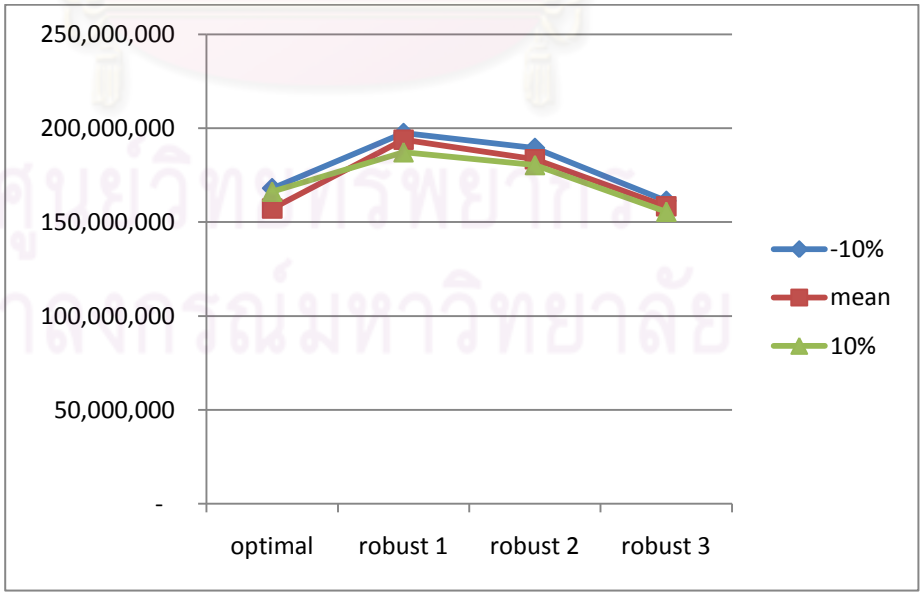
ถ้านำเอาผลที่ส่งผลกระทบต่อแบบจำลองต่างๆเมื่อมีความเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการผลิตมาเขียนกราฟจะได้ผลดังรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.7 แสดงความเปลี่ยนแปลงของแบบจำลอง เมื่อกำหนดให้ ปริมาณความต้องการน้ำตาลคงที่

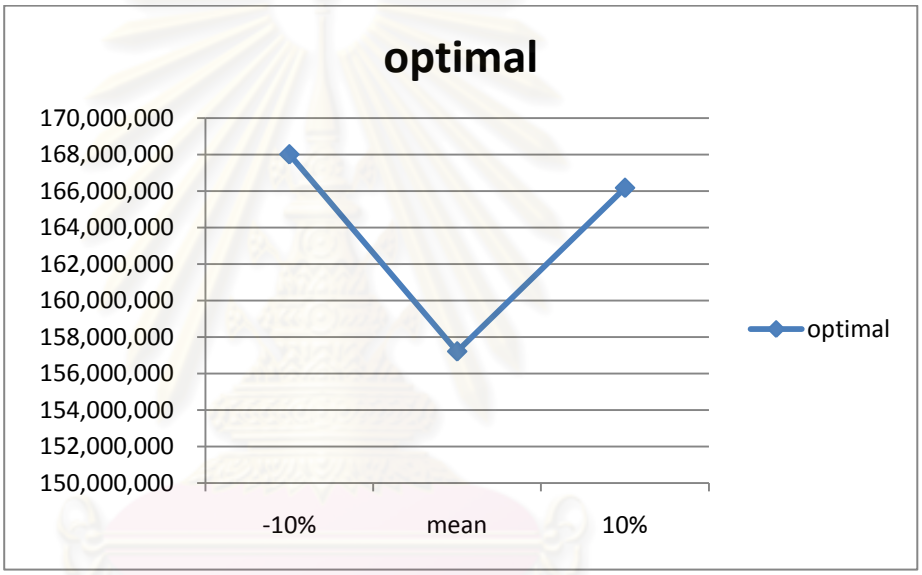
จากรูปที่ 5.7 จะเห็นว่าในแบบจำลองหาผลเฉลยดีที่สุดนั้นถ้าหากมีความเปลี่ยนแปลงของค่า supply ไม่ว่าจะทางบวกหรือว่าทางลบ ก็จะส่งผลให้ค่าสมการวัตถุประสงค์เปลี่ยนแปลงไปในทางลบเสมอ ส่วนในแบบจำลองเชิงคงทนทั้งสามแบบจำลองนั้นสามารถรองรับความเปลี่ยนแปลงของค่า supply ได้หากว่ามีการเปลี่ยนแปลง supply ในทางเพิ่มขึ้น แต่ถ้าหากว่า supply มีความเปลี่ยนแปลงไปในทางลดลงนั้น ค่าสมการวัตถุประสงค์จะมีค่าแย่ลงเช่นเดียวกับแบบจำลองหาผลเฉลยดีที่สุด แต่ว่าจะส่งผลกระทบน้อยกว่าแบบจำลองหาผลเฉลยดีที่สุด

การวิเคราะห์เมื่อกำหนดให้ supply คงที่ แต่ demand เปลี่ยนแปลงได้



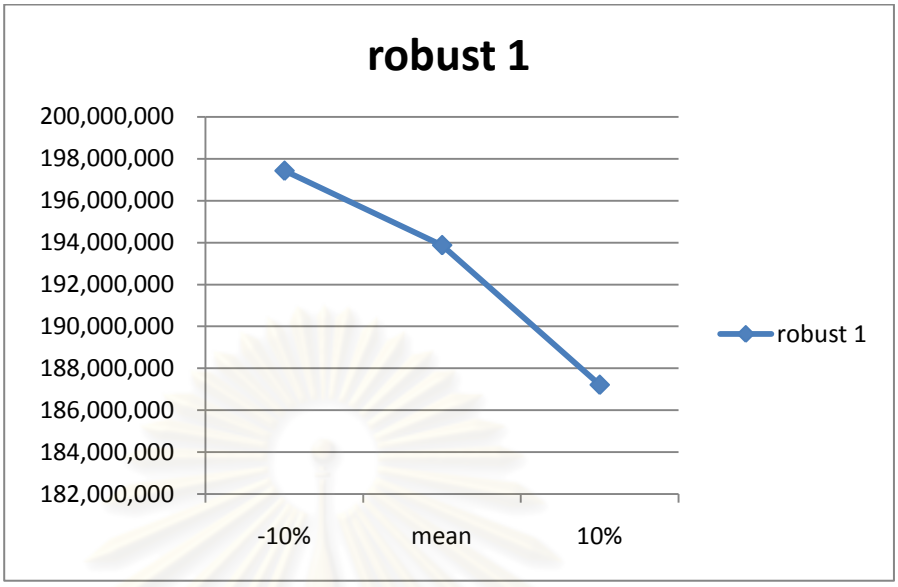
รูปที่ 5.8 แสดงความเปลี่ยนแปลงเมื่อกำหนดให้ความสามารถในการผลิตคงที่

จากรูปที่ 5.8 เป็นรูปที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าสมการวัตถุประสงค์ของแบบจำลองต่างๆ โดยจะสังเกตเห็นว่าค่าขนส่งรวมที่ได้จากแบบจำลองหาผลเฉลยดีที่สุด (optimal model) นั้นมีค่าต่ำ และจะมีค่าสูงขึ้นในแบบจำลอง robust 1 และ robust 2 และกลับมาต่ำในแบบจำลอง robust 3 ซึ่งจะเห็นว่าแบบจำลองที่สมควรนำไปใช้ได้แก่แบบจำลองหาผลเฉลยดีที่สุด (optimal model) และแบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 3 (robust model 3) และเมื่อสังเกตผลของการเปลี่ยนแปลงในแต่ละแบบจำลอง เมื่อค่าความสามารถในการผลิต (supply) มีการเปลี่ยนแปลงสามารถวิเคราะห์ผลที่เกิดในแต่ละแบบจำลองได้ดังนี้



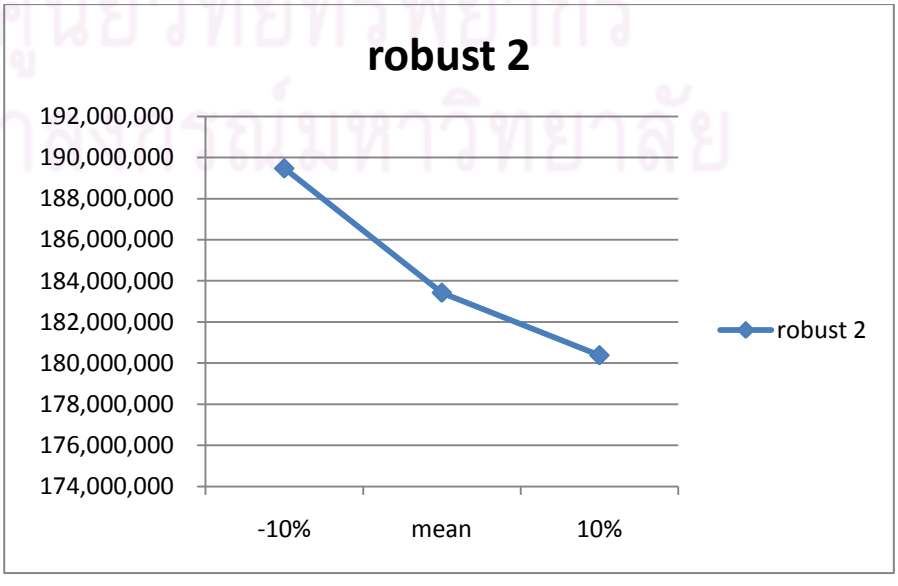
รูปที่ 5.9 แสดงความเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองหาผลเฉลยดีที่สุด เมื่อกำหนดให้ความสามารถในการผลิตคงที่

optimal model นั้นพบว่าถ้ามีความเปลี่ยนแปลงของ demand ไม่ว่าจะเป็นทั้งในทางบวก หรือว่าทางลบนั้นก็จะส่งผลกระทบต่อผลเฉลยในทางแย่เสมอ กล่าวคือถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลงของ supply ในทางลบจะทำให้ผลเฉลยเพิ่มขึ้นจาก 157,215,372 บาทเป็น 168,014,619 บาทหรือคิดเป็นส่วนต่างเป็น 10,799,247 บาทแต่ถ้าหากเกิดการเปลี่ยนแปลงของ supply ในทางเพิ่มขึ้นก็จะส่งผลกระทบต่อผลเฉลยในทางลบเช่นกันคือ ผลเฉลยเปลี่ยนจาก 157,215,372 บาท เป็น 166,178,498 บาท หรือมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น 8,963,126บาท ซึ่งจากผลข้างต้นนั้นจะเห็นว่า แบบจำลองหาผลเฉลยดีที่สุดนั้นเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการผลิต แบบจำลองจะไม่สามารถรองรับความเปลี่ยนแปลงนั้นได้โดยจะส่งผลให้ค่าขนส่งรวมมีค่าเพิ่มขึ้นจากผลเฉลยที่ทั้ง demand และ supply อยู่ที่ค่าเฉลี่ย



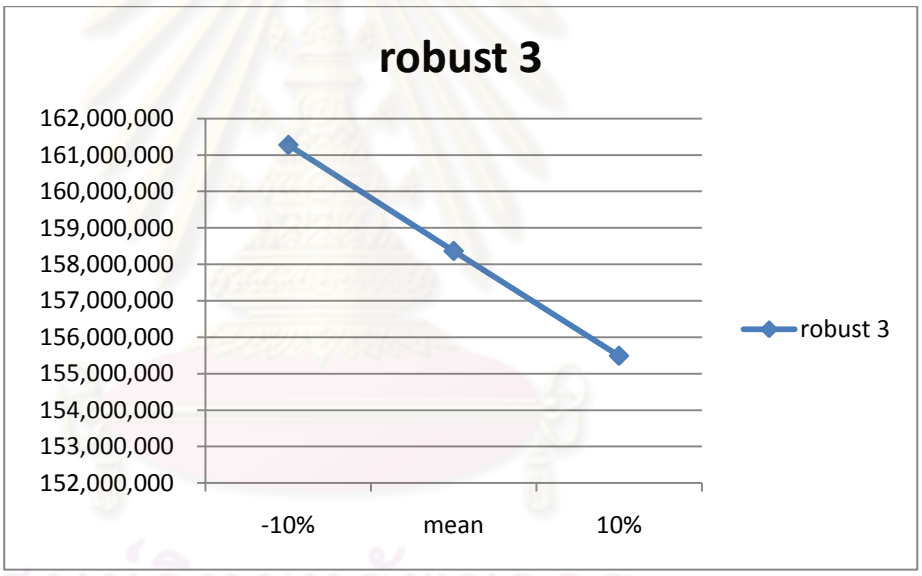
รูปที่ 5.10 แสดงความเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 1 เมื่อกำหนดให้ ความสามารถในการผลิตคงที่

ในแบบจำลอง robust model นั้นพบว่าถ้ามีความเปลี่ยนแปลงของ demand ในทางลบเช่นเมื่อถึงเวลาจริงมีการยกเลิกคำสั่งซื้อ หรือว่าปริมาณความต้องการน้ำตาลน้อยกว่าที่เราประมาณการไว้ จะทำให้ผลเฉลยเพิ่มขึ้นจาก 193,875,428 บาทเป็น 197,425,421 บาทหรือคิดเป็นส่วนต่างเป็น 2,549,993 บาทแต่ถ้าหากเกิดการเปลี่ยนแปลงของ supply ในทางเพิ่มขึ้นก็จะส่งผลกระทบต่อผลเฉลยในทางบวกเนื่องจากในแบบจำลอง robust 1 นั้นได้คำนึงถึงความเปลี่ยนแปลงของ demand เข้ามาในแบบจำลองโดยจะส่งผลให้ผลเฉลยเปลี่ยนจาก 193,875,428 บาท เป็น 187,212,320 บาท หรือมีค่าใช้จ่ายลดลง 6,663,108 บาท



รูปที่ 5.11 แสดงความเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 2 เมื่อกำหนดให้ ความสามารถในการผลิตคงที่

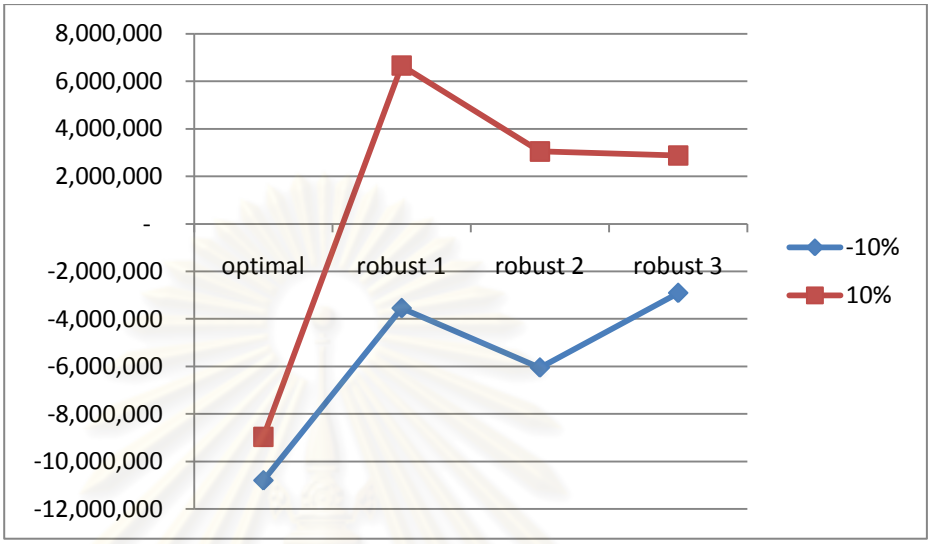
เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของ demand นั้นจะส่งผลต่อค่าผลเฉลยจากแบบจำลองเชิงคงทน 2 (robust 2) โดยถ้าหากว่า demand มีค่าน้อยกว่าที่ประมาณการณ์ไว้ จะทำให้ผลเฉลยที่ได้จากแบบจำลอง robust 2 มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 183,420,562 บาทเป็น 189,473,035 บาทหรือคิดเป็นส่วนต่างเป็น 6,052,473 บาทแต่ถ้าหากเกิดการเปลี่ยนแปลงของ demand ในทางเพิ่มขึ้นก็จะส่งผลกระทบต่อผลเฉลยในทางบวกคือจะส่งผลให้ผลเฉลยที่ได้จาก robust 2 นั้นมีค่าต่ำลงเนื่องจากใน robust 2 นั้นได้คำนึงถึงความไม่แน่นอนของ supply ในแบบจำลองด้วย โดยจะส่งผลให้ผลเฉลยเปลี่ยนจาก 183,420,562 บาท เป็น 180,374,423 บาท หรือมีค่าใช้จ่ายลดลง 3,046,139 บาท



รูปที่ 5.12 แสดงความเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 2 เมื่อกำหนดให้ ความสามารถในการผลิตคงที่

ผลกระทบต่อแบบจำลองเชิงคงทน 3 (robust 3) หากเกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความต้องการน้ำตาลและสมมุติให้ความสามารถในการผลิตคงที่ โดยหาก ปริมาณความต้องการน้ำตาลมีน้อยกว่าที่ประมาณการณ์ไว้จะส่งผลกระทบต่อแบบจำลองเชิงคงทน 3 ทำให้ต้นทุนการกระจายน้ำตาลเพิ่มขึ้นจาก 158,364,927 บาท เป็น 161,275,060 บาทคิดเป็น 2,910,133 บาท และหากปริมาณความต้องการน้ำตาลมีมากกว่าที่ประมาณการณ์ไว้ จะส่งผลให้ต้นทุนการกระจายน้ำตาลลดลงจาก 158,364,927 บาท เหลือ 155,490,055 บาทโดยสามารถประหวัดค่าใช้จ่ายได้ 2,874,872 บาท

โดยถ้าหากนำเอาความเปลี่ยนแปลงในแต่ละแบบจำลองเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความต้องการน้ำตาลโดยสมมุติให้ความสามารถในการผลิตน้ำตาลคงที่จะได้ค่าดังตารางที่ 5.13



รูปที่ 5.13 แสดงความเปลี่ยนแปลงของแบบจำลอง เมื่อกำหนดให้ ความสามารถในการผลิตน้ำตาลคงที่

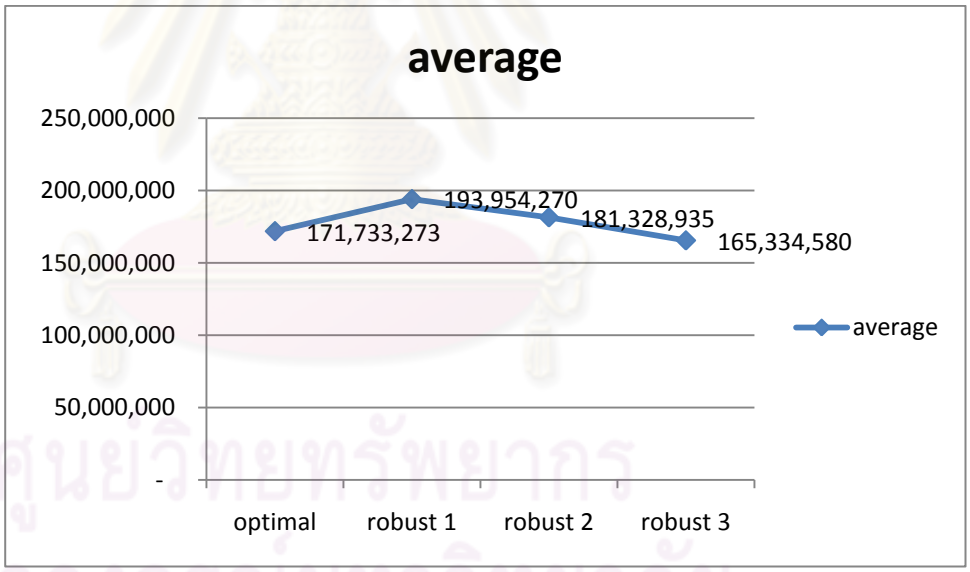
จากกราฟที่ 5.13 จะพบว่าหากมีการเปลี่ยนแปลงของความต้องการน้ำตาลเกิดขึ้นจะส่งผลกระทบให้ค่าผลเฉลยที่ได้จากแบบจำลองหาผลเฉลยดีที่สุดนั้นมีค่าที่แย่ลงในค่าที่มากเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองเชิงคงทนทั้ง 3 รูปแบบคือ 10,799,247 บาทและ 8,963,126 บาท เมื่อวิเคราะห์แบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 1 ซึ่งรวมความไม่แน่นอนของปริมาณความต้องการน้ำตาลเข้าไปในแบบจำลองด้วยจึงทำให้หากเกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความต้องการน้ำตาลในทางน้อยลงกว่าที่คาดการณ์จะส่งผลให้ แบบจำลอง robust 1 นั้นได้ค่าแย่ลงที่น้อย และหากเกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความต้องการน้ำตาลมากขึ้น จะทำให้ต้นทุนการกระจายน้ำตาลมีค่าต่ำลงเท่ากับ 3,549,993 บาทและ 6,663,108 บาท ตามลำดับ

ผลกระทบต่อแบบจำลองเชิงคงทน 2 (robust 2) นั้นจะมีลักษณะคล้ายกับแบบจำลองเชิงคงทน 1 (robust1) คือถ้าหากมีปริมาณความต้องการน้ำตาลมากกว่าที่ประมาณการณ์ไว้จะส่งผลต่อแบบจำลองทำให้ต้นทุนค้าขนส่งเพิ่มขึ้นเท่ากับ 6,052,473 และหากมีปริมาณความต้องการน้ำตาลน้อยกว่าที่ประมาณการณ์ จะทำให้ต้นทุนการกระจายน้ำตาลต่ำลอง 3,046,139 บาท และเมื่อทำการพิจารณาแบบจำลองเชิงคงทน 3 (robust 3) เมื่อปริมาณความต้องการน้ำตาลน้อยกว่า

ที่คาดการณ์จะทำให้ต้นทุนการกระจายน้ำตาลเพิ่มขึ้น 2,910,133 บาท และเมื่อปริมาณความต้องการน้ำตาลมากกว่าที่คาดการณ์จะส่งผลให้ต้นทุนการกระจายน้ำตาลต่ำลง 2,874,872 บาท

การทดสอบผลของการ simulation ในรูปแบบที่แบบอื่นคือมีความเปลี่ยนแปลงทั้งปริมาณความต้องการน้ำตาล และความสามารถในการผลิตนั้นตาลในทางเดียวกัน คือทั้ง ปริมาณความต้องการน้ำตาลและความสามารถในการผลิตมากกว่าและน้อยกว่าค่าเฉลี่ย 10 % และการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบตรงกันข้าม คือปริมาณความต้องการน้ำตาล มากว่าค่าเฉลี่ย 10% ความสามารถในการผลิตน้ำตาลน้อยกว่าค่าเฉลี่ย 10% และความต้องการน้ำตาลน้อยกว่าค่าเฉลี่ย 10 % ความสมารถในกาผลิตน้ำตาลมากว่าค่าเฉลี่ย 10% มีผลในแนวทางเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงทีละตัวซึ่งมีผลการทดลองอยู่ที่ภาคผนวก

เมื่อนำเอาทุกเหตุการณ์ที่ผ่านการ simulation มารวมกันแล้วหาค่าเฉลี่ยในแต่ละแบบจำลองได้ผลดังรูปที่ 5.14



รูปที่ 5.14 แสดงค่าเฉลี่ยของผลเฉลยที่ผ่านการ simulation

จากรูปที่ 5.14 นั้นเป็นรูปที่แสดงผลเฉลยเฉลี่ยของทุกชุดข้อมูลที่ผ่านการ simulation ซึ่งจะเห็นว่าค่าผลเฉสลยที่ได้จากแบบจำลองเชิงคงทน 1 มีค่าสูงที่สุด เนื่องจากมีการผลิตน้ำตาลเผื่อเพื่อที่จะรองรับส่วนที่มีการส่งน้ำตาลเกินปริมาณความต้องการของลูกค้าทำให้ จึงทำให้ต้นทุนการกระจายสินค้ามีค่าสูงมาก ผลเฉลยที่ได้จากแบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 2 (robust 2) นั้นได้ค่าที่ดีกว่าผลเฉลยจากแบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 1 แต่ว่ายังมีต้นทุนการกระจายสินค้าที่สูงกว่าแบบจำลองหาผลเฉลยดีที่สุด เนื่องจากในแบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 2 นั้นไม่มีการส่งน้ำตาล

เกินปริมาณความต้องการน้ำตาลแต่ว่าในแบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 2 นั้นพยายามที่จะกดความสามารถในการผลิตน้ำตาลให้เหลือน้อยที่สุดจึงทำให้ปริมาณการผลิตน้ำตาลถูกกระจายไปยังทุกๆโรงงานและทุกๆเดือน ทำให้อาจมีการผลิตน้ำตาลจากโรงงานที่มีค่าขนส่งแพงจึงทำให้มีค่าเฉลี่ยของผลเฉลยที่ผ่านการ simulation นั้นสูงก็ว่าแบบจำลองหาค่าดีที่สุด และแบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 3 (robust 3) มีค่าต่ำที่สุดเนื่องจากในแบบจำลองมีการคำนึงถึงทั้งความไม่แน่นอนของปริมาณความต้องการน้ำตาล และความสามารถในการผลิตน้ำตาลจึงทำให้เมื่อมีความแปรปรวนของชุดข้อมูลที่นำมาใช้ในการ simulation ทำให้ค่าผลเฉลยเฉลี่ยนั้นมีค่าที่ต่ำที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่6

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาขั้นตอนการผลิตน้ำตาล วิธีการผลิตน้ำตาล รูปแบบการขนส่งน้ำตาลและ ความต้องการน้ำตาลชนิดต่างๆ เพื่อทำการสร้างแบบจำลองการกระจายสินค้าน้ำตาล ที่มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการจำลองรูปแบบการกระจายสินค้าน้ำตาล โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างแบบจำลอง ขึ้นมา 2 ชนิด เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของแต่ละแบบจำลอง

โดยแบบจำลองชนิดแรกคือแบบจำลองหาผลเฉลยดีที่สุด และแบบจำลองที่สองคือแบบจำลองเชิงคงทน จากการทดสอบโดยนำแบบจำลองทั้งสองรูปแบบที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการปฏิบัติงานจริง พบว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้น แบบจำลองผลเฉลยดีที่สุดสามารถหาค่าผลเฉลยได้ค่าที่ดีกว่าแบบจำลองเชิงคงทน แต่ว่าผลเฉลยที่ได้จากแบบจำลองผลเฉลยดีที่สุดนั้นไม่สามารถสะท้อนรูปแบบการกระจายตัวของน้ำตาลได้กล่าวคือแบบจำลองผลเฉลยดีที่สุดนั้นไม่ได้คำนึงถึงปัจจัยต่างๆที่อาจจะส่งผลต่อแบบจำลองเช่นความไม่แน่นอนของความสามารถในการผลิตน้ำตาล ความไม่แน่นอนของราคาน้ำมัน ความไม่แน่นอนของความต้องการของตลาด ซึ่งผลต่างๆเหล่านี้อาจก่อให้เกิดการสูญเสียต้นทุน หรือนำไปสู่การสูญเสียโอกาสในการแข่งขันในตลาดน้ำตาลได้

6.1 สรุปผลเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาของแบบจำลอง

หลังจากที่ได้ทำการหาผลเฉลยของแต่ละแบบจำลองแล้วเมื่อนำค่าของผลเฉลยมาเรียงค่าจากน้อยไปมากได้ผลดังนี้ แบบจำลองเชิงคงทนหาผลเฉลยดีที่สุด (optimal) แบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 2 (robust 2) แบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 3 (robust 3) แบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 1 (robust 1) เมื่อได้ผลดังนี้ แบบจำลองที่มีความเหมาะสมที่สุดน่าจะเป็นแบบจำลองหาผลเฉลยดีที่สุดเนื่องจากมีต้นทุนการกระจายน้ำตาลต่ำที่สุดแต่ว่า ในการหาผลเฉลยนี้ข้อมูลที่นำมาใช้ทดสอบเป็นค่าเฉลี่ย ซึ่งยังไม่มีความไม่แน่นอนที่อาจจะเกิดขึ้น

เมื่อนำแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นนั้นมาทำการทดสอบ simulation โดยในการทดสอบ simulation นั้นใช้วิธีสร้างข้อมูลจากข้อมูลจริง ทำการสร้างชุดข้อมูลของปริมาณความต้องการน้ำตาลโดยให้ข้อมูลปริมาณความต้องการน้ำตาลมีการกระจายตัวแบบการแจกแจงปกติและชุดข้อมูลความสามารถในการผลิตน้ำตาลมีค่าระหว่าง 10000-14000 ตัน

เมื่อนำเอาชุดข้อมูลที่สร้างขึ้นไปทดสอบแบบจำลองเพื่อสะท้อนกับเหตุการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นจริงของปริมาณความต้องการน้ำตาลของลูกค้า และความสามารถในการผลิตน้ำตาล พบว่าในแบบจำลองหาผลเฉลยดีที่สุดนั้นสามารถแก้ไขปัญหาได้เพียง 27% ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำมาก แบบจำลองหาผลเฉลยดีที่สุดนั้นจึงไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นแบบจำลองการกระจายน้ำตาลจริง โดยที่ เปอร์เซ็นการแก้ปัญหาได้ของอีกสามแบบจำลองที่เหลือนั้นมีค่าอยู่ระหว่าง 72%-100% ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้

ผลที่ได้จากการนำชุดข้อมูลไปทดสอบ simulation ในแต่ละแบบจำลองจะพบว่าในแบบจำลองหาผลเฉลยดีที่สุดนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลไม่ว่าจะเป็นปริมาณความต้องการน้ำตาล หรือความสามารถในการผลิตน้ำตาล ทั้งในทางมากกว่าค่าเฉลี่ยและน้อยกว่าค่าเฉลี่ย ผลเฉลยของแบบจำลองจะมีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งคือแบบจำลองหาผลเฉลี่ยดีที่สุดนั้นไม่สามารถรองรับความเปลี่ยนแปลงของข้อมูลได้

ผลจากการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่ส่งผลกระทบแต่แบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 1 นั้นถ้าหากมีความเปลี่ยนแปลงของปริมาณความต้องการน้ำตาล หรือความสามารถในการผลิตน้ำตาลในทางน้อยกว่าค่าเฉลี่ย จะส่งผลแย่ต่อแบบจำลองคือจะทำให้ผลเฉลยมีค่าสูงขึ้น แต่ว่าถ้าหากค่าปริมาณความต้องการน้ำตาล หรือค่าความสามารถในการผลิตน้ำตาลนั้นมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ย จะส่งผลต่อแบบจำลองในทางบวก หรือจะทำให้ต้นทุนในการกระจายสินค้าลดลง

แบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 2 และ 3 นั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลจะมีผลกระทบในทิศทางเดียวกันกับแบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 1 คือเมื่อมีความเปลี่ยนแปลงของปริมาณความต้องการน้ำตาล หรือความสามารถในการผลิตน้ำตาลในทางน้อยกว่าค่าเฉลี่ย จะส่งผลเสียต่อแบบจำลองคือจะทำให้ผลเฉลยมีค่าสูงขึ้น แต่ว่าถ้าหาก ค่าปริมาณความต้องการน้ำตาล หรือค่าความสามารถในการผลิตน้ำตาลนั้นมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ย จะส่งผลต่อแบบจำลองในทางบวกต่อแบบจำลอง

จากผลการทดลองเมื่อวิเคราะห์ถึงเหตุการณ์ที่ ค่าปริมาณความต้องการน้ำตาล หรือความสามารถในการผลิตน้ำตาล มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ย จะส่งผลกระทบต่อแบบจำลองเชิงคงทนในทางลบคือมีต้นทุนในการกระจายสินค้าแพงขึ้น แต่ผู้วิจัยคิดว่าถ้าหากลดค่าเฉลี่ยที่นำไปใช้ในการหาผลเฉลยจะทำให้ช่วงของค่าที่จะส่งผลกระทบให้แบบจำลองเชิงคงทนมีค่าน้อยลงทำให้น่าจะได้ผลเฉลยเฉลี่ยที่มีค่าที่ดีขึ้น

6.2 ข้อดีข้อเสียของแต่ละแบบจำลอง

Optimize model เป็นแบบจำลองที่สามารถสร้างได้ง่าย แต่เมื่อเจอข้อมูลที่มีความไม่แน่นอน ทำให้ได้ค่าที่ไม่ดีเท่าที่ควร และไม่สามารถแก้ไขปัญหาในบางชุดข้อมูลได้

Robust model 1 เป็น model ที่คำนึงความไม่แน่นอนของความต้องการน้ำตาลเพียงอย่างเดียว จะเห็นว่าผลที่ได้นั้นให้ค่าที่ดีพอสมควร แต่ว่า Robust model 1 นั้นเป็น model ที่ให้ความแน่นอนของผลเฉลยมากที่สุดซึ่งจะเหมาะกับผู้ประกอบการณ์ที่ต้องการความมั่นคงมากที่สุด

Robust model 2 เป็น model ที่คำนึงความไม่แน่นอนความสามารถในการผลิต จะเห็นว่าผลที่ได้นั้นให้ค่าที่ดีกว่า Robust model 1 เนื่องจากตัว model นั้นสามารถขยับกำลังการผลิตได้เล็กน้อย ทำให้สามารถเปลี่ยนไปผลิตโรงงานที่มีค่าขนส่งที่ถูกกว่าได้

Robust model 3 เป็น model ที่คำนึงถึงทั้งความไม่แน่นอนในด้านความต้องการสินค้า และกำลังการผลิตของโรงงาน ซึ่งจะเห็นว่า เมื่อทำการทดสอบจากชุดตัวอย่าง ทั้ง ถช50 ชุด จะได้ผลเฉลยที่ดีที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

Aggarwal, A.K., M.Oblak and R.R. Vemuganti., 1995, A Heuristic Solution Procedurefor Multicommodity Integer Flows, Computers Operation Research, Vol. 22, 1075–1087

Babonneau F., 2006, Solving the multi commodity flow problem with the analytic center cutting plane method, Doctoral dissertation, Faculty of Science Economic and Social University of Geneva

Chang, S. and Gavish, B., 1993, Telecommunications network topological design and capacity expansion, Telecommunication Systems, Vol. 1, 99–131

Eksioglu, S.D., P.M. Pardalos and E. Romeijn., 2002, Heuristic Procedures for Supply Chain Problems with Multi-Commodities and Fixed Charge Cost Functions. Available from: http://www.ise.ufl.edu/scmec/sandra.pdf

Eppen, G., Martin, R. and Schrage, L., 1989, A scenario approach to capacity planning, Operational Research, Vol. 37 (4), 517–525

Ilgaz Sungur, Fernando Ordóñez, Maged Dessouky, 2006, A robust optimization approach for the capacitated vehicle routing problem with demand uncertainty, Industrial and Systems Engineering, University of Southern California

Laguna, M., 1998, Applying robust optimization to capacity expansion of onelocation in telecommunications with demand uncertainty, Management Science, Vol. 44, No.3, 101–110.

Lavanya Marla, 2007, Robust Optimization for Network-based Resource Allocation Problems under Uncertainty, Master's Thesis in Operations Research at the Massachusetts Institute of Technology

Manne, A. (Ed.), 1967, Investments for Capacity Expansion, The MIT Press,Cambridge.

Satish V S K Ukkusuri, 2005, Accounting for Uncertainty, Robustness and Online Information in Transportation Networks, Doctoral dissertation, Faculty of the Graduate School University of Texas Austin

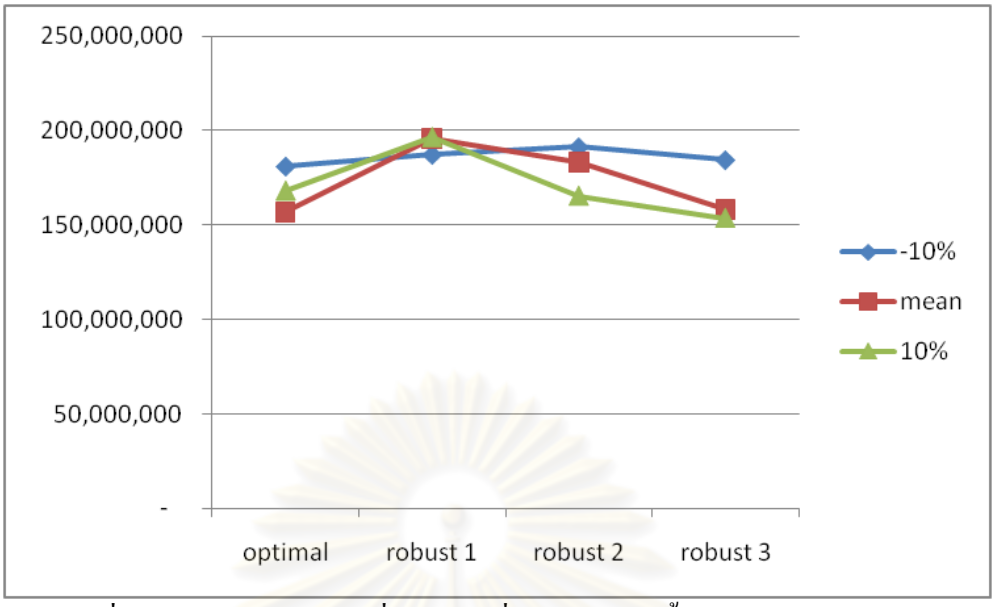
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Zanjani and Nourelfath, 2008, Robust Production Planning in a Manufacturing Environment with Random Yield: A Case in Sawmill Production Planning, CIRRELT

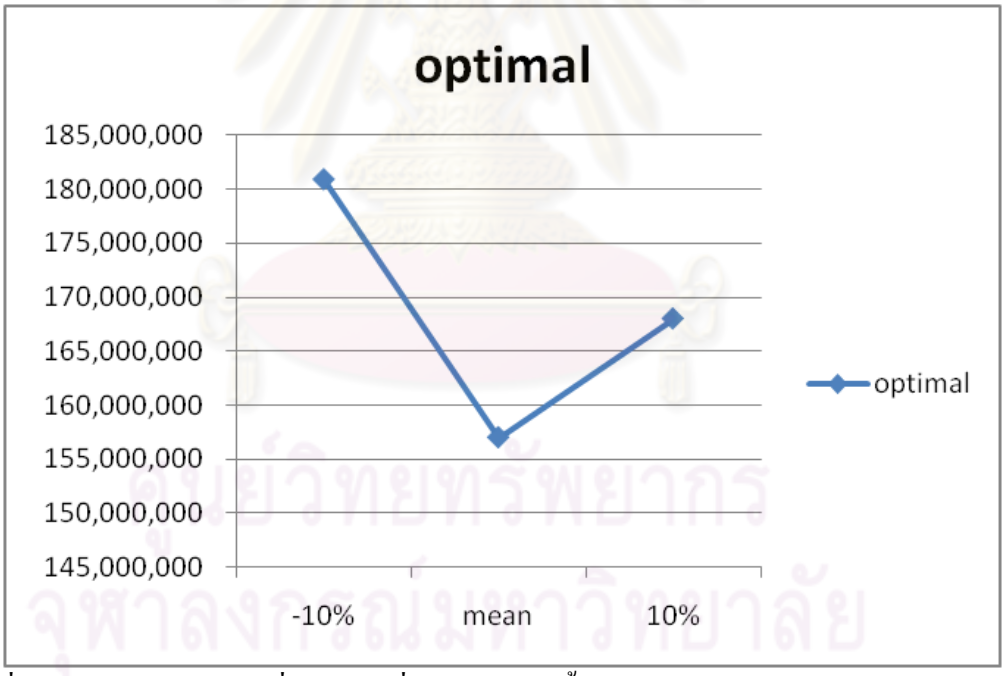
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

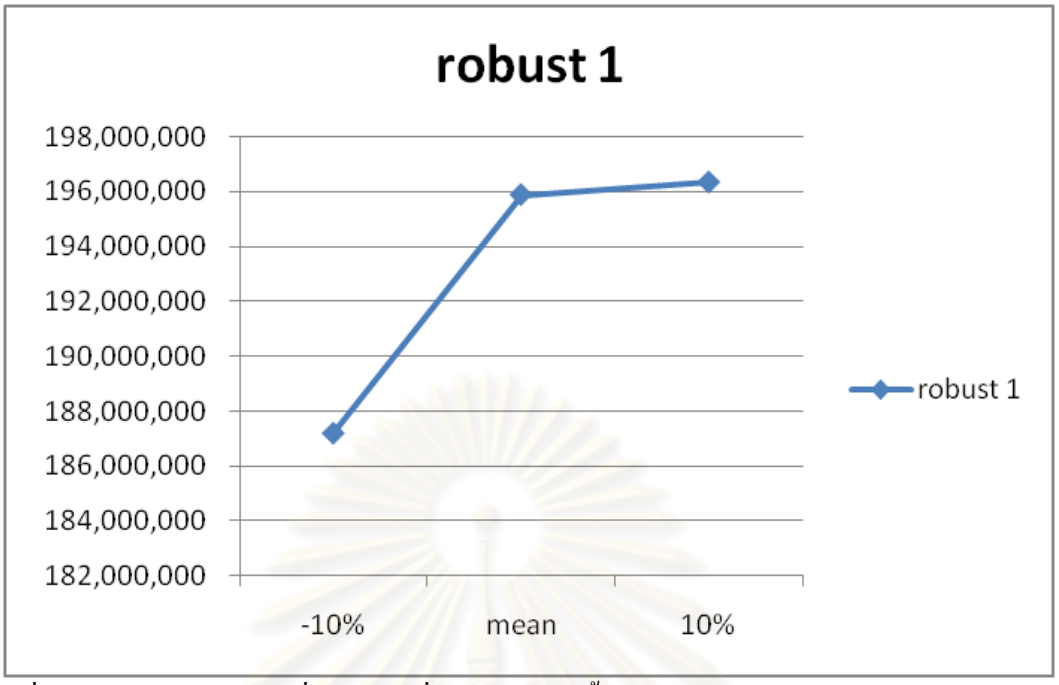
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



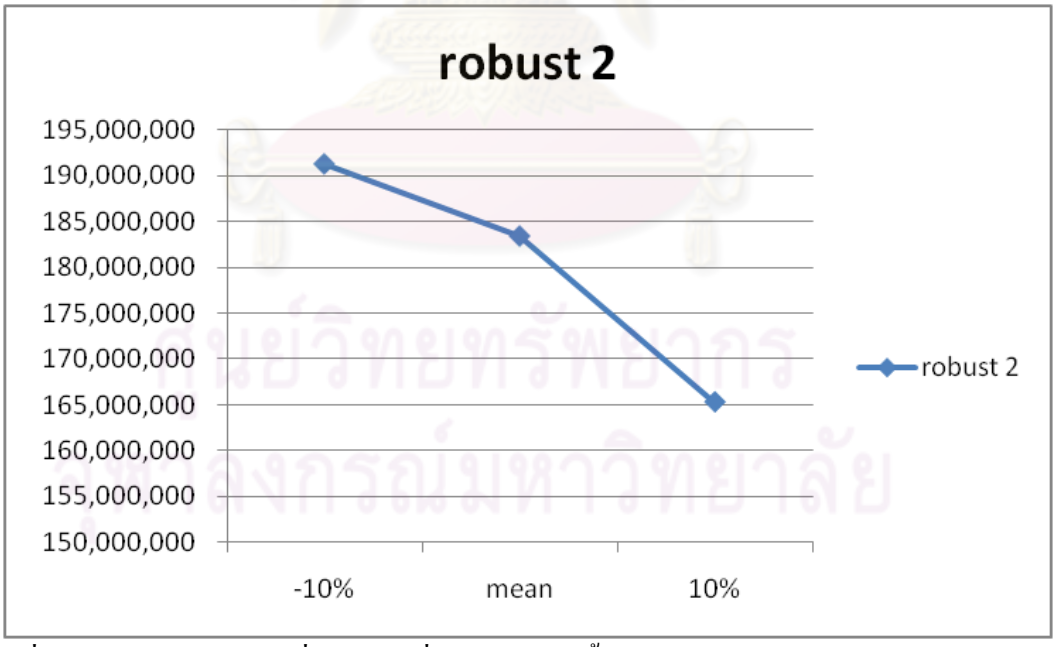
รูปที่ 1 รูปแสดงผลกระทบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของทั้ง demand และ supply



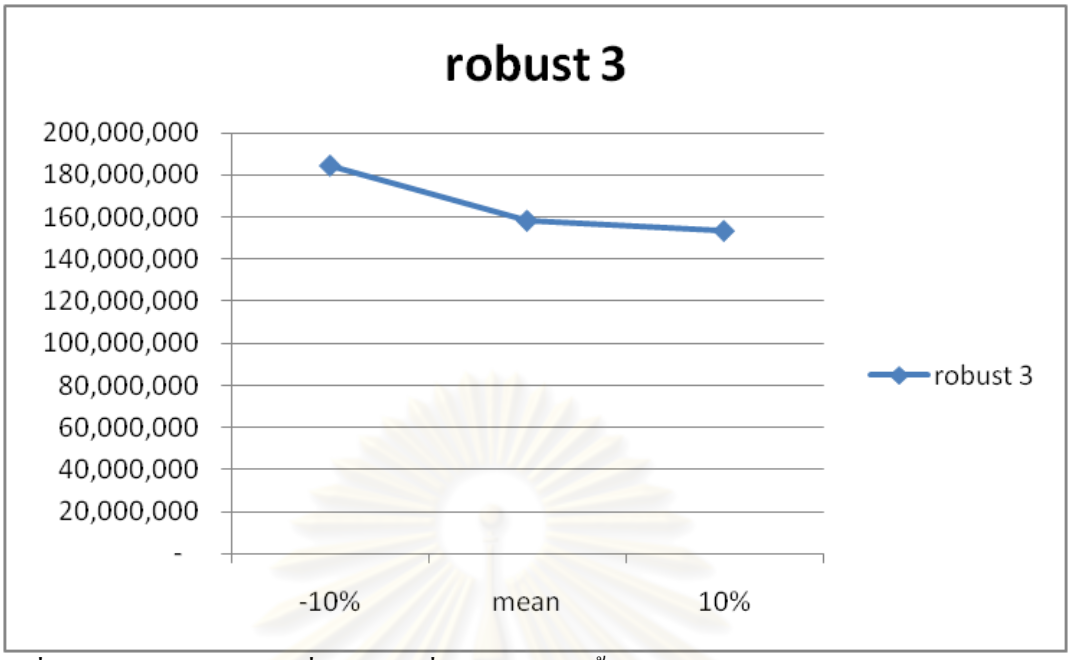
รูปที่ 2 รูปแสดงผลกระทบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของทั้ง demand และ supply ของแบบจำลองหาผลเฉลยดีที่สุด



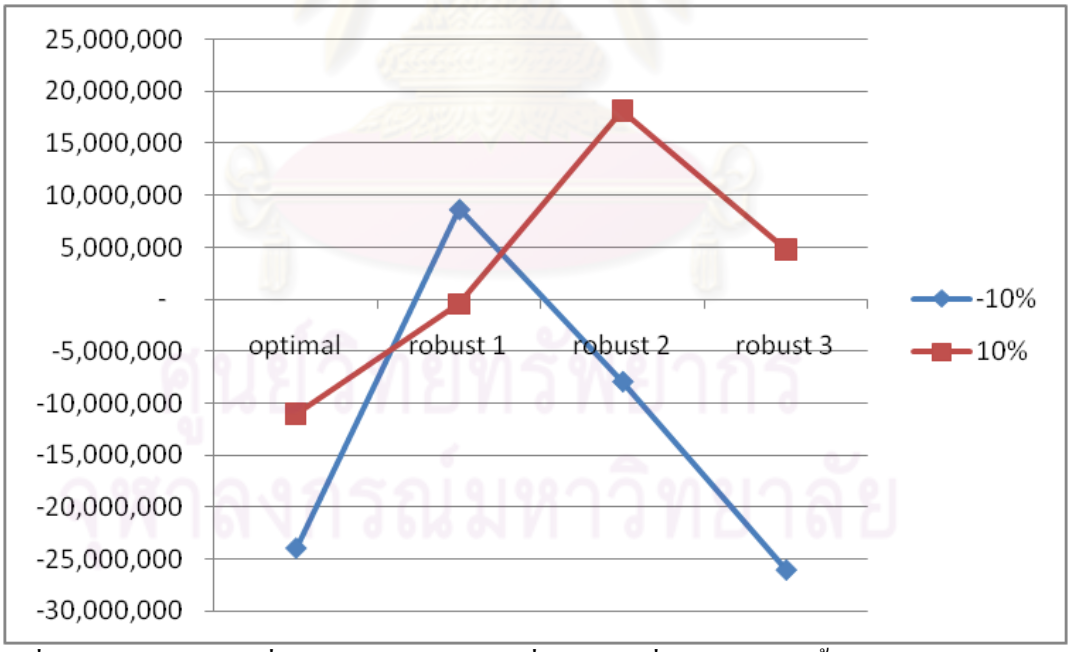
รูปที่ 3 รูปแสดงผลกระทบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของทั้ง demand และ supply ของแบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 1



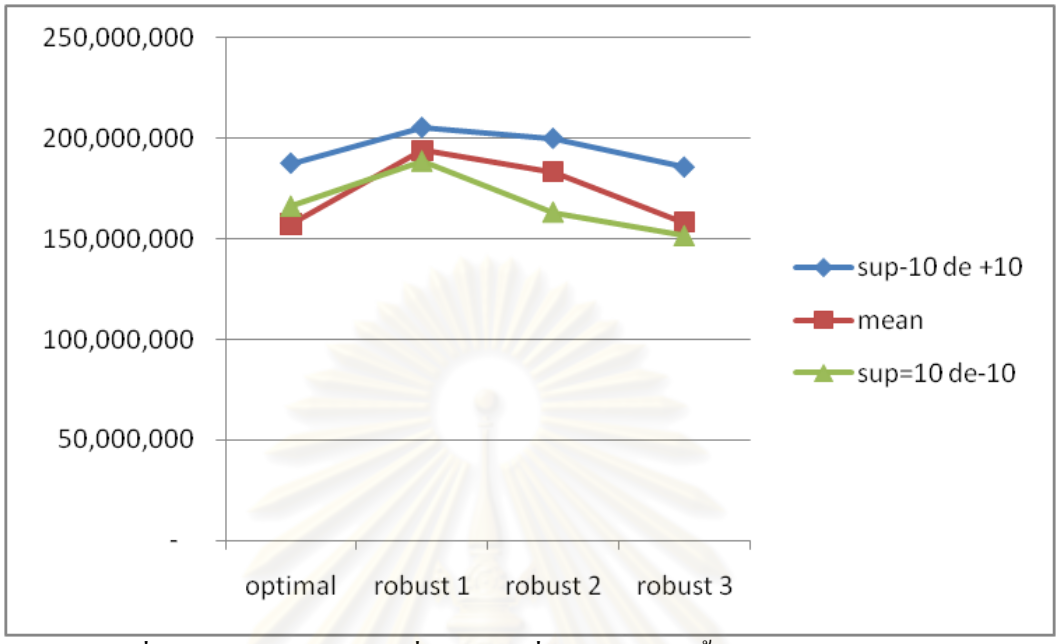
รูปที่ 4 รูปแสดงผลกระทบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของทั้ง demand และ supply ของแบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 2



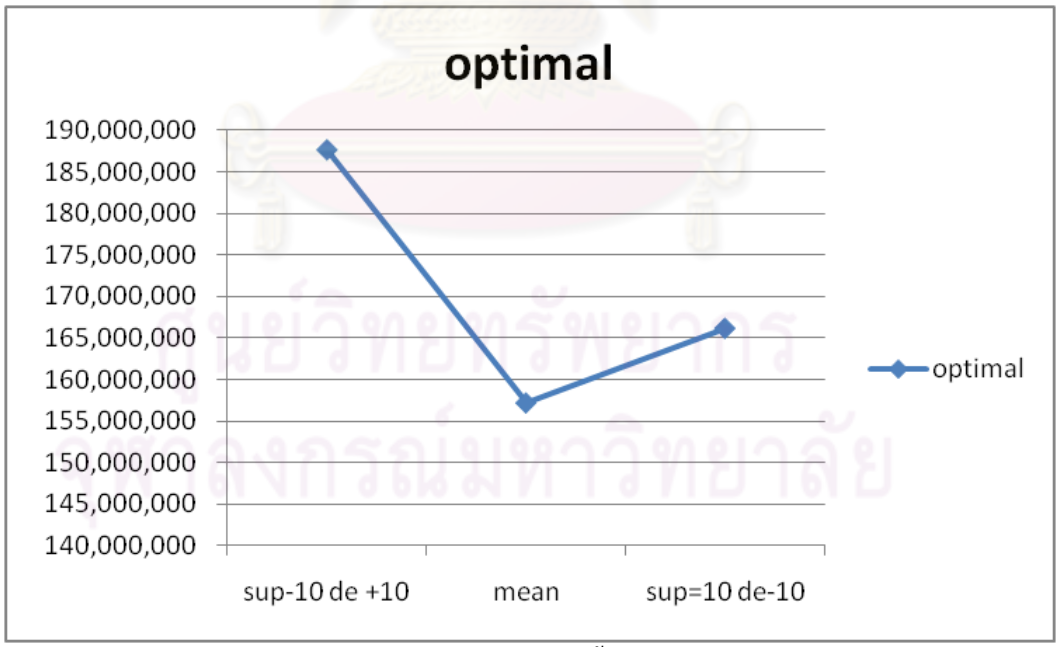
รูปที่ 5 รูปแสดงผลกระทบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของทั้ง demand และ supply ของแบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 3



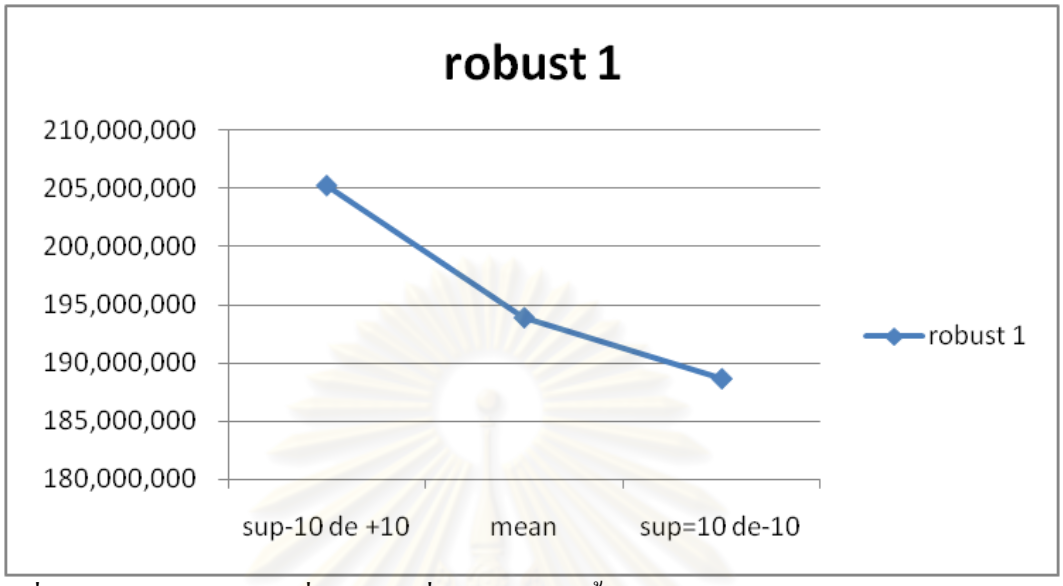
รูปที่ 6 รูปแสดงความเปลี่ยนแปลงของผลเฉลยเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของทั้ง demand และ supply



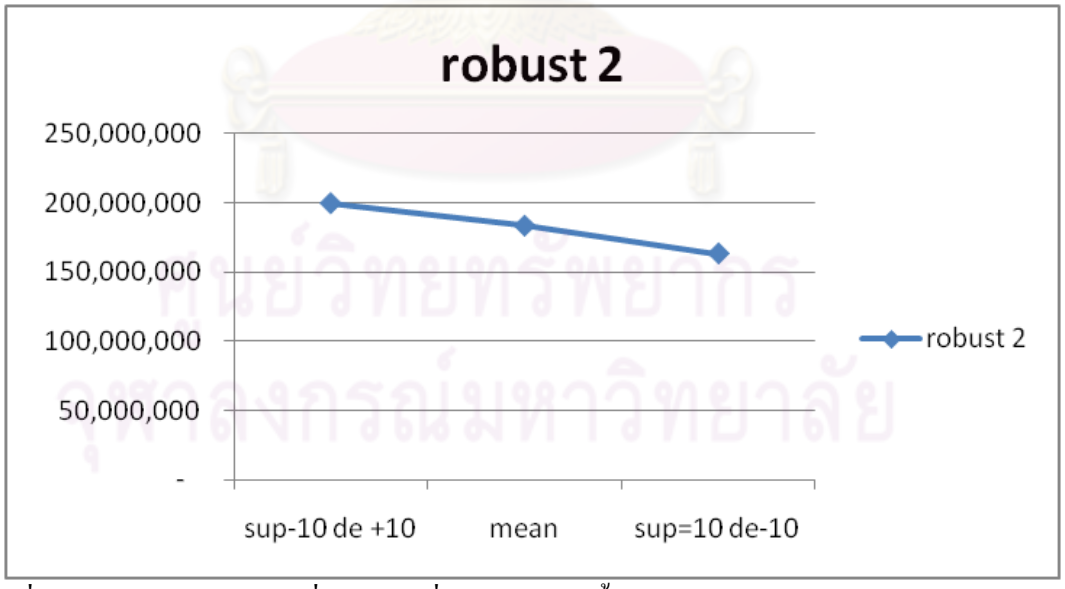
รูปที่ 7 รูปแสดงผลกระทบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของทั้ง demand และ supply



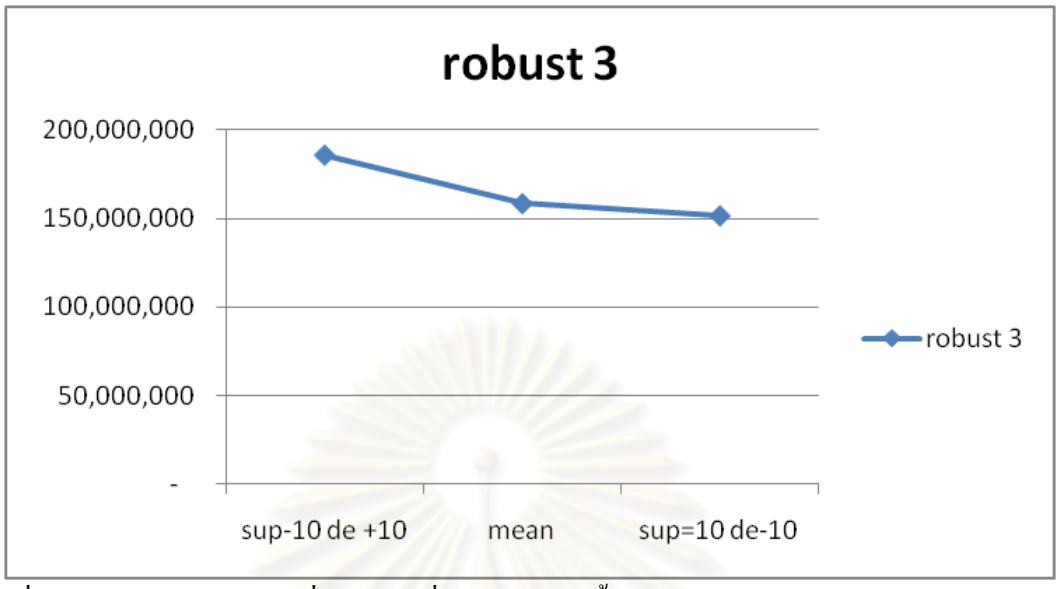
รูปที่ 8 รูปแสดงผลกระทบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของทั้ง demand และ supply ของแบบจำลองหาผลเฉลยดีที่สุด



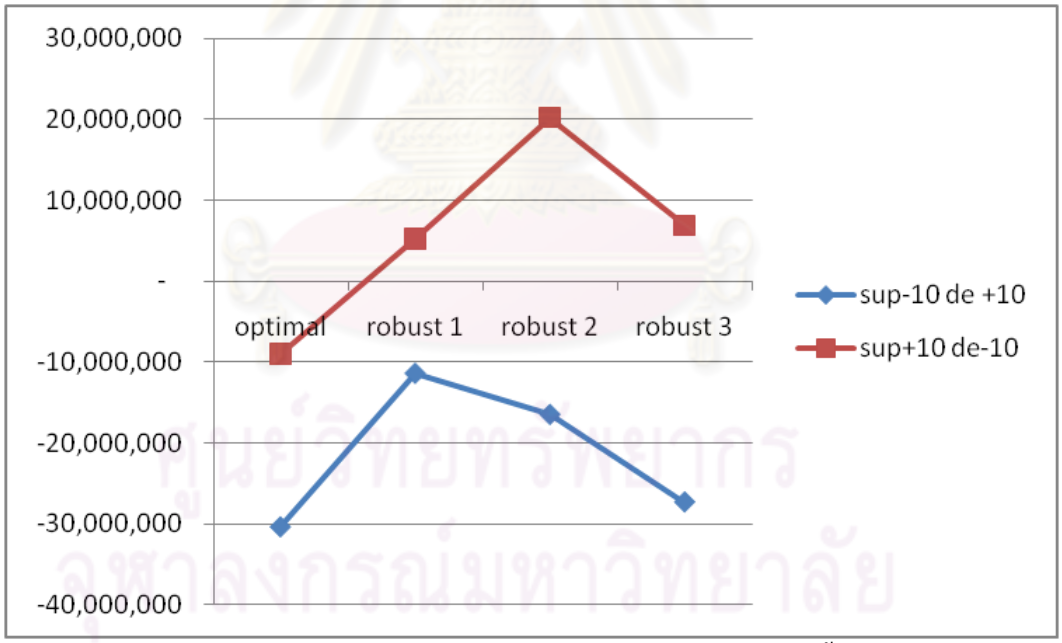
รูปที่ 9 รูปแสดงผลกระทบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของทั้ง demand และ supply ของแบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 1



รูปที่ 10 รูปแสดงผลกระทบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของทั้ง demand และ supply ของแบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 2



รูปที่ 11 รูปแสดงผลกระทบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของทั้ง demand และ supply ของแบบจำลองเชิงคงทนแบบที่ 3



รูปที่ 12 รูปแสดงความเปลี่ยนแปลงของผลเฉลยเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของทั้ง demand และ supply

ชนิดน้ำตาล	DLocation	2008/1	2008/2	2008/3	2008/4	2008/5	2008/6	2008/7	2008/8	2008/9
น้ำตาลทรายขาว (เทกอง)	กรุงเทพมหานคร	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ร้อยเอ็ด	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ระยอง	2432	5385	5972	5520	3828	3347	8564	6383	64
	ราชบุรี	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	อยุธยา	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	อุดรธานี	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	อุบลราชธานี	0	0	0	0	0	0	0	0	0
น้ำตาลทรายขาว	กรุงเทพมหานคร	2841	1576	2348	1024	1937	4023	7451	3109	485
	กำแพงเพชร	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ขอนแก่น	656	389	391	0	0	313	868	440	0
	ฉะเชิงเทรา	0	33	0	0	13	11	13	0	20
	ชลบุรี	0	0	0	0	62	0	0	0	0
	ชัยภูมิ	337	159	156	0	0	123	347	114	0
	ชุมพร	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	เชียงใหม่	0	74	14	0	0	0	2	8	0
	นครปฐม	438	262	306	120	568	710	445	473	128
	นครราชสีมา	285	179	177	0	0	628	949	192	0
	นนทบุรี	380	78	64	0	14	1241	1238	449	0
	บุรีรัมย์	135	64	99	0	0	359	770	333	0
	ปทุมธานี	714	401	426	282	416	428	890	394	374
	ประจวบคีรีขันธ์	77	32	62	0	0	31	31	16	0
	ปราจีนบุรี	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ภูเก็ต	0	0	0	0	0	0	64	0	0
	ยะลา	461	0	0	0	0	0	0	36	0
	ร้อยเอ็ด	45	15	0	16	24	50	49	16	0
	ระยอง	420	0	97	0	31	243	156	176	31
	ราชบุรี	486	405	527	421	0	0	34	16	0
	ลำปาง	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	สงขลา	0	15	0	0	15	19	0	0	0
	สมุทรปราการ	416	79	151	355	434	1069	4342	2135	1505

	สมุทรสงคราม	0	0	15	0	30	81	124	41	82
	สมุทรสาคร	398	474	450	388	430	428	902	501	526
	สระบุรี	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	สุพรรณบุรี	187	60	46	77	104	79	218	59	47
	อยุธยา	0	10	15	0	0	0	0	10	0
	อุดรธานี	112	0	130	0	148	149	75	183	0
	อุบลราชธานี	472	582	240	0	0	433	1337	419	0
น้ำตาลทรายมิตรผล W100 (เทกอง)	กรุงเทพมหานคร	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	กำแพงเพชร	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ขอนแก่น	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ฉะเชิงเทรา	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ชลบุรี	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ชัยภูมิ	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 1 ตารางตัวอย่างข้อมูลความต้องการน้ำตาล(ตัน)

	กรุงเทพมหานคร	กำแพงเพชร	ขอนแก่น	ฉะเชิงเทรา	ชลบุรี	ชัยภูมิ
fac 1	438	646	900	608	608	670
fac 2	372	469	800	506	578	606
fac 3	618	889	330	830	703	303
fac 4	618	939	359	820	493	303
fac 5	844	2138	364	878	943	561
	ชุมพร	เชียงใหม่	นครปฐม	นครราชสีมา	นนทบุรี	บุรีรัมย์
fac 1	1100	908	438	650	438	900
fac 2	932	842	372	590	372	800
fac 3	1882	1159	618	474	618	633
fac 4	1882	1209	618	484	618	650
fac 5	2138	2138	861	564	841	554

ตารางที่ 2 ตารางตัวอย่างข้อมูลอัตราค่าขนส่งน้ำตาล(บาท/ตัน)

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายนิธิ ทองเป็นใหญ่ เป็นบุตรของ นายโยธี ทองเป็นใหญ่ และ นางนิภาวรรณทองเป็นใหญ่ มีพี่น้อง 2 คน เป็นบุตรชายคนโต เกิดเมื่อวันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2528 ที่กรุงเทพมหานคร ได้สำเร็จการศึกษาระดับชั้นประถมจากโรงเรียนอนุบาลนครราชสีมา ระดับชั้นมัธยมต้นและปลายจากโรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย และสำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเมื่อปีการศึกษา 2549 จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมการขนส่ง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี 2550

ขณะศึกษาอยู่ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย บทความของผู้เขียนวิทยานิพนธ์ได้ถูกตีพิมพ์ในเอกสารการประชุมวิชาการ ดังนี้

มาโนช โลหเตปานนท์ และนิธิ ทองเป็นใหญ่ แบบจำลองเชิงคงทนในการกระจายสินค้าสำหรับอุตสาหกรรมน้ำตาลภายในประเทศ. เอกสารการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 16

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย