การจัดสรรระวางการขนส่งสินค้าเพื่อจัดการรายได้สำหรับสายเรือคอนเทนเนอร์

นางสาว ขจาริน โตรักตระกูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTAINER LINER REVENUE MANAGEMENT WITH SLOT ALLOCATION

Miss Kajarin Toeraktakul

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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 Universitity

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจัดสรรระวางการขนส่งสินค้าเพื่อจัดการรายได้สำหรับสายเรือคอนเทนเนอร์
โดย	นางสาว ขจาริน โตรักตระกูล
สาขาวิชา	วิศวกรรมไยธา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มาโนช โลหเตปานนท์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

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

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อำพล การุณสุนทวงษ์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขจาริน โตรักตระกูล: การจัดสรรระวางการขนส่งสินค้าเพื่อจัดการรายได้สำหรับสายเรือคอนเทนเนอร์. (CONTAINER LINER REVENUE MANAGEMENT WITH SLOT ALLOCATION) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร. มาโนช โลหเตปานนท์, 107 หน้า.

ปัจจุบันการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศเป็นการขนส่งทางเรือตู้คอนเทนเนอร์เป็นรูปแบบหลัก และในปัจจุบันมีสายเรือเป็นจำนวนมาก ทำให้การแข่งขันในตลาดมีอยู่สูง ดังนั้นการจัดการรายได้ซึ่งเป็นการจัดการการรับจองระวางโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้เกิดรายได้สูงสุดจึงเป็นกระบวนการหนึ่งที่สามารถช่วยเพิ่มรายได้ให้แก่สายเรือได้ การศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการรายได้ของสายเรือยังมีอยู่ไม่มากเมื่อเทียบกับการจัดการรายได้ของสายการบิน งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาการจัดการรายได้ของสายเรือ โดยวิธีหนึ่งในการจัดการรายได้ของสายเรือคือการจัดสรรระวางตู้คอนเทนเนอร์บนเรือ ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยมีพื้นฐานแบบจำลองมาจากแบบจำลองแบบเส้นทางเพื่อจัดสรรตู้บรรจุสินค้าบนเรือ โดยพิจารณาการไหลของตู้เปล่า ความสามารถในการให้บริการของเรือ ลักษณะเฉพาะของเรือ และความต้องการตู้บรรจุสินค้าทั้งที่บรรจุสินค้าและตู้เปล่า และนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้มาทำการทดลองกับข้อมูลที่ดัดแปลงจากข้อมูลจริง และยังได้นำแบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์บนเรือที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมาทำการประยุกต์ใช้ในกระบวนการรับจองระวางการขนส่งด้วยวิธีการหาราคาประมูลด้วย

ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่า แบบจำลองการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้สามารถลดการใช้ทรัพยากรในการแก้ปัญหาได้ และเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาก็สามารถลดลงเมื่อเทียบกับแบบจำลองเดิม ส่วนผลลัพธ์ในส่วนของการรับจองระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้านั้น ผลแสดงให้เห็นว่ารายได้ที่เกิดจากการรับจองระวางจากราคาประมูลจากแบบจำลองจัดสรรระวางการขนส่งที่มีสมการวัตถุประสงค์แบบมาตรฐานและแบบเส้นทางนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรายได้ที่เกิดจากการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะมีค่าแตกต่างกันค่อนข้างมาก

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต ขจาริน โตรักตระกูล

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ปีการศึกษา 2553

5170234521 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEYWORDS: REVENUE MANAGEMENT, CONTAINER LINER, SLOT ALLOCATION, KEY-PATH FORMULATION

KAJARIN TOERAKTAKUL: CONTAINER LINER REVENUE MANAGEMENT WITH SLOT ALLOCATION. ADVISOR: ASST. PROF. MANOJ LOHATEPANONT, Ph.D., 107 pp.

The major mode for international cargo transportation is container shipping. Because there are many container liners in the market, the competition is often fierce. Revenue management, which aims to maximize the liner's revenue based on optimal allocation of container slots, is an appropriate tool for container liners. The container slot allocation problem asks how carriers should allocate the available container slots to cargo containers from different origin-destination pairs efficiently to maximize the total revenue for the network. The objective of this paper is to propose a new modeling approach for the container slot allocation problem using key-path variables. Slot capacity of vessel, characteristics of vessel, cargo demands, and empty container positioning are considered in this model. Then take the new model to manage in reservation system by bid price method.

The results shown this model can reduction in resource and solve time. And this model can manage booking control in reservation system. But revenue from booking control simulation and allocation model quite different.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department: Civil Engineering Student's Signature ขจรินทร์ โตรักตะกุล

Field of Study: Civil Engineering Advisor's Signature

Academic Year: 2010

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มาโนช โลหเตปานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างสูง ที่กรุณาให้ความรู้ คำชี้แนะ คอยให้คำปรึกษา และช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่อง ตลอดการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ อาจารย์ ดร. อำพล การุณสุนทวงษ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ สำหรับความกรุณาที่สละเวลามาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ทั้งยังให้คำปรึกษาอันมีค่ายิ่ง และตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ นายวิรุฬ กองเสริมทรัพย์ และนาย ปกรณ์ รัตนสุวรรณ สำหรับความช่วยเหลือและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่างๆ ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ นิสิตสาขาวิศวกรรมการขนส่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกคน และนางสาวปิยวรรณ ครองกิจการ ที่คอยให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาที่ให้กำเนิด คอยอบรมสั่งสอน ช่วยเหลือ ให้การสนับสนุน และให้กำลังใจ จนทำให้ข้าพเจ้ามีความรู้ความสามารถจนประสบความสำเร็จในการศึกษาในปัจจุบัน ทั้งยังคอยให้คำแนะนำอันจะเป็นแนวทางในการดำเนินชีวิตของผู้วิจัยในอนาคต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย 6
1.3 โจทย์ปัญหา 7
1.4 ขอบเขตในการศึกษา 8
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 8
1.6 องค์ความรู้ที่ได้รับ 9
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10
2.1 การจัดการรายได้ของสายการบิน 10
2.2 การจัดการรายได้ของสายการเรือ 16
2.3 การควบคุมการจอง 35
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 37
บทที่ 4 การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหา 40
4.1 แบบจำลองคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ 40
4.2 การแก้ปัญหาด้วยวิธีหาผลเฉลยดีที่สุด 47
4.3 การเพิ่มประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการกำเนิดแถว 48
4.3 การจัดการรับจองระวาง 50

หน้า

บทที่ 5 ผลการทดสอบ 60
5.1 รายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลอง การจัดสรรระวางการในขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้า 60
5.2 ผลลัพธ์จากการทดสอบแบบจำลอง การจัดสรรระวางการในขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้า 62
5.3 รายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ การรับจองระวางการในขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้า 91
5.4 ผลลัพธ์จาก แบบจำลองสถานการณ์การรับจองระวางการในขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้า 92
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษาและแนวทางการพัฒนาในอนาคต 101
6.1 สรุป 101
6.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยในอนาคต 102
รายการอ้างอิง 105
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 107

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ระดับการจัดการรายได้ของสายการบิน 11

5.1 รายละเอียดความสามารถในการให้บริการขนส่งของเรือที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่ง……...61

5.2 รายละเอียดของชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่ง 61

5.3 รายละเอียดของแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจากแบบจำลองมาตรฐาน 63

5.4 รายละเอียดของแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจากแบบจำลองแบบเส้นทาง 63

5.5 รายละเอียดของแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจากแบบจำลองแบบเส้นทางร่วมกับเทคนิคกำเนิดแถว..... 64

5.6 รายละเอียดของแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจากแบบจำลองแบบเส้นทางร่วมกับเทคนิคกำเนิดแถวแบบที่ 2 65

5.7 เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาของแบบจำลองทั้ง 4 แบบ 67

5.8 รายละเอียดความสามารถในการให้บริการขนส่งของเรือที่ใช้ในการทดสอบการรับจองระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้า 92

5.9 รายละเอียดของชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบการรับจองระวางการขนส่ง..... 92

5.10 รายได้จากการทดสอบการรับจองระวางจากแบบจำลองสถานการณ์จากแบบจำลองมาตรฐานและแบบจำลองแบบเส้นทาง……..……93

5.11 รายได้จากการทดสอบการรับจองระวางจากแบบจำลองสถานการณ์จากแบบจำลองมาตรฐานและแบบจำลองแบบเส้นทาง และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์……..……94

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้า

1.1 ปริมาณการขนส่งสินค้าขาเข้าจำแนกตามรูปแบบการขนส่ง 1

1.2 ปริมาณการขนส่งสินค้าขาออกจำแนกตามรูปแบบการขนส่ง 2

1.3 ประเภทตู้คอนเทนเนอร์ 4

2.1 ขั้นตอนการรับจองระวางจากราคาประมูล 36

4.1 ภาพแสดงการเซตของแบบจำลอง 41

4.2 ขั้นตอนเทคนิคการกำเนิดแถว 48

4.3 ขั้นตอนเทคนิคการกำเนิดแถว แบบที่ 2 50

4.4 ขั้นตอนการรับจองระวางจากแบบจำลอง มาตรฐาน……55

4.5 ขั้นตอนการรับจองระวางจากแบบจำลอง แบบเส้นทาง……...58

5.1 การกระจายตัวของความต้องการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แต่ละประเภท 60

5.2 ความสัมพันธ์ของจำนวนแถวและชุดข้อมูลจากแบบจำลองทั้ง 4 รูปแบบ..... 66

5.3 ความสัมพันธ์ของจำนวนแถว ที่ดึงออก และจำนวนแถวที่สร้างกลับเข้ามาใน แบบจำลองจากแบบจำลองสถานการณ์แบบเส้นทางร่วมกับการใช้เทคนิคกำเนิดแถว และเทคนิคกำเนิดแถวแบบที่ 2 67

5.4 ความสัมพันธ์ของเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาจากแบบจำลองทั้ง 4 รูปแบบ 68

5.5 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการ ขนส่งในแต่ละตลาดของชุดปัญหาที่ 1 70

5.6 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการ ขนส่งในแต่ละตลาดของชุดปัญหาที่ 1 71

5.7 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็น 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการ ขนส่งในแต่ละตลาดของชุดปัญหาที่ 1 71

รูปที่ หน้า

5.8 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็น 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งในแต่ละตลาดของชุดปัญหาที่ 1 72

5.9 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์สูงพิเศษ 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งในแต่ละตลาดของชุดปัญหาที่ 1 72

5.10 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งในแต่ละตลาดของชุดปัญหาที่ 2 73

5.11 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งในแต่ละตลาดของชุดปัญหาที่ 2 73

5.12 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็น 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งในแต่ละตลาดของชุดปัญหาที่ 2 74

5.13 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็น 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งในแต่ละตลาดของชุดปัญหาที่ 2 74

5.14 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์สูงพิเศษ 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งในแต่ละตลาดของชุดปัญหาที่ 2 75

5.15 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งในแต่ละตลาดของชุดปัญหาที่ 3 75

5.16 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งในแต่ละตลาดของชุดปัญหาที่ 3 76

5.17 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็น 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งในแต่ละตลาดของชุดปัญหาที่ 3 76

5.18 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็น 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งในแต่ละตลาดของชุดปัญหาที่ 3 77

5.19 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์สูงพิเศษ 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งในแต่ละตลาดของชุดปัญหาที่ 3 77

5.20 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งในแต่ละตลาดของชุดปัญหาที่ 4 78

รูปที่ หน้า

5.21 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งในแต่ละตลาดของชุดปัญหาที่ 4 78

5.22 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็น 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งในแต่ละตลาดของชุดปัญหาที่ 4 79

5.23 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็น 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งในแต่ละตลาดของชุดปัญหาที่ 4 79

5.24 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์สูงพิเศษ 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งในแต่ละตลาดของชุดปัญหาที่ 4 80

5.25 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งในแต่ละตลาดของชุดปัญหาที่ 5 80

5.26 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งในแต่ละตลาดของชุดปัญหาที่ 5 81

5.27 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็น 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งในแต่ละตลาดของชุดปัญหาที่ 5 81

5.28 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็น 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งในแต่ละตลาดของชุดปัญหาที่ 5 82

5.29 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์สูงพิเศษ 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งในแต่ละตลาดของชุดปัญหาที่ 5 82

5.30 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งในแต่ละตลาดของชุดปัญหาที่ 6 83

5.31 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งในแต่ละตลาดของชุดปัญหาที่ 6 83

5.32 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็น 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งในแต่ละตลาดของชุดปัญหาที่ 6 84

5.33 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็น 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งในแต่ละตลาดของชุดปัญหาที่ 6 84

รูปที่ หน้า

5.34 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์สูงพิเศษ 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งในแต่ละตลาดของชุดปัญหาที่ 6 85

5.35 สัดส่วนน้ำหนักของตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อน้ำหนักที่สามารถขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 1 85

5.36 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อความสามารถในการขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 1 86

5.37 สัดส่วนน้ำหนักของตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อน้ำหนักที่สามารถขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 2 86

5.38 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อความสามารถในการขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 2 87

5.39 สัดส่วนน้ำหนักของตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อน้ำหนักที่สามารถขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 3 87

5.40 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อความสามารถในการขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 3 88

5.41 สัดส่วนน้ำหนักของตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อน้ำหนักที่สามารถขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 4 88

5.42 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อความสามารถในการขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 4 89

5.43 สัดส่วนน้ำหนักของตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อน้ำหนักที่สามารถขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 5 89

5.44 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อความสามารถในการขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 5 90

5.45 สัดส่วนน้ำหนักของตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อน้ำหนักที่สามารถขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 5 90

5.46 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อความสามารถในการขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 5 91

รูปที่ หน้า

5.47 รายได้จากการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าระหว่างแบบจำลองสถานการณ์แบบมาตรฐานและแบบเส้นทาง และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้า..... 94

5.48 สัดส่วนการรับจองระวางการขนส่งจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ต่อความสามารถในการขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางจากแบบจำลองมาตรฐานของชุดปัญหาที่ 1……..95

5.49 สัดส่วนการรับจองระวางการขนส่งจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ต่อความสามารถในการขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางจากแบบจำลองแบบเส้นทางของชุดปัญหาที่ 1……..….96

5.50 สัดส่วนการรับจองระวางการขนส่งจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ต่อความสามารถในการขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางจากแบบจำลองมาตรฐานของชุดปัญหาที่ 2……..……..96

5.51 สัดส่วนการรับจองระวางการขนส่งจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ต่อความสามารถในการขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางจากแบบจำลองแบบเส้นทางของชุดปัญหาที่ 2……..….97

5.52 สัดส่วนการรับจองระวางการขนส่งจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ต่อความสามารถในการขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางจากแบบจำลองมาตรฐานของชุดปัญหาที่ 3……...97

5.53 สัดส่วนการรับจองระวางการขนส่งจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ต่อความสามารถในการขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางจากแบบจำลองแบบเส้นทางของชุดปัญหาที่ 3……..……98

5.54 สัดส่วนการรับจองระวางการขนส่งจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ต่อความสามารถในการขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางจากแบบจำลองมาตรฐานของชุดปัญหาที่ 4……..……98

5.55 สัดส่วนการรับจองระวางการขนส่งจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ต่อความสามารถในการขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางจากแบบจำลองแบบเส้นทางของชุดปัญหาที่ 4……..……99

5.56 สัดส่วนการรับจองระวางการขนส่งจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ต่อความสามารถในการขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางจากแบบจำลองมาตรฐานของชุดปัญหาที่ 5……..……99

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ หน้า

5.57 สัดส่วนการรับจองระวางการขนส่งจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ต่อความสามารถในการขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางจากแบบจำลองแบบเส้นทางของชุดปัญหาที่ 6……..……100

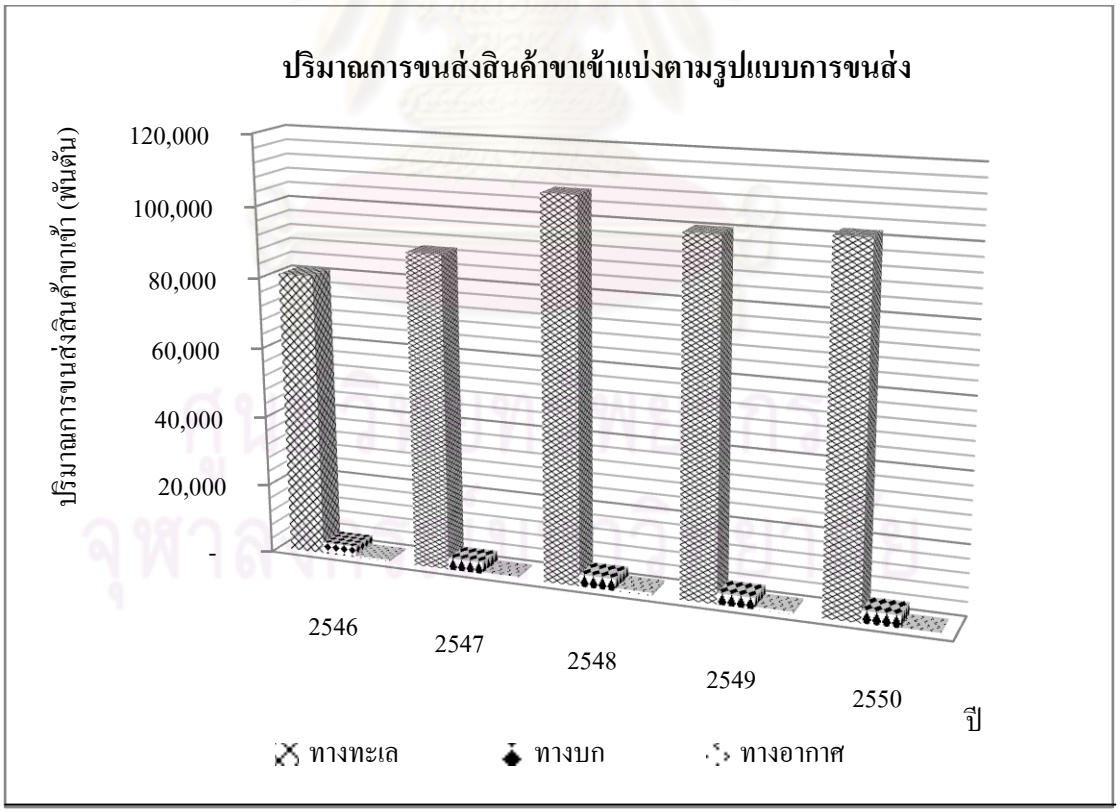
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

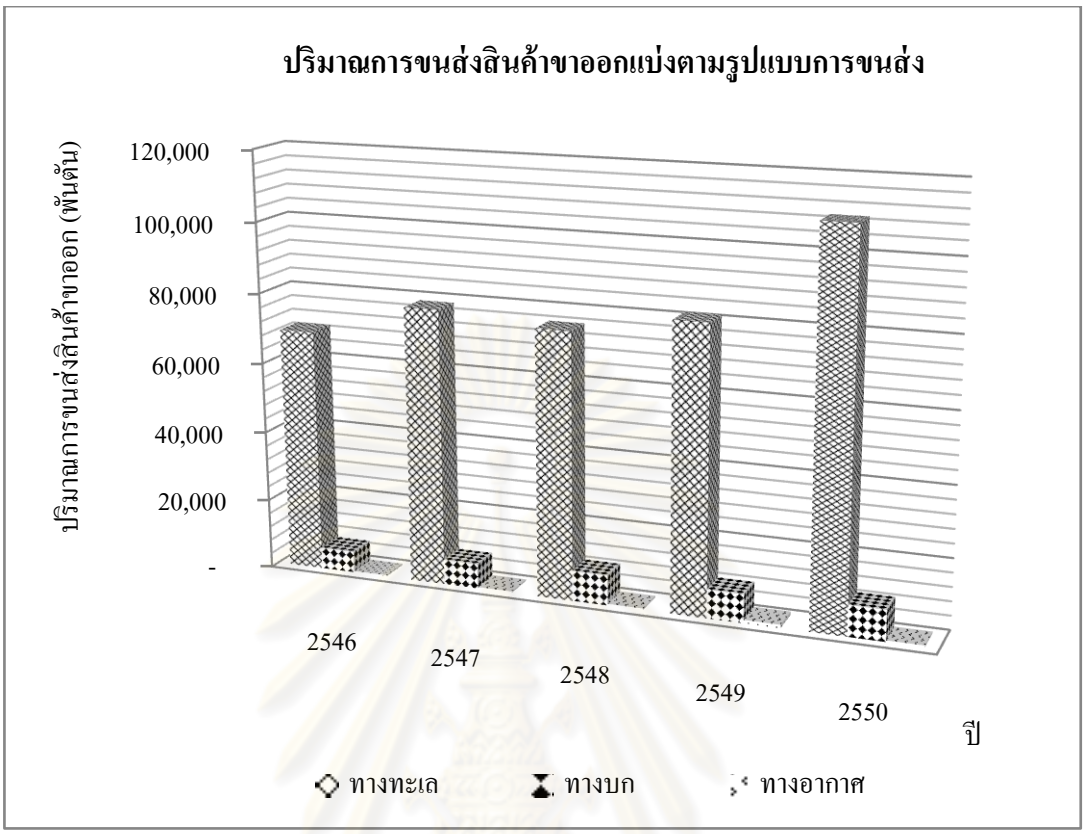
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

การขนส่งสินค้าทางทะเลเป็นรูปแบบการขนส่งที่มีความสำคัญต่อระบบการขนส่งระหว่างประเทศ เนื่องจากการขนส่งสินค้าทางทะเลสามารถขนส่งสินค้าได้ในปริมาณมากต่อการเดินทางหนึ่งครั้ง และค่าระวางบรรทุกถูกกว่าการขนส่งรูปแบบอื่น [1] ในประเทศไทยร้อยละ 90 ถึง 95 ของการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศนั้นเป็นการขนส่งทางทะเล จากภาพที่ 1 และ 2 ซึ่งแสดงถึงสถิติปริมาณการขนส่งสินค้าขาเข้าและขาออก จะพบว่าปริมาณการขนส่งสินค้าทางทะเลทั้งขาเข้าและขาออกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี



ที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงคมนาคม

รูปที่ 1.1 ปริมาณการขนส่งสินค้าขาเข้าจำแนกตามรูปแบบการขนส่ง



ที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงคมนาคม

รูปที่ 1.2 ปริมาณการขนส่งสินค้าขาออกจำแนกตามรูปแบบการขนส่ง

โดยรูปแบบของการขนส่งทางทะเลมีหลายรูปแบบซึ่งแบ่งตามลักษณะของการว่าจ้าง ดังนี้

1. Liner Term

Liner Term คือ การว่าจ้างขนส่งสินค้าโดยเรือที่มีตารางเดินเรือที่วิ่งประจำเส้นทาง ค่าบริการจะมีการกำหนดตายตัวสำหรับแต่ละเส้นทางการ รูปแบบการว่าจ้างในลักษณะนี้ส่วนใหญ่จะเป็นการขนส่งด้วยระบบตู้คอนเทนเนอร์ ซึ่งประกอบด้วยเรือ 3 แบบด้วยกันคือ

- เรือสินค้าอเนกประสงค์แบบดั้งเดิม (Conventional Vessel) ทำการขนส่งสินค้าโดยการบรรทุกสินค้าลงในระวางเรือใหญ่ ส่วนใหญ่ใช้ในการขนสินค้าแบบเทกอง (Bulk Cargo) มักมีเส้นทางเดินเรือแบบจากเมืองท่าต้นทางถึงเมืองท่าปลายทาง (End to end)

- เรือสินค้าที่ขนส่งโดยระบบตู้คอนเทนเนอร์ (Container Vessel) มักมีเส้นทางเดินเรือแบบเครือข่าย (Network service) หรือเส้นทางเดินเรือแบบรอบโลก (Round the world service)

โดยใช้เรือแม่ขนาดใหญ่ (Mother Vessel) วิ่งให้บริการเฉพาะเมืองท่าหลักที่เป็นฐานการให้บริการ เช่นเมืองท่าสิงคโปร์ แล้วใช้เรือลูก (Feeder) ขนตู้คอนเทนเนอร์จากเมืองท่าหลักไปยังเมืองท่ารอง หรือเมืองท่าปลายทาง เช่น ท่าเรือกรุงเทพ ท่าเรือน้ำลึกแหลมฉบัง เป็นต้น

ประเภทคอนเทนเนอร์ที่ใช้ในปัจจุบันมีดังนี้

1. Dry Cargoes เป็นตู้ที่ใส่สินค้าทั่วไปที่มีการบรรจุหีบห่อหรือภาชนะต้องเป็นสินค้าที่ไม่ต้องการรักษาอุณหภูมิ โดยสินค้าที่เข้าตู้แล้วจะต้องมีการจัดทำที่กั้นไม่ให้มีสินค้าเลื่อนหรือขยับ

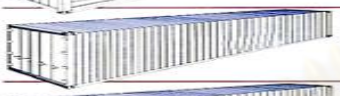
2. Refrigerator Cargoes เป็นตู้สินค้าประเภทที่มีเครื่องปรับอากาศ มีการปรับอุณหภูมิในตู้ ซึ่งทำตามมาตรฐานต้องสามารถปรับอุณหภูมิได้อย่างน้อย –18 องศาเซลเซียส โดยเครื่องทำความเย็นนี้อาจจะติดอยู่กับตัวตู้หรือมีปลั๊กใช้กระแสไฟฟ้าเสียบจากนอกตู้ โดยจะต้องมีที่วัดอุณหภูมิแสดงให้เห็นสถานะของอุณหภูมิของตู้สินค้า

3. Garment Container เป็นตู้สินค้าที่ออกแบบสำหรับใช้ในการบรรจุสินค้าที่เป็นเสื้อผ้า โดยมีราวสำหรับแขวนเสื้อ ซึ่งส่วนใหญ่มักจะใช้กับสินค้าที่เป็นแฟชั่นซึ่งไม่ต้องการที่จะมีการพับหรือบรรจุในหีบห่อ ซึ่งจะมีผลทำให้เสื้อผ้ามีการยับหรือไม่สวยงาม

4. Open Top เป็นตู้ซึ่งส่วนใหญ่จะต้องเป็น 40 ฟุต โดยจะออกแบบมาไม่ให้มีหลังคา สำหรับใช้ในการวางสินค้าขนาดใหญ่ เช่น เครื่องจักร ซึ่งไม่สามารถขนย้ายผ่านประตูตู้ได้ จึงต้องขนย้ายโดยการยกส่วนบนของตู้แทน

5. Flat-rack เป็นพื้นราบมีขนาดกว้างและยาว ตามขนาดของคอนเทนเนอร์มาตรฐาน โดยจะเป็นตู้คล้ายกับคอนเทนเนอร์ที่มีแต่พื้น (Platform) สำหรับใส่สินค้าที่มีลักษณะเป็นพิเศษ เช่น เครื่องจักร , แท่งหิน , ประติมากรรม , รถแทรกเตอร์ ซึ่งสินค้าเหล่านี้ อาจจะขนส่งด้วยเรือที่เป็น เรือสินค้าโดยระบบตู้คอนเทนเนอร์ แต่หากเมื่อขนส่งด้วยเรือระบบ ตู้คอนเทนเนอร์แล้วก็จะต้องมาวางใน Flat rack เพื่อให้สามารถจัดเรียงกองในรูปแบบที่เป็นระวาง (Slot) ซึ่งเป็นลักษณะของเรือที่เป็นเรือสินค้าโดยระบบตู้คอนเทนเนอร์

6. High Cube เป็นตู้ขนาดพิเศษที่มีความสูงจากพื้นประมาณ 4.6 เมตร โดยที่ตู้ปกติสูง 4.2 เมตร ใช้เพื่อขนส่งสินค้าประเภทวัสดุที่มีน้ำหนักน้อยแต่มีปริมาตรสูง เช่น วัสดุเส้นใยหรือผ้า (garment)

Equipment	Container Type	Interior Dimensions
	20' Dry	L: 5.89 m 19'4" W: 2.34 m 7'8" H: 2.33 m 7'8"
	20' Reefer	L: 5.50 m 18'1/4" W: 2.26 m 7'5 1/8" H: 2.25 m 7'4 7/8"
	20' Collapsible Flatrack	L: 5.94 m 19'6 1/4" W: 2.43 m 8'0" H: 2.15 m 7'1"
	40' Dry	L: 12.01 m 39'5" W: 2.34 m 7'8" H: 2.36 m 7'9"
	40' Highcube	L: 12.01 m 39'5" W: 2.34 m 7'8" H: 2.66 m 8'9"
	40' Reefer	L: 11.64 m 38'2 1/8" W: 2.28 m 7'5 7/8" H: 2.25 m 7'4 7/8"
	40' Collapsible Flatrack	L: 12.06 m 39'7" W: 2.43 m 8'0" H: 1.93 m 6'4"
	20' Open Top	L: 5.81 m 19'1" W: 2.34 m 7'8" H: 2.34 m 7'8"
	40' Open Top	L: 12.03 m 39'6" W: 2.34 m 7'8" H: 2.43 m 8'0"

ที่มา www.marinerthai.com

รูปที่ 1.3 ประเภทตู้คอนเทนเนอร์

- เรือสินค้าที่มีรูปแบบการขนส่งผสมผสานระหว่างเรืออเนกประสงค์แบบดั้งเดิมกับเรือสินค้าที่ขนส่งโดยระบบตู้คอนเทนเนอร์ (Semi container Vessel) เป็นเรือสินค้าที่สามารถบรรทุกสินค้าลงในระวางส่วนหนึ่งและมีพื้นที่บนเรือที่จะวางตู้คอนเทนเนอร์ได้อีกส่วนหนึ่ง มักมีเส้นทางเดินเรือแบบเมืองท่าต้นทางถึงเมืองท่าปลายทาง

2. Charter Term

Charter Term คือ การว่าจ้างขนส่งสินค้าโดยเรือที่เช่ามาขนส่งสินค้าเป็นเที่ยวๆ เป็นเรือที่ไม่มีตารางเดินเรือและเส้นทางเป็นการตายตัว ตารางการเดินเรือและค่าบริการจะถูกพิจารณาเป็นกรณีไป โดยค่าบริการจะขึ้นอยู่กับการตกลงกันระหว่างเจ้าของเรือและผู้เช่าเรือ และรูปแบบการว่าจ้างในลักษณะนี้ส่วนใหญ่จะเป็นการขนส่งสินค้าเทกอง

ในปัจจุบันธุรกิจการเดินเรือรูปแบบบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์เป็นธุรกิจที่มีขนาดใหญ่ที่สุดและได้รับความนิยมมากที่สุด ทำให้ธุรกิจนี้มีการเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยคิดเป็นร้อยละ 55 ของ

ธุรกิจการขนส่งทางทะเลทั้งหมด ทำให้การแข่งขันระหว่างสายเรือสูงขึ้น ดังนั้นแต่ละสายเรือต่างเพิ่มจำนวนเรือเข้าสู่ตลาดรวมไปถึงจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่เพิ่มขึ้นด้วย [2]

ถึงแม้ว่าปริมาณการนำเข้าและส่งออกจะเพิ่มขึ้นทุกปีแต่การเพิ่มขึ้นของสายเรือที่ให้บริการเพิ่มขึ้นในสัดส่วนที่มากกว่า ทำให้ระวางสินค้ามีมากกว่าความต้องการขนส่ง ส่งผลให้ค่าระวางลดลงอย่างมาก แต่ในบางเส้นทางพบว่ายังเกิดภาวะระวางไม่เพียงพอต่อความต้องการ ทำให้บริษัทเรือสามารถปรับราคาค่าระวางขึ้นได้ ซึ่งจากภาวะดังกล่าวทั้งสายเรือและผู้ส่งออกต้องพยายามปรับตัวเพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบกับธุรกิจ ด้วยเหตุนี้สายเรือจึงต้องเพิ่มความหลากหลายเพื่อสามารถรองรับความต้องการของลูกค้าได้ ไม่ว่าจะด้านบริการ เช่น เพิ่มประเภทของตู้คอนเทนเนอร์ และทางด้านราคา เพื่อหวังช่วงชิงฐานลูกค้าให้ได้มากที่สุด ส่วนผลกระทบต่อค่าระวางที่ลดลงและไม่สามารถปรับ ราคาค่าระวาง ตามค่าน้ำมันที่เพิ่มสูงขึ้นได้นั้น สายเรือจึงมีความจำเป็นที่จะต้องหาวิธีการเพื่อมาบริหารจัดการที่ดีเพื่อให้สายเรือได้รับผลกระทบน้อยที่สุดและเพื่อทำให้การขนส่งตู้คอนเทนเนอร์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพโดยที่มีรายได้มากที่สุดเช่นเดียวกัน

ระบบการจัดการรายได้ (Revenue Management) เป็นการอ้างอิงถึงแผนการและยุทธวิธีในการจัดการจัดสรรสินค้าภายใต้ความสามารถในการให้บริการที่มีอยู่ เพื่อตอบสนองสินค้าที่มีระดับราคาต่างๆได้ โดยที่ก่อให้เกิดกำไรมากที่สุด ข้อดีของการจัดการรายได้ คือเน้นการบริหารรายได้ให้เกิดประสิทธิผลสูงสุด และยังสามารถใช้เทคนิคพื้นฐานของการจัดการรายได้ในการเปลี่ยนความไม่แน่นอนของตลาดให้เป็นไปได้และเป็นไปได้ที่จะได้รับรายได้นั้น เช่น ในหลายสายการบินได้มีการลงทุนเกี่ยวกับระบบการจัดการรายได้เป็นจำนวนมาก เนื่องจากระบบการจัดการรายได้สามารถจัดสรรเที่ยวบินและนำเสนอการเดินทางที่ตรงกับความต้องการของลูกค้า และยังช่วยลดปริมาณการสูญเปล่าของที่นั่งในแต่ละเที่ยวบินลงอีกด้วย โดยแนวทางในการนำระบบการจัดการรายได้มาช่วยในการพัฒนาให้การบริหารจัดการรายได้มีประสิทธิภาพสามารถทำได้หลายแนวทางดังนี้ [4]

1. การพยากรณ์ความต้องการสินค้า (Demand Forecast)

ความต้องการสินค้าจะพยากรณ์โดยอาศัยข้อมูลความต้องการสินค้าในอดีต ลักษณะของความต้องการสินค้าจะมีรูปแบบที่แน่นอน เช่นเป็นแนวโน้ม และวัฏจักร รูปแบบความต้องการสินค้าจะสามารถใช้คาดการณ์ความต้องการที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตในแต่ละตลาดได้

2. การตั้งราคา (Pricing)

วัตถุประสงค์ของการตั้งราคาเพื่อเป็นการตอบคำถามว่าจะกำหนดราคาสำหรับลูกค้าแต่ละกลุ่มอย่างไร และเปลี่ยนแปลงราคาในช่วงเวลาหนึ่งๆ อย่างไรเพื่อที่จะให้เกิดรายได้หรือกำไรสูงที่สุด

3. การจัดการที่นั่ง (Seat Inventory Control)

วัตถุประสงค์ของการจัดการที่นั่งคือการกำหนดว่าจะจัดสรรที่นั่งอย่างไร หรือจัดกลุ่มของที่นั่งที่ต่างกันสำหรับกลุ่มความต้องการที่นั่งที่ต่างกันเพื่อให้เกิดรายได้หรือกำไรมากที่สุด การจัดการที่นั่ง (Seat Inventory Control) ในอุตสาหกรรมการบิน จะหมายถึงการจัดสรรระวางการขนส่งสินค้า (Slot Allocation) สำหรับอุตสาหกรรมการขนส่งทางเรือ

ซึ่งแนวทางการจัดการรายได้ของสายการบินที่ได้รับความนิยมมากก็คือ การจัดการที่นั่ง เช่น นำมาใช้ในการสำรองที่นั่ง ซึ่งสามารถเพิ่มรายได้ให้กับสายการบินมากขึ้นถึงร้อยละ 8 ต่อปี [5] เห็นได้ว่าการจัดการที่นั่งสามารถใช้งานได้จริง ดังนั้นการจัดสรรระวางการขนส่งสินค้าก็น่าจะเป็นแนวทางในการเพิ่มรายได้ให้กับสายเรือ เช่นเดียวกับในสายการบินที่ใช้การจัดการที่นั่ง นั้นแสดงให้เห็นว่าการจัดการรายได้เป็นวิธีที่สามารถนำมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพแก่สายเรือ มากไปกว่านั้นงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการรายได้โดยใช้แนวทางการจัดสรรระวางการขนส่งสินค้าทางเรือยังมีไม่มากนัก ดังนั้นงานวิจัยเรื่องปัญหาการจัดการรายได้โดยการจัดสรรระวางการขนส่งสินค้าทางเรือจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจอย่างยิ่งที่จะนำมาทำการวิจัย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อเป็นการหาผลเฉลยที่ดีที่สุดสำหรับแก้ปัญหาการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ และได้เพิ่มเรื่องการรับจองระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์บนเรือเข้าไปด้วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเพิ่มรายได้ให้แก่สายเรือ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาและพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าทางเรือรวมถึงการพิจารณาเรื่องการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์เปล่า

2. สร้างแบบจำลองสถานการณ์สำหรับการรับจองระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้า

3. เปรียบเทียบผลระหว่างผลการรับจองระวางจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรระวางที่พัฒนาขึ้น กับแบบจำลองสถานการณ์การรับจองระวางการขนส่ง

1.3 โจทย์ปัญหา

ลักษณะปัญหาของการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ในงานวิจัยนี้เป็นรูปแบบการขนส่งสินค้าหลายชนิด (Multi-Commodity Flow) โดยกำหนด

1. ตารางการเดินเรือและเรือที่ใช้ในแต่ละเส้นทาง
2. รายได้สุทธิจากการส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าและต้นทุนที่เกิดจากการส่งตู้คอนเทนเนอร์เปล่า
3. ปริมาณความต้องการตู้คอนเทนเนอร์สินค้าและตู้คอนเทนเนอร์เปล่า
4. ลักษณะเฉพาะของเรือ เช่น จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่เรือขนส่งได้ น้ำหนักสุทธิที่เรือสามารถรับได้ จำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็นที่เรือสามารถขนส่งได้

โดยมีสมการวัตถุประสงค์ (Objective Function) คือการหาขีดล่างของค่าใช้จ่ายที่เป็นไปได้ (Minimize Cost) และคำนึงถึงข้อจำกัดในการขนส่ง ดังต่อไปนี้

1. จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งจะต้องไม่เกินจำนวนตู้ที่เรือขนส่งได้
2. น้ำหนักทั้งหมดของตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งบนเรือจะต้องไม่เกินจำนวนน้ำหนักที่เรือขนส่งได้น้ำหนักสุทธิที่เรือสามารถรับได้
3. จำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็นที่ขนส่งบนเรือจะต้องไม่เกินจำนวนตู้เย็นที่เรือสามารถขนส่งได้
4. จำนวนการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์เปล่าไปยังท่าเรือจะต้องไม่น้อยกว่าจำนวนตู้เปล่าที่ท่าเรือต้องการ
5. จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ไม่สามารถขนส่งได้เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องความสามารถในการให้บริการของเรือจะต้องไม่เกินจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ทั้งหมดที่มีความต้องการ
6. ตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งเข้าและออกจากท่าเรือจะต้องไม่เกินจำนวนตู้ที่ท่าเรือให้บริการได้

จุดมุ่งหมายในการศึกษาการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ในงานวิจัยนี้นั้น นอกจากจะ พัฒนาแบบจำลองสำหรับ การแก้ปัญหา การจัดสรรระวางตู้คอนเทนเนอร์บนเรือให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น แล้ว ยังมีการศึกษา เรื่องการรับจองระวาง ด้วย เพื่อหาแนวทางในการ เพิ่มรายได้ให้กับสายเรือ

1.4 ขอบเขตการศึกษา

งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาปัญหาการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้า และการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์เปล่า โดยจะพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เชิงจำนวนจริง และทดสอบผลจากแบบจำลองด้วยข้อมูลที่อ้างอิงจากข้อมูลจริงของบริษัทตัวอย่าง โดยข้อมูลจากบริษัทตัวอย่างนั้นประกอบด้วย ท่าเรือ 56 ท่าเรือ เส้นทางการให้บริการ 29 เส้นทาง และมีขาการเดินทาง 151 ขา

ทั้งนี้งานวิจัยนี้ยังได้สร้างแบบจำลองสถานการณ์สำหรับการรับจองระวางเรือด้วย เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลการรับจองระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าระหว่างผลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรระวางการขนส่ง และผลการรับจองระวางจากสถานการณ์จริงที่ได้มาจากแบบจำลองสถานการณ์การรับจองระวางการขนส่ง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนาเกี่ยวกับกระบวนการบริหารจัดการรายได้โดยการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์บนเรือ
2. พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สามารถจัดการกับปัญหาการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้า และตู้คอนเทนเนอร์เปล่าบนเรือขนส่งตู้คอนเทนเนอร์
3. เป็นแนวทางในการพัฒนาแบบจำลองทางคณิศาสตร์สำหรับการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ให้มีความสมจริงมากยิ่งขึ้น
4. เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยทางด้านการประยุกต์การวิจัยดำเนินงาน (Operations Research) เพื่อพัฒนาการขนส่งในอนาคต

1.6 องค์ความรู้ที่ได้รับ

1. เข้าใจถึงปัญหาและวิธีการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์
2. ศึกษากระบวนการหาผลเฉลยด้วยวิธีการกำเนิดแถว (Row Generation)
3. พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการหาผลเฉลยที่ดีที่สุดเพื่อแก้ปัญหาการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์บนเรือขนส่งตู้คอนเทนเนอร์
4. เข้าใจถึงการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์กับสถานการณ์จริงในการรับจองระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับการจัดสรรระวางการขนส่งสินค้า (Slot Allocation) รวมไปถึงการจัดการระบบการรับจองระวาง ซึ่งงานวิจัยในเรื่องนี้ยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก จากการศึกษางานวิจัยในอดีตพบว่ามีความแตกต่างกันทั้งเรื่องลักษณะปัญหา วิธีการในการแก้ปัญหา รวมไปถึงการหาค่าผลเฉลยของปัญหา

จากการศึกษางานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับการจัดสรรระวางการขนส่งสินค้าและการจัดการระบบการรับจอง ระวาง แสดง ให้เห็นว่าการแก้ปัญหาการจัดสรรระวางการขนส่งสินค้าและการจัดการระบบการรับจองระวาง ส่วนใหญ่ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยในการพิจารณาปัญหา นอกจากนี้ยังมีแนวทางในการแก้ปัญหาอื่นๆมาช่วยอีกด้วย

ในบทนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึงรายละเอียดเรื่องการจัดการรายได้ของสายการบิน การจัดการรายได้ของสายเรือ รายละเอียดของรูปแบบของแบบจำลอง แนวทางในการแก้ปัญหา และงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องรวมไปถึงวิธีการแก้ปัญหาของแต่ละงานวิจัยและศึกษาเรื่องการรับจองระวางด้วยวิธีการใช้ราคาประมูล

2.1 การจัดการรายได้ของสายการบิน

การจัดการรายได้ของสายการบินที่ได้รับความนิยมนั้นมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน โดยการจัดการรายได้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 ระดับการจัดการรายได้ของสายการบิน

ระดับ	คำอธิบาย	ระยะเวลาการปฏิบัติ
แผนการ	ส่วนแบ่งการตลาดและการกำหนดราคา	รายไตรมาส หรือ รายปี
นโยบาย	การคำนวณที่นั่งที่มีการรับจองและการทำให้ข้อมูลทันสมัยอยู่เสมอ	รายวัน หรือ รายสัปดาห์
การควบคุมการจอง	กำหนดว่าการจองไหนที่จะยอมรับหรือจะปฏิเสธ	ตามเวลาจริง

2.1.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดที่นั่งบนเครื่องบิน

งานวิจัยของ Pak and Piersma [6] ได้กล่าวถึงวิธีการจัดที่นั่งบนเครื่องบิน (Seat Inventory Control) โดยแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของรูปแบบการจัดที่นั่งบนเครื่องบินระหว่างการจัดสรรที่นั่งจะจัดให้เหมาะสมในแต่ละเที่ยวแยกจากกันและการจัดสรรที่นั่งให้เหมาะสมพร้อมกันทั้งเครือข่าย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. Single Leg Seat Inventory Control

การจัดสรรที่นั่งจะจัดให้เหมาะสม โดยที่ในแต่ละเที่ยวแยกจากกัน เช่น การเดินทางจาก A ไป C โดยผ่านจุด B จะประกอบด้วย 2 เที่ยวบิน คือเที่ยวบินที่ 1 จาก A ไป B ราคาตั๋ว 3,000 บาท และเที่ยวบินที่ 2 จาก B ไป C ราคาตั๋ว 2,000 บาท และราคาตั๋วจาก A ไป C เมื่อบินทั้ง 2 เที่ยวบินจะมีราคาตั๋ว 4,000 บาท การจัดสรรที่นั่งในวิธีนี้จะทำการกันที่นั่งจาก A ไป C ที่ราคาตั๋ว 4,000 บาท ไว้ก่อน โดยที่ไม่ได้คำนึงถึงรายได้รวมของระบบว่าหากจำหน่ายตั๋วจาก A ไป B และจาก B ไป C เป็น 2 เที่ยวบินแยกจากกันจะมีรายได้มากกว่าถึง 1,000 บาท งานวิจัยของ Belobaba [7] แนะนำวิธีค่าคาดหวังรายได้จากที่นั่งท้ายสุด (Expected Marginal Seat Revenue, EMSR) ในการจัดสรรจำนวนที่นั่งในแต่ละระดับราคาบนเครื่องบิน ซึ่งเป็นการกำหนดจำนวนที่นั่งในแต่ละระดับราคาที่จะต้องทำการป้องกันไว้สำหรับผู้โดยสารที่มีความต้องการซื้อตั๋วในระดับราคานั้น โดยจำนวนที่นั่งที่ป้องกันไว้จะขึ้นอยู่กับปริมาณความต้องการการเดินทาง

2. Network Seat Inventory Control

การจัดสรรที่นั่งให้เหมาะสมพร้อมกันทั้งเครือข่าย จากตัวอย่างที่กล่าวในการจัดสรรที่นั่งจะจัดให้เหมาะสมในแต่ละเที่ยวแยกจากกัน การจัดสรรที่นั่งให้เหมาะสมพร้อมกันทั้งเครือข่ายจะทำการกันที่นั่งของ 2 เที่ยวบินจาก A ไป B และ B ไป C ที่มีราคาตั๋วรวมกันเป็น 5,000 ไว้ก่อน ซึ่งจะเป็นการจัดสรรเพื่อให้รายได้รวมของระบบมากที่สุด งานวิจัยของ Glover et al. [8] ได้เสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการจัดสรรที่นั่งเพื่อหาจำนวนที่นั่งในแต่ละเส้นทางในเครือข่ายเพื่อให้เกิดรายได้ของเครือข่ายมากที่สุด โดยที่พิจารณาถึงข้อจำกัดในเรื่องความสามารถในการให้บริการของเครื่องบินและความต้องการที่ได้ทำการพยากรณ์ไว้เป็นข้อจำกัดในส่วนของขอบบน

แบบจำลองการจัดที่นั่งผู้โดยสารบนเครื่องบิน (Passenger Mix Model) มีรูปแบบดังนี้

x_p คือ ตัวแปรตัดสินใจแสดง จำนวนผู้โดยสารที่เดินทางเที่ยวบินลำดับ p

L คือ เซตของ ชุดเที่ยวบิน (i)

P คือ เซตของ ชุดลำดับเที่ยวบิน (p)

$fare_p$ คือ ค่าโดยสารเฉลี่ยของเที่ยวบินลำดับ p

D_p คือ ปริมาณความต้องการเดินทางของเที่ยวบินลำดับ p

CAP_i คือ ความสามารถในการให้บริการของเที่ยวบิน i

δ_i^p มีค่าเป็น 1 เมื่อ p เดินทางบนเที่ยวบิน i และมีค่าเป็น 0 เมื่อในกรณีอื่น

$$Max \sum_{p \in P} fare_p x_p \qquad (2.1)$$

Subject to

$$\sum_{p \in P} \delta_i^p x_p \leq CAP_i \qquad \forall i \in L \qquad (2.2)$$

$$x_p \leq D_p \qquad \forall p \in P \qquad (2.3)$$

$$x_p \geq 0 \qquad (2.4)$$

แบบจำลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ต้องการให้เกิดรายได้จากการขนส่งผู้โดยสารมากที่สุด โดยที่อสมการที่ (2.2) เป็นอสมการควบคุมจำนวนที่นั่งในการให้บริการ และ อสมการที่ (2.3) จะควบคุมไม่ให้มีการขนส่งผู้โดยสารมากกว่าความต้องการในการเดินทาง

ในการจัดที่นั่งผู้โดยสารบนเครื่องบินยังสามารถสร้างแบบจำลองได้ในอีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งแบบจำลองนี้คือแบบจำลองแบบเส้นทาง (Key Path) โดยที่แบบจำลองแบบเส้นทาง เป็นดังนี้

f_p คือ ตัวแปรตัดสินใจแสดง สัดส่วนที่นั่งที่ถูกดึงออกจากที่นั่งทั้งหมดที่ต้องการเดินทางบนตลาด p

L คือ เซตของ ขาการเดินทาง (j)

K คือ เซต ของประเภทที่นั่ง (k)

C_p^r คือ ต้นทุนในการขนส่งผู้โดยสารที่ต่างกันระหว่างตลาด p และตลาด r $\left(C_r - C_p\right)$

D_k คือ ปริมาณความต้องการเดินทางของเที่ยวบินประเภท k

Q_j คือ ปริมาณความต้องการเดินทางทั้งหมดบนขาการเดินทาง j

CAP_j คือ ความสามารถในการให้บริการของขาการเดินทาง j

δ_j^p มีค่าเป็น 1 เมื่อ p เดินทางบนขาการเดินทาง j และมีค่าเป็น 0 เมื่อเป็นกรณีอื่น

$$Min \sum_{k \in K} \sum_{p \in Pk} C_p^r D_k f_p^r \qquad (2.5)$$

Subject to

$$-\sum_{k \in K} \sum_{r \in P^k} \delta_i^p D_k f^r{}_p + \sum_{k \in K} \sum_{r \in P^k} \delta_i^r D_k f^r{}_p \le CAP_j - Q_j \quad \forall j \in L \quad (2.6)$$

$$\sum_{r \in Pk} f^r{}_p \le 1 \qquad \forall p \in P \quad (2.7)$$

$$f_p^r \ge 0 \qquad \forall p \in P, \forall r \in P^k \qquad (2.8)$$

แบบจำลองนี้มี วัตถุประสงค์ เพื่อต้องการให้ต้นทุนที่ จะสูญเสียเนื่องจากการที่ไม่สามารถขนส่งผู้โดยสารได้นั้นมีค่าน้อยที่สุด โดยที่ อสมการที่ (2.6) เป็นอสมการควบคุมจำนวนที่นั่งในการให้บริการ และ อสมการที่ (2.7) ควบคุมไม่ให้มีการขนส่งผู้โดยสารมากกว่าความต้องการในการเดินทาง

ข้อดีของแบบจำลองแบบเส้นทาง คือสามารถช่วยลดจำนวนสมการเงื่อนไขลงได้ โดยใช้เทคนิคกำเนิดแถว (Row Generation) มาช่วย โดยรายละเอียดของเทคนิคกำเนิดแถวจะกล่าวถึงภายหลัง

Kniker [9] ได้ทำการเสนอแบบจำลองการจัดที่นั่งบนเครื่องบินโดยการนำแบบจำลองแบบเส้นทาง มาประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

$t_{p,f}^{r,g}$ คือ ตัวแปรตัดสินใจแสดงจำนวนผู้โดยสารที่ตัดสินใจเดินทางด้วยลำดับเที่ยวบิน p ระดับราคาตั๋ว f แต่ต้องเปลี่ยนไปเดินทางลำดับเที่ยวบิน r ระดับราคาตั๋ว g

L คือ เซต ของเที่ยวบิน (i)

P คือ เซต ของลำดับเที่ยวบิน (p)

J คือ เซต ของระดับที่นั่ง (j)

M คือ เซตของตลาด (m)

F คือ เซต ของทุกระดับราคาตั๋ว (f,g,h)

F_j คือ เซตของส่วนย่อยของทุกระดับราคาตั๋วที่ใช้ระดับที่นั่ง j

$fare_{p,f}$ คือ ค่าโดยสารเฉลี่ยของลำดับเที่ยวบิน p ระดับราคาตั๋ว f

$b_{p,f}^{r,g}$ คือ อัตราการเปลี่ยนไปใช้ทางเลือกอื่น ในที่นี้คือผู้โดยสารที่ตัดสินใจเดินทางด้วยลำดับเที่ยวบิน p ระดับราคาตั๋ว f แต่อยากที่จะเปลี่ยนไปเดินทางลำดับเที่ยวบิน r ระดับราคาตั๋ว g ($b_{p,f}^{r,g}$ เท่ากับ 1 เมื่อไม่มีการเปลี่ยนลำดับเที่ยวบินในการเดินทาง)

$D_{p,f}$ คือ ปริมาณความต้องการเดินทางของลำดับเที่ยวบิน p ระดับราคาตั๋ว f

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$CAP_{i,j}$ คือ ความสามารถในการให้บริการระดับที่นั่ง j ของเที่ยวบิน i

δ_i^p มีค่าเป็น1 เมื่อ p เดินทางบนเที่ยวบิน i และมีค่าเป็น 0 เมื่อเป็นกรณีอื่น

$$Min \sum_{(r,g)\in(P,F)} \sum_{(p,f)\in(P,F)\setminus(r,g)} (fare_{p,f} - b_{p,f}^{r,g} fare_{r,g}) t_{p,f}^{r,g} \quad (2.9)$$

Subject to

$$\sum_{(p,f)\in(P,F_j)} \sum_{(r,g)\in(P,F)\setminus(p,f)} \delta_i^p t_{p,f}^{r,g} - \sum_{(p,f)\in(P,F_j)} \sum_{(q,h)\in(P,F)\setminus(p,f)} \delta_i^p b_{p,h}^{p,f} \geq Q_{i,j} - CAP_{i,j} \quad \forall (i,j) \in (L,J) \quad (2.10)$$

$$\sum_{(r,g)\in(P,F)} t_{p,f}^{r,g} \leq D_{p,f} \quad \forall (p,f) \in (P,F) \quad (2.11)$$

$$t_{(p,f)}^{(r,g)} \geq 0 \quad \forall (p,f),(r,g) \in (P,F) \quad (2.12)$$

โดยที่

$$Q_{\mathrm{i}} = \sum_{p\grave{o}P} \delta_i^p D_p \quad (2.13)$$

แบบจำลองนี้ ได้แบ่งต้นทุนออกเป็น 2 ส่วน คือต้นทุนในส่วนของผู้โดยสารที่ต้องการจะเดินทางแต่ไม่ได้เดินทางในลำดับเที่ยวบินที่ต้องการเนื่องจากเงื่อนไขเรื่องความสามารถในการให้บริการของเครื่องบินและต้นทุนในส่วนของการขนส่งผู้โดยสาร โดยวัตถุประสงค์ของแบบจำลองนี้เพื่อให้เกิดต้นทุนต่ำที่สุด โดยมีอสมการ เงื่อนไขที่ (2.10) เป็นข้อกำหนดในเรื่องความสามารถในการให้บริการของเครื่องบิน อสมการเงื่อนไขที่ (2.11) เป็นข้อกำหนดเรื่องความต้องการการเดินทาง และ อสมการเงื่อนไขที่ (2.12) กำหนดให้จำนวนผู้โดยสารที่เดินทางไม่เป็นค่าติดลบ ในงานวิจัยนี้ ยังได้ใช้เทคนิคการกำเนิดสดมภ์ ซึ่งรายละเอียดของเทคนิคการกำเนิดสดมภ์จะกล่าวถึงในส่วนท้ายของบทที่ 2 ต่อไป

งานวิจัยดังกล่าวได้ทำการทดลองโดยใช้เทคนิคการกำเนิดสดมภ์ที่ ต่างกัน 2 แบบ โดยวิธีที่ 1 (All) จะเป็นการใส่ทุกสดมภ์ที่มีค่าใช้จ่ายที่ลดลง (Reduced Cost) มีค่าเป็นลบ และวิธีที่ 2 (Best Column) จะเป็นการใส่ตัวแปร $t_{p,f}^{r^*,g^*}$ ที่มีค่าใช้จ่ายที่ลดลงที่มีค่าน้อยที่สุด และใส่ตัวแปรเพิ่มทีละ

ตัวจนกว่าจะไม่มีค่าใช้จ่ายที่ลดลงที่เป็นค่าลบแล้วจึง จะทำการ หยุดใส่ตัวแปรเพิ่ม ผลจากการทดลองพบว่าวิธีที่ 2 จะมีจำนวนสดมภ์ที่ใส่ในแบบจำลองน้อยกว่า ส่งผลให้จำนวนรอบในการแก้ปัญหาน้อยกว่าตามไป และยังใช้เทคนิคการกำเนิดสดมภ์ร่วมกับเทคนิคการกำเนิดแถวมาช่วยในการแก้ปัญหาการจัดที่นั่งผู้โดยสารบนเครื่องบินที่คำนึงถึงการเปลี่ยนลำดับเที่ยวบินด้วย

สำหรับการจัดการที่นั่งบนเครื่องบิน นั้นเป็นหนึ่งในวิธีที่นิยมมากสำหรับการจัดการรายได้เพื่อเพิ่มรายได้ให้แก่สายการบิน จากการทบทวนและศึกษางานวิจัยในอดีตของ Chiang et al. [10] เรื่องการจัดการรายได้ของอุตสาหกรรมต่างๆ รวมไปถึงอุตสาหกรรมการบิน พบว่าการจัดการรายได้ของสายการบินสามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งงานวิจัยของ Chiang et al. [10] ได้นำการจัดที่นั่งผู้โดยสารบนเครื่องบินด้วยแบบจำลองปัญหาการจัดที่นั่ง (Passenger Mix model Problem) มาเป็นแนวทางในการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ทางเรือ (Slot Allocation Problem)

นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัย Barnhart et al. [11] ที่ได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยเสนอแบบจำลองที่ผสมผสานระหว่างการจัดที่นั่งผู้โดยสารบนเครื่องบินในรูปแบบของแบบจำลองแบบเส้นทาง และการจัดประเภทเครื่องบินให้เหมาะสมในแต่ละเส้นทาง (Fleet Assignment Model) จะทำให้ได้แบบจำลองการจัดที่นั่งผู้โดยสารบนเครื่องบิน และการจัดประเภทเครื่องบินให้เหมาะสมในแต่ละเส้นทางในแบบจำลองเดียวกัน (Itinerary-Based Fleet Assignment Model) พบว่าผลการจัดที่นั่งผู้โดยสารอาจไม่สามารถหาค่าที่ดีที่สุดได้เมื่อแก้ปัญหาร่วมกับปัญหาการจัดประเภทเครื่องบิน เพราะสดมภ์และข้อจำกัดไม่ได้ถูกสร้างในต้นไม้ของวิธีแตกกิ่งและจำกัดขอบเขต ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการแก้ปัญหาในส่วนของการจัดประเภทเครื่องบินก่อน แล้วจึงแก้ปัญหาในส่วนของการจัดที่นั่งแก่ผู้โดยสารในขั้นตอนถัดไป

2.2 การจัดการรายได้ของสายเรือ

วิธีการในการจัดการรายได้ให้แก่สายเรือนั้นมีหลากหลายวิธีเช่นเดียวกันกับการจัดการรายได้ให้แก่สายการบิน โดยวิธีการจัดที่นั่งบนเครื่องบินเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมนำมาใช้และเป็นวิธีที่สามารถเพิ่มรายได้ให้แก่สายการบินได้จริง ดังนั้นการจัดการรายได้ของสายเรือจึงได้นำการจัดที่นั่ง

บนเครื่องบินมาประยุกต์ใช้กับการจัดสรรระวางการขนส่งสินค้าบนเรือ ซึ่งงานวิจัยนี้ก็ได้นำหลักการของการจัดที่นั่งบนเครื่องบินมาประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบจำลองการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์บนเรือเช่นกัน

โดยงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับการจัดสรรระวางการขนส่งสินค้าทางเรือและการจัดเรือให้เหมาะสมกับเส้นทางเดินเรือมีอยู่หลายงานวิจัย ดังนี้

2.2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์บนเรือ

งานวิจัยของ Ting et al. [12] ได้เสนอกรอบความคิดของการบริหารจัดการการขนส่งสินค้าทางเรือที่มีตารางการเดินทางแน่นอน (Liner Shipping Revenue Management, LSRM) โดยนำแนวความคิดมาจากการจัดการรายได้ (Revenue Management) และสร้างแบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์บนเรือ (Slot lAllocation Model) เพื่อให้เกิดผลกำไรจากการขนส่งสูงสุด โดย จะทำ การคิดต้นทุนในส่วนของตู้เปล่าร่วมด้วย ซึ่ง แบบจำลองจะพิจารณาถึงความสามารถในการให้บริการของเรือ รวมไปถึง ข้อจำกัดของเรือ ความต้องการสินค้า และความต้องการตู้เปล่า โดยแบบจำลอง นี้เป็นแบบจำลองจำนวนเต็ม และแก้ปัญหาด้วยวิธีหาผลเฉลยที่ดีที่สุด รายละเอียดของแบบจำลองมีดังนี้

x_{ijk}^{f} คือ ตัวแปรตัดสินใจแสดง จำนวนระวางตู้คอนเทนเนอร์สินค้าประเภท k ที่ทำการขนส่งจากท่าเรือ i ไปยังท่าเรือ j

x_{ijk}^{e} คือ ตัวแปรตัดสินใจแสดงจำนวนระวางตู้คอนเทนเนอร์เปล่าประเภท k ที่ทำการขนส่งจากท่าเรือ i ไปยังท่าเรือ j

i คือ ดัชนีระบุท่าเรือที่ทำการบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือ (i = 1,2,…, m)

j คือดัชนีระบุท่าเรือที่นำตู้คอนเทนเนอร์ออกจากเรือ (j =1,2,…, n)

k คือดัชนีระบุประเภทตู้คอนเทนเนอร์ (n =1 สำหรับตู้คอนเทนเนอร์แห้ง 20 ฟุต n =2 สำหรับตู้คอนเทนเนอร์เย็น 20 ฟุต n =3

สำหรับตู้คอนเทนเนอร์แห้ง 40 ฟุต n=4 สำหรับตู้คอนเทนเนอร์เย็น 40 ฟุต)

f คือ ดัชนีระบุว่าระวางเป็นตู้คอนเทนเนอร์สินค้า

e คือ ดัชนีระบุว่าระวางเป็นตู้คอนเทนเนอร์เปล่า

MC_{ijk} คือ กำไรในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ประเภท k จากท่าเรือ i ไปท่าเรือ j $MC_{\mathrm{ijk}} = FR_{ijk} - VC_{ijk}$

FR_{ijk} คือ รายได้จากการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ประเภท k จากท่าเรือ i ไปท่าเรือ j

VC_{ijk} คือ ต้นทุนจากการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ประเภท k จากท่าเรือ i ไปท่าเรือ j

EC_{ijk} คือ ต้นทุนจากการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์เปล่าประเภท k จากท่าเรือ i ไปท่าเรือ j

IF_{ijk} คือ ตัวแปรปรับความสมดุลในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ประเภท k จากท่าเรือ i ไปท่าเรือ j

$$IF_{ijk} = \begin{cases} (F_{ijk} - F_{jik}) / F_{ijk} & if\ F_{ijk} > F_{jik} \\ 0 & if\ F_{ijk} > F_{jik} \\ 1 & \end{cases}$$

F_{ijk} คือ ปริมาณการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ประเภท k จากท่าเรือ i ไปท่าเรือ j

CP คือ ความสามารถในการให้บริการของเรือ (TEU)

DW คือ ความสามารถในการรับน้ำหนักของเรือ (ตัน)

W_{ijk}^{f} คือ น้ำหนักเฉลี่ยของตู้คอนเทนเนอร์ประเภท k ที่ขนส่งสินค้าจากท่าเรือ i ไปท่าเรือ j

W_{k}^{e} คือ น้ำหนักของตู้คอนเทนเนอร์เปล่าประเภท k

RF คือ จำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็นที่เรือสามารถขนส่งได้

FE คือ จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 40 ฟุต ที่เรือสามารถขนส่งได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

D_{ijk}^{L} คือ จำนวนระวางตู้คอนเทนเนอร์ประเภท k ที่ขนส่งจากท่าเรือ i ไปท่าเรือ j ที่ทำสัญญาการส่งขั้นต่ำไว้

D_{ijk}^{U} คือ จำนวนระวางความต้องการตู้คอนเทนเนอร์ประเภท k ที่มากที่สุดที่ขนส่งจากท่าเรือ i ไปท่าเรือ j

CI_{jk} คือ ความต้องการตู้คอนเทนเนอร์เปล่าประเภท k ที่ท่าเรือ j

$$Max\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{4}(MC_{ijk}-IF_{ijk}EC_{ijk})x_{ijk}^{f}-EC_{ijk}x_{ijk}^{e} \tag{2.14}$$

Subject to

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{2}(x_{ijk}^{f}+x_{ijk}^{e})+2\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=3}^{4}(x_{ijk}^{f}+x_{ijk}^{e})\le CP \tag{2.15}$$

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{4}(W_{ijk}^{f}x_{ijk}^{f}+W_{k}^{e}x_{ijk}^{e})\le DW \tag{2.16}$$

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=2,4}x_{ijk}^{f}\le RF \tag{2.17}$$

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=3,4}(x_{ijk}^{f}+x_{ijk}^{e})\le FE \tag{2.18}$$

$$x_{ijk}^{f}\ge D_{ijk}^{L}\ ,for\ all\ i,j\ and\ k \tag{2.19}$$

$$x_{ijk}^{f}\le D_{ijk}^{L}\ ,for\ all\ i,j\ and\ k \tag{2.20}$$

$$\sum_{i=1}^{m}x_{ijk}^{e}\ge CI_{jk}\ ,for\ all\ \ j\ and\ k \tag{2.21}$$

$$x_{ijk}^{f}\ ,x_{ijk}^{e}\ integer\ for\ all\ \ i,j\ and\ k \tag{2.22}$$

วัตถุประสงค์ของแบบจำลองนี้เพื่อหากำไรจากการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ที่มากที่สุด โดย อสมการ เงื่อนไข ที่ (2.15), (2.16), (2.17) และ (2.18) เป็นข้อจำกัดเรื่องความสามารถในการให้บริการของเรือ อสมการเงื่อนไขที่ (2.19) และ (2.20)เป็นข้อจำกัดเรื่องปริมาณการขนส่ง อสมการเงื่อนไข ที่ (2.21)เป็นข้อจำกัดเรื่องความต้องการตู้เปล่า และเงื่อนไข (2.22)เป็นการกำหนดให้ตัวแปรเป็นจำนวนเต็ม

โดยงานวิจัยของ Ting et al. [12] ได้นำแบบจำลองไปทำการทดสอบการจัดระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ของเรือ 8 ลำและท่าเรือ 11 ท่ากับสายเรือของประเทศไต้หวัน มาทำการหาคำตอบด้วยการแก้ปัญหาเชิงเส้น ผลการทดลองพบว่าแบบจำลองนี้สามารถเพิ่มกำไรให้แก่สายเรือได้จริง โดยเพิ่มขึ้นถึง 338,930 ดอลล่าร์ จาก 2,420,110 ดอลล่าร์ เป็น 2,779,040 ดอลล่าร์ เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 14 และยังได้พิจารณาเพื่อตอบสนองครอบคลุมทั้งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าและตู้คอนเทนเนอร์เปล่า โดยที่เน้นพิจารณาถึงรายละเอียดของความสามารถในการให้บริการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ของเรือ ดังจะเห็นได้จากเงื่อนไขในแบบจำลอง และแบบจำลองนี้แก้ปัญหาด้วยแบบจำนวนเต็ม ดังนั้นหากเครือข่ายการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์มีขนาดใหญ่ขึ้น ตัวแปรมีขนาดเพิ่มขึ้น แต่การแก้ปัญหาในลักษณะนี้จะก่อให้เกิดความล่าช้าอย่างมากในการแก้ปัญหา

นอกจากนี้ ยังมี งานวิจัย ของ Chen et al. [13] นำเสนอแบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์บนเรือโดยจะกำหนดข้อจำกัดในเรื่องความสมดุลเพิ่มขึ้นมา คือจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ทั้งหมด (ตู้คอนเทนเนอร์สินค้าและตู้คอนเทนเนอร์เปล่า) ที่เข้าท่าเรือจะต้องเท่ากับจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ทั้งหมดที่ออกจากท่าเรือ และเป็นแบบจำลองจำนวนจริง และแก้ปัญหาด้วยวิธีหาผลเฉลยที่ดีที่สุด โดยแบบจำลองมีรูปแบบดังนี้

X_{ij} คือ ตัวแปรตัดสินใจแสดงจำนวนระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าจากท่าเรือ i ไปท่าเรือ j

Y_{ij} คือ ตัวแปรตัดสินใจแสดงจำนวนระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์เปล่าจากท่าเรือ i ไปท่าเรือ j

M คือ เซตของเส้นทางการเดินเรือ (m)

N คือ เซตของท่าเรือ (n)

R_{ij} คือ รายได้จากการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าจากท่าเรือ i ไปท่าเรือ j ถ้าเป็นการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์เปล่า $R_{ij} = 0$

C_{ij} คือ ต้นทุนการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าจากท่าเรือ i ไปท่าเรือ j

C'_{ij} คือ รายได้จากการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าจากท่าเรือ i ไปท่าเรือ j

D_{ij} คือ ความต้องการการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าจากท่าเรือ i ไปท่าเรือ j

U_m คือ ความสามารถในการให้บริการการขนส่งบนเส้นทางการเดินเรือ m

a_{ijm} มีค่าเป็น 1 เมื่อเที่ยวการเดินเรือจากท่าเรือ i ไปท่าเรือ j อยู่บนเส้นทางการเดินเรือ m และเป็น 0 เมื่อเที่ยวการเดินเรือจากท่าเรือ i ไปท่าเรือ j ไม่อยู่บนเส้นทางการเดินเรือ m

$$Max \sum_i \sum_j \left(R_{ij} X_{ij} - C_{ij} Y_{ij} - C'_{ij} Y \right) \tag{2.23}$$

Subject to

$$\sum_{i \in N} \sum_{j \in N} (a_{ijm} X_{ij} + a_{ijm} Y_{ij}) \le U \qquad \forall m \in M \tag{2.24}$$

$$X_{ij} \le D_{ij} \qquad \forall i.j \in N \tag{2.25}$$

$$(X_{ij} + Y_{ij}) - \sum_{j \in N} (X_{ji} + Y_{ji}) = 0 \qquad \forall i \in N \tag{2.26}$$

$$X_{ij} Y_{ij} \in N \cup \{0\} \qquad \forall i, j \in N \tag{2.27}$$

วัตถุประสงค์ของแบบจำลอง นี้เพื่อหารายได้จากการขนส่งที่มากที่สุด อสมการเงื่อนไขที่ (2.24) เป็นข้อจำกัดเรื่องความสามารถในการให้บริการการขนส่งของเรือ อสมการเงื่อนไขที่ (2.25) เป็นข้อจำกัดควบคุมไม่ให้การขนส่งมากเกินความต้องการการขนส่ง สมการเงื่อนไขที่ (2.26) เป็นข้อจำกัดเรื่องความสมดุลของตู้คอนเทนเนอร์ที่เข้าและออกจากท่าเรือ และเงื่อนไข ที่ (2.27) เป็นข้อจำกัดของตัวแปร

จากงานวิจัยของ Chen et al. [13] พบว่าเมื่อนำแบบจำลองนี้ไปทดลองกับการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ของท่าเรือ 5 ท่าโดยการแก้ปัญหาแบบเชิงเส้น พบว่าแบบจำลองที่ไม่มีการพิจารณาเงื่อนไขส่วนของความสมดุลจะมีปริมาณตู้คอนเทนเนอร์เข้าและออกจากท่าเรือไม่เท่ากัน จะส่งผล

ให้เกิดปัญหาในเรื่องของตู้เปล่า ที่ขาดหรือเกิน จะส่งผลให้การใช้ประโยชน์ของทรัพยากรของสายเรือมีประสิทธิภาพต่ำกว่าแบบจำลองที่การพิจารณาเงื่อนไขส่วนของความสมดุลแต่ไม่ได้มีเงื่อนไขในส่วนของรายละเอียดมากนัก ซึ่งอาจต้องมีการเพิ่มเติมเงื่อนไขต่างๆ เมื่อนำแบบจำลองนี้ไปใช้ในการทำงานจริง

Wei and Hoon [14] เสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีแบบแผนที่แน่นอนในการกำหนดจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่จะขนส่งแต่ละเส้นทาง โดยที่แบบจำลองจะพิจารณาการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าเพียงอย่างเดียว ไม่มีการพิจารณาในส่วนของการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์เปล่า แต่มีการพิจารณาในส่วนของความสามารถในการให้บริการของท่าเรือเพิ่มขึ้นมา โดยศึกษาจากการจัดตารางการกระจายตู้คอนเทนเนอร์เพื่อให้เกิดผลกำไรของระบบสูงสุด โดยมีเส้นทางในการให้บริการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์อยู่แล้ว และยังเป็นแบบจำลองจำนวนจริงอีกด้วย โดยมีรูปแบบจำลองดังนี้

x_{fr} คือ ตัวแปรตัดสินใจจำนวนตู้คอนเทนเนอร์กลุ่มการเดินทาง f ที่ทำการขนส่งบนเส้นทาง r โดย $f \in F$ และ $r \in R$

N คือ เซตของท่าเรือ

A คือ เซตของเส้นทางที่เชื่อมระหว่างท่าเรือ

F คือ เซตของกลุ่มการเดินทาง f หรือชุดของความต้องการการเดินทางที่พยากรณ์ไว้

R คือ เซตของเส้นทางการเดินทางของบริษัท (r)

R_f คือ เซตของเส้นทางการเดินทางที่อยู่ในกลุ่มการเดินทาง $f \in F$

S คือ เซตของการให้บริการของเรือ (s)

E คือ เซตของประเภทและขนาดของคอนเทนเนอร์ที่ให้บริการ (e)

F_i^o คือ เซตของกลุ่มการเดินทางที่เริ่มต้นที่ท่าเรือ i

F_i^d คือ เซตของกลุ่มการเดินทางที่ปลายทางอยู่ที่ท่าเรือ i

F_i คือ เซตของกลุ่มการเดินทางที่ท่าเรือ i ไม่ได้เป็นทั้งจุดเริ่มต้นและจุดปลายทาง

F_e คือ ชุดของกลุ่มการเดินทางที่ใช้คอนเทนเนอร์ให้เกิดประโยชน์ด้วยประเภทและขนาดคอนเทนเนอร์

ρ_f คือ รายได้จากการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์กลุ่มการเดินทาง f

$K_{f,r}$ คือ ต้นทุนของการขนส่ง

d_f คือ ความต้องการของการขนส่ง

p_r คือ จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ขั้นต่ำที่ต้องการบนเส้นทาง r

$\alpha_{i,j}^{r,f}$ มีค่าเป็น 1 เมื่อเส้นทาง (i, j) อยู่บนเส้นทาง r สำหรับกลุ่มการเดินทาง f ซึ่ง $r \in R_f$ และมีค่าเป็น 0 สำหรับกรณีอื่น

$u_{i,j}$ คือ ความสามารถในการให้บริการการขนส่งของเที่ยวการเดินเรือ

$v_{i,j}$ คือ ความสามารถในการรับน้ำหนักของเที่ยวการเดินเรือ

δ_f คือ พารามิเตอร์ บอกจำนวน TEU ที่ตู้คอนเทนเนอร์ของกลุ่มการเดินทาง f ต้องการใช้ในการขนส่ง

ε_f คือ น้ำหนักที่ตู้คอนเทนเนอร์ของกลุ่มการเดินทาง f ต้องการ

$\beta_{i,s}^{r,f}$ มีค่าเป็น 1 เมื่อบริการ s เข้ามายังท่าเรือ i โดยใช้เส้นทาง r สำหรับกลุ่มกลุ่มการเดินทาง f และมีค่าเป็น 0 สำหรับกรณีอื่น

$\gamma_{i,s}^{r,f}$ มีค่าเป็น 1 เมื่อบริการ s ออกจากท่าเรือ i และ (i,s) วิ่งอยู่บนเส้นทาง r สำหรับกลุ่มการเดินทาง f ซึ่ง $r \in R_f$ และมีค่าเป็น 0 สำหรับกรณีอื่น

$\lambda_{i,s}^{r,f}$ มีค่าเป็น 1 เมื่อมีบริการผ่านท่าเรือ i และ (i,s) วิ่งอยู่บนเส้นทาง r สำหรับกลุ่มการเดินทาง f ซึ่ง $r \in R_f$ และมีค่าเป็น 0 สำหรับกรณีอื่น

$$Max \sum_{f \in F} \sum_{r \in R_f} (\rho_f - K_{f,r}) x_{f,r} \qquad (2.28)$$

Subject to

$$\sum_{r\in R_f} x_{f,r} \le d_f \qquad \forall f \in F \tag{2.29}$$

$$\sum_{f\in F} x_{f,r} \ge p_r \qquad \forall r \in R \tag{2.30}$$

$$\sum_{f\in F}\sum_{r\in R_f} \delta_f x_{f,r} \alpha_{i,j}^{r,f} \le u_{i,j} \qquad \forall (i,j) \in A \tag{2.31}$$

$$\sum_{f\in F}\sum_{r\in R_f} \varepsilon_f x_{f,r} \alpha_{i,j}^{r,f} \le v_{i,j} \qquad \forall (i,j) \in A \tag{2.32}$$

$$\sum_{f\in F_i^o}\sum_{r\in R_f} x_{f,r}\gamma_{i,s}^{r,f} + \sum_{f\in F_i^d}\sum_{r\in R_f} x_{f,r}\beta_{i,s}^{r,f} + \sum_{f\in F_i}\sum_{r\in R_f} x_{f,r}\lambda_{i,s}^{r,f} \le \sigma w_{i,s} \tag{2.33}$$

$$\sum_{j\in N}\sum_{f\in F_e}\sum_{r\in R_f} x_{f,r}\alpha_{i,j}^{r,f} + \sum_{\substack{f\in F_i^d \\ f\in F_e}}\sum_{r\in R_f} x_{f,r} = \sum_{j\in N}\sum_{f\in F_e}\sum_{r\in R_f} x_{f,r}\alpha_{j,i}^{r,f} + \sum_{\substack{f\in F_i^o \\ f\in F_e}}\sum_{r\in R_f} x_{f,r}$$

$$\forall i \in N, \forall e \in E \tag{2.34}$$

$$x_{f,r} \ge 0 \qquad \forall f \in F, \forall r \in R \tag{2.35}$$

วัตถุประสงค์ของแบบจำลอง นี้เพื่อให้กำไรมากที่สุด อสมการเงื่อนไขที่ (2.29) และ (2.30) เป็นข้อจำกัดควบคุมจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ในการขนส่ง อสมการเงื่อนไขที่ (2.31) และ (2.32) เป็นข้อจำกัดควบคุมความสามารถในการให้บริการการขนส่งทั้งปริมาณตู้และน้ำหนัก อสมการเงื่อนไขที่ (2.33) เป็นข้อจำกัดควบคุมจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่เข้าและออกท่าเรือไม่ให้เกินความสามารถในการให้บริการของท่าเรือ สมการเงื่อนไขที่ (2.34) เป็นข้อจำกัดควบคุมความสมดุลของจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่เข้าและออกท่าเรือ และอสมการเงื่อนไขที่ (2.35) เป็นข้อกำหนดเพื่อไม่ให้ตัวแปรเป็นค่าติดลบ

งานวิจัยของ Wei and Hoon [14] เป็นเพียงการเสนอแบบจำลองการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ในแต่ละเส้นทางเท่านั้น ไม่ ได้มีการนำเสนอ ทางด้าน การทดลอง ดังนั้นจึงไม่สามารถสรุปผลใดๆ จากแบบจำลองได้ แต่แบบจำลองนี้ ใช้วิธีแก้ปัญหาเชิงจำนวนจริง ดังนั้นถึงแม้ว่าปัญหาจะมีขนาดใหญ่ขึ้นก็จะไม่ส่งผลต่อการแก้ปัญหา

จากการศึกษาแบบจำลองทั้งสามที่เกี่ยวข้องกับการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้นมีสมการวัตถุประสงค์เหมือนกัน คือเพื่อให้เกิดกำไรจากการขนส่งมากที่สุด

โดยที่งานวิจัยของ Ting et al. [12] จะเป็นการจัดสรรการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ของการเดินเรือแบบเที่ยวเดียวแต่งานวิจัยของ Chen et al. [13] และ Wei and Hoon [14] จะเป็นการจัดสรรการเดินเรือแบบเครือข่าย ทำให้ในแบบจำลองจากงานวิจัยทั้งสองนี้มีเงื่อนไขที่ควบคุมความสมดุลของปริมาณตู้คอนเทนเนอร์ที่เข้าและออกจากท่าเรือ และงานวิจัยของทั้ง Ting et al. [12] และ Chen et al. [13] จะมีการพิจารณาถึงการส่งตู้คอนเทนเนอร์เปล่าในแบบจำลองด้วย ในขณะที่แบบจำลองของ Wei and Hoon [14] นั้นไม่มีการพิจารณาในส่วนนี้

ในส่วนของเงื่อนไขในแบบจำลองนั้น งานวิจัยของ Ting et al. [12] และ Wei and Hoon [14] จะมีเงื่อนไขในแบบจำลองเหมือนกันในส่วนที่มีการกำหนดจำนวนตู้คอนเทนเนอร์และน้ำหนักที่เรือสามารถขนส่งได้ และจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่มากที่สุดและน้อยที่สุดในการขนส่งแต่ละตลาด ในขณะที่งานวิจัยของ Chen et al. [13] นั้นมีเงื่อนไขในการกำหนดจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่เรือสามารถรับได้และจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่มากที่สุดในการขนส่งแต่ละตลาดเท่านั้น

งานวิจัยของ Ting et al. [12] ยังมีการพิจารณาเงื่อนไขในส่วนของรายละเอียดความสามารถในการให้บริการของเรือ เช่น จำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็นและจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 40 ฟุต ที่เรือสามารถขนส่งได้ รวมถึงเงื่อนไขที่กำหนดให้ขนส่งตู้คอนเทนเนอร์เปล่าให้อย่างน้อยเพียงพอกับความต้องการ ซึ่งเป็นส่วนที่งานวิจัยของ Chen et al. [13] และ Wei and Hoon [14] ไม่ได้กล่าวถึง ในขณะที่งานวิจัยของ Wei and Hoon [14] ได้มีการพิจารณาเงื่อนไขจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ทั้งหมดที่เข้าและออกจากท่าเรือที่ท่าเรือสามารถให้บริการได้ ซึ่งงานวิจัยของ Ting et al. [12] และ Chen et al. [13] ไม่ได้กล่าวถึงเช่นกัน

การแก้ปัญหาของแบบจำลองจากทั้งสามงานวิจัยนี้มีวิธีการแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน โดยงานวิจัยของ Ting et al. [12] จะแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองเชิงเส้นจำนวนเต็ม ส่วนงานวิจัย Chen et al. [13] และ Wei and Hoon [14] จะแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองเชิงเส้นจำนวนจริง ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วการแก้ปัญหาการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ทางเรือจะนิยมแก้ปัญหาด้วยด้วยแบบจำลองเชิงเส้นจำนวนจริง

Ye et al. [15] นำเสนอแบบจำลองการหาผลเฉลยที่ดีที่สุ ด โดยพิจารณาปัญหา 2 ปัญหา คือ การจัดการการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์บนเรือในแต่ละเส้นทางโดยพิจารณาทั้งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าของและตู้คอนเทนเนอร์เปล่า และเป็นแบบจำลองจำนวนจริง โดยกำหนดให้มีตู้คอนเทนเนอร์ประเภทเดียวในการพิจารณาแต่มีหลายระดับราคาซึ่งแปรผันตามสินค้าภายในตู้คอนเทนเนอร์ และมีการกำหนดจำนวนเรือ ความสามารถในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ของเรือ ท่าเรือที่ทำการขนส่งและเส้นทางการเดินทางการเดินเรือไว้แล้ว โดยการแก้ปัญหาของแบบจำลองจะกำหนดให้ตัวแปรเป็นจำนวนจริงแทนที่จะเป็นจำนวนเต็ม และปัญหาที่ 2 คือการกระจายเรือเข้าไปตามเส้นทางต่างๆ เพื่อให้ตอบสนองการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าจากปัญหาที่ 1 ได้ โดยจะทำการสร้างแบบจำลอง 2 แบบ คือแบบจำลองที่รวมทั้ง 2 ปัญหาไว้ด้วยกัน (Joint Container Flow and Ship Deployment (JCS) Model) และแบบจำลองที่แยกคิดทีละปัญหา (Sequential Container Flow and Ship Deployment (SCS) Model) โดยแบบจำลองที่รวมปัญหา 2 ปัญหาไว้ด้วยกันมีรูปแบบดังนี้

x_{od}^{r} คือ ตัวแปรตัดสินใจแสดงจำนวนตู้คอนเทนเนอร์สินค้าที่ส่งจากท่าเรือต้นทาง $o \in N$ ไปยังท่าเรือปลายทาง $d \in N$ โดยใช้เส้นทาง $r \in ROD_{od}$

x_{odp}^{r} คือ ตัวแปรตัดสินใจแสดงจำนวนระดับราคา $p \in P$ ของการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าที่ส่งจากท่าเรือต้นทาง $o \in N$ ไปยังท่าเรือปลายทาง $d \in N$ โดยใช้เส้นทาง $r \in ROD_{od}$

y_{od}^{r} คือ ตัวแปรตัดสินใจแสดงจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เปล่าที่ส่งจากท่าเรือต้นทาง $o \in N$ ไปยังท่าเรือปลายทาง $d \in N$ โดยใช้เส้นทาง $r \in ROD_{od}$

w_{ij} คือ ตัวแปรตัดสินใจแสดงความสามารถในการให้บริการขนส่งบนเส้นทาง $(i, j) \in A$

$\tilde{x}_{ods}^{ij}$ คือ ตัวแปรตัดสินใจแสดงจำนวนตู้คอนเทนเนอร์สินค้าที่ต้องการบนท่าเรือต้นทาง $o \in N$ ไปยังท่าเรือปลายทาง $d \in N$ ที่ขนส่งบนเส้นทาง $(i, j) \in A$ โดยเรือ $s \in S$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$\tilde{x}_{odps}^{ij}$ คือ ตัวแปรตัดสินใจแสดง จำนวนตู้คอนเทนเนอร์สินค้าระดับราคา $p \in P$ ที่ต้องการบนท่าเรือต้นทาง $o \in N$ ไปยังท่าเรือปลายทาง $d \in N$ ที่ขนส่งบนเส้นทาง $(i, j) \in A$ *โดยเรือ* $s \in S$

$\tilde{y}_{ods}^{ij}$ คือ ตัวแปรตัดสินใจแสดง จำนวนตู้คอนเทนเนอร์เปล่าที่ต้องการบนท่าเรือต้นทาง $o \in N$ ไปยังท่าเรือปลายทาง $d \in N$ ที่ขนส่งบนเส้นทาง $(i, j) \in A$ *โดยเรือ* $s \in S$

I_{ls} คือ ตัวแปรตัดสินใจแสดงตัวแปรฐานสองเพื่อการตัดสินใจว่าเรือ $s \in S$ ถูกวิ่งอยู่ในรอบการเดินทาง $l \in L$

α คือ ค่าคาดหวังการใช้ประโยชน์ความสามารถในการขนส่งสินค้าของการขนส่งสินค้าที่ออกแบบไว้

N คือ เซตของท่าเรือ

A คือ เซตของเส้นทางเดินเรือ

R คือ เซตของเส้นทางการขนส่งสินค้า

L คือ เซตของรอบการเดินทาง

S คือ เซตของเรือ

P คือ เซตของระดับราคา

OD_{pair} คือ เซตของคู่ท่าเรือต้นทางและปลายทาง

N_i คือ เซตของท่าเรือที่ไม่คำนึงถึงท่าเรือ $i \in N$

RA_{ij} คือ เซตของเส้นทางการขนส่งสินค้าที่ใช้เส้นทางเดินเรือ $(i, j) \in A, RA_{ij} \subset A$

AR_r คือ เซตของเส้นทางเดินเรือที่อยู่บนเส้นทาง $r \in R, AR_r \subset A$

LA_{ij} คือเซตของรอบการเดินเรือที่อาจใช้เส้นทางเดินเรือ $(i, j) \in A, LA_{ij} \subset R$

AL_l คือ เซตของเส้นทางเดินเรือที่ไม่ระบุรอบการเดินเรือ $l \in L, AL_l \subset A$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ROD_{od} คือ เซตของเส้นทางการขนส่งสินค้าที่สามารถเติมอยู่ในความต้องการการขนส่งสินค้าระหว่าง

$OD_{pair}(o,d) \in OD_{pair}, ROD_{od} \subset R$

AOD_{od} คือ เซตของเส้นทางการเดินทางที่เป็นเส้นทางขนส่งสินค้าระหว่างที่ $OD_{pair}(o,d) \in OD_{pair}, AOD_{od} \subset R$

ODA_{ij} คือ เซตของคู่ท่าเรือต้นทางและปลายทางที่ใช้เส้นทางการเดินทาง $(i,j) \in A$ โดยอย่างน้อยมี 1เส้นทาง $ODA_{ij} \subset OD_{pair}$

$P_{\mathrm{od}}^{\mathrm{r}}$ คือ ฟังก์ชันของรายได้จากการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าระหว่าง $OD_{pair}(o,d) \in OD_{pair}$ โดยใช้เส้นทาง $r \in ROD_{od}$

$P_{\mathrm{odp}}^{\mathrm{r}}$ คือ ค่าธรรมเนียมที่สายเรือคิดสำหรับการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ 1 ตู้ ที่ระดับราคา $p \in P$ ระหว่าง $OD_{pair}(o,d) \in OD_{pair}$ โดยใช้เส้นทาง $r \in R$

cf^r คือ ต้นทุนขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าบนเส้นทาง $r \in R$

cf_p^r คือ ต้นทุนขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าที่ระดับราคา $p \in P$ บนเส้นทาง $r \in R$

ce^r คือ ต้นทุนขนส่งตู้คอนเทนเนอร์เปล่าบนเส้นทาง $r \in R$

cs_{ls} คือ ต้นทุนการจัดการของเรือ $s \in S$ บนรอบการเดินทาง $l \in L$ ภายในช่วงการวางแผนครึ่งปี

d_{odp} คือ ความต้องการการขนส่งที่ระดับราคา $p \in P$ $OD_{pair}(o,d) \in OD_{pair}$

T คือ ช่วงเวลาในการวางแผน

t_{ijs} คือ ระยะเวลาที่เรือ $s \in S$ เดินทางบนเส้นทางการเดินเรือ $(i,j) \in A$

T_{ij} คือ ระยะเวลาเฉลี่ยที่เดินทางบนเส้นทางการเดินเรือ $(i,j) \in A$, $T_{ij} = (\sum_s t_{ijs}) / No.of\ ships$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

f_{ls} คือ ความถี่ที่เรือ $s \in S$ เดินทาง ถ้าการเดินทางของเรืออยู่ในรอบการเดินทาง $l \in L$, $f_{ls} = T / (\sum_{(i,j) \in AL_l} t_{ijs})$

sc_s คือ ความสามารถในการให้บริการการขนส่งของเรือ $s \in S$

pc_i คือ ความสามารถในการให้บริการของท่าเรือ $i \in N$ ในช่วงเวลาการวางแผนครึ่งปี

$$Max \sum_{(o,d)} \sum_{r} \sum_{p} P^r_{odp} x^r_{odp} - \sum_{(o,d)} \sum_{r} \sum_{p} cf^r_p x^r_{odp} - \sum_{(o,d)} \sum_{r} ce^r y^r_{od} - \sum_{l} \sum_{s} cs_{ls} I_{ls.} \tag{2.36}$$

Subject to

$$\sum_{r} x^r_{odp} \le d_{opd}, \ \forall (o,d) \in ODpair \qquad \forall p \in P \tag{2.37}$$

$$\sum_{o \in N_k} \sum_{r \in ROD_{(ok)}} (\sum_{p} x^r_{okp} + y^r_{ok}) = \sum_{d \in N_k} \sum_{r \in ROD_{(kd)}} (\sum_{p} x^r_{kdp} + y^r_{kd}) \quad \forall k \in N \tag{2.38}$$

$$\sum_{o \in N_k} \sum_{r \in ROD_{(ok)}} (\sum_{p} x^r_{okp} + y^r_{ok}) + \sum_{d \in N_k} \sum_{r \in ROD_{(kd)}} (\sum_{p} x^r_{kdp} + y^r_{kd}) \le pc_k \quad \forall k \in N \tag{2.39}$$

$$\sum_{s} \tilde{x}^{ij}_{odps} = \sum_{r \in ROD_{od} \cap RA_{ij}} x^r_{odp} \ \forall (o,d) \in ODpair \forall p \in P, \forall (i,j) \in AOD_{od} \tag{2.40}$$

$$\sum_{s} \tilde{y}^{ij}_{ods} = \sum_{r \in ROD_{od} \cap RA_{ij}} y^r_{od} \quad \forall (o,d) \in ODpair, \ \forall (i,j) \in AOD_{od} \tag{2.41}$$

$$\sum_{(o,d) \in ODA(i,j)} (\sum_{p} \tilde{x}^{ij}_{odps} + \tilde{y}^{ij}_{ods}) \le \sum_{l \in LA(ij)} I_{ls} f_{ls} sc_s \qquad \forall (i,j) \in A, \forall s \in S \tag{2.42}$$

$$\sum_{l} I_{ls} \le 1 \qquad \forall s \in S \tag{2.43}$$

$$\tilde{x}^r_{odp} \ge 0 \tilde{y}^r_{od} \ge 0 \tag{2.44}$$

วัตถุประสงค์ของแบบจำลองเพื่อให้เกิดผลกำไรมากที่สุด อสมการเงื่อนไขที่ (2.37) เป็นข้อจำกัดควบคุมจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ในการขนส่ง สมการเงื่อนไขที่ (2.38) เป็นข้อจำกัดควบคุมความสมดุลของจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่เข้าและออกจากท่าเรือ อสมการเงื่อนไขที่ (2.39) เป็นข้อจำกัดควบคุมจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่เข้าและออกจากท่าเรือ สมการเงื่อนไขที่ (2.40) และ (2.41) เป็นข้อจำกัดควบคุมจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ต้องการให้เท่ากับจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ควรจะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขนส่ง อสมการ เงื่อนไขที่ (2.42) เป็นข้อจำกัดควบคุมจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ทั้งหมดที่ขนส่ง อสมการ เงื่อนไขที่ (2.43) เป็นข้อจำกัดควบคุมเรือสามารถวิ่งได้บนรอบการเดินทางเดียว และ อสมการเงื่อนไขที่ (2.44) เป็นข้อจำกัดควบคุมไม่ให้ตัวแปรมีค่าติดลบ

แบบจำลองที่ 2 ที่มีการแยกคิดปัญหาเป็น 2 ส่วน จึงมีแบบจำลอง 2 แบบจำลอง โดยส่วนที่ 1 จะเป็นแบบจำลองสำหรับการหาการขนส่งสินค้าในแต่ละเส้นทางให้เหมาะสม และส่วนที่ 2 จะเป็นแบบจำลองสำหรับการกำหนดรูปแบบการเดินทางของเรือเพื่อให้รองรับการขนส่งสินค้าจากแบบจำลองส่วนที่ 1 ซึ่งได้แบ่งแบบจำลองดังกล่าวออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1

$$Max \sum_{(o,d)} \sum_{r} \sum_{p} P^{r}_{odp} x^{r}_{odp} - \sum_{(o,d)} \sum_{r} \sum_{p} cf^{r}_{p} x^{r}_{odp} - \sum_{(o,d)} \sum_{r} ce^{r} y^{r}_{od} \qquad (2.45)$$

Subject to

$$\sum_{r} x^{r}_{odp} \le d_{opd} \qquad \forall (o,d) \in ODpair, p \in P \qquad (2.46)$$

$$\sum_{o \in N_k} \sum_{r \in ROD_{(ok)}} (\sum_{p} x^{r}_{okp} + y^{r}_{ok}) = \sum_{d \in N_k} \sum_{r \in ROD_{(kd)}} (\sum_{p} x^{r}_{kdp} + y^{r}_{kd}) \qquad \forall k \in N \qquad (2.47)$$

$$\sum_{o \in N_k} \sum_{r \in ROD_{(ok)}} (\sum_{p} x^{r}_{okp} + y^{r}_{ok}) + \sum_{d \in N_k} \sum_{r \in ROD_{(kd)}} (\sum_{p} x^{r}_{kdp} + y^{r}_{kd}) \le pc_k \quad \forall k \in N \qquad (2.48)$$

$$\sum_{(o,d) \in ODA(i,j)} \sum_{r \in ROD_{od} \cap RA_{ij}} (x^{r}_{odp} + y^{r}_{od}) = w_{ij} \qquad \forall (i,j) \in A \qquad (2.49)$$

$$\sum_{(i,j)} w_{ij} \tau_{ij} \le \sum_{s} \alpha T \square sc_s \qquad (2.50)$$

$$x^{r}_{odp} \ge 0, y^{r}_{od} \ge 0, w_{ij} \ge 0 \qquad (2.51)$$

วัตถุประสงค์ของแบบจำลองส่วนที่ 1 เพื่อให้เกิดกำไรมากที่สุดโดยที่ยังไม่ได้คำนึงถึงค่าปฏิบัติการของเรือ อสมการ เงื่อนไขที่ (2.46) เป็นข้อจำกัดควบคุมจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ในการขนส่ง สมการเงื่อนไขที่ (2.47) เป็นข้อจำกัดควบคุมความสมดุลของจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่เข้าและออกจากท่าเรือ อสมการเงื่อนไขที่ (2.48) เป็นข้อจำกัดควบคุมจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่เข้าและออกจากท่าเรือ สมการเงื่อนไขที่ (2.49) เป็นข้อจำกัดควบคุมจำนวนตู้คอนเทนเนอร์บนเส้นทางการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เดินทาง อสมการเงื่อนไขที่ (2.50) เป็นข้อจำกัดควบคุมจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ทั้งหมดที่ขนส่งในช่วงเวลาหนึ่ง และอสมการเงื่อนไขที่ (2.51) เป็นข้อจำกัดควบคุมไม่ให้ตัวแปรมีค่าติดลบ

ส่วนที่ 2

$$Min \sum_{l} \sum_{s} cs_{ls} I_{ls} \tag{2.52}$$

Subject to

$$\sum_{s} \tilde{x}_{odps}^{ij} = \sum_{r \in ROD_{od} \cap RA_{ij}} x_{odp}^{r*} \quad \forall (o,d) \in ODpair, \forall p \in P, \forall (i,j) \in AOD_{od} \tag{2.53}$$

$$\sum_{s} \tilde{y}_{ods}^{ij} = \sum_{r \in ROD_{od} \cap RA_{ij}} y_{od}^{r*} \quad \forall (o,d) \in ODpair, \forall (i,j) \in AOD_{od} \tag{2.54}$$

$$\sum_{(o,d) \in ODA(i,j)} (\sum_{p} \tilde{x}_{odps}^{ij} + \tilde{y}_{ods}^{ij}) \leq \sum_{l \in LA(ij)} I_{ls} f_{ls} sc_{s} \quad \forall (i,j) \in A, \forall s \in S \tag{2.55}$$

$$\sum_{l} I_{ls} \leq 1 \quad \forall s \in S \tag{2.56}$$

$$\tilde{x}_{odps}^{ij} \geq 0, \tilde{y}_{ods}^{ij} \geq 0, I_{ls} \, is \, binary \tag{2.57}$$

ทั้งนี้วัตถุประสงค์ของแบบจำลอง ในส่วนที่ 2 เพื่อให้เกิดค่าปฏิบัติการของเรือทั้งระบบต่ำที่สุด สมการเงื่อนไขที่ (2.53) และ (2.54) เป็นข้อจำกัดควบคุมจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ต้องการให้เท่ากับจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ควรจะขนส่ง อสมการเงื่อนไขที่ (2.55) เป็นข้อจำกัดควบคุมจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ทั้งหมดที่ขนส่ง อสมการเงื่อนไขที่ (2.56) เป็นข้อจำกัดควบคุมเรือสามารถวิ่งได้บนรอบการเดินทางเดียว และ อสมการเงื่อนไขที่ (2.57) เป็นข้อจำกัดควบคุมไม่ให้ตัวแปรมีค่าติดลบและเป็นตัวแปรเลขฐานสอง

ดังนั้นเมื่อได้ผลเฉลยจากส่วนที่ 1 จะนำผลเฉลยที่ได้นั้นมาใช้เป็นเงื่อนไขในการแก้ปัญหาส่วนที่ 2 ต่อไป และการหาผลเฉลยที่ดีที่สุดจากทั้ง 2 ส่วนของแบบจำลองนั้นสามารถทำได้โดยนำผลเฉลยของส่วนที่ 2 ซึ่งเป็นค่า ปฏิบัติการของเรือ ที่ต่ำที่สุดมาหักออกจากผลกำไรสุทธิจากการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ในส่วนที่ 1 จะทำให้ได้ผลลัพธ์ คือ กำไรสุทธิของทั้งระบบ

การนำแบบจำลองทั้งสองมาทำการทดสอบกับข้อมูลตัวอย่างที่ประกอบด้วยเรือ 3 ลำและท่าเรือ 3 ท่า จากนั้นนำมาทำการแก้ปัญหาเชิงเส้นตรง ซึ่งผลของการทดสอบแบบจำลองพบว่าแบบจำลองที่รวมทั้ง 2 ปัญหาไว้ด้วยกันจะสามารถเพิ่มประโยชน์ในเรื่องความสามารถในการให้บริการขนส่งมากกว่าแบบจำลองที่แยกคิดทีละปัญหาที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยแบบจำลองที่รวมทั้ง 2 ปัญหาไว้ด้วยกันจะสามารถก่อให้เกิดกำไร 11,664,730 หน่วย ซึ่งมากกว่าผลกำไรจากแบบจำลองที่แยกคิดทีละปัญหาที่ได้กำไรเพียง 10,744,730 หน่วย

Ye et al. [15] ได้พิจารณาเพื่อตอบสนองครอบคลุมทั้งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าและตู้คอนเทนเนอร์เปล่า โดยพิจารณาตู้คอนเทนเนอร์ประเภทเดียวแต่มีหลายระดับราคาซึ่งขึ้นอยู่กับสินค้าภายในตู้คอนเทนเนอร์ โดยการทำแบบนี้สามารถเปรียบได้กับการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์หลายประเภท และยังได้พิจารณาในส่วนของความสามารถในการให้บริการของท่าเรือ รวมถึงการพิจารณาจัดเรือให้เหมาะสมกับเส้นทางการเดินเรือ และแบบจำลองนี้แก้ปัญหาด้วยแบบจำนวนจริงในส่วนของการจัดการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ แต่ในส่วนของการจัดเรือให้เหมาะสมในแต่ละเส้นทางนั้นจะแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองที่เป็นจำนวนเต็มแบบเลขฐานสอง ซึ่งส่วนนี้จะทำให้เวลาในการแก้ปัญหานานขึ้นเมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น

2.3 แนวทางในการแก้ปัญหา

เป็นการนำศาสตร์ทางด้านการวิจัยการดำเนินงาน (Operations Research) มาประยุกต์ใช้ในการช่วยแก้ปัญหาเพื่อหาผลเฉลยที่เหมาะสม สามารถแบ่งออกเป็น 2 แนวทางใหญ่ๆ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.3.1 วิธีฮิวริสติคส์

วิธีฮิวริสติคส์ (Heuristic Method) เป็นวิธีการหาผลเฉลยโดยการใช้หลักความคิดเพื่อประมาณผลเฉลยที่มีคุณภาพยอมรับได้ รูปแบบการหาผลเฉลยประเภทนี้จะมีจุดเด่นอยู่ที่ความรวดเร็วในการคำนวณ ผลเฉลยที่ได้เป็นผลเฉลยที่ดีแต่ไม่สามารถจะสรุปได้ว่าเป็นผลเฉลยที่ดีที่สุด การพิจารณาวิธีการทางฮิวริสติคส์นี้จะขึ้นกับหลักความคิดของผู้พัฒนารูปแบบการแก้ปัญหาเป็นหลักในแบบจำลองหนึ่งๆ อาจมีรูปแบบการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติคส์ที่แตกต่างกันได้มากมาย เช่น

งานวิจัยของ Lee et al. [16] เสนอวิธีฮิวริสติกส์ (Heuristic Method) ในการแก้ปัญหาการจัดการรายได้ของอุตสาหกรรมการขนส่งสินค้าทางทะเลแบบเที่ยวเดียว โดยเสนอนโยบายที่เหมาะสมในการจัดสรรระวางการขนส่งสินค้าบนเรือซึ่งปัญหานี้เป็นปัญหาการผสมผสานกำหนดการเชิงเส้น (Mixed-Integer Linear Programming Problem)

2.3.2 วิธีการหาผลเฉลยที่ดีที่สุด

วิธีการหาผลเฉลยที่ดีที่สุด (Exact Solution Method) เป็นการหาผลเฉลยด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาผลเฉลยที่ดีที่สุด (Optimal Solution) ซึ่งผลเฉลยที่ได้มักจะมีคุณภาพดีกว่ารูปแบบวิธีฮิวริสติคส์ การแก้ปัญหารูปแบบนี้จำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการประมวลผลเพื่อหาผลเฉลย และเวลาที่ใช้ในการหาผลเฉลยอาจมากกว่าวิธีการแบบฮิวริสติคส์ ดังนั้น วิธีหาผลเฉลยที่ดีที่สุดนี้นั้นเหมาะกับปัญหาที่มีขนาดเล็ก โดยเป็นการแก้ปัญหา เพื่อหาผลเฉลยที่ดีที่สุดภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ที่กำหนดในการแก้ปัญหา วิธีหาผลเฉลยที่ดีที่สุดที่ได้รับความนิยมนั้นมีด้วยกันหลายวิธี เช่น วิธีซิมเพล็กซ์, วิธีแตกกิ่ง เป็นต้น

ยิ่งไปกว่านั้นการแก้ปัญหาด้วยวิธีการหาผลเฉลยที่ดีที่สุดนี้ ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหาแบบผ่อนคลาย (Relaxation) เพื่อกำหนดขอบเขตผลเฉลยจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมี 2 วิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายคือ ลากรานเกียนแบบผ่อนคลาย (Lagrangean Relaxation) และ กำหนดการเชิงเส้นแบบผ่อนคลาย (Linear Program Relaxation) ซึ่งในแต่ละวิธีการสามารถเลือกใช้เทคนิคต่างๆ เข้าช่วย เช่น การใช้เทคนิคกำเนิดสดมภ์ (Column Generation Technique) จากงานวิจัยของ Kniker [9] และการใช้เทคนิคกำเนิดแถว (Row Generation Technique) เพื่อให้สามารถหาค่าคำตอบได้รวดเร็วขึ้น ดังจะกล่าวถึงรายละเอียดในลำดับถัดไป

วิธีกำเนิดสดมภ์เป็นวิธีที่สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแก้ปัญหากำหนดการเชิงเส้นขนาดใหญ่ (Large-Scale Linear Programs) ซึ่งเหมาะกับปัญหาที่มีตัวแปรจำนวนมาก การหาค่าผลเฉลยด้วยเทคนิคการกำเนิดสดมภ์สำหรับแบบจำลองรูปแบบกำหนดการเชิงจำนวนเต็มนั้นเริ่มต้นจากการสร้างแบบจำลองของปัญหาหลักที่เป็นไปได้เริ่มต้น และหาค่าผลเฉลยด้วยเทคนิคการแตกกิ่งและจำกัดขอบเขต (Branch and Bound)

หลังจากนั้นจึงจะนำผลเอาเฉลยที่ได้มาตรวจสอบกับว่ามีส่วนต่างจากขอบเขตของผลเฉลยที่หาจากการแก้ปัญหากำหนดการเชิงเส้นแบบผ่อนคลายมากกว่าที่กำหนดหรือไม่ ถ้าอยู่ในขอบเขตแล้วก็จบการทำงาน แต่ถ้าเกินกว่าขอบเขตที่ตั้งไว้ต้องทำการตรวจสอบต่อไปว่ามีตัวแปรใดที่สามารถทำให้ผลเฉลยมีค่าลดลงได้หรือไม่ ถ้ามีก็จะเพิ่มตัวแปรกลุ่มนั้นเข้าไปในแบบจำลองส่วนหลัก และทำการแก้ปัญหากำหนดเชิงจำนวนเต็มอีกครั้ง จนกระทั่งไม่มีตัวแปรใดที่สามารถให้ผลเฉลยที่ดีกว่าเดิมได้ แล้วจะถือว่าเป็นการสิ้นสุดกระบวนการหาผลเฉลย เห็นได้ว่าวิธีกำเนิดสดมภ์สามารถช่วยลดขนาดของปัญหาในการหาผลเฉลยที่ดีที่สุดลงได้อย่างมาก

จากการศึกษาการใช้เทคนิคการกำเนิดสดมภ์ ของ Kniker [9] ได้ทำการทดลอง โดยใช้เทคนิคกำเนิดสดมภ์ด้วยวิธีที่ต่างกัน 2 แบบ คือวิธีที่ 1 (All) จะเป็นการใส่ทุกสดมภ์ที่มีค่าใช้จ่ายที่ลดลง (Reduced Cost) มีค่าเป็นลบ วิธีที่ 2 (Best Column) จะเป็นการใส่ตัวแปรที่มีค่าใช้จ่ายที่ลดลงที่มีค่าน้อยที่สุด และใส่ตัวแปรเพิ่มทีละตัวจนกว่าจะไม่มีค่าใช้จ่ายที่ลดลงที่เป็นค่าลบแล้วจึงหยุดใส่ตัวแปรเพิ่ม ผลจากการทดลองพบว่าวิธีที่ 2 จะมีจำนวนสดมภ์ที่ใส่ในแบบจำลองน้อยกว่า ส่งผลให้จำนวนรอบในการแก้ปัญหาน้อยกว่าตามไป และยังใช้เทคนิคการกำเนิดสดมภ์ร่วมกับเทคนิคการกำเนิดแถวมาช่วยในการแก้ปัญหาการจัดที่นั่งผู้โดยสารบนเครื่องบินที่คำนึงถึงการเปลี่ยนลำดับเที่ยวบินด้วย

วิธีกำเนิดแถว เป็นอีกหนึ่งวิธีที่สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแก้ปัญหากำหนดการเชิงเส้นขนาดใหญ่ (Large-Scale Linear Programs) ได้ การหาค่าผลเฉลยด้วยเทคนิคการกำเนิดแถวสำหรับแบบจำลองรูปแบบกำหนดการเชิงจำนวนเต็มนั้นเริ่มต้นจากการสร้างแบบจำลอง โดยมีสมการเงื่อนไขของปัญหาหลักอยู่ในแบบจำลองชุดเริ่มต้น และหาค่าผลเฉลย หลังจากนั้นนำผลเฉลยที่ได้มาตรวจสอบกับว่ามีคำตอบจากแบบจำลองชุดเริ่มต้นอยู่ในเงื่อนไขทั้งหมดของแบบจำลองหรือไม่ ถ้าอยู่ในเงื่อนไขแล้วก็จบการทำงาน แต่ถ้าไม่อยู่ในสมการเงื่อนไขใดก็ตาม จะทำการเพิ่มสมการเงื่อนไขนั้นเข้าไปเป็นสมการเงื่อนไขในแบบจำลอง และทำการหาผลเฉลยใหม่ทำจนกระทั่งไม่มีคำตอบจากแบบจำลองที่ละเมิดสมการเงื่อนไข ซึ่งวิธีกำเนิดแถวจะเป็นวิธีที่นำมาช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพการหาผลเฉลยสำหรับงานวิจัยนี้ โดยขั้นตอนการกำเนิดแถวจะกล่าวถึงในรายละเอียดภายหลัง

และเนื่องจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์นั้นมีสมมติฐานของแบบจำลองคือ ความต้องการการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้ามีเข้ามาพร้อมกันทั้งหมด ดังนั้นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าจึงสามารถเลือกรับจองระวางที่มีราคาสูง เพื่อทำให้รายได้รวมของทั้งระบบมีค่ามากที่สุด แต่ในความเป็นจริงความต้องการการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้านั้นไม่ได้เข้ามาพร้อมกันทั้งหมด ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอเสนอแบบจำลองสถานการณ์สำหรับการรับจองระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้า เพื่อศึกษาผลจากการรับจองระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าในสถานการณ์จริง โดยกระบวนการในการรับจองระวางนี้จะเรียกว่า กระบวนการควบคุมการจอง (Booking Control)

2.3 การควบคุมการจอง (Booking Control)

เป็นกระบวนการในการกำหนดว่าระวางที่ทำการจองเข้ามา ว่าระวางใดควรจะรับจอง และระวางใดควรจะปฏิเสธ ซึ่งรูปแบบในการทำการควบคุมการจองที่นำมาพิจารณาในงานวิจัยนี้ คือ วิธีการรับจองระวางจากราคาประมูล (Bid Pricing)

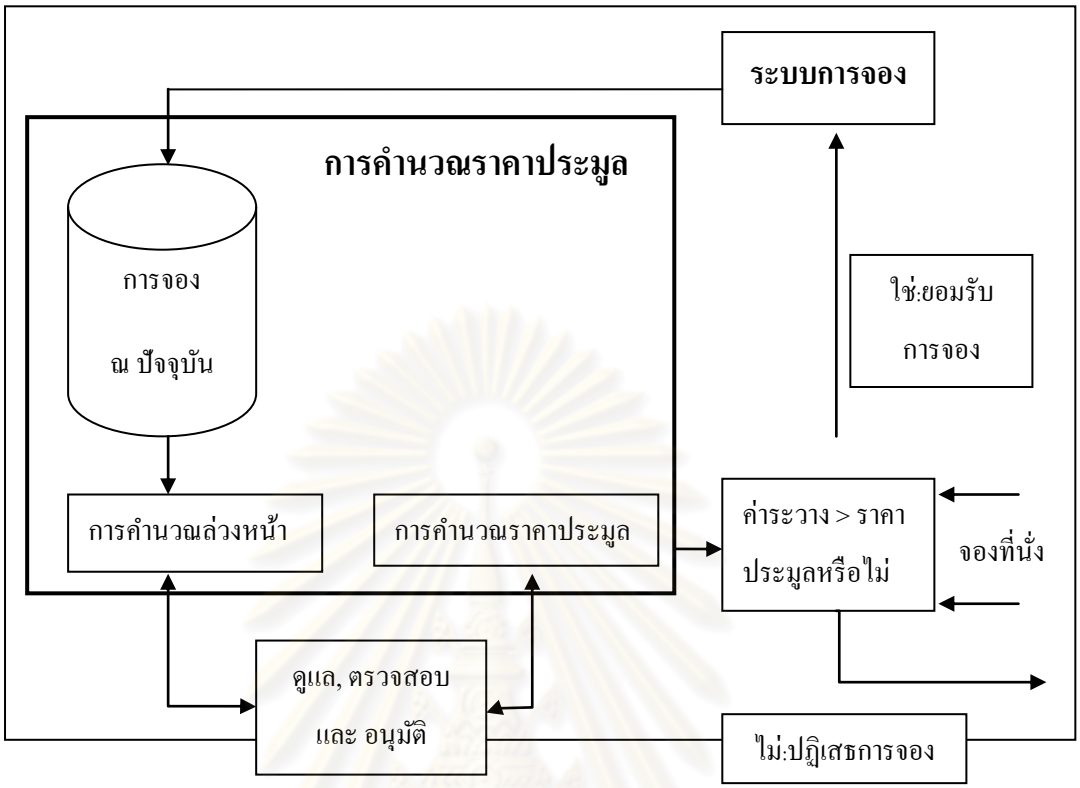
2.3.1 การรับจองระวางจากราคาประมูล (Bid Pricing)

หลักการของการรับจองระวางจากราคาประมูล คือทรัพยากรที่มีจำนวนจำกัดควรจะมีการใช้ก็ต่อเมื่อในกรณีที่ราคาสูงกว่าต้นทุนค่าเสียโอกาสของทรัพยากรนั้น โดยที่ราคาประมูลสำหรับทรัพยากร คือต้นทุนค่าเสียโอกาสของทรัพยากรนั้น ดังนั้นจะมีการยอมรับการจองก็ต่อเมื่อ รายได้ที่เกิดจากการรับจองระวางมากกว่าต้นทุนค่าเสียโอกาสที่เกิดขึ้น หรือราคาประมูลนั่นเอง

ขั้นตอนการรับจองระวางจากราคาประมูล

1. หาราคาประมูลของแต่ละขาการเดินทาง ซึ่งรายละเอียดการหาราคาประมูลจะกล่าวถึงในภายหลัง

2. นำค่าระวางมาเปรียบเทียบกับผลรวมของราคาประมูล ถ้า ค่าระวางมากกว่าหรือเท่ากั บราคาประมูล ก็ยอมรับการจองระวางนั้น



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการรับจองระวางจากราคาประมูล

ราคาประมูลจะควบคุมกลไกเพื่อบอกให้แน่ใจเพียงแค่ว่าเราจะไม่รับธุรกิจที่มีผลต่างระหว่างราคาขายกับต้นทุน (Margin) น้อยกว่าต้นทุนค่าเสียโอกาส แต่มันไม่สามารถบอกถึงราคาตลาดอย่างถูกต้องได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1ขั้นตอนการวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัย ผู้วิจัยได้วางโครงร่างงานวิจัยโดยวิเคราะห์ถึงแบบจำลองที่เหมาะสมกับลักษณะของปัญหาการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์บนเรือในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้พิจารณาแบบจำลองการจัดที่นั่งสำหรับผู้โดยสารบนเครื่องบิน (Passenger Mix Model) เพื่อมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาแบบจำลองที่ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ โดยพิจารณาถึงข้อจำกัดในการขนส่งต่างๆ ดังต่อไปนี้

- น้ำหนักบรรทุกของเรือแต่ละลำ (Deadweight Tonnage)
- ขนาดบรรทุกของเรือแต่ละลำ (Capacity)
- ขนาดบรรทุกสำหรับตู้คอนเทนเนอร์เย็นของเรือแต่ละลำ (Reefer Capacity)
- อุปสงค์หรืออุปทานตู้คอนเทนเนอร์เปล่าแต่ละท่าเรือ (Demand/Supply Empty Container)
- การขนส่งตู้คอนเทนเนอร์เปล่าภายในกรอบเวลา
- จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งแต่ละตลาด

และทำการสร้างแบบจำลองสถานการณ์สำหรับการรับจองระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ขึ้นมา เพื่อศึกษาผลการรับจองระวางในสถานการณ์จริง

โดยการดำเนินงานวิจัย ผู้วิจัยได้สรุปขั้นตอนการทำวิจัยไว้ดังนี้

1. ศึกษาลักษณะของปัญหา และศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าบนเรือรวมถึงพิจารณาจัดสรรตู้คอนเทนเนอร์เปล่าเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการ
3. สร้างโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหาการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ โดยการหาผลเฉลยจะใช้วิธีการหาผลเฉลยที่ดีที่สุด (Exact Solution) ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้ซอฟท์แวร์ ILOG CPLEX โดยมีโปรแกรม Microsoft Visual C# 2010 เป็นเครื่องมือในการคอมไพล์รหัสคำสั่ง

4. ทำการทดสอบแบบจำลอง โดยข้อมูลที่ใช้ทดสอบจะเป็นข้อมูลที่อ้างอิงมาจากข้อมูลจริงของสายเรือตัวอย่าง โดยจะทำการศึกษาลักษณะของข้อมูลและสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการแก้ปัญหา และทำการสร้างปัญหาขนาดเล็กเพื่อใช้ทดสอบแบบจำลองในขั้นตอน และศึกษาถึงแนวทางในการแก้ปัญหาขนาดใหญ่ต่อไป โดยข้อมูลที่จำเป็นต่องานวิจัยมีดังนี้

1) ข้อมูลเรือ (น้ำหนักบรรทุก ขนาดบรรทุก และขนาดบรรทุกสำหรับตู้คอนเทนเนอร์เย็น)

2) ข้อมูลการเดินทางของเรือเป็นรายขา

3) ตลาดที่มีการเปิดให้บริการ รวมถึงรายได้ และอุปสงค์สำหรับตู้ทุกประเภท

4) อุปสงค์หรืออุปทานตู้เปล่าเป็นรายท่าเรือ รวมถึงต้นทุนการนำตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือ (Loading Cost) ต้นทุนการนำตู้คอนเทนเนอร์ขึ้นจากเรือ (Discharging Cost)

5. ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง และโปรแกรมให้เหมาะสม และใช้วิธีการหาผลเฉลยแบบกำเนิดแถว (Row Generation) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา

6. ทดลองประสิทธิภาพของการแก้ปัญหาด้วยการใช้เทคนิคการกำเนิดแถว (Row Generation) เทียบกับการแก้ปัญหารูปแบบเดิม

7. สร้างแบบจำลองสถานการณ์สำหรับ การรับจองระวางในการขนส่ง โดยจะทำการเปรียบเทียบผลการรับจองระวางด้วยราคาประมูลจากแบบจำลองสถานการณ์ การรับจองระวาง ทั้ง 2 รูปแบบ โดยราคาประมูลที่จะนำมาใช้ในแบบจำลองสถานการณ์การรับจองระวางจะมาจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ 2 รูปแบบ ดังนี้

1) แบบจำลองสถานการณ์การรับจองระวางที่ราคาประมูลมาจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แบบมาตรฐาน (Standard Model)

2) แบบจำลองสถานการณ์การรับจองระวางที่ราคาประมูลมาจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แบบเส้นทาง (Key-Path Model)

8. เปรียบเทียบ และวิเคราะห์ผลการรับจองระวางระหว่างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ และผลการรับจองระวางจากแบบจำลองสถานการณ์

9. สรุปและเสนอแนะแนวทางในการพัฒนางานวิจัยในอนาคต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

การพัฒนาแบบจำลองการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าแบบหลายจุดส่งนั้น จะต้องพิจารณาถึงข้อจำกัดต่างๆ ที่มีความซับซ้อนหลายข้อจำกัดด้วยกัน ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของการสร้างแบบจำลอง วิธีการในการพิจารณาข้อจำกัดด้านต่างๆ เช่น น้ำหนักบรรทุกของเรือแต่ละลำ ขนาดบรรทุกของเรือแต่ละลำ ขนาดบรรทุกสำหรับตู้คอนเทนเนอร์เย็นของเรือแต่ละลำ อุปสงค์หรืออุปทานตู้คอนเทนเนอร์เปล่าแต่ละท่าเรือ กรอบเวลาในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์เปล่า และจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งแต่ละตลาด เป็นต้น รวมถึงกล่าวถึงรายละเอียดของการสร้างแบบจำลองสถานการณ์การรับจองระวาง

4.1 แบบจำลองคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา

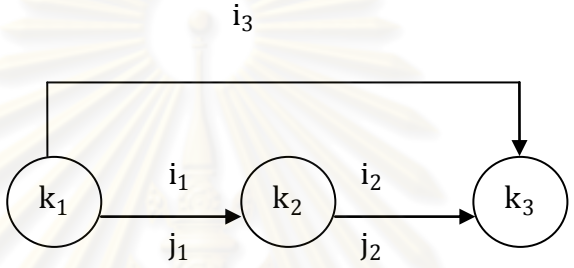
สมมตติฐานของแบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์

1) ต้นทุนในการจัดการไม่เปลี่ยนแปลงตามความต้องการในการขนส่ง
2) ความต้องการในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าที่พยากรณ์มีความแน่นอน และถูกต้องแม่นยำ
3) น้ำหนักและรายได้ของตู้คอนเทนเนอร์แต่ละประเภทจะเป็นค่าเฉลี่ยสำหรับแต่ละตลาด
4) ความต้องการตู้คอนเทนเนอร์เปล่าในแต่ละท่าเรือเป็นค่าที่รู้แน่นอน
5) คาบเวลาในการวางแผน คือ 1 สัปดาห์

4.1.1 แบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แบบมาตรฐาน (Standard Model)

แบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แบบมาตรฐานจะมีแนวคิดคือ มีตู้คอนเทนเนอร์ที่ต้องการขนส่ง และมีเรือที่ว่างอยู่ แนวคิดของแบบจำลองนี้จะทำการเลือกตู้คอนเทนเนอร์ที่มีค่าระวางสูงใส่ลงในเรือ โดยที่จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ใส่ลงในเรือจะต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขของความสามารถในการขนส่งของเรือ วัตถุประสงค์ของแบบจำลองนี้คือ เพื่อหากำไรสูงที่สุด

แบบจำลอง นี้เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีโครงสร้างเป็นแบบแบบจำลองการจัดที่นั่งสำหรับผู้โดยสารบนเครื่องบิน (Passenger Mix Model) ซึ่งประกอบไปด้วยจำนวนตู้คอนเทนเนอร์สินค้า ซึ่งจะพิจารณาตู้คอนเทนเนอร์ทั้งหมด 5 ประเภท คือตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 20 ฟุต ตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 40 ฟุต ตู้คอนเทนเนอร์เย็น 20 ฟุต ตู้คอนเทนเนอร์เย็น 40 ฟุต และตู้คอนเทนเนอร์สูงพิเศษ 40 ฟุต รวมถึงพิจารณาตู้คอนเทนเนอร์เปล่าที่ทำการขนส่ง โดยพิจารณาจากข้อจำกัดต่างๆ



รูปที่ 4.1 การขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ในแบบจำลอง

จาก รูปที่ 4.1 แสดงถึงเส้นทางเดินเรือจากท่าเรือ k_1 ไปยังท่าเรือ k_2 ซึ่งใช้เส้นทางเดินเรือ j_1 และจากท่าเรือ k_2 ไปยังท่าเรือ k_3 ซึ่งใช้เส้นทางเดินเรือ j_2 จะพบว่าการเดินทาง 2 เส้นทาง คือ j_1 และ j_2 นั้นจะก่อให้เกิดตลาดในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ 3 ตลาด คือ i_1, i_2และ i_3

แบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ที่พัฒนาขึ้น มีรายละเอียดดังนี้

M คือ เซตของตลาดที่มีการให้บริการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ โดยมี *m* เป็นดัชนี

K คือ เซตของประเภทตู้คอนเทนเนอร์ ได้แก่ ตู้คอนเทนเนอร์ทั่วไปขนาด 20 และ 40 ฟุตและตู้คอนเทนเนอร์สูงพิเศษขนาด 20 ฟุต โดยมี *k* เป็นดัชนี

K' คือ เป็นสับเซตของเซต *K* โดยประกอบด้วยตู้คอนเทนเนอร์เย็นขนาด 20 และ 40 ฟุต โดยมี *k'* เป็นดัชนี

L คือ เซตของขาการเดินทางของเรือ โดยที่มีการกำหนดไว้หมดแล้ว โดยมี *l* เป็นดัชนี

T คือ เซตของช่วงเวลาย่อยในคาบการวางแผน โดยมี t เป็นดัชนี

δ_l^m มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อขาการเดินทาง l ขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สำหรับตลาด i และมีค่าเป็น 0 ในกรณีอื่น

DWT_l คือ น้ำหนักบรรทุกบนขาการเดินทาง l

η^k คือ เป็นตัวแปรปรับหน่วยตู้คอนเทนเนอร์ให้เป็นหน่วยมาตรฐาน (TEU) เช่น ตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุต จะมีค่าตัวแปรนี้เท่ากับ 2 เพราะตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 40 ฟุต จะเท่ากับตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุต 2 ตู้

N_l คือ ขนาดบรรทุกบนขาการเดินทาง l (TEU)

$N_l^{k'}$ คือ ขนาดบรรทุกของตู้คอนเทนเนอร์เย็นบนขาการเดินทาง l (TEU)

w^{km} คือ น้ำหนักเฉลี่ยของตู้คอนเทนเนอร์สินค้าประเภท k บนตลาด m

d^{km} คือ อุปสงค์ตู้คอนเทนเนอร์สินค้าประเภท k บนตลาด m

l^{km} คือ ตู้คอนเทนเนอร์สินค้าประเภท k ขั้นต่ำที่จำเป็นต้องขนส่งบนตลาด m

r^{km} คือ รายได้สุทธิของการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าประเภท k บนตลาด m (รายได้จากค่าระวาง – ต้นทุนในการเคลื่อนย้ายตู้)

c_l^k คือ ต้นทุนในการเคลื่อนย้ายตู้คอนเทนเนอร์เปล่าประเภท k ด้วยขาการเดินทาง l

c^{kp} คือ ต้นทุนในการเคลื่อนย้ายตู้คอนเทนเนอร์เปล่าประเภท k ที่ขาดของท่าเรือ p

λ_l^{pt} มีค่าเท่ากับ1 (–1) เมื่อขาการเดินทาง l เข้าสู่ (ออกจาก) ท่าเรือ p ในช่วงเวลา ▮ และมีค่าเท่ากับ 0 เมื่อไม่มีขาการเดินทางใดเดินทางเข้า สู่ท่าเรือนั้น หรือเดินทางออกจากท่าเรือนั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Y^{kpt} คือ อุปสงค์ตู้คอนเทนเนอร์เปล่าประเภท k ที่ท่าเรือ p ในช่วงเวลา t เป็นค่าบวก (ลบ) เมื่อต้องการตู้ (มีตู้เหลือ)

w^k คือ น้ำหนักของตู้คอนเทนเนอร์เปล่าประเภท k

x^{km} คือ ตัวแปรตัดสินใจแสดงจำนวนตู้คอนเทนเนอร์สินค้าประเภท k ที่ทำขนส่งของตลาด i (TEU)

y_l^k คือ ตัวแปรตัดสินใจแสดงจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เปล่าประเภท k ที่ขนส่งด้วยขาการขนส่งสินค้า l (TEU)

s^{kpt} คือ ตัวแปรตัดสินใจแสดงจำนวนตู้ คอนเทนเนอร์เปล่าประเภท k ที่ขาดที่ท่าเรือ p ในช่วงเวลา t (TEU)

$$Max \qquad z = \sum_{m\in M}\sum_{k\in K} r^{km}x^{km} - \sum_{l\in L}\sum_{k\in K} c_l^k y_l^k - \sum_{t\in T}\sum_{p\in P}\sum_{k\in K} c^{kp}s^{kpt} \tag{4.1}$$

Subject to

$$\sum_{m\in M}\sum_{k\in K}\delta_l^m w^{km}x^{km} + \sum_{k\in K} w^k y_l^k \le DWT_l \qquad \forall l\in L \tag{4.2}$$

$$\sum_{m\in M}\sum_{k\in K}\eta^k\delta_l^m x^{km} + \sum_{k\in K}\eta^k y_l^k \le N_l \qquad \forall l\in L \tag{4.3}$$

$$\sum_{m\in M}\delta_l^m x^{km} \le N_l^k \qquad \forall l\in L, \forall k\in K' \tag{4.4}$$

$$\sum_{l\in L}\lambda_l^{pt} y_l^k + s^{kpt} \ge Y^{kpt} \qquad \forall k\in K, \forall p\in P, \forall t\in T \tag{4.5}$$

$$x^{km} \ge l^{km} \qquad \forall k\in K, \forall m\in M \tag{4.6}$$

$$x^{km} \le d^{km} \qquad \forall k\in K, \forall m\in M \tag{4.7}$$

$$x^{km} \ge 0 \qquad \forall k\in K, \forall m\in M \tag{4.8}$$

$$y_l^k \ge 0 \qquad \forall k\in K, \forall l\in L \tag{4.9}$$

$$s^{kpt} \ge 0 \qquad \forall k\in K, \forall p\in P, \forall t\in T \tag{4.10}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัตถุประสงค์ของแบบจำลอง (4.1) คือ เพื่อหารายได้ที่เกิดจากการขนส่งที่มากที่สุด โดยฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของแบบจำลองนี้ ได้แบ่งออกเป็น **3** ส่วน ซึ่งในส่วนที่ 1 $\sum_{m\in M}\sum_{k\in K} r^{km}x^{km}$ นั้นเป็นรายได้ สุทธิ จากการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ โดยส่วนที่ 2 $\sum_{l\in L}\sum_{k\in K} c_l^k y_l^k$ และส่วนที่ 3 $\sum_{t\in T}\sum_{p\in P}\sum_{k\in K} c^{kp}s^{kpt}$ เป็นต้นทุนในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์เปล่า จากสมการวัตถุประสงค์ของแบบจำลองจะพบว่าไม่มีส่วนของการคิดต้นทุนค่าบริหารจัดการ เพราะเรือมีลักษณะการเดินเรือที่วนซ้ำ อสมการเงื่อนไขที่ (4.2) เป็นเงื่อนไขควบคุมน้ำหนักบรรทุก อสมการเงื่อนไขที่ (4.3) เพื่อควบคุมขนาดบรรทุก อสมการเงื่อนไขที่ (4.4) เพื่อควบคุมขนาดบรรทุกของตู้คอนเทนเนอร์เย็น อสมการเงื่อนไขที่ (4.5) เพื่อควบคุมจำนวนการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์เปล่า อสมการเงื่อนไขที่ (4.6) เพื่อควบคุมปริมาณการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าจะต้อง มากกว่าปริมาณการส่งขั้นต่ำ อสมการเงื่อนไขที่ (4.7) เพื่อควบคุมปริมาณการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าจะต้องไม่เกินความต้องการในการขนส่งสินค้า อสมการเงื่อนไขที่ (4.8), (4.9) และ (4.10) เพื่อควบคุมว่าตัวแปรไม่เป็นค่าติดลบ

จากแบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แบบมาตรฐานจะพบว่าอสมการเงื่อนไขที่ (4.6) และ (4.7) เป็นอสมการเงื่อนไขที่มีจำนวนขึ้นกับจำนวนตลาด ซึ่งจำนวนตลาดจะมีรูปแบบการเพิ่มขึ้นแบบเอกซ์โปเนนเชียล ดังนั้นหากข้อมูลมีขนาดใหญ่จะทำให้แบบจำลองมีขนาดใหญ่ตามไปด้วย และจะมีผลต่อการใช้ทรัพยากร และเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหา ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอเสนอแบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าแบบเส้นทาง ซึ่งมีโครงสร้างของแบบจำลองที่กระชับกว่า และเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคนิคกำเนิดแถวเพื่อลดจำนวนอสมการเงื่อนไขชุดดังกล่าว

4.1.2 แบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แบบเส้นทาง (Key-Path Model)

หลักการของแบบจำลองแบบเส้นทาง คือ การมีตู้คอนเทนเนอร์อยู่บนเรืออยู่แล้ว ถ้าในกรณีที่ตู้คอนเทนเนอร์มีมากเกินกว่าความสามารถในการขนส่งของเรือ ก็จำเป็นที่จะต้องมีการนำตู้คอนเทนเนอร์ออกจากเรือ โดยการเลือกตู้คอนเทนเนอร์ออกจากเรือนั้นจะเลือกตู้คอนเทนเนอร์ที่ทำรายได้น้อยที่สุดออกจากเรือ ซึ่งจะต่างจากหลักการของแบบจำลอง การจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แบบมาตรฐาน ที่เป็นการเลือกตู้คอนเทนเนอร์ที่ทำรายได้มากที่สุดขึ้นเรือ โดยมี

วัตถุประสงค์เพื่อหากำไรสูงที่สุด รูปแบบการสร้างแบบจำลองแบบเส้นทางนี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากหากสามารถใช้งานร่วมกับเทคนิคการกำเนิดแถวในการแก้ปัญหา โดยสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการแก้ปัญหาของแบบจำลองได้ ซึ่งจะกล่าวถึงในส่วนถัดจากนี้

ผู้วิจัยขอนำเสนอตัวแปรเพิ่มเติม ดังนี้

z^{km} คือ เป็นจำนวนตู้คอนเทนเนอร์สินค้าประเภท k บนตลาด m ที่ถูกเลือกออกจากเรือ

$\tilde{R}$ คือ รายได้ทั้งหมดที่จะเกิดขึ้นเมื่อไม่มีข้อจำกัดใดๆ

$\widetilde{DWT}$ คือ น้ำหนักบรรทุกทั้งหมดที่จะเกิดขึ้นบนขาการเดินทางเมื่อไม่มีข้อจำกัดใดๆ

$\tilde{N}_l$ คือ ขนาดบรรทุกทั้งหมดที่จะเกิดขึ้นบนขาการเดินทางเมื่อไม่มีข้อจำกัดใดๆ

$\tilde{N}_l^k$ คือ ขนาดบรรทุกของตู้คอนเทนเนอร์เย็นทั้งหมดที่จะเกิดขึ้นบนขา การเดินทางเมื่อไม่มีข้อจำกัดใดๆ

$$x^{km} = d^{km} - z^{km} \tag{4.11}$$

$$\tilde{R} = \sum_{m \in M} \sum_{k \in K} r^{km} d^{km} \tag{4.12}$$

$$\widetilde{DWT}_l = \sum_{m \in M} \sum_{k \in K} \delta_l^m w^{km} d^{km} \tag{4.13}$$

$$\tilde{N}_l = \sum_{m \in M} \sum_{k \in K} \eta^k \delta_l^m d^{km} \tag{4.14}$$

$$\tilde{N}_l^k = \sum_{m \in M} \delta_l^m d^{km} \qquad \forall k \in K' \tag{4.15}$$

จากสมการที่ (4.11) ถึง (4.15) จะทำให้ผู้วิจัยสามารถพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แบบเส้นทางได้ ดังนี้

$$Min \qquad \tilde{z} = \sum_{m\in M}\sum_{k\in K} r^{km} z^{km} + \sum_{l\in L}\sum_{k\in K} c_l^k y_l^k + \sum_{t\in T}\sum_{p\in P}\sum_{k\in K} c^{kp} s^{kpt} \qquad (4.16)$$

Subject to

$$\sum_{m\in M}\sum_{k\in K} \delta_l^m w^{km} z^{km} - \sum_{k\in K} w^k y_l^k \geq D\tilde{W}T_l - DWT_l \qquad \forall l \in L \qquad (4.17)$$

$$\sum_{m\in M}\sum_{k\in K} \eta^k \delta_l^m z^{km} - \sum_{k\in K} \eta^k y_l^k \geq \tilde{N}_l - N_l \qquad \forall l \in L \qquad (4.18)$$

$$\sum_{m\in M} \delta_l^m z^{km} \geq \tilde{N}_l^k - N_l^k \qquad \forall l \in L, \forall k \in K' \qquad (4.19)$$

$$\sum_{l\in L} \lambda_l^{pt} y_l^k + s^{kpt} \geq Y^{kpt} \qquad \forall k \in K, \forall p \in P, \forall t \in T \qquad (4.20)$$

$$z^{km} \leq d^{km} - l^{km} \qquad \forall k \in K, \forall m \in M \qquad (4.21)$$

$$z^{km} \leq d^{km} \qquad \forall k \in K, \forall m \in M \qquad (4.22)$$

$$z^{km} \geq 0 \qquad \forall k \in K, \forall m \in M \qquad (4.23)$$

$$y_1^k \geq 0 \qquad \forall k \in K, \forall l \in L \qquad (4.24)$$

$$s^{kpt} \geq 0 \qquad \forall k \in K, \forall p \in P, \forall t \in T \qquad (4.25)$$

โดยที่วัตถุประสงค์ ของแบบจำลองนี้ จะเปลี่ยนจากการหากำไรสูงสุดเป็นการหาต้นทุน ที่ต่ำสุดโดยต้นทุนจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 $\sum_{m\in M}\sum_{k\in K} r^{km} z^{km}$ เป็นต้นทุนจากการที่ต้องเอาตู้คอนเทนเนอร์ที่เกินความสามารถในการให้บริการขนส่งออกจากเรือ ส่วนที่ 2 $\sum_{l\in L}\sum_{k\in K} c_l^k y_l^k$ และส่วนที่ 3 $\sum_{t\in T}\sum_{p\in P}\sum_{k\in K} c^{kp} s^{kpt}$ เป็นต้นทุนในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์เปล่า จากสมการวัตถุประสงค์ของแบบจำลองจะพบว่าไม่มีส่วนของการคิดต้นทุนค่าบริหารจัดการ เพราะเรือมีลักษณะการเดินเรือที่วนซ้ำซึ่งอสมการเงื่อนไขที่ (4.17), (4.18)และ (4.19) จะมีการประยุกต์อสมการที่ (4.13), (4.14)และ (4.15) เข้าไปที่ฝั่งขวาของแต่ละอสมการเงื่อนไขตามลำดับ โดยฝั่งขวาของอสมการเงื่อนไขที่ (4.17) จะกลายเป็นน้ำหนักบรรทุกบนขาการเดินทางหักออกจากน้ำหนักบรรทุกทั้งหมดที่จะเกิดขึ้นเมื่อไม่มีเงื่อนไขใดๆ และอสมการเงื่อนไขที่ (4.18) และ (4.19) ก็จะกลายเป็นขนาด

บรรทุกทั้งหมดบนขาการเดินทางหักออกจากขนาดบรรทุกทั้งหมดที่จะเกิดขึ้นเมื่อไม่มีเงื่อนไขใดๆ สำหรับตู้คอนเทนเนอร์ทุกประเภท และตู้คอนเทนเนอร์เย็นตามลำดับ และอสมการเงื่อนไขที่ (4.21) จะกลายเป็นการควบคุมขนาดบรรทุกที่จะทำการดึงออก แต่สำหรับอสมการเงื่อนไขอื่นที่เหลือจะยังคงเดิม

จากอสมการเงื่อนไขที่ (4.21) และ (4.22) จะพบทั้ง 2 อสมการนี้จะมีส่วนที่ซ้อนทับกันอยู่ โดยที่อสมการเงื่อนไขที่ (4.21) นั้นครอบคลุมเงื่อนไขของอสมการเงื่อนไขที่ (4.22) ได้ด้วย ทำให้แบบจำลองที่ผู้วิจัยนำเสนอนี้ไม่จำเป็นต้องมีอสมการเงื่อนไขที่ (4.22) ในอสมการเงื่อนไขแบบจำลอง ดังนั้นแบบจำลองที่ผู้วิจัยนำเสนอจะมีขนาดของแบบจำลองเล็กกว่าแบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ที่มีสมการวัตถุประสงค์เป็นการหารายได้มากที่สุดที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

จากต้นทุนทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากสมการวัตถุประสงค์ จะสามารถนำต้นทุนดังกล่าวมาหากำไรสุทธิได้จากสมการเงื่อนไขที่ (4.26) ดังนี้

$$z = \tilde{R} - \tilde{z} \tag{4.26}$$

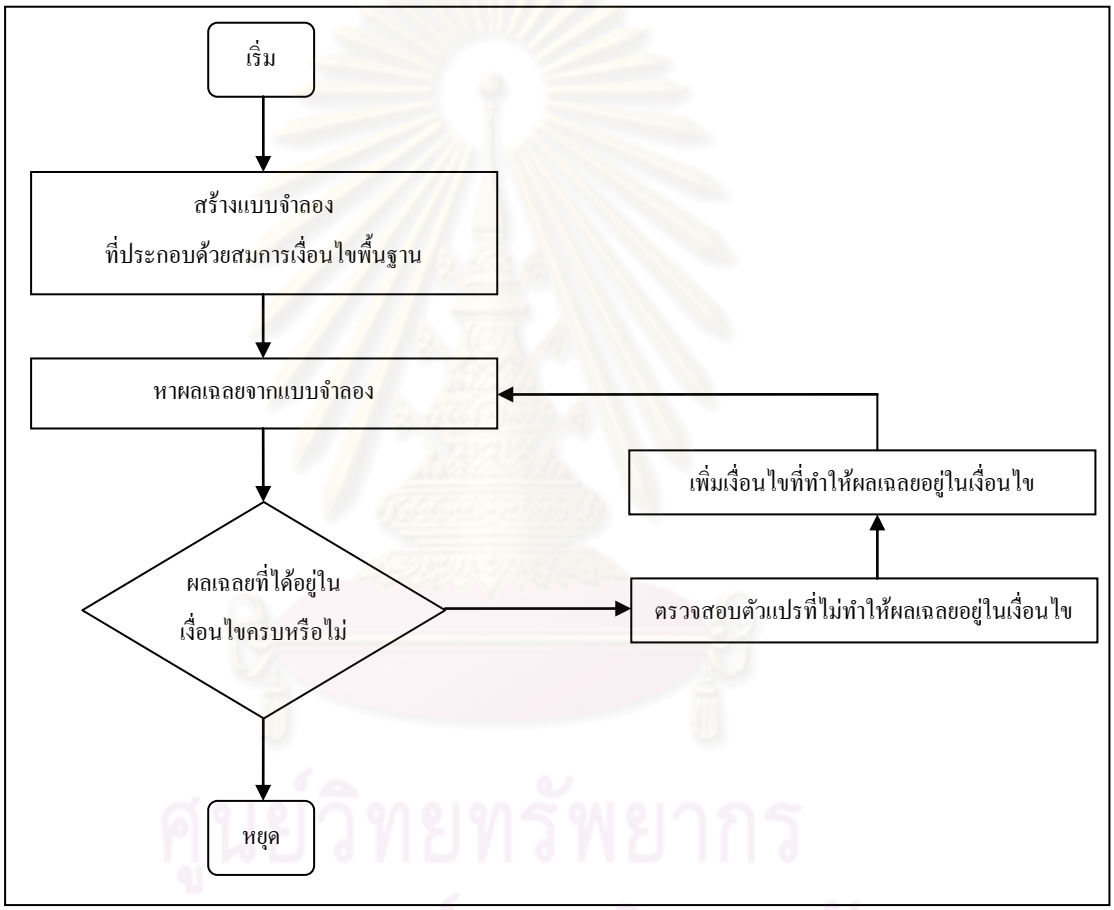
4.2 การแก้ปัญหาด้วยวิธีหาผลเฉลยที่ดีที่สุด (Exact Solution Method)

วิธีการหาผลเฉลยที่ดีที่สุดนี้จำเป็นต้องใช้ซอฟแวร์การหาผลเฉลยที่ดีที่สุด (Optimization Software) ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับการแก้ปัญหาการหาผลเฉลยที่ดีที่สุด โดยงานวิจัยชิ้นนี้จะ ทำแบบการใช้ไลบรารีที่เรียกใช้ได้ (Callable Library) ซึ่งเป็นการสร้างโปรแกรมเฉพาะของปัญหาเนื่องจากเป็นปัญหาขนาดใหญ่ยากแก่การป้อนข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์โดยตรงด้วยมือ และใช้ซอฟแวร์การหาผลเฉลยที่ดีที่สุด ILOG CPLEX เป็นเครื่องมือสำหรับการแก้ปัญหาการหาผลเฉลยที่ดีที่สุด

อย่างไรก็ดี ปัญหาของงานวิจัยชิ้นนี้เป็นการแก้ปัญหาด้วยกำหนดการเชิงจำนวนจริง (Linear Programming: LP) ซึ่งปัญหาที่เราทำนั้นมีขนาดค่อนข้างใหญ่ ดังนั้นการแก้ปัญหาแบบจำลองขนาดใหญ่จะใช้เวลาในการหาผลเฉลยที่นาน จากการที่เราได้พัฒนาแบบจำลองแบบเป็นแบบเส้นทาง (Key-Path) ขึ้นมา ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงเสนอการใช้เทคนิคการกำเนิดแถวร่วมกับแบบจำลองแบบเส้นทางเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา

4.3 การเพิ่มประสิทธิภาพการแก้ปัญหาด้วยวิธีการกำเนิดแถว (Row Generation)

เนื่องจากลักษณะของแบบจำลองเป็นแบบจำลองขนาดใหญ่ และมีอสมการเงื่อนไขหลายสมการที่ไม่จำเป็นต้องใส่ลงในแบบจำลองแต่ก็ให้ผลเฉลยเหมือนกับการใส่ทุกอสมการเงื่อนไขลงในแบบจำลอง ดังนี้ผู้วิจัยจึงพิจารณาใช้เทคนิคการกำเนิดแถวมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.2 ขั้นตอนเทคนิคการกำเนิดแถว

วิธีการแก้ปัญหาการหาผลเฉลยที่ดีที่สุดด้วยเทคนิคการกำเนิดแถวที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้มีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังนี้

1. สร้างแบบจำลองที่ประกอบด้วยอสมการเงื่อนไขพื้นฐาน
2. แก้ปัญหาเพื่อหาผลเฉลยจากแบบจำลอง
3. ตรวจสอบว่าผลเฉลยที่ได้อยู่ในเงื่อนไขครบหรือไม่

4. ถ้าผลเฉลยอยู่ในเงื่อนไขครบหมดแล้ว จะหยุดการทำงาน แต่หากยังมีผลเฉลยที่ละเมิดเงื่อนไขจะต้องทำการเพิ่มอสมการเงื่อนไขนั้นๆ ลงในแบบจำลอง และทำการแก้ปัญหาเพื่อหาผลเฉลยใหม่

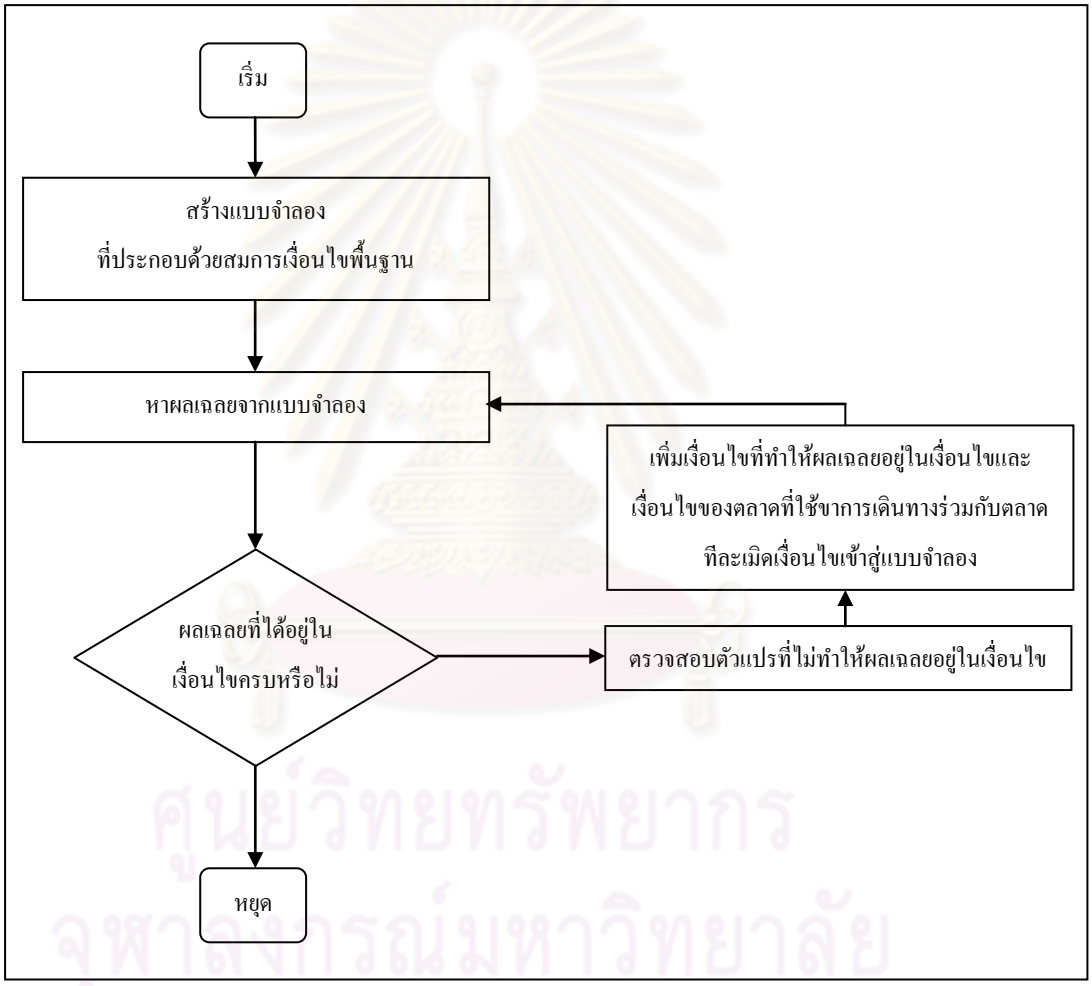
5. วนกลับไปที่ข้อ 3 และ 4 เพื่อตรวจสอบว่าผลเฉลยที่ได้อยู่ภายใต้เงื่อนไขครบหรือไม่ และเพิ่มอสมการเงื่อนไขที่ยังมีการฝ่าฝืนอยู่ลงในแบบจำลอง ทำจนกว่าจะไม่มีผลเฉลยใดฝ่าฝืนสมการเงื่อนไข จึงจะหยุด

จากเทคนิคการกำเนิดแถวที่กล่าวมา พบว่าหากผลเฉลยของตลาดใดมีการละเมิดอสมการเงื่อนไข หมายถึงขาการเดินทางที่ตลาดนั้นใช้ในการขนส่งนั้นมีการขนส่งเกินความสามารถในการให้บริการ จึงต้องมีการดึงตู้คอนเทนเนอร์ออกจากการขนส่ง ดังนั้นเมื่อมีการควบคุมไม่ให้ตลาดที่มีการดึงออกอยู่ในเงื่อนไขแล้ว จะทำให้ขาการเดินทางนั้นต้องไปดึงตู้คอนเทนเนอร์ที่ต้องการขนส่งออกจากตลาดอื่นแทน ซึ่งจะทำให้มีตลาดที่มีการดึงตู้คอนเทนเนอร์ออกจากการขนส่งใหม่มีโอกาสจะละเมิดสมการเงื่อนไข ทำให้ต้องมีการสร้างเงื่อนไขเพิ่มเข้าสู่แบบจำลองอีก ดังนั้นจะทำให้มีจำนวนรอบในการสร้างอสมการเงื่อนไขเข้าสู่แบบจำลองมีจำนวนมาก ซึ่งจะส่งผลถึงเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาจะมากตามไปด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอวิธีการสร้างอสมการเงื่อนไขกลับเข้าไปในแบบจำลองอีกแบบหนึ่ง ซึ่งจะเป็นการเพิ่มอสมการเงื่อนไขทั้งหมดที่มีความสัมพันธ์กับผลเฉลยที่ละเมิดอสมการเงื่อนไขในรอบแรก ทำให้จำนวนอสมการเงื่อนไขที่ใส่เข้าไปในแบบจำลองอาจมีจำนวนมากกว่าจำนวนอสมการเงื่อนไขที่จำเป็น ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยขอเรียกแทนเทคนิคการสร้างแถวแบบนี้ว่าเทคนิคการกำเนิดแถวแบบที่ 2 ซึ่งจะทำการสร้างอสมการเข้าสู่แบบจำลองในแต่ละรอบโดยมีขั้นตอนดังนี้

1. สร้างแบบจำลองที่ประกอบด้วยอสมการเงื่อนไขพื้นฐาน
2. แก้ปัญหาเพื่อหาผลเฉลยจากแบบจำลอง
3. ตรวจสอบว่าผลเฉลยที่ได้อยู่ในเงื่อนไขครบหรือไม่
4. ถ้าผลเฉลยอยู่ในเงื่อนไขครบหมดแล้ว จะหยุดการทำงาน แต่หากยังมีผลเฉลยที่ละเมิดเงื่อนไข จะต้องทำการเพิ่มอสมการเงื่อนไขนั้นๆ ลงในแบบจำลอง โดยการเพิ่มอสมการเงื่อนไขลงในแบบจำลองจะทำโดยตรวจสอบก่อนว่าผลเฉลยนั้นตัวที่ละเมิดเงื่อนไขมีการใช้ขาการเดินทาง

ร่วมกับตลาดใดบ้าง เราจะทำการเพิ่มอสมการเงื่อนไขของตลาดที่ใช้ขาการเดินทางร่วมกับตลาดที่มีการละเมิดเงื่อนไขทั้งหมดเข้าสู่แบบจำลอง และจึงทำการแก้ปัญหาเพื่อหาผลเฉลยใหม่

5. วนกลับไปที่ข้อ 3 และ 4 เพื่อตรวจสอบว่าผลเฉลยที่ได้อยู่ภายใต้ไขครบหรือไม่ และเพิ่มอสมการเงื่อนไขที่ยังมีการฝ่าฝืนอยู่ลงในแบบจำลอง ทำจนกว่าจะไม่มีผลเฉลยใดฝ่าฝืนสมการเงื่อนไข จึงจะหยุด



รูปที่ 4.3 ขั้นตอนเทคนิคการกำเนิดแถวแบบที่ 2

4.4 การจัดการรับจองระวาง

จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าทั้ง 2 รูปแบบที่ได้กล่าวมาข้างต้น จะพบว่าสมมติฐานของแบบจำลองทั้ง 2 แบบนั้น จะมีสมมติฐานที่ว่าความต้องการในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์มาพร้อมกันทั้งหมด แต่ในความเป็นจริงแล้วความ

ต้องการการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าไม่ได้มาพร้อมกันทั้งหมด งานวิจัยนี้จึงมีการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation) เพื่อจำลองการตัดสินใจในการรับจองระวางของสายเรือ จากที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 วิธีการรับจองระวางที่งานวิจัยนี้สนใจ คือ การรับจองระวางจากราคาประมูล (Bid Pricing) ซึ่งในส่วนนี้จะเป็นการทำแบบจำลองสถานการณ์ เพื่อเปรียบเทียบผลจากการรับจองระวาง ระหว่างแบบจำลอง ทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้า และผลการรับจองระวางจากแบบจำลองสถานการณ์

4.4.1 การรับจองระวางจากราคาประมูล (Bid Pricing)

จะรับจองระวางจากราคาประมูล มีหลักการคือ หากรายได้ที่เกิดจาก การรับจอง ระวางมากกว่าราคาประมู ล ซึ่งเทียบได้กับทฤษฎีออพติไมเซชัน (Optimization) คือเมื่อราคามากกว่าค่าใช้จ่ายที่ลดลง (Reduced Cost) จะทำการรับจองระวางนั้นทันที โดยจะพิจารณาคู่กับจำนวนระวางที่ยังเหลือว่างอยู่ในแต่ละขาการเดินทาง

การคำนวณหาราคาประมูลจะหาได้จากการแก้ปัญหาแบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ และนำราคาเงา (Shadow Price) ที่ได้จากอสมการเงื่อนไขนั้นมาทำการหาราคาประมูล

ราคาเงา หมายถึงมูลค่าของคำตอบ (Objective Function Value) ที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าด้านขวาของอสมการเงื่อนไข (Right Hand Side) 1 หน่วย

โดยผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรเพื่อแสดงราคาเงาของอสมการแต่ละชุด ดังนี้

π_l คือ ราคาเงาของอสมการเงื่อนไขชุดควบคุมจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ในการขนส่ง

σ_l คือ ราคาเงาของอสมการเงื่อนไขชุดควบคุมน้ำหนักบนเรือในการขนส่ง

μ_l คือ ราคาเงาของอสมการเงื่อนไขชุดควบคุมจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็นในการขนส่ง

α_l คือ ราคาเงาของอสมการเงื่อนไขชุดควบคุมจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ในการขนส่งขั้นต่ำ

β_l คือ ราคาเงาของอสมการเงื่อนไขชุดควบคุมจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ในการขนส่ง

ราคาประมูลที่คิดจากการแก้ปัญหาของแบบจำลองจะสนใจเพียงอสมการเงื่อนไขชุดที่ควบคุมน้ำหนักในการขนส่ง จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ในการขนส่ง และจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็นในการขนส่งเท่านั้นที่นำมาพิจารณาในการคิดราคาประมูล

กรณีที่การขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าบางตลาดที่มีการขนส่งโดยใช้ขาการเดินทางหลายขา ราคาประมูลจะได้จากผลรวมของราคาเงาของทุกขาการเดินทางที่ใช้ในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าสำหรับตลาดนั้นๆ

โดยที่เงื่อนไขในการรับจองตู้คอนเทนเนอร์ สินค้าจะมีการรับจองได้นั้นก็ต่อเมื่อตู้คอนเทนเนอร์ที่ทำการจองเข้าเงื่อนไขดังต่อไปนี้

4.4.1.1 การหาราคาประมูลจากแบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แบบมาตรฐาน

1. ราคาประมูลของการรับจองตู้คอนเทนเนอร์แบบธรรมดา

$$\bar{c}^{km} = r^{km} - \sum_{l \in L} \delta_{\mathrm{l}}^{\mathrm{m}} (\eta^k \pi_l + w^{km} \sigma_l) \tag{4.27}$$

สมการที่ (4.27) คือสมการของสมการของรายได้ที่เพิ่มขึ้น (Marginal Profit) ของแบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แบบมาตรฐานสำหรับตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา

จากทฤษฎีออพติไมเซชัน คือจะมีการรับจองก็ต่อเมื่อรายได้มากกว่าผลรวมของราคาเงา

$$\sum_{l \in L} \delta_{\mathrm{l}}^{\mathrm{m}} (\eta^k \pi_l + w^{km} \sigma_l) \tag{4.28}$$

โดยสมการ (4.28) คือผลรวมของราคาเงา หรือราคาประมูลสำหรับตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา ซึ่งรวมถึงตู้คอนเทนเนอร์แห้ง 20 ฟุต ตู้คอนเทนเนอร์แห้ง 40 ฟุต และตู้คอนเทนเนอร์สูงพิเศษ 40 ฟุต โดยที่ราคาประมูลสำหรับตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดานี้จะประกอบด้วยราคาเงาที่มาจากอสมการชุดควบคุมจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่ง และชุดอสมการควบคุมน้ำหนักที่ขนส่งบนเรือ

การรับจองระวางด้วยวิธีนี้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อ รายได้ที่เกิดจาก การรับจอง ระวางมากกว่าราคาประมูล

$$r^{km} > \sum_{l \in L} \delta_1^{\mathrm{m}} (\eta^k \pi_l + w^{km} \sigma_l) \qquad (4.28)$$

โดยในการรับจองระวางจะต้องพิจารณาทั้งราคาประมูลควบคู่ไปกับจำนวนระวางที่ยังเหลือว่างอยู่ในแต่ละขาการเดินทางด้วย

2. ราคาประมูลของการรับจองตู้คอนเทนเนอร์แบบเย็น

$$\bar{c}^{km} = r^{km} - \sum_{l \in L} \delta_1^{\mathrm{m}} (\eta^k \pi_l + w^{km} \sigma_l + \mu^{km}) \qquad (4.29)$$

สมการที่ (4.29) คือสมการของรายได้ที่เพิ่มขึ้น (Marginal Profit) ของแบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แบบมาตรฐานสำหรับตู้คอนเทนเนอร์เย็น

จากทฤษฎีออพติไมเซชัน คือจะมีการรับจองก็ต่อเมื่อรายได้มากกว่าผลรวมของราคาเงา

$$\sum_{l \in L} \delta_1^{\mathrm{m}} (\eta^k \pi_l + w^{km} \sigma_l + \mu^{km}) \qquad (4.30)$$

โดยสมการ (4.30) คือผลรวมของราคาเงา หรือราคาประมูลสำหรับตู้คอนเทนเนอร์เย็น โดยที่ราคาประมูลสำหรับตู้คอนเทนเนอร์เย็น ซึ่งจะประกอบด้วยราคาเงาที่มาจากอสมการชุดควบคุมจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่ง อสมการชุดควบคุมน้ำหนักที่ขนส่ง และอสมการชุดควบคุมจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็นบนเรือ

ซึ่งจะเห็นว่ามีการคิดราคาประมูลของการรับจอง ตู้คอนเทนเนอร์แบบเย็น จะมีการนำนำราคาเงาของอสมการเงื่อนไขชุดควบคุมจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็นบนเรือเข้ามาร่วมด้วย

การรับจองระวางด้วยวิธีนี้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อ รายได้ที่เกิดจาก การรับจอง ระวางมากกว่าราคาประมูล

$$r^{km} > \sum_{l \in L} \delta_1^{m} (\eta^k \pi_l + w^{km} \sigma_l + \mu^{km}) \qquad (4.31)$$

โดยในการรับจองระวางจะต้องพิจารณาทั้งราคาประมูลควบคู่ไปกับจำนวนระวางที่ยังเหลือว่างอยู่ในแต่ละขาการเดินทางด้วย

และราคาเงาที่ใช้จะต้องมีการปรับให้มีความทันสมัยอยู่เสมอ ในงานวิจัยนี้จะมีการรับจองระวางล่วงหน้าได้ 4 สัปดาห์ โดยจะมีการปรับค่าราคาเงาเป็นรายสัปดาห์สำหรับ 3 สัปดาห์แรก และปรับค่าราคาเงาเป็นรายวันสำหรับสัปดาห์สุดท้าย

การรับจองระวางมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) นำแบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์มาทำการหาผลเฉลย

2) นำราคาเงาที่ได้จากการแก้ปัญหาแบบจำลองมาคำนวณหาราคาประมูลสำหรับการรับจองระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ในแต่ละตลาด

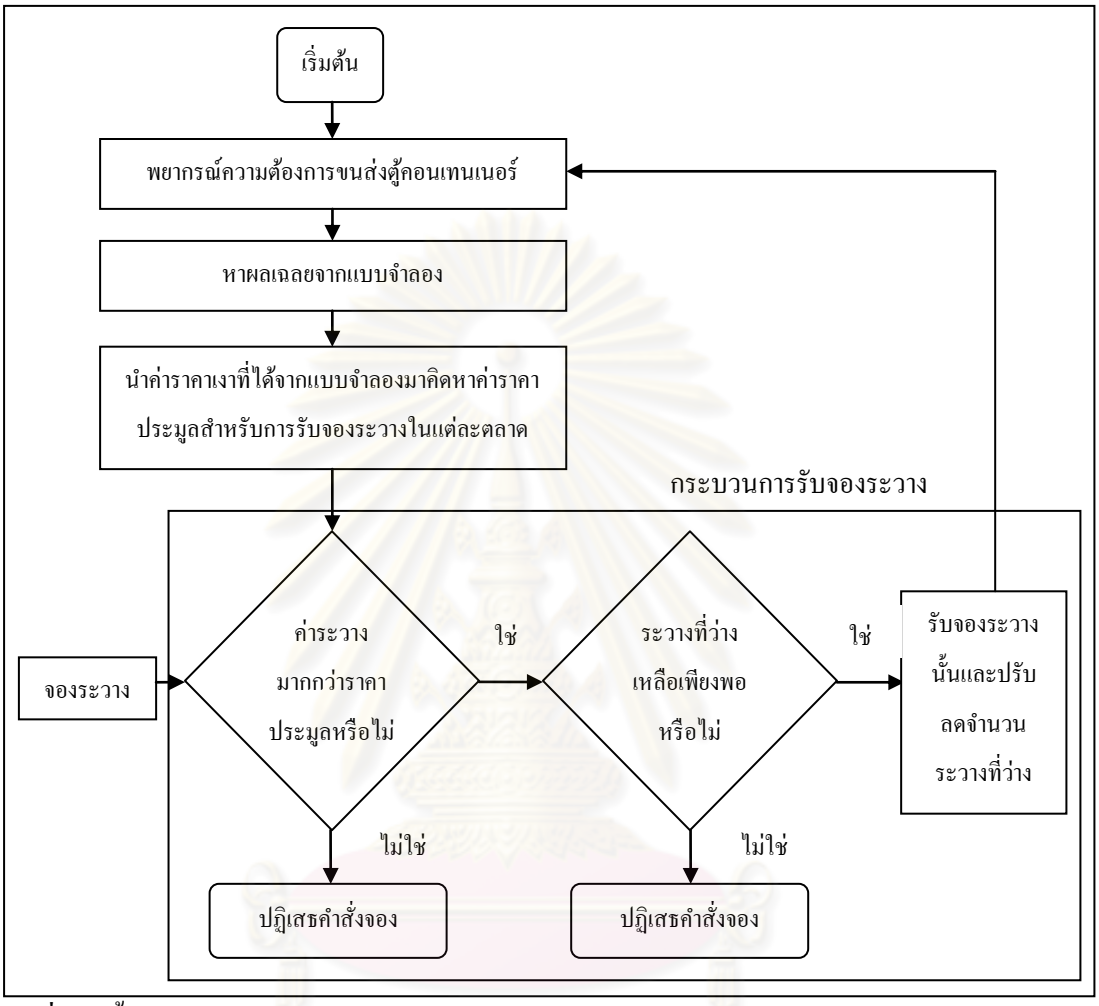
3) เมื่อมีคำสั่งจองระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์เข้ามา จะตรวจสอบว่าราคาค่าระวางของตู้คอนเทนเนอร์ที่ทำการจองเข้ามานั้นมีค่ามากกว่าราคาประมูลหรือไม่ หากราคาค่าระวางน้อยกว่าหรือเท่ากับราคาประมูล จะปฏิเสธคำสั่งจองนั้นทันที

4) หากราคาค่าระวางมากกว่าราคาประมูล จะตรวจสอบต่อว่ายังมีระวางที่ว่างเหลือเพียงพอหรือไม่ หากระวางที่ว่างเหลือไม่เพียงพอ จะทำการปฏิเสธคำสั่งจองนั้นทันที

5) หากระวางที่ว่างยังเหลือเพียงพอกับความต้องการการขนส่ง จะรับการจองระวางการขนส่งนั้น และระบบจะปรับลดจำนวนระวางที่ว่างลง

6) ทำการหาผลเฉลยด้วยแบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ใหม่ เพื่อปรับค่าราคาเงาให้มีความทันสมัย

ผู้วิจัยขอสรุปขั้นตอนการรับจองระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ เป็นผังงานดังนี้



รูปที่ 4.4 ขั้นตอนการรับจองระวางจากแบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แบบมาตรฐาน

4.4.1.2 การหาราคาประมูลจากแบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แบบเส้นทาง

1. ราคาประมูลของการรับจองตู้คอนเทนเนอร์แบบธรรมดา

$$\bar{c}^{km} = r^{km} - \sum_{l \in L} \delta_1^{\mathrm{m}} (\eta^k \pi_l + w^{km} \sigma_l) \qquad (4.32)$$

สมการที่ (4.32) คือสมการของค่าใช้จ่ายที่ลดลง (Reduced Cost) ของแบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แบบมาตรฐานสำหรับตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา

จากทฤษฎีออพติไมเซชัน คือจะมีการรับจองก็ต่อเมื่อรายได้น้อยกว่าผลรวมของราคาเงา ซึ่งเมื่อทำการตีความการตอบรับของตัวแปรดึงออก จะหมายถึงการปฏิเสธ ดังนั้นเมื่อรายได้น้อยกว่าผลรวมของราคาเงาจะทำการปฏิเสธการจองระวาง และทำการรับจองระวางก็ต่อเมื่อรายได้มากกว่าผลรวมของราคาเงา

$$\sum_{l \in L} \delta_1^{\mathrm{m}} (\eta^k \pi_l + w^{km} \sigma_l) \tag{4.33}$$

โดยสมการ (4.33) คือผลรวมของราคาเงา หรือราคาประมูลสำหรับตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา ซึ่งรวมถึงตู้คอนเทนเนอร์แห้ง 20 ฟุต ตู้คอนเทนเนอร์แห้ง 40 ฟุต และตู้คอนเทนเนอร์สูงพิเศษ 40 ฟุต โดยที่ราคาประมูลสำหรับตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดานี้จะประกอบด้วยราคาเงาที่มาจากอสมการชุดควบคุมจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่ง และชุดอสมการควบคุมน้ำหนักที่ขนส่งบนเรือ

ดังนั้นการรับจองระวางจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อ รายได้ที่เกิดจาก การรับจอง ระวางมากกว่า ราคาประมูล

$$r^{km} \quad > \quad \sum_{l \in L} \delta_1^{\mathrm{m}} (\eta^k \pi_l + w^{km} \sigma_l) \tag{4.34}$$

โดยในการรับจองระวางจะต้องพิจารณาทั้งราคาประมูลควบคู่ไปกับจำนวนระวางที่ยังเหลือว่างอยู่ในแต่ละขาการเดินทางด้วย

2. ราคาประมูลของการรับจองตู้คอนเทนเนอร์แบบเย็น

$$\bar{c}^{km} \quad = \quad r^{km} - \sum_{l \in L} \delta_1^{\mathrm{m}} (\eta^k \pi_l + w^{km} \sigma_l + \mu^{km}) \tag{4.35}$$

สมการที่ (4.32) คือสมการของค่าใช้จ่ายที่ลดลง (Reduced Cost) ของแบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แบบมาตรฐานสำหรับตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา

จากทฤษฎีออพติไมเซชัน คือจะมีการรับจองก็ต่อเมื่อรายได้น้อยกว่าผลรวมของราคาเงา ซึ่งเมื่อทำการตีความการตอบรับของตัวแปรดึงออก จะหมายถึงการปฏิเสธ ดังนั้นเมื่อรายได้น้อยกว่าผลรวมของราคาเงาจะทำการปฏิเสธการจองระวาง และทำการรับจองระวางก็ต่อเมื่อรายได้มากกว่าผลรวมของราคาเงา

$$\sum_{l \in L} \delta_{\mathrm{l}}^{\mathrm{m}} (\eta^{k} \pi_{l} + w^{km} \sigma_{l} + \mu^{km}) \tag{4.36}$$

โดยสมการ (4.36) คือผลรวมของราคาเงา หรือราคาประมูลสำหรับตู้คอนเทนเนอร์เย็น โดยที่ราคาประมูลสำหรับตู้คอนเทนเนอร์เย็น ซึ่งจะประกอบด้วยราคาเงาที่มาจากอสมการชุดควบคุมจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่ง อสมการชุดควบคุมน้ำหนักที่ขนส่ง และอสมการชุดควบคุมจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็นบนเรือ

ซึ่งจะเห็นว่ามีการคิดราคาประมูลของการรับจอง ตู้คอนเทนเนอร์แบบเย็น จะมีการนำนำราคาเงาของอสมการเงื่อนไขชุดควบคุมจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็นบนเรือเข้ามาร่วมด้วย

ดังนั้นการรับจองระวางจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อ รายได้ที่เกิดจาก การรับจอง ระวางมากกว่า ราคาประมูล

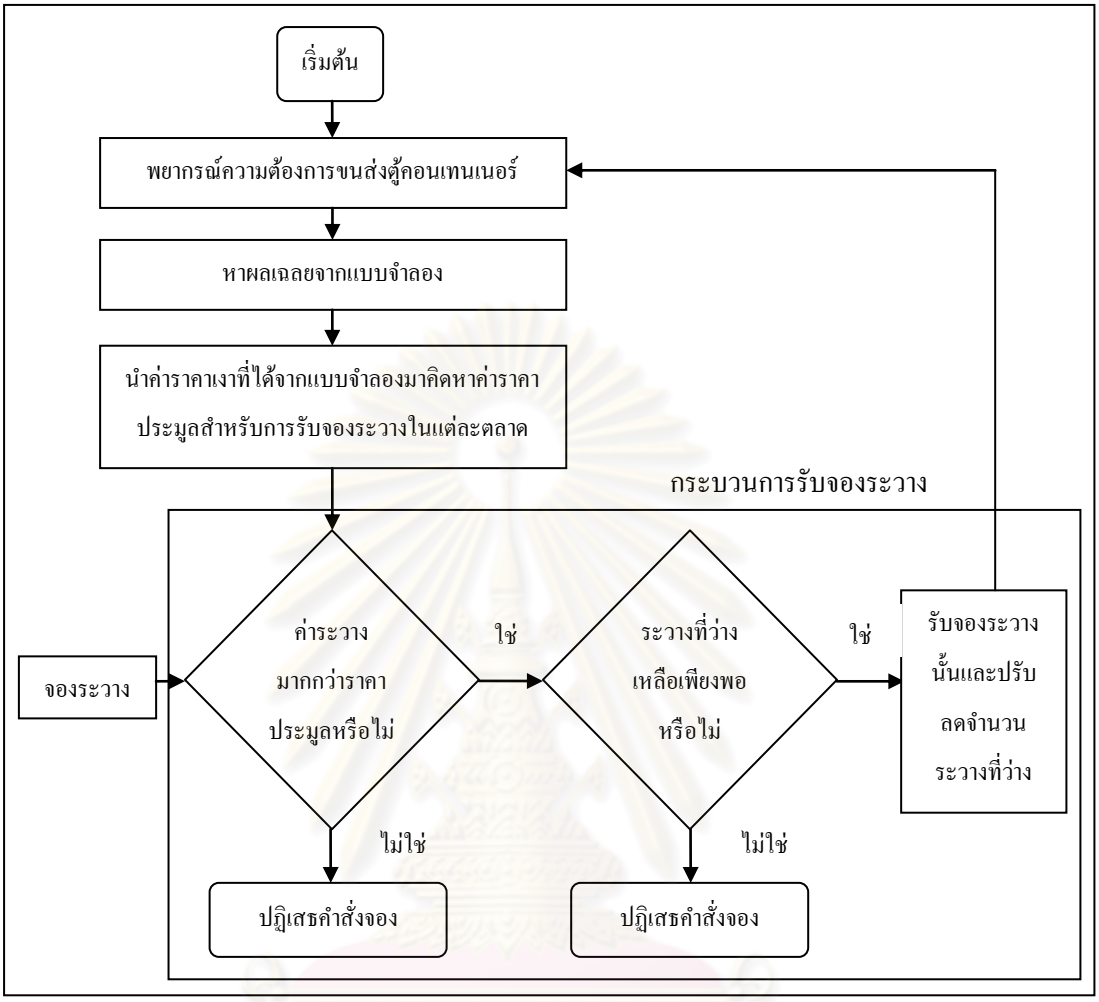
$$r^{km} \quad > \quad \sum_{l \in L} \delta_{\mathrm{l}}^{\mathrm{m}} (\eta^{k} \pi_{l} + w^{km} \sigma_{l} + \mu^{km}) \tag{4.37}$$

โดยในการรับจองระวางจะต้องพิจารณาทั้งราคาประมูลควบคู่ไปกับจำนวนระวางที่ยังเหลือว่างอยู่ในแต่ละขาการเดินทางด้วย

และราคาเงาที่ใช้จะต้องมีการปรับให้มีความทันสมัยอยู่เสมอ ในงานวิจัยนี้จะมีการรับจองระวางล่วงหน้าได้ 4 สัปดาห์ โดยจะมีการปรับค่าราคาเงาเป็นรายสัปดาห์สำหรับ 3 สัปดาห์แรก และปรับค่าราคาเงาเป็นรายวันสำหรับสัปดาห์สุดท้าย

การรับจองระวางมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.5 ขั้นตอนการรับจองระวางจากแบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แบบเส้นทาง

จากเงื่อนไขการใช้ราคาประมูลในการรับจองระวางจากแบบจำลองการจัดสรรระวางแบบมาตรฐาน และแบบจำลองการจัดสรรระวางแบบเส้นทาง จะเห็นว่าเงื่อนไขในการรับจองจากทั้ง 2 แบบจำลองนั้นมีเงื่อนไขที่เหมือนกัน คือจะรับจองเมื่อรายได้ที่จะได้รับจากการรับจองระวางมีค่ามากกว่าราคาประมูล

วิธีการในการปรับค่าราคาเงาให้มีความทันสมัย 2 วิธี

1) การปรับค่าราคาเงาตามช่วงเวลา (Periodic Review) เป็นการปรับค่าราคาเงาตามช่วงเวลาที่กำหนดไว้ ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในงานวิจัยนี้

2) การปรับค่าราคาเงาตามค่าคงที่ที่กำหนดไว้ (Constant Review) เป็นการปรับค่าราคาเงาเมื่อถึงจุดที่กำหนดไว้ โดยที่ไม่สนใจช่วงเวลา เช่น กำหนดว่าจะมีการปรับค่าราคาเงาเมื่อมีคำสั่งการจองระวางเข้ามาครบ 10 คำสั่ง หรือกำหนดว่าจะมีการปรับค่าราคาเงาเมื่อมีจำนวนการรับจองระวางครบร้อยละ 20 ของจำนวนระวางทั้งหมดที่ขาการเดินทางขนส่งได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

ผลการทดสอบ

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาที่ได้ศึกษาในงานวิจัยนี้ ได้ถูกนำมาทดสอบกับชุดปัญหาที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นโดยอ้างอิงจากข้อมูลจริงจากบริษัทอ้างอิง โดยที่ชุดปัญหาแต่ละชุดจะมีความแตกต่างกันในด้านขนาดของปัญหา และรายละเอียดของข้อมูล การทดสอบได้ใช้คอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยประมวลผล Intel Core™2 Duo ความเร็ว 1.66 GHz โดยมีหน่วยความจำ 2.5 GB และใช้ซอฟท์แวร์ Microsoft Visual Studio2010 ในการเขียนแอพพลิเคชันเพื่อเรียกไลบรารี ILOG CPLEX 12.1 มาใช้ในการแก้ปัญหา

การทดสอบในงานวิจัยชิ้นนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนของการทดสอบความสามารถของแบบจำลองการจัดสรรระวางในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น และส่วนที่สองจะเป็นส่วนของการนำแบบจำลองการจัดสรรระวางในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ที่ผู้วิจัยพัฒนามาทำการหาราคาประมูลเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในแบบจำลองสถานการณ์การรับจองระวาง ซึ่งจะนำผลการรับจองระวางที่ได้ไปเทียบกับผลจากการรับจองระวางจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์

5.1 รายละเอียดข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองการจัดสรรระวางในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์

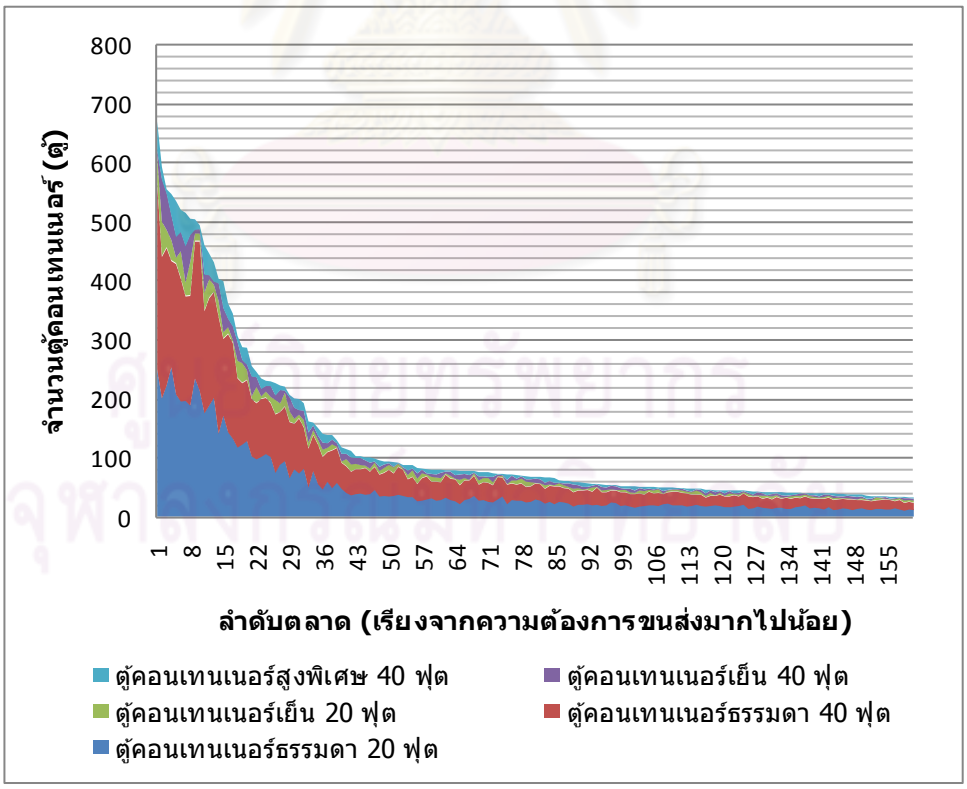
ข้อมูลที่นำมาใช้ในการทดสอบแบบจำลองนี้เป็นข้อมูลที่ประกอบด้วยความต้องการในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แต่ละประเภท และรายได้จากการขนส่งในแต่ละตลาด รวมไปถึงความสามารถในการให้บริการขนส่ง ความต้องการหรือความสามารถในการให้บริการตู้เปล่า โดยผู้วิจัยได้จำลองชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองทั้งหมด 7 ชุด โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 5.1 รายละเอียดความสามารถในการให้บริการขนส่งของเรือที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่ง

ความสามารถในการให้บริการ	ค่ามากสุด	ค่าน้อยสุด	ค่าเฉลี่ย
จำนวนตู้คอนเทนเนอร์	1,700	30	590
น้ำหนักบนเรือ	24,500	400	8,012
จำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็น	167	0	103

ตารางที่ 5.2 รายละเอียดของชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่ง

ชุดปัญหาที่	1	2	3	4	5	6	7
จำนวนตลาดที่รับขนส่ง	1,627	3,254	6,508	13,016	26,032	52,064	104,128
จำนวนขาการเดินทาง	151	302	604	1,208	2,416	4,832	9,664
จำนวนท่าเรือ	56	56	56	56	56	56	56



รูปที่ 5.1 การกระจายตัวของความต้องการในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แต่ละประเภท

5.2 ผลลัพธ์จากการทดสอบแบบจำลองการจัดสรรระวางในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์

งานวิจัยนี้ได้ทำการหาผลเฉลยจากแบบจำลองการจัดสรรระวางในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้า และตู้คอนเทนเนอร์เปล่า ในรูปแบบกำหนดการเชิงจำนวนจริง โดยมีรูปแบบของแบบจำลองที่ใช้ในการหาค่าผลเฉลย 4 รูปแบบ ดังนี้

1. แบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แบบมาตรฐาน
2. แบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แบบเส้นทาง
3. แบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แบบเส้นทางร่วมกับเทคนิคกำเนิดแถว
4. แบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แบบเส้นทางร่วมกับเทคนิคกำเนิดแถวแบบที่ 2

ผลเฉลยที่ได้จากการทดสอบแบบจำลองด้วยข้อมูลแต่ละชุด จะถูกนำมาวิเคราะห์ในประเด็นต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. จำนวนแถวและคอลัมภ์ที่ใช้ในการหาผลเฉลย
2. เวลาที่ใช้ในการหาผลเฉลย

5.2.1 จำนวนแถวและคอลัมภ์ที่ใช้ในการหาผลเฉลย

เมื่อนำข้อมูลทั้ง 7 ชุด มาทำการหาผลเฉลยด้วยแบบจำลองทั้ง 3 แบบ จะพบว่าแบบจำลองแต่ละรูปแบบจะมีการสร้างจำนวนแถวและจำนวนคอลัมภ์ต่างกัน ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.3 รายละเอียดของแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจากแบบจำลองแบบมาตรฐาน

ชุดปัญหา	จำนวนตลาดที่ให้บริการขนส่ง	จำนวนขาการเดินทาง	จำนวนท่าเรือ	จำนวนตัวแปร	จำนวนแถว
1	1,627	151	56	9,170	17,003
2	3,254	302	56	18,060	33,726
3	6,508	604	56	35,840	67,172
4	13,016	1,208	56	71,400	134,064
5	26,032	2,416	56	142,520	267,848
6	52,064	4,832	56	N/A	N/A
7	104,128	9,664	56	N/A	N/A

หมายเหตุ N/A แสดงถึงการหาค่าผลลัพธ์ไม่ได้เนื่องจากหน่วยความจำไม่เพียงพอ

จากตารางที่ 5.3 จะพบว่าแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจากสมการวัตถุประสงค์เพื่อการหารายได้มากที่สุด สามารถแก้ปัญหาเพื่อหาผลเฉลยได้ตั้งแต่ชุดปัญหาที่ 1 ถึงชุดปัญหาที่ 5 เท่านั้น และไม่สามารถแก้ปัญหาเพื่อหาผลเฉลยแก่ชุดปัญหาที่ 6 และ 7 ได้ เพราะหน่วยความจำไม่เพียงพอ

ตารางที่ 5.4 รายละเอียดของแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจากแบบจำลองแบบเส้นทาง

ชุดปัญหา	จำนวนตลาดที่ให้บริการขนส่ง	จำนวนขาการเดินทาง	จำนวนท่าเรือ	จำนวนตัวแปร	จำนวนแถว
1	1,627	151	56	9,170	8,868
2	3,254	302	56	18,060	17,456
3	6,508	604	56	35,840	34,632
4	13,016	1,208	56	71,400	68,984
5	26,032	2,416	56	142,520	137,688
6	52,064	4,832	56	284,760	275,096
7	104,128	9,664	56	N/A	N/A

หมายเหตุ N/A แสดงถึงการหาค่าผลลัพธ์ไม่ได้เนื่องจากหน่วยความจำไม่เพียงพอ

จากตารางที่ 5.4 จะพบว่าแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจากสมการวัตถุประสงค์เพื่อการหาต้นทุนน้อยที่สุด สามารถแก้ปัญหาเพื่อหาผลเฉลยได้ตั้งแต่ชุดปัญหาที่ 1 ถึงชุดปัญหาที่ 6 แต่ไม่สามารถแก้ปัญหาเพื่อหาผลเฉลยแก่ชุดปัญหาที่ 7 ได้ เพราะหน่วยความจำไม่เพียงพอ

ตารางที่ 5.5 รายละเอียดของแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจากแบบจำลองแบบเส้นทางร่วมกับเทคนิคกำเนิดแถว

ชุดปัญหา	จำนวนตลาดที่ให้บริการขนส่ง	จำนวนขาการเดินทาง	จำนวนท่าเรือ	จำนวนตัวแปร	จำนวนแถวที่ดึงออก	จำนวนแถวที่สร้างกลับ	ร้อยละของจำนวนแถวที่สร้างกลับ	จำนวนแถวทั้งหมด
1	1,627	151	56	9,170	8,135	31	0.38	764
2	3,254	302	56	18,060	16,270	95	0.58	1,281
3	6,508	604	56	35,840	32,540	168	0.52	2,260
4	13,016	1,208	56	71,400	65,080	270	0.41	4,174
5	26,032	2,416	56	142,520	130,160	453	0.35	7,981
6	52,064	4,832	56	284,760	260,320	815	0.31	15,591
7	104,128	9,664	56	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

หมายเหตุ N/A แสดงถึงการหาค่าผลลัพธ์ไม่ได้เนื่องจากหน่วยความจำไม่เพียงพอ

จากตารางที่ 5.5 จะพบว่าแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจากสมการวัตถุประสงค์เพื่อการหาต้นทุนน้อยที่สุดร่วมกับเทคนิคกำเนิดแถวสามารถแก้ปัญหาเพื่อหาผลเฉลยได้ตั้งแต่ชุดปัญหาที่ 1 ถึงชุดปัญหาที่ 6 แต่ไม่สามารถแก้ปัญหาเพื่อหาผลเฉลยแก่ชุดปัญหาที่ 7 ได้ เพราะหน่วยความจำไม่เพียงพอ

จะพบว่าจำนวนแถวที่สร้างกลับขึ้นมามีจำนวนน้อยมาก นั่นหมายความว่าแบบจำลองรูปแบบอื่นที่ไม่ได้ใช้เทคนิคกำเนิดแถวจะมีการสร้างจำนวนเงื่อนไขในแบบจำลองที่มากเกินความจำเป็นไปมาก

ตารางที่ 5.6 รายละเอียดของแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจากแบบจำลองแบบเส้นทางร่วมกับเทคนิคกำเนิดแถวแบบที่ 2

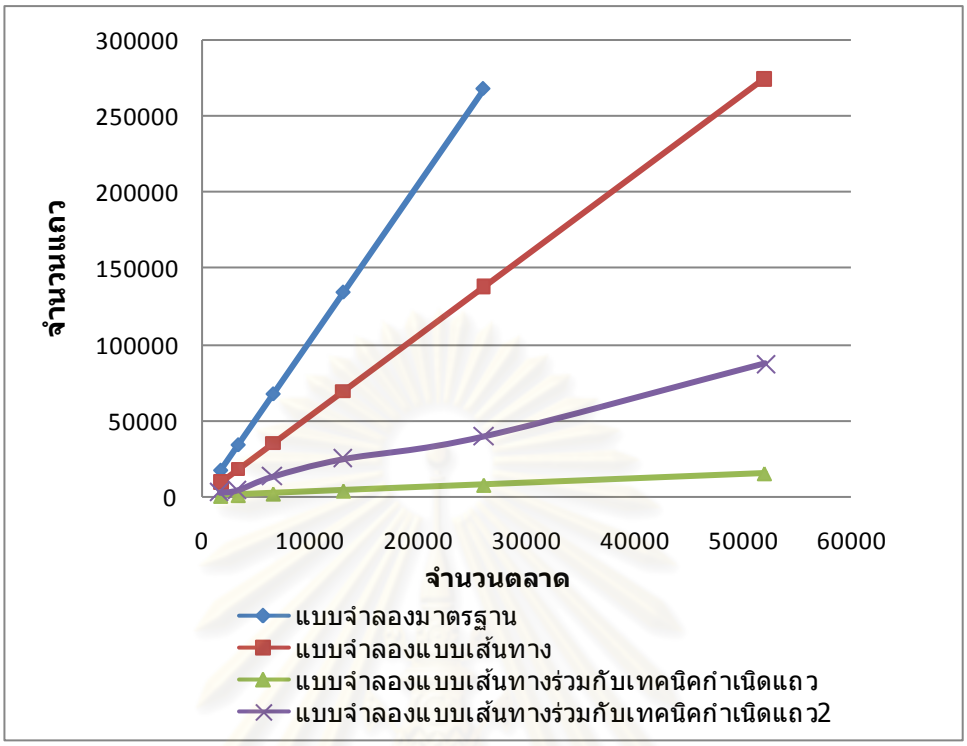
ชุดปัญหา	จำนวนตลาดที่ให้บริการขนส่ง	จำนวนขาการเดินทาง	จำนวนท่าเรือ	จำนวนตัวแปร	จำนวนแถวที่ดึงออก	จำนวนแถวที่สร้างกลับ	ร้อยละของจำนวนแถวที่สร้างกลับ	จำนวนแถวทั้งหมด
1	1,627	151	56	9,170	8,135	2,010	24.71	2,743
2	3,254	302	56	18,060	16,270	3,115	19.15	4,301
3	6,508	604	56	35,840	32,540	11,095	34.10	13,187
4	13,016	1,208	56	71,400	65,080	20,710	31.82	24,614
5	26,032	2,416	56	142,520	130,160	31,940	24.54	39,468
6	52,064	4,832	56	284,760	260,320	72,460	27.83	87,236
7	104,128	9,664	56	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

หมายเหตุ N/A แสดงถึงการหาค่าผลลัพธ์ไม่ได้เนื่องจากหน่วยความจำไม่เพียงพอ

จากตารางที่ 5.6 จะพบว่าแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจากสมการวัตถุประสงค์เพื่อการหาต้นทุนน้อยที่สุดร่วมกับเทคนิคกำเนิดแถวสามารถแก้ปัญหาเพื่อหาผลเฉลยได้ตั้งแต่ชุดปัญหาที่ 1 ถึงชุดปัญหาที่ 6 แต่ไม่สามารถแก้ปัญหาเพื่อหาผลเฉลยแก่ชุดปัญหาที่ 7 ได้ เพราะหน่วยความจำไม่เพียงพอ

จากตารางที่ 5.3 5.4 5.5 และ 5.6 จะพบว่าแบบจำลองทั้ง 4 แบบนั้นจะให้จำนวนแถวที่ต่างกัน ซึ่งจะแสดงการเปรียบเทียบจำนวนแถวระหว่างแบบจำลองทั้ง 4 แบบ ดังกราฟรูปที่ 5.2

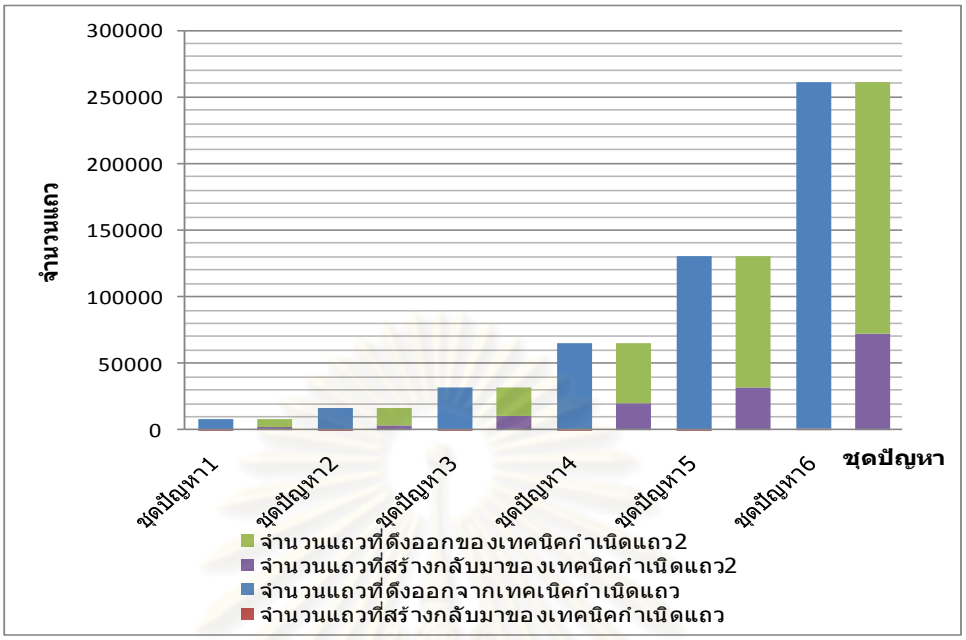
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ของจำนวนแถวและชุดปัญหาจากแบบจำลองทั้ง 4 รูปแบบ

จากรูปที่ 5.2 จะพบว่าจำนวนแถวในแต่ละแบบจำลองและแต่ละชุดปัญหาจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วยสัดส่วนค่อนข้างคงที่แบบเส้นตรง ซึ่งจะพบว่าจำนวนแถวจากแบบจำลองมาตรฐานจะมีจำนวนมากที่สุด และจะแบบจำลองนี้จะแก้ปัญหาได้เพียงแค่ชุดปัญหาที่ 1 ถึงชุดปัญหาที่ 5 ซึ่งแบบจำลองแบบเส้นทางทั้ง 3 แบบ จะสามารถแก้ปัญหาได้ถึงชุดปัญหาที่ 6

ซึ่งหากพิจารณาแบบจำลองแบบเส้นทางทั้ง 3 แบบ จะพบว่าแบบจำลองแบบเส้นทางร่วมกับเทคนิคกำเนิดแถวจะมีจำนวนแถวน้อยที่สุด ตามมาด้วยแบบจำลองแบบเส้นทางร่วมกับเทคนิคกำเนิดแถวแบบที่ 2 และแบบจำลองแบบเส้นทางตามลำดับ โดยที่จำนวนแถวที่เกิดจากการแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองแบบเส้นทางร่วมกับเทคนิคกำเนิดแถวทั้ง 2 แบบนั้น สามารถที่จะลดขนาดของแบบจำลองได้จริง และลดขนาดของแบบจำลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่เทคนิคกำเนิดแถวจะสร้างจำนวนแถวกลับขึ้นมาน้อยกว่าเทคนิคกำเนิดแถวแบบที่ 2 ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 5.2



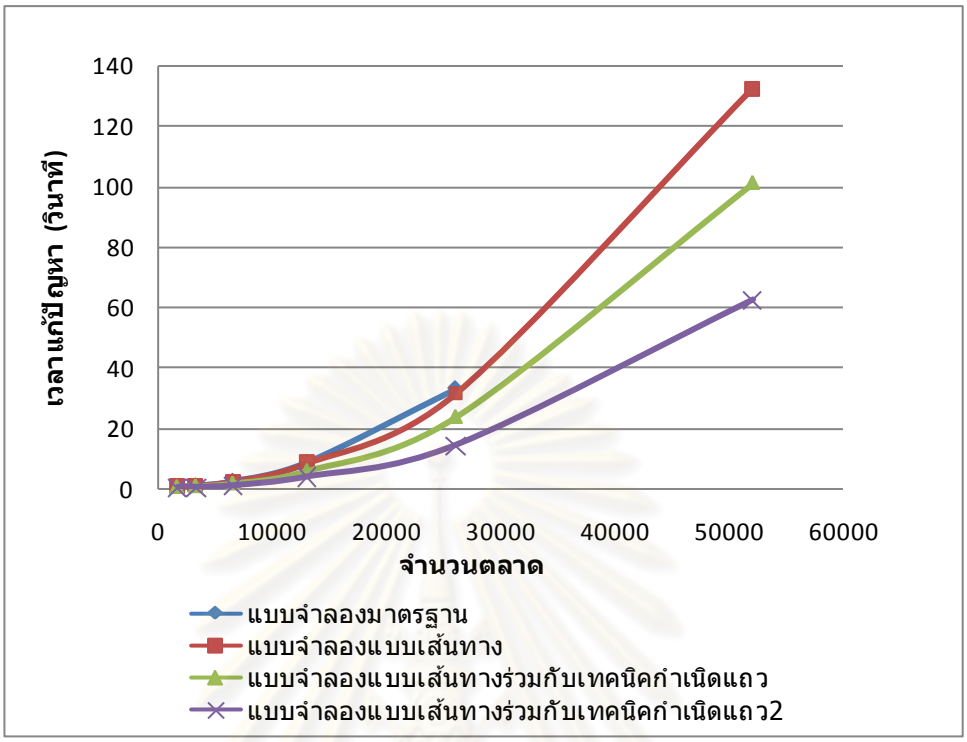
รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนแถวที่ดึงออกและสร้างกลับของเทคนิคกำเนิดแถวทั้ง 2 แบบ

5.2.2 เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาหาผลเฉลย

ตารางที่ 5.7 เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาของแบบจำลองทั้ง 4 แบบ

	เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหา (วินาที)			
ชุดปัญหา	แบบจำลองมาตรฐาน	แบบจำลองแบบเส้นทาง	แบบจำลองแบบเส้นทางร่วมกับเทคนิคกำเนิดแถว	แบบจำลองแบบเส้นทางร่วมกับเทคนิคกำเนิดแถวแบบที่ 2
1	0.266	0.266	0.235	0.265
2	0.702	0.671	0.484	0.25
3	2.215	2.046	1.390	0.78
4	8.533	8.174	5.589	3.682
5	32.885	31.334	23.489	14.194
6	N/A	132.757	101.216	62.216
7	N/A	N/A	N/A	N/A

หมายเหตุ N/A แสดงถึงการหาค่าผลลัพธ์ไม่ได้เนื่องจากหน่วยความจำไม่เพียงพอ



รูปที่ 5.4 ความสัมพันธ์ของเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาของชุดปัญหาแต่ละชุดจากแบบจำลองทั้ง 4 รูปแบบ

จากรูปที่ 5.4 ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ของเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหา ของชุดปัญหาแต่ละชุดระหว่างแบบจำลองทั้ง 4 รูปแบบ จากกราฟจะเห็นว่าแบบจำลองมาตรฐานจะสามารถแก้ปัญหาได้ถึงชุดปัญหาที่ 5 เท่านั้น ในขณะที่แบบจำลองแบบเส้นทางอีก 3 รูปแบบ สามารถแก้ปัญหาได้ถึงชุดปัญหาที่ 6 และ แสดงให้เห็นว่าเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาของ แบบจำลองมาตรฐานจะใช้เวลามากที่สุด โดยที่จะใช้เวลาในการแก้ปัญหาใกล้เคียงกับเวลาในการแก้ปัญหาของแบบจำลองแบบเส้นทางโดยจะสูงกว่าเล็กน้อย ส่วนเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาของแบบจำลองแบบเส้นทางร่วมกับเทคนิคกำเนิดแถวทั้ง 2 แบบนั้น จะใช้เวลาในการแก้ปัญหาน้อยกว่าแบบจำลองมาตรฐานและแบบจำลองแบบเส้นทางที่ไม่ได้ใช้เทคนิคกำเนิดแถว

ถึงแม้ว่าแบบจำลองแบบเส้นทางร่วมกับเทคนิคกำเนิดแถวจะมีจำนวนแถวที่สร้างกลับมาน้อยกว่าแบบจำลองแบบเส้นทางร่วมกับเทคนิคกำเนิดแถวแบบที่ 2 แต่เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหากลับสูงกว่า สาเหตุมาจากเทคนิคกำเนิดแถวจะมีการสร้างแถวที่ละเมิดเงื่อนไขเท่านั้นเพื่อกลับเข้าสู่แบบจำลอง ดังนั้นเมื่อขาการเดินทางใดๆ ที่ตลาดที่มีการขนส่งในขานั้นมีการดึงออก หมายถึงขา

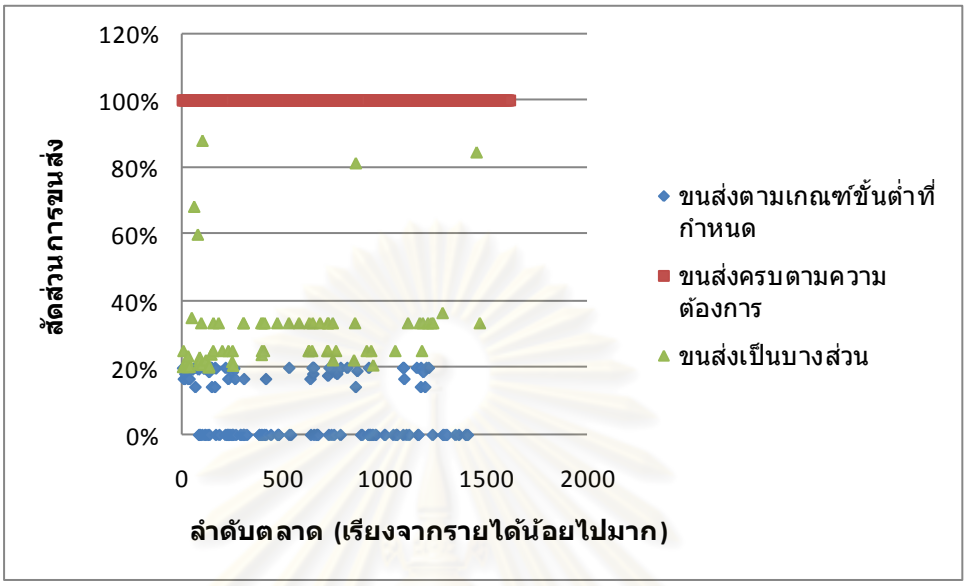
การเดินทางนั้นมีการขนส่งเต็มจำนวน หากผลเฉลยจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ทำการดึงออกละเมิดเงื่อนไข ดังนั้นจะต้องมีการเพิ่มเงื่อนไขเพื่อควบคุมเงื่อนไขที่ละเมิดนี้เข้าสู่แบบจำลอง ทำให้ขาการเดินทางนี้มีความต้องการขนส่งมากเกินความสามารถในการขนส่งของขาการเดินทาง จึงต้องมีการดึงตู้คอนเทนเนอร์ของตลาดอื่นออกจากการขนส่งแทน ทำให้มีโอกาสที่จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ดึงออกในตลาดนี้จะละเมิดเงื่อนไข และมีการสร้างเงื่อนไขเพิ่มกลับเข้าสู่แบบจำลองอีก เมื่อมีจำนวนรอบในการสร้างเงื่อนไขกลับเข้าสู่แบบจำลองเป็นจำนวนมากจึงทำให้เสียเวลาในการแก้ปัญหาเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะต่างจากเทคนิคกำเนิดแถวแบบที่ 2 ที่เมื่อพบผลเฉลยที่ละเมิดเงื่อนไขแล้ว จะทำการเพิ่มเงื่อนไขสำหรับทุกตลาดที่ใช้ขาการเดินทางร่วมกับตลาดที่มีผลเฉลยละเมิดเงื่อนไข วิธีนี้จะสามารถลดจำนวนรอบในการสร้างเงื่อนไขเข้าสู่แบบจำลองได้ แต่ก็มีโอกาสที่จะสร้างเงื่อนไขเข้าสู่แบบจำลองมากเกินความจำเป็น

5.2.3 รูปแบบของผลเฉลย

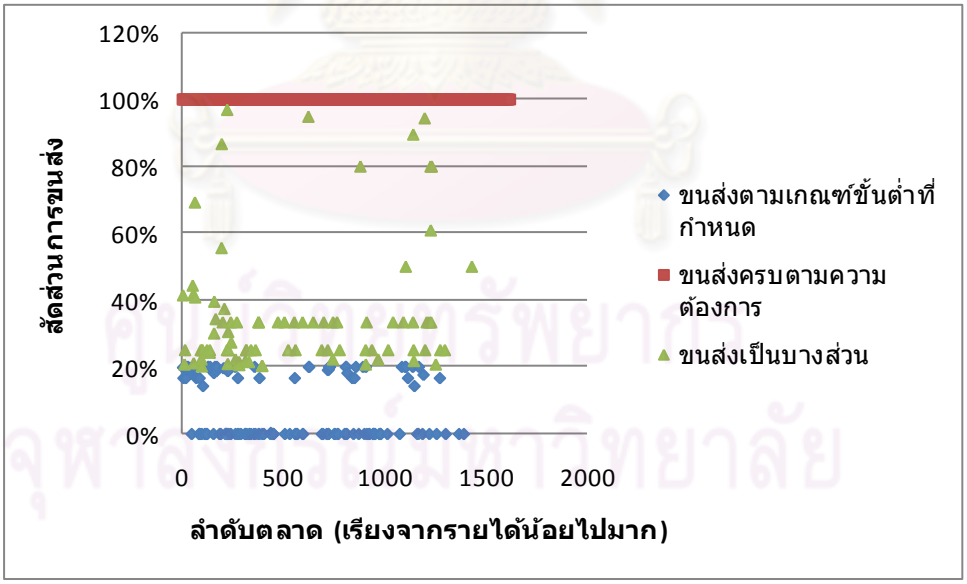
ผลเฉลยที่ได้จากแบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ทั้ง 4 รูปแบบนั้นเหมือนกัน ดังนั้นลักษณะการจัดสรรระวางในการขนส่ง จะเหมือนกัน โดแต่ละประเภทของตู้คอนเทนเนอร์ก็มีรูปแบบของผลเฉลยที่ คล้ายกัน ในที่นี้จะมีการนำเสนอรูปแบบของผลเฉลยเพียง 6 ชุดปัญหาเท่านั้น เพราะชุดปัญหาที่ 7 ไม่สามารถแก้ปัญหาได้เนื่องจากหน่วยความจำไม่เพียงพอ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

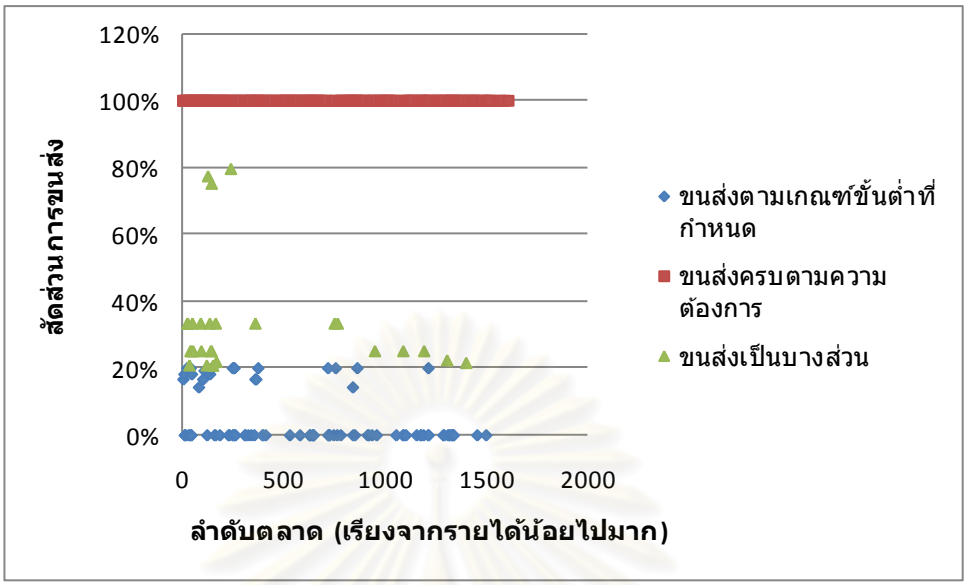
1) รูปแบบผลเฉลยของชุดปัญหาที่ 1



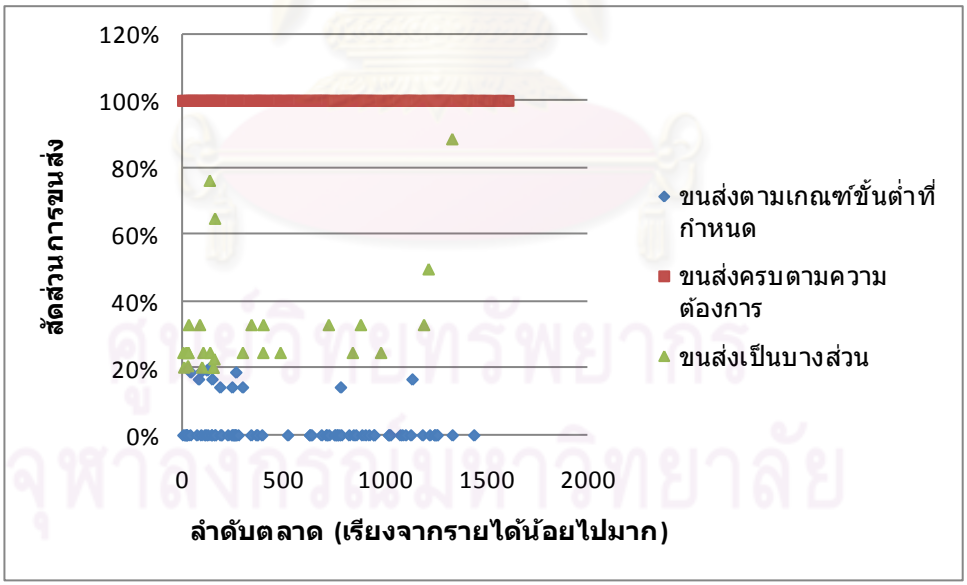
รูปที่ 5.5 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 1



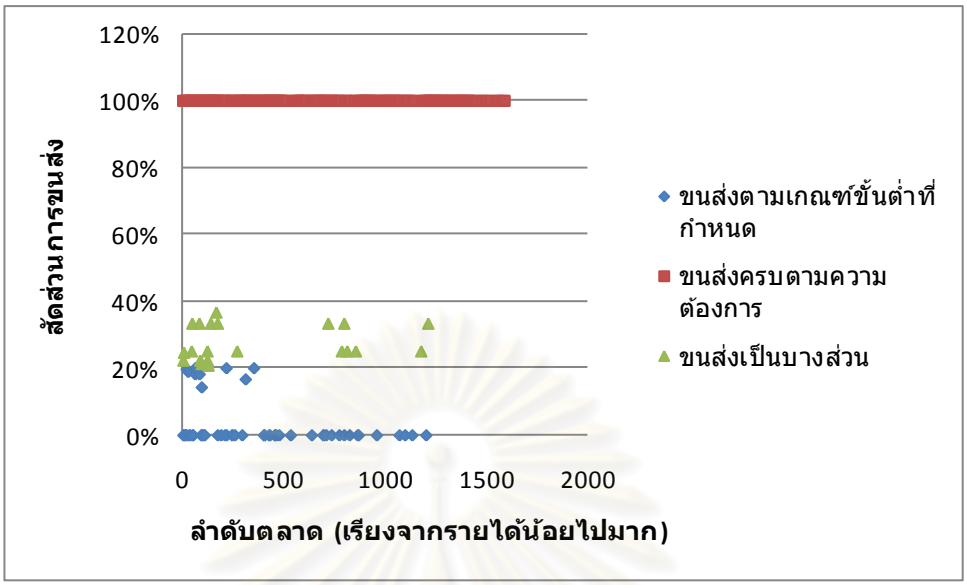
รูปที่ 5.6 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 1



รูปที่ 5.7 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็น 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 1

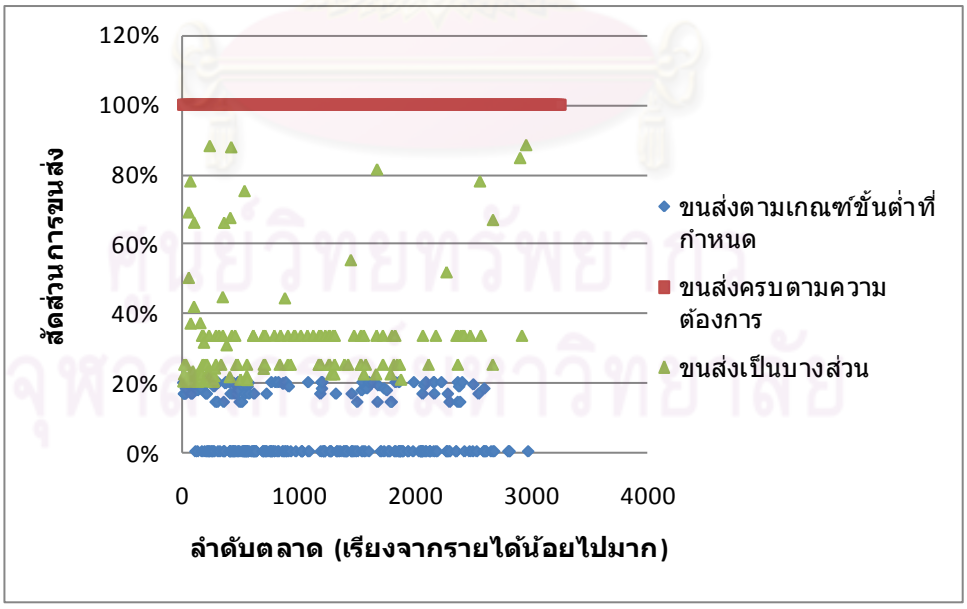


รูปที่ 5.8 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็น 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 1

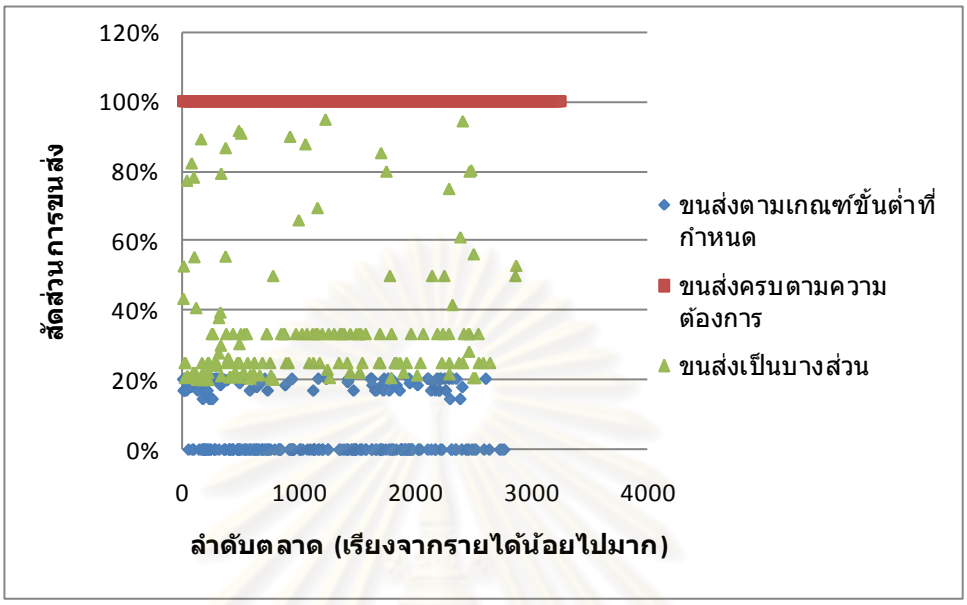


รูปที่ 5.9 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์สูงพิเศษ 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 1

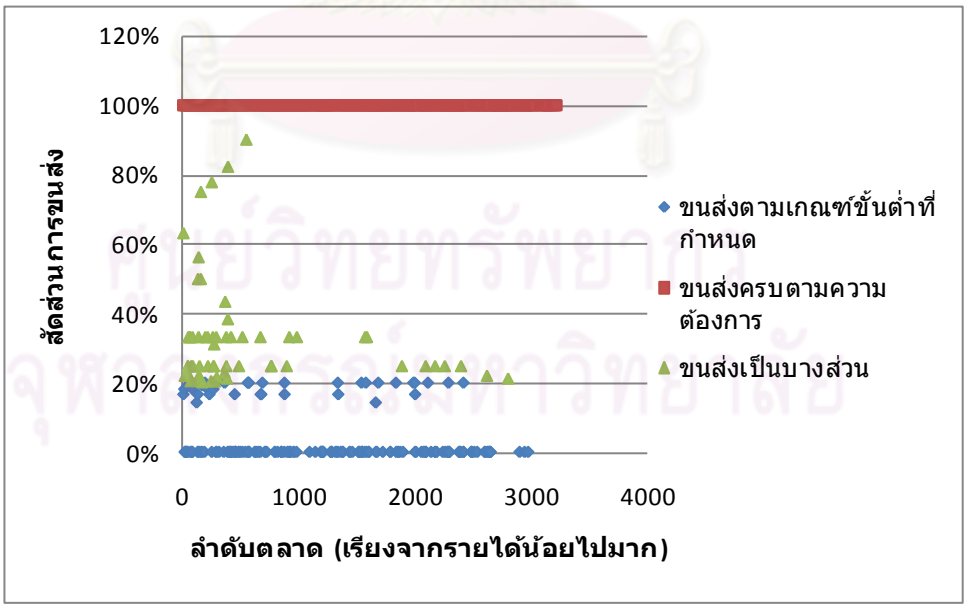
2) รูปแบบผลเฉลยของชุดปัญหาที่ 2



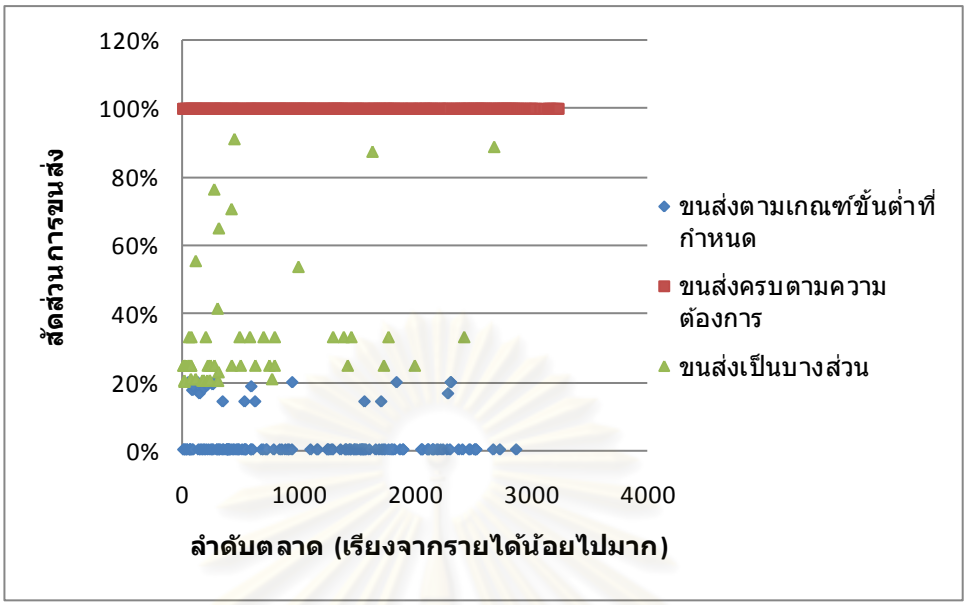
รูปที่ 5.10 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 2



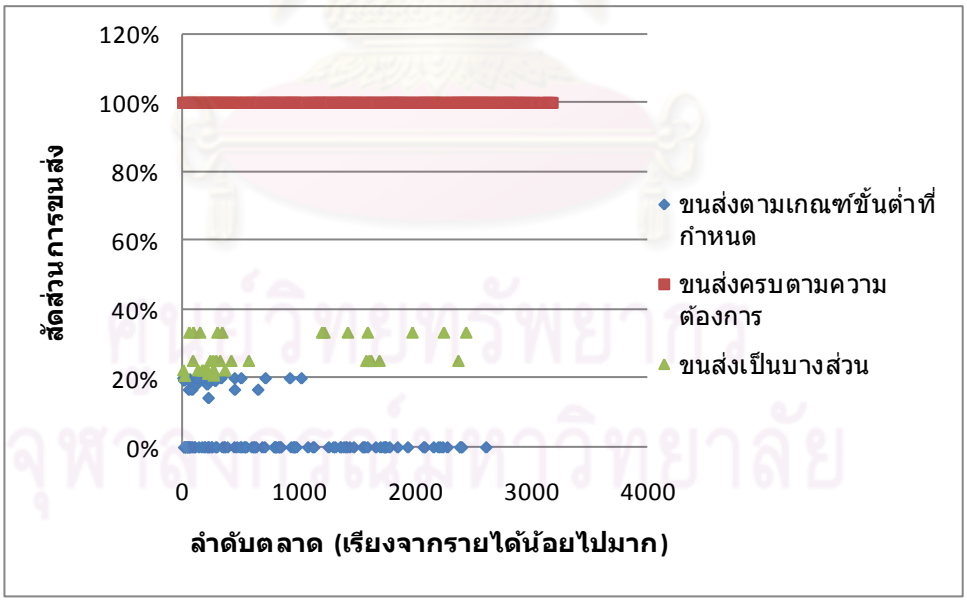
รูปที่ 5.11 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 2



รูปที่ 5.12 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็น 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 2

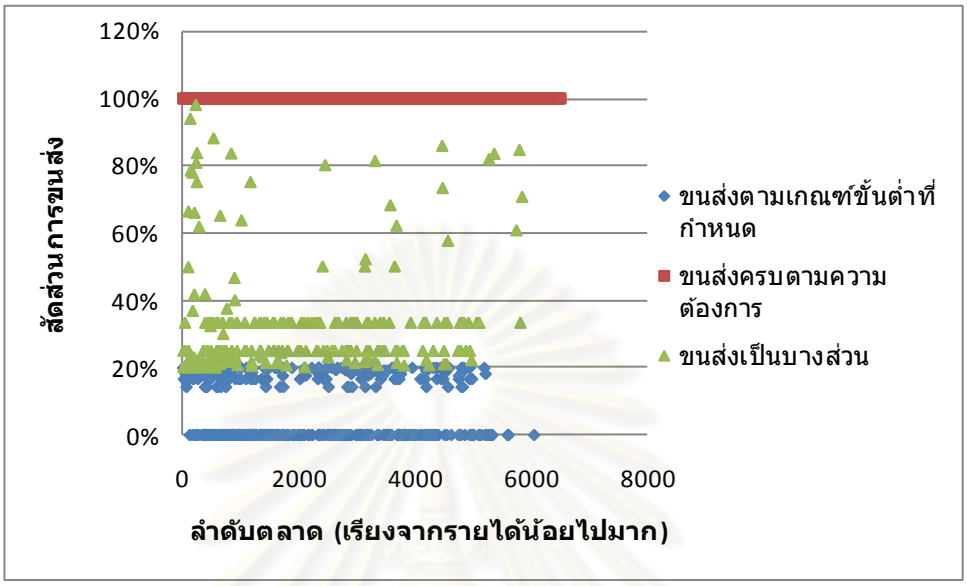


รูปที่ 5.13 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็น 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 2

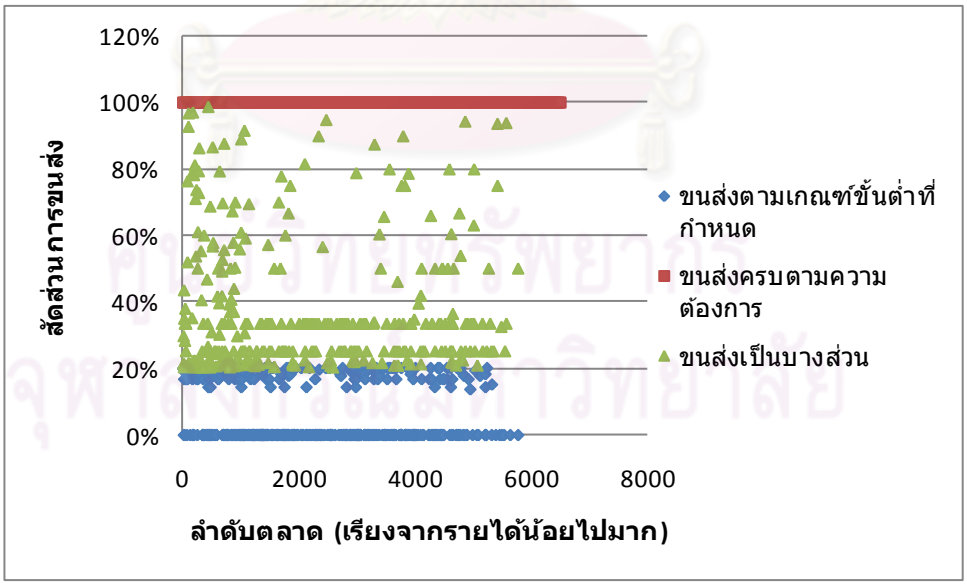


รูปที่ 5.14 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์สูงพิเศษ 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 2

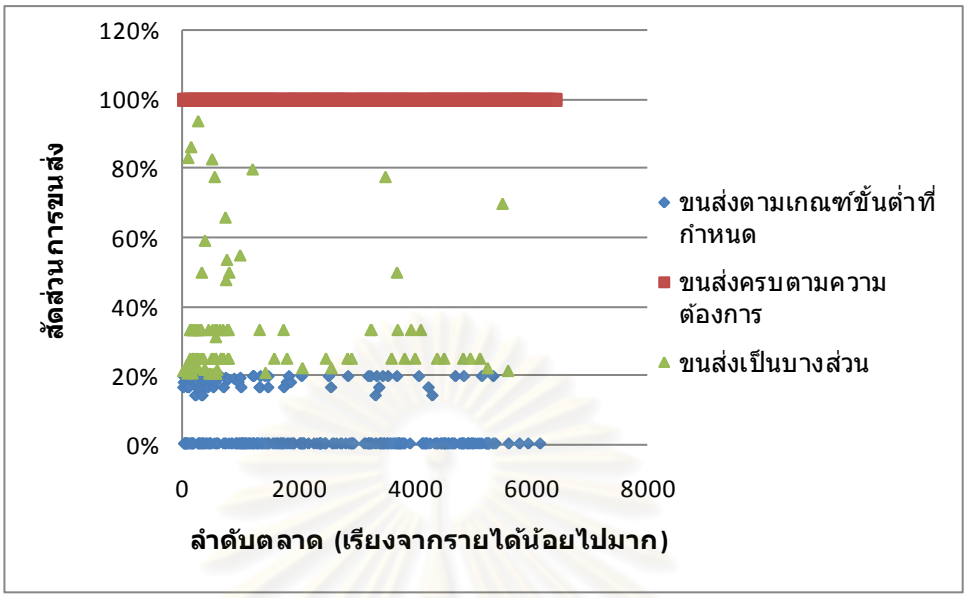
3) รูปแบบผลเฉลยของชุดปัญหาที่ 3



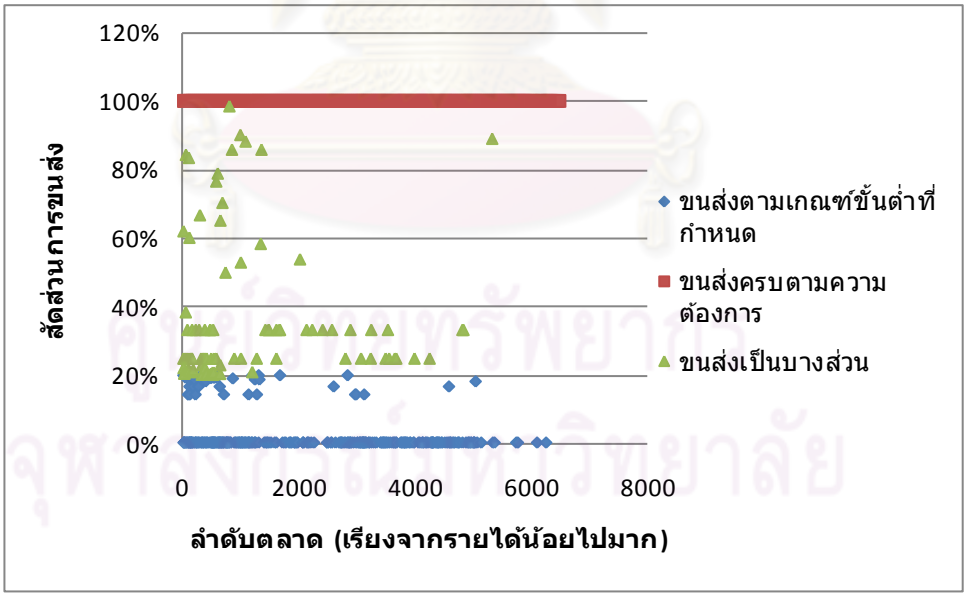
รูปที่ 5.15 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 3



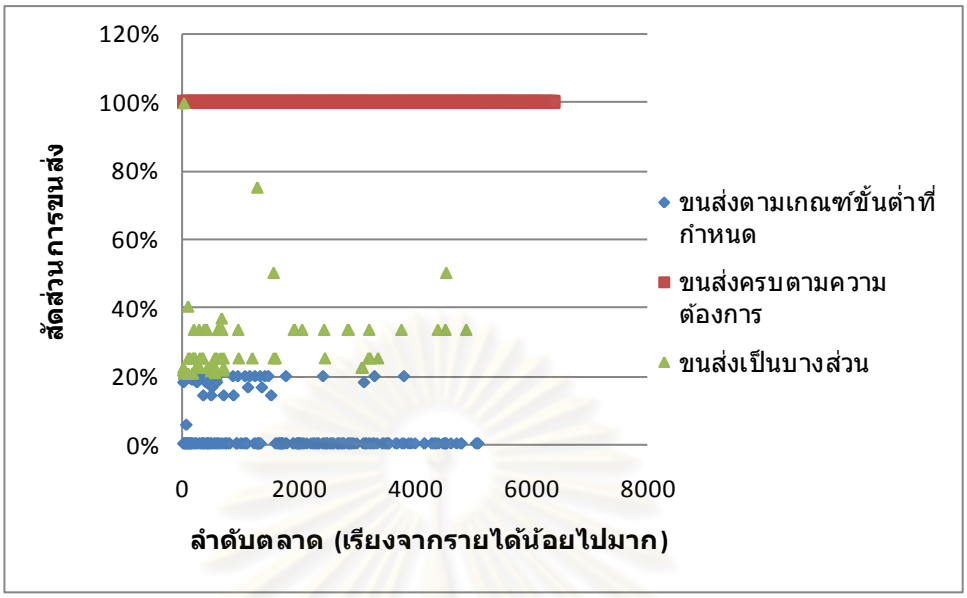
รูปที่ 5.16 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 3



รูปที่ 5.17 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็น 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 3

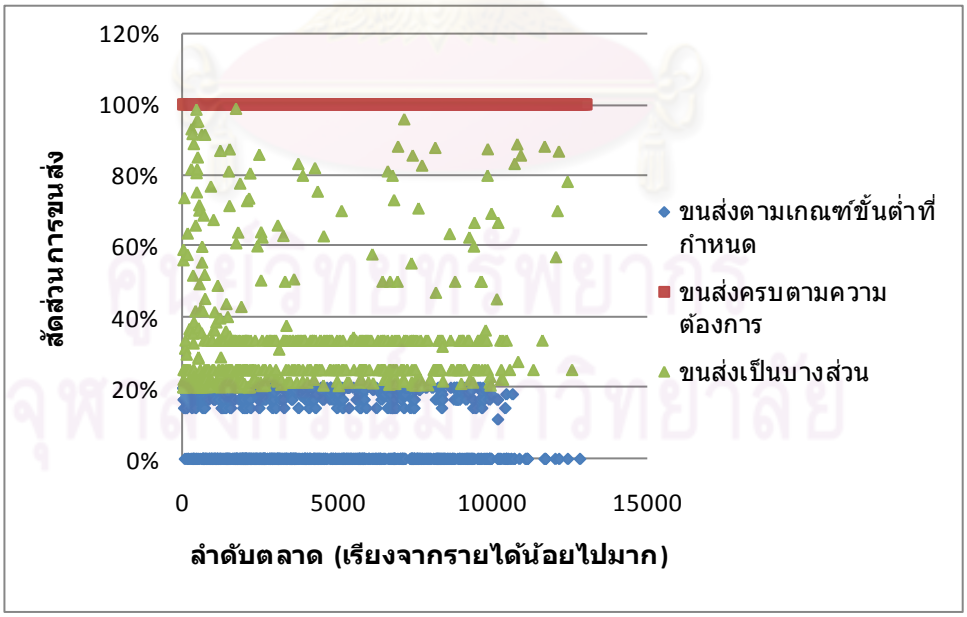


รูปที่ 5.18 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็น 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 3

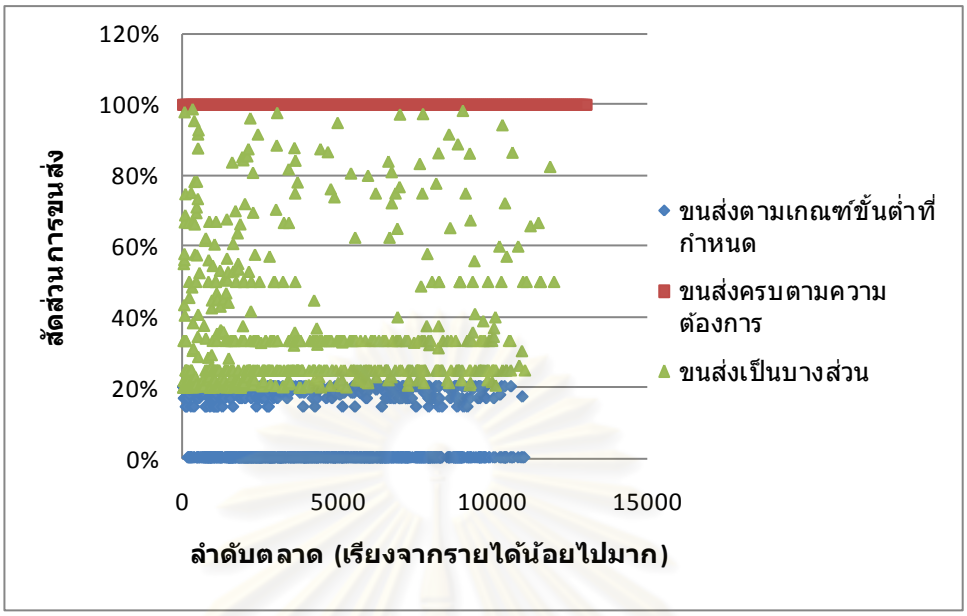


รูปที่ 5.19 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์สูงพิเศษ 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 3

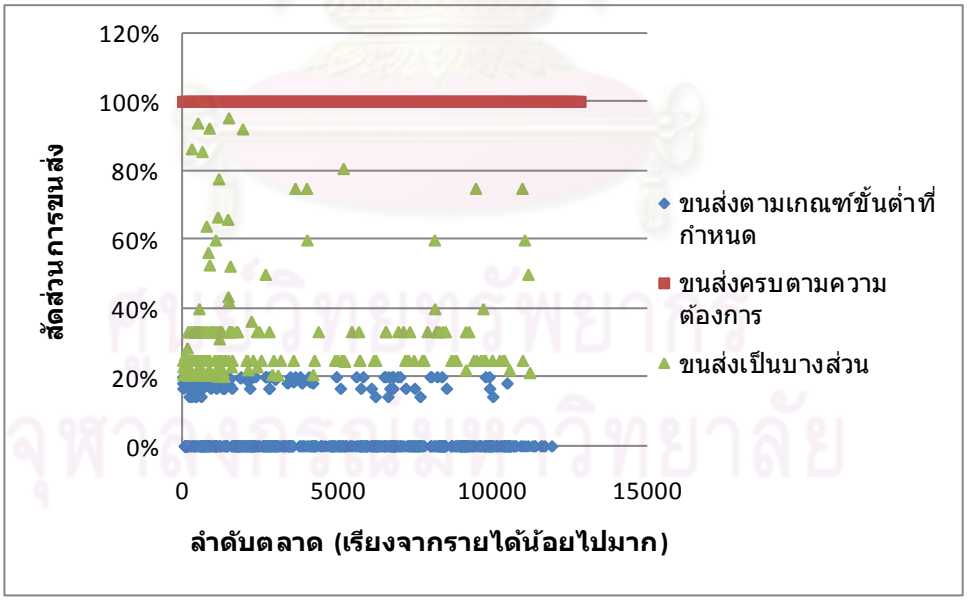
4) รูปแบบผลเฉลยของชุดปัญหาที่ 4



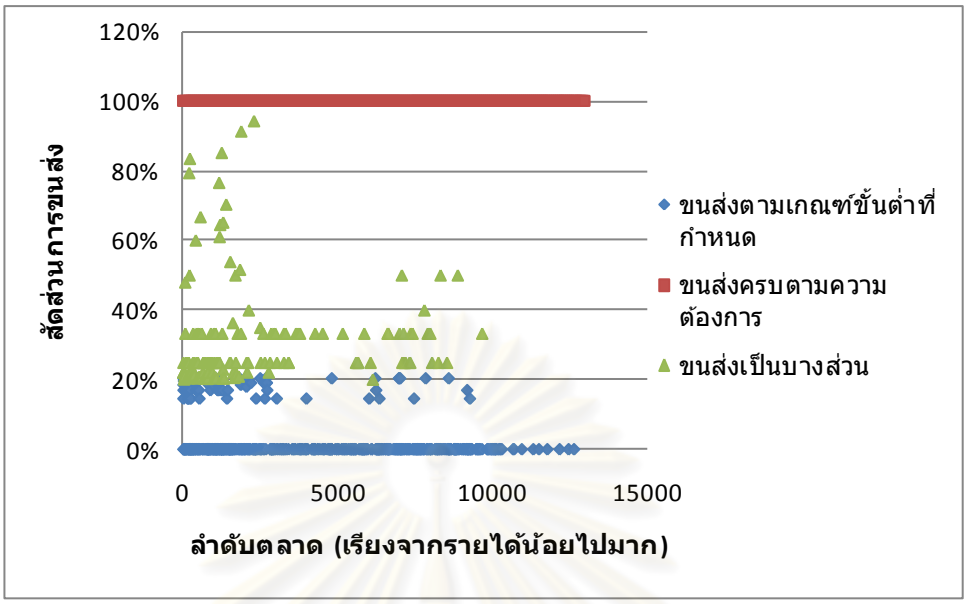
รูปที่ 5.20 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 4



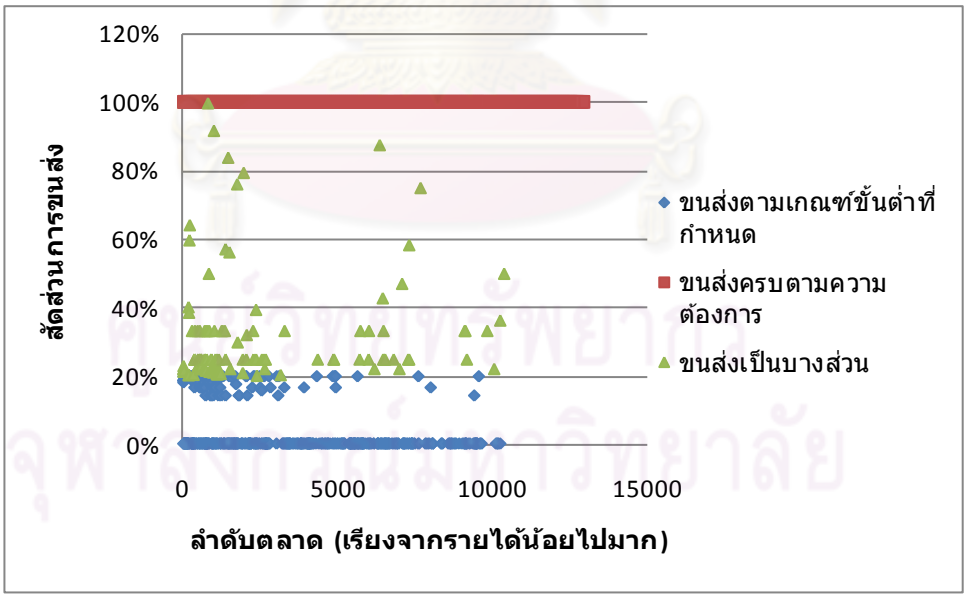
รูปที่ 5.21 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 4



รูปที่ 5.22 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็น 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 4

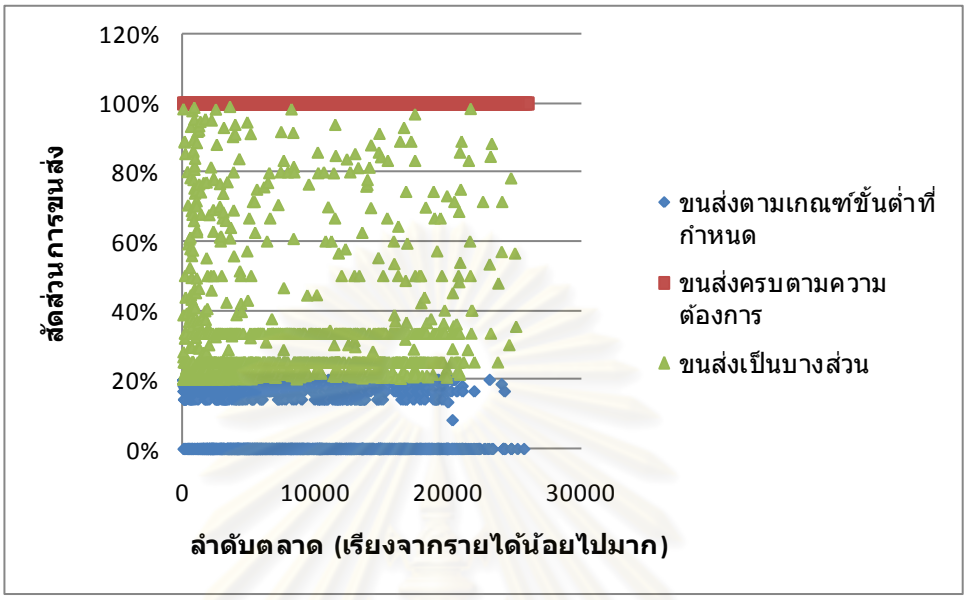


รูปที่ 5.23 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็น 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 4

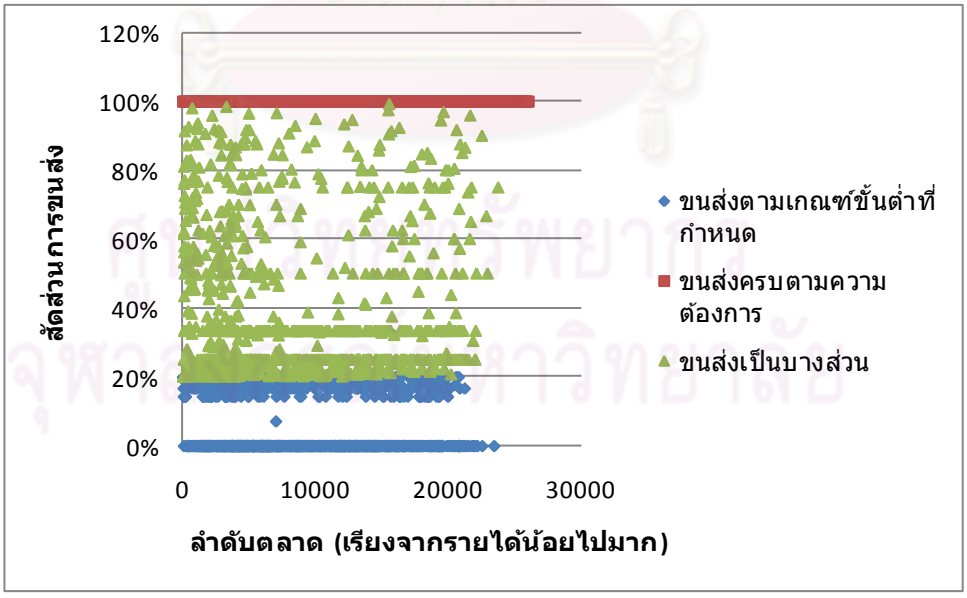


รูปที่ 5.24 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์สูงพิเศษ 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 4

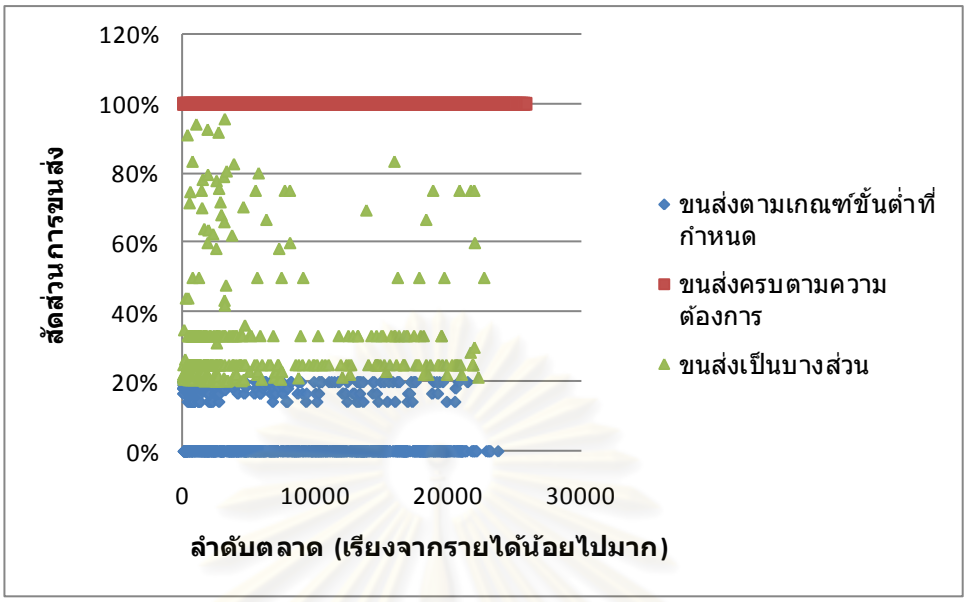
5) รูปแบบผลเฉลยของชุดปัญหาที่ 5



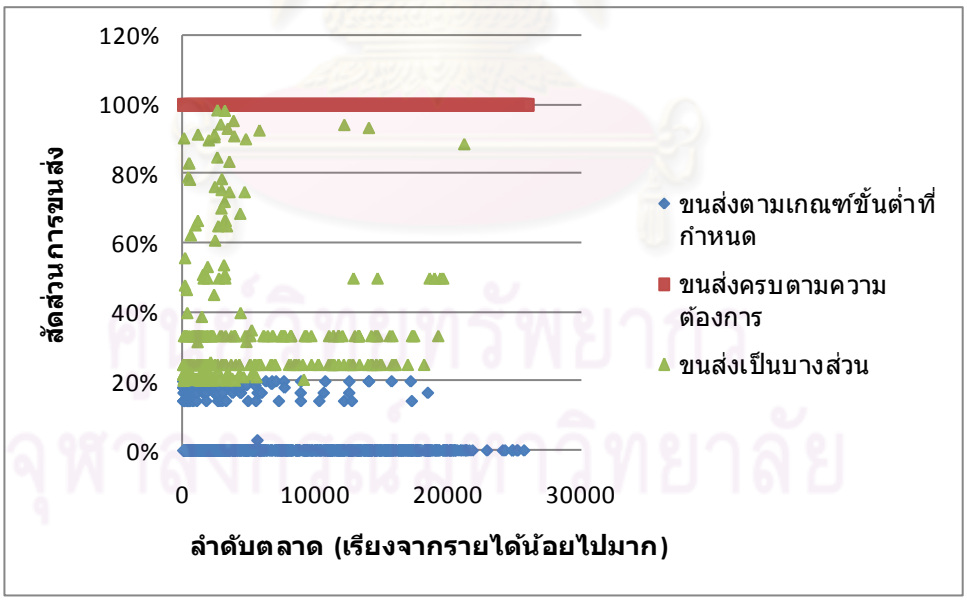
รูปที่ 5.25 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 5



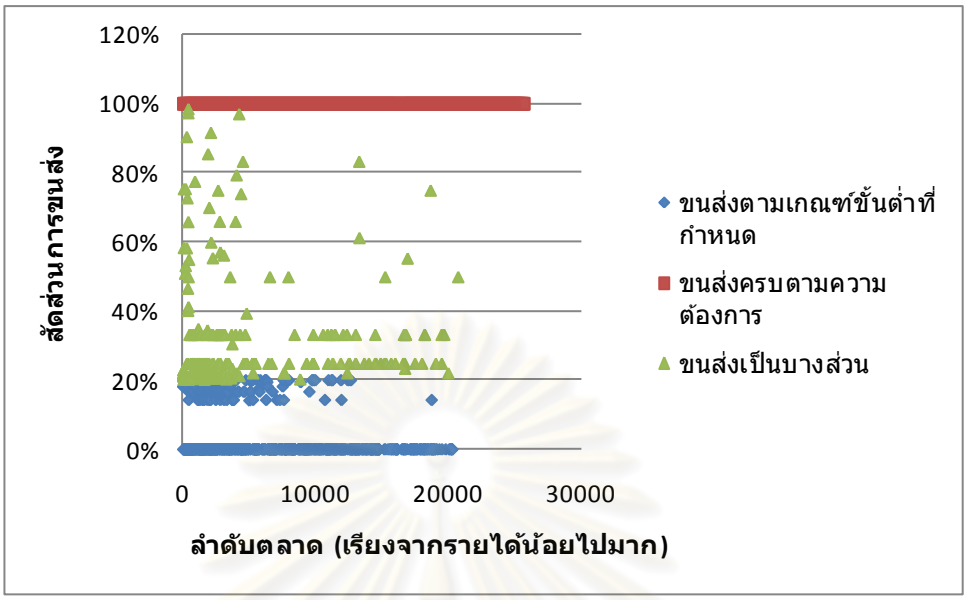
รูปที่ 5.26 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 5



รูปที่ 5.27 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็น 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 5

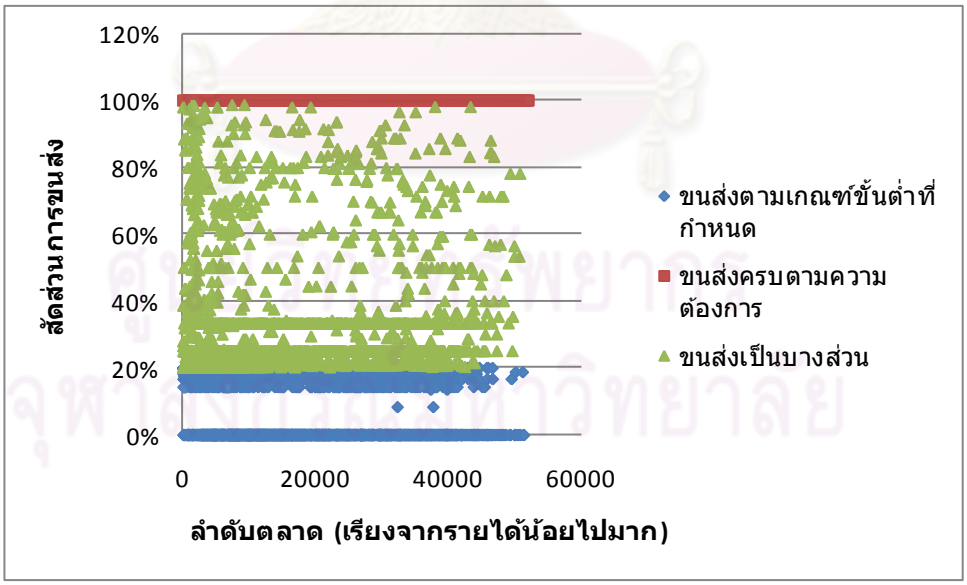


รูปที่ 5.28 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็น 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 5

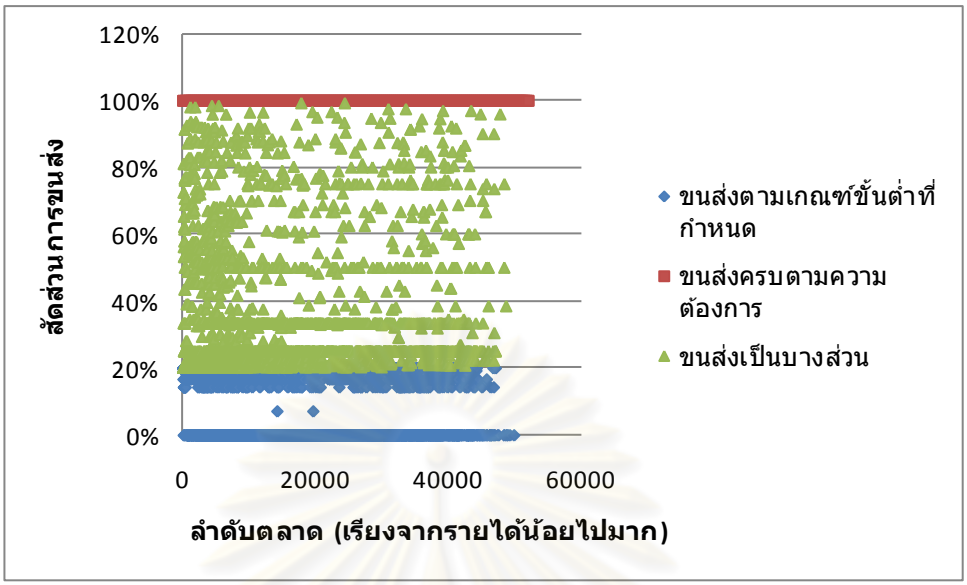


รูปที่ 5.29 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์สูงพิเศษ 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 5

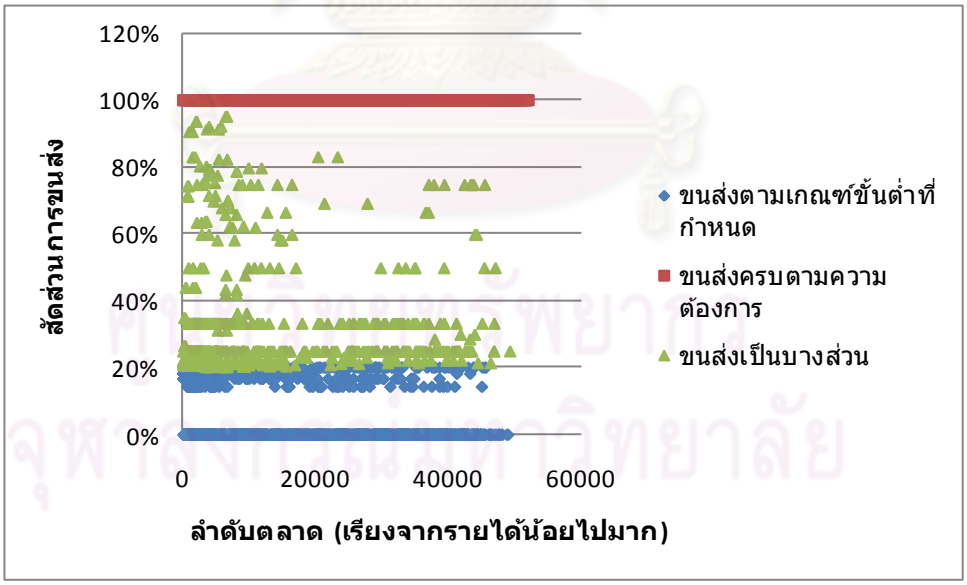
6) รูปแบบผลเฉลยของชุดปัญหาที่ 6



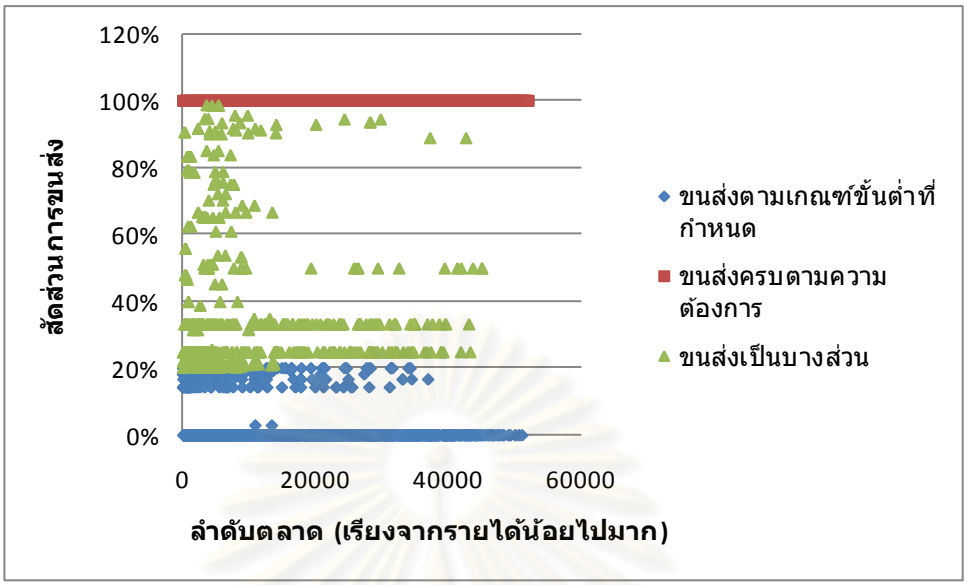
รูปที่ 5.30 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 6



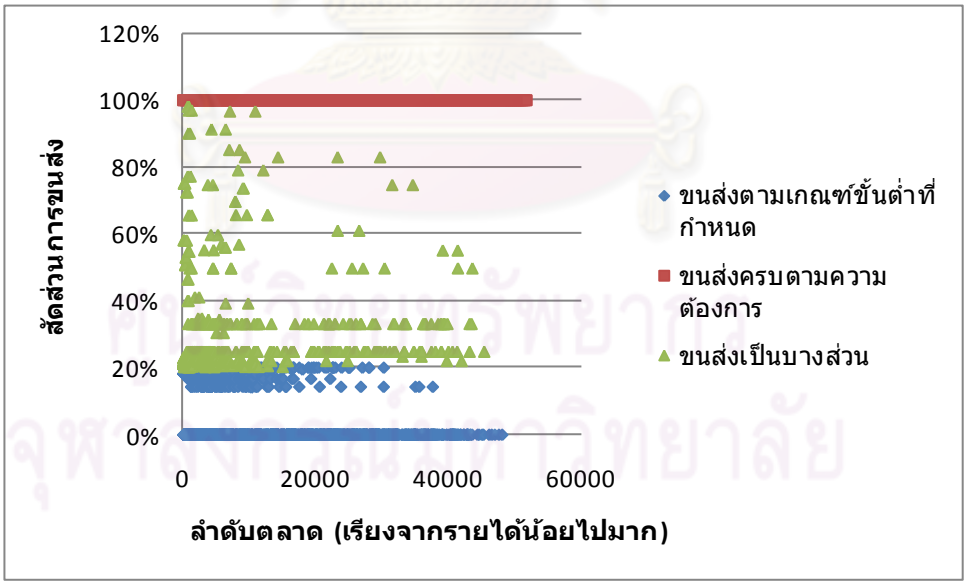
รูปที่ 5.31 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ธรรมดา 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 6



รูปที่ 5.32 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็น 20 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 6



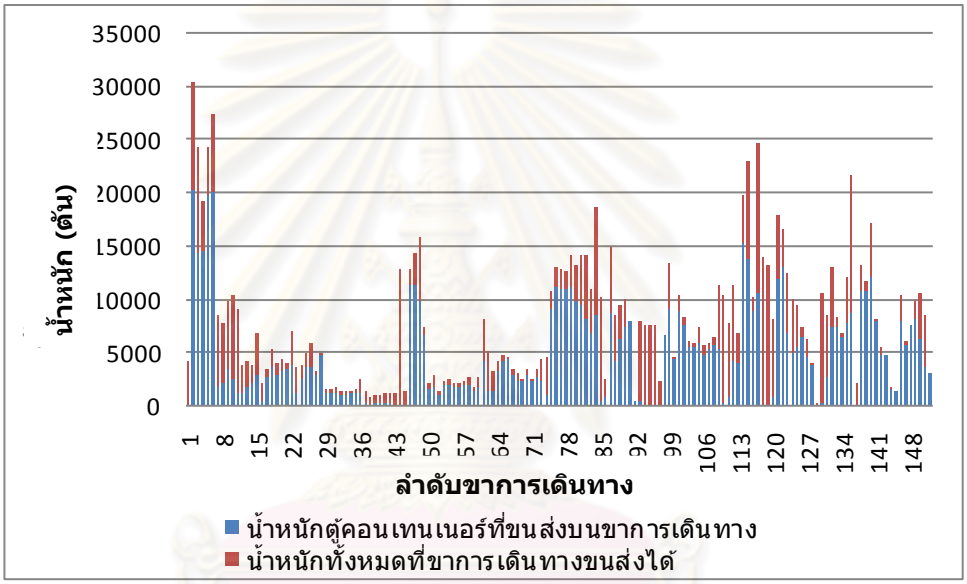
รูปที่ 5.33 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็น 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 6



รูปที่ 5.34 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์สูงพิเศษ 40 ฟุตที่ทำการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งของชุดปัญหาที่ 6

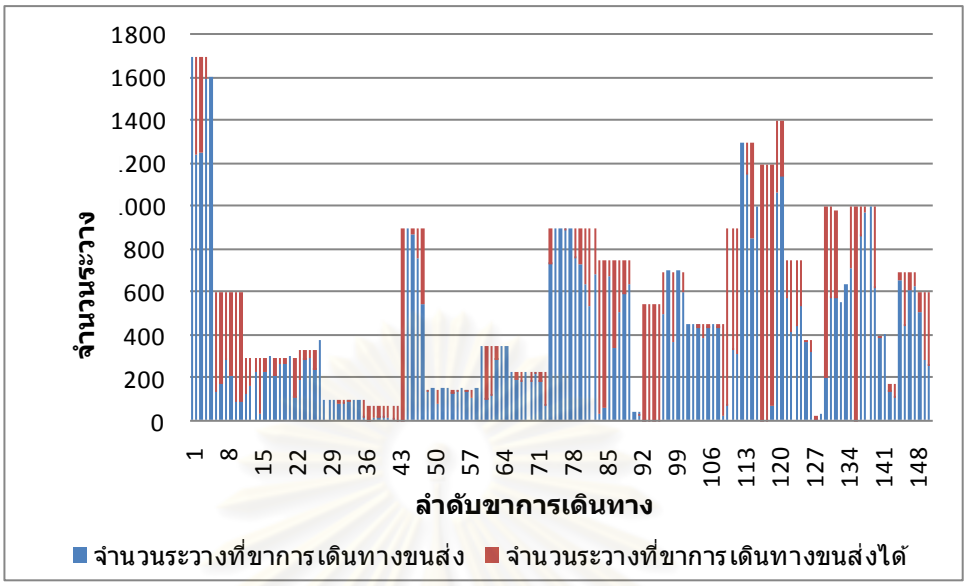
จากรูปที่ 5.5 ถึง 5.34 จะพบว่าสัดส่วนการขนส่งต่อความต้องการในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าของทุกชุดปัญหานั้น ส่วนใหญ่จะมีการตอบสนองความต้องการในการขนส่งได้ครบตามความตั้งการทั้ง 100% ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนสูงถึงประมาณร้อยละ 80 ส่วน ส่วนที่มีการตอบสนองความต้องการในการขนส่งได้เป็นบางส่วนคิดเป็นร้อยละ 14 และส่วนที่ตอบสนองความต้องการในการขนส่งเท่ากับเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด คิดเป็นร้อยละ 6 เท่านั้น

1) สัดส่วนการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ของชุดปัญหาที่ 1



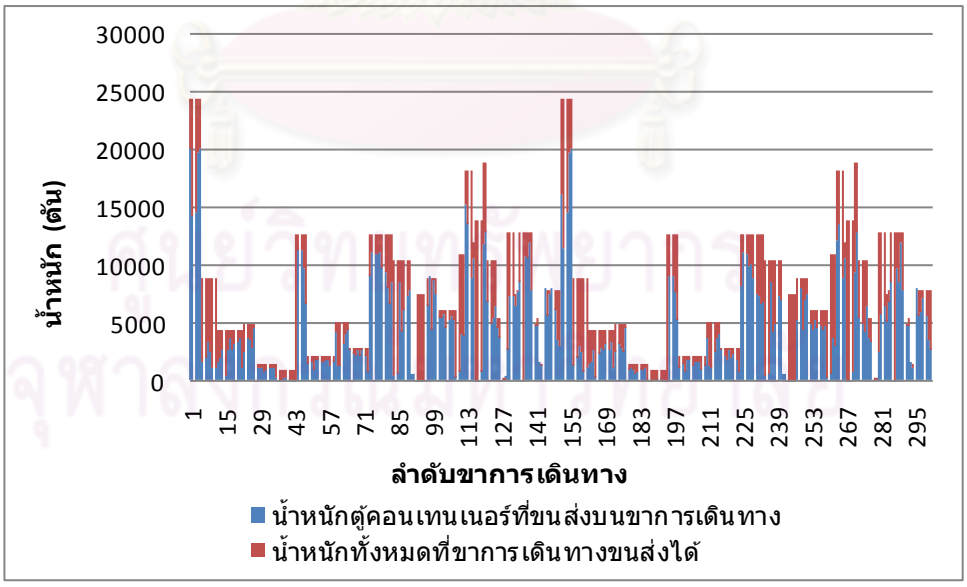
รูปที่ 5.35 สัดส่วนน้ำหนักตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อน้ำหนักที่สามารถขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

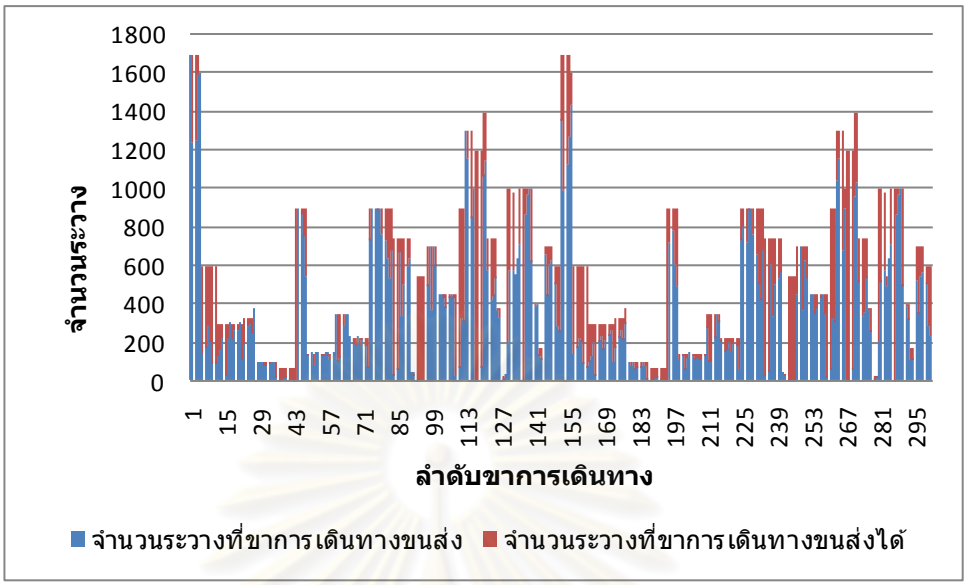


รูปที่ 5.36 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อความสามารถในการขนส่งในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 1

2) สัดส่วนการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ของชุดปัญหาที่ 2

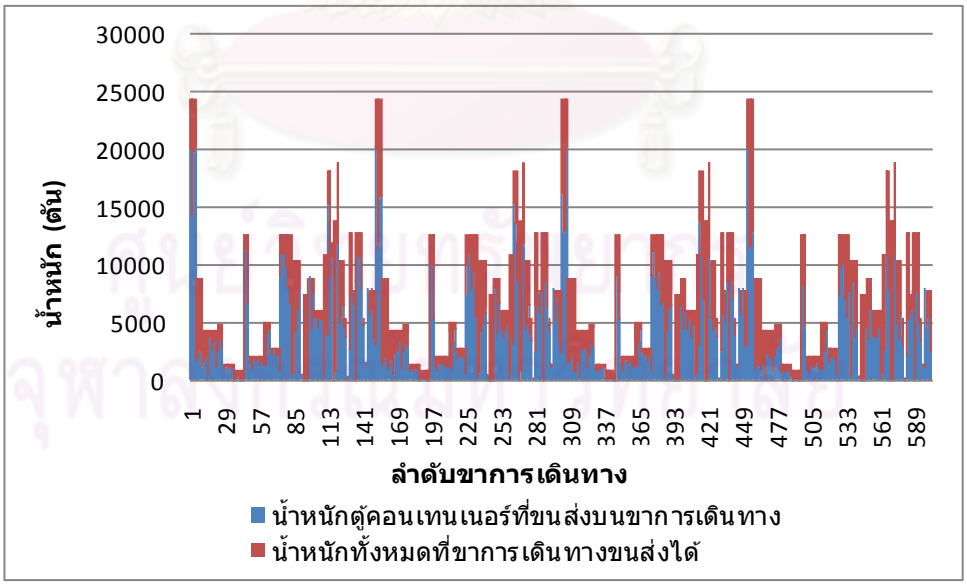


รูปที่ 5.37 สัดส่วนน้ำหนักตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อน้ำหนักที่สามารถขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 2

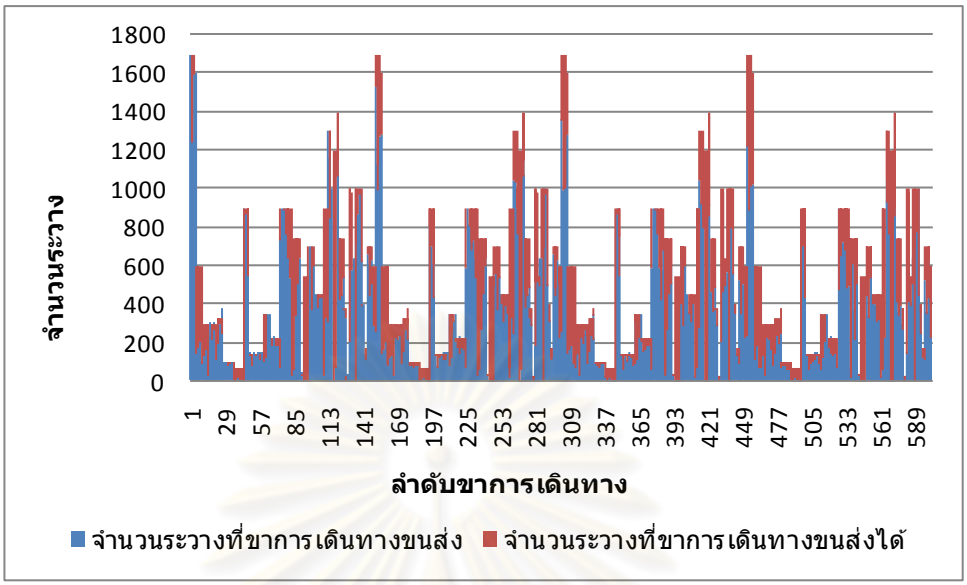


รูปที่ 5.38 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อความสามารถในการขนส่งในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 2

3) สัดส่วนการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ของชุดปัญหาที่ 3

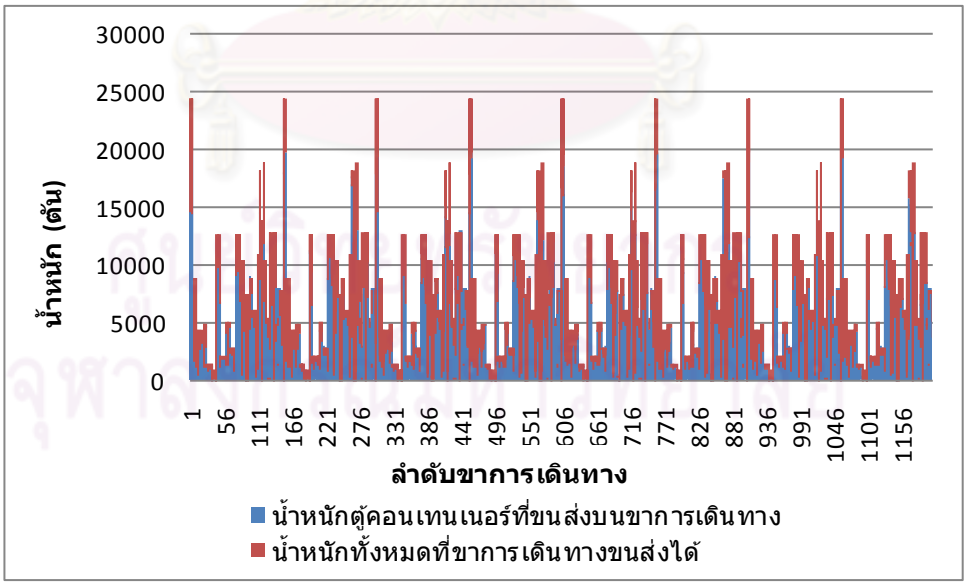


รูปที่ 5.39 สัดส่วนน้ำหนักตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อน้ำหนักที่สามารถขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 3

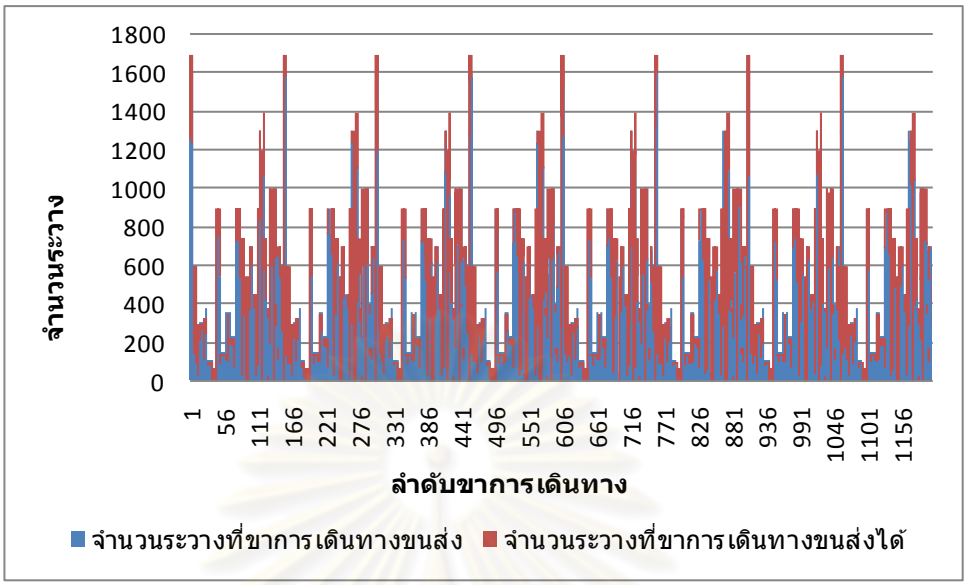


รูปที่ 5.40 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อความสามารถในการขนส่งในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 3

4) สัดส่วนการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ของชุดปัญหาที่ 4

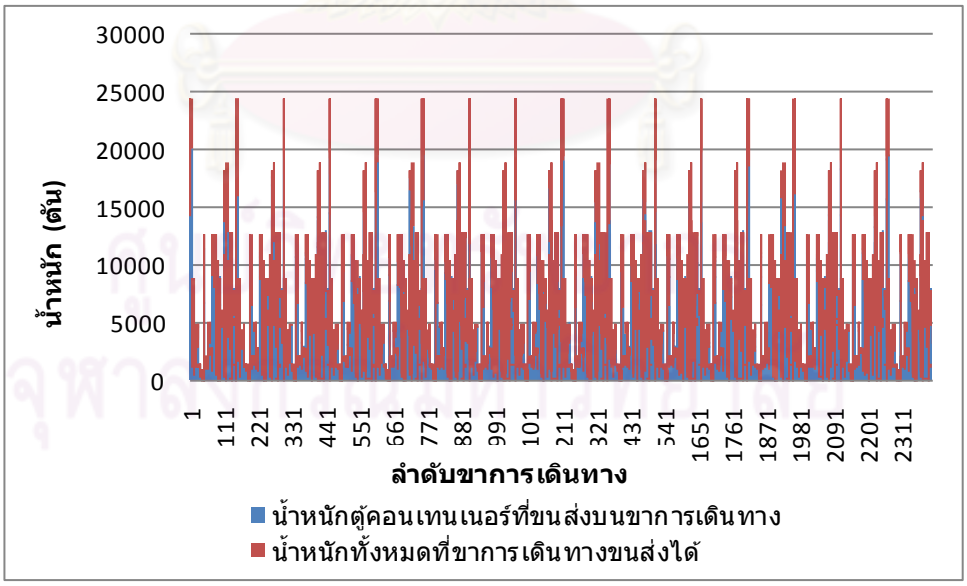


รูปที่ 5.41 สัดส่วนน้ำหนักตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อน้ำหนักที่สามารถขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 4

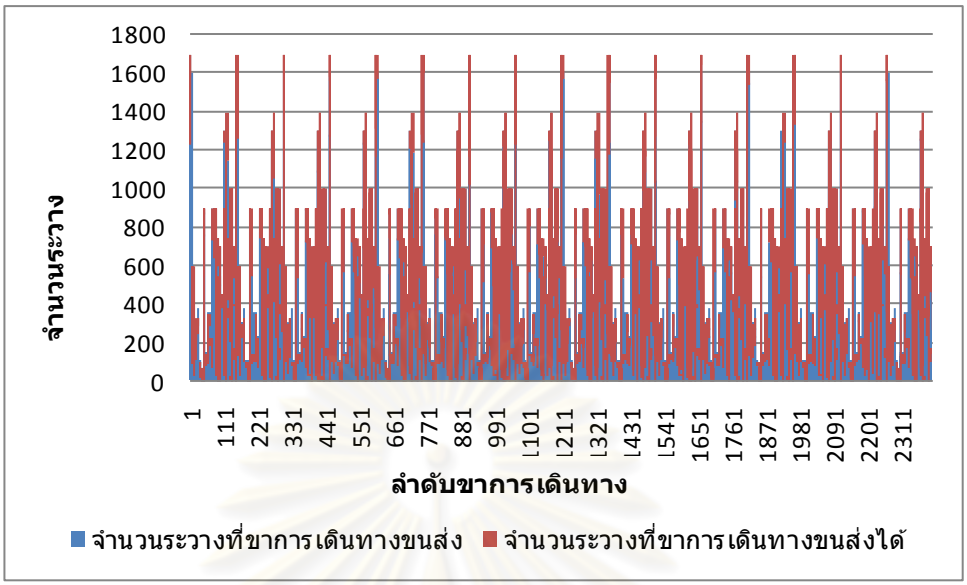


รูปที่ 5.42 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อความสามารถในการขนส่งในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 4

5) สัดส่วนการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ของชุดปัญหาที่ 5

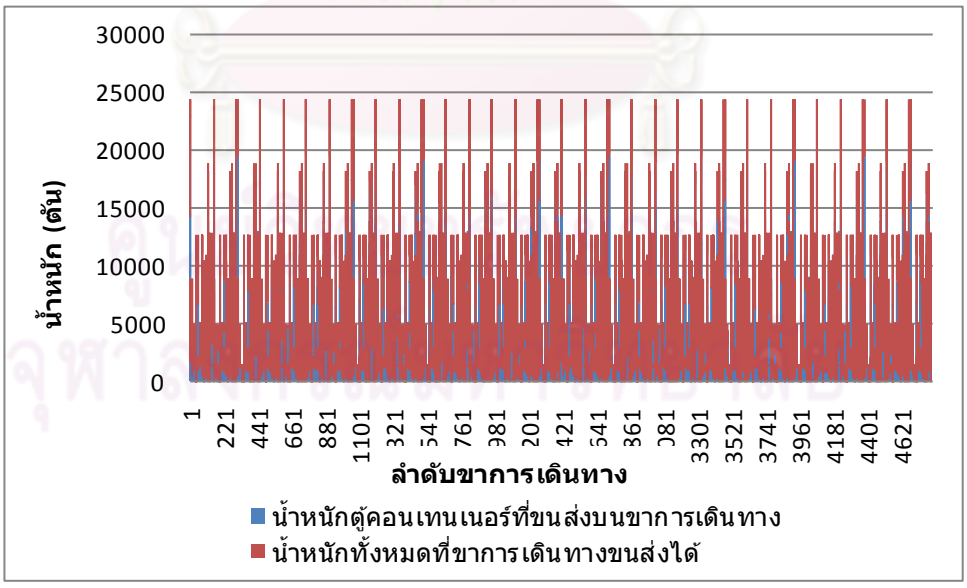


รูปที่ 5.43 สัดส่วนน้ำหนักตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อน้ำหนักที่สามารถขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 5

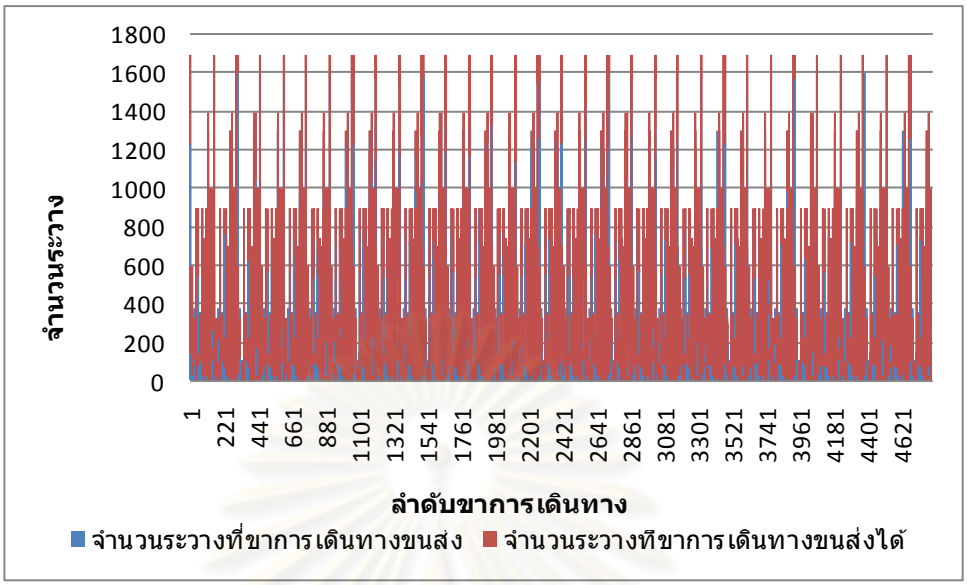


รูปที่ 5.44 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อความสามารถในการขนส่งในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 5

6) สัดส่วนการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ของชุดปัญหาที่ 6



รูปที่ 5.45 สัดส่วนน้ำหนักตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อน้ำหนักที่สามารถขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 6



รูปที่ 5.46 สัดส่วนจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งต่อความสามารถในการขนส่งในแต่ละขาการเดินทางของชุดปัญหาที่ 6

จากรูปที่ 5.35 ถึง 5.46 จะพบว่าสิ่งที่ควบคุมการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์บนเรือคือ จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่เรือสามารถขนส่งได้

5.3 รายละเอียดข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบการรับจองระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้า

สมมติฐานของการรับจองระวาง มีดังนี้

1) ระวางที่ทำการจองก่อนจะได้สิทธิ์ในการได้รับระวางก่อน

2) สามารถจองระวางล่วงหน้าได้ก่อน 1 เดือน โดยใช้วิธีการปรับค่าราคาเงาตามช่วงเวลาคาบ 1 สัปดาห์ สำหรับ 3 สัปดาห์แรก และคาบ 1 วัน สำหรับสัปดาห์สุดท้าย

3) ลักษณะของความต้องการในการขนส่งจะสามารถพยากรณ์ได้เป็นรายสัปดาห์ แต่ในแต่ละตลาดจะมีการกระจายตัวที่แตกต่างกัน

ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองนั้นเป็นข้อมูลที่ประกอบด้วยความต้องการในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แต่ละประเภท และรายได้จากการขนส่งในแต่ละตลาด ความสามารถในการ

ให้บริการขนส่ง ความต้องการหรือความสามารถในการให้บริการตู้เปล่า โดยผู้วิจัยได้จำลองชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองทั้งหมด 5 ชุด โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 5.8 รายละเอียดความสามารถในการให้บริการขนส่งของเรือที่ใช้ในการทดสอบการรับจองระวางในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์

ความสามารถในการให้บริการ	ค่ามากสุด	ค่าน้อยสุด	ค่าเฉลี่ย
จำนวนตู้คอนเทนเนอร์	1,700	30	590
น้ำหนักบนเรือ	24,500	400	8,012
จำนวนตู้คอนเทนเนอร์เย็น	167	0	103

ตารางที่ 5.9 รายละเอียดของชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองการรับจองระวาง

ชุดปัญหาที่	1	2	3	4	5
จำนวนตลาดที่รับขนส่ง	1,627	1,627	1,627	1,887	1,938
จำนวนขาการเดินทาง	151	151	151	151	151
จำนวนท่าเรือ	56	56	56	56	56

5.4 ผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์การรับจองระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้า

งานวิจัยนี้จะทำการรับจองระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์โดยพิจารณาจากราคาประมูลซึ่งจะพิจารณารับจองระวางจะทำการทดสอบ เปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองคณิตศาสตร์หรับการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ และแบบจำลองสถานการณ์การรับจองระวางทั้ง 2 แบบ

5.4.1 รายได้จากการรับจองระวางจากแบบจำลองสถานการณ์การรับจองระวาง

ผลเฉลยที่ได้จากการทดสอบแบบจำลองด้วยข้อมูลแต่ละชุด จะแสดงให้เห็น ดังรายละเอียดในตารางที่ 5.10 และ 5.11

ตารางที่ 5.10 รายได้จากการทดสอบการรับจองระวางจากแบบจำลองมาตรฐาน และแบบจำลองแบบเส้นทาง

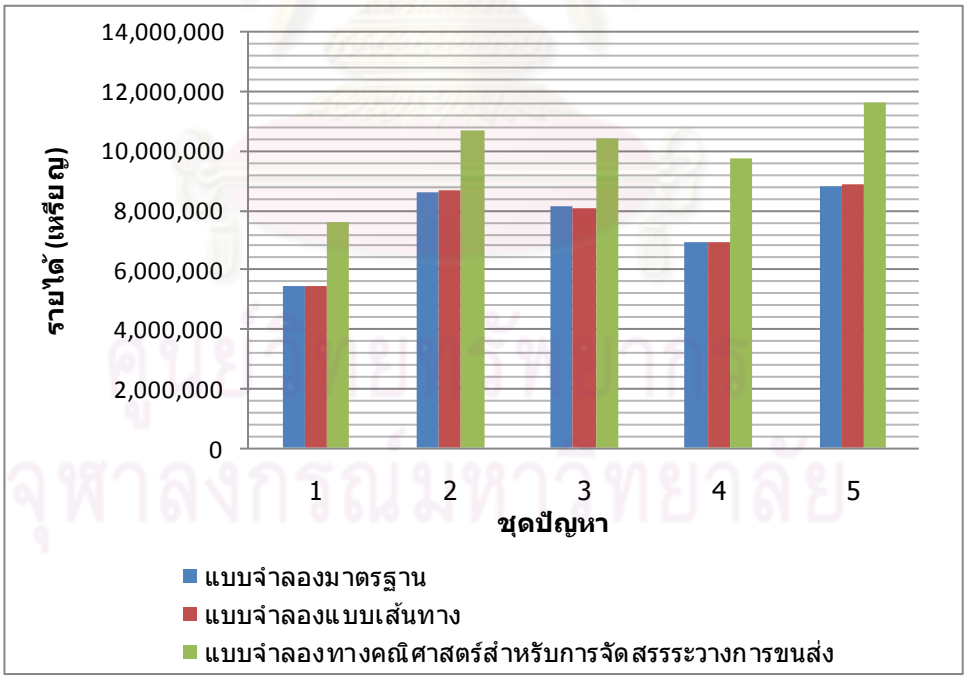
	รายได้จากการรับจองระวาง		
ชุดปัญหา	**แบบจำลองมาตรฐาน**	**แบบจำลองแบบเส้นทาง**	**ผลต่างของรายได้**
1	5,442,935	5,466,781	-0.4831%
2	8,633,793	8,707,780	-0.8569%
3	8,146,561	8,090,277	0.6909%
4	6,910,655	6,920,144	-0.1799%
5	8,789,073	8,850,960	-0.7041%

จากตารางที่ 5.10 จะพบว่ารายได้จากการรับจองระวางจากวิธีการเลือกรับจองระวางจากราคาประมูล จะพบว่าราคาประมูลที่ได้มาจากแบบจำลอง มาตรฐานและแบบจำลองแบบเส้นทางมีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่ผลต่างของรายได้จากการรับจองระวางที่ได้จากการทดสอบชุดปัญหาทั้ง 2 แบบนั้นต่างกันอยู่ในช่วงเพียงร้อยละ -0.8569 ถึง 0.6909 เห็นได้ว่ามีทั้งผลที่รายได้จากการรับจองระวางจากแบบจำลองมาตรฐานมากกว่า และผลที่รายได้จากการรับจองระวางจากแบบจำลองแบบเส้นทางมากกว่า แต่จากชุดปัญหาที่ทดลองในงานวิจัยนี้ พบว่ารายได้จากการรับจองระวางของชุดปัญหาส่วนใหญ่จะมีลักษณะที่ มีรายได้จากการรับจองระวางจากแบบจำลองแบบเส้นทางมากกว่ารายได้จากการรับจองระวางจากแบบจำลองมาตรฐาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.11 รายได้จากการทดสอบการรับจองระวางจากแบบจำลองมาตรฐาน แบบจำลองแบบเส้นทาง และแบบจำลองคณิตศาสตรสำหรับการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์

	รายได้จากการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้า		
	แบบจำลองสถานการณ์		
ชุดปัญหา	**แบบจำลองมาตรฐาน**	**แบบจำลองแบบเส้นทาง**	**แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับการจัดสรรระวาง**
1	5,442,935	5,466,781	7,572,606
2	8,633,793	8,707,780	10,726,685
3	8,146,561	8,090,277	10,420,278
4	6,910,655	6,920,144	9,784,970
5	8,789,073	8,850,960	11,671,539

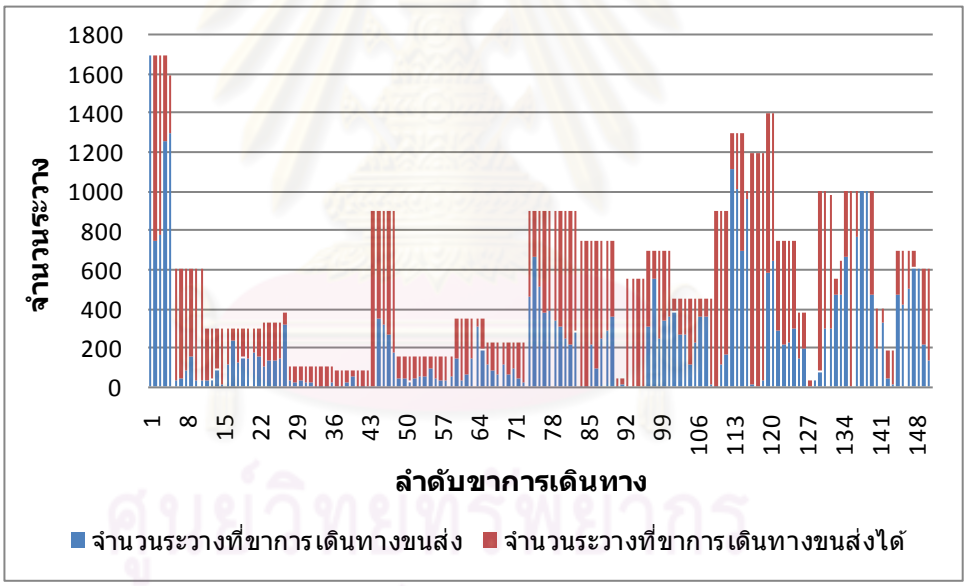


รูปที่ 5.47 กราฟแสดงรายได้จากการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์เปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองสถานการณ์และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์

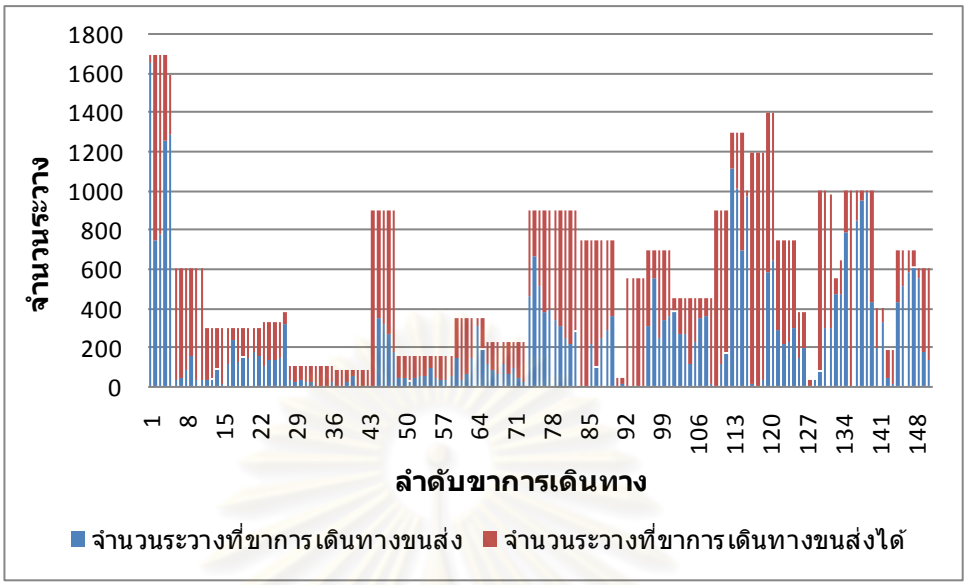
จากรูปที่ 5.47 จะพบว่ารายได้ที่เกิดจากแบบจำลองสถานการณ์การรับจองระวาง กับรายได้ที่เกิดจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์นั้นต่างกันค่อนข้างมาก หมายความว่ารูปแบบการเข้ามาของความต้องการในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์มีผลอย่างมากต่อรายได้ที่เกิดขึ้น

จากสมมติฐานของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ที่ว่าความต้องการในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์เข้ามาพร้อมกันทั้งหมดนั้นจึงเป็นสมมติฐานที่ไม่สมจริง ดังจะเห็นได้จากรายได้ที่แตกต่างกันกับแบบจำลองสถานการณ์นั้นค่อนข้างจะมาก

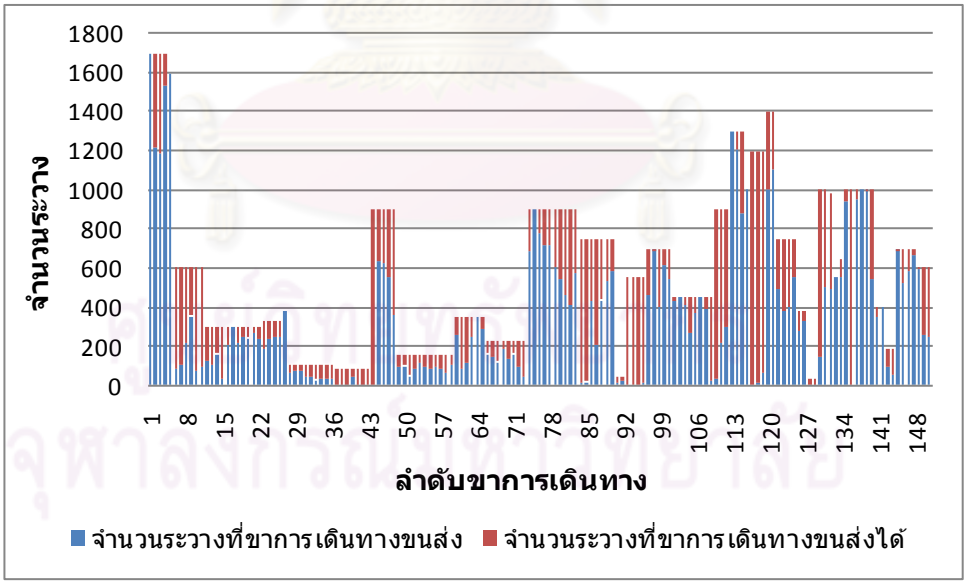
5.4.2 รูปแบบของผลเฉลยจากการรับจองระวาง



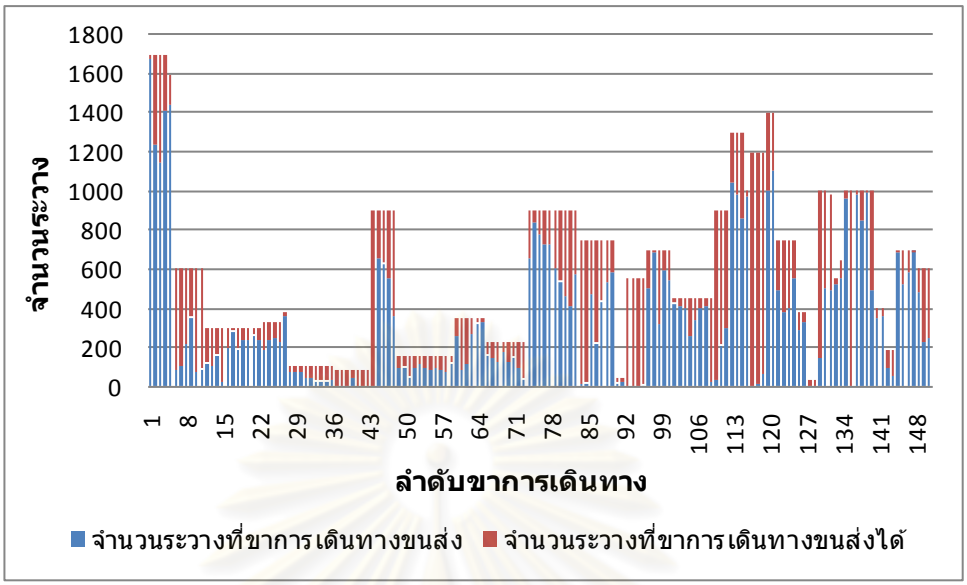
รูปที่ 5.48 สัดส่วนการรับจองระวางการขนส่งจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ต่อความสามารถในการขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางจากแบบจำลองมาตรฐานของชุดปัญหาที่ 1



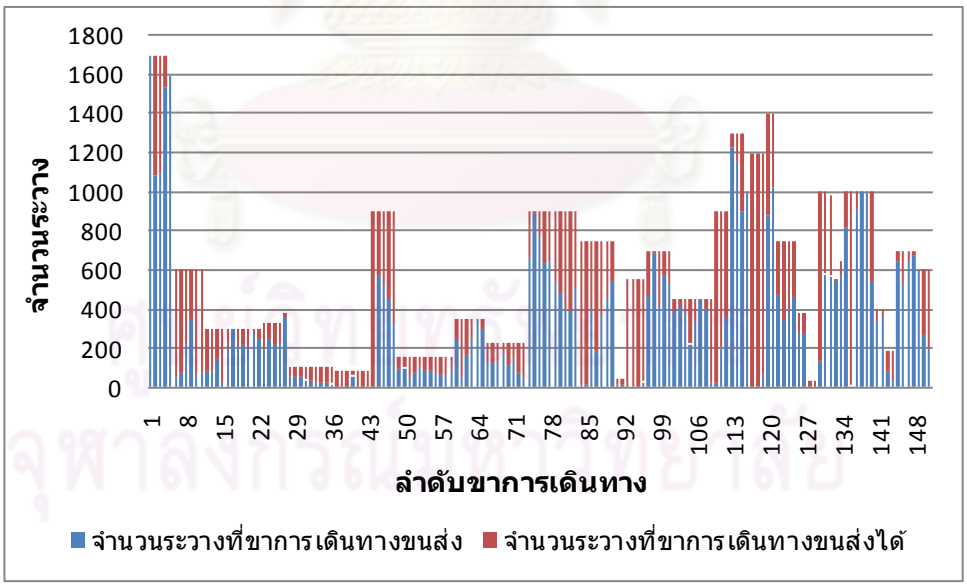
รูปที่ 5.49 สัดส่วนการรับจองระวางการขนส่งจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ต่อความสามารถในการขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางจากแบบจำลองแบบเส้นทางของชุดปัญหาที่ 1



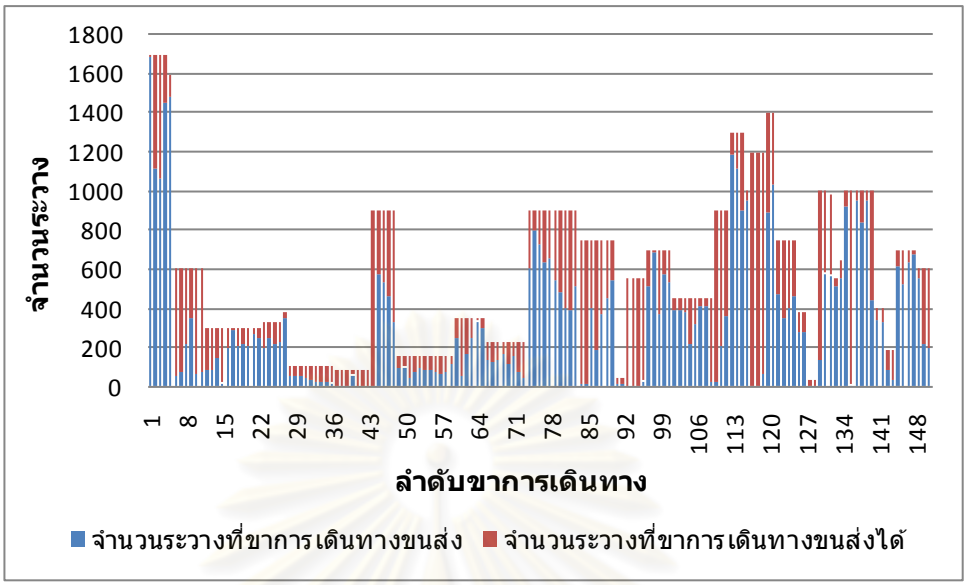
รูปที่ 5.50 สัดส่วนการรับจองระวางการขนส่งจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ต่อความสามารถในการขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางจากแบบจำลองมาตรฐานของชุดปัญหาที่ 2



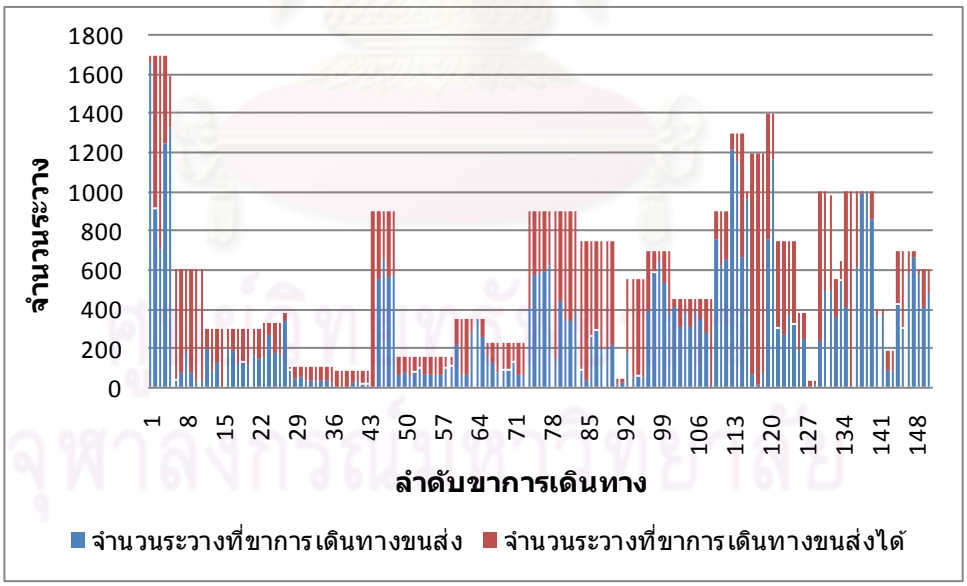
รูปที่ 5.51 สัดส่วนการรับจองระวางการขนส่งจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ต่อความสามารถในการขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางจากแบบจำลองแบบเส้นทางของชุดปัญหาที่ 2



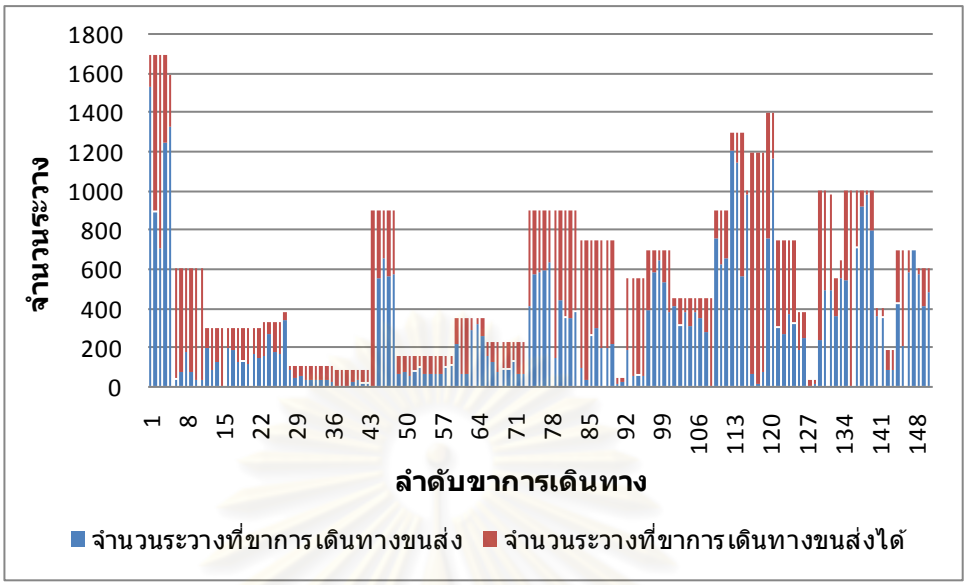
รูปที่ 5.52 สัดส่วนการรับจองระวางการขนส่งจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ต่อความสามารถในการขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางจากแบบจำลองมาตรฐานของชุดปัญหาที่ 3



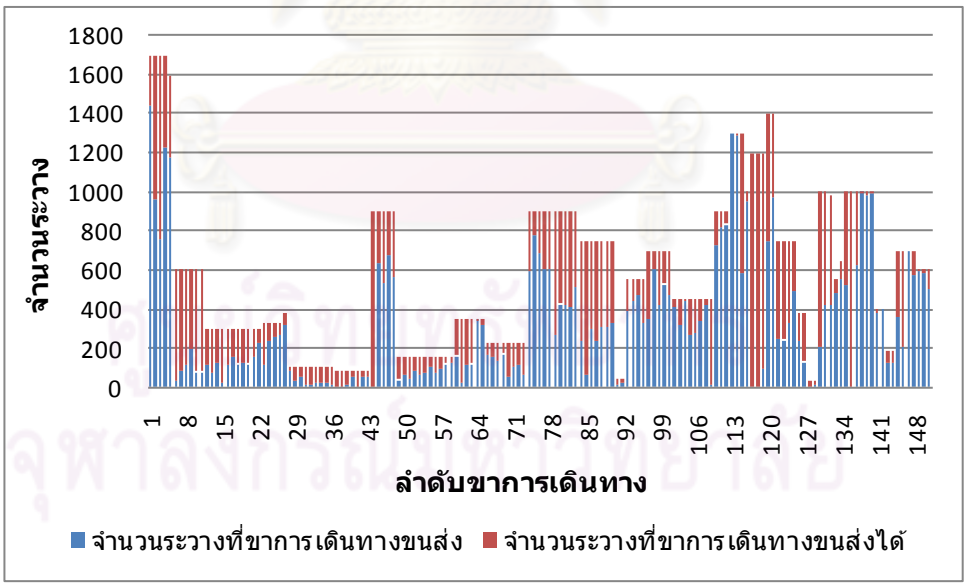
รูปที่ 5.53 สัดส่วนการรับจองระวางการขนส่งจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ต่อความสามารถในการขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางจากแบบจำลองแบบเส้นทางของชุดปัญหาที่ 3



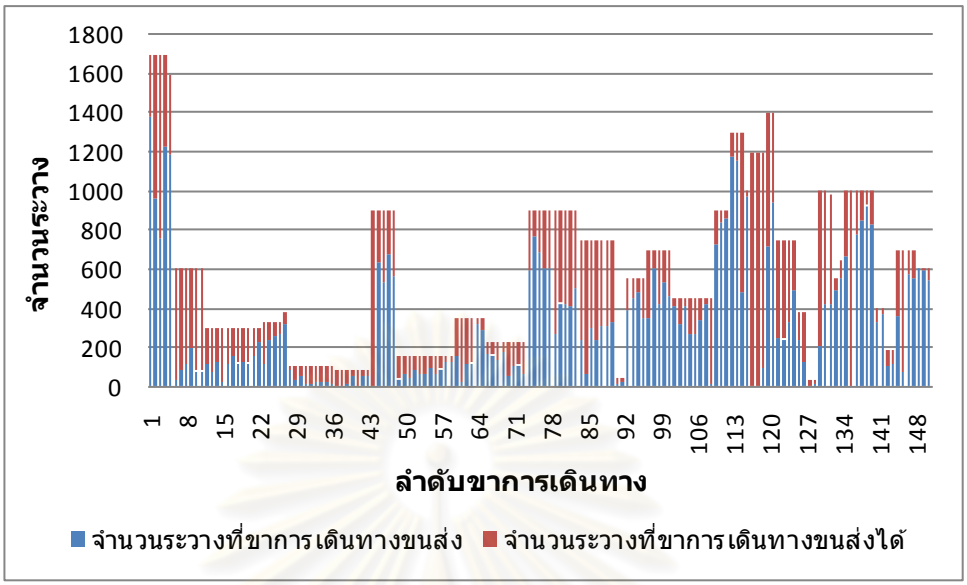
รูปที่ 5.54 สัดส่วนการรับจองระวางการขนส่งจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ต่อความสามารถในการขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางจากแบบจำลองมาตรฐานของชุดปัญหาที่ 4



รูปที่ 5.55 สัดส่วนการรับจองระวางการขนส่งจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ต่อความสามารถในการขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางจากแบบจำลองแบบเส้นทางของชุดปัญหาที่ 4



รูปที่ 5.56 สัดส่วนการรับจองระวางการขนส่งจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ต่อความสามารถในการขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางจากแบบจำลองมาตรฐานของชุดปัญหาที่ 5



รูปที่ 5.57 สัดส่วนการรับจองระวางการขนส่งจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ต่อความสามารถในการขนส่งได้ในแต่ละขาการเดินทางจากแบบจำลองแบบเส้นทางของชุดปัญหาที่ 5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษาและแนวทางการพัฒนาในอนาคต

จากสภาพการแข่งขันของสายเรือในปัจจุบัน ทำให้สายเรือมีความจำเป็นที่จะต้องหาแนวทางในการบริหารจัดการเพื่อเพิ่มรายได้ หรือลดต้นทุนลง งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาการจัดสรรระวางในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าและตู้คอนเทนเนอร์เปล่า ซึ่งเป็นการจัดสรรว่าจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ขนส่งบนเรือนั้นควรจะแบ่งระวางให้กับการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์แต่ละตลาดอย่างไร และทำการจำลองสถานการณ์การรับจองระวางขึ้นเพื่อทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นด้วย

แบบจำลองจัดสรรระวางในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าและตู้คอนเทนเนอร์เปล่าที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ มีพื้นฐานมาจากแบบจำลองการขนส่งผู้โดยสาร และแบบจำลองแบบเส้นทาง โดยพัฒนาแบบจำลองขึ้นมาทั้งหมด 4 รูปแบบ คือแบบจำลอง สมการวัตถุประสงค์เพื่อการหารายได้มากที่สุด แบบจำลอง สมการวัตถุประสงค์เพื่อการหาต้นทุนน้อยที่สุด แบบจำลองการแก้ปัญหาของแบบจำลอง สมการวัตถุประสงค์เพื่อการหาต้นทุนน้อยที่สุด ร่วมกับการใช้เทคนิคกำเนิดแถว และแบบจำลองการแก้ปัญหาของแบบจำลองสมการวัตถุประสงค์เพื่อการหาต้นทุนน้อยที่สุดร่วมกับการใช้เทคนิคกำเนิดแถวแบบที่ 2

แบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ที่พัฒนาขึ้นถูกทดสอบด้วยข้อมูล 7 ชุด ซึ่งเป็นข้อมูลความต้องการในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าสำหรับแต่ละตลาดที่กระจายอยู่ทั่วโลก โดยผลลัพธ์จากการแก้ปัญหาแบบจำลองจะถูกนำมาวิเคราะห์ในประเด็นจำนวนแถวและจำนวนคอลัมภ์ของแบบจำลอง เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาของแบบจำลอง และในส่วนของแบบจำลองสถานการณ์ การรับจองระวางจะถูกทดสอบด้วยข้อมูล 5 ชุด ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นั้นจะถูกนำมาวิเคราะห์ในประเด็นของรายได้ทั้งหมดจากการรับจองระวาง

<u>ส่วนที่ 1</u> ผลจากการแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าและตู้คอนเทนเนอร์เปล่า

ผลจากแบบจำลองการจัดสรรระวางทั้ง 4 แบบ พบว่า แบบจำลอง การจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าและตู้คอนเทนเนอร์เปล่า แบบเส้นทางที่งานวิจัยนี้ได้พัฒนาขึ้นนั้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการแก้ปัญหาได้จริง โดยสามารถที่ลดทั้งขนาดของแบบจำลอง และลดเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยที่แบบจำลองการจัดสรรระวางแบบเส้นทางร่วมกับเทคนิคการกำเนิดแถวแบบธรรมดาจะใช้ทรัพยากรในการแก้ปัญหาน้อยที่สุด ส่วนแบบจำลองการจัดสรรระวาง แบบเส้นทางร่วมกับเทคนิคการกำเนิดแถวแบบที่ 2 จะใช้เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาน้อยที่สุด

<u>ส่วนที่ 2</u> ผลจากการ จำลองสถานการณ์การรับจองระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้า

ผลจากการรับจองระวางในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าจากการรับจองด้วยวิธีการหาราคาประมูลจากแบบจำลอง มาตรฐาน และแบบจำลองแบบเส้นทาง พบว่ารายได้จากการรับจองระวางจากแบบจำลองทั้ง 2 แบบมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีทั้งรายได้จากการรับจองระวางจากแบบจำลองมาตรฐานมากกว่า และรายได้จากการรับจองระวางจากแบบจำลองแบบเส้นทางมากกว่า

เมื่อเปรียบเทียบรายได้จากการรับจองระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าระหว่างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ และแบบจำลองสถานการณ์การรับจองระวงการขนส่งนั้น พบว่ารายได้ที่เกิดจากทั้ง 2 ส่วนนี้ ต่างกันค่อนข้างมาก ซึ่งหมายความว่า รูปแบบการเข้ามาของความต้องการการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์นั้นมีผลต่อรายได้ที่เกิดขึ้น ซึ่งสื่อได้ถึงสมมติฐานเรื่องความต้องการในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์เข้ามาพร้อมกันของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นั้นไม่สมจริง

6.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยในอนาคต

แนวทางงานวิจัยที่สามารถพัฒนาต่อเนื่องได้ในอนาคต มีดังนี้

6.2.1 การพัฒนาแบบจำลองให้สามารถส่งก่อนหรือหลังเวลาที่ต้องการส่ง

เมื่อมีความต้องการในการขนส่งค่อนข้างมาก จะทำให้ตู้คอนเทนเนอร์บางตู้ไม่ได้รับการขนส่งตามความต้องการ ดังนั้นการศึกษาเพื่อพัฒนาแบบจำลองเพื่อให้รองรับความต้องการในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ที่อาจไม่ได้รับการขนส่งในช่วงเวลาที่ต้องการ แต่สามารถส่งก่อน หรือหลังช่วงเวลาที่ต้องการขนส่งแทน ก็จะทำให้สายเรือไม่เสียลูกค้า

6.2.2 การพัฒนาแบบจำลอง ทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรระวางการขนส่งให้มีความเหมือนจริงมากยิ่งขึ้น

จากผลการทดลองจะพบว่ารายได้ที่เกิดจาก แบบจำลอง ทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรระวางการขนส่งและรายได้ที่เกิดจากการจำลองสถานการณ์ขึ้นมา ต่างกันค่อนข้างมาก ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพื่อพัฒนา แบบจำลอง ทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรระวางการขนส่งให้มีความเหมือนจริงมากยิ่งขึ้น

6.2.3 การพัฒนาระบบการรับจองระวางการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ให้มีรายได้เพิ่มขึ้น

จากผลการทดลองจะพบว่ารายได้ที่เกิดจาก แบบจำลอง ทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรระวางการขนส่งและรายได้ที่เกิดจากการจำลองสถานการณ์ขึ้นมา ต่างกันค่อนข้างมาก โดยที่รายได้จาก แบบจำลอง ทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสรรระวางการขนส่งมากกว่ารายได้ที่เกิดจากแบบจำลองสถานการณ์อยู่มาก ดังนั้นจึงควรจะมีการศึกษาเพื่อพัฒนาระบบการรับจองระวางเพื่อให้มีรายได้เพิ่มขึ้น

6.2.5 ความต้องการในการขนส่งเป็นรายวัน และมีการกระจายตัวแบบปัวซองค์ (Poisson Distribution)

ในงานวิจัยชิ้นนี้จะจำลองการเข้ามาของความต้องการการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์สินค้าจะเป็นความต้องการที่พยากรณ์ได้ ดังนั้นงานวิจัยในอนาคตจึงควรที่จะจำลองการเข้ามาของความต้องการขนส่งเป็นความต้องการที่สมจริงมากขึ้น ความต้องการขนส่งจึงควรจะเข้ามาเป็นรายวันและมีการกระจายตัวแบบปัวซองค์

6.2.4 การปรับค่าราคาเงาในแบบจำลองสถานการณ์ตามค่าคงที่ที่กำหนด (Constant Review)

ในงานวิจัยชิ้นนี้จะมีการปรับค่าราคาเงาด้วยวิธีปรับตามช่วงเวลาที่กำหนด (Periodic Review) เท่านั้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นว่าในงานวิจัยในอนาคตควรจะมีการปรับค่าราคาเงาในแบบจำลองสถานการณ์การรับจองระวางด้วยวิธีปรับตามค่าคงที่ที่กำหนด เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบหาข้อดีและข้อด้อยของวิธีการปรับค่าราคาเงาทั้ง 2 แบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

[1] กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (2549) . โลจิสติกส์ กลยุทธ์สู่การลดต้นทุนธุรกิจ. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.ryt9.com/s/ryt9/50677

[2] Logistics and Supply Chain Information for Thai Industries. (2006) . [Online]. Available From: www.logisticsdigest.com

[3] Robert G. Cross. (1997) . Revenue Management: Hardcore Tactics for Market Domination. New York: Broadways Book.

[4] มาโนช โลหเตปานนท์ . (2551) . 2101515 Air Transportation System. [สไลด์]. คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[5] รายงานประจำปีบริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน). (2547) . [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: www.Thaiairways.com

[6] Kevin Pak and Nanda Piersma. (2002) . Airline Revenue Management: An Overview of OR Techniques 1982-2001, ERIM Report Series Research in Management.

[7] Belobaba PP. (1987) . Air Travel Demand and Airline Seat Inventory Management, Doctor's Thesis, Flight Transportation Laboratory, Grauate School, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA

[8] Glover, F., Glover, R., Lorenzo, J. and McMillan, C. (1982) . The Passenger Mix Problem in the Scheduled Airlines, Interfaces, Vol 12: 73-79.

[9] Timothy S. Kniker and Cynthia Barnhart. (2002) .The Passenger Mix Model : Models, Algorithms and Applications, Massacusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, Transportation Science, Vol 36, No.2

[10] Wen-Chyuan Chiang, Jason C.H. Chen, and Xiaojing Xu. (2008) . An overview of research on revenue management: current issues and future research. International Journal of *Revenue Management*. Vol 1: 97-128

[11] Cynthia Barnhart, Timothy S. Kniker, and Manoj Lohatepanont. (2002) . Itinerary-Based Airline Fleet Assignment, Transportation Science, Vol. 36, No. 2: 199–217

[12] Shin-Chan Ting, Gwo-Hshiung Tzeng. (2004) . An Optimal Containership Slot Allocation for Liner Shipping Revenue Management. Maritime Policy & Management, Vol 31: 199-211

[13] Chen Chao, Zeng Qingcheng, and Wu Haibo. (2007) . An Optimal Model for Container Slot Allocation based on Equilibrium Principle of Shipping Line. Proceedings of International Conference on Transportation Engineering, China, ICTE 2007: 400-405

[14] Sun Wei & Hum Sin Hoon. (2004) . Container Deployment Problem. Journal of Operation Research.

[15] Heng-Qing Ye, Xue-Ming Yuan, and Xinxin Liu. (2007) . A Tactical Planning Model for Container Liner Shipping Companies Managing Container Flow and Ship Deployment Jointly. School of Business, National University of Singapore. [Online]. Available From: http://research.nus.biz/Documents/Research%20Paper%20Series/rps0710.pdf

[16] L. H. Lee., E. P. Chew., and M. S. Sim. (2007) . A Heuristic to Solve a Sea Cargo Revenue Management, OR Spectrum, Vol 29, No. 1: 123-136

[17] มาโนช โลหเตปานนท์ . (2550) . 2101495 Advanced Topics in Civil Engineering I. [สไลด์]. คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวขจาริน โตรักตระกูล เป็นบุตรสาวของนายธงชัย และนางเสาวลักษณ์ โตรักตระกูล เกิดวันที่ 22 กันยายน พ.ศ. 2528 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร ได้สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสตรีวิทยา และสำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2550 จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการขนส่งและจราจร ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขณะศึกษาอยู่ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย บทความของผู้เขียนวิทยานิพนธ์ได้ถูกตีพิมพ์ในเอกสารรวมการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 15 ดังนี้

นางสาว ขจาริน โตรักตระกูล , ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มาโนช โลหเตปานนท์. 2553. การจัดสรรระวางการขนส่งสินค้าเพื่อจัดการรายได้สำหรับสายเรือคอนเทนเนอร์ เอกสารการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 15. อุบลราชธานี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย