แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งสินค้าโดยการประมูลเชิงกลุ่ม

นายธีรธรรม มีเทศน์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MATHEMATICAL MODEL FOR SELECTING TRANSPORTATION CARRIERS USING COMBINATORIAL AUCTION

Mr.Theeratham Meethet

สถาบันวิทยบริการ
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 2008

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งสินค้าโดยการประมูลเชิงกลุ่ม
โดย	นายธีรธรรม มีเทศน์
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มาโนช โลหเตปานนท์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มาโนช โลหเตปานนท์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(อาจารย์ ดร. อำพล การุณสุนทวงษ์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ธีรธรรม มีเทศน์: แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งสินค้าโดยการประมูลเชิงกลุ่ม. (MATHEMATICAL MODEL FOR SELECTING TRANSPORTATION CARRIERS USING COMBINATORIAL AUCTION) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มาโนช โลหเตปานนท์, 75 หน้า.

สภาพเศรษฐกิจตกต่ำและการแข่งขันที่สูงขึ้นของภาคธุรกิจ ผลักดันให้ผู้ประกอบการแต่ละรายหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงาน เพื่อให้สามารถลดต้นทุนในการประกอบการและรักษาระดับความสามารถในการแข่งขันต่อไปได้ การขนส่งถือเป็นปัจจัยหลักปัจจัยหนึ่งของผู้ประกอบการหลายราย และเป็นปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงต่อต้นทุนของบริษัท งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งสินค้าโดยการประมูลเชิงกลุ่มที่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่ง ซึ่งเป็นรูปแบบการประมูลที่บริษัทผู้ผลิตสินค้าใช้เพื่อคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งสินค้า โดยเปิดโอกาสให้ผู้ให้บริการขนส่งเลือกเส้นทางหรือกลุ่มของเส้นทางที่เหมาะสมกับตนเองได้ ช่วยลดการเดินรถเที่ยวเปล่าโดยรวมของทั้งระบบลง และเป็นการลดต้นทุนการดำเนินการของทั้งผู้ให้บริการขนส่งและผู้ว่าจ้างการขนส่งลงอีกด้วย ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นโดยใช้ซอฟท์แวร์ ILOG CPLEX ในการแก้ปัญหากำหนดการเชิงจำนวนเต็มเพื่อหาค่าผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดของปัญหาดังกล่าว จากนั้นได้นำผลที่ได้จากการทดสอบแบบจำลองมาวิเคราะห์ถึงผลกระทบที่เกิดจากการมีความร่วมมือกันของผู้ว่าจ้างการขนส่งในการคัดเลือกให้บริการขนส่งในการจัดหาผู้ให้บริการขนส่งสินค้าแบบเต็มคัน

ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่า การใช้การประมูลเชิงกลุ่มในการจัดหาผู้ให้บริการขนส่งสินค้าแบบเต็มคันที่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่ง มีแนวโน้มช่วยลดสัดส่วนของระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่าลงได้ โดยการลดลงดังกล่าวมีแนวโน้มที่มากขึ้นเมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น ทั้งจากการเพิ่มจำนวนเส้นทางการขนส่งและจำนวนผู้ว่าจ้างการขนส่งที่มีความร่วมมือกัน นอกจากนี้ จากการศึกษาพบว่า ลักษณะการรวมกลุ่มของผู้ว่าจ้างการขนส่งที่มีตำแหน่งกระจายตัวอยู่ทั่วประเทศ ทำให้ค่าสัดส่วนดังกล่าวลดลงมากกว่ากรณีที่เป็นการรวมกลุ่มของผู้ว่าจ้างการขนส่งภายในภูมิภาค

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต ธีรธรรม มีเทศน์

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ปีการศึกษา 2551

5070301821 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEYWORDS: TRANSPORTATION OPTIMIZATION / CARRIER SELECTION / COMBINATORIAL AUCTION

THEERATHAM MEETHET: MATHEMATICAL MODEL FOR SELECTING TRANSPORTATION CARRIERS USING COMBINATORIAL AUCTION. ADVISOR: ASST. PROF. MANOJ LOHATEPANONT, Ph.D., 75 pp.

Globalization and the economic downturn along with pressure from aggressive business competitiveness have been pushing business sectors to work more efficient in order to stay competitive among their competitors. Transportation is one of the major factors affecting operating costs of many companies. The objective of this study is to develop a mathematical model for the selection of carriers using combinatorial auction in a shipper collaboration network. By using combinatorial auction, carriers can specify lane packages that will balance their network resulting in a reduction of system-wide empty haul and also a reduction in operating costs for both shippers and carriers. The model is applied to data generated based on actual distribution networks of sample shippers and solved to optimality by using ILOG CPLEX. An analysis of results has been done to cover effects of having shipper collaboration in the procurement of transportation services for their networks.

The results show reduction in transportation expenses and also reduction in empty haul distances. In our findings, the percentages of the reductions tend to be increased as problem sizes become larger, both by an increase in a number of lanes in the network and also by an increasing in a number of shippers in the collaborations.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department: Civil Engineering Student's Signature ธีรัตม์ มีเมธ

Field of Study: Civil Engineering Advisor's Signature

Academic Year: 2008

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 และตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณโครงการเพิ่มศักยภาพเพื่อก้าวสู่ความเป็นเลิศด้านวิศวกรรมศาสตร์สาขาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อส่งเสริมระบบการขนส่งโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับความอนุเคราะห์อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณนายยศศิริ อดุลยศักดิ์ นายกิตติโชติ ตันติภนา และนายพรเทพ ตรีช่อวิทยา สำหรับความช่วยเหลือ และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่างๆ ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ นิสิตสาขาวิศวกรรมการขนส่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกคน ที่คอยให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้กำเนิด คอยอบรมสั่งสอน และให้การสนับสนุน จนทำให้ข้าพเจ้ามีความรู้ความสามารถจนประสบความสำเร็จในการศึกษาในปัจจุบัน ทั้งยังคอยให้คำแนะนำอันจะเป็นแนวทางในการดำเนินชีวิตของผู้วิจัยในอนาคต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย 4

1.3 ขอบเขตในการศึกษา 5

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

1.5 องค์ความรู้ที่ได้รับ 6

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

2.1 การดำเนินการเดินรถขนส่งสินค้า 7

2.2 การจัดหาผู้ให้บริการขนส่งสินค้าโดยการประมูลเชิงกลุ่ม 8

2.3 การศึกษาเกี่ยวกับการคัดเลือกผู้ให้บริการรถบรรทุกขนส่งในการประมูลเชิงกลุ่ม 14

2.4 การมีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างขนส่งสินค้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่ง 20

2.5 แบบจำลองการแบ่งเซต 22

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 24

บทที่ 4 การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหา 27

4.1 แบบจำลองการแก้ปัญหาการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งด้วยการประมูลเชิงกลุ่ม 27

4.2 การกำหนดเงื่อนไขต่างๆ ของการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งด้วยการประมูลเชิงกลุ่ม 31

4.3 ขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 31

บทที่ 5 ผลการทดสอบ 33
5.1 รายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลอง 33
5.2 รายละเอียดของแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้น 36
5.3 ผลลัพธ์จากการทดสอบแบบจำลอง 39
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษาและแนวทางการพัฒนาในอนาคต 63
6.1 สรุป 63
6.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยในอนาคต 64
รายการอ้างอิง 66
ภาคผนวก 69
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 75

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

5.1 รายละเอียดของข้อมูลชุดหลักที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลอง 33

5.2 รายละเอียดของข้อมูลย่อย..... 36

5.3 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการขนส่งระหว่างกรณีที่มีและไม่มีความร่วมมือระหว่าง ผู้ว่าจ้างการขนส่ง สำหรับข้อมูลย่อยชุดที่ 5p ของข้อมูลหลักแต่ละชุด..... 41

5.5 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการขนส่งระหว่างกรณีที่มีและไม่มีความร่วมมือระหว่าง ผู้ว่าจ้างการขนส่ง สำหรับข้อมูลย่อยชุดที่ 8p ของข้อมูลหลักแต่ละชุด..... 41

5.6 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการขนส่งระหว่างกรณีที่มีและไม่มีความร่วมมือระหว่าง ผู้ว่าจ้างการขนส่ง สำหรับข้อมูลย่อยชุดที่ 10p ของข้อมูลหลักแต่ละชุด..... 41

5.7 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการขนส่งระหว่างกรณีที่มีและไม่มีความร่วมมือระหว่าง ผู้ว่าจ้างการขนส่ง สำหรับข้อมูลย่อยชุดที่ 5q ของข้อมูลหลักแต่ละชุด..... 41

5.8 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการขนส่งระหว่างกรณีที่มีและไม่มีความร่วมมือระหว่าง ผู้ว่าจ้างการขนส่ง สำหรับข้อมูลย่อยชุดที่ 8q ของข้อมูลหลักแต่ละชุด..... 42

5.9 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการขนส่งระหว่างกรณีที่มีและไม่มีความร่วมมือระหว่าง ผู้ว่าจ้างการขนส่ง สำหรับข้อมูลย่อยชุดที่ 10q ของข้อมูลหลักแต่ละชุด..... 42

5.10 เปรียบเทียบระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่ากรณีที่มีและไม่มีความร่วมมือระหว่าง ผู้ว่าจ้างการขนส่ง สำหรับข้อมูลย่อยชุดที่ 5p ของข้อมูลหลักแต่ละชุด..... 45

5.11 เปรียบเทียบระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่ากรณีที่มีและไม่มีความร่วมมือระหว่าง ผู้ว่าจ้างการขนส่ง สำหรับข้อมูลย่อยชุดที่ 8p ของข้อมูลหลักแต่ละชุด..... 45

5.12 เปรียบเทียบระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่ากรณีที่มีและไม่มีความร่วมมือระหว่าง ผู้ว่าจ้างการขนส่ง สำหรับข้อมูลย่อยชุดที่ 10p ของข้อมูลหลักแต่ละชุด..... 45

5.13 เปรียบเทียบระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่ากรณีที่มีและไม่มีความร่วมมือระหว่าง ผู้ว่าจ้างการขนส่ง สำหรับข้อมูลย่อยชุดที่ 5q ของข้อมูลหลักแต่ละชุด..... 46

5.14 เปรียบเทียบระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่ากรณีที่มีและไม่มีความร่วมมือระหว่าง ผู้ว่าจ้างการขนส่ง สำหรับข้อมูลย่อยชุดที่ 8q ของข้อมูลหลักแต่ละชุด..... 46

5.15 เปรียบเทียบระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่ากรณีที่มีและไม่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่ง สำหรับข้อมูลย่อยชุดที่ 10q ของข้อมูลหลักแต่ละชุด..... 46

5.16 ระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองและแก้ปัญหาเพื่อหาผลลัพธ์ของชุดปัญหาต่างๆ.... 49

5.17 สัดส่วนของลักษณะกลุ่มเส้นทางการขนส่งที่ถูกเลือกของปัญหาชุด 5p..... 51

5.18 สัดส่วนของลักษณะกลุ่มเส้นทางการขนส่งที่ถูกเลือกของปัญหาชุด 8p..... 52

5.19 สัดส่วนของลักษณะกลุ่มเส้นทางการขนส่งที่ถูกเลือกของปัญหาชุด 10p..... 52

5.20 สัดส่วนของลักษณะกลุ่มเส้นทางการขนส่งที่ถูกเลือกของปัญหาชุด 5q..... 53

5.21 สัดส่วนของลักษณะกลุ่มเส้นทางการขนส่งที่ถูกเลือกของปัญหาชุด 8q..... 53

5.22 สัดส่วนของลักษณะกลุ่มเส้นทางการขนส่งที่ถูกเลือกของปัญหาชุด 10q..... 54

5.23 จำนวนกลุ่มเส้นทางที่เป็นไปได้แบ่งตามลักษณะ 55

5.24 สัดส่วนจำนวนตัวแปรที่เป็นไปได้ทั้งหมดเปรียบเทียบกับจำนวนเส้นทางการขนส่งของระบบ 56

5.25 จำนวนตัวแปรที่เป็นผลลัพธ์จากการแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นคิดเป็นร้อยละโดยเฉลี่ยของจำนวนเส้นทางการขนส่งของระบบ..... 56

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	รูปแบบของกิจกรรมของการเดินรถขนส่งสินค้าแบบเต็มคันรถแบบต่อเนื่อง	8
2.2	ชุดการประมูลที่เป็นไปได้ สำหรับการยื่นประมูลเชิงกลุ่ม	9
2.3	สัดส่วนวิธีการสร้างชุดการจับกลุ่มเส้นทางที่ใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา	10
4.1	ตัวอย่างตัวแปรกลุ่มของเส้นทางการขนส่งที่เป็นไปได้	30
5.1	ตัวอย่างโครงข่ายการขนส่งของบริษัทตัวอย่าง	34
5.2	ลำดับขั้นการกระจายชุดข้อมูลหลักเป็นชุดข้อมูลรองและชุดข้อมูลย่อย	35
5.3	ความสัมพันธ์ของจำนวนเส้นทางการขนส่งกับจำนวนตัวแปร	37
5.4	ความสัมพันธ์ของจำนวนเส้นทางการขนส่งกับจำนวนสมการเงื่อนไขบังคับ	38
5.5	ความสัมพันธ์ของสัดส่วนค่าใช้จ่ายที่ลดลงกับจำนวนเส้นทางของปัญหา	43
5.6	ความสัมพันธ์ของจำนวนเส้นทางการขนส่งกับค่าใช้จ่ายในการขนส่งสำหรับชุดปัญหา 5p	43
5.8	ระยะเวลาในการสร้างเมตริกซ์ของชุดข้อมูลแต่ละชุด	50
5.9	ระยะเวลาในการแก้ปัญหาของชุดของชุดข้อมูลแต่ละชุด	50
5.10	ความสัมพันธ์ของสัดส่วนของลักษณะกลุ่มเส้นทางแต่ละลักษณะ	54
5.11	ความสัมพันธ์ของสัดส่วนค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่ลดลงกับจำนวนเส้นทางการขนส่ง	59
5.12	ความสัมพันธ์ของสัดส่วนระยะทางในการขนส่งรวมที่ลดลงกับจำนวนเส้นทาง	62

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตสินค้าต่างๆ ในประเทศไทย ได้ให้ความสำคัญกับการบริหารจัดการทางด้านโลจิสติกส์ (Logistics Management) มากขึ้น เนื่องจากการบริหารจัดการที่ดีเป็นปัจจัยที่ช่วยลดต้นทุนการผลิตลงได้ การบริหารจัดการด้านการขนส่ง (Transportation Management) เป็นส่วนหนึ่งของการบริหารจัดการทางด้านโลจิสติกส์ และต้นทุนด้านการขนส่งก็ถือเป็นต้นทุนหลักของต้นทุนด้านโลจิสติกส์ทั้งหมด ดังนั้นจึงมีผลกระทบโดยตรงต่อต้นทุนของสินค้าและผลประกอบการของบริษัท และเนื่องจากในสภาพเศรษฐกิจปัจจุบันซึ่งมีการแข่งขันสูง ประกอบกับราคาน้ำมันที่มีความผันผวน ทำให้บริษัทผู้ผลิตสินค้าให้ความสนใจกับการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานด้านการขนส่ง เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิตลง ทำให้บริษัทสามารถแข่งขันกับคู่แข่งรายอื่นได้

บริษัทผู้ผลิตสินค้ามีความจำเป็นที่จะต้องกระจายสินค้าจากโรงงานไปยังลูกค้ารายต่างๆ ซึ่งแต่ละบริษัทจะมีวิธีการจัดการที่แตกต่างกันไป โดยรูปแบบการขนส่งสินค้าที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในประเทศไทยคือการขนส่งสินค้าทางถนน จากสถิติของศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงคมนาคม พบว่าการขนส่งสินค้าภายในประเทศในปี พ.ศ.2551 มีปริมาณรวมทั้งสิ้น 514.99 ล้านตัน โดยเป็นการขนส่งสินค้าทางถนน 424.46 ล้านตัน (181,009 ล้านตัน-กิโลเมตร) คิดเป็น 82.42% ของการขนส่งสินค้าภายในประเทศทั้งหมด สาเหตุที่ทำให้การขนส่งสินค้าทางถนนเป็นรูปแบบการขนส่งสินค้าที่นิยมใช้มากที่สุดก็เนื่องมาจากการมีความได้เปรียบเหนือกว่าการขนส่งในรูปแบบอื่น ในด้านความสามารถในการเข้าถึงจุดรับและส่งสินค้า ความสามารถในการจัดส่งได้ด้วยความถี่ที่สูง และการความเหมาะสมต่อการกระจายสินค้าให้กับผู้จำหน่ายสินค้ารายย่อย (Lambert et al., 1993 และ Bowersox et al., 1981) จะเห็นได้ว่ารูปแบบการขนส่งทางถนนนั้น มีบทบาทมากที่สุดในการขนส่งสินค้า ดังนั้น การบริหารจัดการและวางแผนเกี่ยวกับการขนส่งสินค้าทางถนน จึงมีความสำคัญอย่างมาก ในการลดต้นทุนทางด้านโลจิสติกส์ลงได้

รูปแบบการดำเนินการเดินรถกระจายสินค้าของบริษัทผู้ผลิตสินค้า อาจแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบหลัก ได้แก่

1. ใช้รถบรรทุกของบริษัทเอง
2. ว่าจ้างผู้ให้บริการขนส่ง ตามความต้องการโดยพิจาณาเป็นกรณี
3. ว่าจ้างผู้ให้บริการขนส่ง โดยมีการทำสัญญาระยะกลางถึงระยะยาว

โดยทั่วไปแล้ว บริษัทผู้ผลิตสินค้าขนาดใหญ่ที่มีปริมาณการสั่งซื้อของลูกค้าที่ค่อนข้างแน่นอน มักเลือกใช้การว่าจ้างผู้ให้บริการขนส่งด้วยการทำสัญญาระยะยาว และต้องมีการจัดหาผู้ให้บริการขนส่งสินค้าที่มีความเหมาะสม กระบวนการดังกล่าวสามารถทำได้หลายวิธี แต่วิธีการที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายคือการประมูล เนื่องจากเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้ให้บริการขนส่งทุกรายเสนอราคาแข่งขันกัน อัตราค่าขนส่งที่ยื่นเสนอจึงมักเป็นอัตราที่ต่ำที่สุดที่ผู้เข้าร่วมประมูลแต่ละรายสามารถให้บริการได้

การประมูลในการจัดหาผู้ให้บริการขนส่งที่ในปัจจุบันนิยมใช้ในประเทศไทย ได้แก่

1. การประมูลเพื่อสัญญาว่าจ้างขนส่งรายเส้นทาง (Lane) โดยที่เส้นทาง หมายถึงการขนส่งระหว่างต้นทางแห่งหนึ่งกับปลายทางอีกแห่งหนึ่งในทิศทางหนึ่งๆ การประมูลรูปแบบนี้พิจารณาการว่าจ้างในแต่ละเส้นทางอย่างเป็นอิสระต่อกัน โดยไม่คำนึงถึงเส้นทางอื่น

2. การประมูลเพื่อสัญญาว่าจ้างขนส่งทั้งภูมิภาค เป็นการประมูลเพื่อหาผู้ให้บริการขนส่งเพื่อให้บริการการขนส่งทุกเส้นทางในแต่ละภูมิภาค

เนื่องจากต้นทุนการขนส่งสินค้าแบบเต็มคันไม่ได้มีลักษณะของการประหยัดเชิงขนาด (Economies of Scale) แต่มีการประหยัดเชิงขอบเขต (Economies of Scope) หรือการครอบคลุมการให้บริการในโครงข่ายการขนส่ง รูปแบบการประมูลทั้งสองแบบข้างต้น ไม่ได้คำนึงถึงขอบเขตและภาพรวมของการเดินรถขนส่งทั้งระบบ ซึ่งอาจทำให้เกิดการวิ่งเที่ยวเปล่า (Empty Haul) ซึ่งถือเป็นปัญหาสำคัญของการขนส่งสินค้าแบบเต็มคัน ปัญหาดังกล่าวทำให้เกิดความสิ้นเปลืองทรัพยากรต่างๆ โดยไม่จำเป็น ทั้งน้ำมันเชื้อเพลง คนขับรถ และความสึกหรอของรถบรรทุก ให้บริการขนส่งจึงต้องหาวิธีการที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานของตน ซึ่งโดยทั่วไปจะทำโดยการหาสินค้าจากผู้ว่าจ้างการขนส่งรายอื่นมาขนส่งในเที่ยวกลับ แต่วิธีการดังกล่าวยังคงมีความไม่แน่นอนของการมีสินค้าในเที่ยวกลับ จึงเป็นสาเหตุให้ผู้ให้บริการขนส่งคิดค่าบริการขนส่งเพิ่มขึ้น เนื่องจากต้องเผื่อต้นทุนความเสี่ยงในการวิ่งเที่ยวเปล่าซึ่งไม่ทำให้เกิดรายได้ด้วย ต้นทุนดังกล่าวจะถูกรวมกับค่าใช้จ่ายจริงในการราคาที่เรียกเก็บจากผู้ว่าจ้างการขนส่ง

รูปแบบการประมูลที่อาจเป็นทางออกของปัญหาข้างต้น คือ การประมูลเชิงกลุ่ม (Combinatorial Auction) (Sheffi, 2004) ซึ่งเป็นรูปแบบการประมูลที่บริษัทผู้ผลิตสินค้าใช้เพื่อคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งสินค้า โดยเปิดโอกาสให้ผู้ให้บริการขนส่งเลือกเส้นทางหรือกลุ่มของเส้นทางที่เหมาะสมกับตนเองได้ ผู้ให้บริการขนส่งก็จะเลือกกลุ่มของเส้นทางที่จะทำให้รถบรรทุกของตนมีสินค้าขนส่งในเที่ยวกลับ หรือเป็นกลุ่มของเส้นทางที่ทำให้เกิดวงรอบของการขนส่ง และกำหนดเงื่อนไขในการรับจ้างต่างๆ เช่น ต้องการสัญญาว่าจ้างในเส้นทาง ก. ก็ต่อเมื่อได้สัญญาว่าจ้างของเส้นทาง ข. ด้วย เป็นต้น ดังนั้น เมื่อความไม่แน่นอนในการเดินรถเที่ยวเปล่าต่ำลง จึงอาจจูงใจให้ผู้ให้บริการขนส่งยื่นประมูลในราคาที่ต่ำลงด้วย ซึ่งนอกจากจะสามารถช่วยลดการวิ่งรถเที่ยวเปล่าของผู้ให้บริการขนส่งแต่ละรายแล้ว ยังช่วยลดการวิ่งรถเที่ยวเปล่ารวมของทั้งระบบอีกด้วย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อทั้งฝ่ายผู้ว่าจ้างการขนส่ง ฝ่ายผู้ให้บริการขนส่ง และเศรษฐกิจด้วยรวมของสังคม (Cramton, 2007)

การประมูลโดยทั่วไป ผู้ว่าจ้างการขนส่งจะเลือกผู้เข้าร่วมประมูลที่ยื่นเสนอราคาต่ำที่สุดในแต่ละรายการ (Item) แต่สำหรับการประมูลเชิงกลุ่มซึ่งผู้เข้าร่วมการประมูลมีทางเลือกในการยื่นประมูลควบกันระหว่างหลายรายการ การเลือกผู้ชนะการประมูลจึงมีความยุ่งยากตามไปด้วย และถือเป็นปัญหาสำคัญที่ต้องพิจารณาในการประมูลรูปแบบดังกล่าว ปัญหาการคัดเลือกนี้ อาจเรียกว่าเป็นปัญหาการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งสินค้า (Carrier Selection Problem)

ทั้งนี้ การคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งสินค้าโดยการประมูลเชิงกลุ่มนั้น มีความยุ่งยากอยู่หลายประเด็น อาทิ

1. ชุดการประมูลที่เป็นไปได้ทั้งหมดมีจำนวนมาก ซึ่งเกิดจากการประมูลเชิงกลุ่ม เปิดโอกาสให้ผู้ให้บริการขนส่งที่เข้าร่วมประมูลจัดกลุ่มของเส้นทางเป็นชุดการประมูลที่มีความเหมาะสมกับโครงข่ายการให้บริการของตน

2. บริษัทผู้ว่าจ้างการขนส่งต้องสามารถรับรองความแน่นอนของปริมาณสินค้าที่ต้องขนส่งของแต่ละเส้นทางได้ในระดับหนึ่ง

3. ผู้ให้บริการขนส่งที่เข้าร่วมประมูล ต้องสามารถสร้างชุดการประมูลที่ต้องการยื่นประมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. บริษัทผู้ว่าจ้างการขนส่งต้องมีวิธีการเลือกผู้ชนะการประมูลที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

เนื่องจากการดำเนินการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งด้วยวิธีประมูลเชิงกลุ่มนั้น ต้องพิจารณาข้อมูลจำนวนมากพร้อมกัน และอาจมีปัจจัยหรือเงื่อนไขต่างๆ ที่ต้องพิจารณาควบคู่กันไปด้วย ดังนั้น การนำแนวคิดด้านการแก้ปัญหาค่าเหมาะสมที่สุด (Optimization Problem) มาใช้ จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการแก้ปัญหาได้ แต่เนื่องจากลักษณะปัญหาของแต่ละกรณีปัญหายังมีรูปแบบรายละเอียดปลีกย่อยที่แตกต่างกัน ทำให้ผู้วิจัยจะต้องหารูปแบบที่เหมาะสมที่สุดกับลักษณะปัญหานั้นๆ นอกจากนี้ ยังต้องกำหนดเงื่อนไขต่างๆ ในการแก้ปัญหาให้สอดคล้องกับรูปแบบของปัญหาแต่ละรูปแบบอีกด้วย

ลักษณะโครงข่ายการขนส่งของบริษัทผู้ผลิตสินค้า มักเป็นการกระจายสินค้าออกจากจุดใดจุดหนึ่ง ซึ่งลักษณะโครงข่ายการขนส่งดังกล่าวไม่เหมาะสมในการนำรูปแบบการประมูลเชิงกลุ่มมาใช้เนื่องจากผู้ให้บริการขนส่งจะไม่สามารถจับกลุ่มเส้นทางที่ทำให้เกิดวงรอบปิดหรือส่วนของวงรอบปิดได้ แนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาดังกล่าวคือ การขยายขนาดของโครงข่ายการขนส่งโดยอาศัยความร่วมมือกันของผู้ว่าจ้างการขนส่งหลายๆ ราย ซึ่งจะทำให้จำนวนเส้นทางในโครงข่ายการขนส่งที่จะทำการประมูลมีมากขึ้น และมีทิศทางที่หลากหลาย ทำให้ผู้ให้บริการขนส่งแต่ละราย มีทางเลือกในการจัดกลุ่มเส้นทางให้เหมาะสมกับโครงข่ายการให้บริการของตน

การประมูลเชิงกลุ่มเพื่อคัดเลือกผู้ให้บริการรถบรรทุกขนส่ง ถือเป็นเรื่องใหม่สำหรับประเทศไทย แต่สำหรับในต่างประเทศ โดยเฉพาะประเทศสหรัฐอเมริกา รูปแบบการประมูลดังกล่าวได้ถูกนำมาศึกษาและถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย อาทิเช่น การคัดเลือกผู้ให้บริการรถบรรทุกขนส่ง (Caplice และ Sheffi, 1996 และ Chen, 2003) การจัดสรรช่องเวลา (Time Slot) สำหรับการนำเครื่องบินขึ้นและลงจอดที่สนามบิน (Rassenti et al., 1982) การจัดสรรคลื่นความถี่ (Koboldt et al., 2003) และการจัดสรรช่วงเวลาโฆษณา (Parkes และ Sandholm, 2005) เป็นต้น ดังนั้น การศึกษารูปแบบการประมูลดังกล่าวจะทำให้สามารถนำองค์ความรู้มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทยได้

1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. ศึกษาปัญหาการเลือกผู้ให้บริการขนส่งสินค้าโดยการประมูลเชิงกลุ่มที่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่ง

2. สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาผู้ให้บริการขนส่งสินค้าด้วยการประมูลเชิงกลุ่มที่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่ง

3. วิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดจากการร่วมมือกันของผู้ว่าจ้างการขนส่งหลายรายในการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งดังกล่าวโดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

1.3 ขอบเขตในการศึกษา

งานวิจัยนี้ จะทำการศึกษาปัญหาการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งสินค้าสำหรับการขนส่งแบบเต็มคัน (Truckload) โดยการประมูลเชิงกลุ่มที่มีความร่วมมือของผู้ว่าจ้างการขนส่งหลายราย และมีการแข่งขันระหว่างผู้ให้บริการขนส่งหลายรายด้วย โดยจะพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เชิงจำนวนเต็ม และทดสอบแบบจำลองด้วยข้อมูลจำลองที่สร้างขึ้นโดยดัดแปลงมาจากข้อมูลจริงของบริษัทตัวอย่าง และจะใช้แบบจำลองดังกล่าวในวิเคราะห์ในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการมีความร่วมมือกันของผู้ว่าจ้างการขนส่งหลายราย ต่อการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งในการจัดหาผู้ให้บริการขนส่งสินค้าแบบเต็มคัน

ทั้งนี้ งานวิจัยนี้พิจารณาการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งในการประมูลเชิงกลุ่มเพียงส่วนของเทคนิคและวิธีการในการวางแผนตัดสินใจเท่านั้น จะไม่พิจารณาถึงขั้นตอนในการปฏิบัติงานจริง นอกจากนี้การวิจัยจะไม่ครอบคลุมถึงการสร้างกลุ่มของเส้นทางเพื่อยื่นประมูลของผู้ให้บริการขนส่ง แต่อาจมีการสมมติข้อมูลที่จำเป็นบางส่วนที่เกี่ยวข้องกับผู้ให้บริการขนส่ง เพื่อใช้ในการทดสอบแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สามารถแก้ปัญหาการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งสินค้าด้วยการประมูลเชิงกลุ่มที่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่ง

2. ทราบถึงผลกระทบที่เกิดจากการใช้การประมูลเชิงกลุ่มในการจัดหาผู้ให้บริการขนส่งสินค้าแบบเต็มคันที่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่ง และผลจากการใช้การประมูลรูปแบบดังกล่าว เพื่อประโยชน์ในการพัฒนาและนำไปใช้จริงต่อไปในอนาคต

3. เป็นแนวทางในการศึกษาเกี่ยวกับการจัดหาผู้ให้บริการขนส่งด้วยวิธีการประมูลเชิงกลุ่มสำหรับอุตสาหกรรมการขนส่งของประเทศไทยซึ่งจะนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบขนส่ง

1.5 องค์ความรู้ที่ได้รับ

1. ศึกษาถึงที่มา ประโยชน์ และอุปสรรคในการนำวิธีการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งสินค้าโดยการประมูลเชิงกลุ่มที่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่ง มาใช้กับอุตสาหกรรมขนส่งของประเทศไทย

2. การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการพัฒนาขั้นตอนวิธีสำหรับการแก้ปัญหาการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งโดยการประมูลเชิงกลุ่มที่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่ง ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยอื่นๆ ที่พิจารณาการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งโดยการประมูลรูปแบบดังกล่าวแต่มีผู้ว่าจ้างการขนส่งเพียงรายเดียว

3. วิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาด้วยวิธีที่ได้พัฒนาขึ้นในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการมีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การดำเนินการเดินรถขนส่งสินค้า

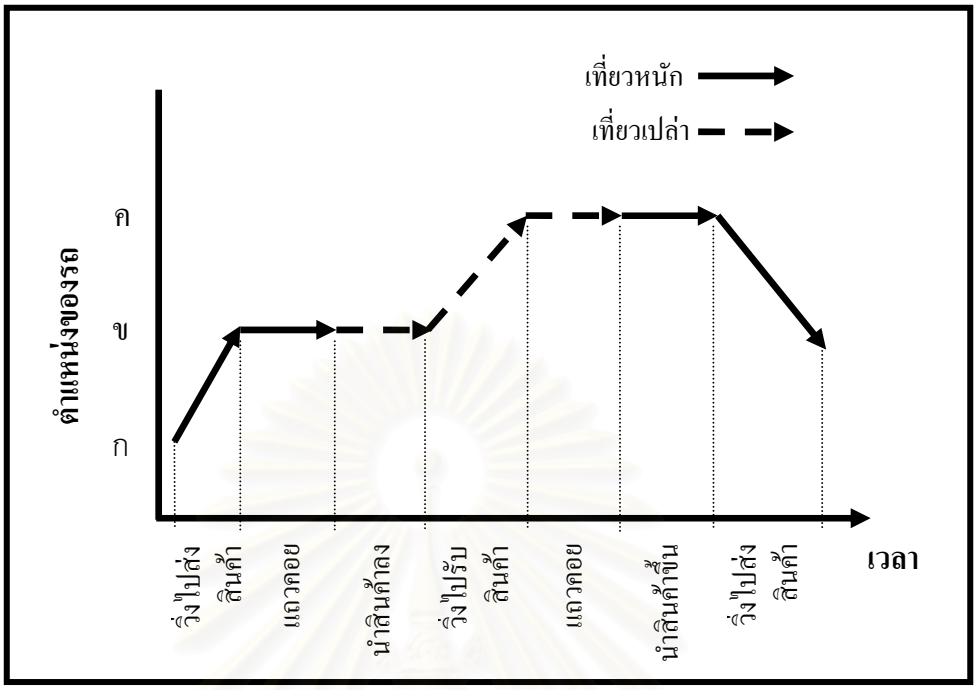
การเดินรถขนส่งสินค้าโดยปกติสามารถแยกเป็น 3 รูปแบบหลัก ได้แก่ 1) การขนส่งสินค้าแบบเต็มคันรถ (Truckload, TL) 2) การขนส่งสินค้าแบบไม่เต็มคันรถ (Less-than-Truckload, LTL) และ 3) การขนส่งสินค้าพัสดุภัณฑ์ (Package Delivery)

รูปแบบการเดินรถขนส่งสินค้าแต่ละรูปแบบมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป ในการพิจารณาเลือกรูปแบบการดำเนินการขนส่งจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยและข้อกำหนดต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่การเลือกรูปแบบขนส่งสินค้าที่เหมาะสมที่สุด แต่รูปแบบการขนส่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย คือ การขนส่งสินค้าแบบเต็มคันรถ

การขนส่งสินค้าแบบเต็มคันรถ เป็นการขนส่งสินค้าซึ่งรถออกจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลายทางโดยไม่มีการแวะรับหรือส่งสินค้าในระหว่างเส้นทางการขนส่ง กล่าวคือ สินค้าทั้งหมดถูกนำลงจากรถที่ปลายทางเท่านั้น การขนส่งสินค้าแบบนี้ อาจเรียกได้ว่าเป็นการขนส่งสินค้าระบบตรง (Direct System)

หากไม่ได้มีการวางแผนอย่างมีประสิทธภาพ การดำเนินการขนส่งสินค้าแบบเต็มคันรถดังกล่าว จะเป็นการนำสินค้าจากจุดเริ่มต้นไปส่งยังปลายทาง แล้ววิ่งกลับมายังจุดเริ่มต้นเพื่อรับสินค้าอีกครั้ง โดยไม่ได้มีการบรรทุกของในเทียวกลับ ซึ่งถือเป็นรูปแบบที่มีการจัดการที่ง่าย แต่อาจมีประสิทธิภาพในการดำเนินงานต่ำ เนื่องจากครึ่งหนึ่งของระยะทางที่รถวิ่งเป็นการเดินรถเที่ยวเปล่าซึ่งไม่ก่อให้เกิดรายได้และเป็นการใช้ทรัพยากรอย่างสิ้นเปลือง

อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาถึงการเพิ่มประสิทธิภาพในการเดินรถขนส่งแบบเต็มคัน โดยการจัดการขนส่งแบบต่อเนื่อง (Ergun et al., 2007) ซึ่งรถบรรทุกจะวิ่งไปรับสินค้าจากจุดรับสินค้าจุดอื่นหลังจากส่งสินค้าที่จุดแรกแล้ว เพื่อเป็นการลดการวิ่งรถเที่ยวเปล่าลง รูปแบบการดำเนินการขนส่งดังกล่าว เป็นดังรูปที่ 2.1 (Chen, 2003)

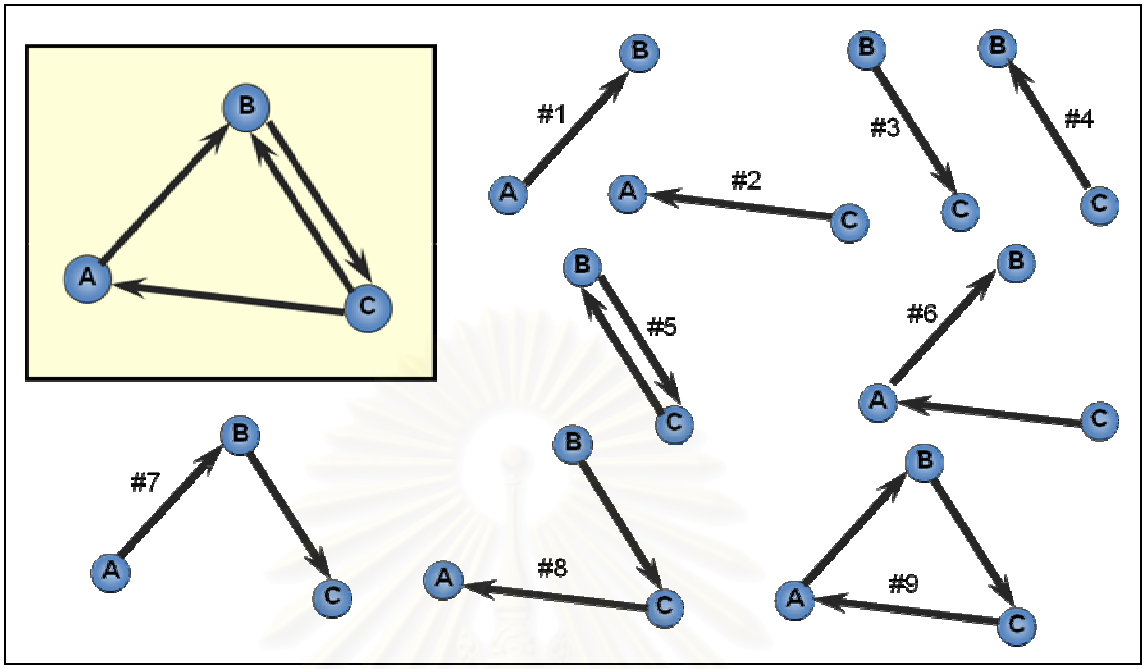


รูปที่ 2.1 รูปแบบของกิจกรรมของการเดินรถขนส่งสินค้าแบบเต็มคันรถแบบต่อเนื่อง

เนื่องจากในระบบการขนส่งแบบเต็มคับรถโดยปกติ จะมีความไม่แน่นอนของการมีสินค้าการขนส่งเที่ยวกลับหรือเที่ยวถัดไปหลังจากส่งสินค้าในเที่ยวแรกแล้ว ทำให้ผู้ให้บริการขนส่งต้องคิดค่าบริการขนส่งเพิ่มขึ้น เนื่องจากต้องเผื่อต้นทุนความเสี่ยงในการวิ่งเที่ยวเปล่าซึ่งไม่ทำให้เกิดรายได้ ทำให้ผู้ว่าจ้างการขนส่งต้องแบกรับต้นทุนดังกล่าวโดยไม่จำเป็น ในขณะที่ผู้ให้บริการขนส่งเอง ก็ไม่สามารถวางแผนการดำเนินงานให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดได้

2.2 การจัดหาผู้ให้บริการขนส่งสินค้าโดยการประมูลเชิงกลุ่ม

การจัดหาผู้ให้บริการขนส่งสินค้าโดยการประมูลเชิงกลุ่มนั้น มีความแตกต่างจากการประมูลแบบทั่วไป คือ เป็นการประมูลที่เปิดโอกาสให้ผู้เข้าร่วมประมูลเลือกเสนอราคาสำหรับกลุ่มของเส้นทางที่มีความเหมาะสมกับตนได้อย่างอิสระ รูปที่ 2.2 (Caplice, 1996) แสดงโครงข่ายการขนส่งตัวอย่าง และชุดการประมูลที่เป็นไปได้ สำหรับการยื่นประมูลเชิงกลุ่มสำหรับโครงข่ายการขนส่งดังกล่าว

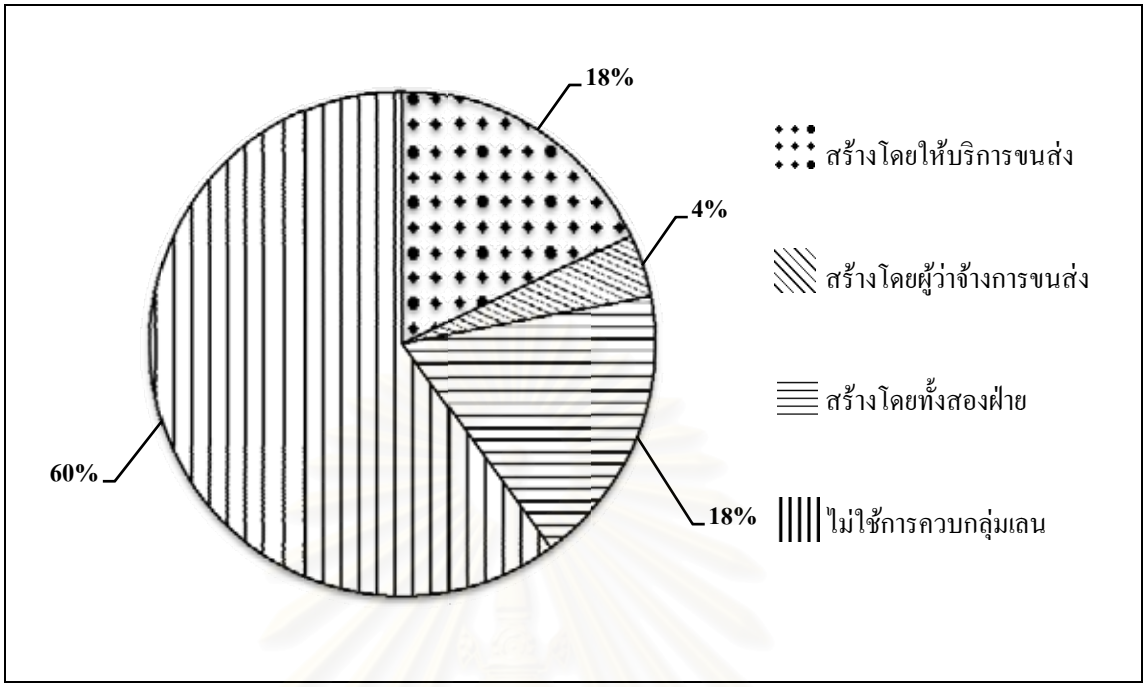


รูปที่ 2.2 ชุดการประมูลที่เป็นไปได้ สำหรับการยื่นประมูลเชิงกลุ่ม

ขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่งในการจัดหาผู้ให้บริการขนส่งด้วยการประมูลเชิงกลุ่มคือ การสร้างชุดของกลุ่มเส้นทาง ซึ่งอาจสร้างด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน โดยอาจแบ่งได้เป็น 3 แบบหลัก คือ

1. สร้างโดยผู้ให้บริการขนส่ง
2. สร้างโดยผู้ว่าจ้างการขนส่ง
3. สร้างโดยทั้งสองฝ่าย

รูปที่ 2.3 แสดงสัดส่วนวิธีการสร้างชุดการจับกลุ่มเส้นทางของการจัดหาผู้ให้บริการขนส่งสินค้าโดยการประมูลเชิงกลุ่ม ในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งจะเห็นได้ว่าการจัดกลุ่มเส้นทางโดยผู้ว่าจ้างการขนส่งนั้น ถือเป็นส่วนน้อยมาก โดยคิดเป็นร้อยละ 4 จากการใช้ระบบจัดหาผู้ให้บริการขนส่งโดยการประมูลเชิงกลุ่มทั้งหมดที่คิดเป็นร้อยละ 40 แต่อย่างไรก็ดี การจัดหาผู้ให้บริการขนส่งอีกร้อยละ 60 ยังไม่ได้มีการนำระบบการจัดหาผู้ให้บริการขนส่งสินค้าโดยการประมูลเชิงกลุ่มมาใช้



รูปที่ 2.3 สัดส่วนวิธีการสร้างชุดการจับกลุ่มเส้นทางที่ใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา จากการสำรวจของ Supply Chain Consortium Freight Sourcing Survey ปี พ.ศ.2551

หลังจากที่ผู้ให้บริการขนส่งได้ยื่นเสนอราคาของแต่ละกลุ่มเส้นทางแล้ว ผู้ว่าจ้างการขนส่งจะต้องทำการคัดเลือกผู้เข้าร่วมประมูลว่าผู้ให้บริการขนส่งรายใดจะได้สัญญาว่าจ้างในเส้นทางหรือกลุ่มของเส้นทางใด ทั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ค่าใช้จ่ายรวมในการว่าจ้างการขนส่งต่ำที่สุด และมีเงื่อนไขบังคับว่าต้องมีผู้ให้บริการขนส่งสำหรับทุกเส้นทางในโครงข่ายการขนส่ง ปัญหาการคัดเลือกดังกล่าวสำหรับการประมูลทั่วไปจะเรียกว่า ปัญหาการเลือกผู้ชนะ (Winner Determination Problem) และสำหรับการนำมาประยุกต์ใช้ในภาคธุรกิจการขนส่งจะเรียกว่า ปัญหาการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่ง (Carrier Selection Problem)

2.2.1 ปัญหาการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่ง

ปัญหาการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งสินค้าเป็นปัญหาที่ใช้ในการหาว่าแต่ละส่วนของโครงข่ายการขนส่งสินค้าของผู้ว่าจ้างการขนส่งควรจัดสรรให้กับผู้ให้บริการขนส่งรายใด ซึ่งรูปแบบของปัญหาดังกล่าวจะแตกต่างกันไปขึ้นกับลักษณะการประมูลและรูปแบบของสัญญาที่ใช้ โดยถ้าหากเป็นการประมูลเชิงเดี่ยว ผู้ให้บริการขนส่งที่ยื่นประมูลด้วยราคาต่ำสุดของแต่ละเส้นทางจะได้รับการคัดเลือกให้เป็นผู้ให้บริการในเส้นทางดังกล่าว แต่หากเป็นการประมูลเชิงกลุ่มหรือการประมูลที่มีการกำหนดเงื่อนไข ขั้นตอนการคัดเลือกจะมีความยุ่งยากและซับซ้อนมากขึ้น

ปัญหาการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งนั้น มีลักษณะของปัญหาที่ประกอบด้วยเซตของชุดการประมูลซึ่งเป็นกลุ่มของเส้นทาง ซึ่งผู้เข้าร่วมการประมูลหลายๆ รายเป็นผู้ยื่นเสนอการแก้ปัญหาดังกล่าว มีเป้าหมายเพื่อจัดสรรเส้นทางและกลุ่มของเส้นทางดังกล่าวให้กับผู้ให้บริการขนส่ง เพื่อให้มีค่าใช้จ่ายรวมในการว่าจ้างการขนส่งต่ำที่สุด

อนึ่ง ปัญหาการเลือกผู้ชนะเพื่อจัดหาผู้ให้บริการนั้น ถือเป็นปัญหาที่มีความยุ่งยากในการหาผลเฉลย (Norden et al., 2006) เนื่องจากเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนในการหาค่าผลเฉลยสูง (Non-Deterministic Polynomial-Time Hard) (Rothkopf et al., 1998 และ Yadati et al., 2006) กล่าวคือ เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาเพิ่มในอัตราส่วนแบบเอกโปเนนเชียลกับขนาดของปัญหาที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ การประมาณขนาดของปัญหาและระยะเวลาที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหายังสามารถทำได้ยากอีกด้วย (Sandholm, 2002)

เนื่องจากปัจจัยที่ต้องพิจารณาในการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งไม่ได้มีเพียงค่าใช้จ่ายที่สามารถคิดเป็นมูลค่าได้เพียงอย่างเดียว แต่ยังต้องคำนึงถึงคุณภาพในการให้บริการด้วย อาทิ ความรวดเร็ว ความปลอดภัย ความแน่นอน เป็นต้น ทั้งนี้ ผู้ว่าจ้างการขนส่งอาจต้องประเมินปัจจัยด้านคุณภาพต่างๆ เป็นจำนวนเงินและนำไปรวมกับราคาที่ผู้ให้บริการขนส่งยื่นเสนอประมูล เพื่อให้สามารถนำมาเปรียบเทียบได้โดยง่าย

2.2.2 แบบจำลองการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งสินค้า (Carrier Assignment Formulation)

แบบจำลองการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่ง จะถูกใช้เพื่อคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งที่มีความเหมาะสมในการให้บริการบนโครงข่ายการขนส่งสินค้าแบบเต็มคันรถของผู้ว่าจ้างการขนส่ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดต้นทุนรวมในการขนส่งที่ต่ำที่สุด รูปแบบทั่วไปของแบบจำลองการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งสินค้า เป็นดังนี้ (Caplice, 1996)

$$Min \sum_k c^k\left(x^k\right) \tag{2.1}$$

Subject to

$$\sum_k x^k = D \tag{2.2}$$

$$x^k \in X \ \forall k \tag{2.3}$$

เมื่อ x^k คือ ปริมาณสินค้าที่ถูกกำหนดให้กับผู้ให้บริการขนส่ง k สำหรับแต่ละเส้นทาง

$c^k\left(x^k\right)$ คือ ฟังก์ชันต้นทุนของผู้ให้บริการขนส่ง k สำหรับการให้บริการเส้นทาง x^k

D คือ อุปทานของแต่ละเส้นทางจากการคาดการณ์

X คือ เซตของการจัดสรรการขนส่งทั้งหมดและการกำหนดเส้นทางการขนส่ง

ทั้งนี้ ยังมีงานวิจัยที่นำแบบจำลองการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งสินค้า (Carrier Assignment Model) มาพัฒนา (Guo, 2003) โดยได้เพิ่มส่วนของการพิจารณาปัจจัยทางธุรกิจต่างๆ ที่ผู้ว่าจ้างการขนส่งเป็นผู้กำหนดขึ้น เช่น การจำกัดจำนวนผู้ให้บริการรถขนส่งสินค้า และ การพิจารณาความสามารถในการให้บริการของผู้ให้บริการแต่ละราย เป็นต้น โดยปัจจัยต่างๆ ถูกรวมเอาไว้เป็นส่วนหนึ่งของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) ของปัญหา โดยเรียกพจน์นี้ว่าต้นทุนค่าปรับ (Penalty Cost) และได้มีการประเมินถึงสัดส่วนของพจน์นี้เมื่อเทียบกับส่วนหลักของฟังก์ชันวัตถุประสงค์

โดยแบบจำลองที่ถูกพัฒนาขึ้นในงานวิจัยดังกล่าว เป็นดังต่อไปนี้

$$Min \quad \sum_{k=1}^{S}\sum_{j=1}^{L} b_{kj}x_{kj} + \sum_{k=1}^{S}\sum_{i=1}^{n} p_{ki}y_{ki} \tag{2.4}$$

Subject to

$$\sum_{k=1}^{S} x_{kj} = 1, \qquad 1 \le j \le L \tag{2.5}$$

$$\sum_{k=1}^{S} b_{kj}x_{kj} \le M, \qquad 1 \le j \le L \tag{2.6}$$

$$\sum_{j=1}^{L} a_{ij}x_{kj} \ge y_{ki}, \qquad 1 \le i \le n, 1 \le k \le S \tag{2.7}$$

$$\sum_{j=1}^{L} a_{ij}x_{kj} \ge My_{ki}, \qquad 1 \le i \le n, 1 \le k \le S \tag{2.8}$$

เมื่อ

n คือ จำนวนจุดรับหรือส่งสินค้า

L คือ จำนวนเส้นทางการขนส่ง

S คือ จำนวนผู้ให้บริการขนส่ง

M คือ ค่ามากค่าหนึ่ง

a_{ij} มีค่าเป็น 1 เมื่อจุด i อยู่ติดกับเส้นทาง j และเป็น 0 เมื่อเป็นกรณีอื่น

b_{kj} มีค่าเป็น 0, 1, 2, 3,... คือ ราคาที่ผู้ให้บริการขนส่ง k ยื่นประมูลสำหรับเส้นทาง j และมีค่าเป็น M เมื่อผู้ให้บริการขนส่งสินค้า k ไม่ยื่นประมูลในเส้นทาง j

p_{ki} มีค่าเป็น 1, 2, 3,... คือต้นทุนค่าปรับของผู้ให้บริการขนส่ง k ที่จุด i

x_{kj} มีค่าเป็น 1 เมื่อเส้นทาง j ถูกจัดสรรให้ผู้ให้บริการขนส่ง k และมีค่าเป็น 0 เมื่อเป็นกรณีอื่น

y_{ki} มีค่าเป็น 1 เมื่อผู้ให้บริการขนส่ง k ชนะการประมูลในเส้นทางที่ติดกับจุด i และมีค่าเป็น 0 เมื่อเป็นกรณีอื่น

อสมการเงื่อนไข (2.5) กำหนดให้แต่ละเส้นทางถูกจัดสรรให้กับผู้ให้บริการขนส่งสินค้าเพียงรายเดียว อสมการเงื่อนไข (2.6) บังคับว่าเมื่อเส้นทาง j ถูกจัดสรรให้กับผู้ให้บริการขนส่งสินค้า k แล้ว มูลค่าการประมูล b_{kj} ไม่เท่ากับ M อสมการเงื่อนไข (2.7) บังคับว่าเมื่อตัวแปรตัดสินใจ y_{ki} เป็น 1 แล้วจะต้องมีปลายของเส้นทาง j ที่เชื่อมกับจุด i อสมการเงื่อนไข (2.8) บังคับว่าเมื่อตัวแปรตัดสินใจ y_{ki} เป็น 0 แล้ว ปลายที่เชื่อมต่อกับจุด i จะต้องไม่ถูกจัดสรรให้ผู้ให้บริการขนส่งสินค้า k และกรณีที่การจำกัดหรือการห้ามมิให้ผู้ให้บริการขนส่งสินค้ารายใดรายหนึ่งชนะการประมูลในเส้นทางใดๆ ผู้ว่าจ้างการขนส่งสามารถกำหนดต้นทุนค่าปรับสำหรับผู้ให้บริการขนส่งสินค้ารายนั้นให้มีค่ามาก

สำหรับขั้นตอนวิธีการแก้ไขปัญหาที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นรูปแบบการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกส์ (Heuristics) ซึ่งเป็นการใช้เทคนิควิธีการฮิวริสติกส์ 2 วิธีร่วมกัน ซึ่งได้แก่ ขั้นตอนวิธีกรรมพันธุ์ (Genetic Algorithm) และการค้นหาแบบทาบู (Tabu Search) โดยการใช้ขั้นตอนวิธีทั้งสองเข้าด้วยกัน ทำโดยการนำเอาค่าคำตอบที่ได้จากวิธีการกรรมพันธุ์ มาเป็นค่าคำตอบเริ่มต้นสำหรับการแก้ปัญหาด้วยการค้นหาแบบทาบู

ชุดข้อมูลที่นำมาใช้ในการทดสอบแบบจำลองแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทที่พจน์ของราคาประมูลมีค่าสูงกว่าพจน์ของต้นทุนค่าปรับ และประเภทที่พจน์ของราคาประมูลมีค่าต่ำกว่าพจน์ของต้นทุนค่าปรับ จากการทดลองพบว่าการใช้ขั้นตอนวิธีการทั้งสองวิธีร่วมกัน เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหาดังกล่าว

2.2.3 ปัจจัยที่ทำให้เกิดความเหมาะสมสำหรับการใช้การประมูลเชิงกลุ่มในการจัดหาผู้ให้บริการขนส่งสินค้าแบบเต็มคัน

การใช้การประมูลเชิงกลุ่มในการจัดหาผู้ให้บริการขนส่งสินค้าแบบเต็มคัน สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดสรรเส้นทางการขนส่งให้แก่ผู้ให้บริการขนส่งได้ ทั้งนี้ เนื่องจากรูปแบบของการประมูลมีความแตกต่างจากการประมูลทั่วไป ทำให้การใช้การประมูลเชิงกลุ่มมีข้อกำหนดและข้อจำกัดมากกว่าการประมูลแบบอื่น งานวิจัยนี้ จะศึกษาถึงปัจจัยที่ทำให้เกิดความเหมาะสมสำหรับการใช้การประมูลเชิงกลุ่มในการจัดหาผู้ให้บริการขนส่งสินค้าแบบเต็มคัน ปัจจัยเหล่านั้นอาจเป็นปัจจัยซึ่งเป็นผลมาจากรูปแบบของโครงข่ายการขนส่ง (Caplice, 1996) ลักษณะ (Characteristics) ต่างๆ ของผู้ว่าจ้างการขนส่งและผู้ให้บริการขนส่ง และองค์ประกอบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.3 การศึกษาเกี่ยวกับการคัดเลือกผู้ให้บริการรถบรรทุกขนส่งในการประมูลเชิงกลุ่ม

การศึกษาการจัดหาผู้ให้บริการขนส่งสินค้าแบบเต็มคันรถในการจัดหาผู้ให้บริการขนส่งสินค้าด้วยการประมูลเชิงกลุ่ม (Caplice, 1996) ได้วิเคราะห์ถึงผลจากการประหยัดเชิงขอบเขต (Economies of scope) ที่มีต่อความสัมพันธ์ระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่งและผู้ให้บริการขนส่งสินค้า พร้อมทั้งพัฒนากรอบการทำงานสำหรับการออกแบบการจัดการประมูล ซึ่งได้รวมการใช้การประมูลเชิงกลุ่มไว้ด้วย จากนั้นได้ทำการศึกษาวิธีการจับกลุ่มของเส้นทางอย่างมีประสิทธิภาพโดยได้ทดลองใช้กับโครงข่ายจริงของผู้ว่าจ้างการขนส่งรายหนึ่ง และสุดท้ายได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่ง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

$$Min_{cs_s^k} \sum_s \sum_k R_s^k CS_s^k \qquad (2.9)$$

Subject to

$$\sum_s \sum_k a_{ij}^{sk} CS_s^k \geq D_{ij} \qquad \forall i, j \qquad (2.10)$$

$$\sum_s CS_s^k \leq 1 \qquad \forall k \qquad (2.11)$$

$$\sum_s \sum_k \delta_i^{sk} CS_s^k \leq K_i \qquad \forall i \qquad (2.12)$$

$$\sum_s \sum_k CS_s^k \leq K \qquad (2.13)$$

$$CS_s^k = [0,1] \qquad (2.14)$$

เมื่อ i คือ จุดเริ่มต้นของการขนส่ง โดยที่ $i = 1,2,..., m$

j คือ จุดปลายทางของการขนส่ง โดยที่ $j = 1,2,..., n$

k คือ พารามิเตอร์ระบุผู้ให้บริการขนส่ง

s คือ พารามิเตอร์ระบุชุดเส้นทาง

CS_s^k มีค่าเป็น 1 เมื่อชุดเส้นทาง s ถูกจัดสรรให้ผู้ให้บริการขนส่ง k และ มีค่าเป็น 0 หากเป็นกรณีอื่น

R_s^k ต้นทุนในการขนส่งสินค้าทั้งหมดบนชุดเส้นทาง s โดยผู้ให้บริการขนส่ง k

D_{ij} ความต้องการขนส่งสินค้าทั้งหมดบนเส้นทาง i ถึง j

a_{ij}^{ks} จำนวนการขนส่งสินค้าบนเส้นทางจาก i ถึง j ที่กำหนดให้กับผู้ให้บริการขนส่ง k ในชุดเส้นทาง s

K จำนวนผู้ให้บริการขนส่งทั้งหมดที่ยอมให้มีได้ในระบบ

K_i จำนวนผู้ให้บริการขนส่งทั้งหมดที่ยอมให้มีได้ที่จุด i

δ_{is}^k มีค่าเป็น 1 เมื่อชุดเส้นทาง s ของผู้ให้บริการขนส่ง k เริ่มต้นที่จุด i มีค่าเป็น 0 หากเป็นกรณีอื่น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบจำลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุดโดยครอบคลุมทุกชุดเส้นทาง โดยที่ชุดของเส้นทางคือเส้นทางทุกเส้นทางที่ผู้ให้บริการขนส่งแต่ละรายยื่นประมูล โดยมีอสมการเงื่อนไขที่ (2.10) บังคับว่าความต้องการขนส่งในแต่ละเส้นทางต้องถูกให้บริการ อสมการเงื่อนไขที่ (2.11) บังคับว่าผู้ให้บริการขนส่งแต่ละรายจะให้บริการได้ไม่เกิน 1 ชุดเส้นทาง อสมการเงื่อนไขที่ (2.12) และ (2.13) กำหนดจำนวนผู้ให้บริการขนส่งของระบบและจุด i อสมการเงื่อนไขที่ (2.14) บอกประเภทของตัวแปรว่าตัวแปรทวิภาค (Binary)

แบบจำลองดังกล่าวสามารถรวมปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์ต่างๆ ของผู้ให้บริการขนส่งแต่ละรายในสดมภ์เดียว เนื่องจากตัวแปรแต่ละตัวเป็นการรวมเส้นทางทั้งหมดที่ผู้ให้บริการขนส่งแต่ละรายต้องการให้บริการ การแก้ปัญหาจึงน่าจะทำได้อย่างตรงไปตรงมา และมีความยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยนกลุ่มของเส้นทางหรือปริมาณสินค้าที่ให้บริการบนแต่ละเส้นทาง แต่การลงมือแก้ปัญหานี้สามารถทำได้ยาก ในงานวิจัยนี้จึงไม่ได้ทำการแก้ปัญหาดังกล่าว อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้นำเสนอแบบจำลองอีกรูปแบบหนึ่งซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

$$Z\left(x_p^k, y_i^k, z^k\right) = Min \sum_k \sum_p c_p^k x_p^k \qquad (2.15)$$

Subject to

$$\sum_k \sum_p \delta_{ij}^{pk} x_p^k = 1 \qquad \forall i,\ j \qquad (2.16)$$

$$\delta_{ij}^{pk} x_p^k - y_i^k \le 0 \qquad \forall k, ij \qquad (2.17)$$

$$\sum_k y_i^k \le L_i \qquad \forall i \qquad (2.18)$$

$$\delta_{ij}^{pk} x_p^k - z^k \le 0 \qquad \forall k, ij \qquad (2.19)$$

$$\sum_k z^k \le Ls \qquad (2.20)$$

$$x_p^k,\ y_i^k,\ z^k \in \{0,1\} \qquad (2.21)$$

เมื่อ i คือ จุดเริ่มต้นของการขนส่ง โดยที่ $i = 1,2,..., m$

j คือ จุดปลายทางของการขนส่ง โดยที่ $j = 1,2,..., n$

k คือ พารามิเตอร์ระบุผู้ให้บริการขนส่ง

p คือ พารามิเตอร์ระบุชุดเส้นทาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

x_p^k มีค่าเป็น 1 เมื่อผู้ให้บริการขนส่ง k ได้รับเลือกให้เป็นผู้ให้บริการชุดเส้นทาง p หรือมีค่าเป็น 0 หากเป็นกรณีอื่น

y_i^k มีค่าเป็น 1 เมื่อผู้ให้บริการขนส่ง k ให้บริการจุดเริ่มต้น i หรือมีค่าเป็น 0 หากเป็นกรณีอื่น

z^k มีค่าเป็น 1 เมื่อผู้ให้บริการขนส่ง k อยู่ในระบบ หรือมีค่าเป็น 0 หากเป็นกรณีอื่น

D_{ij} คือ จำนวนผู้ให้บริการขนส่งที่ถูกร้องขอบนเส้นทางจากจุด i ไปจุด j

Ls คือ จำนวนผู้ให้บริการขนส่งทั้งหมดที่ยอมให้มีได้ในระบบ

L_i คือ จำนวนผู้ให้บริการขนส่งทั้งหมดที่ยอมให้มีได้ที่จุด i

δ_{ij}^{pk} มีค่าเป็น 1 เมื่อชุดเส้นทาง p ของผู้ให้บริการขนส่ง k มีเส้นทางจากจุด i ไปจุด j และมีค่าเป็น 0 หากเป็นกรณีอื่น

c_p^k คือ ต้นทุนรวมรายปีสำหรับการให้บริการชุดเส้นทาง p ของผู้ให้บริการขนส่ง k

แบบจำลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุดสำหรับทั้งโครงข่ายการขนส่ง สมการเงื่อนไขที่ (2.16) บังคับว่าแต่ละเส้นทางต้องถูกให้บริการโดยผู้ให้บริการขนส่งเพียงรายเดียว อสมการเงื่อนไขที่ (2.17) บังคับว่าผู้ให้บริการขนส่งที่ถูกกำหนดให้เป็นผู้ให้บริการบนเส้นทางที่เริ่มต้นจากจุดเริ่มต้นหนึ่งๆ จะถูกกำหนดให้เป็นผู้ให้บริการของจุดนั้น อสมการเงื่อนไขที่ (2.18) และ (2.20) กำหนดจำนวนผู้ให้บริการขนส่งของแต่ละจุดและของระบบ อสมการเงื่อนไขที่ (2.19) บังคับว่าผู้ให้บริการขนส่งที่ถูกกำหนดให้ให้บริการบนเส้นทางใดเส้นทางหนึ่ง ต้องถูกกำหนดให้ให้บริการในระบบ อสมการเงื่อนไขที่ (2.21) บอกประเภทของตัวแปรว่าเป็นตัวแปรทวิภาค (Binary)

ข้อมูลที่นำมาใช้ทดสอบแบบจำลอง เป็นข้อมูลจริงที่นำมาจากการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งสินค้าด้วยการประมูลของบริษัทผู้ว่าจ้างการขนส่งสินค้าซึ่งมีโครงข่ายการขนส่งสินค้าขนาด

ใหญ่ โดยมีบริษัทผู้ให้บริการขนส่งเข้าร่วมประมูลหลายราย การแก้ปัญหาดังกล่าวทำโดยใช้ซอฟท์แวร์ CPLEX และได้พิจารณาถึงผลจากการมีจำนวนผู้ให้บริการขนส่งที่แตกต่างกัน โดยพบว่า เมื่อเพิ่มจำนวนผู้ให้บริการขนส่งมากขึ้น จะทำให้ค่าคำตอบที่ได้มีคุณภาพดีขึ้น กล่าวคือ มีความแตกต่างจากค่าขอบเขตต่ำสุดของค่าที่เหมาะสมที่สุดต่ำลง

นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยที่ได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และขั้นตอนวิธีในการแก้ปัญหาการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งในการจัดหาผู้ให้บริการขนส่งด้วยการประมูลเชิงกลุ่มที่มีผู้ว่าจ้างการขนส่งรายเดียว (Norden et al., 2006) โดยได้พัฒนาแบบจำลองเชิงจำนวนเต็มแบบเชิงเส้น (Integer Linear Programming, ILP) ซึ่งมีรายละเอียดของแบบจำลองดังต่อไปนี้

$$Z\left(z_{ij}, y_j, c_j^k, p_j^k\right) = Min\sum_{j=1}^{T}\sum_{i=1}^{L} b_{ij} z_{ij} \tag{2.22}$$

Subject to

$$z_{ij} - y_j \le 0 \qquad i = 1,..., L,\ j = 1,..., T \tag{2.23}$$

$$\sum_{j=1}^{T} y_j \le MC \tag{2.24}$$

$$\sum_{j=1}^{T} z_{ij} \ge 1 \qquad i = 1,..., L, \tag{2.25}$$

$$\sum_{i=1}^{L} v_i z_{ij} \le qv \qquad j = 1,..., T \tag{2.26}$$

$$a_{ik} z_{ij} \le c_j^k \qquad i = 1,..., L,\ j = 1,..., T\ \ k = 1,..., C \tag{2.27}$$

$$\sum_{j=1}^{T} c_j^k \le c_k \qquad k = 1,..., C \tag{2.28}$$

$$h_{in} z_{ij} \le p_j^k \qquad i = 1,..., L,\ j = 1,..., T\ \ h = 1,..., O \tag{2.29}$$

$$\sum_{j=1}^{T} c_j^k \le c_k \qquad h = 1,..., O \tag{2.30}$$

$$z_{ij}, y_j, c_j^k, p_j^h \in \{0,1\} \qquad i = 1,..., L,\ j = 1,..., T \tag{2.31}$$

เมื่อ z_{ij} คือ ตัวแปรตัดสินใจ มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อผู้ให้บริการขนส่ง j ถูกเลือกเพื่อให้บริการเส้นทาง i และมีค่าเท่ากับ 0 เมื่อเป็นกรณีอื่น

b_{ij} คือ ราคาที่ ผู้ให้บริการขนส่ง j ยื่นประมูลสำหรับเส้นทาง i

y_j มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อผู้ให้บริการขนส่ง j ถูกเลือกเพื่อให้บริการอย่างน้อย 1 เส้นทาง และมีค่าเท่ากับ 0 เมื่อเป็นกรณีอื่น

p_j^n มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อผู้ให้บริการขนส่ง j ถูกเลือกเพื่อให้บริการอย่างน้อย 1 เส้นทางจากจุดรับสินค้า n และมีค่าเท่ากับ 0 เมื่อเป็นกรณีอื่น

v_i คือ ปริมาณสินค้าที่ต้องขนส่งบนเส้นทาง i

qv คือ ปริมาณสินค้าที่มากที่สุดที่ผู้ว่าจ้างการขนส่งยอมให้ผู้ให้บริการขนส่งแต่ละรายให้บริการได้

MC คือ จำนวนผู้ให้บริการขนส่งทั้งหมดที่ผู้ว่าจ้างการขนส่งยอมให้มีได้

T คือ เซตของผู้ให้บริการขนส่ง

L คือ เซตของเส้นทาง

C คือ เซตของประเทศ

O คือ เซตของจุดรับสินค้า

อสมการเงื่อนไข (2.23) บังคับให้เส้นทางแต่ละเส้นทางจะต้องถูกกำหนดให้กับผู้ให้บริการขนส่งรายใดรายหนึ่งที่อยู่ในกลุ่มผู้ว่าจ้างการขนส่งที่ยอมให้มีได้ (MC) อสมการเงื่อนไข (2.24) บังคับว่าจะต้องมีผู้ว่าจ้างการขนส่งที่ได้รับเลือกไม่เกินกว่าจำนวนที่ยอมให้มีได้ (MC) อสมการเงื่อนไข (2.25) บังคับว่าต้องมีการกำหนดผู้ให้บริการขนส่งให้กับแต่ละเส้นทางอย่างน้อยเส้นทางละ 1 ครั้ง อสมการเงื่อนไข (2.26) บังคับว่า ผู้ว่าจ้างการขนส่งแต่ละรายจะสามารถให้บริการได้ไม่เกินปริมาณสินค้าที่มากที่สุดที่ผู้ว่าจ้างการขนส่งยอมให้ (qv) อสมการเงื่อนไข (2.27) บังคับว่าเส้นทางในประเทศ k ไม่สามารถจัดสรรให้กับผู้ให้บริการขนส่งที่ไม่ได้ทำการขนส่งไปยังประเทศ k อสมการเงื่อนไข (2.29) บังคับเช่นเดียวกับอสมการเงื่อนไข (2.27) แต่การเงื่อนไขของจุดรับสินค้า อสมการเงื่อนไข (2.28) และ (2.30) บังคับว่าจำนวนผู้ให้บริการขนส่งที่ได้รับเลือกในแต่ละประเทศจะต้องมีไม่เกิน c_k ราย โดยที่ $k = 1,..., C$ และจำนวนผู้ให้บริการขนส่งที่ให้บริการในแต่

ละจุดรับสินค้าต้องมีไม่เกิน p_k ราย โดยที่ $h = 1,..., O$ เงื่อนไข (2.31) บังคับว่าเส้นทางแต่ละเส้นทางจะไม่ถูกแบ่งให้กับผู้ให้บริการขนส่งมากกว่า 1 ราย แต่ในการแก้ปัญหาในขั้นตอนแรกจะทำการผ่อนคลายเงื่อนไขที่ (2.31) ซึ่งจะทำให้ได้ผลลัพธ์ของแบบจำลองเชิงเส้นซึ่งเป็นขอบเขตต่ำที่สุดของค่าที่เหมาะสมที่สุด (Lower Bound on the Optimal Solution)

ข้อมูลที่นำมาใช้ทดสอบแบบจำลอง เป็นข้อมูลที่ดัดแปลงมาจากข้อมูลจริงของบริษัทผู้ว่าจ้างการขนส่งซึ่งมีโครงข่ายการขนส่งสินค้าขนาดใหญ่ ซึ่งมีจำนวนเส้นทางการขนส่งประมาณ 4,000 เส้นทาง และได้ทำการแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยขั้นตอนวิธีการหาค่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุดโดยซอฟท์แวร์ CPLEX และขั้นตอนวิธีแบบฮิวริสติกส์ที่สร้างขึ้นและพบว่า การใช้ซอฟท์แวร์ CPLEX เพื่อหาผลลัพธ์ซึ่งเป็นค่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุดที่แท้จริง จะสามารถทำได้กับปัญหาที่มีจำนวนเส้นทางการขนส่งไม่เกิน 270 เส้นทางเท่านั้น ส่วนขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีฮิวริสติกส์แบบเร็วอย่างสุ่ม (Fast Randomized Heuristics) ซึ่งผลลัพธ์จากการแก้ปัญหาด้วยขั้นตอนวิธีดังกล่าวมีค่าต่างจากค่าที่เหมาะสมที่สุดอยู่ร้อยละ 0.8 แต่ใช้เวลาในการแก้ปัญหาน้อยกว่ามาก

การศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการแก้ไขปัญหาการเลือกผู้ชนะระหว่างขั้นตอนวิธีที่ใช้ในปัจจุบันกับขั้นตอนวิธีที่ใช้ในอดีต (Andersson et al., 2000) ได้นำเสนอและวัดผล (Benchmark) การใช้แบบจำลองเชิงจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed Integer Programming, MIP) พร้อมทั้งอภิปรายผลของการกระจายตัวทางสถิติที่นำมาใช้สำหรับการวัดผล และได้ทำการเปรียบเทียบขั้นตอนวิธีต่างๆ ในการแก้ปัญหา ได้แก่ Garfinkel-Nemhauser, Sanholm's Algorithm, CASS และ การใช้ซอฟท์แวร์ CPLEX พบว่า ซอฟท์แวร์ CPLEX ซึ่งเป็นซอฟท์แวร์มาตรฐานในการแก้ปัญหามีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาดีกว่าการใช้ขั้นตอนวิธีอื่นๆ

2.4 การมีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่ง

ความร่วมมือของบริษัทผู้ว่าจ้างการขนส่ง เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถเพิ่มขนาดโครงข่ายการขนส่งได้ ซึ่งจะช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นในการจัดหาผู้ให้บริการขนส่ง กล่าวคือ เมื่อเส้นทางในโครงข่ายมีมากขึ้น ก็ทำให้ทางเลือกในการยื่นประมูลทั้งสำหรับเส้นทางเดี่ยว และกลุ่มของเส้นทางมีมากขึ้นไปด้วย นอกจากนี้ การรวมโครงข่ายการขนส่งของหลายบริษัท ยังทำให้เกิดกลุ่มของเส้นทางต่อเนื่อง ที่ช่วยลดการเดินรถเที่ยวเปล่าเนื่องจากการเปลี่ยนตำแหน่งการรับสินค้า (Reposition) ลงได้ อีกทั้งยังทำให้สามารถรวมกลุ่มของเส้นทางที่เป็นวงรอบปิด หรือเป็นส่วนหนึ่ง

ของวงรอบปิดที่บริษัทผู้ให้บริการขนส่งสามารถนำไปควบรวมกับเส้นทางที่ตนให้บริการอยู่เดิมแล้วทำให้เกิดวงรอบปิดได้อีกด้วย

งานวิจัยที่ได้ศึกษาการลดต้นทุนในการขนส่งสินค้าแบบเต็มคัน (Ergun et al., 2007) โดยการใช้ความร่วมมือของผู้ว่าจ้างการขนส่งหลายรายเพื่อให้สามารถรวมเส้นทางการขนส่งให้เป็นเส้นทางที่สามารถเดินรถได้อย่างต่อเนื่องซึ่งสามารถลดระยะทางในการเดินรถเที่ยวเปล่าเพื่อเปลี่ยนจุดรับสินค้า (Reposition) ลงได้ โดยกลุ่มผู้ว่าจ้างการขนส่งดังกล่าวจะรวมกลุ่มของเส้นทางต่อเนื่องที่เป็นไปได้แล้วจึงให้ผู้ให้บริการแต่ละรายเสนอราคา โดยรายละเอียดของงานวิจัยมีดังนี้

1. ศึกษาการสร้างกลุ่มของเส้นทางที่เป็นการเดินรถต่อเนื่อง
2. นำเสนอแบบจำลองสำหรับการกำหนดราคาของผู้ให้บริการ
3. ใช้แบบจำลองการแบ่งเซตในการหาค่าคำตอบสำหรับปัญหาการครอบคลุมเส้นทาง (Lane Covering Problem)

การแก้ปัญหาการครอบคลุมเส้นทางดังกล่าว ใช้การแก้ปัญหาด้วยวิธีฮิวริสติกส์ โดยแสดงผลลัพธ์จากการแก้ปัญหาเป็นค่าใช้จ่ายในการขนส่ง และถูกนำมาเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายในการขนส่งกรณีการจัดสรรเส้นทางแบบปกติ ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการใช้การจัดกลุ่มเส้นทางเพื่อให้เกิดการเดินรถแบบต่อเนื่องสามารถลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งลงได้ โดยการเพิ่มจำนวนความต่อเนื่องของเส้นทางขึ้น ทำให้เกิดการประหยัดที่มากขึ้น แต่ทั้งนี้ การเพิ่มขึ้นดังกล่าวมีอัตราที่ลดลง ในขณะการเพิ่มจำนวนเส้นทางดังกล่าวทำให้ตัวแปรในการตัดสินใจเพิ่มขึ้นอย่างมาก ส่งผลต่อประสิทธิภาพและระยะเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหา

ทั้งนี้ การใช้แบบจำลองการแบ่งเซตในการหาค่าคำตอบสำหรับปัญหาการครอบคลุมเส้นทางดังกล่าว เป็นการพิจารณาเพื่อเลือกกลุ่มของเส้นทางเท่านั้น ไม่ได้คำนึงถึงปัจจัยหรือเงื่อนไขบังคับต่างๆ จากผู้ว่าจ้างการขนส่งแต่ละราย และมีผู้ให้บริการในระบบเพียงรายเดียวเท่านั้น

การเพิ่มขนาดโครงข่ายการขนส่งสินค้า สามารถทำได้หลากหลายวิธี อาทิ (Caplice, 1996) การขนส่งระหว่างจุดซึ่งผู้ว่าจ้างการขนส่งเป็นเจ้าของเอง การนำเอาเส้นทางอื่นตามห่วงโซ่อุปทานซึ่งไปใช่เส้นทางของผู้ว่าจ้างการขนส่งเองมาพิจารณาด้วย และ การควบรวมรูปแบบการขนส่งหลายรูปแบบที่สามารถควบรวมกันได้

อนึ่ง งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งโดยการประมูลเชิงกลุ่มที่ผ่านมา ยังไม่มีการพิจารณากรณีที่มีความร่วมมือของผู้ว่าจ้างการขนส่งหลายราย ซึ่งปัจจัยดังกล่าวได้ถูกนำมาศึกษาในงานวิจัยนี้

2.5 แบบจำลองการแบ่งเซต (Set Partitioning Formulation)

แบบจำลองการแบ่งเซตมักถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาการขนส่งและเส้นทางการขนส่ง (Delivery and Routing Problems) ปัญหาการจัดตารางเวลา (Scheduling Problems) และปัญหาด้านตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสม (Location Problems) แบบจำลองดังกล่าวยังถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการหาผู้ชนะ ในการจัดหาผู้ให้บริการต่างๆ แบบจำลองนี้มีข้อดีคือสามารถจำลองสถานการณ์ที่สลับซับซ้อนได้ดี แต่ข้อเสียคือมีจำนวนตัวแปรเป็นจำนวนมาก งานวิจัยนี้จะนำแบบจำลองดังกล่าวมาใช้เป็นพื้นฐานในการสร้างแบบจำลองการจัดหาผู้ให้บริการขนส่งสินค้าด้วยการประมูลเชิงกลุ่ม

รายละเอียดของแบบจำลองการแบ่งเซต มีดังนี้ (Hoffman et al., 2008)

$$Min \quad \sum_{r \in R} c_r x_r \tag{2.31}$$

Subject to

$$\sum_{j \in J} \delta_{ir} x_r = 1 \qquad \forall i \in C \tag{2.32}$$

$$x_r \in \{0,1\} \tag{2.33}$$

เมื่อ x_r คือ ตัวแปรตัดสินใจ มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อสดมภ์ r ถูกเลือก และมีค่าเท่ากับ 0 เมื่อเป็นกรณีอื่น

c_r คือ ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของสดมภ์ r

δ_{ir} คือ พารามิเตอร์ระบุเซตของเงื่อนไขบังคับของสดมภ์ r มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อเงื่อนไขบังคับ i ถูกบรรจุในสดมภ์ r และมีค่าเท่ากับ 0 เมื่อเป็นกรณีอื่น

R คือ เซตของสดมภ์

C คือ เซตของเงื่อนไขบังคับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปแบบการแก้ปัญหาเพื่อหาค่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุดของแบบจำลองการแบ่งเซตนั้น สามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ ขั้นตอนวิธีการหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด (Exact Algorithm) และขั้นตอนวิธีฮิวริสติกส์ (Heuristics) สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้วิธีการหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหา

ในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด เริ่มจากการหาขอบเขตของค่าคำตอบ ซึ่งหลักการที่ใช้ในการหาขอบเขตของค่าคำตอบอย่างรวดเร็วนั้นสามารถใช้การแก้ปัญหาแบบผ่อนคลาย (Relaxation) จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการแบ่งเซต ซึ่งมี 2 วิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ ลากรานเกียนแบบผ่อนคลาย (Lagrangean Relaxation) และ กำหนดการเชิงเส้นแบบผ่อนคลาย (Linear Program Relaxation) นอกจากนี้ในแต่ละวิธีการ ยังมีทางเลือกในการใช้เทคนิคต่างๆ เข้าช่วยเพื่อให้สามารถหาค่าคำตอบได้รวดเร็วขึ้น เช่น การใช้เทคนิคกำเนิดสดมภ์ (Column Generation Technique) ควบคู่ไปกับการแก้ปัญหากำหนดการ เชิงเส้นแบบผ่อนคลาย (Parker และ Ryan, 1994)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้วางโครงร่างงานวิจัยโดยวิเคราะห์ถึงแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับการแก้ปัญหาการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งด้วยการประมูลเชิงกลุ่ม โดยพิจารณากรณีที่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่งหลายราย ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนการทำวิจัยได้ดังนี้

1. ศึกษาลักษณะของปัญหา และศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. รวบรวมข้อมูลจากบริษัทตัวอย่าง โดยมีโครงร่างของรายละเอียดของข้อมูลที่ต้องการดังนี้
    - รายละเอียดลักษณะการกระจายสินค้าในปัจจุบัน
    - ตำแหน่งของจุดกระจายสินค้าและจุดรับสินค้า
    - เส้นทางและระยะทางจากจุดกระจายสินค้าและจุดรับสินค้า
3. สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งด้วยการประมูลเชิงกลุ่ม โดยพิจารณาโครงข่ายการขนส่งที่มีความร่วมมือของผู้ว่าจ้างการขนส่งหลายราย
4. พัฒนาขั้นตอนวิธีในการแก้ปัญหา

    ในงานวิจัยนี้ ได้แบ่งการพัฒนาขั้นตอนวิธีในการแก้ปัญหาออกเป็น 6 ส่วน ได้แก่

    4.1 จัดหาซอฟท์แวร์สำหรับการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดที่มีความเหมาะสม เพื่อนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาในงานวิจัย

    4.2 ศึกษารูปแบบภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างแอพลิเคชันที่สามารถทำงานร่วมกับซอฟท์แวร์สำหรับการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดได้

    4.3 ทดลองขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาเบื้องต้นที่ได้พัฒนาขึ้นกับปัญหาตัวอย่างซึ่งมีขนาดเล็ก และทำการทดสอบด้วยซอฟท์แวร์สำเร็จรูป

    4.4 สร้างแอพลิเคชันสำหรับการหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดซึ่งเป็นการพัฒนาขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาเพื่อหาต้นทุนการขนส่งรวมที่ต่ำที่สุด

4.5 สร้างรูปแบบการแสดงผลลัพธ์ที่ได้

4.6 ตรวจสอบหาข้อผิดพลาดโดยเปรียบเทียบผลกับซอฟท์แวร์อื่นๆ และทำการปรับปรุงแก้ไข

5. ทดสอบวิธีการแก้ปัญหาด้วยข้อมูลที่มีลักษณะแตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

5.1 ชุดข้อมูลที่มีจำนวนเส้นทางการขนส่ง และจำนวนผู้ว่าจ้างการขนส่งที่ร่วมมือกันในระบบที่แตกต่างกัน

5.2 ชุดข้อมูลที่มีจำนวนผู้ให้บริการขนส่งที่เข้าร่วมการประมูลแตกต่างกัน

5.3 ชุดข้อมูลที่มีเงื่อนไขบังคับสำหรับการขนส่งของผู้ว่าจ้างการขนส่งแต่ละรายที่แตกต่างกัน

5.4 ชุดข้อมูลที่มีลักษณะการรวมกลุ่มของผู้ว่าจ้างการขนส่งที่แตกต่างกัน

การกำหนดความแตกต่างของลักษณะชุดข้อมูลดังกล่าว ทำให้สามารถนำผลมาวิเคราะห์ถึงผลกระทบจากการมีความร่วมมือของผู้ว่าจ้างการขนส่งหลายรายที่มีต่อการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่ง รวมถึงผลกระทบที่มีต่อการใช้แบบจำลองในการแก้ปัญหาดังกล่าวด้วย

6. การวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดสอบแบบจำลอง

หลังจากได้ผลเฉลยจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แล้ว ได้นำผลเฉลยดังกล่าวมาวิเคราะห์ถึงประโยชน์ อุปสรรค ของการใช้ประมูลเชิงกลุ่มเพื่อคัดเลือกผู้ให้บริการรถบรรทุกขนส่งสำหรับโครงข่ายการขนส่งที่มีการร่วมมือกันของผู้ว่าจ้างการขนส่งหลายรายโดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

6.3 ปัญหาที่มีจำนวนผู้ว่าจ้างการขนส่งที่แตกต่างกัน

การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากชุดข้อมูลที่มีจำนวนผู้ว่าจ้างการขนส่งแตกต่างกัน ทำให้ทราบถึงผลจากการใช้การประมูลเชิงกลุ่มในการคัดเลือกผู้ให้บริการที่มีความร่วมมือของผู้ว่าจ้างการขนส่งหลายราย ตลอดจนทราบถึงผลที่มีต่อการแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้น

6.4 ปัญหาที่มีจำนวนผู้ให้บริการขนส่งที่เข้าร่วมการประมูลแตกต่างกัน

การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากชุดข้อมูลที่มีจำนวนผู้ให้บริการขนส่งที่เข้าร่วมการประมูลแตกต่างกัน ทำให้ทราบถึงผลจากจำนวนผู้ให้บริการขนส่งที่เข้าร่วมการประมูลที่มีต่อการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งด้วยประมูลเชิงกลุ่ม ตลอดจนผลที่มีต่อการแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้น

6.5 ปัญหาที่มีความจำกัดของเงื่อนไขบังคับสำหรับการขนส่งของผู้ว่าจ้างการขนส่งที่แตกต่างกัน

เนื่องจากในงานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งสำหรับโครงข่ายการขนส่งที่มีความร่วมมือของผู้ว่าจ้างการขนส่งหลายราย และผู้ว่าจ้างการขนส่งแต่ละรายมีนโยบายและการดำเนินงานที่แตกต่างกัน ทำให้เงื่อนไขบังคับที่ระบุในแบบจำลองมีความหลากหลาย การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากชุดข้อมูลที่มีเงื่อนไขบังคับสำหรับการขนส่งของผู้ว่าจ้างการขนส่งที่มีความจำกัดที่แตกต่างกัน จะทำให้ทราบถึงผลของการกำหนดเงื่อนไขบังคับที่กำหนดโดยผู้ว่าจ้างการขนส่งที่มีต่อการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งด้วยประมูลเชิงกลุ่ม ตลอดจนผลที่มีต่อการแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้น

6.6 ปัญหาที่มีลักษณะการรวมกลุ่มของผู้ว่าจ้างการขนส่งที่แตกต่างกัน

ลักษณะที่แตกต่างกันของการรวมกลุ่มของผู้ว่าจ้างการขนส่งที่ร่วมมือกันส่งผลทำให้ลักษณะโดยรวมของโครงข่ายการขนส่งแตกต่างกันไปด้วย จึงต้องทำการศึกษาถึงผลจากลักษณะของการรวมกลุ่มดังกล่าว ผลลัพธ์จากชุดปัญหามีลักษณะการรวมกลุ่มที่แตกต่างกันสามารถนำมาวิเคราะห์ถึงผลจากปัจจัยดังกล่าวที่มีต่อการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งโดยการประมูลเชิงกลุ่มได้

7. สรุปและเสนอแนะแนวทางในการพัฒนาในอนาคต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหา

4.1 แบบจำลองการแก้ปัญหาการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งด้วยการประมูลเชิงกลุ่ม

แบบจำลองในงานวิจัยนี้ จะถูกเรียกว่า แบบจำลองการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งด้วยการประมูลเชิงกลุ่ม (Carrier Selection Model for Combinatorial Auction - CSM) ซึ่งต่อไปจะเรียกว่า แบบจำลอง CSM โดยมีคำจำกัดความของตัวแปร สัมประสิทธิ์ และเซต ที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองดังนี้

<u>เซต</u>

I คือ เซตของเส้นทางการขนส่ง ซึ่งประกอบด้วยสมาชิก i

C คือ เซตของชุดการประมูล ซึ่งประกอบด้วยสมาชิก c

S คือ เซตของผู้ว่าจ้างการขนส่ง ซึ่งประกอบด้วยสมาชิก s

K คือ เซตของผู้ให้บริการขนส่ง ซึ่งประกอบด้วยสมาชิก k

<u>ตัวแปร</u>

x_c^k คือตัวแปรตัดสินใจเลือกชุดการประมูล มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อชุดการประมูล c ซึ่งเสนอราคาโดยผู้ให้บริการขนส่ง k ถูกเลือก หรือมีค่าเท่ากับ 0 เมื่อเป็นกรณีอื่น

<u>สัมประสิทธิ์</u>

q_c^k คือ ราคาสำหรับชุดการประมูล c ที่เสนอโดยผู้ให้บริการขนส่ง k

δ_{ic}^k มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อเส้นทางการขนส่ง i เป็นส่วนหนึ่งของชุดการประมูล c และถูกให้บริการโดยผู้ให้บริการขนส่ง k หรือมีค่าเท่ากับ 0 เมื่อเป็นกรณีอื่น

μ_c^{ks} คือ จำนวนเส้นทางการขนส่งในชุดการประมูล c ที่เป็นเส้นทางของผู้ว่าจ้างการขนส่ง s และถูกให้บริการโดยผู้ให้บริกาขนส่ง k

MX^{ks} คือ จำนวนเส้นทางการขนส่งที่มากที่สุดที่ผู้ว่าจ้างการขนส่ง S ยินยอมจัดสรรให้กับผู้ให้บริการขนส่ง k

MN^{ks} คือ จำนวนเส้นทางการขนส่งที่น้อยที่สุดที่ผู้ว่าจ้างการขนส่ง S ต้องการจัดสรรให้ผู้ให้บริการขนส่ง k

ตัวแปรที่ใช้พิจารณาคือ x_c^k ซึ่งแสดงถึงชุดการประมูล C ที่เป็นไปได้ เสนอราคาโดยผู้ให้บริการขนส่ง k ด้วยราคา q_c^k ซึ่งผู้ให้บริการขนส่ง k เป็นผู้ยื่นประมูล โดยค่าใช้จ่ายดังกล่าวครอบคลุมทั้งส่วนของต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) ซึ่งขึ้นกับผู้ให้บริการขนส่งแต่ละรายและต้นทุนส่วนที่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณการให้บริการ (Variable Cost) ซึ่งขึ้นกับระยะทางรวมของทุกเส้นทางในชุดการประมูลแต่ละชุด

อนึ่ง เนื่องจากงานวิจัยนี้ไม่ได้พิจารณาส่วนที่เกี่ยวข้องกับการประมูลของผู้ให้บริการขนส่ง ราคาที่ผู้ให้บริการขนส่งยื่นประมูลที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองดังกล่าว จึงเป็นราคาที่สมมติขึ้นโดยคำนวณจากค่าใช้จ่ายคงที่ที่กำหนดให้แตกต่างกันสำหรับผู้ให้บริการขนส่งแต่ละราย และระยะทางของเส้นทางแต่ละเส้นทาง ซึ่งรวมถึงระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่า ทั้งส่วนที่เป็นการเดินรถเที่ยวเปล่าภายในวงรอบ (Loop Closure) และส่วนที่เป็นการเปลี่ยนจุดรับสินค้า (Reposition) เนื่องจากผู้ให้บริการขนส่งแต่ละรายมีจุดเริ่มต้นจากตำแหน่งที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ ยังได้กำหนดให้มีสัมประสิทธิ์แรงจูงใจ ซึ่งคำนวณจากสัดส่วนการเดินรถเที่ยวหนักในชุดการประมูลต่างๆ ภายใต้ข้อสมมติที่ว่าผู้ให้บริการขนส่งจะกำหนดราคาต่ำลงเมื่อกลุ่มของเส้นทางดังกล่าวมีสัดส่วนการเดินรถเที่ยวหนักที่สูงขึ้น โดยมีฟังก์ชันราคาดังต่อไปนี้

$$Bid\ price = FC^k + \alpha \cdot HH_c + \beta \cdot EH_c^k$$

เมื่อ FC^k คือ ต้นทุนคงที่ (บาท)

HH_c คือ ระยะทางการเดินรถเที่ยวหนักของชุดการประมูล c (กิโลเมตร)

EH_c^k คือ ระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่ารวมของชุดการประมูล c ที่เสนอโดย ผู้ให้บริการขนส่ง k (กิโลเมตร)

α คือ ต้นทุนต่อ 1 กิโลเมตรของการเดินรถเที่ยวหนัก เท่ากับ 10 บาทต่อกิโลเมตร

β คือ ต้นทุนต่อ 1 กิโลเมตรของการเดินรถเที่ยวเปล่า เท่ากับ 7 บาทต่อกิโลเมตร

แบบจำลอง CSM ที่พัฒนาขึ้น มีรายละเอียดดังนี้

$$Min \quad \sum_{k\in K}\sum_{c\in C} q_c^k x_c^k \tag{4.1}$$

Subject to

$$\sum_{k\in K}\sum_{c\in C} \delta_{ic}^k x_c^k = 1 \qquad \forall i \tag{4.2}$$

$$\sum_{c\in C} \mu_c^{ks} x_c^k \le MX^{ks} \qquad \forall k, s \tag{4.3}$$

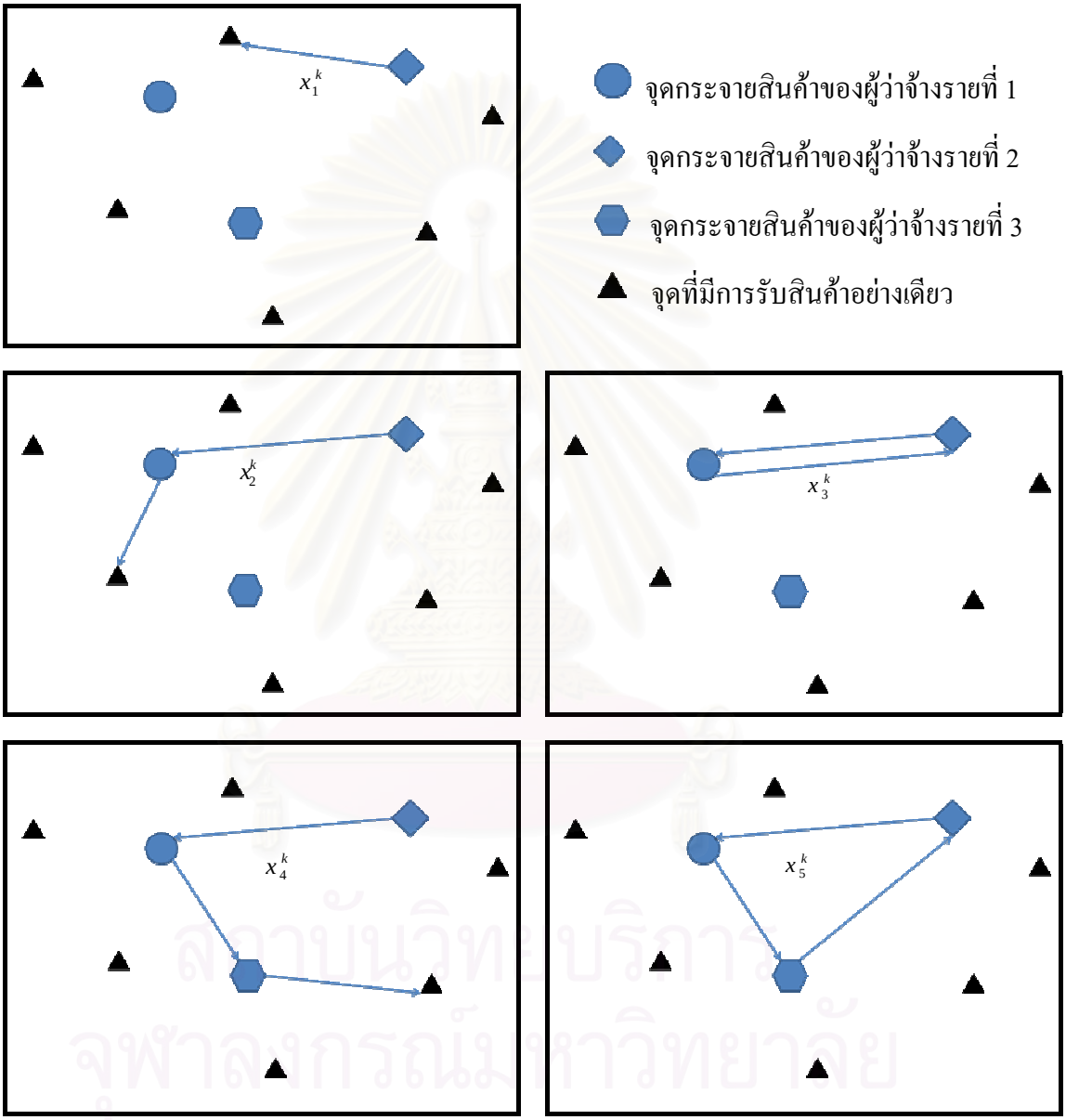
$$\sum_{c\in C} \mu_c^{ks} x_c^k \ge MN^{ks} \qquad \forall k, s \tag{4.4}$$

$$x_c^k \in \{0,1\} \tag{4.5}$$

วัตถุประสงค์ของแบบจำลอง (4.1) คือ เพื่อจัดสรรเส้นทางการขนส่งให้กับผู้ให้บริการขนส่ง โดยให้มีต้นทุนรวมในการขนส่งของระบบต่ำที่สุด สมการเงื่อนไขที่ (4.2) บังคับว่าชุดการประมูลแต่ละชุดจะต้องถูกจัดสรรให้กับผู้ให้บริการขนส่งเพียงรายเดียว อสมการเงื่อนไขที่ (4.3) และ (4.4) กำหนดจำนวนเส้นทางสูงสุดและต่ำสุดที่สามารถจัดสรรให้กับผู้ให้บริการขนส่งแต่ละรายได้ ตามลำดับ เงื่อนไขที่ (4.5) ระบุว่าตัวแปรดังกล่าวเป็นตัวแปรทวิภาค (Binary)

ตัวแปร x_c^k แสดงถึงชุดการประมูลที่เป็นไปได้ ซึ่งเกิดจากการจัดกลุ่มเส้นทางต่อเนื่องที่ทำให้เกิดวงรอบปิดหรือเป็นส่วนหนึ่งของวงรอบปิด ดังแสดงในรูปที่ 4.1 อย่างไรก็ตาม การจัดกลุ่มของเส้นทางดังกล่าวโดยผู้ให้บริการขนส่งแต่ละราย อาจมีความซ้ำซ้อนกัน นอกจากนี้เนื่องจากปัญหาการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งด้วยการประมูลเชิงกลุ่มที่ได้ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นกรณีที่มีความร่วมมือของผู้ว่าจ้างการขนส่งหลายราย เพื่อขยายขนาดโครงข่ายการขนส่งและทำให้เกิดความเหมาะสมที่จะใช้การประมูลเชิงกลุ่ม จึงอาจทำให้กลุ่มของเส้นทางที่ถูกเลือกให้ผู้ให้บริการขนส่งรายใดรายหนึ่ง ประกอบด้วยเส้นทางการขนส่งของผู้ว่าจ้างการขนส่งมากกว่า 1 ราย โดยที่ผู้ว่าจ้างการขนส่งแต่ละรายอาจมีเงื่อนไขหรือข้อจำกัดในการขนส่งที่แตกต่างกัน เช่น ผู้ว่าจ้างการขนส่งแต่ละรายอาจกำหนดจำนวนเส้นทางที่มากที่สุดที่ยินยอมจัดสรรให้ผู้ให้บริการ

ขนส่งแต่ละรายได้ ทั้งนี้ เพื่อเป็นการจำกัดไม่ให้พึ่งพาผู้ให้บริการรายใดรายหนึ่งมากเกินไป เป็นต้น ซึ่งปัจจัยดังกล่าวจะต้องถูกนำมาพิจารณาในแบบจำลองด้วย กลุ่มของผู้ว่าจ้างการขนส่งจึงต้องหาวิธีการคัดเลือกผู้ให้บริการที่เหมาะสมสำหรับแต่ละเส้นทาง



รูปที่ 4.1 ตัวอย่างตัวแปรกลุ่มของเส้นทางการขนส่งที่เป็นไปได้

4.2 การกำหนดเงื่อนไขต่างๆ ของการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งด้วยการประมูลเชิงกลุ่ม

สำหรับการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งด้วยการประมูลเชิงกลุ่มนั้น ทั้งฝ่ายผู้ว่าจ้างการขนส่งและผู้ให้บริการขนส่งสามารถกำหนดเงื่อนไขต่างๆ เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของตนได้ และเนื่องจากงานวิจัยนี้ พิจารณาการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งกรณีที่มีความร่วมมือของผู้ว่าจ้างการขนส่ง ทำให้การกำหนดเงื่อนไขต่างๆ มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ สำหรับการแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ การกำหนดเงื่อนไขต่างๆ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่

1. การกำหนดโดยใช้สมการเงื่อนไขบังคับ (Constraint) เป็นการระบุสมการเงื่อนไขบังคับเข้าเป็นส่วนหนึ่งของแบบจำลอง และให้ซอฟท์แวร์การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดหาผลเฉลยที่ไม่ขัดกับสมการเงื่อนไขบังคับดังกล่าว การกำหนดเงื่อนไขรูปแบบนี้สามารถทำได้ง่าย เนื่องจากเป็นการระบุสมการเงื่อนไขบังคับเพียงครั้งเดียว แต่มีข้อเสีย คือ ไม่สามารถช่วยลดขนาดของปัญหาลง อีกทั้งยังเพิ่มภาระในการหาผลเฉลยให้กับซอฟท์แวร์การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดอีกด้วย

2. การกำหนดโดยการสร้างแบบจำลองภายใต้เงื่อนไขต่างๆ เป็นการระบุเงื่อนไขในขณะสร้างแบบจำลอง เพื่อตรวจสอบเบื้องต้นว่าตัวแปรใดไม่สามารถที่จะเป็นส่วนหนึ่งของผลเฉลยได้ ตัวแปรดังกล่าวจะไม่ถูกรวมในแบบจำลอง จึงทำให้แบบจำลองมีขนาดเล็กลง และลดความซับซ้อนในการหาค่าผลเฉลยลงได้ แต่ทั้งนี้ ผู้ใช้จะต้องหาวิธีการในการสร้างแบบจำลองโดยอยู่ภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ซึ่งอาจมักมีความยุ่งยากและซับซ้อน

4.3 ขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ขั้นตอนวิธีการในการแก้ปัญหาถูกพัฒนาขึ้นในรูปแบบของการหาผลเฉลยที่แท้จริง (Exact Solution) โดยรูปแบบการหาผลเฉลยดังกล่าวมีความจำเป็นที่ต้องใช้ซอฟท์แวร์การหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด (Optimization Software) มาช่วยหาค่าคำตอบจากแบบจำลองและชุดข้อมูลปัญหาที่พิจารณา ซึ่งซอฟท์แวร์ดังกล่าวมีทั้งแบบที่เหมาะสมสำหรับปัญหาขนาดเล็ก จนถึงแบบที่เหมาะสมสำหรับปัญหาขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนมาก

โดยทั่วไป ซอฟท์แวร์การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบพื้นฐาน จะมีรูปแบบเป็นซอฟท์แวร์ปฏิสัมพันธ์ (Interactive) ซึ่งผู้ใช้สามารถป้อนข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ได้โดยตรง และทำตามขั้นตอนที่ซอฟท์แวร์กำหนด แต่การใช้งานแบบดังกล่าวมีข้อจำกัดหลายประการ อาทิ ไม่เหมาะสมกับปัญหาขนาดใหญ่และอาจไม่รองรับรูปแบบของปัญหาที่มีความเฉพาะเจาะจง ดังนั้น สำหรับการแก้ปัญหาขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนสูง มักนำซอฟท์แวร์การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบการใช้

ไลบรารีที่สามารถเรียกใช้ได้ (Callable Library) มาใช้ ซึ่งการใช้งานซอฟท์แวร์ดังกล่าว ผู้ใช้จะต้องสร้างแอพลิเคชันสำหรับปัญหาแต่ละปัญหา ในรูปแบบที่สามารถเชื่อมโยงกับฟังก์ชันจากไลบรารีที่สามารถเรียกใช้ได้ ซึ่งการใช้งานรูปแบบนี้มีความเหมาะสมกับปัญหาขนาดใหญ่ที่ต้องมีการคำนวณซับซ้อน แต่ทั้งนี้ ผู้ใช้ต้องสามารถสร้างแอพลิเคชันที่มีความเหมาะสมกับปัญหานั้นๆ ได้

ปัจจุบัน ซอฟท์แวร์การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดถูกพัฒนาขึ้นทั้งในเชิงพาณิชย์ อาทิ ILOG CPLEX และ Dash Xpress และซอฟท์แวร์ในรูปแบบที่เปิดเผยรหัสโปรแกรม (Open Source) อาทิ CLP และ SYMPHONY ซึ่งผู้ที่สนใจสามารถนำมาพัฒนาได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย

อย่างไรก็ดี ถึงแม้ซอฟท์แวร์การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเชิงพาณิชย์จะเป็นซอฟท์แวร์ที่มีราคาสูง แต่ได้ถูกพัฒนาจนมีประสิทธิภาพและมีความยืดหยุ่นในการแก้ปัญหาต่างๆ ซอฟท์แวร์ดังกล่าวจึงถูกใช้อย่างแพร่หลาย การดำเนินการวิจัยโดยใช้ซอฟท์แวร์เชิงพาณิชย์ดังกล่าว จะทำให้สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้รับไปใช้ในการทำงานหรืองานวิจัยต่างๆในอนาคตได้ ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้ซอฟท์แวร์ ILOG CPLEX 11.2 ซึ่งถือว่ามีประสิทธิภาพสูงในการดำเนินงานวิจัย ซึ่งซอฟท์แวร์ดังกล่าว เป็นรูปแบบของไลบรารีที่สามารถเรียกใช้ได้ จึงไม่มีคุณสมบัติในการโต้ตอบกับผู้ใช้ (Interface) โดยผู้ใช้ต้องเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างแบบจำลองและขั้นตอนวิธีในการแก้ปัญหา จากนั้นจึงเรียกใช้ไลบรารีต่างๆ เพื่อแก้ปัญหาเพื่อหาผลลัพท์ต่อไป ซอฟท์แวร์ดังกล่าวถือว่าเป็นซอฟท์แวร์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการแก้ปัญหาเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในรูปแบบต่างๆ อาทิ กำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming) กำหนดการเชิงจำนวนเต็ม (Integer Programming) และกำหนดการควอดราติก (Quadratic Programming) เป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

ผลการทดสอบ

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาที่ได้ศึกษาในงานวิจัยนี้ ได้ถูกนำมาทดสอบโดยใช้ชุดปัญหาที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น โดยที่ชุดปัญหาแต่ละชุดจะมีความแตกต่างกันในด้านขนาดของปัญหา และการมีเงื่อนไขบังคับต่างๆ การทดสอบได้ใช้คอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยประมวลผล Intel® Core™2 Quad ความเร็ว 2.66 GHz โดยมีหน่วยความจำ 3 GB และใช้ซอฟท์แวร์ Microsoft Visual Studio 2008 ในการเขียนแอพลิเคชันเพื่อเชื่อมโยงและเรียกใช้งานฟังก์ชันจากซอฟท์แวร์ ILOG CPLEX 11.2 ซึ่งเป็นไลบรารีที่สามารถเรียกใช้งานได้

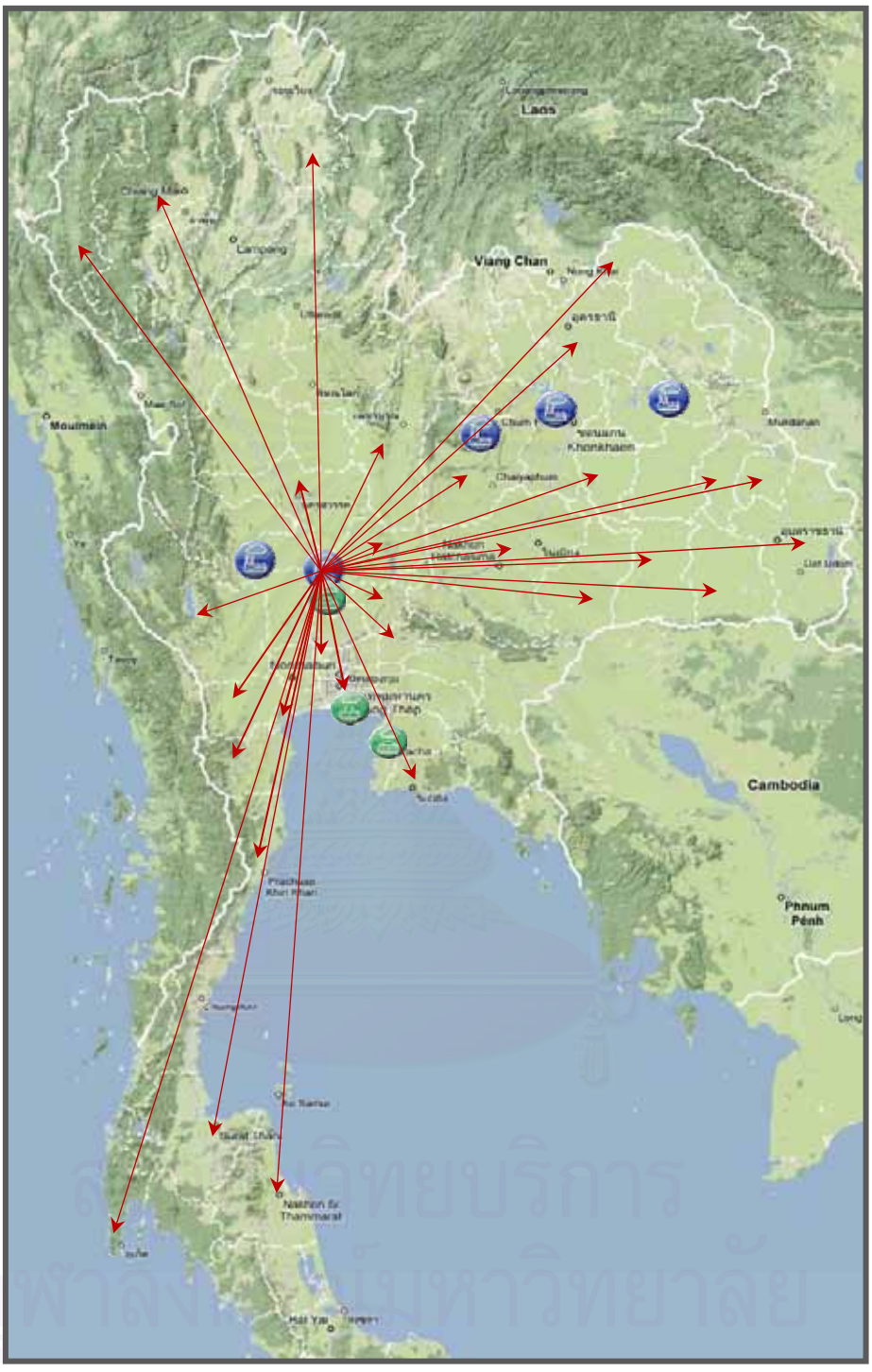
5.1 รายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลอง

ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองนั้น เป็นข้อมูลที่ถูกสร้างขึ้นโดยมีพื้นฐานมาจากโครงข่ายการขนส่งสินค้าของบริษัทตัวอย่างซึ่งมีลักษณะเป็นบริษัทผู้ผลิตสินค้าที่มีโครงข่ายการขนส่งเป็นการขนส่งสินค้าแบบเต็มคันรถ (Truckload) เพื่อกระจายสินค้าจากโรงงานไปยังลูกค้าซึ่งครอบคลุมพื้นที่ทั่วประเทศไทย ดังตัวอย่างโครงข่ายการขนส่งที่แสดงในรูปที่ 5.1

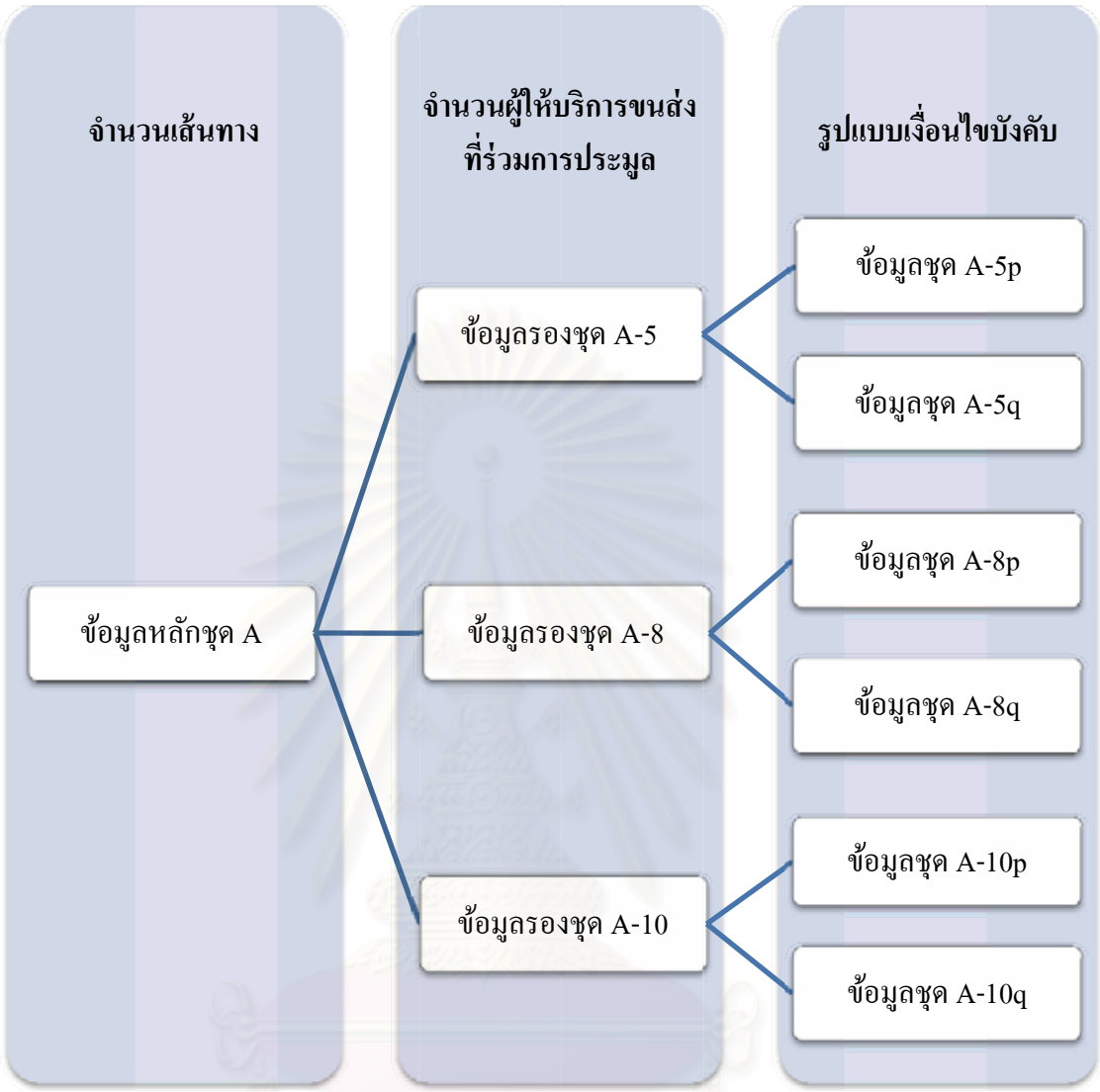
ผู้วิจัยได้สร้างข้อมูลสำหรับการทดสอบแบบจำลองโดยแทนตำแหน่งจุดกระจายและจุดรับสินค้าด้วยจังหวัดต่างๆ ในประเทศไทย โดยได้สร้างข้อมูลขึ้นจำนวน 5 ชุดหลัก ซึ่งมีจำนวนเส้นทางแตกต่างกัน ตั้งแต่ 240 ถึง 640 เส้นทาง และมีจำนวนผู้ว่าจ้างการขนส่งตั้งแต่ 6 ถึง 16 รายดังแสดงในตารางที่ 5.1 ชุดข้อมูลหลักแต่ละชุดยังสามารถแยกย่อยออกเป็นชุดข้อมูลรอง 3 ชุด ทำให้มีชุดข้อมูลรองทั้งหมด 15 ชุด ซึ่งเกิดจากการกำหนดจำนวนผู้ให้บริการขนส่งที่เข้าร่วมการประมูลสำหรับแต่ละชุดข้อมูล นอกจากนี้ ยังมีการกำหนดสถานการณ์ (Scenario) ที่แตกต่างกัน 2 รูปแบบ ซึ่งมีความจำกัดของเงื่อนไขบังคับที่แตกต่างกัน การสร้างชุดข้อมูลสามารถแสดงเป็นลำดับขั้นได้ดังรูปที่ 5.2

ตารางที่ 5.1 รายละเอียดของข้อมูลชุดหลักที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลอง

ชุดปัญหาที่	1	2	3	4	5
จำนวนเส้นทาง	240	320	400	520	640
จำนวนผู้ว่าจ้าง	6	8	10	13	16



รูปที่ 5.1 ตัวอย่างโครงข่ายการขนส่งของบริษัทตัวอย่าง



รูปที่ 5.2 ลำดับขั้นการกระจายชุดข้อมูลหลักเป็นชุดข้อมูลรองและชุดข้อมูลย่อย

จากรูปที่ 5.2 จะเห็นได้ว่าข้อมูลหลักแต่ละชุดข้อมูลถูกแบ่งออก 6 ชุดปัญหา ตามจำนวนผู้ให้บริการขนส่งที่เข้าร่วมประมูลและรูปแบบการกำหนดเงื่อนไขบังคับ ทั้งนี้ ชุดปัญหาต่างๆ ดังกล่าว จะถูกนำมาทดสอบแบบจำลองและวิเคราะห์ผลในประเด็นที่สนใจต่อไป

แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้ไม่ได้พิจารณาการประมูลในส่วนของผู้ให้บริการขนส่ง ชุดการประมูลที่ผู้ให้บริการขนส่งแต่ละรายเสนอจึงเหมือนกัน แต่ในการพิจารณาราคาที่ผู้ให้บริการขนส่งสินค้าแต่ละรายเสนอจะมีความแตกต่างกันตามรายละเอียดในหัวข้อ 4.1

5.2 รายละเอียดของแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้น

แบบจำลองการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งด้วยการประมูลเชิงกลุ่ม (Carrier Selection Model, CSM) ที่ได้สร้างขึ้น สามารถแบ่งออกเป็น 15 แบบ ตามจำนวนเส้นทาง จำนวนผู้ว่าจ้างการขนส่ง และจำนวนผู้ให้บริการขนส่ง ดังรายละเอียดในตารางที่ 5.2

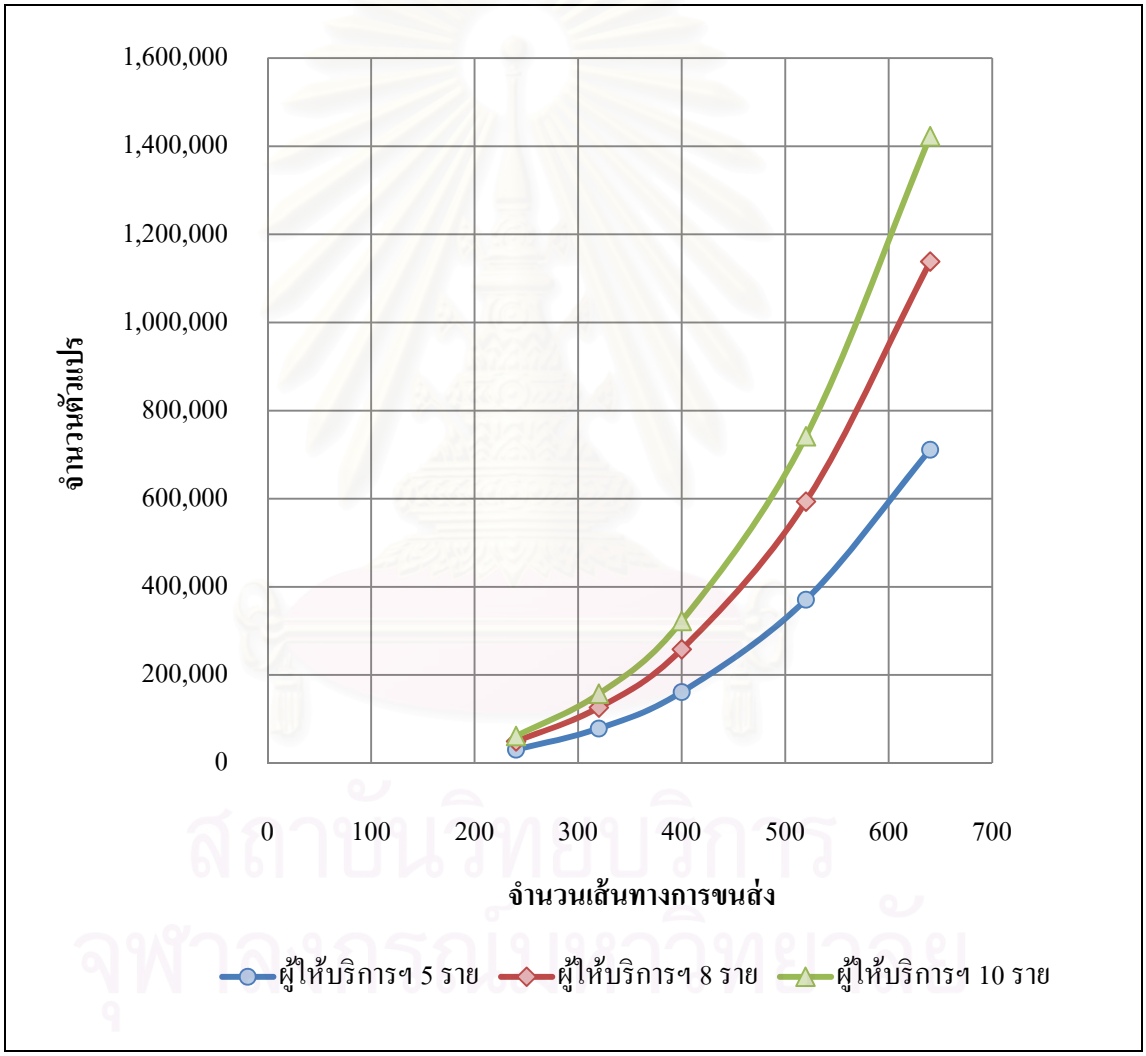
ตารางที่ 5.2 รายละเอียดของข้อมูลย่อย

ชุดปัญหา	จำนวนเส้นทาง	จำนวนผู้ว่าจ้างการขนส่ง	จำนวนผู้ให้บริการขนส่ง	จำนวนตัวแปร	จำนวนสมการเงื่อนไข	จำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่เป็นศูนย์
A-5	240	6	5	30,725	540	497,350
A-8	240	6	8	49,160	720	795,760
A-10	240	6	10	61,450	840	994,700
B-5	320	8	5	78,740	720	1,295,800
B-8	320	8	8	125,984	960	2,073,280
B-10	320	8	10	157,480	1120	2,591,600
C-5	400	10	5	161,375	900	2,678,050
C-8	400	10	8	258,200	1200	4,284,880
C-10	400	10	10	322,750	1400	5,356,100
D-5	520	13	5	370,890	1170	6,197,100
D-8	520	13	8	593,424	1560	9,915,360
D-10	520	13	10	741,780	1820	12,394,200
E-5	640	16	5	711,400	1440	11,932,400
E-8	640	16	8	1,138,240	1920	19,091,840
E-10	640	16	10	1,422,800	2240	23,864,800

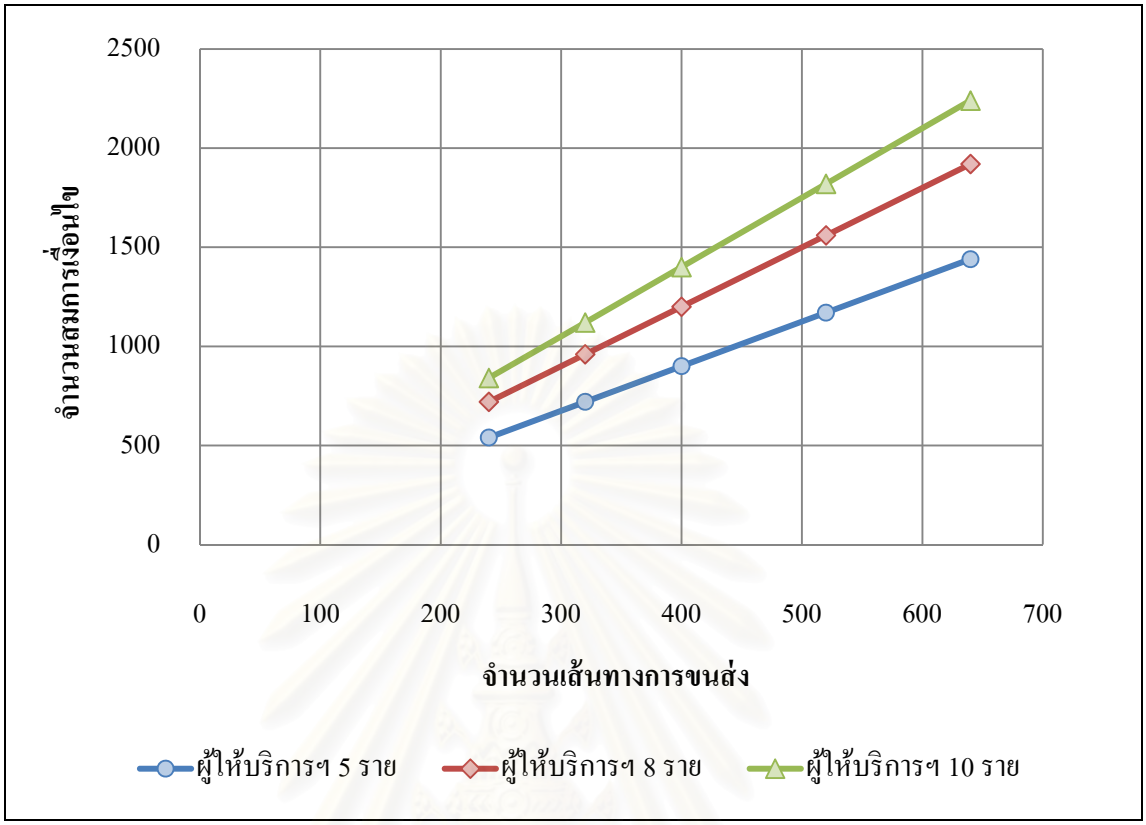
จากตารางที่ 5.2 จะพบว่าจำนวนตัวแปรหรือจำนวนสดมภ์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น ทั้งจากการเพิ่มจำนวนเส้นทางการขนส่งและการเพิ่มจำนวนผู้ให้บริการขนส่งที่เข้าร่วมการประมูล โดยเป็นการเพิ่มขึ้นแบบเอ็กโปเนนเชียล ดังแสดงในรูปที่ 5.3 แต่ทั้งนี้ จำนวน

สมการเงื่อนไขหรือจำนวนแถว ไม่ได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแบบเอ็กโปเนนเชียลเช่นเดียวกับตัวแปร ดังแสดงในรูปที่ 5.4 ซึ่งคุณลักษณะดังกล่าว ถือเป็นข้อดีของแบบจำลองการแบ่งเซ็ต (Set Partitioning Formulation)

จากรูปที่ 5.3 และรูปที่ 5.4 จะเห็นได้ชัดว่าการเพิ่มจำนวนผู้ให้บริการขนส่งที่เข้าร่วมการประมูล จะทำให้กราฟเลื่อนขึ้น (Shift) และจะสังเกตได้ว่าความชันของกราฟมีค่ามากขึ้นอีกด้วย



รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ของจำนวนเส้นทางการขนส่งกับจำนวนตัวแปร



รูปที่ 5.4 ความสัมพันธ์ของจำนวนเส้นทางการขนส่งกับจำนวนสมการเงื่อนไขบังคับ

นอกจากการสร้างปัญหาที่มีขนาดแตกต่างกันแล้ว ผู้วิจัยยังได้สร้างปัญหาที่มีการกำหนดเงื่อนไขบังคับที่แตกต่างกัน กล่าวคือ แบบจำลอง CSM ที่ได้พัฒนาขึ้นมีอสมการเงื่อนไขบังคับที่ 4.3 และ 4.4 ซึ่งเป็นอสมการที่กำหนดจำนวนผู้ให้บริการขนส่งที่มากที่สุดและน้อยที่สุดที่ผู้ว่าจ้างการขนส่งแต่ละรายยอมให้ผู้ให้บริการรายหนึ่งๆ ได้รับคัดเลือก ข้อมูลปัญหาที่สร้างขึ้นกำหนดความจำกัดดังกล่าวด้วยเงื่อนไขบังคับ 2 แบบ ได้แก่

1. แบบ p ซึ่งมีความจำกัดของเงื่อนไขบังคับมาก โดยกำหนดให้จำนวนผู้ให้บริการขนส่งที่มากที่สุดที่ผู้ว่าจ้างการขนส่งแต่ละรายจะยอมให้ผู้ให้บริการรายหนึ่งๆ ได้รับคัดเลือก มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่น้อยที่สุดที่จะยังคงทำให้แบบจำลองมีความเป็นไปได้ และไม่ทำให้ไม่สามารถหาค่าคำตอบจากแบบจำลองได้ (Infeasible)

2. แบบ q ซึ่งมีความจำกัดของเงื่อนไขบังคับน้อย โดยกำหนดให้จำนวนผู้ให้บริการขนส่งที่มากที่สุดที่ผู้ว่าจ้างการขนส่งแต่ละรายจะยอมให้ผู้ให้บริการรายหนึ่งๆ ได้รับคัดเลือก มีค่ามากกว่าค่าที่น้อยที่สุดที่จะยังคงทำให้แบบจำลองมีความเป็นไปได้อยู่พอสมควร แต่ยังคงมีอิทธิพลต่อแบบจำลองอยู่

การกำหนดเงื่อนไขบังคับดังกล่าว จะไม่ทำให้ขนาดของแบบจำลองเปลี่ยนแปลงไป แต่จะทำให้การหาค่าผลลัพธ์ทำได้ยากขึ้น ซึ่งจะวิเคราะห์ถึงประเด็นนี้ในการพิจารณาผลของแบบจำลองในส่วนถัดไป

5.3 ผลลัพธ์จากการทดสอบแบบจำลอง

ผู้วิจัยได้แบ่งรูปแบบการหาผลลัพธ์จากการทดสอบแบบจำลองเป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

1. การแก้ปัญหาการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งด้วยการประมูลที่ไม่มีความร่วมมือกันระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่ง

การประมูลที่ไม่มีความร่วมมือกันระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่ง ถือเป็นรูปแบบทั่วไปที่ผู้ว่าจ้างการขนส่งมักใช้ในการจัดหาผู้ให้บริการขนส่งสำหรับโครงข่ายการขนส่งของผู้ว่าจ้างการขนส่งรายใดรายหนึ่ง ซึ่งหากโครงข่ายการขนส่งของผู้ว่าจ้างการขนส่งเป็นการกระจายสินค้าก็จะไม่สามารถจัดเส้นทางการขนส่งที่ทำให้เกิดวงรอบได้เนื่องจากไม่มีความร่วมมือกับผู้ว่าจ้างการขนส่งรายอื่น ในงานวิจัยนี้ จะใช้ผลลัพธ์จากการประมูลรูปแบบนี้เป็นตัวเปรียบเทียบประสิทธิภาพในแง่ของคุณภาพของผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหารูปแบบต่างๆ

2. การแก้ปัญหาการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งด้วยการประมูลเชิงกลุ่มที่มีความร่วมมือของผู้ว่าจ้างการขนส่งหลายราย

การแก้ปัญหาดังกล่าว เป็นการหาผลลัพธ์ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยการแก้ปัญหาในรูปแบบกำหนดการเชิงจำนวนเต็ม โดยผู้วิจัยได้กำหนดการตั้งค่าในซอฟท์แวร์การหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ดังนี้

1. การเลือกค้นหาในเชิงลึกก่อน (Depth-first Search) ซึ่งเป็นการค้นหาผลลัพธ์ที่ให้ค่าเร็ว แต่อาจมีคุณภาพของผลลัพธ์ที่ได้ต่ำในช่วงแรก

2. ค่าร้อยละความแตกต่างจากค่าที่เหมาะสมที่สุดไว้ที่ร้อยละ 0.05

อนึ่ง ในแต่ละรูปแบบการแก้ปัญหา ผู้วิจัยได้กำหนดจำนวนเส้นทางในกลุ่มเส้นทางสูงสุดเท่ากับ 3 เส้นทาง และกำหนดว่าเส้นทางที่สามารถนำมาจัดกลุ่มกันได้ จะต้องเป็นเส้นทางที่มีความต่อเนื่องกันเท่านั้น โดยสามารถแบ่งกลุ่มของเส้นทางออกเป็น 5 รูปแบบ คือ

1. เส้นทางเดี่ยว

2. กลุ่มของ 2 เส้นทางที่มีลักษณะเป็นวงรอบปิด

3. กลุ่มของ 2 เส้นทางที่มีลักษณะเป็นวงรอบเปิด
4. กลุ่มของ 3 เส้นทางที่มีลักษณะเป็นวงรอบปิด
5. กลุ่มของ 3 เส้นทางที่มีลักษณะเป็นวงรอบเปิด

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบแบบจำลองด้วยชุดข้อมูลแต่ละชุด จะถูกนำมาวิเคราะห์ในขั้นต้นถึงประเด็นต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง
2. ระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่าที่เกิดขึ้น
3. ระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองและแก้ปัญหาเพื่อหาผลลัพธ์
4. รูปแบบของผลลัพธ์
    4.1 คุณลักษณะของกลุ่มเส้นทางการขนส่งที่ถูกเลือก
    4.2 คุณลักษณะของความร่วมมือกันของผู้ว่าจ้างการขนส่งของกลุ่มเส้นทางการขนส่งที่ถูกเลือก
5. ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มเส้นทางการขนส่งที่เป็นไปได้กับกลุ่มเส้นทางการขนส่งที่ถูกเลือกจากการแก้ปัญหาโดยแบบจำลอง CSM

หลังจากได้ผลลัพธ์จากการทดสอบแบบจำลองแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ผลลัพธ์ดังกล่าว ตามประเด็นที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น อนึ่ง รายละเอียดทั้งหมดของผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาทั้ง 5 ชุด แสดงในตารางที่ 1 ถึง 5 ในภาคผนวก

5.3.1 ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง

หากพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาของปัญหาชุดต่างๆ เปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายในการขนส่งกรณีที่ผู้ว่าจ้างการขนส่งจัดการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งโดยไม่มีความร่วมมือกับผู้ว่าจ้างการขนส่งรายอื่น พบว่าการนำการประมูลเชิงกลุ่มมาใช้สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายลงได้ โดยอัตราการลดลงดังกล่าวขึ้นอยู่กับขนาดของโครงข่ายการขนส่งที่พิจารณา กล่าวคือ โดยโครงข่ายการขนส่งที่มีจำนวนเส้นทางและจำนวนผู้ว่าจ้างการขนส่งมากกว่า จะมีอัตราการลดลงของค่าใช้จ่ายการขนส่งที่มากกว่าตามไปด้วย อันเนื่องมาจากการมีชุดของเส้นทางจำนวนมากและ

หลากหลายมากกว่า รายละเอียดของผลลัทธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาข้อมูลชุดต่างๆ แสดงในตารางที่ 5.3 ถึง 5.9 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.3 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการขนส่งระหว่างกรณีที่มีและไม่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่ง สำหรับข้อมูลย่อยชุดที่ 5p ของข้อมูลหลักแต่ละชุด

	ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง (พันบาท)				
ชุดปัญหาที่	**A-5p**	**B-5p**	**C-5p**	**D-5p**	**E-5p**
กรณีไม่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้าง	2,774.69	3,842.85	4,672.78	5,905.10	7,531.61
กรณีมีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้าง	2,322.18	3,021.58	3,438.52	3,955.06	4,347.02
สัดส่วนของค่าใช้จ่ายที่ลดลง	16.31%	21.37%	26.41%	33.02%	42.28%

ตารางที่ 5.5 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการขนส่งระหว่างกรณีที่มีและไม่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่ง สำหรับข้อมูลย่อยชุดที่ 8p ของข้อมูลหลักแต่ละชุด

	ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง (พันบาท)				
ชุดปัญหาที่	**A-8p**	**B-8p**	**C-8p**	**D-8p**	**E-8p**
กรณีไม่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้าง	2,761.28	3,841.34	4,646.80	5,888.65	7,480.78
กรณีมีความร่วมมือระหว่าง ผู้ว่าจ้าง	2,318.82	3,020.90	3,421.35	3,942.93	N/A
สัดส่วนของค่าใช้จ่ายที่ลดลง	16.02%	21.36%	26.37%	33.04%	N/A

หมายเหตุ: N/A แสดงถึงการหาค่าผลลัพธ์ไม่ได้เนื่องจากหน่อยความจำไม่เพียงพอ

ตารางที่ 5.6 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการขนส่งระหว่างกรณีที่มีและไม่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่ง สำหรับข้อมูลย่อยชุดที่ 10p ของข้อมูลหลักแต่ละชุด

	ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง (พันบาท)				
ชุดปัญหาที่	**A-10p**	**B-10p**	**C-10p**	**D-10p**	**E-10p**
กรณีไม่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้าง	2,756.98	3,818.12	4,646.80	5,864.53	7,421.81
กรณีมีความร่วมมือระหว่าง ผู้ว่าจ้าง	2,296.16	3,018.59	3,397.56	3,929.98	N/A
สัดส่วนของค่าใช้จ่ายที่ลดลง	16.71%	20.94%	26.88%	32.99%	N/A

หมายเหตุ: N/A แสดงถึงการหาค่าผลลัพธ์ไม่ได้เนื่องจากหน่อยความจำไม่เพียงพอ

ตารางที่ 5.7 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการขนส่งระหว่างกรณีที่มีและไม่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่ง สำหรับข้อมูลย่อยชุดที่ 5q ของข้อมูลหลักแต่ละชุด

	ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง (พันบาท)				
ชุดปัญหาที่	**A-5q**	**B-5q**	**C-5q**	**D-5q**	**E-5q**
กรณีไม่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้าง	2,774.69	3,842.85	4,672.78	5,905.10	7,531.61
กรณีมีความร่วมมือระหว่าง ผู้ว่าจ้าง	2,322.18	3,021.58	3,438.52	3,955.06	4,347.02
สัดส่วนของค่าใช้จ่ายที่ลดลง	16.31%	21.37%	26.41%	33.02%	42.28%

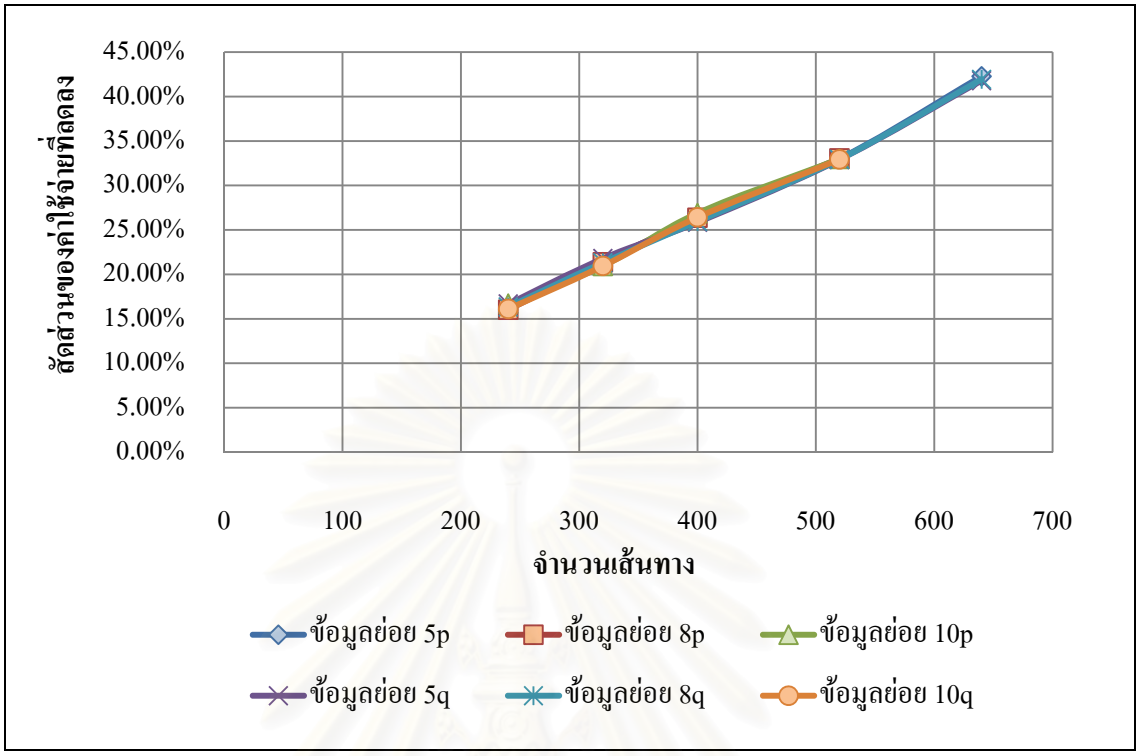
ตารางที่ 5.8 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการขนส่งระหว่างกรณีที่มีและไม่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่ง สำหรับข้อมูลย่อยชุดที่ 8q ของข้อมูลหลักแต่ละชุด

	ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง (พันบาท)				
ชุดปัญหาที่	**A-8p**	**B-8p**	**C-8p**	**D-8p**	**E-8p**
กรณีไม่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้าง	2,738.70	3,809.93	4,584.35	5,814.13	7,421.81
กรณีมีความร่วมมือระหว่าง ผู้ว่าจ้าง	2,291.30	2,997.78	3,394.81	3,899.03	4,308.83
สัดส่วนของค่าใช้จ่ายที่ลดลง	16.34%	21.32%	25.95%	32.94%	41.94%

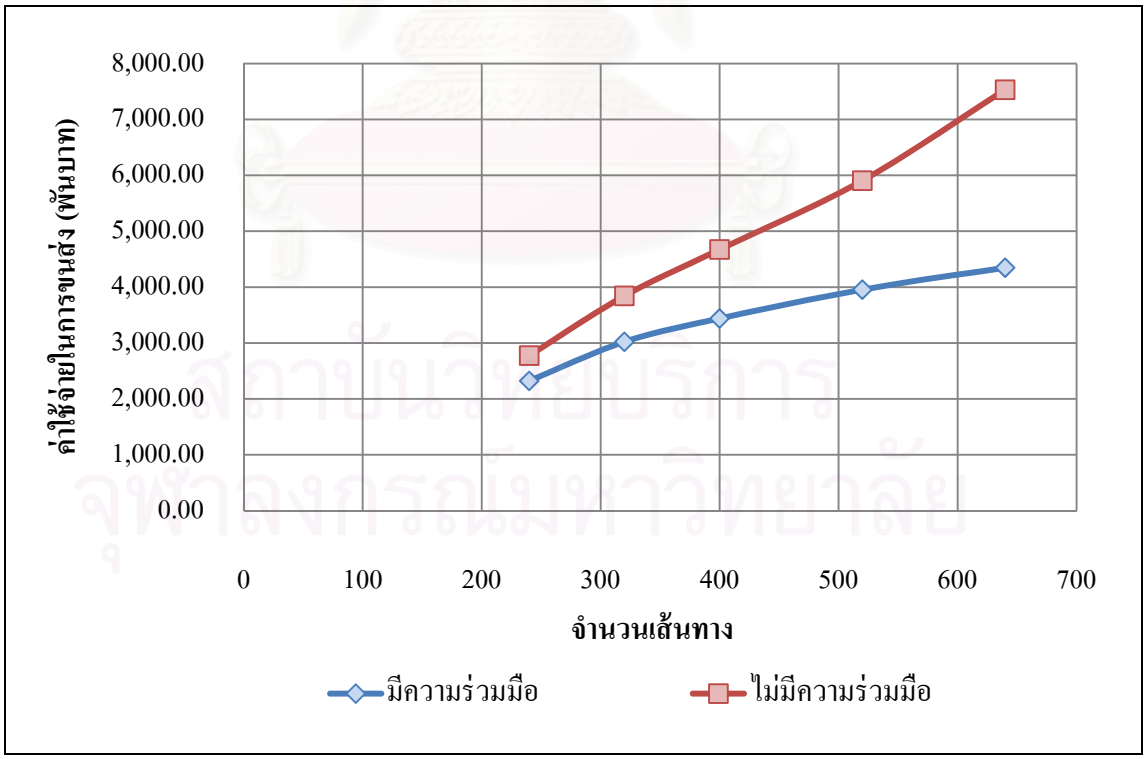
ตารางที่ 5.9 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการขนส่งระหว่างกรณีที่มีและไม่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่ง สำหรับข้อมูลย่อยชุดที่ 10q ของข้อมูลหลักแต่ละชุด

	ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง (พันบาท)				
ชุดปัญหาที่	**A-10q**	**B-10q**	**C-10q**	**D-10q**	**E-10q**
กรณีไม่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้าง	2,296.16	3,018.59	3,397.56	3,929.98	N/A
กรณีมีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้าง	16.71%	20.94%	26.88%	32.99%	N/A
สัดส่วนของค่าใช้จ่ายที่ลดลง	2,756.98	3,818.12	4,646.80	5,864.53	7,421.81

หมายเหตุ: N/A แสดงถึงการหาค่าผลลัพธ์ไม่ได้เนื่องจากหน่อยความจำไม่เพียงพอ



รูปที่ 5.5 ความสัมพันธ์ของสัดส่วนค่าใช้จ่ายที่ลดลงกับจำนวนเส้นทางของปัญหา



รูปที่ 5.6 ความสัมพันธ์ของจำนวนเส้นทางการขนส่งกับค่าใช้จ่ายในการขนส่ง สำหรับชุดปัญหา 5p

จากรูปที่ 5.5 จะเห็นได้ว่าสัดส่วนการลดลงของค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่เป็นผลลัพธ์ของปัญหาแต่ละชุดมีแนวโน้มเหมือนกัน และมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ทั้งนี้ เนื่องจากปัญหาบางชุดมีจำนวนตัวแปรเป็นจำนวนมากหรือมีเงื่อนไขบังคับที่จำกัดมาก จนทำให้แก้ปัญหาจนได้ผลลัพธ์ออกมาไม่ได้ เนื่องจากหน่อยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ไม่เพียงพอ

รูปที่ 5.6 แสดงความสัมพันธ์ของจำนวนเส้นทางการขนส่งกับค่าใช้จ่ายในการขนส่งสำหรับชุดปัญหาย่อย 5p ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับผลลัพธ์จากชุดปัญหาอื่นๆ ซึ่งพบว่า เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น ค่าใช้จ่ายการขนส่งกรณีที่ไม่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่งจะสูงขึ้นในอัตราที่คงที่ แตกต่างจากกรณีที่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่ง ซึ่งอัตราการเพิ่มขึ้นของค่าใช้จ่ายดังกล่าวสูงขึ้นในอัตราที่ต่ำลง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประโยชน์จากการใช้การประมูลรูปแบบดังกล่าว

5.3.2 ระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่า

การใช้การประมูลเชิงกลุ่มในการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่ง ทำให้เกิดกลุ่มของเส้นทางที่เป็นวงรอบปิด และส่วนของวงรอบปิด ซึ่งกลุ่มของเส้นทางดังกล่าวนอกจากจะเป็นประโยชน์โดยตรงต่อผู้ว่าจ้างการขนส่งและผู้ให้บริการขนส่งแล้ว ยังส่งผลให้ระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่าของระบบลดลงอีกด้วย

เมื่อนำผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้นกรณีที่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่งหลายราย มาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหากรณีที่ไม่มีความร่วมมือ พบว่ากรณีที่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่งมีแนวโน้มทำให้ระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่าของระบบลดลง และสัดส่วนของระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่ามีแนวโน้มลดลงเมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น โดยเกิดจากการเพิ่มจำนวนผู้ว่าจ้างการขนส่งในระบบและจำนวนเส้นทางการขนส่งทั้งหมด ระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่าของการประมูลที่ไม่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่งกับการประมูลเชิงกลุ่มที่มีความร่วมมือกันของผู้ว่าจ้างการขนส่งสำหรับข้อมูลแต่ละชุด มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5.10 ถึง 5.15

ตารางที่ 5.10 เปรียบเทียบระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่ากรณีที่มีและไม่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่ง สำหรับข้อมูลย่อยชุดที่ 5p ของข้อมูลหลักแต่ละชุด

	ระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่า (กิโลเมตร)				
ชุดปัญหาที่	**A-5p**	**B-5p**	**C-5p**	**D-5p**	**E-5p**
กรณีไม่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้าง	170,464	235,759	289,242	366,698	463,331
กรณีมีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้าง	126,278	154,134	162,728	168,366	136,459
สัดส่วนระยะทางเที่ยวเปล่าที่ลดลง	25.92%	34.62%	43.74%	54.09%	70.55%
สัดส่วนระยะทางขนส่งรวมที่ลดลง	12.96%	17.31%	21.87%	27.04%	35.27%

ตารางที่ 5.11 เปรียบเทียบระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่ากรณีที่มีและไม่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่ง สำหรับข้อมูลย่อยชุดที่ 8p ของข้อมูลหลักแต่ละชุด

	ระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่า (กิโลเมตร)				
ชุดปัญหาที่	**A-8p**	**B-8p**	**C-8p**	**D-8p**	**E-8p**
กรณีไม่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้าง	170,464	235,759	289,242	366,698	463,331
กรณีมีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้าง	125,454	150,618	164,593	164,673	N/A
สัดส่วนระยะทางเที่ยวเปล่าที่ลดลง	26.40%	36.11%	43.10%	55.09%	N/A
สัดส่วนระยะทางขนส่งรวมที่ลดลง	13.20%	18.06%	21.55%	27.55%	N/A

หมายเหตุ: N/A แสดงถึงการหาค่าผลลัพธ์ไม่ได้เนื่องจากหน่อยความจำไม่เพียงพอ

ตารางที่ 5.12 เปรียบเทียบระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่ากรณีที่มีและไม่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่ง สำหรับข้อมูลย่อยชุดที่ 10p ของข้อมูลหลักแต่ละชุด

	ระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่า (กิโลเมตร)				
ชุดปัญหาที่	**A-10p**	**B-10p**	**C-10p**	**D-10p**	**E-10p**
กรณีไม่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้าง	170,464	235,759	289,242	366,698	463,331
กรณีมีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้าง	124,372	153,276	162,571	163,671	N/A
สัดส่วนระยะทางเที่ยวเปล่าที่ลดลง	27.04%	34.99%	43.79%	55.37%	N/A
สัดส่วนระยะทางขนส่งรวมที่ลดลง	13.52%	17.49%	21.90%	27.68%	N/A

หมายเหตุ: N/A แสดงถึงการหาค่าผลลัพธ์ไม่ได้เนื่องจากหน่อยความจำไม่เพียงพอ

ตารางที่ 5.13 เปรียบเทียบระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่ากรณีที่มีและไม่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่ง สำหรับข้อมูลย่อยชุดที่ 5q ของข้อมูลหลักแต่ละชุด

	ระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่า (กิโลเมตร)				
ชุดปัญหาที่	**A-5q**	**B-5q**	**C-5q**	**D-5q**	**E-5q**
กรณีไม่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้าง	170,464	235,759	289,242	366,698	463,331
กรณีมีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้าง	126,278	150,502	157,664	156,795	129,052
สัดส่วนระยะทางเที่ยวเปล่าที่ลดลง	25.92%	36.16%	45.49%	57.24%	72.15%
สัดส่วนระยะทางขนส่งรวมที่ลดลง	12.96%	18.08%	22.75%	28.62%	36.07%

ตารางที่ 5.14 เปรียบเทียบระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่ากรณีที่มีและไม่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่ง สำหรับข้อมูลย่อยชุดที่ 8q ของข้อมูลหลักแต่ละชุด

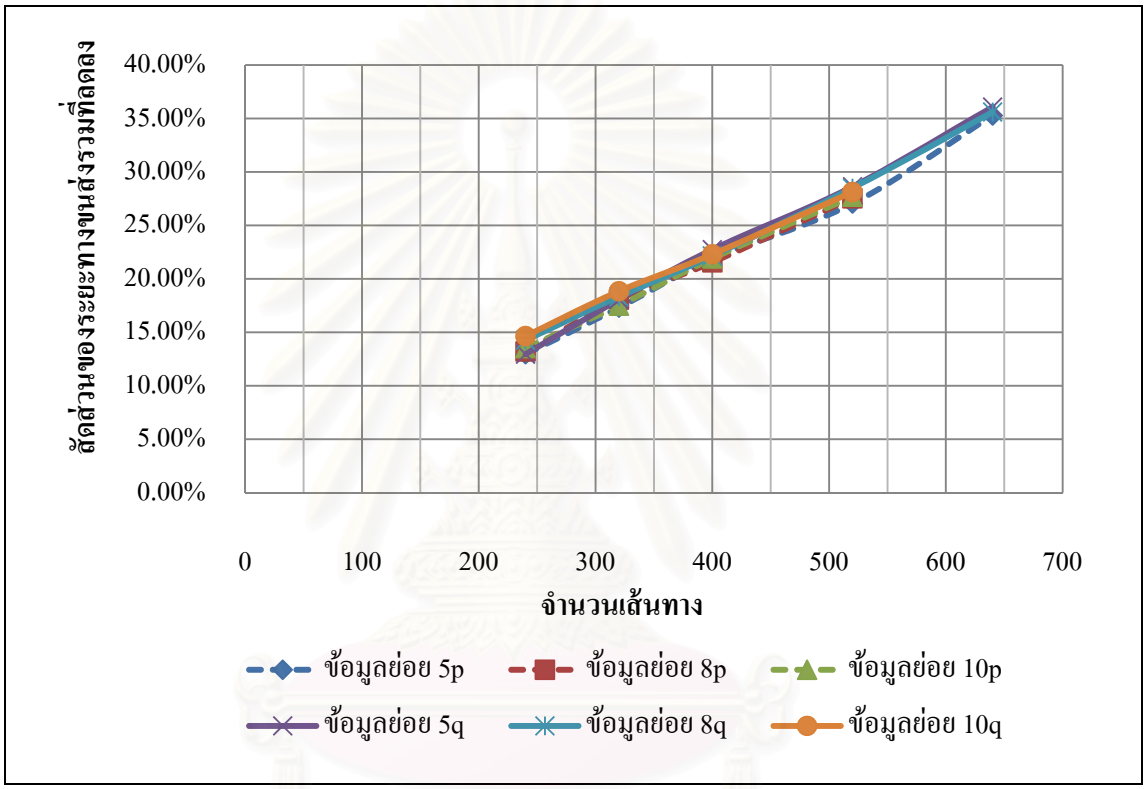
	ระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่า (กิโลเมตร)				
ชุดปัญหาที่	**A-8q**	**B-8q**	**C-8q**	**D-8q**	**E-8q**
กรณีไม่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้าง	170,464	235,759	289,242	366,698	463,331
กรณีมีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้าง	121,846	149,302	161,101	157,732	133,341
สัดส่วนระยะทางเที่ยวเปล่าที่ลดลง	28.52%	36.67%	44.30%	56.99%	71.22%
สัดส่วนระยะทางขนส่งรวมที่ลดลง	14.26%	18.34%	22.15%	28.49%	35.61%

ตารางที่ 5.15 เปรียบเทียบระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่ากรณีที่มีและไม่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่ง สำหรับข้อมูลย่อยชุดที่ 10q ของข้อมูลหลักแต่ละชุด

	ระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่า (กิโลเมตร)				
ชุดปัญหาที่	**A-10q**	**B-10q**	**C-10q**	**D-10q**	**E-10q**
กรณีไม่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้าง	170,464	235,759	289,242	366,698	463,331
กรณีมีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้าง	120,512	146,908	160,256	160,430	N/A
สัดส่วนระยะทางเที่ยวเปล่าที่ลดลง	29.30%	37.69%	44.59%	56.25%	N/A
สัดส่วนระยะทางขนส่งรวมที่ลดลง	14.65%	18.84%	22.30%	28.13%	N/A

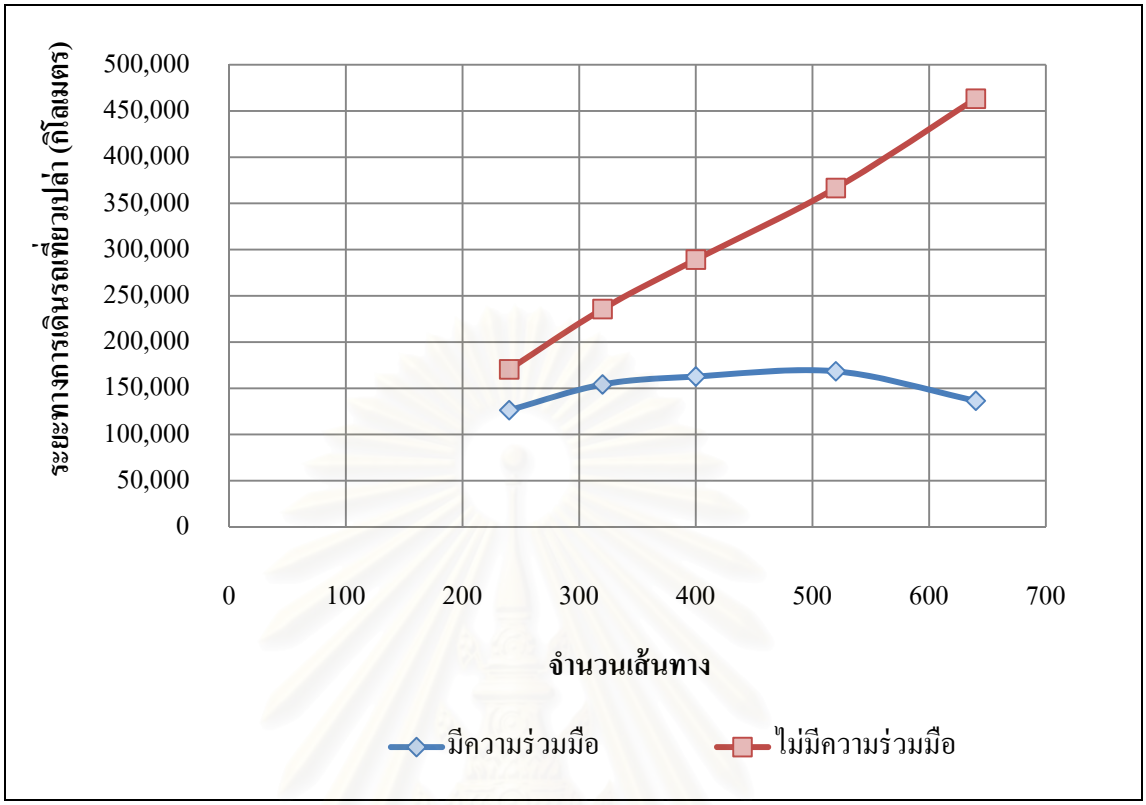
หมายเหตุ: N/A แสดงถึงการหาค่าผลลัพธ์ไม่ได้เนื่องจากหน่อยความจำไม่เพียงพอ

หากพิจารณาผลลัพธ์จากการแก้ปัญหาสำหรับข้อมูลชุดที่ 1 ถึง 5 จากตารางที่ 5.10 ถึง 5.14 พบว่า เมื่อเพิ่มจำนวนผู้ให้บริการขนส่งขึ้นจะทำให้สัดส่วนการลดลงของระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่ากรณีที่มีและไม่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่งเพิ่ม ทั้งนี้เนื่องจากมีทางเลือกในการตัดสินใจมากขึ้น แต่เมื่อจำนวนตัวแปรสูงขึ้นก็ทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการแก้ปัญหาสูงขึ้นด้วย ซึ่งจะได้กล่าวในส่วนถัดไป



รูปที่ 5.6 ความสัมพันธ์ของสัดส่วนระยะทางเที่ยวเปล่าที่ลดลงกับจำนวนเส้นทางของปัญหา

จากรูปที่ 5.6 จะเห็นได้ว่าสัดส่วนการลดลงของค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่เป็นผลลัพธ์ของปัญหาแต่ละชุดมีแนวโน้มเหมือนกัน และมีค่าใกล้เคียงกันกับข้อมูลชุดอื่นๆ แต่ทั้งนี้ เนื่องจากปัญหาบางชุดมีจำนวนตัวแปรเป็นจำนวนมากหรือมีเงื่อนไขบังคับที่จำกัดมาก จนทำให้แก้ปัญหาจนได้ผลลัพธ์ออกมาไม่ได้ เนื่องจากหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ไม่เพียงพอ เช่นเดียวกับกรณีการหาผลลัพธ์ที่เป็นค่าใช้จ่ายในการขนส่ง



รูปที่ 5.7 ความสัมพันธ์ของสัดส่วนระยะทางเที่ยวเปล่าที่ลดลงกับจำนวนเส้นทาง ของปัญหาชุด 5p

จากรูปที่ 5.7 ซึ่งเปรียบเทียบระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่ากรณีที่มีและไม่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่งสำหรับปัญหาชุด 5p ซึ่งมีแนวโน้มเหมือนกัน และมีค่าใกล้เคียงกันกับข้อมูลชุดอื่นๆ จะเห็นได้ว่าระยะทางเที่ยวเปล่ากรณีที่ไม่มีความร่วมมือกันของผู้ว่าจ้างการขนส่งจะสูงขึ้นด้วยอัตราที่คงที่ ต่างจากกรณีที่ใช้การประมูลเชิงกลุ่มและมีความร่วมมือกันระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่ง ซึ่งระยะทางเดินรถเที่ยวเปล่ามีการเพิ่มขึ้นด้วยอัตราที่ลดลงในช่วงแรก และเมื่อเพิ่มจำนวนเส้นทางการขนส่งขึ้นถึงจุดหนึ่ง ระยะทางเดินรถเที่ยวเปล่าที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มที่ลดลง

5.3.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองและการแก้ปัญหาเพื่อหาผลลัพธ์

ระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองและแก้ปัญหาเพื่อหาผลลัพธ์ถือเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง โดยเฉพาะปัจจัยด้านระยะเวลาในการแก้ปัญหาซึ่งควรต้องอยู่ในช่วงเวลาที่เหมาะสมและยอมรับ จึงจะสามารถแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองดังกล่าวสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้จริงในทางปฏิบัติหรือไม่ ระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองและแก้ปัญหาเพื่อหาผลลัพธ์ของชุดปัญหาต่างๆ แสดงในตารางที่ 5.15 และ

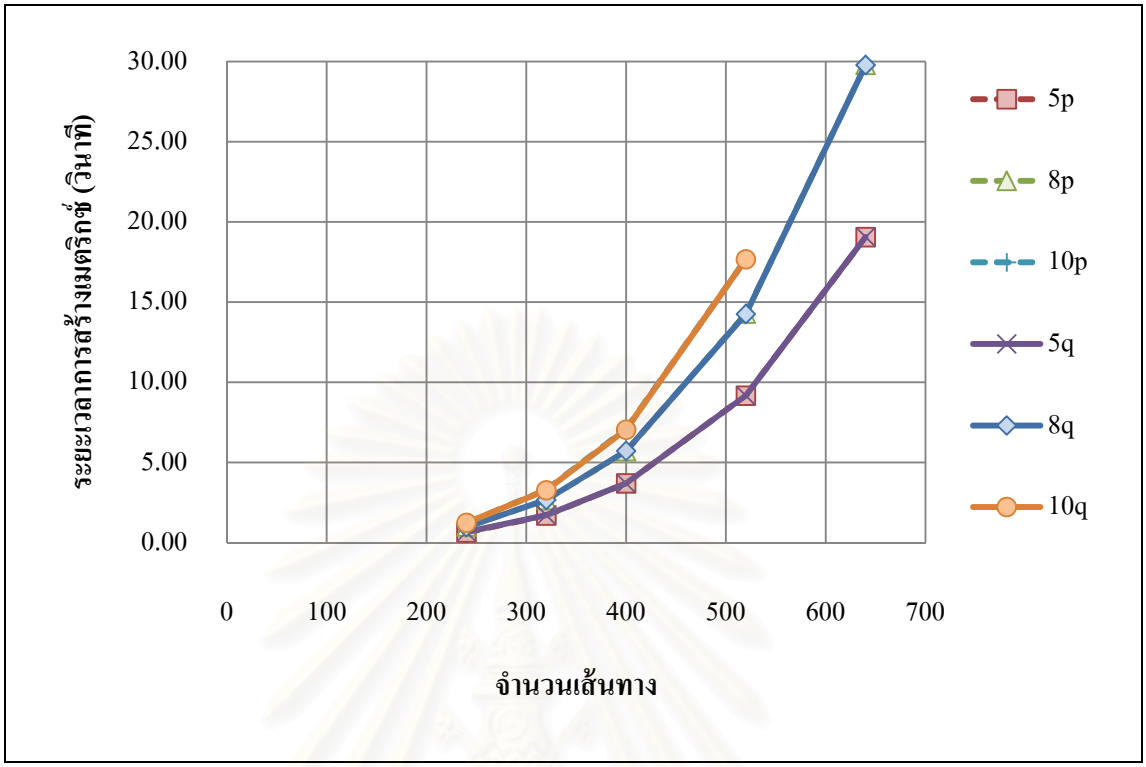
รูปที่ 5.7 ซึ่งในที่นี้ไม่ได้แสดงเวลาในการแก้ปัญหาการคัดเลือกกรณีที่ไม่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่ง เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการสร้างแบบจำลองและแก้ปัญหาน้อยกว่า 2 วินาที ซึ่งถือว่าน้อยมาก

ตารางที่ 5.16 ระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองและแก้ปัญหาเพื่อหาผลลัพธ์ของชุดปัญหาต่างๆ

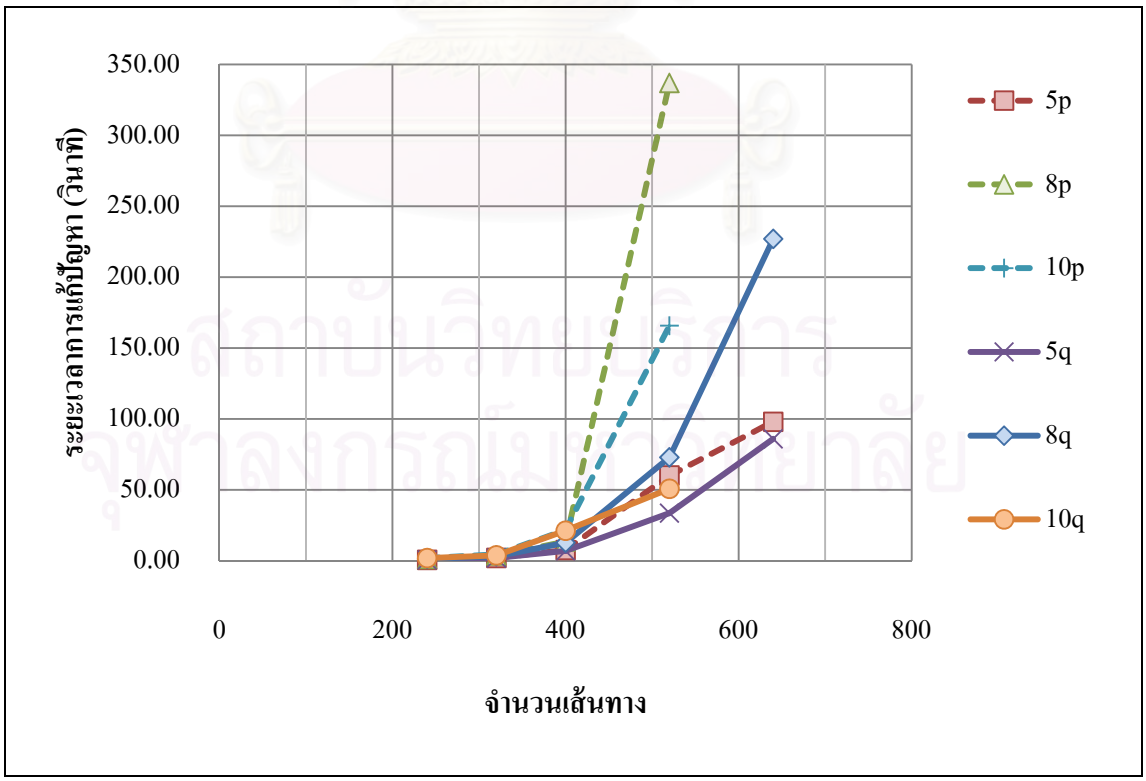
	เวลาในการสร้างแบบจำลอง (วินาที)		**เวลาในการแก้ปัญหา (วินาที)**	
ชุดข้อมูล	**สถานการณ์ p**	**สถานการณ์ q**	**สถานการณ์ p**	**สถานการณ์ q**
A-5	0.64	0.67	0.67	0.64
A-8	1.00	0.97	1.23	1.33
A-10	1.23	1.24	1.94	1.94
B-5	1.70	1.72	2.03	1.97
B-8	2.66	2.67	3.77	3.17
B-10	3.30	3.27	4.48	3.84
C-5	3.70	3.70	7.61	6.97
C-8	5.70	5.72	13.55	12.73
C-10	7.09	7.05	21.59	21.25
D-5	9.17	9.17	60.17	33.64
D-8	14.28	14.25	336.94	72.91
D-10	17.67	17.67	165.83	50.77
E-5	19.05	19.06	98.02	86.03
E-8	29.79	29.78	N/A	227.00
E-10	N/A	N/A	N/A	N/A

หมายเหตุ: N/A แสดงถึงการหาค่าผลลัพธ์ไม่ได้เนื่องจากหน่อยความจำไม่เพียงพอ

จากตารางที่ 5.16 จะเห็นได้ว่า เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น ระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองและแก้ปัญหาเพื่อหาผลลัพธ์ของชุดปัญหาต่างๆ จะเพิ่มขึ้นด้วย โดยระยะเวลาในการสร้างแบบจำลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นแบบเอ็กโปเนนเชียลที่มีอัตราการเพิ่มของความชันน้อย ดังแสดงโดยรูปที่ 5.8 ในขณะที่ระยะเวล่าที่ใช้ในการแก้ปัญหามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นแบบเอ็กโปเนนเชียลที่มีอัตราการเพิ่มขึ้นของความชันมากกว่า ดังแสดงโดยรูปที่ 5.9



รูปที่ 5.8 ระยะเวลาในการสร้างเมตริกซ์ของชุดข้อมูลแต่ละชุด



รูปที่ 5.9 ระยะเวลาในการแก้ปัญหาของชุดของชุดข้อมูลแต่ละชุด

5.3.4 คุณลักษณะของกลุ่มเส้นทางการขนส่งที่ถูกเลือก

ผลลัพธ์จากการแก้ปัญหาจะแสดงให้เห็นว่ากลุ่มเส้นทางการขนส่งที่ถูกเลือกนั้นคือกลุ่มเส้นทางใดบ้าง และแต่ละกลุ่มเส้นทางมีลักษณะเป็นอย่างไร โดยที่ลักษณะของกลุ่มเส้นทางที่ถูกเลือกดังกล่าว สามารถแสดงให้เห็นถึงการลดลงของการวิ่งรถเที่ยวเปล่าได้ ผลลัพธ์จากปัญหาชุดต่างๆ มีลักษณะของกลุ่มเส้นทางการขนส่งที่ถูกเลือกเป็นดังตารางที่ 5.17 ถึง 5.22

ตารางที่ 5.17 สัดส่วนของลักษณะกลุ่มเส้นทางการขนส่งที่ถูกเลือกของปัญหาชุด 5p

ชุดปัญหาที่	A-5p	B-5p	C-5p	D-5p	E-5p
เส้นทางเดี่ยว					
- จำนวน	183	215	229	229	189
- สัดส่วน	76.25%	67.19%	57.25%	44.42%	29.53%
กลุ่มของ 2 เส้นทางวงรอบเปิด					
- จำนวน	24	42	72	72	182
- สัดส่วน	20.00%	26.25%	36.00%	42.31%	56.88%
กลุ่มของ 3 เส้นทางวงรอบเปิด					
- จำนวน	3	7	9	9	29
- สัดส่วน	3.75%	6.56%	6.75%	13.27%	13.59%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.18 สัดส่วนของลักษณะกลุ่มเส้นทางการขนส่งที่ถูกเลือกของปัญหาชุด 8p

ชุดปัญหาที่	**A-8p**	**B-8p**	**C-8p**	**D-8p**	**E-8p**
เส้นทางเดี่ยว					
- จำนวน	183	215	230	231	189
- สัดส่วน	76.25%	67.19%	57.50%	44.42%	29.53%
กลุ่มของ 2 เส้นทางวงรอบเปิด					
- จำนวน	24	42	70	110	182
- สัดส่วน	20.00%	26.25%	35.00%	42.31%	56.88%
กลุ่มของ 3 เส้นทางวงรอบเปิด					
- จำนวน	3	7	10	23	29
- สัดส่วน	3.75%	6.56%	7.50%	13.27%	13.59%

ตารางที่ 5.19 สัดส่วนของลักษณะกลุ่มเส้นทางการขนส่งที่ถูกเลือกของปัญหาชุด 10p

ชุดปัญหาที่	**A-10p**	**B-10p**	**C-10p**	**D-10p**	**E-10p**
เส้นทางเดี่ยว					
- จำนวน	183	215	230	231	N/A
- สัดส่วน	76.25%	67.19%	57.50%	44.42%	N/A
กลุ่มของ 2 เส้นทางวงรอบเปิด					
- จำนวน	24	42	70	110	N/A
- สัดส่วน	20.00%	26.25%	35.00%	42.31%	N/A
กลุ่มของ 3 เส้นทางวงรอบเปิด					
- จำนวน	3	7	10	23	N/A
- สัดส่วน	3.75%	6.56%	7.50%	13.27%	N/A

หมายเหตุ: N/A แสดงถึงการหาค่าผลลัพธ์ไม่ได้เนื่องจากหน่อยความจำไม่เพียงพอ

ตารางที่ 5.20 สัดส่วนของลักษณะกลุ่มเส้นทางการขนส่งที่ถูกเลือกของปัญหาชุด 5q

ชุดปัญหาที่	**A-5q**	**B-5q**	**C-5q**	**D-5q**	**E-5q**
จำนวนเส้นทาง	**240**	**320**	**400**	**520**	**640**
เส้นทางเดี่ยว					
- จำนวน	183	215	229	231	188
- สัดส่วน	76.25%	67.19%	57.25%	44.42%	29.38%
กลุ่มของ 2 เส้นทางวงรอบเปิด					
- จำนวน	24	42	72	110	184
- สัดส่วน	20.00%	26.25%	36.00%	42.31%	57.50%
กลุ่มของ 3 เส้นทางวงรอบเปิด					
- จำนวน	3	7	9	23	28
- สัดส่วน	3.75%	6.56%	6.75%	13.27%	13.13%

ตารางที่ 5.21 สัดส่วนของลักษณะกลุ่มเส้นทางการขนส่งที่ถูกเลือกของปัญหาชุด 8q

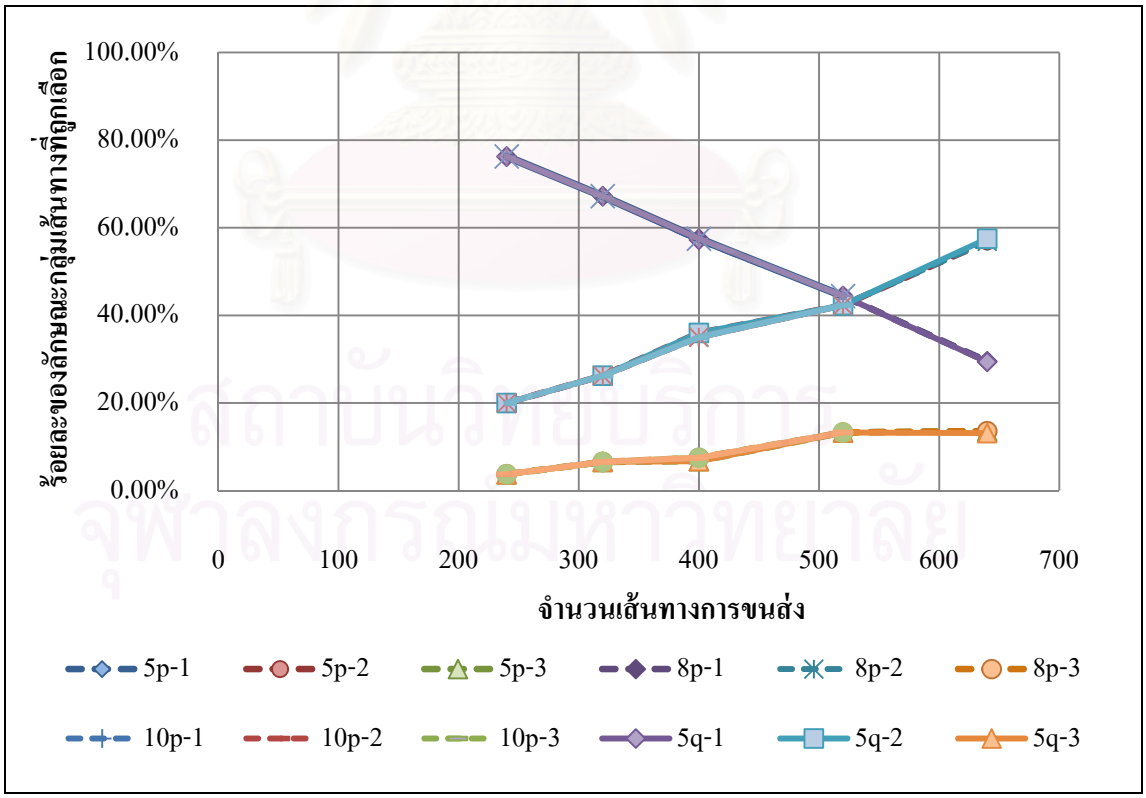
ชุดปัญหาที่	**A-8q**	**B-8q**	**C-8q**	**D-8q**	**E-8q**
จำนวนเส้นทาง	**240**	**320**	**400**	**520**	**640**
เส้นทางเดี่ยว					
- จำนวน	183	215	230	231	N/A
- สัดส่วน	76.25%	67.19%	57.50%	44.42%	N/A
กลุ่มของ 2 เส้นทางวงรอบเปิด					
- จำนวน	24	42	70	110	N/A
- สัดส่วน	20.00%	26.25%	35.00%	42.31%	N/A
กลุ่มของ 3 เส้นทางวงรอบเปิด					
- จำนวน	3	7	10	23	N/A
- สัดส่วน	3.75%	6.56%	7.50%	13.27%	N/A

หมายเหตุ: N/A แสดงถึงการหาค่าผลลัพธ์ไม่ได้เนื่องจากหน่อยความจำไม่เพียงพอ

ตารางที่ 5.22 สัดส่วนของลักษณะกลุ่มเส้นทางการขนส่งที่ถูกเลือกของปัญหาชุด 10q

ชุดปัญหาที่	**A-10q**	**B-10q**	**C-10q**	**D-10q**	**E-10q**
จำนวนเส้นทาง	**240**	**320**	**400**	**520**	**640**
เส้นทางเดี่ยว					
- จำนวน	183	215	230	231	N/A
- สัดส่วน	76.25%	67.19%	57.50%	44.42%	N/A
กลุ่มของ 2 เส้นทางวงรอบเปิด					
- จำนวน	24	42	70	110	N/A
- สัดส่วน	20.00%	26.25%	35.00%	42.31%	N/A
กลุ่มของ 3 เส้นทางวงรอบเปิด					
- จำนวน	3	7	10	23	N/A
- สัดส่วน	3.75%	6.56%	7.50%	13.27%	N/A

หมายเหตุ: N/A แสดงถึงการหาค่าผลลัพธ์ไม่ได้เนื่องจากหน่อยความจำไม่เพียงพอ



รูปที่ 5.10 ความสัมพันธ์ของสัดส่วนของลักษณะกลุ่มเส้นทางแต่ละลักษณะ
กับจำนวนเส้นทางการขนส่งของข้อมูลชุดต่างๆ

หากพิจารณาความสัมพันธ์เปรียบเทียบสัดส่วนของลักษณะกลุ่มเส้นทางแต่ละลักษณะกับจำนวนเส้นทางการขนส่ง จะเป็นดังรูปที่ 5.10 ซึ่งจะเห็นได้ว่า สัดส่วนของจำนวนเส้นทางเดี่ยวมีอัตราการเพิ่มขึ้นที่ต่ำลงและมีแนวโน้มคงที่เมื่อจำนวนเส้นทางการขนส่งเพิ่มขึ้น ในขณะที่สัดส่วนของจำนวนกลุ่มเส้นทางทั้งแบบ 2 เส้นทาง และ 3 เส้นทาง มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น จึงอาจกล่าวได้ว่า การมีความร่วมมือกันของผู้ว่าจ้างการขนส่งหลายราย มีแนวโน้มทำให้ระยะทางเดินรถเที่ยวเปล่าโดยรวมของทั้งระบบลดลงได้

5.3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มเส้นทางการขนส่งที่เป็นไปได้กับกลุ่มเส้นทางการขนส่งที่ถูกเลือกจากการแก้ปัญหาโดยแบบจำลอง CSM

ในส่วนนี้ จะเป็นการพิจารณาความสัมพันธ์กันระหว่างจำนวนตัวแปรทั้งหมดที่เป็นไปได้ของรูปแบบการจัดกลุ่มเส้นทางการขนส่งเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งด้วยการประมูลเชิงกลุ่ม ตารางที่ 5.23 แสดงจำนวนตัวแปรที่เป็นไปได้ทั้งหมดของการจัดกลุ่มเส้นทางการขนส่งแต่ละแบบ ซึ่งจะเห็นได้ว่า จำนวนกลุ่มของเส้นทางการขนส่งที่เป็นวงรอบปิดนั้นมีจำนวนน้อยมาก เมื่อเทียบกับจำนวนกลุ่มของเส้นทางการขนส่งที่เป็นวงรอบเปิด ทั้งนี้เนื่องจากโครงข่ายการขนส่งที่พิจารณาในงานวิจัยนี้ เป็นโครงข่ายการกระจายสินค้า ดังนั้น กลุ่มของเส้นทางที่เป็นวงรอบปิดจะเกิดขึ้นได้ต่อเมื่อมีเส้นทางการขนส่งสินค้าระหว่างจุดกระจายสินค้าเท่านั้น ซึ่งถือว่าเป็นจำนวนที่ไม่มาก ตารางที่ 5.24 แสดงจำนวนตัวแปรที่เป็นไปได้ทั้งหมดเป็นค่าร้อยละเปรียบเทียบกับจำนวนเส้นทางการขนส่งรวมของระบบ

ตารางที่ 5.23 จำนวนกลุ่มเส้นทางที่เป็นไปได้แบ่งตามลักษณะ

ชุดปัญหาที่	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**
จำนวนผู้ว่าจ้างการขนส่ง	6	8	10	13	16
เส้นทางเดี่ยว	240	320	400	520	640
กลุ่ม 2 เส้นทางวงรอบปิด	15	28	45	78	120
กลุ่ม 2 เส้นทางวงรอบเปิด	1,170	2,184	3,510	6,084	9,360
กลุ่ม 3 เส้นทางวงรอบปิด	40	112	240	572	1,120
กลุ่ม 3 เส้นทางวงรอบเปิด	5,850	13,104	28,080	66,924	131,040

ตารางที่ 5.24 สัดส่วนจำนวนตัวแปรที่เป็นไปได้ทั้งหมดเปรียบเทียบกับจำนวนเส้นทางการขนส่งของระบบ

ชุดปัญหาที่	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**
จำนวนผู้ว่าจ้างการขนส่ง	6	8	10	13	16
เส้นทางเดี่ยว	100%	100%	100%	100%	100%
กลุ่ม 2 เส้นทางวงรอบปิด	6%	9%	11%	15%	19%
กลุ่ม 2 เส้นทางวงรอบเปิด	488%	683%	878%	1,170%	1,463%
กลุ่ม 3 เส้นทางวงรอบปิด	17%	35%	60%	110%	175%
กลุ่ม 3 เส้นทางวงรอบเปิด	2,438%	4,095%	7,020%	12,870%	20,475%

ตารางที่ 5.25 จำนวนตัวแปรที่เป็นผลลัพธ์จากการแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นคิดเป็นร้อยละโดยเฉลี่ยของจำนวนเส้นทางการขนส่งของระบบ

ชุดปัญหาที่	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
เส้นทางเดี่ยว	45.75%	53.75%	57.42%	48.70%	57.25%
กลุ่ม 2 เส้นทางวงรอบปิด	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
กลุ่ม 2 เส้นทางวงรอบเปิด	12.00%	21.00%	35.33%	40.21%	57.08%
กลุ่ม 3 เส้นทางวงรอบปิด	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
กลุ่ม 3 เส้นทางวงรอบเปิด	2.25%	5.25%	7.25%	7.25%	13.44%

จากตารางที่ 5.23 ซึ่งแสดงจำนวนกลุ่มเส้นทางที่เป็นไปได้แบ่งตามลักษณะ จะเห็นได้ว่าจำนวนกลุ่มของเส้นทางลักษณะวงรอบปิดมีน้อยกว่าจำนวนกลุ่มของเส้นทางลักษณะวงรอบเปิดอยู่มาก โดยอาจพิจารณาจากสัดส่วนจำนวนตัวแปรที่เป็นไปได้ทั้งหมดเปรียบเทียบกับจำนวนเส้นทางการขนส่งของระบบตามตารางที่ 5.24 และเมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น จำนวนลักษณะกลุ่มของเส้นทางที่เป็นไปได้นั้นมีมากขึ้นตามไปด้วย โดยเป็นการเพิ่มขึ้นแบบเอ็กโปเนนเชียล

ตารางที่ 5.25 แสดงจำนวนตัวแปรที่เป็นผลลัพธ์จากการแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น โดยคิดเป็นร้อยละของจำนวนเส้นทางการขนส่งของระบบ ซึ่งจะเป็นได้ว่าลักษณะกลุ่มของเส้นทางการขนส่งที่ได้รับเลือกส่วนใหญ่จะเป็นแบบเส้นทางเดี่ยว รองลงมาเป็นกลุ่มของเส้นทาง 2 เส้นทางที่มีลักษณะเป็นวงรอบเปิด และกลุ่มของเส้นทาง 3 เส้นทางที่ลักษณะเป็นวงรอบเปิด ตามลำดับ ทั้งนี้ ไม่มีชุดข้อมูลใดเลยที่มีกลุ่มเส้นทางที่ผลลัพธ์มีลักษณะเป็นวงรอบปิด

จากตารางที่ 5.24 และตารางที่ 5.25 จะเห็นได้ว่าจำนวนตัวแปรแต่ละรูปแบบของกลุ่มเส้นทางการขนส่งที่เป็นไปได้ทั้งหมดนั้น ไม่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับตัวแปรที่เป็นผลลัพธ์จากการแก้ปัญหาด้วยแบบจำลอง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะกลุ่มของเส้นทางที่ไม่ซ้ำกันและสามารถจัดเป็นกลุ่มเส้นทางที่จะใช้ในแบบจำลองเพื่อแก้ไขปัญหา

5.4 ผลจากลักษณะการรวมกลุ่มของผู้ว่าจ้างการขนส่งต่อผลลัพธ์จากการแก้ปัญหา

เนื่องจากมีความร่วมมือกันของผู้ว่าจ้างการขนส่งหลายราย จึงได้พิจารณาถึงผลจากลักษณะการรวมกลุ่มของผู้ว่าจ้างการขนส่งดังกล่าว โดยพิจารณาเปรียบเทียบกรณีการรวมกลุ่มของผู้ว่าจ้างการขนส่งที่กระจายอยู่ทั่วประเทศกับกรณีที่เป็นการรวมกลุ่มของผู้ว่าจ้างการขนส่งภายในภูมิภาค สำหรับกรณีการรวมกลุ่มของผู้ว่าจ้างการขนส่งที่กระจายอยู่ทั่วประเทศ มีการกระจายของจำนวนผู้ว่าจ้างการขนส่งแต่ละภูมิภาคดังตารางที่ 5.26 ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีการกระจายที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ

สำหรับการวิเคราะห์ในประเด็นนี้ ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลย่อยจำนวน 3 ชุด ได้แก่

1. ข้อมูลชุด B-5p ซึ่งมีจำนวนเส้นทางทั้งหมด 320 เส้นทาง และมีจำนวนผู้ว่าจ้างการขนส่งในระบบ 8 ราย
2. ข้อมูลชุด C-5p ซึ่งมีจำนวนเส้นทางทั้งหมด 400 เส้นทาง และมีจำนวนผู้ว่าจ้างการขนส่งในระบบ 10 ราย
3. ข้อมูลชุด D-5p ซึ่งมีจำนวนเส้นทางทั้งหมด 520 เส้นทาง และมีจำนวนผู้ว่าจ้างการขนส่งในระบบ 13 ราย

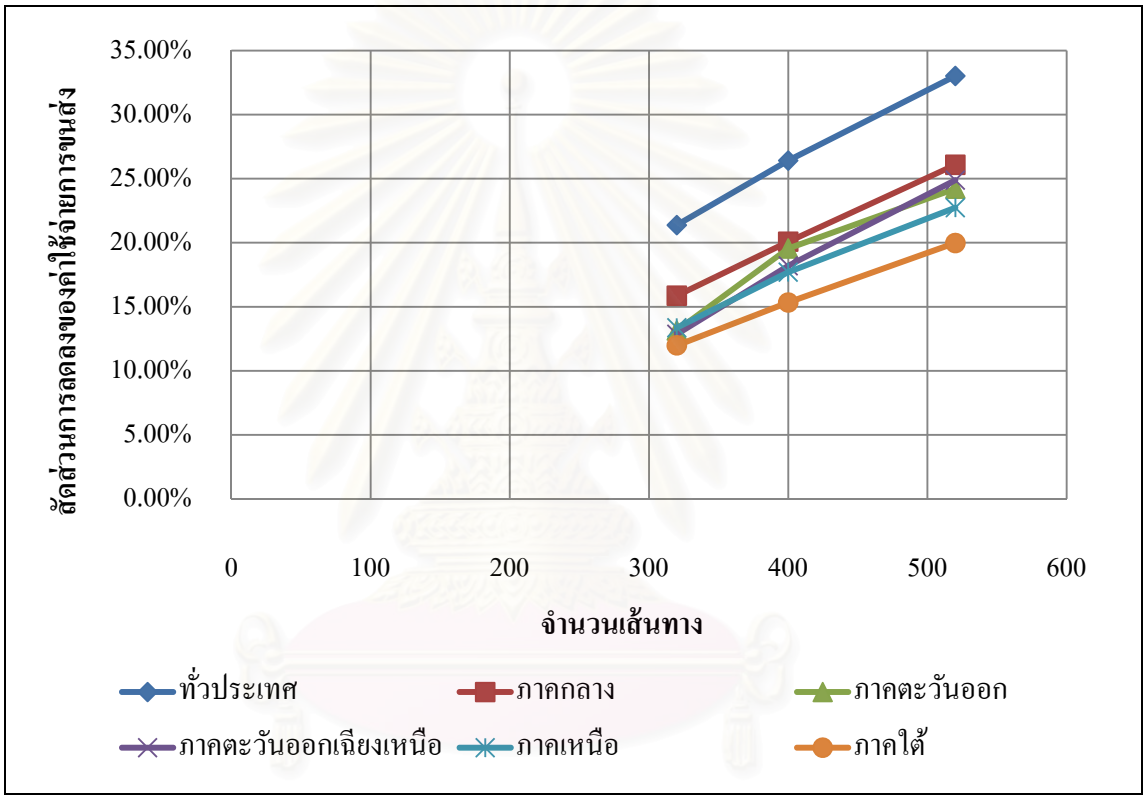
ตารางที่ 5.26 การกระจายตัวของตำแหน่งของผู้ว่าจ้างขนส่งของข้อมูลหลักแต่ละชุด

ชุดข้อมูลที่	**B**	**C**	**D**
จำนวนผู้ว่าจ้างในระบบ	**8**	**10**	**13**
จำนวนผู้ว่าจ้างในแต่ละภูมิภาค			
- ภาคกลาง	2	2	3
- ภาคตะวันออก	1	2	3
- ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	2	2	3
- ภาคเหนือ	2	2	2
- ภาคใต้	1	2	2

ตารางที่ 5.27 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการขนส่งของโครงข่ายที่มีลักษณะการรวมกลุ่มของผู้ว่าจ้างการขนส่งที่แตกต่างกัน

ชุดข้อมูล	**B**	**C**	**D**
จำนวนเส้นทาง	**320**	**400**	**520**
จำนวนผู้ว่าจ้างในระบบ	**8**	**10**	**13**
กลุ่มผู้ว่าจ้างทั่วประเทศ			
ไม่มีความร่วมมือ	3,842.85	4,672.78	5,905.10
มีความร่วมมือ	3,021.58	3,438.52	3,955.06
สัดส่วนการลดลง	21.37%	26.41%	33.02%
กลุ่มผู้ว่าจ้างภายในภูมิภาค			
- ภาคกลาง			
ไม่มีความร่วมมือ	2,551.44	3,094.63	4,034.41
มีความร่วมมือ	2,146.78	2,463.64	3,046.79
สัดส่วนการลดลง	15.86%	20.39%	24.48%
- ภาคตะวันออก			
ไม่มีความร่วมมือ	2,954.55	3,871.81	4,696.77
มีความร่วมมือ	2,566.03	3,114.87	3,559.21
สัดส่วนการลดลง	13.15%	19.55%	24.22%
- ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ			
ไม่มีความร่วมมือ	3,900.99	4,840.61	5,997.55
มีความร่วมมือ	3,399.71	3,908.79	4,583.32
สัดส่วนการลดลง	12.85%	19.25%	23.58%
- ภาคเหนือ			
ไม่มีความร่วมมือ	4,663.25	5,831.89	6,751.24
มีความร่วมมือ	4,040.24	4,749.49	5,216.01
สัดส่วนการลดลง	13.36%	18.56%	22.74%
- ภาคใต้			
ไม่มีความร่วมมือ	6,465.68	7,592.38	8,842.36
มีความร่วมมือ	5,691.09	6,262.19	7,075.65
สัดส่วนการลดลง	11.98%	17.52%	19.98%

ตารางที่ 5.27 แสดงค่าใช้จ่ายในการขนส่งเปรียบเทียบกรณีที่มีลักษณะการรวมกลุ่มของผู้ว่าจ้างการขนส่งที่แตกต่างกัน โดยจะพบว่ากรณีการรวมกลุ่มของผู้ว่าจ้างที่กระจายอยู่ทั่วประเทศมีสัดส่วนค่าใช้จ่ายที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่งสูงกว่ากรณีการรวมกลุ่มของผู้ว่าจ้างการขนส่งภายในภูมิภาค ทั้งนี้ สัดส่วนดังกล่าวที่เป็นผลลัพธ์ของโครงข่ายที่เกิดจากการรวมกลุ่มของผู้ว่าจ้างการขนส่งในแต่ภูมิภาคมีแนวโน้มคล้ายกัน และมีค่าใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 5.11



รูปที่ 5.11 ความสัมพันธ์ของสัดส่วนค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่ลดลง
กับจำนวนเส้นทางการขนส่ง

หากพิจารณาระยะทางเดินรถเที่ยวเปล่าของโครงข่ายการขนส่งที่เป็นผลมาจากการมีลักษณะการรวมกลุ่มของผู้ว่าจ้างการขนส่งที่แตกต่างกันนั้น จะได้ผลลัพธ์ตามตารางที่ 5.28 และรูปที่ 5.12 ซึ่งพบว่าผลลัพธ์ที่ได้มีลักษณะคล้ายคลึงกับผลลัพธ์ที่เป็นค่าใช้จ่ายในการขนส่ง กล่าวคือ กรณีที่ ผู้ว่าจ้างการขนส่งรวมกลุ่มกันภายในภูมิภาค สัดส่วนการลดลงของระยะทางรวมของกลุ่มของเส้นทางหนึ่งๆ ที่เป็นผลลัพธ์จากโครงข่ายการขนส่งดังกล่าวจะมีค่าน้อยกว่าสัดส่วนการลดลงที่ได้จากการ โครงข่ายที่ผู้ว่าจ้างการขนส่งรวมกลุ่มกันทั่วประเทศ แต่มีลักษณะแนวโน้มที่เหมือนกันเมื่อเพิ่มขนาดของปัญหา คือ เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น สัดส่วนการลดลงของระยะทาง

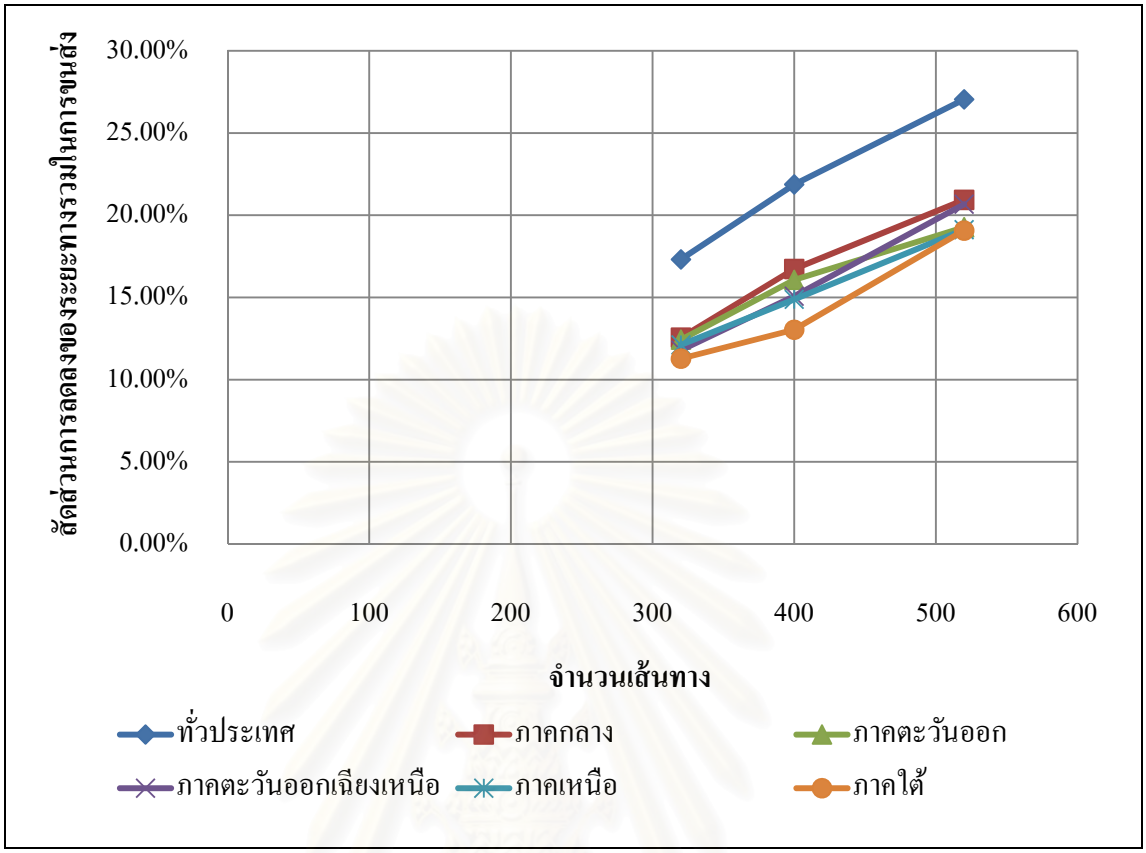
รวมในการขนส่งจะมีค่าสูงขึ้นด้วย ดังแสดงในรูปที่ 5.12 โดยการรวมกลุ่มในภาคใต้มีสัดส่วนการลดลงที่ต่ำที่สุด เนื่องจากลักษณะทางภูมิศาสตร์ของภาคใต้ที่มีลักษณะยาว เรียว และตำแหน่งที่อยู่ห่างจากจุดส่งสินค้าในภาคอื่นๆ มาก

ตารางที่ 5.28 เปรียบเทียบระยะทางเดินรถเที่ยวเปล่าของโครงข่ายที่มีลักษณะการรวมกลุ่มของผู้ว่าจ้างการขนส่งที่แตกต่างกัน

ชุดข้อมูลที่	**B**	**C**	**D**
จำนวนเส้นทาง	**320**	**400**	**520**
จำนวนผู้ว่าจ้างการขนส่งในระบบ	**8**	**10**	**13**
กลุ่มผู้ว่าจ้างการขนส่งทั่วประเทศ			
ไม่มีความร่วมมือ	235,759	289,242	366,698
มีความร่วมมือ	154,134	162,728	168,366
สัดส่วนการลดลงของเที่ยวเปล่า	34.62%	43.74%	54.09%
สัดส่วนการลดลงของระยะทางรวม	17.31%	21.87%	27.04%
กลุ่มผู้ว่าจ้างการขนส่งภายในภูมิภาค			
- ภาคกลาง			
ไม่มีความร่วมมือ	139,322	170,927	244,717
มีความร่วมมือ	104,338	113,735	142,244
สัดส่วนการลดลงของเที่ยวเปล่า	25.11%	33.46%	41.87%
สัดส่วนการลดลงของระยะทางรวม	12.56%	16.73%	20.94%
- ภาคตะวันออก			
ไม่มีความร่วมมือ	148,293	209,374	312,347
มีความร่วมมือ	111,427	142,081	191,968
สัดส่วนการลดลงของเที่ยวเปล่า	24.86%	32.14%	38.54%
สัดส่วนการลดลงของระยะทางรวม	12.43%	16.07%	19.27%

ชุดข้อมูลที่	B	C	D
จำนวนเส้นทาง	320	400	520
จำนวนผู้ว่าจ้างการขนส่งในระบบ	8	10	13
- ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ			
ไม่มีความร่วมมือ	139,322	262,650	328,748
มีความร่วมมือ	106,497	183,482	192,816
สัดส่วนการลดลงของเที่ยวเปล่า	23.56%	30.14%	41.35%
สัดส่วนการลดลงของระยะทางรวม	11.78%	15.07%	20.67%
- ภาคเหนือ			
ไม่มีความร่วมมือ	178,923	307,729	389,210
มีความร่วมมือ	135,570	216,122	240,337
สัดส่วนการลดลงของเที่ยวเปล่า	24.23%	29.77%	38.25%
สัดส่วนการลดลงของระยะทางรวม	12.12%	14.88%	19.13%
- ภาคใต้			
ไม่มีความร่วมมือ	219,234	385,021	422,154
มีความร่วมมือ	169,775	284,617	261,144
สัดส่วนการลดลงของเที่ยวเปล่า	22.56%	26.08%	38.14%
สัดส่วนการลดลงของระยะทางรวม	11.28%	13.04%	19.07%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.12 ความสัมพันธ์ของสัดส่วนระยะทางในการขนส่งรวมที่ลดลงกับจำนวนเส้นทาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษาและแนวทางการพัฒนาในอนาคต

6.1 สรุป

สภาพเศรษฐกิจปัจจุบัน ผลักดันให้ผู้ประกอบการแต่ละรายหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานเพื่อช่วยให้สามารถลดต้นทุนและรักษาระดับความสามารถในการแข่งขันต่อไป การขนส่งถือเป็นปัจจัยหลักปัจจัยหนึ่งของผู้ประกอบการหลายราย และเป็นปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงต่อต้นทุนการดำเนินงาน งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งสินค้าโดยการประมูลเชิงกลุ่มที่มีผู้ว่าจ้างการขนส่งหลายราย ซึ่งเป็นรูปแบบการประมูลที่บริษัทผู้ผลิตสินค้าใช้เพื่อคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งสินค้า โดยเปิดโอกาสให้ผู้ให้บริการขนส่งเลือกเส้นทางหรือกลุ่มของเส้นทางที่เหมาะสมกับโครงข่ายการขนส่งสินค้าของตนเองได้ และวิเคราะห์ถึงผลกระทบที่เกิดจากการร่วมมือกันของผู้ว่าจ้างการขนส่งในการคัดเลือกให้บริการขนส่งในการจัดหาผู้ให้บริการขนส่งสินค้าแบบเต็มคัน

แบบจำลองการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งสินค้าด้วยการประมูลเชิงกลุ่มได้ถูกพัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ ซึ่งแบบจำลองดังกล่าว มีพื้นฐานมาจากแบบจำลองการแบ่งเซต โดยผู้วิจัยได้พัฒนาวิธีการแก้ปัญหาเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดขึ้น โดยใช้การแก้ปัญหาแบบ

แบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้น ถูกทำการทดสอบด้วยข้อมูล 5 ชุดหลัก ซึ่งเป็นโครงข่ายการขนส่งที่มีจุดกระจายสินค้าทั่วประเทศ จำนวน 15 ชุดย่อย โดยมีความแตกต่างกันในด้านของขนาดของปัญหา ซึ่งเกิดจากจำนวนเส้นทาง จำนวนผู้ว่าจ้างการขนส่ง และจำนวนผู้ให้บริการขนส่งในระบบ นอกจากนี้ ยังได้แบ่งการแก้ปัญหาเป็น 2 สถานการณ์ โดยมีความแตกต่างกันที่ความจำกัดของเงื่อนไขบังคับ ข้อมูลที่นำมาใช้ในการทดสอบแบบจำลองดังกล่าว เป็นข้อมูลที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นโดยมีพื้นฐานมาจากข้อมูลโครงข่ายการขนส่งสินค้าของบริษัทผู้ผลิตสินค้าตัวอย่างและเป็นโครงข่ายการขนส่งที่มีจุดกระจายสินค้าภายในภูมิภาค จำนวน 15 ชุดย่อย โดยมีลักษณะการรวมกลุ่ม และขนาดของโครงข่ายการขนส่งที่แตกต่างกัน

ผลลัพธ์จากการแก้ปัญหาเพื่อหาค่าคำตอบซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่ต่ำที่สุดของระบบ ของข้อมูลชุดต่างๆ ข้างต้น ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ในประเด็นต่างๆ อาทิ ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่าที่เกิดขึ้น ระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองและแก้ปัญหาเพื่อหา

ผลลัพธ์และคุณลักษณะของผลลัพธ์ และความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มเส้นทางการขนส่งที่เป็นไปได้กับกลุ่มเส้นทางการขนส่งที่ถูกเลือกจากการแก้ปัญหาโดยแบบจำลอง CSM ซึ่งการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา สามารถแบ่งเป็น 2 ส่วน และได้ข้อสรุปดังนี้

<u>ส่วนที่ 1</u> ผลจากการมีความร่วมมือระหว่างผู้ว่าจ้างการขนส่งและผลจากการมีการแข่งขันกันระหว่างผู้ให้บริการขนส่งให้บริการขนส่ง

1. ผลจากการเพิ่มจำนวนผู้ว่าจ้างการขนส่ง
    - จำนวนตัวแปรและระยะเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้นแบบเอ็กโปเนนเชียล
    - สัดส่วนการลดลงของระยะทางการเดินรถรวมและระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่ามีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างเป็นเส้นตรง
    - สัดส่วนของจำนวนชุดการประมูลแบบที่เป็นกลุ่มของเส้นทางที่ได้รับการคัดเลือกมีแนวโน้มสูงขึ้น

2. ผลจากการเพิ่มจำนวนผู้ให้บริการขนส่ง
    - จำนวนตัวแปรและระยะเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้นอย่างเป็นเส้นตรง
    - สัดส่วนการลดลงของระยะทางการเดินรถรวมและระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่ามีการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นเล็กน้อย โดยยังคงมีแนวโน้มในลักษณะเดิม

<u>ส่วนที่ 2</u> ผลจากลักษณะการรวมกลุ่มของผู้ว่าจ้างการขนส่งที่แตกต่างกัน

จากการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้แบบจำลองในการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งสำหรับโครงข่ายการขนส่งที่มีลักษณะการรวมกลุ่มของผู้ว่าจ้างการขนส่งที่แตกต่างกัน กล่าวคือ เป็นการรวมกลุ่มที่ผู้ว่าจ้างการขนส่งมีตำแหน่งกระจายอยู่ทั่วประเทศ และการรวมกลุ่มของผู้ว่าจ้างการขนส่งที่อยู่ในภูมิภาคเดียวกัน พบว่าสัดส่วนของระยะทางรวมในการขนส่งและระยะทางการเดินรถเที่ยวเปล่าที่ลดลงกรณีที่เป็นโครงข่ายการขนส่งที่ผู้ว่าจ้างการขนส่งมีตำแหน่งกระจายอยู่ทั่วประเทศ มีค่าสูงกว่ากรณีที่เป็นการรวมกลุ่มของผู้ว่าจ้างการขนส่งที่อยู่ในภูมิภาคเดียวกัน

6.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยในอนาคต

ยังมีแนวทางในการศึกษาวิจัยอีกมากที่สามารถนำเอางานวิจัยนี้ไปพัฒนาต่อเนื่องได้ โดยมีประเด็นสำคัญต่างๆ ต่อไปนี้

6.2.1 การพัฒนาวิธีการจัดกลุ่มของเส้นทางการขนส่ง

เมื่อมีเส้นทางการขนส่งมากขึ้น ทำให้การจัดกลุ่มเส้นทางการขนส่งดังกล่าวเป็นไปได้หลากหลายวิธีมาก การศึกษาวิจัยเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการจัดกลุ่มเส้นทางการขนส่งดังกล่าว จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งด้วยการประมูลเชิงกลุ่มได้

6.2.2 การพัฒนาการกำหนดราคาประมูล

เนื่องจากงานวิจัยนี้ ใช้ราคาประมูลที่ผู้วิจัยเป็นผู้กำหนดขึ้นมาเอง อาจทำให้ไม่สะท้อนถึงความเป็นจริงของการประมูลเชิงกลุ่มอย่างสมบูรณ์ ดังนั้น จึงสมควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมถึงการกำหนดราคาที่เหมาะสมสำหรับการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งสินค้าด้วยการประมูลเชิงกลุ่ม

6.2.3 การพัฒนาเทคนิคการกำเนิดสดมภ์

การใช้เทคนิคการกำเนิดสดมภ์ช่วยในการแก้ปัญหานั้นสามารถทำได้หลากหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีก็มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป การศึกษาวิจัยถึงเทคนิควิธีการกำเนิดสดมภ์ที่เหมาะสมกับปัญหาการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งด้วยการประมูลเชิงกลุ่ม จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาดังกล่าวได้

6.2.4 การพัฒนาขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกส์

ถึงแม้ขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกส์ จะไม่ได้ให้ผลลัพธ์ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดที่แท้จริง แต่ก็มักจะได้ค่าผลลัพธ์ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในทางปฏิบัติ อีกทั้งการแก้ปัญหารูปแบบนี้ ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือช่วยในการแก้ปัญหาซึ่งมักมีราคาสูง ดังที่กล่าวในบทที่ 1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

Andersson, A. M., and Ygge, T. F. 2000. Integer Programming for Combinatorial Auction Winner Determination, Proceedings of the Fourth International Conference on MultiAgent Systems 1: 39–46.

Bowersox, D. J., Calabro, P. J., and Wagenheim, G. D. 1981. Introduction to Transportation. New York: McMillan.

Caplice, C. G. 1996. An Optimization Based Bidding Process: A New Framework for Shipper-Carrier Relationships. Ph.D. Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology.

Caplice, C. G., and Sheffi, Y. 2003. Optimization-Based Procurement for Transportation Services, Journal of Business Logistics 24: 109–128.

Chen, X. 2003. Transportation Service Procurement Using Combinatorial Auction. M.Eng. Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology.

Cramton, P., Shoham, Y., and Steinberg, R. 2007. An Overview of Combinatorial Auctions, ACM SIGecom Exchanges 7: 3–14.

Ergun O., Kuyzu, G., and Savelsbergh, M.W.P. 2007. Reducing Truckload Transportation Costs through Collaboration, Transportation Science. 41(2): 206–221.

Ferrell, C. 2008. The 12 Best Practices of Freight Bidding[Online]. Available from: http://www.tompkinsinc.com/publications/competitive_edge/articles/1007freightbids.asp [2008, Aug 25]

Guo, Y., Lim, A., Zhu, Y., and Rodrigues, B. 2003. Transportation Bid Analysis Optimization with Shipper Input, Proceedings of the 15th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence 1: 290–294.

Hoffman, K., and Padberg, M. 2000. Set Covering, Packing and Partitioning Problems[Online]. Available from: http://iris.gmu.edu/~khoffman/papers/set_covering.html[2008, Jun 19]

ILOG, Inc. 2008. ILOG CPLEX Callable Library C API 11.2 Reference Manual.

Koboldt, C., Maldoom, D., and Marsden, R. 2003. The First Combinatorial Spectrum Auction: Lessons from the Nigerian Auction of Fixed Wireless Access Licences, DotEcon Discussion Papers 3(1): 1–34.

Lambert, D.M., Stock, J.R., and Ellram, L.M. 1993. Fundamental of Logistics Management. First European Edition. London: McGraw-Hill.

Nisan, N. 2000. Bidding and Allocation in Combinatorial Auctions, In Proceedings of the 2nd ACM Conference on Electronic Commerce 1: 1–12.

Norden, L., Nunen, J., and Velde, S. 2006. A Winner Determination Problem of Tendering Transportation Services, Zeitschrift Fur Betriebswirtschaft 76: 125–137.

Rassenti S. J., Smith V. L., and Bulfin, R. L. 1982. A Combinatorial Auction Mechanism for Airport Time Slot Allocation, The Bell Journal of Economics 13(2): 402–417.

Parker, M., and Ryan, J. 1994. A Column Generation Algorithm for Bandwidth Packing, Telecommunications Systems 2: 185–196.

Parkes, D. C., and Sandholm, T. 2005. Optimize and Dispatch Architecture for Expressive Ad Auctions, Workshop on Sponsored Search Auction.

Rothkopf, M. H., Pekec, A., and Harstad, R. M. 1998. Computationally Manageable Combinatorial Auctions, Management Science 44: 1131–1147.

Sandholm, T. 2002. Algorithm for Optimal Winner Determination in Combinatorial Auctions, Artificial Intelligence 135: 1–54.

Sheffi, Y. 2004. Combinatorial Auctions in the Procurement of Transportation Services, Interfaces 34(4): 245–252.

Yadati, C., Oliveira A. S. C., and Pardalos M. P. 2006. An Approximate Winner Determination Algorithm for Hybrid Procurement Mechanisms in Logistics, Optimisation, Econometric and Financial Analysis 9: 51–66.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 ผลลัพธ์จากการแก้ปัญหาชุด A

ชุดปัญหาที่	**A-5p**	**A-8p**	**A-10p**	**A-5q**	**A-8q**	**A-10q**
จำนวนเส้นทาง	240	240	240	240	240	240
จำนวนผู้ว่าจ้างการขนส่ง	6	6	6	6	6	6
จำนวนผู้ให้บริการขนส่ง	5	8	10	5	8	10
ประเภทเงื่อนไข	p	p	p	q	q	q
ผลลัพธ์						
ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง (พันบาท)	2,322.18	2,318.82	2,296.16	2,297.57	2,291.30	2,286.16
ความต่างจากค่าที่เหมาะสมที่สุด	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
ระยะทางรวม	271,666	270,842	269,760	271,666	267,234	265,900
ระยะทางเที่ยวเปล่าในวงรอบ	106,374	106,374	106,374	106,374	106,374	106,374
ระยะทางเที่ยวเปล่ารวม	126,278	125,454	124,372	126,278	121,846	120,512
เส้นทางเดี่ยว						
- จำนวน	183	183	183	183	183	183
- ร้อยละ	76.25%	76.25%	76.25%	76.25%	76.25%	76.25%
กลุ่ม 2 เส้นทางวงรอบปิด						
- จำนวน	0	0	0	0	0	0
- ร้อยละ	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
กลุ่ม 2 เส้นทางวงรอบเปิด						
- จำนวน	24	24	24	24	24	24
- ร้อยละ	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%
กลุ่ม 3 เส้นทางวงรอบปิด						
- จำนวน	0	0	0	0	0	0
- ร้อยละ	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
กลุ่ม 3 เส้นทางวงรอบเปิด						
- จำนวน	3	3	3	3	3	3
- ร้อยละ	3.75%	3.75%	3.75%	3.75%	3.75%	3.75%
ระยะเวลาที่ใช้						
การสร้างเมตริกซ์ (วินาที)	0.64	1.00	1.23	0.67	1.00	1.23
การแก้ปัญหา (วินาที)	0.67	1.23	1.94	0.64	1.33	1.94

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2 ผลลัพธ์จากการแก้ปัญหาชุด B

ชุดปัญหาที่	**B-5p**	**B-8p**	**B-10p**	**B-5q**	**B-8q**	**B-10q**
จำนวนเส้นทาง	320	320	320	320	320	320
จำนวนผู้ว่าจ้างการขนส่ง	8	8	8	8	8	8
จำนวนผู้ให้บริการขนส่ง	5	8	10	5	8	10
ประเภทเงื่อนไข	p	p	p	q	q	q
ผลลัพธ์						
ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง (พันบาท)	3,021.58	3,020.90	3,018.59	2,975.99	2,997.78	2,992.17
ความต่างจากค่าที่เหมาะสมที่สุด	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.04%	0.00%
ระยะทางรวม	352,179	355,695	354,837	348,469	352,063	350,863
ระยะทางเที่ยวเปล่าในวงรอบ	128,002	127,996	127,996	128,002	127,996	127,996
ระยะทางเที่ยวเปล่ารวม	154,134	150,618	153,276	150,502	149,302	146,908
เส้นทางเดี่ยว						
- จำนวน	215	215	215	215	215	215
- ร้อยละ	67.19%	67.19%	67.19%	67.19%	67.19%	67.19%
กลุ่ม 2 เส้นทางวงรอบปิด						
- จำนวน	0	0	0	0	0	0
- ร้อยละ	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
กลุ่ม 2 เส้นทางวงรอบเปิด						
- จำนวน	42	42	42	42	42	42
- ร้อยละ	26.25%	26.25%	26.25%	26.25%	26.25%	26.25%
กลุ่ม 3 เส้นทางวงรอบปิด						
- จำนวน	0	0	0	0	0	0
- ร้อยละ	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
กลุ่ม 3 เส้นทางวงรอบเปิด						
- จำนวน	7	7	7	7	7	7
- ร้อยละ	6.56%	6.56%	6.56%	6.56%	6.56%	6.56%
ระยะเวลาที่ใช้						
การสร้างเมตริกซ์ (วินาที)	1.7	2.66	3.3	1.72	2.67	3.27
การแก้ปัญหา (วินาที)	2.03	3.77	4.48	1.97	3.17	3.84

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3 ผลลัพธ์จากการแก้ปัญหาชุด C

ชุดปัญหาที่	**C-5p**	**C-8p**	**C-10p**	**C-5q**	**C-8q**	**C-10q**
จำนวนเส้นทาง	400	400	400	400	400	400
จำนวนผู้ว่าจ้างการขนส่ง	10	10	10	10	10	10
จำนวนผู้ให้บริการขนส่ง	5	8	10	5	8	10
ประเภทเงื่อนไข	p	p	p	q	q	q
ผลลัพธ์						
ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง (พันบาท)	3,438.52	3,421.35	3,397.56	3,416.81	3,394.81	3,373.18
ความต่างจากค่าที่เหมาะสมที่สุด	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
ระยะทางรวม	405,844	401,751	401,751	400,780	404,217	404,217
ระยะทางเที่ยวเปล่าในวงรอบ	134,042	133,953	133,953	134,042	133,953	133,953
ระยะทางเที่ยวเปล่ารวม	162,728	164,593	162,571	157,664	161,101	160,256
เส้นทางเดี่ยว						
- จำนวน	229	230	230	229	230	230
- ร้อยละ	57.25%	57.50%	57.50%	57.25%	57.50%	57.50%
กลุ่ม 2 เส้นทางวงรอบปิด						
- จำนวน	0	0	0	0	0	0
- ร้อยละ	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
กลุ่ม 2 เส้นทางวงรอบเปิด						
- จำนวน	72	70	70	72	70	70
- ร้อยละ	36.00%	35.00%	35.00%	36.00%	35.00%	35.00%
กลุ่ม 3 เส้นทางวงรอบปิด						
- จำนวน	0	0	0	0	0	0
- ร้อยละ	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
กลุ่ม 3 เส้นทางวงรอบเปิด						
- จำนวน	9	10	10	9	10	10
- ร้อยละ	6.75%	7.50%	7.50%	6.75%	7.50%	7.50%
ระยะเวลาที่ใช้						
การสร้างเมตริกซ์ (วินาที)	3.70	5.70	7.09	3.70	5.72	7.05
การแก้ปัญหา (วินาที)	7.61	13.55	21.59	6.97	12.73	21.25

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 ผลลัพธ์จากการแก้ปัญหาชุด D

ชุดปัญหาที่	**D-5p**	**D-8p**	**D-10p**	**D-5q**	**D-8q**	**D-10q**
จำนวนเส้นทาง	520	520	520	520	520	520
จำนวนผู้ว่าจ้างการขนส่ง	13	13	13	13	13	13
จำนวนผู้ให้บริการขนส่ง	5	8	10	5	8	10
ประเภทเงื่อนไข	p	p	p	q	q	q
ผลลัพธ์						
ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง (พันบาท)	3955.06	3942.93	3929.98	3912.89	3899.03	3899.48
ความต่างจากค่าที่เหมาะสมที่สุด	0.05%	0.00%	0.03%	0.00%	0.00%	0.04%
ระยะทางรวม	475,682	471,989	470,987	464,111	465,048	467,746
ระยะทางเที่ยวเปล่าในวงรอบ	136,218	136,213	136,201	136,211	136,196	136,196
ระยะทางเที่ยวเปล่ารวม	168,366	164,673	163,671	156,795	157,732	160,430
เส้นทางเดี่ยว						
- จำนวน	231	230	229	231	230	230
- ร้อยละ	44.42%	44.23%	44.04%	44.42%	44.23%	44.23%
กลุ่ม 2 เส้นทางวงรอบปิด						
- จำนวน	0	0	0	0	0	0
- ร้อยละ	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
กลุ่ม 2 เส้นทางวงรอบเปิด						
- จำนวน	110	112	114	110	112	112
- ร้อยละ	42.31%	43.08%	43.85%	42.31%	43.08%	43.08%
กลุ่ม 3 เส้นทางวงรอบปิด						
- จำนวน	0	0	0	0	0	0
- ร้อยละ	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
กลุ่ม 3 เส้นทางวงรอบเปิด						
- จำนวน	23	22	21	23	22	22
- ร้อยละ	13.27%	12.69%	12.12%	13.27%	12.69%	12.69%
ระยะเวลาที่ใช้						
การสร้างเมตริกซ์ (วินาที)	9.17	14.28	17.67	9.17	14.25	17.67
การแก้ปัญหา (วินาที)	60.17	336.94	165.83	33.64	72.91	50.77

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 ผลลัพธ์จากการแก้ปัญหาชุด E

ชุดปัญหาที่	**E-5p**	**E-8p**	**E-10p**	**E-5q**	**E-8q**	**E-10q**
จำนวนเส้นทาง	640	640	640	640	640	640
จำนวนผู้ว่าจ้างการขนส่ง	16	16	16	16	16	16
จำนวนผู้ให้บริการขนส่ง	5	8	10	5	8	10
ประเภทเงื่อนไข	p	p	p	q	q	q
ผลลัพธ์						
ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง (พันบาท)	4,308.83	N/A	N/A	4,347.02	4,330.68	N/A
ความต่างจากค่าที่เหมาะสมที่สุด	0.00%	N/A	N/A	0.01%	0.01%	N/A
ระยะทางรวม	529,770	N/A	N/A	522,363	526,652	N/A
ระยะทางเที่ยวเปล่าในวงรอบ	113,095	N/A	N/A	113,138	113,095	N/A
ระยะทางเที่ยวเปล่ารวม	136,459	N/A	N/A	129,052	133,341	N/A
เส้นทางเดี่ยว						
- จำนวน	189	N/A	N/A	188	189	N/A
- ร้อยละ	29.53%	N/A	N/A	29.38%	29.53%	N/A
กลุ่ม 2 เส้นทางวงรอบปิด						
- จำนวน	0	N/A	N/A	0	0	N/A
- ร้อยละ	0.00%	N/A	N/A	0.00%	0.00%	N/A
กลุ่ม 2 เส้นทางวงรอบเปิด						
- จำนวน	182	N/A	N/A	184	182	N/A
- ร้อยละ	56.88%	N/A	N/A	57.50%	56.88%	N/A
กลุ่ม 3 เส้นทางวงรอบปิด						
- จำนวน	0	N/A	N/A	0	0	N/A
- ร้อยละ	0.00%	N/A	N/A	0.00%	0.00%	N/A
กลุ่ม 3 เส้นทางวงรอบเปิด						
- จำนวน	29	N/A	N/A	28	29	N/A
- ร้อยละ	13.59%	N/A	N/A	13.13%	13.59%	N/A
ระยะเวลาที่ใช้						
การสร้างเมตริกซ์ (วินาที)	19.05	29.80	N/A	19.06	29.78	N/A
การแก้ปัญหา (วินาที)	98.02	N/A	N/A	86.03	227	N/A

หมายเหตุ: N/A แสดงถึงการหาค่าผลลัพธ์ไม่ได้เนื่องจากหน่อยความจำไม่เพียงพอ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายธีรธรรม มีเทศน์ เป็นบุตรชายของนายสมยศ และนางสุพรรณี มีเทศน์ เกิดเมื่อวันที่ 23 ธันวาคม พ.ศ. 2527 ที่จังหวัดนครพนม ได้สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรมหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม และสำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2549 จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา (วิศวกรรมการขนส่ง) ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2550

ขณะศึกษาอยู่ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย บทความของผู้เขียนวิทยานิพนธ์ ได้ถูกตีพิมพ์ในเอกสารรวมการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 14 ดังนี้

นายธีรธรรม มีเทศน์, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มาโนช โลหเตปานนท์. 2552. แบบจำลองการคัดเลือกผู้ให้บริการขนส่งสินค้าโดยการประมูลเชิงกลุ่ม. เอกสารการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 14. นครราชสีมา.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย