ระบบคอมพิวเตอร์เพื่อการจัดสรรรถบรรทุก แบบพลวัตรภายใต้สภาวะความไม่แน่นอน

นางสาวปิยาพร โชตินันทกุล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# COMPUTERIZED SYSTEM FOR STOCHASTIC DYNAMIC TRUCK ALLOCATION

Miss Piyaporn Chotinantakul

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Civil Engineering

Department of Civil Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | ระบบคอมพิวเตอร์เพื่อการจัดสรรรถบรรทุกแบบพลวัตร ภายใต้สภาวะความไม่แน่นอน |
| โดย | นางสาวปิยาพร โชตินันทกุล |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมโยธา |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก | รองศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์ |

---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มาโนช โลหเตปานนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทอดศักดิ์ รองวิริยะพาณิช

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปิยาพรโชตินันทกุล : ระบบคอมพิวเตอร์เพื่อการจัดสรรรถบรรทุกแบบพลวัตรภายใต้สภาวะความไม่แน่นอน. (COMPUTERIZED SYSTEM FOR STOCHASTIC DYNAMIC TRUCK ALLOCATION) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ ดร. สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์, 86 หน้า.

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์เพื่อการจัดสรรรถบรรทุกแบบพลวัตภายใต้สภาวะความไม่แน่นอนด้วยวิธีการอย่างง่าย ซึ่งกระบวนการวิจัยที่ศึกษาเริ่มถูกพัฒนาช่วงปลายทศวรรษที่ 80 และได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงทศวรรษที่ 90 โดยเป็นการพยายามเพิ่มประสิทธิภาพในการหาจำนวนรถที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละศูนย์กระจายสินค้าภายใต้โครงข่ายที่มีปริมาณความต้องการไม่แน่นอน งานวิจัยนี้ได้ใช้กระบวนการดังกล่าวและทำการพัฒนาระบบโดยใช้ตารางจัดการมาวิเคราะห์ซึ่งสามารถใช้เป็นพื้นฐานสำหรับช่วยในการตัดสินใจในการกระจายรถบรรทุกในแต่ละวันที่ทราบจำนวนการขนส่ง รวมทั้งปริมาณรถสำรองเพื่อใช้ในการกระจายรถสำหรับวันถัดไป โดยชุดข้อมูลที่ใช้ในการดำเนินงานเป็นของผู้ประกอบการขนส่งภายในประเทศไทย ระบบการทำงานดังกล่าวเป็นระบบที่สามารถตรวจสอบผลและวิเคราะห์ผลได้จากแบบจำลองที่แสดงการตัดสินใจการกระจายรถบรรทุกโดยระบบนำไปสู่ผลการจัดสรรรถบรรทุกที่ได้มีประสิทธิภาพมากกว่าการปฏิบัติการจริงที่มองข้ามความไม่แน่นอนของปริมาณความต้องการของลูกค้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต ปิยาพร โชตินันทกุล

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2553

## 5170386221 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEYWORDS : STOCHASTIC DYNAMIC PROGRAMMING / PLANNING HORIANOTAL / TRUCK ALLOCATION

PIYAPORN CHOTINANTAKUL : COMPUTERIZED SYSTEM FOR STOCHASTIC DYNAMIC TRUCK ALLOCATION. ADVISOR : ASSOCIATE PROFESSOR. SOMPONG SIRISOPHONSILP, Ph.D. 86 pp.

The objective of this research is to develop a computerized system for stochastic dynamic truck allocation applying a readily available methodology. The methodology, which was initially developed in the late 1980's and was continuously improved during the 1990's, attempted to optimize the positioning of available trucks in a multi-terminal truckload network under uncertain demand. This research employs this methodology and develops a corresponding spreadsheet system that can be used on a daily basis to assist truckload dispatchers in simultaneously deciding on a given day how to assign trucks to known loads and how to reposition trucks for the next day assignment. Given a data set supplied by a truckload company in Thailand, the system is validated and the analysis results generated by the model reveal that the decisions recommended by the system can lead to a more effective truck allocation than the typical real-world practice that totally ignores the randomness in customer demands.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department : Civil Engineering ..... Student's Signature ปิยาพร โชตินันทกุล

Field of Study : Civil Engineering ..... Advisor's Signature .....

Academic Year : 2010 .....

# กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์ของบุคคลหลายท่าน ซึ่งอาจจะนำมากล่าวได้ไม่หมด โดยท่านแรก คือ รองศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยให้คำชี้แนะ ให้ความรู้ และมอบโอกาสประสบการณ์ด้านการฝึกงานในสายวิชาชีพนี้อีกด้วย ข้าพเจ้าใครขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ไว้ ณ โอกาสนี้ นอกจากนี้ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยาพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มาโนช โลหเตปานนท์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทอดศักดิ์ รองวิริยะพาณิช ที่ได้ให้คำชี้แนะต่างๆอันเป็นประโยชน์ในงานวิจัยชิ้นนี้

ขอขอบคุณนายวิสิษฐ์ มานะวิริยภาพ รุ่นพี่ที่ให้คำปรึกษาและเอื้ออำนวยข้อมูลต่างๆให้เสมอมารวมทั้งเพื่อนๆพี่ๆน้องๆสมาชิกในห้องปฏิบัติการงานวิจัยการขนส่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับมิตรภาพ ความช่วยเหลือและคำปรึกษาต่างๆมาโดยตลอด

และที่ขาดไม่ได้เลย ขอขอบคุณคุณพ่อสมชาย โชตินันทกุล และคุณแม่สุจิตรา โชตินันทกุล ผู้ให้กำเนิด อบรมสั่งสอน เลี้ยงดูข้าพเจ้าด้วยความรักอันประเสริฐยิ่ง รวมทั้งพี่น้องทั้ง 3 ของข้าพเจ้าที่คอยเอาใจใส่ คอยถามไถ่ตลอดเวลา บุคคลเหล่านี้ล้วนเป็นผู้อยู่เบื้อหลังในความสำเร็จให้ความช่วยเหลือสนับสนุนให้กำลังใจข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญ


หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย ..... 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย ..... 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ..... 3

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย ..... 3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 5

2.1 ลักษณะการขนส่งสินค้า ..... 5

2.2 ปัญหาในการจัดสรรรถบรรทุก ..... 6

2.3 ทฤษฎีกำหนดการพลวัตร (Dynamic Programming) ..... 7

2.4 แบบจำลองการจัดสรรรถบรรทุก ..... 15

2.5 แบบจำลองการจัดสรรรถแบบ LOADMAP ..... 22

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย ..... 25

3.1 สมมติฐานเบื้องต้น ..... 25

3.2 ข้อมูลพื้นฐานในการวิจัย ..... 25

3.3 รูปแบบการวิจัย ..... 31

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ..... 46

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ..... 46

4.2 เปรียบเทียบวิเคราะห์ผล ..... 57

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ ..... 64
5.1 สรุปผลการศึกษา ..... 64
5.2 ข้อเสนอแนะ ..... 66
รายการอ้างอิง ..... 68
ภาคผนวก ..... 70
ภาคผนวก ก ..... 71
ภาคผนวก ข ..... 74
ภาคผนวก ค ..... 81
ประวัติผู้เขียน ..... 86

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญตาราง


ตารางที่ หน้า

ตารางที่3.1 ระยะทางระหว่างศูนย์กระจายสินค้า ..... 29

ตารางที่3.2 ต้นทุนการขนส่งสินค้าระหว่างศูนย์กระจายสินค้า ..... 30

ตารางที่3.3 ปริมาณรถบรรทุกสินค้าประจำศูนย์กระจายสินค้า ..... 31

ตารางที่3.4 ปริมาณการกระจายรถบรรทุกสินค้าโดยเฉลี่ย ..... 31

ตารางที่3.5 ปริมาณรถเที่ยวเปล่าและปริมาณรถสำรองโดยเฉลี่ย ..... 31

ตารางที่4.1 มูลค่าของผลกระทบพื้นที่สุดท้าย (End effect) ในแต่ละช่วงคาบการวางแผน 46

ตารางที่4.2 ผลต่างค่าผลกระทบพื้นที่สุดท้าย อ้างอิงกับศูนย์กระจายสินค้ากรุงเทพฯ .... 47

ตารางที่4.3 ปริมาณมูลค่าคาดหวังผลกระทบพื้นที่สุดท้าย (End Effect) ในแต่ละวัน ..... 55

ตารางที่4.4 ปริมาณความต้องการและปริมาณการกระจายรถบรรทุก..... 56

ตารางที่4.5 เปรียบเทียบการกระจายรถเฉลี่ยในแต่ละเส้นทางประจำศูนย์กรุงเทพฯ(คัน) 58

ตารางที่4.6 เปรียบเทียบการกระจายรถเฉลี่ยในแต่ละเส้นทางประจำศูนย์เชียงใหม่(คัน) 58

ตารางที่4.7 เปรียบเทียบการกระจายรถเฉลี่ยในแต่ละเส้นทางประจำศูนย์ชลบุรี(คัน) ..... 58

ตารางที่4.8 เปรียบเทียบการกระจายรถเฉลี่ยในแต่ละเส้นทางประจำศูนย์ขอนแก่น ..... 58

ตารางที่4.9 เปรียบเทียบการกระจายรถเฉลี่ยในแต่ละเส้นทางประจำศูนย์หาดใหญ่ ..... 59

ตารางที่4.10 เปรียบเทียบการกระจายรถเฉลี่ยกรณีเข้าก่อนออกก่อนในแต่ละเส้นทางประจำศูนย์กรุงเทพฯ (คัน)..... 59

ตารางที่4.11 เปรียบเทียบการกระจายรถเฉลี่ยกรณีเข้าก่อนออกก่อนในแต่ละเส้นทางประจำศูนย์เชียงใหม่ (คัน)..... 60

ตารางที่4.12 เปรียบเทียบการกระจายรถเฉลี่ยกรณีเข้าก่อนออกก่อนในแต่ละเส้นทางประจำศูนย์ชลบุรี (คัน)..... 60

ตารางที่4.12 เปรียบเทียบการกระจายรถเฉลี่ยกรณีเข้าก่อนออกก่อนในแต่ละเส้นทางประจำศูนย์ขอนแก่น (คัน)..... 60

ตารางที่4.12 เปรียบเทียบการกระจายรถเฉลี่ยกรณีเข้าก่อนออกก่อนในแต่ละเส้นทางประจำศูนย์หาดใหญ่ (คัน) ..... 61

# สารบัญภาพ


รูปที่ หน้า

รูปที่ 1.1 สถิติจำนวนรถบรรทุกใหม่ที่จดทะเบียนตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์และล้อเลื่อน 1

รูปที่ 1.2 ลำดับขั้นตอนในการศึกษา..... 4

รูปที่ 2.1 รูปแบบการขนส่งแบบ TL และ FTL..... 6

รูปที่ 2.2 โครงข่ายความไม่แน่นอนของปัญหาการจัดสรรรถบรรทุก ..... 7

รูปที่ 2.3 องค์ประกอบในขั้นตอนที่ n..... 8

รูปที่ 2.4 กระบวนการตัดสินใจ N ขั้นตอน แบบไปข้างหน้า..... 9

รูปที่ 2.5 กระบวนการตัดสินใจ N ขั้นตอน แบบย้อนหลัง ..... 10

รูปที่ 2.6 การจัดการโครงข่ายพลวัตรแบบแน่นอน (Deterministic dynamic network) .... 16

รูปที่ 2.7 ลักษณะโครงข่ายการกระจายรถบรรทุกจากคาบการวางแผนแรก ..... 24

รูปที่ 2.8 การขยายโครงข่ายการกระจายรถบรรทุก..... 24

รูปที่ 3.1 ศูนย์กระจายสินค้าของผู้ประกอบการตัวอย่าง ..... 28

รูปที่ 3.2 การจัดเรียงข้อมูลในอดีตของศูนย์กระจายสินค้ากรุงเทพฯ ..... 32

รูปที่ 3.3 การคำนวณหามูลค่าคาดหวังจากการเลือกนั้น $w_n(i,s)$ ..... 35

รูปที่ 3.4 การคำนวณหาค่าผลกระทบพื้นที่สุดท้ายในวันที่ 6 จากคาบการวางแผน 7 วัน .. 35

รูปที่ 3.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างผลกรทบพื้นที่สุดท้าย (End effect) และคาบการวางแผน (Planning horizontal) ..... 36

รูปที่ 3.6 การกระจายตัวความน่าจะแบบปัวซองส์ของข้อมูลในอดีตประจำศูนย์กรุงเทพฯ 37

รูปที่ 3.7 ลักษณะกราฟของค่าการกระจายตัวแบบปังซองส์..... 38

รูปที่ 3.8 วิธีการคำนวณความน่าจะเป็นในการกระจายรถคันที่ 2 และ 3 สำหรับทางเลือกที่ 3..... 38

รูปที่ 3.9 ความน่าจะเป็นในการกระจายรถบรรทุกสินค้า..... 39

รูปที่ 3.10 มูลค่าคาดหวังทางเลือกของศูนย์กระจายสินค้ากรุงเทพฯในวันที่ 2 ก่อนการจัดเรียงข้อมูล..... 40

รูปที่ 3.11 มูลค่าคาดหวังทางเลือกของศูนย์กระจายสินค้ากรุงเทพฯในวันที่ 2 หลังการจัดเรียงข้อมูล..... 40

รูปที่ 3.12 การคำนวณหามูลค่าคาดหวังของรถขนส่งประจำศูนย์กระจายสินค้ากรุงเทพฯวันแรกของคาบการวางแผน..... 42

รูปที่ 3.13 ตัวอย่างโครงข่ายการกระจายรถขนส่งสินค้าแบบแปรปรวนของคาบเวลาเดียว 42

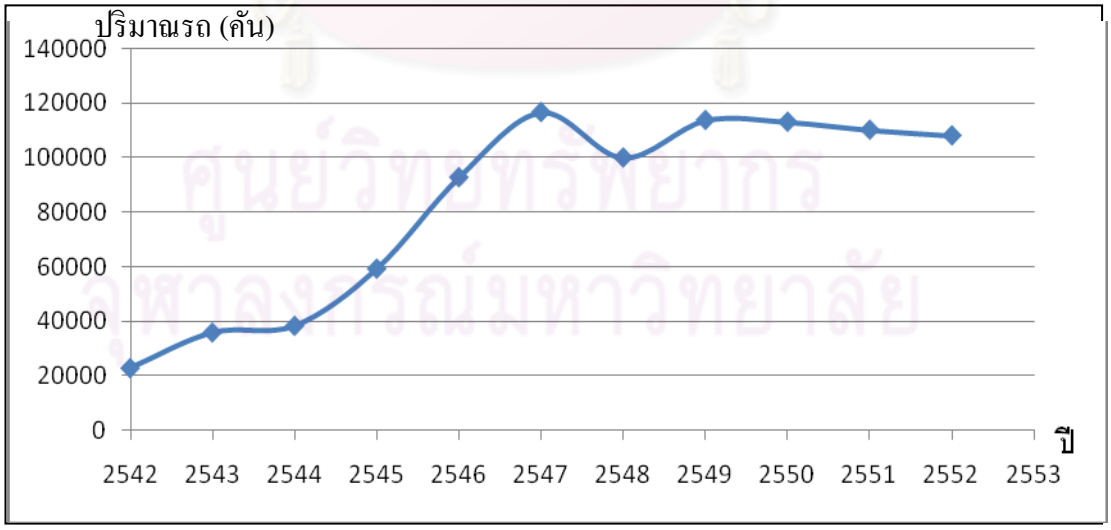
รูปที่ หน้า
รูปที่ 3.14 ตัวอย่างโครงข่ายการกระจายรถบรรทุก ..... 45
รูปที่ 4.1 ผลต่างค่าผลกระทบพื้นที่สุดท้าย (End effect) อ้างอิงศูนย์กระจายกรุงเทพฯและคาบการวางแผน ..... 49
รูปที่ 4.2 มูลค่าคาดหวังทางเลือกก่อนการจัดลำดับวันที่ 5 ศูนย์กระจายสินค้าชลบุรี ..... 50
รูปที่ 4.3 มูลค่าคาดหวังทางเลือกหลังการจัดลำดับวันที่ 5 ศูนย์กระจายสินค้าชลบุรี..... 50
รูปที่ 4.4 ค่าความน่าจะเป็นในการจัดสรรรถบรรทุกของศูนย์กระจายสินค้ากรุงเทพฯ วันที่ 9-10 ..... 51
รูปที่ 4.5 การกระจายตัวการขนส่งรถบรรทุกประจำศูนย์กระจายสินค้ากรุงเทพฯ ..... 52
รูปที่ 4.6 การกระจายตัวการขนส่งรถบรรทุกประจำศูนย์กระจายสินค้าชลบุรี ..... 52
รูปที่ 4.7 การกระจายตัวการขนส่งรถบรรทุกประจำศูนย์กระจายสินค้าหาดใหญ่..... 52
รูปที่ 4.8 การกระจายตัวการขนส่งรถบรรทุกประจำศูนย์กระจายสินค้าเชียงใหม่ ..... 53
รูปที่ 4.9 การกระจายตัวการขนส่งรถบรรทุกประจำศูนย์กระจายสินค้าขอนแก่น..... 53
รูปที่ 4.10 มูลค่าคาดหวังของรถในแต่ละทางเลือกประจำศูนย์กรุงเทพฯ ในวันที่ 1 ..... 53
รูปที่ 4.11 ผลการพิจารณามูลค่าผลตอบแทนสูงสุดทั้ง 2 สถานะ ของวันที่ 1 ของคาบการวางแผน ..... 54
รูปที่ 4.12 โครงข่ายการกระจายรถบรรทุกในวันที่ 1..... 57
รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบการกระจายรถบรรทุกตามแบบจำลองและแบบFIFO ประจำศูนย์กระจายสินค้ากรุงเทพฯ..... 61
รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบการกระจายรถบรรทุกตามแบบจำลองและแบบFIFO ประจำศูนย์กระจายสินค้าเชียงใหม่..... 62
รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบการกระจายรถบรรทุกตามแบบจำลองและแบบFIFO ประจำศูนย์กระจายสินค้าขอนแก่น..... 62
รูปที่ 4.16 เปรียบเทียบการกระจายรถบรรทุกตามแบบจำลองและแบบFIFO ประจำศูนย์กระจายสินค้าชลบุรี..... 63
รูปที่ 4.17 เปรียบเทียบการกระจายรถบรรทุกตามแบบจำลองและแบบFIFO ประจำศูนย์กระจายสินค้าหาดใหญ่ ..... 63

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โครงสร้างพื้นฐานการขนส่งสินค้าเป็นสิ่งจำเป็นต่อการพัฒนาระบบขนส่งแบบต่อเนื่อง และภายในประเทศระบบขนส่งสินค้าทางถนนจัดได้ว่าเป็นระบบการขนส่งสินค้าที่มากที่สุด รวมทั้งเป็นรูปแบบการขนส่งที่มีบทบาทสำคัญในการเชื่อมโยงโครงข่ายการขนส่งไปยังประเทศเพื่อนบ้านในปัจจุบันอีกด้วย สาเหตุที่ระบบการขนส่งสินค้าทางถนนได้รับความนิยมเป็นอย่างมากเนื่องจากเป็นระบบที่สามารถส่งสินค้าถึงผู้บริโภคได้โดยตรง มีโครงข่ายเชื่อมต่อภายในภูมิภาคครอบคลุมทั่วประเทศ จากข้อมูลสถิติจำนวนรถใหม่ที่จดทะเบียนตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์และล้อเลื่อน กฎหมายว่าด้วยการขนส่งทางบก ปี พ.ศ. 2540 รวมทั่วประเทศ ระหว่างปี พ.ศ.2542-2552 ดังรูปที่ 1.1 พบว่ามีปริมาณที่สูงขึ้น นั่นคือระบบขนส่งทางถนนมีการแข่งขันกันสูงขึ้น และในปี พ.ศ. 2553 จำนวนรถบรรทุกที่จดทะเบียนสะสม ณ วันที่ 31 มกราคม 2553 มีจำนวนทั้งสิ้น 792,060 คัน




รูปที่ 1.1 สถิติจำนวนรถบรรทุกใหม่ที่จดทะเบียนตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์และล้อเลื่อน

ที่มา: ฝ่ายสถิติการขนส่ง กองวิชาการและวางแผน กรมการขนส่งทางบก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้ประกอบการจำนวนมากมักประสบปัญหาในการจัดสรรรถบรรทุกควรจะจัดสรรอย่างไรให้เพียงพอกับความต้องการของลูกค้าในแต่ละเขตพื้นที่บริการ และศูนย์กระจายสินค้าควรมีรถเปล่าสำรองอยู่เป็นจำนวนเท่าใด ในการขนส่งสินค้าควรวิ่งด้วยรถขนาดใดในรูปแบบเต็มคันหรือไม่ ปัญหาเหล่านี้เกิดขึ้นภายใต้ปริมาณความต้องการที่ไม่แน่นอนในแต่ละวัน ทั้งนี้ผู้จัดทำจึงได้ศึกษาและพัฒนาแบบจำลองทางสถิติโดยวิธีพลวัตร เพื่อใช้ในการจัดสรรรถบรรทุกให้เกิดประสิทธิภาพ ง่ายต่อการใช้งานรวมทั้งก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อผู้ใช้งาน

ในการวิจัยนี้ได้นำข้อมูลของบริษัท NIM EXPRESS ซึ่งเป็นบริษัทขนส่งที่ให้ บริการขนส่งสินค้าทั่วภูมิภาค มาเป็นกรณีศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้กำหนดวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. เพื่อศึกษา ทบทวน แนวคิดวิธีการจัดสรรรถบรรทุกด้วยวิธีพลวัตร ภายใต้ปริมาณความต้องการที่ไม่แน่นอน
2. พัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจการในการจัดสรรรถบรรทุกด้วยวิธีพลวัตรในแต่ละเขตพื้นที่บริการ ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และแบบจำลองสามารถนำไปใช้งานง่ายได้อย่างสะดวก

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาพัฒนาแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลกรณีศึกษาจาก บริษัท มีโชคขนส่ง จำกัด ซึ่งผู้ประกอบการดังกล่าวเป็นบริษัทขนส่งสินค้าทั้งภายในและภายนอกประเทศแต่ขอบเขตในการวิจัยนี้ทำการศึกษาเฉพาะระบบการขนส่งภายในประเทศ แบบเต็มคัน(Full-Truckload, FTL) โดยพิจารณาจากขนาดรถ 2 ขนาด ภายใต้ปริมาณความต้องการของลูกค้าที่ไม่แน่นอน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

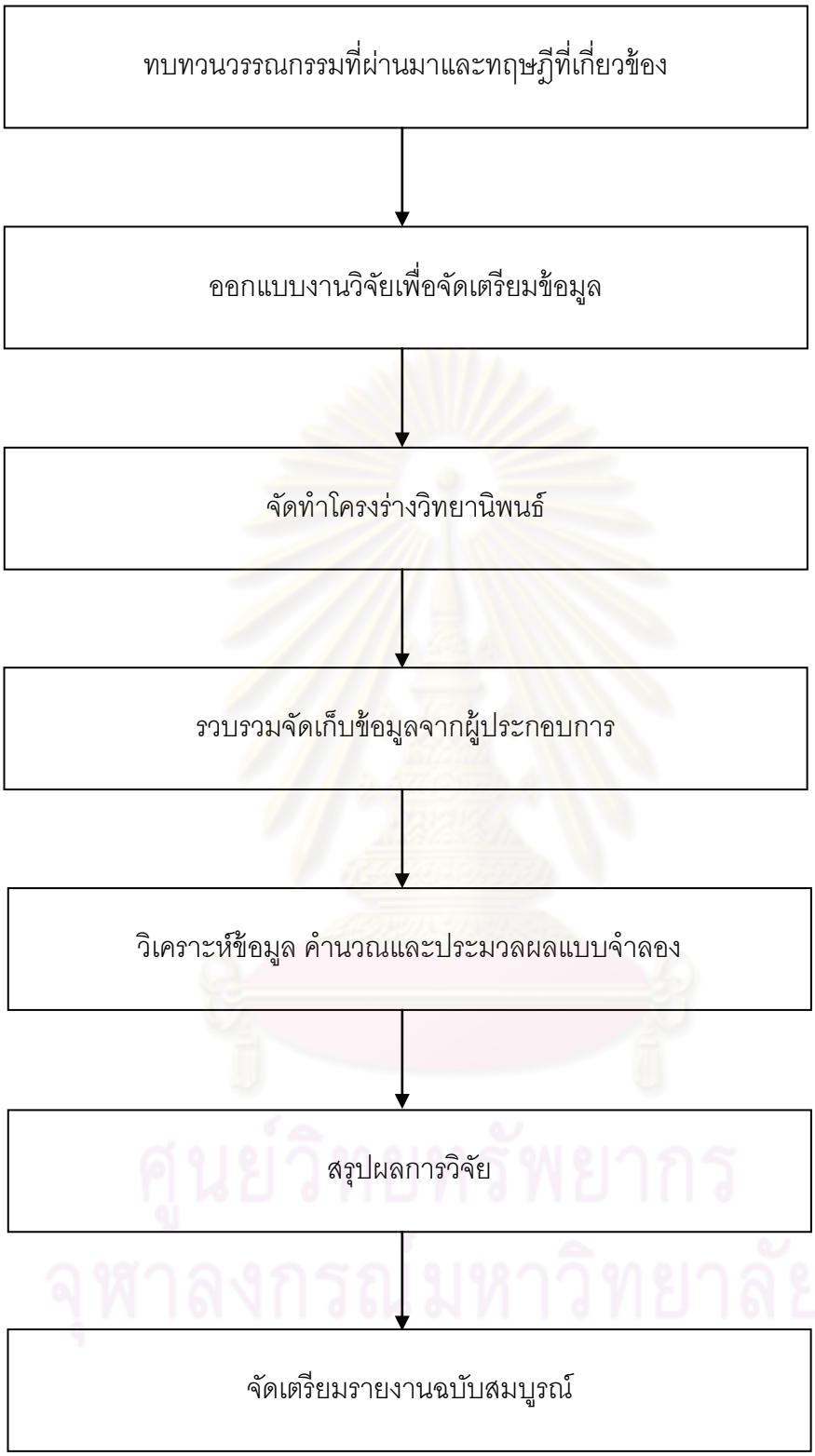
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยพัฒนาแบบจำลองมีดังต่อไปนี้

1. สามารถเข้าใจถึงลักษณะปัญหาที่เกิดขึ้นกับการจัดสรรรถบรรทุกในแต่ละศูนย์การกระจายสินค้า ที่เกิดขึ้นจริง
2. สามารถนำแบบจำลองการจัดสรรรถบรรทุกไปใช้งานได้จริงโดยได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด
3. ลักษณะการทำงานของแบบจำลองอยู่ในสภาพที่สามารถใช้งานง่าย และสะดวกต่อผู้ใช้งาน

## 1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยสำหรับการพัฒนาแบบจำลองการจัดสรรรถบรรทุกโดยวิธีพลวัตรกรณีศึกษา บริษัท มีโชคขนส่ง จำกัด เริ่มจากการกำหนดวัตถุประสงค์ ขอบเขตการศึกษา ทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมารวมทั้งทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง แล้วจึงออกแบบงานวิจัยเพื่อจัดเก็บข้อมูล จากนั้นจัดทำโครงร่างวิทยานิพนธ์ และรวบรวมเก็บข้อมูลจากผู้ประกอบการที่นำมาเป็นกรณีศึกษา เมื่อได้ข้อมูลครบถ้วนตามต้องการ ลำดับต่อมาทำการวิเคราะห์ข้อมูล คำนวณและประมวลผลแบบจำลองที่ได้ออกแบบไว้เบื้องต้น สรุปผลการวิจัยและจัดเตรียมรายงานฉบับสมบูรณ์ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 1.2 ลำดับขั้นตอนในการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 2

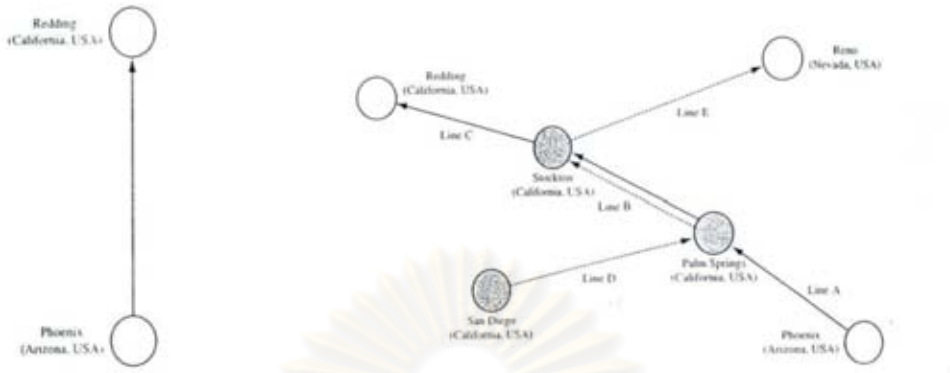
# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงรายละเอียดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางด้านระบบการขนส่งสินค้าทางถนนโดยใช้รถบรรทุกจากต้นทางไปยังปลายทางให้ทันเวลาที่กำหนดภายใต้ความไม่แน่นอนของปริมาณความต้องการขนส่งสินค้าในแต่ละวัน จากการศึกษานี้เพื่อเป็นการพัฒนาปรับปรุงระบบประมวลผลการจัดสรรรถบรรทุกแบบวิธีพลวัตรให้มีประสิทธิภาพและสะดวกต่อการใช้งานมากยิ่งขึ้น

## 2.1 ลักษณะการขนส่งสินค้า

ระบบการขนส่งสินค้าทางบกยานพาหนะที่ใช้กันเป็นจำนวนมากคือรถบรรทุก Gianpaolo, Gilbert และ Roberto (1988: 12-13) ได้จำกัดนิยามเกี่ยวกับรถบรรทุกสำหรับการขนส่งสินค้าสามารถแบ่งลักษณะการขนส่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ การขนส่งแบบเต็มคันรถ (Full Truckload, FTL หรือ Truckload, TL) เป็นการบริการขนส่งที่บรรทุกสินค้าเต็มคันหรือใช้พื้นที่เต็มคันรถ โดยเป็นการส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทางเพียง 1 เที่ยว ไม่มีการหยุดจ่ายสินค้าตามศูนย์กระจายสินค้าต่างๆ อีกรูปแบบหนึ่งคือการขนส่งแบบไม่เต็มคัน (Less-Than-Truckload, LTL) เป็นการขนส่งสินค้าปริมาณไม่มาก บรรทุกไม่เต็มคันรถมาตรฐาน โดยเป็นการขนส่งสินค้าระหว่างศูนย์กระจายสินค้าจำนวนมาก ไม่ใช่เป็นการขนส่งเพียงระหว่างศูนย์กระจาย 2 ศูนย์เท่านั้น ซึ่งเวลาที่ใช้ในการเดินทางแบบ LTL ใช้เวลามากกว่าแบบ FTL ดังรูปที่ 2.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

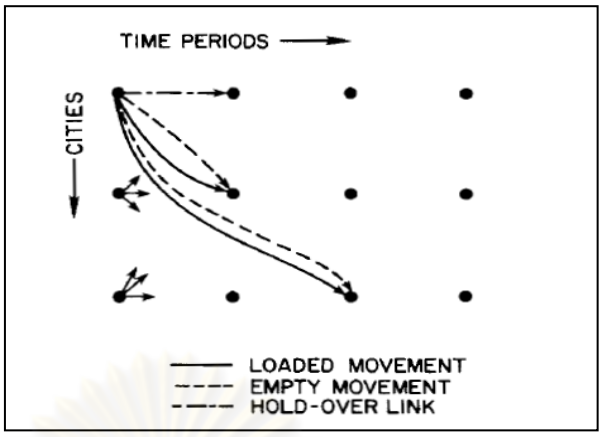



รูปที่ 2.1 รูปแบบการขนส่งแบบ TL และ FTL

## 2.2 ปัญหาในการจัดสรรรถบรรทุก

จากการศึกษาของ Gianpaolo, Gilbert และ Roberto (1988: 239-240) ได้อธิบายว่าระบบการขนส่งสินค้าปัญหาที่พบอยู่เสมอคือปัญหาในการจัดสรรรถบรรทุก (Vehicle allocation problems, VAPs) กรณีรถบรรทุกแบบเต็มคันทำการขนส่งสินค้าแล้วรถดังกล่าวเป็นรถว่าง ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นตามมานั่นคือ การจัดสรรรถบรรทุกให้ไปรับของยังพื้นที่บริการอื่นๆ หรือให้รถบรรทุกดังกล่าวรอการขนส่งในครั้งต่อไปโดยคงอยู่ในเขตพื้นที่บริการเดิม การจัดสรรปัญหาดังกล่าวถูกจำลองขึ้นโดยมีเป้าหมายภายใต้ต้นทุนที่ต่ำที่สุด Powell (1986) และวิสิษฐ์ (2549) ได้กล่าวถึงปัญหาในการจัดสรรรถบรรทุกกรณีโครงข่ายมีความไม่แน่นอน โดยเริ่มจากรถบรรทุกที่ว่างเปล่าแล้วทำการจัดส่งไปยังพื้นที่บริการต่างๆในเวลาข้างหน้าดังรูปที่ 2.2 แทนด้วยเส้นลิงค์ต่างๆ คือ เส้นทางการเคลื่อนที่จากพื้นที่บริการ i ไปยังพื้นที่บริการต่างๆ j และแต่ละจุดโหนดแทนด้วยพื้นที่บริการ ลักษณะการเกิดปัญหาในการจัดสรรรถบรรทุกแบ่งได้ 3 กรณีคือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 2.2 โครงข่ายความไม่แน่นอนของปัญหาการจัดสรรรถบรรทุก

ที่มา: งานวิจัยของ Powell (1986)

1. ปริมาณการส่งรถเปล่าจากพื้นที่ i ไปยังพื้นที่บริการอื่นๆ j ในเวลาอนาคตควรจัดสรรรถจำนวนเท่าใด
2. ควรมีจำนวนรถบรรทุกปริมาณเท่าใดอยู่ในพื้นที่บริการ i เพื่อรองรับการขนส่งในวันถัดไป
3. ควรมีจำนวนรถบรรทุกปริมาณใดอยู่ในพื้นที่บริการนั้นๆ เพื่อรองรับการขนส่งจากพื้นที่บริการ i ไปยังพื้นที่บริการอื่นๆ j

ในการตัดสินใจว่าจะให้รถบรรทุกสินค้าหรือให้เป็นรถเที่ยวเปล่าวิ่งไปพื้นที่บริการอื่นหรือให้เก็บรถไว้ยังพื้นที่บริการเดิม ทั้งนี้เนื่องจากผู้จัดสรรไม่ทราบปริมาณความต้องการใช้รถบรรทุกในการบรรทุกสินค้าล่วงหน้าที่แน่นอนและเป็นจำนวนเท่าใดให้เพียงพอกับปริมาณสินค้าที่ทำการขนส่ง นอกจากนี้การขนส่งสินค้าในแต่ละครั้งมักมีข้อจำกัดในเรื่องเส้นทาง ระยะทาง และเวลาในการจัดส่งด้วย

## 2.3 **ทฤษฎีกำหนดการพลวัตร** (Dynamic Programming)

รศ.วิภาวรรณ สิงห์พริ้ง (2545: 175-181) ได้อธิบายไว้ว่ากำหนดการพลวัตรนี้สามารถแก้ไขปัญหาที่เป็นฟังก์ชันเชิงเส้นและไม่เป็นฟังก์ชันเชิงเส้นที่มีข้อจำกัดต่างๆ ข้อจำกัดของกำหนดการพลวัตรคือ ปัญหาที่ใช้กำหนดการพลวัตรได้นั้น จะต้องเป็นปัญหาที่สามารถแตกออกเป็นปัญหาย่อยๆได้ (Problem Decomposition) ดังเช่น ถ้าปัญหาเดิมมีตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable) N ตัวจะแตกปัญหานั้นเป็นปัญหาย่อยๆ (Subproblems) N ปัญหา โดยที่แต่ละปัญหามีตัวแปรตัดสินใจ 1 ตัว แต่ละปัญหาจะมีความสัมพันธ์กันเป็นลำดับ หาค่าตัวแปรตัดสินใจที่

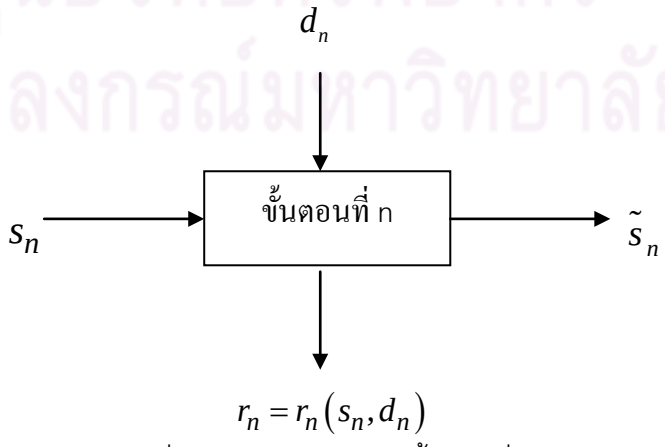
เหมาะสมของแต่ละปัญหาย่อยๆ แล้วจึงรวมคำตอบของทุกๆปัญหาย่อยเป็นของปัญหาเดิมโดยวิธีกำหนดการพลวัตร ทั้งนี้ความถูกต้องแม่นยำของคำตอบจะขึ้นอยู่กับการสร้างตัวแบบปัญหา

2.3.1 ลักษณะปัญหาที่ใช้กำหนดการพลวัตร

ลักษณะปัญหาที่ใช้กำหนดการพลวัตรประกอบไปด้วยองค์ประกอบพื้นฐานต่างๆดังต่อไปนี้

1. แตกปัญหาเดิมออกเป็นปัญหาย่อยๆ แต่ละปัญหาย่อยเรียกว่า ขั้นตอน(Stage)
2. มีสถานะเข้า (Input State) ในแต่ละขั้นตอนด้วย $s_n$
3. มีสถานะออก (Output State) จากแต่ละขั้นตอนให้ $\tilde{s}n$ เป็นสถานะออกจากขั้นตอนที่ n
4. มีตัวแปรตัดสินใจในแต่ละขั้นตอน ให้ $d_n$ เป็นตัวแปรตัดสินใจในขั้นตอนที่ n
5. ฟังก์ชันผลตอบแทนจากแต่ละขั้นตอน(Return Function) ให้ $r_n$ เป็นฟังก์ชันผลตอบแทนจากขั้นตอนที่ n เมื่อสถานะ $s_n$ ตัวแปรตัดสินใจ $d_n$ และสถานะออก $\widetilde{s_n}$ จะได้ $r_n = r_n\left(s_n, d_n, \widetilde{s_n}\right)$ ซึ่ง $r_n$ เป็นฟังก์ชัน 1 ค่าของ $s_n, d_n, \tilde{s}_n$ (Single-Valued Function) และเนื่องจากสถานะออก $\widetilde{s_n}$ ขึ้นอยู่กับสถานะเข้า $s_n$ และการตัดสินใจ $d_n$ จึงเขียนฟังก์ชันผลตอบแทน $r_n$ ได้ใหม่เป็น $r_n = r_n\left(s_n, d_n\right)$
6. การเปลี่ยนแปลงในแต่ละขั้นตอน (Stage Transformation) พิจารณาสถานะออก $\tilde{s}_n$ ซึ่งเป็นฟังก์ชันของ $s_n$ และ $d_n$ เรียกฟังก์ชันนี้ว่าฟังก์ชันถ่ายทอด (Transition Function) เขียนแทนด้วย $\tilde{s}_n = s_n * d_n$ โดยเครื่องหมายดำเนินการ (Operator,*) แทนด้วยเครื่องหมายทางคณิตศาสตร์ต่างๆ

องค์ประกอบพื้นฐานต่างๆ แสดงเป็นแผนภูมิได้ดังรูปที่ 2.3




รูปที่ 2.3 องค์ประกอบในขั้นตอนที่ n

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

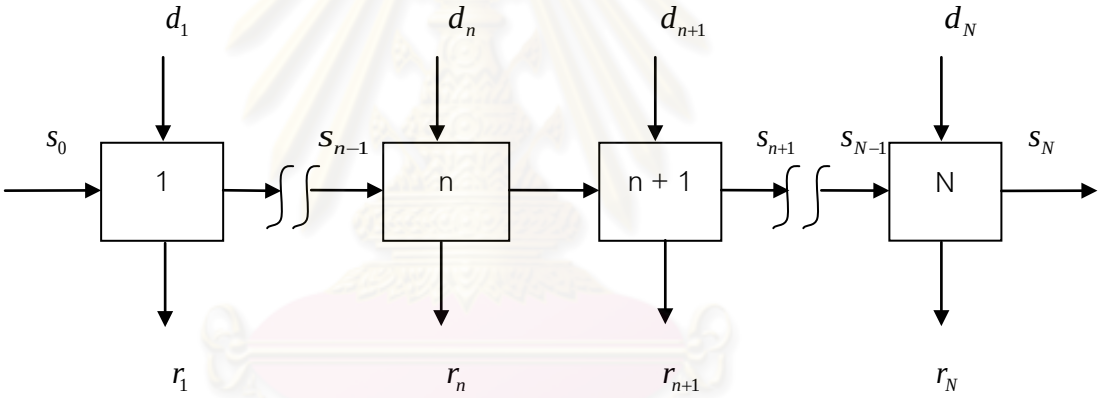
2.3.2 ระบบการตัดสินใจหลายขั้นตอน (Serial Multistage Decision System)

จากปัญหาที่ใช้กำหนดการพลวัตร เป็นปัญหาที่แตกออกมาเป็นปัญหาย่อยๆหรือแตกปัญหานั้นออกเป็นขั้นตอน จึงทำให้เกิดการตัดสินใจหลายขั้นตอนดังรูปที่ 2.4 กรณีดังกล่าวสามารถเขียนฟังก์ชันถ่ายทอดในขั้นตอน n ใดๆได้ดังนี้

$$s_n = t_n(s_{n-1}, d_n)$$

เมื่อ $t_n$ คือ ฟังก์ชันถ่ายทอดในขั้นตอนที่ n

$s_n$ คือ สถานะออกจากขั้นตอนที่ n และเป็นสถานะเข้าในขั้นตอนที่ n+1



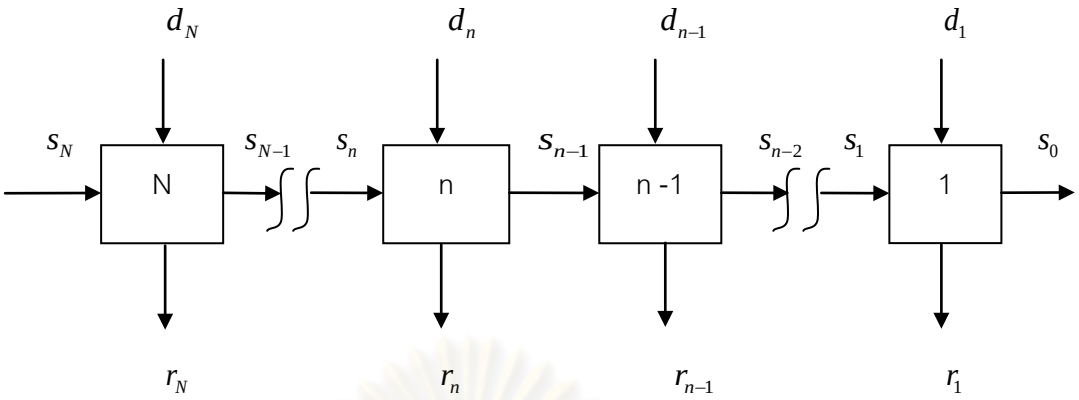

รูปที่ 2.4 กระบวนการตัดสินใจ N ขั้นตอน แบบไปข้างหน้า

ผลตอบแทนในขั้นตอนที่ n คือ

$$r_n = r_n(s_{n-1}, d_n) \qquad (2.1)$$

ทั้งนี้ในการตัดสินใจปัญหาหลายขั้นตอนโดยวิธีกำหนดการพลวัตรมักจะทำแบบย้อนหลัง เนื่องจากกรณีที่มีปัญหาขนาดใหญ่และยุ่งยากซับซ้อน เมื่อแตกปัญหาออกเป็นขั้นตอนแล้วการวิเคราะห์แบบย้อนหลังมักให้ผลที่ดีกว่า ดังรูปที่ 2.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 2.5 กระบวนการตัดสินใจ N ขั้นตอน แบบย้อนหลัง

ฟังก์ชันถ่ายทอดในขั้นตอนที่ n ใดๆคือ

$$s_{n-1} = t_n(s_n, d_n) \tag{2.2}$$

เมื่อ $s_{n-1}$ คือ สถานะออกจากขั้นตอนที่ n และเป็นสถานะเข้าในขั้นตอนที่ n-1 ผลตอบแทนในขั้นตอนที่ n คือ

$$r_n = r_n(s_n, d_n) \tag{2.3}$$

จากรูปที่ 2.5 จะเห็นได้ว่า $s_n$ ขึ้นอยู่กับการตัดสินใจก่อนหน้าขั้นตอนที่ n คือ $(d_{n+1}, d_{n+2}, ..., d_N)$ ดังนี้

$$\begin{aligned} s_n &= t_{n+1}, (s_{n+1}, d_{n+1}) \\ &= t_{n+1}(t_{n+2}(s_{n+2}, d_{n+2}), d_{n+1}) \\ &= t_{n+1}(s_{n+2}, d_{n+2}, d_{n+1}) \\ &= t_{n+1}(t_{n+3}(s_{n+3}, d_{n+3}), d_{n+2}, d_{n+1}) \\ &= ... \\ &= t_{n+1}(s_N, d_N, ..., d_{n+1}) \end{aligned} \tag{2.4}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฟังก์ชันผลตอบแทนในขั้นตอน n จะขึ้นอยู่กับการตัดสินใจก่อนหน้า

$$\begin{aligned} r_n &= r_n(s_n, d_n) \\ &= r_n(t_{n+1}(s_N, d_N, ..., d_{n+1}), d_n \\ &= r_n(s_N, d_N, ..., d_n) \end{aligned} \tag{2.5}$$

หรืออาจกล่าวได้ว่า $d_n$ จะมีผลต่อผลตอบแทนในขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ n กำหนดให้

$R_N$ = ผลตอบแทนทั้งหมดจาก N ขั้นตอน

จะได้ว่า $R_N$ เป็นฟังก์ชันของผลตอบแทนในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

$$R_N(s_N, s_{N-1}, ..., d_N, d_{N-1}, ..., d_1) = g\left[r_N(s_N, d_N), r_{N-1}(s_{N-1}, d_{N-1}), ..., r_1, (s_1, d_1)\right]$$

หรือเขียนได้เป็น

$$R_N(s_N, d_N, d_{N-1}, ..., d_1) = g\left[r_N(s_N, d_N), r_{N-1}(s_N, d_N, d_{N-1}), ..., r_1, (s_N, d_N, ..., d_1)\right] \tag{2.6}$$

ในการวิเคราะห์ปัญหา N ขั้นตอน ถ้ามีเป้าหมายหาผลตอบแทน $R_N$ ที่มีค่ามากที่สุดภายใต้การตัดสินใจ $d_1, d_2, ..., d_N$ และสถานะเริ่มต้น $s_N$ จะหาได้ดังนี้

ให้ $f_n(s_n)$ = ค่าสูงสุดของผลตอบแทน N ขั้นตอน

$d_n^*$ = ตัวแปรตัดสินใจที่เหมาะสมในขั้นตอนที่ n

$s_n^*$ = สถานะเข้าเหมาะสมในขั้นตอนที่ n

สามารถเขียนได้ดังสมการ

$$f_N(S_N) = g[r_n(s_n, d_n^*), r_{N-1}(s_{N-1}^*, d_{N-1}^*), ..., r_1(s_1^*, d_1^*)] \tag{2.7}$$

$$= \max_{d_N, ..., d_1} g\left[r_N(s_N, d_N), r_{N-1}(s_{N-1}, d_{N-1}), ..., r_1(s_1, d_1)\right]$$

สมการข้อจำกัด

$$s_{n-1} = t_n(s_n, d_n), n = 1, 2, ..., N \tag{2.8}$$

จากสมการ (1) เป็นตัวแบบที่มีตัวบ่งสถานะ (State Variables) N ตัว คือ $s_1, s_2, ..., s_N$ ตัวแปรตัดสินใจ N ตัว

$$s_1, s_2, ..., s_N$$

2.3.3 ประยุกต์ใช้กำหนดการพลวัตรในแบบจำลองการจัดสรรหาค่าผลกระทบพื้นที่สุดท้าย (End effect)

จากการศึกษาของ Powell (1988) กล่าวว่า บรรดาบริษัทขนส่งต่างๆต้องได้ประสบกับปัญหาในการตัดสินใจทางด้านการบริหารจัดการปริมาณรถ โดยเฉพาะบริษัทที่ต้องควบคุมปริมาณรถในช่วงเวลาจริงขณะนั้นๆ (Real time) ซึ่งจะไม่มีขอบเขตทางด้านตารางการให้บริการอย่างแน่นอน ไม่ว่าจะเป็นบริษัทขนส่งโดยรถบรรทุก หรือการขนส่งทางทะเลโดยใช้ตู้คอนเทนเนอร์ รวมทั้งบริษัทผู้ให้บริการรถเช่าต่างๆ ล้วนแล้วต้องประสบปัญหาเช่นเดียวกัน สำหรับการกระจายรถที่ถูกจำกัดภายใต้ความต้องการใช้บริการที่มีความไม่แน่นอนเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งปัญหานี้เป็นปัญหาการจัดสรรรถโดยวิธีกำหนดการพลวัตร (Dynamic Vehicle Allocation Problem, DVA) นอกจากนี้แบบจำลองของปัญหาที่กล่าวมาพิจารณาแยกย่อยในปริมาณของสถานที่และเวลา

การใช้แบบจำลอง DVA ในการแก้ปัญหากับสถานการณ์ปัญหาการจัดสรรโดยเฉพาะเวลาในการเลือกให้รถบริการตามความต้องการของผู้ใช้บริการการขนส่งจากพื้นที่บริการหนึ่งไปยังอีกพื้นที่บริการหนึ่ง ดังหัวข้อ ปัญหาการจัดสรรรถบรรทุก ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งปัญหาดังกล่าวจะได้รับผลกระทบหลีกเลี่ยงไม่ได้นั่นคือ ต้นทุนและรายได้ที่ได้รับจากการให้บริการการขนส่ง ซึ่งผลกระทบนี้จะเกิดขึ้นทันทีที่รถเคลื่อนย้ายไปยังพื้นที่บริการใหม่ สำหรับกาคาดการณ์รายได้ หรือปริมาณความต้องการของลูกค้าจะมีผลมาจากกิจกรรมก่อนหน้านี้ซึ่งต้องเป็นกิจกรรมที่ทำวนซ้ำ นอกจากนี้ในแต่ละช่วงการวางแผน (Planning Horizon) เมื่อเวลาผ่านไปในอนาคตปริมาณการคาดการณ์ความต้องการจะถูกบิดเบือนเพิ่มขึ้น ผลข้อมูลที่บิดเบือนนี้จะส่งผลต่อการบิดเบือนผลลัพธ์ในการแก้ปัญหา ค่าบิดเบือนนี้มีชื่อว่า ค่าผลกระทบพื้นที่สุดท้าย (End effect)

พื้นฐานแบบจำลอง DVA ใช้สำหรับแก้ปัญหาการจัดการขนส่งแบบพลวัตร DVA ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น และในกรณีปริมาณความต้องการใช้บริการขนส่งสินค้าโดยรถบรรทุกในอนาคตถูกกำหนดให้รู้อย่างแน่นอน ซึ่งแบบจำลอง DVA สามารถเขียนอยู่ในรูปกำหนดการเชิงเส้น โดยมีข้อจำกัดที่เป็นการคำนึงถึงความสมดุลของรถที่ใช้ในแต่ละพื้นที่บริการและแต่ละช่วงเวลาของการวางแผน โดยกำหนดให้ C แทนด้วยพื้นที่บริการ และ N แทนด้วยจำนวนช่วงเวลา สามารถเขียนสมการแบบจำลองได้ดังนี้

สมการเป้าหมาย

$$\max \Pi = \sum_{i \in c} \sum_{j \in c} \sum_{n=1}^{N} \alpha^n [r_{ij} F_{ij,n} - d_{ij} E_{ij,n}] \quad (2.9)$$

สมการข้อบังคับ

$$\sum_{i \in c} [F_{ij,n-t_{ij}} + E_{j,n-t_{ij}}] + R_{i,n} = \sum_{k \in c} [F_{jk,n} + E_{jk,n}] \quad \forall_j, n \quad (2.10)$$

$$0 \le F_{ij,n} \le D_{ij,n} \quad \forall_i, j, n, n = 1, \ldots, N \quad (2.11)$$

โดยที่

$E_{ij,n}$ = การไหลของรถวิ่งเปล่าจากพื้นที่บริการ i ไปยังพื้นที่บริการ j ในช่วงเวลา n

$F_{ij,n}$ = การไหลของรถวิ่งเต็มคันจากพื้นที่บริการ i ไปยังพื้นที่บริการ j ใสช่วงเวลา

$t_{ij}$ = เวลาในการเดินทางจากพื้นที่บริการ i ไปยังพื้นที่บริการ j , $t_{ij} = 1, 2, 3, \ldots$

$d_{ij}$ = ต้นทุนสำหรับการส่งรถวิ่งเปล่าจากพื้นที่บริการ i ไปยังพื้นที่บริการ j (deadhead cost)

$r_{ij}$ = รายได้สุทธิสำหรับการส่งรถเต็มคันจากพื้นที่บริการ i ไปยังพื้นที่บริการ j

$D_{ij,n}$ = ปริมาณความต้องการใช้บริการจากพื้นที่บริการ i ไปยังพื้นที่บริการ j ในช่วงเวลา n , $D_{ij,n} = 1, 2, 3, \ldots$

$R_{i,n}$ = ปริมาณการให้บริการในระบบในครั้งแรกที่พื้นที่ i ในช่วงเวลา n กรณีออกนอกระบบให้เป็นลบ

$\alpha$ = แฟกเตอร์ส่วนลด (discount factor)

แบบจำลอง DVA สามารถสร้างสมการที่เป็นโครงข่ายโดยพิจารณาแยกย่อยในแต่ละพื้นที่การให้บริการและในแต่ละช่วงเวลาดังสมการ (2.9)

Powell (1987) และ วิสิษฐ์ (2549) นำเทคนิคหลักการคำนวณด้วยวิธีกำหนดการพลวัตร (Dynamic Programming) มาประยุกต์ใช้คำนวณหาค่าผลกระทบพื้นที่สุดท้าย (End effect) ซึ่งเป็นค่าการประมาณมูลค่ารายได้สุทธิเฉลี่ยสำหรับการใช้รถในพื้นที่บริการจากจุดเวลาหนึ่งจนกระทั่งสิ้นสุดช่วงเวลาวางแผน ค่าผลกระทบพื้นที่สุดท้ายคำนวณได้มากจากความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนจำนวนรถที่ถูกคาดการณ์และมูลค่าเฉลี่ยของรถที่ใช้สำหรับเพิ่มทางเลือก ดังสมการต่อไปนี้

$$p_j(s) = \sum_n \theta_n(j,s) w_n(j,s) \quad \forall_{j,s} = 1,2,...,P-1, \tag{2.12}$$

โดยที่

$p_j(s)$ = มูลค่าผลกระทบพื้นที่สุดท้าย

$\theta_n(i,s)$ = สัดส่วนระหว่างจำนวนรถบรรทุกเฉลี่ยที่ถูกเลือกสำหรับทางเลือกที่ n และ ผลรวมค่าเฉลี่ยจำนวนรถบรรทุกที่ถูกเลือกในพื้นที่บริการ i ในวันที่ s

$$= \frac{u_n(i,s)}{\sum_k u_k(i,s)}$$

$u_n(i,s)$ = จำนวนเฉลี่ยของรถบรรทุกในอดีตซึ่งถูกเลือกในทางเลือก n

$w_n(j,s)$ = การประมาณมูลค่าทางเลือกที่ n จากพื้นที่บริการ i ในวันที่ s

ในการคำนวณ $w_n(j,s)$ สามารถแบ่งได้ 2 กรณี

<u>กรณี 1</u>

$$s + t_{i,j} < P : w_n(i,s) = \begin{cases} r_{i,j} + p_j(s + t_{i,j}) & \text{ถ้าทางเลือกที่ n ถูกส่งไปยังพื้นที่บริการ j กรณีบรรทุกเต็มคัน} \\ -c_{i,j} + p_j(s + t_{i,j}) & \text{ถ้าทางเลือกที่ n ถูกส่งไปยังพื้นที่บริการ j กรณีรถเปล่า} \end{cases}$$

<u>กรณี 2</u>

$$s + t_{i,j} > P : w_n(i,s) = \begin{cases} r_{i,j}[(p-s)/t_{i,j}] & \text{ถ้าทางเลือกที่ n ถูกส่งไปยังพื้นที่บริการ j กรณีบรรทุกเต็มคัน} \\ -c_{i,j}[(p-s)/t_{i,j}] & \text{ถ้าทางเลือกที่ n ถูกส่งไปยังพื้นที่บริการ j กรณีรถเปล่า} \end{cases}$$

โดยที่

$r_{i,j}$ = รายได้สุทธิต่อการบรรทุกสินค้าจากพื้นที่บริการ i ไปยังพื้นที่บริการ j

$c_{i,j}$ = ต้นทุนต่อการขนส่งเที่ยวเปล่าจากพื้นที่บริการ i ไปยังพื้นที่บริการ j

$p_j(s)$ = ค่าเฉลี่ยผลรวมรายได้สุทธิของรถบรรทุกวิ่งเข้าพื้นที่บริการ j ในช่วงเวลา s จนสิ้นสุดช่วงเวลาการวางแผน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$P$ = คาบเวลาสุดท้ายในช่วงเวลาการวางแผน

$t_{i,j}$ = เวลาในการเดินทางจากพื้นที่บริการ i ไปยังพื้นที่บริการ j

ในการคำนวณเริ่มต้นโดยที่ $s = P$ และคำนวณย้อนกลับไปทีละคาบเวลา โดยกำหนดให้ $s = 1$ ในทุกๆพื้นที่บริการ j เริ่มคำนวณที่ช่วงเวลา $s = P - 1$ และ $s = P - 2$ ไปเรื่อยๆจนกระทั่งถึงช่วงเวลาที่ $s = 1$ซึ่งในการวิจัยของ Powell (1978) จากการทดลองสรุปได้ว่า ค่าผลกระทบพื้นที่สุดท้าย (End effect) เมื่อช่วงเวลาในการวางแผนมีค่ามากส่งผลให้ค่าสัมพัทธ์ End effect มีค่าคงที่ ดังนั้นการวางแผนที่มีระยะเวลานานพอ ทำให้การช่วงเวลาการวางแผนไม่ได้รับผลกระทบบิดเบือนจากการวางแผนในช่วงเริ่มต้น

## 2.4 รูปแบบจำลองการจัดสรรรถบรรทุก

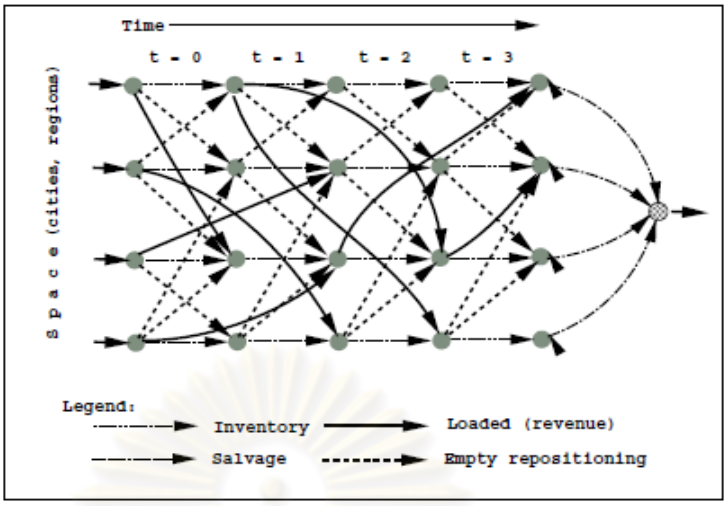
แบบจำลองการจัดสรรรถบรรทุกแบบพลวัตร สามารถแบ่งประเภทแบบจำลองได้หลายประเภท โดย Powell (1996) แบ่งได้ดังนี้

1. แบบจำลองพลวัตรแบบแน่นอน (A deterministic, dynamic model)
2. แบบจำลองพลวัตรแบบแปรปรวน ( A Stochastic, dynamic model)

### 2.4.1 แบบจำลองพลวัตรแบบแน่นอน (A deterministic, Dynamic Model)

การพัฒนาแบบจำลองพลวัตรเป็นการพิจารณากิจกรรมในโครงข่ายทั้งกิจกรรมที่เกิดขึ้นปัจจุบันและอนาคตเข้าร่วมกัน โดยเหตุการณ์ทั้งหมดจะอยู่ภายใต้กฎเกณฑ์ที่แน่นอนและมีการกำหนดเวลาที่แน่นอนเช่นกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 2.6 การจัดการโครงข่ายพลวัตรแบบแน่นอน (Deterministic, dynamic network)

ที่มา: งานวิจัยของ Powell (1996)

- ——→ แนวเส้นรายได้ (Revenue) หรือการบรรทุกสินค้า (Loaded) แสดงกิจกรรมในการขนส่งสินค้าจากพื้นที่บริการ
- - - - → แนวเส้นว่างเปล่า (Empty) แสดงกิจกรรมการขนส่งเที่ยวเปล่า
- —··—··→ แนวเส้นสินค้าที่เก็บไว้ (Inventory) แสดงการสำรองการขนส่งในพื้นที่บริการเดิม
- —·—·→ แนวเส้น Salvage แสดงการไหลสำหรับการขนส่งในแต่ละพื้นที่บริการไปจนสิ้นสุดการวางแผนกระทั่งผูกจุดรับทั้งหมดเข้ารวมกัน (Supersink)

แบบจำลองนี้สามารถเขียนในรูปสมการพื้นฐานตั้งแต่เริ่มต้นการขนส่งจนถึงผูกจุด ได้ดังต่อไปนี้

กำหนดให้

$c$ = เซตพื้นที่บริการโดยใช้ i และ j แทนพื้นที่บริการเริ่มต้นและจุดปลายตามลำดับ

$\tau_{i,j}$ = เวลาที่ใช้ในการเดินทางจากพื้นที่บริการ i ไป j

$T$ = ระยะเวลาในการวางแผน

$x_{ijt}$ = เส้นทางการไหลของการขนส่งสินค้าจากพื้นที่บริการ i ไป j ขาออกในช่วงเวลา $t$ และขาเข้าในช่วงเวลา $t+\tau_{i,j}$

$y_{ijt}$ = เส้นทางการไหลของการวิ่งรถเปล่าจากพื้นที่บริการบริการ i ไป j ขาออกในช่วงเวลา $t$

$y_{iit}$ = ยานพาหนะที่สำรองในพื้นที่บริการ i ช่วงเวลา $t$ ถึง $t+1$

$D_{ijt}$ = ปริมาณความต้องการขนส่งสินค้าจากพื้นที่บริการ i ไป j ในช่วงเวลา $t$

$c_{ijt}$ = ต้นทุนการขนส่งของรถวิ่งเที่ยวเปล่าจากพื้นที่บริการ i ไป j ในช่วงเวลา $t$

$r_{ijt}$ = รายได้สุทธิจากการขนส่งสินค้าในช่วงเวลา $t$

$R_{it}$ = ความสามารถในการขนส่งสินค้าวิ่งเข้าสู่ระบบในช่วงเวลาแรกของพื้นที่บริการ i ที่เวลา $t$

แบบจำลองสามารถเขียนในรูปสมการได้ 2 แบบ คือ ในรูปขณะเดียว (simultaneous) และแบบวนซ้ำ (recursive) เขียนได้ดังนี้

<u>แบบขณะเดียว (simultaneous)</u>

สมการเป้าหมาย

$$\text{(DVA)}\ \max \sum_{t=0}^{T} \sum_{i\in C} \sum_{j\in C} [r_{ijt}x_{ijt} - c_{ijt}y_{ijt}] \qquad (2.13)$$

สมการข้อบังคับ สำหรับ $t = 0,...,T$

$$\begin{aligned} \Sigma_{j\in C}(x_{ijt} + y_{ijt}) - \Sigma_{k\in C}(x_{ki,t-\tau_{ki}} + y_{ki,t-\tau_{ki}}) &= R_{it} && \forall_i \in C \\ x_{ijt} &\le D_{ijt} && \forall_{i,j} \in C \\ \tau_{ij} &= 1, i, j \in C && \forall_{i,j} \in C \end{aligned} \qquad (2.14)$$

สำหรับแบบจำลองแบบวนซ้ำเป็นการนำแบบจำลองขณะเดียวมาหาซ้ำไปเรื่อยๆในช่วงเวลาถัดไป สมมติให้เวลาการเดินทางทั้งหมดเป็นช่วงหนึ่งคาบ นั่นคือ $\tau_{ij} = 1, i, j \in C$

กำหนดให้

$S_{it}$ = จำนวนการขนส่งสินค้าทั้งหมดจากพื้นที่บริการ i ไปยัง j

$$= \sum_{k\in C}(x_{ki,t-1} + y_{ki,t-1}) \qquad (2.15)$$

<u>แบบวนซ้ำ (Recursive)</u>

สมการเป้าหมาย

$$Q_t(S_t) = \max_{x_t, y_t, S_{t+1}} r_t x_t - c_t y_t + Q_{t+1}(S_{t+1}) \qquad (2.16)$$

สมการข้อบังคับ

$$\begin{aligned} \Sigma_j (x_{ijt} + y_{ijt}) &= S_{it} && i \in C \\ \Sigma_i (x_{ijt} + y_{ijt}) - S_{t+1} &= 0 && i \in C \\ x_{ijt} &= D_{ijt} && j, j \in C \\ x_{ijt}, y_{ijt} &\geq 0 && j, j \in C \end{aligned} \qquad (2.17)$$

สมการแบบวนซ้ำเป็นพื้นฐานที่สำคัญสำหรับอธิบายลักษณะแบบจำลองแปรปรวนไม่แน่นอน รวมทั้งใช้ในการจัดการกรณีที่มีการคาดการณ์ปริมาณความต้องการขนส่งที่ไม่แน่นอน

ประโยชน์ของแบบจำลอง

1. สามารถพิจารณาปริมาณความต้องการขนส่งทั้งที่เกิดขึ้นจริงและปริมาณที่ถูกคาดการณ์ตลอดช่วงเวลาการวางแผน
2. แบบจำลองสามารถรองรับปริมาณที่เกินขีดความสามารถในการขนส่งที่จะรับได้จากพื้นที่บริการหนึ่งไปยังอีกพื้นที่ถัดไป
3. กรณีมีปริมาณความสามารถในการขนส่งน้อยเกินไป แบบจำลองนี้สามารถยอมรับหรือปฏิเสธในการขนส่งสินค้าได้

ข้อเสียของแบบจำลอง

1. สำหรับปริมาณการบรรทุกสินค้าที่ถูกเลือกแล้วจะไม่แตกต่างจากค่าที่ถูกคาดการณ์ และแบบจำลองสามารถแนะนำการขนส่งสินค้าที่ถูกคาดการณ์ไว้ได้แต่ไม่สามารถทำให้ปรากฏในแบบจำลองได้อย่างชัดเจน
2. สำหรับการวางแผนระยะยาว จะเกิดค่าความคลาดเคลื่อนแบบมีนัยสำคัญซึ่งจะส่งผลให้โครงข่ายพลวัตรกว้างมากยิ่งขึ้นและก่อให้เกิดความผิดพลาดของผลลัพธ์ที่ได้มีค่าเกินจริง
3. ปริมาณความต้องการขนส่งสินค้าที่ถูกคาดการณ์ล่วงหน้าไม่แสดงผลเป็นจำนวนเต็ม และการแก้ปัญหายังเกิดความคลาดเคลื่อนแบบมีนัยสำคัญ

4. การคาดการณ์ปริมาณความต้องการขนส่งสินค้าในพื้นที่บริการแต่ละจุดนั้นมีความง่ายขึ้น แต่ยังคงมีขีดจำกัดด้านลักษณะความสามารถของคนขับรถและปริมาณการบรรทุก

2.4.2 แบบจำลองพลวัตรแบบแปรปรวน (A Stochastic Dynamic Model)

แบบจำลองประเภทนี้เป็นการแก้ไขจุดอ่อนแบบจำลองภายใต้ความแน่นอนต่างๆ สิ่งที่สังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนสำหรับแบบจำลองนี้ คือการคาดการณ์ความไม่แน่นอนของปริมาณความต้องการขนส่งสินค้า โดย Powell (1988) ทำการศึกษาแบบจำลองพื้นฐานและได้มีการกำหนดสมการแบบง่าย ซึ่งได้สมมติระยะเวลาระหว่างคู่พื้นที่บริการการขนส่งอย่างแน่นอนในช่วงเวลาหนึ่ง ในขณะเดียวกัน Frantzeskakis และ Powell (1990) ได้เสนอกระบวนการแก้ปัญหาด้วยโปรแกรมความแปรปรวน (Stochastic Program) โดยการทราบปริมาณความต้องการขนส่งสินค้าในช่วงเวลาเริ่มต้น และช่วงเวลาทั้งหมดที่เหลือนั้นเกิดจากการคาดการณ์ ในทางตรงกันข้ามกระบวนการทั้งหมดนี้ไม่เพียงแต่ที่จะสามารถจัดการช่วงเวลาในการเดินทางที่หลากหลายช่วงเวลาแล้วยังสามารถทำการรวบรวมปริมาณความต้องการขนส่งสินค้าที่ทราบอย่างแน่นอนและที่เกิดจากการคาดการณ์เข้าด้วยกันในอนาคต แบบจำลองพลวัตรแบบแปรปรวนนี้สามารถแบ่งการพิจารณาตามคาบเวลาได้ 2 ลักษณะซึ่งในแต่ละลักษณะสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งแบบขณะเดียวและแบบวนซ้ำเช่นเดียวกับกรณีแบบจำลองแบบแน่นอน

(1) เวลาการเดินทางสถานะเดียว (Single time period travel times)

สมมติให้กลุ่มความน่าจะเป็นเหล่านี้ $(\Omega, F, P)$ มีเซตของผลลัพธ์เป็น $\omega = (\omega_1, \omega_2, ..., \omega_T)$ และกำหนดตัวแปรในการตัดสินใจ $(x_t, y_t)$ เกิดในช่วงเวลา $t$ ในกรณีนี้ที่เวลา $t$ คือสถานะ (Stage) ตลอดช่วงกระบวนการขนส่งทั้งหมด (History, $H_t$)

กำหนดให้

$$H_t = \{(x_0, y_0), (\omega_1, x_1, y_1), (\omega_2, x_2, y_2), ..., (\omega_1, x_1, y_1)\}$$

โดยที่

$D_{ijt}(\omega_t)$ = ปริมาณสุ่มความต้องการขนส่งสินค้าจากพื้นที่บริการ i ไป j ในช่วงเวลา t

$\hat{D}_{ij0}$ = ปริมาณความต้องการขนส่งสินค้าที่ทราบจริงจากพื้นที่บริการ i ไป j ในช่วงเวลา 0

$x_{ij0}$ = การไหลของการขนส่งสินค้าในสถานะ 0

$y_{ij0}$ = การไหลของการขนส่งเที่ยวเปล่าในสถานะ 0

$S_t$ = ผลรวมแต่ละสถานะของระบบ

= $S_t(H_t)$

$x_t(S_t,\omega_t), y_t(S_t,\omega_t)$ = การไหลของรถที่ขนส่งสินค้าและรถวิ่งเปล่าในสถานะ t ซึ่งขึ้นอยู่กับทั้ง 2 สถานะของระบบ $S_t$ และการสุ่มผลลัพธ์ในสถานะ $t,\omega_t$

สมการเป้าหมาย

$$\max_{x_0,y_0,s_1}\{r_0x_0 - c_0y_0 + E[Q_1(S_1,\omega_1)]\} \tag{2.18}$$

สมการข้อบังคับ

$$\begin{aligned}
\Sigma_j(x_{ij0}+y_{iy0}) &= R_{i0} && \forall_i \in C \\
x_{ijt} &\le \hat{D}_{ij0} && \forall_{i,j} \in C \\
x_{ij0}, y_{ij0} &\ge 0 && \forall_{i,j} \in C \\
\Sigma_i(x_{ij0}+y_{ij0}) - S_{j1} &= 0 && \forall_{i,j} \in C
\end{aligned} \tag{2.19}$$

$Q_1(S_1,\omega_1)$ เป็นฟังก์ชันเงื่อนไขในกรณีทำการวนซ้ำ ซึ่งฟังก์ชันดังกล่าวสามารถเขียนได้ดังนี้

$$Q_t(S_t,\omega_t) = \max\ r_t\{x_t(S_t,\omega_t) - c_t y_t(S_t,\omega_t) + E_{\omega_{t+1}}[Q_{t+1}(S_{t+1},\omega_{t+1})]\} \tag{2.20}$$

สมการข้อบังคับ

$$\begin{aligned}
\Sigma_j x_{ijt}(S_t,\omega_t) + y_{ijt}(S_t,\omega_t) &= S_t && \forall_i \in C \\
\Sigma_i x_{ijt}(S_t,\omega_t) + y_{ijt}(S_t,\omega_t) - S_{j,t+1} &= 0 && \forall_j \in C \\
x_{ijt}(S_t,\omega_t) &\le D_{ijt}(\omega_t) && \forall_{i,j} \in C \\
x_{ijt}, y_{ijt} &\ge 0 && \forall_{i,j} \in C
\end{aligned} \tag{2.21}$$

เป็นผลก่อให้เกิด

$$\bar{Q}_t(S_t) = E_{\omega_t}\{Q_t(S_t,\omega_t)\}$$

การคาดการณ์ของฟังก์ชันวนซ้ำ โดย $\bar{Q}_t(S_t)$ คือฟังก์ชันนูน (Convex Function) ของ $S_t$ เมื่อสามารถคำนวณหาค่าฟังก์ชันดังกล่าวได้และแทนค่าดังกล่าวกลับเข้าไปยังสมการที่ (11) ทำให้สามารถคำนวณหาค่าความเหมาะสมของช่วงคาบเวลาแรกในการตัดสินใจได้

(2) เวลาการเดินทางหลายสถานะ (Multiperiod travel times)

ในทางปฏิบัติเวลาที่ใช้ในการเดินทางระหว่างเมืองคาบในการวางแผนที่หลากหลายจะเกิดขึ้นเป็นจำนวนเต็ม $\tau_{ij} = 1, 2, ..., \bar{\tau}$ จำเป็นต้องทำการขยายสถานะให้กว้างมากขึ้นดังนี้

กำหนดให้

$S_{ji}(k)$ = การไหลขาเข้าสู่พื้นที่บริการ j ในคาบเวลาที่ k จนกระทั่งเป็นคาบเวลาที่ t+k

$N_j(k)$ = $\{i \mid \tau_{ij} = k\}$

สมการเป้าหมาย

$$\max_{x_0, y_0, S_1} \{r_0 x_0 - c_0 y_0 + E_{\omega_1}[Q_1(S_1, \omega_1)]\} \tag{2.22}$$

สมการข้อบังคับ

$$\begin{aligned} \sum_j (x_{ij0} + y_{ij0}) &= R_{i0} \\ x_{ijt} &= \hat{D}_{ij0} \\ x_{ij0}, y_{ij0} &\geq 0 \\ \sum_{i \in N_j(k)} (x_{ij0} + y_{ij0}) + S_{j0}(k) - S_{j1}(k-1) &= 0 \end{aligned} \tag{2.23}$$

ลักษณะฟังก์ชันการวนซ้ำสามารถเขียนได้ดังนี้

$$Q_t(S_t, \omega_t) = \max \{r_t x_t(S_t, \omega_t) - c_t y_t(S_t, \omega_t) + E_{\omega_{t+1}}[Q_{t+1}(S_{t+1}, \omega_{t+1})]\} \tag{2.24}$$

สมการข้อบังคับ

$$\begin{aligned} \sum_j x_{itj}(S_t, \omega_t) + y_{ijt}(S_t, \omega_t) &= s_{it}(0) \\ \sum_i (x_{ijt}(S_t, \omega_t) + y_{ijt}(S_t, \omega_t)) + S_{j,t}(k) - S_{j,t+1}(k-1) &= 0 \\ x_{ijt}(S_t, \omega_t) &\leq D_{ijt}(\omega_t) \\ x, y &\geq 0 \end{aligned} \tag{2.25}$$

จากการทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีตที่เกี่ยวข้องกับการจัดสรรรถบรรทุกล้วนอยู่ภายใต้กฎเกณฑ์สถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง คือความแปรปรวนไม่แน่นอนต่างๆที่เกิดขึ้นตลอดช่วงการขนส่งไม่ว่าจะเป็นปริมาณความต้องการขนส่งที่ไม่แน่นอน ระยะเวลา จำนวนรถที่ต้องใช้ในแต่ละวันจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงไม่คงที่ ซึ่งในการวิเคราะห์ผลมักทำทีละส่วนเริ่มตั้งแต่คำนวณหาคาบเวลาวางแผนที่เหมาะสมตลอดจนการกระจายรถบรรทุกไปยังศูนย์กระจายต่างๆ โดยคำนึงถึงผลกำไรสูงสุด โดยการประยุกต์ใช้กระบวนการแบบจำลอง LOADMAP และการนำแบบจำลองกรณีสภาวะที่ไม่แน่นอนด้วยวิธีพลวัตร (Stochastic Dynamic Model) มาพัฒนาในส่วนของระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดสรรรถบรรทุก

## 2.5 แบบจำลองการจัดสรรรถแบบ LOADMAP(Load Matching and Pricing)

Powell (1988) ได้ทำการออกแบบรูปแบบการจำลองด้วยวิธีที่เรียกว่า LOADMAP ให้กับกรมการขนส่งพาณิชย์อเมริกาตอนเหนือ(North American Commercial Transport, NACT) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการขนส่งที่ได้รับผลกำไรสูงสุดและเป็นการยกระดับการให้บริการด้านการค้าและระบบการกระจายสินค้า นอกจากนี้ยังส่งผลต่อการขายและการตลาดของผู้ประกอบการอีกด้วย โดยจากการวิเคราะห์ตามแบบจำลองดังกล่าวนั้นยังให้ผลลัพธ์ของจำนวนรถเมื่อทำการเพิ่มปริมาณรถเข้าสู่เส้นทางการขนส่งในแต่ละเส้นทางจนถึงค่าสูงสุด แล้วยังบอกถึงผลกำไรสูงสุดที่จะได้รับด้วยเมื่อทำการเพิ่มการขนส่งในแต่ละเส้นทางที่ทำการคาดการณ์ไว้ ขั้นตอนในแบบจำลอง LOADMAP นั้นแบ่งออกเป็น 3 ดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 หาค่า End Effects

เป็นขั้นตอนในการจัดการระบบการขนส่งในอนาคตโดยพิจารณาจากค่าผลกระทบต่อพื้นที่ ซึ่งค่าดังกล่าวนี้คือมูลค่าคาดการณ์สำหรับการจัดสรรรถบรรทุกตลอดช่วงคาบการวางแผนที่จะได้รับ โดยมูลค่านี้ใช้เทคนิคที่เรียกว่า Dynamic programming ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ2.3 เพื่อทำการหาคาบการวางแผนที่เหมาะสม โดยงานวิจัยนี้ได้คาบการวางแผนที่เหมาะสมคือวันที่ 10 โดยพิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างคาบการวางแผนและผลต่างมูลค่าEnd Effect อ้างอิงกับพื้นที่บริการฐาน และในวันที่ 10 เป็นวันที่เริ่มเป็นค่าคงที่ตลอด และจากคาบการวางแผนดังกล่าวเป็นการอธิบายผลตอบแทนในการใช้รถบรรทุกเพื่อกระจายสินค้าไปยังพื้นที่อื่นๆ เมื่อมีการเพิ่มรถมากยิ่งขึ้นผลตอบแทนที่ได้ย่อมไม่ได้รับผลกระทบจากปัจจัยอื่นๆเพิ่มเติม

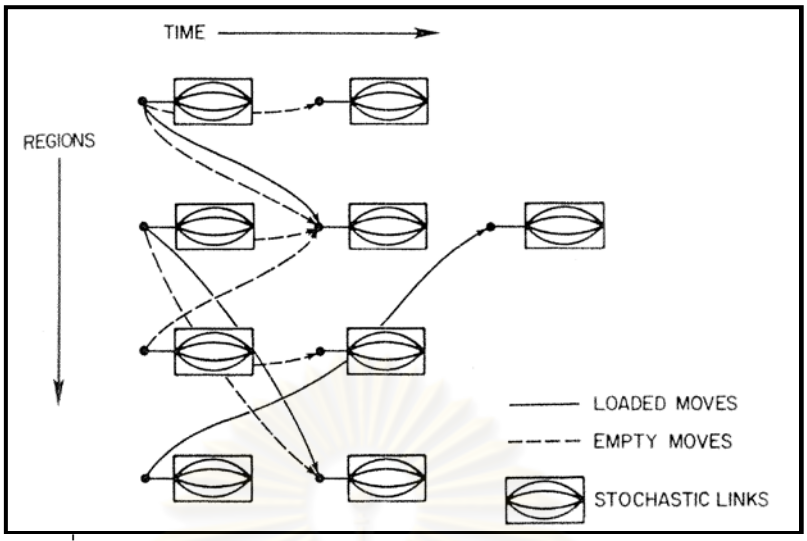
- ขั้นตอนที่ 2 หามูลค่าส่วนเพิ่มของรถบรรทุก (The Marginal Trunk)

ขั้นตอนนี้มีเป้าหมายเพื่อหามูลค่าส่วนเพิ่มของรถบรรทุกในแต่ละเส้นทางที่ไม่ทราบปลายทางที่แน่ชัดได้ในอนาคต โดยเริ่มจากการใช้ข้อมูลในอดีตมาเป็นพื้นฐานในการดูแนวโน้มการกระจายรถบรรทุก เพื่อทำการคาดการณ์การกระจายรถบรรทุกในอนาคต แล้วจากการหามูลค่าผลกระทบพื้นที่จากขั้นตอนที่ 1 มานั้นก็ยังสามารถบอกถึงมูลค่าคาดหวังของผลกำไรที่จะได้รับในแต่ละเส้นทางที่ทำการกระจายสินค้าได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังสามารถจัดลำดับการกระจายรถขนส่งสินค้าในแต่ละเส้นทางที่จะมีความเป็นไปได้มากสุดโดยพิจารณาจากการคาดการณ์ผลกำไรรวมกับค่าผลกระทบพื้นที่ และคาดการณ์ปริมาณในการกระจายในแต่ละเส้นทางนั้นโดยพิจารณาจากค่าความน่าจะเป็นที่ได้จากข้อมูลเก่าในอดีตมาทำการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นโดยให้เกิดการกระจายตัวแบบปัวซองส์ สำหรับการวิเคราะห์ส่วนนี้ทำให้ทราบถึงมูลค่าส่วนเพิ่มในแต่ละเส้นทางเป็นหัวใจสำคัญสำหรับแบบจำลองLOADMAP ในการคาดการณ์ความไม่แน่นอนซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างกำไรทั้งหมดและปริมาณรถบรรทุกที่ถูกกระจายไปยังศูนย์บริการอื่นๆ

- ขั้นตอนที่ 3 ทราบโครงข่ายการกระจายรถ (Known Contribution)

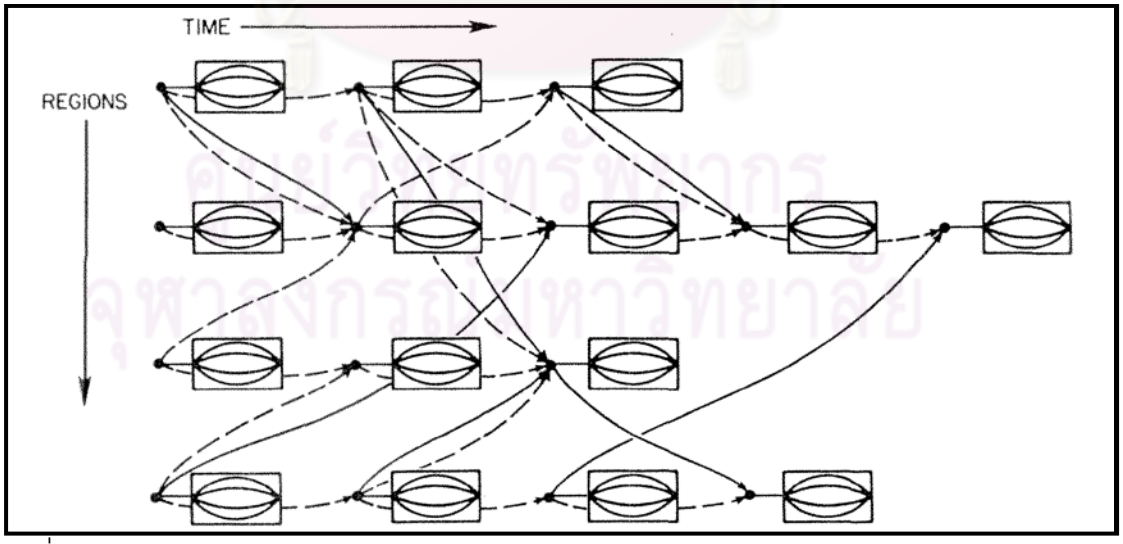
สำหรับขั้นตอนสุดท้ายจะทำให้ทราบถึงโครงข่ายในการกระจายรถบรรทุกไปยังจุดหมายปลายทางและทราบมูลค่าคาดการณ์ที่จะได้รับ โดยแบ่งโครงข่ายได้ออกเป็น 2 ระดับ คือ การกระจายแบบแน่นอน (Deterministic) และการกระจายแบบไม่แน่นอน (Stochastic) ซึ่งในระดับแรกของการกระจายสินค้า คือ การกระจายแบบแน่นอน ทราบได้จากข้อมูลในอดีต สำหรับระดับการกระจายแบบไม่แน่นอนเกิดจากการคาดการณ์ทั้งสิ้น ซึ่งเป็นการตอบโจทย์ตามปัญหาที่ผู้วิจัยกล่าวไว้ในขั้นตอนนี้คือ จะทำการกระจายรถบรรทุกอย่างไรให้ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดทั้งด้านการให้บริการลูกค้าและผลรวมของกำไรที่คาดว่าจะได้รับตลอดช่วงการวางแผน โดยโครงข่ายในการกระจายรถบรรทุกดังรูป 2.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 2.7 ลักษณะโครงข่ายการกระจายรถบรรทุกจากคาบเวลาแรก

จากรูปที่ 2.7 เป็นการแสดงโครงข่ายที่เกิดจากการขนส่งรถบรรทุกกระจายไปปลายทางโดยเริ่มออกจากการใช้คาบเวลา 1วัน สำหรับการขนส่ง ซึ่งทุกปลายทางการขนส่งจะสิ้นสุดด้วยการกระจายรถบรรทุกแบบไม่แน่นอน ถ้าหากการขนส่งมีการใช้คาบเวลาในการเดินทางเป็นเวลาหลายวันหรือตลอดช่วงเวลาที่รู้จำนวนการกระจายการขนส่งสิ้นสุดที่ใด ทำให้ต้องมีการขยายโครงข่ายมากขึ้นและปลายทางยังคงเป็นขั้นตอนการกระจายสินค้าแบบไม่แน่นอนเช่นเดียวกันดังรูปที่ 2.8




รูปที่ 2.8 การขยายโครงข่ายการกระจายรถบรรทุก

# บทที่ 3
# วิธีดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดต่างๆสำหรับพัฒนาระบบการจัดสรรรถบรรทุกด้วยแบบจำลองความแปรปรวนพลวัตร ซึ่งประกอบไปด้วย ลักษณะข้อมูลพื้นฐานในการ วิธีรวบรวมข้อมูล และ รูปแบบการวิจัย ตามลำดับ

## 3.1 **สมมติฐานเบื้องต้น**

งานวิจัยนี้ได้กำหนดข้อสมมติฐานและความหมายต่างๆดังต่อไปนี้

- จำนวนศูนย์กระจายสินค้าทั้งหมด 5 ศูนย์ทั่วประเทศได้แก่ ศูนย์กระจายสินค้ากรุงเทพฯ เชียงใหม่ ขอนแก่น ชลบุรี และ หาดใหญ่
- เวลาที่ใช้ในการขนส่งใช้เวลาการเดินทางเพียง 1 วันทำการ
- ทางเลือกในการกระจายสินค้าในแต่ละศูนย์กระจายสินค้านั้นมีทั้งหมด 9 ทางเลือกต่อหนึ่งศูนย์กระจายสินค้าคือ การขนส่งแบบบรรทุกสินค้า (Load) วิ่งเที่ยวเปล่า (Empty) ไปยังแต่ละศูนย์กระจายสินค้า และการให้รถรอหยุดที่ศูนย์กระจายสินค้าเดิมอีก 1 ทางเลือก

## 3.2 **ข้อมูลพื้นฐานในการวิจัย**

เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาระบบการจัดสรรรถบรรทุกจึงได้นำข้อมูลจากบริษัทตัวอย่างที่ให้บริการการขนส่งมาทำการวิเคราะห์ นั่นคือ บริษัท NIM EXPRESS ซึ่งเป็นบริษัทที่ให้บริการรับ-ส่งสินค้าแบบด่วนพิเศษครอบคลุมทุกภาคของประเทศไทย โดยบริษัทดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งของบริษัท นิ่มซี่เส็งขนส่ง 1988 จำกัด สำหรับการบริการนั้นจะได้รับสินค้าจากลูกค้าเองโดยตรงคือลูกค้านำสินค้ามายังศูนย์กระจายสินค้าด้วยตัวเองหรือให้รถบริการของบริษัทไปรับสินค้าที่ลูกค้าแล้วนำสินค้านั้นมาที่ศูนย์กระจายสินค้าก่อนเพื่อทำการคัดแยกสินค้าอีกที ก่อนที่จะทำการกระจายสินค้าไปยังศูนย์บริการอื่นๆ

3.2.1 กระบวนการดำเนินงานบริการรับ-ส่งสินค้าของบริษัทตัวอย่าง

ในการบริหารจัดการระบบการขนส่งสำหรับการรับ-ส่งสินค้าของบริษัทตัวอย่างในแต่ละวันนั้น กิจกรรมเปิดรับ-ส่งสินค้าจะเกิดขึ้น 2 ช่วงเวลาดังนี้

ช่วงเช้า เวลา 8.00 น.ก่อนทำการกระจายรถสินค้าไปยังศูนย์กระจายสินค้าอื่นๆนั้น ทางบริษัทต้องทำการตรวจสอบจำนวนรถบรรทุกที่มีอยู่ในศูนย์กระจายสินค้ารวมถึงจำนวนรถบรรทุกที่จะเข้ามายังศูนย์กระจายสินค้าภายในวันนั้นๆด้วย แล้วจึงทำการประเมินความเพียงพอของรถบรรทุกต่อปริมาณความต้องการในการจัดส่งสินค้าในวันนั้นๆ กรณีรถบรรทุกไม่เพียงพอต่อปริมาณความต้องการขนส่งต้องทำการขอรถบรรทุกจากศูนย์กระจายสินค้าอื่นๆในพื้นที่บริการใกล้เคียง กรณีรถที่ศูนย์กระจายสินค้ามีรถบรรทุกมากเกินปริมาณความต้องการก็จะทำการสอบถามไปยังศูนย์บริการใกล้เคียงว่าต้องการรถบรรทุกเพิ่มเติมหรือไม่ ถ้าไม่มีความต้องการใช้ก็จะให้รถบรรทุกอยู่ที่ศูนย์กระจายสินค้านั้นเหมือนเดิม

ช่วงระหว่างวันเวลา 8.00 น.-17.00 น.ทำการเปิดรับสินค้าจากลูกค้า เมื่อทำการบรรทุกสินค้าเรียบร้อยจึงทำการจัดส่งสินค้าภายในเวลา 18.00 น. ซึ่งปัญหาในการจัดส่งสินค้าที่พบบ่อยๆเกิดขึ้นได้ 2 กรณี โดยทางบริษัทได้ดำเนินการแก้ไขปัญหา ดังนี้

กรณีที่ 1 รถบรรทุกไม่เพียงพอต่อการขนส่งสินค้าไปยังศูนย์กระจายสินค้าปลายทาง วิธีแก้ไขคือ

- ตัดสินใจเก็บสินค้าที่เกินในการบรรทุกสินค้าไว้ที่ศูนย์กระจายสินค้านั้นๆไว้ก่อนและทำการจัดส่งในวันถัดไป
- จัดหารถบรรทุกเพิ่มอีก 1 คัน จากการเรียกรถบรรทุกที่เหลือจากศูนย์กระจายสินค้าใกล้เคียง
- ให้รถบรรทุกสินค้าคันอื่นๆในศูนย์กระจายสินค้าดังกล่าวที่ไม่ได้มีปลายทางการขนส่งไปยังศูนย์กระจายสินค้าดังกล่าวแต่มีเส้นทางการขนส่งใกล้เคียงมาทำการขนส่งสินค้านั้นแทน

กรณีที่ 2 ปริมาณสินค้าที่จะทำการส่งไปยังศูนย์กระจายสินค้าปลายทางมีปริมาณน้อยมาก วิธีแก้ไขคือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- สำรองรถบรรทุกโดยรอสินค้าเพิ่มเติมเพื่อทำการจัดส่งไปยังศูนย์กระจายสินค้าปลายทางพร้อมกันในวันถัดไป
- นำสินค้าไปบรรทุกในรถคันที่จะทำการขนส่งสินค้าไปยังศูนย์กระจายสินค้าปลายทางใกล้เคียงกัน
- ปรับเปลี่ยนเส้นทางรถที่ทำการขนส่งดังกล่าวไปยังเส้นทางที่มีปริมาณความต้องการขนส่งมากและต้องการรถบรรทุกเพิ่มเติม ส่วนสินค้าดังกล่าวจะถูกจัดเก็บไว้แล้วทำการจัดส่งในวันถัดไป

3.2.2 ที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้า

จากข้อมูลที่นำมาวิจัยในการศึกษานี้เป็นข้อมูลเก่าขณะที่บริษัทตัวอย่างมีศูนย์กระจายสินค้าตามทั่วภูมิภาคอยู่ทั้งหมด 7 แห่ง คือ ศูนย์กระจายสินค้าภาคกลาง (กรุงเทพฯ) ศูนย์กระจายสินค้าภาคเหนือตอนบน (เชียงใหม่) ศูนย์กระจายสินค้าภาคเหนือตอนล่าง (ลำปาง) ศูนย์กระจายสินค้าตะวันออก (ชลบุรี) ศูนย์กระจายสินค้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน (ขอนแก่น) ศูนย์กระจายสินค้าภาคใต้ตอนบน (สุราษฎร์ธานี) และศูนย์กระจายสินค้าภาคใต้ตอนล่าง (หาดใหญ่) ดังรูปที่ 3.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่3.1 ศูนย์กระจายสินค้าของผู้ประกอบการตัวอย่าง

เนื่องจากศูนย์กระจายสินค้าภาคเหนือตอนล่าง(ลำปาง) และศูนย์กระจายสินค้าภาคใต้ตอนบน(สุราษฎร์ธานี) เป็นศูนย์กระจายสินค้าย่อย ซึ่งมีการขนส่งสินค้าเป็นจำนวนน้อยและใช้เส้นทางการขนส่งร่วมกับศูนย์กระจายสินค้าภาคเหนือตอนบน(เชียงใหม่) และศูนย์กระจายสินค้าภาคใต้ตอนล่าง(หาดใหญ่)ร่วมกันตามลำดับ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงไม่ได้นำศูนย์กระจายสินค้าทั้ง 2 มาวิเคราะห์ร่วมกับศูนย์กระจายสินค้าอื่นๆ

3.2.3 ต้นทุนในการขนส่ง

ต้นทุนในการขนส่งของบริษัทตัวอย่างนี้เกิดจากต้นทุนคงที่ ที่เกิดจากค่าจ้างพนักงานในแต่ละศูนย์กระจายสินค้า ค่าใช้จ่ายสำนักงาน ค่าเสื่อมราคาต่างๆ และต้นผันแปร หรือต้นทุนขนส่ง เช่น ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าซ่อมบำรุง และค่ายางเป็นต้น ต้นทุนเหล่านี้เกิดจากการใช้ทรัพยากรภายในบริษัทเองทั้งหมด ซึ่งต้นทุนสำหรับใช้รถบรรทุกในการขนส่งในงานวิจัยนี้คิดเป็นมูลค่าประมาณ 5 บาทต่อกิโลเมตร (รถบรรทุกขนาดเล็กหรือกระบะ) ระยะทางในการขนส่งสินค้าระหว่างศูนย์กระจายสินค้าแสดงตามตารางที่3.1

ตารางที่3.1 ระยะทางระหว่างศูนย์กระจายสินค้า (กิโลเมตร)

| ศูนย์กระจายสินค้า | กรุงเทพฯ | เชียงใหม่ | ขอนแก่น | ชลบุรี | หาดใหญ่ |
|---|---|---|---|---|---|
| กรุงเทพฯ | 0 | 715 | 445 | 80 | 930 |
| เชียงใหม่ | 715 | 0 | 665 | 780 | 1,610 |
| ขอนแก่น | 445 | 665 | 0 | 465 | 1,375 |
| ชลบุรี | 80 | 780 | 465 | 0 | 1,010 |
| หาดใหญ่ | 930 | 1,610 | 1,375 | 1,010 | 0 |

ดังนั้นในการพิจารณาต้นทุนในส่วนของการใช้รถบรรทุกเพื่อการขนส่งสินค้าระหว่างศูนย์กระจายสินค้าเกิดจากผลคูณระหว่างอัตราต้นทุนในการขนส่งและระยะทาง ซึ่งผลของต้นทุนในการขนส่งระหว่างศูนย์กระจายสินค้าแสดงดังตาราที่3.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่3.2 ต้นทุนการขนส่งสินค้าระหว่างศูนย์กระจายสินค้า (บาท)

| ศูนย์กระจายสินค้า | กรุงเทพฯ | เชียงใหม่ | ขอนแก่น | ชลบุรี | หาดใหญ่ |
|---|---|---|---|---|---|
| กรุงเทพฯ | 0 | 3,575 | 2,225 | 400 | 4,650 |
| เชียงใหม่ | 3,575 | 0 | 3,325 | 3,900 | 8,050 |
| ขอนแก่น | 2,225 | 3,325 | 0 | 2,325 | 6,875 |
| ชลบุรี | 400 | 3,900 | 2,325 | 0 | 5,050 |
| หาดใหญ่ | 4,650 | 8,050 | 6,875 | 5,050 | 0 |

3.2.4 อัตราการให้บริการ

รายได้ของบริษัทตัวอย่างนี้ได้รับมาจากการให้บริการขนส่งโดยคิดอัตราการให้บริการที่แตกต่างกันออกไป โดยขึ้นอยู่กับ ขนาดสินค้า ประเภทสินค้า และ ระยะทางในการขนส่ง ซึ่งทางบริษัทได้กำหนดขนาดของสินค้าออกเป็น 5 ขนาด คือ A,B,C,D และ E โดยอัตราการให้บริการแต่ละประเภทเป็นข้อมูลลับเชิงพาณิชย์ของผู้ประกอบการตัวอย่างจึงไม่สามารถเปิดเผยได้ ในการวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลในอดีตที่เกิดจากการสอบถามรายได้การขนส่งในรูปแบบเป็นเที่ยวระหว่างศูนย์กระจายสินค้า

3.2.5 ข้อมูลรถบรรทุกสินค้า

งานวิจัยนี้ได้พิจารณาเฉพาะรถบรรทุกสินค้าขนาดเล็ก หรือรถกระบะที่ถูกดัดแปลงในส่วนท้ายรถกระบะเป็นตู้ทึบ เพียงประเภทเดียว จากข้อมูลอดีตและในแต่ละศูนย์กระจายสินค้าจะมีรถประจำศูนย์ดังตารางที่3.3 ทั้งนี้จำนวนรถดังกล่าวต้องมีประจำตลอดเพื่อรองรับการขนส่งในวันถัดไป ซึ่งงานวิจัยนี้ไม่ได้คำนึงถึงจำนวนรถจากการจ้างบริษัทข้างนอก

ตารางที่3.3 ปริมาณรถบรรทุกสินค้าประจำศูนย์กระจายสินค้า

| ศูนย์กระจายสินค้า | กรุงเทพฯ | เชียงใหม่ | ขอนแก่น | ชลบุรี | หาดใหญ่ |
|---|---|---|---|---|---|
| จำนวนรถ(คัน) | 10 | 5 | 5 | 4 | 5 |

ข้อมูลในการกระจายรถบรรทุกสินค้าไปยังศูนย์กระจายสินค้าต่างๆทั้ง 4 เส้นทางนั้น มีปริมาณการกระจายรถบรรทุกที่ถูกใช้โดยเฉลี่ยต่อเส้นทางและปริมาณการวิ่งรถเที่ยวเปล่ารวมทั้งปริมาณรถสำรองในแต่ละเส้นทางดังตารางที่3.4 และตารางที่3.5 ตามลำดับ

ตารางที่3.4 ปริมาณการกระจายรถบรรทุกสินค้าโดยเฉลี่ย

| ศูนย์กระจายสินค้า | กรุงเทพฯ | เชียงใหม่ | ขอนแก่น | ชลบุรี | หาดใหญ่ |
|---|---|---|---|---|---|
| จำนวนรถ(คัน) | 8 | 3 | 2 | 2 | 2 |

ตารางที่3.5 ปริมาณรถเที่ยวเปล่าและปริมาณรถสำรองโดยเฉลี่ย

| ศูนย์กระจายสินค้า | กรุงเทพฯ | เชียงใหม่ | ขอนแก่น | ชลบุรี | หาดใหญ่ |
|---|---|---|---|---|---|
| ปริมาณรถเที่ยวเปล่า(คัน) | 0 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| ปริมาณรถสำรอง(คัน) | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |

## 3.3 รูปแบบการวิจัย

ระบบการตัดสินใจในการจัดสรรรถบรรทุกสินค้าของงานวิจัยนี้เป็นการหาคำตอบของผลตอบแทนกำไรสูงสุดโดยสามารถแบ่งกระบวนการวิเคราะห์เพื่อใช้ในการตัดสินใจออกเป็น 2 กระบวนการหลัก คือ กระบวนการตัดสินใจตามแบบจำลอง LOADMAP และ ระบบสนับสนุนเพื่อการตัดสินใจในการจัดสรรรถบรรทุก

3.3.1 กระบวนการตัดสินใจตามแบบจำลอง LOADMAP

ก่อนจากจะเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ตามแบบจำลองได้นั้นต้องมีการการจัดเตรียมข้อมูลก่อนซึ่งงานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลในอดีตมาทำการวิเคราะห์ผล และเนื่องจากข้อมูลดิบเป็นข้อมูลเก่าจึงต้องทำการจัดแยกข้อมูลปริมาณรถตามแต่ละศูนย์กระจายรถบรรทุกก่อนรวมทั้งพิจารณาถึงต้นทุนและรายได้จากการกระจายสินค้าไปในแต่ละทางเลือกดังแสดงในรูปที่4.2 ข้อมูลในการคำนวณหาปริมาณการใช้รถบรรทุกเฉลี่ยในแต่ละศูนย์กระจายสินค้าตลอดช่วงระยะเวลา 60 วัน ดังตารางที่3.4-3.5 ข้างต้น และข้อมูลดังกล่าวจะเป็นตัวแสดงพฤติกรรมการขนส่งสินค้า รวมทั้งเป็นตัวแทนในการขนส่งสินค้าของกระบวนการถัดมา

Microsoft Excel - data 1

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | S | i | j | | t(i,j) | u | r | c | r | c | n |
| 2 | Date | anning Da | Origin | Destinat | Type | time | dispatch | per Veh | per Veh | revenue | cost | Option |
| 3 | 1-ก.ค. | 1 | BKK | KK | L | 1 | 2 | 10000 | 2225 | 20000 | 4450 | 1 |
| 4 | 1-ก.ค. | 1 | BKK | CM | L | 1 | 2 | 12000 | 3575 | 24000 | 7150 | 2 |
| 5 | 1-ก.ค. | 1 | BKK | HY | L | 1 | 1 | 14000 | 4650 | 14000 | 4650 | 3 |
| 6 | 1-ก.ค. | 1 | BKK | CB | L | 1 | 1 | 6000 | 400 | 6000 | 400 | 4 |
| 7 | 1-ก.ค. | 1 | BKK | KK | E | 1 | 0 | | 2225 | 0 | 0 | 5 |
| 8 | 1-ก.ค. | 1 | BKK | CM | E | 1 | 0 | | 3575 | 0 | 0 | 6 |
| 9 | 1-ก.ค. | 1 | BKK | HY | E | 1 | 0 | | 4650 | 0 | 0 | 7 |
| 10 | 1-ก.ค. | 1 | BKK | CB | E | 1 | 0 | | 400 | 0 | 0 | 8 |
| 11 | 1-ก.ค. | 1 | BKK | BKK | S | 1 | 4 | | 0 | 0 | 0 | 9 |
| 12 | 3-ก.ค. | 2 | BKK | KK | L | 1 | 3 | 10000 | 2225 | 30000 | 6675 | 1 |
| 13 | 3-ก.ค. | 2 | BKK | CM | L | 1 | 3 | 12000 | 3575 | 36000 | 10725 | 2 |
| 14 | 3-ก.ค. | 2 | BKK | HY | L | 1 | 2 | 14000 | 4650 | 28000 | 9300 | 3 |
| 15 | 3-ก.ค. | 2 | BKK | CB | L | 1 | 1 | 6000 | 400 | 6000 | 400 | 4 |
| 16 | 3-ก.ค. | 2 | BKK | KK | E | 1 | 0 | | 2225 | 0 | 0 | 5 |
| 17 | 3-ก.ค. | 2 | BKK | CM | E | 1 | 0 | | 3575 | 0 | 0 | 6 |
| 18 | 3-ก.ค. | 2 | BKK | HY | E | 1 | 0 | | 4650 | 0 | 0 | 7 |
| 19 | 3-ก.ค. | 2 | BKK | CB | E | 1 | 0 | | 400 | 0 | 0 | 8 |
| 20 | 3-ก.ค. | 2 | BKK | BKK | S | 1 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 9 |
| 21 | 4-ก.ค. | 3 | BKK | KK | L | 1 | 3 | 10000 | 2225 | 30000 | 6675 | 1 |
| 22 | 4-ก.ค. | 3 | BKK | CM | L | 1 | 4 | 12000 | 3575 | 48000 | 14300 | 2 |
| 23 | 4-ก.ค. | 3 | BKK | HY | L | 1 | 1 | 14000 | 4650 | 14000 | 4650 | 3 |
| 24 | 4-ก.ค. | 3 | BKK | CB | L | 1 | 1 | 6000 | 400 | 6000 | 400 | 4 |
| 25 | 4-ก.ค. | 3 | BKK | KK | E | 1 | 0 | | 2225 | 0 | 0 | 5 |
| 26 | 4-ก.ค. | 3 | BKK | CM | E | 1 | 0 | | 3575 | 0 | 0 | 6 |
| 27 | 4-ก.ค. | 3 | BKK | HY | E | 1 | 0 | | 4650 | 0 | 0 | 7 |
| 28 | 4-ก.ค. | 3 | BKK | CB | E | 1 | 0 | | 400 | 0 | 0 | 8 |
| 29 | 4-ก.ค. | 3 | BKK | BKK | S | 1 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 9 |
| 30 | 5-ก.ค. | 4 | BKK | KK | L | 1 | 3 | 10000 | 2225 | 30000 | 6675 | 1 |
| 31 | 5-ก.ค. | 4 | BKK | CM | L | 1 | 4 | 12000 | 3575 | 48000 | 14300 | 2 |
| 32 | 5-ก.ค. | 4 | BKK | HY | L | 1 | 2 | 14000 | 4650 | 28000 | 9300 | 3 |
| 33 | 5-ก.ค. | 4 | BKK | CB | L | 1 | 2 | 6000 | 400 | 12000 | 800 | 4 |
| 34 | 5-ก.ค. | 4 | BKK | KK | E | 1 | 0 | | 2225 | 0 | 0 | 5 |
| 35 | 5-ก.ค. | 4 | BKK | CM | E | 1 | 0 | | 3575 | 0 | 0 | 6 |
| 36 | 5-ก.ค. | 4 | BKK | HY | E | 1 | 0 | | 4650 | 0 | 0 | 7 |
| 37 | 5-ก.ค. | 4 | BKK | CB | E | 1 | 0 | | 400 | 0 | 0 | 8 |
| 38 | 5-ก.ค. | 4 | BKK | BKK | S | 1 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 9 |
| 39 | 6-ก.ค. | 5 | BKK | KK | L | 1 | 3 | 10000 | 2225 | 30000 | 6675 | 1 |
| 40 | 6-ก.ค. | 5 | BKK | CM | L | 1 | 3 | 12000 | 3575 | 36000 | 10725 | 2 |
| 41 | 6-ก.ค. | 5 | BKK | HY | L | 1 | 2 | 14000 | 4650 | 28000 | 9300 | 3 |
| 42 | 6-ก.ค. | 5 | BKK | CB | L | 1 | 1 | 6000 | 400 | 6000 | 400 | 4 |
| 43 | 6-ก.ค. | 5 | BKK | KK | E | 1 | 0 | | 2225 | 0 | 0 | 5 |

รูปที่3.2 การจัดเรียงข้อมูลในอดีตของศูนย์กระจายสินค้ากรุงเทพฯ

สำหรับการวิเคราะห์กระบวนการตัดสินใจตามแบบจำลอง LOADMAP นั้นประกอบไปด้วยขั้นตอนการหาค่าผลกระทบต่อพื้นที่ (End Effect) การหามูลค่าคาดหวังในการเพิ่มรถบรรทุก (The Marginal Truck) และขั้นตอนสุดท้ายเป็นขั้นตอนที่ทำให้ทราบการกระจายรถแบบง่ายจากการพัฒนารูปแบบความน่าจะเป็น (Known Contributions) ของการกระจายรถบรรทุกสินค้าไปยังแต่ละทางเลือก โดยผลดังกล่าวจะถูกนำไปสู่ขั้นตอนการตัดสินใจในการจัดสรรรถบรรทุกต่อไป

(1.) ผลกระทบพื้นที่ (End Effect ,p(j,s)) คือการประมาณการณ์ในการจัดรถบรรทุกตลอดช่วงคาบการวางแผนซึ่งเป็นการบอกถึงมูลค่าของรถบรรทุกในศูนย์กระจายสินค้า(j) ในช่วงเวลาหนึ่ง(s) มูลค่าดังกล่าวเป็นการคำนวณตามแบบวิธีที่เรียกว่ากำหนดการพลวัตร (dynamic-programming-style) โดยมีรูปแบบการคำนวณดังสมการต่อไปนี้

กำหนดให้

P = จำนวนของคาบการวางแผน

$u_n(i,s)$ = ปริมาณเฉลี่ยของรถบรรทุกที่ใช้ขนส่งในอดีตสำหรับทางเลือกที่ n

$q_n(i,s)$ = สัดส่วนของปริมาณรถบรรทุกที่ถูกใช้ในพื้นที่บริการ i วันที่ s ในทางเลือกที่ n

$$= \frac{u_n(i,s)}{\sum_k u_k(i,s)}$$

$t(i,j)$ = จำนวนของคาบเวลา (1,2,3,…) สำหรับการกระจายรถขนส่งสินค้าจากพื้นที่ บริการ i ไปยังพื้นที่บริการ j

$r_n(i,s)$ = มูลค่าการขนส่งสินค้าในทางเลือก n จากพื้นที่บริการ i วันที่ s กรณีที่ได้จากการขนส่งสินค้าคือกำไรค่าดังกล่าวเป็นบวก กรณีขนส่งรถวิ่งเปล่าคือต้นทุนการขนส่งค่าดังกล่าวติดลบ

$w_n(i,s)$ = มูลค่าคาดหวังสำหรับการขนส่งสินค้าในทางเลือก n จากพื้นที่บริการ i วันที่ s

สำหรับค่า $\omega_n(i,s)$ สามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

ถ้า $s+t(i,j)<P$ , $w_n(i,s)=r_n(i,s)+p(j,s+t(i,j))$ (3.1)

ถ้า $s+t(i,j)\geq P$ , $w_n(i,s)=r_n(i,s)[\frac{(P-s)}{t(i,j)}]$ (3.2)

ค่าผลกระทบพื้นที่สุดท้ายจะเริ่มทำการคำนวณจาก s=P แล้วทำการคำนวณย้อนกลับไปตลอดช่วงเวลาการวางแผน ในช่วงเริ่มต้นจะกำหนด $p(i,P)=0$ สำหรับทุกพื้นที่บริการปลายทาง j แล้วเริ่มคำนวณที่ s=P-1, s=P-2 ถัดไปเรื่อยๆ เมื่อได้ค่า $w_n(i,s)$ จากการคำนวณของสมการที่ 3.1-3.2 แล้วก็สามารถคำนวณในขั้นตอนต่อไปสำหรับหาคาบการวางแผนที่เหมาะสมจากสมการ 3.3

$p(j,s)=\sum_n q_n(j,s)w_n(j,s)$ สำหรับทุกๆพื้นที่บริการปลายทาง j (3.3)

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าผลกระทบพื้นที่สุดท้ายจากการกำหนดคาบการวางแผน 7 วัน ของศูนย์กระจายสินค้าที่กรุงเทพฯ โดยคำนวณเริ่มจากวันที่ 7 หาค่า $w_n(i,s)$ ในแต่ละทางเลือก ซึ่งทางเลือกของ 1 ศูนย์กระจายสินค้าจะมีทั้งหมด 9 ทางเลือกที่เกิดจากการกระจายรถแบบมีการบรรทุกสินค้า (Load) และแบบวิ่งเที่ยวเปล่า (Empty) ไปยังศูนย์กระจายสินค้าอื่นๆ อีก 4 ศูนย์กระจายสินค้า ทางเลือกสุดท้ายคือรถที่หยุดรอรับสินค้าค้างไว้ประจำศูนย์ (Sink) ไม่ได้ทำการกระจายไปยังศูนย์อื่นซึ่งมูลค่าคาดหวังทางเลือกของทางเลือกที่มีการบรรทุกสินค้าและวิ่งเที่ยวเปล่าหาได้จากสมการ3.1-3.2 ตามลำดับซึ่งในการคำนวณของตัวอย่างในวันที่ 7 มูลค่าคาดหวังจะมีค่าเป็นศูนย์เนื่องจาก P=s ทำให้การหามูลค่าคาดหวังต้องใช้ตามสมการ3.2 สำหรับการหาค่า $w_n(i,s)$ ของรถที่รอในทางเลือกสุดท้ายจะใช้การคำนวณที่เกิดจากการคูณกันระหว่างต้นทุนต่ำสุดและจำนวนรถที่รอในการกระจายต่อไปในวันรุ่งขึ้นจากตัวอย่างนี้มีมูลค่าคาดหวังจากทางเลือกดังกล่าวเป็น –3,000 เนื่องจากต้นทุนในการขนส่งรถต่ำสุดเป็น -1,000 และมีรถค้างไว้ที่ศูนย์เพื่อรอการกระจายในวันรุ่งขึ้น 3 คันทำให้ได้มูลค่าดังกล่าว จากนั้นจึงทำการคำนวณของวันที่ 6 ย้อนกลับไปจนถึงวันที่ 1 จึงครบรอบของคาบที่กำหนดไว้ 7 วัน แล้วทำเช่นนี้เหมือนกันทุกๆศูนย์กระจายสินค้า ดังรูป3.3 จากนั้นจึงทำการคำนวณหาค่าผลกระทบพื้นที่สุดท้ายจากสมการ3.3 ที่เกิดจากผลรวมของผลคูณระหว่างสัดส่วนปริมาณรถบรรทุกที่ถูกใช้ $q_n(j,s)$ กับมูลค่าคาดหวังจากทางเลือก $w_n(j,s)$ ในทุกๆทางเลือก ดังรูป3.4 เป็นตัวอย่างการคำนวณค่าผลกระทบพื้นที่สุดท้ายในวันที่ 6 ของคาบการวางแผน 7 วัน ในกรอบสีแดงแสดงการคำนวณผลรวมกันในแต่ละทางเลือกจนได้ผลลัพธ์สุดท้ายในช่อง End effect มีค่าเป็น 17,655 ในกรอบพื้นสีเหลือง ซึ่งค่า

ดังกล่าวจะถูกไปใช้ในการคำนวณหาค่า $w_n(j,s)$ ของศูนย์กระจายอื่นที่มีการกระจายรถขนส่งไปยังศูนย์กระจายรถขนส่งที่กรุงเทพฯ ในวันที่ 5 ในกรณีที่ $s+t(i,j)<P$ ตามสมการ3.1

Microsoft Excel - data 1

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | S | i | j | | t[i,j | u | r | c | r | c | n | Sum | q | Wn | End eff |
| 2 | Date | anning | Da Origin | Destina | Type | time | dispatch | per Veh | per Veh | revenue | cost | Option | u | | | |
| 41 | 6-ก.ค. | 5 | BKK | HY | L | 1 | 2 | 14000 | 4650 | 28000 | 9300 | 3 | 9 | 0.22 | 24785 | |
| 42 | 6-ก.ค. | 5 | BKK | CB | L | 1 | 1 | 6000 | 400 | 6000 | 400 | 4 | 9 | 0.11 | 12762.5 | |
| 43 | 6-ก.ค. | 5 | BKK | KK | E | 1 | 0 | | 2225 | 0 | 0 | 5 | 9 | 0.00 | 0 | |
| 44 | 6-ก.ค. | 5 | BKK | CM | E | 1 | 0 | | 3575 | 0 | 0 | 6 | 9 | 0.00 | 0 | |
| 45 | 6-ก.ค. | 5 | BKK | HY | E | 1 | 0 | | 4650 | 0 | 0 | 7 | 9 | 0.00 | 0 | |
| 46 | 6-ก.ค. | 5 | BKK | CB | E | 1 | 0 | | 400 | 0 | 0 | 8 | 9 | 0.00 | 0 | |
| 47 | 6-ก.ค. | 5 | BKK | BKK | S | 1 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 9 | 9 | 0.00 | 0 | |
| 48 | 7-ก.ค. | 6 | BKK | KK | L | 1 | 3 | 10000 | 2225 | 30000 | 6675 | 1 | 10 | 0.30 | 23325 | 17655 |
| 49 | 7-ก.ค. | 6 | BKK | CM | L | 1 | 3 | 12000 | 3575 | 36000 | 10725 | 2 | 10 | 0.30 | 25275 | |
| 50 | 7-ก.ค. | 6 | BKK | HY | L | 1 | 1 | 14000 | 4650 | 14000 | 4650 | 3 | 10 | 0.10 | 9350 | |
| 51 | 7-ก.ค. | 6 | BKK | CB | L | 1 | 2 | 6000 | 400 | 12000 | 800 | 4 | 10 | 0.20 | 11200 | |
| 52 | 7-ก.ค. | 6 | BKK | KK | E | 1 | 0 | | 2225 | 0 | 0 | 5 | 10 | 0.00 | 0 | |
| 53 | 7-ก.ค. | 6 | BKK | CM | E | 1 | 0 | | 3575 | 0 | 0 | 6 | 10 | 0.00 | 0 | |
| 54 | 7-ก.ค. | 6 | BKK | HY | E | 1 | 0 | | 4650 | 0 | 0 | 7 | 10 | 0.00 | 0 | |
| 55 | 7-ก.ค. | 6 | BKK | CB | E | 1 | 0 | | 400 | 0 | 0 | 8 | 10 | 0.00 | 0 | |
| 56 | 7-ก.ค. | 6 | BKK | BKK | S | 1 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 9 | 10 | 0.10 | -1000 | |
| 57 | 8-ก.ค. | 7 | BKK | KK | L | 1 | 2 | 10000 | 2225 | 20000 | 4450 | 1 | 9 | 0.22 | 0 | -1000 |
| 58 | 8-ก.ค. | 7 | BKK | CM | L | 1 | 2 | 12000 | 3575 | 24000 | 7150 | 2 | 9 | 0.22 | 0 | |
| 59 | 8-ก.ค. | 7 | BKK | HY | L | 1 | 1 | 14000 | 4650 | 14000 | 4650 | 3 | 9 | 0.11 | 0 | |
| 60 | 8-ก.ค. | 7 | BKK | CB | L | 1 | 1 | 6000 | 400 | 6000 | 400 | 4 | 9 | 0.11 | 0 | |
| 61 | 8-ก.ค. | 7 | BKK | KK | E | 1 | 0 | | 2225 | 0 | 0 | 5 | 9 | 0.00 | 0 | |
| 62 | 8-ก.ค. | 7 | BKK | CM | E | 1 | 0 | | 3575 | 0 | 0 | 6 | 9 | 0.00 | 0 | |
| 63 | 8-ก.ค. | 7 | BKK | HY | E | 1 | 0 | | 4650 | 0 | 0 | 7 | 9 | 0.00 | 0 | |
| 64 | 8-ก.ค. | 7 | BKK | CB | E | 1 | 0 | | 400 | 0 | 0 | 8 | 9 | 0.00 | 0 | |
| 65 | 8-ก.ค. | 7 | BKK | BKK | S | 1 | 3 | | 0 | 0 | 0 | 9 | 9 | 0.33 | -3000 | |

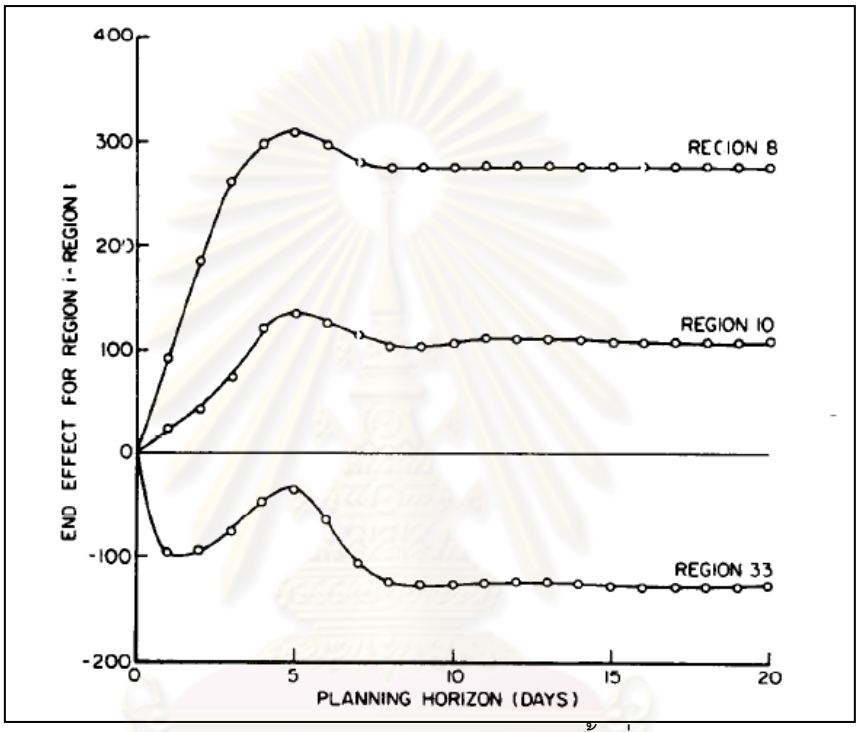
รูปที่3.3 การคำนวณหามูลค่าคาดหวังจากการเลือกนั้น $w_n(i,s)$

Microsoft Excel - data 1

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | S | i | j | | t[i,j | u | r | c | r | c | n | Sum | q | Wn | End eff | plan |
| 2 | Date | anning | Da Origin | Destina | Type | time | dispatch | per Veh | per Veh | revenue | cost | Option | u | | | | |
| 39 | 6-ก.ค. | 5 | BKK | KK | L | 1 | 3 | 10000 | 2225 | 30000 | 6675 | 1 | 9 | 0.33 | 24135 | 24674.2 | |
| 40 | 6-ก.ค. | 5 | BKK | CM | L | 1 | 3 | 12000 | 3575 | 36000 | 10725 | 2 | 9 | 0.33 | 29110 | | |
| 41 | 6-ก.ค. | 5 | BKK | HY | L | 1 | 2 | 14000 | 4650 | 28000 | 9300 | 3 | 9 | 0.22 | 24785 | | |
| 42 | 6-ก.ค. | 5 | BKK | CB | L | 1 | 1 | 6000 | 400 | 6000 | 400 | 4 | 9 | 0.11 | 12762.5 | | |
| 43 | 6-ก.ค. | 5 | BKK | KK | E | 1 | 0 | | 2225 | 0 | 0 | 5 | 9 | 0.00 | 0 | | |
| 44 | 6-ก.ค. | 5 | BKK | CM | E | 1 | 0 | | 3575 | 0 | 0 | 6 | 9 | 0.00 | 0 | | |
| 45 | 6-ก.ค. | 5 | BKK | HY | E | 1 | 0 | | 4650 | 0 | 0 | 7 | 9 | 0.00 | 0 | | |
| 46 | 6-ก.ค. | 5 | BKK | CB | E | 1 | 0 | | 400 | 0 | 0 | 8 | 9 | 0.00 | 0 | | |
| 47 | 6-ก.ค. | 5 | BKK | BKK | S | 1 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 9 | 9 | 0.00 | 0 | | |
| 48 | 7-ก.ค. | 6 | BKK | KK | L | 1 | 3 | 10000 | 2225 | 30000 | 6675 | 1 | 10 | 0.30 | 23325 | 17655 | |
| 49 | 7-ก.ค. | 6 | BKK | CM | L | 1 | 3 | 12000 | 3575 | 36000 | 10725 | 2 | 10 | 0.30 | 25275 | | |
| 50 | 7-ก.ค. | 6 | BKK | HY | L | 1 | 1 | 14000 | 4650 | 14000 | 4650 | 3 | 10 | 0.10 | 9350 | | |
| 51 | 7-ก.ค. | 6 | BKK | CB | L | 1 | 2 | 6000 | 400 | 12000 | 800 | 4 | 10 | 0.20 | 11200 | | |
| 52 | 7-ก.ค. | 6 | BKK | KK | E | 1 | 0 | | 2225 | 0 | 0 | 5 | 10 | 0.00 | 0 | | |
| 53 | 7-ก.ค. | 6 | BKK | CM | E | 1 | 0 | | 3575 | 0 | 0 | 6 | 10 | 0.00 | 0 | | |
| 54 | 7-ก.ค. | 6 | BKK | HY | E | 1 | 0 | | 4650 | 0 | 0 | 7 | 10 | 0.00 | 0 | | |
| 55 | 7-ก.ค. | 6 | BKK | CB | E | 1 | 0 | | 400 | 0 | 0 | 8 | 10 | 0.00 | 0 | | |
| 56 | 7-ก.ค. | 6 | BKK | BKK | S | 1 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 9 | 10 | 0.10 | -1000 | | |
| 57 | 8-ก.ค. | 7 | BKK | KK | L | 1 | 2 | 10000 | 2225 | 20000 | 4450 | 1 | 9 | 0.22 | 0 | -1000 | |
| 58 | 8-ก.ค. | 7 | BKK | CM | L | 1 | 2 | 12000 | 3575 | 24000 | 7150 | 2 | 9 | 0.22 | 0 | | |
| 59 | 8-ก.ค. | 7 | BKK | HY | L | 1 | 1 | 14000 | 4650 | 14000 | 4650 | 3 | 9 | 0.11 | 0 | | |
| 60 | 8-ก.ค. | 7 | BKK | CB | L | 1 | 1 | 6000 | 400 | 6000 | 400 | 4 | 9 | 0.11 | 0 | | |
| 61 | 8-ก.ค. | 7 | BKK | KK | E | 1 | 0 | | 2225 | 0 | 0 | 5 | 9 | 0.00 | 0 | | |
| 62 | 8-ก.ค. | 7 | BKK | CM | E | 1 | 0 | | 3575 | 0 | 0 | 6 | 9 | 0.00 | 0 | | |
| 63 | 8-ก.ค. | 7 | BKK | HY | E | 1 | 0 | | 4650 | 0 | 0 | 7 | 9 | 0.00 | 0 | | |
| 64 | 8-ก.ค. | 7 | BKK | CB | E | 1 | 0 | | 400 | 0 | 0 | 8 | 9 | 0.00 | 0 | | |
| 65 | 8-ก.ค. | 7 | BKK | BKK | S | 1 | 3 | | 0 | 0 | 0 | 9 | 9 | 0.33 | -3000 | | |

รูปที่3.4 การคำนวณหาค่าผลกระทบพื้นที่สุดท้ายในวันที่ 6 จากคาบการวางแผน 7 วัน

เมื่อทำการหาค่าผลกระทบของพื้นที่ได้ครบทุกศูนย์กระจายสินค้าในแต่ละช่วงคาบการวางแผนแล้ว จึงนำค่าดังกล่าวไปหาคาบการวางแผนที่เหมาะสมโดยการพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างของค่าผลกระทบพื้นที่และคาบเวลาในการวางแผน ซึ่งผลต่างของค่าผลกระทบพื้นที่นั้นจะต้องทำการอ้างอิงกับพื้นที่ที่เราสนใจ ช่วงที่ทำให้กราฟคงที่ในแต่ละศูนย์กระจายสินค้าคือช่วงของคาบการวางแผนที่เหมาะสม ดังรูปที่4.5




รูปที่3.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างผลกระทบพื้นที่สุดท้าย (End effect) และคาบการวางแผน (Planning horizon)

ที่มา: Powell, W.B. (1987)

(2.) มูลค่าคาดหวังในการเพิ่มรถบรรทุก (The Marginal Truck)

1.) การหาความน่าจะเป็นในการกระจายรถ

ในการวิเคราะห์ขั้นตอนนี้มีเป้าหมายเพื่อดูว่าหากมีการเพิ่มรถบรรทุกในการขนส่งจะทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มขึ้นเป็นเท่าใด โดยเริ่มจากการหาความน่าจะเป็นในการจัดสรรรถบรรทุกก่อนโดยใช้ข้อมูลในอดีตมาประเมินแนวโน้มและคาดการณ์การกระจายรถบรรทุกที่ก่อให้เกิดกำไรสูงสุด มีวิธีการคิดดังต่อไปนี้

กำหนดให้

$d(k,n)$ = ความน่าจะเป็นที่รถบรรทุกคันที่ k จะถูกจัดให้ไปทางเลือกที่ n

$f_n$ = จำนวนรถบรรทุกเฉลี่ยที่ใช้ในทางเลือกที่ n

$x_n$ = ตัวแปรสุ่มของจำนวนรถบรรทุกที่ใช้ในทางเลือกที่ n ขึ้นกับค่าเฉลี่ย $f_n$

$Y_n$ = ตัวแปรสุ่มที่เป็นผลรวมของจำนวนรถบรรทุกที่ใช้ในทางเลือก n

$= \sum_{i=1}^{n} x_i$

โดยที่

$$d(k,n) = \Pr ob[Y_{n-1} < k, Y_n \geq k] \quad (3.4)$$

$$d(k,n) = \Pr ob[Y_{n-1} < k] + \Pr ob[Y_n \geq k] - \Pr ob[Y_{n-1} < k \cap Y_n \geq k] \quad (3.5)$$

เนื่องจาก $Y_n \geq Y_{n-1}$ สามารถเขียนสมการได้ใหม่

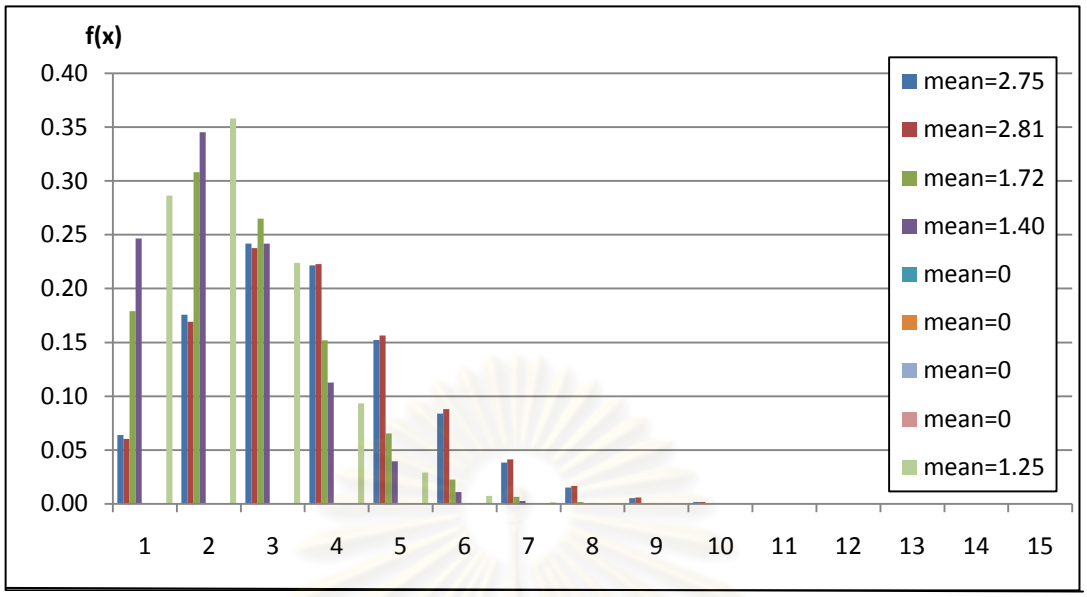
$$d(k,n) = \Pr ob[Y_{n-1} < k] - \Pr ob[Y_n < k] \quad (3.6)$$

โดยมีการสมมติที่ตัวแปรสุ่ม $x_n$ มีการกระจายตัวแบบปัวส์ซองซึ่งมีค่าเฉลี่ยตาม $f_n$ ดังนั้นตัวแปรสุ่ม $Y_n$ จึงมีการกระจายตัวแบบปัวส์ซองเช่นเดียวกัน จากสมการ 3.4 แสดงให้เห็นถึงความน่าจะเป็นที่รถบรรทุกลำดับที่ k ถูกกระจายไปยังทางเลือกที่ n โดยมีความสัมพันธ์เชื่อมต่อกันกับความน่าจะเป็นที่ตัวแปรสุ่มของผลรวมจำนวนรถบรรทุกที่ใช้ในทางเลือก n-1, ( $Y_{n-1}$ ) มีค่าน้อยกว่าความน่าจะเป็นของการใช้รถบรรทุกลำดับที่ k และค่าความน่าจะเป็นตัวแปรสุ่มของผลรวมจำนวนรถบรรทุกในทางเลือกที่ n, ($Y_n$ ) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับความน่าจะเป็นในการใช้รถบรรทุกลำดับที่ k นั่นแสดงว่าจะต้องมีการเลือกใช้รถบรรทุกกระจายไปยังปลายทางต่างๆ ตามลำดับ

| | Distribution of avilable loads | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| mean | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 2.75 | 0.06393 | 0.1758 | 0.24173 | 0.22158 | 0.15234 | 0.08379 | 0.0384 | 0.01509 | 0.00519 | 0.00158 | 0.00044 | 0.00011 | 2.5E-05 | 5.3E-06 | 1E-06 |
| 2.81 | 0.0602 | 0.16918 | 0.23769 | 0.22264 | 0.1564 | 0.0879 | 0.04117 | 0.01653 | 0.0058 | 0.00181 | 0.00051 | 0.00013 | 3E-05 | 6.6E-06 | 1.3E-06 |
| 1.72 | 0.17907 | 0.30799 | 0.26487 | 0.15186 | 0.0653 | 0.02246 | 0.00644 | 0.00158 | 0.00034 | 6.5E-05 | 1.1E-05 | 1.7E-06 | 2.5E-07 | 3.3E-08 | 4.1E-09 |
| 1.4 | 0.2466 | 0.34524 | 0.24167 | 0.11278 | 0.03947 | 0.01105 | 0.00258 | 0.00052 | 9E-05 | 1.4E-05 | 2E-06 | 2.5E-07 | 2.9E-08 | 3.1E-09 | 3.1E-10 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.25 | 0.2865 | 0.35813 | 0.22383 | 0.09326 | 0.02914 | 0.00729 | 0.00152 | 0.00027 | 4.2E-05 | 5.9E-06 | 7.4E-07 | 8.4E-08 | 8.7E-09 | 8.4E-10 | 7.5E-11 |

รูปที่3.6 การกระจายตัวความน่าจะแบบปัวซองส์ของข้อมูลในอดีตประจำศูนย์กรุงเทพฯ

ศูนย์วิทยทรัพยากร




รูปที่3.7 ลักษณะกราฟของค่าการกระจายตัวแบบปัวซองส์

จากรูปที่ 3.6 แสดงผลการกระจายตัวความน่าจะเป็นแบบปัวซองส์ประจำศูนย์กระจายสินค้ากรุงเทพฯ ในแต่ละทางเลือกทั้งหมด 9 ทางเลือก โดยผลดังกล่าวขึ้นอยู่กับข้อมูลการกระจายตัวในอดีตแยกตามแต่ละทางเลือกในการขนส่งแล้วทำการหาค่าเฉลี่ยตามแต่ละทางเลือกนั้นๆ จากนั้นจึงทำการปรับข้อมูลให้อยู่ในรูปของการกระจายตัวแบบปัวซองส์ เมื่อนำผลมาพล็อตกราฟระหว่างค่าความน่าจะเป็นในแต่ละทางเลือกกับจำนวนรถทั้งหมดที่มีประจำศูนย์กระจายสินค้า จะเป็นไปตามรูปที่ 3.7 ซึ่งการวิเคราะห์หาค่าการกระจายตัวนี้นำผลไปดำเนินการต่อในขั้นตอนการหาค่าความน่าจะเป็นในการกระจายตัวของรถบรรทุกสินค้าในแต่ละทางเลือกที่ควรจะเป็นโดยพิจารณาตามสมการที่3.6

| 2 | รถคันที่ 2 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | | | | |
| 0 | 0 | 2 | 0.0602 | 0.0639 | 0.5129 | 0.0020 |
| 0 | 1 | 1 | 0.0602 | 0.1758 | 0.8209 | 0.0087 |
| 1 | 0 | 1 | 0.1692 | 0.0639 | 0.8209 | 0.0089 |
| | | | | | | 0.0195 |
| | | | | | | |
| 3 | รถคันที่ 3 | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | | | | |
| 0 | 0 | 3 | 0.0602 | 0.0639 | 0.2481 | 0.0010 |
| 0 | 1 | 2 | 0.0602 | 0.1758 | 0.5129 | 0.0054 |
| 0 | 2 | 1 | 0.0602 | 0.2417 | 0.8209 | 0.0119 |
| 1 | 0 | 2 | 0.1692 | 0.0639 | 0.5129 | 0.0055 |
| 1 | 1 | 1 | 0.1692 | 0.1758 | 0.8209 | 0.0244 |
| 2 | 0 | 1 | 0.2377 | 0.0639 | 0.8209 | 0.0125 |
| | | | | | | 0.0608 |

รูปที่3.8 วิธีการคำนวณความน่าจะเป็นในการกระจายรถคันที่ 2 และ 3 สำหรับทางเลือกที่ 3

| Dispatch probabilities for each option | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 0.9398 | 0.7706 | 0.5329 | 0.3103 | 0.1539 | 0.0660 | 0.0248 | 0.0083 | 0.0025 | 0.0007 | 0.0002 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0601 | 0.2145 | 0.3967 | 0.5080 | 0.5071 | 0.4205 | 0.3010 | 0.1906 | 0.1086 | 0.0564 | 0.0269 | 0.0118 | 0.0049 | 0.0019 |
| 0.0032 | 0.0195 | 0.0608 | 0.1267 | 0.1993 | 0.2523 | 0.2677 | 0.2449 | 0.1973 | 0.1420 | 0.0926 | 0.0552 | 0.0303 | 0.0154 |
| 0.0005 | 0.0041 | 0.0159 | 0.0417 | 0.0822 | 0.1298 | 0.1714 | 0.1944 | 0.1934 | 0.1067 | 0.0378 | 0.0070 | 0.0671 | 0.0416 |
| 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0018 | 0.0038 | 0.0071 | 0.0069 |

รูปที่3.9 ความน่าจะเป็นในการกระจายรถบรรทุกสินค้า

จากรูปที่3.8 คือวิธีการหารูปแบบความเป็นไปได้ในการกระจายรถคันที่ 2 และ 3 ในกรณีของรถคันที่2 คอลัมน์สีม่วงเป็นรูปแบบการกระจายที่น่าจะเป็นไปได้ในแต่ละแบบ สำหรับกลุ่มสีฟ้าแสดงถึงความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้นตามรูปแบบที่กำหนดในกลุ่มสีม่วง โดยตัวเลขเหล่านี้เป็นผลมาจากการหาความน่าจะเป็นจากข้อมูลในอดีตที่ได้ทำการปรับการกระจายตัวให้อยู่ในลักษณะแบบปัวซองส์เรียบร้อยแล้วเช่นเดียวกับรูปที่3.6 ซึ่งในการวิเคราะห์นี้ต้องทำการพิจารณาในแต่ละวันตลอดคาบการวางแผน เนื่องจากการเลือกรถบรรทุกในการกระจายแต่ละวันจะไม่เหมือนกันหมด ดังนั้นค่าความน่าจะเป็นในการกระจายตัวก็จะแตกต่างกันออกไปในแต่ละวันด้วยเช่นกัน ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกับการหาความน่าจะเป็นจากข้อมูลในอดีตดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น สำหรับกลุ่มสีโอรสเป็นผลสืบเนื่องที่เกิดจากนำค่าความน่าจะเป็นในแต่ละรูปแบบของกลุ่มสีฟ้ามาคูณกัน ผลลัพธ์สุดท้ายในการวิเคราะห์คือช่องสีเท่า เป็นผลรวมจากการหาผลคูณของแต่ละรูปแบบการกระจาย ทำให้ได้ผลลัพธ์ที่นำมาใส่ในตารางการกระจายรถบรรทุกตามรูปที่3.9

2.) การหามูลค่าคาดหวังทางเลือก ($W_n$)

เมื่อพิจารณาค่าความน่าจะเป็นของการกระจายรถขนส่งเรียบร้อยแล้วก็เข้าสู่กระบวนการเรียงลำดับทางเลือกตามมูลค่าคาดหวังทางเลือก ($W_n$) ที่หามาแล้วจากขั้นตอนของการหาค่าผลกระทบพื้นที่สุดท้าย โดยมูลค่าคาดหวังทางเลือกนี้บอกถึงการเลือกทางเลือกในการกระจายรถขนส่งไปยังศูนย์กระจายต่างๆก่อนหลังที่ก่อให้เกิดมูลค่าคาดหวังสูงสุดเรียงตามลำดับซึ่งในการจัดเรียงลำดับมูลค่าคาดหวังนี้ใช้ข้อมูลหลังจากหาคาบการวางแผนที่เหมาะสมได้แล้วจึงนำข้อมูลที่ตรงกับคาบการวางแผนที่เหมาะสมนั้นมาทำการจัดเรียงลำดับ เมื่อทำการจัดเรียงมูลค่าคาดหวังแล้วจะสังเกตได้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นของทางเลือก ดังรูปที่3.10 และ รูปที่3.11

Microsoft Excel - data 1

| | A | B | C | D | E | O | P | Q | R |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | S | i | j | | Wn | End effect | planning | |
| 2 | Date | Planning Date | Origin | Destinatic | Type | | | 14 | |
| 3 | 1-ก.ค. | 1 | BKK | KK | L | 70539.38 | 32175.62 | | |
| | 1-ก.ค. | 1 | BKK | CM | L | 54731.95 | | | |
| 5 | 1-ก.ค. | 1 | BKK | HY | L | 46675.57 | | | |
| 6 | 1-ก.ค. | 1 | BKK | CB | L | 40537.93 | | | |
| 7 | 1-ก.ค. | 1 | BKK | KK | E | 0 | | | |
| 8 | 1-ก.ค. | 1 | BKK | CM | E | 0 | | | |
| 9 | 1-ก.ค. | 1 | BKK | HY | E | 0 | | | |
| 10 | 1-ก.ค. | 1 | BKK | CB | E | 0 | | | |
| 11 | 1-ก.ค. | 1 | BKK | BKK | S | -4000 | | | |
| 12 | 3-ก.ค. | 2 | BKK | KK | L | 68787.6 | 57754.62 | | |
| 13 | 3-ก.ค. | 2 | BKK | CM | L | 75456.94 | | | |
| 14 | 3-ก.ค. | 2 | BKK | HY | L | 50685.62 | | | |
| 15 | 3-ก.ค. | 2 | BKK | CB | L | 44441.38 | | | |
| 16 | 3-ก.ค. | 2 | BKK | KK | E | 0 | | | |
| 17 | 3-ก.ค. | 2 | BKK | CM | E | 0 | | | |
| 18 | 3-ก.ค. | 2 | BKK | HY | E | 0 | | | |
| 19 | 3-ก.ค. | 2 | BKK | CB | E | 0 | | | |
| 20 | 3-ก.ค. | 2 | BKK | BKK | S | -1000 | | | |

รูปที่3.10 มูลค่าคาดหวังทางเลือกของศูนย์กระจายสินค้ากรุงเทพฯในวันที่ 2 ก่อนการจัดเรียงข้อมูล

| S | T | U | V | W | X | Y |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | i | j | | u | Wn | |
| Date | Origin | Destinatic | Type | dispatch | | rank option |
| 1-ก.ค. | BKK | KK | L | 2 | 70539.38 | |
| 1-ก.ค. | BKK | CM | L | 2 | 54731.95 | |
| 1-ก.ค. | BKK | HY | L | 1 | 46675.57 | |
| 1-ก.ค. | BKK | CB | L | 1 | 40537.93 | |
| 1-ก.ค. | BKK | KK | E | 0 | 0 | |
| 1-ก.ค. | BKK | CM | E | 0 | 0 | |
| 1-ก.ค. | BKK | HY | E | 0 | 0 | |
| 1-ก.ค. | BKK | CB | E | 0 | 0 | |
| 1-ก.ค. | BKK | BKK | S | 4 | -4000 | |
| 3-ก.ค. | BKK | CM | L | 3 | 75456.94 | |
| 3-ก.ค. | BKK | KK | L | 3 | 68787.6 | |
| 3-ก.ค. | BKK | HY | L | 2 | 50685.62 | |
| 3-ก.ค. | BKK | CB | L | 1 | 44441.38 | |
| 3-ก.ค. | BKK | KK | E | 0 | 0 | |
| 3-ก.ค. | BKK | CM | E | 0 | 0 | |
| 3-ก.ค. | BKK | HY | E | 0 | 0 | |
| 3-ก.ค. | BKK | CB | E | 0 | 0 | |
| 3-ก.ค. | BKK | BKK | S | 1 | -1000 | |

รูปที่3.11 มูลค่าคาดหวังทางเลือกของศูนย์กระจายสินค้ากรุงเทพฯในวันที่ 2 หลังการจัดเรียงข้อมูล

จากรูปที่ 3.10 เป็นตัวอย่างการจัดเรียงข้อมูลในวันที่ 2 ของคาบการวางแผนที่เหมาะสม 14 วัน ประจำศูนย์กระจายสินค้ากรุงเทพฯ จะสังเกตเห็นได้ว่าก่อนการจัดเรียงข้อมูลทางซ้ายมือทางเลือกแรกคือการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้ากรุงเทพฯไปยังศูนย์กระจายสินค้าขอนแก่น ซึ่งมีมูลค่าคาดหวังในทางเลือกอยู่ 68,788 บาท และทางเลือกที่สองคือการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้ากรุงเทพฯไปยังศูนย์กระจายสินค้าเชียงใหม่ โดยมีมูลค่าคาดหวังในทางเลือกอยู่ 75,457 บาท ทั้งสองทางเลือกเป็นทางเลือกที่มีลักษณะการขนส่งแบบมีการขนส่งสินค้า (Load) เมื่อทำการจัดเรียงข้อมูลดังรูปที่3.11 ทางเลือกมีการเปลี่ยนตำแหน่งในการตัดสินใจเปลี่ยนทางเลือกในการที่จะกระจายรถขนส่งสินค้าโดยสลับทางเลือกของทางเลือกที่1 และทางเลือกที่2 นอกจากนี้ยังมีการพิจาณาจากมูลค่าคาดหวังของรถ ($V_n$) ร่วมด้วยซึ่งจะกล่าวในขั้นตอนต่อไป

3.) การคำนวณมูลค่าคาดหวังของรถ ($V_n$)

การคำนวณมูลค่าคาดหวังของรถ ($V_n$) เป็นการแสดงมูลค่าในการเพิ่มรถขนส่งเข้าไปในแต่ละศูนย์กระจายสินค้าภายใต้วันที่ทำการศึกษา จากข้อมูลในอดีตที่ทำการศึกษาหาความน่าจะเป็นในการกระจายรถขนส่งสินค้า มูลค่าดังกล่าวสามารถคำนวณได้ดังสมการ3.7

กำหนดให้

$v_k$ = มูลค่าคาดหวังของรถ

$w_n$ = มูลค่าคาดหวังทางเลือกที่ n

$d_{k,n}$ = ความน่าจะเป็นในการกระจายรถบรรทุกลำดับที่ k ทางเลือกที่ n

$$v_k(i,s) = \sum_n w_n(i,s) d_{k,n}(i,s) \qquad (3.7)$$

จากสมการที่3.7 เกิดจากผลรวมของผลคูณระหว่างมูลค่าคาดหวังของทางเลือกที่ n จากการกระจายรถจากศูนย์กระจายสินค้า i วันที่ s โดยได้ค่า $w_n$ นี้จากการคำนวณผลกระทบพื้นที่สุดท้าย (End effect) และความน่าจะเป็นในการกระจายรถบรรทุกลำดับที่ k ทางเลือกที่ n จากศูนย์กระจายสินค้า i วันที่ s มาก่อนหน้านี้ ซึ่งการวิเคราะห์นี้แสดงดังรูปที่3.12 นำมูลค่าคาดหวังทางที่ n ในกรอบสีแดง มาทำการคูณกับค่าความน่าจะเป็นในตารางในแต่ละคอลัมน์แล้วจึงหาผลรวมในแต่ละคันที่เกิดจากทางเลือกทั้งหมด

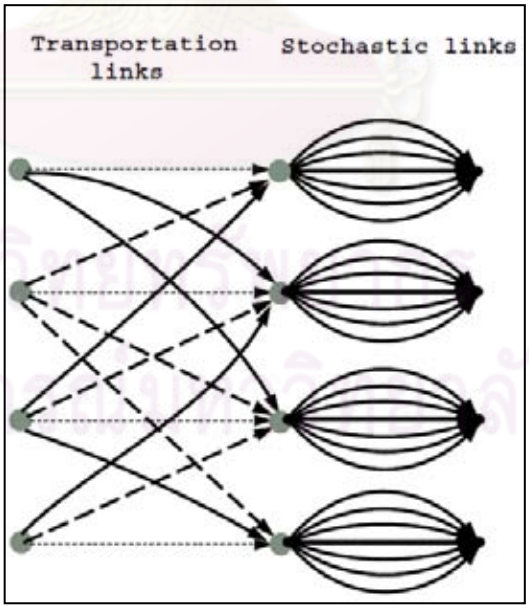
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| Wn | Dispatch probabilities for each option | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 70539.38 | 0.9398 | 0.7706 | 0.5329 | 0.3103 | 0.1539 | 0.0660 | 0.0248 | 0.0083 | 0.0025 | 0.0007 | 0.0002 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 54731.95 | 0.0601 | 0.2145 | 0.3967 | 0.5080 | 0.5071 | 0.4205 | 0.3010 | 0.1906 | 0.1086 | 0.0564 | 0.0269 | 0.0118 | 0.0049 | 0.0019 |
| 46675.57 | 0.0032 | 0.0195 | 0.0608 | 0.1267 | 0.1993 | 0.2523 | 0.2677 | 0.2449 | 0.1973 | 0.1420 | 0.0926 | 0.0552 | 0.0303 | 0.0154 |
| 40537.93 | 0.0005 | 0.0041 | 0.0159 | 0.0417 | 0.0822 | 0.1298 | 0.1714 | 0.1944 | 0.1934 | 0.1067 | 0.0378 | 0.0070 | 0.0671 | 0.0416 |
| 0 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| -4000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0018 | 0.0038 | 0.0071 | 0.0069 |

รูปที่3.12 การคำนวณหามูลค่าคาดหวังของรถขนส่งประจำศูนย์กระจายสินค้ากรุงเทพฯ วันแรก ของคาบการวางแผน

(3.) ทราบรูปแบบการกระจายรถ (known distribution)

ในขั้นตอนก่อนหน้านี้ได้มีการพัฒนาการสร้างรูปแบบความน่าจะเป็นในการกระจายรถขนส่งสินค้าจากข้อมูลในอดีตตลอดจนทำให้ทราบถึงรูปแบบจำลองการคาดการณ์ปริมาณการกระจายรถในแต่ละศูนย์กระจายสินค้าตลอดช่วงคาบการวางแผนที่เหมาะสมในแต่ละขั้น (stage) ต่อๆไปเพื่อหาผลตอบแทนสูงสุดที่ผู้ประกอบการจะได้รับจากการเลือกเส้นทางในการกระจายรถขนส่งสินค้า ซึ่งโครงข่ายระบบการขนส่งเป็นลักษณะที่เรียกว่า ระบบการขนส่งแบบแปรปรวน (Stochastic) ดังแสดงรูปที่3.13




รูปที่3.13 ตัวอย่างโครงข่ายการกระจายรถขนส่งสินค้าแบบแปรปรวนของคาบเวลาเดียว ที่มา: Warren B. Powell (1995)

3.3.2 ระบบการตัดสินใจเพื่อจัดสรรรถบรรทุก

สิ่งสำคัญหนึ่งเมื่อทำการจัดโครงข่ายการขนส่งสินค้าได้แล้วต้องคำนึงถึงผลตอบแทนที่ทางผู้ประกอบการจะได้รับสูงสุด สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นการตอบโจทย์ของปัญหาในการจัดสรรรถขนส่งสินค้า

การคำนวณระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดสรรรถบรรทุก สามารถแบ่งออกเป็น 2 สถานะ คือระบบการขนส่งแบบแน่นอน (Deterministic) และระบบการขนส่งแบบแปรปรวน (Stochastic) ซึ่งในงานวิจัยนี้ส่วนของการวิเคราะห์โครงข่ายการกระจายรถบรรทุก วิเคราะห์ตามสถานะแปรปรวนด้วยเทคนิคแบบพลวัตร โดยการคิดย้อนกลับ (A stochastic dynamic model) ตลอดช่วงคาบการวางแผนที่เหมาะสม 14 วัน ในกรณีนี้พิจารณาแบบช่วงเวลาการเดินทางครั้งเดียว (Single time period travel times) ซึ่งรูปแบบของปัญหาอยู่ในรูปแบบ Linear Programming จึงใช้คำสั่ง solver ในโปรแกรมเอกเซลในการแก้ไขปัญหา ดังนี้

การคำนวณระบบการขนส่งแบบแปรปรวนด้วยวิธีพลวัตร (Stochastic Dynamic Model) ในลักษณะคาบเวลาเกิดขึ้นแบบหลากหลายช่วงเวลาจึงทำให้มีการคำนวณแบบวนซ้ำ โดยใช้คำสั่ง solver ในโปรแกรมเอกเซลในการแก้ไขปัญหาด้วยเช่นกัน

กำหนดให้

| | | |
|---|---|---|
| $D_{ijt}(\omega_t)$ | = | ปริมาณความต้องการของตลาดแบบสุ่มจากศูนย์กระจายสินค้า i ไปสู่ศูนย์กระจายสินค้าปลายทาง j ในช่วงเวลา t |
| $C$ | = | เซตของศูนย์กระจายสินค้าต่างๆที่ถูกใช้แทนสัญลักษณ์ i และ j |
| $x_{ij0}$ | = | ปริมาณรถบรรทุกสินค้า (Load) ในสถานะที่ 0 |
| $y_{ij0}$ | = | ปริมาณรถบรรทุกเที่ยวเปล่า (Empty) ในสถานะที่ 0 |
| $S_t$ | = | สถานะของระบบเริ่มต้นที่ช่วงเวลา t |
| $s_{jt}$ | = | ปริมาณรถบรรทุกทั้งหมดที่วิ่งเข้าสู่ศูนย์กระจายสินค้า j ณ เวลา t |
| $r_0$ | = | รายได้เมื่อมีการขนส่งสินค้า (Load) สถานะที่ศูนย์ |
| $c_o$ | = | ต้นทุนเมื่อมีการขนส่งสินค้า (Empty) สถานะที่ศูนย์ |

สมการเป้าหมาย

$$\max_{x_0, y_0, S_1} \{r_0 x_0 - c_0 y_0 + E_{\omega_1}[Q_1(S_1, \omega_1)]\} \quad (3.8)$$

สมการข้อบังคับ

$$\sum_j (x_{ij0} + y_{ij0}) = R_{i0} \qquad \forall_i \in C \quad (3.9)$$

$$x_{ijt} \leq \hat{D}_{ij0} \qquad \forall_{i,j} \in C \quad (3.10)$$

$$x_{ij0}, y_{ij0} \geq 0 \qquad \forall_{i,j} \in C \quad (3.11)$$

$$\Sigma_i (x_{ij0} + y_{ij0}) - S_{j1} = 0 \qquad \forall_{i,j} \in C \quad (3.12)$$

ฟังก์ชันการวนซ้ำหรือเป็นฟังก์ชันการถ่ายทอดสามารถเขียนได้ดังนี้

$$Q_t(S_t, \omega_t) = \max_{x_t, y_t} \{r_t x_t(S_t, \omega_t) - c_t y_t(S_t, \omega_t) + E_{\omega_{t+1}}[Q_{t+1}(S_{t+1}, \omega_{t+1})]\} \quad (3.13)$$

สมการข้อบังคับ

$$\sum_j x_{itj}(S_t, \omega_t) + y_{ijt}(S_t, \omega_t) = s_{it} \qquad \forall_i \in C \quad (3.14)$$

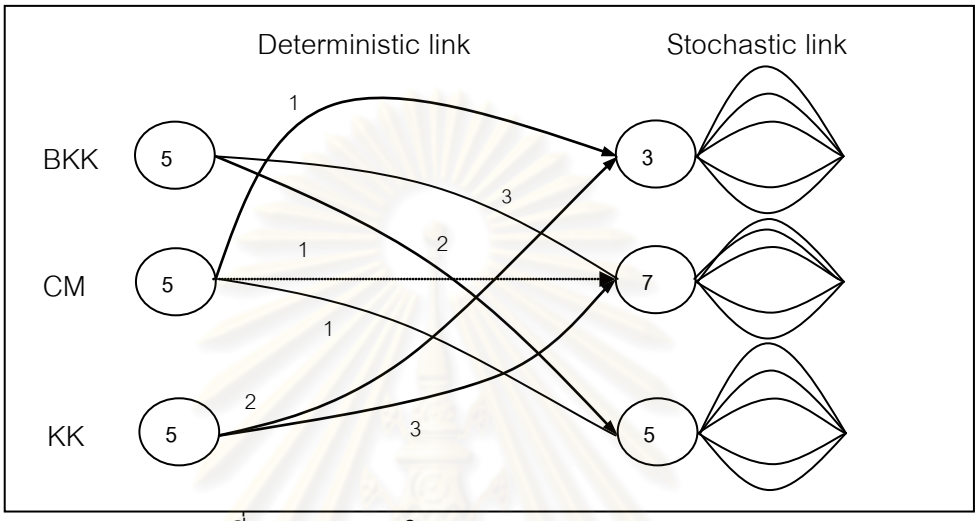
$$\sum_i (x_{ijt}(S_t, \omega_t) + y_{ijt}(S_t, \omega_t)) - S_{j,t+1} = 0 \qquad \forall_j \in C \quad (3.15)$$

$$x_{ijt}(S_t, \omega_t) \leq D_{ijt}(\omega_t) \qquad \forall_{i,j} \in C \quad (3.16)$$

$$x_{ijt}, y_{ijt} \geq 0 \qquad \forall_{i,j} \in C \quad (3.17)$$

จากสมการที่3.8 เป็นสมการที่มีเป้าหมายเพื่อหาผลตอบแทนสูงสุดแก่ผู้ประกอบการโดยสองพจน์แรกเป็นการหากำไรในสถานะเริ่มต้นก่อนโดยมีการเพิ่มในส่วนของฟังก์ชันผลตอบแทนร่วมเข้ามา $E_{\omega_1}[Q_1(S_1, \omega_1)]$ เพื่อทำการคำนวณแบบวนซ้ำคิดย้อนกลับโดยมีลักษณะเดียวกับการหาค่าผลกระทบพื้นที่สุดท้าย และมีสมการข้อบังคับตามสมการที่3.9-1.12 โดยสมการที่3.9 หมายถึงผลรวมของปริมาณรถบรรทุกทั้งหมดแบบมีการขนส่งสินค้า (Load) และแบบที่เป็นการขนส่งเที่ยวเปล่า (Empty) ในสถานะที่ศูนย์จากศูนย์กระจายสินค้าเริ่มต้นไปยังศูนย์กระจายสินค้าปลายทางทั้งหมดจะต้องมีปริมาณรวมกันเท่ากับปริมาณรถทั้งหมดที่มีอยู่ในสถานะแรกของศูนย์กระจายสินค้าแรกเริ่ม สมการที่3.10 หมายถึงปริมาณรถบรรทุกแบบมีการขนส่งสินค้านั้นจะต้องมีปริมาณน้อยกว่าหรือเท่ากับปริมาณความต้องการของตลาดจากศูนย์กระจายสินค้าต้นทาง i ไปยังปลายทาง j ณ สถานะที่ศูนย์ สมการที่3.11 เป็นการบอกว่าปริมาณรถที่มีอยู่ในสถานะศูนย์ต้องมากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ และสมการที่3.12 ชี้ให้เห็นว่าปริมาณรถบรรทุกทั้งหมดที่มีการขนส่งสินค้าและรถวิ่งเที่ยวเปล่าทั้งหมดในสถานะที่ศูนย์ ณ ศูนย์กระจายสินค้าต้นทางมีค่าเท่ากับ

ปริมาณรถบรรทุกทั้งหมด ณ ศูนย์กระจายสินค้าปลายทางในสถานะที่หนึ่ง สำหรับฟังก์ชันการถ่ายทอดนั้นมีลักษณะเดียวกับสมการเป้าหมายเริ่มต้นและสมการบังคับที่3.14-3.17 ก็มีลักษณะเช่นเดียวกันกับสมการข้อบังคับในการพิจารณาสถานะเริ่มต้นที่3.9-3.12




รูปที่3.14 ตัวอย่างโครงข่ายการกระจายรถบรรทุก

จากตัวอย่างโครงข่ายการกระจายรถบรรทุกดังรูปที่3.14 เป็นการแสดงปริมาณการกระจายรถบรรทุกไปในแต่ละทางเลือกใน 1 วัน โดยแบ่งออกเป็น 2 สถานะดังที่ได้กล่าวมาแล้ว แทนเส้นทึบด้วย มีการขนส่ง และแทนเส้นประด้วย ไม่มีการขนส่ง โดยเริ่มในแต่ละศูนย์กระจายสินค้ามีรถอยู่แต่ละศูนย์ 5 คัน แล้วจึงทำการกระจายไปยังศูนย์ต่างๆจนสิ้นสุดวันทำให้ศูนย์กระจายสินค้ากรุงเทพฯ เหลือรถ 3 คัน ศูนย์กระจายสินค้าเชียงใหม่ เหลือรถ 7 คัน และศูนย์กระจายสินค้าขอนแก่น เหลือรถ 5 คัน จากทั้งหมดนี้เป็นการรู้ปริมาณขนส่งในช่วงการขนส่งแบบแน่นอน ถัดจากนี้ไปจะเป็นสถานการณ์ขนส่งแบบแปรปรวนทำให้ไม่สามารถทราบปลายทางที่แน่นอนได้ แต่เมื่อทำการวิเคราะห์ตามแบบจำลองที่กล่าวมาแล้วจะสามารถคาดการณ์ได้ว่าควรกระจายรถไปยังศูนย์กระจายสินค้านอกจากนี้ยังสามารถทราบมูลค่าในการเพิ่มปริมาณรถในแต่ละทางเลือกร่วมด้วย

# บทที่ 4
# ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดหลังจากทำการวิเคราะห์ข้อมูลในการจัดสรรรถขนส่งสินค้าตามลำดับที่ได้กล่าวไว้ในบทก่อนหน้านี้ รวมทั้งทำการตรวจสอบเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูล พิจารณาความถูกต้องของการวิเคราะห์ผล โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

## 4.1 ผลการวิเคราะห์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ถูกแบ่งออกตามลักษณะการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับหลังจากได้มีการจัดเรียงข้อมูลในอดีตเรียบร้อยแล้ว

### 4.1.1 ผลกระทบพื้นที่สุดท้าย (End effect)

มูลค่านี้เป็นตัวชี้ให้เห็นว่าผลตอบแทนที่ผู้ประกอบการจะได้รับในแต่ละศูนย์กระจายสินค้าตามช่วงคาบเวลาที่เรากำหนดนั้นควรเป็นเท่าไรและค่าดังกล่าวยังส่งผลต่อเนื่องให้สามารถสรุปหาคาบการวางแผนที่เหมาะสมในการจัดสรรรถบรรทุกได้ ซึ่งค่าผลกระทบพื้นที่สุดท้ายในแต่ละศูนย์กระจายสินค้าและผลต่างของค่าผลกระทบพื้นที่สุดท้ายเมื่อศูนย์กระจายสินค้ากรุงเทพฯ เป็นศูนย์อ้างอิง ดังแสดงในตารางที่4.1-4.2

ตารางที่4.1 มูลค่าของผลกระทบพื้นที่สุดท้าย (End effect) ในแต่ละช่วงคาบการวางแผน

| คาบการวางแผน | ศูนย์กระจายรถบรรทุก | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | กรุงเทพฯ | เชียงใหม่ | หาดใหญ่ | ชลบุรี | ขอนแก่น |
| 4 | 15529.14 | 15036.57 | 11573.67 | 14762.65 | 10577.32 |
| 5 | 18840.39 | 23645.30 | 14971.97 | 19539.38 | 17532.38 |
| 6 | 23322.33 | 28782.15 | 18155.13 | 22941.42 | 21558.26 |
| 7 | 26248.81 | 33875.01 | 20614.28 | 25974.17 | 25634.54 |
| 8 | 26014.38 | 39047.46 | 21599.38 | 26055.50 | 26524.20 |
| 9 | 27663.86 | 41631.56 | 22922.84 | 27630.91 | 28583.47 |

ตารางที่4.1 มูลค่าของผลกระทบพื้นที่สุดท้าย (End effect) ในแต่ละช่วงคาบการวางแผน (ต่อ)

| คาบการวางแผน | ศูนย์กระจายรถบรรทุก | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | กรุงเทพฯ | เชียงใหม่ | หาดใหญ่ | ชลบุรี | ขอนแก่น |
| 10 | 29038.11 | 43612.33 | 23988.37 | 28861.76 | 30155.29 |
| 11 | 29881.77 | 44876.72 | 24652.88 | 29640.44 | 31160.66 |
| 12 | 31019.63 | 46535.93 | 25539.23 | 30668.69 | 32478.11 |
| 13 | 31761.70 | 47632.99 | 26120.50 | 31346.43 | 33349.82 |
| 14 | 32175.62 | 48240.65 | 26443.80 | 31722.43 | 33832.49 |
| 15 | 32566.80 | 48816.69 | 26749.72 | 32078.61 | 34290.11 |
| 16 | 33000.88 | 49453.98 | 27088.79 | 32472.94 | 34796.31 |
| 17 | 33328.52 | 49935.61 | 27344.84 | 32770.86 | 35178.89 |
| 18 | 33712.44 | 50499.45 | 27644.76 | 33119.72 | 35626.76 |
| 19 | 33977.32 | 50888.63 | 27851.72 | 33360.48 | 35935.90 |
| 20 | 34078.45 | 51037.18 | 27930.73 | 33452.39 | 36053.90 |

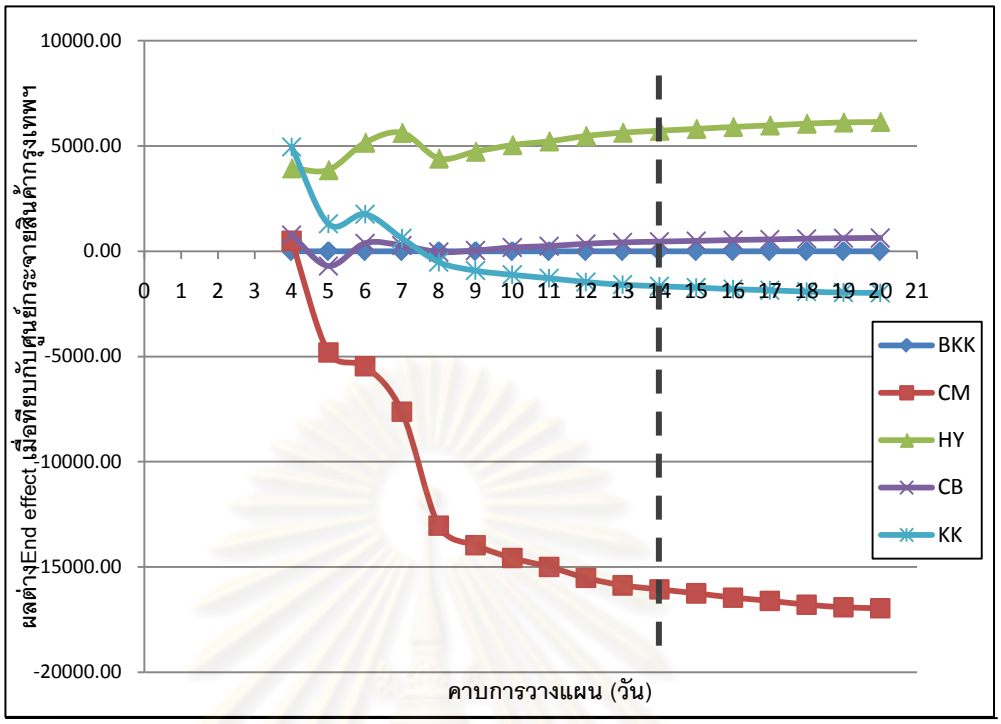
ตารางที่4.2 ผลต่างค่าผลกระทบพื้นที่สุดท้าย อ้างอิงกับศูนย์กระจายสินค้ากรุงเทพฯ

| คาบการวางแผน | ศูนย์กระจายรถบรรทุก | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | กรุงเทพฯ | เชียงใหม่ | หาดใหญ่ | ชลบุรี | ขอนแก่น |
| 4 | 0.00 | 492.57 | 3955.47 | 766.49 | 4951.83 |
| 5 | 0.00 | -4804.91 | 3868.42 | -698.99 | 1308.00 |
| 6 | 0.00 | -5459.82 | 5167.20 | 380.91 | 1764.07 |
| 7 | 0.00 | -7626.20 | 5634.53 | 274.65 | 614.27 |
| 8 | 0.00 | -13033.08 | 4415.00 | -41.12 | -509.82 |
| 9 | 0.00 | -13967.71 | 4741.01 | 32.95 | -919.62 |
| 10 | 0.00 | -14574.22 | 5049.75 | 176.35 | -1117.18 |
| 11 | 0.00 | -14994.95 | 5228.89 | 241.33 | -1278.89 |
| 12 | 0.00 | -15516.30 | 5480.39 | 350.94 | -1458.48 |
| 13 | 0.00 | -15871.29 | 5641.20 | 415.27 | -1588.12 |
| 14 | 0.00 | -16065.03 | 5731.81 | 453.19 | -1656.87 |

ตารางที่4.2 ผลต่างค่าผลกระทบพื้นที่สุดท้าย อ้างอิงกับศูนย์กระจายสินค้ากรุงเทพฯ (ต่อ)

| คาบการวางแผน | ศูนย์กระจายรถบรรทุก | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | กรุงเทพฯ | เชียงใหม่ | หาดใหญ่ | ชลบุรี | ขอนแก่น |
| 15 | 0.00 | -16249.89 | 5817.08 | 488.19 | -1723.31 |
| 16 | 0.00 | -16453.10 | 5912.10 | 527.94 | -1795.43 |
| 17 | 0.00 | -16607.08 | 5983.69 | 557.66 | -1850.37 |
| 18 | 0.00 | -16787.02 | 6067.68 | 592.72 | -1914.33 |
| 19 | 0.00 | -16911.31 | 6125.60 | 616.84 | -1958.58 |
| 20 | 0.00 | -16958.73 | 6147.72 | 626.06 | -1975.45 |

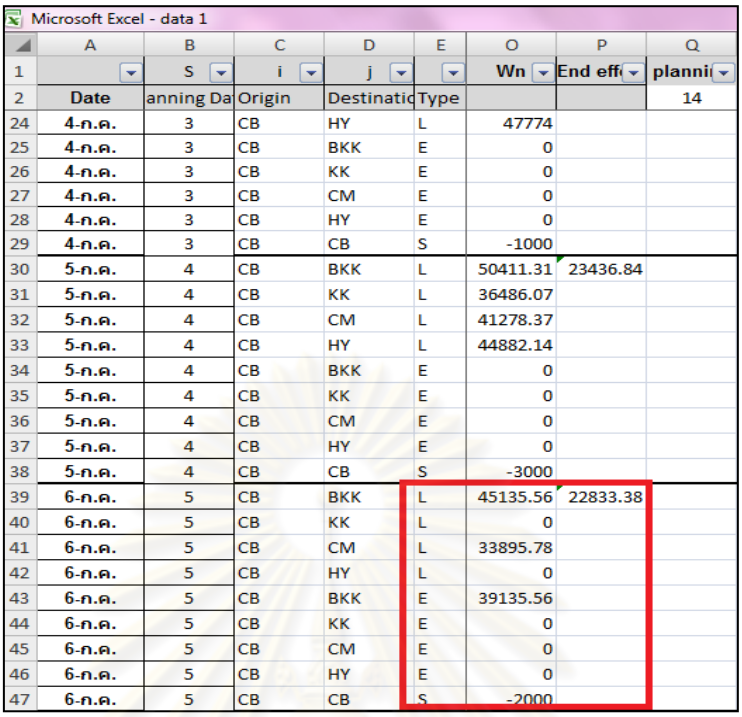
จากตารางที่4.2 ค่าผลกระทบพื้นที่สุดท้ายที่ถูกแสดงไว้นั้น สามารถนำมาพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างคาบการวางแผนในแต่ละช่วงที่ทำการกำหนดขึ้นมา (ในงานวิจัยนี้กำหนดคาบการวางแผนไว้เริ่มต้นที่ 4 วันจนกระทั่งถึง 20 วัน) กับค่าผลต่างของผลกระทบพื้นที่สุดท้าย (End effect) โดยทำการอ้างอิงกับศูนย์กระจายสินค้ากรุงเทพฯ เพื่อวิเคราะห์ดูว่าในแต่ละศูนย์กระจายสินค้านั้นมีค่าผลต่างดังกล่าวเริ่มมีค่าคงที่ตรงกับวันที่เท่าไหร่ของคาบการวางแผน ซึ่งวันที่ของคาบการวางแผนเริ่มคงที่ในส่วนนี้เป็นการแสดงให้เห็นว่า คาบการวางแผนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับผู้ประกอบการ ควรนำไปใช้ในการวางแผนในการกระจายรถขนส่งสินค้า หากมีคาบการวางแผนที่ยาวเพียงพอแล้วจะส่งผลให้ค่าผลกระทบพื้นที่สุดท้ายไม่ได้รับการกระทบใดๆจากการการตัดสินใจในสถานะเริ่มต้นการวางแผน ซึ่งคาบการวางแผนที่เหมาะสมในงานวิจัยนี้คือ 14 วัน ซึ่งจะสังเกตได้ว่าทุกศูนย์กระจายสินค้ามีแนวโน้มของค่าผลกระทบพื้นที่สุดท้ายคงที่เรื่อยๆ เมื่อมีคาบการวางแผนที่ยาวนานขึ้น ซึ่งจุดที่เริ่มเข้าสู่ค่าคงที่นั้นตกอยู่ในวันที่ 14 ดังแสดงในรูปที่ 4.1 กำหนดให้แกน x เป็นคาบการวางแผนต่างๆที่กำหนดขึ้น และ แกน y คือค่าผลต่างของคาบการวางแผนที่เปรียบเทียบอ้างอิงกับศูนย์กระจายสินค้ากรุงเทพฯ




รูปที่4.1 ผลต่างค่าผลกระทบพื้นที่สุดท้าย (End effect) อ้างอิงศูนย์กระจายกรุงเทพฯ และคาบการวางแผน

4.1.2 มูลค่าคาดหวังทางเลือก ($W_n$)

ผลการวิเคราะห์จากการหามูลค่าคาดหวังของทางเลือกสามารถบอกได้ว่าผู้ประกอบการควรเลือกทางเลือกใดในการกระจายรถขนส่งสินค้าก่อนหลังตามลำดับซึ่งการเรียงลำดับมูลค่าคาดหวังทางเลือกนั้นจะนำผลจากการหาจากช่วงคาบการวางแผนที่เหมาะสมซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำผลจากคาบการวางแผนที่เหมาะสม 14 วันทำที่หามาได้จากค่าผลกระทบพื้นที่สุดท้าย มาทำการพิจารณาเรียงลำดับทางเลือกของแต่ละวันที่ได้มีการจัดส่งรถบรรทุกสินค้า โดยผลการวิเคราะห์เป็นผลที่เกิดจากข้อมูลในอดีต 60 วัน ในแต่ละศูนย์กระจายสินค้าทั้งหมด 5 ศูนย์กระจายสินค้า ซึ่งในการจัดเรียงลำดับนั้น ก่อนทำการหามูลค่าคาดหวังทางเลือกจะเรียงตามข้อมูลในอดีตแต่พอมาทำการวิเคราะห์หามูลค่าดังกล่าวแล้วสามารถชี้ให้เห็นว่าทางเลือกใดมีมูลค่าคาดหวังทางเลือกมากที่สุดก็จะถูกจัดให้เป็นทางเลือกที่ 1 ที่ควรถูกกระจายไปเส้นทางขนส่งนั้นก่อนไม่ว่าจะเป็นรถขนส่งที่มีการขนส่งสินค้า (Load) หรือรถวิ่งเที่ยวเปล่า (Empty) ซึ่งรถวิ่งเที่ยวเปล่ามีโอกาสเป็นทางเลือกที่ถูกเลือกมากกว่ากรณีมีการบรรทุกสินค้าได้ด้วยเช่นกันดังรูปที่4.2-4.3



Microsoft Excel - data 1

| | A | B | C | D | E | O | P | Q |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | S | i | j | | Wn | End eff | planni |
| 2 | Date | anning Da | Origin | Destinatic | Type | | | 14 |
| 24 | 4-ก.ค. | 3 | CB | HY | L | 47774 | | |
| 25 | 4-ก.ค. | 3 | CB | BKK | E | 0 | | |
| 26 | 4-ก.ค. | 3 | CB | KK | E | 0 | | |
| 27 | 4-ก.ค. | 3 | CB | CM | E | 0 | | |
| 28 | 4-ก.ค. | 3 | CB | HY | E | 0 | | |
| 29 | 4-ก.ค. | 3 | CB | CB | S | -1000 | | |
| 30 | 5-ก.ค. | 4 | CB | BKK | L | 50411.31 | 23436.84 | |
| 31 | 5-ก.ค. | 4 | CB | KK | L | 36486.07 | | |
| 32 | 5-ก.ค. | 4 | CB | CM | L | 41278.37 | | |
| 33 | 5-ก.ค. | 4 | CB | HY | L | 44882.14 | | |
| 34 | 5-ก.ค. | 4 | CB | BKK | E | 0 | | |
| 35 | 5-ก.ค. | 4 | CB | KK | E | 0 | | |
| 36 | 5-ก.ค. | 4 | CB | CM | E | 0 | | |
| 37 | 5-ก.ค. | 4 | CB | HY | E | 0 | | |
| 38 | 5-ก.ค. | 4 | CB | CB | S | -3000 | | |
| 39 | 6-ก.ค. | 5 | CB | BKK | L | 45135.56 | 22833.38 | |
| 40 | 6-ก.ค. | 5 | CB | KK | L | 0 | | |
| 41 | 6-ก.ค. | 5 | CB | CM | L | 33895.78 | | |
| 42 | 6-ก.ค. | 5 | CB | HY | L | 0 | | |
| 43 | 6-ก.ค. | 5 | CB | BKK | E | 39135.56 | | |
| 44 | 6-ก.ค. | 5 | CB | KK | E | 0 | | |
| 45 | 6-ก.ค. | 5 | CB | CM | E | 0 | | |
| 46 | 6-ก.ค. | 5 | CB | HY | E | 0 | | |
| 47 | 6-ก.ค. | 5 | CB | CB | S | -2000 | | |

รูปที่4.2 มูลค่าคาดหวังทางเลือกก่อนการจัดลำดับวันที่ 5 ศูนย์กระจายสินค้าชลบุรี

| S | T | U | V | W | X | Y |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | i | j | | u | Wn | |
| Date | Origin | Destinatic | Type | dispatch | | rank option |
| 4-ก.ค. | CB | KK | L | 0 | 0 | |
| 4-ก.ค. | CB | BKK | E | 0 | 0 | |
| 4-ก.ค. | CB | KK | E | 0 | 0 | |
| 4-ก.ค. | CB | CM | E | 0 | 0 | |
| 4-ก.ค. | CB | HY | E | 0 | 0 | |
| 4-ก.ค. | CB | CB | S | 1 | -1000 | |
| 5-ก.ค. | CB | BKK | L | 1 | 50411.31 | |
| 5-ก.ค. | CB | HY | L | 1 | 44882.14 | |
| 5-ก.ค. | CB | CM | L | 1 | 41278.37 | |
| 5-ก.ค. | CB | KK | L | 1 | 36486.07 | |
| 5-ก.ค. | CB | BKK | E | 0 | 0 | |
| 5-ก.ค. | CB | KK | E | 0 | 0 | |
| 5-ก.ค. | CB | CM | E | 0 | 0 | |
| 5-ก.ค. | CB | HY | E | 0 | 0 | |
| 5-ก.ค. | CB | CB | S | 3 | -3000 | |
| 6-ก.ค. | CB | BKK | L | 1 | 45135.56 | |
| 6-ก.ค. | CB | BKK | E | 1 | 39135.56 | |
| 6-ก.ค. | CB | CM | L | 1 | 33895.78 | |
| 6-ก.ค. | CB | KK | L | 0 | 0 | |
| 6-ก.ค. | CB | HY | L | 0 | 0 | |
| 6-ก.ค. | CB | KK | E | 0 | 0 | |
| 6-ก.ค. | CB | CM | E | 0 | 0 | |
| 6-ก.ค. | CB | HY | E | 0 | 0 | |
| 6-ก.ค. | CB | CB | S | 2 | -2000 | |

รูปที่4.3 มูลค่าคาดหวังทางเลือกหลังการจัดลำดับวันที่ 5 ศูนย์กระจายสินค้าชลบุรี

จากรูปที่4.2 แสดงให้เห็นว่ามูลค่าทางเลือกยังไม่ได้ถูกจัดลำดับเมื่อทำการจัดลำดับแล้วตามรูปที่4.3 จะเห็นได้ว่ามีบางเส้นทางในรูปแบบการขนส่งสินค้า (Load) ไม่ได้ถูกกระจายรถบรรทุกสินค้าทำให้ทางเลือกที่เป็นการวิ่งเที่ยวเปล่าจากศูนย์กระจายสินค้าชลบุรีไปยังศูนย์กระจายสินค้ากรุงเทพฯ มีมูลค่าที่มากกว่า ชี้ให้เห็นว่าเส้นทางดังกล่าวเป็นทางเลือกที่อยู่ในอันดับ 2 เลื่อนขึ้นมาจากเดิมก่อนที่ยังไม่มีการพิจารณามูลค่าคาดหวังของทางเลือก

### 4.1.3 ความน่าจะเป็นในการจัดสรรรถบรรทุก

การหาผลความน่าจะเป็นในการกระจายรถบรรทุกในแต่ละทางเลือกประจำศูนย์กระจายสินค้าต่างๆนั้น มีผลที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละวันทำการตลอดช่วงคาบการวางแผนดังที่ได้เน้นย้ำมาแล้วในบทก่อนหน้านี้ ซึ่งลักษณะผลของการหาความน่าจะเป็นในการกระจายรถบรรทุกแสดงดังรูปที่4.4

| | | | Dispatch probabilities for each option | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| i | J | type | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| BKK | KK | L | 0.820934 | 0.51294 | 0.248065 | 0.096204 | 0.030904 | 0.00844 | 0.002001 | 0.000418 | 7.82E-05 | 1.32E-05 | 2.04E-06 | 2.88E-07 | 3.78E-08 | 4.6E-09 |
| BKK | HY | L | 0.049424 | 0.169764 | 0.296842 | 0.352452 | 0.319696 | 0.236217 | 0.147992 | 0.080783 | 0.039173 | 0.01712 | 0.006818 | 0.002496 | 0.000846 | 0.000267 |
| BKK | CB | L | 0.008122 | 0.041194 | 0.105066 | 0.179699 | 0.231884 | 0.240809 | 0.209643 | 0.157362 | 0.103956 | 0.061391 | 0.03281 | 0.016025 | 0.007212 | 0.00301 |
| BKK | CM | L | 0.002489 | 0.016778 | 0.057119 | 0.130989 | 0.227767 | 0.320438 | 0.380044 | 0.39088 | 0.355882 | 0.154929 | 0.046729 | 0.010264 | 0.09413 | 0.055586 |
| BKK | KK | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BKK | CM | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BKK | HY | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BKK | CB | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BKK | BKK | S | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.001407 | 0.002946 | 0.005656 | 0.005619 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BKK | HY | L | 0.936072 | 0.760271 | 0.518543 | 0.29696 | 0.144621 | 0.060835 | 0.022433 | 0.007347 | 0.002161 | 0.000576 | 0.00014 | 3.15E-05 | 6.55E-06 | 1.27E-06 |
| BKK | CM | L | 0.167619 | 0.424443 | 0.574954 | 0.556413 | 0.431289 | 0.283513 | 0.163124 | 0.083718 | 0.038805 | 0.016395 | 0.00636 | 0.002279 | 0.000758 | 0.000235 |
| BKK | KK | L | 0.010758 | 0.05691 | 0.153011 | 0.279096 | 0.388861 | 0.441662 | 0.425998 | 0.358795 | 0.269192 | 0.182585 | 0.113219 | 0.064746 | 0.034382 | 0.01705 |
| BKK | CB | L | 0.000519 | 0.004061 | 0.015922 | 0.041716 | 0.082178 | 0.129835 | 0.171377 | 0.19439 | 0.193425 | 0.15296 | 0.086694 | 0.029656 | 0.067055 | 0.041579 |
| BKK | KK | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BKK | CM | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BKK | HY | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BKK | CB | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BKK | BKK | S | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.07416 | 0.096714 | 0.115691 | 0.073171 |

รูปที่4.4 ค่าความน่าจะเป็นในการจัดสรรรถบรรทุกของศูนย์กระจายสินค้ากรุงเทพฯ วันที่ 9-10

จากรูปที่4.4 แสดงความน่าจะเป็นในการกระจายรถบรรทุกในแต่ละทางเลือกซึ่งเป็นเพียงตัวอย่างของการกระจายรถบรรทุกประจำศูนย์กรุงเทพฯในวันที่ 9 และ 10 ของคาบการวางแผนงานเท่านั้น ค่าความน่าจะเป็นดังกล่าวจะแตกต่างกันออกไปในแต่ละศูนย์กระจายสินค้าและในแต่ละวันตลอดคาบการวางแผน โดยกำหนดให้ในแต่ละแถวแทนความน่าจะเป็นของทางเลือกต่างๆทั้งหมด 9 ทางเลือก สำหรับคอลัมน์แทนด้วยจำนวนรถทั้งหมดที่มีอยู่ประจำศูนย์กระจายสินค้า ในตัวอย่างนี้มีรถประจำศูนย์กรุงเทพฯทั้งหมด 14 คัน จะเห็นได้ในการขนส่งสินค้าว่าที่ 9 ของคาบการวางแผน เป็นการกระจายรถจากศูนย์กระจายสินค้ากรุงเทพฯไปยังศูนย์

กระจายขอนแก่นลักษณะการขนส่งแบบมีสินค้าบรรทุก (Load) ค่าความน่าจะเป็นการกระจายรถคันที่ 2 คือ 0.5129 ในทางเลือกที่ 2 กระจายรถขนส่งสินค้าจากศูนย์กรุงเทพฯไปศูนย์หาดใหญ่รูปแบบการขนส่งแบบมีสินค้าบรรทุก ค่าความน่าจะเป็นในการกระจายรถคันที่ 2 เป็น 0.1697 เมื่อเปรียบเทียบค่าของวันที่ 10 ของคาบการวางแผนทางเลือกที่ 1 เป็นการกระจายสินค้าจากศูนย์กรุงเทพฯไปยังศูนย์กระจายหาดใหญ่ลักษณะการขนส่งแบบมีสินค้าบรรทุก ค่าความน่าจะเป็นการกระจายรถคันที่ 2 คือ 0.7603 ทางเลือกที่ 2 กระจายสินค้าจากศูนย์กรุงเทพไปยังศูนย์กระจายเชียงใหม่ ค่าความน่าจะเป็นการกระจายรถคันที่ 2 คือ 0.4244 สังเกตได้ว่าการกระจายสินค้าในแต่ละทางเลือกที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละวันก็จะส่งผลที่ได้แตกต่างกันออกไปด้วยทั้งนี้ผลดังกล่าวขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ยตามแต่ละทางเลือกที่เกิดจากข้อมูลในอดีต

การกระจายตัวของการกระจายรถในอดีตถูกปรับให้อยู่ในรูปการกระจายตัวตามลักษณะแบบของปัวซองส์ ดังรูปที่4.5

| | | Distribution of avilable loads | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| option | mean | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 1 | 2.75 | 0.063928 | 0.175802 | 0.241727 | 0.221583 | 0.152339 | 0.083786 | 0.038402 | 0.015086 | 0.005186 | 0.001585 | 0.000436 | 0.000109 | 2.5E-05 | 5.28E-06 | 1.04E-06 |
| 2 | 2.81 | 0.060205 | 0.169176 | 0.237692 | 0.222638 | 0.156404 | 0.087899 | 0.041166 | 0.016525 | 0.005804 | 0.001812 | 0.000509 | 0.00013 | 3.05E-05 | 6.58E-06 | 1.32E-06 |
| 3 | 1.72 | 0.179066 | 0.307994 | 0.264875 | 0.151861 | 0.0653 | 0.022463 | 0.006439 | 0.001582 | 0.00034 | 6.5E-05 | 1.12E-05 | 1.75E-06 | 2.51E-07 | 3.32E-08 | 4.07E-09 |
| 4 | 1.4 | 0.246597 | 0.345236 | 0.241665 | 0.112777 | 0.039472 | 0.011052 | 0.002579 | 0.000516 | 9.03E-05 | 1.4E-05 | 1.97E-06 | 2.5E-07 | 2.92E-08 | 3.14E-09 | 3.14E-10 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 1.25 | 0.286505 | 0.358131 | 0.223832 | 0.093263 | 0.029145 | 0.007286 | 0.001518 | 0.000271 | 4.24E-05 | 5.88E-06 | 7.35E-07 | 8.36E-08 | 8.7E-09 | 8.37E-10 | 7.47E-11 |

รูปที่4.5 การกระจายตัวการขนส่งรถบรรทุกประจำศูนย์กระจายสินค้ากรุงเทพฯ

| | | Distribution of avilable loads | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| option | mean | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 1 | 1 | 0.367879 | 0.367879 | 0.18394 | 0.061313 | 0.015328 | 0.003066 | 0.000511 | 7.3E-05 | 9.12E-06 | 1.01E-06 | 1.01E-07 | 9.22E-09 | 7.68E-10 | 5.91E-11 | 4.22E-12 |
| 2 | 0.754717 | 0.470144 | 0.354825 | 0.133896 | 0.033685 | 0.006356 | 0.000959 | 0.000121 | 1.3E-05 | 1.23E-06 | 1.03E-07 | 7.77E-09 | 5.33E-10 | 3.35E-11 | 1.95E-12 | 1.05E-13 |
| 3 | 0.415094 | 0.660278 | 0.274078 | 0.056884 | 0.007871 | 0.000817 | 6.78E-05 | 4.69E-06 | 2.78E-07 | 1.44E-08 | 6.66E-10 | 2.76E-11 | 1.04E-12 | 3.61E-14 | 1.15E-15 | 3.41E-17 |
| 4 | 0.471698 | 0.623942 | 0.294312 | 0.069413 | 0.010914 | 0.001287 | 0.000121 | 9.55E-06 | 6.43E-07 | 3.79E-08 | 1.99E-09 | 9.38E-11 | 4.02E-12 | 1.58E-13 | 5.73E-15 | 1.93E-16 |
| 5 | 0.54717 | 0.578585 | 0.316584 | 0.086613 | 0.015797 | 0.002161 | 0.000236 | 2.16E-05 | 1.69E-06 | 1.15E-07 | 7.01E-09 | 3.84E-10 | 1.91E-11 | 8.7E-13 | 3.66E-14 | 1.43E-15 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 1.188679 | 0.304623 | 0.362099 | 0.21521 | 0.085272 | 0.02534 | 0.006024 | 0.001193 | 0.000203 | 3.01E-05 | 3.98E-06 | 4.73E-07 | 5.11E-08 | 5.06E-09 | 4.63E-10 | 3.93E-11 |

รูปที่4.6 การกระจายตัวการขนส่งรถบรรทุกประจำศูนย์กระจายสินค้าชลบุรี

| | | Distribution of avilable loads | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| option | mean | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 1 | 1.132075 | 0.322364 | 0.36494 | 0.20657 | 0.077951 | 0.022062 | 0.004995 | 0.000942 | 0.000152 | 2.16E-05 | 2.71E-06 | 3.07E-07 | 3.16E-08 | 2.98E-09 | 2.6E-10 | 2.1E-11 |
| 2 | 0.528302 | 0.589605 | 0.31149 | 0.08228 | 0.01449 | 0.001914 | 0.000202 | 1.78E-05 | 1.34E-06 | 8.87E-08 | 5.21E-09 | 2.75E-10 | 1.32E-11 | 5.82E-13 | 2.36E-14 | 8.92E-16 |
| 3 | 0.377358 | 0.68567 | 0.258743 | 0.04882 | 0.006141 | 0.000579 | 4.37E-05 | 2.75E-06 | 1.48E-07 | 6.99E-09 | 2.93E-10 | 1.11E-11 | 3.8E-13 | 1.19E-14 | 3.46E-16 | 9.34E-18 |
| 4 | 0.169811 | 0.843824 | 0.143291 | 0.012166 | 0.000689 | 2.92E-05 | 9.93E-07 | 2.81E-08 | 6.82E-10 | 1.45E-11 | 2.73E-13 | 4.64E-15 | 7.16E-17 | 1.01E-18 | 1.32E-20 | 1.6E-22 |
| 5 | 1.509434 | 0.221035 | 0.333638 | 0.251802 | 0.126693 | 0.047809 | 0.014433 | 0.003631 | 0.000783 | 0.000148 | 2.48E-05 | 3.74E-06 | 5.13E-07 | 6.45E-08 | 7.49E-09 | 8.08E-10 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0.018868 | 0.981309 | 0.018515 | 0.000175 | 1.1E-06 | 5.18E-09 | 1.96E-11 | 6.15E-14 | 1.66E-16 | 3.91E-19 | 8.2E-22 | 1.55E-24 | 2.65E-27 | 4.17E-30 | 6.05E-33 | 8.16E-36 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 1.320755 | 0.266934 | 0.352554 | 0.232819 | 0.102499 | 0.033844 | 0.00894 | 0.001968 | 0.000371 | 6.13E-05 | 9E-06 | 1.19E-06 | 1.43E-07 | 1.57E-08 | 1.6E-09 | 1.5E-10 |

รูปที่4.7 การกระจายตัวการขนส่งรถบรรทุกประจำศูนย์กระจายสินค้าหาดใหญ่

| | | Distribution of avilable loads | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| option | mean | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 1 | 1 | 0.367879 | 0.367879 | 0.18394 | 0.061313 | 0.015328 | 0.003066 | 0.000511 | 7.3E-05 | 9.12E-06 | 1.01E-06 | 1.01E-07 | 9.22E-09 | 7.68E-10 | 5.91E-11 | 4.22E-12 |
| 2 | 0.641509 | 0.526497 | 0.337753 | 0.108336 | 0.023166 | 0.003715 | 0.000477 | 5.1E-05 | 4.67E-06 | 3.75E-07 | 2.67E-08 | 1.71E-09 | 9.99E-11 | 5.34E-12 | 2.63E-13 | 1.21E-14 |
| 3 | 0.566038 | 0.567771 | 0.32138 | 0.090956 | 0.017162 | 0.002429 | 0.000275 | 2.59E-05 | 2.1E-06 | 1.48E-07 | 9.33E-09 | 5.28E-10 | 2.72E-11 | 1.28E-12 | 5.58E-14 | 2.26E-15 |
| 4 | 0.849057 | 0.427818 | 0.363242 | 0.154207 | 0.043643 | 0.009264 | 0.001573 | 0.000223 | 2.7E-05 | 2.87E-06 | 2.7E-07 | 2.3E-08 | 1.77E-09 | 1.25E-10 | 8.19E-12 | 4.97E-13 |
| 5 | 1.509434 | 0.221035 | 0.333638 | 0.251802 | 0.126693 | 0.047809 | 0.014433 | 0.003631 | 0.000783 | 0.000148 | 2.48E-05 | 3.74E-06 | 5.13E-07 | 6.45E-08 | 7.49E-09 | 8.08E-10 |
| 6 | 0.018868 | 0.981309 | 0.018515 | 0.000175 | 1.1E-06 | 5.18E-09 | 1.96E-11 | 6.15E-14 | 1.66E-16 | 3.91E-19 | 8.2E-22 | 1.55E-24 | 2.65E-27 | 4.17E-30 | 6.05E-33 | 8.16E-36 |
| 7 | 0.132075 | 0.876275 | 0.115734 | 0.007643 | 0.000336 | 1.11E-05 | 2.93E-07 | 6.46E-09 | 1.22E-10 | 2.01E-12 | 2.95E-14 | 3.9E-16 | 4.68E-18 | 5.15E-20 | 5.24E-22 | 4.94E-24 |
| 8 | 0.018868 | 0.981309 | 0.018515 | 0.000175 | 1.1E-06 | 5.18E-09 | 1.96E-11 | 6.15E-14 | 1.66E-16 | 3.91E-19 | 8.2E-22 | 1.55E-24 | 2.65E-27 | 4.17E-30 | 6.05E-33 | 8.16E-36 |
| 9 | 0.660377 | 0.516656 | 0.341188 | 0.112656 | 0.024799 | 0.004094 | 0.000541 | 5.95E-05 | 5.61E-06 | 4.63E-07 | 3.4E-08 | 2.25E-09 | 1.35E-10 | 7.42E-12 | 3.77E-13 | 1.78E-14 |

รูปที่4.8 การกระจายตัวการขนส่งรถบรรทุกประจำศูนย์กระจายสินค้าเชียงใหม่

| | | Distribution of avilable loads | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| option | mean | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 1 | 1 | 0.367879 | 0.367879 | 0.18394 | 0.061313 | 0.015328 | 0.003066 | 0.000511 | 7.3E-05 | 9.12E-06 | 1.01E-06 | 1.01E-07 | 9.22E-09 | 7.68E-10 | 5.91E-11 | 4.22E-12 |
| 2 | 0.641509 | 0.526497 | 0.337753 | 0.108336 | 0.023166 | 0.003715 | 0.000477 | 5.1E-05 | 4.67E-06 | 3.75E-07 | 2.67E-08 | 1.71E-09 | 9.99E-11 | 5.34E-12 | 2.63E-13 | 1.21E-14 |
| 3 | 0.471698 | 0.623942 | 0.294312 | 0.069413 | 0.010914 | 0.001287 | 0.000121 | 9.55E-06 | 6.43E-07 | 3.79E-08 | 1.99E-09 | 9.38E-11 | 4.02E-12 | 1.58E-13 | 5.73E-15 | 1.93E-16 |
| 4 | 0.566038 | 0.567771 | 0.32138 | 0.090956 | 0.017162 | 0.002429 | 0.000275 | 2.59E-05 | 2.1E-06 | 1.48E-07 | 9.33E-09 | 5.28E-10 | 2.72E-11 | 1.28E-12 | 5.58E-14 | 2.26E-15 |
| 5 | 1.037736 | 0.354256 | 0.367624 | 0.190748 | 0.065982 | 0.017118 | 0.003553 | 0.000614 | 9.11E-05 | 1.18E-05 | 1.36E-06 | 1.41E-07 | 1.33E-08 | 1.15E-09 | 9.21E-11 | 6.83E-12 |
| 6 | 0.018868 | 0.981309 | 0.018515 | 0.000175 | 1.1E-06 | 5.18E-09 | 1.96E-11 | 6.15E-14 | 1.66E-16 | 3.91E-19 | 8.2E-22 | 1.55E-24 | 2.65E-27 | 4.17E-30 | 6.05E-33 | 8.16E-36 |
| 7 | 0.396226 | 0.672854 | 0.266603 | 0.052818 | 0.006976 | 0.000691 | 5.48E-05 | 3.62E-06 | 2.05E-07 | 1.01E-08 | 4.46E-10 | 1.77E-11 | 6.37E-13 | 2.1E-14 | 6.41E-16 | 1.81E-17 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 0.867925 | 0.419822 | 0.364374 | 0.158124 | 0.045747 | 0.009926 | 0.001723 | 0.000249 | 3.09E-05 | 3.35E-06 | 3.23E-07 | 2.81E-08 | 2.21E-09 | 1.6E-10 | 1.07E-11 | 6.63E-13 |

รูปที่4.9 การกระจายตัวการขนส่งรถบรรทุกประจำศูนย์กระจายสินค้าขอนแก่น

### 4.1.4 มูลค่าคาดหวังของรถ ($V_k$)

หลังจากได้ผลการหาค่าความน่าจะเป็นในการกระจายรถบรรทุกเรียบร้อยแล้วลำดับต่อไปก็เข้าสู่กระบวนการหามูลค่าคาดหวังของรถ โดยผลดังกล่าวจะทำให้ทราบมูลค่าที่เกิดขึ้นจริงๆหรือรายได้ที่แท้จริงที่เกิดจากการใช้รถบรรทุกคันต่างๆในการกระจายไปศูนย์กระจายสินค้าปลายทางผลลัพธ์ที่ได้สืบเนื่องมาจากมูลค่าคาดหวังทางเลือกและค่าความน่าจะเป็นในการกระจายรถแต่ละทางเลือก ในแต่ละวันทำการตลอดคาบการวางแผนที่เหมาะสม ดังรูปที่4.5

| | Expected net revenue | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| option | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| KK | 66292.56 | 54358.99 | 37592.32 | 21887.54 | 10854.93 | 4654.603 | 1750.784 | 585.1076 | 175.6639 | 47.82651 | 11.90419 | 2.727673 | 0.578838 | 0.114359 |
| CM | 3288.245 | 11738.99 | 21713.2 | 27806.45 | 27756.37 | 23014.84 | 16473.35 | 10433.81 | 5946.299 | 3085.393 | 1470.359 | 647.9395 | 265.489 | 101.6225 |
| HY | 147.4757 | 912.1115 | 2836.401 | 5914.024 | 9302.437 | 11775.27 | 12495.39 | 11433.14 | 9207.735 | 6629.993 | 4321.032 | 2574.379 | 1413.485 | 720.0772 |
| CB | 21.04869 | 164.6379 | 645.4424 | 1691.078 | 3331.314 | 5263.239 | 6947.253 | 7880.16 | 7841.069 | 4325.304 | 1533.545 | 284.656 | 2718.287 | 1685.544 |
| KK | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CM | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HY | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BKK | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -7.36861 | -15.1077 | -28.4007 | -27.6443 |
| Expected contribution | 69750.33 | 67176.73 | 62790.36 | 57303.09 | 51250.05 | 44713.95 | 37673.77 | 30340.22 | 23179.77 | 14098.52 | 7340.471 | 3506.594 | 4382.439 | 2493.713 |

รูปที่4.10 มูลค่าคาดหวังของรถในแต่ละทางเลือกประจำศูนย์กรุงเทพฯ ในวันที่ 1

จากรูปที่4.10 เป็นตัวอย่างผลของมูลค่าคาดหวังของรถในแต่ละทางเลือกประจำวันที่ 1 ของคาบการวางแผนประจำศูนย์กระจายสินค้ากรุงเทพฯ ผลรวมจากการใช้รถคันที่ 1ในทุกๆ ทางเลือกจะมีผลรวมมูลค่าที่ผู้ประกอบการจะได้รับเป็น 69,750 บาท จากรูปจะเห็นได้ว่ามูลค่าบางช่องมีค่าเป็น 0 เพราะว่าในการกระจายสินค้าทางเลือกนั้นๆไม่ได้มีการกระจายรถบรรทุกไปในศูนย์ปลายทางของทางเลือกนั้นๆ ส่วนมูลค่าที่มีเครื่องหมายติดลบเนื่องจากใช้รถคันท้ายๆเพื่อจอดรอไว้ที่ศูนย์กระจายสินค้าเดิม (Sink) เพื่อรอในการกระจายในวันถัดไป

### 4.1.5 พิจารณามูลค่าผลตอบแทนที่เหมาะสม (Optimization of Truck Dispatching)

ผลลัพธ์ในการพิจารณามูลค่าผลตอบแทนที่เหมาะสมถูกแบ่งการคิดเป็น 2 สถานะคือ สถานะขนส่งแบบแน่นอน และสถานะขนส่งแบบแปรปรวน โดยการพิจารณาผลตอบแทนที่เหมาะสมนั้นใช้เทคนิคการคิดย้อนกลับแบบพลวัตร ตลอดช่วงคาบการวางแผนที่เหมาะสม 14 วัน

| Deterministic | Load | Empty | Sink | Total |
|---|---|---|---|---|
| BKK | 6 | 0 | 4 | 10 |
| CB | 3 | 0 | 2 | 5 |
| HY | 2 | 0 | 3 | 5 |
| CM | 2 | 2 | 1 | 5 |
| KK | 2 | 2 | 1 | 5 |
| | | | Total | 30 |
| | | | net reven | 829639.1 |

| Next day | Inbound | Outbond | Unfilled |
|---|---|---|---|
| BKK | 9 | 8 | 1 |
| CB | 5 | 3 | 2 |
| CM | 4 | 4 | 0 |
| HY | 5 | 2 | 3 |
| KK | 5 | 2 | 3 |
| Total | 28 | 19 | |

| Stochastic | Contribution | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| capacity | BKK | CB | HY | CM | KK | Total |
| 1 | 69750.33 | 52960.31 | 57592.9 | 60786.5 | 51016.15 | 1121745 |
| 2 | 67176.73 | 35943.26 | 32253.75 | 50292.72 | 30695.67 | 1046001 |
| 3 | 62790.36 | 20115.12 | 13748.89 | 36288.96 | 14957.79 | 977540.2 |
| 4 | 57303.09 | 9432.835 | 4671.873 | 22605.85 | 6108.703 | 929761.5 |
| 5 | 51250.05 | 3762.667 | 1312.696 | 12159.91 | 2136.982 | 900261.4 |
| 6 | 44713.95 | 1295.773 | 313.5733 | 5679.734 | 650.5655 | 882292.7 |
| 7 | 37673.77 | 390.7294 | 65.04614 | 2316.594 | 174.6219 | 870259.9 |
| 8 | 30340.22 | 104.4944 | 11.91214 | 826.0199 | 41.80055 | 860963.6 |
| 9 | 23179.77 | 25.06409 | 1.951493 | 255.0186 | 9.013664 | 853109.9 |
| 10 | 14098.52 | 5.444517 | 0.289075 | 65.73361 | 1.766316 | 843810.9 |
| 11 | 7340.471 | -263.902 | -489.913 | -45.1531 | -94.039 | 836086.6 |
| 12 | 3506.594 | -207.298 | -432.994 | -46.9295 | -72.3924 | 832386.1 |
| 13 | 4382.439 | -149.141 | -351.312 | -35.5915 | -51.0234 | 833434.5 |
| 14 | 2493.713 | -58.9508 | -156.153 | -13.2962 | -19.2929 | 831885.1 |
| : | | | | | | 829639.1 |
| α | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 829639.1 |

รูปที่4.11 ผลการพิจารณามูลค่าผลตอบแทนสูงสุดทั้ง 2 สถานะ ของวันที่ 1 ของคาบการวางแผน

จากรูปที่4.11 เป็นการแสดงผลการพิจารณามูลค่าผลตอบแทนสูงสุด ในส่วนของสถานะแบบแน่นอน รู้ได้จากข้อมูลเก่าในอดีต ทำให้สามารถทราบรายได้ผลตอบแทนได้ทันทีโดยการคิด

ย้อนกลับจาก 14 วัน ทำให้มีกำไรเป็น 829,639 บาทจากทุกๆศูนย์กระจายสินค้า สำหรับอีกสถานะของการขนส่งคือการขนส่งแบบแปรปรวนนั้น เกิดจากการพิจารณาจากมูลค่าคาดหวังของรถ ($V_k$) เป็นการคาดการณ์มูลค่าในการเพิ่มรถในโครงข่ายต่อหน่วย โดยเกิดจากมูลค่าคาดหวังของทางเลือกพิจารณาย้อนกลับจากคาบการวางแผน 14 วันเช่นเดียวกัน ส่งผลให้ในช่วงการขนส่งแปรปรวนนี้เมื่อทำการเพิ่มรถ 1 คัน สำหรับกระจายไปยังศูนย์กระจายสินค้าอื่นๆ มีมูลค่ารวมทั้ง 2 สถานะทั้งสิ้น 1,121,745 บาท สำหรับ 1 วันทำการ และหากมีการเพิ่มจำนวนรถตามตารางที่แสดงไปเรื่อยๆจะเห็นได้ว่าปริมาณมูลค่ารายได้สุทธิที่เกิดขึ้นจะมีคงที่เกิดขึ้นในช่วงจำนวนมากๆจนอนันต์

เมื่อทำการพิจารณาปริมาณรถที่ใช้กระจายไปยังแต่ละศูนย์กระจายสินค้าในแต่ละวันโดยพิจารณาจากคาบการวางแผน 14 วัน แล้วทำการวิเคราะห์หามูลค่าผลกระทบพื้นที่สุดท้าย End effect ที่เกิดขึ้นโดยพิจารณาการวิ่งของรถทีละวันตลอดคาบการวางแผนแสดงดังตาราง4.3 และเปรียบเทียบปริมาณการกระจายรถและปริมาณความต้องการจากการคาดการณ์ในแต่ละวันได้ดังตาราง4.4 ซึ่งผลการพิจารณาทั้งหมดของแบบจำลองจะแสดงในส่วนของภาคผนวก

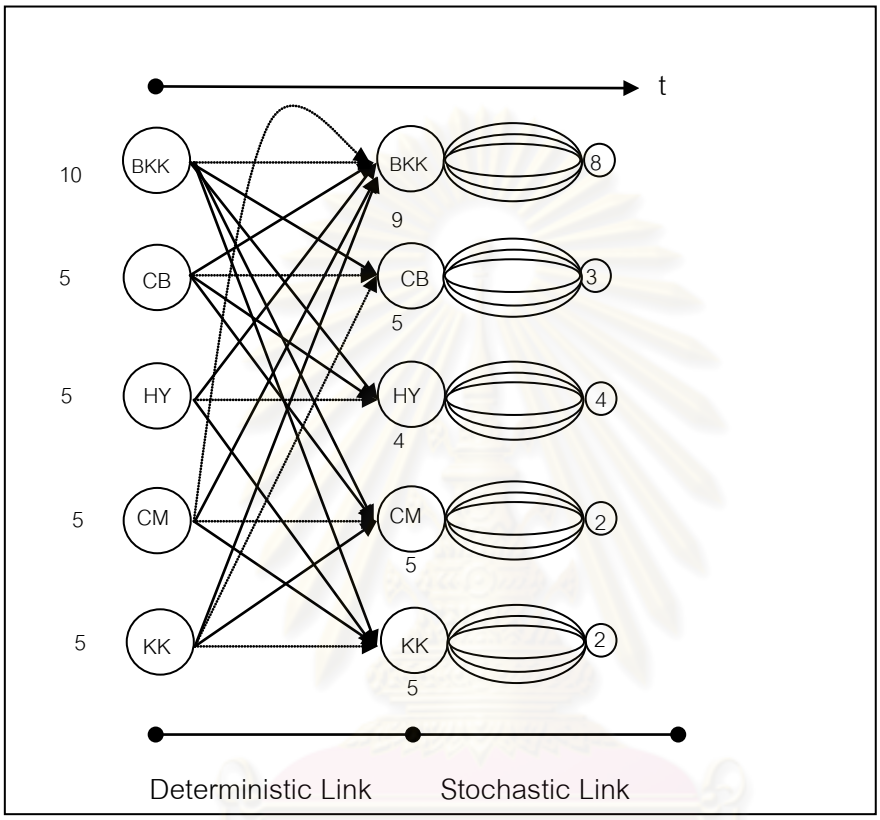
ตาราง4.3 ปริมาณมูลค่าคาดหวังผลกระทบพื้นที่สุดท้าย (End Effect) ในแต่ละวัน

| Day | End Effect | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BKK | CM | KK | CB | HY |
| 1 | 33722.80 | 39906.08 | 32041.41 | 32185.36 | 34841.71 |
| 2 | 46329.49 | 31821.80 | 27506.90 | 29359.85 | 21816.13 |
| 3 | 44798.47 | 41523.09 | 24035.46 | 21460.68 | 20719.01 |
| 4 | 55084.73 | 28429.33 | 28208.78 | 22071.86 | 25625.06 |
| 5 | 50051.09 | 25853.40 | 45901.66 | 15169.73 | 20747.08 |

ตาราง4.4 ปริมาณความต้องการและปริมาณการกระจายรถบรรทุก

| Original-Destination | | Day | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | | 5 | | |
| i | j | Demand | Distribution | unfilled | Demand | Distribution | unfilled | Demand | Distribution | unfilled | Demand | Distribution | unfilled | Demand | Distribution | unfilled |
| BKK (1) | CM (2) | 2 | 2 | 0 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 |
| BKK (1) | KK (3) | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 3 | 3 | 0 | 2 | 2 | 0 | 3 | 2 | 1 |
| BKK (1) | CB (4) | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 0 |
| BKK (1) | HY (5) | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| CM (2) | BKK (1) | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CM (2) | KK (3) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CM (2) | CB (4) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CM (2) | HY (5) | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| KK (3) | BKK (1) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| KK (3) | CM (2) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| KK (3) | CB (4) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| KK (3) | HY (5) | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CB (4) | BKK (1) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CB (4) | CM (2) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CB (4) | KK (3) | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CB (4) | HY (5) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| HY (5) | BKK (1) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| HY (5) | CM (2) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HY (5) | KK (3) | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| HY (5) | CB (4) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | | 23 | 23 | 0 | 21 | 20 | 1 | 19 | 18 | 1 | 20 | 18 | 2 | 18 | 16 | 1 |

ข้อมูลทั้งหมดจากการวิเคราะห์ผลในแต่ละขั้นตอนในแบบจำลองแล้วสามารถมาจัดโครงข่ายการกระจายรถบรรทุกตามแต่ละศูนย์กระจายสินค้าดังรูปที่4.12 เป็นตัวอย่างการกระจายรถบรรทุกในแต่ละศูนย์ไปยังศูนย์กระจายอื่นๆประจำวันที่ 1




รูปที่4.12 โครงข่ายการกระจายรถบรรทุกในวันที่ 1

## 4.2 เปรียบเทียบวิเคราะห์ผล

4.2.1 เปรียบเทียบผลจากแบบจำลอง

เมื่อทำการพิจารณาผลลัพธ์ของการคาดการณ์ค่าความต้องการส่งทั้งหมด 30 วันและผลในการกระจายรถจากแบบจำลองพบว่ามีค่าเฉลี่ยในการกระจายรถบรรทุกแต่ละศูนย์กระจายสินค้าดังนี้

ตาราง4.5 เปรียบเทียบการกระจายรถเฉลี่ยในแต่ละเส้นทางประจำศูนย์กรุงเทพฯ (คัน)

| Destination | Demand | Load | Empty |
|---|---|---|---|
| CM | 2.63 | 2.10 | 0.00 |
| KK | 2.47 | 2.30 | 0.00 |
| CB | 1.53 | 1.30 | 0.03 |
| HY | 1.70 | 1.30 | 0.00 |

ตาราง4.6 เปรียบเทียบการกระจายรถเฉลี่ยในแต่ละเส้นทางประจำศูนย์เชียงใหม่ (คัน)

| Destination | Demand | Load | Empty |
|---|---|---|---|
| BKK | 1.13 | 1.13 | 0.73 |
| KK | 0.60 | 0.60 | 0.07 |
| CB | 0.83 | 0.83 | 0.00 |
| HY | 0.53 | 0.53 | 0.00 |

ตาราง4.7 เปรียบเทียบการกระจายรถเฉลี่ยในแต่ละเส้นทางประจำศูนย์ชลบุรี (คัน)

| Destination | Demand | Load | Empty |
|---|---|---|---|
| BKK | 1.03 | 1.03 | 0.53 |
| CM | 0.63 | 0.63 | 0.00 |
| KK | 0.60 | 0.60 | 0.00 |
| HY | 0.70 | 0.70 | 0.00 |

ตาราง4.8 เปรียบเทียบการกระจายรถเฉลี่ยในแต่ละเส้นทางประจำศูนย์ขอนแก่น (คัน)

| Destination | Demand | Load | Empty |
|---|---|---|---|
| BKK | 1.10 | 1.10 | 1.13 |
| CM | 0.57 | 0.57 | 0.00 |
| CB | 0.73 | 0.73 | 0.37 |
| HY | 0.53 | 0.53 | 0.00 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง4.9 เปรียบเทียบการกระจายรถเฉลี่ยในแต่ละเส้นทางประจำศูนย์หาดใหญ่ (คัน)

| Destination | Demand | Load | Empty |
|---|---|---|---|
| BKK | 1.00 | 1.00 | 0.27 |
| CM | 0.67 | 0.67 | 0.00 |
| KK | 0.80 | 0.77 | 0.00 |
| CB | 0.20 | 0.20 | 0.07 |

จากตาราง4.3-4.7 พบว่าความสามารถในการกระจายรถบรรทุกสามารถส่งได้ตามความต้องการของลูกค้าได้เกือบทั้งหมด โดยการคาดการณ์ปริมาณความต้องการส่งมีทั้งหมด 600 เที่ยวจากศูนย์กระจายสินค้าทั้งหมด 5 ศูนย์ เป็นเวลา 30 วัน ซึ่งปริมาณในการกระจายรถบรรทุกนั้นสามารถทำได้ 559 เที่ยว ดังนั้นพบว่ามีปริมาณการค้างส่งสินค้าด้วยเช่นกันเป็นจำนวน 29 เที่ยว คิดเป็นร้อยละ 4.83 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจเนื่องจากงานวิจัยนี้กำหนดการค้างส่งอยู่ที่ร้อยละ 10 ของจำนวนเที่ยวในการขนส่งทั้งหมด ทั้งนี้การค้างส่งเนื่องจากต้องมีรถรอไว้ที่ศูนย์เพื่อรองรับการขนส่งในวันถัดไปให้ก่อให้เกิดรายได้สูงสุด

4.2.2 เปรียบเทียบผลกรณีการเข้าก่อนออกก่อน (First in First Out, FIFO)

ผลลัพธ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบกรณีมีการกระจายรถแบบการเข้าก่อนออกก่อน (FIFO) ในแต่ละศูนย์กระจายสินค้าได้ผลดังนี้

ตาราง4.10 เปรียบเทียบการกระจายรถเฉลี่ยกรณีเข้าก่อนออกก่อนในแต่ละเส้นทางประจำศูนย์กรุงเทพฯ (คัน)

| Destination | Demand | Distribution | Unfilled |
|---|---|---|---|
| CM | 2.63 | 1.60 | 1.03 |
| KK | 2.47 | 0.43 | 2.04 |
| CB | 1.53 | 0.17 | 1.36 |
| HY | 1.70 | 0.07 | 1.63 |

ตาราง4.11 เปรียบเทียบการกระจายรถเฉลี่ยกรณีเข้าก่อนออกก่อนในแต่ละเส้นทางประจำศูนย์เชียงใหม่ (คัน)

| Destination | Demand | Distribution | Unfilled |
|---|---|---|---|
| BKK | 1.13 | 0.93 | 0.20 |
| KK | 0.60 | 0.40 | 0.20 |
| CB | 0.83 | 0.60 | 0.23 |
| HY | 0.53 | 0.40 | 0.13 |

ตาราง4.12 เปรียบเทียบการกระจายรถเฉลี่ยกรณีเข้าก่อนออกก่อนในแต่ละเส้นทางประจำศูนย์ชลบุรี (คัน)

| Destination | Demand | Distribution | Unfilled |
|---|---|---|---|
| BKK | 1.03 | 0.77 | 0.27 |
| CM | 0.63 | 0.20 | 0.43 |
| KK | 0.60 | 0.10 | 0.50 |
| HY | 0.70 | 0.17 | 0.53 |

ตาราง4.13 เปรียบเทียบการกระจายรถเฉลี่ยกรณีเข้าก่อนออกก่อนในแต่ละเส้นทางประจำศูนย์ขอนแก่น (คัน)

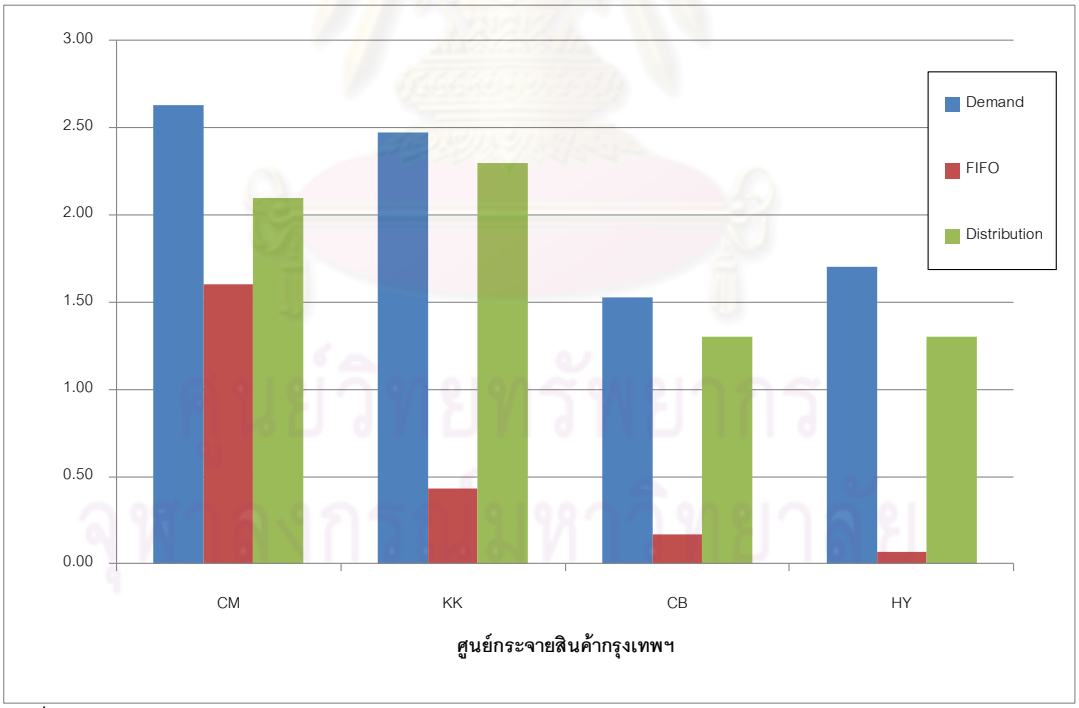
| Destination | Demand | Distribution | Unfilled |
|---|---|---|---|
| BKK | 1.10 | 1.13 | 0.43 |
| CM | 0.57 | 0.00 | 0.33 |
| CB | 0.73 | 0.37 | 0.43 |
| HY | 0.57 | 0.00 | 0.43 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

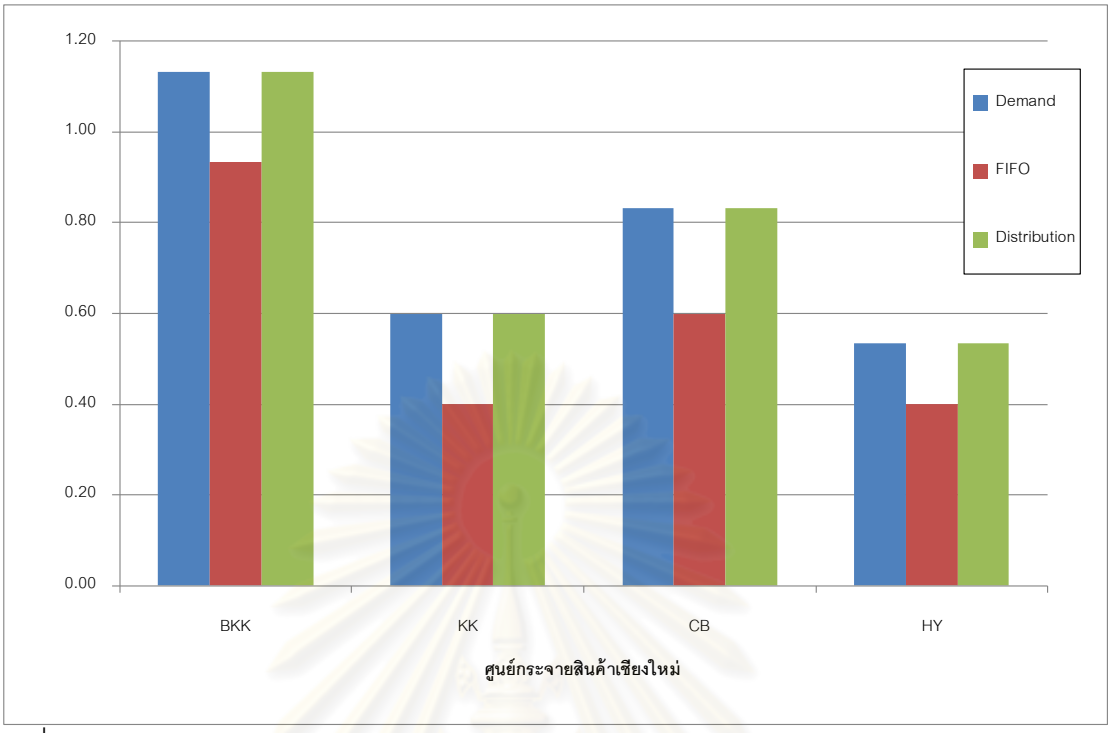
ตาราง4.14 เปรียบเทียบการกระจายรถเฉลี่ยกรณีเข้าก่อนออกก่อนในแต่ละเส้นทางประจำศูนย์หาดใหญ่ (คัน)

| Destination | Demand | Distribution | Unfilled |
|---|---|---|---|
| BKK | 1.00 | 0.53 | 0.47 |
| CM | 0.67 | 0.13 | 0.53 |
| KK | 0.80 | 0.20 | 0.60 |
| CB | 0.20 | 0.03 | 0.17 |

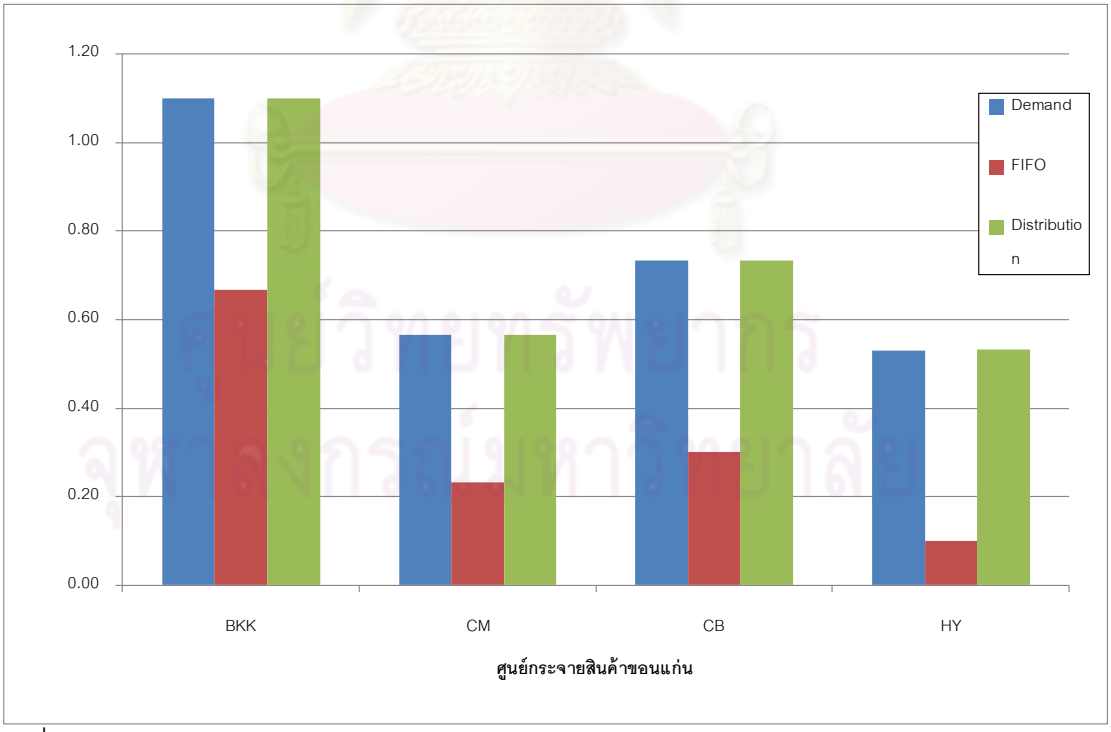
จากการเปรียบเทียบแบบกรณีการกระจายรถแบบเข้าก่อนออกก่อน (Fist In First Ount, FIFO) พบว่ามีปริมาณการค้างส่งสะสมเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากสำหรับการกระจายรถในวันท้ายๆ ไม่เพียงพอต่อปริมาณความต้องการในแต่ละวัน และหากเปรียบเทียบกับปริมาณการกระจายรถบรรทุกจากแบบจำลองแล้วพบว่าได้ผลที่ดีกว่าเกิดการค้างส่งน้อยกว่าแบบ FIFO ดังรูปที่4.13-4.17



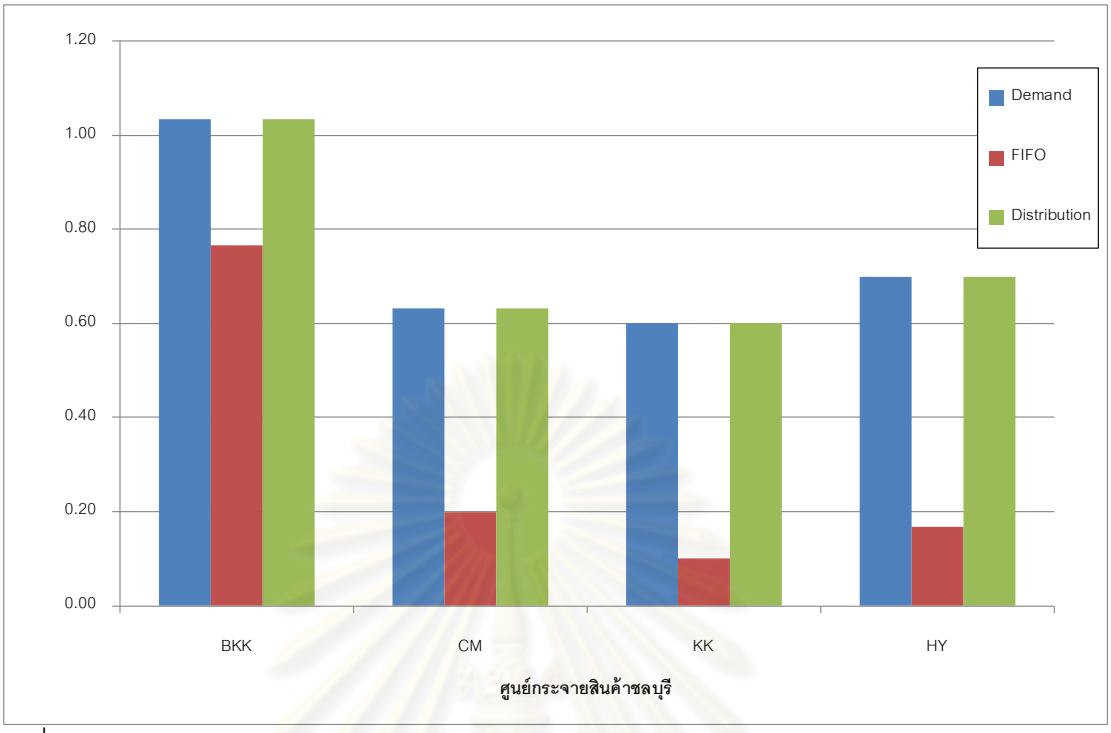

รูปที่4.13 เปรียบเทียบการกระจายรถบรรทุกตามแบบจำลองและแบบFIFO ประจำศูนย์กระจายสินค้ากรุงเทพฯ



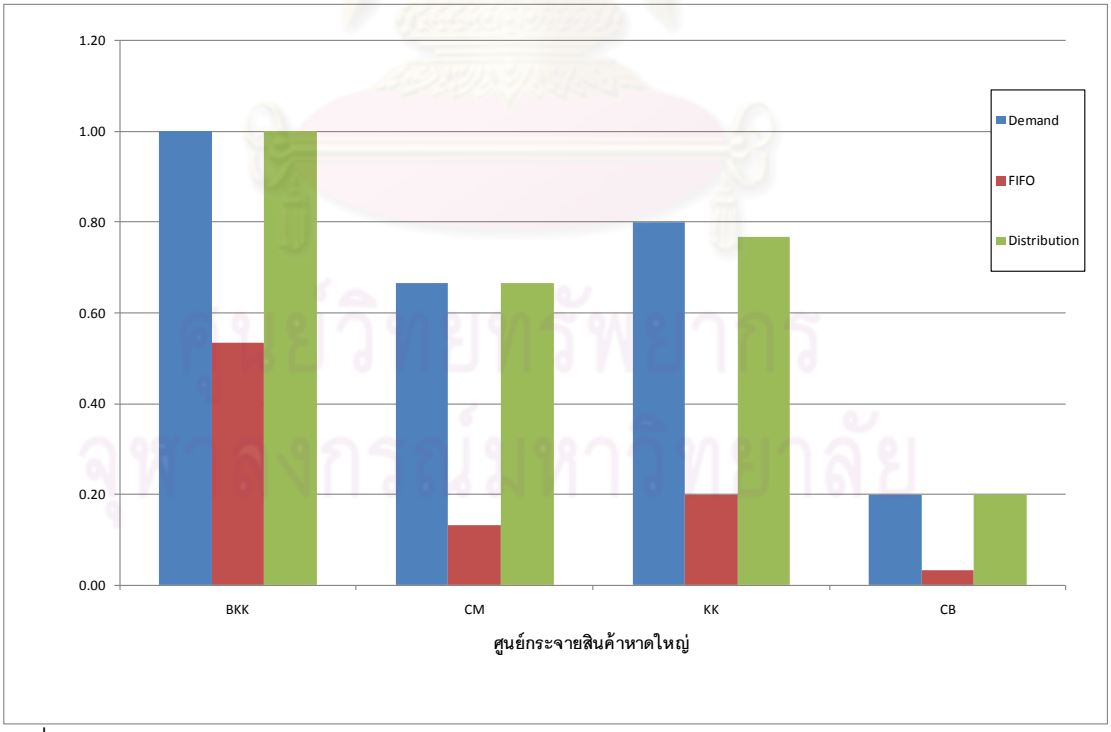

รูปที่4.14 เปรียบเทียบการกระจายรถบรรทุกตามแบบจำลองและแบบFIFO ประจำศูนย์กระจายสินค้าเชียงใหม่




รูปที่4.15 เปรียบเทียบการกระจายรถบรรทุกตามแบบจำลองและแบบFIFO ประจำศูนย์กระจายสินค้าขอนแก่น




รูปที่4.16 เปรียบเทียบการกระจายรถบรรทุกตามแบบจำลองและแบบFIFO ประจำศูนย์กระจายสินค้าชลบุรี




รูปที่4.17 เปรียบเทียบการกระจายรถบรรทุกตามแบบจำลองและแบบFIFO ประจำศูนย์กระจายสินค้าหาดใหญ่

# บทที่ 5
# สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยตลอดการดำเนินงานในการทำแบบจำลองการจัดสรรรถบรรทุกเพื่อกระจายรถบรรทุกไปยังศูนย์กระจายสินค้าปลายทางโดยก่อให้เกิดผลตอบแทนแก่ผู้ประกอบการสูงสุดนั้น พบว่ามีปัญหาในการวิจัยอยู่บ้าง และสามารถนำผลไปต่อยอดได้อีกเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพที่ดีขึ้น ดังผลสรุปและข้อเสนอแนะดังนี้

## 5.1 สรุปผลการศึกษา

แบบจำลองการพัฒนาระบบในการตัดสินใจเพื่อการจัดสรรรถบรรทุกสินค้าระหว่างศูนย์กระจายสินค้าด้วยวิธีพลวัตร ภายใต้สภาวะความไม่แน่นอน ซึ่งมีการประยุกต์การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เข้ามาทำการวิเคราะห์ผลการวิจัย สามารถแบ่งขั้นตอนการศึกษาได้ดังนี้

1. ศึกษาถึงสภาพปัญหางานวิจัยที่จะนำมาสู่แนวทางแก้ไข
2. ทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาในอดีต
3. วิเคราะห์และจัดรูปแบบของข้อมูลในอดีต
4. พัฒนาแบบจำลองการจัดสรรรถบรรทุก
5. ตรวจสอบและวิเคราะห์ผล
6. สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ศึกษาสภาพปัญหางานวิจัย และแนวทางการพัฒนาระบบ

เนื่องจากในปัจจุบันบริการการขนส่งสินค้าโดยรถบรรทุกเป็นที่นิยมอย่างมากทำให้เกิดธุรกิจด้านการขนส่งเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้เกิดการแข่งกันระหว่างผู้ประกอบการที่จะทำอย่างไรเพื่อขนส่งสินค้าให้สอดคล้องตามความต้องการของผู้บริโภคและสามารถได้รับผลตอบแทนได้มาก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่สุด ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงความรวดเร็วในการส่งและเส้นทางในการส่งสินค้าด้วย จากการศึกษาถึงปัญหาในการจัดสรรรถบรรทุกสามารถสรุปได้ออกเป็น

- กรณีทำการกระจายรถสินค้าแบบมีการบรรทุกสินค้า (Load) จากศูนย์กระจายสินค้าของตนเองไปยังศูนย์กระจายสินค้าอื่นๆเป็นจำนวนเท่าใด
- กรณีกระจายรถขนส่งสินค้าแบบวิ่งเที่ยวเปล่าจากศูนย์กระจายสินค้าตนเองไปยังศูนย์กระจายสินค้าอื่นๆเป็นจำนวนเท่าใด
- กรณีมีรถตกค้างแล้วทำการเก็บไว้เพื่อในการกระจายไปยังศูนย์กระจายสินค้าอื่นๆในวันถัดไปควรเป็นจำนวนเท่าใด

5.1.2 วิเคราะห์และจัดรูปแบบข้อมูลในอดีต

เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลในอดีตมาทำการวิเคราะห์จึงจำเป็นที่จะต้องมีการคัดกรองและแบ่งแยกข้อมูลออกตามแต่ละศูนย์กระจายสินค้า ทั้งนี้เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ในลำดับขั้นตอนต่อไป สามารถทำการแยกข้อมูลสรุปได้เป็นหัวข้อดังนี้

- ต้นทุนในการขนส่งสินค้า
- ระยะทางในการขนส่งสินค้า
- จำนวนรถประจำศูนย์กระจายสินค้า
- จุดต้นทางของศูนย์กระจายสินค้าและปลายทางศูนย์กระจายสินค้าตามแต่ละวัน
- รายได้จากการขนส่งสินค้าในแต่ละเส้นทาง
- จำนวนรถในการกระจายไปยังศูนย์กระจายสินค้าต่างๆ ด้วยรูปแบบต่างๆคือ มีการบรรทุกสินค้า (Load) รถวิ่งเปล่า (Empty) และรถจอดรอเพื่อทำการกระจายในวันถัดไป (Sink)
- ระยะเวลาในการกระจายสินค้าไปยังศูนย์กระจายสินค้าปลายทางต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.3 พัฒนาแบบจำลองการจัดสรรรถบรรทุก

แบบจำลอง LOADMAP เป็นการหามูลค่าคาดการณ์ของผลตอบแทนสูงสุดที่จะได้รับตลอดช่วงคาบการวางแผน สำหรับในการตัดสินใจทุกๆทางเลือก โดยการวิ่งแบบมีการบรรทุกสินค้าหรือวิ่งเที่ยวเปล่าจะถูกเรียกใช้อย่างสมดุลภายใต้การพิจารณา รวมถึงความเป็นไปได้ที่จะให้รถจอดอยู่กับศูนย์กระจายสินค้าเดิมเพื่อรอรับสินค้าแล้วทำการบรรทุกในวันถัดไป แต่ในทางปฏิบัติเมื่อทำการจัดลำดับมูลค่าที่คาดว่าจะได้รับแล้วบางครั้งในการขนส่งบรรทุกสินค้าอาจได้รับการปฏิเสธเนื่องจากมูลค่าที่ได้รับน้อยกว่าการส่งรถวิ่งเที่ยวเปล่าไปในทางเลือกอื่นแทน นอกจากนี้แบบจำลองดังกล่าวยังเป็นการจัดการโครงข่ายสำหรับความไม่แน่นอนต่างๆในอนาคต โดยโครงข่ายนี้ได้ถูกออกแบบให้มีการตัดสินใจในการจัดสรรรถบรรทุกแบบแปรปรวนที่เกิดจากการคาดการณ์โดยใช้ข้อมูลในอดีตเป็นฐานข้อมูล และการขนส่งแบบแน่นอนในช่วงสถานะเริ่มต้นที่รู้ข้อมูลทั้งหมดจากข้อมูลในอดีต ดังนั้นโครงข่ายที่ได้จะเกิดทั้งแบบขนส่งที่แน่นอนและแปรปรวน

5.1.4 ตรวจสอบและวิเคราะห์ผล

งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ผลตั้งแต่ดำเนินการหาคาบการวางแผนที่เหมาะสม ซึ่งงานวิจัยนี้พบว่า คาบการวางแผนที่เหมาะสมคือ 14 วัน และทำการหาผลกำไรสูงสุดที่จะได้รับแล้วนำมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นกับข้อมูลในอดีตตามแบบทางผู้ประกอบการได้รับจริง และทำการเปรียบเทียบการกระจายรถกรณีเข้าก่อนออกก่อนกับแบบจำลองพบว่าเกิดรถค้างส่งในวันท้ายๆเป็นจำนวนมากตลอดระยะเวลาที่พิจารณาทั้งหมด 30 วันซึ่งการวิเคราะห์ตามแบบจำลองเกิดกรณีค้างส่งเพียงร้อยละ 4.83 เที่ยวของปริมาณความต้องการขนส่งทั้งหมด โดยส่วนมากศูนย์ที่มีการค้างส่งมากที่สุดคือศูนย์กระจายสินค้ากรุงเทพฯ ทั้งนี้เนื่องจากมีปริมาณความต้องการในการขนส่งสินค้าในแต่ละวันเป็นจำนวนมา

## 5.2 **ข้อเสนอแนะ**

งานวิจัยนี้ได้พบแนวทางการแก้ไขปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานในอนาคตให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งมีแนวทางดังต่อไป

1. การพัฒนาแบบจำลองงานวิจัยนี้ทำการศึกษาเฉพาะการขนส่งสินค้ากับรถบรรทุกขนาดเดียว เนื่องจากเป็นข้อมูลในอดีตผู้ประกอบการมีรถเพียงขนาดเดียว อนาคตควรพิจารณาขนาดรถเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย

2. งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาจากผู้ประกอบการที่มีการขนส่งโดยใช้ระยะเวลาเพียง 1 วัน ซึ่งอนาคตสามารถพิจารณาในหน่วยย่อยที่เล็กลงมาได้อีกเป็นหน่วยชั่วโมง หรือ ครึ่งวันเป็นต้น เนื่องจากข้อมูลในงานวิจัยนี้ได้ข้อมูลจำกัดเป็นรายวัน

3. เพื่อเป็นการง่ายต่อการใช้ระบบการจัดสรรรถบรรทุกนี้สามารถเขียนโปรแกรมรองรับระบบสร้างหน้าต่างในการกรอกข้อมูล และการแสดงผลที่ดูง่าย โดยเป็นมิตรกับผู้ใช้งาน

ในข้อเสนอแนะดังกล่าวน่าจะเป็นประโยชน์อย่างมากในการศึกษาเพื่อต่อยอดให้ระบบการพัฒนาการตัดสินใจในการกระจายรถบรรทุกสามารถนำไปใช้งานจริงได้อย่างง่าย และรองรับถึงปัจจัยจำกัดต่างๆที่มีมากขึ้นในอนาคต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# รายการอ้างอิง

วิภาวรรณ สิงห์พริ้ง. การวิจัยการดำเนินงาน. พิมพ์ครั้งที่2. งานเอกสารและการพิมพ์: หน่วยงานส่งเสริมการสร้างตำรา กองบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2545.

วิสิษฐ์ มานะวิริยภาพ, “ระบบประมวลผลสำหรับการจัดสรรรถบรรทุกแบบพลวัตร,” (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549)

Dejax, P.J. and Crainic, T.G. 1987. A review of empty flows and fleet management model in freight transportation. Transportation Science Vol. 21/4. Pp 227-247.

Gianpaolo,G., Gilbert,L. and Roberto,M. Introduction to Logistics Systems Planning and Control. Great Britain: TJ International, Padstow, Cornwall, 2003.

Hughes R.E., and Powell, W.B. Mitigating End Effects in The Dynamic Vehicle Allocation Model. Management Science 34 (Jul 1988): 859-879.

Frantzeskakis,L. and Powell, W.B. A Successive Linear Approximation Procedure for Stochastic Dynamic Vehicle Allocation Problem. Transportation Science 24 (1990): 40-57.

Powell, W.B. A Stochastic Model of The Dynamic Vehicle Allocation Problem. Transportation Science 20 (May 1986): 117-129.

Powell, W.B. An Operational Planning Model for The Dynamic Vehicle Allocation Problem with Uncertain Demand. Transportation Research Part B: Methodological 21 (1987): 217-232.

Powell, W.B. A Stochastic Formulation of The Dynamic Assignment Problem, with an Application to Truckload Motor Carriers. Transportation Science 30 (August 1996): 195-219.

Powell, W.B., Sheffi,Y. Nickerson,K., Butterbaugh,K. and Atherton,S. Maximzing Progit for North American Van Lines’ Truckload Division: A New Framework for Pricing and Operations. Interfaces Vol.18, No. 1 .pp.21-41.

John,W., William,W.,Stephen, M.,Ken,E. and Warren,B. Interactive Optimization Improves Service and Performance for Yellow Freight System. Interfaces Vol 63 No.1 .pp.147-172.

Gregory,A. and Warren,B. An Adaptive Dynamic Programming Algorithm for Integer Stochastic, Dynamic Resource Allocation Problems. Transportation Science 12 (October 1999).

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ภาคผนวก ก

ปริมาณมูลค่าคาดหวังผลกระทบพื้นที่สุดท้าย (End Effect)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| Day | End Effect | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BKK | CM | KK | CB | HY |
| 1 | 33722.80 | 39906.08 | 32041.41 | 32185.36 | 34841.71 |
| 2 | 46329.49 | 31821.80 | 27506.90 | 29359.85 | 21816.13 |
| 3 | 44798.47 | 41523.09 | 24035.46 | 21460.68 | 20719.01 |
| 4 | 55084.73 | 28429.33 | 28208.78 | 22071.86 | 25625.06 |
| 5 | 50051.09 | 25853.40 | 45901.66 | 15169.73 | 20747.08 |
| 6 | 58396.53 | 26404.18 | 38539.21 | 33534.83 | 30865.18 |
| 7 | 50115.92 | 40298.98 | 47779.01 | 29058.57 | 32888.86 |
| 8 | 51746.56 | 36027.32 | 39633.25 | 27948.21 | 16769.85 |
| 9 | 41430.90 | 31431.74 | 32576.96 | 20784.77 | 16320.87 |
| 10 | 49831.10 | 18763.14 | 36800.38 | 16844.63 | 15227.24 |
| 11 | 47213.49 | 37224.22 | 18128.26 | 27590.37 | 21113.21 |
| 12 | 48003.52 | 37053.38 | 29115.02 | 11809.12 | 20997.16 |
| 13 | 44518.21 | 27075.94 | 41714.14 | 18763.70 | 24221.09 |
| 14 | 43743.11 | 29779.08 | 23462.38 | 37380.02 | 19047.37 |
| 15 | 50350.34 | 23502.96 | 44617.15 | 21875.07 | 23145.72 |
| 16 | 45447.61 | 39996.68 | 42959.47 | 27663.06 | 28383.24 |
| 17 | 48289.50 | 26778.62 | 35790.00 | 19140.72 | 24722.29 |

| Day | End Effect | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BKK | CM | KK | CB | HY |
| 18 | 41161.14 | 25809.75 | 36251.16 | 29880.15 | 22978.85 |
| 19 | 41896.24 | 20639.73 | 21783.05 | 27157.96 | 19140.63 |
| 20 | 42315.20 | 27717.10 | 29527.14 | 23257.96 | 14330.68 |
| 21 | 42289.62 | 20394.45 | 28097.54 | 27058.72 | 17441.16 |
| 22 | 47947.28 | 17671.00 | 22044.84 | 10522.13 | 23536.79 |
| 23 | 36966.40 | 24798.51 | 29805.00 | 23812.62 | 11771.96 |
| 24 | 41509.80 | 17852.81 | 28605.13 | 22272.78 | 16753.33 |
| 25 | 34828.50 | 27367.87 | 23791.35 | 21509.87 | 16323.94 |
| 26 | 35624.62 | 20573.76 | 23644.17 | 16667.56 | 14340.80 |
| 27 | 34735.13 | 13965.52 | 24687.39 | 13434.98 | 10935.06 |
| 28 | 28659.82 | 19164.45 | 19410.62 | 10022.71 | 8086.52 |
| 29 | 24610.12 | 8695.54 | 13455.60 | 7352.18 | 8883.67 |
| 30 | 18760.71 | 4283.33 | 4716.67 | 2995.83 | 5737.50 |

**ภาคผนวก ข**

ปริมาณความต้องการส่งและปริมาณการกระจายรถ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| Original-Destination | | Day | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | | 5 | | |
| i | j | Demand | Distribution | unfilled | Demand | Distribution | unfilled | Demand | Distribution | unfilled | Demand | Distribution | unfilled | Demand | Distribution | unfilled |
| BKK (1) | CM (2) | 2 | 2 | 0 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 |
| BKK (1) | KK (3) | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 3 | 3 | 0 | 2 | 2 | 0 | 3 | 2 | 1 |
| BKK (1) | CB (4) | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 0 |
| BKK (1) | HY (5) | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| CM (2) | BKK (1) | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CM (2) | KK (3) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CM (2) | CB (4) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CM (2) | HY (5) | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| KK (3) | BKK (1) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| KK (3) | CM (2) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| KK (3) | CB (4) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| KK (3) | HY (5) | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CB (4) | BKK (1) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CB (4) | CM (2) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CB (4) | KK (3) | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CB (4) | HY (5) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| HY (5) | BKK (1) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| HY (5) | CM (2) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HY (5) | KK (3) | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| HY (5) | CB (4) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | | 23 | 23 | 0 | 21 | 20 | 1 | 19 | 18 | 1 | 20 | 18 | 2 | 18 | 16 | 1 |

| Original-Destination | | Day | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 6 | | | 7 | | | 8 | | | 9 | | | 10 | | |
| i | j | Demand | Distribution | unfilled | Demand | Distribution | unfilled | Demand | Distribution | unfilled | Demand | Distribution | unfilled | Demand | Distribution | unfilled |
| BKK (1) | CM (2) | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 |
| BKK (1) | KK (3) | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 0 | 3 | 3 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 3 | -1 |
| BKK (1) | CB (4) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| BKK (1) | HY (5) | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 |
| CM (2) | BKK (1) | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CM (2) | KK (3) | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CM (2) | CB (4) | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CM (2) | HY (5) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| KK (3) | BKK (1) | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| KK (3) | CM (2) | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| KK (3) | CB (4) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| KK (3) | HY (5) | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CB (4) | BKK (1) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CB (4) | CM (2) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CB (4) | KK (3) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CB (4) | HY (5) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| HY (5) | BKK (1) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| HY (5) | CM (2) | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HY (5) | KK (3) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HY (5) | CB (4) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| Total | | 19 | 18 | 1 | 23 | 23 | 0 | 23 | 21 | 0 | 19 | 18 | 0 | 18 | 16 | 1 |

| Original-Destination | | Day | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 11 | | | 12 | | | 13 | | | 14 | | | 15 | | |
| i | j | Demand | Distribution | unfilled | Demand | Distribution | unfilled | Demand | Distribution | unfilled | Demand | Distribution | unfilled | Demand | Distribution | unfilled |
| BKK (1) | CM (2) | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| BKK (1) | KK (3) | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 3 | 3 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| BKK (1) | CB (4) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| BKK (1) | HY (5) | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CM (2) | BKK (1) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CM (2) | KK (3) | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CM (2) | CB (4) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CM (2) | HY (5) | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| KK (3) | BKK (1) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| KK (3) | CM (2) | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| KK (3) | CB (4) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| KK (3) | HY (5) | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CB (4) | BKK (1) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CB (4) | CM (2) | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CB (4) | KK (3) | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CB (4) | HY (5) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| HY (5) | BKK (1) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| HY (5) | CM (2) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| HY (5) | KK (3) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| HY (5) | CB (4) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | | 18 | 18 | 0 | 19 | 18 | 0 | 20 | 20 | 0 | 18 | 18 | 0 | 18 | 18 | 0 |

| Original-Destination | | Day | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 16 | | | 17 | | | 18 | | | 19 | | | 20 | | |
| i | j | Demand | Distribution | unfilled | Demand | Distribution | unfilled | Demand | Distribution | unfilled | Demand | Distribution | unfilled | Demand | Distribution | unfilled |
| BKK (1) | CM (2) | 3 | 3 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 3 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 |
| BKK (1) | KK (3) | 1 | 1 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 0 | 3 | 3 | 0 |
| BKK (1) | CB (4) | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| BKK (1) | HY (5) | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CM (2) | BKK (1) | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CM (2) | KK (3) | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CM (2) | CB (4) | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CM (2) | HY (5) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| KK (3) | BKK (1) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| KK (3) | CM (2) | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| KK (3) | CB (4) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| KK (3) | HY (5) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CB (4) | BKK (1) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CB (4) | CM (2) | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CB (4) | KK (3) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CB (4) | HY (5) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| HY (5) | BKK (1) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| HY (5) | CM (2) | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| HY (5) | KK (3) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HY (5) | CB (4) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | | 23 | 23 | 0 | 20 | 19 | 0 | 24 | 22 | 2 | 19 | 17 | 2 | 19 | 18 | 1 |

| Original-Destination | | Day | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 21 | | | 22 | | | 23 | | | 24 | | | 25 | | |
| i | j | Demand | Distribution | unfilled | Demand | Distribution | unfilled | Demand | Distribution | unfilled | Demand | Distribution | unfilled | Demand | Distribution | unfilled |
| BKK (1) | CM (2) | 3 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 0 | 3 | 2 | 1 |
| BKK (1) | KK (3) | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 2 | 2 | 0 | 3 | 3 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| BKK (1) | CB (4) | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| BKK (1) | HY (5) | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| CM (2) | BKK (1) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CM (2) | KK (3) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CM (2) | CB (4) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CM (2) | HY (5) | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| KK (3) | BKK (1) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| KK (3) | CM (2) | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| KK (3) | CB (4) | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| KK (3) | HY (5) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CB (4) | BKK (1) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CB (4) | CM (2) | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CB (4) | KK (3) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CB (4) | HY (5) | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| HY (5) | BKK (1) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| HY (5) | CM (2) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| HY (5) | KK (3) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| HY (5) | CB (4) | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | | 21 | 19 | 2 | 19 | 16 | 3 | 21 | 18 | 2 | 18 | 17 | 0 | 22 | 19 | 1 |

| Original-Destination | | Day | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 26 | | | 27 | | | 28 | | | 29 | | | 30 | | |
| i | j | Demand | Distribution | unfilled | Demand | Distribution | unfilled | Demand | Distribution | unfilled | Demand | Distribution | unfilled | Demand | Distribution | unfilled |
| BKK (1) | CM (2) | 3 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| BKK (1) | KK (3) | 3 | 3 | 0 | 3 | 2 | 1 | 3 | 3 | 0 | 2 | 2 | 0 | 3 | 2 | 1 |
| BKK (1) | CB (4) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 0 |
| BKK (1) | HY (5) | 2 | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| CM (2) | BKK (1) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CM (2) | KK (3) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CM (2) | CB (4) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CM (2) | HY (5) | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| KK (3) | BKK (1) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| KK (3) | CM (2) | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| KK (3) | CB (4) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| KK (3) | HY (5) | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CB (4) | BKK (1) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CB (4) | CM (2) | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CB (4) | KK (3) | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CB (4) | HY (5) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HY (5) | BKK (1) | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| HY (5) | CM (2) | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| HY (5) | KK (3) | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| HY (5) | CB (4) | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | | 20 | 17 | 2 | 18 | 16 | 2 | 19 | 18 | 1 | 19 | 17 | 2 | 22 | 20 | 2 |

**ภาคผนวก ค**

ปริมาณการกระจายรถจากผู้ประกอบตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| i | j | Type | Day | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| BKK (1) | CM (2) | L | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 3 | 2 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| BKK (1) | KK (3) | L | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| BKK (1) | CB (4) | L | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| BKK (1) | HY (5) | L | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| CM (2) | BKK (1) | L | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| CM (2) | KK (3) | L | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| CM (2) | CB (4) | L | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| CM (2) | HY (5) | L | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| KK (3) | BKK (1) | L | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| KK (3) | CM (2) | L | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| KK (3) | CB (4) | L | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| KK (3) | HY (5) | L | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| CB (4) | BKK (1) | L | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| CB (4) | CM (2) | L | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| CB (4) | KK (3) | L | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| CB (4) | HY (5) | L | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| HY (5) | BKK (1) | L | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| HY (5) | CM (2) | L | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| HY (5) | KK (3) | L | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |

| i | j | Type | Day | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 |
| BKK (1) | CM (2) | L | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| BKK (1) | KK (3) | L | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| BKK (1) | CB (4) | L | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| BKK (1) | HY (5) | L | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| CM (2) | BKK (1) | L | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| CM (2) | KK (3) | L | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| CM (2) | CB (4) | L | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| CM (2) | HY (5) | L | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| KK (3) | BKK (1) | L | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| KK (3) | CM (2) | L | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| KK (3) | CB (4) | L | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| KK (3) | HY (5) | L | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| CB (4) | BKK (1) | L | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| CB (4) | CM (2) | L | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| CB (4) | KK (3) | L | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| CB (4) | HY (5) | L | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| HY (5) | BKK (1) | L | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| HY (5) | CM (2) | L | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| HY (5) | KK (3) | L | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |

| i | j | Type | Day | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| BKK (1) | CM (2) | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BKK (1) | KK (3) | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BKK (1) | CB (4) | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BKK (1) | HY (5) | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CM (2) | BKK (1) | E | 2 | 0 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 0 | 1 | 4 | 2 | 3 | 1 | 1 | 0 | 3 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | 3 |
| CM (2) | KK (3) | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CM (2) | CB (4) | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| CM (2) | HY (5) | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| KK (3) | BKK (1) | E | 0 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| KK (3) | CM (2) | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| KK (3) | CB (4) | E | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| KK (3) | HY (5) | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CB (4) | BKK (1) | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 2 | 0 |
| CB (4) | CM (2) | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CB (4) | KK (3) | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CB (4) | HY (5) | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HY (5) | BKK (1) | E | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 |
| HY (5) | CM (2) | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HY (5) | KK (3) | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HY (5) | CB (4) | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BKK (1) | BKK (1) | S | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 4 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| CM (2) | CM (2) | S | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| KK (3) | KK (3) | S | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| CB (4) | CB (4) | S | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 |
| HY (5) | HY (5) | S | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 |

| i | j | Type | Day | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 |
| BKK (1) | CM (2) | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BKK (1) | KK (3) | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BKK (1) | CB (4) | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BKK (1) | HY (5) | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CM (2) | BKK (1) | E | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 3 | 0 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 1 | 2 | 0 | 2 |
| CM (2) | KK (3) | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CM (2) | CB (4) | E | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CM (2) | HY (5) | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| KK (3) | BKK (1) | E | 0 | 1 | 3 | 1 | 1 | 2 | 0 | 2 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| KK (3) | CM (2) | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| KK (3) | CB (4) | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| KK (3) | HY (5) | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CB (4) | BKK (1) | E | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| CB (4) | CM (2) | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CB (4) | KK (3) | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CB (4) | HY (5) | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HY (5) | BKK (1) | E | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 4 | 2 | 1 | 1 | 2 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| HY (5) | CM (2) | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HY (5) | KK (3) | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HY (5) | CB (4) | E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BKK (1) | BKK (1) | S | 4 | 1 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 4 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 4 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| CM (2) | CM (2) | S | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| KK (3) | KK (3) | S | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 2 |
| CB (4) | CB (4) | S | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| HY (5) | HY (5) | S | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 0 | 1 | 2 | 1 | 3 | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 |

# ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวปิยาพร โชตินันทกุล เป็นธิดาของนายสมชาย โชตินันทกุล และ นางสุจิตรา โชตินันทกุล มีพี่น้อง 4 คนเป็นบุตรคนที่ 3 เกิดเมื่อวันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ.2527 ณ โรงพยาบาลแพร่ จังหวัดแพร่ สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนนารีรัตน์จังหวัดแพร่ และสำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เมื่อปีการศึกษา 2550 จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมขนส่ง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2551

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย