การจัดตารางเวลาเดินรถจัดส่งเครื่องดื่มน้ำอัดลมไปยังลูกค้ารายใหญ่

นายเอกภพ กองกาญจน์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545
ISBN 974-17-2394-6
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

VEHICLE SCHEDULING FOR SOFT DRINK DELIVERY TO KEY ACCOUNTS

Mr. Aykapop Kongkan

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Department of Civil Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-17-2394-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจัดตารางเวลาเดินรถจัดส่งเครื่องดื่มน้ำอัดลมไปยังลูกค้ารายใหญ่
โดย	นายเอกภพ กองกาญจน์
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์)

.....กรรมการ
(นายสุวัฒน์ นวลขาว)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกภพ กองกาญจน์ : การจัดตารางเวลาเดินรถจัดส่งเครื่องดื่มน้ำอัดลมไปยังลูกค้ารายใหญ่ (VEHICLE SCHEDULING FOR SOFT DRINK DELIVERY TO KEY ACCOUNTS) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์, 178 หน้า.
ISBN 974-17-2394-6.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพในการจัดตารางเวลาเดินรถขนส่งสินค้าประเภทเครื่องดื่มน้ำอัดลมจากโรงงานแห่งหนึ่งไปยังร้านค้าของผู้ค้าปลีกขนาดใหญ่ ระบบที่พัฒนาขึ้นได้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ส่วนย่อย ส่วนแรกเป็นการคำนวณจำนวนกระบะสินค้าที่ต้องขนส่งจากคำสั่งซื้อของลูกค้า ส่วนที่สองเป็นการพิจารณาลดจำนวนเส้นทางเดินรถด้วยการพิจารณาความเหมาะสมในการควบการส่งสินค้า 2 คำสั่งซื้อให้อยู่ในเส้นทางเดียวกัน และส่วนที่สามเป็นการจัดตารางเวลาเดินรถ เพื่อลดจำนวนกระบะที่ค้างส่งและเวลาที่สูญเสียไประหว่างการดำเนินการ ภายใต้ข้อจำกัดด้านทรัพยากรและเวลาดำเนินงาน ด้วยวิธีหาคำตอบแบบ Genetic Algorithm และ Tabu Search

ผลการพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติงานจริงพบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับสภาพจริง ทั้งนี้ระบบสามารถใช้เป็นระบบสนับสนุนช่วยในการตัดสินใจ อันจะช่วยลดเวลาในการทำงาน รวมถึงลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการดำเนินการโดยพนักงานได้เป็นอย่างดี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2545

4370636021 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEY WORD: VEHICLE SCHEDULING / SOFT DRINK DELIVERY / TIME WINDOW / DSS

AYKAPOP KONGKAN : VEHICLE SHCHEDULING FOF SOFT DRINK DELIVERY TO KEY ACCOUNTS. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SOMPONG SIRISOPONSILP, Ph.D., 178 pp. ISBN 974-17-2394-6.

The objective of this study is to develop a computerized vehicle scheduling system for scheduling soft drink delivery from a single plant warehouse to outlets of major retailers. The resulting system is structured into 3 modules. The first module coverts the customer orders of soft drink into the number of loaded pallets to be delivered. The second module attempts to minimize the number of delivery routes by considering the prospect of combining any two delivery orders into a single route. The last module determines delivery schedules that minimize the number of undelivered pallets and truck idling time under various resource and time-window constraints by applying the well-known Genetic Algorithm and Tabu Search techniques.

The comparison of the system results with the real world experience indicates that the system produces results that are consistent with the actual operation. The developed system is designed to be utilized as a decision support system (DSS) that helps schedulers significantly reduce time and errors associated with the preparation of truck schedules.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department	Civil Engineering	Student's signature.....
Field of study	Civil Engineering	Advisor's signature.....
Academic year	2002	

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ และเป็นที่ปรึกษา ตลอดจนช่วยตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอกราบขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ซึ่งประกอบด้วย ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวัณย์ศิริ และคุณสุวัฒน์ นวลขาว ที่ให้คำปรึกษา ข้อแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจที่เข้มแข็งของผู้เขียน ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาจนสามารถศึกษาและทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลงได้

ผู้เขียนขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คุณโชคชัย กาพทิพย์ และคุณสมชาย สมประสงค์ ที่บริษัท ไทยน้ำทิพย์ โรงงานรังสิต รวมทั้งบุคคลอื่นๆที่ได้มีส่วนช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจแก่ผู้เขียน

คุณความดีของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนขอมอบเป็นสิ่งตอบแทนต่อท่านผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีต และปัจจุบัน

เอกภพ กองกาญจน์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

บทที่	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมา.....	1
1.2 จุดประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.5 ขั้นตอนการศึกษา.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่ผ่านมา	
2.1 ลักษณะและปัญหาการประกอบการขนส่งสินค้า.....	5
2.2 แนวคิดและทฤษฎี.....	6
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	18
2.4 สรุป.....	30
บทที่ 3 สำรวจและรวบรวมข้อมูล	
3.1 การสำรวจการดำเนินงานของหน่วยงานตัวอย่าง.....	31
3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง.....	43
3.3 สรุป.....	49
บทที่ 4 การพัฒนาแบบจำลอง	
4.1 การคำนวณจำนวนกระบะสินค้า.....	52
4.2 การจัดเส้นทางเดินรถ.....	58
4.3 การจัดตารางเวลาเดินรถ.....	65
4.4 การออกแบบโปรแกรม.....	86
บทที่ 5 การตรวจสอบแบบจำลอง	
5.1 การตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของแบบจำลอง.....	99
5.2 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือและความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง.....	102
บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	
6.1 บทสรุป.....	117
6.2 ข้อเสนอแนะ.....	123
รายการอ้างอิง.....	124

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก	127
ภาคผนวก ก ค่าการประหยัด	128
ภาคผนวก ข ความเป็นไปได้ของเส้นทาง	133
ภาคผนวก ค แบบสำรวจเวลาเดินรถ	139
ภาคผนวก ง เวลาในการดำเนินการ	144
ภาคผนวก จ ข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบแบบจำลอง	151
ภาคผนวก ฉ แบบประเมินความเชื่อมั่นของโปรแกรม	163
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	165

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ความเกี่ยวข้องของระดับการวางแผนกับการขนส่งสินค้า.....	6
3.1	ข้อมูลจำนวนหีบห่อบรรจุต่อกระบะสินค้าจำแนกตามขนาดบรรจุภัณฑ์.....	45
3.2	ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการขึ้นน้ำ.....	46
3.3	ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการคลุมผ้าใบ.....	46
3.4	ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการรอคอยลงน้ำ.....	47
3.5	ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการลงน้ำ.....	47
3.6	ข้อมูลความเร็วมาตรฐานที่ใช้ในการขนส่งสินค้า.....	47
4.1	ข้อมูลจำนวนหีบห่อบรรจุต่อกระบะสินค้ามากกว่าปกติ.....	54
4.2	เวลารอคอยและสาเหตุการเกิด.....	84
4.3	โครงสร้างฐานข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง.....	87
5.1	ผลการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อสมมุติฐานของแบบจำลอง.....	103
5.2	ข้อมูลผลการประเมินความเชื่อมั่นที่มีต่อโปรแกรม.....	113

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ		หน้า
1.1	ยอดขายเป็นหีบห่อของบริษัทในช่วงปี 2540-2544……	1
1.2	ขั้นตอนการศึกษา.....	4
2.1	การประหยัดจากการนำจุดส่งสินค้าอีกหนึ่งจุดส่งของลูกค้ารายที่ 2 เข้ามารวมกับเส้นทางหลักของลูกค้ารายที่ 1.....	7
2.2	องค์ประกอบของระบบสนับสนุนช่วยการตัดสินใจ.....	18
3.1	รถบรรทุกขนาด 4 ล้อ ความจุขนาด 1 กระบะ.....	35
3.2	รถบรรทุกขนาด 4 ล้อ ความจุขนาด 4 กระบะ.....	36
3.3	รถบรรทุกขนาด 4 ล้อ ความจุขนาด 6 กระบะ.....	36
3.4	รถบรรทุกขนาด 6 ล้อ ความจุขนาด 10 กระบะ.....	36
3.5	รถบรรทุกขนาด 18 ล้อ ความจุขนาด 20 กระบะ.....	37
3.6	รถบรรทุกขนาด 18 ล้อ ความจุขนาด 22 กระบะ.....	37
3.7	กระบวนการจัดส่งสินค้า.....	38
3.8	บริเวณลานขึ้นน้ำในโรงงานรังสิต.....	39
3.9	การคลุมผ้าใบเพื่อป้องกันสินค้าเสียหาย.....	39
4.1	กระบวนการโดยรวมของแบบจำลอง.....	52
4.2	ลักษณะของพื้นรถบรรทุก.....	54
4.3	การรายงานผลจำนวนกระบะสินค้า.....	56
4.4	ขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองการคำนวณจำนวนกระบะสินค้า.....	57
4.5	รายละเอียดข้อมูลความเป็นไปได้ของเส้นทาง.....	60
4.6	ขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองการจัดเส้นทางเดินรถ.....	63
4.7	ตัวอย่างของ List งานเริ่มต้น.....	69
4.8	ขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองการจัดตารางเวลาเดินรถ.....	70
4.9	ขั้นตอนการพิจารณาข้อจำกัดรถบรรทุก.....	73
4.10	รูปแบบเวลาที่ใช้ในการพิจารณาข้อจำกัดเวลาในการขึ้นน้ำ.....	74
4.11	ขั้นตอนการพิจารณาข้อจำกัดเวลาในการขึ้นน้ำ.....	75
4.12	รูปแบบเวลาที่ใช้ในการพิจารณาข้อจำกัดเวลาห้ามเดินรถบรรทุก.....	76
4.13	กิจกรรมหลักที่ใช้ตรวจสอบการละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลา.....	77
4.14	การละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลากรณีที่ 1.....	77
4.15	การละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลากรณีที่ 2.....	77

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
4.16	การละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลากรณีที่ 3	78
4.17	การละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลากรณีที่ 4	78
4.18	การละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลากรณีที่ 5	78
4.19	การละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลากรณีที่ 6	79
4.20	การละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลากรณีที่ 7	79
4.21	การละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลากรณีที่ 8	79
4.22	การปรับแก้การละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลากรณีที่ 1-8	80
4.23	การละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลากรณีที่ 9	80
4.24	การละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลากรณีที่ 10	81
4.25	การละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลากรณีที่ 11	81
4.26	การละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลากรณีที่ 12	81
4.27	การปรับแก้การละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลากรณีที่ 9-10	82
4.28	การปรับแก้การละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลากรณีที่ 11-12	82
4.29	ขั้นตอนการพิจารณาข้อจำกัดกรอบเวลาห้ามเดินรถบรรทุกและกรอบเวลาในการรับสินค้า	83
4.30	โครงสร้างของ Aspiration List	85
4.31	โครงสร้างของ Tabu List	85
4.32	โครงสร้างการจัดลำดับงานใหม่แบบ Permutation ชนิดเลือก N จุดสลับ	86
4.33	โครงสร้างของข้อมูลคำสั่งซื้อ	88
4.34	ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานในการเลือกข้อมูลคำสั่งซื้อมาคำนวณ	88
4.35	ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ขณะนำเข้าข้อมูลคำสั่งซื้อ	89
4.36	ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานในการรับค่าพารามิเตอร์ความจุหีบห่อต่อกระบะสินค้า	89
4.37	ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานในการรับค่าพารามิเตอร์จำนวนรถบรรทุกที่พร้อมใช้งาน	90
4.38	ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานในการรับค่าพารามิเตอร์เวลาดำเนินการ	90
4.39	ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานในการรับค่าพารามิเตอร์กรอบเวลา	91
4.40	ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานในการรับค่าพารามิเตอร์ความเป็นไปได้ของเส้นทาง	91
4.41	ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานในการรับค่าพารามิเตอร์อื่นๆ	92
4.42	ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานในการคำนวณจำนวนกระบะสินค้า	92
4.43	ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานในการเลือกรูปแบบการรายงานผลจำนวนกระบะสินค้า	92

สารบัญภาพ (ต่อ)

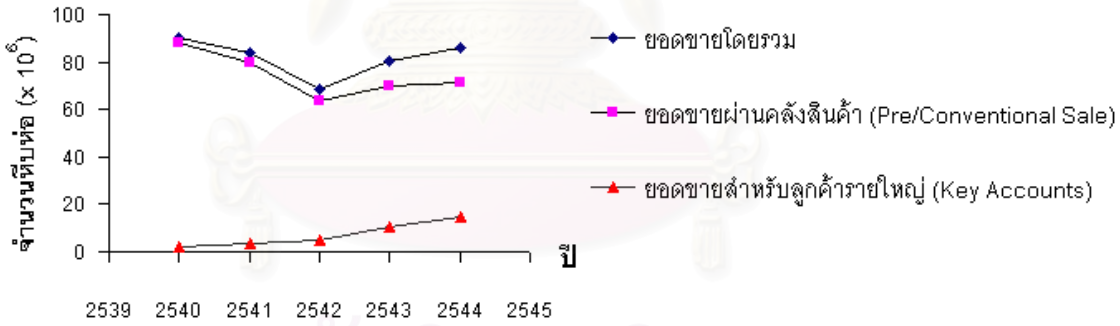
ภาพประกอบ		หน้า
4.44	รายงานผลการคำนวณจำนวนกระบะสินค้าในรูปเอกสาร Microsoft Word.....	93
4.45	รายงานผลการคำนวณจำนวนกระบะสินค้าในรูปเอกสาร Microsoft Excel....	93
4.46	ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานในการจัดเส้นทางเดินรถโดยแบบจำลอง.....	94
4.47	ส่วนรายงานผลการจัดเส้นทางเดินรถโดยแบบจำลอง.....	95
4.48	ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานในการจัดเส้นทางเดินรถโดยผู้ใช้งาน.....	95
4.49	รายงานผลการจัดเส้นทางเดินรถในรูปใบแจ้งเที่ยววิ่ง.....	96
4.50	ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานในการคัดแยกเส้นทางเดินรถโดยผู้ใช้งาน.....	97
4.51	ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานในการจัดตารางเวลาเดินรถ.....	97
4.52	รายงานผลการจัดตารางเวลาเดินรถในรูปตารางเวลา.....	98
4.53	รายงานผลการจัดตารางเวลาเดินรถในรูป Gantt Chart.....	98
4.54	รายงานสรุปการจัดตารางเวลาเดินรถ.....	98
5.1	ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรถบรรทุกขนาด 10 กระบะ กับจำนวนงานที่สามารถทำได้.....	105
5.2	ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการขึ้นน้ำ กับจำนวนงานที่สามารถจัดส่งได้.....	106
5.3	ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการรอคอยลงน้ำ กับจำนวนงานโดยรวมที่สามารถจัดส่งได้.....	107
5.4	ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการรอคอยลงน้ำ กับจำนวนงานในเที่ยววิ่งที่สองที่สามารถจัดส่งได้.....	108
5.5	การเปรียบเทียบผลการคำนวณจำนวนกระบะสินค้า จากแบบจำลองกับการปฏิบัติงานจริง.....	110
5.6	การเปรียบเทียบผลการคำนวณจัดเส้นทางเดินรถจากแบบจำลอง กับการปฏิบัติงานจริง.....	111
5.7	การเปรียบเทียบผลการจัดตารางเวลาเดินรถจากแบบจำลอง กับการปฏิบัติงานจริง.....	112
5.8	แนวโน้มผลการสุ่มหาลำดับการดำเนินการของรถบรรทุก โดยวิธี Genetic แบบ Permutation ชนิดเลือก 2 จุดสลับ.....	115
5.9	แนวโน้มผลการสุ่มหาลำดับการดำเนินการของรถบรรทุก โดยวิธี Genetic แบบ Permutation ชนิดเลือก N จุดสลับ.....	115

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

เมื่อกล่าวถึงอุตสาหกรรมเครื่องดื่มน้ำอัดลม บริษัทไทยน้ำทิพย์ จำกัด จัดเป็นผู้ผลิตและจัดจำหน่ายเครื่องดื่มประเภทน้ำอัดลมขนาดใหญ่รายหนึ่งของประเทศไทย มีโรงงานผลิต 6 โรงงานและสาขาย่อยที่เป็นคลังสินค้า 63 สาขา กระจายอยู่ตามภูมิภาคต่างของประเทศ (ยกเว้น 14 จังหวัดภาคใต้) ซึ่งทำหน้าที่ขายและกระจายสินค้าที่หลากหลายกว่า 60 รูปแบบการหีบห่อให้กับลูกค้าที่เป็นร้านค้าปลีกรายย่อยและลูกค้ารายใหญ่ (ร้านค้าปลีกรายใหญ่) โดยมีช่องทางการจัดจำหน่ายประมาณ 15 ช่องทาง มีปริมาณการขายกว่า 80 ล้านหีบห่อต่อปี ดังรูปที่ 1.1 จะเห็นได้ว่าแม้จะเกิดภาวะเศรษฐกิจชะลอตัวในปี 2541 ทำให้ปริมาณการขายของบริษัทลดลงมาก แต่ก็มีทิศทางและแนวโน้มที่ดีขึ้นทุกๆปี โดยเฉพาะในส่วนของการขายสินค้าให้กับลูกค้ารายใหญ่ซึ่งควรพิจารณาเป็นพิเศษ



รูปที่ 1.1 ยอดขายเป็นหีบห่อของบริษัทในช่วงปี 2540-2544

การขายสินค้าให้กับลูกค้ารายใหญ่ประเภท Hypermart นั้นมีกระบวนการต่างๆที่เกี่ยวข้องมาก แต่กระบวนการที่ถือเป็นส่วนสำคัญสำหรับการให้บริการลูกค้าคือ การจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้าตรงตามความต้องการลูกค้า ซึ่งมีต้นทุนการขนส่งสินค้าคิดเป็นร้อยละประมาณ 2-3 ของมูลค่าการขายทั้งหมด สำหรับขั้นตอนของกระบวนการขนส่งสินค้าเริ่มจากการรับเอกสารการสั่งซื้อสินค้าจากลูกค้า การจัดเตรียมสินค้า การจัดเที่ยววิ่งรถบรรทุกส่งสินค้า การรับสินค้าของลูกค้าตลอดจนการปิดยอดขายประจำวันของบริษัท ซึ่งปัจจุบันพบว่ายังมีข้อบกพร่องหลายประการด้วยกันเช่น การส่งสินค้าไม่ทันกำหนดเวลา การจัดเตรียมเอกสารการจัดส่งสินค้าไม่ถูกต้อง เป็นต้น

อีกทั้งรูปแบบและวิธีการจัดส่งสินค้า การจัดเที่ยววิ่งรถบรรทุกยังไม่มีรูปแบบที่แน่นอน และเป็นมาตรฐาน

ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ควรจะมีการศึกษาเพื่อปรับปรุงและพัฒนากระบวนการจัดส่งสินค้าสำหรับลูกค้ารายใหญ่ โดยเฉพาะการพัฒนาแบบจำลองโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในส่วนของการวิเคราะห์จัดเที่ยววิ่งส่งสินค้า รวมถึงการจัดตารางเวลาเดินรถเพื่อให้กระบวนการจัดส่งสินค้ามีรูปแบบที่แน่นอนและมีความเป็นมาตรฐาน อีกทั้งใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจของผู้ปฏิบัติงานในการบริหารการขนส่งสินค้าให้มีประสิทธิภาพ สามารถส่งสินค้าได้ถูกต้อง ตรงเวลา สามารถใช้รถได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระดับการให้บริการและความน่าเชื่อถือของบริษัทสูงขึ้น อันจะส่งผลดีและเป็นการนำพาองค์กรไปสู่ความสำเร็จ

1.2 จุดประสงค์ของการศึกษา

ในการศึกษานี้มีจุดประสงค์ของการศึกษาแบ่งออกได้ดังนี้

- เพื่อศึกษาลักษณะและกระบวนการในการจัดส่งสินค้าของบริษัทตัวอย่างอย่างละเอียดจนเกิดความเข้าใจเพียงพอที่จะกำหนดแนวทางในการออกแบบปรับปรุงพัฒนาระบบงาน
- เพื่อพัฒนาวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการจัดตารางเวลาเดินรถขนส่งสินค้า
- เพื่อศึกษาและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการจัดการการจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้ารายใหญ่ของบริษัทตัวอย่าง

1.3 ขอบเขตการศึกษา

- การศึกษาลักษณะและกระบวนการในการจัดส่งสินค้า ได้ทำการศึกษาบริษัทตัวอย่าง คือ บริษัทไทยน้ำทิพย์ จำกัด โดยศึกษาเฉพาะส่วนการจัดส่งสินค้าของโรงงานรังสิตสำหรับลูกค้ารายใหญ่ เช่น บิ๊กซี, แม็คโคร, โลตัส, คาร์ฟูร์ เป็นต้น
- ศึกษากระบวนการจัดส่งสินค้าสำหรับลูกค้ารายใหญ่ โดยเฉพาะวิธีการจัดผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายขึ้นรถบรรทุกขนาดต่างๆ วิธีการจับคู่เที่ยววิ่งให้กับรถบรรทุกบรรทุกสินค้าเต็มคันหรือไม่เต็มคัน และการจัดตารางเวลาเดินรถให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

- การศึกษานี้ทำการศึกษาการจัดส่งสินค้าที่เป็นสินค้าที่มีบรรจุภัณฑ์ปกติ เช่น กระป๋อง หรือขวดพลาสติก (Non-Returnable) เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการจัดส่งเป็นปริมาณมากและมักเกิดปัญหาในการจัดส่งสินค้า
- การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จะยึดแนวทางตามนโยบายด้านการขนส่งสินค้าของบริษัทตัวอย่างที่ได้ปฏิบัติอยู่ แต่อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ตามข้อเสนอแนะของผู้ปฏิบัติงาน ทั้งนี้แนวทางที่เสนอแนะจะต้องมีความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติภายใต้ข้อจำกัดที่มีอยู่

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษานี้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ผลจากการศึกษาสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดแนวทางในการออกแบบปรับปรุงระบบงานจัดส่งสินค้าเพื่อให้เกิดความเหมาะสมได้
- แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยในการวางแผนและจัดตารางเวลาเดินรถได้อย่างเหมาะสม
- แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยให้ระบบงานจัดส่งสินค้าเกิดประสิทธิภาพ และความรวดเร็ว

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษาแสดงดังรูปที่ 1.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 1.2 ขั้นตอนการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่ผ่านมา

ในการศึกษานี้เป็นการขนส่งเครื่องดื่มน้ำอัดลม จากโรงงานผลิต 1 แห่งไปยังจุดรับสินค้าของลูกค้าซึ่งเป็นร้านค้าปลีกรายใหญ่ ซึ่งต้องดำเนินการภายใต้ เงื่อนไข และข้อจำกัดที่สำคัญที่มีผลต่อกระบวนการจัดส่งสินค้า การคิดคำนวณจำนวนกระบะสินค้า การจัดเที่ยววิ่ง รวมถึงการจัดตารางเวลาเดินรถ ประกอบด้วย จำนวนรถที่มีจำกัด จำนวนจุดส่งสินค้าต่อเที่ยววิ่ง ลักษณะผลิตภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์ กรอบเวลาในการรับสินค้าของลูกค้า และกรอบเวลาในการห้ามรถบรรทุกขนาดใหญ่เข้าเมืองช่วงเวลา 6.00-21.00น. ผู้ศึกษาจึงได้ทำการศึกษา และทบทวนแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดเที่ยววิ่งส่งสินค้า 2 จุดส่ง การจัดตารางเวลาในการเดินรถบรรทุกขนส่งสินค้าภายใต้ข้อจำกัดของเวลา เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบระบบงานหรือแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น โดยการศึกษานี้ได้แบ่งการทบทวนแนวคิด และผลงานที่เกี่ยวข้องออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งเป็นการพิจารณาลักษณะ และปัญหาการประกอบการขนส่งสินค้า ส่วนที่สอง แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทางเดินรถในลักษณะที่เป็นการส่งสินค้า 2 จุดส่งต่อเส้นทางการจัดตารางเวลา การออกแบบระบบสนับสนุนช่วยการตัดสินใจ และส่วนที่สาม การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางเวลาเดินรถบรรทุกขนส่งสินค้า ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ลักษณะและปัญหาการประกอบการขนส่งสินค้า

การขนส่งสินค้าเป็นกระบวนการเคลื่อนย้ายสินค้า หรือบริการที่ทำให้เกิดอรรถประโยชน์ทั้งเวลา สถานที่ และส่งผลดีต่อเศรษฐกิจโดยทำให้สินค้ามีมูลค่าเพิ่มขึ้น รวมทั้งการคงคุณภาพสินค้า เนื่องจากสินค้าถูกจัดส่งทันเวลา สถานที่ถูกต้อง ทันการใช้งาน แต่เนื่องจากการขนส่งสินค้าประกอบด้วยกิจกรรมต่างๆจำนวนมาก เช่นการเก็บสินค้า การเคลื่อนย้ายสินค้า การจัดส่งสินค้า เป็นต้น ดังนั้นเพื่อให้ง่ายต่อการพิจารณาและวางแผน จึงแบ่งการจัดการการขนส่งออกเป็น 3 ระดับดังนี้ (Laporte, G., 1997)

- ระดับกลยุทธ์ (Strategic) เป็นการตัดสินใจวางแผนที่มีผลในระยะยาว
- ระดับยุทธวิธี (Tactical) เป็นการบริหาร และจัดสรรทรัพยากรเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรต่างๆสูงสุด

- ระดับปฏิบัติการ (Operational) เป็นการบริหารควบคุมงานใน แต่ละวันให้เป็นไปตามยุทธวิธี

โดยแต่ละระดับการวางแผนและจัดการกับการขนส่งสินค้าแสดงได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ความเกี่ยวข้องของระดับการวางแผนกับการขนส่งสินค้า

	การวางแผนการขนส่ง	การวางแผนขนส่งสินค้า	การจัดเส้นทางเดินรถ
ระดับกลยุทธ์	ที่ตั้งโรงงาน ที่ตั้งคลังสินค้า	ขนาดกองรถที่ใช้	ขนาดกองรถที่ใช้
ระดับยุทธวิธี	วางโครงข่ายการขนส่ง	รูปแบบรถที่ใช้ขนส่ง รูปแบบการขนส่ง	รูปแบบเส้นทาง การแบ่งเขตจัดส่งสินค้า
ระดับปฏิบัติการ	ปริมาณสินค้าที่จะจัดส่ง	การกระจายสินค้า	การจัดตารางเวลาเดินรถ การจัดเส้นทางเดินรถ การปล่อยรถ

จะเห็นได้ว่าการจัดสินค้าขึ้นรถบรรทุก การจัดจำนวนเที่ยววิ่งส่งสินค้าแบบรวมจุดส่ง และการจัดตารางเวลาเดินรถ เป็นขั้นตอนที่ต้องทำการวางแผนในระดับปฏิบัติการแบบวันต่อวัน ซึ่งจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการแก้ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นให้น้อยที่สุด เนื่องจากระยะเวลาในการตัดสินใจมีอย่างจำกัด

2.2 **แนวคิดและทฤษฎี**

แนวคิด และทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษานี้ได้แบ่งเนื้อหาของการศึกษาออกเป็น 3 ส่วนหลักคือ แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวกับการจัดเส้นทางเดินรถส่งสินค้าด้วยวิธีการรวมจุดส่ง การจัดตารางเวลา และแนวคิดในการออกแบบระบบสนับสนุนช่วยในการตัดสินใจ ดังนี้

2.2.1 การจัดเส้นทางเดินรถส่งสินค้าด้วยวิธีการรวมจุดส่ง

วิธีการรวมจุดส่งสินค้าเป็นวิธีการที่อาศัยหลักในการจัดเส้นทางเดินรถ โดยการค้นหาจุดส่งสินค้าจุดอื่นๆที่ทำให้เกิดการประหยัดได้จากระยะทางรวมไว้กับการจัดส่งสินค้าในเส้นทางหลัก แทนการจัดส่งสินค้าเป็น 2 เส้นทาง (Holmes, R. A. และ Parker, R. G., 1976)

ค่าการประหยัดจากการนำจุดส่งสินค้าอีกหนึ่งจุดส่งของลูกค้ารายที่ 2 เข้ามารวมกับเส้นทางหลักของลูกค้ารายที่ 1

รูปที่ 2.1 การประหยัดจากการนำจุดส่งสินค้าอีกหนึ่งจุดส่งของลูกค้ารายที่ 2 เข้ามารวมกับเส้นทางหลักของลูกค้ารายที่ 1

$$\text{ค่าการประหยัด} = [2d_{a1} + 2d_{a2}] - [d_{a1} + d_{12} + d_{a2}] = d_{a1} + d_{a2} - d_{12} \qquad (2\text{-}1)$$

ทั้งนี้ค่าการประหยัดอาจพิจารณาจากค่าขนส่ง ระยะทางหรือค่าอื่นๆ ตามแต่ความเหมาะสม อีกทั้งควรพิจารณาความเป็นไปได้ของเส้นทางในกรณีที่มีการส่งสินค้าด้วยวิธีการรวมจุดส่งว่าสามารถจัดส่งสินค้าได้ตามสภาพความเป็นจริงหรือไม่ (Clarke, G. และ Wright, J. W., 1964)

2.2.2 การจัดตารางเวลา

ผู้เชี่ยวชาญหลายท่านได้ให้ความหมายของการจัดตารางเวลาไว้ดังนี้

Pinedo, M. (1995) กล่าวว่าการจัดตารางเวลาคือ การจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้กับงานในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือเงื่อนไขที่ต้องการได้สูงสุด ทรัพยากรในที่นี้คือ เครื่องจักรในโรงงาน คนงานในสถานีที่ก่อสร้าง หน่วยประมวลผลในคอมพิวเตอร์ เป็นต้น ส่วนงานหมายถึง งานที่ทำในกระบวนการผลิต ขั้นตอนในการก่อสร้าง กระบวนการในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

Barker, K. R. (1974) กล่าวว่าการจัดตารางเวลานั้นเป็นศาสตร์ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจว่า งานที่ต้องทำมีอะไรบ้าง และแต่ละงานเริ่มทำเวลาใด ภายใต้การผสมผสานแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับการปฏิบัติงานจริง

Bodin, L. (1983) กล่าวว่าการจัดตารางเวลามีลักษณะคล้ายกับการจัดเส้นทางเดินรถโดยการจัดเส้นทางเดินรถเป็นการพิจารณาในมิติของระยะทาง ในขณะที่การจัดตารางเวลาพิจารณามิติของเวลา โดยการลำดับงานของรถตามกิจกรรม และเวลาภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ เช่น ระยะเวลาที่รถให้บริการตามเส้นทางต่างๆ ขนาดรถ จำนวนจุดส่งสินค้า เป็นต้น

French, S. (1982) ได้กล่าวว่า ในแง่อุตสาหกรรมการผลิต การจัดตารางเวลาเป็นการจัดสรรทรัพยากรเครื่องจักร และงานที่ต้องทำให้มีลำดับขั้นตอนการผลิตตามกระบวนการที่เหมาะสมตามเวลาที่กำหนด เพื่อให้การใช้ทรัพยากรเกิดประสิทธิภาพมากที่สุด

จากที่ได้กล่าวไว้ถึงความหมายของการจัดตารางเวลา พอที่สรุปได้ว่าการจัดตารางเวลาคือ การจัดสรรรถบรรทุกที่ใช้ขนส่งสินค้าที่มีอย่างจำกัดเพื่อที่จะดำเนินการขนส่งสินค้าในช่วงเวลาที่จำกัดให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด

การจัดตารางเวลาแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

- Deterministic Scheduling เป็นการจัดตารางเวลาที่ทราบจำนวนงานจัดส่งและจำนวนรถที่แน่นอน
- Stochastic Scheduling เป็นการจัดตารางเวลาที่ไม่ทราบจำนวนงานจัดส่ง และจำนวนรถที่แน่นอน

ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะการจัดตารางเวลาเดินรถแบบ Deterministic Scheduling เท่านั้นเนื่องจากเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการศึกษานี้

2.2.2.1 ประเภทของปัญหาการจัดตารางเวลาการเดินรถ

ชนิดและประเภทของปัญหาการจัดตารางเวลาเดินรถขึ้นอยู่กับข้อจำกัดต่างๆ ที่ถูกกำหนดขึ้นจากชนิดของงานที่บริการ และจุดบริการที่การส่งสินค้าระหว่างทาง ซึ่งจำแนกได้ดังนี้

- The Single Depot Vehicles Scheduling Problem (VSP)

เป็นปัญหาที่แต่ละเส้นทางเดินรถมีการจัดตารางเวลาเดินรถสำหรับรถขนส่งสินค้า 1 คัน ภายใต้เงื่อนไขต้นทุนดำเนินการขนส่งต่ำที่สุด ปัญหานี้แบ่งได้เป็น

  - มีข้อจำกัดของระยะเวลาในการดำเนินงานต่อเส้นทาง
  - ไม่มีข้อจำกัดของระยะเวลาในการดำเนินงานต่อเส้นทาง

- Vehicles Scheduling Problem with Length of Path Restriction (VSPLPR)

เป็นปัญหาของการจัดตารางเวลาเดินรถ ที่มีข้อจำกัดของระยะเวลาดำเนินการต่อเส้นทาง กล่าวคือมีข้อจำกัดระยะเวลาที่รถขนส่งสินค้าสามารถให้บริการได้โดยเริ่มจากคลังสินค้าไปยังจุดส่งสินค้าต่างๆ แล้วกลับมาที่คลังสินค้า ข้อจำกัดดังกล่าวอาจมาจากเงื่อนไขของเชื้อเพลิงที่มีจำกัด สภาพการใช้งานรถ และการบำรุงรักษารถ

- Vehicles Scheduling Problem with Multiple Vehicles Types (VSPMVT)

เป็นปัญหาการจัดตารางเวลาเดินรถที่ต้องพิจารณาความหลากหลายของประเภทรถที่ใช้ในการขนส่งสินค้า กล่าวคือรถที่ใช้มีลักษณะภายนอก ขนาด ความจุ แตกต่างกัน ซึ่งมีผลต่อการดำเนินการของรถ เช่นรถบรรทุกขนาดเล็ก สามารถขนส่งสินค้าได้ในปริมาณไม่มาก และขนส่งได้ในระยะทางไม่ไกลมาก ดังนั้นการพิจารณาจัดสรรงานให้รถแต่ละประเภทต้องพิจารณาข้อจำกัดดังกล่าวมาด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- Vehicles Scheduling Problem with Multiple Depots (VSPMD)

เป็นปัญหาการจัดตารางเวลาเดินรถที่มีคลังสินค้ามากกว่า 1 แห่งในการพิจารณาให้บริการ สิ่งที่พิจารณาเพิ่มเติมจากกรณีอื่นๆ คือ ต้องมีการบริหารจัดการกองรถในแต่ละคลังสินค้า ให้เหมาะสม

2.2.2.2 เทคนิคและกระบวนการในการจัดตารางเวลาเดินรถแบบ Deterministic Scheduling

กระบวนการที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นวิธีการที่ให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงค่าที่ดีที่สุด เป็นค่าที่ยอมรับได้ และใช้เวลาในการจัดตารางเวลาไม่มาก เรียกวิธีการนี้ว่าฮิวริสติกส์ (Heuristics) เป็นวิธีการคิดอย่างมีเหตุผลตามประสบการณ์ และความสมเหตุสมผล ที่มีการพัฒนามากว่า 20 ปี (Fogel, D.B., 1998) วิธีการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกส์ สำหรับการจัดตารางเวลาเดินรถ แบ่งเป็น 2 วิธีการคือ Priority Dispatching Rules และ Procedures Based on Local Search

1. Priority Dispatching Rules

วิธีการนี้ใช้หลักการจัดลำดับความสำคัญของงานที่ต้องปฏิบัติก่อนหลังตามเงื่อนไขที่กำหนด เป็นวิธีการที่พิจารณาถึงลักษณะของงาน ระยะเวลาในการดำเนินการ และกำหนดเวลาต่างๆ (Pinedo, M., 1995) วิธี Priority Dispatching Rules ประกอบด้วย

Shortest Processing Time (SPT)

เป็นวิธีที่ให้ความสำคัญกับงานที่ใช้เวลาในการดำเนินการน้อยที่สุดก่อน

Longest Processing Time (LPT)

เป็นวิธีที่ให้ความสำคัญกับงานที่ใช้เวลาในการดำเนินการมากที่สุดก่อน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Earliest Due Date (EDD)

เป็นวิธีที่ให้ความสำคัญกับงานที่ถึงกำหนดเวลาในการดำเนินการก่อน

Weighted Shortest Processing Time Rule (WSPT)

เป็นวิธีที่ให้ความสำคัญกับงานที่ใช้เวลาในการดำเนินการน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนัก แล้วเรียงลำดับความสำคัญจากมากไปน้อยเพื่อให้งานทั้งหมดเสร็จสิ้นเร็วที่สุด

2. Procedures Based on Local Search

กระบวนการค้นหาคำตอบแบบ Local Search อาศัยวิธีการทำซ้ำเพื่อหาผลเฉลยที่ดีกว่าผลเฉลยที่มีอยู่โดยการค้นหาใน Neighborhood หรือกลุ่มผลเฉลยที่เป็นไปได้ เพื่อให้ได้คำตอบที่ใกล้เคียงค่าที่ดีที่สุด (French, S., 1982)

วิธีการค้นหาคำตอบแบบ Local Search ที่นิยมใช้ในการจัดตารางเวลาเดินรถประกอบด้วย Tabu Search และ Genetic Algorithm

Tabu Search

การแก้ปัญหาแบบทาบูเป็นวิธีการคิดแบบฮิวริสติกส์ที่พัฒนาขึ้นโดย Glover (1989) ออกแบบมาสำหรับการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนมาก (Hard Optimization Problems) และมีการนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านการจัดตารางเวลาโดยอาศัยการทำซ้ำๆ เพื่อให้ได้ตารางเวลาที่ใกล้เคียงตารางเวลาที่ดีที่สุด (Dorn, J., 1995)

กระบวนการหาคำตอบแบบทาบูมีลักษณะพิเศษที่ป้องกันการแก้ปัญหาที่ไม่รู้จักจบ (Cycling) เนื่องจากการวนกลับไปกลับมาแบบไม่รู้จบของกระบวนการทำซ้ำ โดยใช้ Tabu List ซึ่งวิธีการนั้นจะอาศัยการเคลื่อนย้ายทรัพยากรในโครงสร้าง List ที่แสดงด้วยกลุ่มงานทั้งหมดที่จะนำมาจัดตารางเวลาเพื่อสร้างทางเลือกของตารางเวลา (Neighborhood) และทำการสุ่มเลือกตารางเวลาจาก Neighborhood มาเปรียบเทียบกับตารางเวลาที่ดีที่สุดได้เลือกมาแล้ว โดยใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในการเปรียบเทียบ ถ้าตารางเวลาที่เลือกมาใหม่ดีกว่าที่มีอยู่ก็จะยอมรับ

ตารางเวลานั้นไว้ใน Tabu List เพื่อเก็บค่าไว้เปรียบเทียบกับตารางเวลาที่จะเลือกมาใหม่ เพื่อป้องกันการวนกลับไปพิจารณาซ้ำตารางเวลาเก่าวนไม่รู้จักจบ ปฏิบัติเช่นนี้จนได้ตารางเวลาที่ใกล้เคียงค่าที่ดีที่สุด

องค์ประกอบของการแก้ปัญหาแบบทาบูมีดังนี้

- การจัดรูปแบบงาน และออกแบบ Neighborhood
- กระบวนการค้นหา
- พิจารณาเงื่อนไขการยอมรับหรือปฏิเสธตารางเวลา

<u>การจัดรูปแบบงานและออกแบบ Neighborhood</u>

ทำการเตรียมทรัพยากรหรืองานที่จะใช้ในการจัดตารางเวลา จากนั้นสร้างทางเลือกของตารางเวลาโดยใช้รูปแบบดังต่อไปนี้

- Swap Move

เป็นการสับเปลี่ยนลำดับของงาน 2 งานใดๆ ในตารางเวลาโดยมีขนาดของ Neighborhood เท่ากับ $\frac{n(n-1)}{2}$ โดยที่ n คือ จำนวนงานที่พิจารณา

ตัวอย่างการเคลื่อนย้ายแบบ Swap Move
จำนวนงานที่ต้องการจัดลำดับงานเท่ากับ 4 งาน
เริ่มจากการจัดงานเป็น {1,2,3,4}
วิธีการเคลื่อนย้าย

{**2**,**1**,3,4} {1,**3**,**2**,4} {1,2,**4**,**3**}
{**3**,2,**1**,4} {1,**4**,3,**2**}
{**4**,2,3,**1**}

จำนวนรูปแบบการเคลื่อนย้ายเท่ากับ $\frac{4(4-1)}{2}$ เท่ากับ 6 รูปแบบ

- Insertion or add move

เป็นการนำงานในลำดับหนึ่งไปใส่ในอีกลำดับหนึ่งโดยขนาดของ Neighborhood เท่ากับ $(n-1)^2$

ตัวอย่างการเคลื่อนย้ายแบบ Insertion or add move
จำนวนงานที่ต้องการจัดลำดับงานเท่ากับ 4 งาน
เริ่มจากการจัดงานเป็น {1,2,3,4}
วิธีการเคลื่อนย้าย

{2,**1**,3,4}	{**3**,1,2,4}
{2,3,**1**,4}	{1,2,4,**3**}
{2,3,4,**1**}	{**4**,1,2,3}
{1,3,**2**,4}	{1,**4**,2,3}
{1,3,4,**2**}	

จำนวนรูปแบบการเคลื่อนย้ายเท่ากับ $(4-1)^2$ เท่ากับ 9 รูปแบบ

<u>กระบวนการค้นหา</u>

เป็นขั้นตอนการสุ่มตารางเวลาจากกลุ่ม Neighborhood แล้วพิจารณาในรูปฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ว่าจะยอมรับตารางเวลานั้นหรือไม่ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วฟังก์ชันวัตถุประสงค์จะพิจารณาจากค่า ความล่าช้าของงานโดยรวม เวลาที่ใช้ในการดำเนินการ จำนวนงานที่สามารถจัดส่งสินค้าได้ในตารางเวลานั้นๆ

<u>พิจารณาเงื่อนไขการยอมรับหรือปฏิเสธตารางเวลา</u>

Dorn, J., 1995 ได้เสนอแนะเงื่อนไขของการหยุดการค้นหาในกระบวนการค้นหาคำตอบแบบทาบูไว้ 4 รูปแบบดังนี้

Iteration Limit	เป็นการกำหนดให้กระบวนการหยุดตามจำนวนรอบการพิจารณาซ้ำ

No Improvement Criterion	กำหนดให้กระบวนการหยุดเมื่อไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ
CPU Time Limit	กำหนดให้กระบวนการหยุดตามเวลาการประมวลผล
Low Bound Limit	กำหนดให้กระบวนการหยุดเมื่อได้รับคำตอบใกล้เคียงค่าใดค่าหนึ่ง

กระบวนการหาคำตอบแบบทาบู สามารถสรุปขั้นตอนได้ดังนี้ (Pinedo, M., 1995)

ขั้นตอนที่ 1 กำหนด k=1 และทำการลำดับงานเพื่อสร้าง Neighborhood
กำหนดให้ S_0=S

ขั้นตอนที่ 2 สุ่มทางเลือกตารางเวลา S จาก Neighborhood ของ S_k
ถ้าสามารถเคลื่อนย้ายตาราง S_k→S ไปยัง Tabu List ได้กำหนดให้ S_{k+1}= S_k
ถ้าไม่สามารถเคลื่อนย้ายตารางเวลา S_k→S ไปยัง Tabu List ได้กำหนดให้ S_{k+1}= S
ให้นำตารางที่เลือกบรรจุลงใน Tabu List เลื่อนตารางเวลาในลำดับอื่นๆลงไป และทำการลบตารางเวลาในลำดับท้ายสุดออกจาก Tabu List

ขั้นตอนที่ 3 ตรวจสอบเงื่อนไขการสิ้นสุดการค้นหา

โดยที่ k = ลำดับของกระบวนการทำซ้ำ
S_k = ตารางเวลาปัจจุบัน
S_0 = ตารางเวลาที่ดีที่สุดที่พบ
S = ตารางเวลาที่เลือกจาก Neighborhood

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Genetic Algorithm

การค้นหาคำตอบแบบ Genetic เป็นวิธีการค่อนข้างจะเป็นนามธรรมมากกว่าวิธีทาบู โดยวิธีการนี้มีหลักการพื้นฐานมาจากกระบวนการถ่ายทอดพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต

การค้นหาคำตอบแบบ Genetic จะพิจารณาการจัดตารางเวลาหรือจัดลำดับงานแต่ละงานอิสระต่อกัน โดยเรียกตารางเวลาแต่ละตารางว่าประชากร (Population) โดยประชากรแต่ละรุ่นจะมีลักษณะเฉพาะของตนเองตามค่า Fitness ซึ่งหาจากค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์เช่นเดียวกับค่าวัตถุประสงค์ของวิธีทาบู ในกระบวนการค้นหาคำตอบแบบ Genetic จะกำหนดให้การค้นหาคำตอบแบบซ้ำแต่ละรอบเรียกว่า รุ่น (Generation) และประชากรแต่ละรุ่นประกอบด้วยประชากรรุ่นก่อน (Parent) และประชากรรุ่นใหม่ (Children)

รายละเอียดในตารางเวลาจะแสดงด้วยโครโมโซม ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลลำดับงานที่ต้องจัดส่งสินค้าสำหรับรถแต่ละคัน โดยโครโมโซมดังกล่าวจะเป็นตัวกำหนด และถ่ายทอดข้อมูลลำดับงานที่ต้องจัดส่งสินค้าสำหรับรถแต่ละคันใหม่ โดยมีโอกาสที่จะมีค่า Fitness ที่ดีขึ้นเรื่อยๆ ไปยังประชากรหรือตารางเวลาในรุ่นต่อไป (Children)

ขั้นตอน และกระบวนการค้นหาคำตอบแบบ Genetic สามารถสรุปได้ดังนี้ (Pinedo, M., 1995)

- สร้างกลุ่มตารางเวลาเริ่มต้นด้วยกระบวนการ ฮิวริสติกส์ s ใดๆ
- หาค่า Fitness ของตารางเวลาแต่ละตารางในประชากร (Population)
- เริ่มกระบวนการค้นหาคำตอบแบบซ้ำ
  - เลือกตารางเวลาจากกลุ่มประชากร
  - จากตารางเวลาที่เลือกมานำมาถ่ายทอดเป็นตารางรุ่นใหม่ (Children)
  - หาค่า Fitness ของตารางเวลาในประชากรรุ่นใหม่ และทำการเลือกตารางเวลาสำหรับสร้างประชากรรุ่นต่อๆไปจากตารางเวลาในประชากรรุ่นก่อน (Parent) และประชากรรุ่นใหม่ (Children)
- ดำเนินการเช่นนี้จนได้ตารางเวลาที่มีค่า Fitness ตามที่กำหนด

จากขั้นตอนที่กล่าวมาส่วนที่สำคัญสำหรับวิธีการหาคำตอบแบบ Genetic คือการกำหนดรูปแบบของตารางเวลาเริ่มต้น และการสร้างประชากรรุ่นใหม่

การกำหนดรูปแบบของตารางเวลาเริ่มต้น

การกำหนดรูปแบบของตารางเวลามักจะกำหนดในรูปของโครโมโซม ที่แสดงด้วยตัวเลขหลายลำดับโดยตัวเลขแต่ละตัวจะมีความหมายตามที่กำหนด เช่น 1435 ตัวเลขในลำดับแรกจะหมายถึงหมายเลขรถบรรทุก และตัวเลขส่วนที่เหลือแสดงลำดับการจัดส่งสินค้า (Jung, S. และ Haghani, A., 1973) หรือ (1, 2, 3, 4, 5) โดยตัวเลขแต่ละตัวเป็นงานที่รถแต่ละคันทำการจัดส่งสินค้า และลำดับของตัวเลขแทนลำดับในการดำเนินการจัดส่งสินค้า ซึ่งการกำหนดรูปแบบที่กล่าวมาขึ้นกับความเหมาะสมและลักษณะของปัญหาที่พิจารณา

การสร้างประชากรรุ่นใหม่

การสร้างประชากรรุ่นใหม่จะใช้ตัวดำเนินการ Genetic Operator ในการสับเปลี่ยนโครโมโซมเพื่อสร้างตารางเวลาที่เป็นประชากรรุ่นใหม่

ขั้นตอนแรกเป็นการเลือกโครโมโซมหรือตารางเวลาใดๆ จากประชากรโดยใช้ความน่าจะเป็นตามค่า Fitness ดังนี้

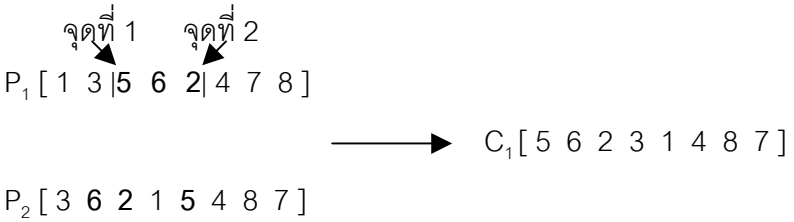
$$\text{ความน่าจะเป็นในการเลือกตารางเวลา} = \frac{\text{ค่า Fitness ของโครโมโซมตัวที่ i}}{\text{ผลรวมค่า Fitness ของทุกโครโมโซม}} \qquad (2\text{-}2)$$

ขั้นตอนที่สองเป็นการสร้างประชากรใหม่โดยอาศัยตัวดำเนินการชนิด Permutation 2 รูปแบบคือ (Fogel, D. B., 1998)

- แบบเลือก 2 จุดสลับ
- แบบเลือก N จุดสลับ

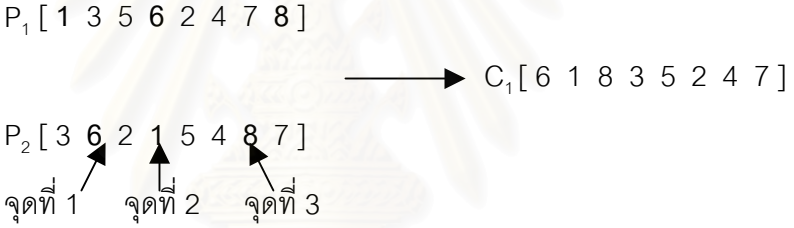
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Permutation ชนิดเลือก 2 จุดสลับ มีวิธีการสลับดังนี้



สุ่มเลือก 2 จุดใดๆ ในลำดับการดำเนินการของงานใน List P_1 นำลำดับงานที่อยู่ระหว่าง 2 จุดที่เลือก คือ 5, 6 และ 2 กำหนดเป็นลำดับการดำเนินการใหม่ใน List C_1 จากนั้นพิจารณาใน List P_2 เลือกงานที่ยังเหลืออยู่จากการเลือกในครั้งแรกตามลำดับดำเนินการไปจัดเรียงต่อจากลำดับงานที่ได้เลือกไว้แล้วจาก List P_1 ใน List C_1 กลายเป็น List งานใหม่

Permutation ชนิดเลือก N จุดสลับ มีวิธีการสลับดังนี้



ทำการสุ่มเลือก N จุดใดๆ ในลำดับการดำเนินการใน List P_2 นำจุดของงานที่ถูกเลือกคือ 6, 1 และ 8 ตามลำดับกำหนดเป็นลำดับการดำเนินการใหม่ จากนั้นพิจารณาใน List P_1 เลือกงานที่ยังเหลืออยู่จากการเลือกครั้งแรกตามลำดับไปจัดเรียงต่อจากงานที่ได้เลือกไว้จาก List P_2 กลายเป็น List C_1

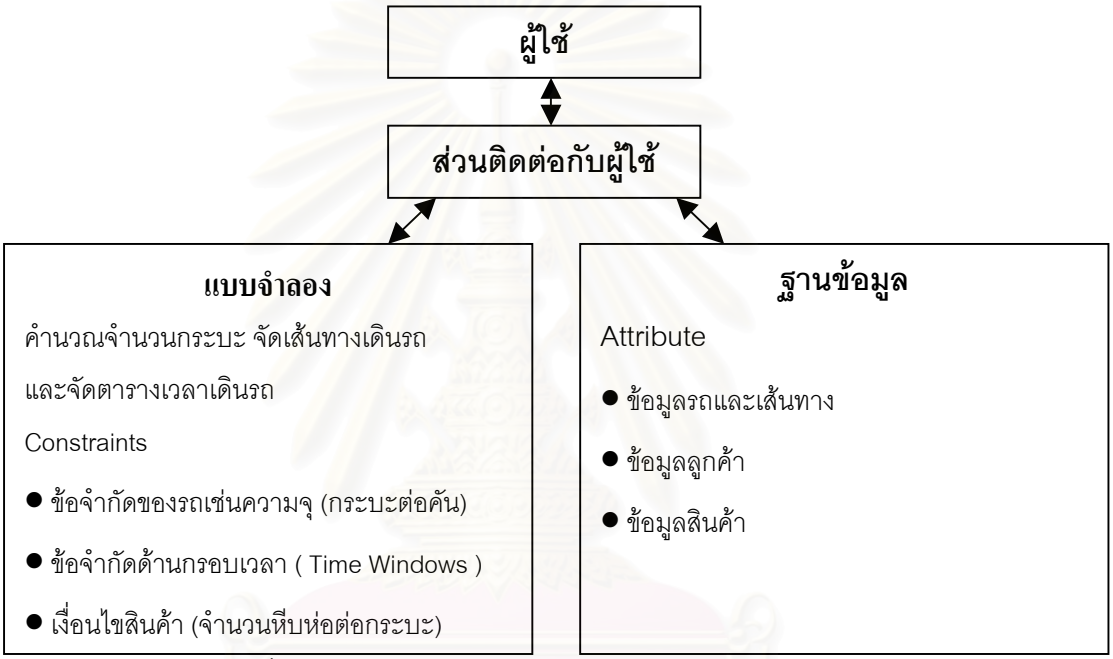
2.2.3 ระบบสนับสนุนช่วยการตัดสินใจ

กระบวนการจัดส่งสินค้า โดยเฉพาะในส่วนของการวางแผนจัดส่งสินค้าเป็นงานที่มีความสำคัญที่จะเป็นตัวกำหนดประสิทธิภาพของการดำเนินการ การใช้ทรัพยากรต่างๆ การจัดเส้นทาง การจัดตารางเวลาเดินรถ และการส่งสินค้า การวางแผนที่ดีจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องช่วยในการพิจารณา กำหนดกลยุทธ์ ยุทธวิธี และกำหนดวิธีปฏิบัติงาน เพื่อให้งานจัดส่งสินค้าสำเร็จด้วยดี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระบบสนับสนุนช่วยการตัดสินใจ เป็นระบบข้อมูลที่ช่วยให้ผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถตัดสินใจวางแผน จัดการกับปัญหาที่เกิดขึ้นได้ถูกต้อง และรวดเร็ว โดยระบบไม่ได้ทำหน้าที่ตัดสินใจแทนผู้ที่เกี่ยวข้อง แต่ผู้ที่เกี่ยวข้องจะเป็นผู้พิจารณาข้อมูลจากระบบแล้วทำการตัดสินใจ (Gray, P. และ Lenstra, J., 1988)

ระบบสนับสนุนช่วยการตัดสินใจประกอบด้วย ฐานข้อมูล แบบจำลอง และส่วนติดต่อกับผู้ใช้ แสดงได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 องค์ประกอบของระบบสนับสนุนช่วยการตัดสินใจ

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยที่ผ่านมาที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางเวลาเดินรถ มีดังนี้

2.3.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

Chetbundhit, J. (1990) ได้ทำการศึกษากระบวนการที่มีประสิทธิภาพในการจัดเส้นทาง และตารางเวลาเดินรถขนส่งน้ำมันจากคลังน้ำมัน 1 แห่งไปยังสถานีบริการน้ำมันต่างๆ ในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล โดยในการขนส่งน้ำมันจะใช้รถบรรทุก 2 ขนาดคือ รถบรรทุกธรรมดาและรถเทลเลอร์ การศึกษานี้พิจารณาข้อจำกัดของกรอบเวลาในการห้ามรถบรรทุกขนาด 10 ล้อ

ขึ้นไปเข้าเมือง โดยจะกำหนดช่วงเวลาที่แน่นอนในการจัดส่งน้ำมันเพื่อหลีกเลี่ยงข้อจำกัดของเวลาดังกล่าวเป็น 5 ช่วงเวลาดังนี้

- 4.30-6.30 น. ช่วงเวลาห้ามไม่ให้รถบรรทุกขนส่งน้ำมันวิ่งในเมือง
- 6.30-9.00 น. ช่วงเวลาที่อนุญาตให้รถบรรทุกขนส่งน้ำมันวิ่งในเมือง
- 9.00-16.30 น. ช่วงเวลาห้ามไม่ให้รถบรรทุกขนส่งน้ำมันวิ่งในเมือง
- 16.30-19.00 น. ช่วงเวลาที่อนุญาตให้รถบรรทุกขนส่งน้ำมันวิ่งในเมือง
- 19.00-21.30 น. ช่วงเวลาห้ามไม่ให้รถบรรทุกขนส่งน้ำมันวิ่งในเมือง

นอกจากนี้ยังมีการพิจารณาถึงข้อจำกัดของกรอบเวลาในการรับสินค้า โดยแบ่งสถานีบริการน้ำมันเป็น 6 กลุ่มตามช่วงเวลาที่สามารถจัดส่งน้ำมันได้

การศึกษานี้ได้ใช้หลักการของ Dijkstrais Algorithm ในการแก้ปัญหาระยะทางที่สั้นที่สุด ใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงถดถอยในการประมาณค่าระยะทาง และเวลาในการเดินทางระหว่างจุดต่างๆ และแบ่งกระบวนการพัฒนาแบบจำลองออกเป็น 3 ส่วนคือ

- การสร้างเส้นทางที่สั้นที่สุดระหว่าง 2 จุดส่ง
- จัดเส้นทางขนส่งน้ำมัน และจับคู่สถานีบริการน้ำมัน 2 สถานีให้อยู่ในเส้นทางเดียวกันโดยการใช้วิธี Saving Heuristics
- จัดตารางเวลาเดินรถโดยใช้วิธีการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกส์

ผลที่ได้จากการศึกษาไม่ได้แสดงถึงการประหยัดต้นทุนการขนส่ง แต่มีการนำเสนอในรูปแบบของจำนวนรถ จำนวนเที่ยววิ่งในการขนส่งน้ำมันว่ามีประสิทธิภาพกว่าเดิมเพียงใด

Jirakraisri, S. (1992) ได้ทำการศึกษาการจัดตารางเวลาเดินรถขนส่งน้ำมันจากคลังสินค้า 1 แห่งไปยังสถานีบริการน้ำมันต่างๆ ในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล โดยในการขนส่งน้ำมันจะใช้รถบรรทุก 2 ขนาด คือ รถบรรทุกธรรมดา 16,000 ลิตร และรถเทลเลอร์ 32,000 ลิตร ซึ่งเป็นรถของบริษัทน้ำมันเอง รถของบริษัทผู้รับเหมาขนส่งสินค้า และรถบรรทุกของลูกค้า การศึกษานี้พิจารณาข้อจำกัดของกรอบเวลาในการรับสินค้าของลูกค้า และกรอบเวลาการห้ามรถบรรทุกขนาด 10 ล้อขึ้นไปเข้าเมือง (Delivery Acceptance and Travel Reguration) จากนั้นได้

แบ่งกลุ่มของสถานีบริการน้ำมันเป็น 10 กลุ่ม ตามตำแหน่งที่ตั้ง และความสามารถในการเข้าถึงสถานีบริการของรถบรรทุก และได้แบ่งกลุ่มของปริมาณการสั่งน้ำมันเป็น 2 กลุ่มตามปริมาณการสั่งน้ำมัน เช่นการสั่งแบบเต็มคันหรือครึ่งคันเป็นต้น

การศึกษานี้ได้พิจารณาจัดตารางเดินรถภายใต้วัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการขนส่งให้มากที่สุด และแบ่งการพัฒนาแบบจำลองเป็น 2 ส่วนคือ

- การจับคู่ 2 สถานีบริการน้ำมันให้อยู่ในเส้นทางการขนส่งเดียวกันในกรณีที่ลูกค้าส่งน้ำมันครึ่งคัน โดยใช้วิธี Saving Heuristics หรือ Saving Algorithm

- จัดตารางเวลาเดินรถโดยการใช้วิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติกส์

อย่างไรก็ดีผลการศึกษานี้ไม่ได้มีการแสดงผลการวิเคราะห์ออกมาเป็นจำนวนตัวเลข เพียงแต่ได้มีการสรุปความสามารถในการใช้งานของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นเท่านั้น

ธเนศ ทักษิณวราจาร (2543) ได้ทำการศึกษาและพัฒนาระบบการจัดเส้นทางเดินรถด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อกระจายสินค้าด้วยกลุ่มรถจากศูนย์กระจายสินค้าแห่งหนึ่งไปยังจุดส่งต่างๆ ของบริษัทตัวอย่าง ซึ่งเป็นบริษัทที่ประกอบการขนส่งสินค้าอุปโภคและบริโภคจากบริษัทผู้ผลิตไปยังผู้บริโภค

โดยการศึกษาได้ดำเนินการจัดเส้นทางเดินรถโดยใช้วิธีฮิวริสติกส์ ภายใต้ข้อจำกัดด้านความจุของรถ และเขตการส่งสินค้า โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ระยะทางในการขนส่งต่ำที่สุด

การศึกษานี้ได้ทำการจัดเส้นทางเดินรถโดยแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก ดังนี้

- การสร้างเส้นทางเดินรถเบื้องต้น โดยอาศัยเทคนิคการหาค่าการประหยัด (Saving) จากการรวมจุดส่งต่างๆ เข้ามาอยู่ในเส้นทางเดียวกัน โดยมีสมการค่าการประหยัดดังนี้

$$S_{ij} = d_{1i} + d_{1i} - d_{ij} \quad (2\text{-}3)$$

โดยที่

S_{ij} = ค่าการประหยัดของคู่จุดส่ง i ไปยัง j

d_{1i}, d_{1i} = ระยะทางในการเดินทางจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังจุดส่ง i และจุดส่ง j ตามลำดับ

d_{ij} = ระยะทางในการเดินทางจากจุดส่ง i ไปยังจุดส่ง j

- การปรับปรุงเส้นทาง ด้วยเทคนิคฮิวริสติกส์ โดยทำการทดลองสลับลำดับการส่งและค้นหาลำดับในการจัดส่งที่ดีที่สุดที่ทำให้ระยะทางในการขนส่งมีค่าน้อยที่สุดตามวิธีการเคลื่อนย้ายจุดส่งในเส้นทางดังนี้
  - การปรับปรุงลำดับการส่งภายในเส้นทาง
  - การปรับปรุงด้วยการแลกหรือย้ายจุดส่งระหว่างเส้นทาง

ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่า ระบบการจัดเส้นทางเดินรถที่พัฒนาขึ้น ให้ผลลัพธ์ด้อยกว่าวิธีที่ถูกพัฒนาโดยการศึกษาที่ผ่านมาเล็กน้อย แต่ให้ผลลัพธ์ในการจัดเส้นทางที่ดีกว่าการจัดเส้นทางด้วยพนักงาน

สุธน นิตยาธารีกุล (2544) ได้ทำการศึกษาพัมนาแบบจำลองการจัดตารางเวลาเดินรถขนส่งน้ำมันจากคลังน้ำมันของบริษัทตัวอย่างด้วยรถบรรทุกขนาด 10 ล้อ ไปยังลูกค้าซึ่งเป็นสถานีบริการน้ำมันและโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ กรุงเทพฯและปริมณฑล

ผู้ศึกษาได้ออกแบบแบบจำลองโดยใช้วิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติกส์ ที่มีการพิจารณาลักษณะของงานที่เป็นระบบโครงข่ายของแถวคอยที่เกิดขึ้นขณะรถบรรทุกทำการเติมน้ำมันที่ช่องจ่ายน้ำมัน โดยการสร้างแบบจำลองการเกิดแถวคอย (Simulation Model) มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะให้แบบจำลองที่ได้สามารถวิเคราะห์ปัญหาได้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงมากขึ้น

การศึกษานี้ได้แบ่งการพัฒนาแบบจำลองออกเป็น 3 กระบวนการหลัก ดังนี้

- กระบวนการจัดงานทั้งหมดให้กับรถขนส่ง เพื่อให้เกิดอรรถประโยชน์ของรถบรรทุกสูงสุด โดยใช้วิธีการสลับที่ของงาน (Permutation) รวมทั้งการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดด้วยวิธีทาบู (Tabu Search) ภายใต้ข้อจำกัดกรอบเวลาในการห้ามรถบรรทุกเข้าเมือง
- กระบวนการจัดลำดับที่ของงานในรถขนส่งที่ผ่านกระบวนการจัดงานทั้งหมดให้รถขนส่ง เพื่อลดเวลาที่ใช้ในกระบวนการเติมน้ำมันให้น้อยที่สุด รวมทั้งเวลาที่ใช้ในแถวคอยและเวลาที่ใช้ในการเติมน้ำมันที่ช่องจ่ายน้ำมัน ด้วยการจัดงานขนส่งให้กับรถแต่ละคัน โดยให้รถมีการทำงานที่ช่องจ่ายน้ำมันในช่วงเวลาเดียวกันให้น้อยที่สุด
- กระบวนการมอบหมายงานที่ผ่านการจัดลำดับที่ของงานให้กับพนักงานขับรถ โดยอาศัยหลักการให้ความสำคัญของงานแบบ LPT (Longest Processing Time) ซึ่งเป็นการจัดงานเพื่อลดจำนวนงานที่ควรมอบหมายให้พนักงานขับรถที่ได้งานมากที่สุด เพื่อให้พนักงานขับรถได้งานเที่ยววิ่งในแต่ละเดือนในระดับที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด

ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในการให้คำตอบที่ดีกว่าปฏิบัติงานจริง อีกทั้งได้รับความเชื่อมั่นจากผู้เชี่ยวชาญในงานด้านการขนส่งจากบริษัทตัวอย่างว่าสามารถนำไปใช้งานจริงได้อย่างเหมาะสม

ภราดร เหลืองวิทิตกูล (2545) ได้ทำการศึกษาพัฒนาระบบการจัดตารางเวลาเดินรถด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อจัดการขนส่งสินค้าแบบเต็มคันรถจากศูนย์กระจายสินค้าแห่งหนึ่งไปยังจุดส่ง 1 จุดของบริษัทตัวอย่าง ซึ่งเป็นบริษัทที่ดำเนินธุรกิจผลิตและจัดจำหน่ายกระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์มุงหลังคาและผลิตภัณฑ์ไม้สังเคราะห์

การศึกษานี้ได้ดำเนินการจัดตารางเวลาเดินรถโดยใช้วิธีฮิวริสติกส์ ภายใต้ข้อจำกัดกรอบเวลาในการห้ามเดินรถบรรทุก จำนวนรถบรรทุกและรถตัก (Forklift) ที่พร้อมใช้งาน และกรอบเวลาในการรับสินค้าของลูกค้า เพื่อให้สามารถจัดส่งสินค้าให้แก่ลูกค้าได้ทันเวลา รวมถึงการใช้รถบรรทุกให้เกิดอรรถประโยชน์สูงสุด

การพัฒนาระบบการจัดตารางเวลาเดินรถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ดังนี้

- การจัดลำดับงานเบื้องต้นโดยการเลือกลำดับงานเบื้องต้น 3 แบบ คือ
  - จัดลำดับงานโดยให้ความสำคัญกับงานที่ใช้เวลาดำเนินการรวมมากที่สุดเป็นลำดับแรก
  - จัดลำดับงานโดยให้ความสำคัญกับงานที่ใช้เวลาดำเนินการรวมน้อยที่สุดเป็นลำดับแรก
  - จัดลำดับงานที่ใช้เวลาอยู่ในเขตที่จำกัดเวลาการเดินรถบรรทุกที่น้อยที่สุดเป็นลำดับแรก

- การพิจารณาข้อจำกัดต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย
  - ข้อจำกัดจำนวนรถบรรทุกที่พร้อมใช้งานในแต่ละวัน
  - ข้อจำกัดจำนวนรถยกที่พร้อมใช้งานในแต่ละวัน
  - ข้อจำกัดกรอบเวลา

ในส่วนของการพิจารณาเงื่อนไขข้อจำกัดเวลา ผู้ศึกษาได้อาศัยวิธีการสร้างสถานการณ์ในการละเมิดเงื่อนไขข้อจำกัดกรอบเวลา รวมถึงการปรับแก้ให้งานนั้นๆ ไม่ละเมิดข้อจำกัด โดยการเลื่อนเวลาดำเนินการในกิจกรรมที่ละเมิดข้อจำกัดให้พ้นกรอบเวลา

ผลการศึกษาพบว่า ระบบการจัดตารางเวลาเดินรถที่พัฒนาขึ้นสามารถจัดการให้รถบรรทุกส่งสินค้าให้ลูกค้าได้ทันเวลา และได้จำนวนงานที่สามารถจัดส่งได้มากกว่าการจัดตารางเวลาด้วยพนักงาน อีกทั้งเป็นระบบสนับสนุนช่วยในการตัดสินใจได้เป็นอย่างดี

2.3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

Golden, B. L. (1987) ได้ทำการศึกษาการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการจัดเส้นทาง และตารางเวลาเดินรถในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มน้ำอัดลม โดยใช้กรณีศึกษาของการใช้โปรแกรมในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการขนส่งสินค้าของอุตสาหกรรมเครื่องดื่มน้ำอัดลม ซึ่งแบ่งพิจารณาปัญหาเป็น 3 รูปแบบดังนี้

- กรณีศึกษาการขนส่งสินค้าระหว่างคลังสินค้า
- กรณีศึกษาการขนส่งสินค้าให้ลูกค้าตามจำนวนที่ลูกค้าสั่งซื้อ
- กรณีศึกษาการขนส่งสินค้าแบบเร่ขายโดยพนักงานขับรถ

โดยจากการศึกษาต้นทุนในการดำเนินงานของอุตสาหกรรมเครื่องดื่มน้ำอัดลม พบว่า ต้นทุนจากการขนส่งมีสัดส่วนสูงมากเมื่อเทียบกับต้นทุนทั้งหมด และมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี และการแก้ปัญหาเพื่อที่จะลดต้นทุนในการขนส่งคือการบริหารจัดการการจัดเส้นทางและตารางเวลาเดินรถให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปเข้าช่วยเหลือ โดยการศึกษานี้ได้ยกตัวอย่างกรณีศึกษาของการใช้โปรแกรมเกี่ยวกับการจัดเส้นทางและตารางเวลาเดินรถในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มน้ำอัดลม

<u>กรณีศึกษาที่ 1</u>

อุตสาหกรรม Joyce Beverage ผู้ผลิตเครื่องดื่มน้ำอัดลมในรัฐ Maryland ในประเทศสหรัฐอเมริกาได้ใช้โปรแกรม ROADNET ในการจัดการเส้นทาง และตารางเวลาเดินรถขนส่ง สินค้าให้ลูกค้าตามจำนวนที่สั่งซื้อ (Pre-Sale Distribution)

ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าเส้นทางการเดินรถมีประสิทธิภาพมากขึ้น ระดับการให้บริการลูกค้าสูงขึ้นและสม่ำเสมอ ยอดขายสินค้าสูงขึ้นร้อยละ 30 โดยที่ไม่ได้เพิ่มจำนวนรถที่ใช้ในการขนส่ง อีกทั้งระบบงานยังมีความเป็นมาตรฐาน พนักงานแต่ละบุคคลสามารถทำงานทดแทนกันได้

<u>กรณีศึกษาที่ 2</u>

เป็นกรณีศึกษาอุตสาหกรรมเครื่องดื่มขนาดกลางที่ผลิต และจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์นมสดในลักษณะขายตามปริมาณที่ลูกค้าสั่งซื้อ (Pre-Sale Distribution) โดยกระจายสินค้าจากโรงงานผลิตใหญ่ โรงงานผลิตย่อย และสาขาย่อย จุดประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อต้องการลดต้นทุนในการประจายสินค้าซึ่งคิดเป็นร้อยละ 35 ของต้นทุนทั้งหมด และการศึกษาได้แบ่งเส้นทางการส่งสินค้าเป็น 2 ขนาดคือ

- เส้นทางระยะสั้น-ปานกลาง (68 ไมล์)
- เส้นทางระยะปานกลาง-ไกล (293 ไมล์)

การศึกษานี้ได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป TRUCKSTOPS ช่วยในการจัดเส้นทางเพื่อลดต้นทุนในการขนส่งสินค้า ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่าสามารถลดต้นทุนได้กว่าร้อยละ 10 ในกรณีระยะทางสั้น-ปานกลาง และร้อยละ 3 ในกรณีระยะทางปานกลาง-ไกล

กรณีศึกษาที่ 3

เป็นกรณีศึกษาที่ Baltimore Division of Mid Atlantic Coca-Cola (MACC) โดยลักษณะปัญหาเป็นการจัดส่งสินค้าแบบเร่ขายตามร้านค้าย่อยโดยพนักงานขับรถ ซึ่งรถที่ใช้ในการบริการมีประมาณ 60 คัน จำนวนลูกค้าต่อเส้นทางประมาณ 20-25 ราย MACC ได้ทดลองใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ROADNET เพื่อจัดเส้นทางให้รวดเร็วมีประสิทธิภาพ และระดับการให้บริการลูกค้ามีความสม่ำเสมอ

ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่าการบริหารจัดการเส้นทางในการขนส่งสินค้ามีประสิทธิภาพมากขึ้น ลดต้นทุนในการขนส่ง พนักงานปฏิบัติงานมีเวลาในการทำงาน และแก้ปัญหาในส่วนอื่นๆได้

กรณีศึกษาที่ 4

เป็นกรณีศึกษาของ Pepsi-Cola Bottling Group (PBG) โดยลักษณะปัญหาเป็นการขนส่งสินค้าระหว่างคลังสินค้า (Interfacility Product Transfer) ที่ต้องการให้เกิดประสิทธิภาพในการขนส่ง โดยเฉพาะเวลารับสินค้าที่คลังสินค้าไม่ต้องการให้มีรถมารอลงสินค้าพร้อมกัน ซึ่งต้องมีการจัดตารางเวลาเดินรถให้เหมาะสม

PBG ได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป TRUCKSTOPS ช่วยในการจัดตารางเวลาซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาพบว่ายังต้องมีการปรับปรุงระบบ อีกทั้งผลที่ได้จะใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบให้สามารถใช้งานได้ดีขึ้นต่อไป

กรณีศึกษาที่ 5

เป็นกรณีศึกษาของบริษัทผู้ผลิตเครื่องดื่มน้ำอัดลมแห่งหนึ่งโดยลักษณะปัญหาเป็นการจัดส่งสินค้าระหว่างสาขา (Interfacility Product Transfer) โดยการขนย้ายสินค้าระหว่าง

โรงงานผลิต 5 โรงงาน และสาขาย่อย 15 สาขา ซึ่งการขนย้ายมีลักษณะเป็น Pickup and Dilivery Problem ทำให้ปัญหามีความซับซ้อนมากขึ้น ทางบริษัทได้ทดลองใช้โปรแกรม MICRO VEH PLAN ช่วยในการจัดระบบงาน และจัดตารางเวลาเดินรถ

ผลที่ได้พบว่าสามารถลดงานที่ทำด้วยมือ ลดความผิดพลาด รวมถึงทำให้สามารถใช้รถบรรทุกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

จากผลที่ได้จากการศึกษาในหลายๆกรณีศึกษา Golden, B. L. (1987) ได้เสนอแนะว่าแนวโน้มของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากลักษณะปัญหามีความซับซ้อนมากขึ้น การใช้โปรแกรมจะช่วยลดต้นทุนในการขนส่ง และเพิ่มระดับการให้บริการแก่ลูกค้า แต่อย่างไรก็ดีถ้าปัญหามีความซับซ้อนมากขึ้นอีก ระบบจำเป็นต้องมีการปรับปรุง หาวิธีการใหม่ๆ ที่สามารถแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนมากขึ้นได้ และสามารถใช้งานได้จริง

การศึกษานี้ได้ปรับปรุงวิธีการในการบริหารการจัดส่งสินค้าของ Dantzig, G. B. และ Ramser, J. H. (1959) มาใช้โดยการปรับวิธีการสร้างเส้นทางใหม่โดยอาศัยการเลือกจุดส่งที่สามารถนำมารวมกับจุดเริ่มต้นในเส้นทางที่มีอยู่โดยทำให้เกิดการลดระยะทาง และต้นทุนการขนส่งแทนการแยกส่งเส้นทางละ1 จุดโดยไม่ทำให้เกินความจุรถบรรทุกที่เรียกว่า Saving Algorithm ผู้ศึกษาได้อาศัยการสร้างเมตริกของการประหยัดได้จากระยะทางของคู่จุดส่งสินค้าซึ่งได้จากการนำจุดใดๆเข้ามาอยู่ในเส้นทางเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลที่ใช้พิจารณาเลือกจุดส่งสินค้าใดๆเข้ามาไว้ในเส้นทางการขนส่งสินค้าที่สร้างขึ้น

ผลที่ได้จากการศึกษา ผู้ศึกษาได้เสนอแนะว่า ควรมีการพิจารณาข้อจำกัดในทางปฏิบัติ เช่นเงื่อนไขขนาดของรถบรรทุก ประเภทของรถบรรทุก และเงื่อนไขในการให้ลำดับความสำคัญในการจัดส่งสินค้าด้วย

Solomon, M. M. (1987) ได้ทำการศึกษาออกแบบ และวิเคราะห์กระบวนการคิดสำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางและตารางเวลาเดินรถที่มีข้อจำกัดของกรอบเวลา (Time Window) โดยการทดลองใช้วิธีฮิวริสติกส์ 4 รูปแบบในการแก้ปัญหาดังนี้

Saving Heuristics

ผู้ศึกษาได้ทดลองนำวิธี Saving Heuristics ของ Clarke และ Wright (1964) มาใช้ในการสร้างเส้นทางโดยอาศัยหลักการประหยัดได้จากระยะทางจากการให้บริการส่งสินค้า 2 รายในเส้นทางเดียวกันแทนที่จะแยกส่งสินค้าคนละเส้นทาง แต่อย่างไรก็ดีวิธีการที่กล่าวมาไม่ได้พิจารณาเรื่องเวลา เช่นเวลาในการส่งสินค้า เวลาที่เปิดรับสินค้าของลูกค้า (Time Window) ผู้ศึกษาได้กำหนดและจำกัดเวลาในการรอคอยรวมถึงการตรวจสอบความจุของรถ และการตรวจสอบกรอบเวลาในทุกๆขั้นตอนของการสร้างเส้นทาง

Time-Oriented, Nearest-Neighbor Heuristics

เป็นวิธีในการสร้างเส้นทางโดยการทำซ้ำๆในหลายๆเส้นทางพร้อมกัน โดยการเลือกลูกค้าที่ยังไม่ได้อยู่ในเส้นทาง และอยู่ใกล้กับคลังสินค้าหรือลูกค้ารายสุดท้ายในเส้นทาง ซึ่งในกระบวนการจะพิจารณาเงื่อนไขของกรอบเวลาและข้อจำกัดของความจุรถบรรทุก

Insertion Heuristics

เป็นวิธีในการสร้างเส้นทางซึ่งอาศัยหลักการปรับปรุงเส้นทางที่กำหนดขึ้นในเบื้องต้นจากนั้น ทำการปรับปรุงเส้นทางโดยการนำจุดส่งที่ยังไม่ได้พิจารณามาแทรกลงในเส้นทางภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดขึ้น จนกว่าจะไม่มีจุดส่งใดที่เหมาะสม จึงจะเริ่มสร้างเส้นทางใหม่

A Time-Oriented Sweep Heuristics

เป็นวิธีการแบ่งการพิจารณาเป็น 2 ส่วนคือส่วนที่หนึ่งใช้วิธีการ Sweep Algorithm ของ Gillet และ Miller (1974) ในการสร้างเส้นทางก่อน และในส่วนที่สองจะเป็นการจัดตารางเวลาให้รถแต่ละคัน

ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่าวิธีการ Insertion Heuristics เป็นวิธีที่เหมาะสมมากที่สุดเนื่องจากสามารถแก้ปัญหากรอบเวลาได้ และใช้เวลาในการคำนวณเหมาะสมกว่าวิธีการอื่นๆ

Cooper, J. C. (1983) ได้ทำการศึกษาการใช้ระยะทางเป็นเส้นตรงในการแก้ปัญหาการจัดตารางเวลาเดินรถ โดยอาศัยหลักการที่เสนอว่าต้นทุนในการดำเนินการขนส่งสินค้าระหว่าง 2 จุดส่งใดๆ สามารถประมาณการได้จากระยะทางเส้นตรงระหว่าง 2 จุดนั้นๆ ในการศึกษานี้ได้ทำการทดสอบว่าต้นทุนในการขนส่งสินค้าจะมีความสัมพันธ์กับระยะทางเป็นเส้นตรงระหว่าง 2 จุดมากน้อยเพียงไร

ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบเป็นข้อมูลจากบริษัทขนส่งสินค้าตัวอย่างแห่งหนึ่งในประเทศอังกฤษ ผู้ศึกษาได้แปลงข้อมูลเป็นสมการความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนในการขนส่งกับความเร็วโดยเฉลี่ยที่ใช้ของรถบรรทุกความจุขนาด 10 ตันดังสมการ

$$C = 5.49 + \frac{169}{v} + 0.0147v^2 \qquad (2\text{-}4)$$

C = ต้นทุนการขนส่ง (Pence)

V = ความเร็ว (Km/Hr.)

จากนั้นผู้ศึกษาได้ทำการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุน และระยะทางเป็นเส้นตรงระหว่างจุดได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$C_L^{'} = 0.381 + 0.303S_L, V^2 = 0.97 \qquad (2\text{-}5)$$

$C_L^{'}$ = ต้นทุนการขนส่งโดยประมาณ (Pound)

S_L = ระยะทางเป็นเส้นตรงระหว่างจุด (Km)

ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่าระยะทางเส้นตรงระหว่างจุดส่งสินค้าสามารถใช้ในการประมาณการต้นทุนในการขนส่งได้ดีพอสมควร แต่อย่างไรก็ตามผู้ศึกษาได้แนะนำว่าในการนำไปใช้กับกรณีศึกษาอื่นๆ ควรตรวจสอบข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการสร้างความสัมพันธ์ให้มีความถูกต้อง โดยเฉพาะค่าเวลาในการเดินทางระหว่างจุดเพื่อให้ความสัมพันธ์ที่ได้มีความถูกต้อง และเหมาะสม

Mcdonald, J. J. (1972) ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคในการจัดตารางเวลาเดินรถในการวางแผนจัดเก็บวัสดุ และสิ่งทดลองทางการแพทย์ในหลายๆพื้นที่มายังห้องปฏิบัติการทดลองของโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง ซึ่งมีหลายแผนกการทดลอง เพื่อจัดตารางเวลาในการส่งวัสดุดังกล่าวมายังแผนกต่างๆในโรงพยาบาลได้ถูกต้อง รวดเร็ว และทันเวลาก่อนที่วัสดุและสิ่งทดลองจะเสื่อมคุณ

ภาพ การศึกษานี้ต้องการที่จะจัดตารางเวลาเดินรถ หาจำนวนรถที่ใช้ และกำหนดจุดในการรวบรวมวัสดุ และสิ่งทดลองภายใต้ข้อจำกัดของเวลาในการขนส่งมากที่สุดไม่เกิน 90 นาที โดยใช้วิธีฮิวริสติกส์ แบบ Saving Algorithm ของ Clarke และ Wright (1963) ซึ่งถูกปรับปรุงโดย Gaskell (1967)

ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่าระบบที่ได้สามารถช่วยในการตัดสินใจในการบริหารจัดการการขนส่ง และการใช้รถให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นแม้ผู้ปฏิบัติงานจะไม่ใช้ผู้เชี่ยวชาญด้านการขนส่งก็ตาม

Holmes, R. A. และ Parker, R. G. (1976) ได้ทำการศึกษาปัญหาการจัดเส้นทาง และตารางเวลาเดินรถซึ่งทราบความจุ จำนวนรถที่ใช้ในการบริการต่างๆให้มีต้นทุนการขนส่งต่ำที่สุด โดยที่จุดเริ่มต้น และสิ้นสุดการเดินทางเป็นจุดเดียวกันคือที่คลังสินค้า การศึกษานี้ใช้วิธี Saving Heuristics ที่เสนอโดย Clarke และ Wright (1964) โดยผู้ศึกษาได้คิดค่าการประหยัดได้จากต้นทุนค่าขนส่งดังสมการ

$$\Delta C = C_{12} + C_{13} - C_{23} \qquad (2\text{-}6)$$

ΔC = ค่าประหยัดได้จากต้นทุนการขนส่ง

C_{12} = ต้นทุนค่าขนส่งจากจุดที่1 ไปยังจุดที่ 2

C_{13} = ต้นทุนค่าขนส่งจากจุดที่1 ไปยังจุดที่ 3

C_{23} = ต้นทุนค่าขนส่งจากจุดที่2 ไปยังจุดที่ 3

ทั้งนี้ต้นทุนการขนส่งที่พิจารณาระหว่างจุดส่งใดๆ จะพิจารณาเป็นแบบมีความสมมาตรกล่าวคือต้นทุนค่าขนส่งระหว่างจุดใดๆ ทั้งเที่ยวไป และเที่ยวกลับมีค่าเท่ากัน และแบบไม่สมมาตรคือต้นทุนค่าขนส่งระหว่างจุดใดๆ ทั้งเที่ยวไป และเที่ยวกลับมีค่าไม่เท่ากัน

ผลที่ได้จากการศึกษาผู้ศึกษาได้เสนอข้อคิดเห็นไว้ว่าวิธีการที่ใช้ยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอในด้านการจัดตารางเวลา จำเป็นต้องมีการพิจารณาข้อจำกัดด้านเวลา และกำหนดเวลาในการให้บริการแต่ละจุดส่งด้วย

2.4 สรุป

จากการทบทวนแนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปข้อมูลที่จะใช้เป็นแนวทางในการศึกษานี้ได้ดังนี้

- การจัดตารางเวลาเดินรถเป็นปัญหาในระดับปฏิบัติการซึ่งมีรูปแบบการปฏิบัติงานในลักษณะวันต่อโดยมีเงื่อนไข และข้อจำกัดต่างๆ ในการปฏิบัติงานมาก ทำให้วิธีการในการแก้ปัญหาในกระบวนการจัดส่งสินค้าของการศึกษานี้ไม่สามารถใช้วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ในทางปฏิบัติ ดังนั้นจึงควรใช้การแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกส์ ซึ่งเป็นการหาคำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด และมีความยืดหยุ่นสามารถนำไปใช้ปฏิบัติงานได้จริง
- การหาคำตอบแบบฮิวริสติกส์ ควรจะใช้หลายๆวิธี เช่นการหาคำตอบแบบ Tabu search, Saving Algorithm, Genetic Algorithm) ผสมผสานกันเพื่อให้ระบบที่ได้จากการแก้ปัญหามีความสมบูรณ์สามารถนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- เพื่อให้กระบวนการจัดส่งเกิดประสิทธิภาพ ควรออกแบบระบบสนับสนุนช่วยในการตัดสินใจ โดยออกแบบฐานข้อมูล แบบจำลอง และส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ซึ่งจะทำให้ระบบที่ได้มีความสมบูรณ์ ให้ข้อมูลที่เป็นแนวทางช่วยให้ผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถตัดสินใจได้อย่างเหมาะสม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

สำรวจและรวบรวมข้อมูล

ในส่วนของบทนี้เป็นการสำรวจการดำเนินงานของบริษัทตัวอย่างโดยบริษัทที่ทำการศึกษาเป็นผู้ดำเนินการผลิต และจัดจำหน่ายสินค้าประเภทเครื่องดื่มน้ำอัดลม โดยมีโรงงานผลิต 6 โรงงาน และสาขาย่อย 63 สาขาตามภูมิภาคต่างๆ ของประเทศ (ยกเว้น 14 จังหวัดภาคใต้) โรงงานผลิตของบริษัทประกอบด้วย

1. โรงงานหัวหมาก แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กทม.
2. โรงงานปทุมธานี อ.เมือง จ.ปทุมธานี
3. โรงงานรังสิต อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี
4. โรงงานขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น
5. โรงงานโคราช อ.เมือง จ.นครราชสีมา
6. โรงงานลำปาง อ.เมือง จ.ลำปาง

เนื้อหาในบทนี้แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

1. การสำรวจการดำเนินงานของหน่วยงานตัวอย่าง
2. ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง

3.1 การสำรวจการดำเนินงานของหน่วยงานตัวอย่าง

การศึกษานี้ได้เลือกทำการศึกษากระบวนการจัดส่งสินค้าของโรงงานรังสิต เนื่องจากมีความพิเศษและแตกต่างจากกระบวนการจัดส่งสินค้าของโรงงานอื่น กล่าวคือเป็นกระบวนการจัดส่งเครื่องดื่มน้ำอัดลมสำหรับร้านค้าปลีกรายใหญ่โดยตรง เช่น บิ๊กซี, โลตัส, แม็คโคร เป็นต้น โดยสินค้าที่จัดส่งส่วนใหญ่เป็นบรรจุภัณฑ์ประเภทขวดพลาสติกและกระป๋อง ซึ่งไม่มีการเรียกเก็บภาชนะคืน (Non Returnable)

3.1.1 ผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ของบริษัทตัวอย่างมีความหลากหลาย แต่มีการแยกผลิตตามโรงงานต่างๆ โดยบรรจุภัณฑ์ที่บริษัททำการผลิตประกอบด้วย

- บรรจุภัณฑ์ขนาด 6.5 ออนซ์
- บรรจุภัณฑ์ขนาด 10 ออนซ์
- บรรจุภัณฑ์ขนาด 15 ออนซ์
- บรรจุภัณฑ์ขนาด 1 ลิตร
- บรรจุภัณฑ์ขนาด 1.25 ลิตร
- บรรจุภัณฑ์ขนาด 1.5 ลิตร
- บรรจุภัณฑ์ขนาด 170 ซีซี
- บรรจุภัณฑ์ขนาด 250 ซีซี
- บรรจุภัณฑ์ขนาด 325 ซีซี
- บรรจุภัณฑ์ขนาด 500 ซีซี
- บรรจุภัณฑ์ขนาด 600 ซีซี
- บรรจุภัณฑ์ขนาด 1500 ซีซี
- บรรจุภัณฑ์น้ำหวาน Post mix (Returnable)
- บรรจุภัณฑ์น้ำหวาน Bag in box (Non Returnable) ขนาด 5 แกลลอน

ในส่วนของโรงงานรังสิตทำการผลิต ผลิตภัณฑ์หลักที่ไม่มีการเรียกเก็บภาชนะคืนจากลูกค้า คือ

- บรรจุภัณฑ์ขนาด 325 ซีซี
- บรรจุภัณฑ์ขนาด 1.25 ลิตร
- บรรจุภัณฑ์ขนาด 250 ซีซี

สำหรับบรรจุภัณฑ์ที่ไม่มีการเรียกเก็บภาชนะคืนประเภทอื่นๆ ที่โรงงานรังสิตไม่มีการผลิต จะลำเลียงสินค้ามาจากโรงงานอื่นๆ เพื่อจัดส่งสินค้าให้ลูกค้าต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.2 รูปแบบการขายของบริษัท

การขายผลิตภัณฑ์ต่างๆของบริษัทให้กับลูกค้าจำแนกได้ 2 รูปแบบดังนี้

- การเร่ขายผ่านสาขาของบริษัท (Pre/Conventional Sale)

เป็นการขายสินค้าให้กับร้านค้าปลีกรายย่อย เช่นร้านค้าขายส่ง ร้านค้าขายปลีกขนาดเล็ก เป็นต้น ซึ่งมีจำนวนมากกระจายอยู่ทั่วประเทศ โดยลักษณะการขายเป็นการวิ่งรถตระเวนขายโดยพนักงานขับรถให้กับร้านค้าต่างๆ (Conventional Sale) หรือตามรายชื่อลูกค้าและเส้นทางการจัดจำหน่ายของแต่ละวัน (Pre Sale)

- การส่งสินค้าให้ลูกค้ารายใหญ่ (Direct Ship)

เป็นการขายสินค้าให้กับลูกค้าที่สั่งสินค้ากับบริษัทโดยตรง โดยทราบประเภทผลิตภัณฑ์รวมทั้งปริมาณที่สั่ง และบริษัทจะทำการจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้าโดยตรง ซึ่งลูกค้าในกรณีนี้จะเป็นร้านค้าปลีกรายใหญ่ เช่น บิ๊กซี, โลตัส, แม็คโคร, คาร์ฟูร์, ท๊อป เป็นต้น

3.1.3 การสั่งสินค้าของลูกค้า

การสั่งสินค้าของลูกค้าในกรณีที่สั่งสินค้ากับบริษัทโดยตรงมี 2 รูปแบบดังนี้

- การสั่งซื้อสินค้าผ่านระบบ EDI

เป็นการสั่งสินค้าโดยส่งข้อมูลเอกสารการสั่งซื้อสินค้าในรูปข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ที่เรียกว่า EDI (Electronic Data Interchange)

- การสั่งซื้อสินค้าผ่านระบบโทรสาร และทางโทรศัพท์

เป็นการสั่งซื้อสินค้าโดยส่งข้อมูลเอกสารการสั่งซื้อสินค้าผ่านทางเครื่องโทรสารหรือสั่งซื้อสินค้าผ่านทางโทรศัพท์

ลูกค้าจะทำการส่งข้อมูลการสั่งซื้อสินค้าทั้ง 2 รูปแบบมาที่สำนักงานใหญ่เพื่อตรวจสอบข้อมูลการส่งเสริมการขาย เช่นราคา รายการส่งเสริมการขาย เป็นต้น จากนั้นจึงส่งข้อมูลมาที่โรงงานรังสิต เพื่อเตรียมจัดส่งสินค้าให้ลูกค้าตามเวลาที่ลูกค้ากำหนดให้ส่งสินค้า

3.1.4 ขั้นตอนการจัดส่งสินค้า

การจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้ารายใหญ่โดยตรงของฝ่ายจัดส่งสินค้าโรงงานรังสิต จะมีการเตรียมการจัดส่งสินค้าล่วงหน้าอย่างน้อย 1 วันก่อนวันกำหนดส่งสินค้าให้แก่ลูกค้า กล่าวคือโดยปกติจะมีการคัดแยกเอกสารการสั่งซื้อสินค้าจากลูกค้าที่กำหนดให้ส่งสินค้าในวันถัดไปมาพิจารณาเตรียมการจัดส่งสินค้า แต่ในบางกรณีที่ปริมาณการจัดส่งสินค้ามีไม่มากหรือมีเที่ยววิ่งที่มีปริมาณสินค้าไม่มาก สินค้าไม่เต็มคันรถอาจจะพิจารณาเอกสารการสั่งซื้อสินค้าของลูกค้าที่ยังไม่ถึงกำหนดวันจัดส่งสินค้ามาเตรียมจัดส่งสินค้าพร้อมกับเที่ยววิ่งดังกล่าวเพื่อให้สินค้าเกือบเต็มหรือเต็มคันรถ แต่ทั้งนี้จะต้องมีการตกลง และแจ้งรายละเอียดต่อลูกค้าว่าสามารถทำการจัดส่งสินค้าก่อนกำหนดเวลาส่งสินค้าได้หรือไม่

สำหรับกระบวนการจัดส่งสินค้าโดยรวมแสดงได้ดังรูปที่ 3.7 โดยเริ่มจากฝ่ายจัดส่งของโรงงานรวบรวมข้อมูลเอกสารการสั่งซื้อสินค้าจากระบบ EDI และทางโทรสาร ที่ลูกค้ากำหนดให้ส่งในวันถัดไป จากนั้นจะตรวจสอบยอดสินค้าคงเหลือในคลังสินค้าว่าเพียงพอในการจัดส่งสินค้าให้ลูกค้าหรือไม่ ในกรณีที่สินค้าในบางรายการหรือทั้งหมดไม่สามารถจัดส่งได้ จะทำการเลื่อนส่งในวันต่อไปหรือจัดส่งให้โดยสินค้าไม่ครบในบางรายการ เมื่อตรวจสอบเสร็จสิ้นจะทำการกรอกข้อมูลเข้าระบบฐานข้อมูลของบริษัท โดยกรอกเฉพาะข้อมูลการสั่งซื้อสินค้าที่มาทางระบบโทรสารหรือโทรศัพท์เท่านั้น เนื่องจากข้อมูลการสั่งซื้อสินค้าที่มาทางระบบ EDI จะถูกบันทึกอัตโนมัติลงฐานข้อมูลแล้ว

เมื่อมีข้อมูลเอกสารการสั่งซื้อสินค้าที่จะทำการจัดส่งสินค้าในวันถัดไปในฐานข้อมูลแล้ว จะทำการจัดพิมพ์เอกสารสรุปปริมาณสินค้า (Mainload) และเอกสารนำส่งสินค้า (Invoice) ของแต่ละเอกสารการสั่งซื้อ และเริ่มขั้นตอนการจัดเส้นทางเดินรถ ซึ่งขั้นตอนนี้จะเป็นการจัดสินค้าเป็นกระบะ จัดกระบะสินค้าขึ้นรถบรรทุกขนาดต่างๆ และการจัดจำนวนเที่ยววิ่งต่อเอกสารการสั่งซื้อสินค้า

การจัดสินค้าเป็นกระบะจะเป็นการจัดปริมาณสินค้าที่เป็นลังหรือหีบห่อตามจำนวนที่ลูกค้าสั่งซื้อ ตามประเภทสินค้าคำนวณเป็นจำนวนกระบะสินค้าที่ต้องใช้ โดยการคำนวณจะพิจารณาตามความจุเป็นลังหรือหีบห่อของสินค้าแต่ละบรรจุภัณฑ์ต่อกระบะสินค้า (Pallet) เช่น บรรจุภัณฑ์ขนาด 1 ลิตร จำนวนลังบรรจุต่อกระบะสินค้าเท่ากับ 36 ลัง บรรจุภัณฑ์ขนาด 1.25 ลิตร จำนวนลังบรรจุต่อกระบะเท่ากับ 50 ลัง เป็นต้น

เมื่อได้จำนวนกระบะสินค้าต่อเอกสารการสั่งซื้อ จะทำการคำนวณจัดกระบะสินค้าขึ้นรถบรรทุกโดยรถบรรทุกที่ใช้เป็นรถบรรทุกของบริษัทจำนวน 2 คัน และรถของบริษัทผู้รับเหมาขนส่งสินค้า จำนวน 125 คัน ดังนี้

- รถบรรทุกขนาด 4 ล้อ ความจุขนาด 1 กระบะ จำนวน 1 คัน
- รถบรรทุกขนาด 4 ล้อ ความจุขนาด 4 กระบะ จำนวน 2 คัน
- รถบรรทุกขนาด 4 ล้อ ความจุขนาด 6 กระบะ จำนวน 1 คัน
- รถบรรทุกขนาด 6 ล้อ ความจุขนาด 10 กระบะ จำนวน 99 คัน
- รถบรรทุกขนาด 18 ล้อ ความจุขนาด 20 กระบะ จำนวน 21 คัน
- รถบรรทุกขนาด 18 ล้อ ความจุขนาด 22 กระบะ จำนวน 1 คัน

รูปที่ 3.1 รถบรรทุกขนาด 4 ล้อ ความจุขนาด 1 กระบะ

รูปที่ 3.2 รถบรรทุกขนาด 4 ล้อ ความจุขนาด 4 กระบะ

รูปที่ 3.3 รถบรรทุกขนาด 4 ล้อ ความจุขนาด 6 กระบะ

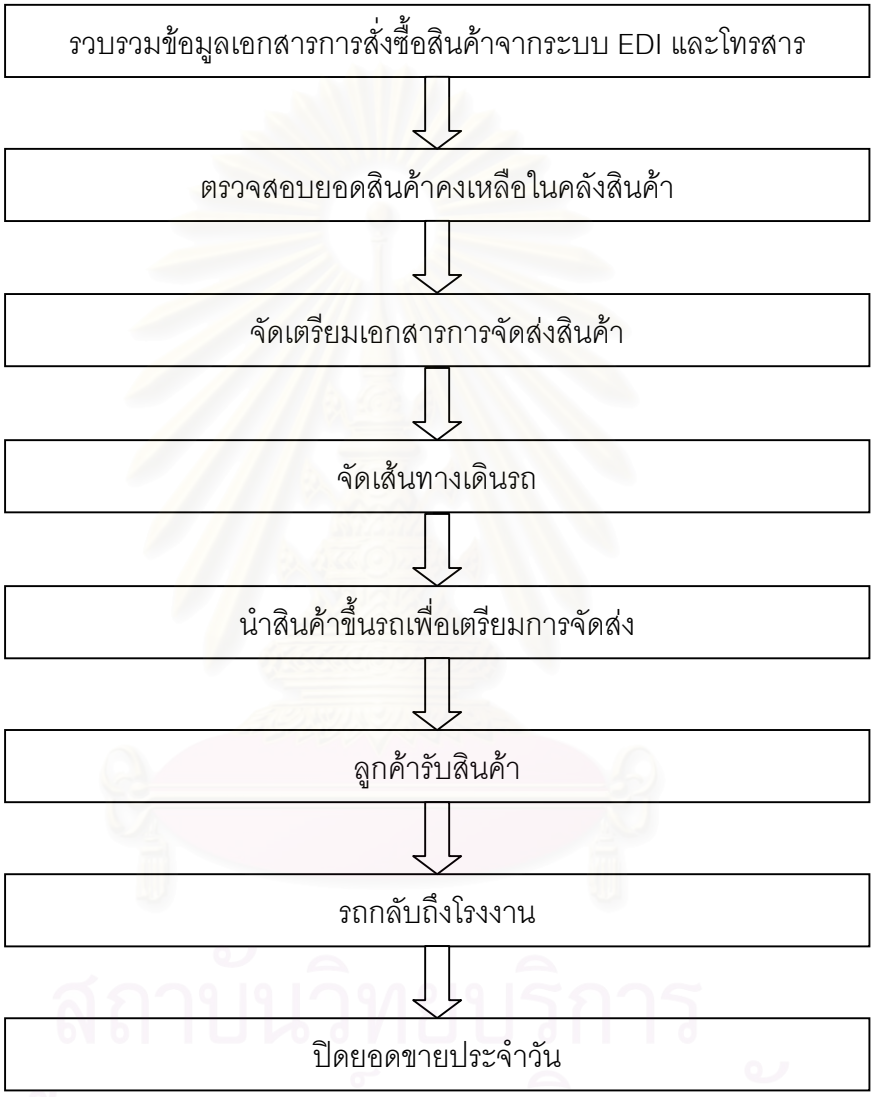
รูปที่ 3.4 รถบรรทุกขนาด 6 ล้อ ความจุขนาด 10 กระบะ

รูปที่ 3.5 รถบรรทุกขนาด 18 ล้อ ความจุขนาด 20 กระบะ

รูปที่ 3.6 รถบรรทุกขนาด 18 ล้อ ความจุขนาด 22 กระบะ

การจัดส่งสินค้าโดยปกติจะใช้รถบรรทุกของบริษัทผู้รับเหมาขนส่งสินค้า โดยเฉพาะรถขนาด 6 ล้อ ในกรณีขนสินค้าเป็นปริมาณมากจะใช้รถบรรทุก 18 ล้อ หรือบางกรณีที่รถบรรทุกขนาดใหญ่ไม่สามารถเข้าถึงลูกค้าได้เนื่องจากข้อจำกัดสภาพเส้นทาง พื้นที่ลงสินค้าหรือคลังสินค้าลูกค้า จะใช้รถบรรทุกขนาดเล็ก เช่น รถบรรทุกขนาด 4 ล้อ เมื่อคำนวนจัดกระบะสินค้าขึ้นรถบรรทุกเสร็จสิ้นจะได้จำนวนเที่ยววิ่งต่อเอกสารการสั่งซื้อสินค้า นอกจากนี้อาจมีการจัดเที่ยววิ่งควบเส้นทางในกรณีที่สินค้าไม่เต็มความจุรถบรรทุก โดยการรวมปริมาณสินค้าของ 2 เอกสารการสั่งซื้อไว้ในเส้นทางหรือเที่ยววิ่งเดียวกันเพื่อให้สินค้าเกือบเต็มหรือเต็มคันรถ ทั้งนี้เงื่อนไขการควบเส้นทางเป็นไปตามข้อกำหนดหรือสัญญาที่ทำไว้กับบริษัทผู้รับเหมาขนส่งสินค้า โดยการขนส่งสินค้า 1 เที่ยววิ่งจะสามารถจัดส่งสินค้าได้ไม่เกิน 2 จุดส่งคือ จุดส่งแรกในเส้นทางหลัก และจุดส่งที่สองในเส้นทางรองซึ่งเป็นจุดส่งสินค้าที่นำมารวมส่งกับเส้นทางหลัก

กระบวนการคำนวณจัดสินค้าเป็นกระบะ การคำนวณจัดกระบะสินค้าขึ้นรถบรรทุก และการเที่ยววิ่งส่งสินค้าต่อเอกสารการสั่งซื้อ พนักงานฝ่ายจัดส่งสินค้าโรงงานรังสิตจะเป็นผู้ทำการคำนวณด้วยมือ แล้วจึงนำผลลัพธ์ที่ได้กรอกข้อมูลเข้าระบบฐานข้อมูลของบริษัทเพื่อทำการจัดพิมพ์เอกสารสรุปปริมาณสินค้าแยกตามเที่ยววิ่งของแต่ละเอกสารการสั่งซื้อสินค้า



รูปที่ 3.7 กระบวนการจัดส่งสินค้า

หลังจากเสร็จสิ้นขั้นตอนการจัดเส้นทางเดินรถ ซึ่งใช้เวลาจัดโดยพนักงานประมาณ 2-3 ชั่วโมง จะนำเอกสารการจัดส่งสินค้าส่งฝ่ายคลังสินค้าเพื่อทำการขนสินค้าขึ้นรถบรรทุกบริเวณลานขึ้นน้ำในโรงงาน ซึ่งจะทำได้ตั้งแต่เวลาประมาณ 08.00-15.00น. และ 18.00-02.00 น. เมื่อขนสินค้าขึ้นรถบรรทุกเสร็จสิ้น จะทำการคลุมผ้าใบเพื่อป้องกันสินค้าเสียหาย

แล้วทำการจัดส่งสินค้าให้ลูกค้า เมื่อลูกค้าได้รับสินค้าครบถ้วนแล้วพนักงานขับรถจะนำสำเนาเอกสารการจัดส่งสินค้าที่ลูกค้าตรวจรับสินค้าแล้วกลับมาที่โรงงาน และทำการปิดยอดขายประจำวัน

รูปที่ 3.8 บริเวณลานขึ้นน้ำในโรงงานรังสิต

รูปที่ 3.9 การคลุมผ้าใบเพื่อป้องกันสินค้าเสียหาย

โดยปกติแล้วกระบวนการจัดส่งสินค้าให้ลูกค้าที่เป็นร้านค้าปลีกรายใหญ่ รถบรรทุก 1 คันจะสามารถทำการจัดส่งสินค้าได้ 1-2 เที่ยววิ่งต่อวัน และใช้ระยะเวลาในการส่งสินค้าไม่เกิน 1 วัน ยกเว้นในกรณีที่จัดส่งสินค้าในระยะทางไกลมาก เช่น เชียงใหม่ เชียงราย เป็นต้น อาจใช้เวลาในการจัดส่งสินค้าถึง 2 วันหากมีการเสียเวลารอลงสินค้าที่คลังสินค้าของลูกค้า

3.1.5 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการจัดส่งสินค้า

ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการ และรูปแบบการจัดส่งสินค้าให้ลูกค้ารายใหญ่โดยตรงมีหลายปัจจัย จำแนกเป็นประเด็นหลักได้เป็น 2 ประเด็นคือ ปัจจัยจากความต้องการของลูกค้าและปัจจัยจากนโยบายบริษัท

3.1.5.1 ปัจจัยจากความต้องการของลูกค้า

จากการศึกษากระบวนการจัดส่งสินค้าสามารถจำแนกปัจจัยจากความต้องการของลูกค้าได้ดังนี้

- รูปแบบการสั่งซื้อสินค้า

การสั่งซื้อสินค้าของลูกค้ามี 2 รูปแบบ คือ สั่งซื้อสินค้าผ่านทางระบบ EDI และทางโทรสาร

- รูปแบบในการรับสินค้า

ลูกค้าจะกำหนดว่าจะให้บริษัทตัวอย่างจัดส่งสินค้าไปที่ใด ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภทดังนี้

1. ลูกค้าที่รับสินค้าที่ห้าง เช่น บิ๊กซี, แม็คโคร, คาร์ฟูร์ เป็นต้น
2. ลูกค้าที่กำหนดให้ส่งสินค้าที่ศูนย์กระจายสินค้า โดยทางศูนย์กระจายสินค้าจะเป็นผู้บริหาร และกระจายสินค้าไปยังห้างต่างๆ ของลูกค้าเอง เช่น โลตัส, ท๊อป เป็นต้น

- กำหนดเวลาในการรับสินค้าแตกต่างกัน

กล่าวคือ ลูกค้าแต่ละรายกำหนดช่วงเวลาในการรับสินค้าแตกต่างกัน เช่น โดยทั่วไป บิ๊กซี และ คาร์ฟูร์ จะมีกำหนดเวลาในการรับสินค้า 9.00-16.00. และ 8.00-17.00น. ตามลำดับ นอกจากนี้ลูกค้าที่รับสินค้าที่ศูนย์กระจายสินค้า เวลาในการรับสินค้าจะขึ้นอยู่กับการจองเวลาการส่งสินค้าที่ศูนย์กระจายสินค้า

- ปริมาณสินค้าแตกต่างกันและไม่คงที่

ปริมาณการสั่งสินค้าของลูกค้าแต่ละราย แต่ละครั้งมีปริมาณไม่คงที่อีกทั้งหลากหลาย ผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์

- ข้อจำกัดสถานที่รับสินค้า

กล่าวคือคลังสินค้าของลูกค้าบางราย มีบริเวณพื้นที่ลงสินค้าไม่มาก การจัดส่งสินค้าไม่สามารถใช้รถบรรทุกขนาดใหญ่ได้ จำเป็นต้องใช้รถบรรทุกขนาดเล็ก เช่น รถบรรทุกขนาด 6 ล้อ หรือรถบรรทุกขนาด 4 ล้อ จัดส่งสินค้าแทน

- อื่นๆ

ข้อจำกัดอื่นๆ นอกเหนือจากที่นำเสนอมา เช่น ความต้องการของลูกค้าในการจัดส่งสินค้าเร่งด่วน ความต้องการจำนวนเอกสารจัดส่งสินค้าจำนวนแตกต่างกัน ความยืดหยุ่นของเวลาในการรับสินค้า เป็นต้น

3.1.5.2 ปัจจัยจากนโยบายบริษัท

จากการศึกษากระบวนการจัดส่งสินค้าสามารถจำแนกปัจจัยจากนโยบายบริษัทได้ดังนี้

- ระบบฐานข้อมูลที่ใช้บริหารการขนส่งสินค้า

รูปแบบและการทำงานของระบบฐานข้อมูลมีผลต่อขั้นตอนการทำงาน เช่น จำนวนครั้งของการกรอกข้อมูลเข้าระบบฐานข้อมูล การตรวจสอบปริมาณสินค้าคงเหลือ หรือ การคำนวณจำนวนเที่ยววิ่งจัดส่งสินค้า

- การว่าจ้างผู้รับเหมาขนส่งสินค้า

ตามสัญญาว่าจ้างผู้รับเหมาขนส่งสินค้า รูปแบบการจัดส่งสินค้า 1 เส้นทางหรือการจัดส่งสินค้า 1 เที่ยววิ่งจะมีจุดส่งสินค้าไม่เกิน 2 จุด กล่าวคือมีลักษณะเป็น 1 เส้นทางหลัก 1 เส้นทางรอง โดยกรณีจัดส่งสินค้า 2 จุด จะเป็นไปได้ 2 กรณีคือ เส้นทางหลักวิ่งควบเส้นทางรองที่เป็นลูกค้ารายใหญ่ และเส้นทางหลักวิ่งควบเส้นทางรองที่เป็นคลังสินค้าของบริษัทตัวอย่าง ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วรถบรรทุก 1 คัน จะสามารถจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้าได้ในแต่ละวันได้ประมาณ 1 เที่ยววิ่ง

- ความหลากหลายของผลิตภัณฑ์

ความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ กว่า 80 SKU (Stock Keeping Unit) มีผลต่อความยากง่ายในการจัดสินค้าขึ้นรถบรรทุก

นอกจากนี้ยังมีปัจจัยภายนอกซึ่งมีผลกระทบต่อกระบวนการจัดส่งสินค้าโดยตรง คือ มาตรการห้ามรถบรรทุกขนาดตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไปเข้าเขตกทม. ในช่วงเวลา 06.00-09.00น. และ 16.00-20.00น. จึงถือเป็นกรอบเวลาที่ต้องนำมาพิจารณาในการศึกษานี้ด้วย

3.1.6 ปัญหาที่พบ

จากการพิจารณากระบวนการและขั้นตอนการจัดส่งสินค้ารวมทั้งปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง พอที่จะสรุปประเด็นปัญหาและข้อควรพิจารณาแก้ไขได้ดังนี้

- รูปแบบวิธีการจัดส่งสินค้าการหาจำนวนเที่ยววิ่งยังไม่มีรูปแบบที่แน่นอนและเป็นมาตรฐาน

คือการคำนวณจำนวนกระบะสินค้า ขั้นตอนการจัดสินค้าขึ้นรถบรรทุก การหาจำนวนเที่ยววิ่ง อาศัยการคำนวณด้วยมือ ซึ่งรูปแบบและวิธีการขึ้นอยู่กับทักษะและความชำนาญของพนักงานแต่ละบุคคล

- เกิดความผิดพลาดในการจัดเตรียมเอกสารการจัดส่งสินค้า

คือมักเกิดความผิดพลาดในขั้นตอนการกรอกข้อมูลการสั่งซื้อสินค้าเข้าระบบฐานข้อมูลเช่นรหัสสินค้าผิด ส่งสินค้าไม่ตรงตามที่ลูกค้าสั่งซื้อ คำนวณจำนวนกระบะสินค้าผิดพลาด เป็นต้น

- ส่งสินค้าไม่ทันเวลารับสินค้า

กรณีดังกล่าวมักเกิดขึ้นกับเส้นทางที่มีการส่งสินค้า 2 จุด เมื่อส่งสินค้าให้ลูกค้ารายแรกในเส้นทางหลักเสร็จสิ้น ไม่สามารถไปทันเวลาการรับสินค้าของลูกค้าอีกรายได้ ทั้งนี้ปัญหาดังที่กล่าวมาอาจเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น การเสียเวลาในการรอส่งสินค้าที่คลังสินค้าหรือที่ศูนย์กระจายสินค้า สภาพจราจร กรอบเวลาในการรับสินค้าของลูกค้าหรือกรอบเวลาในการห้ามรถบรรทุกขนาด 6 ล้อขึ้นไปเข้าเขตเมือง กทม. เป็นต้น

- จำนวนรถไม่เพียงพอในการส่งสินค้าในช่วงที่มีการสั่งสินค้าเป็นปริมาณมาก

ปัญหาดังกล่าวเกิดขึ้นในช่วงที่ลูกค้าสั่งสินค้าเป็นปริมาณมาก ทำให้จำนวนรถหรือจำนวนเที่ยววิ่งไม่เพียงพอต่อการจัดส่งสินค้า ทำให้ต้องเลื่อนการจัดส่งสินค้าในบางรายการไปในวันถัดไป

เมื่อพิจารณา ขั้นตอน ปัจจัยและข้อบกพร่องต่างๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการจัดส่งสินค้าสำหรับลูกค้ารายใหญ่ของฝ่ายจัดส่งสินค้าโรงงานรังสิต เห็นว่าควรจะมีการสร้างระบบงานหรือแบบจำลองในส่วนของการคิดคำนวณจำนวนกระบะสินค้า การจัดเส้นทางเดินรถแบบรวมจุดส่งสินค้า และการจัดตารางเวลาเดินรถ เพื่อให้เกิดความเป็นมาตรฐานและกระบวนการที่เป็นระบบแบบแผน รวมทั้งสามารถใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจและลดความผิดพลาดรวมถึงเพิ่มประสิทธิภาพการจัดส่งสินค้าให้ลูกค้าอย่างถูกต้อง ตรงเวลา อันจะเป็นผลดีต่อองค์กร

3.2 **ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง**

เมื่อทราบถึงขั้นตอนและกระบวนการในการจัดส่งสินค้าสำหรับลูกค้ารายใหญ่ รวมถึงปัจจัยและข้อบกพร่องต่างๆ จะเป็นขั้นตอนในการรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นที่จะใช้ในการสร้างแบบ

จำลองระบบงานหลักที่เลือกทำการศึกษาคือ การคำนวณจำนวนกระบะสินค้า การจัดเส้นทางเดินรถและการจัดตารางเวลาเดินรถซึ่งแต่ละส่วนที่ใช้ข้อมูลในการพัฒนาแบบจำลองแตกต่างกันดังนั้นจึงแบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 ส่วนตามระบบงานหลักดังนี้

1. ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณจำนวนกระบะสินค้า
2. ข้อมูลที่ใช้ในการจัดเส้นทางเดินรถ
3. ข้อมูลที่ใช้ในการจัดตารางเวลาเดินรถ

3.2.1 ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณจำนวนกระบะสินค้า

สำหรับการคำนวณจำนวนกระบะสินค้า เป็นขั้นตอนในการหาจำนวนกระบะสินค้า (Pallet) ที่ต้องใช้ในการจัดเรียงสินค้าในแต่ละคำสั่งซื้อของลูกค้าแต่ละราย เพื่อเตรียมนำขึ้นรถบรรทุกเพื่อจัดส่งสินค้าต่อไป

ในส่วนของข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณจำนวนกระบะสินค้า ประกอบด้วยข้อมูลลูกค้า ข้อมูลผลิตภัณฑ์และข้อมูลลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนี้

<u>ข้อมูลลูกค้ารายใหญ่</u>

ข้อมูลลูกค้าเป็นข้อมูลเกี่ยวกับรายชื่อลูกค้ารายใหญ่โดยแยกเป็นชื่อแบบภาษาไทย และรหัสตัวเลขที่อ้างอิงชื่อลูกค้า เช่น 1020012 หรือ A010B เป็นต้น โดยข้อมูลดังกล่าวได้จากฐานข้อมูลของบริษัทตัวอย่าง

<u>ข้อมูลผลิตภัณฑ์</u>

ข้อมูลผลิตภัณฑ์เป็นข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ ขนาดบรรจุภัณฑ์โดยใช้เลข 4 หลักแทนผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่มีการจัดส่งให้ลูกค้ารายใหญ่ เช่น 5555, 6091 เป็นต้น

<u>ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์</u>

ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เป็นข้อมูลที่บอกถึงขนาดหีบห่อ และจำนวนที่สามารถจัดเรียงบนกระบะสินค้าได้ ซึ่งมีความแตกต่างกันไปตามขนาดหีบห่อหรือบรรจุภัณฑ์ ดังนี้

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลจำนวนหีบห่อบรรจุต่อกระบะสินค้าจำแนกตามขนาดบรรจุภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์	จำนวนหีบห่อ บรรจุต่อ 1 กระบะ	ผลิตภัณฑ์	จำนวนหีบห่อ บรรจุต่อ 1 กระบะ
1.25 ลิตร	50	325 ซีซี	110
2 ลิตร	56	1.5 ลิตร	115
Tray 390 ซีซี	70	600 ซีซี	132
250 ซีซี	70	Qoo 250 ซีซี	170
Qoo 1 ลิตร	72	Nescafe	168
Qoo 325 ซีซี	110		

3.2.2 ข้อมูลที่ใช้ในการจัดเส้นทางเดินรถ

เป็นขั้นตอนในการจัดเที่ยววิ่งรถบรรทุกของแต่ละ คำสั่งซื้อโดยเน้นที่ประเด็นเส้นทางที่จัดส่งสินค้า 2 จุดส่งหรือเป็นการรวมคำสั่งซื้อ 2 รายที่สามารถจัดส่งโดยใช้รถบรรทุกคันเดียวกันบนเส้นทางเดียวกัน ที่เรียกว่าการควบเส้นทางเดินรถ

ในส่วนของข้อมูลที่ใช้ในการจัดเส้นทางเดินรถส่งสินค้า 2 จุดส่งประกอบด้วยข้อมูลระยะทางระหว่างจุดส่งสินค้า และข้อมูลค่าขนส่งแบบเหมาจ่ายจำแนกตามรายลูกค้ารายใหญ่และประเภทรถที่ใช้ในการจัดส่ง โดยข้อมูลทั้งสองส่วนได้จากข้อมูลระยะทางที่เป็นโครงข่ายซึ่งทางบริษัทมีเฉพาะในส่วนระยะทางระหว่างโรงงานกับสาขาลูกค้า แต่ขาดในส่วนของระยะทางระหว่างสาขาลูกค้า จึงจำเป็นต้องจัดเก็บข้อมูลดังกล่าวจากแผนที่อิเล็คทรอนิค (Digital Map) โดยกำหนดจุดส่งสินค้าบนแผนที่แล้วหาระยะทางในหน่วยกิโลเมตร เพื่อให้ได้ข้อมูลโครงข่ายระยะทางที่สมบูรณ์

3.2.3 ข้อมูลที่ใช้ในการจัดตารางเวลาเดินรถ

สำหรับการจัดตารางเวลาเดินรถเป็นขั้นตอนในการจัดลำดับการดำเนินการจัดส่งสินค้าของแต่ละเส้นทางเดินรถ จำแนกตามรายคันรถ เพื่อให้ทราบถึงลำดับการดำเนินการในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการขนส่งสินค้าในเวลาที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดการใช้งานรถบรรทุกที่มีประสิทธิภาพ สามารถหมุนเวียนรถบรรทุกมาใช้งานได้อย่างเหมาะสม อีกทั้งเพิ่มระดับในการให้บริการลูกค้าด้วย

กระบวนการเดินทางจัดส่งสินค้าประกอบด้วยขั้นตอน การนำรถบรรทุกเข้ามาที่โรงงานเพื่อขึ้นน้ำหรือนำสินค้าขึ้นรถบรรทุก การขึ้นน้ำและการคลุมผ้าใบ การเดินทางไปยังสาขาลูกค้า การลงน้ำหรือนำสินค้าลงรถบรรทุก และการเดินทางกลับโรงงาน ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองในส่วนนี้จึงแยกตามกิจกรรมที่เกิดในกระบวนการเดินทางจัดส่งสินค้า โดยข้อมูลได้จากการออกแบบสอบถามเวลาในการดำเนินการแก่พนักงานขับรถบรรทุกของบริษัทผู้รับจ้างขนส่งสินค้า โดยทำการสำรวจข้อมูลระหว่างวันที่ 17-31 พฤษภาคม 2545 ได้ผลการสำรวจดังนี้

<u>เวลาที่ใช้ในการขึ้นน้ำ</u>

เป็นเวลาในส่วนของการดำเนินการด้านเอกสารการขึ้นน้ำ ตลอดจนการขนสินค้าขึ้นรถบรรทุกเพื่อเตรียมออกเดินทางจัดส่งสินค้า

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการขึ้นน้ำ

ค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการขึ้นน้ำ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
26 นาที	14 นาที

<u>เวลาที่ใช้ในการคลุมผ้าใบ</u>

เป็นเวลาในช่วงหลังจากดำเนินการขนสินค้าขึ้นรถบรรทุกเสร็จสิ้น ซึ่งจะทำการคลุมผ้าใบเพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดกับสินค้าระหว่างการขนส่งก่อนออกเดินทางจัดส่งสินค้า

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการคลุมผ้าใบ

ค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการคลุมผ้าใบ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
23 นาที	17 นาที

<u>เวลาที่ใช้ในการรอคอยลงสินค้า</u>

เป็นเวลาที่เกิดขึ้นเนื่องจากการรอแถวคอยที่จุดรับสินค้าของลูกค้าเพื่อลงน้ำ ซึ่งแถวคอยดังกล่าวเกิดจากการดำเนินการจัดส่งสินค้าของผู้ขายรายอื่นๆ ที่ลูกค้าได้สั่งสินค้าให้มาส่งวันเดียวกัน แต่เนื่องจากการศึกษานี้ไม่ได้ทำการพิจารณาแถวคอยที่เกิดขึ้น จึงใช้ค่าเฉลี่ยของเวลาเป็นตัวแทนของเวลาในการรอคอยลงน้ำโดยจำแนกเป็น พื้นที่ในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล และเขตต่างจังหวัด เนื่องจากมีข้อแตกต่างในเวลาดำเนินการตามการสัมภาษณ์จากผู้ที่เกี่ยวข้องดังตาราง

ตารางที่ 3.4 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการรอคอยลงน้ำ

เขต	ค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการรอคอยลงน้ำ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
กรุงเทพฯและปริมณฑล	116 นาที	150 นาที
ต่างจังหวัด	79 นาที	60 นาที

เวลาที่ใช้ในการลงน้ำ

เป็นเวลาในช่วงที่มีการนำสินค้าลงจากรถบรรทุกให้แก่ลูกค้ารายใหญ่ ตลอดจนการดำเนินการด้านเอกสารการจัดส่งสินค้า การตรวจรับสินค้า และเตรียมเดินทางกลับโรงงาน

ตารางที่ 3.5 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการลงน้ำ

ค่าเฉลี่ยที่ใช้ในการลงน้ำ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
81 นาที	42 นาที

เวลาที่ใช้ในการเดินทาง

เวลาในส่วนนี้มีด้วยกัน 3 ประเภทคือ เวลาที่ใช้ในการเดินทางไปสาขาลูกค้า เวลาที่ใช้ในการเดินทางระหว่างสาขาลูกค้า และเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากสาขากลับโรงงาน เพื่อให้เกิดความถูกต้องและใกล้เคียงสภาพจริง ข้อมูลที่ใช้ในส่วนนี้จึงเลือกใช้ข้อมูลที่ทางบริษัทได้ทำการจัดเก็บไว้ โดยกำหนดให้เวลาที่ใช้ในการเดินทางไปและกลับมีความสมมาตรหรือเท่ากันเพื่อให้สะดวกในการพัฒนาแบบจำลอง โดยเวลาที่ใช้ในการเดินทางจะหาจาก ข้อมูลระยะทางและความเร็วมาตรฐานที่ใช้ในการจัดส่งสินค้าซึ่งแบ่งเป็นเขตกรุงเทพฯและปริมณฑลและเขตต่างจังหวัดตามสภาพถนนและการจราจรดังนี้

ตารางที่ 3.6 ข้อมูลความเร็วมาตรฐานที่ใช้ในการขนส่งสินค้า

เขต	ความเร็วมาตรฐาน (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)
กรุงเทพฯและปริมณฑล	25
ต่างจังหวัด	45

นอกจากนี้มีข้อมูลซึ่งเป็นปัจจัยข้อจำกัดเวลาที่ต้องนำมาพิจารณาด้วยคือ กรอบเวลาในการห้ามเดินรถบรรทุก กรอบเวลาในการขึ้นน้ำที่โรงงานและกรอบเวลาในการรับสินค้าของลูกค้า

กรอบเวลาห้ามเดินรถบรรทุก

จากการสอบถามผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปช่วงเวลาที่มีการห้ามเดินรถบรรทุกขนาด 6 ล้อขึ้นไปในเขตกรุงเทพฯ 2 ช่วงเวลาคือ

ช่วงที่หนึ่ง 16.00-20.00 น.

ช่วงที่สอง 06.00-09.00 น.

กรอบเวลาในการขึ้นน้ำที่โรงงาน

กรอบเวลาในการขึ้นน้ำเป็นข้อมูลที่บอกถึงช่วงเวลาในการนำสินค้าขึ้นรถบรรทุกตามเวลาในการปฏิบัติงานของฝ่ายคลังสินค้า 2 ช่วงเวลาดังนี้

ช่วงที่หนึ่ง 18.00-02.00 น.

ช่วงที่สอง 08.00-15.00 น.

กรอบเวลาในการรับสินค้า

ข้อมูลกรอบในการรับสินค้าเป็นข้อมูลข้อจำกัดเวลาในการเปิดและปิดคลังสินค้าหรือจุดรับสินค้าของลูกค้ารายใหญ่ แตกต่างกันไปตามไปลูกค้าแต่ละรายโดยข้อมูลเวลาได้จากการสอบถามพนักงานและนำมากำหนดเป็นกรอบเวลามาตรฐานในการจัดตารางเวลาเดินรถจำแนกได้ดังนี้

แม็คโคร	09.00-17.00 น.
บิ๊กซี	09.00-17.00 น.
โลตัส	02.00-08.00 น.
คาร์ฟูร์	09.00-17.00 น.
ท๊อป	02.00-08.00 น.
จัสโก้	08.00-15.00 น.
ศิลาบริการ	09.00-18.00 น.
วินสโตร์	08.00-12.00 น.
ซันคัลเลอร์	08.00-13.00 น.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 สรุป

จากการสำรวจขั้นตอนการดำเนินงานในส่วนของกระบวนการส่งสินค้าไปยังลูกค้ารายใหญ่ของบริษัทตัวอย่าง ณ โรงงานรังสิต พบว่าในขั้นตอนการนำคำสั่งซื้อของลูกค้ามาคำนวณหาจำนวนกระบะสินค้าที่ต้องการใช้ และขั้นตอนการจัดเส้นทางเดินรถ ซึ่งทำโดยพนักงานฝ่ายจัดส่งสินค้า ยังมีข้อบกพร่องบางประการเช่น การคำนวณ จำนวนกระบะสินค้าไม่ถูกต้อง ชื่อลูกค้าในเอกสารการส่งสินค้าไม่ถูกต้อง ส่งสินค้าไม่ทันเวลารับสินค้า เป็นต้น

จากที่ได้กล่าวมา จำเป็นอย่างยิ่งที่ควรจะมีการพัฒนาแบบจำลองหรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการคำนวณจำนวนกระบะสินค้า การจัดเส้นทางเดินรถแบบรวมจุดส่งสินค้า รวมถึงการจัดตารางเวลาเดินรถ เพื่อให้เกิดความเป็นมาตรฐาน ลดข้อบกพร่องต่างๆที่เกิดขึ้น เพิ่มอรรถประโยชน์ในการใช้รถบรรทุก และเพิ่มระดับการให้บริการลูกค้า

ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง แบ่งเป็น 3 ส่วนหลักดังนี้

- ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณจำนวนกระบะสินค้า ได้จากการรวบรวมข้อมูลที่ทางบริษัทตัวอย่างจัดเก็บไว้ ประกอบด้วย
  - ข้อมูลลูกค้ารายใหญ่
  - ข้อมูลผลิตภัณฑ์
  - ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์

- ข้อมูลที่ใช้ในการจัดเส้นทางเดินรถ ได้แก่ข้อมูลระยะทางระหว่างจุดส่งสินค้า ซึ่งได้จากการรวบรวมข้อมูลที่ทางบริษัทตัวอย่างจัดเก็บไว้ ประกอบกับการใช้แผนที่อิเล็คทรอนิคในการหาระยะทางระหว่างจุดส่งที่ทางบริษัทตัวอย่างไม่ได้จัดเก็บไว้

- ข้อมูลที่ใช้ในการจัดตารางเวลาเดินรถ ได้จากการออกแบบสอบถามเวลาในการเดินรถแก่พนักงานขับรถของบริษัทผู้รับจ้างขนส่งสินค้า ประกอบด้วย
  - ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการขึ้นน้ำ
  - ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการคลุมผ้าใบ
  - ข้อมูลเวลาในการรอคอยลงสินค้า
  - ข้อมูลเวลาในการลงน้ำ

รวมถึงข้อมูลกรอบเวลาห้ามเดินรถบรรทุก กรอบเวลาในการขึ้นน้ำที่โรงงานรังสิต และกรอบเวลาในการรับสินค้าของลูกค้ารายใหญ่ ซึ่งได้จากการสอบถามจากพนักงานฝ่ายจัดส่งสินค้า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การพัฒนาแบบจำลอง

งานในกระบวนการจัดส่งมีขั้นตอนและปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการจำนวนมาก ซึ่งส่งผลต่อระบบงานขนส่งที่มีความซับซ้อน โดยเฉพาะงานที่ต้องปฏิบัติแบบวันต่อวัน อาจเกิดข้อ ผิดพลาดและความยุ่งยากในกระบวนการจัดส่งได้ การวิเคราะห์การจัดการระบบขนส่งด้วยแบบจำลองคอมพิวเตอร์จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ช่วยในการสร้างระบบงานให้มีมาตรฐาน ลดข้อบกพร่องต่างๆ อีกทั้งเป็นระบบที่ช่วยสนับสนุนในการตัดสินใจแก่ผู้ที่เกี่ยวข้องได้

การออกแบบแบบจำลองระบบงานจัดส่งให้สอดคล้องกับระบบงานจริงมากที่สุดเป็นสิ่งที่สำคัญ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เลือกวิธีคำนวณและจัดระบบงานแบบอ้างอิงความรู้และประสบการณ์ทำงานของผู้ที่เกี่ยวข้องตลอดจนวิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติกส์ (Heuristics) ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับว่าสามารถใช้ในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนได้อย่างเหมาะสม

การพัฒนาแบบจำลองนี้ได้แบ่งเป็น 3 ส่วนตามระบบงานจัดส่งหลักของหน่วยงานตัวอย่างคือ

1. การคำนวณจำนวนกระบะสินค้า
2. การจัดเส้นทางเดินรถ
3. การจัดตารางเวลาเดินรถ

กระบวนการโดยรวมของแบบจำลองเริ่มจาก การนำข้อมูลคำสั่งซื้อที่ผ่านการตรวจสอบโดยผู้ปฏิบัติงานแล้วว่ามีสินค้าเพียงพอในการจัดส่งให้แก่ลูกค้า มาทำการคำนวณหาจำนวนกระบะสินค้าที่ต้องใช้ จากนั้นนำจำนวนกระบะสินค้าของแต่ละคำสั่งซื้อมาทำการจัดเส้นทางเดินรถหรือเที่ยววิ่งที่สามารถส่งสินค้า 2 จุดส่งในเส้นทางเดียวกัน เพื่อลดจำนวนเที่ยววิ่งในการจัดส่งสินค้า หลังจากนั้นนำข้อมูลเส้นทางเดินรถที่ได้มาทำการพิจารณาจัดงานให้รถบรรทุกแต่ละคัน แล้วทำการจัดลำดับการดำเนินการของรถแต่ละคัน เพื่อให้ได้ตารางเวลาในการดำเนินการที่เหมาะสม เมื่อสิ้นสุดกระบวนการจะทำการแสดงผลการคำนวณในรูปตารางเวลาและแผนภูมิ Gantt Chart ที่แสดงเวลาในการดำเนินการของรถแต่ละคัน

รูปที่ 4.1 กระบวนการโดยรวมของแบบจำลอง

4.1 การคำนวณจำนวนกระบะสินค้า

การพัฒนาการคำนวณจำนวนกระบะสินค้า มีเพื่อให้เกิดความสะดวกในการปฏิบัติงานระบบการคำนวณมีมาตรฐาน และลดข้อบกพร่องในการคำนวณให้น้อยที่สุด โดยการคำนวณจะกระทำภายใต้เงื่อนไขดังต่อไปนี้

- ความจุโดยปริมาตรของกระบะสินค้า
- ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์

- ความสามารถในการแบกรับสินค้าจากการจัดเรียงผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันในกระบะสินค้าเดียวกัน

4.1.1 วิธีการในการหาคำตอบ

วิธีที่ใช้ในการคำนวณจำนวนกระบะสินค้า เลือกใช้วิธีจากความรู้และประสบการณ์จากการทำงาน โดยการสอบถามวิธีการคำนวณ ปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง รวมถึงข้อเสนอแนะต่างๆ ในการทำให้รูปแบบในการคำนวณมีมาตรฐาน โดยจำแนกปัจจัยและเงื่อนไขในการคำนวณได้ดังนี้

<u>ความจุโดยปริมาตรของกระบะสินค้า</u>

เป็นปัจจัยที่จะกำหนดว่าสามารถนำสินค้าที่มีหีบห่อหรือบรรจุภัณฑ์ที่มีรูปทรงปริมาตรที่แน่นอนจัดเรียงบนกระบะสินค้าได้กี่หีบห่อ

<u>ลักษณะทางกายภาพของสินค้า</u>

ลักษณะทางกายภาพเป็นปัจจัยที่บอกถึงรูปทรงของบรรจุภัณฑ์และปริมาตรแต่ละหีบห่อ ซึ่งแตกต่างกันไปตามแต่ละประเภทของผลิตภัณฑ์ โดยเป็นปัจจัยที่กำหนดว่าจะสามารถจัดเรียงบนกระบะสินค้าได้เป็นจำนวนเท่าใด โดยลักษณะทางกายภาพของสินค้าจะแสดงในรูปของจำนวนหีบห่อต่อกระบะสินค้า จำแนกตามประเภทและลักษณะบรรจุภัณฑ์ของสินค้าดังรายละเอียดในบทที่ 3

เนื่องจากตามสภาพปฏิบัติงานจริงอาจมีการจัดเรียงสินค้าบนกระบะสินค้าได้มากกว่าปกติตามสภาพของบรรจุภัณฑ์และลักษณะของรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่งสินค้า กล่าวคือลักษณะบรรจุภัณฑ์ที่เป็นกระป๋องและขวดแก้วมีความสามารถในการแบกรับน้ำหนักได้ดีกว่าประเภทขวดพลาสติก รวมถึงลักษณะของพื้นรถบรรทุกที่ออกแบบให้กระบะสินค้าที่จัดเรียงบนรถมีลักษณะลาดเอียงเข้าหาแนวกลางรถ ดังรูป

รูปที่ 4.2 ลักษณะของพื้นรถบรรทุก

ค่าจำนวนหีบห่อต่อกระบะสินค้าที่ได้จากการสอบถามพนักงาน และการสำรวจสภาพการจัดเรียงสินค้าจริง เป็นดังนี้

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลจำนวนหีบห่อบรรจุต่อกระบะสินค้ามากกว่าปกติ

ผลิตภัณฑ์	จำนวนหีบห่อ บรรจุต่อ 1 กระบะ	ผลิตภัณฑ์	จำนวนหีบห่อ บรรจุต่อ 1 กระบะ
1.25 ลิตร	53	325 ซีซี	115
2 ลิตร	58	1.5 ลิตร	115
Tray 390 ซีซี	70	600 ซีซี	132
250 ซีซี	73	Qoo 250 ซีซี	170
Qoo 1 ลิตร	72	Nescafe	173
Qoo 325 ซีซี	110		

<u>ความสามารถในการแบกรับสินค้า</u>

ความสามารถในการแบกรับสินค้าเป็นปัจจัยที่มีผลต่อสภาพการจัดเรียงสินค้าบนกระบะสินค้าในกรณีที่มีสินค้ามากกว่าหนึ่งประเภทจัดเรียงในกระบะสินค้าเดียวกัน กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์บางประเภทไม่สามารถรับน้ำหนักได้มาก จำเป็นต้องจัดเรียงอยู่ด้านบนเพื่อลดน้ำหนักกดทับ เช่น สินค้าบรรจุภัณฑ์แบบขวดพลาสติกจะถูกจัดเรียงไว้ด้านบนของกระบะสินค้าที่มีหลายผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

ดังนั้นในการพิจารณาจัดเรียงสินค้าต้องคำนึงถึงปัจจัยดังกล่าวโดยการกำหนดลำดับในการพิจารณาคำนวณจำนวนกระบะสินค้าเรียงจากชั้นล่างของกระบะไปส่วนบนของกระบะสินค้าตามประเภทสินค้าดังนี้

325 ซีซี ⟶ Nescafe ⟶ Tray 390 ซีซี ⟶ 1 ลิตร
1.25 ลิตร ⟶ 2 ลิตร ⟶ 600 ซีซี ⟶ 1.5 ลิตร

จากปัจจัยที่ได้กล่าวมานำมาประกอบการคำนวณจำนวนกระบะสินค้า ได้ดังนี้

$$\text{จำนวนกระบะสินค้า} = \frac{\text{จำนวนหีบห่อสินค้า}}{\text{จำนวนหีบห่อต่อกระบะสินค้า}} \qquad (4\text{-}1)$$

จำนวนกระบะสินค้าที่ได้จากการคำนวณจะมีค่าเป็นจำนวนเต็มโดยกำหนดให้ปัดเศษทศนิยมขึ้นให้เป็นเลขลงตัว

4.1.2 ขั้นตอนในการคำนวณ

ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการคำนวณจำนวนกระบะสินค้าของแต่ละคำสั่งซื้อเป็นดังนี้

1. นำเข้าข้อมูลคำสั่งซื้อ

เป็นการนำเข้าข้อมูลคำสั่งซื้อของลูกค้าแต่ละรายที่ผ่านการตรวจสอบปริมาณสินค้าแล้วว่าสามารถจัดส่งได้ มาทำการคำนวณหาจำนวนกระบะสินค้าที่ต้องใช้ โดยข้อมูลคำสั่งซื้อจะอยู่ในรูปเอกสารข้อมูล Microsoft Access ชื่อ Orders.mdb ซึ่งมีรายละเอียดข้อมูลดังนี้

รหัสลูกค้า	แสดงเป็นตัวเลข 7 หลัก เช่น 1801179
จำนวนสินค้า	แสดงเป็นตัวเลขจำนวนเต็ม จำแนกตามประเภทสินค้าที่แสดงด้วยรหัสสินค้าที่เป็นตัวเลข 4 ตัว เช่น 5111

2. คำนวณจำนวนกระบะสินค้า

เมื่อทำการนำเข้าข้อมูลคำสั่งซื้อ จะทำการหาจำนวนกระบะสินค้าที่ต้องใช้สำหรับแต่ละคำสั่งซื้อ โดยทำการคำนวณตามรายการสินค้าแต่ละประเภทตามลำดับที่จัดเรียงไว้ตามเงื่อนไขความสามารถในการแบกรับสินค้า โดยคำนวณจัดเรียงสินค้าที่มีความสามารถในการรับน้ำหนักได้มากไว้ด้านล่างกระบะสินค้า เมื่อเสร็จสิ้นการคำนวณในแต่ละคำสั่งซื้อ จำนวนกระบะสินค้าจะกำหนดให้เป็นเลขจำนวนเต็ม

3. กำหนดรูปแบบการรายงานผลจำนวนกระบะสินค้า

เมื่อได้จำนวนกระบะสินค้าที่ต้องใช้ต่อคำสั่งซื้อ จะเป็นขั้นตอนในการรายงานผลเพื่อทำการจัดพิมพ์ โดยผู้ใช้งานสามารถกำหนดรูปแบบการรายงานผลจำนวนกระบะสินค้าจำแนกตามประเภทรถบรรทุกได้ เช่น ลูกค้า 1227671 ใช้กระบะสินค้าจำนวน 20 กระบะ สามารถสั่งรายงานผลจำนวนสินค้า ประเภทสินค้าในทุกๆ 10, 20, 22, 6, 4 และ 1 กระบะ ตามความเหมาะสม กรณีที่เลือกแบบ 10 กระบะ จะได้การรายงานผล 2 ชุด โดยแต่ละชุดจะประกอบด้วยข้อมูลสินค้าประเภท 5555 = 1150 หีบห่อ และใช้กระบะสินค้าประเภท 8906 จำนวน 10 กระบะ ดังรูปที่ 4.3 ทั้งนี้รูปแบบในการแสดงผลดังกล่าวจะนำไปเป็นตัวกำหนดประเภทรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่งสินค้า โดยประเภทรถที่ใช้จะเป็นไปตามชุดการรายงานผลจำนวนกระบะสินค้าซึ่งจะได้กล่าวในขั้นตอนการจัดเส้นทางเดินรถในลำดับต่อไป

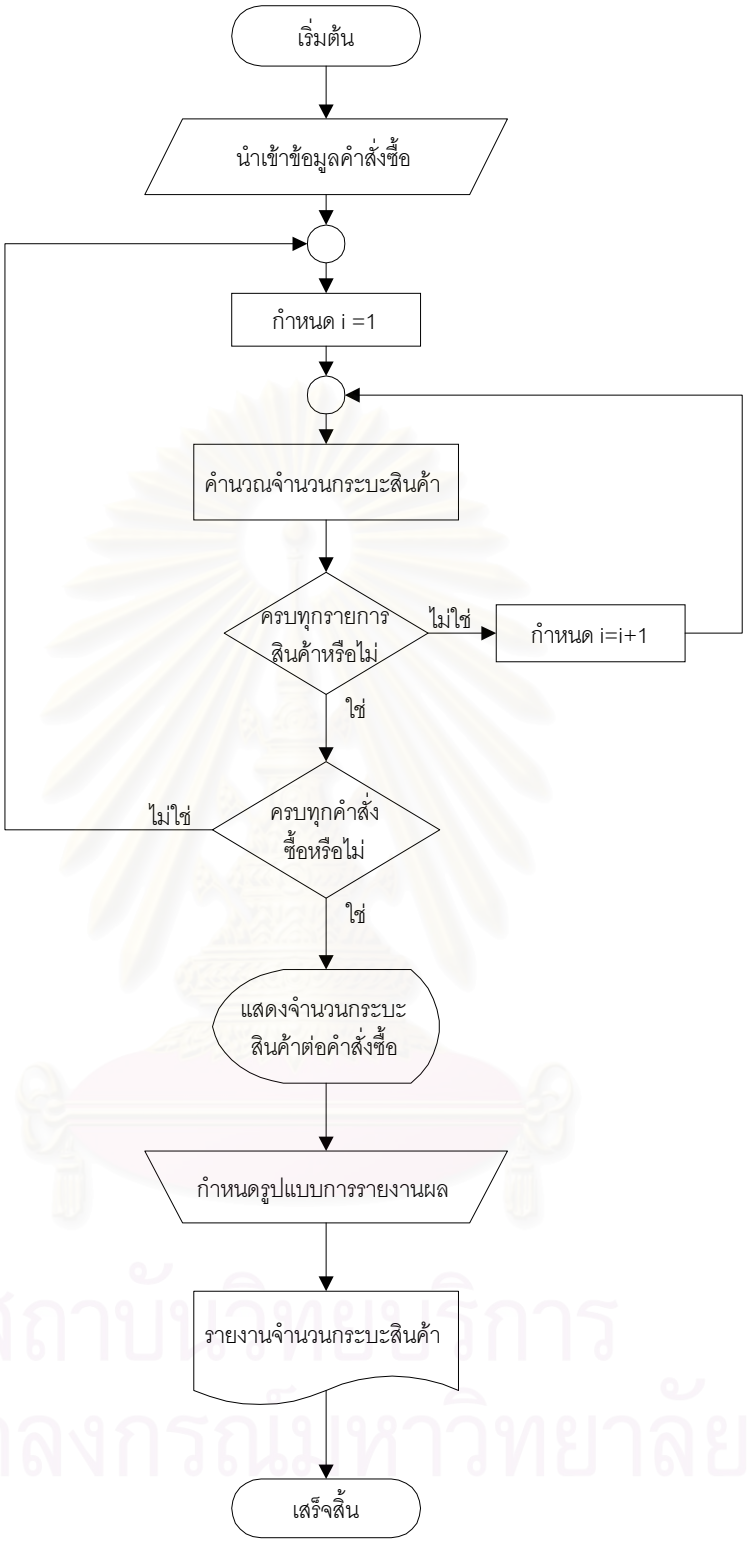
วันที่จัดส่งสินค้า : 8/11/2545
ชื่อลูกค้า : บิ๊กซี บางพลี
Outlet Number : 1227671 Load Number : AO05B

ประเภทสินค้า	จำนวนสินค้า (หีบห่อ)
5555	1150
8906	10

วันที่จัดส่งสินค้า : 8/11/2545
ชื่อลูกค้า : บิ๊กซี บางพลี
Outlet Number : 1227671 Load Number : AO05B

ประเภทสินค้า	จำนวนสินค้า (หีบห่อ)
5555	1150
8906	10

รูปที่ 4.3 การรายงานผลจำนวนกระบะสินค้า



รูปที่ 4.4 ขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองการคำนวณจำนวนกระบะสินค้า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 การจัดเส้นทางเดินรถ

การพัฒนาแบบจำลองในส่วนของการจัดเส้นทางเดินรถ มีเพื่อให้เกิดความสะดวกเส้นทางเดินรถที่เหมาะสม โดยเป็นการจัดเส้นทางเดินรถส่งสินค้า 2 จุดส่งในเส้นทางเดียวกันหรือเรียกว่าเที่ยววิ่งควบ โดยมีหลักการพิจารณาคือ สร้างทางเลือกเส้นทางเดินรถที่เป็นไปได้ทั้งหมดจากคำสั่งซื้อ ตามค่าการประหยัดจากระยะทาง จากนั้นทำการเลือกเส้นทางที่มีค่าต้นทุนขนส่งสินค้าต่อหน่วยสินค้าที่ต่ำที่สุดจากทางเลือกที่มีอยู่เป็นเส้นทางเที่ยววิ่งควบ

4.2.1 วิธีในการหาคำตอบ

วิธีที่ใช้ในการจัดเส้นทางเดินรถส่งสินค้า 2 จุดส่ง เลือกใช้วิธีการพิจารณาค่าการประหยัดได้จากระยะทางในการขนส่งสินค้า 2 จุดส่งใน 1 เส้นทางหรือ Saving Method ซึ่ง Holmes และ Parker (1976) ได้กล่าวไว้ว่าการพิจารณาค่าการประหยัดได้จากการส่งสินค้า 2 จุดส่ง เป็นการนำจุดส่งสินค้าที่สองเข้ามารวมกับเส้นทางหลักของจุดส่งสินค้าที่หนึ่งในเส้นทางหลักแทนการแยกส่งสินค้า 2 เส้นทาง ซึ่งจะทำให้เกิดการลดระยะทางในการขนส่งสินค้าและเป็นการลดค่าขนส่งได้

$$\text{ค่าการประหยัดจากระยะทาง} = d_{01} + d_{02} - d_{12} \qquad (4\text{-}2)$$

d_{01} = ระยะทางในหน่วยกิโลเมตรระหว่างโรงงานและจุดส่งสินค้าที่หนึ่ง
d_{02} = ระยะทางในหน่วยกิโลเมตรระหว่างโรงงานและจุดส่งสินค้าที่สอง
d_{12} = ระยะทางในหน่วยกิโลเมตรระหว่างจุดส่งสินค้าที่หนึ่งและสอง

ทั้งนี้การพิจารณาเส้นทางส่งสินค้า 2 จุดจากค่าการประหยัดจากระยะทางอาจได้เส้นทางที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากเมื่อพิจารณาสมการค่าการประหยัดข้างต้น จะพบว่าวิธีดังกล่าวจะพิจารณาเฉพาะเส้นทางที่มีจุดส่งสินค้าไกลจากโรงงาน และทั้งสองจุดส่งอยู่ในพื้นที่เดียวกันหรือใกล้กัน จึงทำให้เกิดการประหยัดระยะทางในการขนส่งมาก แต่ตามสภาพจริง เมื่อนำจุดส่งสินค้า 2 จุดส่งมาอยู่ในเส้นทางเดียวกันสินค้าที่นำไปส่งสินค้าทั้ง 2 จุดจะต้องพิจารณาความเหมาะสมในการจัดส่งด้วยว่าจำนวนกระบะสินค้าทั้ง 2 จุดส่งหรือลูกค้าทั้ง 2 รายรวมกันแล้วเกิดผลดีในด้านต้นทุนค่าขนส่งและอรรถประโยชน์ในการใช้รถบรรทุกด้วย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องนำเงื่อนไขต้นทุนต่อหน่วยสินค้ามาพิจารณาประกอบกัน คือ

$$\text{ต้นทุนต่อหน่วยสินค้า} = \frac{\text{ค่าขนส่งสินค้า}}{\text{จำนวนกระบะสินค้ารวม}} \qquad (4\text{-}3)$$

ค่าขนส่งสินค้า = ค่าขนส่งสินค้าแบบเหมาจ่ายตามประเภทรถบรรทุกที่ใช้งาน โดยคิดจากค่าขนส่งในเส้นทางหลัก (สาขาที่มีระยะทางไกลจากโรงงานมากกว่า) บวกเพิ่มค่าขนส่งเนื่องจากการลงสินค้าในจุดส่งที่สอง โดยคิด 20 % จากค่าขนส่งในเส้นทางหลักเมื่อเป็นสาขาในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล และ 10 % จากค่าขนส่งในเส้นทางหลักเมื่อเป็นสาขาในเขตต่างจังหวัด

จำนวนกระบะสินค้ารวม = จำนวนกระบะสินค้าสาขาที่หนึ่ง + จำนวนกระบะสินค้าสาขาที่สอง

4.2.2 ขั้นตอนในการคำนวณ

ขั้นตอนในการทำงานของกระบวนการจัดเส้นทางเดินรถเป็นดังนี้

1. การเตรียมข้อมูลค่าการประหยัด

ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลค่าการประหยัดเป็นการจัดเตรียมค่าการประหยัดเพื่อใช้ในการพิจารณาหาเส้นทาง 2 จุดส่งที่เหมาะสม โดยการคำนวณค่าการประหยัดระหว่างคู่จุดส่งสินค้าของข้อมูลโครงข่ายระยะทางที่จัดเก็บไว้จากสมการค่าการประหยัด จะได้โครงข่ายของค่าการประหยัดระหว่างคู่จุดส่งสินค้าทุกๆ จุดหรือของทุกสาขาลูกค้ารายใหญ่ที่พิจารณา ทั้งนี้การคำนวณได้แยกพิจารณาสาขาลูกค้าในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑลและสาขาลูกค้าในต่างจังหวัดเพื่อให้ได้เส้นทางที่เหมาะสมตามข้อเสนอแนะของผู้ที่มีประสบการณ์ในการจัดเส้นทางเดินรถ ซึ่งโครงข่ายค่าการประหยัดดูได้ในภาคผนวก

เมื่อได้โครงข่ายค่าการประหยัดจะนำมาพิจารณาหาความเป็นไปได้ของเส้นทางในการจัดส่งสินค้าหรือจุดส่งสินค้าที่สามารถนำมาจัดส่งในเส้นทางเดียวกันได้ตามค่าการประหยัดจากระยะทาง กล่าวคือ จุดส่งสินค้าที่หนึ่งสามารถนำมาจัดส่งในเส้นทางเดียวกับจุดส่งอื่นๆ หรือสาขาลูกค้าอื่นๆได้มากกว่า 1 สาขาตามค่าการประหยัดได้จากระยะทางจากมากไปน้อย ซึ่งข้อมูลดังหล่าวนำมากำหนดเป็นตารางแสดงความเป็นไปได้ของเส้นทางส่งสินค้า 2 จุดส่ง

1227671	1331997	1801179	1801185	1801217	1877595	2095287
1213513	1116554	1829687	1877595	1817700	1801185	4679844
1219761	1304365	1817700	1115785	1801179	1817702	2078190
1290480	1305783	1820280	5800224	1820280	5901722	4679192
1110790	1507950	1417208	1825287	1829687	1801179	5092557
1417512	1111779	1825287	1817702	1817701	1825287	4893616
	1115785	1801217	1507950	1817703	1020011	4863299
		1817701	1111111	1020013		
		1817703				
		1020013				

รูปที่ 4.5 รายละเอียดข้อมูลความเป็นไปได้ของเส้นทาง

จากรูปลูกค้า 1227671 สามารถนำมาจัดส่งในเส้นทางเดียวกันกับลูกค้าในสาขา 1213513, 1219761, 1290480, 1110790 และ 1417512 ตามลำดับ ทั้งนี้ความเป็นไปได้ของเส้นทางเป็นเพียงการสร้างทางเลือกของเส้นทางที่เป็นไปได้ ต้องนำไปพิจารณาควบคู่กับค่าต้นทุนต่อหน่วยสินค้าเพื่อหาเส้นทางมี่เหมาะสมที่สุดในการจัดส่งสินค้า

2. เรียงลำดับคำสั่งซื้อ

ขั้นตอนการเรียงลำดับคำสั่งซื้อเป็นการให้ลำดับความสำคัญในการพิจารณาจับคู่เส้นทาง 2 จุดส่งโดยเรียงลำดับความสำคัญตามจำนวนกระบะสินค้าที่ใช้จากมากไปน้อย กล่าวคือ สาขาที่มีการสั่งสินค้าจำนวนมากกว่าจะถูกพิจารณาเป็นเส้นทางหลักเพื่อเลือกเส้นทางรองหรือสาขาที่สองในลำดับความสำคัญรองลงมามาพิจารณา ซึ่งจะทำให้ได้เส้นทางส่งสินค้า 2 จุดส่งที่เรียงตามลำดับความสำคัญตามปริมาณสินค้าที่สั่ง

3. ตรวจสอบเงื่อนไขความเป็นไปได้ของเส้นทาง

เป็นขั้นตอนที่พิจารณาเงื่อนไขความเข้ากันได้ของสาขาที่สองที่นำมาพิจารณาจับคู่กับสาขาที่หนึ่งในเส้นทางหลัก ตามตารางความเป็นไปได้ของเส้นทางที่พิจารณามาจากค่าการประหยัดที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อการเตรียมข้อมูลค่าการประหยัด

4. ตรวจสอบเงื่อนไขจำนวนกระบะสินค้ารวม

เป็นขั้นตอนที่พิจารณาถึงข้อจำกัดของรถบรรทุกในการบรรทุกสินค้าตามขนาดกระบะที่สามารถขนส่งได้ต่อเที่ยววิ่ง โดยขนาดรถบรรทุกที่ใช้ในการพิจารณาจัดเส้นทางส่งสินค้า 2 จุดส่งเป็นรถบรรทุก 6 ล้อขนาด 10 กระบะซึ่งเป็นรถมาตรฐานที่ใช้งานบ่อยครั้งและมีจำนวนรถมากที่สุด ซึ่งเป็นไปตามข้อเสนอแนะของผู้ที่เกี่ยวข้อง

การพิจารณาจะทำการตรวจสอบจำนวนกระบะสินค้าของสาขาที่หนึ่งรวมกับจำนวนกระบะสินค้าของสาขาที่สองว่า มีมากกว่าขนาดความจุของรถบรรทุกมาตรฐานหรือไม่หรือในกรณีที่มากกว่าต้องพิจารณาด้วยว่า จำนวนกระบะสินค้าที่เป็นเศษเกินจากการบรรทุกไม่เต็มคันรถจากทั้งสองสาขามารวมกันแล้วมากกว่าขนาดความจุรถบรรทุกมาตรฐานหรือไม่

5. สร้างทางเลือกของเส้นทางที่เป็นไปได้

เพื่อทำการตรวจสอบเงื่อนไขของความเป็นไปได้ของเส้นทางและจำนวนกระบะรวมแล้ว นำเส้นทางที่เป็นไปได้มาจัดเก็บไว้เป็นทางเลือกในการหาเส้นทางที่มีค่าต้นทุนต่อหน่วยต่ำที่สุด ซึ่งจะถือเป็นเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด

6. เลือกเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด

เป็นขั้นตอนที่พิจารณาทางเลือกของเส้นทางส่งสินค้า 2 จุดส่งกับเส้นทางหลักโดยคำนวณค่าขนส่งและต้นทุนต่อกระบะสินค้าในแต่ละเส้นทาง เพื่อคัดเลือกเส้นทางที่ให้ต้นทุนต่อหน่วยต่ำสุดในทางเลือกของเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมด

7. จัดลำดับจุดส่งในเส้นทาง

เป็นขั้นตอนที่ใช้ในการกำหนดลำดับในการจัดส่งสินค้าของรถบรรทุกในเส้นทางที่ส่งสินค้า 2 จุดส่ง โดยพิจารณาตามเงื่อนไข

- จำนวนกระบะสินค้า
- ระยะทางระหว่างสาขากับโรงงาน

โดยกำหนดสาขาที่ส่งสินค้าเป็นจุดแรกเป็นสาขาที่มีจำนวนกระบะสินค้ามากกว่าเพื่อให้รถบรรทุกแบกน้ำหนักลดลงเมื่อเดินทางไปส่งสินค้าในสาขาที่ 2 แต่ในกรณีที่ทั้งสองสาขามีจำนวนกระบะสินค้าเท่ากัน จะพิจารณาให้ส่งสินค้าในสาขาที่มีระยะทางไกลจากโรงงานมากกว่าเนื่องจากรถบรรทุกจะสามารถรักษาระดับความเร็วในการวิ่งระยะทางไกลได้ดีกว่า

8. คำนวณค่าขนส่งที่สามารถที่ประหยัดได้

เป็นขั้นตอนการแสดงผลประสิทธิภาพในการจัดเส้นทางเดินรถของแบบจำลองโดยนำเสนอในรูปของจำนวนเงินที่สามารถประหยัดได้จากการส่งสินค้า 2 จุดส่งในเส้นทางเดียวกันแทนการแยกส่ง

ค่าขนส่งที่สามารถประหยัดได้คำนวณได้จาก

ค่าขนส่งที่สามารถประหยัดได้ = $C_{01} + C_{02} - C_{12}$ (4-4)

C_{01} = ค่าขนส่งสินค้าจากโรงงานไปยังสาขาที่หนึ่ง

C_{02} = ค่าขนส่งสินค้าจากโรงงานไปยังสาขาที่สอง

C_{12} = ค่าขนส่งสินค้าของเส้นทางส่งสินค้า 2 จุดส่ง ที่พิจารณาจากค่าขนส่งในเส้นทางหลักรวมกับส่วนเพิ่มจากการส่งสินค้าในสาขาที่สอง 20 % เมื่อเป็นสาขาในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล และ 15 % เมื่อเป็นสาขาในต่างจังหวัด

9. คำนวณเที่ยววิ่งรวม

เป็นขั้นตอนการแสดงผลประสิทธิภาพในการจัดเส้นทางของแบบจำลองโดยนำเสนอในรูปของจำนวนเที่ยววิ่งที่ต้องทำการขนส่งสินค้า กล่าวคือจำนวนเที่ยววิ่งน้อยเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงจำนวนรถบรรทุกที่ต้องใช้ลดลงด้วย

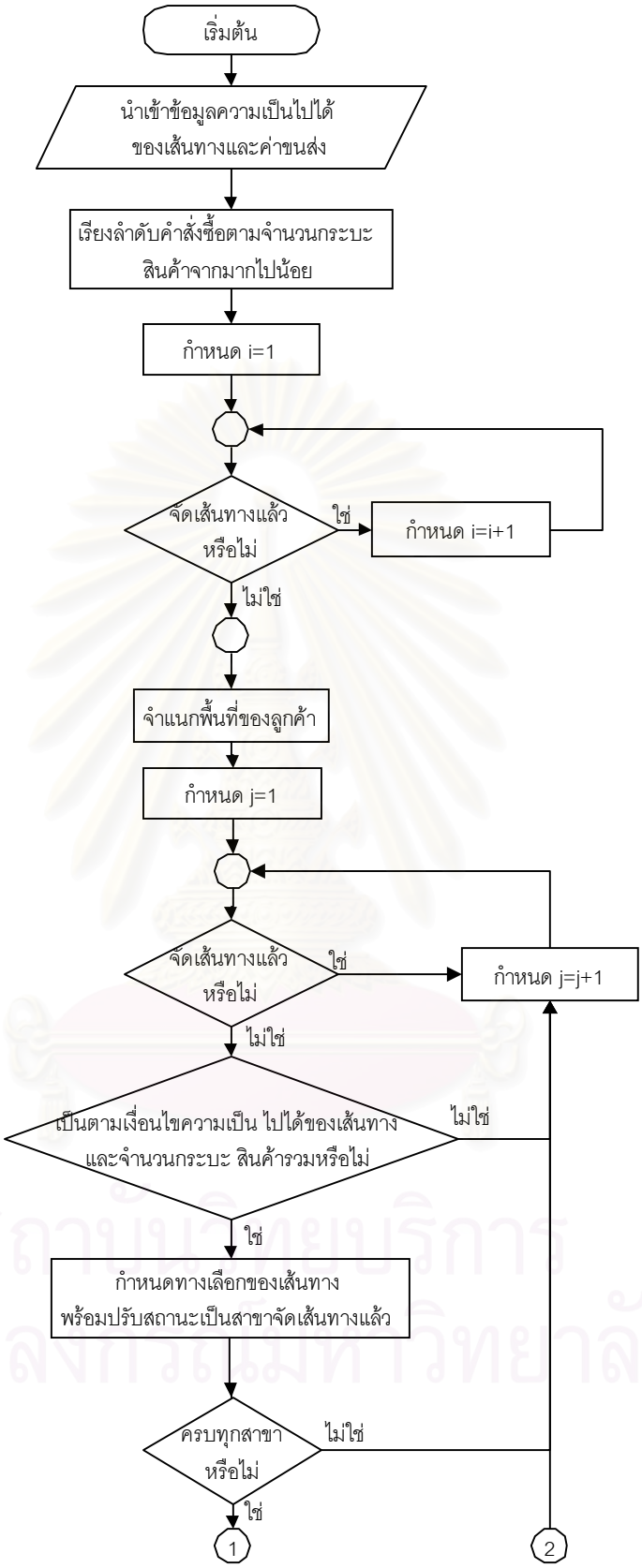
$$\text{จำนวนเที่ยววิ่ง} = \frac{\text{จำนวนกระบะสินค้า}}{\text{ขนาดความจุรถบรรทุก (กระบะ)}} \quad (4\text{-}5)$$

10. การแสดงผล

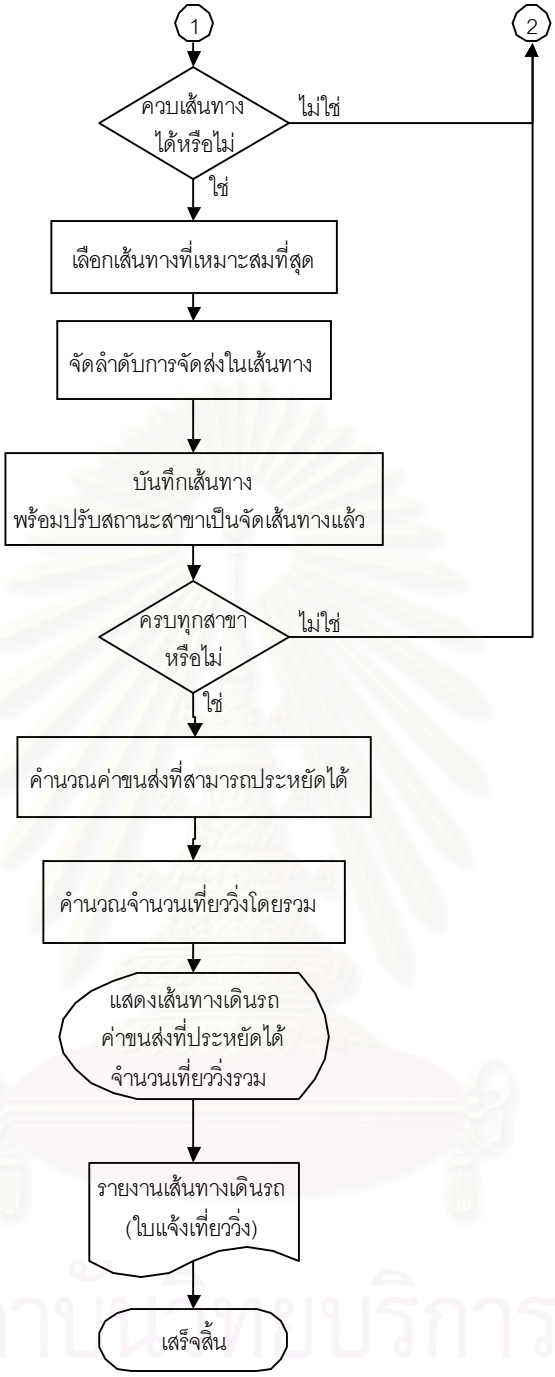
หลังจากทำการคำนวณจัดเส้นทางเดินรถเสร็จสิ้นจะทำการแสดงผลการจัดเส้นทางเดินรถส่งสินค้า 2 จุดส่งโดยมีรายละเอียดดังนี้

- เส้นทางเดินรถส่งสินค้า 2 จุดส่ง
- เส้นทางเดินรถส่งสินค้า 1 จุดส่ง
- รายงานเส้นทางเดินรถ (ใบแจ้งเที่ยววิ่ง)
- ค่าขนส่งที่สามารถประหยัดได้
- จำนวนเที่ยววิ่งรวม

ในส่วนของเส้นทางเดินรถ 1 จุดส่งนั้นจะเป็นเส้นทางจากข้อมูลสาขาที่ไม่สามารถจับคู่ส่งสินค้า 2 จุดส่งได้ โดยจะกำหนดประเภทรถที่ใช้งานตามรูปแบบการรายงานผลการคำนวณจำนวนกระบะสินค้าตามที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อการกำหนดรูปแบบการรายงานผลจำนวนกระบะสินค้า



รูปที่ 4.6 ขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองการจัดเส้นทางเดินรถ



รูปที่ 4.6 (ต่อ) ขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองการจัดเส้นทางเดินรถ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 การจัดตารางเวลาเดินรถ

การพัฒนาแบบจำลองในส่วนของการจัดตารางเวลาเดินรถ มีเพื่อทำให้ระบบการเดินรถมีความเหมาะสม และใช้รถบรรทุกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการพัฒนาจะมุ่งเน้นการบริหารจัดการเวลาในการดำเนินการของรถบรรทุกแต่ละคันในการเดินทางจัดส่งสินค้าให้ถึงลูกค้าอย่างถูกต้องตรงเวลาโดยใช้เวลาในการดำเนินการอย่างเหมาะสม อีกทั้งลดเวลาที่สูญเสียไปในบางกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดอรรถประโยชน์ในกระบวนการจัดส่งสินค้าอันเนื่องมาจากปัจจัยหรือข้อจำกัดภายนอก

การพิจารณาจัดตารางเวลาเดินรถ เริ่มจากการจัดลำดับการดำเนินการของงานแต่ละงานในเบื้องต้น จากนั้นทำการสลับลำดับการดำเนินการโดยวิธี Genetic เพื่อสร้างทางเลือกของคำตอบตารางเวลาเดินรถ จากทางเลือกที่มีจะทำการประเมินคุณภาพของคำตอบเพื่อให้ทราบว่าในแต่ละรอบการสุ่มสร้างทางเลือกของคำตอบ คำตอบใดมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยพิจารณาจากจำนวนงานค้างส่งที่น้อยที่สุด ในกรณีที่แต่ละทางเลือกมีจำนวนงานค้างส่งเท่ากันจะพิจารณาจากค่าเวลาสูญเสียที่เกิดจากการรอคอย (Idling Time) ซึ่งเมื่อพิจารณาครบตามจำนวนรอบในการสุ่มที่ได้กำหนดไว้ ตารางเวลาที่ดีที่สุดคือ คำตอบที่ดีที่สุดจากคำตอบที่ถูกเลือกจากแต่ละรอบการสุ่ม

4.3.1 วิธีในการหาคำตอบ

เนื่องจากระบบงานตารางเวลาเดินรถเป็นกระบวนการที่มีเงื่อนไข ข้อจำกัดและปัจจัยต่างๆ เกี่ยวข้องจำนวนมาก ทำให้ปัญหามีความซับซ้อน จึงจำเป็นต้องอาศัยวิธีการที่มีความเหมาะสมและให้ผลลัพธ์ของการแก้ปัญหาในระดับที่เหมาะสมเพียงพอต่อการใช้งานจริง

การศึกษานี้ได้เลือกใช้วิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติกส์ (Heuristics) ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับว่าให้ผลลัพธ์ที่มีความเหมาะสมและใกล้เคียงค่าคำตอบที่ดีที่สุด โดยเลือกใช้เทคนิคการจัดเวลาดำเนินการแบบ Genetic และ Tabu พิจารณาร่วมกันเพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสม จากการนำข้อเด่นของวิธี Genetic ที่มีวิธีในการสร้างทางเลือกของคำตอบได้หลากหลายและวิธี Tabu ที่สามารถลดข้อบกพร่องในการวนกลับมาพิจารณาทางเลือกที่ได้เคยพิจารณาไปแล้วของวิธี Genetic ที่สามารถทำให้พบคำตอบที่ใกล้เคียงค่าที่ดีที่สุดได้รวดเร็วขึ้น

เทคนิคการจัดเวลาดำเนินการแบบ Genetic และ Tabu จะเน้นการสลับลำดับในการทำงานของงานที่จะต้องจัดส่งสินค้าแต่ละงาน เพื่อสร้างทางเลือกในการหาลำดับในการดำเนินการที่มีความเหมาะสม ซึ่งในการพัฒนาเทคนิคการหาคำตอบได้กำหนดโครงสร้างของวิธีการสลับลำดับในการดำเนินการของแต่ละงานดังนี้

1. กำหนด List งานหรือลำดับในการดำเนินการของแต่ละงานเริ่มต้น

2. การสลับลำดับในการดำเนินการของแต่ละงาน

เป็นขั้นตอนในการกำหนดรูปแบบในการสลับลำดับในการดำเนินการโดยใช้วิธี Permutation ชนิดเลือก 2 จุดสลับและ แบบเลือก N จุดสลับ (Fogel, D. B., 1998)

การศึกษานี้จะทำการทดลองใช้วิธีการสลับแบบ Permutation ทั้งสองชนิดเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ ว่าชนิดใดให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมกว่าในการนำไปสู่การกำหนดเป็นวิธีมาตรฐานในการนำไปใช้งานจริงต่อไป

3. Tabu List เป็นการสร้าง List งานที่ใช้ในการเก็บค่าคำตอบที่ผ่านมาจากการสลับลำดับในการดำเนินการเป็นการ หลีกเลี่ยงปัญหาการวนกลับไปพิจารณาคำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งคำตอบที่เก็บไว้ใน Tabu List จะใช้เปรียบเทียบกับผลการสลับลำดับในการดำเนินการในแต่ละรอบการสุ่ม ในกรณีที่คำตอบที่ได้ตรงกับคำตอบใน Tabu List จะทำการสลับลำดับในการดำเนินการใหม่ สำหรับขนาดของ Tabu List นั้นกำหนดเริ่มต้นเท่ากับจำนวนคำตอบ 6 คำตอบหรือ Tabu List เท่ากับ 6

4. Aspiration List เป็น List งานที่ใช้เก็บค่าคำตอบที่ดีที่สุด โดยแต่ละทางเลือกหรือ List ที่ถูกพิจารณาแล้วว่าเป็นคำตอบที่ดีที่สุดในรอบการสลับนั้นๆ จะนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่บอกถึงความเหมาะสมของลำดับในการดำเนินการ Aspiration Criteria ของ Aspiration List โดยกรณีที่คำตอบที่ได้ใหม่ให้ค่า Aspiration Criteria ที่เหมาะสมกว่าจะทำการกำหนดให้ลำดับในการดำเนินการของ List งานนั้นเป็น Aspiration List หรือเป็นค่าคำตอบที่ดีที่สุดในขณะนั้น

5. จำนวนรอบในการหาคำตอบ เป็นวิธีในการกำหนดการหยุดหาคำตอบเมื่อถึงจำนวนรอบในการสุ่มที่กำหนด ซึ่งงานวิจัยที่ผ่านไม่ได้มีการสรุปแน่ชัดว่าจำนวนรอบในการหาคำตอบควรเป็นเท่าใด ดังนั้นจำนวนรอบในการหาคำตอบจะกำหนดในภายหลัง หลังจากที่ได้ทำการทดสอบแบบจำลองแล้ว เพื่อนำผลที่ได้มากำหนดจำนวนรอบที่เหมาะสมต่อไป

4.3.2 ขั้นตอนในการทำงาน

ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการการจัดตารางเวลาเดินรถของงานแต่ละงานประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลักคือ การจัดตารางเวลาเดินรถเที่ยววิ่งที่หนึ่ง และ การจัดตารางเวลาเดินรถเที่ยววิ่งที่สอง ดังนี้

4.3.2.1 การจัดตารางเวลาเดินรถเที่ยววิ่งที่หนึ่ง

การจัดตารางเวลาเดินรถในเที่ยววิ่งที่หนึ่งเป็นการจัดลำดับในการดำเนินการของงานในการจัดส่งสินค้าเที่ยววิ่งแรกให้มีประสิทธิภาพและลดเวลาที่สูญเสียไป เพื่อสร้างโอกาสในการหมุนเวียนรถบรรทุกมาใช้งานในการจัดส่งสินค้าในเที่ยววิ่งที่สองได้อีก กระบวนการและขั้นตอนการทำงานเป็นไปตามรูปที่ 4.8

1.นำเข้าข้อมูลเส้นทางเดินรถ

เป็นขั้นตอนที่นำผลจากการจัดเส้นทางเดินรถ ซึ่งมีรายละเอียดของสาขาลูกค้า จำนวนกระบะสินค้า ประเภทรถบรรทุกที่ใช้ และจำนวนเที่ยววิ่งที่ใช้ นำมาเข้าสู่ระบบการจัดตารางเวลาเดินรถ

2. คัดแยกเส้นทางเดินรถ

ขั้นตอนการคัดแยกเส้นทางเดินรถเป็นขั้นตอนที่กระทำโดยผู้ใช้งานในการคัดแยกเส้นทางที่มีความเหมาะสมน้อยในการจัดส่งสินค้าอันเนื่องมาจาก จำนวนสินค้าที่จัดส่งมีไม่มาก เป็นสินค้าที่มีช่วงเวลาในการนำส่งสินค้าเพียงพอในการเลื่อนส่งและรอคำสั่งซื้อมาเพิ่มเติมให้มีจำนวนมากพอในการจัดส่งสินค้า จำนวนรถบรรทุกไม่เพียงพอ หรือ เป็นไปตามความเห็นของผู้ปฏิบัติงาน

3. เตรียมงานในการจัดลำดับในการดำเนินการ

เป็นขั้นตอนในการจัดเตรียมงานจัดส่งตามคันรถจากข้อมูลเส้นทางเดินรถที่คัดแยกเส้นทางเสร็จสิ้น โดยนิยามงานและกิจกรรมที่เกี่ยวข้องในกระบวนการขนส่ง ดังนี้

- งาน หมายถึง การจัดส่งสินค้าไปยังลูกค้าของรถบรรทุกแต่โดยงานแต่ละงานอาจใช้เวลาในกระบวนการขนส่ง 1-3 วัน

- กิจกรรมการขึ้นน้ำ หมายถึง ขั้นตอนในการนำสินค้าขึ้นรถบรรทุกในช่วงเวลาขึ้นน้ำที่ทางโรงงานกำหนด โดยมีเวลาในการขึ้นน้ำ 2 ช่วงเวลา คือ 18.00-02.00 น. และ 08.00-15.00 น. ซึ่งขั้นตอนนี้ดำเนินการภายใต้เงื่อนไขของจำนวนรถตัก (Forklift) ที่ใช้ในการตักกระบะสินค้าขึ้นรถบรรทุก แต่เนื่องจากตามสภาพงานจริง รถบรรทุก 1 คันใช้รถตักจำนวนไม่แน่นอน และมีการหมุนเวียนรถตักระหว่างรถบรรทุก ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้ใช้ค่าความสามารถในการขึ้นน้ำเป็นตัวแทนของจำนวนรถตักกล่าวคือ ความสามารถในการขึ้นน้ำเท่ากับ 4 คือสามารถขึ้นน้ำได้พร้อมกันครั้งละไม่เกิน 4 คันรถบรรทุก โดยแต่ละคันใช้เวลาในการขึ้นน้ำเท่าๆกันตามข้อมูลที่ได้ทำการสำรวจและรวบรวมจากการออกแบบสอบถาม เวลาดำเนินการเดินรถ ซึ่งถือเป็นการเฉลี่ยให้ลักษณะการทำงานเป็นรถยก 1 คันต่อรถบรรทุก 1 คัน
- กิจกรรมคลุมผ้าใบ หมายถึง ขั้นตอนที่เกิดขึ้นเมื่อขึ้นน้ำเสร็จสิ้น โดยพนักงานขับรถจะนำรถมาจอดในบริเวณที่ทางโรงงานกำหนด แล้วทำการคลุมผ้าใบสินค้าเพื่อป้องกันความเสียหาย ก่อนออกเดินทางจัดส่งสินค้า
- กิจกรรมเดินทางไปและกลับ หมายถึง ขั้นตอนในการเดินทางไปยังสาขาลูกค้าและจากสาขาลูกค้ากลับมาโรงงานหรืออาจมีกิจกรรมการเดินทางระหว่างสาขาลูกค้าในกรณีที่เป็นงานจัดส่ง 2 จุดส่งใน 1 เส้นทาง ซึ่งกิจกรรมนี้มีข้อจำกัดด้านเวลาในการห้ามเดินรถบรรทุกขนาด 6 ล้อขึ้นไปในเขตกรุงเทพฯ ในช่วงเวลา คือ 06.00-09.00 น. และ 16.00-20.00 น.
- กิจกรรมการรับสินค้า หมายถึง ขั้นตอนที่เกิดขึ้นเมื่อรถบรรทุกเดินทางไปถึงสาขาลูกค้า โดยทำการรับบัตรคิวและรอนำสินค้าส่งให้ลูกค้า ซึ่งกิจกรรมนี้จะดำเนินการภายใต้ข้อจำกัดด้านเวลาในการรับสินค้าของลูกค้ารายหใหญ่แต่ละราย โดยมีเวลาในการเปิดปิดคลังสินค้า เช่น 08-00-17.00 น. หรือ 02.00-08.00 น.

4. จัดลำดับงานเบื้องต้น

เป็นขั้นตอนในการทำงานที่จะพิจารณาจัดตารางเวลาจัดเรียงลำดับในการทำงานเป็นค่าตั้งต้น หรือ List งานเริ่มต้น โดยการศึกษานี้ได้เลือกใช้วิธีการจัดเรียงลำดับงาน 3 รูปแบบ คือ

จัดลำดับงานแบบที่ 1

เป็นการจัดเรียงแบบ Longest Processing Time (LPT) คือให้จัดงานตามเวลาในการดำเนินการโดยเรียงจากงานที่ใช้เวลาในการดำเนินการมากไปหางานที่ใช้เวลาในการดำเนินการน้อย

จัดลำดับงานแบบที่ 2

จัดเรียงลำดับงานแบบ Shortest Processing Time (SPT) คือให้จัดงานตามเวลาในการดำเนินการโดยเรียงจากงานที่ใช้เวลาในการดำเนินการน้อยไปหางานที่ใช้เวลาในการดำเนินการมาก

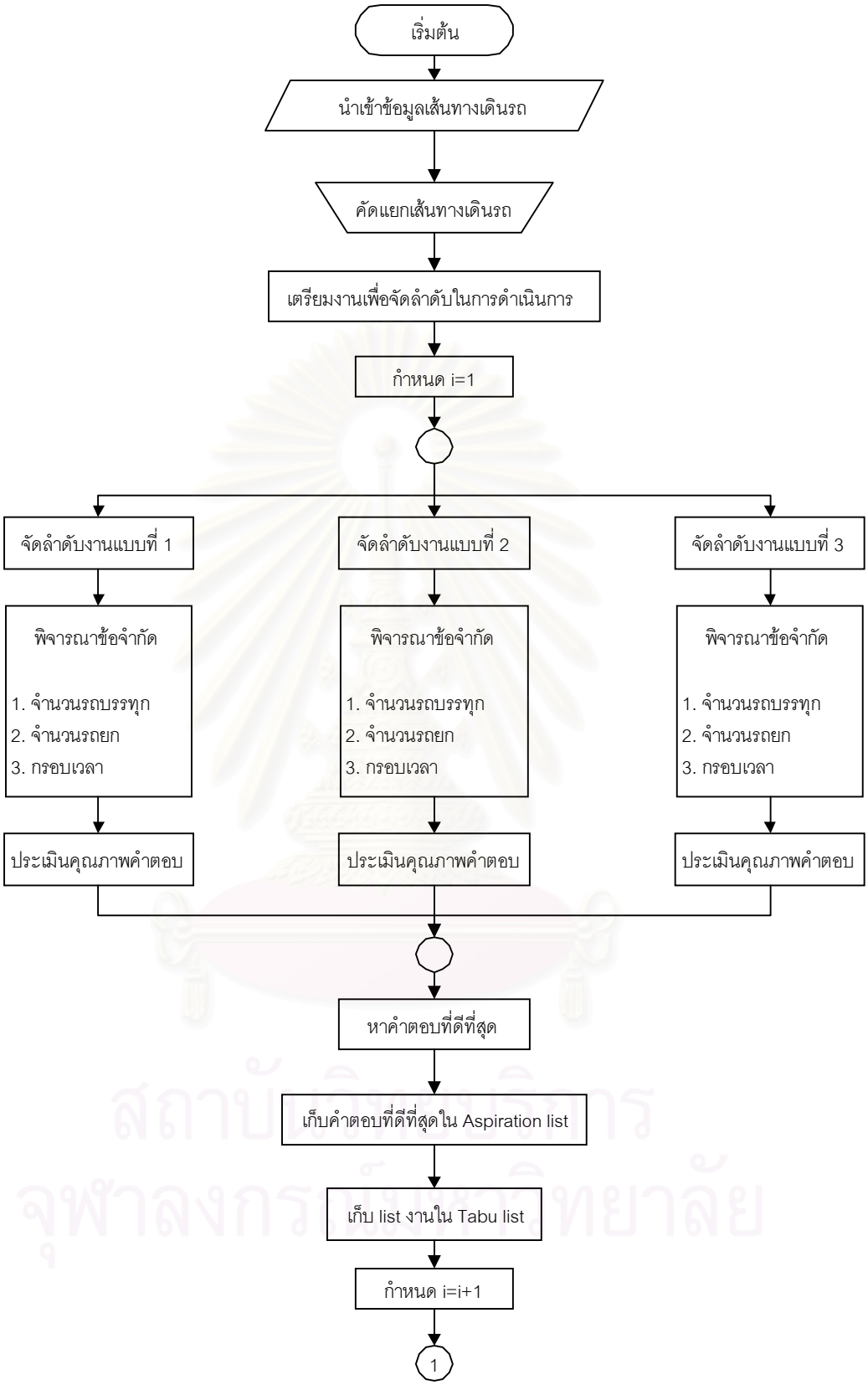
จัดลำดับงานแบบที่ 3

จัดเรียงลำดับงานแบบ Eariest Due Date (EDD) คือจัดงานที่มีกรอบเวลาในการรับสินค้าก่อนหรือเร็วกว่างานอื่นๆ ในลำดับแรกเรียงลำดับไปหางานที่มีกรอบเวลาในการรับสินค้าช้ากว่างานอื่นๆ

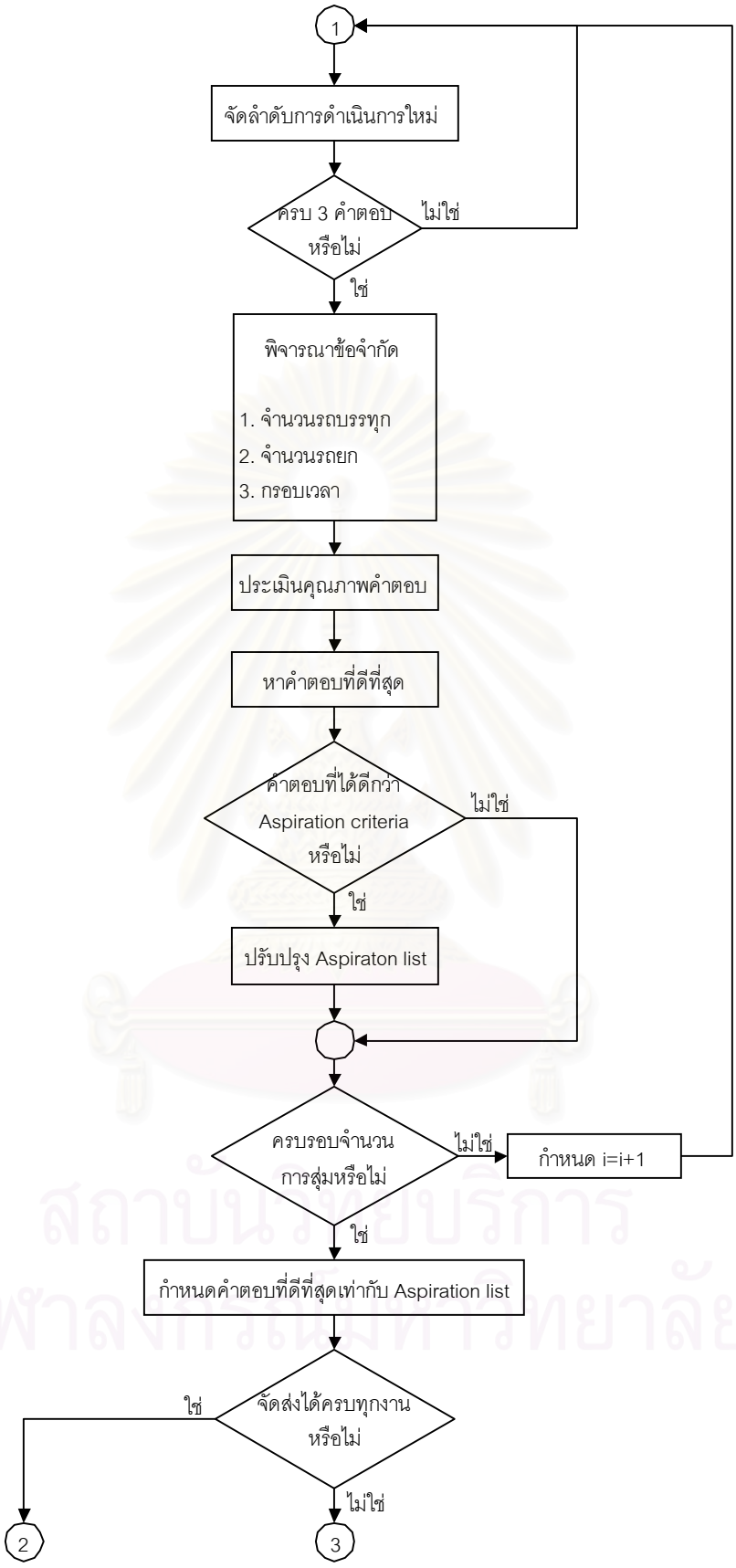
เมื่อทำการจัดลำดับงานเสร็จสิ้น จะได้ List งานเริ่มต้นจำนวน 3 List งาน ตามการจัดเรียงแต่ละแบบ โดยมีโครงสร้าง List งานเป็นดังรูปที่ 4.7 โดยตัวเลขในตารางแทนหมายเลขงานที่ถูกจัดเรียงลำดับในการดำเนินการจากบนลงล่าง

LPT	SPT	EDD
81	30	30
84	31	31
13	32	32
80	33	33
88	34	34
90	35	35
79	36	36
22	74	1
78	75	2
85	23	3
83	24	4
12	25	5

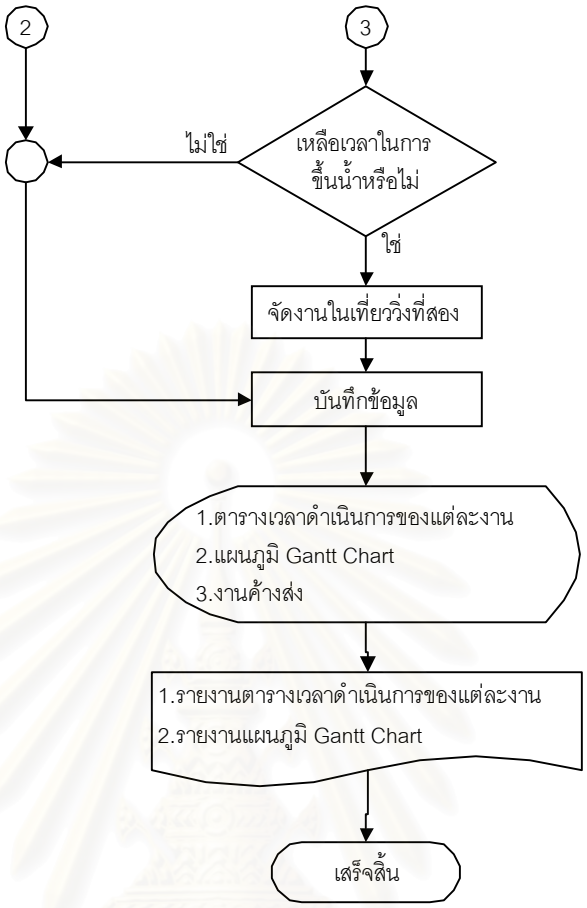
รูปที่ 4.7 ตัวอย่างของ List งานเริ่มต้น



รูปที่ 4.8 ขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองการจัดตารางเวลาเดินรถ



รูปที่ 4.8 (ต่อ) ขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองการจัดตารางเวลาเดินรถ



รูปที่ 4.8 (ต่อ) ขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองการจัดตารางเวลาเดินรถ

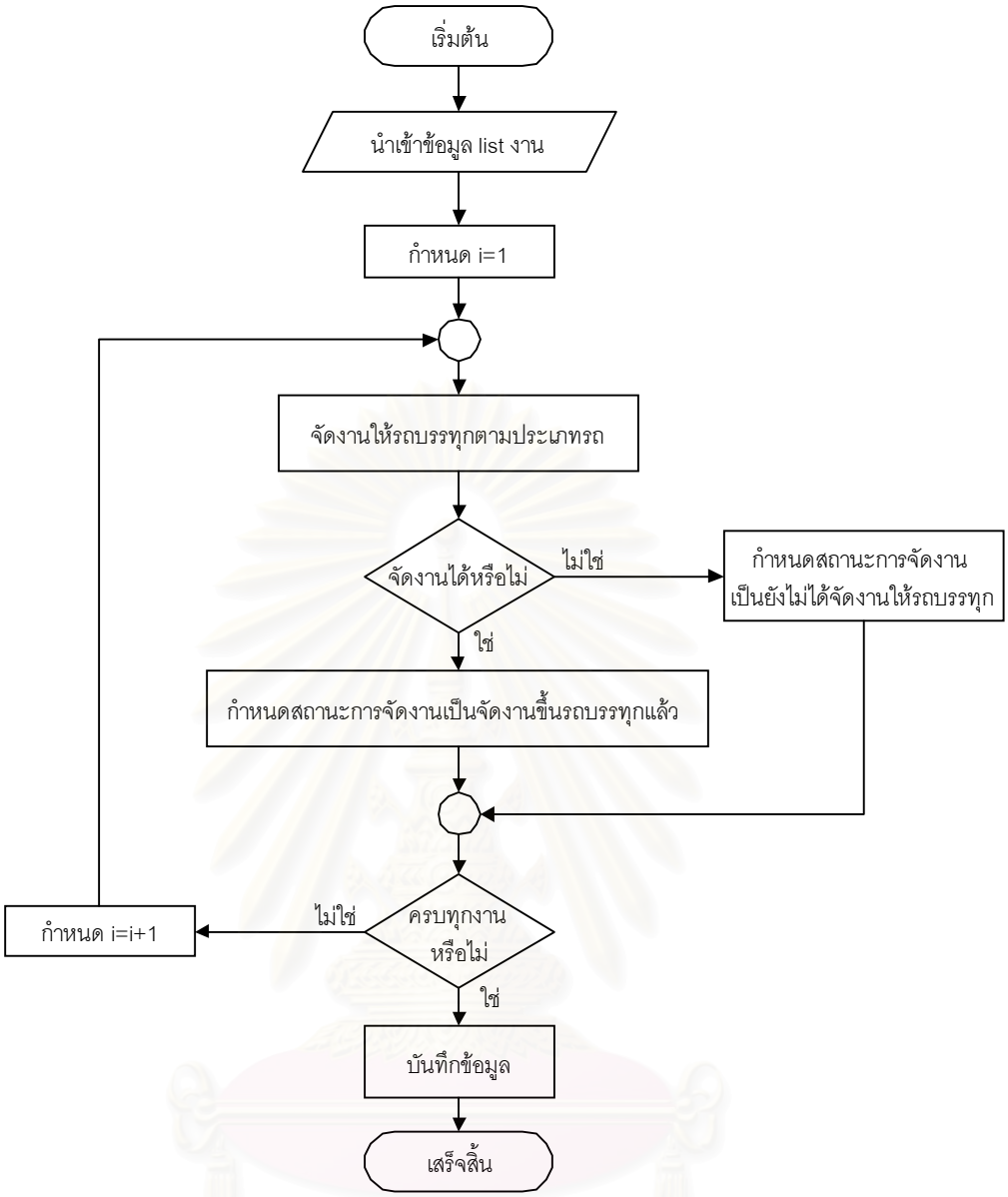
5. พิจารณาข้อจำกัด

เมื่อได้ List งานเริ่มต้นหรือ List งานที่ได้ทำการสลับลำดับงานใหม่ในแต่ละรอบการสุ่ม จะทำการนำ List งานมาพิจารณาข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางเวลาคือ ข้อจำกัดจำนวนรถบรรทุก ข้อจำกัดเวลาในการขึ้นน้ำ และข้อจำกัดกรอบเวลา ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>พิจารณาข้อจำกัดจำนวนรถบรรทุก</u>

เงื่อนไขแรกที่ทำการพิจารณา คือ จำนวนรถบรรทุกที่พร้อมใช้งานแต่ละวันว่ามีเพียงพอในการจัดส่งสินค้าหรือไม่ การพิจารณาจะทำโดยนำลำดับงานใน List งานมาจัดงานให้กับรถบรรทุกตามลำดับงานจนกว่าจะครบทุกงาน โดยงานใดที่ไม่สามารถจัดให้กับรถบรรทุกได้อันเนื่องจากรถบรรทุกถูกใช้ในการส่งสินค้าเที่ยววิ่งแรกหมดแล้ว จะเก็บงานไว้พิจารณาจัดงานให้รถบรรทุกในเที่ยววิ่งที่สอง ซึ่งขั้นตอนในการพิจารณาข้อจำกัดจำนวนรถบรรทุกเป็นดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ขั้นตอนการพิจารณาข้อจำกัดรถบรรทุก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิจารณาข้อจำกัดเวลาในการขึ้นน้ำ

เงื่อนไขที่สองที่พิจารณาหลังการจัดงานให้รถบรรทุกตามข้อจำกัดจำนวนรถบรรทุกที่พร้อมใช้งาน คือการพิจารณาข้อจำกัดรถยกในรูปของความสามารถในการขึ้นน้ำครั้งละกี่คันรถ โดยกำหนดค่ามาตรฐานเป็นครั้งละ 4 คันรถบรรทุก

สำหรับการพิจารณาข้อจำกัดเวลาในการขึ้นน้ำ นี้จะนำข้อจำกัดกรอบเวลาในการขึ้นน้ำมาพิจารณา กล่าวคือ ช่วงเวลาในการขึ้นน้ำช่วงแรก 18.00-02.00 น. ช่วงที่สอง

08.00-15.00 น. เป็นปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนรถบรรทุกที่จะสามารถขึ้นน้ำได้ โดยการขึ้นน้ำจะเริ่มดำเนินการในช่วงเวลาขึ้นน้ำช่วงแรกไปจนเสร็จสิ้น หรือกรณีที่ไม่สามารถขึ้นน้ำได้ทันในช่วงแรกก็จะเลื่อนไปขึ้นน้ำในช่วงที่สอง ซึ่งลำดับในการขึ้นน้ำจะเป็นไปตาม List งานที่นำมาพิจารณาข้อจำกัด

ในส่วนของระบบเวลาที่ใช้ในการพิจารณาเงื่อนไขในการขึ้นน้ำได้เลือกใช้ระบบเวลาเป็น นาที โดยเริ่มจากนาทีที่ 0 ซึ่งหมายถึงเวลาเริ่มขึ้นน้ำช่วงแรก 18.00 น. ดังรูปที่ 4.10

ช่วงเวลาขึ้นน้ำช่วงที่หนึ่ง

เวลา	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00
นาที	0	60	120	180	240	300	360	420	480	540	600	660	720

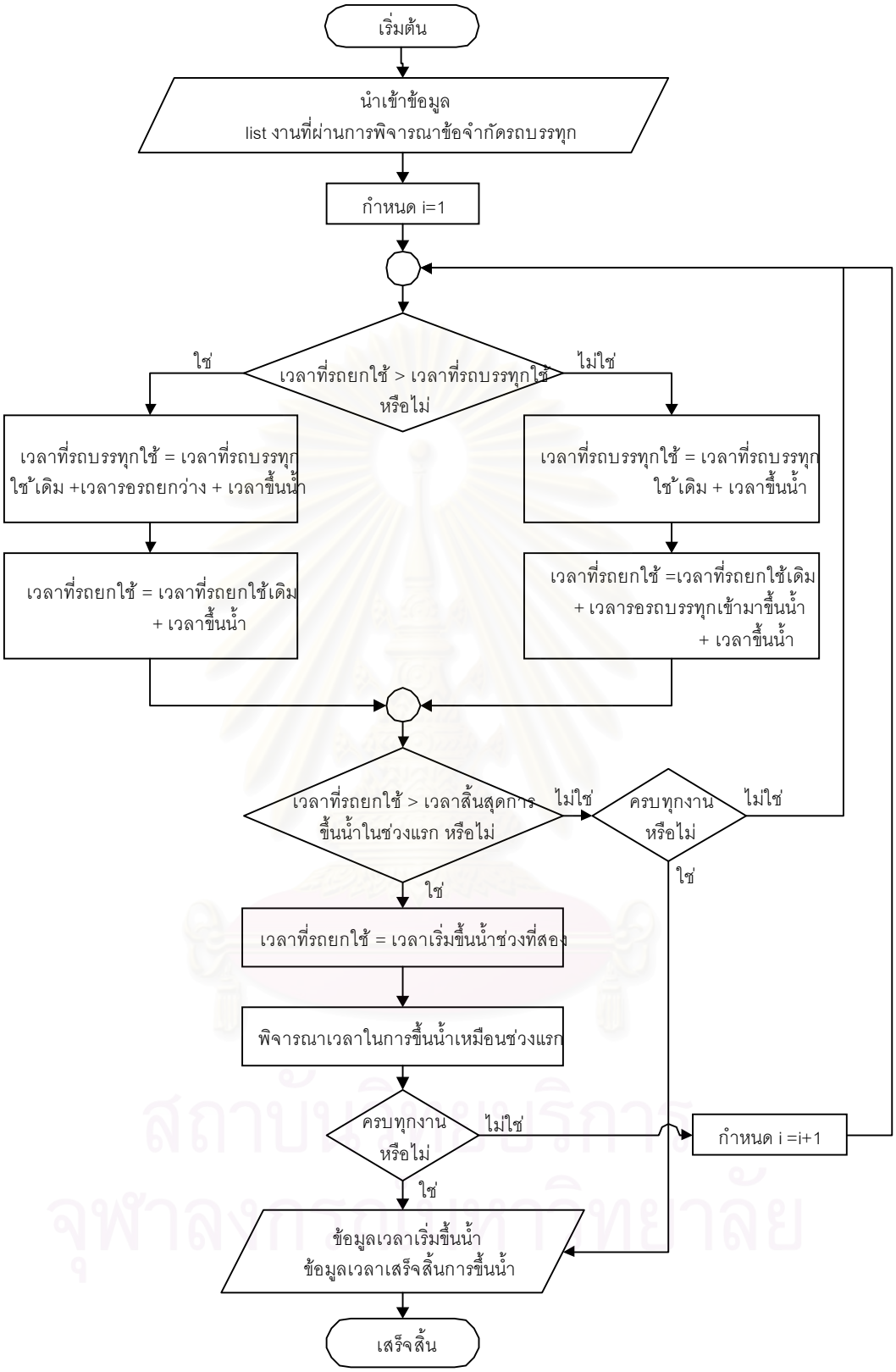
ช่วงเวลาขึ้นน้ำช่วงที่สอง

เวลา	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
นาที	780	840	900	960	1020	1080	1140	1200	1260	1320	1380	1440

รูปที่ 4.10 รูปแบบเวลาที่ใช้ในการพิจารณาข้อจำกัดเวลาในการขึ้นน้ำ

สำหรับขั้นตอนในการพิจารณาข้อจำกัดเวลาในการขึ้นน้ำเป็นดังรูปที่ 4.11

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 4.11 ขั้นตอนการพิจารณาข้อจำกัดเวลาในการขึ้นน้ำ

<u>พิจารณาข้อจำกัดกรอบเวลาห้ามเดินรถบรรทุกและกรอบเวลาในการรับสินค้า</u>

เมื่อทำการพิจารณาข้อจำกัดจำนวนรถบรรทุกและกรอบเวลาในการขึ้นน้ำ จะนำข้อมูลในส่วนเวลาเริ่มขึ้นน้ำและเวลาเสร็จสิ้นการขึ้นน้ำมาพิจารณากรอบเวลาห้ามเดินรถบรรทุกและกรอบเวลาในการรับสินค้าของลูกค้ารายใหญ่ ซึ่งมีขั้นตอนในการพิจารณาที่สำคัญคือ การหาเวลาในการดำเนินการพิจารณาเงื่อนไขละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลาห้ามเดินรถ พิจารณาเงื่อนไขการละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลาในการรับสินค้า และการปรับปรุงเวลาในการดำเนินการของแต่ละงาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

รูปแบบของเวลาที่ใช้ในการพิจารณากรอบเวลาใช้ระบบเดียวกับการพิจารณาข้อจำกัดกรอบเวลาในการขึ้นน้ำ ดังรูปที่ 4.12

ช่วงเวลาห้ามเดินรถช่วงที่หนึ่ง

เวลา	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00
นาที	0	60	120	180	240	300	360	420	480	540	600	660	720

ช่วงเวลาห้ามเดินรถช่วงที่สอง ช่วงเวลาห้ามเดินรถช่วงที่หนึ่ง

เวลา	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
นาที	780	840	900	960	1020	1080	1140	1200	1260	1320	1380	1440

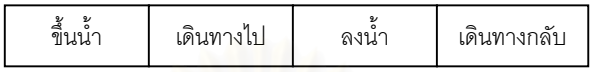
รูปที่ 4.12 รูปแบบเวลาที่ใช้ในการพิจารณาข้อจำกัดเวลาห้ามเดินรถบรรทุก

การหาเวลาในการดำเนินการจัดส่งสินค้าจะพิจารณาตามกิจกรรมต่างๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการจัดส่งสินค้า โดย

เวลาดำเนินการ = เวลาขึ้นน้ำ + เวลาที่ใช้คลุมผ้าใบ + เวลาเดินทางไปสาขาที่หนึ่ง
+ เวลารอคอยลงน้ำ + เวลาลงน้ำสาขาที่หนึ่ง + เวลาเดินทางไปสาขาที่สอง (ถ้ามี)
+ เวลารอคอยลงน้ำสาขาที่สอง (ถ้ามี) + เวลาลงน้ำสาขาที่สอง (ถ้ามี)
+ เวลาเดินทางกลับโรงงาน (4-6)

ในส่วนของการพิจารณาเงื่อนไขการละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลาห้ามเดินรถบรรทุกและกรอบเวลาในการรับสินค้าของลูกค้ารายใหญ่ จะนำเข้าข้อมูลเวลาในการดำเนินการของแต่ละ

งานมาพิจารณากิจกรรมการเดินทางจัดส่งสินค้า คือ กิจกรรมการเดินทางไป กิจกรรมการลงน้ำ และกิจกรรมการเดินทางกลับโรงงาน ว่ามีช่วงเวลาที่อยู่ในกรอบเวลาห้ามเดินรถและกรอบเวลาในการรับสินค้าหรือไม่ กรณีที่มีช่วงเวลาในการดำเนินการตกอยู่ในช่วงกรอบเวลา ถือเป็นการละเมิดข้อจำกัดต้องทำการปรับเวลาดำเนินการของกิจกรรมนั้น โดยเลื่อนเวลาให้พ้นช่วงกรอบเวลาโดยกิจกรรมหลักของแต่ละงาน สำหรับวิธีการพิจารณาการละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลาแสดงได้ดังนี้



รูปที่ 4.13 กิจกรรมหลักที่ใช้ตรวจสอบการละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลา

1. พิจารณากิจกรรมการเดินทางไป

กรณีที่ 1 กิจกรรมเดินทางไปตกอยู่ในช่วงกรอบเวลาห้ามเดินรถช่วงที่หนึ่ง

รูปที่ 4.14 การละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลากรณีที่ 1

กรณีที่ 2 กิจกรรมเดินทางไปตกอยู่ในช่วงกรอบเวลาห้ามเดินรถช่วงที่สอง

รูปที่ 4.15 การละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลากรณีที่ 2

2. พิจารณากิจกรรมการเดินทางกลับ

กรณีที่ 3 ขอบเขตบนของกิจกรรมเดินทางกลับตกอยู่ในช่วงกรอบเวลาห้ามเดินรถช่วงที่หนึ่ง

รูปที่ 4.16 การละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลากรณีที่ 3

กรณีที่ 4 ขอบเขตล่างของกิจกรรมเดินทางกลับตกอยู่ในช่วงกรอบเวลาห้ามเดินรถช่วงที่หนึ่ง

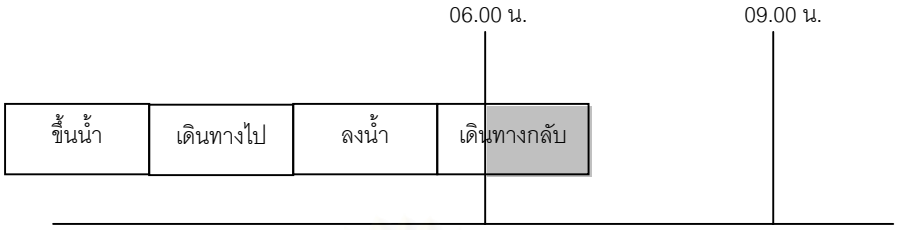
รูปที่ 4.17 การละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลากรณีที่ 4

กรณีที่ 5 ขอบเขตเวลาของกิจกรรมเดินทางกลับตกอยู่ในช่วงกรอบเวลาห้ามเดินรถช่วงที่หนึ่ง

รูปที่ 4.18 การละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลากรณีที่ 5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรณีที่ 6 ขอบเขตบนของกิจกรรมเดินทางกลับตกอยู่ในช่วงกรอบเวลาห้ามเดินรถช่วงที่สอง



รูปที่ 4.19 การละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลากรณีที่ 6

กรณีที่ 7 ขอบเขตล่างของกิจกรรมเดินทางกลับตกอยู่ในช่วงกรอบเวลาห้ามเดินรถช่วงที่สอง

รูปที่ 4.20 การละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลากรณีที่ 7

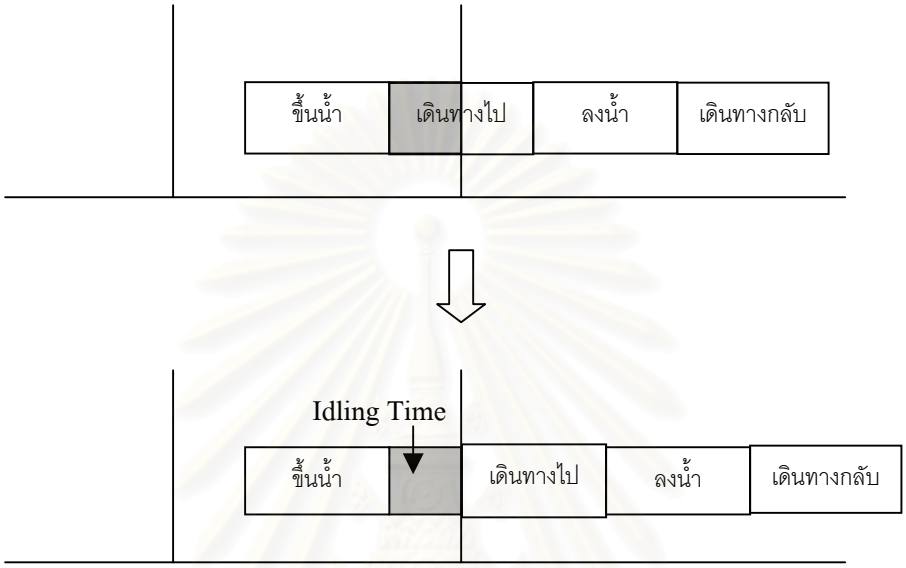
กรณีที่ 8 ขอบเขตเวลาของกิจกรรมเดินทางกลับตกอยู่ในช่วงกรอบเวลาห้ามเดินรถช่วงที่สอง

รูปที่ 4.21 การละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลากรณีที่ 8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การละเมิดข้อจำกัดในกรณีที่ 1-8 สามารถปรับแก้ได้ดังนี้

เลื่อนเวลาในส่วนที่ตกในช่วงเวลาห้ามเดินรถบรรทุกออกไป โดยเพิ่มเวลาส่วนที่ใช้ในการรอคอยเพื่อดำเนินกิจกรรมเมื่อพ้นช่วงเวลาห้ามเดินรถแล้ว



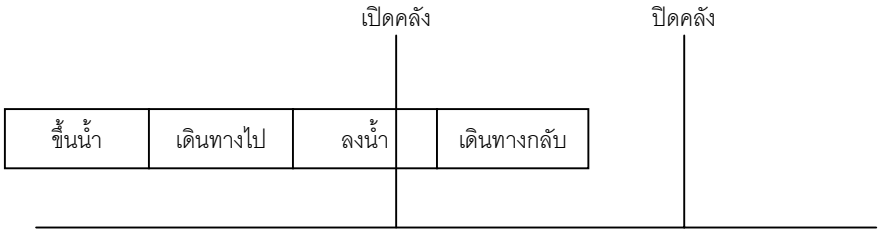
รูปที่ 4.22 การปรับแก้การละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลากรณีที่ 1-8

3. พิจารณากิจกรรมการลงน้ำ

กรณีที่ 9 ขอบเขตของกิจกรรมการลงน้ำตกอยู่ในช่วงก่อนกรอบเวลาในการรับสินค้า

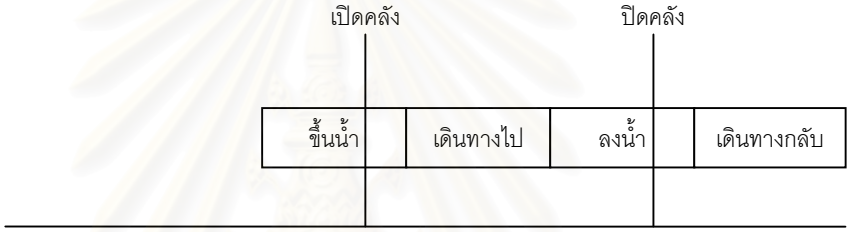
รูปที่ 4.23 การละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลากรณีที่ 9

กรณีที่ 10 ขอบเขตบนของกิจกรรมการลงน้ำตกอยู่ในช่วงกรอบเวลาในการรับสินค้า



รูปที่ 4.24 การละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลากรณีที่ 10

กรณีที่ 11 ขอบเขตล่างของกิจกรรมการลงน้ำพ้นขอบเขตกรอบเวลาในการรับสินค้า

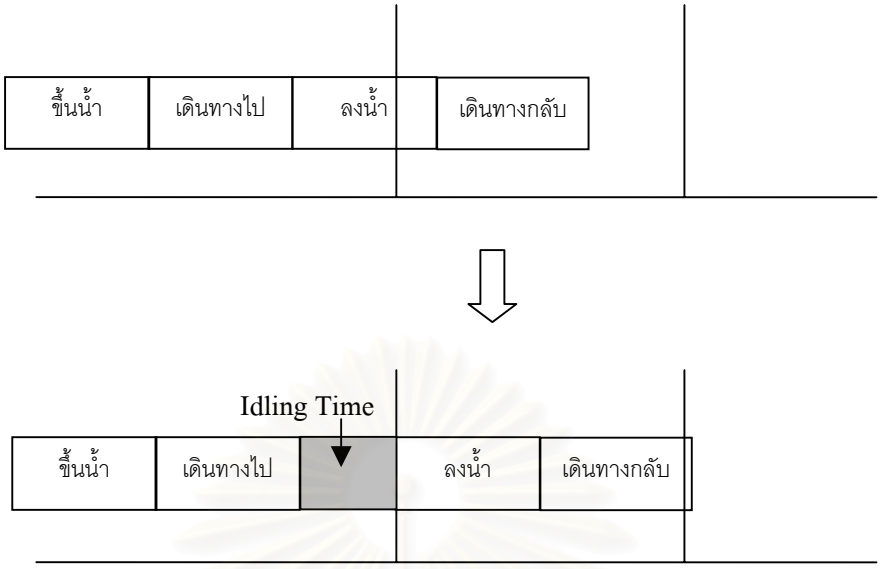


รูปที่ 4.25 การละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลากรณีที่ 11

กรณีที่ 12 ขอบเขตกิจกรรมการลงน้ำพ้นขอบเขตกรอบเวลาในการรับสินค้า

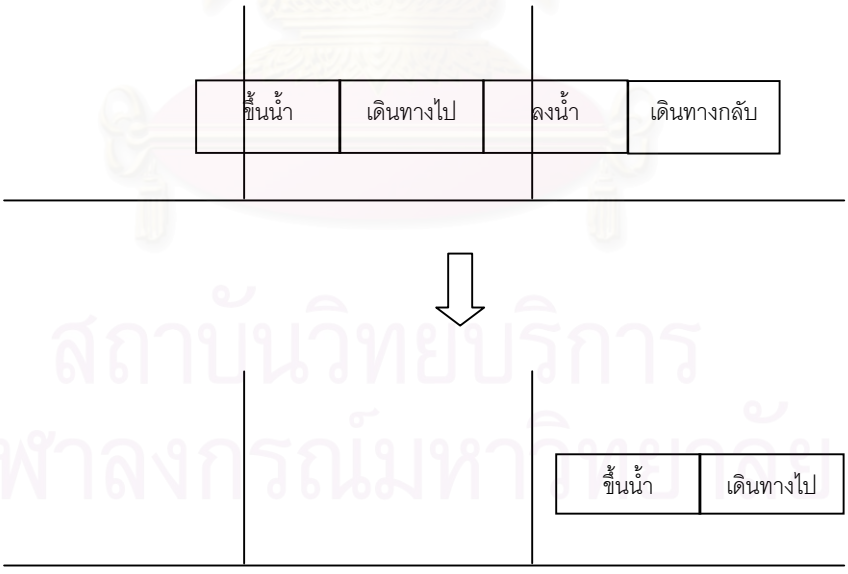
รูปที่ 4.26 การละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลากรณีที่ 12

การละเมิดข้อจำกัดในกรณีที่ 9-10 สามารถปรับแก้ได้โดยการเลื่อนเวลาเดินทางไปถึงสาขาลูกค้าให้พอดีกับเวลาเปิดรับสินค้า โดยเพิ่มเวลาส่วนที่ใช้ในการรอคอยเปิดรับสินค้าของลูกค้าดังนี้



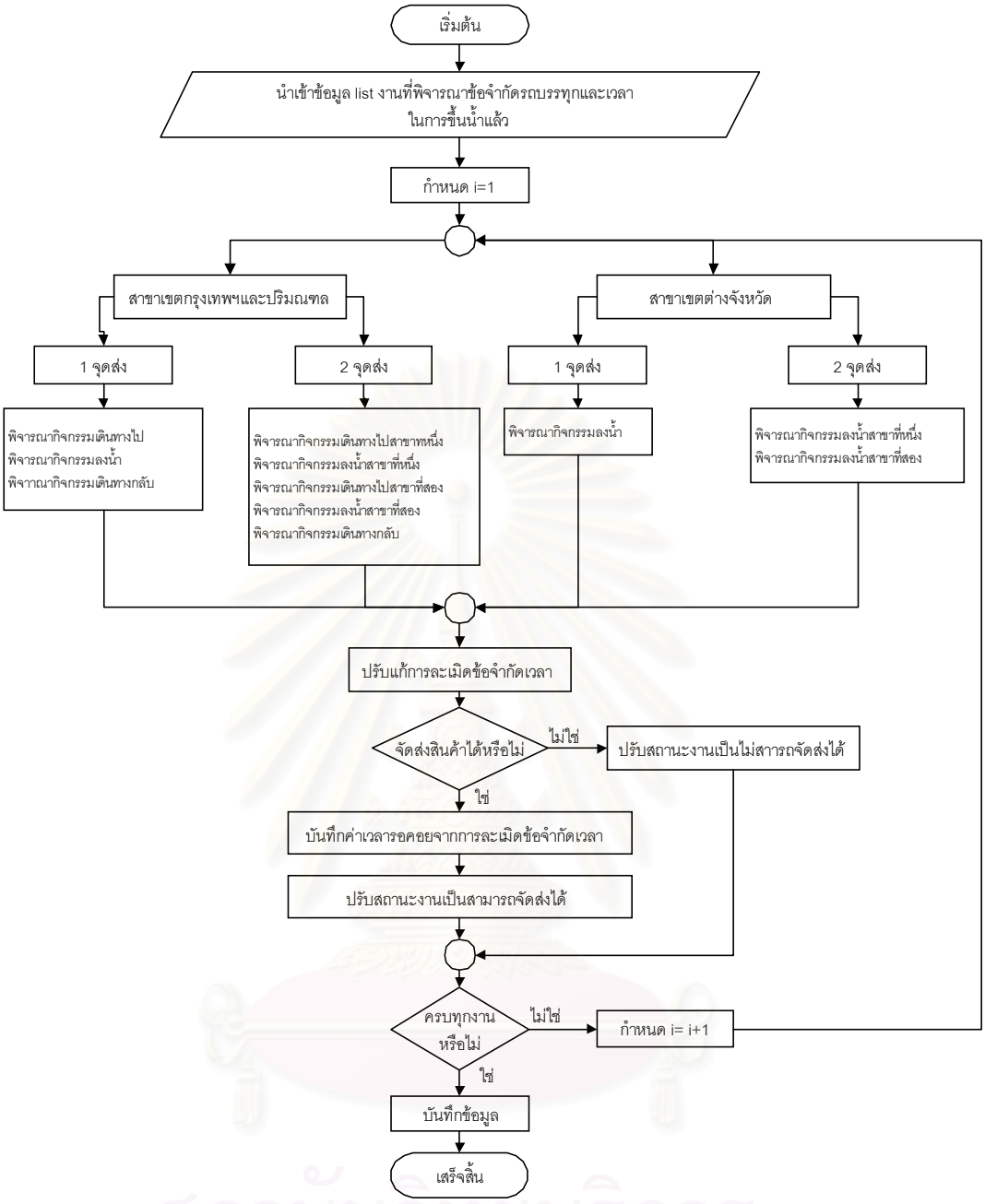
รูปที่ 4.27 การปรับแก้การละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลากรณีที่ 9-10

สำหรับการละเมิดข้อจำกัดในกรณีที่ 11-12 สามารถปรับแก้ได้โดยทำการยกเลิกงานนั้นให้เป็นงานเลื่อนส่งในวันต่อไป



รูปที่ 4.28 การปรับแก้การละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลากรณีที่ 11-12

ขั้นตอนในการพิจารณาข้อจำกัดกรอบเวลาห้ามเดินรถบรรทุกและกรอบเวลาในการรับสินค้าตามกรณีต่างๆ สามารถสรุปได้ดังรูปที่ 4.29



รูปที่ 4.29 ขั้นตอนการพิจารณาข้อจำกัดกรอบเวลาห้ามเดินรถบรรทุก
และกรอบเวลาในการรับสินค้า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. ประเมินคุณภาพคำตอบ

เป็นขั้นตอนในการประเมินคุณภาพคำตอบของลำดับงานใน List งานที่ได้ทำการจัดลำดับงานแล้ว การประเมินคุณภาพคำตอบได้เลือกใช้ตัวชี้วัดคุณภาพคำตอบ 2 ค่า ประกอบด้วยค่าจำนวนกระบะสินค้าค้างส่ง และค่าเวลาที่สูญเสียไประหว่างรอดำเนินการ (Idling Time)

การประเมินคุณภาพคำตอบจะพิจารณาจากค่าจำนวนกระบะสินค้าค้างส่ง ซึ่งเกิดจากงานที่ไม่สามารถจัดส่งสินค้าได้จากขั้นตอนการพิจารณาข้อจำกัด โดยจะเลือกลำดับงานที่มีค่าจำนวนกระบะสินค้าค้างส่งที่น้อยที่สุดเป็นค่าคำตอบที่ดีที่สุดในแต่ละรอบการสุ่มหาคำตอบ ในกรณีที่ลำดับงานที่พิจารณาให้ค่าจำนวนกระบะสินค้าค้างส่งเท่ากัน จะพิจารณาจากค่าเวลาที่เสียไประหว่างรอดำเนินการที่น้อยที่สุด เป็นลำดับรองลงมา

<u>ค่าจำนวนกระบะสินค้าค้างส่ง</u>

เป็นการพิจารณาจำนวนงานที่ไม่สามารถจัดส่งสินค้าได้เนื่องจากการละเมิดข้อจำกัดต่างๆ โดยวัดออกมาในรูปของจำนวนกระบะสินค้าที่ไม่สามารถดำเนินการจัดส่งสินค้าได้

<u>ค่าเวลาที่สูญเสียไประหว่างรอดำเนินการ</u>

เป็นช่วงเวลาที่เกิดขึ้นระหว่างรอยต่อของแต่ละกิจกรรมในกระบวนการขนส่งสินค้าเนื่องจากการละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลาที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อการพิจารณาข้อจำกัดในส่วนของข้อจำกัดกรอบเวลาห้ามเดินรถและเวลารับสินค้า ซึ่งประกอบเวลารอคอยต่างๆ ดังตาราง

ตารางที่ 4.2 เวลารอคอยและสาเหตุการเกิด

ประเภทเวลารอคอย	สาเหตุการเกิด
I_1 เวลารอคอยเดินทางไป	ละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลาห้ามเดินรถ
I_2 เวลารอคอยสาขาเปิดรับสินค้า	ละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลาในการรับสินค้า
I_3 เวลารอคอยเดินทางไปสาขาที่สอง	ละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลาห้ามเดินรถ
I_4 เวลารอคอยสาขาที่สองเปิดรับสินค้า	ละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลาในการรับสินค้า
I_5 เวลารอคอยเดินทางกลับ	ละเมิดข้อจำกัดกรอบเวลาห้ามเดินรถ

เวลาที่สูญเสียไประหว่างดำเนินการ $= I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5$ (4-7)

7. เก็บค่าคำตอบที่ดีที่สุด

เป็นขั้นตอนในการนำค่าตัวชี้วัดของคำตอบใน List งานที่ดีที่สุดในแต่ละรอบการสุ่มมาเปรียบเทียบกับค่าตัวชี้วัดคุณภาพคำตอบที่ดีที่สุดในรอบการสุ่มที่ผ่านมา ถ้าคำตอบใหม่ให้คุณภาพคำตอบที่ดีกว่า จะทำการเก็บค่าลำดับการดำเนินการของแต่ละงานใน List คำตอบนั้นไว้ใน Aspiration List และทำการปรับปรุงค่าตัวชี้วัดคุณภาพคำตอบหรือ Aspiration criteria ใหม่ โดยโครงสร้างของ Aspiration List เป็นดังนี้

BestList
43
44
48
49
5
7
51
52
11

รูปที่ 4.30 โครงสร้างของ Aspiration List

8. เก็บลำดับงานใน Tabu List

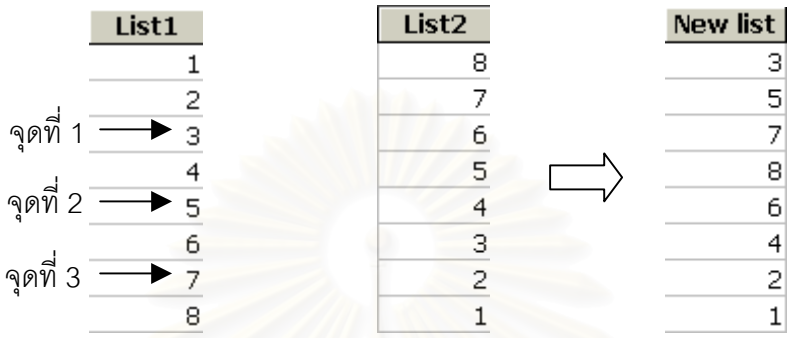
List งานที่ได้จากการจัดลำดับในการดำเนินการเบื้องต้นหรือจัดลำดับงานใหม่ในแต่ละรอบการสุ่มจะถูกบันทึก List งานใน Tabu List เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบลำดับงานในแต่ละรอบการสุ่มเพื่อป้องกันการวนกลับไปพิจารณาค่าลำดับงานเดิมๆ โดยจำนวน List งานที่สามารถเก็บใน Tabu List ได้จะมีจำนวนเท่ากับขนาดของ Tabu List โดยโครงสร้างของ Tabu List เป็นดังนี้

List1	List2	List3	List4	List5	List6
25	9	42	58	16	54
45	28	60	60	23	37
12	49	10	39	44	23
24	24	33	57	49	2
10	20	27	3	18	13
54	58	16	48	26	32
37	60	23	23	39	41
17	42	29	12	28	60
23	39	44	10	31	21

รูปที่ 4.31 โครงสร้างของ Tabu List

9. จัดลำดับงานใหม่

ในแต่ละรอบการสุ่มหาคำตอบจะทำการนำ List งานในรอบการสุ่มก่อนหน้านั้นมาทำการจัดลำดับงานใหม่เพื่อสร้าง List งานใหม่ขึ้นมา โดยใช้วิธีจัดลำดับงานแบบ Permutation ดังรูปที่ 4.32



รูปที่ 4.32 โครงสร้างการจัดลำดับงานใหม่แบบ Permutation ชนิดเลือก N จุดสลับ

10. จัดงานในเที่ยววิ่งที่สอง

การจัดงานในเที่ยววิ่งที่สองเป็นการนำงานที่เหลือจากขั้นตอนการพิจารณาข้อจำกัดจำนวนรถบรรทุกมาพิจารณาจัดให้กับรถบรรทุกที่มีเวลาเหลือเพียงพอในการดำเนินการจัดส่งสินค้าในงานนั้นๆ โดยจะทำการตรวจสอบประเภทรถที่ใช้ว่าเป็นชนิดเดียวกันหรือไม่ พิจารณาข้อจำกัดเวลาในการขึ้นน้ำ ข้อจำกัดกรอบเวลาห้ามเดินรถบรรทุก และกรอบเวลาในการรับสินค้าเช่นเดียวกับการจัดงานในเที่ยววิ่งที่หนึ่ง

เมื่อทำการจัดงานในเที่ยววิ่งที่สองเสร็จสิ้นจะทำการบันทึกข้อมูลและแสดงผลการจัดตารางเวลาเดินรถในรูป ตารางเวลาดำเนินการ (Time Table) และ แผนภูมิเวลา Gantt Chart พร้อมทั้งงานเลื่อนส่ง เป็นอันเสร็จสิ้นกระบวนการจัดตารางเวลาเดินรถ

4.4 การออกแบบโปรแกรม

เนื้อหาในส่วนนี้เป็นการออกแบบโปรแกรมการคำนวณจำนวนกระบะสินค้า การจัดเส้นทางเดินรถ และการจัดตารางเวลาเดินรถให้สอดคล้องกับแบบจำลองที่ได้ทำการพัฒนาไว้ โดยการพัฒนาโปรแกรมจะทำบน Microsoft Visual Basic รุ่น 6.0 ซึ่งมีการใช้งานอย่างแพร่หลาย และสามารถทำงานร่วมกับโปรแกรมตระกูล Microsoft Office ได้เป็นอย่างดี

การออกแบบโปรแกรมแบ่งออกเป็น 7 ส่วนดังนี้

1. ฐานข้อมูล
2. การนำเข้าข้อมูลคำสั่งซื้อ
3. การกำหนดค่าพารามิเตอร์
4. การคำนวณจำนวนกระบะสินค้า
5. การจัดเส้นทางเดินรถ
6. การจัดตารางเวลาเดินรถ

4.4.1 ฐานข้อมูล

ฐานข้อมูลเป็นส่วนที่ใช้ในการเก็บข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นในการคำนวณ ตลอดจนผลการคำนวณ โดยการศึกษานี้ได้เลือกใช้ฐานข้อมูลประเภท Access เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการจัดเก็บข้อมูลเป็นหมวดหมู่ได้จำนวนมาก และสามารถนำไปพัฒนาใช้งานอื่นๆ ต่อไปได้โดยสะดวก โครงสร้างของฐานข้อมูลประกอบด้วยฐานข้อมูล 3 ส่วนคือ ฐานข้อมูลคำสั่งซื้อ ฐานข้อมูลหลัก และฐานข้อมูลผลลัพธ์ ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 โครงสร้างฐานข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง

ฐานข้อมูล	แฟ้มข้อมูล	โครงสร้างฐานข้อมูล
คำสั่งซื้อ	Orders.mdb	รายการคำสั่งซื้อ
ข้อมูลหลัก	Master.mdb	ข้อมูลลูกค้ารายใหญ่ ข้อมูลโครงข่ายระยะทาง ข้อมูลโครงข่ายเวลาในการเดินทาง ข้อมูลผลิตภัณฑ์
ข้อมูลผลลัพธ์	Result.mdb	ข้อมูลจำนวนกระบะสินค้าต่อคำสั่งซื้อ ข้อมูลเส้นทางเดินรถ ข้อมูลงานที่ต้องดำเนินการจัดส่งสินค้า ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการดำเนินการของแต่ละงาน ข้อมูลตารางเวลาเดินรถ ข้อมูลงานค้างส่ง

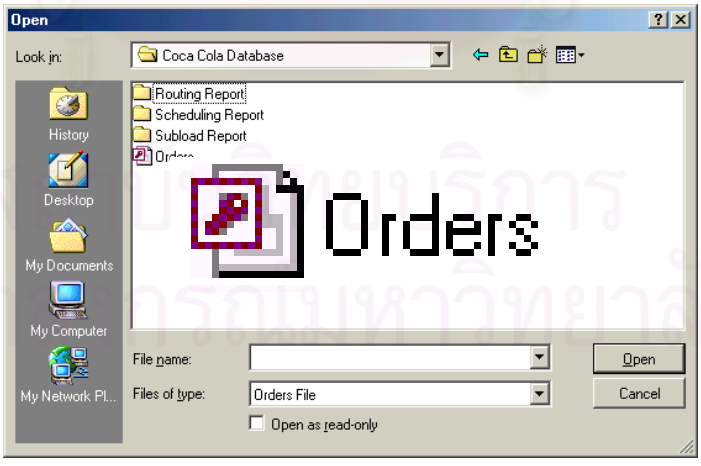
4.4.2 การนำเข้าข้อมูลคำสั่งซื้อ

เป็นส่วนที่ออกแบบขึ้นเพื่อใช้ในการนำเข้าข้อมูลคำสั่งซื้อจากลูกค้ารายใหญ่มาคำนวณในโปรแกรม โดยข้อมูลคำสั่งซื้อจะอยู่ในรูปเอกสาร Access ชื่อ Orders.mdb ซึ่งมีรายละเอียดเป็นดังรูป

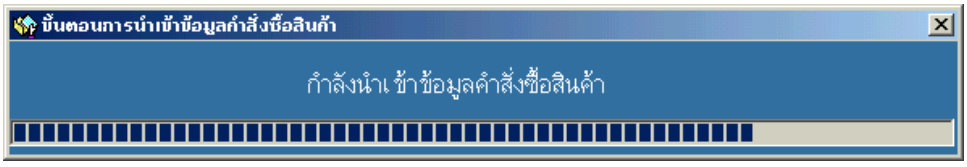
OutletNo	5111	5121	5122	5123	5183	5131	5054	4611	4621	4622	4623
1801179	520	110	0	0	0	10	100	20	10	0	0
1801217	1000	200	200	200	0	200	300	500	100	20	20
1829687	0	0	0	0	20	40	20	0	0	0	0
1877595	200	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
2095287	800	400	200	100	0	200	0	100	0	0	0
3160287	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3402299	2000	1200	1000	500	0	1200	0	616	0	0	0
3809758	3000	0	0	0	0	0	100	1456	560	100	100
4045478	700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4708051	0	1200	500	0	150	1500	0	0	0	0	0
4893616	2500	2000	1000	1000	200	1500	0	0	0	0	0

รูปที่ 4.33 โครงสร้างของข้อมูลคำสั่งซื้อ

สำหรับส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานได้ทำการออกแบบให้ผู้ใช้งานทำการเลือกแฟ้มข้อมูลคำสั่งซื้อมาทำการคำนวณได้ดังรูป



รูปที่ 4.34 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานในการเลือกข้อมูลคำสั่งซื้อมาคำนวณ



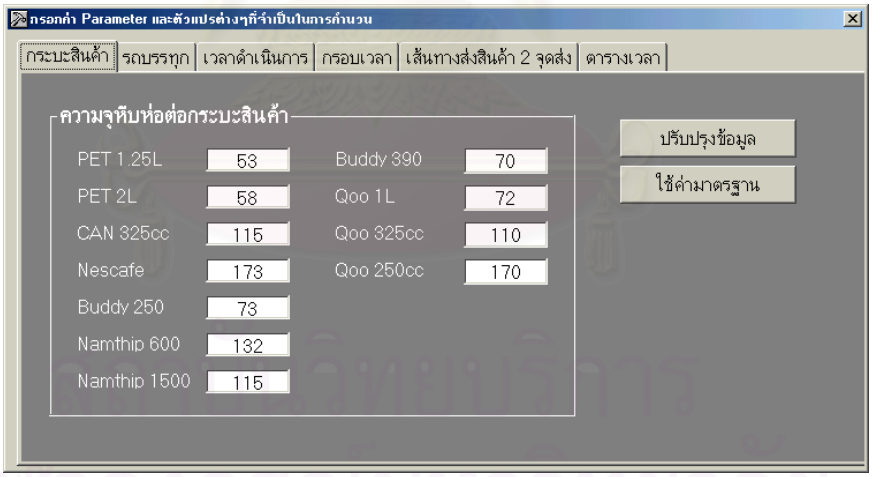
รูปที่ 4.35 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ขณะนำเข้าข้อมูลคำสั่งซื้อ

4.4.3 การกำหนดค่าพารามิเตอร์

เนื่องจากแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมีปัจจัยและตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณหลายตัว ดังนั้นในการออกแบบโปรแกรมจึงได้กำหนดส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานในการรับค่าตัวแปรต่างๆ ที่จำเป็นในการคำนวณ ซึ่งค่าพารามิเตอร์แบ่งเป็นหมวดหมู่ดังนี้

1. ค่าพารามิเตอร์ความจุหีบห่อต่อกระบะสินค้า

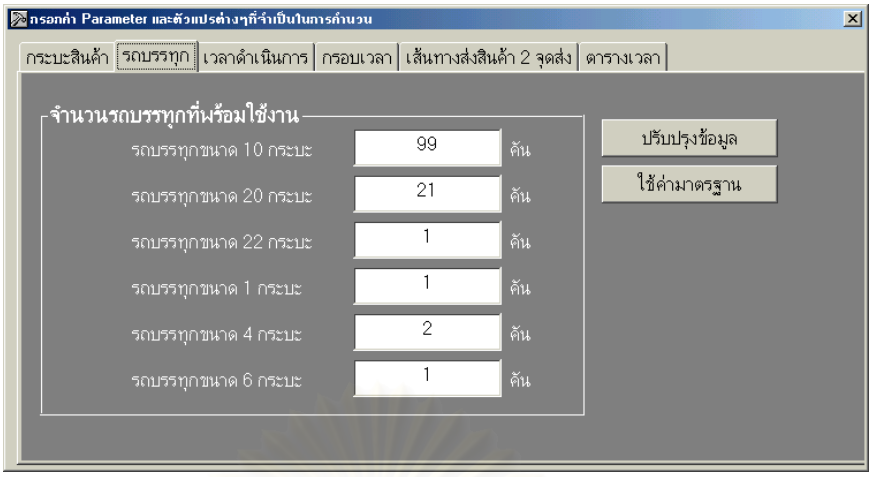
เป็นค่าตัวแปรที่ใช้กำหนดความจุเป็นหีบห่อหรือลังของสินค้าแต่ละประเภทที่สามารถจัดเรียงบนกระบะสินค้าได้



รูปที่ 4.36 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานในการรับค่าพารามิเตอร์ความจุหีบห่อต่อกระบะสินค้า

2. ค่าพารามิเตอร์จำนวนรถบรรทุกที่พร้อมใช้งาน

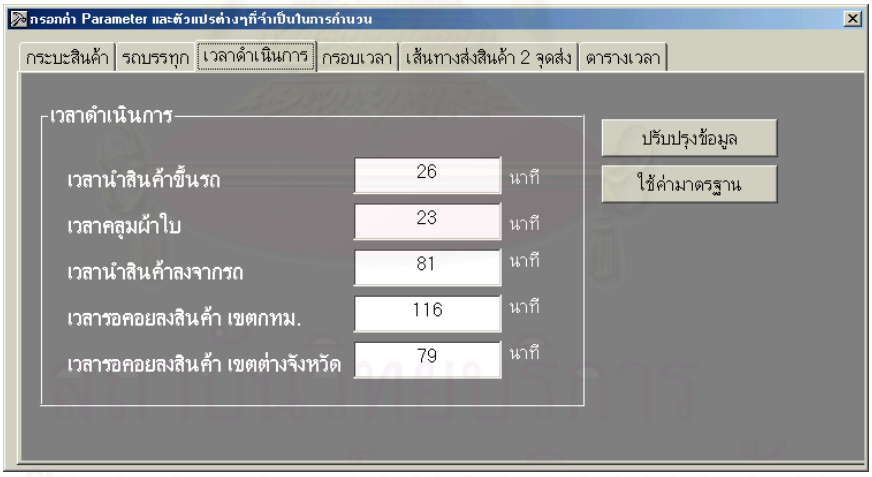
เป็นค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการกำหนดจำนวนรถบรรทุกที่พร้อมใช้งานแยกตามขนาดความจุของรถบรรทุกเป็นกระบะ



รูปที่ 4.37 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานในการรับค่าพารามิเตอร์จำนวนรถบรรทุกที่พร้อมใช้งาน

3. ค่าพารามิเตอร์เวลาดำเนินการ

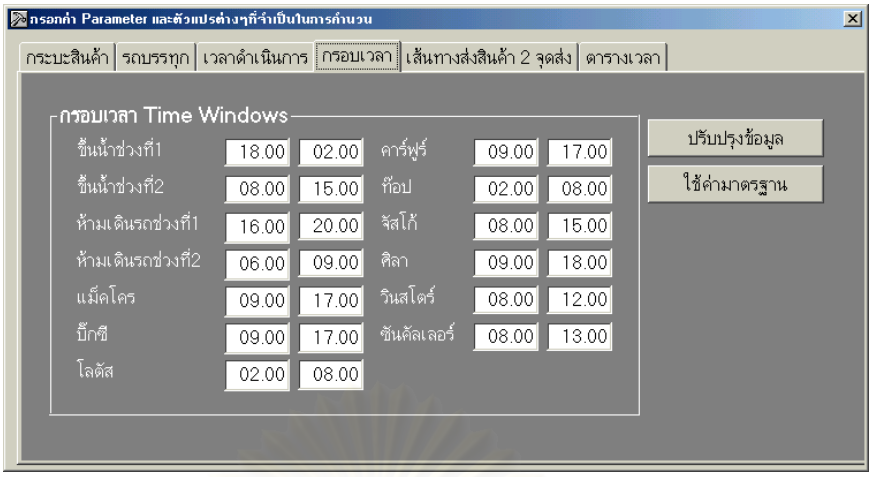
เป็นค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการกำหนดค่าเวลาในการดำเนินการในกิจกรรมการเดินทางจัดส่งสินค้า ซึ่งประกอบด้วยเวลาขึ้นน้ำ เวลาคลุมผ้าใบ เวลาลงน้ำ และเวลารอคอยลงน้ำที่สาขาลูกค้ารายใหญ่



รูปที่ 4.38 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานในการรับค่าพารามิเตอร์เวลาดำเนินการ

4. ค่าพารามิเตอร์กรอบเวลา

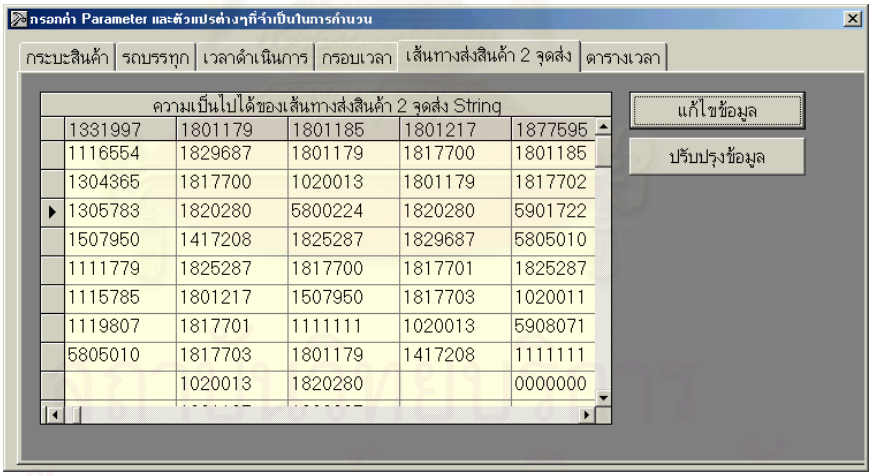
เป็นค่าพารามิเตอร์ที่ใช้กำหนดค่ากรอบเวลา หรือข้อจำกัดด้านเวลาในการขึ้นน้ำ เวลารับสินค้า และเวลาห้ามเดินรถในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล



รูปที่ 4.39 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานในการรับค่าพารามิเตอร์กรอบเวลา

5. ค่าพารามิเตอร์ความเป็นไปได้ของเส้นทาง

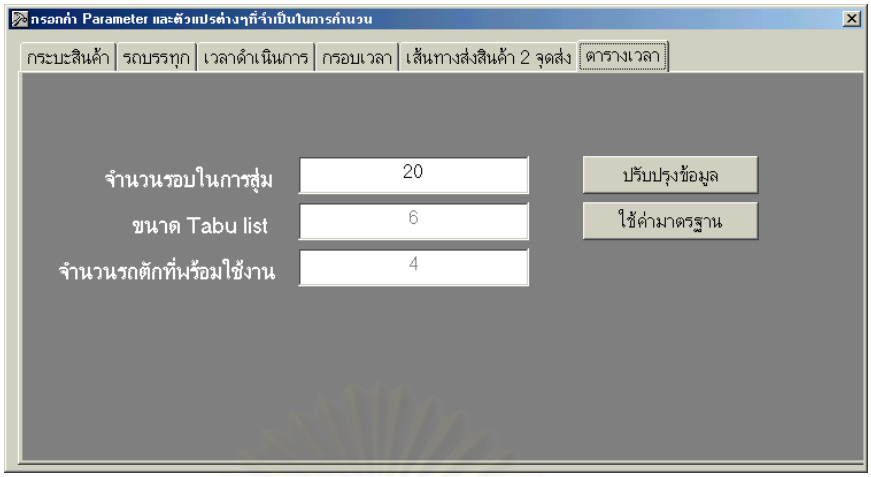
เป็นค่าตัวแปรที่แสดงความเป็นไปได้ในการส่งสินค้า 2 จุดส่งหรือลูกค้า 2 สาขาในเส้นทางเดียวกัน โดยการกำหนดรหัสลูกค้าที่สามารถนำมาจัดส่งในเส้นทางเดียวกับรหัสลูกค้าในเส้นทางหลัก



รูปที่ 4.40 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานในการรับค่าพารามิเตอร์ความเป็นไปได้ของเส้นทาง

6. ค่าพารามิเตอร์อื่นๆ

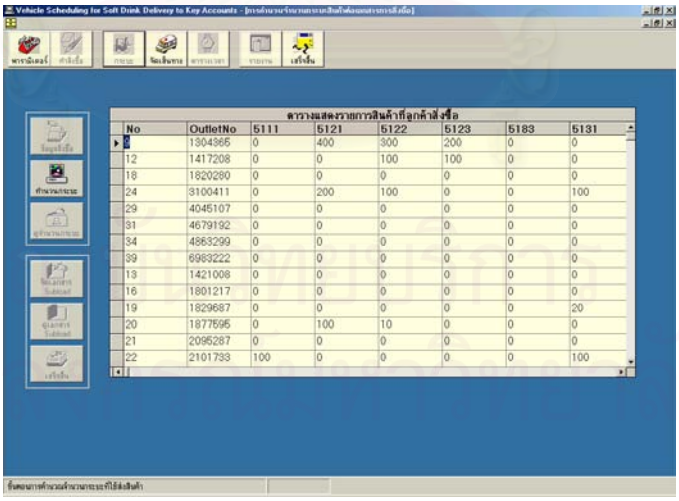
เป็นค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับจำนวนรอบในการสุ่มหาคำตอบ ขนาด Tabu List ที่ใช้เก็บ List งานในรอบการสุ่มแต่ละรอบ และค่าความสามารถในการขึ้นน้ำ



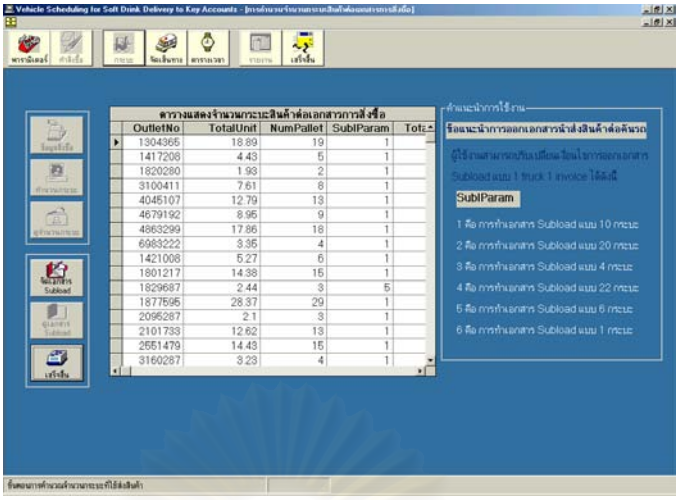
รูปที่ 4.41 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานในการรับค่าพารามิเตอร์อื่นๆ

4.4.4 การคำนวณจำนวนกระบะสินค้า

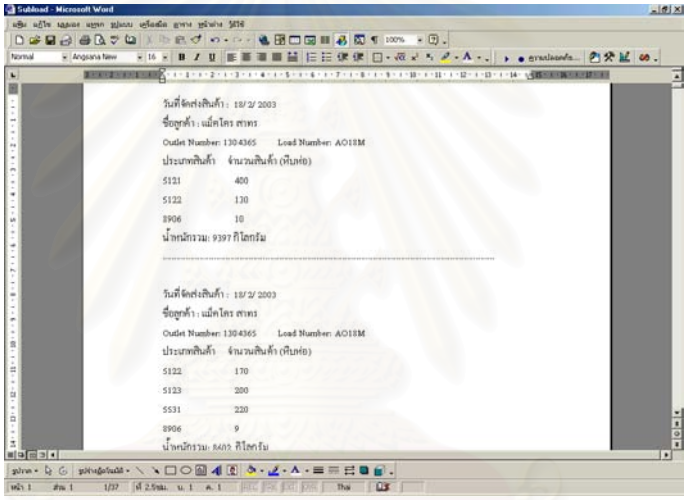
การคำนวณจำนวนกระบะสินค้าได้ทำการออกแบบให้รับข้อมูลคำสั่งซื้อมาทำการคำนวณหาจำนวนกระบะสินค้าต่อคำสั่งซื้อ โดยกำหนดลำดับขั้นตอนในการคำนวณเป็นการคำนวณจำนวนกระบะ การเลือกรูปแบบการรายงานผลซึ่งผู้ใช้งานสามารถกำหนดการรายงานผลจำนวนกระบะได้ตามขนาดความจุของรถบรรทุกเป็นกระบะ จำแนกตามคำสั่งซื้อ



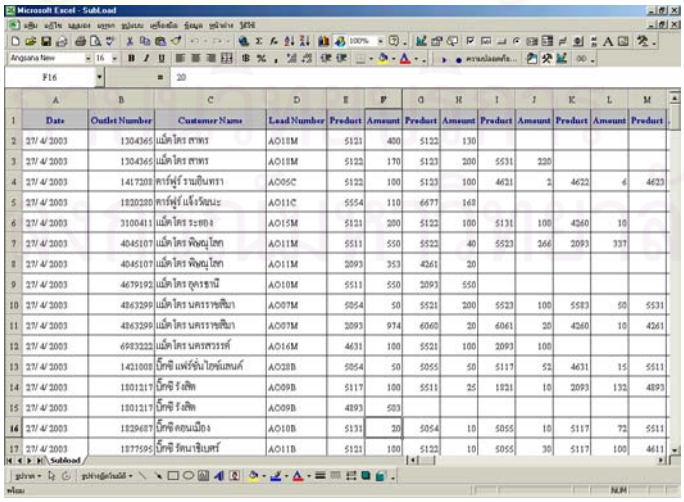
รูปที่ 4.42 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานในการคำนวณจำนวนกระบะสินค้า



รูปที่ 4.43 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานในการเลือกรูปแบบการรายงานผลจำนวนกระบะสินค้า



รูปที่ 4.44 รายงานผลการคำนวณจำนวนกระบะสินค้าในรูปเอกสาร Microsoft Word



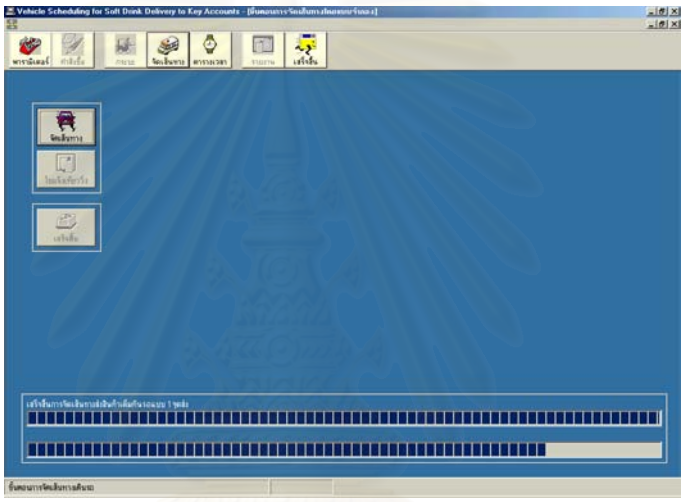
รูปที่ 4.45 รายงานผลการคำนวณจำนวนกระบะสินค้าในรูปเอกสาร Microsoft Excel

4.4.5 การจัดเส้นทางเดินรถ

การจัดเส้นทางเดินรถได้ทำการออกแบบการคำนวณเป็น 2 ส่วนหลักคือส่วนที่ทำการจัดเส้นทางเดินรถโดยแบบจำลอง และส่วนที่ทำการจัดเส้นทางโดยผู้ใช้งาน

1. จัดเส้นทางเดินรถโดยแบบจำลอง

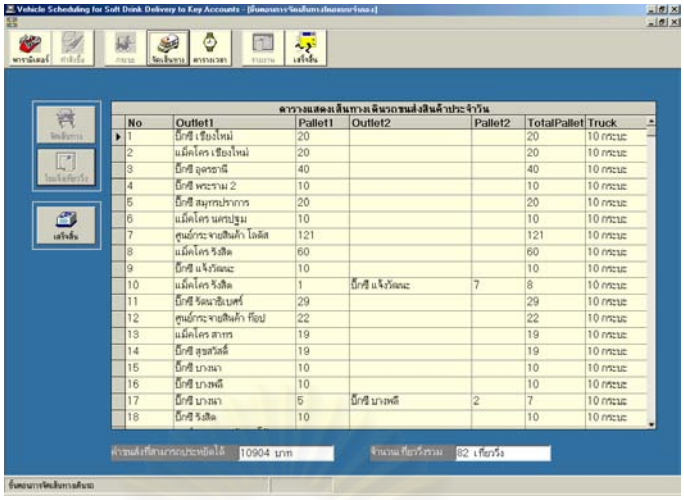
เป็นส่วนที่รับข้อมูลจำนวนกระบะสินค้าต่อคำสั่งซื้อมาทำการคำนวณจัดเส้นทางเดินรถตามเงื่อนไขของแบบจำลอง



รูปที่ 4.46 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานในการจัดเส้นทางเดินรถโดยแบบจำลอง

สำหรับส่วนรายงานผลการจัดเส้นทางเดินรถประกอบด้วยข้อมูลสาขาลูกค้า จำนวนกระบะสินค้าต่อเส้นทาง ประเภทรถบรรทุกที่ใช้ จำนวนเงินที่สามารถประหยัดได้จากการส่งสินค้า 2 จุดส่ง และจำนวนเที่ยววิ่งรวม

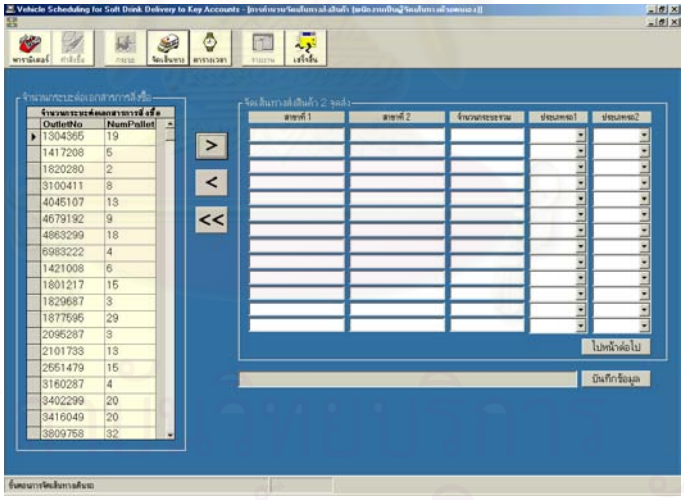
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.47 ส่วนรายงานผลการจัดเส้นทางเดินรถโดยแบบจำลอง

2. จัดเส้นทางเดินรถโดยผู้ใช้งาน

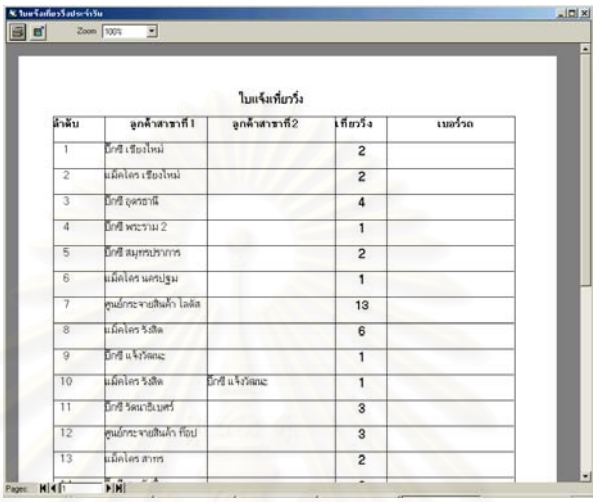
เป็นส่วนที่กำหนดให้ผู้ใช้งานสามารถกำหนดเส้นทางเดินรถได้ตามความเหมาะสมหรือ ตามความเห็นของผู้ใช้งาน เพื่อให้เส้นทางที่ได้เหมาะสมมากที่สุด



รูปที่ 4.48 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานในการจัดเส้นทางเดินรถโดยผู้ใช้งาน

สำหรับส่วนรายงานผลการจัดเส้นทางเดินรถประกอบด้วยข้อมูลต่างๆ เช่นเดียวกับการรายผลในส่วนของเส้นทางเดินรถที่ได้จากแบบจำลอง

เมื่อทำการจัดเส้นทางเดินรถเสร็จสิ้น โปรแกรมจำทำการแสดงรายงานผลการจัดเส้นทางเดินรถในรูปใบแจ้งเที่ยววิ่ง ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลแยกตามรายเส้นทาง ชื่อลูกค้าสาขาที่หนึ่ง และสาขาที่สอง จำนวนเที่ยววิ่งหรือจำนวนรถบรรทุกที่ใช้ และส่วนที่ใช้ในการกรอกหมายเลขรถบรรทุกที่จะใช้ในการขนส่งในเส้นทางนั้นๆ ซึ่งจะกำหนดโดยผู้รับจ้างขนส่งสินค้า ดังรูปที่ 4.49



รูปที่ 4.49 รายงานผลการจัดเส้นทางเดินรถในรูปใบแจ้งเที่ยววิ่ง

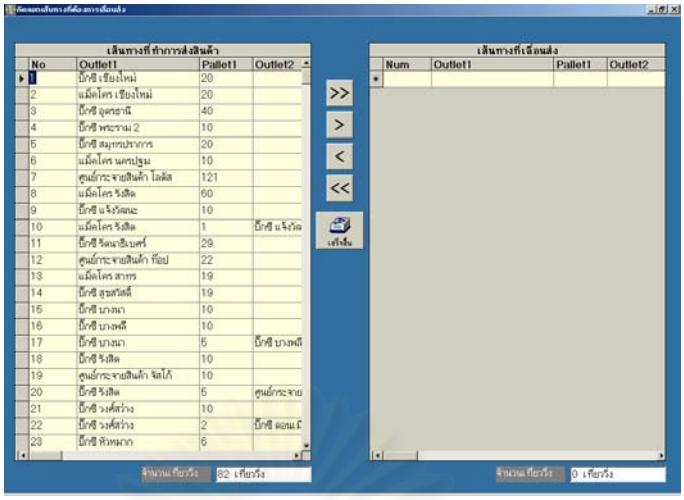
4.4.6 การจัดตารางเวลาเดินรถ

การจัดตารางเวลาเดินรถได้ออกแบบเป็น 2 ส่วนหลักคือ ส่วนทำการคำนวณ ซึ่งประกอบด้วย ส่วนที่ใช้ในการคัดแยกเส้นทางเดินรถ และส่วนการจัดตารางเวลาเดินรถตามแบบจำลอง ส่วนแสดงผล ประกอบด้วย การรายงานผลตารางเวลา และการรายงานผลแผนภูมิ Gantt Chart ของงานแต่ละงาน

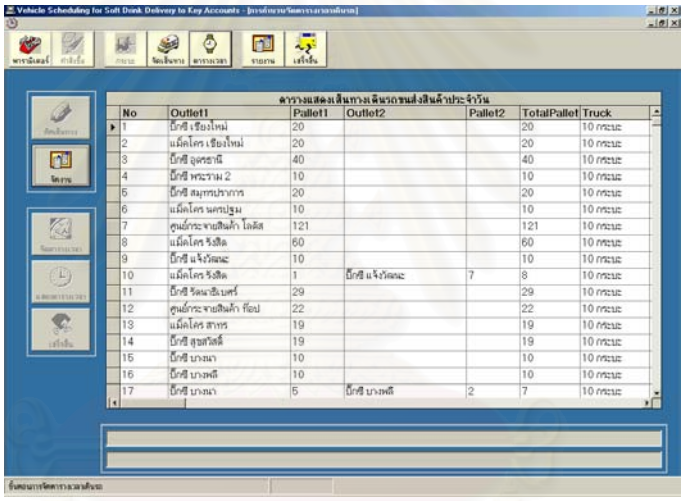
1. ส่วนทำการคำนวณ

ได้ออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานให้สามารถทำการคัดแยกเส้นทางเดินรถที่เห็นควรว่าให้เลื่อนส่งสินค้า หรือ รอคำสั่งซื้อเพิ่มเติม และส่วนคำนวณจัดตารางเวลาเดินรถตามข้อมูลเส้นทางเดินรถที่ได้คัดแยกเส้นทางแล้ว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.50 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานในการคัดแยกเส้นทางเดินรถโดยผู้ใช้งาน



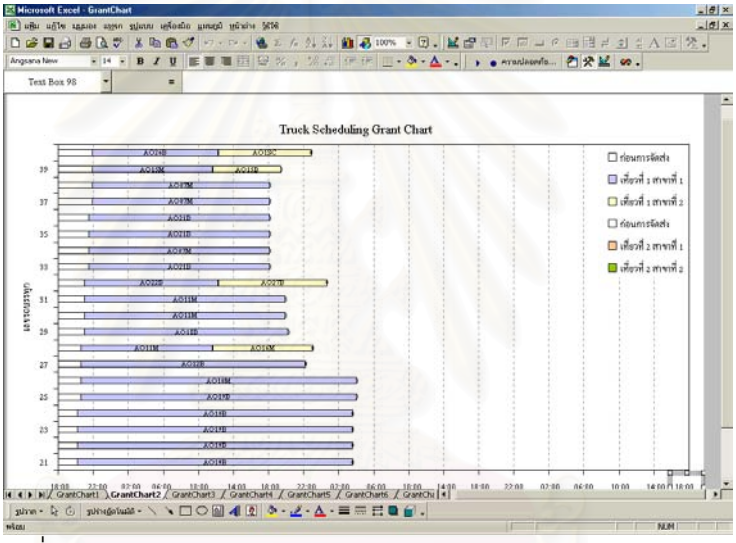
รูปที่ 4.51 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานในการจัดตารางเวลาเดินรถ

2. ส่วนแสดงผล

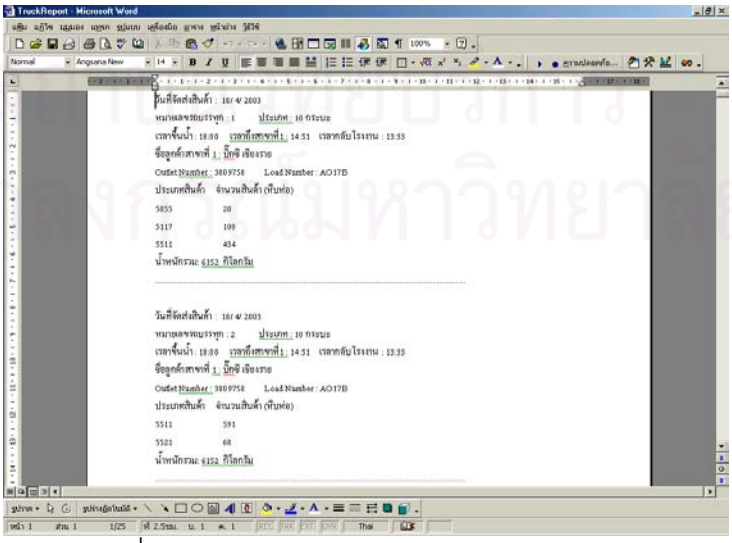
สำหรับการรายงานผลการจัดตารางเวลาเดินรถได้ออกแบบไว้ 3 ส่วนคือ ส่วนที่หนึ่ง แสดงตารางเวลาของแต่ละงาน ซึ่งมีรายละเอียด หมายเลขรถบรรทุก ชื่อลูกค้า เวลาขึ้นน้ำ เวลาออกจากโรงงาน เวลาถึงสาขาลูกค้า และเวลาเดินทางถึงโรงงาน ส่วนที่สองเป็นการรายงานผลในรูปของแผนภูมิ Gantt Chart ของแต่ละงาน ซึ่งมีรายละเอียด หมายเลขรถบรรทุก และแท่งกราฟแท่งแสดงเวลาโดยรวมในการดำเนินการ ส่วนสุดท้ายเป็นรายงานสรุปการจัดตารางเวลาเดินรถ ซึ่งมีรายละเอียดรวมในส่วนของข้อมูลการคำนวณจำนวนกระบะสินค้า เส้นทางเดินรถ และตารางเวลาเดินรถแยกตามคันรถบรรทุก

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	ตารางแสดงเวลาดำเนินการของรถบรรทุกแต่ละคัน							
2	รถบรรทุก	สาขาที่ 1	สาขาที่ 2	เวลาขึ้นน้ำ	เวลาออกจากโรงงาน	เวลาถึงสาขาที่ 1	เวลาถึงสาขาที่ 2	เวลาถึงโรงงาน
3	1	บิ๊กซี เชียงราย	บิ๊กซี ลำปาง	18:00	18:20	14:22	9:00	1:06
4	2	คาร์ฟูร์ เชียงใหม่	บิ๊กซี เชียงใหม่	18:00	18:20	11:37	13:43	8:36
5	3	แม็คโคร อุบลราชธานี		18:00	18:20	11:41		6:38
6	4	บิ๊กซี ลำปาง		18:00	18:20	9:00		1:06
7	5	บิ๊กซี อุดรธานี		18:20	18:40	9:00		0:36
8	6	บิ๊กซี ขอนแก่น		18:20	18:40	9:00		21:17
9	7	บิ๊กซี พิษณุโลก	แม็คโคร นครสวรรค์	18:20	18:40	9:00	13:09	21:00
10	8	แม็คโคร สุรินทร์		18:20	18:40	9:00		19:32
11	9	บิ๊กซี พิษณุโลก		18:40	19:00	9:00		19:12
12	10	แม็คโคร พิษณุโลก		18:40	19:00	9:00		18:51
13	11	แม็คโคร นครราชสีมา		18:40	19:00	9:00		17:06
14	12	แม็คโคร นครราชสีมา		18:40	19:00	9:00		17:06
15	13	ศิลาบริการ	บิ๊กซี นครราชสีมา	19:00	19:20	9:00	11:06	19:12
16	14	แม็คโคร นครสวรรค์		19:00	19:20	9:00		16:51

รูปที่ 4.52 รายงานผลการจัดตารางเวลาเดินรถในรูปตารางเวลา



รูปที่ 4.53 รายงานผลการจัดตารางเวลาเดินรถในรูป Gantt Chart



รูปที่ 4.54 รายงานสรุปการจัดตารางเวลาเดินรถ

บทที่ 5

การตรวจสอบแบบจำลอง

การตรวจสอบแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น มีจุดประสงค์เพื่อให้ได้แบบจำลองที่สามารถใช้เป็นตัวแทนของระบบงานจริง และเพื่อให้ได้แบบจำลองที่มีประสิทธิภาพ และความน่าเชื่อถือในการนำไปใช้งานหรือช่วยในการตัดสินใจ (Banks, 1984) โดยการตรวจสอบแบบจำลองประกอบด้วย การตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของแบบจำลอง (Verification) และการตรวจสอบความน่าเชื่อถือ และความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง (Validation)

5.1 การตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของแบบจำลอง (Verification)

การตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของแบบจำลอง เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของโครงสร้างของแบบจำลองในส่วนของชุดคำสั่งที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง (Computer Code) ความสัมพันธ์ของข้อมูลและ ค่าพารามิเตอร์หรือตัวแปรต่างๆ (Banks, 1984)

การตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของแบบจำลอง ใช้วิธีการของ Banks (1998) ซึ่งมีขั้นตอนการตรวจสอบดังนี้

1 การตรวจสอบแบบไม่มีการประมวลผล (Static)

การตรวจสอบโครงสร้างของโปรแกรม (Structural Analysis)

เป็นการตรวจสอบว่าขั้นตอนในการทำงานของโปรแกรมตามชุดคำสั่งเป็นไปตามที่กำหนดกระบวนการทำงานไว้ในผังการทำงาน Flow Chart หรือไม่

การตรวจสอบไวยากรณ์ (Syntax Analysis)

เป็นการตรวจสอบไวยากรณ์ของชุดคำสั่งที่ใช้กำหนดการทำงานของโปรแกรม ว่าเป็นไปตามหลักการเขียนหรือไวยากรณ์ของโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองหรือไม่

การตรวจสอบค่าตัวแปร (Data Analysis)

เป็นการตรวจสอบค่าของตัวแปรหรือปัจจัยต่างๆ ว่ามีการกำหนด ชนิด ประเภท และค่าของตัวแปรเป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่

2. การตรวจสอบแบบประมวลผลแบบจำลอง (Dynamic)

เป็นการตรวจสอบโดยการทดลองประมวลผลโปรแกรมเพื่อพิจารณาข้อมูลที่นำเข้า ข้อมูลระหว่างการประมวลผล และข้อมูลผลลัพธ์ในแต่ละส่วนย่อยของโปรแกรม ว่าค่าของผลลัพธ์ที่ได้เป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่

5.1.1 การตรวจสอบแบบไม่มีการประมวลผลแบบจำลอง

5.1.1.1 การตรวจสอบโครงสร้างของโปรแกรม

โครงสร้างของโปรแกรมประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ โปรแกรมคำนวณจำนวนกระบะ โปรแกรมจัดเส้นเส้นทางเดินรถ และโปรแกรมจัดตารางเวลาเดินรถ โดยในแต่ละโปรแกรมหลักจะประกอบด้วยโปรแกรมย่อยซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ในการคำนวณ และประมวลผลในฟังก์ชันต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมหลักนั้นๆ

ในการตรวจสอบโครงสร้างของโปรแกรม เริ่มจากการตรวจสอบขั้นตอนการทำงานให้ถูกต้องตามที่กำหนดในผังการทำงานของโปรแกรม (Flow Chart) โดยการทดสอบจะแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

1. การตรวจสอบโปแกรมหลัก ประกอบด้วย

ตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมหลักในการเรียกใช้โปรแกรมย่อยขึ้นมาทำงานตามฟังก์ชันนั้นๆ

- ตรวจสอบการส่งถ่ายค่าตัวแปรต่างๆ ระหว่างโปรแกรมหลักและโปรแกรมย่อย
- ตรวจสอบการส่งถ่ายผลการคำนวณระหว่างโปรแกรมหลัก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. การตรวจสอบโปรแกรมย่อย ประกอบด้วย

- ตรวจสอบการรับค่าตัวแปรจากโปรแกรมหลัก และการส่งค่าผลลัพธ์กลับไปยังโปรแกรมหลัก
- ตรวจสอบลำดับขั้นตอนในการคำนวณของโปรแกรมย่อย

5.1.1.2 การตรวจสอบไวยากรณ์

ในส่วนของการตรวจสอบไวยากรณ์ของชุดคำสั่งนั้น สามารถตรวจสอบและทำการแก้ไขได้ในขณะที่ทำการเขียนโปรแกรม เนื่องจากโปรแกรม Microsoft Visual Basic รุ่น 6.0 มีระบบที่ใช้ในการตรวจสอบแก้ไขไวยากรณ์ของชุดคำสั่งแบบอัตโนมัติ กล่าวคือเมื่อเกิดข้อผิดพลาดขึ้นในขณะที่ทำการเขียนชุดคำสั่งโปรแกรมจะทำการแจ้งเตือนข้อผิดพลาดและทำการแก้ไขได้ทันที

5.1.1.3 การตรวจสอบค่าตัวแปร

การตรวจสอบค่าตัวแปรสามารถตรวจสอบได้โดยการพิจารณา ชนิด ประเภทของตัวแปรที่มีการประกาศใช้ในการเขียนชุดคำสั่ง ว่าถูกต้องหรือไม่เช่น

จำนวนกระบะสินค้า	เป็นตัวแปรชนิดจำนวนเต็ม
จำนวนสินค้า	เป็นตัวแปรชนิดจำนวนเต็ม
ชื่อลูกค้า	เป็นตัวแปรชนิดตัวอักษร

5.1.2 การตรวจสอบแบบประมวลผลแบบจำลอง

เมื่อทำการตรวจสอบโครงสร้างโปรแกรมในส่วนของลำดับขั้นตอนในการทำงานไวยากรณ์ของชุดคำสั่งและค่าตัวแปรต่างๆ เสร็จสิ้น จะทำการทดสอบการทำงานของโปรแกรมโดยรวมโดยการประมวลผลโปรแกรมเพื่อตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมหลักและโปรแกรมย่อย โดยใช้วิธีการตรวจสอบจากส่วนหลักไปยังส่วนย่อย (Bottom-Up Testing) โดยพิจารณาข้อมูลที่มีการส่งค่าระหว่างโปรแกรมหลักและโปรแกรมย่อย รวมถึงข้อมูลเข้าและออกว่าถูกต้องตามกระบวนการหรือไม่

การตรวจสอบสามารถทำได้โดยใช้ระบบตรวจสอบและติดตามการประมวลผลของโปรแกรมที่ใช้พัฒนาแบบจำลองที่เรียกว่า Step Into และ Break Point โดย Step Into จะใช้ตรวจสอบและติดตามการทำงานเป็นรายบรรทัดของชุดคำสั่ง เพื่อดูการทำงาน การส่งค่าตัวแปรต่างๆ ซึ่งในกรณีที่พบข้อผิดพลาดจะทำการกำหนดจุด Break Point ไว้ที่บรรทัดที่เกิดข้อผิดพลาด เมื่อทำการแก้ไขแล้ว สามารถทำการประมวลผลต่อจากบรรทัดที่ทำการแก้ไขใหม่ได้ทันที โดยไม่ต้องเริ่มทำการประมวลผลใหม่

5.2 **การตรวจสอบความน่าเชื่อถือและความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง** (Validation)

เมื่อโครงสร้างของโปรแกรม การส่งถ่ายข้อมูล ขั้นตอนการคำนวณรวมถึงค่าตัวแปรต่างๆ มีความถูกต้องแล้ว จำเป็นต้องมีการทดสอบความน่าเชื่อถือและความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง เพื่อให้ได้แบบจำลองที่มีความน่าเชื่อถือ สามารถเป็นตัวแทนของระบบงานจริงได้ และนำไปใช้งานจริงได้อย่างเหมาะสม

การตรวจสอบความน่าเชื่อถือและความสมเหลุสมผลของแบบจำลองมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อสมมุติฐานของแบบจำลอง (Validation of Model Assumptions)
เป็นการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของหลักการที่ใช้ในการคำนวณ ทั้งในส่วนของโครงสร้างของแบบจำลองและข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง

2. การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของข้อมูลเข้าและออกแบบจำลอง (Validating Input-Out Transformation)
เป็นการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง กล่าวคือ เมื่อปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งมีการเปลี่ยนแปลงย่อมส่งผลต้อผลลัพธ์ที่ได้ตามสาณการณ์จริงหรือสมเหตุสมผลตามที่ควรจะเป็น

3. การตรวจสอบความสมเหตุของผลลัพธ์โดยใช้ข้อมูลที่ผ่านมาในการตรวจสอบ (Input-Output Validation : Using Historical Input Data)
เป็นการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลที่มีการจัดเก็บไว้จากระบบจริงมาตรวจสอบกับผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง เพื่อความถูกต้องและความเหมาะสมของผลลัพธ์

4. การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์โดยใช้การทดสอบจริง (Input-Output Validation : Using A Turing Test)
เป็นการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองโดยการทดสอบตามสภาพงานจริง โดยผู้ใช้งานหรือผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบงานเป็นผู้ตรวจสอบ และลงความเห็นในส่วนของข้อแตกต่างของผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองแบบสภาพจริงซึ่งถ้าผลลัพธ์ที่ได้มีความใกล้เคียงกันก็สามารถกล่าวได้ว่าแบบจำลองดังกล่าวมีความสมเหตุสมผลตามสภาพงานจริง

5.2.1 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อสมมุติฐานของแบบจำลอง

การตรวจสอบได้อาศัยการสอบถามจากผู้ที่เกี่ยวข้องและมีประสบการณ์ในหน่วยงานตัวอย่าง ถึงความเหมาะสมและข้อเสนอแนะที่เกี่ยวข้องกับหลักการในการทำงานของแบบจำลอง โดยในการตรวจสอบนั้นจะแบ่งเป็น 3 ส่วนตามโครงสร้างหลักของโปรแกรมคือ การคำนวณจำนวนกระบะ การจัดเส้นทางเดินรถ และการจัดตารางเวลาเดินรถ ซึ่งได้ผลการตรวจสอบดังตาราง

ตารางที่ 5.1 ผลการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อสมมุติฐานของแบบจำลอง

โปรแกรมหลัก	ความเหมาะสมของสมมุติฐาน	ข้อเสนอแนะ
การคำนวณจำนวนกระบะ	มีความเหมาะสม	-
การจัดเส้นทางเดินรถ	มีความเหมาะสม	แสดงข้อมูลเปรียบเทียบการจัดเส้นทางโดยแบบจำลองและโดยผู้ใช้งานในรูปของค่าขนส่งที่สามารถประหยัดได้ (บาท)
การจัดตารางเวลาเดินรถ	มีความเหมาะสม	ควรปรับข้อมูลเวลาที่ใช้ในการดำเนินการขึ้นน้ำเป็น เวลาที่ใช้ในการขึ้นน้ำและเวลาคลุมผ้าใบ

5.2.2 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของข้อมูลเข้าและออกแบบจำลอง

การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของข้อมูล หรือปัจจัยต่างๆในแบบจำลองจะใช้วิธีการทดลองผันแปรปัจจัยที่มีความสำคัญต่อระบบงานและส่งผลต่อประสิทธิภาพของโปรแกรมอย่างชัดเจน โดยจะเลือกทดสอบผันแปรปัจจัยในโปรแกรมหลักที่ใช้ในการจัดตารางเวลาเดินรถที่สำคัญคือ

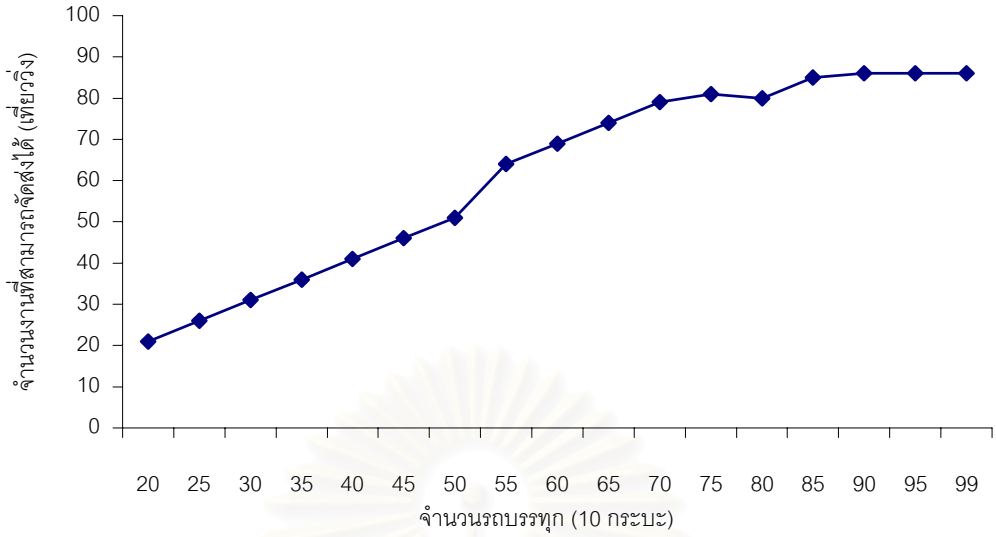
1. จำนวนรถบรรทุกขนาด 10 กระบะ และจำนวนงานที่สามารถจัดส่งได้
กล่าวคือ เมื่อจำนวนรถบรรทุกเพิ่มขึ้นจำนวนงานที่สามารถจัดส่งได้ย่อมเพิ่มขึ้น

2. เวลาที่ใช้ในการขึ้นน้ำ และจำนวนงานที่สามารถจัดส่งได้
กล่าวคือ การใช้เวลาในการขึ้นน้ำลดลง รถบรรทุกแต่ละคันสามารถขึ้นน้ำได้ทันเวลา สามารถส่งสินค้าให้ลูกค้าได้ ย่อมทำให้จำนวนงานที่สามารถจัดส่งได้เพิ่มสูงขึ้น

3. เวลาที่ใช้ในการรอคอยลงน้ำ และจำนวนงานที่สามารถจัดส่งได้
กล่าวคือ การใช้เวลาที่สูญเสียไปในการรอคอยหรือต่อแถวคอยเพื่อลงน้ำที่จุดรับสินค้าของลูกค้า ย่อมส่งผลให้จำนวนงานที่สามารถจัดส่งได้ และโอกาสในการหมุนรถกลับมาใช้ในเที่ยววิ่งที่สองได้เพิ่มขึ้น

5.2.2.1 จำนวนรถบรรทุกขนาด 10 กระบะ และจำนวนงานที่สามารถจัดส่งได้

เนื่องจากรถบรรทุกขนาด 10 กระบะเป็นประเภทรถมาตรฐานที่ใช้งานเป็นประจำและมีจำนวนมากที่สุด การทดสอบจึงใช้การผันแปรจำนวนรถบรรทุกขนาด 10 กระบะ โดยกำหนดให้ปัจจัยอื่นๆคงที่ภายใต้จำนวนงานที่พิจารณา 90 งาน ได้ผลการทดสอบดังรูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรถบรรทุกขนาด 10 กระบะกับจำนวนงานที่สามารถทำได้



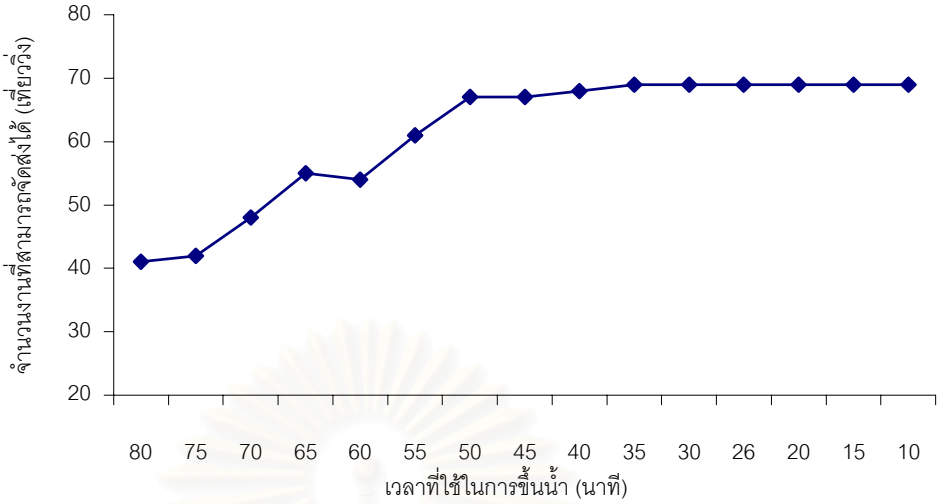
รูปที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรถบรรทุกขนาด 10 กระบะ
กับจำนวนงานที่สามารถทำได้

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรถบรรทุกขนาด 10 กระบะกับจำนวนงานที่สามารถจัดส่งได้พบว่าเมื่อกำหนดปัจจัยอื่นๆให้คงที่ จำนวนรถบรรทุกที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลถึงจำนวนงานที่สามารถจัดส่งได้เพิ่มขึ้น และค่อยๆคงที่แม้จำนวนรถบรรทุกจะเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกล่าวคือ

- ข้อจำกัดช่วงเวลาในการขึ้นน้ำ และเวลาที่ใช้ในการขึ้นน้ำจะเป็นปัจจัยที่จำกัดจำนวนงานที่สามารถขึ้นน้ำได้ แม้จะมีจำนวนรถบรรทุกเท่ากับหรือมากกว่าจำนวนงานที่ต้องส่ง
- กรอบเวลาในการรับสินค้าจะเป็นปัจจัยที่กำหนดว่างานที่สามารถขึ้นน้ำได้ทันเวลาจะสามารถจัดส่งสินค้าได้ทันเวลาที่ลูกค้ารับสินค้าหรือไม่

5.2.2.2 เวลาที่ใช้ในการขึ้นน้ำ และจำนวนงานที่สามารถจัดส่งได้

เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการขึ้นน้ำเป็นปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการนำสินค้าขึ้นรถบรรทุก ตลอดจนจัดส่งสินค้าให้ลูกค้าได้ถูกต้อง ตรงเวลา การทดสอบจึงใช้การผันแปรค่าเวลาที่ใช้ในการขึ้นน้ำจากค่าปกติ 26 นาที โดยกำหนดให้ปัจจัยอื่นๆคงที่ ภายใต้จำนวนงานที่พิจารณา 90 งาน ได้ผลการทดสอบดังรูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการขึ้นน้ำกับจำนวนงานที่สามารถจัดส่งได้



รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการขึ้นน้ำกับ
จำนวนงานที่สามารถจัดส่งได้

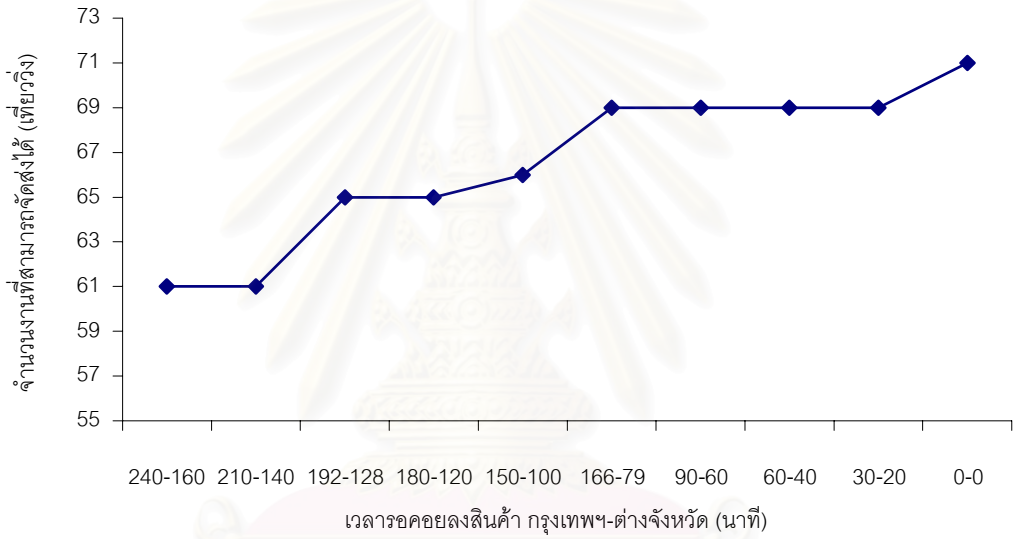
จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการขึ้นน้ำกับจำนวนงานที่สามารถจัดส่งได้พบว่า เวลาที่ใช้ในการขึ้นน้ำที่ลดลงจะส่งผลต่อจำนวนงานที่สามารถจัดส่งได้เพิ่มขึ้นและคงที่เมื่อลดเวลาขึ้นน้ำจนถึงระดับหนึ่ง ในทางกลับกันเวลาที่ใช้ในการขึ้นน้ำที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้จำนวนงานที่สามารถจัดส่งได้ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง กล่าวคือ

- ข้อจำกัดช่วงเวลาในการขึ้นน้ำในช่วงที่หนึ่ง (18:00 -02:00 น.) และช่วงที่สอง (08:00 -15:00 น.) จะเป็นปัจจัยที่จำกัดจำนวนงานที่สามารถขึ้นน้ำได้ทันเวลา
- กรอบเวลาในการรับสินค้าจะเป็นปัจจัยที่กำหนดว่าสามารถส่งสินค้าได้ทันเวลาหรือไม่

ทั้งนี้การขึ้นน้ำเสร็จสิ้นในช่วงที่หนึ่ง จะมีโอกาสที่จะส่งสินค้าได้ทันเวลา ได้จำนวนงานมาก และสามารถหมุนรถบรรทุกส่งสินค้าในเที่ยววิ่งที่สองได้ จึงทำให้จำนวนงานที่สามารถจัดส่งได้เพิ่มสูงมากในช่วงเวลาขึ้นน้ำที่สามารถทำให้แต่ละงานขึ้นน้ำได้ทันเวลาในช่วงเวลาขึ้นน้ำช่วงที่หนึ่ง (18:00 -02:00 น.)

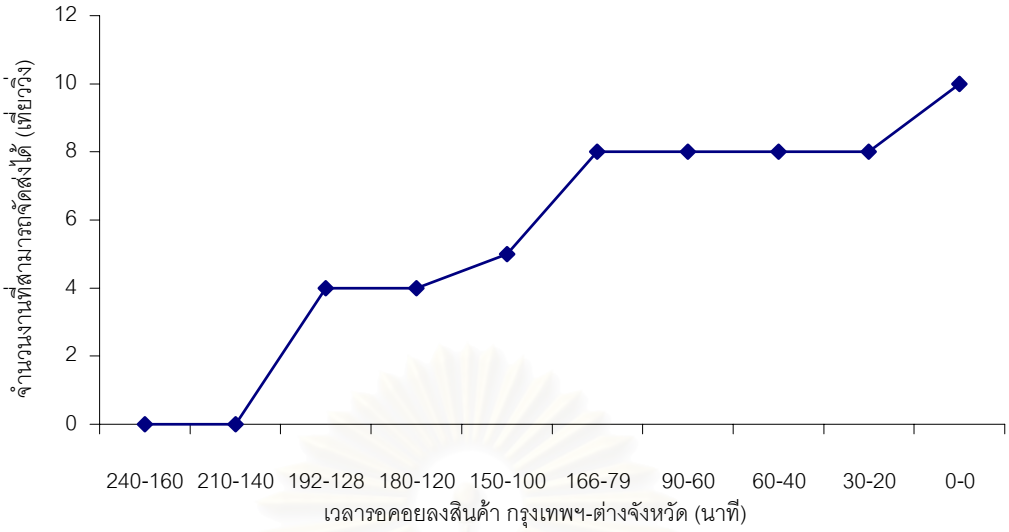
5.2.2.3 เวลาที่ใช้ในการรอคอยลงน้ำ และจำนวนงานที่สามารถจัดส่งได้

เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการรอคอยลงสินค้าอันเนื่องมาจากการต่อแถวคอยลงสินค้า ซึ่งเป็นปัจจัยที่ใช้เวลาค่อนข้างมาก และส่งผลต่อเวลาดำเนินการโดยรวมของการจัดส่ง รวมถึงการหมุนรถมาใช้ในการจัดส่งในเที่ยววิ่งที่สอง การทดสอบจึงทดลองผันแปรค่าเวลาที่ใช้ในการรอคอยลงน้ำจากค่าปกติ 116 และ 79 นาที ในเขตกรุงเทพและปริมณฑล และเขตต่างจังหวัดตามลำดับ โดยกำหนดให้ปัจจัยอื่นๆ คงที่ภายใต้จำนวนงานที่พิจารณา 90 งาน ได้ผลการทดสอบดังรูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการรอคอยลงน้ำกับจำนวนงานโดยรวมและจำนวนงานในเที่ยววิ่งที่สองที่สามารถจัดส่งได้



รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการรอคอยลงน้ำ
กับจำนวนงานโดยรวมที่สามารถจัดส่งได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการรอคอยลงน้ำ
กับจำนวนงานในเที่ยววิ่งที่สองที่สามารถจัดส่งได้

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการรอคอยลงน้ำกับจำนวนงานในเที่ยววิ่งที่สองที่สามารถจัดส่งได้ พบว่ามีความสอดคล้องกับความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการขึ้นน้ำกับจำนวนงานโดยรวมที่สามารถจัดส่งได้ กล่าวคือ

- เวลาที่ใช้ในการรอคอยลงน้ำที่ลดลง ส่งผลให้จำนวนงานที่สามารถจัดส่งได้เพิ่มขึ้น อีกทั้งเมื่อใช้เวลาในแต่ละงานลดลง จึงมีโอกาสที่สามารถหมุนรถกลับมาส่งสินค้าในเที่ยววิ่งที่สองได้เพิ่มมากขึ้น ดังรูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการรอลงน้ำกับจำนวนงานในเที่ยววิ่งที่สองที่สามารถจัดส่งได้

5.2.3 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์โดยใช้ข้อมูลที่ผ่านมา

การตรวจสอบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลที่ผ่านมาซึ่งได้มีการจัดเก็บไว้ เป็นการทดสอบเพื่อให้ทราบว่าผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนระบบงานจริงได้มากน้อยเพียงใด โดยการทดสอบจะแบ่งเป็น 3 ส่วนตามโปรแกรมหลัก คือ

1. ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์การคำนวณจำนวนกระบะสินค้า เปรียบเทียบจำนวนกระบะสินค้าที่ได้จากแบบจำลองกับการปฏิบัติงานจริง

2. ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์การจัดเส้นทางเดินรถ
เปรียบเทียบจำนวนเที่ยววิ่งที่ใช้ลดลงเนื่องจากการขนส่งสินค้า 2 จุดส่งในเส้นทางเดียวกันระหว่างแบบจำลองและการปฏิบัติงานจริง

3. ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์การจัดตารางเวลาเดินรถ
เปรียบเทียบจำนวนงานที่สามารถจัดส่งได้จากแบบจำลองกับการปฏิบัติงานจริง

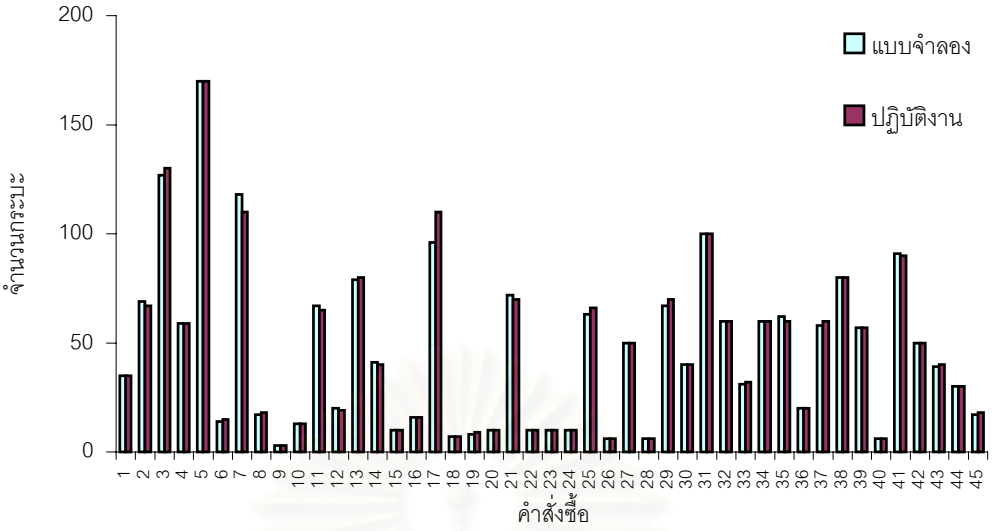
5.2.3.1 ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์การคำนวณจำนวนกระบะสินค้า

จากการเปรียบเทียบผลการคำนวณจำนวนกระบะสินค้าที่ได้จากการปฏิบัติงานจริงกับแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลคำสั่งซื้อจำนวน 45 คำสั่งซื้อ คือ

- 6 เมษายน 2545 จำนวน 12 คำสั่งซื้อ
- 3 พฤษภาคม 2545 จำนวน 20 คำสั่งซื้อ
- 5 พฤษภาคม 2545 จำนวน 13 คำสั่งซื้อ

ได้ผลการทดสอบดังรูปแสดงการเปรียบเทียบผลการคำนวณจำนวนกระบะสินค้าจากแบบจำลองกับการปฏิบัติงานจริง กล่าวคือ ผลการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกัน โดยบางกรณีที่ผลจากแบบจำลองด้อยกว่า ทั้งนี้เนื่องจาก ลักษณะ ประเภท และจำนวนสินค้าในแต่ละคำสั่งซื้อ กล่าวคือ

- คำสั่งซื้อที่มีรายการสินค้าปริมาณพอดีกับความจุกระบะสินค้า หรือขนาดรถบรรทุกมาตรฐาน 10 กระบะ ผลการคำนวณที่ได้จะมีความใกล้เคียงหรือเท่ากัน
- คำสั่งซื้อที่มีรายการสินค้าหลายประเภทแต่ละประเภทปริมาณไม่พอดีกับความจุกระบะ สินค้า หรือขนาดรถบรรทุกมาตรฐาน ทำให้ผลการคำนวณที่ได้จากแบบจำลองอาจด้อยกว่าการปฏิบัติงานจริง หากผู้ปฏิบัติงานใช้ความยืดหยุ่นในการบรรทุกสินค้าเกินความจุปกติของกระบะสินค้ามากๆ



รูปที่ 5.5 การเปรียบเทียบผลการคำนวณจำนวนกระบะสินค้า
จากแบบจำลองกับการปฏิบัติงานจริง

5.2.3.2 ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์การจัดเส้นทางเดินรถ

จากผลการเปรียบเทียบผลการคำนวณจัดเส้นทางเดินรถที่ได้จากการปฏิบัติงานจริงกับแบบจำลอง โดยใช้ชุดข้อมูลเส้นทางเดินรถจำนวน 20 วัน โดยสุ่มจาก 3 เดือนที่มีปริมาณการสั่งซื้อสินค้ามาก คือ

- 17 ม.ค. 2545 – 23 ม.ค. 2545
- 20 ก.พ. 2545 – 26 ก.พ. 2545
- 11 มี.ค. 2545 – 16 มี.ค. 2545

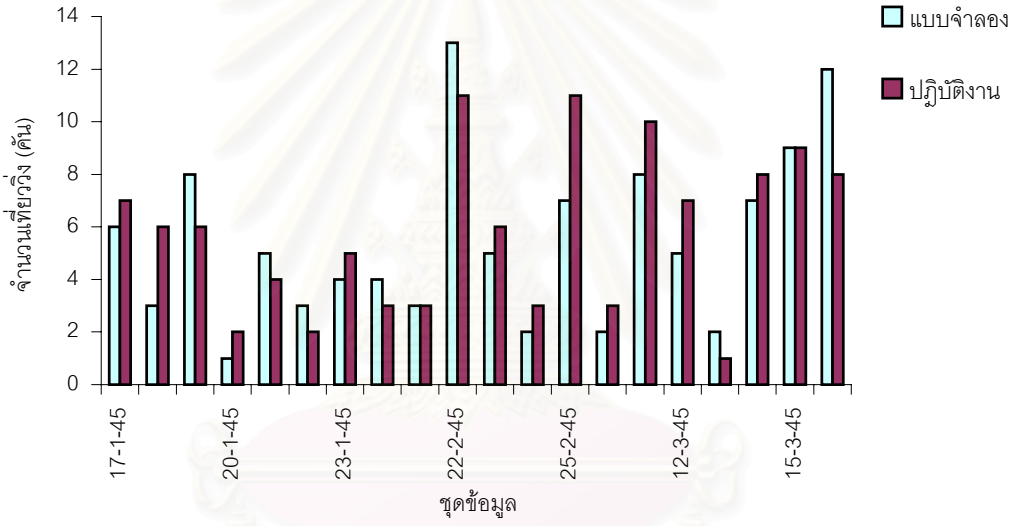
ได้ผลการทดสอบดังรูปแสดงการเปรียบเทียบผลการคำนวณจัดเส้นทางเดินรถจากแบบจำลองกับการปฏิบัติงานจริง กล่าวคือ ผลการคำนวณจากแบบจำลองด้อยกว่าการปฏิบัติงานจริงในบางกรณี เนื่องจาก

- ประเภทรถมาตรฐาน ที่แบบจำลองพิจารณาเป็นการควบเส้นทางของรถขนาด 10 กระบะแต่ในบางกรณีผู้ปฏิบัติงานมักใช้รถขนาดเล็กเช่น รถขนาด 1 กระบะ รถขนาด 4 กระบะ ในการส่งสินค้า 2 จุดส่งซึ่งเป็นสินค้าเศษไม่เต็ม

คันรถ หรือเป็นคำสั่งซื้อเพิ่มเติมระหว่างวัน ซึ่งผู้ปฏิบัติงานจะมีความยืดหยุ่นมากกว่าในการจัดสินค้าเศษ

- ความเหมาะสมของจำนวนกระบะสินค้ารวมในเส้นทางที่ส่งสินค้า 2 จุดส่ง โดยจากการสอบถามจากประสบการณ์ของพนักงานกำหนดให้มีจำนวนกระบะรวมในเส้นทางไม่น้อยกว่า 7 กระบะ แต่ในบางกรณีมีจำนวนกระบะรวมน้อยกว่า 7 กระบะ

ทั้งนี้ข้อด้อยดังกล่าวสามารถลดได้โดยการใช้ระบบการจัดเส้นทางโดยพนักงานเองในแบบจำลอง เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถปรับปรุงผลการคำนวณที่เสนอโดยแบบจำลองให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น



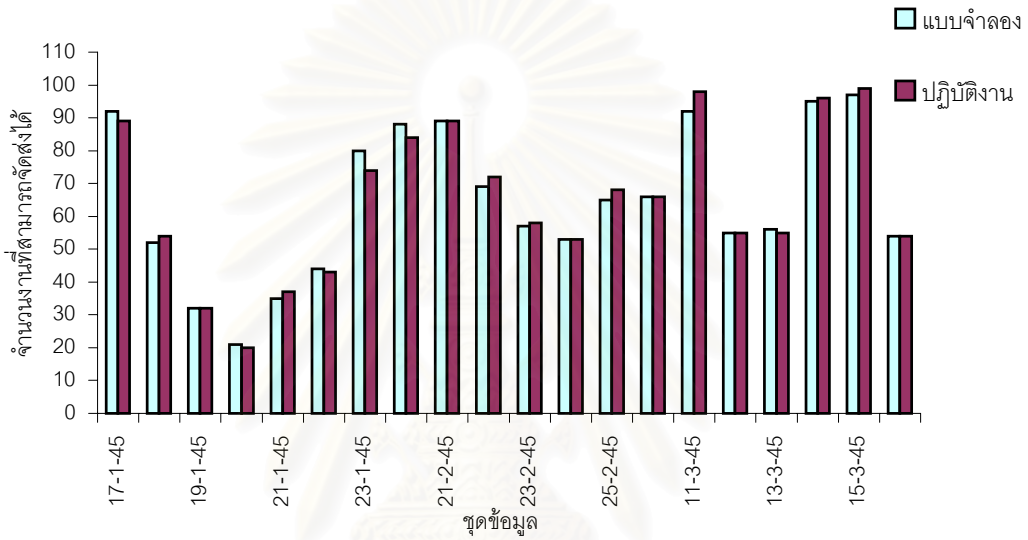
รูปที่ 5.6 การเปรียบเทียบผลการคำนวณจัดเส้นทางเดินรถจากแบบจำลองกับการปฏิบัติงานจริง

5.2.3.3 ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์การจัดตารางเวลาเดินรถ

จากผลการเปรียบเทียบผลการคำนวณจัดตารางเวลาเดินรถที่ได้จากการปฏิบัติงานจริงกับแบบจำลอง โดยใช้ชุดข้อมูลเส้นทางเดินรถจำนวน 20 วัน โดยสุ่มข้อมูลในช่วงการปฏิบัติ 3 เดือนที่มีปริมาณการสั่งซื้อสินค้ามาก คือ

- 17 ม.ค. 2545 – 23 ม.ค. 2545
- 20 ก.พ. 2545 – 26 ก.พ. 2545
- 11 มี.ค. 2545 – 16 มี.ค. 2545

ได้ผลการทดสอบดังรูปแสดงการเปรียบเทียบผลการจัดตารางเวลาเดินรถจากแบบจำลองกับการปฏิบัติงานจริง กล่าวคือ จำนวนงานที่สามารถจัดส่งได้มีค่าใกล้เคียงกันโดยบางกรณีที่ผลจากแบบจำลองด้อยกว่า ทั้งนี้เนื่องจาก สภาพปฏิบัติงานจริงในบางกรณี พนักงานมีความยืดหยุ่นในการนำรถกลับมาใช้งานในเที่ยววิ่งที่สองและสามได้มากกว่าแบบจำลองซึ่งมีข้อจำกัดของปัจจัยด้านเวลาในการดำเนินการคงที่ เช่น เวลาเดินทางกลับโรงงาน เวลาที่ใช้ในการรอคอยลงสินค้า ซึ่งสภาพจริงในกรณีที่กล่าวมา สูญเสียเวลาในการรอคอยลงสินค้าน้อยกว่าหรือสามารถลงสินค้าได้ทันที



รูปที่ 5.7 การเปรียบเทียบผลการจัดตารางเวลาเดินรถจากแบบจำลองกับการปฏิบัติงานจริง

5.2.4 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์โดยใช้การทดสอบจริง

การตรวจสอบจะใช้การทดสอบโปรแกรมโดยการใช้ข้อมูลจริง ซึ่งจะทำการทดสอบภาพรวมของโปรแกรมตั้งแต่การคำนวณจำนวนกระบะสินค้า การจัดเส้นทางเดินรถ และการจัดตารางเวลาเดินรถ โดยทำการออกแบบสอบถามประเมินความเชื่อมั่นแก่ผู้ใช้งานและผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อรับความคิดเห็นเกี่ยวกับความถูกต้อง ความเหมาะสมของการประมวลผลในประเด็นสำคัญ คือ

- การคำนวณจำนวนกระบะสินค้า
- การจัดเส้นทางเดินรถ
- การจัดตารางเวลาเดินรถ
- การนำไปใช้งานจริง

ในการประเมินความเชื่อมั่นในแต่ละประเด็นจะใช้การให้คะแนน ตามระดับคะแนน 1 ถึง 5 ซึ่งคะแนนเป็น 5 หมายถึงมีความเชื่อมั่นในแบบจำลองสูงมาก ผลการคำนวณเหมาะสมมาก และคะแนนเท่ากับ 1 หมายถึงมีความเชื่อมั่นในแบบจำลองในระดับต่ำ ผลการคำนวณที่ได้มีความเหมาะสมไม่มาก และไม่เพียงพอในการนำไปใช้งาน ผลการประเมินความเชื่อมั่นในแบบจำลองเป็นดังตาราง

ตารางที่ 5.2 ผลการประเมินความเชื่อมั่นที่มีต่อโปรแกรม

ประเด็นความเชื่อมั่น	คะแนน
ความเหมาะสมของส่วนการคำนวณจำนวนกระบะสินค้า	5.0
ความเหมาะสมของส่วนการจัดเส้นทางเดินรถ	3.7
ความเหมาะสมของส่วนการจัดตารางเวลาเดินรถ	4.0
ความเหมาะสมโดยรวมในการนำไปใช้งานจริง	4.3

จากผลการประเมินความเชื่อมั่นที่มีต่อแบบจำลองรวมถึงข้อเสนอแนะจากผู้ทำการประเมิน พบว่า

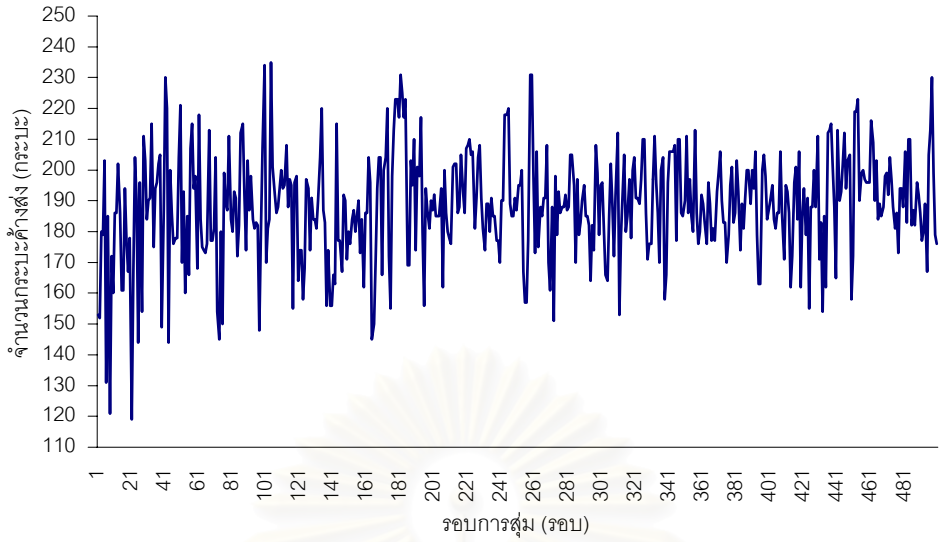
- ความเหมาะสมของส่วนการคำนวณจำนวนกระบะสินค้า มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด โดยสามารถทำการคำนวณได้ใกล้เคียงกับการคำนวณโดยพนักงาน อีกทั้งมีความยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขค่า ความจุหีบห่อต่อกระบะสินค้า ซึ่งจะสามารถช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถพิจารณาได้ว่าจะทำการคำนวณแบบจัดเรียงสินค้าบนกระบะมากกว่าความจุปกติได้ ตามความเหมาะสม
- ความเหมาะสมของส่วนการจัดเส้นทางเดินรถ มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง โดยผลการจัดเส้นทางด้วยแบบจำลองในบางกรณีมีข้อด้อยกว่าการจัดด้วยพนักงาน เนื่องจากการจัดเส้นทางโดยพนักงานมีความยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยนการรวมจุดส่งสินค้ามากกว่า อีกทั้งในบางเส้นทางที่ได้จากแบบจำลองอาจมีความยุ่งยากในการจัดส่ง เนื่องจากเป็นเส้นทางที่พนักงานขับรถบรรทุกไม่คุ้นเคยหรือไม่เคยทำการจัดส่งในเส้นทางดังกล่าว
- ความเหมาะสมของส่วนการจัดตารางเวลาเดินรถ มีความเหมาะสมมาก โดยตารางเวลาเดินรถที่ได้ สามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดรถเข้ามาขึ้นน้ำที่โรงงาน เพื่อลดเวลาการรอคอยขึ้นน้ำ อีกทั้งสามารถนำไปใช้เป็นตารางเวลา

มาตรฐานในการจัดส่งในแต่ละเส้นทางการจัดส่งได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตาม ตารางเวลาเดินรถที่ได้จากแบบจำลองยังมีข้อบกพร่องในกรณีที่ บางเส้นทางที่ใช้รถขนส่งมากกว่า 1 เที่ยววิ่ง เช่น ใช้รถบรรทุก 4 เที่ยววิ่ง หากมีรถบรรทุก 1 คันติดเวลาห้ามเดินรถบรรทุกหรือถูกจัดลำดับงานจนไม่สามารถขึ้นน้ำได้ทันเวลา ทำให้ไม่สามารถเดินทางไปส่งสินค้าได้ จะต้องมีการปรับเปลี่ยนลำดับในการดำเนินการของรถบรรทุกโดยพนักงานเองก่อนนำไปใช้งาน

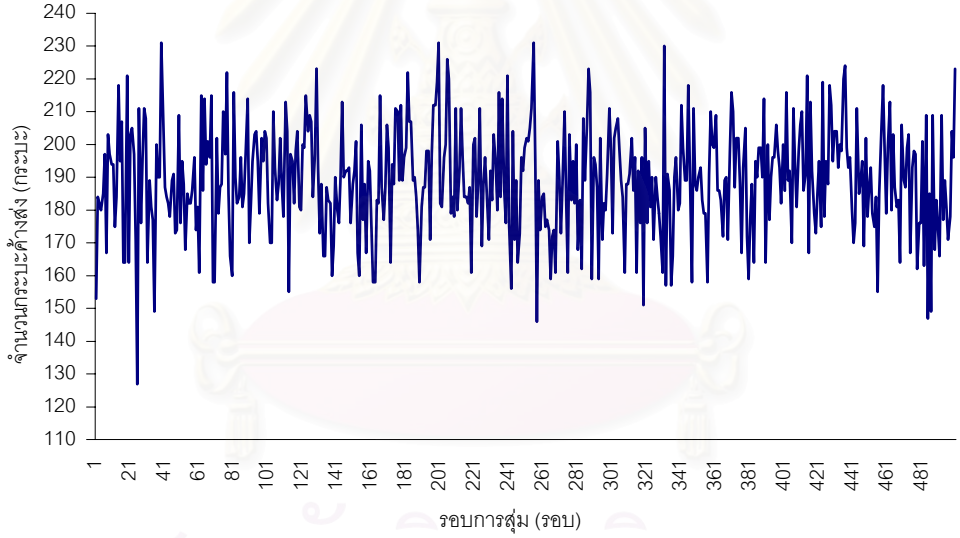
- ความเหมาะสมโดยรวมในการนำไปใช้งานจริง มีความเหมาะสมมาก โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมีระบบฐานข้อมูลที่สามารถนำไปเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูลการจัดส่งสินค้าของบริษัทตัวอย่างได้ รวมทั้งในส่วนของการคำนวณจัดเส้นทางเดินรถที่มีข้อด้อยกว่าการจัดโดยพนักงาน ก็มีระบบรองรับให้พนักงานสามารถทำการจัดเส้นทางได้เองตามที่เห็นสมควร ทั้งนี้ยังมีข้อด้อยบางประการในส่วนของระบบการออกเอกสารต่างๆ เช่น เอกสารควบคุมการตัดจ่ายน้ำของรถบรรทุกแต่ละคัน และเอกสารนำส่งสินค้า จะต้องมีการพัฒนาปรับปรุงให้สามารถทำงานร่วมกับระบบฐานข้อมูลของบริษัทตัวอย่างที่ใช้อยู่ได้อย่างเหมาะสม

นอกจากนี้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นยังสามารถลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการคำนวณโดยพนักงาน อีกทั้งช่วยลดเวลาในการทำงานจากเดิม 2-3 ชั่วโมง เมื่อคำนวณโดยพนักงาน เป็น 10 นาทีเมื่อคำนวณโดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ซึ่งสามารถช่วยแบ่งเบาภาระในการทำงานของพนักงานฝ่ายจัดส่งได้ รวมถึงเป็นระบบสนับสนุนช่วยในการตัดสินใจในการบริหารงานจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้ารายใหญ่ได้เป็นอย่างดี

เมื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลที่ได้กล่าวมาแล้ว ได้ทำการทดสอบประมวลผลโปรแกรมเพื่อทดสอบการคำนวณซ้ำตามจำนวนรอบในการสุ่มหาคำตอบ โดยทดสอบที่จำนวน 500 รอบการคำนวณ แล้วนำค่าจำนวนกระบะสินค้าค้างส่งที่น้อยที่สุดซึ่งเป็นตัววัดคุณภาพของคำตอบในแต่ละรอบการสุ่มมาเขียนเส้นแนวโน้ม เพื่อพิจารณาหาแนวโน้มของคุณภาพคำตอบตามวิธีฮิวริสติกส์ มากำหนดจำนวนรอบที่เหมาะสมในการสุ่มหาคำตอบ ซึ่งได้ผลการทดสอบดังนี้



รูปที่ 5.8 แนวโน้มผลการสุ่มหาลำดับการดำเนินการของรถบรรทุก
โดยวิธี Genetic แบบ Permutation ชนิดเลือก 2 จุดสลับ



รูปที่ 5.9 แนวโน้มผลการสุ่มหาลำดับการดำเนินการของรถบรรทุกโดยวิธี Genetic
แบบ Permutation ชนิดเลือก N จุดสลับ

จากผลการทดสอบจะเห็นว่าโดยรวมแล้ว วิธีการจัดลำดับการดำเนินการของรถบรรทุกโดยวิธี Genetic แบบ Permutation ชนิดเลือก 2 จุดสลับให้ค่าคำตอบที่มีแนวโน้มที่จะมีโอกาสพบคำตอบที่ดีที่สุดได้ดีกว่าแบบ เลือก N จุดสลับ เนื่องจากงานที่ได้จากการจัดลำดับงานตามวิธีการสลับแบบเลือก 2 จุดสลับมีลักษณะเกาะกลุ่มกันในแต่ละคำสั่งซื้อ กล่าวคือในคำสั่งซื้อที่ต้องใช้เที่ยววิ่งมากกว่า 1 เที่ยววิ่งหรือมีงานมากกว่า 1 งาน ลำดับการดำเนินการของงานที่เป็นคำตอบในแต่ละรอบการสุ่ม จะมีลำดับเรียงต่อกันหรือเวลาในการขึ้นน้ำใกล้เคียงกันในแต่ละคำสั่งซื้อ ลำดับ

งานในลักษณะเช่นนี้ มีโอกาสที่จะสามารถส่งสินค้าได้ทันเวลา และเกิดงานค้างส่งไม่มาก ในขณะที่ลักษณะงานที่เกิดจากการจัดลำดับงานตามวิธีการสลับแบบเลือก N จุดสลับ จะค่อนข้างแตกกลุ่มกันในแต่ละคำสั่งซื้อที่มีงานมากกว่า 1 งาน ซึ่งลำดับการดำเนินการของงานในคำสั่งซื้อเดียวกันมักจะมีลำดับในการดำเนินการห่างกันหรือช่วงเวลาในการขึ้นน้ำห่างกันมาก เช่น กรณีคำสั่งซื้อ A ประกอบด้วยงานที่ต้องจัดส่ง 2 งาน งานที่หนึ่งมีลำดับในการดำเนินการช่วงต้นๆ ขึ้นน้ำก่อนและดำเนินการจัดส่งสินค้าได้ทันเวลา ในขณะที่งานที่สองมีลำดับการดำเนินการช่วงท้ายๆ ขึ้นน้ำในช่วงเวลาที่สองหรือช่วงเช้าของวันถัดไป ซึ่งงานดังกล่าวมีโอกาสที่จะไม่สามารถจัดส่งสินค้าได้ทันเวลาในการรับสินค้าของลูกค้ารายใหญ่ ได้จำนวนงานที่สามารถจัดส่งได้ลดลง

อาจกล่าวได้ว่า วิธีการสลับลำดับการดำเนินการแบบเลือก 2 จุดสลับ ที่มีการสร้างคำตอบใหม่ในลักษณะ ค่อยๆสลับลำดับการดำเนินการโดยงานในคำสั่งซื้อเดียวกันเกาะกลุ่มหรือมีลำดับในการดำเนินการใกล้เคียงกัน จะมีโอกาสที่จะพบคำตอบที่ให้ค่าจำนวนงานค้างส่งที่น้อยที่สุดได้เร็วกว่าวิธีการสลับลำดับการดำเนินการแบบเลือก N จุดสลับ ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้เลือกใช้วิธี Permutation แบบเลือก 2 จุดสลับ โดยทำการสุ่ม 20 รอบเป็นค่ามาตรฐานในการสุ่มหาคำตอบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 บทสรุป

การศึกษาได้พัฒนาแบบจำลองระบบงานขนส่งของหน่วยงานตัวอย่างซึ่งเป็นผู้ดำเนินการผลิตและจัดจำหน่ายสินค้าประเภทเครื่องดื่มน้ำอัดลมในประเทศไทย โดยเลือกศึกษาระบบงานขนส่งสินค้าให้กับลูกค้ารายใหญ่หรือร้านค้าปลีกรายใหญ่ ของโรงงานรังสิต ที่อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี ซึ่งได้แบ่งการศึกษาออกเป็นส่วนๆ ดังนี้

1. ศึกษาปัญหาของการวิจัย
2. ทำการทบทวนทฤษฎีและผลงานที่เกี่ยวข้อง
3. สำรวจและรวบรวมข้อมูล
4. พัฒนาแบบจำลอง
5. ตรวจสอบแบบจำลอง

6.1.1 ศึกษาปัญหาของการวิจัย

หน่วยงานตัวอย่างที่ทำการศึกษาที่ อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี มีการผลิตสินค้าเครื่องดื่มน้ำอัดลมอยู่ 3 ประเภทคือ น้ำอัดลมขนาดบรรจุภัณฑ์ 325 ซีซี 1.25 ลิตร และขนาด 250 ซีซี เป็นผลิตภัณฑ์หลัก โดยผลิตภัณฑ์อื่นๆที่ไม่มีการผลิต จะลำเลียงมาจากโรงงานอื่นๆ

สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ทำการจัดส่งให้กับลูกค้ารายใหญ่ ประกอบด้วยผลิตภัณฑ์ที่มีบรรจุภัณฑ์ประเภทที่ไม่มีการเรียกเก็บบรรจุภัณฑ์คืน และผลิตภัณฑ์ประเภทแท้งน้ำหวาน กล่องน้ำหวาน ซึ่งการศึกษานี้ได้เลือกศึกษาเฉพาะการจัดส่งสินค้าปกติประเภทที่ไม่มีการเรียกเก็บภาชนะคืนจากลูกค้า

การขนส่งสินค้าให้กับลูกค้ารายใหญ่ จะดำเนินการจัดส่งให้แก่ลูกค้าต่างๆ ในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล กว่า 50 สาขา และในเขตต่างจังหวัดกว่า 20 สาขา โดยการใช้

รถบรรทุกขนาดต่างๆ จำแนกตามความจุเป็นกระบะสินค้า ขนาด 10 กระบะ 20 กระบะ 22 กระบะ 1 กระบะ 4 กระบะ และ 6 กระบะ ซึ่งรถบรรทุกที่ใช้ขนส่งเป็นหลักและเป็นประจำคือรถขนาด 10 กระบะ เป็นรถมาตรฐานที่ใช้ในการคำนวณ ซึ่งเป็นไปตามข้อเสนอแนะของผู้ที่มีประสบการณ์ในงานขนส่งสินค้า

กระบวนการจัดส่งสินค้าในแต่ละวันประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆ ดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลคำสั่งซื้อสินค้าจากระบบ EDI และโทรสาร
2. ตรวจสอบยอดสินค้าคงเหลือว่ามีเพียงพอในการจัดส่งหรือไม่
3. ทำการคำนวณหาจำนวนกระบะสินค้าที่ใช้ และจัดเตรียมเอกสารการจัดส่งสินค้า
4. จัดเส้นทางเดินรถ
5. นำสินค้าขึ้นรถบรรทุก และทำการจัดส่งสินค้า
6. ลูกค้ารับสินค้า
7. รถบรรทุกเดินทางกลับโรงงาน
8. ปิดยอดขายประจำวัน

ปัจจุบันกระบวนจัดส่งสินค้าในขั้นตอนการคำนวณจำนวนกระบะสินค้า การจัดเส้นทางเดินรถ และการบริหารรถบรรทุก ทำโดยพนักงานที่ใช้การคำนวณด้วยมือตามความชำนาญและประสบการณ์ในการทำงานของพนักงานแต่คน ซึ่งใช้เวลาในการดำเนินการประมาณ 2-3 ชั่วโมง ซึ่งบางครั้งเกิดข้อผิดพลาดในการคำนวณ ตลอดจนความไม่เป็นมาตรฐานในระบบงานที่แตกต่างกันไปตามพนักงานผู้คำนวณ งานศึกษานี้จึงเห็นควรให้มีการพัฒนาแบบจำลองระบบงานจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้ารายใหญ่ในประเด็นหลัก 3 ประเด็นคือ

- แบบจำลองการคำนวณจำนวนกระบะสินค้า
- แบบจำลองการจัดเส้นทางเดินรถ
- แบบจำลองการจัดตารางเวลาเดินรถ

เพื่อให้ระบบงานขนส่งมีมาตรฐานและมีประสิทธิภาพมากขึ้น อีกทั้งยังเป็นระบบช่วยในการตัดสินใจของผู้ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาหรือปรับปรุงระบบงานขนส่งได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.1.2 ทำการทบทวนทฤษฎีและผลงานที่เกี่ยวข้อง

การศึกษานี้ได้ทำการทบทวนทฤษฎีทางด้านการจัดเส้นทางเดินรถแบบ ในเส้นทางเดียวกันมีการจัดส่งให้แก่ลูกค้า 2 ราย หรือ 2 จุดส่ง โดยเป็นทฤษฎีเกี่ยวกับการประหยัดได้จากระยะทางที่เรียกว่า Saving Method เพื่อนำมาปรับใช้กับระบบงานจัดเส้นทางส่งสินค้า 2 จุดส่ง

นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาทฤษฎีฮิวริสติกส์ (Heuristics) ซึ่งเป็นหลักการในการหาคำตอบที่ให้ค่าใกล้เคียงค่าที่ดีที่สุด ซึ่งเหมาะกับปัญหาในการจัดตารางเวลาเดินรถ ที่ระบบงานมีความซับซ้อน มีปัจจัยและเงื่อนไขที่ต้องพิจารณาจำนวนมาก โดยเทคนิคที่ทำการศึกษาเป็นวิธีการจัดลำดับการดำเนินการของแต่ละงานที่เรียกว่า Genetic Algorithm และ Tabu Search ซึ่งใช้ทั้ง 2 เทคนิคผสมผสานกันในการจัดตารางเวลาเดินรถ บริหารการใช้รถบรรทุก เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีค่าใกล้เคียงและเหมาะสมกับระบบงานจริงมากที่สุด

ทั้งนี้ยังได้ใช้วิธีที่มาจากความรู้ และประสบการณ์ในการทำงานมาใช้กับการคำนวณจำนวนกระบะสินค้าเพื่อให้ได้แบบจำลองที่ไม่ซับซ้อนมากและทำงานได้อย่างเหมาะสม

6.1.3 การสำรวจและรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองแบ่งได้เป็น 3 ส่วน คือข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณจำนวนกระบะ ข้อมูลที่ใช้ในการจัดเส้นทางเดินรถ และ ข้อมูลที่ใช้ในการจัดตารางเวลาเดินรถ

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณจำนวนกระบะสินค้าเป็นข้อมูลพื้นฐานของหน่วยงานตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลผลิตภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์ต่างๆ ที่มีส่งให้ลูกค้ารายใหญ่ และข้อมูลจำนวนหีบห่อที่สามารถจัดเรียงบนกระบะสินค้าได้ของแต่ละผลิตภัณฑ์

ข้อมูลที่ใช้ในการจัดเส้นทางเดินรถเป็นข้อมูลพื้นฐานของหน่วยงานตัวอย่าง และ ข้อมูลที่ได้จากการจัดเก็บใหม่ ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลโครงข่ายระยะทางระหว่างจุดส่งสินค้าทุกจุดที่พิจารณา

ข้อมูลที่ใช้ในการจัดตารางเวลาเดินรถ ได้จากการออกแบบสอบถามพนักงานขับรถของบริษัทผู้รับจ้างขนส่งสินค้า ประกอบด้วยข้อมูลเวลาที่ใช้ในการขึ้นน้ำ ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการคลุมผ้าใบ ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการรอคอยลงน้ำ และข้อมูลเวลาที่ใช้ในการลงน้ำ นอกจากนี้ยังได้ใช้ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการเดินทาง ข้อมูลกรอบเวลาห้ามเดินรถบรรทุก ข้อมูลกรอบเวลาในการขึ้นน้ำ และข้อมูลกรอบเวลาในการรับสินค้า จากข้อมูลของหน่วยงานตัวอย่าง

6.1.4 การพัฒนาแบบจำลอง

การพัฒนาแบบจำลองได้แบ่งกระบวนการหลักของแบบจำลองออกเป็น 3 กระบวนการดังนี้

1. แบบจำลองการคำนวณจำนวนกระบะสินค้า

พัฒนาขึ้นเพื่อให้ระบบการคำนวณจำนวนกระบะสินค้ามีมาตรฐาน เกิดความสะดวกในการปฏิบัติงานและลดข้อบกพร่องจากการคำนวณด้วยมือ โดยพิจารณาภายใต้เงื่อนไข จำนวนหีบห่อที่สามารถจัดเรียงบนกระบะสินค้าได้ ความจุของกระบะสินค้า และเงื่อนไขในการวางซ้อนกันของผลิตภัณฑ์ต่างประเภทในกระบะสินค้าเดียวกัน

2. แบบจำลองการจัดเส้นทางเดินรถ

พัฒนาขึ้นเพื่อให้เส้นทางเดินรถมีความเหมาะสม และเป็นมาตรฐาน โดยพิจารณาจับคู่สาขาลูกค้าที่สามารถนำมาจัดส่งสินค้าโดยใช้รถบรรทุกคันเดียวกัน หรือในเส้นทางเดียวกันจากค่าการประหยัดจากระยะทาง แล้วทำการเลือกเส้นทางที่มีค่าต้นทุนขนส่งสินค้าต่อหน่วยสินค้าที่ต่ำที่สุดเป็นเส้นทางเที่ยววิ่งควบ

3. แบบจำลองการจัดตารางเวลาเดินรถ

พัฒนาขึ้นเพื่อให้ระบบการเดินรถมีความเหมาะสม และใช้รถบรรทุกได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยพิจารณาจัดลำดับในการดำเนินการของแต่ละงาน เพื่อให้เกิดจำนวนงานค้างส่งที่น้อยที่สุด ซึ่งแบบจำลองได้อาศัยวิธี Genetic ในการสุ่มสร้างทางเลือกของลำดับการดำเนินการของงานที่ต้องจัดส่ง แล้วทำการประเมินคุณภาพคำตอบ โดยพิจารณาจากลำดับการดำเนินการที่มีจำนวนงานค้างส่งซึ่งวัดออกมาในรูปของจำนวนกระบะสินค้าค้างส่ง ที่น้อยที่สุด และค่าเวลาที่เสียไประหว่างรอดำเนินการ ในลำดับรองลงมา เป็นตารางเวลาเดินรถที่เหมาะสมที่สุด

6.1.5 การตรวจสอบแบบจำลอง

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองได้แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ การตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของแบบจำลอง (Verification) และการตรวจสอบความน่าเชื่อถือและความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง (Validation)

6.1.5.1 การตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของแบบจำลอง

การตรวจสอบจะเน้นที่โครงสร้างของโปรแกรมในขณะพัฒนาโปรแกรม ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนคือ

1. การตรวจสอบโครงสร้างของโปรแกรม เพื่อตรวจสอบขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมให้เป็นไปตามผังการทำงานที่กำหนดไว้
2. การตรวจสอบไวยากรณ์ เพื่อตรวจสอบการเขียนภาษาคอมพิวเตอร์หรือชุดคำสั่งให้ถูกต้องตามหลักไวยากรณ์ของโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนา
3. การตรวจสอบค่าตัวแปร เพื่อตรวจสอบการกำหนดประเภทตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณให้ถูกต้องตามที่กำหนด
4. การตรวจสอบข้อมูลเข้าและออกโปรแกรม เป็นการตรวจสอบแบบทดลองประมวลผลโปรแกรม เพื่อตรวจสอบค่าของตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ และผลลัพธ์ ว่ามีความถูกต้องหรือไม่เมื่อเปรียบเทียบกับการคำนวณมือ

6.1.5.2 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือและความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง

การตรวจสอบความน่าเชื่อถือและความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง โดยเน้นการตรวจสอบผลการคำนวณที่ได้จากแบบจำลองเปรียบเทียบกับผลการคำนวณจากการปฏิบัติงานจริง ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้

1. ตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อสมมุติฐานของแบบจำลอง เพื่อตรวจสอบถึงความเหมาะสมของทฤษฎีและสมมุติฐานที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองในส่วนของการคำนวณจำนวนกระบะสินค้า การจัดเส้นทางเดิน

รถและการจัดตารางเวลาเดินรถตามความคิดเห็นของผู้ที่เกี่ยวข้อง โดยได้ผลการตรวจสอบว่าข้อสมมุติฐานที่ใช้มีความเหมาะสมแต่ก็มีการปรับปรุงเล็กน้อยในบางส่วนตามข้อเสนอแนะจากผู้ที่มีประสบการณ์ด้านงานขนส่ง

2. ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของข้อมูลเข้าและออกแบบจำลอง
เป็นการตรวจสอบถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ โดยการทดลองผันแปรปัจจัยจำนวนรถบรรทุกขนาด 10 กระบะ ผันแปรเวลาที่ใช้ในการขึ้นน้ำ และผันแปรค่าเวลาที่ใช้ในการรอคอยลงน้ำ เพื่อดูความสัมพันธ์กับจำนวนงานที่สามารถจัดส่งได้ ได้ผลการตรวจสอบว่า ความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องข้องมีความสมเหตุสมผล

3. ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์โดยใช้ข้อมูลที่ผ่านมา
เพื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณที่ได้จากแบบจำลองกับได้จากการปฏิบัติงานจริงว่าผลลัพธ์ได้จากแบบจำลองสามารถแทนระบบงานจริงได้มากน้อยเพียงใด การทดสอบแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ การคำนวณจำนวนกระบะสินค้า การจัดเส้นทางเดินรถ และการจัดตารางเวลาเดินรถ ได้ผลการตรวจสอบดังนี้

<u>การคำนวณจำนวนกระบะสินค้า</u>
ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองมีความใกล้เคียงกับผลลัพธ์ที่ได้จากการปฏิบัติงานจริง

<u>การจัดเส้นทางเดินรถ</u>
ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองในบางกรณีด้อยกว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการปฏิบัติงานจริง แต่สามารถลดข้อด้อยได้โดยการใช้ส่วนการจัดเส้นทางเดินรถโดยผู้ใช้งาน

<u>การจัดตารางเวลาเดินรถ</u>
ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองมีความใกล้เคียงกับผลลัพธ์ที่ได้จากการปฏิบัติงานจริง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์โดยใช้การทดสอบการใช้งานจริง เพื่อตรวจสอบความสมเหตุสมผลโดยรวมของแบบจำลองตามความเห็นของผู้ใช้งานและผู้ที่เกี่ยวข้อง ได้ผลการตรวจสอบว่าผลลัพธ์จากแบบจำลองมีความสมเหตุสมผลในระดับดีสามารถนำไปปรับใช้กับระบบงานจริงได้

จากผลการตรวจสอบแบบจำลองจะเห็นได้ว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมีความถูกต้องและเหมาะสมในระดับหนึ่ง ซึ่งในการนำไปใช้งานจริงอาจมีการปรับใช้ เปลี่ยนแปลงผลลัพธ์ได้บ้างเพื่อให้เข้ากับระบบงานจริง แต่เมื่อมองโดยรวมแล้ว แบบจำลองสามารถลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น และช่วยลดเวลาในการทำงานของพนักงานฝ่ายจัดส่งได้ อีกทั้งสามารถใช้เป็นแนวทางในการบริหารงานขนส่ง และเป็นระบบสนับสนุนช่วยในการตัดสินใจได้เป็นอย่างดี

6.2 **ข้อเสนอแนะ**

1. แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นเป็นการพิจารณาระบบงานขนส่งสินค้าให้แก่ลูกค้ารายใหญ่จากโรงงานรังสิต ซึ่งการปฏิบัติงานจริงอาจมีการขนส่งสินค้าออกจากโรงงานอื่นได้ โดยสามารถนำแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นไปปรับใช้กับโรงงานอื่นๆ รวมทั้งการพัฒนาแบบจำลองต่อไปให้สามารถพิจารณาครอบคลุมโครงข่ายการขนส่งให้แก่ลูกค้ารายได้
2. ควรพัฒนาส่วนที่ใช้ในการนำเข้าข้อมูลโดยการสร้างการเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูลและโปรแกรมด้านข้อมูลจัดส่งสินค้าของหน่วยงานตัวอย่าง เพื่อให้แบบจำลองสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
3. ควรพัฒนาปรับปรุงระบบการออกเอกสาร รูปแบบการรายงานผลการคำนวณในส่วนของเอกสารควบคุมการตัดจ่ายน้ำของรถบรรทุกแต่ละคัน ให้สามารถทำงานร่วมกับระบบฐานข้อมูลของบริษัทตัวอย่างที่ใช้อยู่ได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กิตติ ภักดีวัฒนะกุล และจำลอง ครูอุตสาหะ. Visual basicc 6 ฉบับฐานข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ไทยเจริญการพิมพ์, 2544.

กิตติ ภักดีวัฒนะกุล และจำลอง ครูอุตสาหะ. Visual basicc 6 ฉบับโปรแกรมเมอร์. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : ไทยเจริญการพิมพ์, 2543.

ธเนศ ทักษิณวราจาร. การจัดเส้นทางเดินรถด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อการกระจายสินค้า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

ภราดร เหลืองวิทิตกูล. การจัดตารางเวลาเดินรถภายใต้ข้อจำกัดด้านเวลา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

สุธน นิตยาธารีกุล. การจัดตารางเวลาการเดินรถขนส่งน้ำมัน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

ภาษาอังกฤษ

Baker, K. R. Introduction to Sequencing and Scheduling. John Willey & son Inc., 1974.

Banks, J. Discrete Event System Simulation. Englewood Cliffs New Jersey, United States of America : Prentice Hall, 1984.

Banks, J. Handbook of Simulation. Georgia Institute of Technology Atlanta, Georgia : John Willey & son Inc., 1998.

Bodin, L. D. Twenty years of routing and scheduling. Operation Research 38, 4 (1990) : 571-578.

Bodin, L. Routing and scheduling of vehicles and crews: The state of the art. Computer and Operations Research 10, 2 (1982) : 63-211.

Calantone, R.J and Morris, M.H. The Utilisation of computer based decision support systems in transportation. International Journal of Physical Distribution and Materials Management 15, 7 (1997) : 5-18.

Chetbundhit, J. Routing and Scheduling Problem: A Case Study of Gasoline Distribution in Greter Bangkok. Master's Thesis, Department of Engineering, Asian Institute of Technology, 1992.

Clarke, G. and Wright, J. W. Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. Operations Research 12 (1964) : 568-581.

Cooper, J. C. The use of straight line distances in solutions to the vehicle scheduling problem. Journal of Operational Research Society 34, 5 (1983) : 419-424.

Craimic, T. G. and Laporte, G. Planning models for freight transportation. European Journal of Operational Research 97 (1997) : 409-438.

Dorn, J. Iterative improvement methods for knowledge based scheduling. AI Communications 8, 1 (1995) : 20-34.

French, S. Sequencing and Scheduling ; An Introduction to the Mathematics of the Job Shop. Ellis Horwood Ltd., 1982.

Fogel, D. B. How to Solve it: Modern Heuristics. Springer Verlag Berlin Heidelberg New York, 1998.

Glover, F. Tabu Search Part I. ORSA Journal on Computing 1, 3 (1989) : 190-206.

Golden, B. L. and Wasil, E. A. Computerized vehicle routing in the soft drink industry. Operations Research 35, 1 (1997) : 6-17.

Gray, P and Lenstra, J. Special focus and decision support systems. Operations Research 36, 6 (1988) : 823-825.

Holmes, R. A. and Parker, R. G. A vehicle scheduling procedure based upon saving and a solution perturbation scheme. Operations Research Quarterly 27, 1 (1976) : 83-92.

Jirakraisri, S. Computer Secheduling of Gasoline Deliveries from on Depot to A Number of Delivery Points. Master's Thesis, Department of Engineering, Asian Institute of Technology, 1992.

Jung, S. and Haghani, A. Genetic algorithm for a pickup and delivery problem with time windows. Transportation Research Record 1733 : 1-7.

Mcdonald, J. J. Vehicle scheduling: a case study. Operational Research Quarterly 23, 4 (1972) : 255-261.

Pinedo, M. Scheduling :Theory Algorithms and Systems. Englewood Cliffs New Jersey, United States of America : Prentice Hall, Inc., 1995.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ข้อมูลค่าการประหยัดได้จากระยะทาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 โครงข่ายระยะทางระหว่างจุดส่งสินค้าในเขต กทม. และปริมณฑล (กิโลเมตร)

โรงงาน		B01	B02	B03	B04	B05	B06	B15	B19	B20	B21	B23	B24	B26	B27	B28	M01	M02	M03	M04	M08	M15	M16	C01	C02	C03	C04	C05	C07	C08	C09	C10	C11	C12	C13	C14	C15	D01	D02	D03	D04	B29	C16	M19	C17	B29	B30	B31	D05					
79.0	B01	1227671																																																					
103.0	B02	44.5	1331997.0																																																				
58.0	B03	67.8	30.3	1801179																																																			
84.0	B04	58.2	23.0	13.0	1801185																																																			
44.0	B05	80.0	44.0	21.0	36.5	1801217																																																		
79.0	B06	81.5	48.3	29.0	23.5	48.5	1877595																																																	
116.0	B15	74.5	38.5	70.2	36.0	87.2	40.5	5943245																																																
118.0	B19	58.8	30.5	53.5	46.2	67.2	46.2	15.5	8328316																																															
55.0	B20	41.5	12.5	36.2	26.0	48.8	53.0	57.0	49.0	1116554																																													
68.0	B21	21.5	35.7	61.8	49.2	74.2	74.5	57.2	49.4	34.0	1213513																																													
59.0	B23	64.0	28.3	8.5	17.8	16.0	36.4	75.0	51.5	32.2	58.0	1829687																																												
41.0	B24	57.8	36.5	21.2	29.8	33.5	48.2	70.5	70.5	21.5	47.5	17.5	1421008																																													
124.0	B26	67.0	37.5	47.7	34.7	71.2	57.0	15.8	8.5	57.0	57.7	52.5	70.5	8303531																																												
65.0	B27	20.0	26.5	48.5	44.5	60.5	60.5	48.5	40.5	20.0	14.0	44.5	35.0	49.0	1219761																																												
60.0	B28	41.0	19.5	25.2	16.7	43.3	40.0	58.5	61.0	12.0	35.5	21.8	19.0	58.5	21.5	1115785																																												
55.0	M01	36.5	19.3	31.3	21.5	43.6	44.5	53.5	55.5	6.5	30.5	27.3	17.0	53.5	16.0	5.5	1111779																																												
58.0	M02	70.0	32.8	2.5	13.2	23.2	29.0	67.7	56.0	38.2	63.6	10.7	23.0	48.0	50.5	27.5	33.5	1817700																																												
67.0	M03	18.0	29.0	50.8	47.0	63.0	62.8	51.0	43.0	22.3	12.0	47.0	37.3	51.3	2.5	23.8	18.3	52.8	1290480																																												
110.0	M04	71.6	47.8	68.2	36.5	73.0	37.5	11.0	22.0	66.5	62.5	54.3	80.0	26.3	58.0	59.5	64.5	65.7	60.5	5901721																																												
44.0	M08	78.0	41.8	18.8	30.0	2.4	46.5	85.0	65.0	46.5	71.8	13.7	31.2	64.7	58.5	41.0	41.3	21.0	61.0	66.5	1817701																																												
107.0	M15	64.5	35.7	27.5	14.5	51.0	33.0	21.5	14.0	42.5	55.2	32.3	53.3	20.2	48.0	31.3	36.3	27.7	50.5	22.0	44.5	5800224																																												
72.0	M16	47.5	16.2	39.1	31.8	52.8	54.6	29.5	21.5	32.5	33.2	37.0	46.0	28.5	24.0	34.0	29.0	41.6	26.6	38.8	50.6	26.7	1304365																																											
52.0	C01	37.0	22.5	32.5	25.0	43.5	60.0	54.5	56.5	7.5	31.5	22.2	18.0	54.5	17.0	9.0	3.5	34.5	19.3	68.0	42.3	40.0	30.0	1417512																																											
67.0	C02	17.5	29.5	51.3	47.5	63.6	63.3	51.5	43.5	22.8	11.5	47.5	37.8	51.8	2.5	24.3	18.8	53.3	0.4	61.0	61.1	51.0	27.0	19.8	1110790																																										
39.0	C03	51.1	34.0	28.2	36.5	40.5	55.0	68.0	68.5	19.5	51.0	24.3	7.0	68.0	36.3	20.0	14.6	30.0	38.8	79.5	38.2	51.0	43.5	19.5	39.3	1417511																																									
79.0	C04	81.0	48.8	29.4	25.0	49.3	0.4	41.0	46.7	53.4	75.0	36.0	48.6	57.5	61.0	40.5	44.9	29.4	63.3	38.0	46.8	33.4	55.0	60.4	63.8	55.4	1817702																																								
44.0	C05	75.8	39.8	16.5	27.0	4.7	43.8	82.4	63.0	44.5	69.6	11.5	29.3	61.7	56.0	38.8	39.3	16.5	58.6	63.5	2.3	41.5	48.6	40.0	59.1	36.1	44.2	1817703																																								
104.0	C07	83.6	48.7	49.0	36.0	79.9	31.5	19.5	26.0	44.2	64.0	66.6	78.8	33.5	59.0	64.7	55.5	59.5	61.5	12.0	77.9	23.0	39.5	51.5	62.0	62.5	32.0	75.6	5901722																																							
52.0	C08	57.8	40.6	10.0	18.5	22.3	36.7	62.5	52.0	26.2	51.8	6.2	21.5	53.2	38.5	21.5	21.3	11.8	40.8	73.5	20.0	32.0	37.4	22.5	41.3	18.2	41.1	17.8	67.5	1417208																																						
58.0	C09	76.0	38.3	8.0	15.5	29.0	26.8	65.5	61.5	44.5	69.8	17.0	29.5	50.2	56.5	33.7	39.5	6.0	58.8	63.5	27.0	30.0	47.1	40.5	59.3	36.5	27.3	24.5	57.0	18.0	1820280																																						
79.0	C10	66.0	33.3	16.7	10.0	33.7	15.0	53.5	59.5	38.0	59.5	21.5	33.2	70.0	45.3	25.0	29.5	14.2	47.8	51.5	31.5	24.5	42.0	35.0	48.3	40.5	15.5	28.9	44.7	22.0	12.0	1825287																																						
71.0	C11	35.0	10.0	37.5	25.5	49.8	45.0	32.0	24.0	25.0	25.7	33.7	38.5	32.0	16.5	26.5	21.5	39.3	19.0	41.5	47.5	29.5	7.5	22.5	19.5	36.0	45.5	45.3	42.0	31.0	45.5	30.0	1305783																																						
98.0	C12	65.2	37.7	64.7	26.0	78.2	29.5	13.5	16.0	43.2	54.0	65.0	77.2	22.5	48.0	53.7	54.5	62.5	50.5	10.0	76.2	12.0	28.5	50.5	51.0	62.5	30.3	73.9	11.0	65.5	55.0	36.0	31.0	5908071																																						
79.0	C13	42.5	7.3	23.0	15.7	36.7	38.5	41.0	30.5	10.5	33.5	21.0	34.0	37.5	23.5	12.0	17.0	25.5	26.0	47.5	34.5	36.0	16.1	20.5	26.5	32.0	39.0	32.5	47.7	21.5	31.0	26.0	9.8	37.5	1507950																																						
110.0	C14	65.4	37.0	47.5	34.5	71.0	38.0	6.5	15.3	55.5	56.2	52.3	71.0	18.0	47.0	59.5	54.0	47.7	49.5	6.0	64.5	20.0	28.2	57.5	50.0	68.8	38.5	61.5	18.0	58.5	50.0	52.0	30.5	9.5	37.0	5908282																																						
120.0	C15	65.3	31.0	41.2	28.2	64.7	49.5	9.2	6.8	49.5	50.2	46.0	63.0	6.5	41.0	43.5	48.5	41.4	43.5	17.5	58.2	13.7	22.0	47.0	44.0	60.5	50.0	55.2	28.0	46.7	43.7	63.5	24.5	20.5	31.5	11.2	8303558																																						
85.0	D01	101.0	68.8	43.5	51.0	40.5	20.5	61.0	66.7	86.0	111.5	53.2	71.7	77.5	98.0	80.5	81.0	45.5	100.5	58.0	39.5	53.5	75.0	81.8	101.0	77.7	20.0	42.0	52.0	53.5	35.5	35.5	87.0	50.3	59.0	58.5	70.0	1020011																																						
78.0	D02	132.3	90.7	68.0	83.5	46.7	77.5	118.0	123.7	96.0	122.0	63.0	74.5	134.5	109.5	93.5	91.5	70.0	112.0	115.0	49.5	97.7	99.5	92.5	112.5	81.5	77.0	51.5	109.0	96.0	75.7	92.5	113.0	107.5	83.5	115.5	127.0	57.0	1020012																																						
56.0	D03	68.0	30.8	0.5	11.2	21.2	31.0	69.7	58.0	36.2	61.6	8.7	21.0	46.0	52.5	25.5	31.5	2.0	50.8	67.7	19.0	29.7	43.6	32.5	51.3	28.0	31.4	14.5	61.5	9.8	8.0	16.2	37.3	60.0	23.5	49.7	43.4	43.5	68.5	1020013																																						
75.0	D04	52.5	27.5	45.5	38.2	59.5	57.5	15.5	7.5	42.5	43.5	43.5	56.0	16.0	34.0	34.5	39.5	48.0	36.5	24.0	57.0	13.5	10.5	40.0	37.0	53.5	47.0	55.0	25.7	48.5	53.5	38.0	17.5	14.7	22.5	30.0	8.0	67.0	124.0	43.5	1313629																																						
83.5	B29	58.6	21.3	20.0	13.5	43.5	30.5	55.0	38.0	24.5	47.5	24.8	32.7	47.0	38.3	13.7	19.2	20.2	40.8	48.8	37.0	26.8	30.1	22.7	41.3	33.7	31.0	34.0	49.8	25.5	22.5	17.0	21.8	38.8	14.0	46.8	40.5	51.0	63.5	20.5	36.5	1111111																																						
62.0	C16	32.0	15.7	47.8	31.2	60.1	61.0	37.7	29.7	19.8	26.0	44.0	33.5	37.7	12.0	22.0	16.5	50.0	14.5	47.2	57.8	35.2	13.2	17.5	15.0	37.0	61.5	55.8	47.7	37.8	56.0	46.0	5.7	36.7	15.5	36.2	30.2	81.5	106.8	48.3	23.2	29.0	1119807																																						
105.0	M19	57.0	12.0	20.2	7.2	43.7	30.7	31.5	24.0	24.5	47.7	25.0	47.2	30.2	38.5	24.0	29.0	20.4	41.0	32.0	37.2	10.0	20.0	32.0	41.5	43.9	32.2	34.2	33.0	25.7	22.7	17.2	22.0	22.0	19.5	30.0	23.7	52.2	90.4	18.4	23.5	5.5	27.7	5805010																																						
76.5	C17	20.0	27.2	46.5	39.2	60.2	64.2	50.2	28.5	31.3	11.0	55.5	45.0	50.7	11.5	33.5	28.0	49.0	10.9	58.7	58.0	42.2	24.7	29.0	10.7	48.5	64.5	56.0	59.2	49.3	65.7	49.2	17.2	48.2	23.5	64.7	28.7	84.5	107.0	47.0	34.7	35.2	11.5	39.2	1220520																																						
79.7	B29	60.0	23.0	38.0	25.0	61.5	42.0	10.7	5.8	33.5	54.0	42.5	55.0	12.7	38.7	40.0	40.0	38.0	41.2	15.0	55.0	10.5	15.2	43.0	41.5	62.5	42.3	52.0	23.5	43.5	40.5	35.0	22.0	12.5	27.0	8.0	3.8	62.3	108.0	36.2	4.7	26.0	28.0	20	39.4	1834464																																						

ตารางที่ ก.2 โครงข่ายค่าการประหยัดได้จากระยะทางระหว่างจุดส่งสินค้าในเขต กทม. และปริมณฑล (กิโลเมตร)

โรงงาน		B01	B02	B03	B04	B05	B06	B15	B19	B20	B21	B23	B24	B26	B27	B28	M01	M02	M03	M04	M08	M15	M16	C01	C02	C03	C04	C05	C07	C08	C09	C10	C11	C12	C13	C14	C15	D01	D02	D03	D04	B28	C16	M19	C17	B29	B30	B31	D05						
-	B01	1227671																																																							
-	B02	137.5	1331997																																																							
-	B03	69.2	130.7	1801179																																																					
-	B04	104.8	164.0	129.0	1801185																																																					
-	B05	43.0	103.0	81.0	91.5	1801217																																																				
-	B06	76.5	133.7	108.0	139.5	74.5	1877595																																																			
-	B15	120.5	180.5	103.8	164.0	72.8	154.5	5943245																																																		
-	B19	138.2	190.5	122.5	155.8	94.8	150.8	218.5	8328316																																																	
-	B20	92.5	145.5	76.8	113.0	50.2	81.0	114.0	124.0	1116554																																																
-	B21	125.5	135.3	64.2	102.8	37.8	72.5	126.8	136.6	89.0	1213513																																															
-	B23	74.0	133.7	108.5	125.2	87.0	101.6	100.0	125.5	81.8	69.0	1829687																																															
-	B24	62.2	107.5	77.8	95.2	51.5	71.8	86.5	88.5	74.5	61.5	82.5	1421008																																														
-	B26	136.0	189.5	134.3	173.3	96.8	146.0	224.2	233.5	122.0	134.3	130.5	94.5	8303531																																												
-	B27	124.0	141.5	74.5	104.5	48.5	83.5	132.5	142.5	100.0	119.0	79.5	71.0	140.0	1219761																																											
-	B28	98.0	143.5	92.8	127.3	60.7	99.0	117.5	117.0	103.0	92.5	97.2	82.0	125.5	103.5	1115785																																											
-	M01	97.5	138.7	81.7	117.5	55.4	89.5	117.5	117.5	103.5	92.5	86.7	79.0	125.5	104.0	109.5	1111779																																										
-	M02	67.0	128.2	113.5	128.8	78.8	108.0	106.3	120.0	74.8	62.4	106.3	76.0	134.0	72.5	90.5	79.5	1817700																																									
-	M03	128.0	141.0	74.2	104.0	48.0	83.2	132.0	142.0	99.7	123.0	79.0	70.7	139.7	129.5	103.2	103.7	72.2	1290480																																									
-	M04	117.4	165.2	99.8	157.5	81.0	151.5	215.0	206.0	98.5	115.5	114.7	71.0	207.7	117.0	110.5	100.5	102.3	116.5	5901721																																									
-	M08	45.0	105.2	83.2	98.0	85.6	76.5	75.0	97.0	52.5	40.2	89.3	53.8	103.3	50.5	63.0	57.7	81.0	50.0	87.5	1817701																																									
-	M15	121.5	174.3	137.5	176.5	100.0	153.0	201.5	211.0	119.5	119.8	133.7	94.7	210.8	124.0	135.7	125.7	137.3	123.5	195.0	106.5	5800224																																									
-	M16	103.5	158.8	90.9	124.2	63.2	96.4	158.5	168.5	94.5	106.8	94.0	67.0	167.5	113.0	98.0	98.0	88.4	112.4	143.2	65.4	152.3	1304365																																									
-	C01	94.0	132.5	77.5	111.0	52.5	71.0	113.5	113.5	99.5	88.5	88.8	75.0	121.5	100.0	103.0	103.5	75.5	99.7	94.0	53.7	119.0	94.0	1417512																																									
-	C02	128.5	140.5	73.7	103.5	47.4	82.7	131.5	141.5	99.2	123.5	78.5	70.2	139.2	129.5	102.7	103.2	71.7	133.6	116.0	49.9	123.0	112.0	99.2	1110790																																								
-	C03	66.9	108.0	68.8	86.5	42.5	63.0	87.0	88.5	74.5	56.0	73.7	73.0	95.0	67.7	79.0	79.4	67.0	67.2	69.5	44.8	95.0	67.5	71.5	66.7	1417511																																								
-	C04	77.0	133.2	107.6	138.0	73.7	157.6	154.0	150.3	80.6	72.0	102.0	71.4	145.5	83.0	98.5	89.1	107.6	82.7	151.0	76.2	152.6	96.0	70.6	82.2	62.6	1817702																																							
-	C05	47.2	107.2	85.5	101.0	83.4	79.2	77.6	99.0	54.5	42.4	91.5	55.7	106.3	53.0	65.2	59.7	85.5	52.4	90.5	85.7	109.5	67.4	56.0	51.9	46.9	78.8	1817703																																							
-	C07	99.4	158.3	113.0	152.0	68.1	151.5	200.5	196.0	114.8	108.0	96.4	66.2	194.5	110.0	99.3	103.5	102.5	109.5	202.0	70.1	188.0	136.5	104.5	109.0	80.5	151.0	72.4	5901722																																						
-	C08	73.2	114.4	100.0	117.5	73.7	94.3	105.5	118.0	80.8	68.2	104.8	71.5	122.8	78.5	90.5	85.7	98.2	78.2	88.5	76.0	127.0	86.6	81.5	77.7	72.8	89.9	78.2	88.5	141728																																						
-	C09	61.0	122.7	108.0	126.5	73.0	110.2	108.5	114.5	68.5	56.2	100.0	69.5	131.8	66.5	84.3	73.5	110.0	66.2	104.5	75.0	135.0	82.9	69.5	65.7	60.5	109.7	77.5	105.0	92.0	1820280																																						
-	C10	92.0	148.7	120.3	153.0	89.3	143.0	141.5	137.5	96.0	87.5	116.5	86.8	133.0	98.7	114.0	104.5	122.8	98.2	137.5	91.5	161.5	109.0	96.0	97.7	77.5	142.5	94.1	138.3	109.0	125.0	1825287																																						
-	C11	115.0	164.0	91.5	129.5	65.2	105.0	155.0	165.0	101.0	113.3	96.3	73.5	163.0	119.5	104.5	104.5	89.7	119.0	139.5	67.5	148.5	135.5	100.5	118.5	74.0	104.5	69.7	133.0	92.0	83.5	120.0	1305783																																						
-	C12	111.8	163.3	91.3	156.0	63.8	147.5	200.5	200.0	109.8	112.0	92.0	61.8	199.5	115.0	104.3	98.5	93.5	114.5	198.0	65.8	193.0	141.5	99.5	114.0	74.5	146.7	68.1	191.0	84.5	101.0	141.0	138.0	5908071																																						
-	C13	115.5	174.7	114.0	147.3	86.3	119.5	154.0	166.5	123.5	113.5	117.0	86.0	165.5	120.5	127.0	117.0	111.5	120.0	141.5	88.5	150.0	134.9	110.5	119.5	86.0	119.0	90.5	135.3	109.5	106.0	132.0	140.2	139.5	1507950																																						
-	C14	123.6	176.0	120.5	159.5	83.0	151.0	219.5	212.7	109.5	121.8	116.7	80.0	216.0	128.0	110.5	111.0	120.3	127.5	214.0	89.5	197.0	153.8	104.5	127.0	80.2	150.5	92.5	196.0	103.5	118.0	137.0	150.5	198.5	152.0	5908282																																						
-	C15	133.7	192.0	136.8	175.8	99.3	149.5	226.8	231.2	125.5	137.8	133.0	98.0	237.5	144.0	136.5	126.5	136.6	143.5	212.5	105.8	213.3	170.0	125.0	143.0	98.5	149.0	108.8	196.0	125.3	134.3	135.5	166.5	197.5	167.5	218.8	8303558																																						
-	D01	63.0	119.2	99.5	118.0	88.5	143.5	140.0	136.3	54.0	41.5	90.8	54.3	131.5	52.0	64.5	59.0	97.5	51.5	137.0	89.5	138.5	82.0	55.2	51.0	46.3	144.0	87.0	137.0	83.5	107.5	128.5	69.0	132.7	105.0	136.5	135.0	1020011																																						
-	D02	24.7	90.3	68.0	78.5	75.3	79.5	76.0	72.3	37.0	24.0	74.0	44.5	67.5	33.5	44.5	41.5	66.0	33.0	73.0	72.5	87.3	50.5	37.5	32.5	35.5	80.0	70.5	73.0	34.0	60.3	64.5	36.0	68.5	73.5	72.5	71.0	106.0	1020012																																						
-	D03	67.0	128.2	113.5	128.8	78.8	104.0	102.3	116.0	74.8	62.4	106.3	76.0	134.0	68.5	90.5	79.5	112.0	72.2	98.3	81.0	133.3	84.4	75.5	71.7	67.0	103.6	85.5	98.5	98.2	106.0	118.8	89.7	94.0	111.5	116.3	132.6	97.5	65.5	1020013																																						
-	D04	101.5	150.5	87.5	120.8	59.5	96.5	175.5	185.5	87.5	99.5	90.5	60.0	183.0	106.0	100.5	90.5	85.0	105.5	161.0	62.0	168.5	136.5	87.0	105.0	60.5	107.0	64.0	153.3	78.5	79.5	116.0	128.5	158.3	131.5	155.0	187.0	93.0	29.0	87.5	1313529																																						
-	B28	103.9	165.2	121.5	154.0	84.0	132.0	144.5	163.5	114.0	104.0	117.7	91.8	160.5	110.2	129.8	119.3	121.3	109.7	144.7	90.5	163.7	125.4	112.8	109.2	88.8	131.5	93.5	137.7	110.0	119.0	145.5	132.7	142.7	148.5	146.7	163.0	117.5	98.0	119.0	122.0	1111111																																						
-	C16	109.0	149.3	72.2	114.8	45.9	80.0	140.3	150.3	97.2	104.0	77.0	69.5	148.3	115.0	100.0	100.5	70.0	114.5	124.8	48.2	133.8	120.8	96.5	114.0	64.0	79.5	50.2	118.3	76.2	64.0	95.0	127.3	123.3	125.5	135.8	151.8	65.5	33.2	69.7	113.8	116.5	1119807																																						
-	M19	127.0	196.0	142.8	181.8	105.3	153.3	189.5	199.0	135.5	125.3	139.0	98.8	198.8	131.5	141.0	131.0	142.6	131.0	183.0	111.8	202.0	157.0	125.0	130.5	100.1	151.8	114.8	176.0	131.3	140.3	166.8	154.0	181.0	164.5	185.0	201.3	137.8	92.6	142.6	156.5	183.0	139.3	5805010																																						
-	C17	135.5	152.3	88.0	121.3	60.3	91.3	142.3	166.0	100.2	133.5	80.0	72.5	149.8	130.0	103.0	103.5	85.5	132.6	127.8	62.5	141.3	123.8	99.5	132.8	67.0	91.0	64.5	121.3	79.2	68.8	106.3	130.3	126.3	132.0	121.8	167.8	77.0	47.5	85.5	116.8	124.8	127.0	142.3	1220520																																						
-	B29	98.7	159.7	99.7	138.7	62.2	116.7	185.0	191.9	101.2	93.7	96.2	65.7	191.0	106.0	99.7	94.7	99.7	105.5	174.7	68.7	176.2	136.5	88.7	105.2	56.2	116.4	71.7	160.2	88.2	97.2	123.7	128.7	165.2	131.7	181.7	195.9	102.4	49.7	99.5	150.0	137.2	113.7	164.7	116.8	1834464																																						

ตารางที่ ก.3 โครงข่ายระยะทางระหว่างจุดส่งสินค้าในเขตต่างจังหวัด (กิโลเมตร)

โรงงาน		B25	B11	B08	B12	B07	B14	B22	B13	B17	B18	B09	B10	B16	M06	M10	M11	M18	M07	M12	M09	M05	M13	M14	M17	C06	O01			
691	B25	3402229																												
801	B11	144	3809758																											
580	B08	72.6	178	2101733																										
344	B12	263	326	193	4045478																									
427	B07	514	578	444	252	2095287																								
260	B14	613	686	542	361	150	4893616																							
694	B22	739	800	667	474	222	263	4708051																						
560	B13	605	668	535	342	90.7	241	316	4679844																					
161	B17	457	530	386	204	306	156	419	397	7222758																				
224	B18	646	716	570	395	451	301	564	542	218	7581643																			
174	B09	613	683	537	361	418	221	531	509	189	161	2551479																		
184	B10	690	761	614	439	495	272	608	373	262	238	77.3	3160287																	
135	B16	593	664	517	342	398	249	511	489	165	77.3	108	185	6478651																
691	M06	0	144	72.6	263	514	613	739	605	457	646	613	690	593	3416049															
330	M10	263	326	193	0	252	361	474	342	204	395	361	439	342	263	445107														
422	M11	514	578	444	252	0	150	222	90.7	306	451	418	495	398	514	252	2078190													
357	M18	769	753	615	436	202	132	131	294	288	433	400	477	380	688	436	202	5092557												
260	M07	613	686	542	361	150	0	263	241	156	301	221	272	249	613	361	150	132	4863299											
694	M12	739	800	667	474	222	263	0	316	419	564	531	608	511	739	474	222	131	263	4780575										
560	M09	605	668	535	342	90.7	241	316	0	397	542	509	373	489	605	342	90.7	294	241	316	4679192									
127	M05	613	683	537	361	418	221	531	509	189	161	0	77.3	108	613	361	418	400	221	531	509	2657118								
195	M13	690	761	614	439	495	272	608	373	262	238	77.3	0	185	690	439	495	477	272	608	373	77.3	3100411							
250	M14	354	428	283	102	323	258	521	414	103	286	253	331	234	354	102	323	387	258	521	414	253	331	6983222						
135	M17	593	664	517	342	398	249	511	489	165	77.3	108	185	0	593	342	398	380	249	511	489	108	185	234	6401540					
691	C06	0	144	72.6	263	514	613	739	605	457	646	613	690	593	0	263	514	688	613	739	605	613	690	354	593	3419766				
260	O01	613	686	542	361	150	0	263	241	156	301	221	272	249	613	361	150	132	0	263	241	221	272	258	249	613	4810872			

ตารางที่ ก.4 โครงข่ายค่าการประหยัดได้จากระยะทางระหว่างจุดส่งสินค้าในเขตต่างจังหวัด (กิโลเมตร)

โรงงาน		B25	B11	B08	B12	B07	B14	B22	B13	B17	B18	B09	B10	B16	M06	M10	M11	M18	M07	M12	M09	M05	M13	M14	M17	C06	O01			
691	B25	3402229																												
801	B11	1348	3809758																											
580	B08	1198	1203	2101733																										
344	B12	772	819	731	4045478																									
427	B07	604	650	563	519	2095287																								
260	B14	338	375	298	243	537	4893616																							
694	B22	646	695	607	564	899	691	4708051																						
560	B13	646	693	605	562	896	579	938	4679844																					
161	B17	395	432	355	301	282	265	436	324	7222758																				
224	B18	269	309	234	174	200	183	354	242	167	7581643																			
174	B09	252	292	217	157	183	213	337	225	146	237	2551479																		
184	B10	185	224	150	89.3	116	172	270	371	83.1	170	281	3160287																	
135	B16	233	272	198	137	164	146	318	206	131	282	201	134	6478651																
691	M06	1382	1348	1198	772	604	338	646	646	395	269	252	185	233	3146049															
330	M10	758	805	717	674	505	229	550	548	287	160	143	75.3	123	758	4045107														
422	M11	599	645	558	514	849	532	894	891	277	195	178	111	159	599	500	2078190													
357	M18	279	405	322	265	582	485	920	623	230	148	131	63.7	112	360	251	577	5092557												
260	M07	338	375	298	243	537	520	691	579	265	183	213	172	146	338	229	532	485	4893299											
694	M12	646	695	607	564	899	691	1388	938	436	354	337	270	318	646	550	894	920	691	4780575										
560	M09	646	693	605	562	896	579	938	1120	324	242	225	371	206	646	548	891	623	579	938	4679192									
127	M05	205	245	170	110	136	166	290	178	98.6	190	301	234	154	205	95.6	131	84	166	290	178	2657118								
195	M13	196	235	161	100	127	183	281	382	94.1	181	292	379	145	196	86.3	122	74.7	183	281	382	245	3100411							
250	M14	587	623	547	492	354	252	423	396	308	188	171	103	151	587	478	349	220	252	423	396	124	114	6983222						
135	M17	233	272	198	137	164	146	318	206	131	282	201	134	270	233	123	159	112	146	318	206	154	145	151	6401540					
691	C06	1382	1348	1198	772	604	338	646	646	395	269	252	185	233	1382	758	599	360	338	646	646	205	196	587	233	3419766				
260	O01	338	375	298	243	537	520	691	579	265	183	213	172	146	338	229	532	485	520	691	579	166	183	252	146	338	4810872			

ภาคผนวก ข

ข้อมูลความเป็นไปได้ของเส้นทาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 ความเป็นไปได้ของเส้นทาง ส่งสินค้าสองจุดส่งในหนึ่งเส้นทาง

1227671	1331997	1801179	1801185	1801217	1877595	2095287	2101733	2551479	3160287	3809758	4045478	4679844	4893616	5943245
1213513	1116554	1829687	1801179	1817700	1801185	2078190	3416049	3160287	3100411	3416049	4045107	4679192	2095287	8328316
1219761	1304365	1817700	1020013	1801179	1817702	4893616	3419766	3100411	2657118	3419766	6983222		2078190	8303531
1290480	1305783	1820280	5800224	1820280	5901722	4863299	4045478	3657118	2551479	2101733	7222758		5092557	5901721
1110790	1507950	1417208	1825287	1829687	5805010		3809758	7581643	6478651	3402299			4863299	5800224
1220520	1111779	1825287	1817700	1817701	1825287			6478651	6401540				7222758	1834464
	1115785	1801217	1507950	1817703	1020011			6401540					4810872	5901722
	1119807	1817701	1111111	1020013	5908071									5908071
	5805010	1817703	1801179	1417208	1111111									5908282
		1020013	1820280											8303558
		1801185	1829687											1313529
		5805010	1877595											1507950
		1111111												

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 (ต่อ) ความเป็นไปได้ของเส้นทาง ส่งสินค้าสองจุดส่งในหนึ่งเส้นทาง

6478651	7222758	7581643	8328316	1116554	1213513	4708051	1829687	1421008	3402299	8303531	1219761	1115785	1111111	1111779
6401540	6983222	6478651	5943245	1331997	1219761	5092557	1801179	1829687	3416049	5943245	1227671	1331997	1801185	1331997
3100411	6478651	6401540	8303531	1219761	1227671	4780575	1817700	1111779	3419766	8328316	1116554	1116554	1801179	1116554
2657118	4045478	2551479	5901721	1115785	1290480		1801217	1115785	3809758	5901721	1213513	1219761	1877595	1219761
7581643	4045107	2657118	5800224	1111779	1110790		1817701	1417512	2101733	5800224	1111779	1290480	1116554	1115785
7222758	6401540		1304365	1290480	1119807		1817703	1417511		1834464	1115785	1110790	1115785	1290480
2551479	4863299		5901722	1110790	1305783		1801185			5908071	1290480	1417512	1111779	1110790
3160287	4893616		5908071	1417512	1220520		1820280			5908282	1110790	1507950	1817700	1417512
			5908282	1507950			1417208			8303558	1220520	1801185	1417512	1421008
			8303558	1119807						1313529	1417512	1421008	1820280	1507950
			1305783								1305783	1111779	1825287	1119807
			1313529								1119807	1119807	1507950	1417208
			5805010									1417208	1313529	1801185
			1834464									1111111		1111111

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 (ต่อ) ความเป็นไปได้ของเส้นทาง ส่งสินค้าสองจุดส่งในหนึ่งเส้นทาง

1817700	1290480	5901721	2657118	3416049	4863299	1817701	4679192	4045107	2078190	4780575	3100411	6983222	5800224	1304365
1801179	1227671	5943245	3100411	3419766	5092557	1801179	4679844	4045478	2095287	4708051	2657118	7222758	1801185	1331997
1820280	1116554	8328316	6401540	3402299	2078190	1801217		6983222	4863299	5092557	6478651	4045478	5943245	5805010
1825287	1213513	8303531	7581643	3809758	2095287	1829687		7222758	4893616		2551479	4045107	8328316	8328316
1801217	1219761	5800224	2551479	2101733	4893616	1817700					3160287		8303531	1834464
1817701	1111779	5901722	3160287		7222758	1817703					6401540		5901721	1305783
1817703	1115785	5908071	6478651		4810872	1020013							5901722	5908071
1829687	1110790	5908282											5908071	1507950
1417208	1305783	8303558											5908282	5908282
1020013	1417512												8303558	8303558
1801185	1119807												5805010	1313529
5805010	1220520												1834464	
1111111														

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 (ต่อ) ความเป็นไปได้ของเส้นทาง ส่งสินค้าสองจุดส่งในหนึ่งเส้นทาง

6401540	5092557	5805010	1417512	1110790	1417511	1817702	1817703	3419766	5901722	1417208	1820280	1825287	1305783	5908071
6478651	4780575	1331997	1305783	1227671	1421008	1877595	1801179	3416049	1877595	1817700	1801179	1801185	1331997	5943245
2657118	4863299	1801179	1116554	1116554	1115785	1825287	1829687	3402299	5943245	1801179	1801185	1877595	8328316	8328316
7581643	4893616	1801185	1219761	1213513	1111779	1020011	1817700	3809758	8328316	1417511	1817700	1817700	1219761	8303531
7222758	4708051	1877595	1115785	1219761	1417208		1817701	2101733	1834464	1820280	1817702	1817702	1290480	5901721
2551479		8328316	1111779	1115785			1820280		5901721	1020013	1825287	1820280	1304365	5800224
3100411		1116554	1290480	1111779			1801217		5800224	1801217	1417208	1801179	1110790	5901722
3160287		1817700	1110790	1290480			1020013		5908071	1829687	1829687	1417208	1507950	5908282
		5800224	1421008	1417512			1417208		5908282	1115785	1817701	1020013	1213513	1304365
		1304365	1507950	1305783					8303558	1111779	1817703	5805010	8303558	8303558
		1820280	1119807	1119807						1817703	1020013	1111111	1417512	1313529
		1825287	1111111	1220520						1825287	5805010		1119807	1877595
		1305783								1507950	1111111		5805010	5805010
		5908071												1834464
		1507950												
		8303557												

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 (ต่อ) ความเป็นไปได้ของเส้นทาง ส่งสินค้าสองจุดส่งในหนึ่งเส้นทาง

1507950	5908282	8303558	1119807	1220520	1020011	1020012	1020013	1020014	1313529	4810872	1834464	1834465	2222222
1331997	8328316	5943245	1116554	1213513	1877595	1020012	1801179	1020014	5943245	5092557	5943245	1834465	2222222
1116554	5901721	8328316	1213513	1219761	1817702		1817700		8328316	2078190	8328316		
1115785	5800224	8303531	1417512	1290480			1820280		8303531	2095287	8303531		
1304365	1304365	5901721	1219761	1110790			1801217		5800224	4893616	5800224		
1305783	5901722	5800224	1115785	1119807			1817701		1304365	7222758	1304365		
1801185	5908071	5908071	1111779				1817703		5908071	4863299	5901722		
1111779	8303558	5908282	1290480				1417208				5908071		
1417512	5943245	5901722	1110790				1801185				5908282		
1417208	8303531	1304365	1305783				1825287				8303557		
5805010	1834464	1305783	1331997								1313529		
1111111		1313529	1220520										
		5805010											
		1834464											

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

แบบสำรวจเวลาเดินรถขนส่งสินค้า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการกรอกแบบสำรวจเวลาเดินรถ

จัดส่งลูกค้ารายใหญ่โรงงานรังสิต

โรงงาน				ลูกค้า					โรงงาน
เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา
เข้ามาโรงงาน	เริ่มขึ้นสินค้า	เสร็จสิ้นการขึ้นสินค้า	ออกจากโรงงาน	เริ่มเดินทางจัดส่งสินค้า	ถึงสาขา	เริ่มลงสินค้า	เสร็จสิ้นการลงสินค้า	ออกจากสาขา	กลับถึงโรงงาน
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)

(1) **เวลาเข้ามาโรงงาน** = เวลาที่ พขร. นำรถเข้ามาที่โรงงานเพื่อทำการขึ้นน้ำ

(2) **เวลาเริ่มขึ้นสินค้า** = เวลาที่เริ่มนำสินค้าขึ้นรถบรรทุก

(3) **เวลาเสร็จสิ้นการขึ้นสินค้า** = เวลาที่เสร็จสิ้นขั้นตอนการนำสินค้าขึ้นรถ

(4) **เวลาออกจากโรงงาน** = เวลาคลุมผ้าใบเรียบร้อย ตลอดจนเวลาที่ให้ยามรักษาการณ์ประจำโรงงานตรวจสอบเอกสารการจัดส่งสินค้า (ขาออก)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5 **เวลาเริ่มเดินทางจัดส่งสินค้า** = เวลาที่เริ่มเดินทางไปยังลูกค้าหรือสาขาจริงๆ ไม่รวมเวลารอคอยเพื่อเดินทาง ถ้าในกรณีที่ไม่มีการรอคอยดังกล่าว เวลาเริ่มเดินทางจัดส่งสินค้าจะเท่ากับเวลาออกจากโรงงาน

6 **เวลาถึงสาขา** = เวลาที่ไปถึงคลังสินค้าของลูกค้า

7 **เวลาเริ่มลงสินค้า** = เวลาที่เริ่มทำการนำสินค้าลงจากรถบรรทุก

8 **เวลาเสร็จสิ้นการลงสินค้า** = เวลาที่เสร็จสิ้นการลงสินค้าให้ลูกค้า รวมถึงจัดเรียงสินค้าในคลังสินค้า ตลอดจนนำกระบะสินค้ากลับโรงงาน

9 **เวลาออกจากสาขา** = เวลาที่ออกจากคลังสินค้าของลูกค้าหรือสาขาของบริษัท

10 **เวลากลับถึงโรงงาน** = เวลาที่ให้ยามรักษาการณ์ประจำโรงงานตรวจสอบเอกสารการจัดส่งสินค้า (ขาเข้า)

เวลาในการลงบันทึก

6 โมงเช้า	โมงเช้า	2 โมงเช้า	3 โมงเช้า	4 โมงเช้า	5 โมงเช้า	เที่ยง	บ่ายโมง	บ่าย 2 โมง	บ่าย 3 โมง	4 โมงเย็น	5 โมงเย็น
6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00

6 โมงเย็น	1 ทุ่ม	2 ทุ่ม	3 ทุ่ม	4 ทุ่ม	5 ทุ่ม	เที่ยงคืน	ตี 1	ตี 2	ตี 3	ตี 4	ตี 5
18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่าง การกรอกแบบสำรวจ

จัดส่งลูกค้ารายใหญ่โรงงานรังสิต

วันที่ 2 **เดือน พฤษภาคม พ.ศ.** 2545

ชื่อพนักงานขับรถ นายรัก รักขนส่ง

หมายเลขรถ T-01 **เที่ยวที่** 1

ลำเลียงจาก โรงงานรังสิต **ถึง สาขาที่** 1 1020012 **สาขาที่** 2 1227671

โรงงาน				ลูกค้า					โรงงาน
เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา
เข้ามาโรงงาน	เริ่มขึ้นสินค้า	เสร็จสิ้นการขึ้นสินค้า	ออกจากโรงงาน	เริ่มเดินทางจัดส่งสินค้า	ถึงสาขา	เริ่มลงสินค้า	เสร็จสิ้นการลงสินค้า	ออกจากสาขา	กลับถึงโรงงาน
21.00	21.20	22.00	22.00	1.00	8.00	10.00	11.00	11.00	-
-	-	-	-	11.00	11.30	13.30	14.30	14.30	16.00

ชื่อพนักงานขับรถ .....

หมายเลขรถ..... **เที่ยวที่** .....

ลำเลียงจาก ..... **ถึง สาขาที่** 1 ..... **สาขาที่** 2 .....

โรงงาน				ลูกค้า					โรงงาน
เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา
เข้ามาโรงงาน	เริ่มขึ้นสินค้า	เสร็จสิ้นการขึ้นสินค้า	ออกจากโรงงาน	เริ่มเดินทางจัดส่งสินค้า	ถึงสาขา	เริ่มลงสินค้า	เสร็จสิ้นการลงสินค้า	ออกจากสาขา	กลับถึงโรงงาน

แบบสำรวจเวลาเดินรถ

จัดส่งลูกค้ารายใหญ่โรงงานรังสิต

วันที่ เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2545

ชื่อพนักงานขับรถ .....

หมายเลขรถ..... **เที่ยวที่** .....

ลำเลียงจาก ..... **ถึง สาขาที่** 1 ..... **สาขาที่** 2 .....

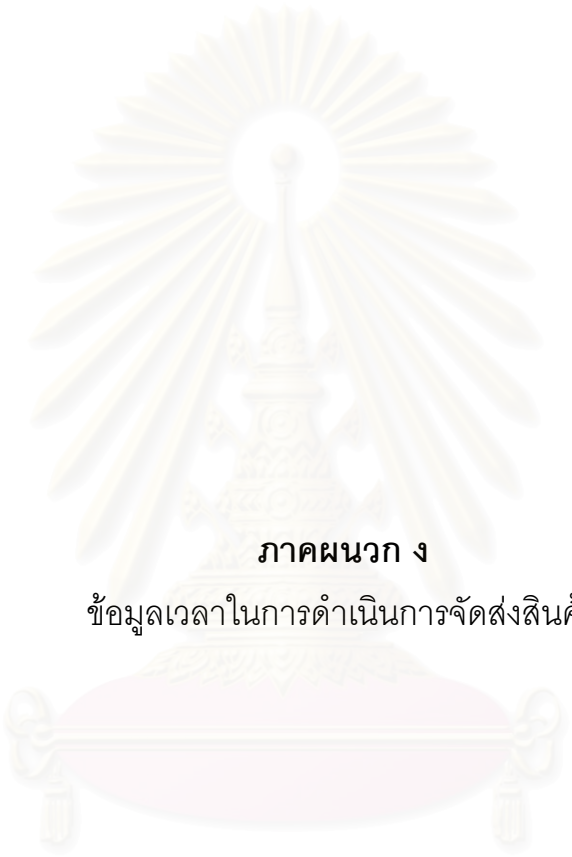
โรงงาน				ลูกค้า					โรงงาน
เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา
เข้ามาโรงงาน	เริ่มขึ้นสินค้า	เสร็จสิ้นการขึ้นสินค้า	ออกจากโรงงาน	เริ่มเดินทางจัดส่งสินค้า	ถึงสาขา	เริ่มลงสินค้า	เสร็จสิ้นการลงสินค้า	ออกจากสาขา	กลับถึงโรงงาน

ชื่อพนักงานขับรถ .....

หมายเลขรถ..... **เที่ยวที่** .....

ลำเลียงจาก ..... **ถึง สาขาที่** 1 ..... **สาขาที่** 2 .....

โรงงาน				ลูกค้า					โรงงาน
เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา	เวลา
เข้ามาโรงงาน	เริ่มขึ้นสินค้า	เสร็จสิ้นการขึ้นสินค้า	ออกจากโรงงาน	เริ่มเดินทางจัดส่งสินค้า	ถึงสาขา	เริ่มลงสินค้า	เสร็จสิ้นการลงสินค้า	ออกจากสาขา	กลับถึงโรงงาน



ภาคผนวก ง

ข้อมูลเวลาในการดำเนินการจัดส่งสินค้า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.1 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการขึ้นน้ำ และคลุมผ้าใบจากแบบสอบถามเวลาเดินรถ

ลำดับ	วันที่	เวลาขึ้นน้ำ (นาที)	เวลาคลุมผ้าใบ (นาที)	ลำดับ	วันที่	เวลาขึ้นน้ำ (นาที)	เวลาคลุมผ้าใบ (นาที)
1	8-May-45	45	0	36	18-May-45	30	65
2	11-May-45	5	5	37	19-May-45	15	20
3	17-May-45	20	12	38	22-May-45	25	0
4	18-May-45	5	17	39	23-May-45	15	0
5	22-May-45	10	125	40	24-May-45	20	10
6	23-May-45	25	15	41	25-May-45	35	0
7	24-May-45	20	20	42	26-May-45	20	5
8	25-May-45	20	30	43	27-May-45	20	25
9	26-May-45	35	3	44	28-May-45	30	10
10	28-May-45	30	10	45	29-May-45	20	10
11	30-May-45	15	40	46	17-May-45	25	70
12	17-May-45	15	30	47	17-May-45	15	30
13	22-May-45	40	35	48	18-May-45	35	30
14	23-May-45	25	15	49	18-May-45	35	30
15	29-May-45	10	20	50	19-May-45	45	45
16	17-May-45	30	30	51	20-May-45	50	30
17	17-May-45	26	10	52	21-May-45	45	20
18	18-May-45	60	30	53	21-May-45	20	25
19	19-May-45	30	30	54	22-May-45	10	30
20	19-May-45	60	30	55	22-May-45	35	40
21	21-May-45	35	30	56	23-May-45	55	25
22	21-May-45	40	30	57	23-May-45	15	30
23	22-May-45	40	50	58	24-May-45	40	45
24	23-May-45	60	10	59	24-May-45	40	30
25	24-May-45	30	30	60	25-May-45	30	15
26	17-May-45	50	15	61	25-May-45	20	30
27	21-May-45	60	30	62	26-May-45	15	25
28	22-May-45	20	10	63	26-May-45	25	25
29	23-May-45	10	30	64	26-May-45	25	55
30	23-May-45	20	10	65	27-May-45	10	10
31	26-May-45	50	10	66	28-May-45	55	20
32	27-May-45	15	10	67	28-May-45	10	20
33	28-May-45	10	25	68	29-May-45	60	30
34	29-May-45	30	10	69	29-May-45	35	35
35	30-May-45	20	5	70	30-May-45	45	40

ตารางที่ ง.1 (ต่อ) ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการขึ้นน้ำ และคลุมผ้าใบจากแบบสอบถามเวลาเดินรถ

ลำดับ	วันที่	เวลาขึ้นน้ำ (นาที)	เวลาคลุมผ้าใบ (นาที)	ลำดับ	วันที่	เวลาขึ้นน้ำ (นาที)	เวลาคลุมผ้าใบ (นาที)
71	30-May-45	35	25	100	29-May-45	35	20
72	22-May-45	20	10	101	29-May-45	50	43
73	23-May-45	20	10	102	30-May-45	29	13
74	24-May-45	20	10	103	23-May-45	10	10
75	26-May-45	30	20	104	24-May-45	15	15
76	29-May-45	30	30	105	25-May-45	20	15
77	17-May-45	30	100	106	26-May-45	5	30
78	18-May-45	30	30	107	27-May-45	10	20
79	19-May-45	30	40	108	28-May-45	15	20
80	22-May-45	30	10	109	28-May-45	12	18
81	23-May-45	20	30	110	29-May-45	10	20
82	24-May-45	40	30	111	30-May-45	15	20
83	26-May-45	30	30	112	18-May-45	25	15
84	27-May-45	30	20	113	17-May-45	15	5
85	28-May-45	15	5	114	22-May-45	30	20
86	30-May-45	30	30	115	22-May-45	30	20
87	21-May-45	10	45	116	23-May-45	5	15
88	22-May-45	15	25	117	23-May-45	45	15
89	24-May-45	25	10	118	24-May-45	30	20
90	25-May-45	15	30	119	27-May-45	40	20
91	26-May-45	30	30	120	29-May-45	35	10
92	27-May-45	15	25	121	23-May-45	15	25
93	28-May-45	20	20	122	24-May-45	10	5
94	29-May-45	20	30	123	26-May-45	15	30
95	30-May-45	37	20	124	27-May-45	15	25
96	22-May-45	25	15	125	29-May-45	10	10
97	25-May-45	8	12	รวม		1721	1531
98	27-May-45	15	5	ค่าเฉลี่ย		26	14
99	28-May-45	30	22	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		23	17

ตารางที่ ง.2 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการรอคอยลงสินค้าในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล
จากแบบสอบถามเวลาเดินรถ

ลำดับ	วันที่	เวลารอคอยลงสินค้า (นาที)	ลำดับ	วันที่	เวลารอคอยลงสินค้า (นาที)
1	17-May-45	120	33	26-May-45	60
2	25-May-45	375	34	27-May-45	15
3	28-May-45	510	35	27-May-45	10
4	17-May-45	70	36	28-May-45	75
5	17-May-45	258	37	28-May-45	15
6	19-May-45	120	38	29-May-45	130
7	21-May-45	420	39	29-May-45	15
8	23-May-45	450	40	30-May-45	40
9	24-May-45	390	41	18-May-45	90
10	26-May-45	390	42	24-May-45	120
11	30-May-45	90	43	26-May-45	90
12	18-May-45	295	44	27-May-45	95
13	25-May-45	387	45	30-May-45	570
14	27-May-45	220	46	25-May-45	35
15	29-May-45	30	47	30-May-45	83
16	17-May-45	40	48	27-May-45	455
17	18-May-45	20	49	29-May-45	122
18	18-May-45	20	50	29-May-45	20
19	19-May-45	15	51	25-May-45	15
20	20-May-45	15	52	27-May-45	190
21	21-May-45	10	53	28-May-45	30
22	22-May-45	25	54	22-May-45	5
23	22-May-45	15	55	22-May-45	10
24	23-May-45	15	56	23-May-45	10
25	23-May-45	10	57	23-May-45	5
26	23-May-45	20	58	24-May-45	95
27	24-May-45	15	59	27-May-45	10
28	24-May-45	75	60	27-May-45	90
29	24-May-45	30	61	31-May-45	90
30	25-May-45	15	รวม		7085
31	25-May-45	10	ค่าเฉลี่ย		116
32	26-May-45	20	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		150

ตารางที่ ง.3 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการรอคอยลงสินค้าในเขตต่างจังหวัด
จากแบบสอบถามเวลาเดินรถ

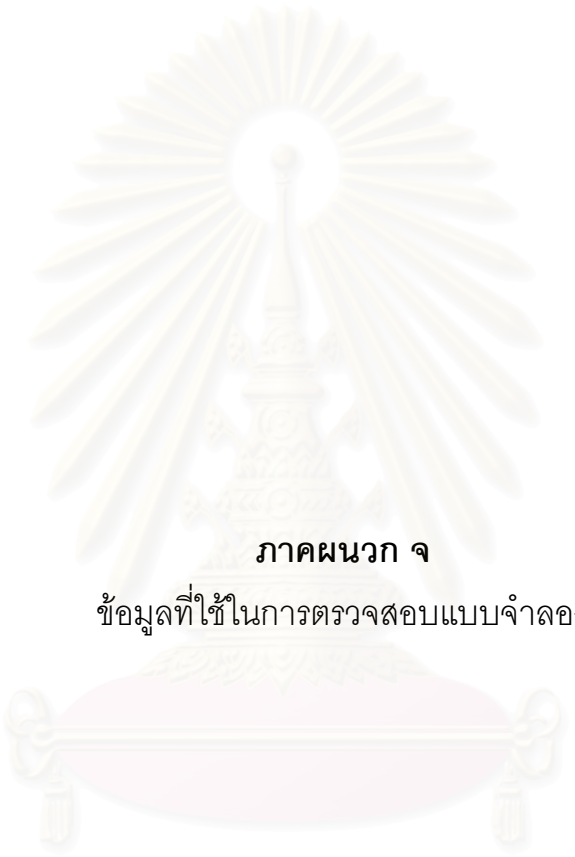
ลำดับ	วันที่	เวลารอคอยลงสินค้า (นาที)	ลำดับ	วันที่	เวลารอคอยลงสินค้า (นาที)
1	8-May-45	20	37	22-May-45	20
2	11-May-45	15	38	23-May-45	60
3	18-May-45	25	39	28-May-45	70
4	21-May-45	130	40	21-May-45	35
5	22-May-45	50	41	22-May-45	30
6	26-May-45	86	42	24-May-45	25
7	30-May-45	180	43	26-May-45	160
8	22-May-45	30	44	27-May-45	105
9	23-May-45	20	45	28-May-45	115
10	18-May-45	150	46	29-May-45	30
11	19-May-45	60	47	28-May-45	147
12	21-May-45	180	48	30-May-45	180
13	17-May-45	30	49	23-May-45	47
14	21-May-45	80	50	24-May-45	200
15	22-May-45	20	51	26-May-45	190
16	23-May-45	60	52	28-May-45	15
17	23-May-45	205	53	29-May-45	120
18	27-May-45	130	54	30-May-45	120
19	22-May-45	180	55	18-May-45	10
20	23-May-45	40	56	22-May-45	183
21	26-May-45	62	57	30-May-45	63
22	28-May-45	13	58	30-May-45	12
23	17-May-45	25	59	17-May-45	90
24	18-May-45	85	60	22-May-45	80
25	21-May-45	10	61	23-May-45	10
26	25-May-45	75	62	24-May-45	50
27	27-May-45	155	63	28-May-45	115
28	30-May-45	30	64	29-May-45	175
29	30-May-45	10	65	31-May-45	30
30	17-May-45	30	66	23-May-45	20
31	22-May-45	90	67	24-May-45	145
32	23-May-45	30	68	27-May-45	25
33	24-May-45	90	69	29-May-45	75
34	26-May-45	180	รวม		5478
35	29-May-45	60	ค่าเฉลี่ย		79
36	17-May-45	90	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		60

ตารางที่ ง.4 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการลงสินค้าจากแบบสอบถามเวลาเดินรถ

ลำดับ	วันที่	เวลาลงน้ำ (นาที)	ลำดับ	วันที่	เวลาลงน้ำ (นาที)
1	8-May-45	40	36	25-May-45	73
2	11-May-45	120	37	26-May-45	80
3	17-May-45	13	38	27-May-45	50
4	18-May-45	135	39	28-May-45	60
5	21-May-45	30	40	29-May-45	110
6	22-May-45	40	41	17-May-45	50
7	23-May-45	50	42	17-May-45	90
8	24-May-45	120	43	18-May-45	25
9	26-May-45	49	44	18-May-45	50
10	30-May-45	150	45	18-May-45	95
11	17-May-45	180	46	19-May-45	115
12	22-May-45	55	47	20-May-45	60
13	23-May-45	40	48	21-May-45	135
14	17-May-45	120	49	22-May-45	45
15	18-May-45	40	50	22-May-45	95
16	19-May-45	60	51	23-May-45	20
17	21-May-45	90	52	23-May-45	50
18	21-May-45	120	53	24-May-45	125
19	22-May-45	150	54	24-May-45	70
20	23-May-45	150	55	24-May-45	120
21	24-May-45	120	56	25-May-45	70
22	17-May-45	150	57	25-May-45	25
23	21-May-45	40	58	25-May-45	50
24	22-May-45	70	59	26-May-45	150
25	23-May-45	65	60	26-May-45	105
26	23-May-45	40	61	26-May-45	110
27	26-May-45	90	62	27-May-45	60
28	27-May-45	130	63	27-May-45	60
29	28-May-45	90	64	27-May-45	150
30	29-May-45	70	65	28-May-45	85
31	18-May-45	115	66	29-May-45	85
32	19-May-45	90	67	29-May-45	95
33	22-May-45	75	68	30-May-45	100
34	23-May-45	55	69	30-May-45	50
35	24-May-45	37	70	30-May-45	90

ตารางที่ ง.4 (ต่อ) ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการลงสินค้าจากแบบสอบถามเวลาเดินรถ

ลำดับ	วันที่	เวลาลงน้ำ (นาที)	ลำดับ	วันที่	เวลาลงน้ำ (นาที)
71	17-May-45	160	104	26-May-45	50
72	22-May-45	120	105	27-May-45	40
73	23-May-45	60	106	28-May-45	45
74	24-May-45	50	107	28-May-45	45
75	26-May-45	120	108	29-May-45	130
76	29-May-45	60	109	18-May-45	46
77	17-May-45	150	110	22-May-45	48
78	18-May-45	120	111	30-May-45	64
79	19-May-45	85	112	30-May-45	34
80	22-May-45	40	113	17-May-45	45
81	23-May-45	90	114	22-May-45	60
82	24-May-45	180	115	22-May-45	120
83	26-May-45	40	116	22-May-45	42
84	27-May-45	120	117	23-May-45	150
85	30-May-45	105	118	23-May-45	15
86	21-May-45	90	119	23-May-45	40
87	22-May-45	95	120	24-May-45	150
88	24-May-45	50	121	24-May-45	110
89	25-May-45	55	122	27-May-45	80
90	26-May-45	65	123	27-May-45	120
91	27-May-45	50	124	28-May-45	95
92	28-May-45	110	125	29-May-45	65
93	30-May-45	37	126	31-May-45	60
94	22-May-45	169	127	31-May-45	90
95	25-May-45	22	128	23-May-45	35
96	27-May-45	50	129	24-May-45	25
97	28-May-45	34	130	26-May-45	165
98	29-May-45	118	131	27-May-45	35
99	29-May-45	40	132	29-May-45	175
100	30-May-45	120	รวม		10676
101	23-May-45	25	ค่าเฉลี่ย		81
102	24-May-45	20	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		42
103	25-May-45	55			



ภาคผนวก จ

ข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบแบบจำลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.1 ข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของข้อมูลเข้าและออกแบบจำลอง

ลำดับ	ลูกค้ารายใหญ่	จำนวนกระบะ
1	3809758	1
2	3402299	1
3	4045478	36
4	2101733	38
5	2095287	1
6	4893616	1
7	4679844	1
8	3160287	1
9	7581643	1
10	1331997	4
11	1116554	1
12	1213513	6
13	1219761	1
14	6478651	1
15	1801185	4
16	8328316	6
17	5943245	19
18	1829687	1
19	1421008	1
20	8303531	16
21	1020011	10
22	1020012	62
23	4810872	16
24	1111779	20
25	1290480	52
26	4045107	7
27	6983222	62
28	4863299	70
29	4780575	140
30	1304365	16
31	1817700	50
32	5901721	44
33	1817701	32
34	5800224	30
35	5092557	100
36	1417512	5
37	1417208	3
38	1290480	3
39	1417511	2
40	3419766	9
41	1820280	3
42	1817703	19
43	5901722	33
44	1825287	3
45	5908071	1
46	5908282	5
47	8303558	6
48	1507950	2
49	1305783	11
50		
51		
52		
53		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.2 ข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความน่าเชื่อถือและความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์โดยใช้ข้อมูลที่ผ่านมา

ลำดับ	17 มกราคม 2545		18 มกราคม 2545		19 มกราคม 2545		20 มกราคม 2545		21 มกราคม 2545	
	รหัสลูกค้า	จำนวนกระบะ	รหัสลูกค้า	จำนวนกระบะ	รหัสลูกค้า	จำนวนกระบะ	รหัสลูกค้า	จำนวนกระบะ	รหัสลูกค้า	จำนวนกระบะ
1	1115785	80	4679844	149	2101733	7	3402299	5	3809758	156
2	7222758	2	1331997	5	1801185	9	4045478	4	1213513	1
3	2095287	200	1227671	15	1020014	1	2095287	119	1801217	1
4	4679844	168	1213513	2	1020012	14	2551479	5	1801179	1
5	4708051	139	1801179	22	1111779	8	3160287	1	1877595	2
6	2551479	4	1877595	100	1290480	4	6478651	4	1801185	1
7	1116554	5	8328316	2	3416049	60	1020011	30	8328316	2
8	1213513	68	5943245	1	4863299	6	1110790	4	5943245	2
9	6478651	1	1829687	13	2078190	5	2078190	5	1313529	17
10	1801217	7	8303531	1	4679192	19	1304365	4	4810872	36
11	1020013	4	1313529	14	4780575	19	1820280	1	1111779	22
12	1020011	6	1020011	8	1304365	4			1290480	4
13	1020012	20	1020012	40	1817700	20			1304365	16
14	1111779	14	1290480	13	5901721	23			1817700	12
15	3100411	3	3416049	10	5800224	2			5901721	7
16	4863299	5	1817700	6	6401540	12			1817701	48
17	2078190	1	1417208	35	5092557	12			5800224	20
18	5901721	11	1417511	4	1417512	3			1417512	1
19	1817701	33	3419766	1	1110790	7			1417208	1
20	5800224	31	5908282	40	1817702	13			1110790	1
21	6401540	4	1305783	6	1820280	1			1417511	1
22	1417512	2			1817703	1			1820280	2
23	1110790	23			5901722	18			1817703	1
24	1417511	2			1825287	4			1825287	1
25	3419766	1			5908071	1			5908071	1
26	1820280	2			5908282	1			5908282	1
27	1817703	1			8303558	1			1507950	3
28	5901722	1			1507950	1			1305783	1
29	1825287	1			1305783	5				
30	5908071	3								
31	5908282	1								
32	1507950	4								
33	1305783	2								
34										
35										
36										
37										
38										
39										
40										
41										
42										
43										
44										
45										
46										
47										
48										
49										
50										
51										
52										
53										

ตารางที่ จ.2 (ต่อ) ข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความน่าเชื่อถือและความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์โดยใช้ข้อมูลที่ผ่านมา

ลำดับ	22 มกราคม 2545		23 มกราคม 2545		20 กุมภาพันธ์ 2545		21 กุมภาพันธ์ 2545		22 กุมภาพันธ์ 2545	
	รหัสลูกค้า	**จำนวนกระบะ**	**รหัสลูกค้า**	**จำนวนกระบะ**	**รหัสลูกค้า**	**จำนวนกระบะ**	**รหัสลูกค้า**	**จำนวนกระบะ**	**รหัสลูกค้า**	**จำนวนกระบะ**
1	1213513	66	7222758	2	4045478	5	3809758	9	4045478	13
2	1801217	12	4893616	220	7222758	3	3160287	3	4893616	2
3	1801179	56	4679844	4	2551479	3	7581643	2	2551479	15
4	8303531	113	3160287	80	3160287	3	1829687	1	3160287	3
5	1020012	18	7581643	30	7581643	2	1020011	37	1331997	4
6	1417512	1	1213513	29	1213513	2	1020012	8	1227671	2
7	1417208	60	1313529	10	1829687	1	1020013	15	1213513	3
8	1290480	1	1020011	9	1313529	13	1111779	20	1801217	20
9	1417511	1	1020012	42	1020011	26	1290480	42	1801179	3
10	1817702	57	1111779	20	1020012	116	2657118	71	1877595	2
11	1817703	1	2657118	13	1111779	30	3416049	13	1801185	17
12	1825287	1	3100411	2	1290480	24	4045107	52	8328316	8
13	5908071	1	4045107	9	2657118	50	6983222	42	5943245	8
14	5908282	1	4863299	39	3100411	40	4863299	84	1829687	2
15			2078190	10	4045107	20	2078190	85	1421008	8
16			4679192	40	6983222	30	4679192	86	1020014	2
17			4780575	5	4863299	30	4780575	62	1313529	30
18			1304365	14	2078190	60	1304365	10	1020012	10
19			1817700	25	4679192	46	1817700	24	4810872	118
20			5901721	22	4780575	40	5901721	54	1111779	4
21			1817701	40	1304365	24	1817701	6	1290480	17
22			5800224	2	1817700	32	5800224	16	3100411	5
23			6401540	4	5901721	36	5092557	60	4045107	24
24			5092557	12	1817701	26	1417512	9	6983222	13
25			1417208	2	5800224	10	5901722	2	4863299	24
26			1290480	24	5901721	14			4679192	17
27			1817702	22	5092557	60			4780575	23
28			1817703	1	1417512	9			1304365	8
29			1825287	1	5901722	2			1817701	6
30			5908071	1					6401540	13
31			5908282	1					5092557	16
32									1417512	11
33									1417208	228
34									1110790	68
35									1417511	4
36									3419766	88
37									1817702	2
38									1817703	14
39									5901722	2
40									1825287	3
41									5908071	169
42									5908282	2
43									8303558	4
44									1507950	2
45									1305783	6
46										
47										
48										
49										
50										
51										
52										
53										

ตารางที่ จ.2 (ต่อ) ข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความน่าเชื่อถือและความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์โดยใช้ข้อมูลที่ผ่านมา

	23 กุมภาพันธ์ 2545		24 กุมภาพันธ์ 2545		25 กุมภาพันธ์ 2545		26 กุมภาพันธ์ 2545		11 มีนาคม 2545	
ลำดับ	รหัสลูกค้า	จำนวนกระบะ	รหัสลูกค้า	จำนวนกระบะ	รหัสลูกค้า	จำนวนกระบะ	รหัสลูกค้า	จำนวนกระบะ	รหัสลูกค้า	จำนวนกระบะ
1	3809758	44	3809758	44	4045478	12	3809758	10	3809758	20
2	2101733	26	3402299	26	7222758	2	2095287	3	4045478	23
3	4893616	1	7222758	2	1227671	3	7581643	4	2101733	7
4	4708051	4	4893616	5	1213513	1	4810872	160	7222758	15
5	1331997	4	4679844	9	1219761	2	1111779	10	4679844	7
6	1116554	5	7581643	9	1801179	6	1290480	10	7581643	7
7	1227671	1	1331997	4	1877595	9	3100411	6	1116554	5
8	1213513	1	1227671	1	1801185	2	3416049	20	1219761	1
9	1020014	1	6478651	2	8328316	2	4045107	46	6478651	5
10	4810872	116	1020011	20	5943245	6	6983222	24	1801185	6
11	3416049	19	4810872	80	1313529	12	4863299	66	8328316	3
12	6983222	72	4679192	67	1020012	30	2078190	86	5943245	2
13	4863299	36	4780575	115	1111779	3	4679192	102	1829687	2
14	1817700	6	1817700	2	1290480	6	4780575	86	8303531	5
15	6401540	35	5092557	72	2657118	57	1817700	26	1313529	4
16	5092557	17	1110790	13	3100411	2	5901721	10	1020012	372
17	1417208	95			4045107	40	1817701	12		
18	1417511	5			6983222	24	5800224	6		
19	3419766	8			4863299	88	5092557	46		
20	1820280	4			2078190	18	1417208	80		
21	5901722	7			1304365	60	5908071	2		
22	1825287	2			1817700	2				
23	5908071	2			5901721	7				
24	5908282	2			1817701	27				
25	8303558	12			5800224	10				
26	1507950	6			1417512	3				
27					1417208	113				
28					1417511	8				
29					3419766	22				
30					1820280	3				
31					1817703	28				
32					5901722	3				
33					1825287	19				
34					5908071	2				
35					5908282	2				
36					8303558	2				
37					1507950	2				
38					1305783	2				
39										
40										
41										
42										
43										
44										
45										
46										
47										
48										
49										
50										
51										
52										
53										

ตารางที่ จ.2 (ต่อ) ข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความน่าเชื่อถือและความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์โดยใช้ข้อมูลที่ผ่านมา

ลำดับ	12 มีนาคม 2545		13 มีนาคม 2545		14 มีนาคม 2545		15 มีนาคม 2545		16 มีนาคม 2545	
	รหัสลูกค้า	จำนวนกระบะ	รหัสลูกค้า	จำนวนกระบะ	รหัสลูกค้า	จำนวนกระบะ	รหัสลูกค้า	จำนวนกระบะ	รหัสลูกค้า	จำนวนกระบะ
1	3402299	15	7222758	2	4045478	6	4045478	6	3809758	1
2	2095287	2	4893616	11	7222758	2	2101733	10	3402299	1
3	4708051	13	2551479	1	2095287	16	7222758	2	4045478	36
4	7581643	7	7581643	4	4679844	5	4708051	6	2101733	38
5	1331997	3	6478651	7	2551479	14	2551479	14	2095287	1
6	1213513	2	1877595	1	1116554	4	1227671	9	4893616	1
7	1801179	2	5943245	10	1877595	16	1213513	9	4679844	1
8	1877595	1	1313529	4	1421008	10	1219761	11	3160287	1
9	1421008	1	1020011	10	8303531	7	1801217	26	7581643	1
10	1020013	17	1020012	30	1020014	1	1801179	2	1331997	4
11	3416049	63	2657118	10	1020011	39	1877595	1	1116554	1
12	4045107	58	3100411	3	1020012	170	1801185	4	1213513	6
13	4863299	17	3416049	38	1020013	20	8328316	6	1219761	1
14	2078190	189	2078190	40	1111779	44	5943245	19	6478651	1
15	1304365	15	4679192	50	2657118	66	1829687	1	1801185	4
16	1817701	1	4780575	130	3100411	3	8303531	16	8328316	6
17	5800224	6	1304365	20	3416049	117	1313529	5	5943245	19
18	1820280	1	1817700	11	4045107	99	1020011	10	1829687	1
19	5908071	1	5901721	26	4863299	39	1020012	98	1421008	1
20	8303558	1	6401540	12	2078190	109	1020013	3	8303531	16
21			5092557	76	1817700	70	4810872	16	1020011	10
22					5800224	42	1111779	10	1020012	62
23					6401540	30	1290480	52	4810872	16
24					5092557	20	2657118	66	1111779	20
25					1417512	9	3416049	86	1290480	52
26					1417208	2	6983222	72	4045107	7
27					1110790	2	2078190	110	6983222	62
28					1417511	5	4679192	90	4863299	70
29					1817702	9	4780575	109	2078190	160
30					1820280	2	1304365	30	4679192	230
31					5901722	24	1817700	85	4780575	140
32					1825287	2	5901721	22	1304365	16
33					5908071	1	1817701	18	1817700	50
34					5908282	1	6401540	30	5901721	44
35					8303558	5	1817702	8	1817701	32
36					1507950	1	1820280	2	5800224	30
37					1305783	3	1817703	19	5092557	100
38							5908071	1	1417512	5
39							5908282	3	1417208	3
40							8303558	11	1290480	3
41							1507950	2	1417511	2
42									3419766	9
43									1820280	3
44									1817703	19
45									5901722	33
46									1825287	3
47									5908071	1
48									5908282	5
49									8303558	6
50									1507950	2
51									1305783	11
52										
53										

ตารางที่ จ.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง จำนวนรถบรรทุกมาตรฐานขนาด 10 กระบะ และจำนวนงานที่ทำได้ จากการผันแปรค่าเวลาที่ใช้ในการรอคอยลงน้ำ

ชุดข้อมูล	จำนวนรถบรรทุกขนาด 10 กระบะ	จำนวนงานที่สามารถจัดส่งได้
1	20	21
2	25	26
3	30	31
4	35	36
5	40	41
6	45	46
7	50	51
8	55	64
9	60	69
10	65	74
11	70	79
12	75	81
13	80	80
14	85	85
15	90	86
16	95	86
17	99	86

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง เวลาที่ใช้ในการขึ้นน้ำ และจำนวนงานที่ทำได้จากการผันแปรค่าเวลาที่ใช้ในการรอคอยลงน้ำ

ชุดข้อมูล	เวลาที่ใช้ในการขึ้นน้ำ	จำนวนงานที่สามารถจัดส่งได้
1	80	41
2	75	42
3	70	48
4	65	55
5	60	54
6	55	61
7	50	67
8	45	67
9	40	68
10	35	69
11	30	69
12	26	69
13	20	69
14	15	69
15	10	69

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง เวลาที่ใช้ในการรอคอยลงน้ำ และจำนวนงานที่ทำได้จากการผันแปรค่าเวลาที่ใช้ในการรอคอยลงน้ำ

ชุดข้อมูล	เวลาที่ใช้ในการรอคอยลงน้ำ		จำนวนงานที่สามารถจัดส่งได้	
	กรุงเทพฯ	ต่างจังหวัด	เที่ยววิ่งรวม	เที่ยววิ่งที่สอง
1	240	160	61	0
2	210	140	61	0
3	192	128	65	4
4	180	120	65	4
5	150	100	66	5
6	116	79	69	8
7	90	60	69	8
8	60	40	69	8
9	30	20	69	8
10	0	0	71	10

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.6 ผลการเปรียบเทียบผลการคำนวณจำนวนกระบะสินค้าจากคำสั่งซื้อ ระหว่างข้อมูลจากการปฏิบัติงานจริงและแบบจำลอง

ชุดข้อมูล	จำนวนกระบะ	
	แบบจำลอง	ปฏิบัติงาน
1	35	35
2	69	67
3	127	130
4	59	59
5	170	170
6	14	15
7	118	110
8	17	18
9	3	3
10	13	13
11	67	65
12	20	19
13	79	80
14	41	40
15	10	10
16	16	16
17	96	110
18	7	7
19	8	9
20	10	10
21	72	70
22	10	10

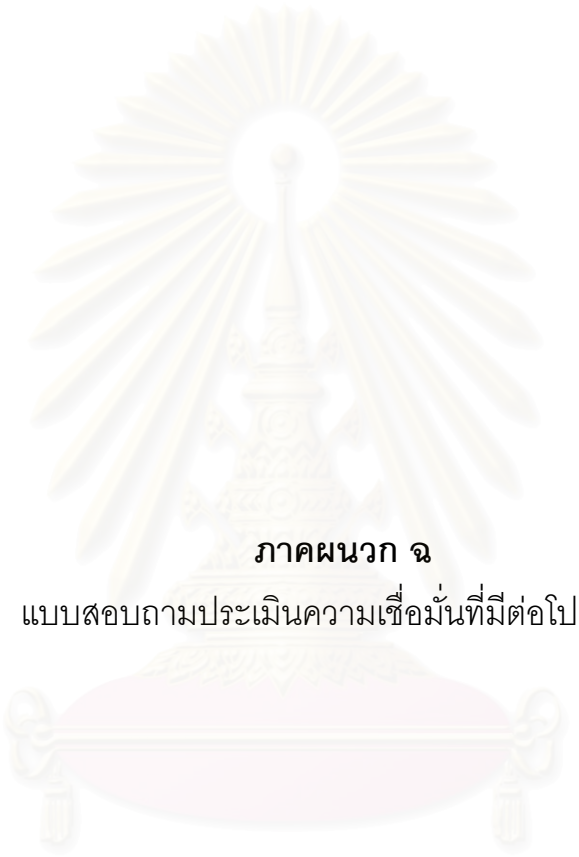
ชุดข้อมูล	จำนวนกระบะ	
	แบบจำลอง	ปฏิบัติงาน
23	10	10
24	10	10
25	63	66
26	6	6
27	50	50
28	6	6
29	67	70
30	40	40
31	100	100
32	60	60
33	31	32
34	60	60
35	62	60
36	20	20
37	58	60
38	80	80
39	57	57
40	6	6
41	91	90
42	50	50
43	39	40
44	30	30
45	17	18

ตารางที่ จ.7 ผลการเปรียบเทียบจำนวนเที่ยววิ่งที่สามารถลดได้จากการส่งสินค้า 2 จุดส่งในหนึ่งเส้นทางระหว่างข้อมูลจากการปฏิบัติงานจริงและแบบจำลอง

คำสั่งซื้อ	จำนวนเที่ยววิ่งที่ลดลง	
	ปฏิบัติงานจริง	จากแบบจำลอง
17 ม.ค. 45	7	6
18 ม.ค. 45	6	3
19 ม.ค. 45	6	8
20 ม.ค. 45	2	1
21 ม.ค. 45	4	5
22 ม.ค. 45	2	3
23 ม.ค. 45	5	4
20 ก.พ. 45	3	4
21 ก.พ. 45	3	3
22 ก.พ. 45	11	13
23 ก.พ. 45	6	5
24 ก.พ. 45	3	2
25 ก.พ. 45	11	7
26 ก.พ. 45	3	2
10 มี.ค. 45	4	3
11 มี.ค. 45	10	8
12 มี.ค. 45	7	5
13 มี.ค. 45	1	2
14 มี.ค. 45	8	7
15 มี.ค. 45	9	9
16 มี.ค. 45	8	12

ตารางที่ จ.8 ผลการเปรียบเทียบจำนวนงานที่สามารถจัดส่งได้ จากการจัดตารางเวลาเดินรถระหว่างข้อมูลจากการปฏิบัติงานจริงและแบบจำลอง

คำสั่งซื้อ	จำนวนงานที่สามารถจัดส่งได้		จำนวนรถพร้อมใช้งาน 10 กระบะ (คัน)
	ปฏิบัติงานจริง	จากแบบจำลอง	
17 ม.ค. 45	89	92	90
18 ม.ค. 45	54	52	49
19 ม.ค. 45	32	32	27
20 ม.ค. 45	20	21	20
21 ม.ค. 45	37	35	32
22 ม.ค. 45	43	44	42
23 ม.ค. 45	74	80	72
20 ก.พ. 45	84	88	80
21 ก.พ. 45	89	89	84
22 ก.พ. 45	72	69	66
23 ก.พ. 45	58	57	54
24 ก.พ. 45	53	53	52
25 ก.พ. 45	68	65	62
26 ก.พ. 45	66	66	65
11 มี.ค. 45	98	92	96
12 มี.ค. 45	55	55	54
13 มี.ค. 45	55	56	53
14 มี.ค. 45	96	95	76
15 มี.ค. 45	99	97	85
16 มี.ค. 45	54	54	45



ภาคผนวก ฉ

แบบสอบถามประเมินความเชื่อมั่นที่มีต่อโปรแกรม

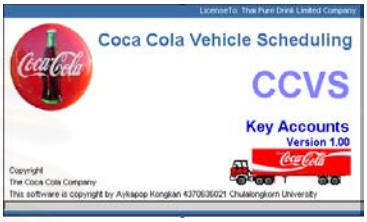
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสอบถามประเมินความเชื่อมั่นที่มีต่อโปรแกรม

วัตถุประสงค์

ใช้เพื่อประเมินความเชื่อมั่นและความคิดเห็นเกี่ยวกับความถูกต้อง ความเหมาะสมของการประมวลผลของโปรแกรม CCVS ในประเด็นที่สำคัญคือ

- การคำนวณจำนวนกระบะสินค้า
- การจัดเส้นทางเดินรถ
- การจัดตารางเวลาเดินรถ
- การนำไปใช้งานจริง



ตำแหน่งงาน .....

ประเด็นความเชื่อมั่น	ระดับความเหมาะสม				
	1	2	3	4	5
ความเหมาะสมของส่วนการคำนวณจำนวนกระบะสินค้า					
ความเหมาะสมของส่วนการจัดเส้นทางเดินรถ					
ความเหมาะสมของส่วนการจัดตารางเวลาเดินรถ					
ความเหมาะสมโดยรวมในการนำไปใช้งานจริง					

เหมาะสมน้อยที่สุด → เหมาะสมมากที่สุด

1 2 3 4 5

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายเอกภพ กองกาญจน์ เกิดเมื่อวันที่ 15 กรกฎาคม พ.ศ. 2521 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในปีการศึกษา 2542 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ในปีการศึกษา 2543

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย