การจัดตารางเวลาการเดินรถขนส่งน้ำมัน

นาย สุธน นิตยาธารีกุล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2544
ISBN 974-03-1420-1
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

VEHICLE SCHEDULING FOR TANK TRUCKS

Mr. Suthon Nittayatarekul

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 2001

ISBN 974-03-1420-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจัดตารางเวลาการเดินรถขนส่งน้ำมัน
โดย	นาย สุธน นิตยาธารีกุล
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
(นาย สุชาติ มหัทธนาวงศ์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุธน นิตยาธารีกุล : การจัดตารางเวลาการเดินรถขนส่งน้ำมัน. (VEHICLE SCHEDULING FOR TANK TRUCKS) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์, 128 หน้า. ISBN 974-03-1420-1.

การศึกษานี้เป็นการพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในการจัดตารางเวลาการเดินรถบรรทุกน้ำมันแบบเต็มคันจากคลังน้ำมันเพียงแห่งเดียวไปยังสถานีจำหน่ายน้ำมันต่างๆ การวิจัยครั้งนี้ได้จำลองปัญหาการจัดตารางเวลาการเดินรถให้เป็นเช่นเดียวกับปัญหาการจัดงานให้กับเครื่องจักรหลายเครื่องที่ทำงานขนานกันไป และได้พัฒนาเทคนิควิธีฮิวริสติกส์เพื่อใช้ในการหาตารางเวลาการเดินรถที่มีความเหมาะสม

งานพัฒนาระบบการจัดตารางเวลาการเดินรถขนส่งแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอนหลัก งานแรกเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับการขนส่งที่คลังน้ำมันของบริษัทน้ำมันแห่งหนึ่ง งานในขั้นที่สองเป็นการพัฒนาแบบจำลองการจัดตารางเวลาซึ่งแบ่งได้ออกเป็น 3 ส่วนย่อย คือ การจัดงานให้กับรถขนส่ง การจัดลำดับที่ของงาน และการมอบหมายงานให้กับพนักงานขับรถ แบบจำลองจัดตารางเวลาจะทำการจัดงานให้กับรถขนส่งเพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์จากรถสูงสุด และจะทำการจัดลำดับที่ของงานของรถแต่ละคันเพื่อลดความแออัดที่จะเกิดขึ้นที่คลังน้ำมันเมื่อรถมาจอดรอเติมน้ำมันที่คลังน้ำมัน แล้วทำการมอบหมายงานส่งน้ำมันให้กับพนักงานขับรถเพื่อให้พนักงานขับรถที่ประจำการอยู่มีรายได้ที่ใกล้เคียงกันในแต่ละรอบเดือนของการทำงาน ส่วนงานขั้นสุดท้ายของการศึกษาเป็นการพัฒนาแบบจำลองให้โปรแกรม Spreadsheet เพื่อความสะดวกในการนำแบบจำลองไปใช้งาน

การศึกษาได้ตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของแบบจำลองและโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นโดยใช้ข้อมูลการปฏิบัติงานจริงที่เก็บในช่วง 9 วัน และผลการศึกษาพบว่าเมื่อเทียบกับการจัดด้วยพนักงาน ระบบที่พัฒนาขึ้นมาสามารถจัดตารางเวลาการเดินรถที่เกิดการใช้ประโยชน์จากรถในอัตราที่สูงกว่า และเพิ่มความเป็นธรรมในการกระจายรายได้ให้กับพนักงานขับรถ

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ..... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2544 ..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4270605521 : MAJOR CIVIL ENGINEERING
KEY WORD: VEHICLE SCHEDULING / PERMUTATION / TABU SEARCH / TANK TRUCK

SUTHON NITTAYATAREKUL : VEHICLE SCHEDULING FOR TANK TRUCKS.
THESIS ADVISOR : ASSIST.PROF. SOMPONG SIRISOPONSILP, Ph.D., 128 pp.
ISBN 974-03-1420-1.

The development of the vehicle scheduling system is divided into 3 main steps. The first step involves the collection of relevant traffic data at a depot owned by a petroleum company. The second step is to develop a scheduling model consisting of three modules: "Order-Truck Assignment" module, "Order Sequencing", and "Job-Driver Assignment". The "Order-Truck Assignment" module assigns customers' delivery orders to available tank trucks with the objective to maximize truck utilization. Given the assignment of delivery orders to all trucks as provided by the first module, the "Order Sequencing" module attempts to determine sequences of orders that minimize the congestion likely experienced by tank trucks waiting to be loaded at the depot. Finally, the "Job-Driver Assignment" module distributes workloads to available drivers to ensure that available drivers will share relatively similar earnings during each monthly work cycle. The final step of model development transforms the developed scheduling model into a spreadsheet-based program to facilitate model application.

The model and the associated spreadsheet-based program is thoroughly verified and validated using the real-life data observed over 9 days. The analysis results clearly indicate that vehicle schedules as generated by the developed system yield higher truck utilization and a more evenly distribution of earnings among drivers than those determined manually.

Department……Civil Engineering…… Student's signature.....
Field of study…..Civil Engineering…….. Advisor's signature.....
Academic year …2001…… Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ และเป็นที่ปรึกษา ตลอดจนช่วยตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอกราบขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ซึ่งประกอบด้วย ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวัณย์ศิริ และ คุณ สุชาติ มฤหทัยวงศ์ ผู้จัดการแผนกขนส่ง บริษัทน้ำมันคาลเท็กซ์ (ไทย) ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจที่เข้มแข็งของผู้เขียน ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาจนสามารถศึกษาและทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลงได้

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ คุณจุมภฏ พรหมวิจิตร คุณสุวัจน์ ขาวพัฒนวรรณ และคุณกมลชนก ไสยสุทธิ์ เจ้าหน้าที่บริษัทน้ำมันคาลเท็กซ์ (ไทย) ที่ให้ความรู้ทางด้านธุรกิจน้ำมันและการขนส่ง รวมทั้งให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ เสมอมา ขอขอบพระคุณ คุณ วีรวัฒน์ รัตนวราหะ คุณพรรณวรรษ ใจเสือ และ คุณบุรินทร์ ฐานิสสรานุกุล ที่คอยดูแล และให้กำลังใจผู้เขียนขณะที่เข้าไปทำงานที่บริษัทน้ำมันคาลเท็กซ์ (ไทย) เป็นอย่างดี

ผู้เขียนขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ที่ชมรมวิเทศสัมพันธ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รวมทั้งเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ที่สาขาวิศวกรรมขนส่งและจราจร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้มีส่วนช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจแก่ผู้เขียนเสมอมา

คุณความดีของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนขอมอบเป็นสิ่งตอบแทนต่อท่านผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ญ
สารบัญรูปภาพ..... ฏ
บทที่ 1 บทนำ
1.1 ความเป็นมา..... 1
1.2 จุดประสงค์ของการศึกษา..... 3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา..... 4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 4
1.5 ขั้นตอนการศึกษา..... 5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่ผ่านมา
2.1 ทฤษฎีด้านการจัดตารางเวลา..... 6
2.2 เทคนิคในการหาคำตอบ..... 8
2.2.1 Genetic Algorithms (GA)..... 8
2.2.2 Simulated Annealing (SA)..... 9
2.2.3 Tabu search (TS)..... 10
2.2.4 การเปรียบเทียบวิธีการค้นหาคำตอบด้วยวิธีสุ่มอย่างมีเหตุผล..... 12
2.3 การจัดตารางเวลาด้วยวิธีสลับที่ของงาน..... 12
2.4 งานวิจัยท่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดตารางเวลา..... 13
2.4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับปัญหาการจัดลำดับที่ของการทำงาน..... 13
2.4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับปัญหาการเดินรถขนส่งน้ำมัน..... 15
2.5 บทสรุป..... 17
บทที่ 3 การสำรวจและรวบรวมข้อมูล
3.1 การสำรวจการดำเนินงานของหน่วยงานตัวอย่าง..... 19
3.1.1 นโยบายของหน่วยงานตัวอย่าง..... 20
3.1.2 ลูกค้าของหน่วยงานตัวอย่าง..... 20
3.1.3 ขั้นตอนในการสั่งน้ำมันของลูกค้าในแต่ละวัน..... 22
3.1.4 ขั้นตอนในการจัดส่งน้ำมัน..... 23
3.1.5 ข้อจำกัดอื่นๆ..... 24

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.6 วิเคราะห์ปัญหาการดำเนินการของหน่วยงานตัวอย่าง..... 26
3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง..... 27
3.2.1 ข้อมูลที่เกิดการให้บริการ..... 27
3.2.2 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการเดินทางขนส่งให้ลูกค้า..... 30
3.2.3 ข้อมูลแสดงการมารับบริการของลูกค้าขายส่ง..... 32
บทที่ 4 การพัฒนาแบบจำลองการจัดตารางเวลาเดินรถขนส่ง
4.1 กระบวนการจัดงานทั้งหมดให้กับรถขนส่ง..... 37
4.1.1 เทคนิคในการหาคำตอบ..... 37
4.1.2 ลำดับขั้นตอนในการทำงาน..... 40
4.2 กระบวนการจัดลำดับที่ของงานในรถขนส่งที่ผ่านกระบวนการจัดงานให้รถขนส่ง..... 45
4.2.1 เทคนิคในการหาคำตอบ..... 45
4.2.2 ลำดับขั้นตอนในการทำงาน..... 45
4.3 กระบวนการมอบหมายงานที่ผ่านการจัดลำดับที่ของงานให้กับพนักงานขับรถ..... 48
4.3.1 เทคนิคในการหาคำตอบ..... 50
4.3.2 ลำดับขั้นตอนในการทำงาน..... 51
4.4 การสร้างแบบจำลองแถวคอยการเติมน้ำมันที่ช่องจ่ายน้ำมัน..... 53
4.4.1 องค์ประกอบของแบบจำลอง..... 54
4.4.2 ลำดับขั้นตอนในการทำงาน..... 59
4.5 การออกแบบโปรแกรม..... 66
4.5.1 โครงสร้างของโปรแกรม..... 66
4.5.2 ข้อมูลเข้า..... 68
4.5.3 การแสดงผลของโปรแกรม..... 72
5.1.3 การทดสอบโปรแกรม..... 70
5.1.4 การตรวจสอบค่าและความสัมพันธ์ของข้อมูล..... 71
บทที่ 5 การตรวจสอบและการวิเคราะห์ผล
5.1 การตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของแบบจำลอง..... 75
5.1.1 การตรวจสอบโครงสร้างของแบบจำลอง..... 76
5.1.2 การตรวจสอบการเขียนโปรแกรม..... 77
5.1.3 การทดสอบโปรแกรม..... 78
5.1.4 การตรวจสอบค่าและความสัมพันธ์ของข้อมูล..... 78

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.2 การตรวจสอบประสิทธิภาพในการทำงานของแบบจำลอง..... 80
5.3 การวิเคราะห์ผลที่ได้จากแบบจำลอง..... 83
5.3.1 จำนวนรถขนส่งที่ใช้ในแต่ละวัน..... 84
5.3.2 เวลาที่ใช้ในกระบวนการเติมน้ำมันทั้งหมด..... 85
5.3.3 จำนวนเที่ยววิ่งใน 1 เดือน ที่พนักงานแต่ละคนได้รับ..... 87
5.3.4 การตรวจสอบความเชื่อมั่นในการใช้งานจริง..... 89
บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ
6.1 บทสรุป..... 91
6.1.1 การศึกษาปัญหาของการวิจัย..... 91
6.1.2 ทำการทบทวนทฤษฎีและผลงานที่เกี่ยวข้อง..... 93
6.1.3 การสำรวจและรวบรวมข้อมูล..... 93
6.1.4 การพัฒนาแบบจำลอง..... 94
6.1.5 การตรวจสอบและวิเคราะห์ผล..... 95
6.2 ข้อเสนอแนะ..... 96
รายการอ้างอิง..... 98
ภาคผนวก ก การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง..... 101
ภาคผนวก ข ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองการจัดตารางเวลาการเดินรถขนส่ง..... 106
ภาคผนวก ค ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองการจัดตารางเวลาเดินรถขนส่ง..... 117
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 128

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

1-1 การผลิต การใช้ และการนำเข้าของพลังงานในเชิงพาณิชย์..... 1
1-2 จำนวนสถานีบริการน้ำมันในประเทศไทย ปี พศ. 2543..... 3
3-1 ลักษณะของลูกค้าประเภทต่างๆ 21
3-2 ข้อมูลในส่วนของการรับบริการ..... 30
3-3 การกระจายตัวของช่วงเวลาในการมาของรถบรรทุกของลูกค้าขายส่ง..... 34
3-4 ความน่าจะเป็นของการสั่งผลิตภัณฑ์ของลูกค้าขายส่ง..... 34
4-1 โมดูลต่างๆ ของแบบจำลอง..... 67
5-1 การตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองต่างๆ 78
5-2 การตรวจสอบค่าของข้อมูลไม่ให้เกินค่าที่ประกาศไว้..... 79
5-3 การตรวจสอบแบบจำลองแถวคอยที่ช่องจ่ายน้ำมันด้วยการทดสอบไคว์สแควร์..... 81
5-4 ลักษณะข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติงานจริง..... 83
5-5 การเปรียบเทียบจำนวนรถขนส่งที่ได้จากแบบจำลองกับรถขนส่งที่ใช้ในการปฏิบัติงานจริง..... 84
5-6 การตรวจสอบสมมุติฐานของค่าเฉลี่ยที่ได้จากการปฏิบัติงานจริงกับค่าเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลอง โดยใช้สถิติทดสอบ Z..... 86
5-7 จำนวนเที่ยววิ่งที่พนักงานแต่ละคนได้รับใน 9 วัน..... 88
5-8 ผลการให้คะแนนความเชื่อมั่นของแบบจำลองจากผู้เชี่ยวชาญ..... 89

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ หน้า

1-1 ตัวอย่างสถานีบริการน้ำมัน..... 2
1-2 แผนผังขั้นตอนในการศึกษา..... 5
2-1 ลักษณะของการจัดตารางเวลาด้วย Gantt Chart..... 7
2-2 แผนผังแสดงขั้นตอนการค้นหาคำตอบด้วยวิธี Genetic Algorithms..... 9
2-3 แผนผังแสดงขั้นตอนการค้นหาคำตอบด้วยวิธี Simulated annealing..... 10
2-4 แผนผังหลักการ Permutation..... 13
3-1 ที่ตั้งของคลังน้ำมันกรุงเทพฯ บริษัทน้ำมันคาล์เท็กซ์..... 19
3-2 การกระจายตัวของลูกค้าที่สั่งน้ำมันจากคลังน้ำมันกรุงเทพฯ..... 21
3-3 แผนผังแสดงขั้นตอนการสั่งน้ำมันของลูกค้าในแต่ละวัน..... 22
3-4 ลักษณะของช่องจ่ายน้ำมัน..... 25
3-5 ชนิดของน้ำมันที่แต่ละช่องจ่ายน้ำมันจ่ายได้ ของบริษัทตัวอย่าง..... 26
3-6 การจำลองลักษณะการปฏิบัติงานการขนส่งของหน่วยงานตัวอย่าง..... 28
3-7 การกำหนดเวลามารับบริการของรถลูกค้าขายส่ง..... 33
3-8 การกระจายตัวของข้อมูลเวลาในการมารับบริการของลูกค้าขายส่งในภาวะปกติ..... 35
3-9 การกระจายตัวของข้อมูลเวลาในการมารับบริการของลูกค้าขายส่งในภาวะการขึ้นราคาน้ำมัน..... 35
3-10 การกระจายตัวของข้อมูลเวลาในการมารับบริการของลูกค้าขายส่งในภาวะการลงราคาน้ำมัน..... 35
4-1 แผนผังแสดงกระบวนการทำงานทั้งหมดของแบบจำลอง..... 37
4-2 ตัวอย่างของ List เริ่มต้นในกระบวนการจัดงานทั้งหมดให้รถขนส่ง..... 41
4-3 แผนผังขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองการมอบหมายงานให้กับรถขนส่ง..... 44
4-4 ตัวอย่างของ List เริ่มต้นในแบบจำลองการจัดลำดับของงาน..... 46
4-5 แผนผังขั้นตอนต่างๆ ของแบบจำลองการลำดับที่ของงานให้กับรถขนส่งที่ได้รับมอบหมายแล้ว..... 49
4-6 การจำลองปัญหาภายใต้วิธีฮิวริสติกส์แบบ LPT..... 51
4-7 แผนผังขั้นตอนต่างๆ ของแบบจำลองการมอบหมายงานของรถขนส่งในแบบจำลองให้กับรถขนส่ง..... 54
4-8 การจำลองเหตุการณ์ต่างๆ ในแบบจำลองแถวคอยที่ช่องจ่ายน้ำมัน..... 55

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

4-9 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานทั้งหมดของแบบจำลองวิเคราะห์สถานการณ์แถวคอยที่ช่องจ่ายน้ำมัน..... 62
4-10 แผนผังแสดงการทำงานของรถขนส่งในสถานะที่ 1..... 63
4-11 แผนผังแสดงการทำงานของรถขนส่งในสถานะที่ 2..... 63
4-12 แผนผังแสดงการทำงานของรถขนส่งในสถานะที่ 3..... 64
4-13 แผนผังแสดงการทำงานของรถขนส่งในสถานะที่ 4..... 64
4-14 แผนผังแสดงการทำงานของรถขนส่งในสถานะที่ 5..... 65
4-15 แผนผังแสดงการทำงานของรถขนส่งในสถานะที่ 6..... 65
4-16 แผนผังแสดงการทำงานของรถขนส่งในสถานะที่ 7..... 66
4-17 ฐานข้อมูลของลูกค้า..... 68
4-18 ฐานข้อมูลช่องจ่ายน้ำมัน..... 69
4-19 ฐานข้อมูลของลูกค้าขายส่ง..... 70
4-20 รูปแบบของข้อมูลคำสั่งซื้อของลูกค้าในแต่ละวัน..... 71
4-21 ข้อมูลรถขนส่งที่มาปฏิบัติงานในแต่ละวัน..... 72
4-22 ตารางรายงานผลรายละเอียดของแต่ละคำสั่งซื้อของลูกค้า..... 73
4-23 ตารางรายงานการปฏิบัติงานของรถขนส่ง..... 74
4-24 กราฟนำเสนอการปฏิบัติงานของรถขนส่ง..... 74
5-1 กราฟแสดงการกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่ใช้ในกระบวนการเติมน้ำมันในช่วง 20.00 – 22.00 น..... 82
5-2 กราฟแสดงการกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่ใช้ในกระบวนการเติมน้ำมันในช่วงหลัง 22.00 น..... 82
5-3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนรถขนส่งที่ได้จากแบบจำลองกับจำนวนรถขนส่งที่ได้จากการปฏิบัติงานจริง..... 84
5-4 กราฟแสดงจำนวนเที่ยววิ่งที่พนักงานแต่ละคนได้รับใน 9 วัน..... 88

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมน้ำมันในประเทศไทยกำลังได้รับความสนใจจากหลายฝ่าย ทั้งทางภาครัฐบาล และภาคเอกชน ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันได้เข้ามามีบทบาทต่อภาคอุตสาหกรรมและภาคเกษตรกรรมที่สำคัญในประเทศมากขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาคการขนส่ง จากตารางที่ 1-1 แสดงการผลิต การใช้ และการนำเข้าพลังงานในเชิงพาณิชย์ ของประเทศไทยในปี พ.ศ.2542-2543 จะเห็นได้ว่าได้มีการขยายตัวทางอุตสาหกรรมน้ำมันอย่างต่อเนื่อง ซึ่งอุตสาหกรรมที่มีการใช้น้ำมันในปริมาณมากที่สุดคือ ภาคการขนส่ง ซึ่งในปี พ.ศ.2543 ได้มีปริมาณการใช้ทั้งหมดร้อยละ 60.7 ของปริมาณการใช้ทั้งหมด ทำให้อุตสาหกรรมขนส่งได้มีความสำคัญมากต่อการขยายตัวเชิงพาณิชย์ของอุตสาหกรรมน้ำมัน จะเห็นได้ว่าการให้บริการแก่ภาคการขนส่งดำเนินการผ่านทางสถานีบริการ ในรูปของน้ำมันสำเร็จรูปถึงร้อยละ 76.2 ทำให้บริษัทน้ำมันต่างๆ ได้ให้ความสำคัญกับสถานีบริการเป็นอย่างมาก

ตารางที่ 1-1 การผลิต การใช้ และการนำเข้าของพลังงานในเชิงพาณิชย์
ปี พ.ศ. 2542-2543 (หน่วย : เทียบเท่าพันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน)

ปริมาณ	ปี 2542	ปี 2543	อัตราการขยายตัว	
			ปี 2542	ปี 2543
การใช้	1125	1178.7	3.3	4.8
การผลิต	549.3	600.6	4.8	9.3
การนำเข้า(สุทธิ)	699.2	702.5	9	0.5
การนำเข้า/การใช้ (%)	62.2	59.6		

ที่มา : สำนักงานพลังงานแห่งชาติ (2543)

ในปี พ.ศ. 2543 ธุรกิจทางสถานีบริการมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากนโยบายของรัฐบาลให้มีการค้าน้ำมันเสรี โดยสถานีบริการทั้งหมดทั่วประเทศไทยมีจำนวนมากถึง 13,538 แห่ง ดังแสดงในตารางที่ 1-2 จะเห็นว่าสถานีบริการมีจำนวนมากและกระจายอยู่ทั่วประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสถานีบริการในเขตกรุงเทพฯ ซึ่งมีปริมาณที่หนาแน่นเมื่อเทียบกับพื้นที่อื่น

ปัจจุบันการขนส่งน้ำมันจากคลังน้ำมันไปยังสถานีบริการต่างๆ ในประเทศไทยเป็นการขนส่งโดยการใช้รถบรรทุกน้ำมัน ซึ่งเป็นรูปแบบการขนส่งที่สะดวกต่อการเข้าถึงจุดต่างๆ ของสถานีบริการ และนอกจากนั้นยังเป็นรูปแบบที่ให้ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดอีกด้วย แต่อย่างไรก็ดี การขนส่งน้ำมันโดยการใช้รถบรรทุกน้ำมัน มีปัญหาที่เกิดขึ้นเกิดเนื่องจากการมีข้อจำกัดต่างๆ ทั้งจากการบริหารการขนส่งภายในบริษัทน้ำมันเอง หรือจากข้อกำหนดจากภายนอก เช่น จำนวนรถบรรทุกน้ำมันที่มีจำกัด การกระจายตัวของสถานีบริการ ปริมาณการส่งน้ำมัน รวมทั้งการมีกฎหมายจำกัดช่วงเวลาที่อนุญาตให้รถบรรทุกเข้าเมือง เป็นต้น จากปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น ทำให้บริษัทน้ำมันหลายบริษัท ได้มีการนำวิธีการต่างๆ มาใช้บริหารจัดการการขนส่งน้ำมันให้กับสถานีบริการ เพื่อที่จะลดต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการขนส่งให้เหลือน้อยที่สุด รวมทั้งใช้ทรัพยากรที่แต่ละบริษัทน้ำมันมีอยู่ให้คุ้มค่ามากที่สุด

Miller (2000) ได้เสนอแนวทางในการบริหารการจัดการออกเป็น 3 ระดับ ตามระดับการตัดสินใจด้านการวางแผนและการควบคุม คือ 1) ระดับกลยุทธ์ (Strategic) เป็นการจัดการการตัดสินใจที่มีผลในระยะยาว เช่น การเลือกที่ตั้งของคลังน้ำมัน 2) ระดับยุทธวิธี (Tactical) เป็นการจัดการการใช้ทรัพยากรเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด งานในระดับได้แก่ การเลือกรูปแบบการขนส่งจากโรงกลั่น ไปคลังน้ำมันต่างๆ และจากคลังน้ำมันไปยังตำแหน่งของลูกค้า 3) ระดับการปฏิบัติการ (Operational) เป็นการจัดการการควบคุมการทำงานในแต่ละวัน ได้แก่ งานการจัดเส้นทางและการจัดตารางเวลาการเดินรถ จะเห็นได้ว่างานในระดับปฏิบัติการ เป็นส่วนที่สำคัญที่มีผลต่อระดับการให้บริการ (Customer Service) โดยตรง รวมทั้งการใช้ประโยชน์การทรัพยากรที่มีอยู่อย่างเต็มที่ และยังทำให้การบริหารจัดการในระดับที่สูงขึ้นไปมีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย

รูปที่ 1-1 ตัวอย่างของสถานีบริการน้ำมัน

ตารางที่ 1-2 จำนวนสถานีบริการน้ำมันในประเทศไทย ปี พศ. 2543.

หน่วย : แห่ง

พื้นที่	ปตท.	เชลล์	เอสโซ่	คาลเท็กซ์	บางจาก	ทีพีไอ	เจ๊ท	อื่น ๆ	รวม
กรุงเทพฯ	155	169	144	127	130	20	12	121	757
ภาคกลางตอนบน	491	323	326	252	380	35	61	2179	4034
ภาคกลางตอนล่าง	176	101	86	61	91	23	31	658	1282
ภาคตะวันออก	0	169	70	64	37	27	8	238	719
ภาคเหนือ	129	61	49	34	116	13	1	1372	1758
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	0	299	107	113	82	96	38	549	4202
ภาคใต้	253	91	79	66	93	3	0	967	1608
รวม	1204	1213	861	717	929	217	151	6084	14360

ที่มา : สำนักงานพลังงานแห่งชาติ (2543)

1.2 จุดประสงค์ของการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้มีจุดประสงค์แบ่งออกได้ดังนี้

1. เพื่อทบทวนแนวความคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการจัดตารางเวลาการเดินรถขนส่ง

2. เพื่อทำการศึกษาการดำเนินงานด้านการขนส่งน้ำมันชนิดใสจากคลังน้ำมันไปยังลูกค้าที่เป็นสถานีบริการและโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งกระจายตัวอยู่ในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล

3. เพื่อพัฒนาวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการที่จะจัดตารางเวลาการเดินรถขนส่งน้ำมันในแต่ละวัน

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

การวิจัยได้กำหนดขอบเขตของการศึกษา ดังนี้

1. การพัฒนาวิธีการการจัดตารางเวลาการเดินรถขนส่งน้ำมัน ได้ทำการศึกษาบริษัทตัวอย่าง คือ บริษัทคาลเท็กซ์ ประเทศไทย โดยได้เลือกทำการศึกษาเฉพาะส่วนการขนส่งน้ำมันชนิดใส ที่จัดส่งจากคลังน้ำมันกรุงเทพฯ เพื่อส่งให้กับลูกค้า ซึ่งเป็นสถานีบริการน้ำมันและโรงงานอุตสาหกรรม ในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑลเท่านั้น เนื่องจากในแต่ละวันการขนส่งในส่วนนี้เป็นส่วนที่เกิดปัญหาต่าง ๆ ในการขนส่งมากที่สุด

2. ในการนำวิธีการต่าง ๆ ที่จะมาพัฒนาเป็นตารางเวลาการขนส่งน้ำมันจะยึดแนวทางตามนโยบายด้านการขนส่งของบริษัทตัวอย่างที่ได้ปฏิบัติอยู่ แต่อาจจะนำเสนอให้มีการปรับเปลี่ยนการดำเนินงานบางประการ แต่ทั้งนี้แนวทางที่นำเสนอต้องมีความเป็นไปได้ในการปฏิบัติงานจริงภายใต้ข้อจำกัดที่มีอยู่

3. เวลาในการขนส่งของรถขนส่งน้ำมันแต่ละคันในการศึกษาครั้งนี้ จะไม่คำนึงถึงความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากสภาพการจราจรที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาที่เปลี่ยนไป เนื่องจาก การขนส่งน้ำมันแต่ละวันของบริษัทตัวอย่างจะดำเนินการในช่วงเวลา 22.00 น. ถึง 6.00 น. ตามมาตราการจำกัดช่วงเวลาที่ให้รถบรรทุกเข้าเมืองของกรมการขนส่งทางบก ซึ่งการขนส่งในช่วงเวลานี้จะได้รับผลกระทบจากการจราจรที่ติดขัดเพียงเล็กน้อย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การศึกษาได้พัฒนาวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการจัดตารางเวลาการเดินรถขนส่งน้ำมัน ซึ่งจะมีประโยชน์ดังนี้

1. เพิ่มประสิทธิภาพในการใช้รถขนส่งน้ำมัน

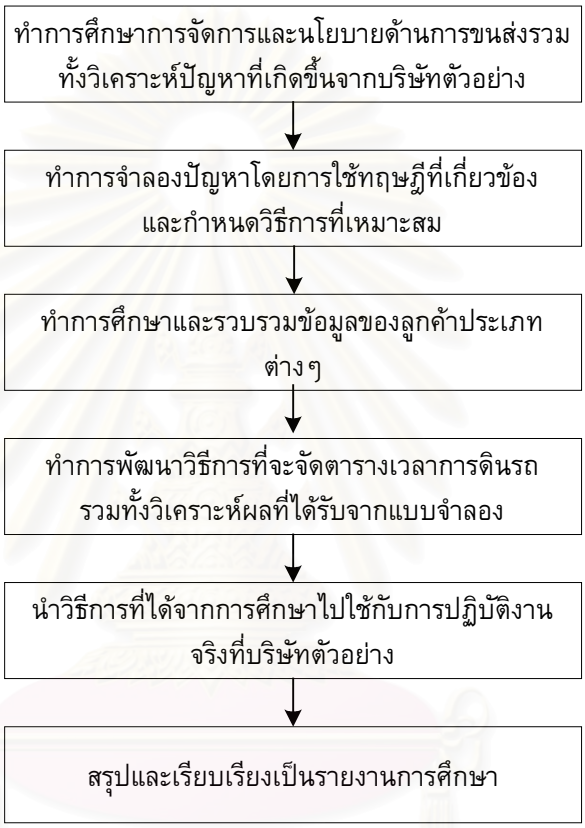
2. ลดเวลาที่รถบรรทุกน้ำมันแต่ละคันใช้ในการรอคอยเพื่อที่จะเติมน้ำมันในแต่ละรอบที่ช่องจ่ายน้ำมัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. เพิ่มความยุติธรรมต่อคนขับรถแต่ละคน ในการที่จะมอบหมายงานที่จะต้องจัดส่งให้กับลูกค้าในแต่ละวัน

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

ขั้นตอนในการศึกษาครั้งนี้ได้แสดงดังแผนภูมิในรูปที่ 1-2



รูปที่ 1-2 แผนผังขั้นตอนในการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่ผ่านมา

งานวิจัยทางด้านการจัดตารางเวลา (Scheduling) ได้พัฒนาอย่างมากในช่วง 40 ปีที่ผ่านมา Baker (1974) ได้ให้นิยามของคำว่าการจัดตารางเวลาไว้ว่า “เป็นการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่จำกัดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งให้กับชุดของงานอย่างมีประสิทธิภาพ” ซึ่งผลงานที่ผ่านมาได้มีการประยุกต์ทฤษฎีทางด้านงานการจัดตารางเวลากับงานประเภทต่างๆ อย่างมาก รวมทั้งงานด้านการจัดตารางเวลาการเดินรถขนส่งด้วย

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาผลงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับงานทางด้านการจัดตารางเวลาที่เกี่ยวกับงานด้านการจัดตารางเวลาการเดินขนส่ง เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการกำหนดแนวทางในการศึกษาและพัฒนาต่อไป เนื้อหาในบทที่ได้แบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ

1. ทฤษฎีทางด้านการจัดตารางเวลา
2. เทคนิคการหาคำตอบ
3. การจัดตารางเวลาด้วยวิธีสลับที่ของงาน
4. งานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดตารางเวลา

2.1 ทฤษฎีทางด้านการจัดตารางเวลา

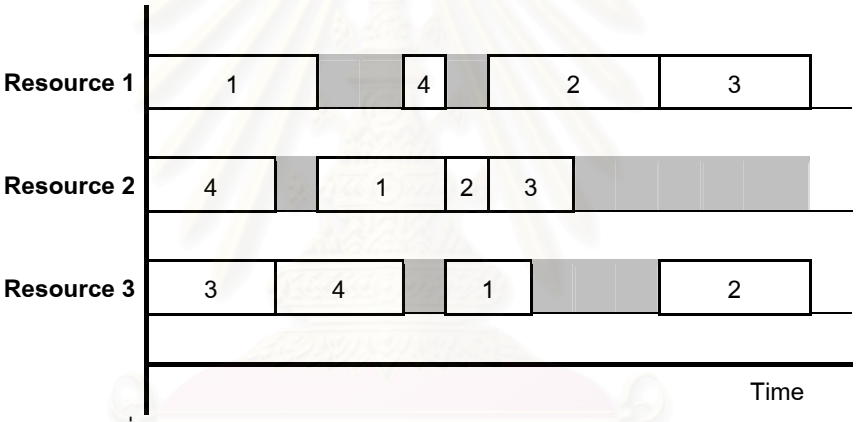
ทฤษฎีทางด้านการจัดตารางเวลาได้พัฒนาจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยการนำเทคนิคในการหาคำตอบต่างๆ มาใช้ในการจัดตารางเวลาของงานที่มีข้อจำกัดอยู่ 2 แบบ คือ ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด และ ลักษณะของงานที่ต้องดำเนินการ ทำให้แบบจำลองทางด้านการจัดตารางเวลาเป็นแบบจำลองช่วยในการตัดสินใจเชิงปริมาณ (Quantitative Approach)

ปัญหาของงานด้านการจัดตารางเวลามักกำหนดเป้าหมายของการตัดสินใจด้านการจัดตารางเวลา ดังนี้

- ประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ (Resource Utilization)
- ความสามารถในการตอบสนองได้ทันเวลา
- การดำเนินงานให้เสร็จทันตามเวลาที่กำหนด

ทำให้ปัญหาของการจัดตารางเวลาแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ 1) การตัดสินใจในการจัดสรรทรัพยากร (Allocation decision) และ 2) การตัดสินใจในการจัดลำดับของงาน (Sequencing decision) การกำหนดจุดประสงค์ของการจัดตารางเวลาในทางทฤษฎีควรคำนึงถึงค่าใช้จ่ายต่างๆ (Cost) ที่เกิดขึ้นในระบบ แต่ในทางปฏิบัติแล้วในการที่จะระบุค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นค่อนข้างยาก จึงมักกำหนดจุดประสงค์ใหม่เป็นประสิทธิภาพของระบบแทน เช่น เวลาที่เครื่องจักรเปิดเครื่องแต่ไม่มีชิ้นงาน เวลาที่ใช้ในแถวคอย หรือจำนวนทรัพยากรที่ใช้ เป็นต้น

การจำลองปัญหางานทางการจัดตารางเวลาส่วนใหญ่จะกำหนด ทรัพยากร (Resource) แทนด้วย เครื่องจักร (Machine) และ ลักษณะของงานที่ต้องดำเนินการทำงานแทนด้วยงาน (Job) ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะนิยมแสดงการจัดตารางด้วย Gantt chart ซึ่งแสดงในรูปที่ 2-1



รูปที่ 2-1 ลักษณะของการจัดตารางเวลาของงานด้วย Gantt Chart

Pinedo (1995) ได้แบ่งชนิดของการจัดตาราเวลาออกเป็น 2 แบบ คือ 1) Deterministic Models เป็นการจัดตารางเวลาที่สามารถรู้ลักษณะและปริมาณของทรัพยากรที่แน่นอน และลักษณะของงานจะไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา และ 2) Stochastic Models เป็นการจัดตารางเวลาที่ระบบเกิดความไม่แน่นอนต่างๆ ที่ไม่สามารถทราบล่วงหน้าได้ เช่น เครื่องจักรเสีย หรือเกิดงานที่มีความสำคัญสูงถูกป้อนเข้ามาในระบบ เป็นต้น นอกจากนั้น Pinedo ได้แบ่งลักษณะของปัญหาออกเป็น 4 แบบหลักๆ คือ

1. ปัญหางานที่มีเครื่องจักรเดียว (Single Machine)
2. ปัญหางานที่มีเครื่องจักรหลายเครื่อง (Parallel machine)
3. ปัญหางานที่มีเครื่องจักรหลายเครื่องทำงานตามลำดับขั้นตอน (Flow shop)

4. ปัญหางานที่มีเครื่องจักรหลายเครื่องทำงานที่มีขั้นตอนเฉพาะแตกต่างกัน (Job shop)

ซึ่งแต่ละลักษณะปัญหาจะมีความแตกต่างกันในข้อจำกัดของปัญหา และเทคนิคที่ใช้ในการตัดสินใจ

2.2 เทคนิคในการหาคำตอบ

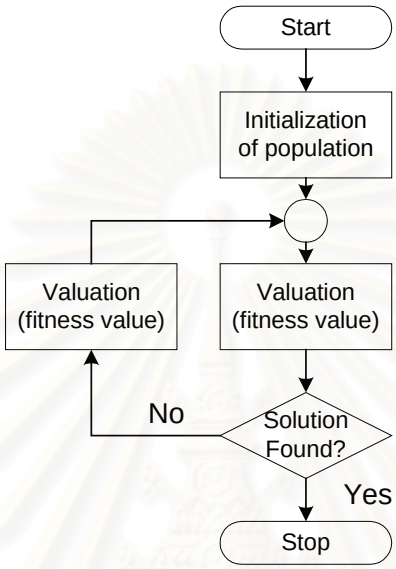
เทคนิคในการหาคำตอบของด้วยวิธีการปรับปรุงด้วยการวนซ้ำ (Iterative improvement) ได้เริ่มถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาด้านการจัดตารางเวลาอย่างมาก โดยเฉพาะงานประเภท Flow shops เนื่องจากเป็นงานที่มีความซับซ้อนและประกอบด้วยลักษณะของงานจำนวนมาก แนวความคิดในการหาคำตอบด้วยวิธีนี้ได้พัฒนามาจากวิธีการปีนเขาเพื่อหาจุดยอด โดยค้นหาเส้นทางที่นำไปสู่ระดับความสูงที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่ยังเป็นไปได้ที่ยอดที่พบจะไม่ใช่ยอดที่สูงสุด จากปัญหาเหล่านี้จึงได้มีการพัฒนาวิธีการค้นหาแบบสุ่ม (Random search) ขึ้น และต่อมาได้พัฒนากลายเป็นการค้นหาคำตอบด้วยวิธีสุ่มอย่างมีเหตุผล (Local search) ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งของการค้นหาคำตอบด้วยวิธีฮิวริสติกส์ (Heuristics) ปัจจุบันวิธีการที่นิยมใช้ประกอบด้วย (Girsch และ Skele, 1994)

- Genetic Algorithms (GA)
- Simulated Annealing (SA)
- Tabu search (TA)

2.2.1 Genetic Algorithms (GA)

วิธีการค้นคำตอบด้วยวิธี Genetic Algorithms ถูกนำเสนอครั้งแรกโดย Holland (1975) ซึ่งได้แนวคิดมาจากการเลียนแบบการวิวัฒนาการตามธรรมชาติ Genetic Algorithms ประกอบด้วยกลุ่มของวิธีแก้ปัญหา ที่เรียกว่า ประชากร และแต่ละประชากรประกอบด้วยโครโมโซม (Chromosomes) ประชากรกลุ่มแรกจะถูกเลือกแบบสุ่ม และการขยายพันธ์ในแต่ละ Generation จะเป็นผลมาจากการเลือกของตัวแม่ การขยายพันธ์ในแต่ละ Generation จะเป็นไปได้อยู่ 2 วิธี คือ การสลับเปลี่ยนโคโมโซม (Crossover) และการเลือกเปลี่ยนเฉพาะบางส่วน (Mutation) เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนข้อมูล ในการเลือกจะเลือกโครโมโซมที่มีค่า Fitness มากที่สุดก่อน

ต่อมาได้มีการประยุกต์วิธีนี้กับปัญหางานด้านการจัดตารางเวลา โดยโครโมโซมจะแสดงเป็นตัวเลขจำนวนเต็ม แทนด้วยกลุ่มของงานที่มีการให้ลำดับของงาน และทำการขยายพันธ์เพื่อหาลำดับของงานที่แตกต่างกันออกไปจนได้คำตอบที่ดีที่สุด รูปที่ 2-2 แสดงแผนผังขั้นตอนการค้นหาคำตอบด้วยวิธี Genetic Algorithms



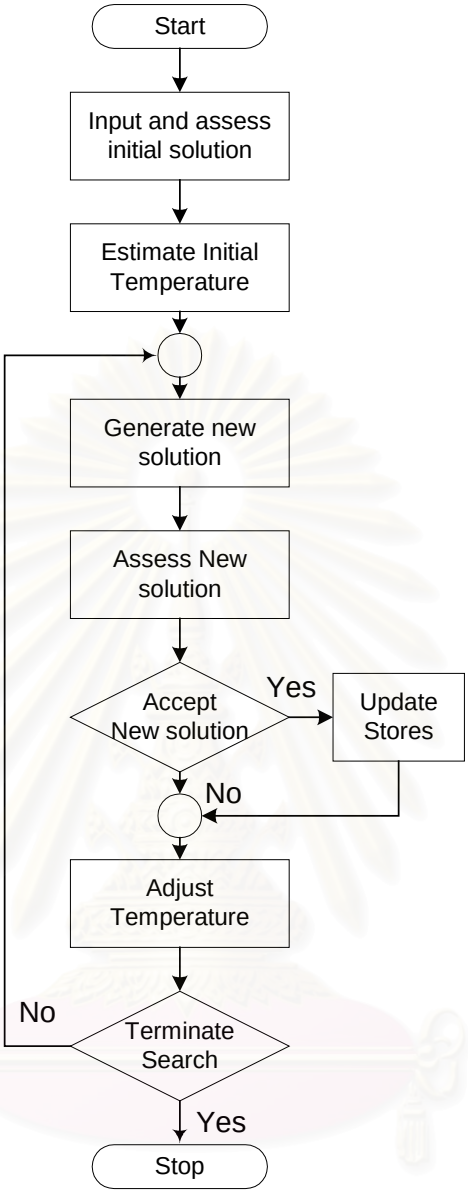
รูปที่ 2-2 แผนผังแสดงขั้นตอนการค้นหาคำตอบด้วยวิธี Genetic Algorithms
ที่มา : Girsch และ Skele (1994)

2.2.2 Simulated Annealing (SA)

Simulated Annealing ถูกพัฒนามาจากอุตสาหกรรมหล่อเย็นเพื่อให้มีการใช้พลังงานในขั้นตอนการตกผลึกให้น้อยที่สุด (The annealing process) วิธีการนี้จะมีข้อดีที่สามารถหลีกเลี่ยงคำตอบที่วนติดอยู่ในค่าดีที่สุดสัมพัทธ์ (Local Optimal) วิธีการจะทำการค้นหาแบบสุ่ม และจะทำการยอมรับการเปลี่ยนแปลงคำตอบให้ดีขึ้น ทั้งการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิลดลงและเพิ่มขึ้นด้วยฟังก์จุดประสงค์ (f) โดยการยอมรับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นด้วยความน่าจะเป็น

$$[p = \exp\left(-\frac{\delta f}{T}\right)] \quad \text{.....(2-1)}$$

เมื่อ T เป็นพารามิเตอร์ควบคุม



รูปที่ 2-3 แผนผังแสดงขั้นตอนการค้นหาคำตอบด้วยวิธี Simulated annealing
ที่มา : Girsch และ Skele (1994)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.3 Tabu search

วิธี Tabu search ถูกคิดค้นครั้งแรกโดย Glover (1989) ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อการหลีกเลี่ยงการหาค่าที่ดีที่สุดสัมพัทธ์ (Local Optimal) เช่นเดียวกับวิธีของ Simulated Annealing โดยการเคลื่อนย้ายคำตอบในโครงสร้างของ List ที่แสดงด้วยเซตของงานทั้งหมดที่จะมาทำการจัดตารางเวลา และทำการเลือกรูปแบบการย้ายที่ให้ค่า

คำตอบที่ดีที่สุดเพื่อมาเป็น List ใหม่ในการเตรียมที่จะทำการย้ายคำตอบซ้ำต่อไป วิธีการในการค้นหาคำตอบแบบทาบูมีดังนี้

กำหนดให้ X เป็นเซตคำตอบที่เป็นไปได้ โดยมีจำนวนคำตอบเป็น s คำตอบ

f เป็นฟังก์ชั่นที่ให้ค่าน้อยที่สุด โดยแต่ละ s ใน X จะเป็นจำนวนจริง ซึ่งสามารถเขียนในรูป f(s)

N(s) หรือ Neighborhood ถูกกำหนดสำหรับแต่ละคำตอบของ X

ขั้นที่ 1 หาคำตอบที่เป็นไปได้จากคำตอบ s

ขั้นที่ 2 ทำการย้ายตามเงื่อนไขและข้อบังคับของ Neighborhood List

ขั้นที่ 3 เมื่อไรก็ตามที่มีคำตอบที่เป็นไปได้จากคำตอบ s N(s) จะถูกตรวจสอบ ถ้าคำตอบ s' ที่ได้ใน N(s) ทำให้ f(s')<f(s) แล้ว ก็จะเลือกค่าที่ s' ไว้ ทำตามขั้นตอนเหล่านี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะถึงเงื่อนไขของการหยุด

ขั้นที่ 4 เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการวนรอบ จะไม่ยอมให้มีการย้อนกลับไปยังคำตอบที่ผ่านมาก่อนแล้วใน Iteration k ที่ผ่านมา ซึ่งจะเก็บคำตอบเหล่านั้นใน Tabu List ขนาดของ Tabu List จะเป็นค่าคงที่หรือค่าผันแปรก็ได้ขึ้นอยู่กับปัญหานั้นๆ ถ้าคำตอบ s อยู่ใน Tabu List การย้ายคำตอบของ s ที่จะไปยัง Tabu List นั้นจะถูกห้ามไว้ ซึ่งค่าของคำตอบ s จะถูกเรียกว่าคำตอบทาบู (Tabu Solution)

ขั้นที่ 5 การใช้คำตอบทาบูนั้น อาจมีข้อผิดพลาดได้ จึงได้มีการนำคุณสมบัติบางอย่างที่จะทำการยกเลิกสถานะทาบูใน Tabu List ของคำตอบ s ในกรณีที่ไม่ต้องการ โดยถ้าคำตอบ s' อยู่ใน Tabu List เราอาจจะหยุดสถานะทาบูไว้ แล้วตรวจสอบดูว่ามีการย้ายที่เป็นไปได้จากคำตอบ s ในกรณีที่ $f(s') \leq A(f(s))$ ซึ่งหมายความว่าการย้ายจะถูกยอมรับ ถ้าค่าของ f ที่ s' มีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้

ขั้นที่ 6 หลังจากการย้ายและหาคำตอบตามเงื่อนไขของ Neighborhood List แล้ว จะทำการปรับปรุงค่าของ Tabu List และคำตอบที่เป็นไปได้ใหม่

ขั้นที่ 7 ในเงื่อนไขการหยุดการทำงานนั้นจะต้องถูกกำหนดไว้ดังนี้

- Iteration Limit จะเป็นการหยุดเนื่องจากจำนวนของ Iteration มากกว่าค่าที่กำหนดไว้
- No-Improvement Criterion จะเป็นการหยุด ถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของคำตอบในทางที่ดีขึ้น
- CPU Time Limit จะหยุด ถ้าเวลาในการประมวลผลเกินเวลาที่ CPU กำหนด
- Low Bound Limit จะหยุด ถ้าค่าคำตอบที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่า Low Bound ที่กำหนดไว้

2.3.4 การเปรียบเทียบวิธีการค้นหาคำตอบด้วยวิธีสุ่มอย่างมีเหตุผล

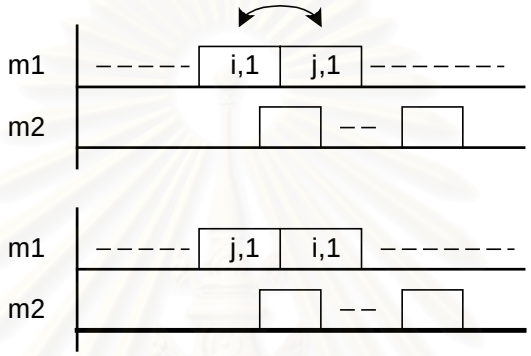
Girsch และ Skele (1994) ได้ทำการทดลองแก้ปัญหาการจัดตารางเวลาในโรงงานอุตสาหกรรมเหล็ก ด้วยวิธีการค้นหาคำตอบทั้ง 3 แบบ คือ Genetic Algorithms, Simulated Annealing และ Tabu search โดยทำวิธีการทดลองซ้ำ 2 วิธี คือ 1) ไม่จำกัดเวลาในการหาคำตอบ 2) จำกัดเวลาเพื่อหาคำตอบ ซึ่งได้กำหนดไว้ที่ 30 วินาที ผลปรากฏว่าในการทดลองแบบที่ 1 การค้นหาคำตอบแบบ Tabu search ให้คำตอบค่าที่ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด (Optimization) มากสุด และยังพบว่าในการทดลองแบบที่ 2 การค้นหาคำตอบแบบ Tabu search ก็ยังให้คำตอบที่ดีที่สุดในช่วงเวลา 30 วินาทีอีกด้วย ผลการทดลองทำให้เห็นถึงประสิทธิของการหาคำตอบด้วยวิธีแบบ Tabu search ที่สามารถให้คำตอบที่ดีที่สุดโดยใช้เวลาวิเคราะห์ที่ไม่มาก

2.3 การจัดตารางเวลาด้วยวิธีสลับที่ของงาน (Permutation)

วิธีการสลับที่ของงานได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับปัญหาของงานแบบ Flow shop ในการที่จะหาลำดับขั้นตอนการทำงานที่เหมาะสมหลังจากที่ได้มีการมอบหมายงานให้กับเครื่องจักรเรียบร้อยแล้ว ซึ่งเป็นวิธีที่เข้าใจง่ายไม่ซับซ้อน และยังสามารถใช้กับปัญหาที่ประกอบด้วยงานและเครื่องจักรจำนวนมากได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Baker, 1974) มีหลักการดังนี้

กำหนดให้ i และ j แทน งานที่ได้รับการมอบหมายแล้ว และ
m แทน เครื่องจักร

- งานที่ (j,m) หลังจากเกิดการสลับที่แล้วไม่เกิดความล่าช้าขึ้นในระบบ
- งานที่ (i,m) หลังจากเกิดการสลับที่แล้วไม่เกิดความล่าช้าเช่นเดียวกัน
- ทั้งงาน (j,m) และ (i,m) สามารถเริ่มได้เร็วมากที่สุดเท่าที่จะไปได้หลังจากที่ได้มีการสลับที่แล้ว



รูปที่ 2-4 แผนผังหลักการ Permutation
ที่มา : Baker (1974)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องปัญหาการจัดตารางเวลา

ผลงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับปัญหาการจัดตารางเวลา สามารถทำการแบ่งกลุ่มของผลงานวิจัยเพื่อให้สอดคล้องกับการวิจัยในครั้งนี้ ได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

2.4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับปัญหาการจัดลำดับที่ของการทำงาน (Sequential Scheduling)

ผลงานวิจัยที่ผ่านมาที่เกี่ยวกับปัญหาการจัดลำดับที่ของการทำงาน ประกอบด้วย

Bierwirth, Mattfeld และ Kopfer (1997) ทำการศึกษาการจัดลำดับการจับคู่ของโครโมโซมเพื่อทำการขยายพันธ์ให้ได้ตัวลูกใน Generation ต่าง ๆ โดยได้จำลองปัญหาให้เป็นปัญหาของการจัดตารางเวลาของงาน และได้เลือกวิธีการสลับที่ของงาน

(Permutation Scheduling) การจำลองปัญหาได้จำลองให้การจับคู่ตัวแม่ของโครโมโซมเป็นเสมือนกับงานแบบต่อเนื่อง (Sequenced work) และทำการสลับที่ของงานแบบจับเป็นคู่ (Binary mapping) โดยผลผลิตที่เกิดจะเกิดจากคู่ของโครโมโซมที่จับกัน จากนั้นทำการเปรียบเทียบผลตัวลูกที่ได้จากการใช้วิธีการในการขยายพันธ์ต่างๆ กัน 3 แบบ คือ 1) ลักษณะของการสลับที่ของโคโมโซม 2) ตำแหน่งที่มีการสลับที่ของโคโมโซม และ 3) ผลผลิตตัวลูกในแต่ละ Generation ที่ได้ การศึกษาได้แสดงถึงวิธีการที่ง่าย และไม่ซับซ้อนในการนำใช้ในงานทดลอง นอกจากนั้นผลทดลองยังได้พบว่าผลผลิตตัวลูกที่ได้จากการทดลองยังเป็นผลผลิตที่มีคุณภาพสูงอีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ไม่ได้มีการศึกษาถึงจำนวนโครโมโซมจำนวนมากๆ เข้ามาสู่ระบบจะมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลผลิตหรือไม่เมื่อได้ใช้วิธีการสลับที่ของงาน

Porto และ Ribeiro (1992) ทำการศึกษาปัญหาการจัดตารางเวลาการทำงาน โดยการจำลองลักษณะปัญหาที่งานประกอบด้วยหลายขั้นตอน แต่สามารถที่จะทำงานแต่ละขั้นตอนไปพร้อมๆ กันได้ (Parallel Processing) และเครื่องจักรแต่ละตัวจะทำงานที่แตกต่างกัน โดยต้องการทำการจัดตารางเวลาทำงานเพื่อลดเวลาในการทำงานทั้งหมดให้เหลือน้อยที่สุด (Minimized Makespan) การพัฒนาแบบจำลองได้ใช้เทคนิคในการค้นหาคำตอบด้วยวิธี Tabu search การศึกษาได้ศึกษาดูผลกระทบของ พารามิเตอร์สองตัว คือ จำนวนของขั้นตอนในการทำงาน และ จำนวนของงานที่เข้ามาในระบบ ผลการศึกษาพบว่าจำนวนขั้นตอนของการทำงานที่เพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้ประสิทธิภาพของการค้นหาคำตอบด้วยวิธี Tabu search มากขึ้น แต่มีค่าคงที่เมื่อใช้เวลาในการค้นหาคำตอบถึงจุดๆ หนึ่ง ส่วนพารามิเตอร์ของจำนวนงานที่เข้ามาสู่ระบบ การศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบจะลดลงเมื่อจำนวนงานมากขึ้น

ประสิทธิ์ สวราชย์ (2541) ทำการศึกษาการเลือกแผนกระบวนการผลิตของชิ้นงาน โดยที่ชิ้นงานแต่ละชิ้นจะประกอบด้วยขั้นตอนมากกว่า 1 ขั้นตอน และเครื่องจักรมากกว่า 1 เครื่อง จุดประสงค์ของการศึกษาคือเพื่อลดต้นทุนในการผลิตชิ้นงานให้ต่ำที่สุด ซึ่งได้ใช้วิธีการค้นหาคำตอบแบบทาบู (Tabu Search) มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา การทดลองได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการระหว่าง วิธีการสร้างแบบจำลองโดยการใช้โปรแกรมเชิงเส้น และวิธีการค้นหาคำตอบแบบทาบู โดยลักษณะของปัญหา 4 แบบ คือ ปัญหาที่มีจำนวนชิ้นงานน้อย ปัญหาที่มีจำนวนชิ้นงานมาก ปัญหาที่มีจำนวนชิ้นงานน้อยแต่ขั้นตอนการทำงานมาก และปัญหาที่มีจำนวนชิ้นงานน้อยแต่ขั้นตอนการทำงานมาก แบบจำลองการหาคำตอบแบบทาบูได้กำหนดรูปแบบในการศึกษาพารามิเตอร์อยู่ 2 ตัว คือ ขนาดของ Tabu List กำหนดไว้ที่ 3 ขนาดคือ 3, 5 และ 7 และ รูปแบบการย้ายภายในโครงสร้างของ Neighborhood ไว้ 2 แบบ คือ Swap Pairwise Interchange และ Insertion

Interchange ผลจากการศึกษาได้ให้เห็นว่าการค้นหาคำตอบแบบทาบูสามารถใช้ได้กับลักษณะของงานที่มีจำนวนมากและหลายขั้นตอนได้โดยไม่ยุ่งยาก ซึ่งคำตอบที่ได้ก็ให้คำตอบที่ใกล้เคียงกับผลที่ได้จากวิธีการโปรแกรมเชิงเส้น นอกจากนั้นได้พบว่ารูปแบบการย้ายภายในโครงสร้างของ Neighborhood ที่กำหนดไว้ทั้ง Swap Pairwise Interchange และ Insertion Interchange ให้ค่าของคำตอบที่ใกล้เคียงกัน และขนาดของ Tabu List ที่มากขึ้น ก็จะทำให้ค่าตำตอบที่ดีที่สุดมากขึ้น

2.4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับปัญหาการเดินรถขนส่งน้ำมัน

การวิจัยที่ผ่านมาที่เกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทางและตารางเวลาการเดินรถขนส่งน้ำมัน มีลักษณะแตกต่างกันออกไปตามแต่ละลักษณะปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งมีการนำวิธีการในการแก้ปัญหาต่างๆ ทั้งวิธีทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming) และ วิธีฮิวริสติกส์ (Heuristics) มีดังนี้

Dantzig และ Ramser (1959) ทำการศึกษาปัญหาด้านการจัดเส้นทางการขนส่งรถน้ำมัน ซึ่งเป็นการขนส่งจากคลังน้ำมันเพียงแห่งเดียว ไปยังจุดของสถานีบริการต่างๆ ปริมาณการสั่งซื้อน้ำมันของสถานีบริการจะถูกกำหนดจากสถานีบริการเอง จุดประสงค์ของแบบจำลองนี้เพื่อที่จะการมอบงานการจัดส่งว่ารถบรรทุกแต่ละคันจะต้องไปส่งที่สถานีบริการใดบ้าง โดยที่ใช้จำนวนรถบรรทุกให้น้อยที่สุด วิธีการในการพัฒนาแบบจำลองได้ใช้วิธีการจำลองแบบทางคณิตศาสตร์ (Linear Programming) เพื่อให้ได้ผลออกมาใกล้เคียงกับวิธีที่ดีที่สุด (Optimal Solution) มีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด (Shortest Routes) ระหว่างจุดของสถานีบริการแต่ละจุดที่อยู่ในระบบ และทำการจัดเส้นทางการขนส่งให้กับรถขนส่งแต่ละคัน อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ไม่ได้มีการคิดถึงข้อจำกัดทางเวลา (Time Constrain) ในแบบจำลอง และเป็นการจำลองลักษณะของปัญหาแบบง่ายๆ

Chetbundhit (1990) ทำการศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางและตารางเวลาการเดินรถขนส่งน้ำมันจากคลังเพียงแห่งเดียวไปยังจุดของสถานีบริการต่างๆที่อยู่ในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล (Greater Bangkok Area) ซึ่งมีอยู่ประมาณ 130 แห่ง โดยการใช้รถขนส่ง 2 ชนิด คือรถบรรทุก และรถพ่วง จุดประสงค์ของการศึกษาเพื่อที่จะพัฒนาวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการจัดเส้นทางและตารางเวลาการเดินรถขนส่งให้มีระบบ ในการพัฒนาแบบจำลองได้แบ่งกระบวนการออกเป็น 3 ส่วน คือ (1) การสร้างเส้นทางที่สั้นที่สุดระหว่างจุดสองจุด และทำการประมาณเวลาการเดินทาง (2) จัดเส้นทางการขนส่งให้กับรถขนส่ง โดยการจัดคู่การสั่งของสถานีบริการ 2 สถานีบริการให้อยู่ในเส้นทางเดียวกัน เพื่อให้

ประหยัดค่าใช้จ่ายการเดินทางให้มากที่สุด ซึ่งได้ใช้วิธี Saving เพื่อให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่งให้มากที่สุด และ (3) เป็นการจัดตารางเวลาการเดินรถขนส่งหลังจากที่ได้จัดเส้นทางแล้ว ซึ่งได้ใช้วิธีการฮิวริสติกส์ (Heuristics) มาใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง

ในการศึกษานี้ได้คำนึงถึงข้อจำกัดของเวลาที่เกิดเนื่องจากการจำกัดช่วงเวลาให้รถบรรทุกเข้าเมืองได้ จึงได้ทำการแบ่งช่วงเวลาที่จะทำการขนส่งได้ออกเป็น 6 ช่วง ดังนี้

- ช่วง 4:00 - 6:30 ช่วงที่ห้ามรถขนส่งวิ่งในเมือง
- ช่วง 6:30 – 9:00 ช่วงที่อนุญาตให้รถขนส่งวิ่งได้ในเมือง
- ช่วง 9:00 – 16:30 ช่วงที่ห้ามรถขนส่งวิ่งในเมือง
- ช่วง 16:30 – 19:00 ช่วงที่อนุญาตให้รถขนส่งวิ่งได้ในเมือง
- ช่วง 19:00 – 21:30 ช่วงที่ห้ามรถขนส่งวิ่งในเมือง
- ช่วง 21.30 – 4.00 ช่วงที่อนุญาตให้รถขนส่งวิ่งได้ในเมือง

ตามเวลาที่ห้ามรถบรรทุกเข้าเมือง และได้แบ่งสถานีบริการออกเป็น 6 กลุ่ม ตามช่วงเวลาที่สามารถจะรับน้ำมันได้ ผลที่ได้จากการศึกษาไม่ได้แสดงค่าที่สามารถประหยัดได้จากขนส่งทั้งหมด แต่แสดงออกมาเป็นตารางเวลาการเดินรถและจำนวนรถที่ใช้ในการขนส่ง ซึ่งสามารถที่จะลดจำนวนรถที่ใช้ลงจากที่บริษัทที่เป็นกรณีศึกษาเคยใช้

Jirakraisri (1992) ทำการศึกษาการจัดเส้นทางและตารางเวลาการเดินรถ ซึ่งมีแนวทางในการศึกษาและลักษณะของปัญหาที่คล้ายกับ Chetbundhit คือเป็นการขนส่งน้ำมันจากคลังเพียงแห่งเดียวไปยังจุดของสถานีบริการต่างๆที่อยู่ในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล (Greater Bangkok Area) โดยการใช้รถขนส่ง 2 ชนิด คือรถบรรทุก และรถพ่วง และมีข้อจำกัดทางการห้ามรถบรรทุกเข้าเมือง จึงได้มีการแบ่งช่วงเวลาที่จะทำการจัดส่งได้เป็น 5 ช่วงเวลา และแบ่งกลุ่มสถานีบริการออกเป็น 6 กลุ่ม ในการศึกษาครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อที่จะพัฒนาวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการจะจัดตารางเวลาการเดินรถในแต่ละวันเพื่อที่จะลดต้นทุนการขนส่งให้มากที่สุด และพัฒนาเป็นแบบจำลองที่มีระบบ การพัฒนาแบบจำลองประกอบด้วย 2 ส่วน คือ (1) การจับคู่ 2 สถานีบริการให้อยู่ในเส้นทางเดียวกันเพื่อให้มีการประหยัดค่าใช้จ่ายในการเดินทางที่มากที่สุด โดยการใช้วิธี Saving และ (2) คือการจัดตารางเวลาการเดินทางโดยการใช้วิธีการฮิวริสติกส์มาใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง

ในการศึกษานี้ได้แตกต่างจากการศึกษาของ Chetbundhit คือได้มีการพิจารณาถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทำงานจริงมาพิจารณาในการพัฒนาแบบจำลองด้วย คือ ได้มีการคำนึงถึงการเข้าถึงสถานีบริการของรถพ่วง นอกจากนั้นยังได้มีการนำเวลาที่ใช้ในการเติมน้ำมันที่คลังมาคิดด้วย เพื่อนำไปปรับให้รถขนส่งสามารถเติมน้ำมันให้เสร็จพอดีกับเวลาเริ่มต้นของแต่ละช่วงเวลาที่ทำการขนส่งได้ แต่อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้ยังไม่ได้นำตัวแปรของประเภทของน้ำมันที่จะจัดส่งมาพิจารณา นอกจากนั้นยังไม่ได้มีการพิจารณาถึงปัญหาที่เกิดจากการปฏิบัติงานที่จะเติมน้ำมันที่คลัง ซึ่งเวลาในการเติมน้ำมันในการศึกษานี้ได้กำหนดเป็นค่าคงที่ค่าหนึ่ง ผลจากการศึกษานี้ไม่ได้มีการแสดงค่าออกมาเป็นตัวเลขให้เห็น แต่ได้สรุปถึงความสามารถในการใช้งานของแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้น

กฤษไกร มนิมนากร (2538) ได้ทำการศึกษาการจัดเส้นทางการเดินรถขนส่งน้ำมันจากคลังน้ำมันกรุงเทพฯ ไปยังสถานีบริการต่างๆ ที่อยู่ในเขตตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีอยู่ประมาณ 100 แห่ง ไม่มีข้อจำกัดทางเวลาในการขนส่ง ส่วนรถที่ใช้ขนส่งมีอยู่ 3 ชนิด แบ่งตามลักษณะและความจุของรถ โดยในการศึกษาครั้งนี้เสนอแนวทางในการที่ให้คลังน้ำมันเป็นผู้ที่จะจัดสั่งน้ำมันให้กับสถานีบริการเอง โดยการนำทฤษฎีทางด้านการจัดการพัสดุคงคลังมาใช้ เพื่อให้แต่ละสถานีบริการมีค่าใช้จ่ายด้านพัสดุคงคลังให้น้อยที่สุด และทำการจัดสถานีบริการที่ทำการสั่งน้ำมันให้อยู่ในเส้นทางเดียวกัน เพื่อที่จะมอบหมายงานให้กับรถขนส่งน้ำมัน นั่นคือในการขนส่ง 1 เที่ยว จะต้องไปส่งน้ำมันให้มากกว่า 1 สถานีบริการ การพัฒนาแบบจำลองได้ใช้วิธีการ Saving Heuristic เพื่อใช้ในการจัดเส้นทาง ซึ่งเริ่มจากการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดระหว่างจุดของสถานีบริการทุกจุด จากนั้นก็ทำการจัดคู่ของสถานีบริการที่ให้ค่า Saving ที่มากที่สุดเข้ามาในระบบ อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากการศึกษานี้ได้สรุปว่าแนวทางใหม่ของการศึกษาได้ให้ค่าใช้จ่ายมากกว่า การปฏิบัติเดิมของที่บริษัทได้ทำไว้อยู่แล้วคือ ทำการส่งน้ำมันแบบเต็มคันรถ และส่งให้ 1 สถานีบริการต่อ 1 เที่ยว

2.5 บทสรุป

จากการศึกษาถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและผลงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับปัญหาด้านการจัดตารางเวลา สามารถสรุปได้ว่า

1. การวิจัยครั้งนี้ควรเลือกใช้วิธีการค้นหาด้วยคำตอบที่ดีที่สุดด้วยวิธี Tabu Search เนื่องจาก

- นำมาใช้กับงานการจัดตารางเวลาแบบการจัดลำดับที่ของงานได้
- วิธีในการค้นหาคำตอบที่มีประสิทธิภาพมากที่ต้องการคำตอบในช่วงเวลาที่จำกัด
- สามารถประยุกต์ใช้กับงานแบบ Flow Shop คือ ลักษณะของงานประกอบด้วยหลายขั้นตอนและสามารถทำงานแบบพร้อมกันได้ เครื่องจักรมีหลายเครื่องและแต่ละเครื่องทำงานไม่เหมือนกัน

2. วิธีการสลับที่ของงาน (Permutation) สามารถที่จะนำมาใช้ในการเป็นข้อกำหนดในการสลับที่โครงสร้างภายใน List ตามวิธีค้นหาคำตอบแบบ Tabu search ซึ่งเป็นวิธีที่เข้าใจง่าย และวิธีการไม่ซับซ้อน นอกจากนั้นยังสามารถลดขนาดของ List และการวนซ้ำในการหาคันตอบแบบ Tabu search ที่เป็นเหตุทำให้เวลาในการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

3. วิธีการค้นหาคำตอบแบบฮิวริสติกส์ไม่สามารถรับประกับได้ว่าคำตอบที่ได้จะเป็นคำตอบที่ดีที่สุด (Optimization) เนื่องจากยังมีลักษณะของปัญหาบางสถานการณ์ซึ่งมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการหาคำตอบลดลง

4. ผลงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับจัดตารางเวลาเดินขนส่งน้ำมัน ไม่ได้มีการจำลองปัญหาที่เกิดขึ้นที่คลังน้ำมันอย่างเป็นกิจลักษณะ เช่น การเกิดการรอคอยในแถวคอยเพื่อที่จะเติมน้ำมัน ซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญที่ทำให้ในการนำงานวิจัยไปใช้ในการปฏิบัติงานจริง เกิดความผิดพลาดในการจัดตารางเวลาได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
การสำรวจและรวบรวมข้อมูล

ในส่วนของบทนี้เป็นการสำรวจการดำเนินงานของหน่วยงานตัวอย่าง คือ คลังน้ำมันคาลเท็กซ์ ตั้งอยู่ที่เขตยานนาวา กรุงเทพฯ แผนที่แสดงตำแหน่งของหน่วยงานตัวอย่างดังรูปที่ 3-1 โดยเนื้อหาในบทนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. การสำรวจการดำเนินงานของหน่วยงานตัวอย่าง
2. ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง

รูปที่ 3-1 ที่ตั้งของคลังน้ำมันกรุงเทพฯ บริษัทน้ำมันคาล์เท็กซ์

3.1 การสำรวจการดำเนินงานของหน่วยงานตัวอย่าง

หน่วยงานตัวอย่างเป็นคลังน้ำมันที่ทำหน้าที่จัดส่งน้ำมันที่ได้รับจากโรงกลั่นไปสู่ลูกค้าต่างๆ ซึ่งมี ผลิตภัณฑ์อยู่ 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ น้ำมันใส และน้ำมันเตา แต่ในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดการสำรวจเฉพาะการจัดส่งน้ำมันใสเท่านั้น น้ำมันใสที่ทำการจัดส่งของบริษัทตัวอย่างจะมีอยู่ทั้งหมด 3 ประเภท คือ เบนซินชนิดออกเทน 95 เบนซินชนิดออกเทน 91 และน้ำมันดีเซล

3.1.1 นโยบายของหน่วยงานตัวอย่าง

หน่วยงานตัวอย่างได้มีการกำหนดนโยบายที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการจัดส่งน้ำมันในแต่ละวันไว้ เพื่อเป็นแนวทางการปฏิบัติงานให้กับฝ่ายต่าง ๆ ดังนี้

- การจัดส่งน้ำมันด้วยรถบรรทุกเป็นการขนส่งแบบเต็มคัน (Full Truckload) ทำให้การขนส่งในแต่ละรอบจัดส่งให้ลูกค้าได้ครั้งละ 1 รายเท่านั้น และไม่ได้มีข้อกำหนดจำนวนของผลิตภัณฑ์ในการส่งแต่ละครั้งว่าเป็นเท่าไร ทำให้การคิดค่าขนส่งจะคิดเป็นเต็มคันรถเช่นกัน ไม่ว่าลูกค้าจะสั่งน้ำมันมาปริมาณเท่าใดก็ตาม

- หน่วยงานตัวอย่างเน้นที่การให้ระดับการบริการลูกค้า (Customer Service) และได้กำหนดการขนส่งน้ำมันของลูกค้าเป็นวันต่อวัน นั่นคือเมื่อลูกค้ามีการสั่งซื้อเข้ามาจะจัดส่งน้ำมันให้ในวันนั้น โดยจะไม่มีการเลื่อนการขนส่งเป็นวันถัดไป

- หน่วยงานตัวอย่างมีนโยบายด้านความปลอดภัย เนื่องจากมีความเสี่ยงสูง และมีข้อห้ามไม่ให้มีการเติมน้ำมันก่อนเวลา 20.00 น. ในแต่ละวัน เพราะถือว่าการปล่อยรถน้ำมันที่มีน้ำมันอยู่เต็มคันรถเป็นเวลานานจะเกิดการระเบิดได้ง่าย

- การขนส่งให้กับลูกค้าในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑลกำหนดให้ใช้ทางด่วนในทุกเส้นทาง เนื่องจากได้มีการรวมค่าทางด่วนในค่าขนส่งเรียบร้อยแล้ว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.2 ลูกค้าของหน่วยงานตัวอย่าง

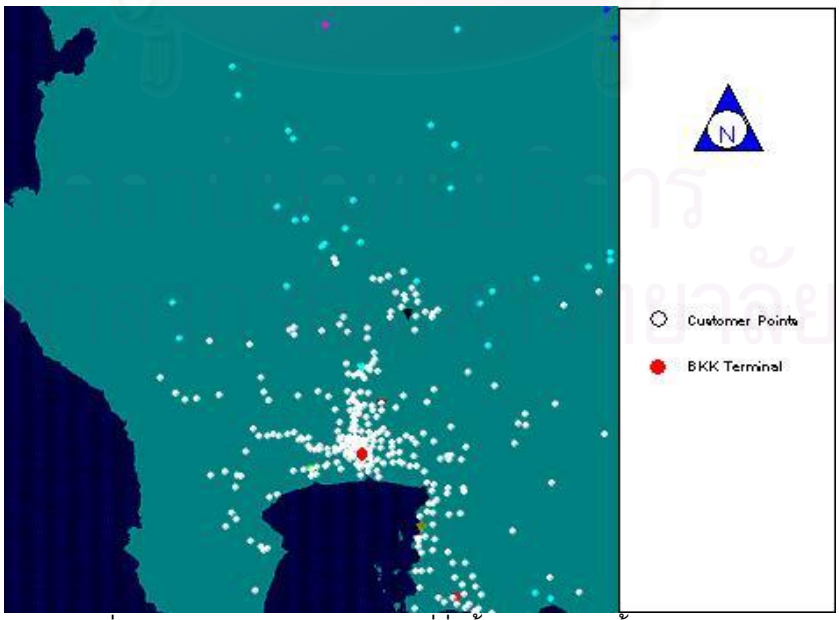
ลูกค้าของหน่วยงานตัวอย่างจะประกอบด้วย สถานีบริการ โรงงานอุตสาหกรรม และ ลูกค้าขายส่ง โดยลูกค้าแต่ละประเภทจะมีความแตกต่างในผลิตภัณฑ์ที่สั่ง และรูปแบบการจัดส่ง ดังแสดงในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ลักษณะของลูกค้าประเภทต่างๆ

ลูกค้า	ประเภทผลิตภัณฑ์	รูปแบบการจัดส่ง	จำนวน
สถานีบริการ	95, 91, ดีเซล ส่งเต็มคันรถแบบรวมทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์	ส่งโดยหน่วยงาน	132
โรงงานอุตสาหกรรม	ดีเซล	ส่งโดยหน่วยงาน	103
ลูกค้าขายส่ง	95, 91, ดีเซล 1 ผลิตภัณฑ์ส่งเต็มคันรถ	มารับน้ำมันเอง	ไม่แน่นอน

หน่วยงานตัวอย่างไม่สามารถที่จะควบคุมการจัดส่งของลูกค้าขายส่งได้ เนื่องจากเป็นลูกค้าที่มารับน้ำมันเอง และไม่ได้มีการจัดทะเบียนเป็นลูกค้าอย่างเป็นทางการ ทำให้ไม่สามารถทราบจำนวนที่แน่นอนได้ ลูกค้าขายส่งจะมีจำนวนมากในวันก่อนที่จะมีประกาศขึ้นน้ำมัน เพื่อที่จะทำการซื้อกักตุนไว้ ซึ่งจะมีประมาณ 20-30 เที่ยวต่อวัน ส่วนในวันปกติก็จะมีประมาณ 10-15 เที่ยว และจะมีจำนวนน้อยมากในวันก่อนที่จะมีการประกาศลงราคาน้ำมัน

ลูกค้าที่หน่วยงานตัวอย่างจะต้องทำการจัดส่งให้จะอยู่ในบริเวณพื้นที่กรุงเทพฯ และปริมณฑลต่างๆ และลูกค้าที่อยู่ในพื้นที่อื่นๆ จะได้รับการจัดส่งจากคลังน้ำมันอื่น ซึ่งลักษณะการกระจายตัวของลูกค้าได้แสดงในรูปที่ 3-2 ลูกค้าจะหนาแน่นที่ระยะห่างจากคลัง 1-30 กิโลเมตร มีอยู่ประมาณ 150 แห่ง และที่ระยะมากกว่า 30 กิโลเมตร มีอยู่ประมาณ 52 แห่ง

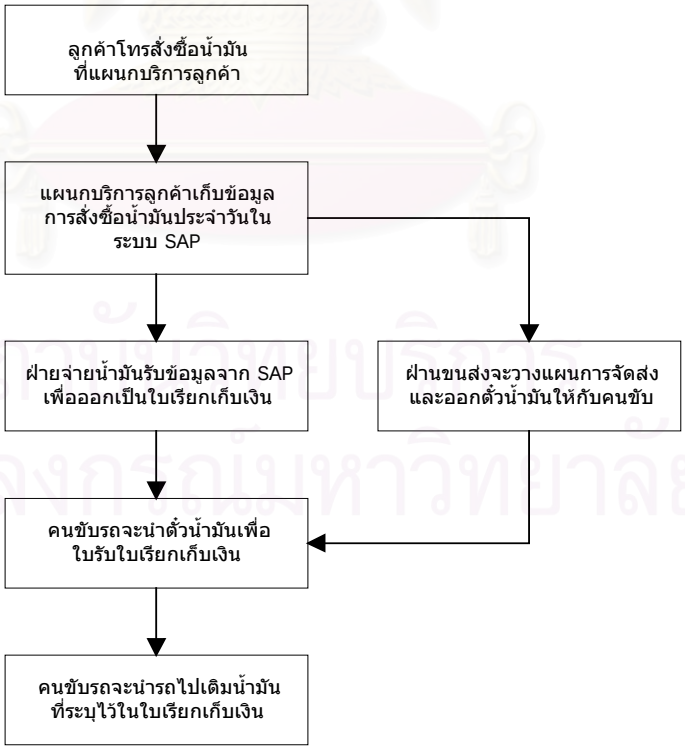


รูปที่ 3-2 การกระจายตัวของลูกค้าที่สั่งน้ำมันจากคลังน้ำมันกรุงเทพฯ

3.1.3 ขั้นตอนในการสั่งน้ำมันของลูกค้าในแต่ละวัน

ขั้นตอนในการสั่งน้ำมันของลูกค้าในแต่ละวันจะแสดงในรูปที่ 3-3 ซึ่งลูกค้าจะสามารถสั่งซื้อน้ำมันได้ทางโทรศัพท์ที่ศูนย์บริการลูกค้า เริ่มโทรศัพท์สั่งตั้งแต่เวลา 7.30 น. จนกระทั่งเวลา 18.30 น. ทางศูนย์บริการลูกค้าก็จะทำการปิดการสั่งซื้อของลูกค้าประจำวันและทำการเก็บข้อมูลการสั่งซื้อของลูกค้าทั้งหมดลงในระบบ Systems Applications and Products in Data Processing (SAP) ซึ่งประกอบด้วย ชื่อของลูกค้า ประเภทของลูกค้า ชนิดและปริมาณน้ำมันที่สั่ง จากนั้นทางฝ่ายขนส่งจะวางแผนการจัดส่งในตอนกลางคืนให้กับลูกค้าที่หน่วยงานจะจัดส่งให้ โดยออกเป็นตั๋วส่งน้ำมัน (Delivery Order) ให้กับคนขับแต่ละคัน ซึ่งคนขับรถจะสามารถมารับตั๋วน้ำมันได้ตั้งแต่เวลา 20.00 น.

หลังจากนั้นก็จะนำตั๋วน้ำมันไปรับใบเรียกเก็บเงิน (Invoice) ซึ่งออกโดยฝ่ายการจ่ายน้ำมัน ส่วนลูกค้าที่มารับน้ำมันเองจะไม่ผ่านฝ่ายขนส่ง โดยจะไปรับใบเรียกเก็บเงินตามที่ได้สั่งที่ฝ่ายจ่ายน้ำมันเลย จากนั้นคนขับรถก็จะนำรถบรรทุกไปรอเติมน้ำมันที่ระบุไว้ในใบเรียกเก็บเงิน จนกระทั่งเวลา 22.00 น. รถขนส่งแต่ละคันก็จะทยอยออกไปส่งให้กับลูกค้า



รูปที่ 3-3 แผนผังแสดงขั้นตอนการสั่งน้ำมันของลูกค้าในแต่ละวัน

3.1.4 ขั้นตอนในการจัดส่งน้ำมัน

ในส่วนของขั้นตอนการจัดส่งน้ำมันของฝ่ายขนส่งจะเริ่มต้นหลังจากที่ฝ่ายจัดส่งออกใบตั๋วส่งน้ำมันให้กับคนขับรถ หลังจากนั้นคนขับรถเตรียมทำการจัดส่งในแต่ละรอบ ซึ่งแบ่งเป็นขั้นตอนต่างๆ ได้ดังนี้

- คนขับรถนำรถแต่ละคันไปรอเติมที่ช่องจ่ายน้ำมัน โดยคนขับจะเลือกช่องจ่าย น้ำมันที่จะเข้าเติมเอง

- พนักงานจ่ายน้ำมันตรวจสอบความถูกต้องของใบเรียกเก็บเงิน ใช้เวลาในการตรวจสอบประมาณ 1 นาที ก็จะปล่อยให้ทำการเติมน้ำมันลงรถบรรทุกได้

- การเติมน้ำมันลงรถบรรทุก คนขับรถจะต้องเตรียมสายดินหนีบไปกับตัวรถเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดไฟฟ้าสถิตขณะที่ทำการจ่ายน้ำมัน การเติมน้ำมันจะใช้สายเติมน้ำมัน ควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ทำให้เวลาในการเติมน้ำมันในแต่ละช่องเติมของรถบรรทุกค่อนข้างคงที่คือประมาณ 8 นาที และรถบรรทุกอาจต้องเข้าช่องจ่ายน้ำมันได้มากกว่า 1 ช่อง เพราะช่องจ่ายน้ำมันที่รถบรรทุกเข้าไปเติมอาจจะให้ผลิตภัณฑ์ได้ไม่ครบตามที่ระบุในใบเรียกเก็บเงิน

- ทำการตรวจสอบปริมาณน้ำมันและค่า API (American Petroleum Institute) เมื่อจ่ายน้ำมันเรียบร้อยแล้วพนักงานขับรถจะทำการบิดแป้นบอกชนิดน้ำมันให้ถูกต้องและจะเลื่อนรถไปยังหอซีล เพื่อให้เจ้าหน้าที่ตรวจปริมาณน้ำมันที่เติม และวัดค่า API เพื่อตรวจสอบคุณภาพของน้ำมันให้ได้ตรงกับที่ระบุไว้ในใบเรียกเก็บเงิน ในขั้นตอนนี้จะรวมถึงการจัดการด้านเอกสารต่างๆ ที่คนขับรถจะต้องทำการออกไปส่งให้ลูกค้า และการทำธุระส่วนตัวด้วย ส่วนใหญ่แล้วใช้เวลาประมาณ 5 นาที

- ทำการส่งให้ลูกค้า เมื่อทำเสร็จขั้นตอนทุกอย่างก็จะนำไปส่งให้ลูกค้า แต่เฉพาะในรอบแรกของการจัดส่ง รถบรรทุกแต่ละคันจะ

สามารถเริ่มส่งได้หลังจาก 22.00 น. เนื่องจากมีข้อห้ามรถบรรทุกใหญ่เข้าเมืองก่อนช่วงเวลานั้น

- การลงน้ำมันให้ลูกค้า เมื่อรถบรรทุกเดินทางไปยังสถานีบริการและทำการถ่ายน้ำมันลงถังเก็บที่สถานีของลูกค้า โดยเวลาในการถ่ายน้ำมันลงถังเก็บน้ำมันในแต่ละสถานีนั้นค่อนข้างคงที่เมื่อเทียบกับเวลาในการเดินทาง คือ เฉลี่ยประมาณ 25 นาที จากนั้นก็จะเดินทางกลับไปยังคลังน้ำมันเพื่อที่จะทำการเติมน้ำมันเพื่อที่จะไปส่งในสถานีต่อไป ในการเติมน้ำมันครั้งต่อไปนั้น รถขนส่งไม่ต้องมีการล้างช่องบรรทุก เนื่องจากรถขนส่งที่บรรทุกน้ำมันใสแต่ละชนิดจะสามารถใช้ช่องบรรทุกร่วมกันได้ ซึ่งทางบริษัทจะทำการล้างรถเฉพาะรถที่เปลี่ยนจากการบรรทุกน้ำมันเตา มาเป็นบรรทุก น้ำมันใสเท่านั้น

3.1.5 ข้อจำกัดอื่นๆ

ในการดำเนินการขนส่งยังมีข้อจำกัดอื่นๆ ที่มีผลต่อการจัดสรรทรัพยากรต่างๆ ดังนี้

- ปริมาตรบรรทุกของรถบรรทุกน้ำมัน ในปัจจุบันบริษัทได้ใช้รถที่ขนส่งสถานีบริการในเขตกรุงเทพฯ ขนาดเดียวคือมีความ 16,000 ลิตร ตัวรถขนส่งจะแบ่งออกเป็น 4 ช่อง โดยแต่ละช่องมีความจุ 4,000 ลิตร การบรรจุน้ำมันในช่องนั้น จะใส่น้ำมันเพียงชนิดเดียวให้เต็มช่องของรถ และรถขนส่งคันหนึ่งจะสามารถบรรจุน้ำมันกี่ชนิดก็ได้ รถที่ใช้ในการขนส่งน้ำมันจะมีอยู่ 2 ชนิด คือ รถของทางบริษัท กับ รถของผู้รับเหมา ปัจจุบันบริษัทใช้รถบรรทุกน้ำมันอยู่ทั้งหมด 33 คัน เป็นรถของบริษัท 27 คัน และเป็นของผู้รับเหมา 6 คัน

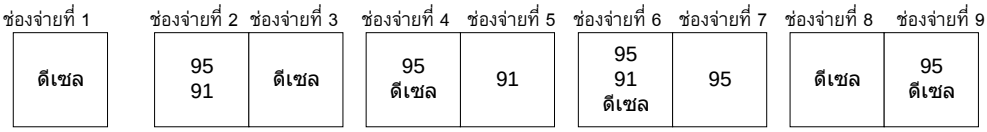
- ช่องจ่ายน้ำมัน (Gantry) ที่คลังสำหรับน้ำมันใสมีอยู่ทั้งหมด 9 ช่อง แสดงในรูปที่ 3-4 และ รูปที่ 3-5 แสดงน้ำมันแต่ละประเภทที่สามารถเติมได้ในแต่ละช่องจ่ายน้ำมัน ซึ่งแต่ละช่องอาจจะเติมน้ำมันได้หลายชนิด โดยจะสามารถเติม เบนซินชนิด 95

ได้ 5 ช่อง, เบนซินชนิด 91 ได้ 3 ช่อง และเป็นดีเซลได้ 5 ช่อง ซึ่งทำให้ช่องจ่ายน้ำมันแต่ละช่องไม่สามารถให้น้ำมันใสทั้ง 3 ชนิดในช่องเดียวได้ ทำให้รถน้ำมันที่ต้องการเติมน้ำมันทั้ง 3 ชนิดนั้น เมื่อเติมน้ำมันชนิดหนึ่งแล้วก็จะถอยรถแล้วไปรอเติมน้ำมันในช่องอื่นที่ว่างอยู่ จะกระทั่งเติมน้ำมันครบที่ได้กำหนดไว้ในใบเรียกเก็บเงิน จึงจะออกไปส่งให้กับลูกค้าได้

- ช่วงเวลาขนส่ง เนื่องจากกรมขนส่งทางบก ได้กำหนดให้รถบรรทุกวิ่งในเขตกรุงเทพฯ ได้เฉพาะในช่วงเวลา 22.00 น. ถึง 6.00 น. ในช่วงวันจันทร์ถึงศุกร์ แต่จะวิ่งได้ตลอดเวลาในช่วงวันเสาร์ และวันอาทิตย์ ทำให้ในวันปกติแล้ว การขนส่งให้กับสถานีบริการต่างๆ ถูกจำกัดเวลาไว้ใน 8 ชั่วโมง ซึ่งในการส่งน้ำมันในแต่ละวันจำเป็นที่จะต้องส่งให้ทันในช่วงเวลาที่กำหนดไว้ เพราะถ้าหากเกินช่วงที่กำหนด รถขนส่งจะต้องจอดรอไว้ที่สถานีบริการและกลับมาได้อีกทีหลัง 22.00 น. จะทำให้รถขนส่งคันนั้นไม่สามารถจัดส่งในวันถัดไปได้ทัน

- การขึ้นลงของราคาน้ำมัน ทำให้เกิดการกักตุนของลูกค้าเพื่อทำกำไรจากการเปลี่ยนของราคา ในประเทศไทยจะมีการขึ้นลงของราคาน้ำมันบ่อยครั้งมาก หนึ่งเดือนอาจมีถึงประมาณ 7-8 ครั้ง ปัญหาของการบริหารการจัดส่งจะเกิดขึ้นในวันก่อนน้ำมันขึ้น 1 วัน ซึ่งปริมาณรถของลูกค้าจะมาก โดยเฉพาะลูกค้าขายส่ง

รูปที่ 3-4 ลักษณะของช่องจ่ายน้ำมัน



รูปที่ 3-5 ชนิดของน้ำมันที่แต่ละช่องจ่ายน้ำมันจ่ายได้ ของบริษัทตัวอย่าง

3.1.6 ปัญหาการดำเนินการของหน่วยงานตัวอย่าง

จากการสำรวจลักษณะการดำเนินการด้านการจัดส่งของหน่วยงานตัวอย่าง ทำให้พบว่าปัญหาที่มีผลต่อการดำเนินงานมีดังนี้

- จากนโยบายของหน่วยงานตัวอย่างที่ได้กำหนดให้การขนส่งที่ให้ใช้รถบรรทุกแบบเต็มคัน คือ รถบรรทุก 1 คันสามารถส่งให้ลูกค้าได้ 1 รายต่อการส่ง 1 รอบ ทำให้การบริหารจัดการการขนส่งน้ำมันให้กับลูกค้าต่างๆ เป็นปัญหาด้านการจัดตารางเวลาให้กับรถบรรทุกเท่านั้น (Vehicle Scheduling)

- สภาพความแออัดและความสับสนที่เกิดขึ้นบริเวณแถวคอยที่ช่องจ่ายน้ำมัน เนื่องจากที่คนขับรถสามารถที่จะจัดตารางเวลาการขนส่งด้วยตัวเองทำให้เกิดการเข้ารอการเติมน้ำมันพร้อมกันปริมาณมากๆ อีกทั้งลูกค้าขายส่งที่มารับน้ำมันเอง ซึ่งเป็นลูกค้าที่ไม่สามารถควบคุมเวลาการมาเติม และปริมาณได้ ทำให้การเติมน้ำมันในช่วงก่อนเที่ยงคืนจะมีแถวคอยมาก นอกจากนั้นจากที่ช่องจ่ายน้ำมันแต่ละช่องไม่สามารถที่จะทำการเติมน้ำมันได้ทุกประเภทภายในช่องเดียวกันได้ ทำให้การปฏิบัติงานของรถขนส่งอาจจะต้องมีการรอแถวคอยเพื่อเติมน้ำมันประเภทหนึ่งและต้องวนกลับมาต่อแถวใหม่เพื่อจะเติมน้ำมันอีกประเภทหนึ่ง

- การเกิดความไม่ยุติธรรมของรายได้ที่พนักงานแต่ละคนได้รับ เนื่องจากพนักงานขนส่งจะได้รับรายได้จากจำนวนงานขนส่ง โดยได้รับค่าจ้างต่อการวิ่ง 1 เที่ยว เป็นเงิน 120 บาท ซึ่งปัจจุบันรายได้ของพนักงานแต่ละคนยังมีความแตกต่างขึ้นอยู่กับงานที่ได้รับอยู่

- จากข้อกำหนดที่จำกัดช่วงเวลาให้รถบรรทุกเข้าเมืองได้ ทำให้รถบรรทุกวิ่งใน เมืองได้เฉพาะช่วงเวลา 22.00 – 6.00 น. ทำให้เวลาในการปฏิบัติงานด้านการขนส่งน้ำมันให้กับลูกค้าสามารถทำได้เพียง 8 ชั่วโมงต่อวัน ยกเว้นวันเสาร์และอาทิตย์ที่วิ่งได้ตลอดวัน ทำให้หน่วยงานตัวอย่างต้องมีจำนวนรถบรรทุกปริมาณมาก สำหรับจัดส่งน้ำมันให้ลูกค้าให้ได้ภายในช่วงเวลานั้นๆ

3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง

การพัฒนาแบบจำลองจำเป็นที่จะต้องใช้ข้อมูลต่างๆ เพื่อพัฒนาและทดสอบแบบจำลอง จึงจำเป็นที่จะต้องใช้ข้อมูลที่มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ เพราะถึงแม้ว่าแบบจำลองจะมีความถูกต้องสมบูรณ์เท่าไร แต่ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาไม่ถูกต้องแล้วเป็นการยากที่จะทำให้แบบจำลองนำไปใช้ได้ผล หรือเรียกว่า “Garbage in, Garbage out (GIGO)” (Render และ Stair, 1997)

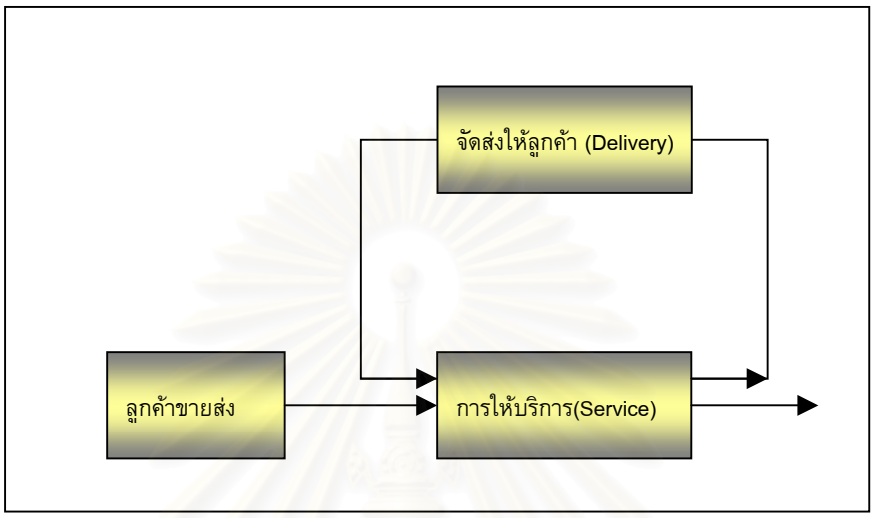
จากการสำรวจการปฏิบัติงานการขนส่งของหน่วยงานตัวอย่างที่ได้กล่าวมาแล้ว ทำให้สามารถจำลองการปฏิบัติงานที่เกิดขึ้นได้ออกเป็น 3 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 3-6 และได้แบ่งกลุ่มของข้อมูลได้กำหนดให้แบ่งตามกลุ่มตามการจำลองการปฏิบัติงาน ดังนี้

1. ส่วนข้อมูลที่เกิดการให้บริการ (Service) ที่คลังน้ำมันของรถบรรทุกของหน่วยงาน
2. ส่วนข้อมูลที่แสดงเวลาการมาของรถบรรทุกของหน่วยงานเองหลังจากที่ได้ออกไปส่งให้ลูกค้าแล้ว
3. ส่วนข้อมูลที่แสดงการเข้ามารับบริการของลูกค้าขายส่ง

3.2.1 ข้อมูลที่เกิดการให้บริการ (Service)

การให้บริการของแบบจำลองจะเกิดขึ้นที่ช่องจ่ายน้ำมัน (Gantry) รถจะเข้ามารับบริการ คือ การเติมน้ำมัน และการตรวจสอบน้ำมัน กำหนดข้อมูลเป็นเวลาที่ใช้ในกระบวนการรับบริการที่คลังน้ำมัน (Processing Time) คือ เวลาที่คนขับรถเริ่มต้นนำรถเข้ารอที่แถวคอยบริเวณช่องจ่ายน้ำมัน จนถึงเวลาที่รถบรรทุกน้ำมันพร้อมที่จะออกไปส่งให้

ลูกค้า ซึ่งจะรวมเวลาที่พนักงานจ่ายน้ำมันตรวจสอบความถูกต้องของใบออกน้ำมัน การรอคอยที่แถวคอย เวลาเติมน้ำมัน และเวลาในการตรวจสอบ API



รูปที่ 3-6 การจำลองลักษณะการปฏิบัติงานการขนส่งของหน่วยงานตัวอย่าง

เมื่อกำหนดให้ i แทนลำดับที่ของงานจัดส่งในแต่ละวันและ $T_{p,i}$ คือ เวลาในกระบวนการเติมน้ำมันทั้งหมด จะได้ว่า

$$Processing\ time\ (T_{p,i}) = T_{c,i} + T_{Q,i} + T_{L,i} + T_{A,i} \quad \text{.....(3-1)}$$

เมื่อ $T_{C,i}$ คือ เวลาที่พนักงานจ่ายน้ำมันตรวจสอบความถูกต้องของใบออกน้ำมัน

$T_{Q,i}$ คือ เวลาที่รถบรรทุกใช้อยู่ในแถวคอย

$T_{L,i}$ คือ เวลาที่ใช้ในการเติมน้ำมัน

$T_{A,i}$ คือ เวลาที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของการลงน้ำมันและตรวจสอบค่า API

- เวลาที่พนักงานจ่ายน้ำมันตรวจสอบความถูกต้องของใบออกน้ำมัน (T_C) ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นก่อนที่คนขับรถจะนำรถเข้าช่องจ่ายน้ำมัน โดยคนขับรถทุกคนจะต้องนำใบเรียกเก็บเงินให้พนักงานตรวจสอบก่อนจึงจะนำไปเติมน้ำมัน จากการสำรวจพบว่าในขั้นตอนนี้คนขับรถไม่มีการเข้าแถว

คอยเพื่อให้พนักงานตรวจสอบ ทำให้เวลาที่เกิดขึ้นเป็นเวลาที่คนขับใช้ตั้งแต่การนำรถจอดแล้วนำเอกสารมาให้พนักงานตรวจสอบ จนกระทั่งกลับไปยังที่รถอีกครั้ง

- เวลาที่รถบรรทุกใช้อยู่ในแถวคอย (T_Q) หลังจากที่คนขับรถผ่านการตรวจสอบการเติมน้ำมันแล้วก็จะนำรถเข้าไปรอที่แถวคอย จากลักษณะทางกายภาพของช่องจ่ายน้ำมันที่ประกอบด้วย 9 ช่อง ทำให้เกิดมีแถวคอยอยู่ 9 แถว และการที่ช่องจ่ายน้ำมันแต่ละช่องมีผลิตภัณฑ์ที่จะเติมได้ไม่เหมือนกันทำให้เกิดการให้ลำดับความสำคัญของคนขับในการที่จะเลือกช่องจ่ายน้ำมันตามที่ต้องการ ซึ่งทำให้แถวคอยในแต่ละช่องมีค่าแตกต่างกัน การเก็บข้อมูลเวลาที่รถบรรทุกใช้อยู่ในแถวคอยต้องทำการเก็บแยกตามช่องจ่ายน้ำมันแต่ละช่อง จากการสำรวจการดำเนินงานของหน่วยงานตัวอย่างยังพบอีกว่า เวลาที่ใช้ในการรอที่แถวคอย จะขึ้นกับสถานะของราคาน้ำมันด้วย คือ วันที่มีการขึ้นราคาน้ำมัน ปริมาณรถที่จะต้องขนส่งจะมีปริมาณมาก ซึ่งจะทำให้รถมารอที่แถวคอยจำนวนมาก และในวันที่มีการลงราคาน้ำมันปริมาณรถจะน้อย ทำให้รอมารอที่แถวคอยน้อย ทำให้การเก็บข้อมูลจะต้องมีการแยกตามสภาวะราคาน้ำมันด้วย

- เวลาที่ใช้ในการเติมน้ำมัน (T_L) เมื่อช่องจ่ายน้ำมันพร้อมที่จะให้บริการ รถบรรทุกก็จะเข้าไปเติมน้ำมัน การเติมน้ำมันจะใช้ท่ออัตโนมัติฉีดเข้ามันเข้าช่องบรรทุกบนรถทำให้เวลาในการเติมน้ำมันต่อช่องบรรทุกค่อนข้างคงที่ แต่เนื่องจากบางช่องจ่ายน้ำมันที่สามารถเติมผลิตภัณฑ์ได้มากกว่า 1 ชนิด ทำให้การเติมน้ำมันที่ต้องการมากกว่า 1 ชนิดจะสามารถเติมได้พร้อมกัน ตัวอย่างเช่น เวลาในการเติมน้ำมัน 1 ช่องใช้เวลา X ถ้ารถบรรทุกต้องการเติมเบนซิน 95 1 ช่อง และเบนซิน 91 ช่อง ในช่องจ่ายที่สามารถเติมได้ทั้งสองช่อง ก็ยังคงใช้เวลาในการเติมน้ำมัน X เนื่องจากน้ำมันเบนซิน 95 และ 91 สามารถเติมได้พร้อมกัน

- เวลาที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องและหาค่า API (T_A) เป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการเติมน้ำมันที่คลังน้ำมันก่อนที่จะออกไปส่งให้กับลูกค้า เนื่องจากในขั้นตอนนี้มีประกอบด้วยกิจกรรมต่างๆ ที่คนขับรถจะต้องทำก่อนที่จะออกไปส่งให้กับลูกค้า เช่น การตรวจสอบค่า API การทำธุระส่วนตัว การตรวจสอบเอกสาร เป็นต้น

ข้อมูลที่เกิดการรับบริการของรถขนส่งที่ได้จากการสำรวจแสดงในตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ข้อมูลในส่วนของการรับบริการ

		ช่องจ่ายช่องที่								
		#1	**#2**	**#3**	**#4**	**#5**	**#6**	**#7**	**#8**	**#9**
เวลาที่ใช้ในแถวคอย (นาที)	20.00 - 22.00									
	สถาวะปกติ	25	15	25	25	25	30	20	25	25
	สภาวะการขึ้นราคาน้ำมัน	25	30	25	30	25	50	25	25	30
	สภาวะการลงราคาน้ำมัน	30	15	25	20	30	30	25	30	30
	หลังจาก 22.00									
	สถาวะปกติ	10	5	5	10	5	10	5	5	10
	สภาวะการขึ้นราคาน้ำมัน	10	20	10	15	5	15	10	5	15
	สภาวะการลงราคาน้ำมัน	0	0	10	10	5	5	0	10	5
เวลาที่ใช้ในการเติมน้ำมัน : นาที		25	20	25	20	25	15	25	25	20
เวลาที่ใช้ในการตรวจสอบใบออกน้ำมัน		2 นาที								
เวลาที่ใช้ในการตรวจสอบค่า API		5 นาที								

3.2.2 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการเดินทางขนส่งให้ลูกค้า (Delivery Time)

คือเวลาที่เริ่มตั้งแต่รถบรรทุกออกจากคลังน้ำมันเพื่อที่จะไปส่งให้กับลูกค้า จนกระทั่งกลับมายังคลังน้ำมันอีกครั้งเพื่อพร้อมที่จะรับงานในรอบต่อไป ทำให้เวลาที่ใช้ในการขนส่งประกอบด้วยเวลาที่รถใช้วิ่งจากคลังน้ำมันไปยังลูกค้า เวลาที่ใช้ในการลงน้ำมัน และเวลาที่ใช้ในการวิ่งกลับจากลูกค้ามายังคลังน้ำมันอีกครั้ง ดังนั้น เมื่อกำหนดให้ i แทนลำดับที่ของงานจัดส่งในแต่ละวันและ $T_{D,i}$ คือ เวลาในการขนส่งทั้งหมด จะได้ว่า

$$\textit{Delivery time } (T_{D,i}) = T_{D\text{-}C,i} + T_{UL,i} + T_{C\text{-}D,i} \ldots\ldots\ldots (3\text{-}2)$$

เมื่อ $T_{D\text{-}C,i}$ คือ เวลาที่ใช้ในการเดินทางจากคลังน้ำมันไปยังลูกค้า

$T_{UL,i}$ คือ เวลาที่ใช้ในการลงน้ำมันให้ลูกค้า

$T_{C\text{-}D,i}$ คือ เวลาที่ใช้ในการเดินทางจากลูกค้ากลับมายังคลังน้ำมันอีกครั้ง

- เวลาที่ใช้ในการเดินทางจากคลังน้ำมันไปยังลูกค้า ($T_{D\text{-}C}$) กำหนดให้เริ่มตั้งแต่รถเริ่มออกจากคลังน้ำมันจนกระทั่งไปถึงรถไปจอดยังที่จุดลงน้ำมันของลูกค้า เนื่องจากการเดินทางเป็นเวลากลางคืน จึงไม่นำผลของความล่าช้าจากปัญหาการจราจรมาคิด และการเดินทางไปส่งเป็นการใช้ทางด่วนในทุกเส้นทาง ทำให้เวลาในการเดินทางจากคลังน้ำมันไปยังลูกค้าไม่ขึ้นกับระยะทาง การเก็บข้อมูลได้ทำการแบ่งการเก็บข้อมูลเวลาที่ใช้ในการเดินทางแบ่งตามรายชื่อลูกค้า ที่เป็นสถานีบริการและโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากไม่สามารถที่จะแบ่งข้อมูลลูกค้าออกตามพื้นที่ได้ เพราะในการเดินทางไปยังลูกค้าแต่ละรายนอกจากจะมีความแตกต่างทางตำแหน่งที่ตั้งแล้ว มีความแตกต่างกันในการเข้าถึง และข้อห้ามต่างๆ ทำให้เวลาในการเดินทางไปยังลูกค้าแต่ละรายมีความแตกต่างกัน

- เวลาที่ใช้ในการลงน้ำมันให้ลูกค้า (T_{UL}) เป็นเวลาที่เริ่มทำการลงน้ำมันลงในถังของลูกค้าจนเสร็จ และพร้อมที่จะเดินทางกลับคลังน้ำมัน เวลาในการลงน้ำมันให้กับลูกค้าแต่ละรายจะค่อนข้างคงที่เมื่อเทียบกับข้อมูลอื่น เนื่องจากการลงน้ำมันใช้อุปกรณ์อัตโนมัติที่ติดมากับรถ และสามารถลงน้ำมันได้ทีละช่องบรรทุก ทำให้เวลาในการลงน้ำมันทั้งหมดจะเท่ากัน

- เวลาที่ใช้ในการเดินทางจากลูกค้ากลับมายังคลังน้ำมัน (T_{CD}) จะเหมือนกับเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากคลังไปยังลูกค้า เนื่องจากเป็นการขนส่งแบบเต็มคันรถทำให้เมื่อรถไปลงน้ำมันเรียบร้อยแล้วจะสามารถใช้เส้นทางเดิม ที่ใช้ในการมาส่งกลับไปยังคลังน้ำมันได้ทันที โดยไม่ต้องไปแวะส่งน้ำมันที่อื่น

เมื่อพิจารณาข้อมูลในส่วนนี้จะพบว่าข้อมูลต่างๆ ทั้งเวลาที่ใช้ในการขนส่งจากคลังไปยังลูกค้า เวลาในการลงน้ำมันที่ลูกค้า และเวลาที่ใช้ในการขนส่งจากลูกค้ากลับมายังคลังอีกครั้ง ค่อนข้างที่จะคงที่เมื่อเทียบกับข้อมูลในส่วนอื่นๆ ทำให้ในการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อใช้ในการพัฒนาแบบจำลองต่อไป ได้กำหนดให้ใช้ข้อมูลเวลาในการขนส่ง ($T_{D,i}$) คือ เริ่มนับเวลาตั้งแต่รถขนส่งออกจากคลังไปยังลูกค้า จนกระทั่งรถขนส่งกลับมายังคลังอีกครั้ง โดยไม่แยกข้อมูลเป็นเวลาที่ใช้ในขั้นตอนต่างๆ และจากการที่ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการขนส่งไม่สามารถกำหนดลูกค้าได้ตามพื้นที่ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ทำให้การเก็บข้อมูลจะแบ่งแยกตามรายชื่อลูกค้า

ในการสำรวจและเก็บข้อมูลในส่วนนี้ได้ขอความร่วมมือจากพนักงานขับรถในการบันทึกเวลาที่ใช่ในขั้นตอนนี้ทั้งหมด ซึ่งผลที่ได้จากการสำรวจแสดงในภาคผนวก ข

3.2.3 ข้อมูลแสดงการมารับบริการของลูกค้าขายส่ง

ลูกค้าขายส่งจะมีความไม่แน่นอนในการเข้ามารับบริการ ทั้งเวลาในการมาและประเภทของผลิตภัณฑ์ที่จะสั่ง ทำให้เวลาที่ใช้ในการรับบริการของรถหน่วยงานเอง เกิดความไม่แน่นอนด้วย ทำให้มีความจำเป็นที่ต้องมีการพิจารณาถึงลูกค้าประเภทนี้เข้ามาในแบบจำลองด้วย

ข้อมูลที่เกิดจากลูกค้าขายส่งจะนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ข้อมูลแสดงการมาใช้บริการที่คลังน้ำมัน (Arrival Headway) และข้อมูลแสดงความน่าจะเป็นที่ลูกค้าขายส่งจะสั่งผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Product Probability)

- ข้อมูลแสดงเวลาการมาที่คลังน้ำมัน (Arrival Headway) คือเวลาที่นับตั้งแต่รถคันที่ i เริ่มเข้ามารับบริการที่ช่องจ่ายน้ำมัน จนกระทั่งรถคันที่ i + 1 ได้เริ่มเข้ามารับบริการ รูปที่ 3-7 แสดงการกำหนดเวลามาที่คลังน้ำมันของรถลูกค้าขายส่ง ซึ่งจะมีเวลาที่ไม่แน่นอน การวิเคราะห์เวลาในการมารับบริการได้ใช้วิธีการหาการกระจายตัวเทียบกับการกระจายตัวมาตรฐาน (แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ก.) โดยการตรวจสอบด้วยไคว์สแควร์ (Chi-Square Test) ดังนี้

สมมุติฐานของการตรวจสอบการกระจายตัวคือ

$H_0 :$ $F(x) = F_0$

$H_1 :$ $F(x) \neq F_0$

เมื่อกำหนดให้การตรวจสอบด้วยไคสแควร์แบ่งส่วนของข้อมูลตัวอย่างออกเป็น k ช่วง จะได้ว่า

$$\chi^2_{df} = \sum_{i=1}^{k} (o_i - e_i)^2 / e_i \quad \text{.....(3-3)}$$

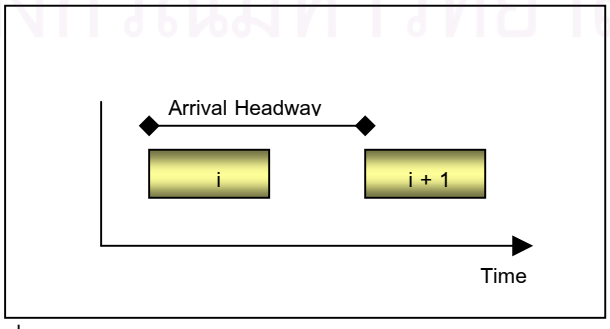
โดยที่ o_i คือจำนวนข้อมูลที่ได้จากการสำรวจในช่วง i

e_i คือจำนวนข้อมูลที่คาดหวังได้จากการสำรวจในช่วง i

และองศาความอิสระ(df) หาได้จาก

df = k – 1 – (no. of parameters estimated from the data)

ผลที่ได้จากการสำรวจเวลาการมารับบริการของลูกค้าขายส่งแสดงในตารางที่ 3-3 ซึ่งวิธีการหาการกระจายตัวมาตรฐานของข้อมูล แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ข โดยที่ภาวะปกติข้อมูลจะมีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) ส่วนที่ภาวะการขึ้นของราคาน้ำมันจะมีการกระจายตัวแบบลอกนอร์มอล (Log-Normal Distribution) และที่ภาวะการลงของราคาน้ำมันมีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) รูปที่ 3-8 ถึง 3-10 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลช่วงเวลาในการมารับบริการของลูกค้าขายส่ง



รูปที่ 3-7 การกำหนดเวลามารับบริการของรถลูกค้าขายส่ง

ตารางที่ 3-3 การกระจายตัวของช่วงเวลาในการมาของรถบรรทุกของลูกค้าขายส่ง

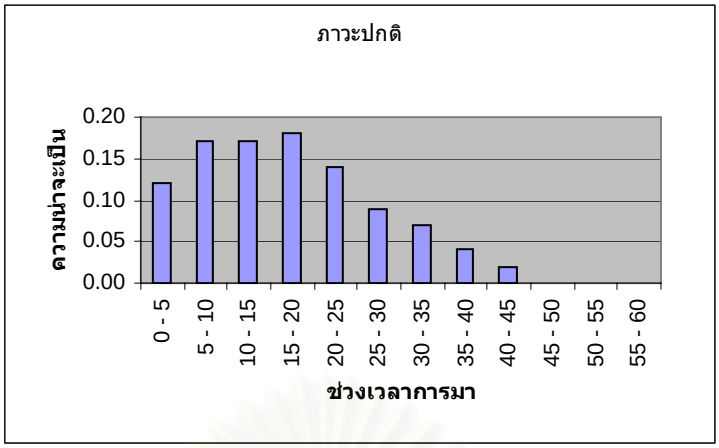
ช่วงเวลาการมา	ความน่าจะเป็น		
	ภาวะปกติ	ภาวะการขึ้นราคาน้ำมัน	ภาวะการลงราคาน้ำมัน
0 – 5	0.12	0.34	0.07
5 – 10	0.17	0.3	0.1
10 – 15	0.17	0.16	0.11
15 – 20	0.18	0.07	0.12
20 – 25	0.14	0.05	0.12
25 – 30	0.09	0.03	0.11
30 – 35	0.07	0.01	0.1
35 – 40	0.04	0.01	0.09
40 – 45	0.02	0.01	0.07
45 – 50	0	0.01	0.05
50 – 55	0	0.01	0.04
55 – 60	0	0	0.02
การกระจายตัว	**Normal**	**Log-Normal**	**Normal**

- ข้อมูลแสดงความน่าจะเป็นของผลิตภัณฑ์ที่สั่ง (Product Probability) เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีอยู่เพียง 3 แบบ คือ เบนซิน 95, เบนซิน91 และดีเซล ทำให้การวิเคราะห์ ข้อมูลได้เลือกวิธีการใช้ความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ต่างๆ (Discrete Choice) ผลที่ได้จากการสำรวจแสดงในตารางที่ 3-4

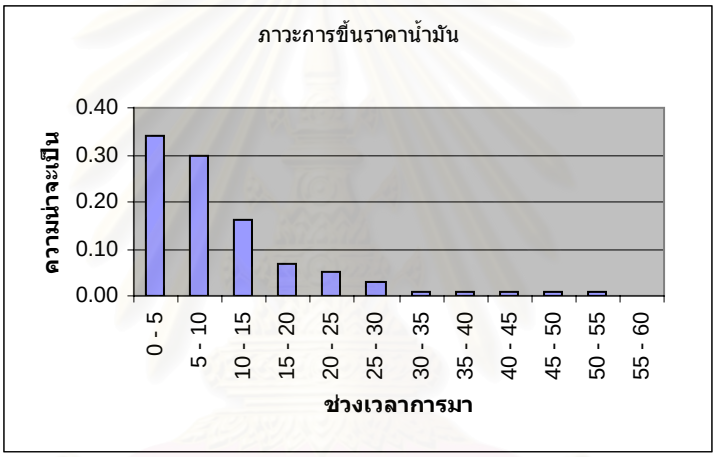
ตารางที่ 3-4 ความน่าจะเป็นของการสั่งผลิตภัณฑ์ของลูกค้าขายส่ง

ผลิตภัณฑ์	ความน่าจะเป็น
95	0.37
91	0.21
ดีเซล	0.42

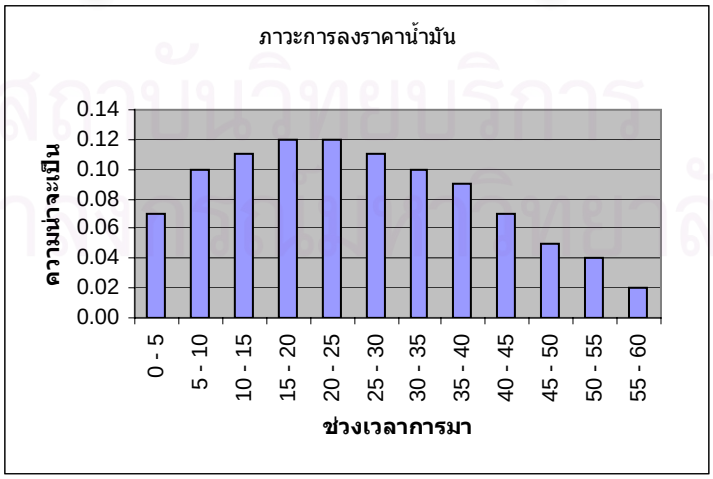
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3-8 การกระจายตัวของข้อมูลเวลาในการมารับบริการของลูกค้าขายส่งในภาวะปกติ



รูปที่ 3-9 การกระจายตัวของข้อมูลเวลาในการมารับบริการของลูกค้าขายส่งในภาวะการขึ้นราคาน้ำมัน



รูปที่ 3-10 การกระจายตัวของข้อมูลเวลาในการมารับบริการของลูกค้าขายส่งในภาวะการลงราคาน้ำมัน

บทที่ 4
การพัฒนาแบบจำลองการจัดตารางเวลาเดินรถขนส่ง

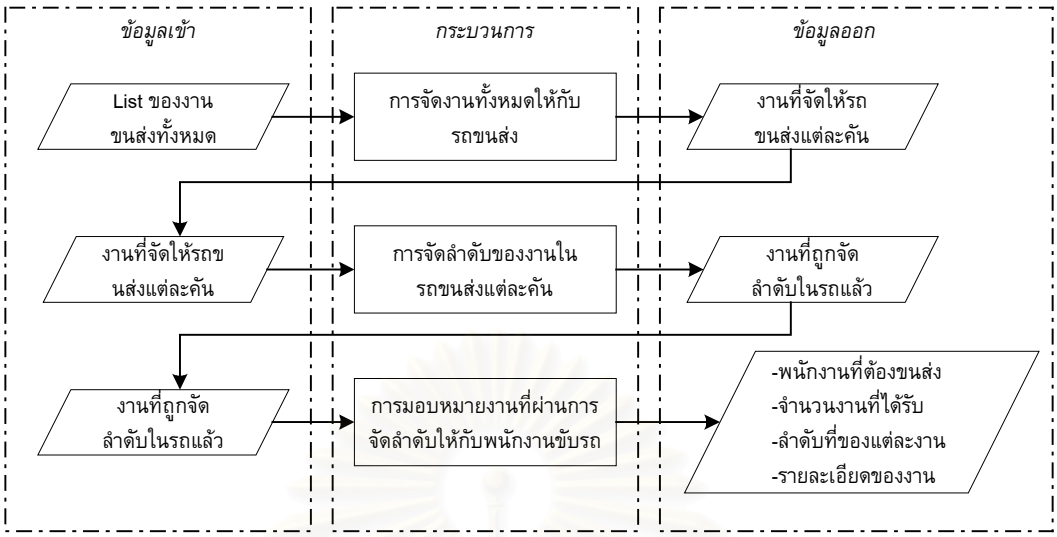
งานจัดตารางเวลาการเดินรถที่ผ่านมาส่วนใหญ่แล้ว เป็นงานประเภทที่ไม่สามารถระบุเวลาการปฏิบัติงานได้อย่างชัดเจน (Dynamic Job Shop Model) ซึ่งงานแต่งานจะเข้าสู่เครื่องจักรแบบสุ่มตลอดเวลา (Random) ทำให้เกิดลักษณะของงานเป็นแบบโครงข่ายของแถวคอย (Network of Queue) ทำให้เกิดความซับซ้อนในระบบมากขึ้น การวิเคราะห์การจัดตารางเวลาด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์จึงได้เข้ามามีบทบาทมากขึ้น (Baker, 1974)

การออกแบบจำลองให้สอดคล้องกับปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นส่วนสำคัญ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกวิธีการหาคำตอบการจัดตารางเวลาด้วยวิธีฮิวริสติกค์ (Heuristics) ที่มีการพิจารณาลักษณะของงานที่เป็นแบบโครงข่ายของแถวคอยด้วยโดยการสร้างแบบจำลองการเกิดแถวคอย (Simulation Model) เพื่อที่จะสามารถวิเคราะห์ปัญหาได้สอดคล้องปัญหาที่เกิดได้มากขึ้น

การพัฒนาแบบจำลองการจัดตารางเวลาการเดินรถของหน่วยงานตัวอย่างได้ทำการจำลองกระบวนการทำงานออกเป็น 3 กระบวนการหลัก คือ

1. การจัดงานทั้งหมดให้กับรถขนส่ง เพื่อให้เกิดอรรถประโยชน์สูงสุด (Truck Utilization)
2. การจัดลำดับที่ของงานในรถขนส่งที่ผ่านกระบวนการจัดงานทั้งหมดเพื่อทำการลดเวลาที่ใช้ในกระบวนการเติมน้ำมันให้น้อยที่สุด
3. การมอบหมายงานที่ผ่านการจัดลำดับที่ของงานให้กับพนักงานขับรถ

โดยกระบวนการทำงานต่างๆ ของแบบจำลองแสดงเป็นแผนผังในรูปที่ 4-1 การทำงานเริ่มจากการนำ List ของงานขนส่งในแต่ละวันทั้งหมด มาจัดให้กับรถขนส่งซึ่งจำกัดจำนวนงานจากจำนวนชั่วโมงทำงานต้องไม่เกิน 8 ชั่วโมง หรือ 480 นาที ซึ่งไม่นับรวมเวลาที่ใช้ในการเติมน้ำมันในรอบแรกที่เวลา 20.00 –22.00 น. ผลที่ได้จากกระบวนการนี้คือ งานในรถขนส่งแต่ละคัน และจำนวนรถขนส่งที่จะต้องใช้ หลังจากนั้นนำงานในรถขนส่งที่แต่ละคันได้รับมาผ่านกระบวนการจัดลำดับที่ของงาน เพื่อให้รถกลับมาจากการขนส่งให้ลูกค้าในเวลาใดๆ พร้อมกันให้น้อยที่สุด เมื่อสิ้นสุดกระบวนการนี้แล้วก็จะเป็นการมอบหมายงานที่ผ่านการจัดให้รถขนส่ง และลำดับที่การส่งให้กับพนักงานขับรถเพื่อรับงานไปปฏิบัติในแต่ละวัน



รูปที่ 4-1 แผนผังแสดงกระบวนการทำงานทั้งหมดของแบบจำลอง

4.1 การจัดงานทั้งหมดให้กับรถขนส่ง

การพัฒนากระบวนการจัดงานทั้งหมดให้กับรถขนส่งมีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มอรรถประโยชน์ในการใช้รถขนส่งให้มากที่สุด หลักการพื้นฐานมีดังนี้

- อรรถประโยชน์ของรถสามารถที่จะบอกได้ด้วยเวลาทั้งหมดที่รถจอดนิ่งเฉยๆ (Idling Time) โดยไม่มีการวิ่ง ในช่วงเวลาการทำงาน
- การจัดงานให้กับรถขนส่งแต่ละคันจะต้องไม่เกินชั่วโมงทำงานที่รถวิ่งได้ คือ 8 ชั่วโมง เพราะเนื่องจากข้อจำกัดการห้ามรถบรรทุกเข้าเมือง

4.1.1 เทคนิคในการหาคำตอบ

เทคนิคในการหาคำตอบได้นำวิธีการสลับที่ของงานมาใช้ (Permutation) (Baker, 1974) ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถแสดงประสิทธิภาพในการหาคำตอบ ไม่ยุ่งยากซับซ้อน และยังให้เวลาในการแสดงผลที่ค่อนข้างรวดเร็ว โดยในการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดได้พัฒนาวิธีฮิวริสติกส์ (Heuristics) ที่มีการปรับปรุงโครงสร้างด้วยวิธีทาบู (Tabu Search) มาใช้ (Breedom, 1994) ในการพัฒนาเทคนิคจำเป็นต้องมีการกำหนดโครงสร้างของวิธีสลับที่ของงานดังนี้

1. กำหนด List งานเริ่มต้น

2. การสลับที่โครงสร้างภายใน (Internal Interchange) เป็นการกำหนดรูปแบบในการสลับที่ของงานภายใน ในปัจจุบันวิธีที่นิยมใช้ มีอยู่ 2 รูปแบบคือ Swap Interchange และ Insertion Interchange

   - Swap Interchange เป็นการย้ายโครงสร้างโดยการเปลี่ยนลำดับระหว่าง 2 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งที่ n และตำแหน่งที่ k ส่วนขนาดของ List จะเท่ากับ n(n-1)/2 โดยที่ n คือ ขนาดของ List ดังแสดงในตัวอย่าง

List ของงานเริ่มต้น : { 1, 2, 3, 4, 5, 6}
ลำดับงาน n = 1 : { (2), (1), 3, 4, 5, 6}, { (3), 2, (1), 4, 5, 6},
{ (4), 2, 3, (1), 5, 6}, { (5), 2, 3, 4, (1), 6},
{ (6), 2, 3, 4, 5, (1)}
n = 2 : { 1, (3), (2), 4, 5, 6}, { 1, (4), 3, (2), 5, 6},
{ 1, (5), 3, 4, (2), 6}, { 1, (6), 3, 4, 5, (2)}
n = 3 : { 1, 2, (4), (3), 5, 6}, { 1, 2, (5), 4, (3), 6},
{ 1, 2, (6), 4, 5, (3)}
n = 4 : { 1, 2, 3, (5), (4), 6}, { 1, 2, 3, (6), 5, (4)}
n = 5 : { 1, 2, 3, 4, (6), (5)}

โดย n คือ การสลับที่งานลำดับที่ n กับงานลำดับอื่น และจำนวนงานที่เป็นไปได้ทั้งหมดเท่ากับ 6(6-1)/2 เท่ากับ 15

   - Insertion Interchange เป็นการนำเอาค่าในตำแหน่งที่ n ไปใส่ในตำแหน่งที่ k การย้ายถูกกำหนดโดย n และ k และขนาดของ List จะเท่ากับ $(n-1)^2$ ดังแสดงในตัวอย่าง

List ของงานเริ่มต้น : { 1, 2, 3, 4, 5, 6}
ลำดับที่งาน n = 1 : { 2, (1), 3, 4, 5, 6}, { 2, 3, (1), 4, 5, 6},
{ 2, 3, 4, (1), 5, 6}, { 2, 3, 4, 5, (1), 6},
{ 2, 3, 4, 5, 6, (1)}

i = 2 : { 1, 3, (2), 4, 5, 6}, { 1, 3, 4, (2), 5, 6},
{ 1, 3, 4, 5, (2), 6}, { 1, 3, 4, 5, 6, (2)}
i = 3 : { (3), 1, 2, 4, 5, 6}, { 1, 2, 4, (3), 5, 6},
{ 1, 2, 4, 5, (3), 6}, { 1, 2, 4, 5, 6, (3)}
i = 4 : { (4), 1, 2, 3, 5, 6}, { 1, (4), 2, 3, 5, 6},
{ 1, 2, 3, 5, (4), 6}, { 1, 2, 3, 5, 6, (4)}
i = 5 : { (5), 1, 2, 3, 4, 6}, { 1, (5), 2, 3, 4, 6},
{ 1, 2, (5), 3, 4, 6}, { 1, 2, 3, 4, 6, (5)}
i = 6 : { (6), 1, 2, 3, 4, 6}, { 1, (6), 2, 3, 4, 5},
{ 1, 2, (6), 3, 4, 5}, { 1, 2, 3, (6), 4, 5}

โดย n คือ การสลับที่งานลำดับที่ n กับงานลำดับอื่น และจำนวนงานที่เป็นไปได้ทั้งหมดเท่ากับ $(6-1)^2$ เท่ากับ 25

Koylu (2000) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการสลับที่โครงสร้างภายในด้วยวิธี Swap Interchange กับวิธี Insertion Interchange ได้พบว่าการสลับที่ในโครงสร้างด้วยวิธี Insertion Interchange ให้คำตอบที่มีประสิทธิภาพมากกว่า และการวิจัยครั้งนี้ได้นำวิธีนี้มาใช้

3. Aspiration List เป็นการสร้าง List ที่ให้คำตอบที่ดีที่สุดในการทำการสลับที่ของงานในแต่ละรอบ วิธีการนี้เป็นการหลีกเลี่ยงปัญหาการเกิดการวนกลับของคำตอบที่ดีที่สุด (Local Optimal Search) ซึ่งหลังจากที่ทำการหาค่าตอบที่สุดในแต่ละรอบก็จะนำเข้ามาเปรียบเทียบกับค่า Aspiration Criteria ถ้าหากคำตอบที่ได้ให้ค่าที่ดีกว่า Aspiration Criteria แล้วก็จะเก็บ List ที่ได้แทนใน Aspiration List และกำหนดเป็น List เริ่มต้นในรอบต่อไป

4. จำนวนรอบให้การหาค่าคำตอบ (Iteration) เป็นการป้องกันการวนของการหาค่าคำตอบ โดยการหยุดการหาค่าคำตอบเมื่อถึงจำนวนรอบที่กำหนด งานวิจัยที่ผ่านมายังไม่มีการสรุปที่แน่นอนว่าจำนวนรอบที่เหมาะสมให้การหาค่าคำตอบควรจะเป็นเท่าไร เนื่องจากอาจเกิดมีการวนของค่าคำตอบที่สุดได้ จากงาน

วิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดเรื่องเวลาในการวิเคราะห์ผลการจัดตารางเวลาการเดินรถ ที่มีเพียง 2 ชั่วโมงในแต่ละวัน ไม่สามารถกำหนดจำนวนรอบการหาค่าคำตอบให้มีค่าสูงๆ ได้ จึงได้กำหนดไว้ที่ 3 รอบ

4.1.2 ลำดับขั้นตอนในการทำงาน

ในส่วนนี้จะเป็นการแสดงขั้นตอนการทำงานของกระบวนการจัดงานทั้งหมดให้กับรถขนส่ง ดังนี้

1.ข้อมูลที่ใช้ในกระบวนการจัดงานทั้งหมดให้รถขนส่ง ได้แก่

- รหัสลูกค้า (Customer Code) เป็นการกำหนดรหัสของงานจัดส่งที่จะต้องทำการส่งให้วันนั้นๆ ซึ่งรหัสลูกค้านี้ได้กำหนดจากหน่วยงานตัวอย่าง
- เวลาในกระบวนการเติมน้ำมันทั้งหมด (Processing Time) กำหนดเป็นตัวแปรแบบไม่หยุดนิ่ง (Dynamic Variable) คือเป็นการกำหนดค่าเริ่มต้นการเข้าสู่กระบวนการ และทำการพัฒนาค่าเรื่อยๆ เพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้องมากที่สุด
- เวลาที่ใช้ในการขนส่งทั้งหมด (Delivery Time) ได้จากการหาฐานข้อมูลของรหัสลูกค้าแต่ละราย
- ช่วงเวลาในการทำงาน (Time Window) ในปฏิบัติงานสามารถทำได้ในช่วง 8 ชั่วโมง ซึ่งไม่นับรวมเวลาที่ใช้ในการเติมน้ำมันในเที่ยวแรกที่ช่วงเวลา 20.00 – 22.00 น.

2. กระบวนการในการทำงาน ดังนี้

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> กำหนด List เริ่มต้น ประกอบด้วยตัวแปร 3 ตัว คือ รหัสของลูกค้า เวลาที่ใช้ในขั้นตอนการเติมน้ำมันทั้งหมด และ เวลาที่ใช้ในการขนส่งทั้ง

หมด ขนาดของ List แทนด้วยจำนวนงานทั้งหมด ซึ่งได้กำหนดเป็น Order รูปที่ 4-2 แสดงตัวอย่างของ List เริ่มต้น พร้อมทั้งกำหนดเวลาที่ใช้ในขั้นตอนการเติมน้ำมันทั้งหมดเริ่มแรกที่ 30 นาที

รหัสลูกค้า	Processing Time	Delivery Time
131600512	30	105
45688415	30	60
132600125	30	75
.	.	.
.	.	.

รูปที่ 4-2 ตัวอย่างของ List เริ่มต้นในกระบวนการจัดงานทั้งหมดให้รถขนส่ง

<u>ขั้นตอนที่ 2</u> การสลับที่ของงาน (Permutation) ในขั้นตอนนี้กระบวนการดังนี้

- การกำหนด Criteria ของการเลือกค่าคำตอบที่ดีที่สุดด้วยค่าเวลารวมทั้งหมดที่รถขนส่งทุกคันจอดนิ่งเฉยๆ (Idling Time)

- นำ List เริ่มต้น มาหาค่า Idling time โดยการมอบหมาย List เข้ากับรถขนส่งที่ถูกสร้างขึ้นในแบบจำลอง ซึ่งการจัดเรียงตามลำดับใน List เข้ากับรถแต่ละคน โดยรถที่ได้รับงานจะต้องไม่เกินช่วงเวลาที่กำหนด 8 ชั่วโมง

$$Total_Idling_Time = \sum_{n=1}^{order} TimeWindow - Total_Working_Time_n \quad \text{.....(4-1)}$$

- ทำการสลับที่โครงสร้างภายในของ List ด้วยวิธี Insertion Interchange คอมพิวเตอร์จะกำหนดค่า i และ j ให้เป็นตำแหน่งของ List ที่ 1 และตำแหน่งของ List ที่ 2

ตั้งแต่ i = 1 ถึง order – 1
ตั้งแต่ j = i + 1 ถึง order
$List_i$ <-> $List_j$

เมื่อกำหนดให้ <-> แทนการสลับที่ของตำแหน่ง

หลังจากที่ได้ทำการสลับที่โครงสร้างภายในแต่ละขั้น ก็จะทำการหาค่า Idling Time เช่นเดียวกัน เปรียบเทียบค่า Idling Time ก่อนที่จะมีการสลับที่โครงสร้างภายใน กับหลังจากที่มีการสลับที่แล้ว ถ้าหลังจากที่มีการสลับที่แล้วมีค่าคำตอบที่ดีกว่า ก็จะเปลี่ยน List เริ่มต้นให้เป็น List ที่ได้รับการสลับที่แล้ว

- เมื่อทำการสลับที่โครงสร้างภายในครบ 1 รอบ ก็จะทำการหาค่า Aspiration List และ Aspiration Criteria
- ใส่ List จาก Aspiration List ลงใน List เริ่มต้นแล้วทำการ Permutation จนกระทั่งจำนวนรอบเท่ากับ iteration ที่กำหนดไว้ คือ 3 รอบ แล้วจึงทำการเลือก List ใน Aspiration List ให้เป็นค่าคำตอบที่ดีที่สุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนที่ 3 ตรวจสอบค่า Processing time ที่ได้กำหนดเริ่มต้นในการเข้ากระบวนการว่าถูกต้องหรือไม่ โดยการใช้แบบจำลองการเกิดแถวคอยที่ช่องจ่ายน้ำมัน (รายละเอียดกล่าวในหัวข้อต่อไป)

ซึ่งถ้ามีการตรวจสอบพบว่า Processing $Time_k$ ของรถขนส่งใดๆ มีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากแบบจำลอง (Simulation Processing $Time_k$) ก็จะทำการกำหนดค่า Processing time ใหม่จากค่าที่ได้จากกระบวนการนี้ แล้วเริ่มทำตามขั้นตอนการมอบหมายงานให้กับรถขนส่งตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 ใหม่อีกครั้ง ตามลำดับ

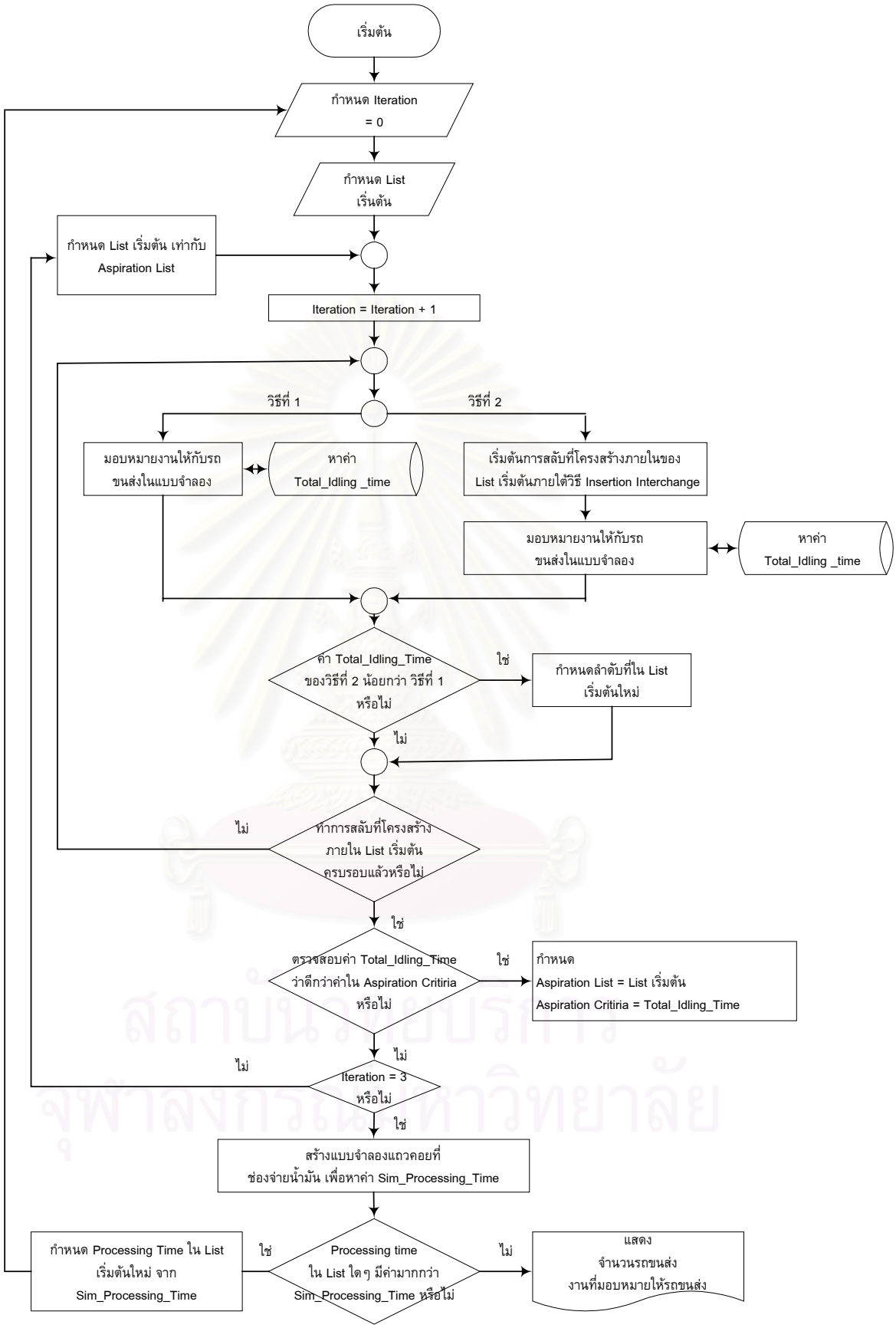
3. ผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการจัดงานทั้งหมดให้รถขนส่ง

หลังจากที่ได้ทำตามขั้นตอนต่างๆ จนกระทั่งการตรวจสอบค่าเวลาที่ใช้ในการเติมน้ำมันทั้งหมดที่ตั้งค่าไว้เริ่มต้นขั้นตอน ให้ผลที่สอดคล้องกับผลที่ได้จากแบบจำลองการเกิดแถวคอยที่ช่องจ่ายน้ำมัน จะทำการแสดงผลลัพธ์ที่ได้ ซึ่งประกอบด้วย

- จำนวนรถขนส่งที่จะต้องใช้ในวันนั้นๆ ซึ่งได้กำหนดเป็นรหัสเบื้องต้นของรถขนส่งแต่ละคันเป็นตัวเลขตั้งแต่ 0, 1, 2, 3, …, k เมื่อกำหนดให้ k คือจำนวนรถขนส่งที่จะต้องใช้

- งานที่ได้รับการแบ่งตามรถขนส่งแต่ละคัน

แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของกระบวนการจัดงานทั้งหมดให้กับรถขนส่ง แสดงในรูปที่ 4-3



รูปที่ 4-3 แผนผังขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองการมอบหมายงานให้กับรถขนส่ง

4.2 การจัดลำดับของงานในรถขนส่งที่ผ่านกระบวนการจัดงานให้รถขนส่ง

กระบวนการนี้มีจุดประสงค์เพื่อที่จะลดเวลาที่ใช้ในขั้นตอนการเติมน้ำมันให้น้อยที่สุด ซึ่งรวมทั้งเวลาที่ใช้แถวคอย และเวลาที่ใช้ในช่องจ่ายน้ำมัน หลักการพื้นฐานของกระบวนการมีดังนี้

- การลดเวลาที่ใช้ในแถวคอยสามารถทำได้โดยการจัดลำดับงานขนส่งให้กับรถแต่ละคัน โดยให้รถมีการทำงานที่ช่องเติมน้ำมันในช่วงเวลาเดียวกันให้น้อยที่สุด

- การจัดลำดับที่ของงานในส่วนนี้จะเป็นการจัดลำดับภายในของรถแต่ละคัน จะไม่มีการสลับงานระหว่างคัน

4.2.1 เทคนิคในการหาคำตอบ

เทคนิคในการหาคำตอบได้นำวิธีการสลับที่ของงานมาใช้ (Permutation) โดยพัฒนาการค้นหาคำตอบด้วยวิธีทาบู (Tabu search) มาใช้เช่นเดียวกับในกระบวนการจัดงานทั้งหมดให้รถขนส่ง แต่ลักษณะของปัญหาจะเปลี่ยนไปเป็นการสลับที่ของงานภายในรถแต่ละคัน ทำให้โครงสร้างของวิธีการจะเปลี่ยนไปจากเดิมเล็กน้อย โดย List เริ่มต้น ของการสลับที่ของงาน จะประกอบด้วย List ต่างๆ ตามจำนวนรถขนส่งที่จะต้องใช้ในผลลัพธ์ที่ได้ในแบบจำลองการมอบหมายของงาน ซึ่งจะแตกต่างจากแบบจำลองการมอบหมายงานให้กับรถขนส่ง เนื่องจาก List เริ่มต้นจะเป็นงานขนส่งทั้งหมด และมีเพียง List เดียว ส่วนโครงสร้างอื่นๆ ยังคงเป็นรูปแบบเดิม

4.2.2 ลำดับขั้นตอนในการทำงาน

กระบวนการนี้ได้แบ่งออกเป็นส่วนๆ ได้ดังนี้

1. ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองการจัดลำดับของงาน ประกอบด้วย

   - งานขนส่งในรถแต่ละคันที่ผ่านกระบวนการจัดงานทั้งหมดให้รถขนส่งเรียบร้อยแล้ว โดยลักษณะของงานแต่ละงานจะประกอบด้วย รหัสลูกค้า เวลาที่ใช้ในการขนส่งทั้งหมด รหัสรถขนส่ง และ ลำดับที่ของการส่ง)

งานลำดับที่ n = (Customer code, Delivery time, Truck code, Trip code)

- จำนวนรถขนส่งที่ใช้ในแบบจำลอง (K)

2. กระบวนการในการทำงาน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนด List เริ่มต้น เป็นงานในรถขนส่งที่ผ่านการจัดงานเรียบร้อยแล้ว แต่ละ List จะประกอบด้วยตัวแปร 3 ตัว คือ รหัสของลูกค้า เวลาที่ใช้ในการขนส่งทั้งหมด และ ลำดับของการส่ง ส่วนขนาดของ List จะแทนด้วยจำนวนงานที่รถแต่ละคันได้รับ รูปที่ 4-4 แสดงตัวอย่าง List เริ่มต้น

List(1)

รหัสลูกค้า	Delivery time	Trip
131001552	80	1
131015351	85	2
133025133	50	3
-	-	-
-	-	-

List(2)

รหัสลูกค้า	Delivery time	Trip
131005283	105	1
45625252	55	2
132525243	70	3
133252152	50	4
-	-	-

. . .

List(k)

รหัสลูกค้า	Delivery time	Trip
132222352	80	1
131024585	85	2
133525823	50	3
-	-	-
-	-	-

รูปที่ 4-4 ตัวอย่างของ List เริ่มต้นในแบบจำลองการจัดลำดับของงาน

ขั้นตอนที่ 2 กำหนด List(k) อันดับที่ k = 1 เตรียมเข้าสู่กระบวนการสลับที่ของงาน

ขั้นตอนที่ 3 การสลับที่ของงาน (Permutation) มีกระบวนการดังนี้

- การกำหนด Criteria ของการเลือกค่าคำตอบที่ดีที่สุดด้วยค่ารวมของเวลาที่ใช้ในการเติมน้ำมันที่ช่องจ่ายน้ำมันทั้งหมด (Processing Time) ของรถขนส่งทุกคันให้น้อยที่สุด ซึ่งเวลานี้รวมทั้งเวลาที่ใช้ในแถวคอย เวลาที่ใช้ในการเติมน้ำมัน และเวลาที่ใช้การทำงานเอกสารและตรวจสอบทั้งหมด

- นำ List เริ่มต้นมาหาค่าผลรวมของ Processing Time ของรถขนส่งทุกคัน

- ทำการสลับที่โครงสร้างภายในของ List อันดับที่ k ด้วยวิธี Insertion Interchange คอมพิวเตอร์จะทำการให้ค่า i, j เป็นตำแหน่งภายใน List ที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ตั้งแต่ i = 1 ถึง Trip –1
ตั้งแต่ j = i + 1 ถึง Tirp
$List(k)_i$ <-> $List(k)_j$

เมื่อกำหนดให้ <-> แทนการสลับที่ของตำแหน่ง

ทำการสลับที่ของโครงสร้างภายใน เมื่อโครงสร้างภายในที่ทำการสลับที่แล้วให้ค่าผลรวม Processing Time ของรถทุกคันที่น้อยที่สุด

- เลือกค่าคำตอบที่ดีที่สุด จากโครงสร้างการสลับที่ภายในที่ให้ค่า Processing Time ของรถทุกคันที่น้อยที่สุดในแต่ละ Iteration ทำการเปรียบเทียบค่ากับ Aspiration Criteria ถ้าค่าคำตอบที่ดีที่สุดแต่ละรอบให้ค่าที่ดีกว่า ทำการใส่ค่า List ที่ให้ค่าคำตอบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ดีที่สุดกับ Aspiration List และทำการหาค่าคำตอบจนทั่งจำนวนรอบเท่า Iteration

<u>ขั้นตอนที่ 4</u> เพิ่มค่าอันดับที่ของ k และเข้าสู่กระบวนการที่ 3 อีกครั้ง จนกระทั้ง k = K เมื่อกำหนดให้ K คือ จำนวน List ทั้งหมด

3. ผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการจัดลำดับที่ของงานในรถขนส่ง

ผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการนี้จะเป็นการแสดงลักษณะของงานแต่ละงานที่ได้รับ ประกอบด้วย

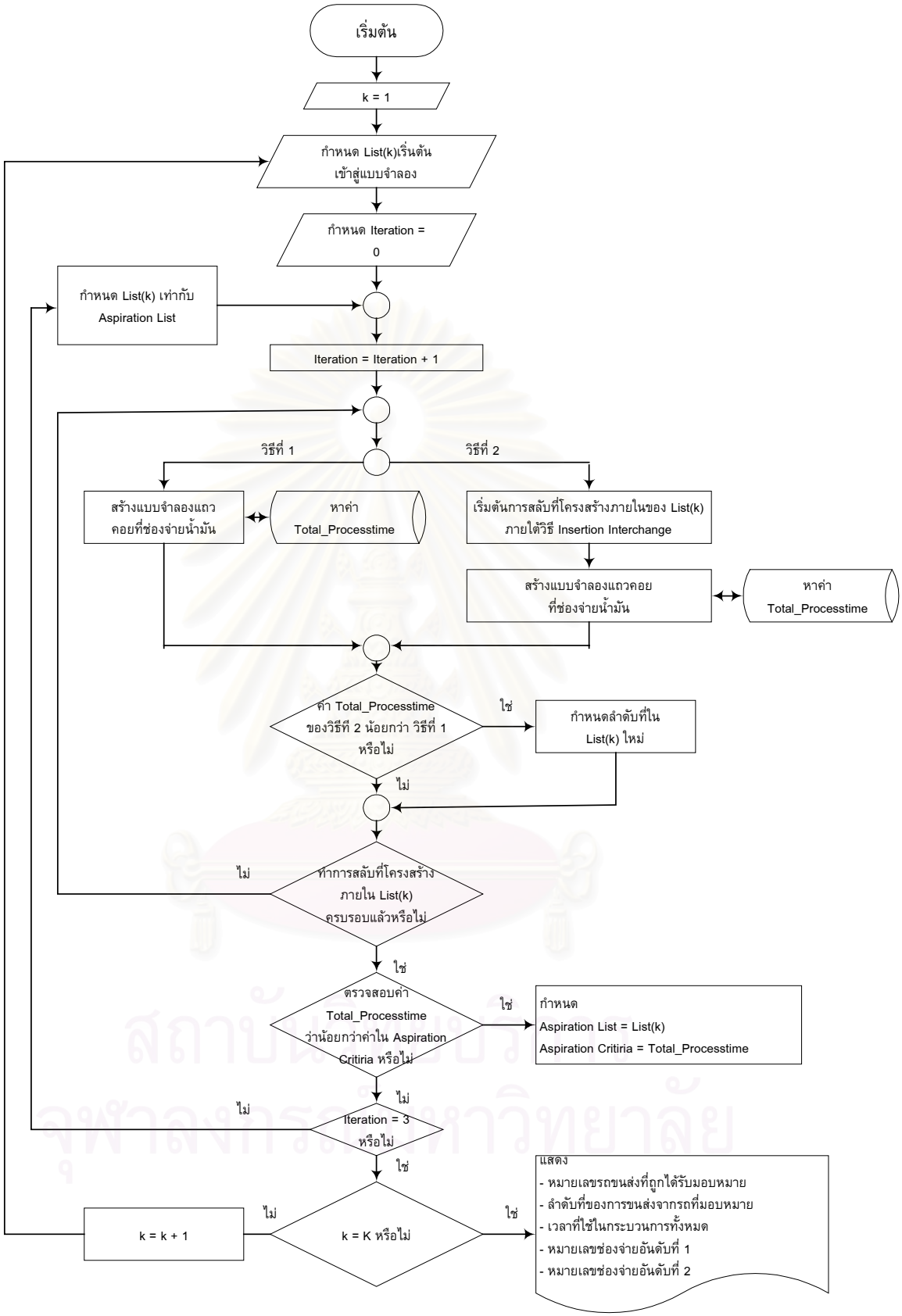
- หมายเลขรถขนส่งที่ถูกได้รับมอบหมาย
- ผลิตภัณฑ์ที่จะต้องเข้าเติมที่ช่องจ่ายน้ำมัน
- ลำดับที่ของการขนส่งจากรถที่ได้รับมอบหมาย
- เวลาที่ใช้ในกระบวนการทั้งหมด
- หมายเลขช่องจ่ายอันดับที่ 1
- หมายเลขช่องจ่ายอันดับที่ 2

แผนผังแสดงขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการลำดับที่ของงานในรถขนส่งที่ผ่านกระบวนการจัดงานแล้ว แสดงในรูปที่ 4- 5

4.3 กระบวนการมอบหมายงานที่ผ่านการจัดลำดับที่ของงานให้กับพนักงานขับรถ

การพัฒนาแบบจำลองในส่วนนี้พัฒนาจากปัญหาของความไม่ยุติธรรมในการได้รับรายได้ของพนักงานขับรถในแต่ละคัน เนื่องจากพนักงานขับรถจะได้รับรายได้จากจำนวนงานที่ได้รับ และในปัจจุบันหน่วยงานตัวอย่างยังมีปัญหาในการมอบหมายงานให้กับพนักงานขับรถในระดับที่เท่าๆ กัน ทำให้ระดับของรายได้มีความแตกต่างกัน

หลักการพื้นฐานในการพัฒนาแบบจำลองคือการมอบหมายให้พนักงานขนส่งได้รับงานต่อเดือนในจำนวนเท่าๆ กัน เพื่อเป็นการแก้ปัญหาในการที่เจ้าหน้าที่จัดส่งไม่สามารถที่จะกระจายงานในแต่ละวันให้กับพนักงานขนส่งในจำนวนที่เท่าๆ กันได้



รูปที่ 4-5 แผนผังขั้นตอนต่างๆ ของแบบจำลองการลำดับที่ของงานให้กับรถขนส่งที่ได้รับมอบหมายแล้ว

4.3.1 เทคนิคในการหาคำตอบ

เทคนิคที่ใช้ในกระบวนการมอบหมายให้พนักงานขับรถ เพื่อทำการหาคำตอบที่ดีที่สุด ได้ประยุกต์วิธีฮิวลิสติกส์ โดยการสร้างกฎการให้ลำดับความสำคัญของงานด้วยแบบ LPT (Longest Processing Time) (Baker, 1974 ; Kulkarni, 1995) ซึ่งหมายถึงการจัดเพื่อลดจำนวนงานที่ควรมอบหมายให้พนักงานขับรถที่ได้งานมากที่สุด

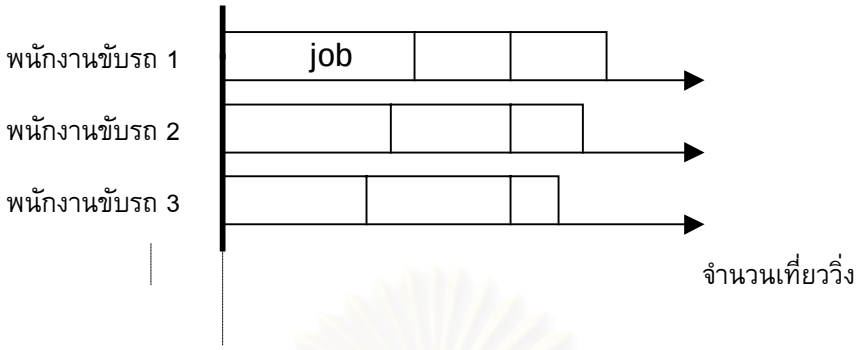
การจำลองปัญหามีการกำหนดตัวแปรต่างๆ โดย

- เครื่องจักร แทนด้วย พนักงานขับรถแต่ละคน
- เวลาในการทำงาน 1 งาน แทนด้วย จำนวนเที่ยววิ่งของงานขนส่งที่พนักงานขับรถจะได้รับในแต่ละวัน
- เวลาสิ้นสุดของงาน แทนด้วย จำนวนเที่ยววิ่งทั้งหมดที่พนักงานขับรถได้รับใน 1 เดือน

ลักษณะของปัญหาในกระบวนการนี้สามารถนำวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีฮิวลิสติกส์แบบ LPT (Longest Processing Time) เนื่องจาก

- เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการที่มอบหมายงานให้กับพนักงานขับรถ โดยที่จำนวนงานที่พนักงานขับรถแต่ละคนได้รับใกล้เคียงกันมากที่สุด
- สามารถที่จะจัดตารางเวลาให้กับงานที่มีลักษณะการเข้ามาของงานแบบเป็นชุดของงาน ซึ่งมีเวลาในการเข้ามาของงานต่างๆ กันได้ เช่น วันที่ 1 มีงาน 10 งาน, วันที่สอง มี 15 งาน, วันที่ 3 มี 8 งาน เป็นต้น

การแสดงลักษณะการจำลองปัญหาภายใต้วิธีฮิวลิสติกส์แบบ LPT แสดงในรูปที่ 4-6



รูปที่ 4-6 แสดงการจำลองปัญหาภายใต้วิธีฮิวริสติกส์แบบ LPT

4.3.2 ลำดับขั้นตอนในการทำงาน

การพัฒนากระบวนการในส่วนนี้แบ่งออกเป็นส่วนๆ ได้ดังนี้

1. ข้อมูลที่ใช้ในกระบวนการ ประกอบด้วย

- จำนวนรถขนส่งที่ใช้ในแบบจำลอง (K)

- List ของจำนวนเที่ยววิ่งที่ได้รับมอบหมายในแต่ละรถขนส่งในแบบจำลอง

  กำหนด $\{Trip_1, Trip_2, Trip_3, \ldots, Trip_K\}$
  แทน List ของจำนวนงานที่ได้รับมอบหมายในรถขนส่งคันที่ 1, 2, 3, … K

- List ของรหัสพนักงานและจำนวนเที่ยววิ่งที่พนักงานแต่ละคนเคยได้รับมาแล้ว

  กำหนด $\{SumTrip_1, SumkTrip_2, SumTrip_3, \ldots, SumTrip_D\}$ แทน List ของจำนวนเที่ยววิ่งทั้งหมดที่พนักงานหมายเลขรหัส 1, 2 , 3, …, D เคยได้รับมาแล้ว และ D แทนจำนวนพนักงานขับรถทั้งหมด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. กระบวนการในการทำงาน มีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สร้าง List ของจำนวนเที่ยววิ่งที่ได้รับมอบหมายในแต่ละรถขนส่งในแบบจำลอง โดยมีการให้ลำดับความสำคัญ (Priority) ตามจำนวนเที่ยววิ่งในแต่ละงาน จากมากไปน้อย

ขั้นตอนที่ 2 นำพนักงานที่ไม่สามารถปฏิบัติงานในวันนั้นๆ ออกจากระบบ พร้อมทั้งสร้าง List ของรหัสพนักงานและจำนวนเที่ยววิ่งที่พนักงานแต่ละคนเคยได้รับมาแล้วใหม่อีกครั้ง

ขั้นตอนที่ 3 ทำการจัด List ของจำนวนงานที่ได้รับการจัดให้กับรถขนส่งแต่ละคัน ให้กับพนักงานขับรถ ตามกระบวนการดังนี้

- กำหนดลำดับที่ของ List จำนวนเที่ยววิ่งที่ได้รับการจัดให้กับรถขนส่งแต่ละคันเข้าสู่ระบบ
- มอบหมายงานที่เข้าสู่ระบบ ให้กับ List ของพนักงงานขับรถที่มีจำนวนเที่ยววิ่งที่ได้เคยได้รับมอบหมายแล้วที่น้อยที่สุด
- สร้าง List ของพนักงงานขับรถที่มีจำนวนเที่ยววิ่งที่ได้เคยได้รับมอบหมายใหม่อีกครั้งหลังจากที่มีการมอบหมายงานใหม่เข้าสู่ระบบเรียบร้อยแล้ว พร้อมทั้งกำหนดสถานะของพนักงานที่ได้รับมอบหมายให้เป็น “Work”
- นำงานใน List จำนวนเที่ยววิ่งที่ได้รับมอบหมายในลำดับต่อมาเข้าสู่ระบบ และทำการมอบหมายให้กับพนักงานขับรถตามขั้นตอน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อีกครั้ง จนกระทั่ง จำนวนลำดับใน List เท่ากับ K เมื่อ K แทนจำนวนรถขนส่ง

3. ผลลัพธ์

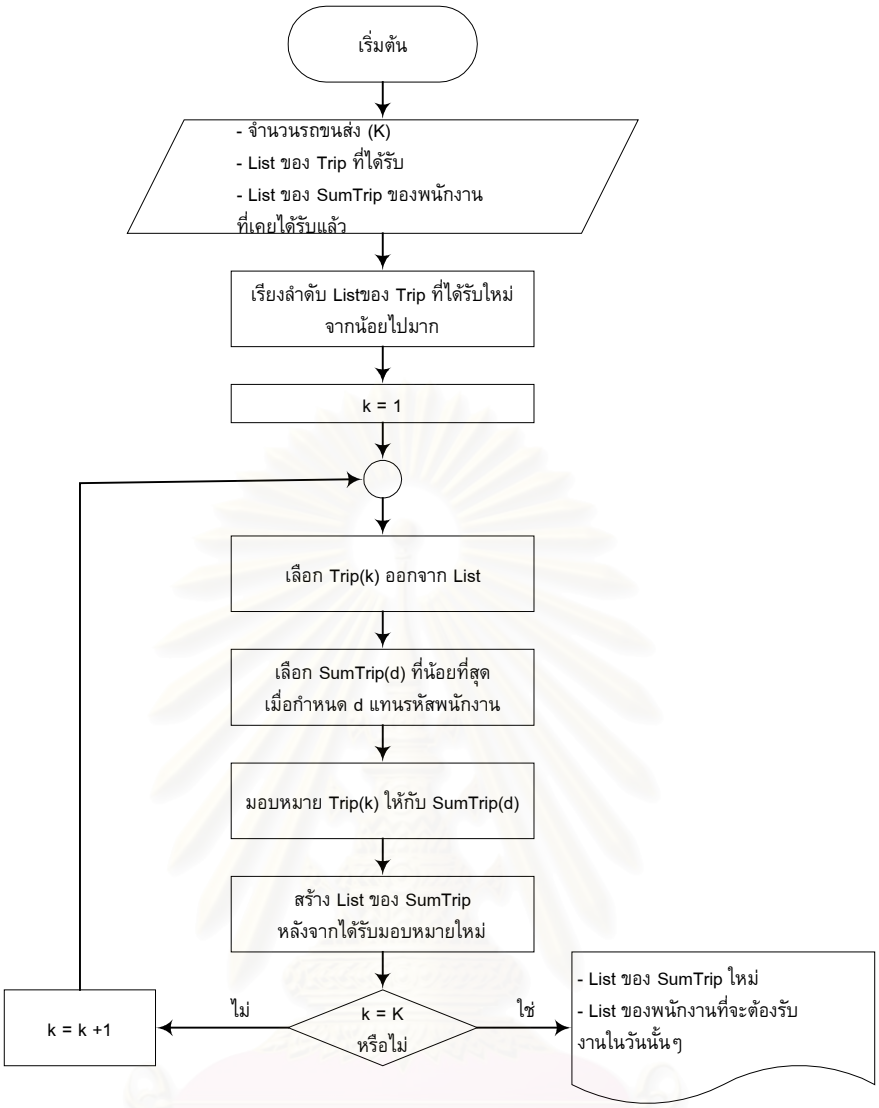
ผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการมอบหมายงานที่ผ่านการจัดลำดับที่ของงานให้กับพนักงานขับรถ ประกอบด้วย

- List ของพนักงานขับรถที่จะต้องมารับงานขนส่งในวันนั้นๆ พร้อมทั้งงานที่จะต้องส่ง
- List ของรหัสพนักงานและจำนวนเที่ยววิ่งที่พนักงานทุกคนได้รับ หลังจากที่มีการมอบหมายงานในวันนั้นๆ แล้ว

แผนผังแสดงขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการมอบหมายงานที่ผ่านการจัดลำดับที่ให้กับพนักงานขับรถ แสดงในรูปที่ 4-7

4.4 การสร้างแบบจำลองแถวคอยการเติมน้ำมันที่ช่องจ่ายน้ำมัน

จากลักษณะของปัญหาที่มีการเข้ามารับบริการของรถของลูกค้าขายส่งที่มีความไม่แน่นอน ทั้งเวลาในการมารับบริการ และจำนวนของรถในแต่ละวัน ทำให้รถขนส่งประเภทนี้มีผลต่อเวลาที่ใช้ในแถวคอยที่ช่องจ่ายน้ำมันของรถขนส่งคันอื่นๆ นอกจากนั้นลักษณะของการปฏิบัติงานที่ช่องจ่ายน้ำมันยังเป็นโครงข่ายของแถวคอยด้วย (Network of Queue) ทำให้การประมาณเวลารถขนส่งแต่ละคันใช้ในแถวคอยค่อนข้างยาก ทำให้ต้องมีการพัฒนาแบบจำลองเพื่อที่จะหาเวลาที่ใช้ในแถวคอยด้วยแบบจำลองวิเคราะห์สถานการณ์ที่ช่องจ่ายน้ำมัน (Simulation at Gantry) เพื่อใช้ข้อมูลในการตัดสินใจของกระบวนการจัดงานทั้งหมดให้รถขนส่ง และกระบวนการจัดลำดับของงานในรถขนส่งที่ผ่านกระบวนการจัดงานเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 4-7 แผนผังขั้นตอนต่างๆ ของแบบจำลองการมอบหมายงานของรถขนส่ง
ในแบบจำลองให้กับรถขนส่ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.1 องค์ประกอบของแบบจำลอง

Carson และ Nelson (1996) รวมทั้ง Law และ Kelton (1991) ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบของแบบจำลองวิเคราะห์สถานการณ์ ซึ่งแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆ ที่สำคัญ ดังนี้

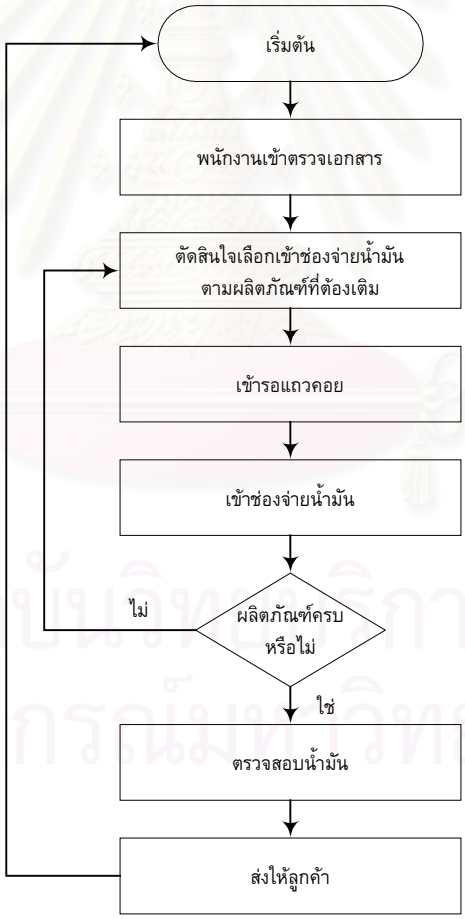
- ระบบ และ เหตุการณ์ในแบบจำลอง (System and Events)
- จุดให้บริการ (Facilities)
- ตัวแปร (Variables)

- การตั้งกฎเกณฑ์ของกระบวนการ (Operation Rules)
- การตัดสินใจ (Decision)
- การวัดผลที่ได้จากแบบจำลอง (Measures of Performance)

.

1. ระบบ และ เหตุการณ์ในแบบจำลอง

เป็นการจำลอง ระบบ และ เหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในการปฏิบัติงานของรถขนส่งประเภทต่างๆ ที่จะเข้าสู่กระบวนการเติมน้ำมันที่ช่องจ่ายน้ำมัน ซึ่งเริ่มตั้งแต่การตรวจสอบเอกสาร การเข้าสู่แถวคอย การเติมน้ำมัน จนกระทั่งการตรวจสอบน้ำมัน ก่อนที่จะไปส่งให้ลูกค้า เหตุการณ์ต่างๆ แสดงการจำลองในรูปที่ 4-8



รูปที่ 4-8 การจำลองเหตุการณ์ต่างๆ ในแบบจำลองแถวคอยที่ช่องจ่ายน้ำมัน

2. จุดให้บริการ

จุดที่เกิดให้บริการจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

- ส่วนการตรวจสอบเอกสารก่อนเข้าไปสู่กระบวนการเติมน้ำมัน
- ช่องจ่ายน้ำมัน ประกอบด้วยช่องจ่ายทั้งหมด 9 ช่อง มีลักษณะทางกายภาพอย่างที่กล่าวไว้ในบทที่ 3
- ส่วนการตรวจสอบน้ำมันก่อนที่จะส่งให้ลูกค้า

จุดบริการที่ทำให้เกิดแถวคอยจะมีในส่วนของช่องจ่ายน้ำมันเท่านั้น ในจุดบริการอื่นๆ จะไม่มีการรอ และแถวคอยใดๆ เกิดขึ้น ทำให้การสร้างแบบจำลองแถวคอยจะสร้างขึ้นเฉพาะที่ช่องจ่ายน้ำมันเท่านั้น

3. ตัวแปร

ได้แบ่งตัวแปรออกเป็น 3 ส่วน ตามลักษณะของการปฏิบัติงาน ดังนี้

- ข้อมูลที่เกิดการให้บริการ ประกอบด้วยเวลาในการทำกระบวนการต่างๆ ในการเติมน้ำมัน คือ เวลาที่ใช้ในการตรวจสอบเอกสาร เวลาที่ใช้ในแถวคอย เวลาที่ใช้ในการเติมน้ำมัน และเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบน้ำมันก่อนการขนส่ง

- ข้อมูลแสดงการมาของรถของหน่วยงาน ประกอบด้วยเวลาที่ใช้ในขั้นตอนการขนส่งน้ำมันให้กับลูกค้า คือ เวลาที่ใช้ในการเดินทางจากคลังน้ำมัน ไปยังจุดของลูกค้า เวลาที่ใช้ในการลงน้ำมัน และ เวลาที่ใช้ในการเดินทางกลับมายังคลังอีกครั้ง

- ข้อมูลแสดงการมารับบริการของลูกค้าขายส่ง เป็นส่วนที่มีความไม่แน่นอนของระบบ จะประกอบด้วย เวลาในการมารับบริการ และผลิตภัณฑ์ที่จะทำการสั่ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. การตั้งกฎเกณฑ์ของกระบวนการ

เป็นส่วนสำคัญในการที่จะจำลองปัญหาให้เป็นแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง ในการพัฒนาแบบจำลองแถวคอยนี้ ได้ตั้งกฎเกณฑ์ของกระบวนการต่าง ๆ ไว้ดังนี้

การปฏิบัติงาน

- งาน 1 งาน จะประกอบด้วยงานย่อย 3 งาน คือ การเติมน้ำมันเบนซิน 95, น้ำมันเบนซิน 91 และ น้ำมันดีเซล
- งาน 1 งาน จะสามารถเข้าเติมน้ำมันช่องใดก็ได้ และถ้าช่องจ่ายน้ำมันที่เข้าไม่สามารถให้การเติมน้ำมันได้ครบที่ต้องการ จะสามารถเข้าช่องน้ำมันช่องอื่นได้
- งาน 1 งาน จะสามารถเข้าช่องจ่ายน้ำมันได้สูงสุดเพียง 2 ช่องเท่านั้น

การให้บริการและแถวคอย

- ลักษณะของแถวคอยจะเป็นแบบ Multi-line Queue ซึ่งรถขนส่งจะเลือกเข้าแถวคอยตามช่องจ่ายน้ำมันที่ต้องการเข้าและไม่สามารถทำการเปลี่ยนแถวคอยได้
- แต่ละช่องจ่ายน้ำมันจะสามารถให้การเติมน้ำมันแต่ละชนิดได้แตกต่างกัน
- การเติมน้ำมันในช่องจ่ายน้ำมันแต่ละช่องจะไม่เกิดขึ้น ถ้าหากรถที่เติมน้ำมันอยู่ยังไม่เสร็จ
- สำหรับช่องจ่ายน้ำมันที่มีสามารถให้บริการเติมน้ำมันได้มากกว่า 1 ชนิด สามารถเติมน้ำมันพร้อมกันได้ ตัวอย่าง เช่น ถ้าช่องจ่ายน้ำมันสามารถให้บริการน้ำมัน 95 และ 91 และรถขนส่งต้องการน้ำมันทั้งสองชนิด ช่องจ่ายสามารถเติมน้ำมัน 95 และ 91 ได้ในเวลาเดียวกัน

การกำหนดเวลาของแบบจำลอง

- เวลาจะกำหนดหน่วยเป็น หน่วยละ 5 นาที เป็น รถขนส่งที่ทำกระบวนการต่างๆ ที่ช่องจ่ายน้ำมันเสร็จก่อน 120 นาที ซึ่งเป็นช่วงเวลา 20.00 – 22.00 น. จะต้องจอดรอเวลาการเข้าเมืองของรถบรรทุก

5. การตัดสินใจ

ในแบบจำลองแถวคอยที่ช่องจ่ายน้ำมันจะมีการตัดสินใจของรถขนส่งเพียงส่วนเดียว คือ การเลือกเข้าแถวคอยของช่องจ่ายแต่ละช่อง เมื่อพนักงานขับรถได้รับเอกสารการเติมน้ำมันจากแผนกขนส่งแล้ว ก็จะทำการตัดสินเลือกช่องจ่ายน้ำมันตามที่ผลิตภัณฑ์ที่ระบุไว้ โดยขั้นตอนการตัดสินใจมีดังนี้

- การกำหนดทางเลือกเข้าช่องจ่ายน้ำมันที่เป็นไปได้ จากผลิตภัณฑ์ที่รถขนส่งจะต้องเติม ว่าสามารถที่จะเข้าช่องจ่ายน้ำมันช่องใดได้บ้าง โดยจะไม่เกิน 2 ช่อง

  กำหนด ช่องจ่ายน้ำมันเป็นตัวเลข 1 หลัก ตั้งแต่ 1 ถึง 9
  Gantry#1 คือ การเติมน้ำมันที่ช่องจ่ายครั้งแรก
  Gantry#2 คือ การเติมน้ำมันที่ช่องจ่ายครั้งที่สอง

- หาค่าเวลาที่ใช้ในกระบวนการเติมน้ำมันทั้งหมด ในแต่ละทางเลือกที่เป็นไปได้ ซึ่งประกอบด้วยเวลาที่ใช้ในการเติมน้ำมัน และเวลาที่ใช้ในแถวคอย

- เลือกทางเลือกที่ให้ค่าเวลาที่ใช้ในการเติมน้ำมันน้อยสุด

6. การวัดผลที่ได้จากแบบจำลอง

แบบจำลองการเกิดแถวคอยที่ช่องจ่ายน้ำมัน เป็นการหาค่าเวลาที่ใช้ในกระบวนการเติมน้ำมันต่างๆ เพื่อนำไปใช้ในแบบจำลองส่วนอื่นๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว การวัดผลที่ได้จากแบบจำลองจึงได้ออกแบบเพื่อสอดคล้องกับส่วนอื่นๆ ด้วย ดังนี้

- เวลาที่ใช้ในขั้นตอนการเติมน้ำมันทั้งหมด ของรถขนส่งแต่ละคัน
- หมายเลขการเลือกเข้าช่องจ่ายน้ำมันที่ดีที่สุด ครั้งที่ 1 (Optimal Gantry#1)
- หมายเลขการเลือกเข้าช่องจ่ายน้ำมันที่ดีที่สุด ครั้งที่ 2 (Optimal Gantry#2)

4.4.2 ลำดับขั้นตอนในการทำงาน

แบบจำลองวิเคราะห์สถานการณ์แถวคอยที่ช่องจ่ายน้ำมันได้กำหนดลำดับขั้นตอนในการทำงานไว้ดังนี้

1. ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง ประกอบด้วย

- การกระจายตัวของค่าเวลาในการมารับบริการของลูกค้าขายส่ง (Headway Distribution) ทำหน้าที่ในการสร้างเวลาในการเข้ามาสู่ระบบของรถลูกค้าขายส่ง
- ความน่าจะเป็นของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าขายส่งจะสั่ง
- งานขนส่งในกระบวนการกระบวนการจัดงานทั้งหมดให้รถขนส่ง และกระบวนการจัดลำดับของงานในรถขนส่งที่ผ่านกระบวนการจัดงานเรียบร้อยแล้ว ซึ่งประกอบด้วย เวลาที่ใช้ในการขนส่งทั้งหมด ผลิตภัณฑ์ที่ต้องจัดส่ง รหัสรถขนส่ง และลำดับที่ขนส่ง

2. ขั้นตอนในการทำงาน

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> กำหนดตัวแปรเริ่มต้น

- Queue(i) = 0
- Processtime(i) = 0

เมื่อ i แทนด้วยรถขนส่งในแบบจำลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดรถขนส่งแต่ละประเภทเข้าสู่ระบบ

- กำหนดรถของลูกค้าขายส่งเข้าสู่ระบบ โดยการกำหนดเมื่อเวลาในการมาของของรถเท่ากับเวลาในแบบจำลอง จะทำการสร้างค่าของลูกค้าขายส่ง

- กำหนดรถขนส่งในแบบจำลองเข้าสู่ระบบเมื่อเวลาในการมารับบริการที่กำหนดเบื้องต้นมีค่าเท่ากับเวลาในแบบจำลอง

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดสถานะของรถขนส่งแต่ละคันเป็น 7 สถานะ ดังนี้

- สถานะที่ 1 รถขนส่งตัดสินใจเลือกเข้าช่องจ่าย น้ำมัน ซึ่งหาจากเวลาที่ใช้ในกระบวนการเติมน้ำมันที่น้อยที่สุด ตามวิธีการของ SPT โดยค่าเวลาที่ใช้หาได้จาก

$$\begin{aligned} \textit{Processing time} = {} & (\textit{เวลาที่ใช้ในแถวคอยเฉลี่ย} * \textit{จำนวนรถขนส่งในแถวคอย})_{Gantry\#1} \\ & + (\textit{เวลาที่ใช้ในการเติมน้ำมันเฉลี่ย} * \textit{สถานะของช่องจ่ายน้ำมัน})_{Gantry\#1} \\ & + (\textit{เวลาที่ใช้ในแถวคอยเฉลี่ย} * \textit{จำนวนรถขนส่งในแถวคอย})_{Gantry\#2} \\ & + (\textit{เวลาที่ใช้ในการเติมน้ำมันเฉลี่ย} * \textit{สถานะของช่องจ่ายน้ำมัน})_{Gantry\#2} \end{aligned} \quad (4\text{-}2)$$

กำหนด สถานะของช่องจ่ายน้ำมันเป็น
1 เมื่อยังมีรถรับบริการอยู่ และ
0 เมื่อไม่มีการให้บริการ

- สถานะที่ 2 รถขนส่งเข้าแถวคอยที่ช่องจ่ายน้ำมันเพื่อที่จะเข้าเติมน้ำมันครั้งแรกตามที่ได้เลือกในสถานะที่ 1 เรียบร้อยแล้ว รอในแถวคอยจนกระทั่งรถขนส่งพร้อมที่จะเข้าช่องจ่ายน้ำมัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- สถานะที่ 3 รถขนส่งเข้าเติมน้ำมันที่ช่องจ่ายน้ำมันครั้ง

- สถานะที่ 4 รถขนส่งตรวจสอบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำการเติมครบตามที่มีในคำสั่งซื้อของลูกค้าหรือไม่ ถ้าครบแล้วรถขนส่งก็พร้อมที่จะออกไปขนส่งให้ลูกค้า แต่ถ้ายังไม่ครบรถขนส่งจะทำการเลือกเข้าช่องจ่ายน้ำมันอีกครั้ง ตามวิธีการของ SPT

- สถานะที่ 5 รถขนส่งแถวคอยที่ช่องจ่ายน้ำมันเพื่อที่จะเข้าเติมน้ำมันครั้งที่สอง รอในแถวคอยจนกระทั่งรถขนส่งพร้อมที่จะเข้าช่องจ่ายน้ำมัน

- สถานะที่ 6 รถขนส่งเข้าเติมน้ำมันเป็นครั้งที่สอง

- สถานะที่ 7 รถขนส่งพร้อมที่จะออกไปส่งให้กับลูกค้า

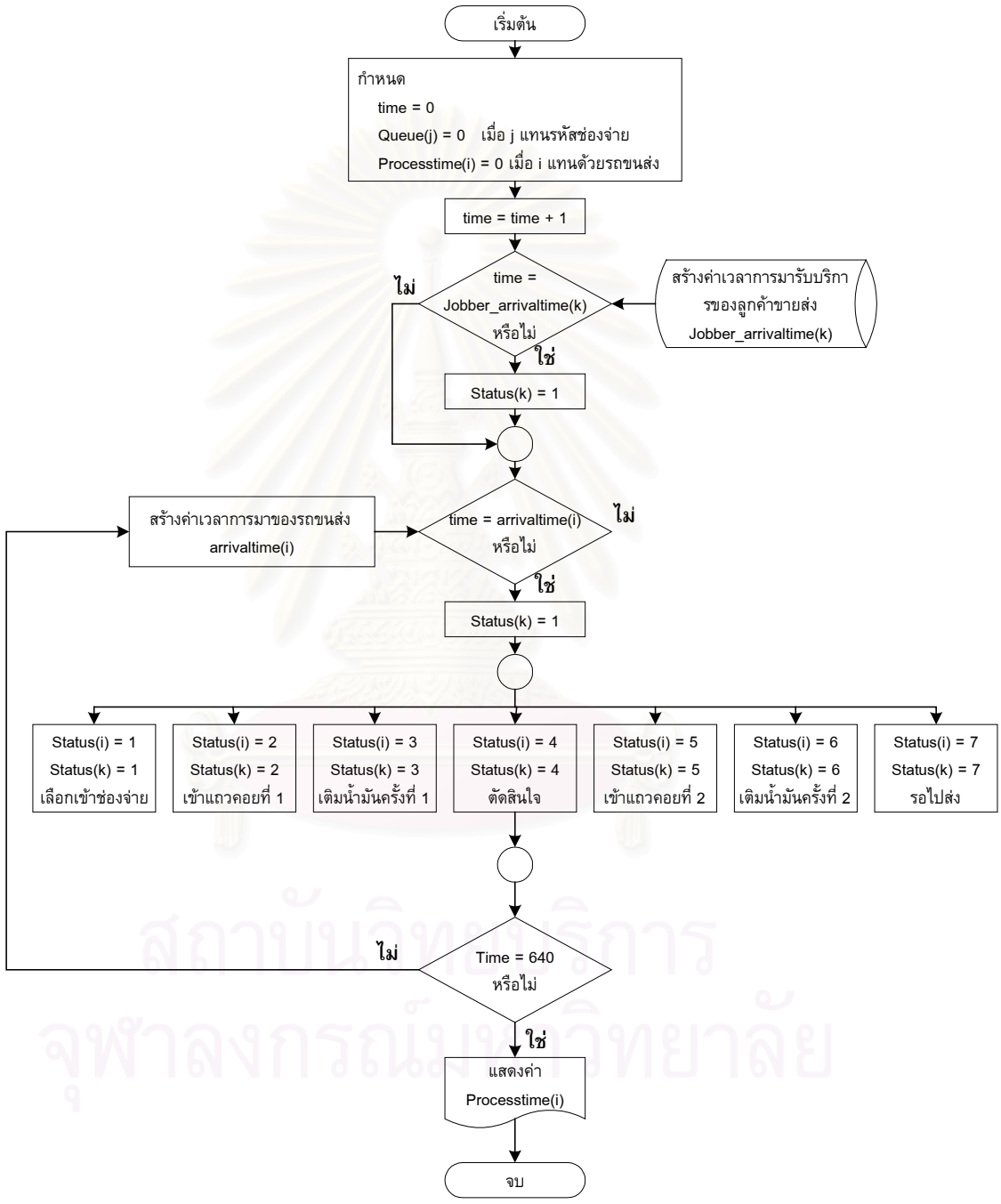
<u>ขั้นตอนที่ 4</u> สร้างค่าเวลาในการเข้าสู่ระบบใหม่ของรถหน่วยงานตัวอย่าง หลังจากที่ได้ไปส่งให้ลูกค้าแล้วทำการกลับมารับงานขนส่งใหม่

3. ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง

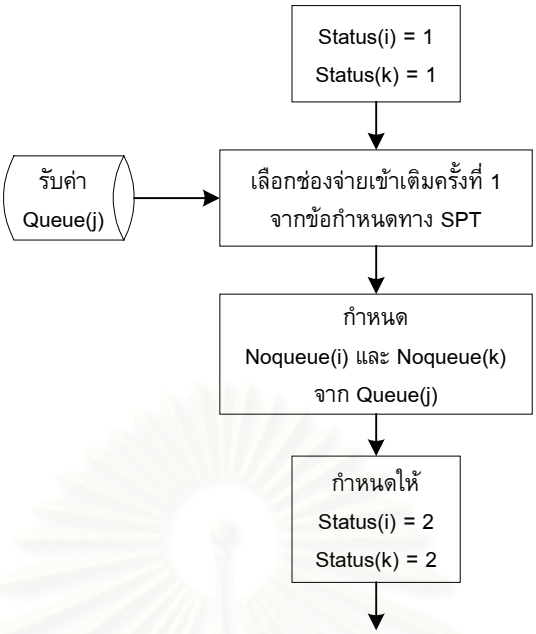
ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองวิเคราะห์สถานการณ์แถวคอยที่ช่องจ่ายน้ำมันจะได้ค่าเวลาที่ใช้ในกระบวนการเติมน้ำมันทั้งหมด เพื่อที่จะนำค่าผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองนี้ไปใช้ในการตัดสินใจของแบบจำลองทั้ง 2 แบบจำลองที่ได้กล่าวมาแล้ว คือ แบบจำลองการมอบหมายงานให้รถขนส่ง แบบจำลองการจัดลำดับที่ของงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

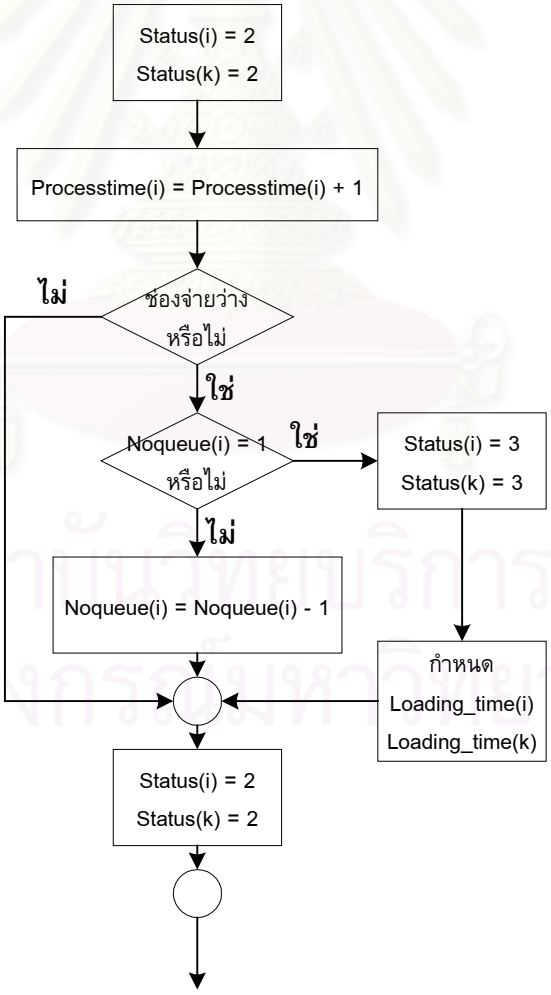
รูปที่ 4-9 แสดงแผนผังขั้นตอนการทำงานทั้งหมดของแบบจำลองวิเคราะห์สถานการณ์แถวคอยที่ช่องจ่ายน้ำมัน และรูปที่ 4-10 ถึง 4-16 แสดงแผนผังขั้นตอนการทำงานในแต่ละสถานะของรถขนส่ง



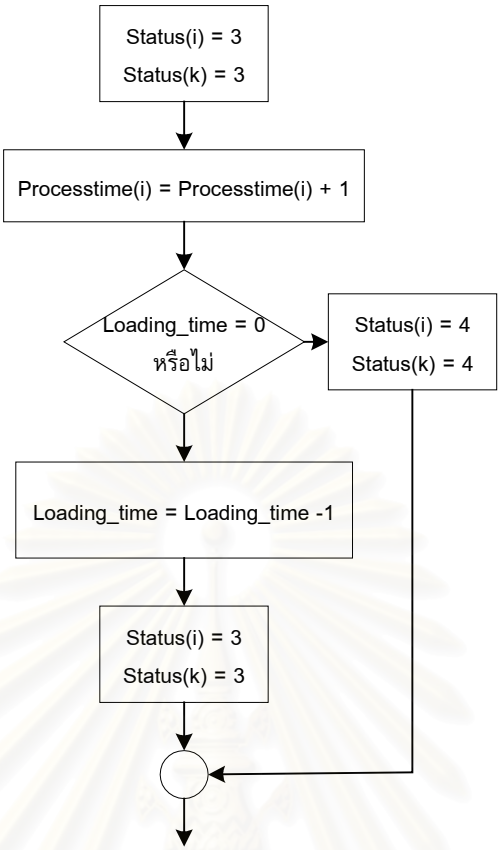
รูปที่ 4-9 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานทั้งหมดของแบบจำลองวิเคราะห์สถานการณ์แถวคอยที่ช่องจ่ายน้ำมัน



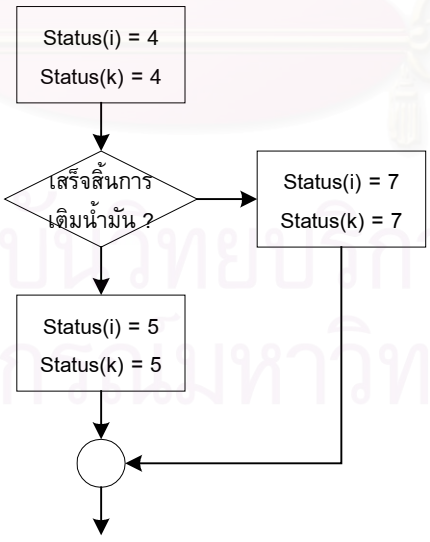
รูปที่ 4-10 แผนผังแสดงการทำงานของรถขนส่งในสถานะที่ 1



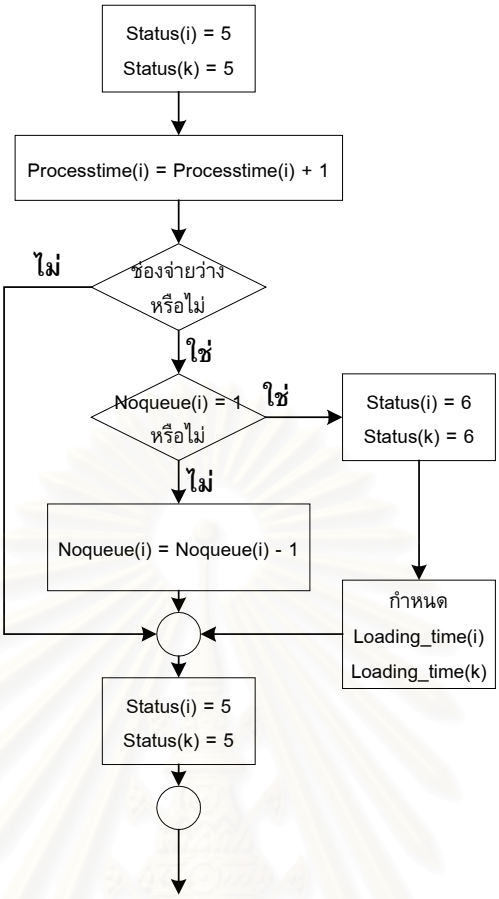
รูปที่ 4-11 แผนผังแสดงการทำงานของรถขนส่งในสถานะที่ 2



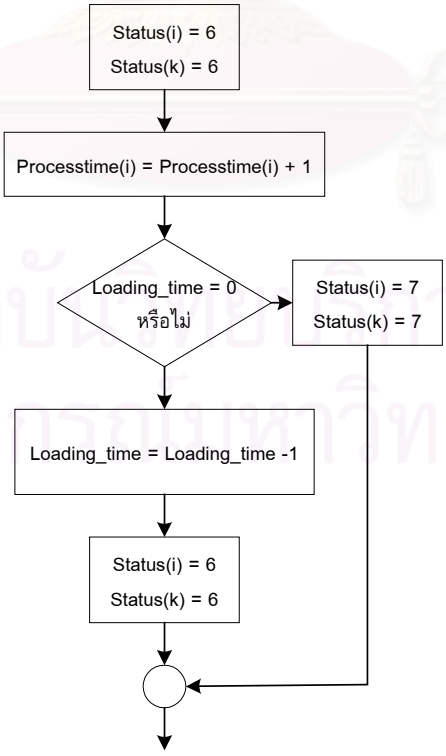
รูปที่ 4-12 แผนผังแสดงการทำงานของรถขนส่งในสถานะที่ 3



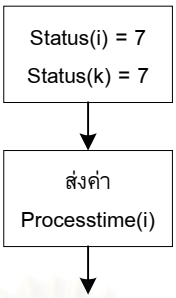
รูปที่ 4-13 แผนผังแสดงการทำงานของรถขนส่งในสถานะที่ 4



รูปที่ 4-14 แผนผังแสดงการทำงานของรถขนส่งในสถานะที่ 5



รูปที่ 4-15 แผนผังแสดงการทำงานของรถขนส่งในสถานะที่ 6



รูปที่ 4-16 แผนผังแสดงการทำงานของรถขนส่งในสถานะที่ 7

4.5 การออกแบบโปรแกรม

เนื้อหาส่วนนี้เป็นการออกแบบโปรแกรมการจัดตารางเวลาการเดินรถขนส่งให้สอดคล้องกับแบบจำลองที่ได้ทำการพัฒนาขึ้น การพัฒนาโปรแกรมได้พัฒนาบน Microsoft Excel โดยได้ทำการแบ่งการออกแบบเป็น 3 ส่วนดังนี้

1. โครงสร้างของโปรแกรม
2. ข้อมูลเข้า
3. การแสดงผลของโปรแกรม

4.5.1 โครงสร้างของโปรแกรม

โครงสร้างของโปรแกรมเป็นส่วนที่สำคัญในการออกแบบโปรแกรมให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด โครงสร้างของโปรแกรมได้กำหนดให้มีโครงสร้างแบบ Modularity คือ โครงสร้างที่มีการกำหนดการทำงานในแต่ละขั้นตอนของโปรแกรมด้วยโมดูลย่อยต่างๆ ภายใต้การควบคุมการทำงานจากโมดูลหลัก ซึ่งการกำหนดโครงสร้างแบบ Modularity เหมาะสมกับโปรแกรมที่ประกอบด้วยขั้นตอนทำงานต่างๆ หลายขั้นตอนที่มีการส่งผ่านข้อมูลระหว่างขั้นตอนการทำงาน

การกำหนดโมดูลหลักของโปรแกรมได้กำหนดตามกระบวนการทำงานหลักของแบบจำลองดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งประกอบด้วย 4 โมดูล คือ

- โมดูล Main_Program_1() ทำหน้าที่เป็นโมดูลหลักให้กับกระบวนการจัดงานทั้งหมดให้กับรถขนส่ง

- โมดูล Main_Program_2() ทำหน้าที่เป็นโมดูลหลักให้กับกระบวนการจัดลำดับที่ของงานในรถขนส่ง

- โมดูล Main_program_3() ทำหน้าที่เป็นโมดูลหลักให้กับกระบวนการมอบหมายงานที่ผ่านการจัดลำดับที่ของงานให้กับพนักงานขับรถ

- โมดูล Simulation() ทำหน้าที่เป็นโมดูลหลักให้กับแบบจำลองแถวคอยที่ช่องจ่ายน้ำมัน

โดยที่โมดูลหลักจะสั่งการทำงานในแต่ละขั้นตอนต่าง ๆ ของกระบวนการกับโมดูลย่อย ๆ ซึ่งแสดงในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 โมดูลต่าง ๆ ของโปรแกรม

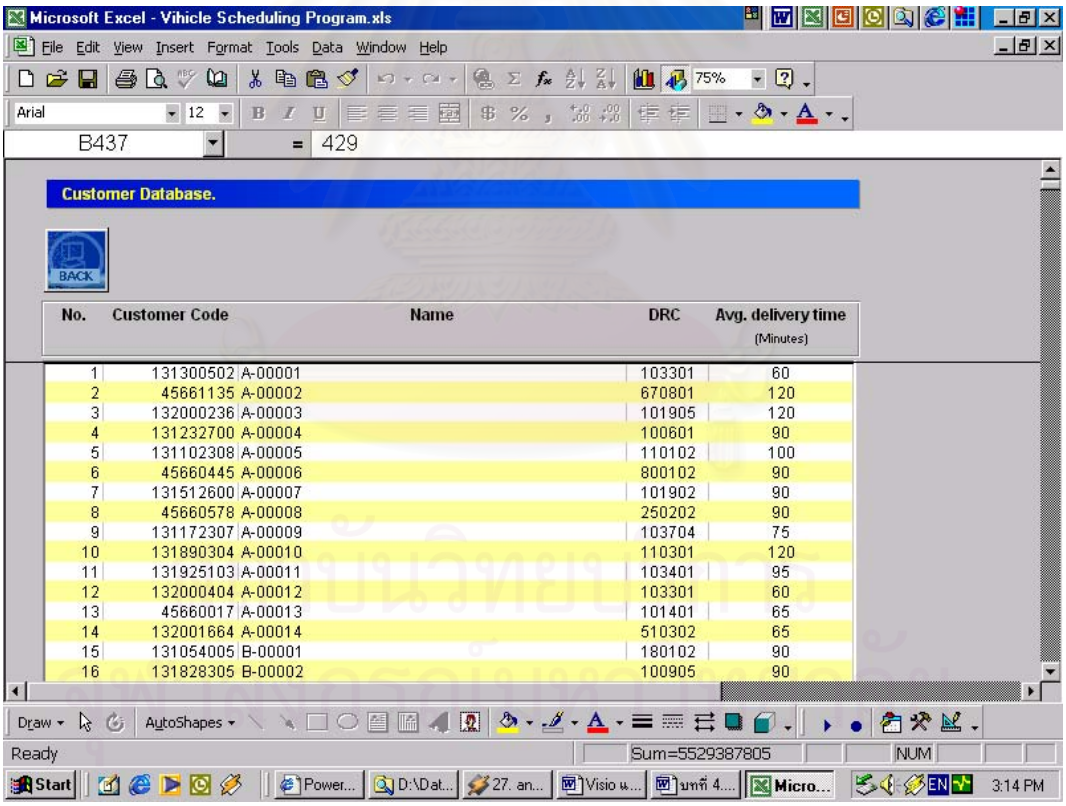
โมดูลหลัก	โมดูลย่อย	หน้าที่
Main_Program_1()	Permutation()	โมดูลย่อยทำหน้าที่ในการสลับที่งานขนส่ง
	Assigntruck()	โมดูลย่อยทำหน้าที่ในการมอบหมายงานหลังจากที่มีการสลับที่โครงสร้างภายในของ List ของงานแล้ว
	Determine_Processtime()	โมดูลย่อยทำหน้าที่หาค่าของเวลาที่ใช้ในกระบวนการเติมน้ำมันทั้งหมดจากแบบจำลองแถวคอยที่ช่องจ่ายน้ำมัน
Main_Program_2()	Permutation_each_truck()	โมดูลย่อย ทำหน้าที่สลับที่โครงสร้าง List ของงานในรถขนส่งแต่ละคัน
	Determine_Processtime()	โมดูลย่อยทำหน้าที่หาค่าของเวลาที่ใช้ในกระบวนการเติมน้ำมันทั้งหมดจากแบบจำลองแถวคอยที่ช่องจ่ายน้ำมัน
Main_Program_3()	-	-
Simulation()	Arrivaltruck()	โมดูลย่อยทำหน้าที่ในการสร้างรถขนส่งเข้ามาสู่ระบบที่ช่องจ่ายน้ำมัน
	Gantryselect()	โมดูลย่อยทำหน้าที่เป็นตัวตัดสินใจให้กับรถขนส่งในแบบจำลองในการที่จะเลือกเข้าช่องจ่ายน้ำมัน
	Generate_Jobber()	โมดูลย่อยทำหน้าที่ในการสร้างรถของลูกค้าขายส่งเข้าสู่ระบบ ประกอบด้วยเวลาในการมารับบริการ และผลิตภัณฑ์ที่สั่ง
	Update_arrivaltable()	โมดูลย่อยทำหน้าที่ในการพัฒนาข้อมูลเวลาในการมารับบริการของรถขนส่งในขณะที่ทำการรันโปรแกรม

4.5.2 ข้อมูลเข้า

ข้อมูลเข้าของโปรแกรมประกอบด้วยข้อมูล 2 ส่วน คือ ฐานข้อมูล และข้อมูลการปฏิบัติงานแต่ละวัน

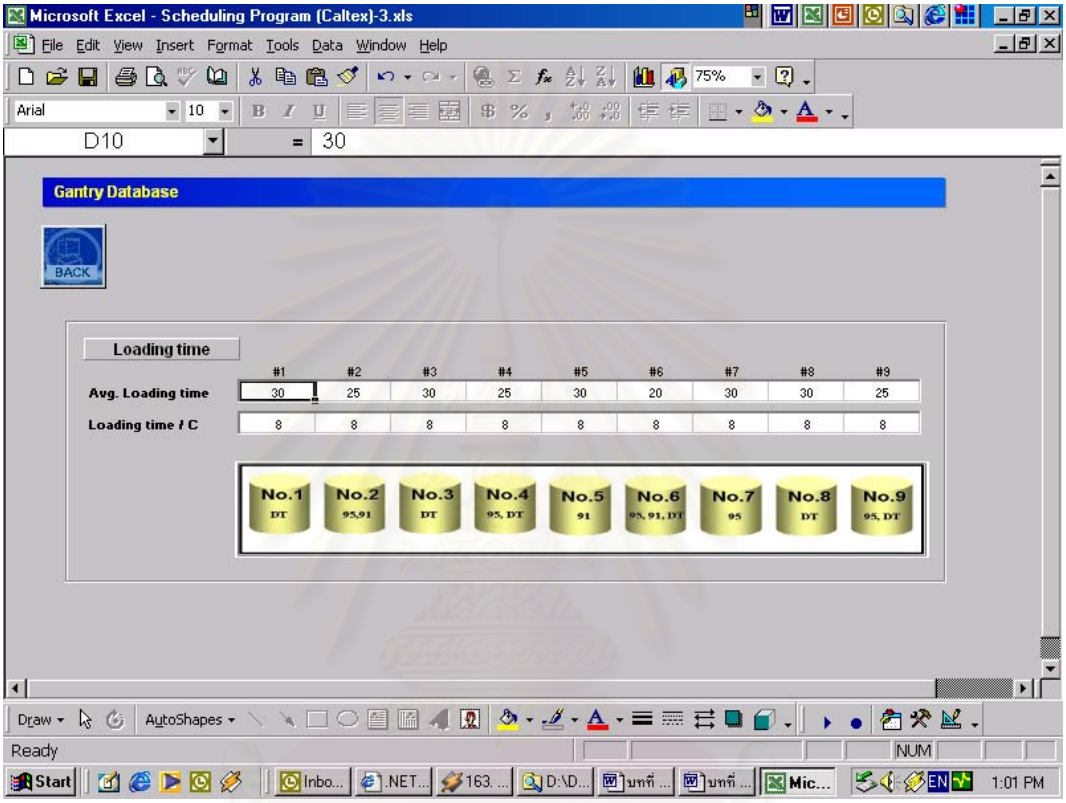
1. ฐานข้อมูล เป็นส่วนข้อมูลที่แสดงลักษณะระบบและเหตุการณ์ของแบบจำลองส่วนต่างๆ ประกอบด้วย

- ฐานข้อมูลลูกค้า ประกอบด้วย รหัสลูกค้า รายชื่อลูกค้า รหัสที่อยู่ของลูกค้า และระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการเติมน้ำมันทั้งหมด แสดงในรูปที่ 4-17



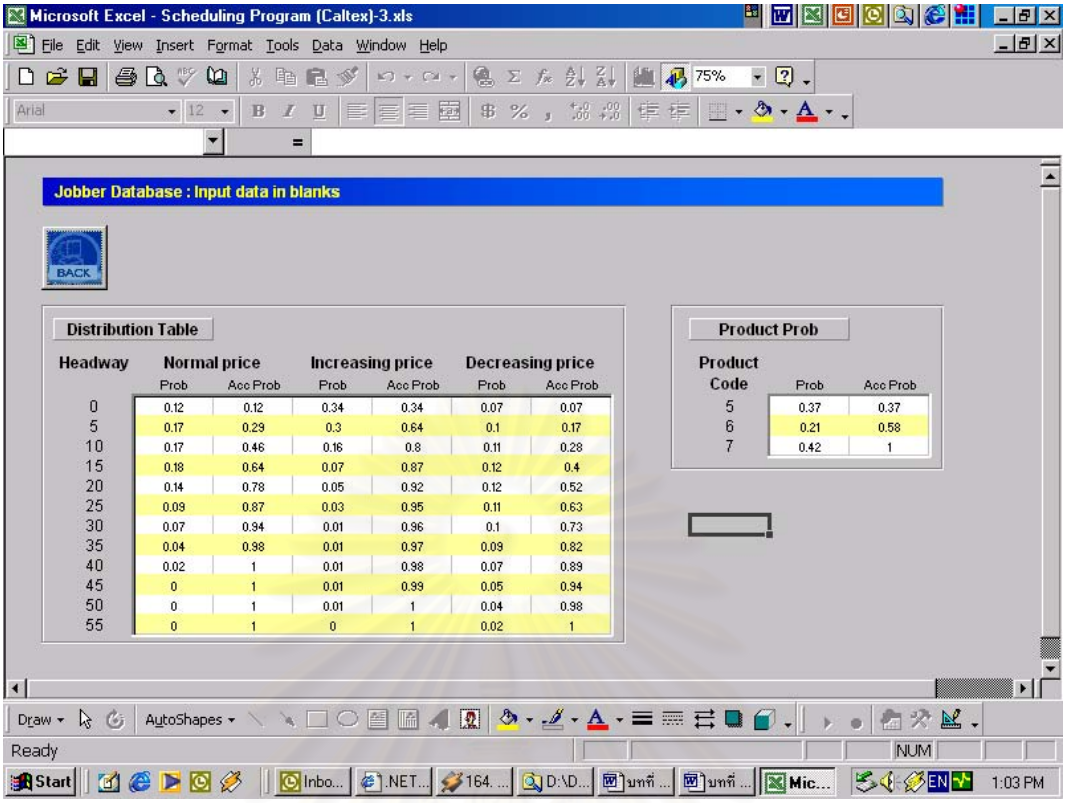
รูปที่ 4-17 แสดงฐานข้อมูลของลูกค้า

- ฐานข้อมูลช่องจ่ายน้ำมัน ประกอบด้วยเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเติมน้ำมันต่อรถ 1 คัน และเวลาที่ใช้ในการเติมน้ำมันให้เต็ม 1 ช่องของถังน้ำมัน แสดงในรูปที่ 4-18



รูปที่ 4-18 ฐานข้อมูลช่องจ่ายน้ำมัน

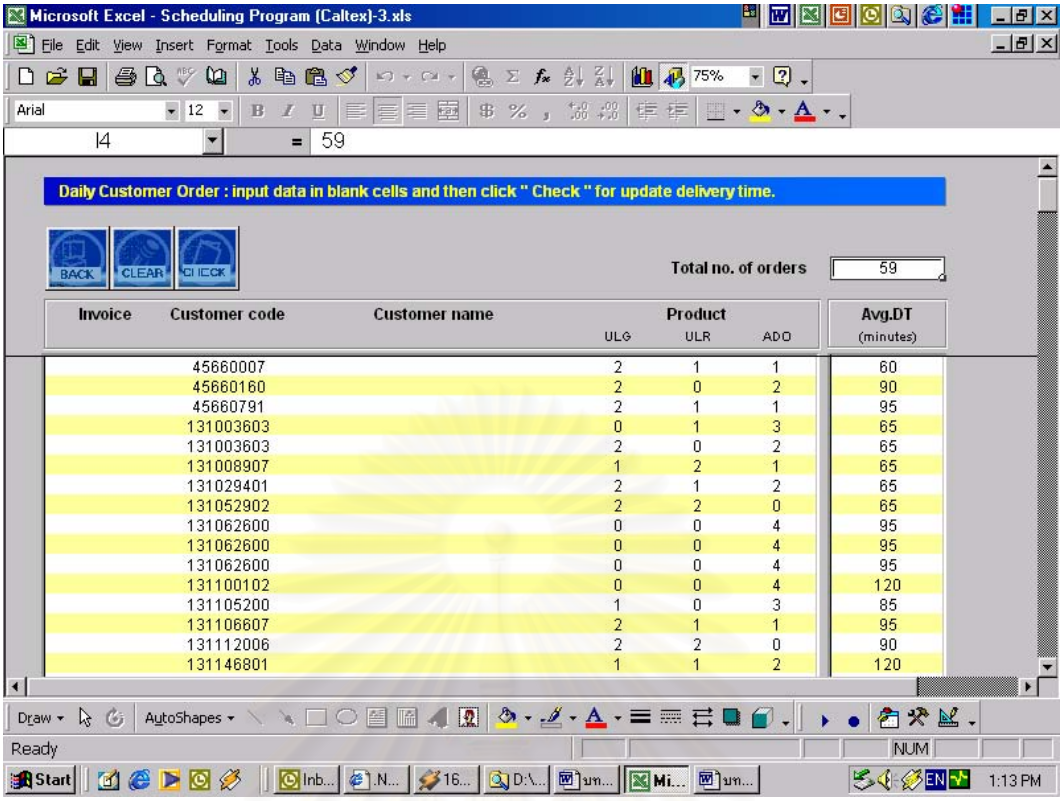
- ฐานข้อมูลลูกค้าขายส่ง ประกอบด้วยข้อมูลแสดงเวลาการมารับบริการที่คลังน้ำมัน และข้อมูลความน่าจะเป็นของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่สั่ง แสดงในรูปที่ 4-19



รูปที่ 4-19 ฐานข้อมูลของลูกค้าขายส่ง

2. ข้อมูลการปฏิบัติงานแต่ละวัน ประกอบด้วย

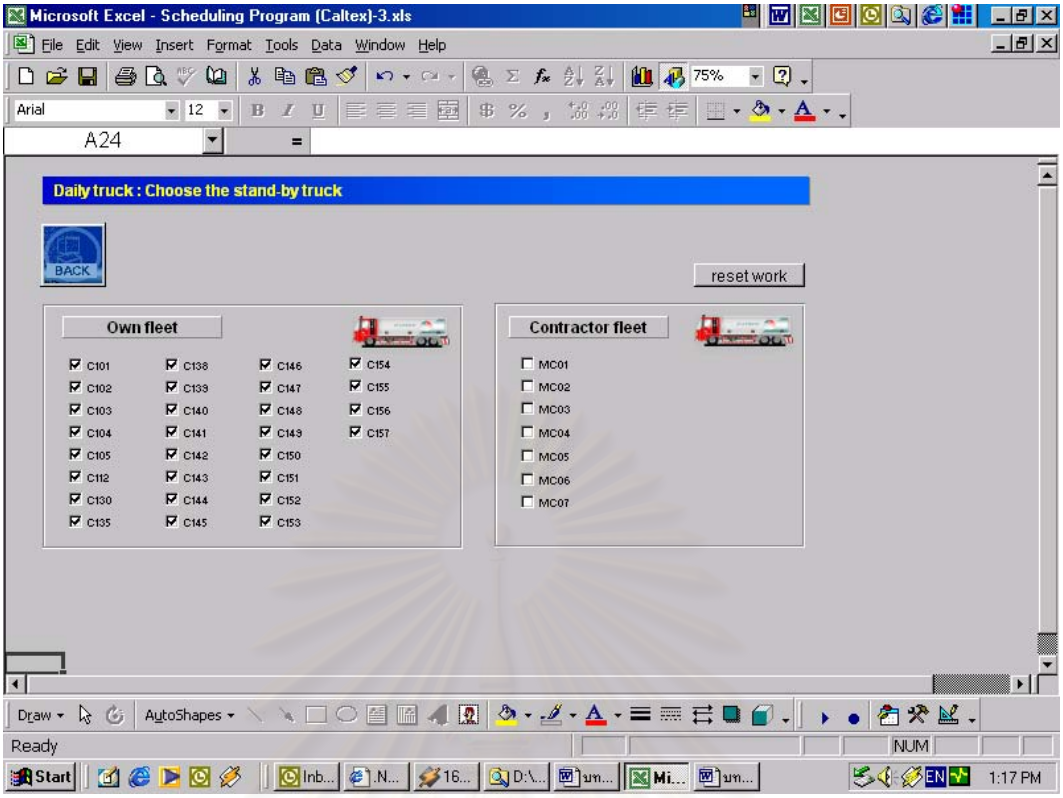
- คำสั่งซื้อของลูกค้า ในการทำงานเจ้าหน้าที่การสั่งจัดจะได้รับข้อมูลคำสั่งซื้อของลูกค้าในแต่ละวันจากระบบ SAP ซึ่งประกอบด้วยหมายเลขใบแจ้งหนี้ รหัสลูกค้า รายชื่อลูกค้าและผลิตภัณฑ์ที่ทำการสั่ง การพัฒนาข้อมูลเข้าได้กำหนดรูปแบบของตารางซึ่งแสดงในรูปที่ 4-20 โดยได้กำหนดตามลักษณะข้อมูลที่ได้จาก SAP



รูปที่ 4-20 รูปแบบของข้อมูลคำสั่งซื้อของลูกค้าในแต่ละวัน

- ข้อมูลรถที่จะมาปฏิบัติงาน เป็นการกำหนดรถที่ไม่สามารถปฏิบัติงานได้ในวันนั้นๆ ออกจากระบบ ซึ่งจะประกอบด้วยรถของบริษัทและรถของผู้รับเหมา แสดงในรูปที่ 4-21

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



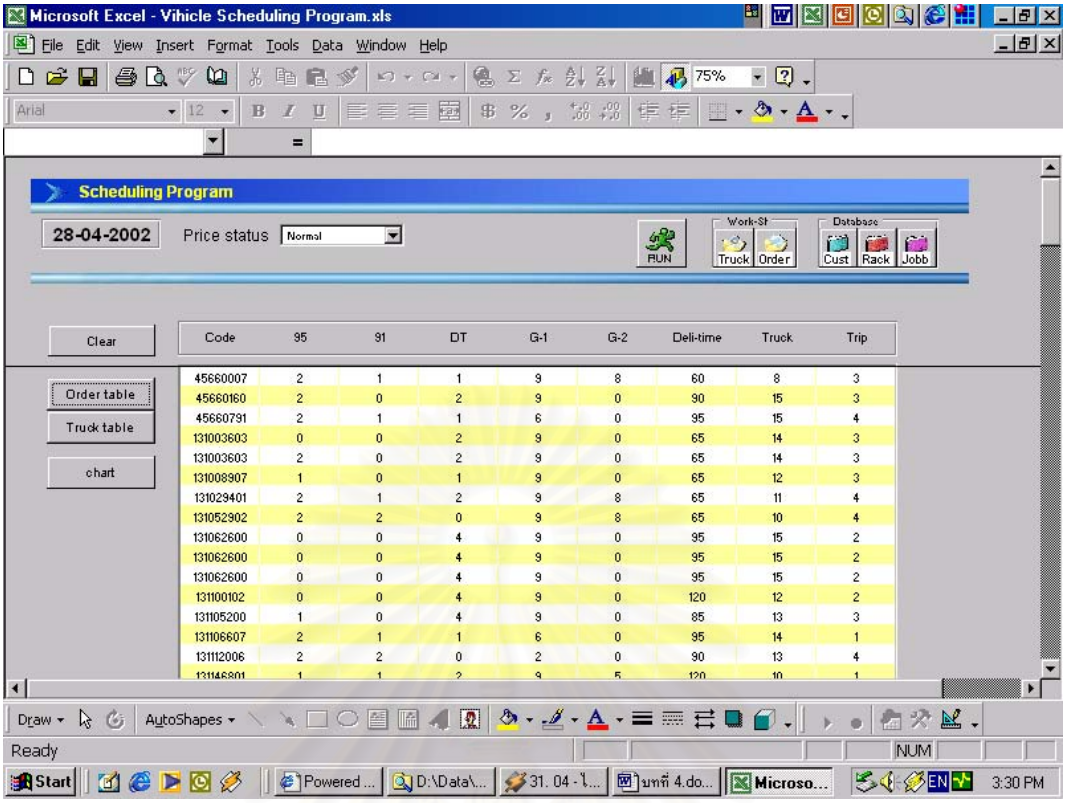
รูปที่ 4-21 ข้อมูลรถขนส่งที่มาปฏิบัติงานในแต่ละวัน

4.5.3 การแสดงผลของโปรแกรม

การแสดงผลของโปรแกรมได้พัฒนาขึ้นตามความต้องการของหน่วยงานตัวอย่างเพื่อที่จะสามารถนำไปใช้ปฏิบัติงานได้ตามที่ต้องการ การแสดงผลของโปรแกรมแสดงในรูปของตารางและกราฟ ดังนี้

1. ตารางแสดงรายละเอียดของแต่ละคำสั่งซื้อของลูกค้า ซึ่งจะแสดงลักษณะการปฏิบัติงานที่เกี่ยวกับแต่ละคำสั่งซื้อ ดังนี้

   - รายละเอียดของคำสั่งซื้อ ประกอบด้วย รหัสลูกค้า ผลิตภัณฑ์ที่สั่ง
   - หมายเลขรถขนส่ง และลำดับที่การส่ง
   - หมายเลขช่องจ่ายน้ำมันที่จะต้องเข้าไปเติม ประกอบด้วยเลข 1-9 ซึ่งแสดงหมายเลขช่องจ่าย และหมายเลข 0 แสดงสถานะที่เสร็จสิ้นการเติมในช่องจ่ายแรก

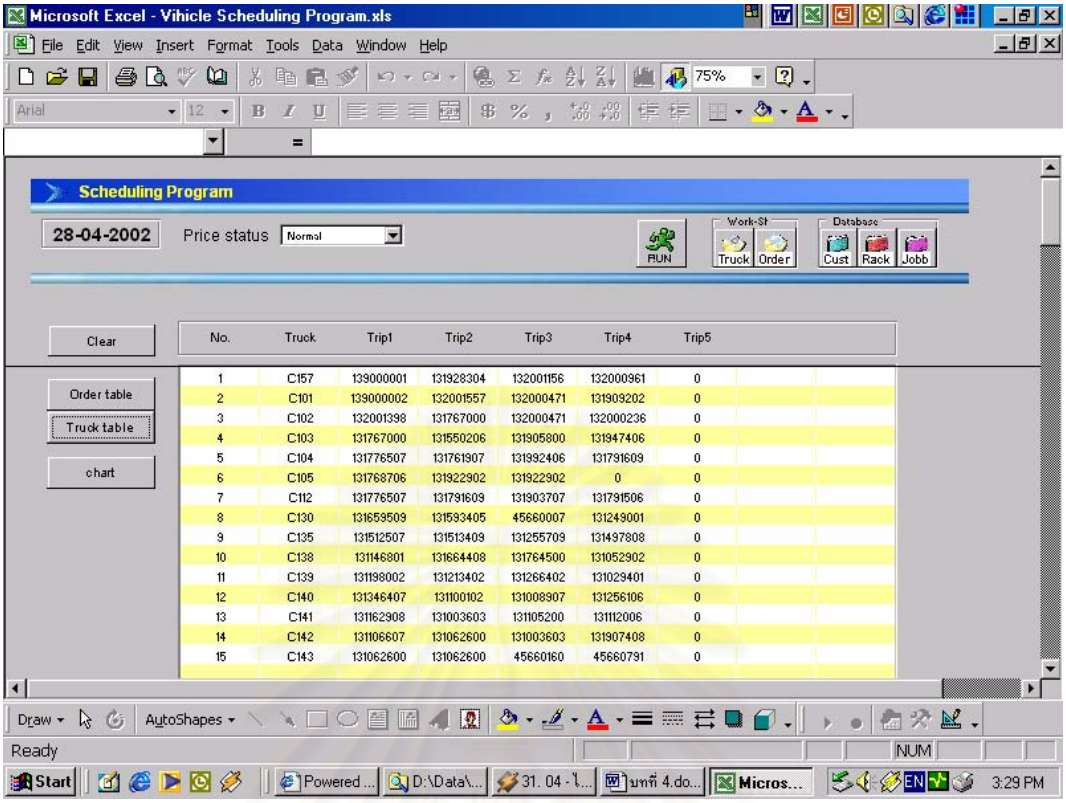


รูปที่ 4-22 ตารางรายงานผลรายละเอียดของแต่ละคำสั่งซื้อของลูกค้า

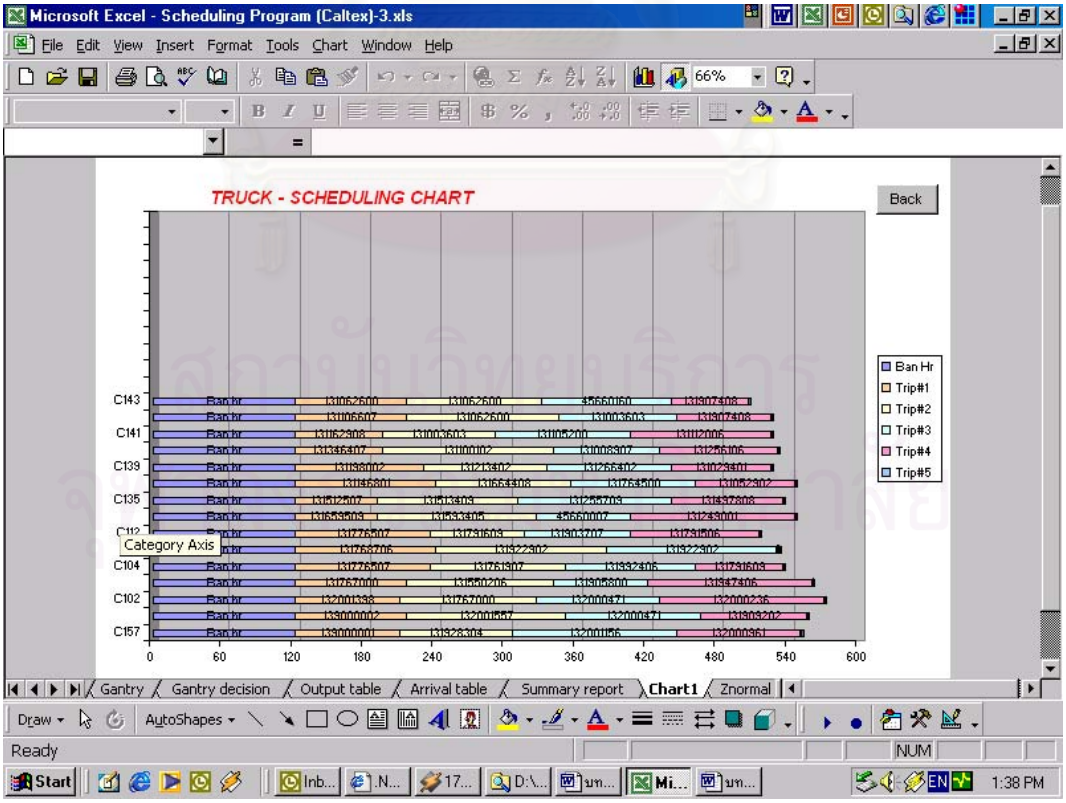
2. ตารางแสดงการปฏิบัติงานของรถขนส่ง แสดงในรูปที่ 4-23 ประกอบด้วย

   - รหัสรถขนส่ง
   - จำนวนเที่ยววิ่งที่ได้รับ
   - รหัสลูกค้าในแต่ละเที่ยววิ่ง

3. กราฟแสดงการปฏิบัติงานของรถขนส่ง แสดงในรูปที่ 4-24 ซึ่งแสดงลักษณะการปฏิบัติงานของรถขนส่งและช่วงเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานลำดับต่างๆ



รูปที่ 4-23 ตารางรายงานการปฏิบัติงานของรถขนส่ง



รูปที่ 4-24 กราฟนำเสนอการปฏิบัติงานของรถขนส่ง

บทที่ 5
การตรวจสอบ และการวิเคราะห์ผล

การตรวจสอบแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น มีจุดประสงค์เพื่อทำการตรวจสอบความน่าเชื่อถือ และประสิทธิภาพในการนำแบบจำลองไปใช้กับระบบจริง การตรวจสอบแบบจำลองได้แบ่งออกเป็น 2 ระดับ (Hoover, 1989) คือ การตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของแบบจำลอง (Verification) และการตรวจสอบประสิทธิภาพในการทำงานของแบบจำลอง (Validation)

เนื้อหาในบทที่ประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

1. การตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของแบบจำลอง
2. การตรวจสอบประสิทธิภาพในการทำงานของแบบจำลอง
3. การวิเคราะห์ผลที่ได้จากแบบจำลอง

5.1 การตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของแบบจำลอง

Hoover (1989) ให้คำนิยามของการตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของแบบจำลองไว้ว่าเป็นขั้นตอนของการหาความถูกต้องของการจำลองปัญหา ตรรกะ สูตรที่ใช้ในการคำนวณ และ การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรืออาจจะกล่าวได้ว่าเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของลักษณะโครงสร้างของแบบจำลองนั่นเอง

การตรวจสอบความถูกต้องเบื้องต้นของแบบจำลอง โดยการพิจารณาที่การจำลองปัญหา ตรรกะ และ สูตรที่ใช้ในการคำนวณ ได้ทำการตรวจสอบเบื้องต้นในบทที่ 4 เรียบร้อยแล้ว โดยตรวจสอบความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ต่างๆ ที่มีในระบบจริงกับแบบจำลอง ความสัมพันธ์ของข้อมูลเข้า และข้อมูลออก รวมทั้งความสอดคล้องของการสร้างกระบวนการในแบบจำลอง การตรวจสอบในบทนี้จึงเน้นที่การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองคอมพิวเตอร์ โดยขั้นตอนการตรวจสอบมีดังนี้

- การตรวจสอบโครงสร้างของโปรแกรม (Structured Programming Method) เป็นการตรวจสอบขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมว่าถูกต้องตามที่ได้มีการจำลองปัญหาไว้หรือไม่ เป็นการตรวจสอบเทียบกับแผนผังขั้นตอนการทำงานของแบบจำลอง (Flow chart) เมื่อมีการพบจุดที่

ทำให้ขั้นตอนในโปรแกรมไม่ถูกต้องตามแผนผัง จะทำการแก้ไขในทันที ก่อนที่จะมีการตรวจสอบในขั้นตอนอื่น

- การตรวจสอบการเขียนโปรแกรม (Tracing Code) ตรวจสอบการลงรหัสในโปรแกรมในแต่ละส่วนของโปรแกรม ให้ถูกต้องตาม Syntax ของโปรแกรม

- การทดสอบโปรแกรม (Program Testing) คือ การทดสอบการทำงานและผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม ในการตรวจสอบได้ใช้การเทียบค่าข้อมูลเข้าต่างๆ กัน เพื่อดูข้อมูลออกแล้วนำไปเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้กับการคำนวณด้วยมือ ว่าให้ค่าเดียวกันหรือไม่ ซึ่งเมื่อพบชุดข้อมูลที่ให้ค่าไม่ตรงกัน จะทำการตรวจสอบในโปรแกรมและแก้ไข

- การตรวจสอบค่าและความสัมพันธ์ของข้อมูล (Checking Logical Relationships) ตรวจสอบโดยการทดสอบค่าของตัวแปรต่างๆ ในโปรแกรมที่มีการจำกัดค่า เช่น การกำหนดเวลาในการทำงาน (Time window) ที่ 480 นาที ค่าของตัวแปรในโปรแกรมขณะรันจะต้องไม่เกิน 480 นาทีหรือการกำหนดการสร้างค่าของข้อมูลให้มีการกระจายตัวแบบปกติ ค่าที่ออกมาต้องเป็นการกระจายตัวแบบปกติ

5.1.1 การตรวจสอบโครงสร้างของโปรแกรม

โครงสร้างของโปรแกรมได้กำหนดให้เป็นแบบจำลองการมอบหมายงานของรถขนส่งให้กับพนักงานขับรถ และแบบจำลองพฤติกรรมดแถวคอยที่ช่องจ่ายน้ำมัน เป็นโครงสร้างแบบ Modularity ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ประกอบด้วยโมดูลย่อยต่างๆ ทำงานภายใต้การกำหนดของโมดูลหลัก โมดูลต่างๆ ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของแต่ละส่วนได้ง่าย

ในการตรวจสอบโครงสร้างของโปรแกรม เริ่มจากการตรวจสอบขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมให้ถูกต้องตามที่ได้กำหนดไว้ในแผนผังขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่ได้กำหนดไว้ในบทที่ 4 การตรวจสอบจะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ

1. การตรวจสอบโมดูลหลักของแบบจำลอง ประกอบด้วย

- การตรวจสอบการรับและส่งค่าของข้อมูล ตั้งแต่การสร้างข้อมูลเข้ามาสู่โปรแกรมให้กับตัวแปรต่าง ๆ การส่งค่าให้จากโมดูลหลักไปยังโมดูลย่อย จนกระทั่งการส่งค่าของข้อมูลที่เป็นผลลัพธ์ของแบบจำลอง

- การตรวจสอบจัดลำดับการทำงานของโมดูลหลักเอง และการกำหนดการทำงานของโมดูลย่อย

- การตรวจสอบความถูกต้องการตัดสินใจของโปรแกรม ให้มีความถูกต้องตามที่กำหนดไว้ในแผนผังขั้นตอนของโปรแกรม

2. การตรวจสอบโมดูลย่อย ประกอบด้วย

- การตรวจสอบการรับค่าตัวแปรจากโมดูลหลัก และการส่งค่าออกสู่โมดูลหลัก

- การตรวจสอบลำดับของขั้นตอนการทำงานของโมดูลย่อย

โครงสร้างของโปรแกรมเป็นส่วนที่สำคัญที่สุด เพราะเป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของโปรแกรมให้ถูกต้องตามที่ได้กำหนด เมื่อมีการตรวจสอบพบจุดบกพร่องต้องทำการแก้ไขก่อนที่จะทำการตรวจสอบในขั้นตอนอื่นต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.2 การตรวจสอบการเขียนโปรแกรม

การตรวจสอบการเขียนโปรแกรม สามารถแก้ไขได้ในขณะที่ทำการเขียนโปรแกรม เนื่องจากในปัจจุบัน โปรแกรมที่ใช้ในการเขียนได้มีฟังก์ชั่นในการตรวจสอบความถูกต้องของการเขียนรหัสให้ถูกต้องตาม Syntax ของโปรแกรมทันที ทำให้สามารถตรวจสอบจุดบกพร่องและสามารถทำการแก้ไขได้ทันที นอกจากนั้นในส่วนคำสั่งของโปรแกรมที่ต้องมีการใส่ตำแหน่งให้ถูกต้องตามที่โปรแกรมกำหนด ก็จะสามารถตรวจสอบได้หลังจากที่ทำการรันโปรแกรม โปรแกรมจะแจ้งเตือนจุดบกพร่องทันที

5.1.3 การทดสอบโปรแกรม

คือการทดสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม วิธีการทดสอบแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ วิธีการตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมส่วนหลัก ไปยังส่วนย่อย (Top-Down Testing) และวิธีการตรวจสอบการทำงานการทำงานของโปรแกรมส่วนย่อยไปยังส่วนหลัก (Bottom-Up Testing) วิธีการที่นิยมใช้ในการตรวจสอบ คือ พิจารณาจากข้อมูลที่เข้าและออกแต่ละโมดูลว่าสามารถให้ค่าที่ถูกต้องตามกระบวนการหรือไม่

การตรวจสอบผลลัพธ์ของแต่ละแบบจำลอง แสดงในตารางที่ 5-1 โดยการตรวจสอบความถูกต้องได้พัฒนาแบบจำลองการคำนวณผลลัพธ์ด้วย Microsoft Excel

ตารางที่ 5-1 การตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองต่างๆ

โมดูลหลัก	ข้อมูล	วิธีการตรวจสอบความถูกต้อง
Main_Program_1()	จำนวนรถขนส่งในแบบจำลอง	ทำการตรวจสอบจำนวนรถขนส่งที่เกิดขึ้นโดยการคำนวณด้วยมือ
	งานที่ได้รถแต่ละคันได้รับ	และทำการกำหนดจำนวนรถขนส่งในแบบจำลองไม่ให้เกิน 39 คัน
	เวลาที่ใช้ในการจอดรอทั้งหมด	ตรวจสอบกับการสร้างสูตรใน Spreadsheets Model
Main_Program_2()	ลำดับที่ของงานขนส่ง	Cross check ด้วยการสุ่มตัวอย่างงานเพื่อนำมาทำการสลับที่ด้วยมือแล้วใส่เป็นข้อมูลเข้ากับเข้าไปในโปรแกรม ดูว่าเวลาในกระบวนการเติมน้ำมันเพิ่มขึ้นหรือไม่ ถ้าเพิ่มขึ้นจึงทำการหาจุดบกพร่อง
Main_Program_3()	พนักงานขับรถที่ได้รับมอบหมาย	ตรวจสอบว่าพนักงานขับรถที่ได้รับมอบหมายเป็นพนักงานที่ผ่านได้รับงานที่ปฏิบัติมาแล้วน้อยที่สุดหรือไม่
Simulation()	เวลาที่ใช้ในกระบวนการเติมน้ำมันทั้งหมด	ตรวจสอบจากการเปรียบเทียบกับค่าประมาณจากผลรวมของค่าจำนวนที่อยู่ที่ช่องจ่ายน้ำมันต่อหน่วยเวลา

5.1.4 การตรวจสอบค่าและความสัมพันธ์ของข้อมูล

การตรวจสอบค่าและความสัมพันธ์ของข้อมูลเป็นส่วนสำคัญที่จะช่วยขจัดความผิดพลาดของโปรแกรมได้ ค่าของข้อมูลจะตรวจสอบได้ขณะที่มีการรันโปรแกรม โดยจะต้องถูกต้องตามที่แบบจำลองได้กำหนดไว้ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

1. การตรวจสอบค่าของข้อมูลไม่ให้เกินจากค่าที่ได้ประกาศไว้ในโปรแกรม การประกาศค่าของโปรแกรมสามารถทำได้โดยการกำหนดไว้ก่อนทำการเขียน Procedure ในโปรแกรม โดยการประกาศค่าด้วย ”Dim Variable(N)” ซึ่งค่า N ในวงเล็บจะเป็นค่าขอบเขตของข้อมูล การตรวจสอบค่าของข้อมูลแสดงไว้ในตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-2 การตรวจสอบค่าของข้อมูลไม่ให้เกินค่าที่ประกาศไว้

โมดูลหลัก	ข้อมูล	วิธีการตรวจสอบความถูกต้อง
Main_Program_1()	จำนวนรถขนส่ง	ตรวจสอบไม่ให้เกิน 39 คัน ด้วยข้อมูลต่างๆ กัน
	กรอบเวลาการทำงาน	ตรวจสอบไม่ให้เกิน 480 นาที ในรถแต่ละคัน
	จำนวนงานที่แต่ละคันได้รับ	ตรวจสอบไม่ให้เกิน 6 เที่ยวต่อวัน
Main_Program_2()	จำนวนงานที่แต่ละคันได้รับ	ตรวจสอบเที่ยววิ่งที่รถได้รับไม่เกินจากที่มอบหมายไว้ในแบบจำลองการมอบหมายงานให้รถขนส่ง
Main_Program_3()	จำนวนพนักงาน	ตรวจสอบให้มีจำนวนมากกว่าจำนวนรถขนส่ง
Simulation()	เวลาทำงานในแบบจำลอง	ตรวจสอบไม่ให้เกิน 600 นาที
	Ban hours	ตรวจสอบว่ารถทุกคันออกไปส่งให้ลูกค้าหลัง 120 นาที
	เวลาการมาของ Jobber	ตรวจสอบว่ามีการกระจายตัวของการมาตามที่กำหนด และตรวจสอบว่าไม่มีรถ Jobber มาหลัง 300 นาที
	ผลิตภัณฑ์ที่ Jobber สั่ง	ตรวจสอบความน่าจะเป็นของผลิตภัณฑ์ให้ตามที่กำหนด

2. การตรวจสอบประเภทของข้อมูล ประเภทของข้อมูลในแบบจำลอง แบ่งเป็น จำนวนเต็ม จำนวนจริง และ ข้อความ ในการเขียนโปรแกรมจะต้องมีการประกาศไว้ก่อนเช่นกัน การตรวจสอบพบจะได้ขณะที่ทำการรันโปรแกรม เมื่อประเภทของข้อมูลไม่ถูกต้องตามที่ประกาศไว้ โปรแกรมจะมีการเตือนทันที และทำการแก้ไขข้อบกพร่องโดยการกำหนดประเภทของข้อมูลในกระบวนการใหม่

3. การตรวจสอบการกระจายตัวของข้อมูลที่ถูกสร้างขึ้น ซึ่งข้อมูลที่มีการสร้างแบบการกระจายตัว ได้แก่ ข้อมูลเวลาการมารับบริการของลูกค้าขายส่ง และ ข้อมูลแสดงความน่าจะเป็นของการสั่งผลิตภัณฑ์ของลูกค้าขายส่ง ซึ่งเป็นข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองพฤติกรรมแถวคอยที่ช่องจ่ายน้ำมัน

5.2 การตรวจสอบประสิทธิภาพในการทำงานของแบบจำลอง

การตรวจสอบประสิทธิภาพในการทำงานของแบบจำลอง คือ การตรวจสอบว่าผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง สามารถนำไปเป็นตัวแทนระบบจริงได้หรือไม่ การตรวจสอบในส่วนนี้จะเน้นที่แบบจำลองพฤติกรรมแถวคอยที่ช่องจ่ายน้ำมัน เนื่องจากเป็นแบบจำลองที่ส่งค่าผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง คือ เวลาที่ใช้ในกระบวนการเติมน้ำมันทั้งหมดให้กับกระบวนการอื่นๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 4 เพื่อเป็นในขั้นตอนการตัดสินใจเลือกค่าคำตอบที่ดีที่สุด ทำให้จำเป็นต้องมีการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ดัจากแบบจำลองให้มีความสอดคล้องกับข้อมูลการปฏิบัติงานจริง

วิธีการตรวจสอบประสิทธิของแบบจำลองที่นิยมใช้กับการตรวจสอบแบบจำลองพฤติกรรม คือ การตรวจสอบด้วยวิธีการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากแบบจำลองกับผลที่เกิดขึ้นในระบบจริง เนื่องจากแบบจำลองพฤติกรรมที่ดีต้องสามารถให้ผลลัพธ์ที่คล้องกับผลที่เกิดขึ้นและระบบจริง จึงนำแบบจำลองไปใช้เป็นตัวแทนของระบบจริงได้ การตรวจสอบสามารถทำโดยการนำผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองไปเปรียบเทียบกับผลที่เกิดขึ้นในระบบจริงว่ามีความคล้องกันหรือไม่ ด้วยวิธีการทางสถิติ (Hoover, 1989) ซึ่งการวิจัยในส่วนนี้ได้เลือกวิธีการทดสอบทางสถิติด้วยวิธีการทดสอบด้วยไคว์สแควร์ (Chi-Square Test)

$$\chi^2_{df} = \sum_{i=1}^{k} (R_i - S_i)^2 / S_i \quad \text{..... (5-1)}$$

เมื่อ R_i คือข้อมูลที่ i ของข้อมูลจริง

S_i คือข้อมูลที่ i ของข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง

ข้อมูลที่ทำการตรวจสอบเป็นข้อมูลเวลาที่ใช้กระบวนการเติมน้ำมันทั้งหมด ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองพฤติกรรมแถวคอยที่ช่องจ่ายน้ำมัน ซึ่งได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด คือ ข้อมูลของเวลาการเติมน้ำมันทั้งหมดในช่วงเวลา 20.00 – 22.00 น. และ ช่วงเวลาหลัง 22.00 น. เนื่องจากกระบวนในการตัดสินใจของพนักงานขับรถ กับแบบจำลองซึ่ง

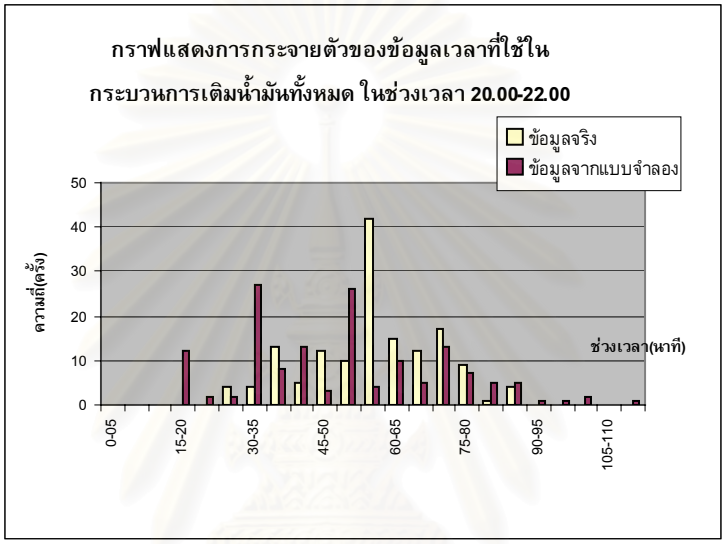
กำหนดเป็นแบบ SPT ทำให้ในช่วงที่รถมีจำนวนมากที่จะรอเติมน้ำมัน คือ ช่วง 20.00 - 22.00 น. การเลือกช่องจ่ายที่เหมาะสมแตกต่างกัน และทำให้เวลาที่ใช้ในกระบวนการเติมน้ำมันทั้งหมดแตกต่างกันด้วย

ข้อมูลจริงที่นำมาใช้เป็นข้อมูลการปฏิบัติงานของหน่วยงานตัวอย่างในวันที่ 2 กค. – 16 กค. 2544 ซึ่งไม่นับข้อมูลในวันเสาร์และวันอาทิตย์ รวมจำนวนข้อมูลทั้งหมด 9 วัน การตรวจสอบด้วยไคว์แสควร์แสดงในตารางที่ 5-3

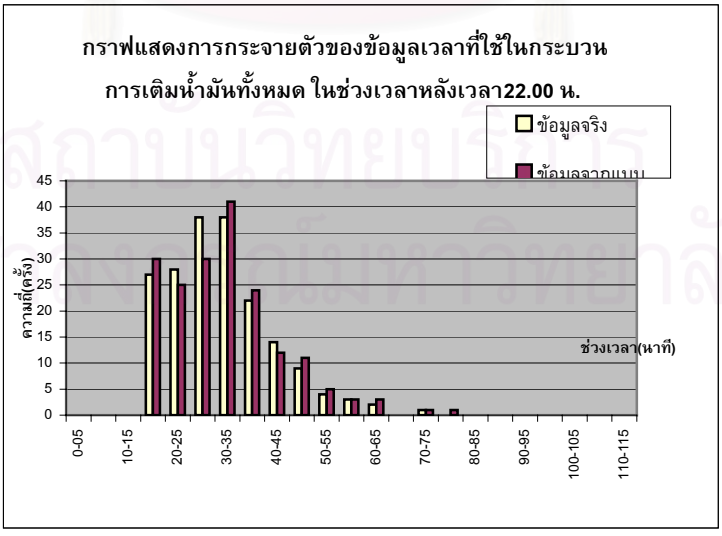
ตารางที่ 5-3 การตรวจสอบแบบจำลองพฤติกรรมแถวคอยที่ช่องจ่ายน้ำมันด้วยการทดสอบไคว์แสควร์

ช่วงเวลา 20.00 - 22.00 น.				ช่วงหลัง 22.00 น			
ช่วงเวลา	ข้อมูลจริง	แบบจำลอง	Chi-Test	ช่วงเวลา	ข้อมูลจริง	แบบจำลอง	Chi-Test
0-05	0	0	0.00	0-05	0	0	0.00
05-10	0	0	0.00	05-10	0	0	0.00
10-15	0	0	0.00	10-15	0	0	0.00
15-20	0	8	8.00	15-20	27	30	0.30
20-25	0	2	2.00	20-25	28	25	0.36
25-30	4	4	0.00	25-30	38	30	2.13
30-35	4	5	0.20	30-35	38	41	0.22
35-40	13	13	0.00	35-40	22	24	0.17
40-45	5	8	1.13	40-45	14	12	0.33
45-50	12	23	5.26	45-50	9	11	0.36
50-55	42	26	9.85	50-55	4	5	0.20
55-60	10	8	0.50	55-60	3	3	0.00
60-65	15	10	2.50	60-65	2	3	0.33
65-70	12	8	2.00	65-70	0	0	0.00
70-75	17	13	1.23	70-75	1	1	0.00
75-80	9	7	0.57	75-80	0	1	0.00
80-85	1	5	3.20	80-85	0	0	0.00
85-90	4	5	0.20	85-90	0	0	0.00
90-95	0	1	0.00	90-95	0	0	0.00
95-100	0	1	0.00	95-100	0	0	0.00
100-105	0	2	0.00	100-105	0	0	0.00
105-110	0	0	0.00	105-110	0	0	0.00
110-115	0	1	0.00	110-115	0	0	0.00
		รวม	36.63			รวม	4.40

จากผลที่ได้จากการทดสอบด้วยไคว์สแควร์ในตารางที่ 5-3 จะพบว่าข้อมูลในช่วง 20.00 น. ถึง 22.00 น. การกระจายตัวของข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองจะมีการกระจายที่แตกต่างจากการกระจายตัวของข้อมูลจริงอยู่มาก อาจเป็นผลมาจากการเลือกวิธีการตัดสินใจเข้าช่องจ่ายที่แตกต่างกัน ทำให้ข้อมูลจากแบบจำลองมีการกระจายตัวค่อนไปเวลาในกระบวนการเติมน้ำมันที่น้อยกว่า ส่วนข้อมูลในช่วงหลังจาก 22.00 น. การกระจายตัวของข้อมูลจากแบบจำลองและข้อมูลจริงไม่มีความแตกต่างกัน รูปที่ 5-1 และ 5-2 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่ใช้ในกระบวนการเติมน้ำมันทั้งหมด



รูปที่ 5-1 กราฟแสดงการกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่ใช้ในกระบวนการเติมน้ำมันในช่วง 20.00-22.00 น.



รูปที่ 5-2 กราฟแสดงการกระจายตัวของข้อมูลเวลาที่ใช้ในกระบวนการเติมน้ำมันในช่วงหลัง22.00 น.

5.3 การวิเคราะห์ผลที่ได้จากแบบจำลอง

หลังจากที่ได้มีการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองการจัดตารางเวลาเดินรถขนส่งด้วยการตรวจสอบความถูกต้องในการทำงาน และการตรวจสอบประสิทธิภาพในการทำงานของแบบแล้ว จึงได้นำแบบจำลองที่ได้ไปใช้จำลองการปฏิบัติงานที่เกิดขึ้นจริง

ข้อมูลการปฏิบัติงานที่นำมาใช้เป็นข้อมูลในวันที่ 17 กค. – 30 กค. 2544 รวมทั้งหมด 9 วัน โดย ข้อมูลที่เลือกใช้ประกอบด้วยข้อมูลในช่วงที่มีสถานะการขึ้น-ลงราคาน้ำมันทั้ง 3 แบบ คือ สถานะปกติ สถานะการขึ้นราคาน้ำมัน และ สถานะการลงราคาน้ำมัน เพื่อให้ข้อมูลมีลักษณะการปฏิบัติงานที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 5-4

ตารางที่ 5-4 ลักษณะของข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติงานจริง

วันที่ของข้อมูล	จำนวนคำสั่งซื้อ	จำนวนรถขนส่ง	สถานะการขึ้น-ลงราคาน้ำมัน
17 กค 2544	39	23	สถานะปกติ
18 กค 2544	59	24	สถานะปกติ
19 กค 2544	65	26	ขึ้นราคาน้ำมัน
23 กค 2544	30	20	สถานะปกติ
24 กค 2544	47	21	สถานะปกติ
25 กค 2544	58	23	สถานะปกติ
26 กค 2544	44	12	สถานะปกติ
27 กค 2544	58	24	สถานะปกติ
30 กค 2544	32	22	ลงราคาน้ำมัน

ผลลัพธ์การจัดตารางเวลาเดินรถขนส่งน้ำมันที่ได้จากแบบจำลองแสดงในภาคผนวก ค. ซึ่งได้สรุปไว้เป็น 4 ส่วน คือ

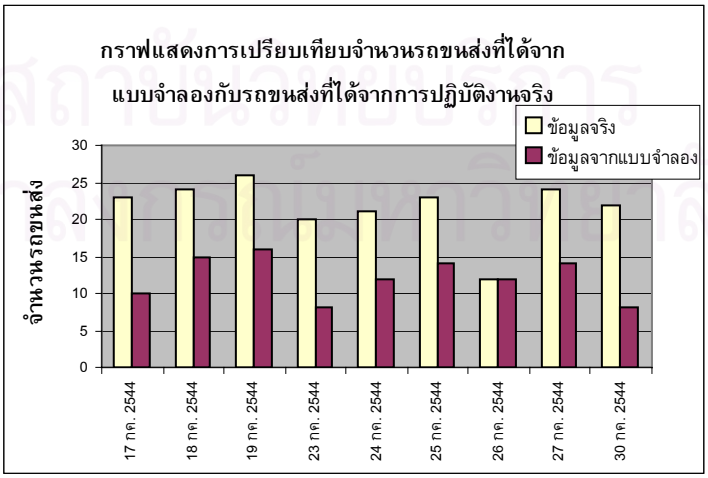
- จำนวนรถขนส่งที่ใช้ในแต่ละวัน
- เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในกระบวนการเติมน้ำมัน
- จำนวนเที่ยววิ่งใน 1 เดือน ที่พนักงานขับรถแต่ละคนได้รับ
- การตรวจสอบความเชื่อมั่นการใช้งานจริง

5.3.1 จำนวนรถขนส่งที่ใช้ในแต่ละวัน

จำนวนรถขนส่งสามารถสะท้อนประสิทธิภาพในการทำงานของแบบจำลองได้ เนื่องจากรถขนส่งที่ใช้ในแต่ละวันจะเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นของหน่วยงานตัวอย่างเอง การมีรถขนส่งเพื่อใช้ในแต่ละวันเป็นจำนวนมากทำให้ค่าใช้จ่ายในแต่ละวันสูงขึ้นตามไปด้วย การเปรียบเทียบจำนวนรถขนส่งที่ได้จากแบบจำลองกับรถขนส่งที่ใช้ในการปฏิบัติงานจริงแสดงไว้ในตารางที่ 5-5 และ รูปที่ 5-3

ตารางที่ 5-5 การเปรียบเทียบจำนวนรถขนส่งที่ได้จากแบบจำลองกับรถขนส่งที่ใช้ในการปฏิบัติงานจริง

วันที่	จำนวนรถขนส่งที่ใช้แต่ละวัน	
	ข้อมูลจริง	ผลลัพธ์จากแบบจำลอง
17 กค. 2544	23	10
18 กค. 2544	24	15
19 กค. 2544	26	16
23 กค. 2544	20	8
24 กค. 2544	21	12
25 กค. 2544	23	14
26 กค. 2544	12	12
27 กค. 2544	24	14
30 กค. 2544	22	8



รูปที่ 5-3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนรถขนส่งที่ได้จากแบบจำลองกับจำนวนรถขนส่งที่ได้จากการปฏิบัติงานจริง

จากตารางแสดงให้เห็นว่าจำนวนรถขนส่งที่ใช้ในการปฏิบัติงานจริงจะมีปริมาณมากกว่าจำนวนรถขนส่งที่ได้จากแบบจำลอง โดยค่าเฉลี่ยของรถขนส่งที่ได้จากการปฏิบัติงานจริงเท่ากับ 22 คัน ส่วน รถขนส่งที่ได้จากแบบจำลองเท่ากับ 12 คัน เท่านั้น จะเห็นว่าปริมาณรถขนส่งลดลงไปมาก ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นถึงปัญหาในการดำเนินการขนส่งของหน่วยงานตัวอย่างด้วยนโยบายเดิม คือ

- การกำหนดจำนวนรถขนส่งที่จะต้องมารับงานล่วงหน้าเป็นรายเดือน ทำให้ไม่สามารถกำหนดปริมาณรถตามจำนวนคำสั่งซื้อในแต่ละวันได้ ซึ่งทำให้ต้องวางแผนใช้รถจำนวนมากเพื่อที่จะรองรับวันที่มีการสั่งซื้อปริมาณมากๆ

- การมอบหมายงานขนส่งจากเจ้าหน้าที่ให้กับพนักงานขับรถที่พยายามให้พนักงานมีรายได้ในแต่ละวันเท่าๆ กัน ทำให้จำนวนรถขนส่งที่วางแผนไว้ล่วงหน้าจะได้รับงานเท่าๆ กันทุกคัน

5.3.2 เวลาที่ใช้ในกระบวนการเติมน้ำมันทั้งหมด

เวลาที่ใช้ในกระบวนการเติมน้ำมันทั้งหมดมีผลต่อการใช้ประโยชน์ของรถขนส่ง (Truck Utilization) ถ้าหากรถขนส่งแต่ละคันสามารถลดเวลาที่ใช้ในกระบวนการเติมน้ำมันให้น้อยที่สุดแล้ว รถขนส่งก็จะสามารถเพิ่มจำนวนเที่ยววิ่งในแต่ละวันได้ ทำให้การใช้ประโยชน์ของรถขนส่งมากขึ้นเช่นกัน

การตรวจสอบประสิทธิของผลที่ได้จากแบบจำลองทำได้โดยการตรวจสอบค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติงานจริงกับค่าเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลองโดยการตรวจสอบสมมุติฐานแบบข้างเดียว (One-Sided Test) โดยสมมุติฐานที่จะตั้งมีรูปแบบดังนี้

$H_0: \mu \geq \mu_0$ สมมุติฐานต้น

$H_1: \mu < \mu_0$ สมมุติฐานแย้ง

เมื่อ μ_0 คือ ค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในกระบวนการเติมน้ำมันทั้งหมดจากข้อมูลการปฏิบัติงานจริง และ μ คือ ค่าเฉลี่ยเวลาที่ได้จากแบบจำลอง

ตัวสถิติที่เลือกใช้ในการตรวจสอบสมมุติฐานได้เลือกใช้การทดสอบค่า Z เนื่องจากสามารถใช้ได้กับข้อมูลที่มีการแจกแจงใดๆ ที่มีขนาดมากกว่า 30 ข้อมูล เนื่องจากทฤษฎีลิมิตสู่ส่วนกลางสามารถสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของข้อมูลจะมีการแจกแจงแบบปกติ ทำให้สามารถใช้การตรวจสอบด้วย Z ได้ (กัลยา, 2539)

การปฏิเสธสมมุติฐานต้นทำได้โดยการสร้างเขตการปฏิเสธ คือ การหาค่าวิกฤต (Critical Value) คือ

$H_0: \mu \geq \mu_0$ จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $Z \geq Z_{1-\alpha}$

โดย α คือ ระดับนัยสำคัญ ซึ่งเป็นการกำหนดระดับความเชื่อมั่น ในการวิจัยส่วนนี้ได้กำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 95% หรือ $\alpha = 0.05$

การตรวจสอบสมมุติฐานเพื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติงานจริงแสดงในตารางที่ 5-6

ตารางที่ 5-6 การตรวจสอบสมมุติฐานของค่าเฉลี่ยที่ได้จากการปฏิบัติงานจริงกับค่าเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลอง โดยใช้สถิติทดสอบ Z

วันที่	ข้อมูลจริง	ข้อมูลจากแบบจำลอง		Z	Z_{1-a}	การตรวจสอบ
		ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน			
17 กค 2544	50	30	5	-21.909	-1.645	ยอมรับสมมุติฐาน
18 กค 2544	45	35	10	-5.477	-1.645	ยอมรับสมมุติฐาน
19 กค 2544	50	45	5	-5.477	-1.645	ยอมรับสมมุติฐาน
23 กค 2544	50	30	15	-7.303	-1.645	ยอมรับสมมุติฐาน
24 กค 2544	45	35	10	-5.477	-1.645	ยอมรับสมมุติฐาน
25 กค 2544	45	35	5	-10.954	-1.645	ยอมรับสมมุติฐาน
26 กค 2544	45	35	10	-5.477	-1.645	ยอมรับสมมุติฐาน
27 กค 2544	40	40	10	0.000	-1.645	ไม่ยอมรับ
30 กค 2544	55	30	15	-9.129	-1.645	ยอมรับสมมุติฐาน

จากตารางที่ 5-6 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ทั้ง 9 วัน ส่วนใหญ่แล้วผลการตรวจสอบจะยอมรับสมมุติฐาน โดยจะมีเพียง 1 วันที่ผลออกมาไม่ยอมรับสมมุติฐาน ทำให้สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้กระบวนการเติมน้ำมันทั้งหมดที่ได้จากแบบจำลองมีค่าที่ดีกว่าการปฏิบัติงานจริง

5.3.3 จำนวนเที่ยววิ่งใน 1 เดือน ที่พนักงานขับรถแต่ละคนได้รับ

จำนวนเที่ยววิ่งที่พนักงานขับรถได้รับจะสะท้อนถึงรายได้ที่พนักงานจะได้รับ เนื่องจากพนักงานขับรถจะได้รับเงินเพิ่มพิเศษจากจำนวนเที่ยววิ่ง เที่ยวละ 120 บาท การกระจายจำนวนเที่ยววิ่งให้กับพนักงานแต่ละคนให้ได้รับเท่าๆ กันในแต่ละเดือน จึงเป็นส่วนสำคัญเพื่อให้เกิดความยุติธรรมทางด้านรายได้นั่นเอง

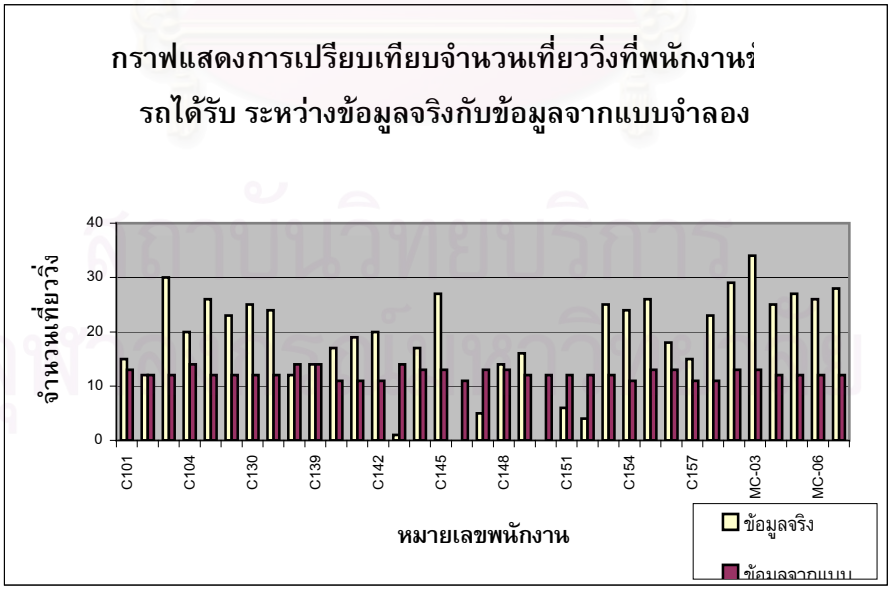
จำนวนเที่ยววิ่งที่พนักงานแต่ละคนได้รับ ซึ่งได้ใช้ข้อมูล 9 วันดังที่ได้กล่าวมาแล้วแสดงไว้ในตารางที่ 5-7 และ รูปที่ 5-4 เป็นกราฟแสดงจำนวนเที่ยววิ่งที่พนักงานแต่ละคนได้รับ

การจ่ายงานเที่ยววิ่งให้กับพนักงานขับรถที่ดีอาจกล่าวได้ว่าจำนวนเที่ยววิ่งที่ได้รับต้องอยู่ในระดับเดียวกันมากที่สุด การตรวจสอบสามารถตรวจสอบได้จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งชุดข้อมูลที่มีค่าเบี่ยงมาตรฐานสูงจะแสดงถึงลักษณะข้อมูลที่มีการกระจายอยู่ในช่วงที่กว้างๆ และค่าแตกต่างระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของข้อมูลจะสูง ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ต่ำข้อมูลจะมีการกระจายส่วนใหญ่อยู่ในระดับเดียวกัน และค่าแตกต่างระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดจะน้อย

จากการตรวจสอบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานพบว่า ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 0.93 และ ข้อมูลปฏิบัติงานจริงเท่ากับ 9.11 แสดงให้เห็นว่าการจ่ายจำนวนเที่ยววิ่งที่ให้กับพนักงานขับรถจากแบบจำลองมีการให้งานในระดับเดียวกันที่ดีกว่าข้อมูลการปฏิบัติงานจริง ดังพิจารณาจากรูปที่ 5-4 ซึ่งข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองจะอยู่ในระดับเดียวกัน ส่วนข้อมูลจากการปฏิบัติงานจริงข้อมูลจะมีความแตกต่างกันอยู่มาก

ตารางที่ 5-7 จำนวนเที่ยววิ่งที่พนักงานแต่ละคนได้รับ ใน 9 วัน

พนักงานขับรถ	จำนวนเที่ยวที่ได้รับ		พนักงานขับรถ	จำนวนเที่ยวที่ได้รับ	
	ข้อมูลจริง	แบบจำลอง		ข้อมูลจริง	แบบจำลอง
C101	15	13	C148	14	13
C102	12	12	C149	16	12
C103	30	12	C150	0	12
C104	20	14	C151	6	12
C105	26	12	C152	4	12
C112	23	12	C153	25	12
C130	25	12	C154	24	11
C135	24	12	C155	26	13
C138	12	14	C156	18	13
C139	14	14	C157	15	11
C140	17	11	MC-01	23	11
C141	19	11	MC-02	29	13
C142	20	11	MC-03	34	13
C143	1	14	MC-04	25	12
C144	17	13	MC-05	27	12
C145	27	13	MC-06	26	12
C146	0	11	MC-07	28	12
C147	5	13			



รูปที่ 5-4 กราฟแสดงจำนวนเที่ยววิ่งที่พนักงานแต่ละคนได้รับ ใน 9 วัน

5.3.4 การตรวจสอบความเชื่อมั่นการใช้งานจริง

คือ การตรวจสอบความเชื่อมั่นในการที่จะสามารถนำแบบจำลองการจัดตารางเวลาเดินรถขนส่งไปใช้ปฏิบัติงานจริง การตรวจสอบได้เลือกวิธีการแสดงความเชื่อมั่นจากผู้เชี่ยวชาญในการปฏิบัติงานด้านการจัดตารางเวลาการเดินรถขนส่ง ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้เลือกจากเจ้าหน้าที่ในตำแหน่งต่างๆ ที่ทำงานที่หน่วยงานตัวอย่างนั่นเอง เนื่องจากสามารถที่จะเข้าใจการปฏิบัติจริงได้อย่างดี ประกอบด้วย ผู้จัดการแผนกขนส่ง หัวหน้าแผนกขนส่ง เจ้าหน้าที่จัดส่ง และ เจ้าหน้าที่วิเคราะห์ระบบขนส่ง รวมทั้งหมด 6 ท่าน

การแสดงความเชื่อมั่นจากผู้เชี่ยวชาญใช้วิธีการออกแบบสอบถามให้กับผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่าน หลังจากที่ได้ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง โดยการให้คะแนนตั้งแต่ 0 ถึง 5 ซึ่งคะแนนเท่ากับ 5 หมายถึงมีความเชื่อมั่นสูงว่าแบบจำลองจะสามารถนำไปปฏิบัติจริงได้ และคะแนน 0 หมายถึงมีความเชื่อมั่นน้อยมากว่าแบบจำลองจะสามารถนำไปปฏิบัติจริงได้ ผลการให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านแสดงในตารางที่ 5-8

ตารางที่ 5-8 ผลการให้คะแนนความเชื่อมั่นของแบบจำลองจากผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญ	คะแนน
ผู้จัดการแผนกขนส่ง	4
หัวหน้าแผนกขนส่ง	3
เจ้าหน้าที่จัดส่งที่ 1	5
เจ้าหน้าที่จัดส่งที่ 2	4
เจ้าหน้าที่จัดส่งที่ 3	5
เจ้าหน้าที่วิเคราะห์ระบบขนส่ง	4

จากคะแนนที่ได้ในตารางที่ 5-8 แสดงให้เห็นว่าระดับความเชื่อมั่นในการที่จะนำแบบจำลองไปใช้ปฏิบัติงานจริงอยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างสูง แต่เจ้าหน้าที่ระดับบริหารของหน่วยงานตัวอย่างจะให้คะแนนความเชื่อมั่นในระดับที่ต่ำกว่าเจ้าหน้าที่ระดับปฏิบัติงาน โดยให้เหตุผลดังนี้

- การเปลี่ยนนโยบายในด้านการดำเนินการขนส่งเป็นการวางแผนในระยะยาว ซึ่งทำให้ไม่อาจสรุปแน่ชัดได้ว่าการวาง

แผนการจัดส่งจากแบบจำลองจะไม่มีปัญหาใดๆ ในการปฏิบัติงานจริง

- การไม่สามารถควบคุมการปฏิบัติงานของพนักงานขับรถให้ปฏิบัติตามที่แบบจำลองวางแผนไว้ 100% ทำให้เกิดความผิดพลาดในการวางแผนได้

- อาจเกิดการต่อต้านจากพนักงานขับรถบางส่วน ที่คิดว่าเจ้าหน้าที่ฝ่ายบริหารพยายามที่จะลดจำนวนรถขนส่ง และพนักงานขับรถ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 บทสรุป

การวิจัยได้พัฒนาแบบจำลองการจัดตารางเวลาเดินรถขนส่ง ซึ่งได้เลือกศึกษาหน่วยงานตัวอย่างที่เป็นคลังน้ำมันของบริษัทน้ำมันคาลเท็กซ์ (ไทย) จำกัด ซึ่งจะทำหน้าที่ขนส่งผลิตภัณฑ์ต่างๆ ด้วยรถบรรทุก 10 ล้อ ให้กับลูกค้าที่อยู่ในพื้นที่กรุงเทพฯ และปริมณฑล โดยได้แบ่งการวิจัยออกเป็นส่วนๆ ดังนี้

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

6.1.1 การศึกษาปัญหาของการวิจัย

หน่วยงานตัวอย่างทำหน้าที่จัดส่งผลิตภัณฑ์น้ำมันไปให้กับลูกค้าต่างๆ ซึ่งประกอบด้วยลูกค้าที่เป็นสถานีบริการ และโรงงานอุตสาหกรรม ที่อยู่ในพื้นที่กรุงเทพฯ และปริมณฑล ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ที่มีการขนส่งมี 2 ผลิตภัณฑ์ คือ น้ำมันใส กับน้ำมันเตา โดยการศึกษาได้เลือกทำการศึกษาเฉพาะน้ำมันใส เนื่องจากการปฏิบัติงานมีการแบ่งอย่างชัดเจน ทั้งชนิดของรถ คนขับ และ ช่องเติมน้ำมัน นอกจากนั้นน้ำมันใสยังมีจำนวนการสั่งซื้อที่มากกว่าน้ำมันเตา น้ำมันใสยังแบ่งออกได้อีก 3 ประเภท คือ น้ำมันเบนซินชนิด 95 น้ำมันเบนซินชนิด 91 และ น้ำมันดีเซล

การขนส่งให้กับลูกค้าได้ใช้การขนส่งด้วยรถขนส่ง ซึ่งเป็นรถ 10 ล้อ มีถังน้ำมันขนาด 16,000 ลิตร โดยประกอบด้วย 4 ช่อง ช่องละ 4,000 ลิตร หน่วยงานตัวอย่างมีนโยบายในการขนส่งแบบเต็มคัน ทำให้ลูกค้าที่สั่งน้ำมันจะสั่งให้ครบช่องบรรทุก

การขนส่งจะทำได้เฉพาะเวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 22.00 น. ถึง 6.00 น. ของอีกวัน เนื่องจากปัญหาการห้ามรถบรรทุกเข้าเมืองในช่วงที่มีการจราจรติดขัด ทำให้การขนส่งของหน่วยงานตัวอย่างทำได้ในช่วงเวลา 8 ชั่วโมง

ปัจจุบันการจัดตารางเวลาของหน่วยงานตัวอย่างได้ใช้การจัดจากพนักงานการจัดตารางขนส่ง ซึ่งยังใช้การตัดสินใจมอบหมายงานให้กับพนักงานขับรถเพียงจำนวนงานที่จะได้รับในแต่ละวันให้ได้รับเท่ากันๆ ไม่มีการกำหนดเวลา และลำดับการทำงานก่อนหลัง ทำให้การเกิดโอกาสที่รถขนส่งจะกลับมาเติมน้ำมันที่คลังพร้อมๆ กันเป็นไปได้สูง และทำให้เกิดมีแถวคอยในการรอเติมน้ำมันเกิดขึ้น นอกจากนั้นยังมีปัญหาเกี่ยวกับรถของลูกค้าขายส่ง ซึ่งเป็นรถที่ลูกค้านำมาเติมน้ำมันเองที่คลัง ซึ่งทางพนักงานจัดตารางเวลาไม่สามารถที่จะประมาณเวลาในการมา และจำนวนได้อย่างถูกต้อง

ขั้นตอนในการปฏิบัติงานขนส่งของพนักงาน ในแต่ละวันจะประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลักๆ คือ

1. การตรวจสอบเอกสาร พนักงานขับรถจะให้เจ้าหน้าที่ตรวจสอบเอกสารการสั่งน้ำมันของลูกค้าก่อนที่จะมีการเติมน้ำมัน
2. นำรถขนส่งไปรอที่แถวคอย
3. เข้าเติมน้ำมันตามที่ระบุไว้ในเอกสาร
4. ตรวจสอบน้ำมันและค่า API ก่อนที่จะนำไปส่งให้ลูกค้า

จากปัญหาที่ได้กล่าวมาแล้วสามารถสรุปปัญหาของการวิจัยในครั้งนี้ได้ดังนี้

1. การวิจัยครั้งนี้สามารถแก้ปัญหาด้ายการพัฒนาแบบจำลองด้านการจัดตารางเวลาขนส่งเท่านั้น เนื่องจากนโยบายการขนส่งแบบเต็มคัน
2. การเกิดความแออัดที่ช่องจ่ายน้ำมัน และความไม่แน่นอนในการมารับบริการของลูกค้าขายส่ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. การที่กระจายรายได้ให้กับพนักงานขับรถอย่างไม่ยุติธรรม

4. ข้อจำกัดทางด้านการห้ามรถบรรทุกเข้าเมือง ทำให้การปฏิบัติงานขนส่งทำได้เพียง 8 ชั่วโมง ในเวลากลางคืน

6.1.2 ทำการทบทวนทฤษฎีและผลงานที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยได้ทำการทบทวนทฤษฎีทางด้านการจัดตารางเวลาของงานที่ประกอบด้วยเครื่องจักรหลายเครื่องทำงานตามลำดับขั้นตอน (Flow shop) โดยการพัฒนาวิธีการสลับที่ของงาน (Permutation) มาใช้ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและไม่ซับซ้อน และสามารถใช้ได้กับงานที่ประกอบด้วยเครื่องจักรจำนวนมากๆ ได้ ซึ่งเหมาะสมกับลักษณะปัญหาของงานที่เกิดขึ้น ซึ่งได้ประยุกต์เทคนิคการค้นหาคำตอบแบบทาบู (Tabu search) มาใช้เพื่อให้สามารถค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดมาใช้กับวิธีการสลับที่ของงานอีกด้วย

การศึกษาผลงานวิจัยที่ผ่านมาที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหาการขนส่งรถน้ำมันต่างๆ ส่วนใหญ่เป็นงานด้านการจัดเส้นทาง และการจัดเส้นทางพร้อมทั้งการจัดตารางเวลา โดยที่ไม่มีการนำเอาเวลาที่ใช้ในกระบวนการเติมน้ำมันต่างๆ มาใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง เป็นเพียงการประมาณเวลาคราวๆ เท่านั้น ทำให้การวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนาการจัดตารางเวลาที่นำเอาเวลาที่ใช้ในกระบวนการเติมน้ำมันมาพัฒนาแบบจำลองด้วย

6.1.3 การสำรวจและรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ ข้อมูลเวลาที่ใช้ในกระบวนการเติมน้ำมันทั้งหมด ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการขนส่งทั้งหมด และข้อมูลเกี่ยวการมารับบริการของลูกค้าขายส่ง โดยข้อมูลที่นำมาใช้ในการพัฒนาและตรวจสอบแบบจำลองได้เลือกในช่วงเวลาที่มีสถานะของการขึ้น-ลง ราคาทั้ง 3 แบบ คือ สถานะปกติ สถานะการขึ้นราคาน้ำมัน และสถานะการลงราคาน้ำมัน

ข้อมูลเวลาที่ใช้ในกระบวนการเติมน้ำมันทั้งหมดประกอบด้วย เวลาที่พนักงานขับรถใช้ในการตรวจสอบเอกสาร เวลาที่ใช้ในแถวคอย เวลาที่ใช้ในการเติมน้ำมัน และเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบน้ำมันและค่า API ในการเก็บข้อมูลได้ตรวจสอบถึงผลกระทบของสถานะการขึ้น-ลงน้ำมันด้วย

ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการขนส่งทั้งหมด ได้ทำการเก็บโดยการจดบันทึกจากพนักงานขับรถ ในการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้เวลาตั้งแต่รถออกจากคลัง จนกระทั่งรถกลับมายังคลังอีกครั้ง นอกจากนั้นยังตั้งระดับความเชื่อมั่นของข้อมูลที่ได้อยู่ในระดับ 5 นาที

ข้อมูลการมารับบริการของลูกค้าขายส่ง ซึ่งเป็นส่วนที่มีความไม่แน่นอนของระบบ จะประกอบด้วยเวลาในการมารับบริการ และผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าประเภทนี้จะสั่งซื้อ

6.1.4 การพัฒนาแบบจำลอง

การพัฒนาแบบจำลองได้แบ่งกระบวนหลักของแบบจำลองออกเป็น 3 กระบวนการหลัก ดังนี้

1. กระบวนการจัดงานทั้งหมดให้กับรถขนส่ง เพื่อให้เกิดอรรถประโยชน์ของรถสูงสุด ทำหน้าที่จัดงานขนส่งที่จะทำส่งในแต่ละวันให้กับรถขนส่งที่สร้างโดยแบบจำลอง โดยงานที่รถแต่ละคันได้รับจะต้องไม่เกิน 8 ชั่วโมง หากเกินก็จะส่งให้กับรถขนส่งคันอื่น การพัฒนากระบวนการได้กำหนดสมมุติฐานคือ จัดงานให้รถขนส่งแต่ละคันให้เวลาช่วงที่รถขนส่งแต่ละคันจอดนิ่งเฉยๆ ให้เกิดน้อยที่สุด ผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการนี้คือ งานที่จัดให้รถขนส่งแต่ละคัน

2. กระบวนการจัดลำดับที่ของงานในรถขนส่งที่ผ่านกระบวนการจัดงานทั้งหมด เพื่อทำการลดเวลาที่ใช้ในกระบวนการเติมน้ำมันให้น้อยที่สุด กระบวนการนี้นำเอางานที่จัดให้รถขนส่งในกระบวนการแรกมาจัดลำดับให้เหมาะสม โดยสมมุติฐานคือ ให้เวลาที่ใช้ในกระบวนการเติมน้ำมันของรถทั้งหมดให้น้อยที่สุด ซึ่งคือจำนวนรถที่มารอเติมน้ำมันในช่วงเวลาต่างๆ ให้น้อยที่สุดนั้นเอง เป็นการลดความแออัดและเวลาในใช้ในกระบวนการนี้ให้น้อยที่สุด ผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการนี้จะเป็นลำดับที่ของงานในรถขนส่งแต่ละคัน

3. กระบวนการมอบหมายงานที่ผ่านการจัดลำดับที่ของงานให้กับพนักงานขับรถ ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อให้พนักงานขับรถได้งานเที่ยววิ่งในแต่ละเดือนในระดับที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด นอกจากนั้นยังเป็นการตรวจสอบว่ารถที่ใช้ขนส่งในวันนั้น จะต้องมีจำนวนเท่าไร

6.1.5 การตรวจสอบและวิเคราะห์ผล

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของแบบจำลอง (Verification) และ การตรวจสอบประสิทธิภาพในการทำงานของแบบจำลอง (Validation)

การตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของแบบจำลองได้เน้นที่การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การตรวจสอบโครงสร้างของโปรแกรม เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเมื่อเทียบกับแผนผังของโปรแกรม

2. การตรวจสอบการลงรหัสของโปรแกรมให้ถูกต้องตามรูปแบบของโปรแกรมกำหนด

3. การทดสอบโปรแกรม จากข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม เทียบกับการคำนวณด้วยมือ

4. การตรวจสอบค่าและความสัมพันธ์ของข้อมูล เป็นการตรวจสอบความเป็นไปได้ของข้อมูลที่เกิดขึ้นขณะที่ทำการรันโปรแกรมว่าถูกต้องตามที่กำหนดไว้หรือไม่

การตรวจสอบประสิทธิภาพในการทำงานของแบบจำลอง เน้นที่การตรวจสอบแบบจำลองพฤติกรรมแถวคอยที่ช่องจ่ายน้ำมัน เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองนี้ไปใช้ในการตัดสินใจของแบบจำลองอื่นๆ ทำให้ความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้มีความสำคัญมาก การตรวจสอบได้ใช้วิธีการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลการปฏิบัติงานจริงว่ามีความสอดคล้องกันหรือไม่ ตัวทดสอบที่ใช้เป็นการทดสอบด้วย

ไคว์สแควร์ (Chi-Square Test) ซึ่งผลการตรวจสอบได้พบว่าผลที่ได้จากแบบจำลองมีความสอดคล้องกับข้อมูลการปฏิบัติงานจริง

การวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นได้ทำการวิเคราะห์จากผลลัพธ์ที่ได้ 4 ส่วน คือ จำนวนรถขนส่ง เวลาที่ใช้ในกระบวนการเติมน้ำมันทั้งหมด จำนวนงานเที่ยววิ่งที่พนักงานขับรถได้รับ และการตรวจสอบความเชื่อมั่นในการใช้งานจริง แบบจำลองได้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการให้คำตอบซึ่งสามารถให้ค่าที่ดีกว่าการปฏิบัติงานจริง และได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่แบบจำลองได้ตั้งไว้ นอกจากนั้นยังได้มีการตรวจสอบความเชื่อมั่นของแบบจำลองว่าสามารถนำไปใช้กับการปฏิบัติงานจริงด้วยการให้คะแนนจากผู้เชี่ยวชาญในงานด้านการขนส่งตำแหน่งต่างๆ การประเมินที่ได้สามารถสรุปได้ว่าความเชื่อมั่นในการนำไปใช้งานของแบบจำลองอยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างสูง

6.2 ข้อเสนอแนะ

การวิจัยการจัดตารางเวลาการเดินรถขนส่งที่จะดำเนินการในอนาคต ควรจะพิจารณาให้ดำเนินการตามแนวทางดังต่อไปนี้

1. การพัฒนาแบบจำลองควรที่พัฒนาเทคนิคการหาคำตอบอื่นๆ มาใช้เปรียบเทียบผลที่ได้ เพื่อให้เห็นประสิทธิภาพของวิธีต่างๆ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบเพียงผลที่ได้จากแบบจำลองด้วยวิธี Tabu Search กับผลที่ได้จากการปฏิบัติงานจริงเท่านั้น

2. การพัฒนาแบบจำลองด้านการจัดตารางเวลาควรมีการคำนึงถึงเหตุการณ์ที่อาจมีผลต่อการล่าช้า ที่เป็นเหตุให้เกิดผลกระทบต่อการจัดตารางเวลา เช่น การเกิดรถเสียขณะทำการขนส่ง การเกิดอุบัติเหตุ หรือการเกิดความผิดพลาดของอุปกรณ์ โดยในการวิจัยครั้งนี้ได้ตัดเหตุการณ์เหล่านี้ออกจากการศึกษา

3. แบบจำลองที่พัฒนาควรที่จะมีการนำไปใช้ในการปฏิบัติจริง เพื่อที่จะทำให้สามารถเห็นปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน

4. การพัฒนาแบบจำลองจะสามารถช่วยในการสนับสนุนการตัดสินใจมากขึ้นหากมีการนำเสนอในรูปที่เป็นกราฟฟิก ที่ง่ายต่อการเข้าใจ ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจ และตัดสินใจได้ง่ายขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กฤษไกร มนิมนากร. 2538. การจัดเส้นทางรถขนส่งน้ำมัน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาอุตสาหการ บัญฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2539. การวิเคราะห์สถิติ : สถิติเพื่อการตัดสินใจ. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประสิทธิ์ สวราชย์. 2541. การใช้ฮิวริสติกส์แบบทาบูเพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับเทคโนโลยีกลุ่มที่มีทางเลือกแผนกระบวนการผลิตหลายแบบ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาอุตสาหการ บัญฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาต่างประเทศ

Baker, K. R., 1974. Introduction to Sequencing And Scheduling. John Wiley & Sons Inc.

Barry, R., and Ralph, M.S. Jr., 1997. Quantitative Analysis for Management, 6th ed., New jersey: Prentice-Hall, Inc.

Bierwirth, C., Mattfeld, D. C., Kopfer, H., 1996. On Permutation Representations for Scheduling Problems. Department of economics, University of Bremen.

Carson, J.S., 1993. Modeling and simulation world view. Proceeding of The 1993 Winter Simulation Conference, pp. 18-23. Piscataway, NJ

Chetbundhit, C., 1990. Routing and Scheduling Problem: A Case Study of Gasoline Distribution in Greater Bangkok. AIT Thesis.

Conway, R. W., 1965. Priority dispatching and work in process inventory in a job shop. Journal of Industrial Engineering. Vol. 16, No. 2

Dantzig, G. B., Ramser, J. H., 1959. The truck dispatching problem. Management Science. Vol. 6, pp 80.

Davis, L., 1985. Job shop scheduling with Genetic Algorithms. Proceeding of The 1st International Conference on Genetic Algorithms, Lawrence Erlbaum.

De werra, D., and Hertz., 1989. Tabu Search Techniques: A Tutorial and An Application to Neural Networks. OR Spektrum 11, pp. 131-141.

Girsch, M., and Skele G., 1994. Comparison of iterative improvement techniques for schedule optimization. Christian Doppler Laboratory for Expert Systems. Technical university of Vienna.

Jerry B.,1999. Introduction to simuation. Proceeding of The 1999 Winter Simulation Conference. pp. 7-13 ,Piscataway, NJ

Jirakraisri, S., 1992. Computer Scheduling of Gasoline Delivery from One Depote to A Number of Delivery Points. AIT Thesis.

Kedia, F. L., 1968. Toward the development of a complete multi-project scheduling. Journal of Industrial Engineering. Vol. 19, No. 10.

Koylu, R., 2000. Tabu Search. Department of Industrial Engineering University of Bilkent.

Kulkarni, R., 1991. Scheduling with the CPM procedure. Proceedings of The Sixteenth Annual SAS Users Group International Conference.

Law, A.M. and W.D. Kelton, 1991. Simulation Modeling and Analysis. 2nd ed.,NewYork: McGraw-Hill.

Porto, S., Ribeiro, C., 1992. A Tabu Search Approach to Task Scheduling on Heterogeneous Process under Precedence Constraints. Department of Data Information, University of Pontificia, Brazil.

Raymond, R.H., 1998. An analytical comparison of optimization problem generation methodologies. Proceeding of The 1993 Winter Simulation Conference. eds. J.T. Tew, S. Manivannan, D.A. Sadowski.

Stewart, V.H., and Ronal F. P., 1989. Simulation : A Problem-Solving Approach. New York: Addison-Wesley, Inc.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง
(Continuous Distribution)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ Shifted Negative Exponential Distribution

ฟังก์ชั่นความน่าจะเป็น

$$P(t) = \int f(t) = \int \lambda e^{-\lambda(t-\alpha)}$$

เมื่อ $\lambda = \frac{1}{(\bar{t} - \alpha)}$

α คือ Shifted parameter

$\bar{t}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

องศาความเป็นอิสระ

$$N = (I - 1) - p$$

เมื่อ I คือ จำนวนช่วงในอันตรภาคชั้น

p คือ พารามิเตอร์ที่ถูกประมาณโดยการกระจายตัว มีค่า = 2

2. การกระจายตัวแบบ Lognormal

ฟังก์ชั่นความน่าจะเป็น

$$\log P(t) = \frac{Z_{t2}}{S} - \frac{Z_{t1}}{S}$$

เมื่อ $Z_{t1, t2} = \log(t1, t2) - \log(\bar{t})$

$$S = \frac{1}{2}\log(\frac{\bar{t}}{\alpha})$$

α คือ Shifted parameter

$\bar{t}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

องศาความเป็นอิสระ

$$N = (I - 1) - p$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อ I คือ จำนวนช่วงในอันตรภาคชั้น
p คือ พารามิเตอร์ที่ถูกประมาณโดยการกระจายตัว มีค่า = 2

3. การกระจายตัวแบบ Negative Exponential Distribution

<u>ฟังก์ชั่นความน่าจะเป็น</u>

$$P(t) = \int f(t) = \int \lambda e^{-\lambda t}$$

เมื่อ $\lambda = \frac{1}{(\bar{t} - \alpha)}$
$\bar{t}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

<u>องศาความเป็นอิสระ</u>

$$N = (I - 1) - p$$

เมื่อ I คือ จำนวนช่วงในอันตรภาคชั้น
p คือ พารามิเตอร์ที่ถูกประมาณโดยการกระจายตัว มีค่า = 1

4. การกระจายตัวแบบ Normal

<u>ฟังก์ชั่นความน่าจะเป็น</u>

$$P(t) = \int f(t) = \int \frac{1}{\delta\sqrt{2\pi}} . e^{-\frac{(t-\bar{t})^2}{2\delta^2}}$$

เมื่อ δ^2 คือ ค่าความแปรปรวน
$\bar{t}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>องศาความเป็นอิสระ</u>

$$N = (I - 1) - p$$

เมื่อ I คือ จำนวนช่วงในอันตรภาคชั้น

p คือ พารามิเตอร์ที่ถูกประมาณโดยการกระจายตัว มีค่า = 1

5. การกระจายตัวแบบ Erlang

<u>ฟังก์ชั่นความน่าจะเป็น</u>

$$P(t) = \int f(t) = \int \frac{\lambda}{(K-1)!}.(\lambda t)^{K-1}.e^{-\lambda t}$$

เมื่อ $K = \bar{t} / S$ โดยที่ K เป็นค่าจำนวนเต็มบวก

$\lambda = K / \bar{t}$

$\bar{t}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

S^2 คือ ค่าความแปรปรวนของข้อมูล

<u>องศาความเป็นอิสระ</u>

$$N = (I - 1) - p$$

เมื่อ I คือ จำนวนช่วงในอันตรภาคชั้น

p คือ พารามิเตอร์ที่ถูกประมาณโดยการกระจายตัว มีค่า = 2

6. การกระจายตัวแบบ Gamma

<u>ฟังก์ชั่นความน่าจะเป็น</u>

$$P(t) = \int f(t) = \int (\lambda / \Gamma(K))(\lambda t)^{K-1} e^{-\lambda t}$$

เมื่อ $K = \bar{t} / S$ โดยที่ K เป็นค่าจำนวนจริงบวก

$\lambda = K / \bar{t}$

$\bar{t}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

S^2 คือ ค่าความแปรปรวนของข้อมูล

<u>องศาความเป็นอิสระ</u>

$$N = (I - 1) - p$$

เมื่อ I คือ จำนวนช่วงในอันตรภาคชั้น

p คือ พารามิเตอร์ที่ถูกประมาณโดยการกระจายตัว มีค่า = 2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองการจัดตารางเวลาการเดินรถขนส่ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-1 ข้อมูลพื้นฐานของลูกค้าของหน่วยงานตัวอย่าง

ลำดับที่	รหัสลูกค้า	ลูกค้า.	DRC code	เวลาที่ใช้ในการขนส่งทั้งหมด (นาที)
1	131300502	A-00001	103301	60
2	45661135	A-00002	670801	120
3	132000236	A-00003	101905	120
4	131232700	A-00004	100601	90
5	131102308	A-00005	110102	100
6	45660445	A-00006	800102	90
7	131512600	A-00007	101902	90
8	45660578	A-00008	250202	90
9	131172307	A-00009	103704	75
10	131890304	A-00010	110301	120
11	131925103	A-00011	103401	95
12	132000404	A-00012	103301	60
13	45660017	A-00013	101401	65
14	132001664	A-00014	510302	65
15	131054005	B-00001	180102	90
16	131828305	B-00002	100905	90
17	133072205	B-00003	100402	50
18	131460101	B-00004	100402	50
19	133190208	B-00005	103102	50
20	134000529	B-00006	101203	50
21	131367509	B-00007	110403	120
22	131315009	B-00008	103401	95
23	131074102	B-00009	100307	125
24	132000629	B-00010	740202	50
25	131138103	B-00011	740202	50
26	131521107	B-00012	103303	115
27	133521200	B-00013	110308	115
28	45660041	B-00014	120102	75
29	131008804	B-00015	801602	75
30	133563806	B-00016	100502	75
31	133563909	B-00017	841713	75
32	133023700	B-00018	310101	75
33	45660653	B-00019	160101	85
34	132000471	B-00020	501601	85
35	45660047	B-00021	100905	85
36	132000961	B-00022	730107	85
37	45661095	B-00023	950101	85
38	131112800	B-00024	720101	85
39	131247506	B-00025	740210	90
40	131313906	B-00026	400101	120
41	133726203	B-00027	120405	120
42	133726306	B-00028	500901	120
43	45660315	B-00029	800102	120
44	131038908	B-00030	411102	120
45	132001068	B-00031	102005	120
46	45660038	C-00001	400101	70
47	131955300	C-00002	660405	70
48	131201209	C-00003	102302	120
49	133538109	C-00004	102302	120
50	132000610	C-00005	110407	120
51	131032702	C-00006	102401	90
52	45660480	C-00007	500114	125
53	131183907	C-00008	570801	125
54	131085001	C-00009	730103	90
55	132001237	C-00010	120104	95
56	134000850	C-00011	130305	95
57	132001779	C-00012	110104	85

ลำดับที่	รหัสลูกค้า	ลูกค้า.	DRC code	เวลาที่ใช้ในการขนส่งทั้งหมด (นาที)
69	131781901	C-00024	103101	60
70	132000890	C-00025	103101	70
71	131114305	C-00026	740202	50
72	132000998	C-00027	101204	150
73	134000671	C-00028	110408	150
74	45660797	C-00029	840102	100
75	132000531	C-00030	110110	120
76	131335807	C-00031	860402	85
77	131192909	C-00032	110403	120
78	131507701	C-00033	101905	120
79	132001796	C-00034	110403	120
80	131376501	C-00035	110301	120
81	45660331	C-00036	103102	65
82	131029401	C-00037	101702	65
83	131863205	D-00001	840102	100
84	131530501	D-00002	110407	120
85	45661085	D-00003	102209	110
86	45661005	D-00004	200501	95
87	131918307	D-00005	670113	95
88	45660181	D-00006	760121	70
89	131512507	D-00007	710106	70
90	45660035	D-00008	140602	70
91	131199904	D-00009	841713	70
92	45661088	D-00010	830101	100
93	132000459	D-00011	102201	100
94	45660590	D-00012	720118	100
95	131294506	D-00013	860112	90
96	45661129	D-00014	120103	90
97	132000972	D-00015	104001	90
98	45660193	D-00016	650101	100
99	131014007	D-00017	100401	100
100	131216603	D-00018	200208	125
101	131707802	D-00019	920101	125
102	45660166	D-00020	930511	75
103	131256106	D-00021	710904	75
104	131598008	D-00022	240201	65
105	133161305	D-00023	101203	110
106	45660005	D-00024	110101	75
107	131008206	D-00025	540601	75
108	45661136	D-00026	260103	110
109	131053206	D-00027	500106	110
110	45661113	D-00028	801501	90
111	131921804	D-00029	302004	90
112	45660190	D-00030	150111	100
113	45660658	D-00031	102303	85
114	131960807	D-00032	730614	85
115	45661103	D-00033	950601	75
116	131715304	D-00034	260101	75
117	131213103	D-00035	240103	125
118	45660520	D-00036	340101	75
119	131162908	D-00037	130107	75
120	45660354	D-00038	650101	60
121	45660453	D-00039	920101	90
122	131456001	D-00040	200104	90
123	45660176	D-00041	860110	70
124	131511605	D-00042	150606	70
125	45660941	D-00043	450103	85
126	131399603	D-00044	110101	85
127	131052902	D-00045	240201	65
128	45660063	D-00046	120104	60

ลำดับที่	รหัสลูกค้า	ลูกค้า.	DRC code	เวลาที่ใช้ในการขนส่งทั้งหมด (นาที)
141	132000267	D-00059	961101	85
142	45661098	D-00060	250108	95
143	131664408	D-00061	400101	95
144	45660185	D-00062	400101	95
145	139000002	D-00063	110115	95
146	45660161	D-00064	730107	95
147	132000023	D-00065	110101	95
148	45661099	D-00066	670508	85
149	132001036	D-00067	120103	85
150	131709606	D-00068	740202	50
151	131189701	D-00069	100601	90
152	131963400	E-00001	103401	95
153	45660779	E-00002	841501	150
154	132000288	E-00003	110402	150
155	45660031	F-00001	330107	60
156	131120106	F-00002	650108	60
157	45661009	F-00003	200104	85
158	131944009	F-00004	500108	85
159	132000076	G-00001	103301	60
160	131255709	G-00002	840102	100
161	132001778	H-00001	100402	120
162	132000645	H-00002	103704	75
163	134000491	H-00003	200708	125
164	132000714	H-00004	110111	125
165	134000505	H-00005	200708	125
166	134001231	H-00006	110111	125
167	45660446	H-00007	160301	105
168	45660768	H-00008	720118	120
169	131715407	H-00009	103704	75
170	131091307	I-00001	140602	70
171	131333209	J-00001	103301	70
172	45661097	J-00002	200105	70
173	131659509	J-00003	104501	70
174	133853404	J-00004	330116	70
175	133854801	J-00005	130201	70
176	131220208	J-00006	103401	95
177	133923505	J-00007	110407	120
178	133659303	J-00008	200707	90
179	131659200	J-00009	200702	90
180	131597807	J-00010	110403	120
181	131177302	K-00001	101203	110
182	45660059	K-00002	650108	60
183	131163006	K-00003	960102	60
184	45660042	K-00004	141104	65
185	131008907	K-00005	110104	65
186	131069605	K-00006	100404	90
187	45660192	K-00007	103301	90
188	131805409	K-00008	180402	90
189	131122003	K-00009	110301	120
190	132001529	K-00010	210701	60
191	45660020	K-00011	110101	105
192	45660308	K-00012	910102	60
193	131000701	K-00013	840101	60
194	131106504	K-00014	740210	90
195	132001508	K-00015	650101	60
196	131174606	K-00016	101203	110
197	131109901	K-00017	110407	120
198	45660782	K-00018	310701	65
199	131496308	K-00019	102207	65
200	133532501	K-00020	930103	65

ลำดับที่	รหัสลูกค้า	ลูกค้า.	DRC code	เวลาที่ใช้ในการขนส่งทั้งหมด (นาที)
213	131614506	L-00006	650101	120
214	45661138	L-00007	102701	75
215	132000342	L-00008	140602	75
216	132000831	L-00009	110308	105
217	132000171	L-00010	740202	50
218	131578509	L-00011	101203	110
219	131183103	L-00012	650101	60
220	131462008	M-00001	100905	90
221	131941808	M-00002	100905	90
222	131173209	M-00003	101203	110
223	131198002	M-00004	101203	110
224	45660800	M-00005	400115	80
225	131886008	M-00006	501403	80
226	131649708	M-00007	101203	110
227	131918802	M-00008	101002	75
228	45661007	N-00001	500906	110
229	131103901	N-00002	720712	110
230	131724708	N-00003	500112	90
231	132001675	N-00004	110201	120
232	134001446	N-00005	101103	120
233	132000641	N-00006	110301	120
234	45660766	N-00007	900101	100
235	131444808	N-00008	200105	100
236	131341103	N-00009	110101	105
237	45660050	N-00010	140606	75
238	131928304	N-00011	104301	75
239	131100102	N-00012	110407	120
240	45660734	N-00013	220201	160
241	132000564	N-00014	760207	160
242	45661031	N-00015	130302	90
243	131992406	N-00016	501201	90
244	45660159	N-00017	900101	90
245	139000001	N-00018	104002	90
246	45660164	P-00001	100801	120
247	131011002	P-00002	120104	120
248	45660691	P-00003	450101	105
249	131631206	P-00004	841701	105
250	45661106	P-00005	210702	85
251	131791506	P-00006	770102	85
252	132001565	P-00007	103101	70
253	133265809	P-00008	103704	75
254	131230308	P-00009	100905	90
255	45661128	P-00010	331001	90
256	132001398	P-00011	760121	90
257	131176905	P-00012	101203	110
258	131441401	P-00013	100402	120
259	133476005	P-00014	110403	120
260	132001294	P-00015	110101	105
261	45660199	P-00016	530109	110
262	131032001	P-00017	570701	110
263	132001183	P-00018	110102	100
264	45661043	P-00019	160612	120
265	131094601	P-00020	220103	120
266	132000407	P-00021	110101	105
267	133375506	P-00022	101905	120
268	45660007	P-00023	340101	60
269	131435002	P-00024	110308	105
270	131718309	P-00025	110308	105
271	45661081	P-00026	540101	85
272	131195502	P-00027	720117	85

ลำดับที่	รหัสลูกค้า	ลูกค้า.	DRC code	เวลาที่ใช้ในการขนส่งทั้งหมด (นาที)
285	134000225	P-00040	110601	120
286	131768706	P-00041	110601	120
287	133959702	P-00042	210114	120
288	131538305	P-00043	101203	110
289	132000186	P-00044	110304	130
290	131674405	R-00001	103301	60
291	45661112	R-00002	341510	120
292	45660443	R-00003	740202	115
293	131026705	R-00004	302102	115
294	45660778	R-00005	500106	95
295	131199409	R-00006	540409	95
296	45660170	R-00007	500112	90
297	132001210	R-00008	110403	120
298	132000592	R-00009	190905	90
299	45660182	R-00010	260112	90
300	131577102	R-00011	401017	90
301	45661118	R-00012	710103	105
302	131865803	R-00013	570114	105
303	131179807	R-00014	400101	120
304	131622709	R-00015	103302	90
305	133156602	R-00016	103302	90
306	45660612	R-00017	240105	90
307	131841108	S-00001	110301	120
308	45661115	S-00002	620101	85
309	131278007	S-00003	400101	85
310	133559603	S-00004	101601	85
311	133562007	S-00005	103303	85
312	133220600	S-00006	100308	135
313	45661023	S-00007	300101	135
314	131281906	S-00008	730107	135
315	131970608	S-00009	700108	95
316	45660177	S-00010	160301	60
317	131511708	S-00011	860110	60
318	45661015	S-00012	110308	105
319	131407104	S-00013	110110	180
320	133988203	S-00014	110110	180
321	133841603	S-00015	740202	50
322	131790305	S-00016	190208	90
323	132001714	S-00017	101203	60
324	131176802	S-00018	101203	60
325	132001921	S-00019	240105	90
326	131002309	S-00020	341510	120
327	132001406	S-00021	101203	110
328	45660410	S-00022	470101	60
329	131969307	S-00023	110403	120
330	132000074	S-00024	103301	60
331	132001185	S-00025	110101	105
332	132001263	S-00026	100404	90
333	45661120	S-00027	860112	110
334	131715706	S-00028	301401	110
335	45661148	S-00029	400501	115
336	131593405	S-00030	650105	115
337	45661153	S-00031	720118	100
338	45660806	S-00032	210311	90
339	131111506	S-00033	960101	90
340	45660479	S-00034	820101	95
341	131106607	S-00035	341901	95
342	45661111	S-00036	170601	60
343	45661124	S-00037	340701	45
344	131907408	S-00038	700114	45

ลำดับที่	รหัสลูกค้า	ลูกค้า.	DRC code	เวลาที่ใช้ในการขนส่งทั้งหมด (นาที)
357	131146801	S-00051	130602	120
358	45661127	S-00052	770701	75
359	132000541	S-00053	110108	75
360	45661084	S-00054	841201	115
361	131776507	S-00055	901105	115
362	45660160	S-00056	100404	90
363	131593807	S-00057	101103	85
364	45661091	S-00058	120102	90
365	132000262	S-00059	841501	90
366	45661157	S-00060	500105	70
367	131593209	S-00061	760404	70
368	131111908	S-00062	102701	105
369	131112006	S-00063	110102	90
370	131279909	S-00064	110102	100
371	45661125	S-00065	720712	40
372	131735607	S-00066	600109	40
373	45660780	S-00067	102801	80
374	131106102	S-00068	730307	80
375	45661133	S-00069	330107	105
376	131222507	S-00070	130507	105
377	45660791	S-00071	620101	95
378	45660012	S-00072	730304	90
379	132000919	S-00073	730107	90
380	45661131	S-00074	200404	85
381	131139201	S-00075	102402	85
382	45661100	S-00076	730304	95
383	131625900	S-00077	110115	95
384	45661154	S-00078	101903	85
385	131266402	S-00079	130201	85
386	131553304	S-00080	300101	90
387	45661130	S-00081	310127	75
388	131099400	S-00082	101203	75
389	45660057	S-00083	190109	95
390	131062600	S-00084	320901	95
391	133560203	S-00085	730212	95
392	133560306	S-00086	801201	95
393	133571308	S-00087	620404	95
394	134000676	S-00088	100608	95
395	132000481	S-00089	110308	105
396	132001156	S-00090	110301	120
397	131378903	S-00091	102402	90
398	131648301	S-00092	102402	90
399	133927309	S-00093	110304	40
400	133975304	S-00094	101203	40
401	134000937	S-00095	200703	40
402	132001410	S-00096	101203	110
403	132001679	S-00097	103301	60
404	133331106	S-00098	110101	105
405	131136907	S-00099	101103	85
406	131175704	S-00100	101203	110
407	133888606	S-00101	110404	95
408	131874609	S-00102	103503	95
409	133128003	S-00103	101103	95
410	133130608	S-00104	730616	95
411	133311205	S-00105	103503	95
412	133311700	S-00106	102107	95
413	133376202	S-00107	103503	95
414	133821300	S-00108	740202	95
415	133853105	S-00109	110407	95
416	133888503	S-00110	740109	95

ลำดับที่	รหัสลูกค้า	ลูกค้า.	DRC code	เวลาที่ใช้ในการขนส่งทั้งหมด (นาที)
429	131105200	S-00123	740109	85
430	45661141	S-00124	500103	125
431	131922902	S-00125	640106	125
432	45661140	S-00126	940104	105
433	132001092	S-00127	102901	105
434	45660662	S-00128	100608	105
435	132000429	S-00129	341510	105
436	131561208	S-00130	730103	90
437	131643708	S-00131	400101	120
438	131947406	S-00132	110403	120
439	131431404	S-00133	840102	100
440	131138402	S-00134	110403	120
441	45660028	T-00001	760118	60
442	131905903	T-00002	120601	60
443	45661146	T-00003	570701	85
444	131051402	T-00004	550108	85
445	131297903	T-00005	110308	105
446	45660062	T-00006	190105	65
447	131903707	T-00007	810201	65
448	45660327	T-00008	540101	85
449	131150705	T-00009	820502	85
450	131270801	T-00010	150111	180
451	132000670	T-00011	110407	120
452	133279507	T-00012	110308	105
453	131751601	T-00013	110304	130
454	132001121	T-00014	150111	180
455	131991700	T-00015	110304	130
456	133429108	T-00016	110304	130
457	131030104	T-00017	101203	105
458	132001078	T-00018	110407	120
459	45661121	T-00019	500112	90
460	132001838	T-00020	101103	125
461	131023401	T-00021	190208	90
462	131173106	T-00022	101401	80
463	134000359	T-00023	302101	80
464	131879109	U-00001	110302	90
465	133968209	U-00002	110302	90
466	131066105	U-00003	140602	70
467	131301909	V-00001	840401	90
468	45661080	V-00002	860402	85
469	131641801	V-00003	100601	90
470	131240305	V-00004	110403	120
471	45661137	W-00001	103301	65
472	131265500	W-00002	500103	65
473	45660034	W-00003	103001	105
474	132001557	W-00004	110402	105
475	132001261	W-00005	110402	110
476	134000893	W-00006	110403	110
477	132001757	W-00007	110302	90

ตารางที่ ข-2 แสดงการวิธีการหาการกระจายตัวของเวลาในการมารับบริการของลูกค้าขายส่ง(สภาวะปกติ)

ช่วงเวลา	ความถี่	Shif Neg		Log nor		Neg-ex		Nor		Erlang		Gramma	
		Theory F	Chi-sq	Theory F	Chi-sq	Theory F	Chi-sq	Theory F	Chi-sq	Theory F	Chi-sq	Theory F	Chi-sq
00-05	49	129	49	53	0	126	46	51	0	65	3	96	22
05-10	72	89	2	95	4	88	2	65	1	87	2	67	1
10-15	83	61	16	74	5	61	17	75	1	68	9	47	46
15-20	70	42	21	49	10	42	21	62	1	46	15	32	49
20-25	42	29	6	33	3	29	6	47	1	28	7	22	17
25-30	32	20	7	25	2	20	7	32	0	16	15	15	18
30-35	27	14	12	16	7	14	12	24	0	9	34	11	25
35-40	13	10	1	12	0	10	1	12	0	5	12	7	4
40-45	6	7	0	12	3	7	0	8	0	3	4	5	0
45-50	1	5	3	8	6	5	3	0	0	1	0	3	2
50-55	0	3	3	4	4	3	3	0	0	1	1	2	2
55-60	0	2	2	4	4	2	2	0	0	0	0	2	2
รวม	395	Sum	122.3	Sum	48.9	Sum	121.4	Sum	4.3	Sum	102.7	Sum	188.6
day	33	DOF	9	DOF	9	DOF	10	DOF	10	DOF	9	DOF	9
ค่าเฉลี่ย	13.7	X2	5.38	X2	5.38	X2	6.18	X2	6.18	X2	5.38	X2	5.38
Std	13.4	Check	ไม่ผ่าน	Check	ไม่ผ่าน	Check	ไม่ผ่าน	Check	ผ่าน	Check	ไม่ผ่าน	Check	ไม่ผ่าน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-3 แสดงการวิธีการหาการกระจายตัวของเวลาในการมารับบริการของลูกค้าขายส่ง(สภาวะการขึ้นราคาน้ำมัน)

ช่วงเวลา	ความถี่	Shif Neg		Log nor		Neg-ex		Nor		Erlang		Gramma	
		Theory F	Chi-sq	Theory F	Chi-sq	Theory F	Chi-sq	Theory F	Chi-sq	Theory F	Chi-sq	Theory F	Chi-sq
00-05	54	86	12	55	0	83	10	37	8	61	1	61	1
05-10	48	42	1	48	0	41	1	46	0	45	0	31	10
10-15	34	21	8	30	1	21	9	35	0	18	13	15	23
15-20	12	10	0	12	0	10	0	17	1	6	5	8	3
20-25	9	5	3	8	0	5	3	5	3	2	23	4	7
25-30	5	2	3	5	0	3	2	1	16	1	30	2	5
30-35	3	1	3	2	1	1	2	1	4	0	43	1	5
35-40	1	1	0	2	0	1	0	1	0	0	17	0	1
40-45	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
45-50	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
50-55	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
55-60	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
รวม	166	Sum	30.5	Sum	2	Sum	28.2	Sum	37	Sum	132.7	Sum	53.8
day	6	DOF	9	DOF	9	DOF	10	DOF	9	DOF	9	DOF	9
ค่าเฉลี่ย	7.2	X2	5.38	X2	5.38	X2	6.18	X2	6.18	X2	5.38	X2	5.38
Std	7.1	Check	ไม่ผ่าน	Check	ผ่าน	Check	ไม่ผ่าน	Check	ไม่ผ่าน	Check	ไม่ผ่าน	Check	ไม่ผ่าน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-4 แสดงการวิธีการหาการกระจายตัวของเวลาในการมารับบริการของลูกค้าขายส่ง(สภาวะการลงราคาน้ำมัน)

ช่วงเวลา	ความถี่	Shif Neg		Log nor		Neg-ex		Nor		Erlang		Gramma	
		Theory F	Chi-sq	Theory F	Chi-sq	Theory F	Chi-sq	Theory F	Chi-sq	Theory F	Chi-sq	Theory F	Chi-sq
00-05	1	8	6	2	1	8	6	2	1	3	1	6	4
05-10	2	6	3	5	2	6	3	3	0	5	2	5	1
10-15	4	5	0	5	0	5	0	3	0	5	0	4	0
15-20	8	4	5	4	3	4	5	5	2	4	4	3	9
20-25	7	3	6	4	4	3	6	6	0	3	4	2	10
25-30	5	2	3	2	3	2	3	4	0	2	3	2	6
30-35	4	2	3	2	2	2	3	3	1	2	3	1	5
35-40	1	1	0	2	0	1	0	2	1	1	0	1	0
40-45	1	1	0	1	0	1	0	2	0	1	0	1	0
45-50	1	1	0	1	0	1	0	2	0	1	0	1	0
50-55	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
55-60	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
รวม	35	Sum	26.5	Sum	15.6	Sum	26.6	Sum	5.4	Sum	17.7	Sum	37.1
day	4	DOF	9	DOF	9	DOF	10	DOF	9	DOF	9	DOF	9
ค่าเฉลี่ย	20.7	X2	5.38	X2	5.38	X2	6.18	X2	6.18	X2	5.38	X2	5.38
Std	20.3	Check	ไม่ผ่าน	Check	ผ่าน	Check	ไม่ผ่าน	Check	ผ่าน	Check	ไม่ผ่าน	Check	ไม่ผ่าน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองการจัดตารางเวลาเดินรถขนส่ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-1 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองโดยใช้ชุดข้อมูลวันที่17 กค. 2545 : จำนวนคำสั่งซื้อ= 39 คำสั่งซื้อ

ลูกค้า	ผลิตภัณฑ์			ข้อมูลจริง			ผลลัพธ์จากแบบจำลอง		
	เบนซิน 95	เบนซิล 91	ดีเซล	หมายเลขรถ	ลำดับที่	เวลาทำงาน	หมายเลขรถ	ลำดับที่	เวลาทำงาน
45660160	1	1	2	16	2	45	6	2	45
45661085	1	1	2	31	1	55	1	4	45
45661121	1	1	2	34	1	65	7	3	30
45661121	2	0	2	7	1	60	1	2	20
45661153	1	2	1	25	2	30	3	2	35
131000701	1	1	2	24	3	25	2	5	20
131003304	1	1	2	8	1	55	7	1	40
131003603	1	1	2	2	1	65	10	2	35
131008907	2	1	1	12	1	60	8	1	45
131032001	2	1	1	8	3	30	8	2	40
131062600	0	0	4	12	2	35	5	3	35
131062600	0	0	4	24	1	75	6	4	35
131112006	0	0	4	1	2	40	10	3	35
131150705	1	0	3	8	2	30	7	2	25
131213402	1	1	2	4	1	75	9	3	20
131315009	1	0	3	28	1	80	3	1	25
131444808	2	1	1	19	1	60	4	2	25
131631206	2	1	1	24	2	30	4	3	25
131664408	0	0	4	9	1	50	7	1	35
131715304	1	1	2	27	1	65	2	3	35
131735607	3	1	0	6	1	65	9	2	30
131784607	2	1	1	25	1	45	4	1	45
131791609	3	0	1	7	2	35	8	3	25
131865803	1	2	1	3	2	30	9	4	30
131879109	0	0	4	20	2	40	2	2	35
131905800	2	1	2	2	2	35	9	1	55
131905903	1	1	2	26	1	65	1	1	20
131907408	1	2	1	30	1	60	2	1	40
131907408	2	1	1	13	1	60	1	3	20
131926304	2	1	1	13	2	25	3	1	35
131955300	1	1	2	1	1	70	10	4	20
131992406	1	0	3	11	1	55	6	3	25
132000342	1	2	1	24	4	20	2	4	20
132000459	1	0	3	6	2	25	8	4	20
132000471	1	1	2	3	1	70	10	1	75
132000564	0	1	3	30	2	30	3	3	35
132000972	1	1	2	20	1	60	5	2	25
132001172	0	0	4	5	1	60	5	4	35
132006209	3	0	1	16	1	75	6	1	25

สรุป	ข้อมูลจริง	แบบจำลอง
จำนวนรถที่ใช้	23	10

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-2 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองโดยใช้ชุดข้อมูลวันที่18 กค. 2545 : จำนวนคำสั่งซื้อ= 59 คำสั่งซื้อ

ลูกค้า	ผลิตภัณฑ์			ข้อมูลจริง			ผลลัพธ์จากแบบจำลอง		
	เบนซิน 95	เบนซิล 91	ดีเซล	หมายเลขรถ	ล๊อตบรรทุก	เวลาทำงาน	หมายเลขรถ	ล๊อตบรรทุก	เวลาทำงาน
45660007	2	1	1	6	1	40	13	4	35
45660160	2	0	2	16	4	25	6	1	55
45660791	2	1	1	9	3	40	10	1	50
131003603	0	1	3	29	1	65	2	3	35
131003603	2	0	2	26	3	30	2	2	25
131008907	1	2	1	31	2	25	1	3	35
131029401	2	1	2	10	1	45	10	2	55
131052902	2	2	0	9	1	75	12	1	30
131062600	0	0	4	11	2	30	5	1	35
131062600	0	0	4	12	2	40	8	4	35
131062600	0	0	4	24	1	65	9	3	35
131100102	0	0	4	19	1	40	9	1	35
131105200	1	0	3	8	2	35	10	3	30
131106607	2	1	1	28	3	25	1	1	20
131112006	2	2	0	25	2	30	3	4	25
131146801	1	1	2	26	4	20	2	1	40
131162908	1	2	1	20	3	30	7	3	35
131198002	0	0	4	4	2	45	12	3	35
131213402	2	1	1	3	1	35	12	4	30
131249001	0	0	4	11	1	60	13	1	35
131255709	2	0	2	4	3	30	11	3	20
131256106	2	1	1	25	1	80	6	2	40
131266402	1	2	1	28	1	70	3	1	50
131346407	0	0	4	10	2	35	9	2	35
131497808	2	1	1	16	3	30	7	4	40
131512507	2	2	0	31	1	65	2	4	20
131513409	1	0	3	4	1	50	11	1	80
131550206	1	2	1	2	3	35	14	2	55
131593405	1	1	2	13	3	25	12	2	30
131659509	0	0	4	6	2	30	10	4	35
131664408	2	2	0	16	1	70	8	2	20
131761907	0	1	3	27	2	40	4	3	40
131764500	2	1	1	24	2	30	5	2	55
131767000	1	1	2	20	2	35	4	4	35
131767000	2	1	1	24	3	30	5	4	40
131768706	0	0	4	7	1	65	15	1	45
131776507	1	1	2	3	2	30	7	1	35
131776507	2	1	1	25	3	20	14	3	35
131791506	1	1	2	9	2	40	9	4	35
131791609	1	1	2	13	2	30	11	2	45
131791609	2	1	1	13	1	50	6	3	35
131903707	0	1	3	26	2	35	4	1	25
131905800	3	1	0	1	3	35	15	4	30
131907408	1	3	0	33	1	40	1	4	25
131909202	3	1	0	2	2	25	15	2	40
131922902	1	1	2	29	2	30	1	2	55
131922902	1	1	2	33	2	25	3	3	20
131928304	3	0	1	28	2	45	3	2	25
131947406	0	0	4	20	1	80	4	2	35
131992406	2	1	1	5	1	70	11	4	30
132000236	2	1	1	8	1	60	14	1	55
132000471	2	0	2	1	2	30	8	1	35
132000471	2	1	1	12	1	60	13	3	30
132000961	2	2	0	27	1	50	5	3	25
132001156	0	0	4	2	1	70	15	3	35
132001398	1	1	2	16	2	25	6	3	30
132001557	2	2	0	5	2	35	13	2	40
139000001	2	1	1	13	1	45	6	4	30
139000002	1	0	3	20	1	95	7	2	30

ตารางที่ ค-3 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองโดยใช้ชุดข้อมูลวันที่19 กค. 2545 : จำนวนคำสั่งซื้อ= 65 คำสั่งซื้อ

ลูกค้า	ผลิตภัณฑ์			ข้อมูลจริง			ผลลัพธ์จากแบบจำลอง		
	เบนซิน 95	เบนซิล 91	ดีเซล	หมายเลขรถ	ลำดับที่	เวลาทำงาน	หมายเลขรถ	ลำดับที่	เวลาทำงาน
45660160	2	1	1	27	2	65	3	1	65
45660190	2	1	1	27	3	45	4	1	75
45661112	2	1	1	5	3	30	13	4	35
45661153	2	1	1	8	1	50	8	2	60
131000701	1	1	2	30	1	80	1	1	20
131003603	1	1	2	20	1	70	7	4	35
131003603	1	1	2	33	2	30	14	3	35
131003603	2	0	2	1	4	20	2	1	20
131008206	2	1	1	19	1	40	10	4	30
131008907	1	2	1	28	2	30	3	1	55
131062600	0	0	4	16	2	45	6	1	35
131099400	3	0	1	9	3	35	13	1	45
131105200	1	1	2	13	2	45	7	1	45
131105200	2	1	1	13	1	65	6	3	35
131106102	0	1	3	4	3	30	12	2	45
131106607	0	2	2	26	1	35	3	3	30
131111506	1	1	2	5	2	35	13	2	50
131146801	2	1	1	20	2	35	7	3	30
131148007	1	1	3	4	1	60	14	4	40
131150705	1	0	3	6	2	35	12	1	80
131195502	0	0	4	3	1	85	16	2	45
131199409	1	1	2	7	2	50	12	3	35
131213402	1	2	1	34	1	25	1	3	35
131255709	0	1	3	25	3	35	8	1	45
131265500	1	1	2	18	1	80	8	4	25
131315009	1	0	3	1	1	90	16	3	25
131444808	1	1	2	6	1	45	16	1	100
131462905	0	0	4	28	1	90	1	4	35
131464307	1	2	1	28	3	30	3	2	50
131497808	0	1	3	20	3	40	15	3	40
131497808	3	1	0	1	3	30	6	4	30
131511605	2	0	2	19	2	30	12	4	20
131512507	2	1	1	1	2	50	14	1	100
131513409	0	1	3	7	1	70	10	2	50
131513409	1	0	3	9	2	50	11	2	50
131577102	1	2	1	7	3	30	11	1	80
131593209	1	1	2	25	1	100	4	2	70
131593405	2	2	0	31	1	60	2	2	25
131593607	0	2	2	24	2	50	5	3	50
131614506	1	1	2	13	3	30	11	3	35
131639309	2	0	2	4	2	55	14	2	50
131735607	0	0	4	16	3	30	14	5	35
131761907	2	1	1	19	3	25	4	3	40
131764506	2	1	1	11	2	50	9	2	65
131767000	1	2	1	16	4	25	4	4	30
131784007	1	1	2	11	3	45	8	3	35
131791506	0	2	2	9	1	95	16	3	50
131791609	0	1	3	16	1	80	9	3	35
131791609	2	1	1	5	1	45	5	3	35
131865803	2	0	2	27	1	60	3	4	20
131865803	2	1	1	33	1	65	6	2	60
131903707	3	1	0	25	2	40	5	4	30
131905800	1	2	1	12	1	45	13	3	35
131907408	1	1	2	24	1	75	5	2	55
131921804	1	1	2	10	1	50	9	1	80
131928304	2	1	1	3	3	30	16	4	35
132000023	1	1	2	34	3	20	2	4	30
132000286	0	0	4	34	2	40	1	2	55
132000471	1	1	2	11	1	60	9	4	35

ตารางที่ ค-4 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองโดยใช้ชุดข้อมูลวันที่23 กค. 2545 : จำนวนคำสั่งซื้อ= 30 คำสั่งซื้อ

ลูกค้า	ผลิตภัณฑ์			ข้อมูลจริง			ผลลัพธ์จากแบบจำลอง		
	เบนซิน 95	เบนซิล 91	ดีเซล	หมายเลขรถ	ลำดับที่	เวลาทำงาน	หมายเลขรถ	ลำดับที่	เวลาทำงาน
45660007	1	1	2	29	2	40	2	4	30
45661080	2	1	1	32	1	70	1	3	35
131003304	1	1	2	11	1	90	6	2	25
131008206	2	1	1	13	1	55	5	3	35
131008804	0	1	3	5	1	55	7	4	25
131011002	0	1	3	10	1	80	6	3	25
131111506	2	1	1	29	1	40	2	3	20
131112006	2	2	0	6	1	35	7	2	25
131199409	2	1	1	3	1	50	8	1	65
131213402	1	1	2	26	1	75	1	2	35
131213402	1	1	2	32	2	55	3	2	25
131294506	2	2	0	33	1	50	1	1	20
131521107	0	0	4	24	2	40	4	1	35
131664408	0	4	0	16	1	60	4	3	35
131735607	3	1	0	24	1	30	4	2	35
131767000	1	2	1	12	1	50	5	4	30
131791506	2	1	1	25	1	75	3	4	30
131791609	2	1	1	13	2	25	5	2	40
131905800	2	1	1	11	2	20	6	1	40
131909202	1	1	2	27	2	35	2	2	35
131918802	2	1	1	5	2	30	7	3	25
131921804	2	2	0	7	1	50	4	4	25
131921804	2	1	1	20	1	70	7	1	35
131928304	3	0	1	27	1	60	2	1	25
132000267	1	1	2	1	1	45	8	2	30
132000471	1	2	1	24	3	20	3	1	40
132000541	2	1	1	32	3	35	1	4	30
132000972	1	1	2	8	1	70	6	4	25
132001036	1	2	1	15	1	60	5	1	35
132001537	1	1	2	25	2	30	3	3	35

สรุป	ข้อมูลจริง	แบบจำลอง
จำนวนรถที่ส่ง	20	8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-5 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองโดยใช้ชุดข้อมูลวันที่24 กค. 2545 : จำนวนคำสั่งซื้อ= 47 คำสั่งซื้อ

ลูกค้า	ผลิตภัณฑ์			ข้อมูลจริง			ผลลัพธ์จากแบบจำลอง		
	เบนซิน 95	เบนซิล 91	ดีเซล	หมายเลขรถ	ลำดับที่	เวลาทำงาน	หมายเลขรถ	ลำดับที่	เวลาทำงาน
45660160	1	3	0	1	3	25	11	4	25
45660791	2	1	1	13	3	30	4	1	60
45661121	0	1	3	12	1	60	5	1	45
131008907	2	1	1	3	1	35	12	3	30
131062600	0	0	4	1	1	75	7	4	35
131062600	0	0	4	12	2	30	12	1	35
131105200	2	2	0	16	2	50	2	4	20
131111506	2	2	0	7	3	25	9	3	20
131148007	1	0	3	3	2	35	10	2	45
131150705	1	1	2	20	2	40	2	3	35
131158406	0	0	4	35	1	35	3	4	35
131183907	2	0	2	26	3	30	4	4	20
131199904	2	1	1	34	2	50	1	3	25
131213103	2	2	0	13	1	55	6	1	45
131213402	1	1	2	1	2	35	12	2	45
131222507	2	0	2	31	1	80	1	2	20
131256106	2	1	1	16	1	75	6	3	20
131266402	3	0	1	8	2	30	8	4	25
131315009	1	0	3	6	2	30	9	1	45
131333209	0	0	4	11	1	80	7	1	35
131346407	3	1	0	7	2	35	9	4	30
131460101	4	0	0	7	1	75	8	1	35
131496308	1	1	2	25	1	45	3	1	40
131497808	2	1	1	10	2	40	8	3	25
131511605	1	1	2	20	1	80	3	3	35
131511605	1	1	2	20	4	20	4	3	35
131513409	0	1	3	26	2	45	1	1	25
131593405	2	1	1	19	1	65	6	2	25
131639509	2	0	2	3	3	35	10	3	20
131664406	0	0	4	3	2	35	10	4	35
131733607	2	1	1	34	1	50	4	2	40
131761907	1	1	2	3	1	45	10	1	30
131791609	1	0	3	13	2	30	6	4	25
131905903	2	1	1	20	3	30	5	3	35
131907408	3	1	0	6	1	65	11	2	40
131960807	1	1	2	10	3	25	8	2	25
131992406	2	0	2	1	4	25	11	1	45
132000262	0	1	3	24	1	60	2	1	25
132000262	2	1	1	24	2	30	2	2	25
132000429	1	0	3	18	1	55	5	2	35
132000439	1	1	2	20	1	75	1	4	25
132000714	0	0	4	11	3	40	11	3	35
132000919	2	1	1	15	1	60	3	5	35
132000972	1	1	2	8	1	75	9	2	30
132001398	1	1	2	11	2	30	7	3	25
139000001	2	1	1	18	2	40	3	2	35
139000002	2	1	1	10	1	60	7	2	30

สรุป	ข้อมูลจริง	แบบจำลอง
จำนวนรถที่ใช้งาน	21	12

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-6 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองโดยใช้ชุดข้อมูลวันที่25 กค. 2545 : จำนวนคำสั่งซื้อ= 58 คำสั่งซื้อ

ลูกค้า	ผลิตภัณฑ์ที่			ข้อมูลจริง			ผลลัพธ์จากแบบจำลอง		
	เบนซิน 95	เบนซิล 91	ดีเซล	หมายเลขรถ	ลำดับที่	เวลาทำงาน	หมายเลขรถ	ลำดับที่	เวลาทำงาน
45660007	2	1	1	27	1	45	2	3	35
45660160	1	1	2	24	3	30	5	3	35
45660160	2	1	1	20	1	45	4	2	25
45661153	1	1	2	10	2	30	9	4	30
131003603	1	1	2	26	1	65	3	3	35
131011002	1	1	2	15	2	40	13	3	40
131052902	1	2	1	25	2	45	9	1	60
131052902	2	0	2	10	1	45	3	4	20
131062600	0	0	4	7	1	80	7	3	35
131062600	0	0	4	8	1	80	8	2	35
131062600	1	1	2	12	1	45	9	2	25
131062600	1	2	1	15	1	60	11	3	30
131099400	0	2	2	4	1	50	12	1	60
131099400	4	0	0	6	2	45	13	2	35
131112800	2	1	1	13	2	40	9	3	25
131139201	2	2	0	26	3	25	3	1	20
131199409	2	1	1	5	3	30	12	2	55
131213402	1	1	2	34	2	30	1	1	20
131496308	2	0	2	7	3	20	11	1	35
131497808	2	1	1	12	2	60	5	2	25
131512507	2	1	1	5	2	40	12	4	25
131513409	1	0	3	15	3	25	6	1	25
131577102	2	1	1	16	2	45	5	4	30
131593405	1	1	2	25	1	85	2	4	30
131593807	1	1	2	19	3	25	6	2	40
131625900	3	0	1	16	3	35	4	3	30
131631206	1	2	1	1	1	25	14	4	35
131659509	2	0	2	11	1	60	8	4	20
131664406	4	0	0	13	1	50	6	3	35
131664408	4	0	0	16	1	70	7	4	35
131715304	1	2	1	5	1	65	13	4	35
131784607	1	0	3	3	2	35	14	3	30
131865803	1	1	2	11	2	55	10	2	45
131865803	2	1	1	8	4	25	8	1	55
131903707	2	1	1	8	3	30	10	3	25
131905800	0	2	2	18	2	35	11	2	40
131905800	2	1	1	7	4	20	8	3	35
131905903	2	0	2	26	2	30	3	2	25
131907408	0	2	2	20	2	40	1	2	25
131907408	2	1	1	30	2	25	5	1	60
131918802	1	2	1	32	1	35	1	4	40
131921804	3	0	1	7	2	30	10	1	50
131928304	1	1	2	6	1	60	7	2	40
131928304	2	1	1	6	3	25	11	4	30
131928304	2	2	0	19	1	40	12	3	25
132000471	0	1	3	24	4	25	6	4	25
132000471	1	1	2	18	1	35	3	3	35
132000471	1	1	2	24	1	80	5	5	25
132000541	2	1	1	19	2	30	7	1	35
132000919	2	1	1	30	3	30	2	1	45
132000961	2	1	1	3	3	35	13	1	55
132001449	1	2	1	8	2	40	10	4	30
132001565	0	0	4	30	1	70	2	2	35
132001779	2	1	1	3	1	70	4	4	35
132001779	2	1	1	24	2	45	14	2	40
132001838	0	0	4	25	3	35	4	1	35
139000001	2	0	2	3	4	20	1	3	20
139000001	2	1	1	34	1	70	14	1	75

สรุป	ข้อมูลจริง	แบบจำลอง

ตารางที่ ค-7 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองโดยใช้ชุดข้อมูลวันที่26 กค. 2545 : จำนวนคำสั่งซื้อ= 44 คำสั่งซื้อ

ลูกค้า	ผลิตภัณฑ์			ข้อมูลจริง			ผลลัพธ์จากแบบจำลอง		
	เบนซิน 95	เบนซิล 91	ดีเซล	หมายเลขรถ	ลำดับที่	เวลาทำงาน	หมายเลขรถ	ลำดับที่	เวลาทำงาน
45660160	1	2	1	5	25	3	11	3	30
45660190	1	1	2	4	35	2	10	1	55
45661111	1	2	1	29	35	2	2	1	40
131003603	2	1	1	28	55	1	4	1	60
131026705	2	1	1	19	60	1	6	3	20
131062600	0	0	4	8	70	1	8	1	35
131106102	1	0	3	26	40	3	1	4	20
131112006	1	1	2	15	25	3	2	4	35
131112006	1	2	1	25	30	3	5	2	35
131120106	3	0	1	4	70	1	10	2	40
131146801	1	1	2	15	45	2	11	2	55
131213103	1	1	2	6	35	2	12	3	35
131497808	2	0	2	8	30	3	6	2	25
131511605	1	1	2	31	80	1	2	2	25
131513409	1	0	3	16	65	1	4	3	25
131614506	1	1	2	12	40	2	12	2	45
131715706	2	1	1	24	30	2	4	4	30
131761907	3	1	0	6	55	1	9	4	25
131767000	2	1	1	8	30	4	7	2	50
131776507	0	3	1	16	40	2	8	2	50
131784607	1	1	2	3	30	2	12	1	75
131791506	1	1	2	16	30	3	3	1	45
131791609	1	1	2	25	25	2	10	3	35
131791609	3	0	1	5	40	2	5	3	25
131879109	0	0	4	3	60	1	11	1	45
131905903	1	1	2	3	30	3	10	4	35
131907408	2	1	1	24	70	1	9	3	30
131909202	2	1	1	7	65	1	9	1	35
131921804	2	1	1	15	60	1	5	4	25
131926304	2	1	1	34	45	2	1	2	30
131947406	0	0	4	29	65	1	5	1	35
131953306	2	1	1	25	80	1	4	2	35
131960807	1	1	2	5	20	4	6	1	55
132000023	2	1	1	8	35	2	7	1	45
132000471	2	1	1	12	50	1	6	4	35
132000481	0	0	4	5	35	1	8	3	35
132000961	1	2	1	22	55	1	3	4	35
132001036	1	0	3	26	30	2	2	3	25
132001092	1	1	2	26	30	1	1	1	20
132001092	1	2	1	34	30	1	3	3	25
132001185	0	0	4	13	60	1	7	3	35
132001398	2	1	1	23	70	1	3	2	20
139000002	0	0	4	7	35	2	1	3	35
139000002	0	1	3	27	55	1	9	2	25

สรุป	ข้อมูลจริง	แบบจำลอง
จำนวนรถที่ขนส่ง	12	12

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-8 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองโดยใช้ชุดข้อมูลวันที่27 กค. 2545 : จำนวนคำสั่งซื้อ= 58 คำสั่งซื้อ

ลูกค้า	ผลิตภัณฑ์			ข้อมูลจริง			ผลลัพธ์จากแบบจำลอง		
	เบนซิน 95	เบนซิล 91	ดีเซล	หมายเลขรถ	ลำดับที่	เวลาทำงาน	หมายเลขรถ	ลำดับที่	เวลาทำงาน
45661112	0	1	3	16	2	30	5	1	45
45661153	1	1	2	24	2	40	5	3	35
131000701	2	1	1	13	1	55	7	3	30
131003304	2	1	1	26	1	75	4	1	60
131003603	1	1	2	7	2	30	12	3	40
131052902	2	0	2	6	4	20	14	1	45
131100102	0	0	4	6	2	45	7	1	35
131111506	1	2	1	5	3	25	8	3	30
131111506	2	0	2	13	3	45	11	3	30
131162908	2	1	1	23	2	35	4	2	25
131163006	1	1	2	15	1	65	7	2	40
131199409	1	2	1	27	1	45	2	1	40
131199409	2	1	1	30	1	50	2	2	40
131213402	1	1	2	19	1	60	6	4	30
131265500	2	1	1	25	1	40	5	4	40
131266402	1	1	2	3	1	60	14	2	45
131315009	0	1	3	5	1	75	13	2	45
131341103	1	1	2	32	1	80	3	2	55
131462905	0	0	4	26	4	35	8	4	35
131464307	1	2	1	4	3	40	11	4	35
131512507	2	1	1	19	2	50	6	3	25
131513409	0	1	3	12	3	30	1	2	25
131513409	1	0	3	29	1	80	8	2	35
131593209	2	0	2	25	3	30	5	2	20
131593807	0	1	3	26	2	30	2	4	40
131715304	2	1	1	5	2	30	12	2	55
131735607	2	1	1	20	1	50	6	2	25
131764500	1	2	1	15	3	20	9	1	80
131787000	1	1	2	15	2	35	3	1	65
131787000	2	1	1	16	3	30	10	2	40
131791506	2	1	1	16	1	30	6	1	55
131791609	2	1	1	32	2	30	8	3	20
131791609	2	1	1	8	2	35	3	3	30
131791609	2	0	2	13	2	35	12	4	30
131865803	1	2	1	25	2	30	7	4	25
131865803	2	1	1	9	1	55	4	3	35
131903707	2	1	1	26	3	35	1	1	20
131904207	2	1	1	28	2	30	2	3	35
131905806	3	1	0	22	1	60	6	3	35
131918802	0	1	3	6	3	30	12	1	60
131918802	3	1	0	6	1	65	10	4	35
131921804	1	1	2	7	1	50	10	3	45
131921804	2	1	1	12	1	50	11	2	50
131926304	3	1	0	7	3	30	10	1	25
131992406	1	1	2	3	3	45	13	1	75
132000262	2	1	1	15	4	25	8	1	35
132000459	1	1	2	3	4	20	9	3	25
132000459	1	0	3	4	2	40	14	4	25
132000471	1	1	2	12	2	30	13	4	35
132000471	2	0	2	3	2	25	9	4	25
132000972	2	1	1	8	1	55	11	1	55
132001156	0	0	4	23	1	40	4	4	35
132001172	0	0	4	24	1	35	1	3	35
132001557	2	1	1	8	3	30	9	2	50
132001565	0	0	4	2	1	40	14	3	35
132001779	1	2	1	4	1	25	13	3	30
139000001	2	1	1	28	3	30	1	4	20
139000001	2	0	2	28	1	60	3	4	35

สรุป	ข้อมูลจริง	แบบจำลอง

ตารางที่ ค-9 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองโดยใช้ชุดข้อมูลวันที่30 กค. 2545 : จำนวนคำสั่งซื้อ= 32 คำสั่งซื้อ

ลูกค้า	ผลิตภัณฑ์			ข้อมูลจริง			ผลลัพธ์จากแบบจำลอง		
	เบนซิน 95	เบนซิล 91	ดีเซล	หมายเลขรถ	ลำดับที่	เวลาทำงาน	หมายเลขรถ	ลำดับที่	เวลาทำงาน
131715304	1	1	2	5	2	25	1	1	20
131106102	2	1	1	4	2	30	2	2	20
131026705	2	1	1	22	1	30	3	2	20
132001092	2	1	1	28	1	30	4	2	20
131062600	0	0	4	29	2	30	4	3	20
132000342	2	1	1	3	2	35	6	3	20
131346407	1	2	1	4	1	35	6	4	20
131947406	0	0	4	12	2	35	7	1	20
131791609	2	1	1	8	2	40	7	2	20
45660791	1	1	2	11	1	40	7	4	20
131512507	2	1	1	12	1	40	8	4	20
132000972	1	1	2	16	1	40	2	3	25
132000714	0	0	4	24	2	45	3	3	25
131791506	1	1	2	26	1	50	5	3	30
131199409	2	1	1	15	1	55	1	2	35
131062600	0	0	4	5	1	60	2	1	35
131761907	1	1	2	9	1	60	4	1	35
132000459	1	1	2	31	1	60	4	4	35
131120106	2	1	1	2	1	65	5	4	35
131955300	1	1	2	29	1	65	6	2	35
132001449	2	1	1	3	1	70	7	3	35
131062600	0	0	4	6	1	70	8	1	35
139000001	2	1	1	25	1	70	8	2	35
45661085	1	1	2	27	1	70	1	3	40
131513409	0	1	3	24	1	85	3	1	40
132001714	0	0	4	7	1	90	5	2	40
131664408	2	2	0	8	1	90	8	3	40
131577102	2	2	0	10	1	90	5	1	50
132001449	2	1	1	30	1	90	6	1	60

สรุป	ข้อมูลจริง	แบบจำลอง
จำนวนรถที่ขนส่ง	22	8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-10 แสดงจำนวนเที่ยววิ่งที่พนักงานขับรถแต่ละคนได้รับในแต่ละวัน

พนักงานขับรถ	จำนวนเที่ยววิ่งทั้งหมด	วันที่ (เดือน กค. 2544)								
		17	18	19	23	24	25	26	27	30
C101	13	3					4		4	
C102	12	4		4				4		
C103	12	4		4				4		
C104	14	4		3			4			3
C105	12	4			4			4		
C112	12	4			4			4		
C130	12	4			4			4		
C135	12	4			4			4		
C138	14	3		4			4			3
C139	14	3		4			4			3
C140	11		4		4			3		
C141	11		4		4			3		
C142	11		4		4			3		
C143	14		4		2		4			4
C144	13		4			5			4	
C145	13		4			5			4	
C146	11		4			4		3		
C147	13		4			4			5	
C148	13		4			4			5	
C149	12		4			4			4	
C150	12		4			4			4	
C151	12		4			4			4	
C152	12		4			4			4	
C153	12		4			4			4	
C154	11		3	4			4			
C155	13			5			4			4
C156	13			5			4			4
C157	11			4		3		4		
MC-01	11			4		3		4		
MC-02	13			4			5			4
MC-03	13			4			5			4
MC-04	12			4			4		4	
MC-05	12			4			4		4	
MC-06	12			4			4		4	
MC-07	12			4			4		4	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย สุธน นิตยาธารีกุล เกิดเมื่อวันที่ 19 พฤศจิกายน พ.ศ. 2519 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2541 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมสาสตรมหาบัณฑิต ในปีการศึกษา 2542

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย