การจัดตารางเวลาเดินรถจัดส่งเครื่องดื่มน้ำอัดลมระหว่างฐานจ่าย

นางสาววิจิตรา ภูมิชาติพงศ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-2393-8

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

VEHICLE SCHEDULING FOR INTERFACILITY DELIVERY OF SOFT DRINKS

Miss. Wijitar Pumichartpong

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Department of Civil Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University

Academic Year 2002
ISBN 974-17-2393-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจัดตารางเวลาเดินรถจัดส่งเครื่องดื่มน้ำอัดลมระหว่างฐานจ่าย
โดย	นางสาววิจิตรา ภูมิชาติพงศ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

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

..... กรรมการ
(นายสุวัฒน์ นวลขาว)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิจิตรา ภูมิชาติพงศ์ : การจัดตารางเวลาเดินรถจัดส่งสินค้าเครื่องดื่มน้ำอัดลมระหว่างฐานจ่าย . (VEHICLE SCHEDULING FOR INTERFACILITY DELIVERY OF SOFT DRINKS) อ.ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์, จำนวนหน้า 122 หน้า. ISBN 974-17-2393-8.

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการจัดตารางเวลาเดินรถด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อจัดส่งสินค้าแบบเต็มคันด้วยกลุ่มรถจากโรงงานไปยังศูนย์กระจายสินค้าต่าง ๆ โดยระบบประกอบด้วย 3 ส่วนย่อย ส่วนแรกเป็นการหาขนาดรถบรรทุกที่เหมาะสม และปริมาณสินค้าในหน่วยกระบะ (Pallet) ที่จะทำการจัดส่ง โดยพิจารณาจากข้อจำกัดในการเข้าถึงศูนย์กระจายสินค้า ระยะห่างจากโรงงาน และประเภทของสินค้า ส่วนที่สองเป็นการจัดลำดับของงานเพื่อให้เกิดจำนวนเที่ยววิ่งที่สามารถจัดส่งได้ หรือจำนวนสินค้าที่จัดส่งโดยใช้รถบริษัทมากที่สุด ภายใต้ข้อจำกัดด้านทรัพยากรและข้อจำกัดด้านเวลา โดยใช้วิธีการพันธุกรรม (Genetic Algorithm) เป็นโครงสร้างหลักในการหาคำตอบ ร่วมกับวิธีการค้นหาแบบทาบู (Tabu search) เพื่อหลีกเลี่ยง การวนติดอยู่กับค่าดีที่สุดสัมพัทธ์ ส่วนที่สามเป็นการมอบหมายงานให้กับพนักงานขับรถเพื่อให้พนักงานขับรถแต่ละประเภทได้รับงานอย่างยุติธรรม โดยการจัดงานที่มีเวลาดำเนินการมากให้กับพนักงานที่เคยได้รับงานน้อย

การตรวจสอบประสิทธิภาพในการทำงานของระบบพบว่า โดยส่วนใหญ่ การจัดตารางเวลาเดินรถด้วยแบบจำลองได้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติงานจริงและระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการทำงานจริงได้อย่างเหมาะสมและช่วยลดเวลา ในการทำงานของพนักงาน และข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

4370491321 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEYWORD : VEHICLE SCHEDULING / DELIVERY / HEURISTICS / GENETIC ALGORITHM / TABU SEARCH

WIJITAR PUMICHARTPONG : VEHICLE SCHEDULING FOR INTERFACILITY DELIVERY OF SOFT DRINKS. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SOMPONG SIRISOPONSILP, Ph.D., 122 pp. ISBN 974-17-2393-8.

The objective of this study is to develop a computerized vehicle scheduling system for distributing truckloads of soft drink from a plant to multiple depots. The system consists of 3 modules. The first module determines the appropriate sizes of trucks to be used and the number of loaded pallets considering the constraint concerning the accessibility to the depots, the traveled distance, and the type of ordered product. The second module searches for delivery sequences that maximize the number of completed delivery trips and the number of delivered pallets under resource and time-window constraints. The fundamental solution algorithm is the so-called Genetic Algorithm with the application of Tabu search to avoid local optimal. The third model strives to balance the drivers' earnings by assigning larger orders to those drivers who have currently earned less.

The system validation indicates that the schedules as produced by the system are, in most instances, in line with the real world experience. The system can be practically used as a decision support system and would help schedules substantially reduce time and errors associated with the determination of the delivery schedules.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ และเป็นที่ปรึกษาตลอดจนช่วยตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอกราบขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ซึ่งประกอบด้วย ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ และคุณสุวัฒน์ นวลขาว ผู้จัดการสายงานจัดส่ง บริษัทไทยน้ำทิพย์ จำกัด ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจที่เข้มแข็งแก่ผู้เขียน ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาจนสามารถศึกษาและทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลงได้

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ คุณชัยวัฒน์ ปวรางกูร คุณศุภกฤษ อนันตรัตน์ และคุณวิเวก พงษ์เผือก เจ้าหน้าที่บริษัท ไทยน้ำทิพย์ จำกัด ฝ่ายจัดส่ง โรงงานปทุมธานี ที่ได้ให้ความรู้และความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ เสมอมา ขอขอบพระคุณ คุณพัชรินทร์ เรี่ยวแรง ที่คอยดูแลผู้เขียนขณะที่เข้าไปศึกษางานที่บริษัท ไทยน้ำทิพย์ จำกัด เป็นอย่างดี

ผู้เขียนขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ที่สาขาวิศวกรรมขนส่งและจราจร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รวมถึงบุคคลอื่น ๆ ที่ได้มีส่วนช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจให้ผู้เขียนเสมอมา

ท้ายที่สุดนี้ผู้เขียนขอมอบคุณงามความดีและคุณประโยชน์ของวิทยานิพนธ์นี้เป็นสิ่งตอบแทนต่อผู้มีประคุณทุกท่าน

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..... 2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา..... 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3
1.5 ขั้นตอนการศึกษา..... 4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่ผ่านมา
2.1 ทฤษฎีทางด้านการจัดตารางเวลา..... 5
2.2 เทคนิคในการหาคำตอบ..... 6
2.2.1 เทคนิคการใช้กฎการจัดส่ง (Priority dispatching rules)..... 8
2.2.2 เทคนิคการค้นหา (Search technique)..... 9
2.2.3 เทคนิควิธีการแบบคอขวด (Bottleneck method)..... 16
2.2.4 เทคนิคการใช้ความรู้ดั้งเดิม (Knowledge-based technique)..... 16
2.3 ทฤษฎีทางด้านการจับคู่เพื่อสร้างเส้นทางในการวิ่งควบ..... 16
2.4 ผลงานวิจัยที่ผ่านมา..... 18
2.5 บทสรุป..... 24
บทที่ 3 การสำรวจการดำเนินงานและรวบรวมข้อมูล
3.1 การสำรวจการดำเนินงานของหน่วยงานตัวอย่าง..... 26
3.1.1 นโยบายของหน่วยงานตัวอย่าง..... 29
3.1.2 ขั้นตอนการจัดส่งสินค้าในแต่ละวัน..... 29
3.1.3 ข้อจำกัดอื่น ๆ 31
3.1.4 วิเคราะห์ปัญหาการดำเนินงานของหน่วยงานตัวอย่าง..... 32

หน้า

3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง..... 33
3.3 สรุป..... 36
บทที่ 4 การพัฒนาแบบจำลองการจัดตารางเวลาเดินรถจัดส่ง
4.1 การคำนวณปริมาณงานเบื้องต้น..... 39
4.1.1 ลำดับขั้นตอนการทำงาน..... 40
4.1.2 ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณปริมาณงานเบื้องต้น..... 42
4.2 การจัดงานให้กับรถจัดส่ง..... 42
4.2.1 เทคนิคในการหาคำตอบ..... 43
4.2.2 ลำดับขั้นตอนการทำงาน 53
4.2.3 การจัดเที่ยววิ่งควบในเที่ยวกลับ..... 57
4.3 การมอบหมายงานให้กับพนักงานขับรถ..... 59
4.3.1 เทคนิคในการหาคำตอบ..... 59
4.3.2 ลำดับขั้นตอนในการทำงาน..... 60
4.3.3 ผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการ..... 65
4.4 การออกแบบโปรแกรม..... 65
4.4.1 โครงสร้างของโปรแกรม..... 65
4.4.2 ข้อมูลที่ใช้..... 66
4.4.3 การแสดงผล..... 68
บทที่ 5 การตรวจสอบและวิเคราะห์ผล
5.1 การตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของแบบจำลอง (Verification)..... 75
5.1.1 การตรวจสอบโครงสร้างของโปรแกรม..... 76
5.1.2 การตรวจสอบการเขียนโปรแกรม..... 76
5.1.3 การทดสอบโปรแกรม..... 76
5.1.4 การตรวจสอบค่าและความสัมพันธ์ของข้อมูล..... 78
5.2 การตรวจสอบประสิทธิภาพในการทำงานของแบบจำลอง (Validation)..... 82
5.2.1 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ในส่วนของการจัดตารางเวลา..... 83
5.2.2 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ในส่วนของการมอบหมายงานให้พนักงานขับรถ..... 84
5.3 การตรวจสอบความเชื่อมั่นในการใช้งานจริง..... 86

หน้า

บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ
6.1 บทสรุป..... 88
6.1.1 การศึกษาปัญหาของการวิจัย..... 88
6.1.2 ทำการทบทวนทฤษฎีและผลงานที่เกี่ยวข้อง..... 90
6.1.3 สำรวจและรวบรวมข้อมูล..... 90
6.1.4 พัฒนาแบบจำลอง..... 91
6.1.5 ตรวจสอบและวิเคราะห์ผล..... 92
6.2 ข้อเสนอแนะ..... 94
รายการอ้างอิง..... 95
ภาคผนวก..... 98
ภาคผนวก ก ตัวอย่างแบบสำรวจและแบบสอบถาม..... 99
ภาคผนวก ข ค่าการประหยัด..... 102
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 109

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

3-1 แสดงขนาดและจำนวนของรถจัดส่งแต่ละประเภทที่โรงงานปทุมธานี..... 27

3-2 แสดงเวลาที่ใช้ในการขึ้น – ลงสินค้า..... 36

4-1 แสดงการแบ่งกลุ่มสาขา..... 41

4-2 แสดงผลเปรียบเทียบการทดสอบหาวิธีการสลับที่จะนำไปใช้ในโปรแกรม..... 50

4-3 แสดงการจัดกะของงานให้รถที่มีพนักงานขับประจำ 2 คน..... 62

4-4 แสดงโมดูลต่าง ๆ ของโปรแกรม..... 66

5-1 แสดงการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการต่าง ๆ ในโปรแกรม..... 77

5-2 แสดงการตรวจสอบค่าของข้อมูลในกระบวนการต่าง ๆ..... 78

5-3 ผลการเปรียบเทียบจำนวนสินค้าที่สามารถจัดส่งได้จากแบบจำลองกับข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติงานจริง..... 84

5-4 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองและผลที่ได้จากการปฏิบัติงานจริง ตามประเภทของพนักงานขับรถ..... 86

5-5 แสดงผลการให้คะแนนเฉลี่ยในประเด็นต่าง ๆ ของโปรแกรม..... 87

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

1-1 แสดงขั้นตอนการศึกษา..... 4

2-1 แสดงการนำเสนอตารางเวลาด้วย Gantt Chart..... 6

2-2 แสดงกระบวนการสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristics)..... 7

2-3 แสดงกระบวนการสร้างผลลัพธ์รุ่นลูก..... 10

2-4 แสดงกระบวนการ Crossover..... 10

2-5 แสดงกระบวนการ Mutation..... 10

2-6 แผนผังแสดงโครงสร้างของวิธี Simulate Annealing..... 12

2-7 แสดงวิธีการหาค่าการประหยัด..... 17

3-1 แสดงระบบการจัดส่งและกระจายสินค้าของบริษัทตัวอย่าง..... 27

3-2 รถบริษัทขนาด 16 กระบะ..... 28

3-3 รถบริษัทขนาด 18 กระบะ..... 28

3-4 รถบริษัทขนาด 20 กระบะ..... 28

3-5 รถบริษัทขนาด 24 กระบะ..... 28

3-6 รถรับจ้างขนาด 10 กระบะ..... 28

3-7 รถรับจ้างขนาด 22 กระบะ..... 28

3-8 รถรับจ้างขนาด 26 กระบะ..... 29

4-1 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของแบบจำลอง..... 39

4–2 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของกระบวนการคำนวณปริมาณงานเบื้องต้น..... 43

4-3 แสดงส่วนต่าง ๆ ของเวลาดำเนินงาน..... 46

4-4 แสดงการสลับลำดับของงานเมื่อใช้ผลลัพธ์ Parent 2 ตัวและเลือก 2 ตำแหน่ง..... 49

4-5 แสดงการสลับลำดับของงานเมื่อใช้ผลลัพธ์ Parent 2 ตัวและเลือก N ตำแหน่ง..... 49

4-6 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของกระบวนการจัดลำดับงาน..... 55

4-7 แสดงการกำหนดกะของงานบนรถประเภทที่มีพนักงานขับประจำ 2 คน..... 61

4-8 แสดงกรณีต่าง ๆ ในการมอบหมายงานให้พนักงาน..... 64

4-9 แสดงตัวอย่างหน้าจอโปรแกรมในส่วนการแก้ไขฐานข้อมูล..... 67

4-10 แสดงรูปแบบของข้อมูลปริมาณสินค้าจากโปรแกรม DRP..... 68

4-11 แสดงรายงานแสดงรายละเอียดของงานทั้งหมด..... 69

4-12 ตารางแสดงสรุปงานของพนักงานขับรถแต่ละคน..... 70

หน้า

4-13 ตารางแสดงสรุปงานของรถบรรทุกแต่ละคัน..... 71
4-14 ตารางแสดงรายงานงานค้างส่ง..... 72
4-15 รายงานงานที่ยังไม่มีพนักงานขับรถรับผิดชอบ..... 72
4-16 แสดงรายงานตารางเวลา..... 73
4-17 แสดงการแสดงผลตารางเวลาในรูปแบบ Gantt Chart..... 74
5-1 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรถบรรทุกกับจำนวนงาน…….…….. 80
5-2 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการขึ้น – ลงสินค้าที่โรงงานกับเวลาสูญเสีย... 81
5-3 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการขึ้น – ลงสินค้าที่สาขากับเวลาสูญเสีย….. 81
5-4 แสดงแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการขึ้น – ลงสินค้าที่โรงงานและที่สาขากับเวลาสูญเสีย……..... 82
5-5 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบจำนวนสินค้าที่จัดส่งได้ระหว่างแบบจำลองและข้อมูลจริง. 83

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ปัจจุบันอุตสาหกรรมที่ผลิตสินค้าอุปโภคบริโภคโดยเฉพาะสินค้าเครื่องดื่มน้ำอัดลม ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่มีการแข่งขันกันสูงมาก กลยุทธ์อย่างหนึ่งที่ใช้ในการแข่งขันคือการเข้าถึงผู้บริโภคหรือสาขาที่ตรงไปยังร้านค้าปลีกให้เร็วที่สุดและใช้ต้นทุนต่ำที่สุด โดยในปัจจุบันการขนส่งเครื่องดื่มน้ำอัดลมไปยังสาขาต่าง ๆ ในประเทศไทยเป็นการขนส่งโดยใช้รถบรรทุก การขนส่งสินค้าโดยการใช้รถบรรทุกนั้น มีปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากข้อจำกัดต่าง ๆ ทั้งข้อจำกัดภายในบริษัท เช่น จำนวนสาขา จำนวนและประเภทของรถบรรทุกที่ใช้ ช่วงเวลาทำงานของโรงงาน ช่วงเวลาทำงานของสาขา และปริมาณสินค้าที่ต้องจัดส่ง และจากข้อจำกัดภายนอก เช่น กฎหมายจำกัดช่วงเวลาที่อนุญาตให้รถบรรทุกเข้าเมือง เป็นต้น จากข้อจำกัดที่ได้กล่าวมา ทำให้บริษัทต้องใช้วิธีการต่าง ๆ ในการบริหารจัดการการจัดส่งสินค้าเพื่อลดต้นทุนและใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้คุ้มค่ามากที่สุด

Crainic (1997) ได้เสนอแนวทางการวางแผนบริหารการขนส่งโดยรถบรรทุกออกเป็น 3 ส่วน คือ

1) การวางแผนบริหารการขนส่งระดับกลยุทธ์ (Strategic Planning) เป็นการวางแผนบริหารการขนส่งระยะยาว เช่น การหาตำแหน่งที่ตั้งของโรงงานหรือสาขาและการจัดหาทรัพยากร เป็นต้น

2) การวางแผนบริหารการขนส่งระดับยุทธวิธี (Tactical Planning) เป็นการวางแผนการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ เช่น การเลือกรูปแบบของการขนส่งที่จะใช้ เป็นต้น

3) การวางแผนบริหารการขนส่งระดับปฏิบัติการ (Operational Planning) เป็นการวางแผนการปฏิบัติงานในแต่ละวัน เช่น การจัดเส้นทาง และ การจัดตารางเวลาเดินรถ เป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เนื่องจากงานในระดับปฏิบัติการเป็นงานที่ต้องทำเป็นประจำทุกวัน ซึ่งการจัดตารางเวลาเดินรถก็เป็นงานหลักที่มีความสำคัญในการบริหารทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ถ้าสามารถจัดตารางเวลาให้ใช้รถได้อย่างเต็มที่ ส่งสินค้าได้จำนวนเที่ยวมากกว่า ก็จะเป็นข้อได้เปรียบในการดำเนินธุรกิจ

การจัดตารางเวลาการเดินรถให้มีประสิทธิภาพนั้นจำเป็นต้องพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ เช่น จำนวนรถที่ใช้ ความจุของรถ ระยะทางในการจัดส่ง ตำแหน่งที่ตั้งของสาขา ค่าใช้จ่าย มาตรการจำกัดเวลาเข้า-ออกในเขตกรุงเทพ ฯลฯ การดำเนินงานในปัจจุบันไม่สามารถจัดตารางเวลาการเดินรถที่มีประสิทธิภาพและเป็นมาตรฐานได้เท่าที่ควรเนื่องจากเกณฑ์ในการตัดสินใจของพนักงานแต่ละคนไม่เหมือนกัน และข้อจำกัดต่าง ๆ ที่มีความซับซ้อนทำให้ไม่สามารถควบคุมประสิทธิภาพและมาตรฐานของการจัดตารางเวลาเดินรถได้ และส่งผลให้มีการ ใช้ประโยชน์รถบรรทุกได้ไม่เต็มที่เท่าที่ควร

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จะทำการศึกษาระบบการทำงานของฝ่ายจัดส่งเพื่อทำการปรับปรุงและพัฒนาระบบการจัดส่งสินค้าจากโรงงานไปยังสาขา โดยการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในขั้นตอนการจัดสินค้าขึ้นรถ การจัดตารางเวลาเดินรถ และการมอบหมายงานให้กับพนักงานขับรถแต่ละคน เพื่อให้เกิดการบริหารการจัดส่งให้มีประสิทธิภาพ เป็นรูปแบบมาตรฐานและช่วยในการตัดสินใจของผู้ปฏิบัติงาน

1.2 จุดประสงค์ของการศึกษา

1) เพื่อศึกษากระบวนการทำงานในการจัดตารางเวลาเดินรถจัดส่งสินค้าเครื่องดื่มน้ำอัดลม จากโรงงานไปยังสาขา

2) เพื่อเสนอแนวทางในการปรับปรุงการทำงานด้านการจัดตารางเวลาเดินรถ

3) เพื่อพัฒนาวิธีการและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาการจัดตารางเวลาเดินรถจัดส่งสินค้าไปยังสาขา ให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

การวิจัยได้กำหนดขอบเขตของการศึกษา ดังนี้

1. การศึกษาจะทำการพัฒนาวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการจัดตารางเวลาเดินรถจัดส่งสินค้าไปยังสาขาที่อยู่ในเขตรับผิดชอบของโรงงานปทุมธานี 36 สาขา รวมถึงการจัดส่งสินค้าขนาดที่ทางโรงงานปทุมธานีเป็นผู้ผลิตแต่เพียงแห่งเดียวให้แก่ทุกสาขาทั่วประเทศ รวมถึงการจัดส่งไปยังโรงงานอีก 5 แห่ง

2. จะทำการศึกษาทั้งในส่วนของรถบริษัทและส่วนของรถรับจ้าง และในการศึกษาจะคำนึงถึงการบริหารตารางเวลาเดินรถในเที่ยวกลับ เพื่อทำการขนขวดเปล่ากลับมายังโรงงานเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการผลิต

3. การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะยึดนโยบายด้านการจัดส่งของหน่วยงานที่ทำการศึกษาและข้อเสนอแนะของผู้ปฏิบัติงานภายใต้ข้อจำกัด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เมื่อทำการศึกษาเพื่อพัฒนาวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการจัดตารางเวลาเดินรถจัดส่งสินค้าระหว่างฐานจ่าย คาดว่าจะเกิดประโยชน์ดังนี้

1. เพิ่มประสิทธิภาพในการใช้รถ

2. ช่วยลดเวลาการทำงานและเพิ่มความสะดวกให้กับพนักงานจัดรถ

3. ช่วยบริหารการจัดรถเที่ยวกลับเพื่อรับขวดเปล่ากลับมาที่โรงงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

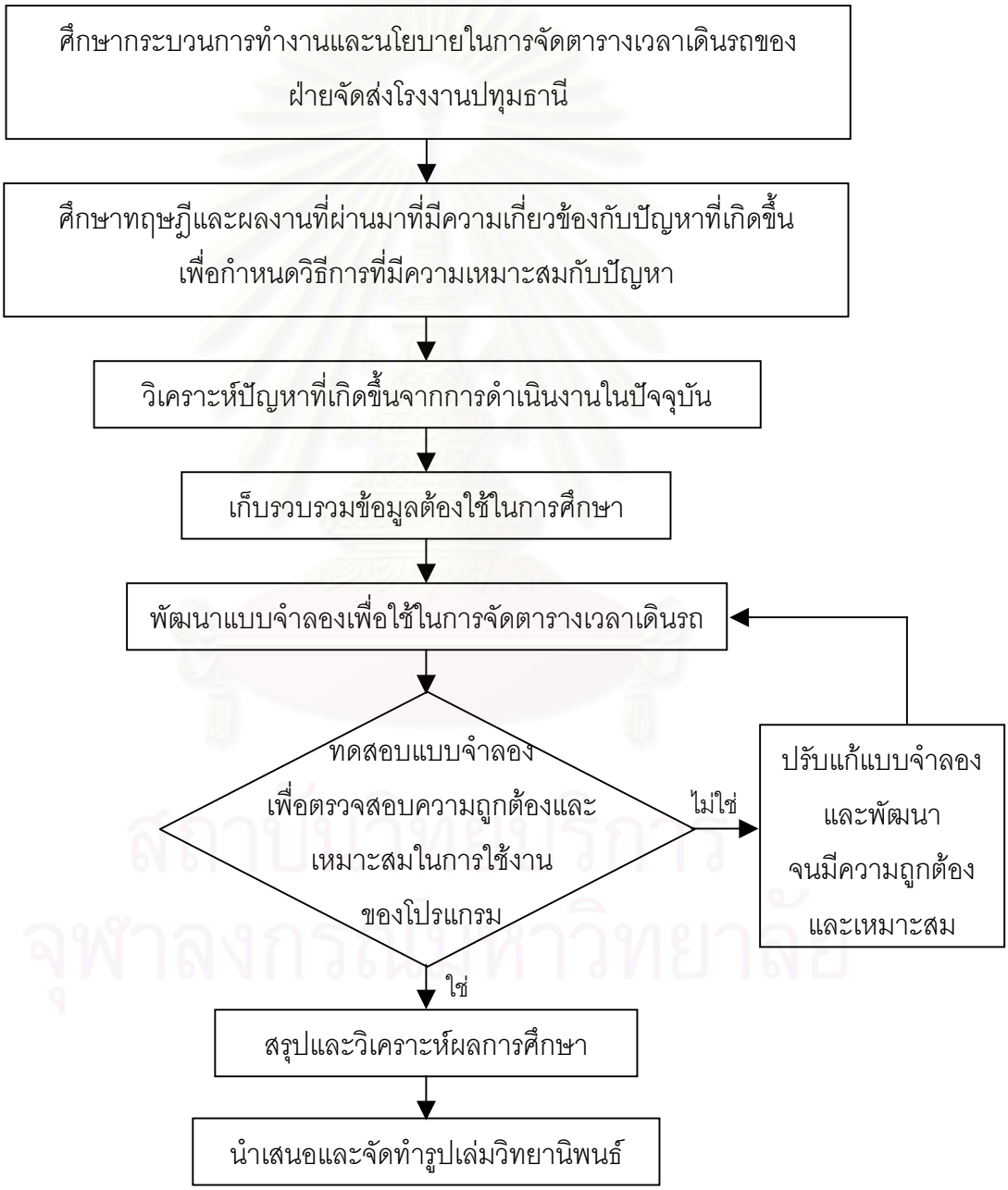
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. เพื่อให้เกิดความยุติธรรมในการมอบหมายงานให้แก่พนักงานขับรถแต่ละคน

5. ช่วยลดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการทำงาน

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

ขั้นตอนในการศึกษาครั้งนี้ได้แสดงดังแผนภูมิในรูปที่ 1-1



รูปที่ 1-1 แสดงขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่ผ่านมา

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาผลงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับงานทางด้านการจัดตารางเวลาและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ เพื่อให้เกิดประโยชน์ในการรวบรวมข้อมูล จะทำการแบ่งแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องออกเป็น 4 ส่วน คือ

- ส่วนที่ 1 ทฤษฎีทางด้านการจัดตารางเวลา
- ส่วนที่ 2 เทคนิคการหาคำตอบ
- ส่วนที่ 3 ทฤษฎีทางด้านการจับคู่เพื่อสร้างเส้นทางในการวิ่งควบ
- ส่วนที่ 4 ผลงานวิจัยที่ผ่านมา

2.1. ทฤษฎีทางด้านการจัดตารางเวลา

ทฤษฎีการจัดตารางเวลาได้มีการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิคต่าง ๆ มาใช้ ภายใต้ข้อจำกัดคือทรัพยากรที่มีอยู่ กล่าวคือการจัดตารางเวลาเดินรถเป็นการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด และดำเนินการในช่วงเวลาที่จำกัดให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด การจัดตารางเวลาสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

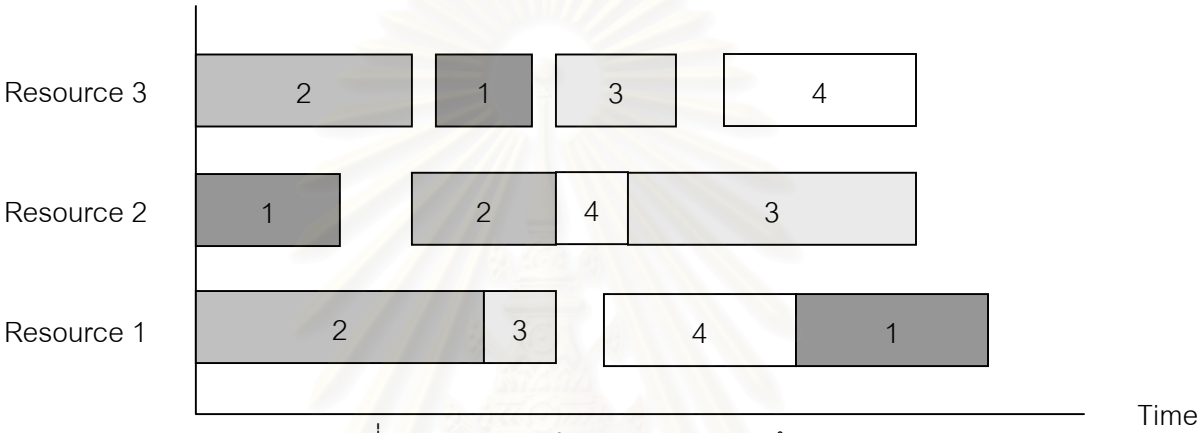
- Deterministic เป็นการจัดตารางเวลาที่ทราบปริมาณ และลักษณะของเครื่องจักรหรือทรัพยากรและงานที่แน่นอน
- Stochastic เป็นตารางการเวลาเดินรถที่ตระหนักถึงความไม่แน่นอนที่อาจเกิดขึ้น เช่น เครื่องจักรเสีย งานด่วน เป็นต้น โดยจะใช้ความน่าจะเป็นเข้ามาประยุกต์ใช้

การจำลองปัญหาการจัดตารางเวลาส่วนใหญ่จะกำหนดทรัพยากร (Resource) แทนด้วยเครื่องจักร (Machine) และลักษณะของงานแทนด้วยงาน (Job) นอกจากนี้ Pinedo (1995) ได้แบ่งลักษณะของปัญหาการจัดตารางเวลาออกเป็น 4 แบบ คือ

1) ปัญหางานที่มีเครื่องจักรเดียว (Single Machine)
2) ปัญหางานที่มีเครื่องจักรหลายเครื่อง (Parallel Machine)
3) ปัญหางานที่มีเครื่องจักรหลายเครื่องทำงานตามลำดับขั้นตอน (Flow Shop)

4) ปัญหางานที่มีเครื่องจักรหลายเครื่องทำงานที่มีขั้นตอนเฉพาะแตกต่างกัน (Job Shop)

ปัญหาแต่ละลักษณะก็จะมีความแตกต่างกันตามโครงสร้างของงาน ข้อจำกัดของปัญหา และเทคนิคที่ใช้ในการหาคำตอบ ซึ่งตารางเวลาส่วนใหญ่นิยมแสดงด้วย Gantt Chart ซึ่งแสดงในรูปที่ 2-1

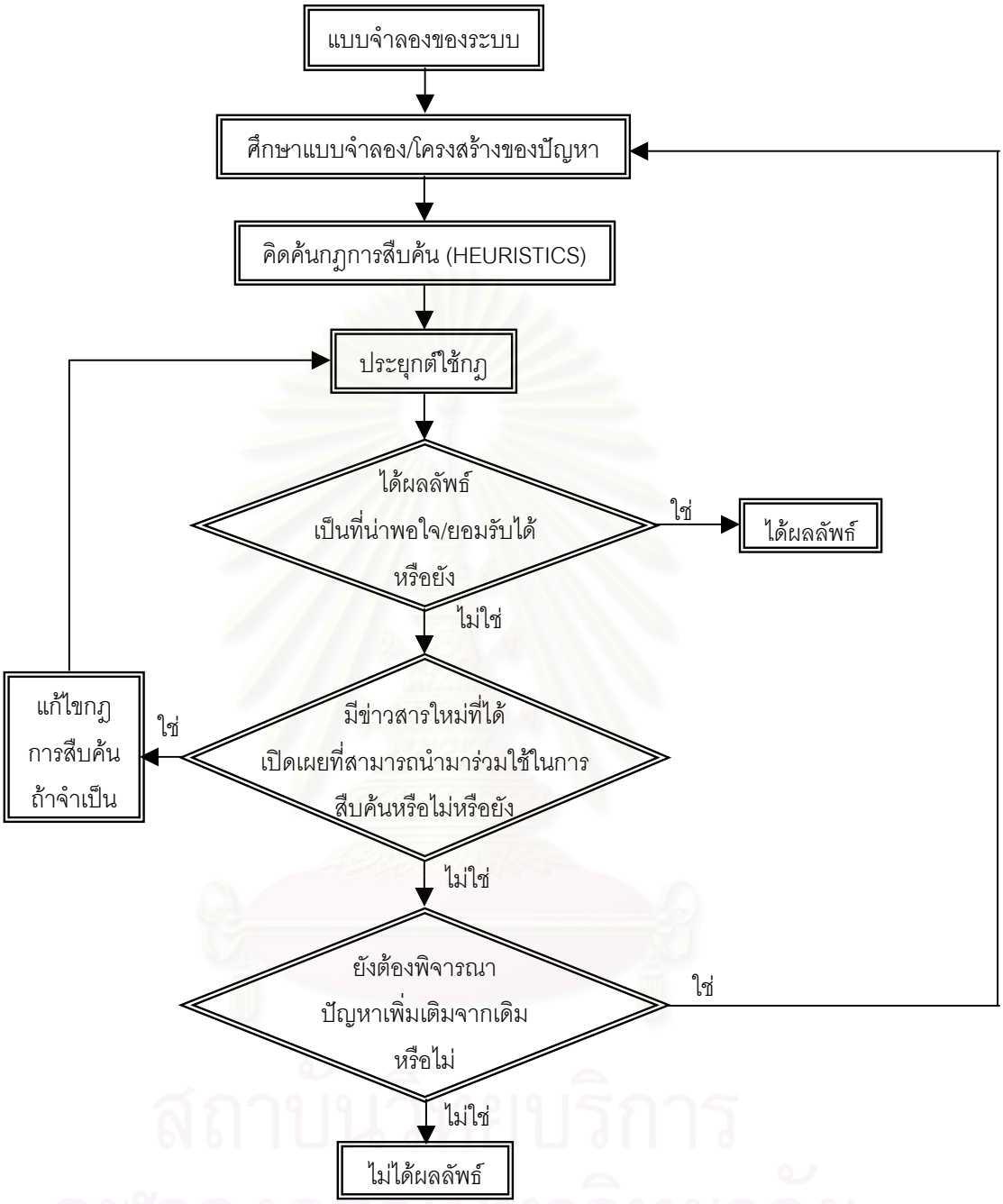


รูปที่ 2-1 แสดงการนำเสนอตารางเวลาด้วย Gantt Chart

2.2. เทคนิคในการหาคำตอบ

เทคนิคในการหาคำตอบการจัดตารางเวลามีอยู่หลายวิธี ซึ่งในปัจจุบันมีวิธีที่ได้รับความนิยมในการหาคำตอบ 2 วิธีคือ วิธีการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Optimization) เป็นวิธีการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดด้วยการจำลองปัญหาด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ และวิธีการสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristics) เป็นวิธีการที่จะช่วยให้ค้นหาคำตอบที่น่าพอใจของปัญหาเฉพาะอย่าง แต่ไม่รับรองว่าคำตอบที่ได้จะเป็นคำตอบที่ดีที่สุด มุ่งหวังว่าจะเป็นคำตอบที่เป็นไปได้และมีความใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุด

เนื่องจากการจัดตารางเวลาเดินรถเป็นปัญหาที่มีความสลับซับซ้อน การใช้วิธีการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจะมีข้อจำกัดคือ เมื่อมีจุดส่ง (Node) มากขึ้นจะทำให้ขนาดของปัญหาใหญ่ขึ้นและใช้เวลาในการหาคำตอบนาน โดยกระบวนการสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristics) แสดงในรูปที่ 2-2



รูปที่ 2-2 แสดงกระบวนการสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristics)

จากประสบการณ์ทำงานทางด้านการจัดเส้นทางและตารางเวลามาเป็นระยะเวลากว่า 20 ปีของ Bodin นั้นพบว่ามีส่วนประกอบที่สำคัญในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางและตารางเวลาอยู่ 3 ประการคือ Bodin (1990)

1) วิธีการออกแบบการแก้ปัญหาในสภาพการใช้งานจริง
2) การพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการจัดเส้นทาง
3) ระบบข้อมูลสภาพภูมิศาสตร์ในระบบการจัดเส้นทางและตารางเวลา

การที่จะทำการแก้ปัญหาการจัดตารางเวลาเดินรถนั้นมีเทคนิคในการหาคำตอบอยู่หลายวิธี ซึ่งเทคนิคในการหาคำตอบการจัดตารางเวลาเดินรถสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 เทคนิค Pual (1996) คือ

2.2.1. เทคนิคการใช้กฎการจัดส่ง (Priority Dispatching Rules)

เทคนิคการใช้กฎการจัดส่ง คือ การใช้ลักษณะของงานเป็นพื้นฐานในการจัดตารางเวลา เช่น ระยะเวลาที่ใช้ (Processing time) ในการจัดตารางเวลาหรือจะใช้วันกำหนดส่งในการจัดเป็นต้น กฎการจัดส่งมีอยู่หลายวิธี ในการเลือกว่าจะใช้วิธีการใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหาและวัตถุประสงค์ในการแก้ปัญหาดังนี้

- การจัดแบบเวลาปฏิบัติงานสั้นที่สุด (Shortest Processing Time Rule ; SPT) เป็นการให้ความสำคัญกับงานที่มีเวลาปฏิบัติงานสั้นที่สุด

- การจัดแบบเวลาปฏิบัติงานยาวที่สุด (Longest Processing Time Rule ; LPT) เป็นการให้ความสำคัญกับงานที่มีเวลาปฏิบัติงานมากที่สุด

- การกำหนดเวลาส่งงานเร็วที่สุด (Earliest Due Date Rule ; EDD) เป็นการให้ความสำคัญกับงานที่มีกำหนดเวลาส่งงานเร็วที่สุด

- การกำหนดเวลาตั้งเครื่องน้อยที่สุด (Shortest Setup Time Rule ; SST) เป็นการให้ความสำคัญกับงานที่มีเวลาตั้งเครื่องน้อยที่สุด และจะจัดงานเมื่อมีทรัพยากรว่าง

- การจัดงานที่มีความล่าช้า (Minimum Slack ; MS) เป็นการให้ความสำคัญกับงานที่มีความล่าช้าของงานต่ำที่สุด

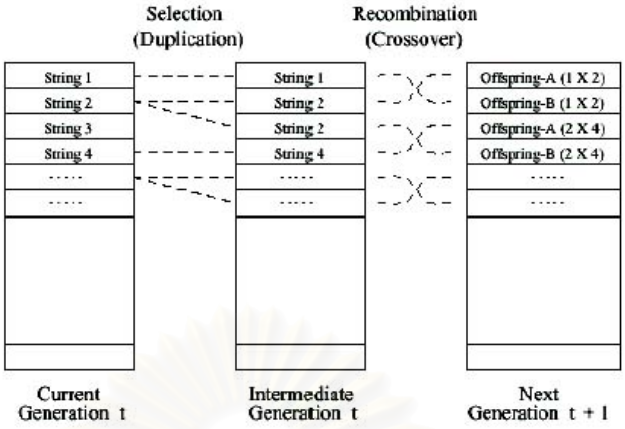
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.2. เทคนิคการค้นหา (Search Technique)

เทคนิคการค้นหา เป็นการหาตารางเวลาที่มีความเหมาะสมมากที่สุด โดยการหาคำตอบที่น่าจะเป็นไปได้หลาย ๆ คำตอบ โดยดูจากหลักการบางอย่างเช่น ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด (Makespan) หรือจะใช้ระยะเวลาโดยเฉลี่ย วิธีการที่ใช้เทคนิคการค้นหาได้แก่ เทคนิค Branch and Bound และการใช้การปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถใช้เทคนิคการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimization) หรือ เทคนิคการหาคำตอบด้วยการสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristics) อย่างไรก็ตามเนื่องจากปัญหาการจัดตารางเวลาเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนและมีข้อจำกัดต่าง ๆ มากมาย การหาคำตอบด้วยวิธีการสุ่มอย่างมีเหตุผล จึงน่าจะเป็นวิธีการที่มีความเหมาะสมกว่าวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด ปัจจุบันวิธีการที่นิยมใช้ประกอบด้วย

1) วิธีการพันธุกรรม (Genetic Algorithm)

วิธีการพันธุกรรมถูกนำเสนอครั้งแรกโดย Holland (1975) เป็นวิธีการที่พัฒนาเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุด โดยมีพื้นฐานมาจากกระบวนการพันธุกรรมทางชีววิทยาและนำมาประยุกต์ใช้กับการจัดตารางเวลาการเดินรถ หลักการทำงานเริ่มจากการเลือกผลลัพธ์เบื้องต้น (Initial Population) ขึ้นมากลุ่มหนึ่งซึ่งอาจได้จากการสุ่มหรือจากวิธีการวิเคราะห์อื่น ๆ แล้วทำการประเมินคุณภาพของคำตอบในส่วนประเมินคุณภาพ (Evaluation Function) ซึ่งจะมีการกำหนดดัชนีวัดคุณภาพ (Fitness) เพื่อใช้วัดคุณภาพของผลลัพธ์ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ จากนั้นจะทำการสุ่มเลือก (Selection) ผลลัพธ์ที่ดีกว่าผลลัพธ์อื่นขึ้นมา 1 คู่ เรียกว่า ผลลัพธ์พ่อ-แม่ (Parent) เพื่อใช้ในการสร้างผลลัพธ์ลูก (Offspring) ในรุ่นถัดไป จากการนำบางส่วนของ ผลลัพธ์ Parent ทั้งคู่มาทำการผสมกันด้วยวิธีการต่าง ๆ (Recombination) และกระบวนการจะทำซ้ำจนกว่าจะได้คำตอบที่ต้องการ โดยกระบวนการสร้างผลลัพธ์รุ่นลูกแสดงในรูปที่ 2-3



รูปที่ 2-3 แสดงกระบวนการสร้างผลลัพธ์รุ่นลูก

โดยกระบวนการผสมเพื่อสร้างผลลัพธ์ในรุ่นลูก (Recombination) มี 2 วิธีคือการ Crossover เป็นการตัดที่จุดใดจุดหนึ่งของ String ทั้งสองแล้วทำการสลับกันดังแสดงในรูปที่ 2-4 ส่วนอีกวิธีการหนึ่งคือการ Mutation เป็นการเปลี่ยนแปลงภายในตัว String เองดังแสดงในรูปที่ 2-5

11010 \/ 01100101101
yxyyx /\ yxxyyyyxyxxy

11010yxxyyyyxyxxy and yxyyx01100101101

รูปที่ 2-4 แสดงกระบวนการ Crossover

Mutation Point

Offspring 1 0 1 0 *0* 1 0 0 1 0

Mutation Offspring 1 0 1 0 *1* 1 0 0 1 0

รูปที่ 2-5 แสดงกระบวนการ Mutation

แต่อย่างไรก็ตามแม้ว่าวิธีพันธุกรรมจะเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ได้ แต่วิธีพันธุกรรมก็ไม่สามารถรับประกันว่าจะหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ เนื่องจากกระบวนการอาจจะวนติดอยู่กับคำตอบดีที่สุดสัมพัทธ์ (Local Optima) ได้

2) Simulate Annealing

Simulate Annealing ถูกพัฒนามาจากอุตสาหกรรมหล่อเย็น เพื่อให้มีการใช้พลังงานในขั้นตอนการตกผลึกให้น้อยที่สุด ได้มีการนำวิธีการนี้มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาโดยมีขั้นตอนการป้องกันการวนติดอยู่ในค่าคำตอบดีที่สุดสัมพัทธ์ (Local Optimal) โดยจะทำการค้นหาคำตอบแบบสุ่ม และจะไม่พิจารณาแค่ว่าคำตอบมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นตามวัตถุประสงค์ (f) แต่เพียงอย่างเดียว แต่จะพิจารณายอมรับด้วยค่าความน่าจะเป็น ตามสมการที่ 2-1 และโครงสร้างของวิธี Simulate Annealing แสดงในรูปที่ 2-6

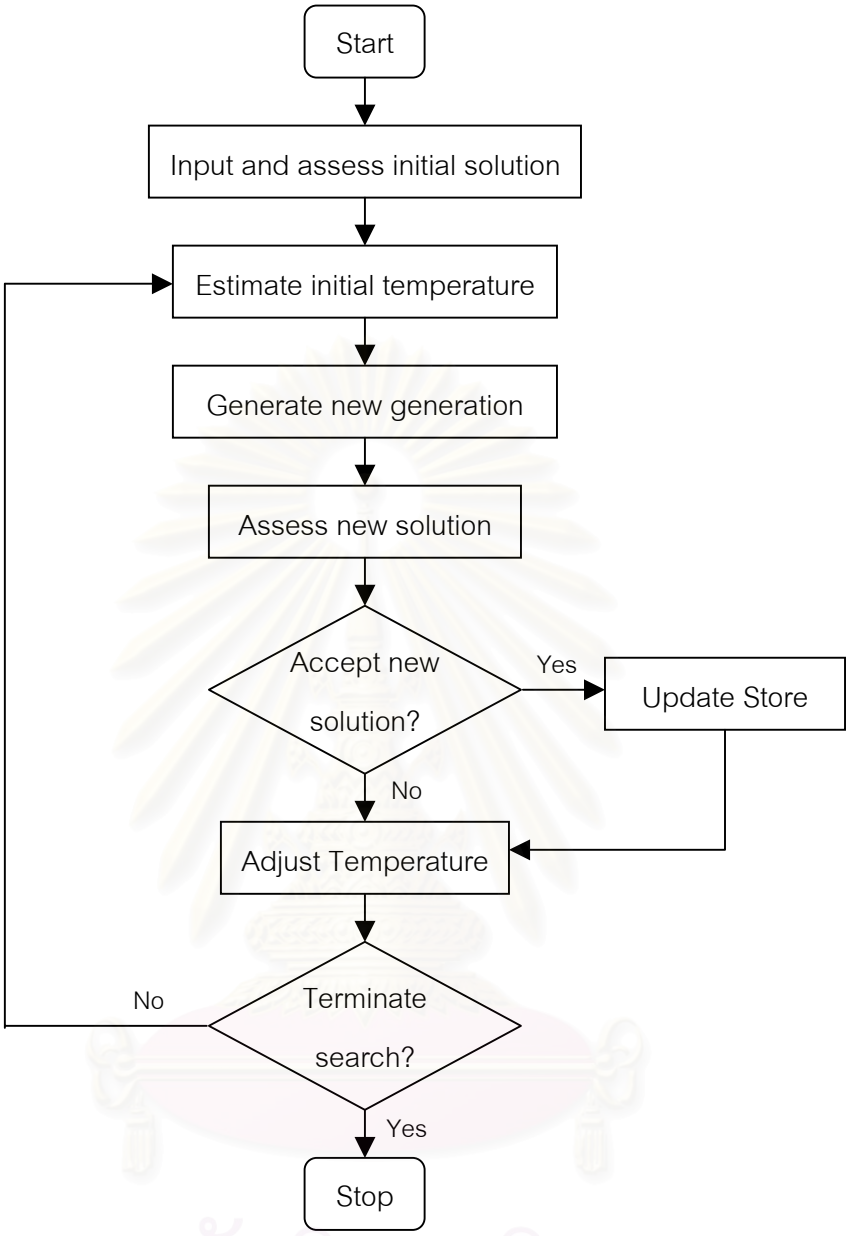
$$p = \exp\left(\frac{-\delta f}{T}\right) \qquad \text{.....(2-1)}$$

เมื่อ δf คือ ค่าวัตถุประสงค์ที่เปลี่ยนแปลงไป

T คือ พารามิเตอร์ควบคุม

3) วิธีการค้นหาแบบทาบู (Tabu search)

การค้นหาแบบทาบูพัฒนาโดย Fred Glover ในปี 1989 โดยมีหน่วยความจำเพื่อหลีกเลี่ยงการติดอยู่กับค่าดีที่สุดสัมพัทธ์ (Local Optimal) หลักการก็คือจะเริ่มต้นจากคำตอบที่เป็นไปได้คำตอบหนึ่งแล้วทำการสลับตำแหน่งในคำตอบเพื่อหาคำตอบที่ดีขึ้นต่อไป การค้นหาคำตอบแบบทาบูมีขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 2-6 แผนผังแสดงโครงสร้างของวิธี Simulate Annealing

กำหนดให้

X เป็นเซตของคำตอบที่เป็นไปได้โดยมีคำตอบ s คำตอบ

f เป็นฟังก์ชั่นที่ให้ค่าน้อยที่สุด โดยแต่ละ s ใน X จะเป็นจำนวนจริงซึ่งสามารถเขียนในรูป f(s)

N(s) หรือ Neighborhood ถูกกำหนดสำหรับแต่ละคำตอบของ s ใน X

ขั้นตอนที่ 1 หาคำตอบที่เป็นไปได้จากคำตอบ s

ขั้นตอนที่ 2 ทำการย้ายตามเงื่อนไขและข้อบังคับของ Neighborhood List

ขั้นตอนที่ 3 เมื่อไรก็ตามที่มีคำตอบที่เป็นไปได้ จากคำตอบ s N(s) จะถูกตรวจสอบ ถ้าคำตอบ s' ที่ได้ใน N(s) ทำให้ f(s') < f(s) แล้ว ก็จะเลือกค่าที่ s' นั้นไว้ และทำตามขั้นตอนเหล่านี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะถึงเงื่อนไขของการหยุด

ขั้นตอนที่ 4 เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้มีการวนรอบ จะไม่อนุญาตให้มีการย้อนกลับไปยังคำตอบที่ผ่านมาแล้วใน Iteration k ที่ผ่านมา ซึ่งได้ทำการเก็บคำตอบเหล่านั้นใน Tabu List ขนาดของ Tabu List จะเป็นค่าคงที่หรือค่าแปรผันก็ได้ ขึ้นอยู่กับปัญหานั้น ๆ ถ้าคำตอบที่ได้มีอยู่ใน Tabu List แล้วการย้ายคำตอบไปยัง Tabu List ก็จะถูกห้ามไว้ และค่าของคำตอบนี้จะถูกเรียกว่าคำตอบทาบู (Tabu Solution) แต่ถ้าไม่มีค่าคำตอบนี้ใน Tabu List ก็จะทำการย้ายคำตอบไปยัง Tabu List โดยจะนำคำตอบนี้ไปเก็บไว้ที่ปลายของ Tabu List แต่ถ้าเกินขนาดของ Tabu List ก็จะตัดคำตอบที่เก่าที่สุดทิ้งไป

ขั้นตอนที่ 5 การใช้คำตอบทาบูอาจเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ จึงมีการนำคุณสมบัติบางอย่างที่จะทำการยกเลิกสถานะทาบูใน Tabu List ในกรณีที่เราต้องการ โดยถ้าค่าคำตอบ s' อยู่ใน Tabu List เราอาจหยุดสถานะทาบูไว้แล้วตรวจสอบว่ามีการย้ายที่เป็นไปได้จากคำตอบ s ในกรณีที่ $f(s') \leq A(f(s))$ ซึ่งหมายความว่าการย้ายจะถูกยอมรับถ้าค่าของ f ที่ s' มีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้

ขั้นตอนที่ 6 หลังจากการย้ายและหาคำตอบตามเงื่อนไขของ Neighborhood List แล้ว จะทำการปรับปรุงค่าของ Tabu List และค่าคำตอบที่เป็นไปได้ใหม่

ขั้นตอนที่ 7 ตรวจสอบเงื่อนไขในการหยุดการทำงาน กระบวนการจะสิ้นสุดเมื่อเงื่อนไขในการหยุดเป็นจริง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เงื่อนไขในการหยุดการทำงานมีรูปแบบดังนี้

- Iteration Limit เป็นการกำหนดให้หยุดการทำงานเมื่อมีการทำงานครบจำนวนรอบตามที่กำหนดไว้
- No Improvement Criteria เป็นการกำหนดให้หยุดการทำงานเมื่อไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าคำตอบที่ดีที่สุด
- CPU Time Limit เป็นการกำหนดให้หยุดการทำงานตามเวลาการประมวลผล
- Low Bound Limit เป็นการกำหนดให้หยุดการทำงานเมื่อได้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่กำหนดไว้

การออกแบบ Neighborhood

การออกแบบ Neighborhood มีความสำคัญมากต่อการหาคำตอบในวิธี Heuristics เพราะการออกแบบ Neighborhood ที่ดีจะช่วยหลีกเลี่ยงการวนติดอยู่กับค่าคำตอบดีที่สุดสัมพัทธ์ และยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับการค้นหาในวิธีการสุ่มอย่างมีเหตุผลอีกด้วย วิธีการที่ใช้ในการออกแบบ Neighborhood ที่ได้รับความนิยมนั้นมีอยู่ 3 รูปแบบได้แก่

- การสับเปลี่ยนระหว่างคู่ที่อยู่ติดกัน (Adjacent Pairwise Interchange) โดยเป็นการสลับที่ของงานที่อยู่ติดกันทางด้านซ้ายหรือด้านขวาของตาราง
- การสับเปลี่ยนทุกคู่ (Swap Interchange) เป็นการเปลี่ยนระหว่าง 2 ตำแหน่งคือตำแหน่งที่ i และตำแหน่งที่ k การออกแบบแบบนี้จะทำให้ได้ Neighborhood ที่มีขนาด n(n-1) / 2 เมื่อ n คือขนาดของ List

ปัญหามี List เริ่มต้นดังนี้ : {1, 2, 3, 4, 5, 6}

วิธีการย้าย i=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)}

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

ขนาดของ Neighborhood = 6(6-1)/2 = 15

- การแทรก (Insertion Interchange) เป็นการนำค่าในตำแหน่ง i ไปใส่ในตำแหน่งที่ k และ Neighborhood มีขนาด $(n-1)^2$

ปัญหามี List เริ่มต้นดังนี้ : {1, 2, 3, 4, 5, 6}

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

ขนาดของ Neighborhood = $(6-1)^2$ = 25

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.3. เทคนิควิธีการแบบคอขวด (Bottleneck Method)

เทคนิควิธีการแบบคอขวด เป็นเทคนิคในการสร้างความแตกต่างระหว่างทรัพยากรที่มีสภาพคอขวดและไม่มีสภาพคอขวด ทรัพยากรที่มีสภาพคอขวดจะถูกจัดลงตารางก่อนเพื่อเป็นการรับรองว่าจะใช้ประโยชน์จากทรัพยากรนั้นให้มากที่สุด หลังจากนั้นจึงจัดทรัพยากรที่ไม่มีสภาพคอขวดลงในตารางเวลา เทคนิคนี้มีวิธีที่รู้จักกันดีคือ เทคนิคการหากระบวนการผลิตที่ดีที่สุด (Optimized Production Technology; OPT)

2.2.4. เทคนิคการใช้ความรู้ดั้งเดิม (Knowledge-based technique)

เทคนิคการใช้ความรู้ดั้งเดิม เป็นเทคนิคที่อาศัยความเชี่ยวชาญจากประสบการณ์ทำงานของพนักงานจัดตารางเวลา เพื่อสร้างตารางเวลาที่สามารถใช้งานได้จริง

งานจัดตารางเวลาในบางบริษัทยังคงใช้พนักงานในการจัดเนื่องจากการจัดตารางเวลานั้นใช้ส่วนประกอบต่าง ๆ มากมาย และมีหลายส่วนที่ยากที่จะใช้การทำงานแบบอัตโนมัติทั้งหมด การใช้พนักงานในการจัดตารางเวลามีข้อดีคือ พนักงานจะมีความยืดหยุ่น มีการเรียนรู้ในการทำงาน มีการติดต่อสื่อสารระหว่างกันและกัน การเจรจา และสัญชาติญาณ ซึ่งเป็นสิ่งที่ระบบอัตโนมัติทำได้ยาก แต่อย่างไรก็ดี การใช้พนักงานในการจัดตารางเวลาก็มีข้อจำกัดบางอย่าง เช่น ความสามารถในการจำ และยากที่จะทำให้การจัดตารางเวลามีมาตรฐานเนื่องจากพนักงานแต่ละคนมีความรู้ความสามารถแตกต่างกัน เป็นต้น

2.3. ทฤษฎีทางด้านการจับคู่เพื่อสร้างเส้นทางในการวิ่งควบ

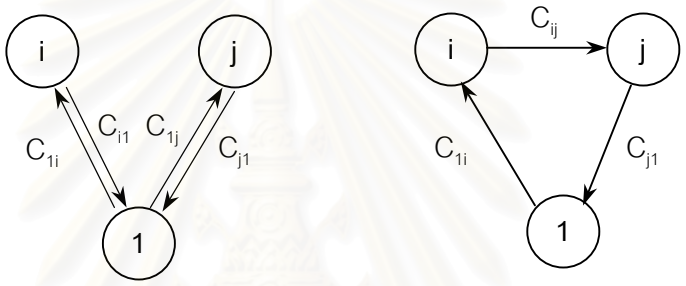
ทฤษฎีทางด้านการจับคู่เพื่อสร้างเส้นทางในการวิ่งควบเป็นการจับคู่จุดส่ง 2 จุดส่ง และสร้างเส้นทางที่มีความเหมาะสม เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้รถในการจัดส่งสินค้า ในการจัดส่งสินค้า 1 เที่ยว แทนการจัดส่งสินค้า 2 เที่ยว โดยใช้วิธีหาค่าการประหยัด (Saving Algorithm)

การหาเส้นทางที่จะทำการเชื่อมต่อระหว่างจุด 2 จุด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการหาเส้นทางที่สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากที่สุด หรือเพื่อให้ได้น้ำหนักบรรทุกมากที่สุดโดยวิธีการหา

ค่าการประหยัด (Saving Algorithm) นี้มีเกณฑ์ในการค้นหาจุดส่งที่ทำให้เกิดการประหยัดด้วยการผนวก 2 จุดส่งเข้าสู่เส้นทางเดียวกันแทนการแยกส่งคนละเส้นทาง มีขั้นตอน การดำเนินการดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดจุดส่งที่ต้องทำการจัดส่งเป็นจุดแรกจากโรงงาน “1”

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาค่าการประหยัดจากการรวมจุดส่ง i กับจุดส่ง j ; S_{ij} เมื่อทำการผนวกเส้นทางของคู่จุดส่งทั้ง 2 ซึ่งค่า $S_{ij} = C_{1i} + C_{1j} - C_{ij}$ ดังรูปที่ 2-7



$\Sigma C = C_{1i} + C_{i1} + C_{1j} + C_{j1}$ $\Sigma C = C_{1i} + C_{ij} + C_{j1}$

$$Sij = (\cancel{C_{1i}} + C_{i1} + \cancel{C_{1j}} + C_{j1}) - (\cancel{C_{1i}} + C_{ij} + \cancel{C_{j1}})$$
$$= C_{i1} + C_{j1} - C_{ij}$$

รูปที่ 2-7 แสดงวิธีการหาค่าการประหยัด

ถ้าค่า $S_{ij} > 0$ แสดงว่ามีค่าการประหยัด (Saving) ในการลดเส้นทางการเดินรถลง

ขั้นตอนที่ 3 เรียงลำดับค่าการประหยัด (S_{ij}) จากมากไปหาน้อย

ขั้นตอนที่ 4 สร้างเส้นทางย่อยเชื่อมจุดส่ง i และ j ที่มีค่าการประหยัดมากที่สุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อย่างไรก็ตามในการสร้างเส้นทางวิ่งควบนั้น จำเป็นจะต้องพิจารณาถึงปัจจัยอื่น ๆ ตามสภาพความเป็นจริงประกอบไปด้วย และพิจารณาว่าเส้นทางที่สร้างขึ้นนั้นสามารถจัดส่งได้ในสภาพความเป็นจริงหรือไม่

2.4. ผลงานวิจัยที่ผ่านมา

Clarke G. (1962) ได้ทำการศึกษาถึงการจัดเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดของกองยานพาหนะที่มีความจุหลายขนาดออกจากศูนย์กระจายสินค้าไปถึงจำนวนจุดส่งที่ต้องทำการเลือกจากเส้นทางที่เป็นไปได้ โดยที่สินค้ามีความเหมือนกัน (Homogenous) และระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่าง จุด 2 จุดซึ่งมีอยู่แล้ว และต้องการจัดสินค้าให้มีระยะทางรวมของรถบรรทุกแต่ละคันน้อยที่สุด โดยทำการหาคำตอบด้วยการปรับปรุงวิธีการของ Dantzig และ Ramser (1959) ซึ่งมีวิธีการดังนี้

ก่อนอื่นต้องหาเส้นทางที่เป็นไปได้ที่จะทำการส่งที่จุดส่ง P_y และ P_z จากศูนย์กระจายสินค้า P_0 เมื่อได้เส้นทางที่เป็นไปได้ทุกเส้นทางแล้วก็ทำการหาค่าการประหยัด โดยทำการเขียนเป็นเมตริกซ์ที่มีข้างเดียว เส้นทางใดที่มีค่าการประหยัดมากก็จะถูกนำมาใช้ในการจัดควบเส้นทางเดียวกัน หลังจากนั้นก็นำเส้นทางที่มีค่าการประหยัดมากมาจัดสินค้าตามความจุของรถที่ใช้ ค่าในแถวและคอลัมน์ ในครึ่งเมตริกซ์ที่จะทำการหาค่าการประหยัดมากที่สุดนั้นจะขึ้นอยู่กับเงื่อนไข เช่น ค่า P_y และ P_z จะต้องไม่เคยถูกจัดในเส้นทางเดียวกันมาก่อน จนได้เป็นเซตของคำตอบที่สามารถเป็นไปได้เริ่มต้น และทำซ้ำจนกระทั่งไม่มีเส้นทางที่เป็นไปได้มากขึ้นอีกแล้วก็จะได้คำตอบสุดท้าย

Holmes R. A. (1976) ทำการศึกษาปัญหาการจัดตารางเวลาเดินรถ โดยที่ทราบความจุของรถที่ใช้และความต้องการเป็นแบบที่ทราบแน่นอน (Deterministic demand) มีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะในการเดินทางให้เหลือน้อยที่สุด โดยใช้วิธี Saving Algorithm ของ Clark และ Wright (1962) เป็นวิธีการหลัก โดยมีวิธีการคิดค่า i และ j ใช้เป็นเมตริกซ์แบบสมมาตรและไม่สมมาตร และมีการหาค่าการประหยัดจากการควบจุดส่ง 2 จุด มีค่าการประหยัดเท่ากับ

$$S_{ij} = C_{i1} + C_{j2} - C_{ij} \quad \text{..... (2-2)}$$

โดยที่ 1 คือ ศูนย์กระจายสินค้า

ถ้าค่า $S_{ij} > 0$ แสดงว่ามีการประหยัดเมื่อมีการควบเส้นทาง 2 จุดส่ง ดังนั้น ถ้าเส้นทาง (i,j) ที่ไม่ได้อยู่ในเส้นทางเดียวกัน และ $C_{ij} > C_{ix} + C_{xj}$ แล้วจะทำการเปลี่ยนเส้นทางจากเดิม (i,x) และ (x,j) เป็น (i,j) ดังนั้นถ้าต้องการทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางน้อยที่สุดจะต้องทำการหาค่าการประหยัดที่มากที่สุด และได้ทำการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษา FORTRAN และนำโปรแกรมไปใช้ในปัญหา 2 รูปแบบ ทั้งที่มีเมตริกซ์สมมาตรและไม่สมมาตร ผลการทดสอบที่ได้ในบางครั้งก็ไม่ประสบความสำเร็จ เนื่องจากต้องนำข้อจำกัดทางด้านเวลาของการบริการแต่ละความต้องการเข้ามาคิดร่วมด้วย และในสภาพปัญหาการจัดตารางเวลาจะมีการเปลี่ยนแปลงสภาพของสิ่งแวดล้อมอยู่ตลอดเวลาจึงเป็นการยากในการควบคุม

Cooper J. C. (1983) ได้ทำการศึกษาการจัดตารางเวลาเดินรถ โดยใช้ผลการทดสอบเพื่อประมาณค่าใช้จ่ายระหว่างจุดส่ง 2 จุด ด้วยระยะทางที่เป็นเส้นตรง มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด ในขั้นแรกได้ทำการศึกษาถึงตำแหน่งที่ตั้ง ข้อมูลของค่าใช้จ่ายในการดำเนินการของเส้นทางที่ใช้อยู่ในปัจจุบันในโครงข่าย ข้อมูลที่ทำการสำรวจคือข้อมูลความเร็วและเวลาที่ใช้ในการเดินทาง โดยทำการเก็บจากข้อมูลในอดีต โดยข้อมูลความเร็วและระยะทางแต่ละค่าจะมีค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าความแปรปรวน (Variance)

หลังจากนั้นก็ทำการแปลงข้อมูลที่ได้ไปเป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินการขนส่ง โดยมีค่าใช้จ่าย 2 ตัวคือ ค่าใช้จ่ายมาตรฐานที่ประกอบไปด้วย ค่าจ้าง ค่าประกันภัย และค่าใช้จ่ายแปรผัน (Running cost) ซึ่งประกอบไปด้วย ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าน้ำมันหล่อลื่น และค่าอะไหล่ โดยคำนวณหาค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานสำหรับรถ 10 ตัน จากสูตร

$$C = 5.49 + \frac{169}{V} + 0.000147V^2 \quad \text{.....(2-3)}$$

เมื่อ C = ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่อกิโลเมตร

V = ความเร็ว (กิโลเมตร / ชั่วโมง)

เมื่อได้ระยะทางเส้นตรง (Straight Line Distance) และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานแต่ละเส้นทาง ทั้งค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวน แล้วทำการ Plot ระหว่าง ระยะทางเส้นตรงระหว่างจุดส่ง (S_L) และค่าใช้จ่ายระหว่างจุดส่ง (C_L) โดยทำการ Plot ทั้งค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวน และใช้สมการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) จากค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเฉลี่ย จะได้สมการ

$$C'_L = 0.381 + 0.303\ S_L \quad \text{.....(2-4)}$$

เมื่อ C'_L เป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานบนเส้นทาง L โดยประมาณ

จากการศึกษาพบว่าสมการที่ได้มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r^2) = 0.97 แสดงว่าค่าทั้งสองมีความสัมพันธ์กันสูง ดังนั้นจึงสามารถใช้ระยะทางเส้นตรงในการประมาณค่าใช้จ่ายในการดำเนินการขนส่งได้

Golden (1987) ได้ทำการตรวจสอบผลการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการจัดเส้นทางการเดินรถในอุตสาหกรรมน้ำอัดลม โดยจะแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ การกระจายสินค้าเมื่อมีใบสั่งซื้อจากลูกค้า (Pre-Sale Distribution), การกระจายสินค้าในลักษณะเร่ขาย (Driver-Sale Distribution) และปัญหาการจัดเส้นทางการกระจายสินค้าระหว่างโรงงานหรือศูนย์กระจายสินค้า (Interfacility Routing Problem)

ปัญหาการจัดเส้นทางการกระจายสินค้าระหว่างโรงงานหรือศูนย์กระจายสินค้า (Interfacility Routing Problem) ได้กล่าวถึงกรณีศึกษา 2 กรณี ในกรณีแรกเป็นการจัดเส้นทางขนส่งระหว่างโรงงานและศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทผลิตเครื่องดื่มน้ำอัดลมแห่งหนึ่ง จากโรงงาน 3 แห่งไปยังศูนย์กระจายสินค้า 18 แห่ง โดยศูนย์กระจายสินค้าเป็นผู้ระบุชนิดและจำนวนสินค้าที่ต้องการและช่วงเวลาที่ต้องการให้ทำการจัดส่ง บริษัทดังกล่าวได้ใช้โปรแกรม TRUCK STOP แต่อย่างไรก็ตามยังต้องมีการปรับปรุงทางด้านต่าง ๆ ก่อนที่จะนำโปรแกรมมาใช้เช่น ข้อจำกัดด้านเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เป็นต้น เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้โปรแกรม ผลที่ได้จากการทดสอบโปรแกรมยังต้องมีการปรับปรุงโปรแกรมให้มีความสอดคล้องกับสภาพการทำงานจริง

ในกรณีศึกษาที่ 2 เป็นการขนส่งจาก 3 โรงงานไปยัง 15 สาขา โดยใช้รถบรรทุก 36 คัน และรถพ่วง 72 คัน มีการขนวัตถุดิบเช่น กระป๋องเปล่าหรือฝาในเที่ยวกลับเป็นต้น โดยปกติจะว่าจ้างบริษัทรับจ้างในกรณีที่มีการขนส่งเกินความสามารถของรถที่มีอยู่ การทำงานของพนักงานจัดรถจะใช้เวลา 16-20 ชั่วโมงเพื่อจัดตารางเวลาเดินรถในช่วง 3 วัน ในช่วงที่มีการสั่งซื้อมาก ๆ อาจใช้เวลาสูงถึง 32 ชั่วโมง ดังนั้นทางบริษัทจึงได้ทำการติดตั้งโปรแกรม MICRO VEH PLAN โดยมีการปรับปรุงและเพิ่มเติมโปรแกรมในส่วนของ Heuristics (วิธีการสุ่มอย่างมีเหตุผล) ที่ใช้ในการตรวจสอบการจัดลำดับของใบสั่งซื้อ เพื่อแก้ปัญหาเส้นทางและตารางเวลาเดินรถ ผลของการใช้โปรแกรมช่วยลดเวลาการทำงานของพนักงานจัดรถ กำจัดเส้นทางที่ไม่ก่อให้เกิดประสิทธิภาพ

จัดการวัดและประเมินผลในระยะยาว เช่นจำนวนรถที่ต้องใช้, ประสิทธิภาพของคนขับและการใช้ประโยชน์ของรถ เป็นต้น

Chetbundhit, J. (1990) ได้ทำการศึกษาถึงปัญหาการจัดเส้นทางและตารางเวลาเดินรถจัดส่งน้ำมันที่ดีที่สุดจากคลังสินค้าไปยังสถานีบริการในเขตกรุงเทพฯ ด้วยรถบรรทุกหลายขนาด วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของกระบวนการจัดเส้นทางและตารางการเดินรถให้เป็นระบบและมีประสิทธิภาพ มีการแบ่งช่วงเวลาจัดส่งเป็น 5 ช่วงและพิจารณาและได้พิจารณาถึงช่วงเวลาที่ห้ามรถบรรทุกเข้าเมือง ขั้นตอนการศึกษาแบ่งออกเป็น 5 ส่วนคือ

1. การเก็บข้อมูลและแสดงตำแหน่งของลูกค้าบนแผนที่ โดยใช้โปรแกรม AUTOCAD
2. การหาเส้นทางที่สั้นที่สุดจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้าโดยโปรแกรมที่มีอยู่โดยอาศัยหลักการของ Dijkstra's Algorithm
3. การวิเคราะห์หาเวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยใช้สมการถดถอย (Regression) ซึ่งเวลาในการเดินทางนั้นจะขึ้นอยู่กับระยะทางและช่วงเวลาของวันเป็นสำคัญ รวมถึงมาตรการห้ามรถบรรทุกเข้า-ออกในเขตกรุงเทพฯ ทำให้ได้ช่วงเวลาที่สามารถจัดส่งสินค้าได้
4. การพิจารณาจับคู่ (Matching) ใบสั่งซื้อสินค้า 2 ใบให้อยู่ในเส้นทางเดียวกัน โดยใช้การประหยัดเป็นเกณฑ์ในการพิจารณารวมใบสั่งซื้อ ซึ่งจะคิดจากระยะทางที่สามารถลดได้จากการวิ่งแบบจับคู่ในและคำนึงถึงการประหยัดในกรณีที่ใช้รถบรรทุกและรถพ่วงที่มีอัตราการเผาผลาญเชื้อเพลิงไม่เท่ากัน
5. การจัดตารางเวลาการเดินรถ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ใช้เวลาการจัดส่งให้น้อยที่สุด (Minimize makespan)

ผลจากการใช้โปรแกรมพบว่าคอมพิวเตอร์ใช้เวลาในการประมวลผลภายในไม่กี่นาที และมีความยืดหยุ่นเพื่อให้ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนแปลงตัวแปรในการจับคู่ใบสั่งซื้อและการจัดตารางในแต่ละวัน

Jirakraisri, S. (1992) ได้ทำการศึกษาถึงการจัดเส้นทางตารางเวลาเดินรถจัดส่งน้ำมันระหว่างคลังสินค้าไปยังสถานีบริการน้ำมันในเขตกรุงเทพฯ ด้วยรถบรรทุก 2 ขนาดคือ รถบรรทุกธรรมดาขนาดความจุ 16,000 ลิตร และรถพ่วงขนาดความจุ 32,000 ลิตร การจัดส่งจะทำการจัดส่งตามใบสั่งซื้อ (Order) จากสถานีบริการที่จะทำการส่งเข้ามายังคลังสินค้าตลอดวันจนกระทั่งถึงเวลา 15:00 น.จึงทำการรวบรวมใบสั่งซื้อทั้งหมดและทำการจัดส่ง โดยในการจัดส่งจะทำการ

แบ่งช่วงเวลาในการรับสินค้าของสถานีบริการออกเป็น 6 ช่วงเวลา และแบ่งประเภทของสถานีบริการตามความสามารถในการเข้าถึงพื้นที่ของรถพ่วงและตำแหน่งของสถานีบริการโดยคำนึงถึงมาตรการควบคุมการเข้า-ออกของรถบรรทุกในเขตกรุงเทพฯออกเป็น 10 กลุ่ม

ขั้นตอนการดำเนินงานสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ การจับคู่สถานีบริการ 2 สถานีในเส้นทางที่อยู่ใกล้กันโดยจะใช้วิธีการสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristic) แบบวิธีการประหยัด (Saving Method) และส่วนที่ 2 คือการจัดตารางเวลาการเดินรถจัดส่งสินค้าให้กับรถจัดส่ง โดยพยายามจัดส่งให้งานเสร็จก่อนถึงจุดสิ้นสุดของช่วงเวลา ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนของการจัดส่งให้เหลือน้อยที่สุด แต่ในงานวิจัยนี้ไม่ได้คำนึงถึงเวลาในการเดินทางของรถจัดส่งบนถนนแต่ละเส้นโดยถือว่าเวลาในการเดินทางมีอยู่แล้วตามสถิติเดิม

Sawarat, P. (1998) ได้ทำการศึกษาการใช้ฮิวริสติกส์แบบทาบูเพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับเทคโนโลยีกลุ่มที่มีทางเลือกแผนกระบวนการผลิตหลายแบบ ซึ่งได้ทำการศึกษาการเลือกแผนกระบวนการผลิตของชิ้นงาน โดยในแต่ละชิ้นงานจะมีชิ้นส่วนประกอบด้วยขั้นตอนมากกว่า 1 ขั้นตอน และใช้เครื่องจักรมากกว่า 1 เครื่อง จุดประสงค์ของการศึกษาเพื่อลดต้นทุนในการผลิตให้ต่ำที่สุด โดยใช้วิธีการค้นหาคำตอบแบบทาบู (Tabu Search) มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา

การศึกษาได้ทำการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นและวิธีการค้นหาคำตอบแบบทาบู โดยแบบจำลองการค้นหาแบบทาบูได้ทำการกำหนดรูปแบบการศึกษาพารามิเตอร์ 2 ตัวคือ ขนาดของ Tabu List กำหนดไว้ 3 ขนาดคือ 3, 5, และ 7 และ รูปแบบการย้ายภายในโครงสร้างของ Neighborhood ไว้ 2 รูปแบบคือ Swap Pairwise Interchange และ Insertion Interchange ผลการศึกษาพบว่าการค้นหาคำตอบแบบทาบูสามารถใช้ได้กับลักษณะของงานที่มีจำนวนมากและหลายขั้นตอนได้ ซึ่งคำตอบที่ได้ก็มีความใกล้เคียงกับวิธีการโปรแกรมเชิงเส้น และพบว่ารูปแบบการย้ายภายในโครงสร้างของ Neighborhood ทั้ง 2 รูปแบบให้คำตอบที่ใกล้เคียงกัน และขนาดของ Tabu List ที่มากขึ้น ก็จะทำให้ได้ค่าคำตอบที่ดีที่สุดมากขึ้น

Namphacharoen, S. (2000) ได้ศึกษาถึงการประยุกต์ใช้การรวมระบบของกระบวนการสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristic procedure) กับระบบข้อมูลภูมิศาสตร์ (Geographic Information System; GIS) ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางและตารางเวลาเดินรถในธุรกิจจัดส่ง (Delivery Business) ซึ่งใช้กลยุทธ์การให้บริการจัดส่งสินค้าถึงบ้าน ในการบริการประเภทนี้ศูนย์กระจายสินค้าจะได้รับคำสั่งซื้อสินค้าจากลูกค้าทางโทรศัพท์ และทำการจัดส่งไปยังลูกค้าภายในเวลาที่

กำหนด (เช่นภายใน 30 นาที) หลังจากได้รับคำสั่งซื้อศูนย์กระจายสินค้าจะส่งต่อคำสั่งซื้อไปยังศูนย์กระจายสินค้าท้องถิ่นให้ทำการจัดส่งสินค้าไปยังลูกค้าต่อไป

วัตถุประสงค์ของการศึกษาก็เพื่อทำการรวมโปรแกรมกระบวนการสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristic procedure)และการหาค่าที่ดีที่สุด (Optimization) กับโปรแกรมระบบข้อมูลภูมิศาสตร์ (Geographic Information System; GIS) และทำการพัฒนาไปใช้เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางและตารางเวลาเดินรถในธุรกิจจัดส่ง โดยใช้วิธีสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristic procedure) เป็นวิธีหลักในการแก้ปัญหาและใช้ระบบข้อมูลภูมิศาสตร์ (GIS) เป็นเครื่องมือในการจัดหาศูนย์กระจายสินค้าและข้อมูลระยะทางเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา ในส่วนวิธีการสุ่มอย่างมีเหตุผลได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป LINGO ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าระบบรวมมีความเป็นไปได้ ให้ผลที่มีประสิทธิภาพและใช้เวลาในการประมวลผลน้อย

Thuksinvarachan, T. (2000) ได้ทำการศึกษาการจัดเส้นทางเดินรถด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อการกระจายสินค้า ด้วยกลุ่มรถจากศูนย์กระจายสินค้าแห่งเดียวไปยังจุดส่งต่าง ๆ โดยใช้วิธีฮิวริสติกส์ ภายใต้ข้อจำกัดด้านความจุของรถ และเขตการส่ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ระยะทางในการขนส่งต่ำที่สุด การพัฒนาระบบจัดเส้นทางได้แบ่งงานออกเป็น 3 ส่วนหลักคือ 1) การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการกระจายสินค้า ณ ศูนย์กระจายสินค้า 2) การพัฒนาวิธีการจัดเส้นทางเดินรถเบื้องต้น และปรับปรุงเส้นทางให้ดียิ่งขึ้น และ 3) การนำวิธีการจัดเส้นทางเดินรถมาพัฒนาเป็นระบบช่วยสนับสนุนการตัดสินใจที่ใช้ผู้ใช้ระบบมีส่วนร่วมในการจัดเส้นทาง ผลการศึกษาพบว่าระบบการจัดเส้นทางที่พัฒนาขึ้นให้ผลลัพธ์ดีกว่าการจัดเส้นทางเดินรถด้วยพนักงาน

Nittayatrarekul, S. (2001) ได้ทำการศึกษาการจัดตารางเวลาเดินรถขนส่งน้ำมันจากคลังน้ำมันในกรุงเทพฯ เพื่อส่งให้กับลูกค้าในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล ด้วยรถบรรทุก 2 ชนิดคือรถบริษัทและรถของผู้รับเหมา ซึ่งเป็นรถที่มีขนาดเดียวกัน โดยรถแต่ละคันจะมีช่องใส่น้ำมันแบ่งออกเป็น 4 ช่อง การบรรจุน้ำมันในรถ 1 คันสามารถบรรจุน้ำมันต่างชนิดกันได้ โดยในการจัดส่งจะต้องทำการบรรจุสินค้าตามชนิดและปริมาณที่ได้รับตามคำสั่งซื้อจากลูกค้า และจึงจะทำการจัดส่งสินค้า

ในการศึกษาจะทำแบ่งการพัฒนาแบบจำลองออกเป็น 3 ส่วนคือ 1) การจัดงานทั้งหมดให้รถขนส่งเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด 2) การจัดลำดับของงานบนรถขนส่ง เพื่อลดเวลาที่ใช้ในกระบวนการเติมน้ำมันให้น้อยที่สุด และ 3) การมอบหมายงานให้พนักงานขับรถ เพื่อให้เกิดความ

ยุติธรรมในการรับงานของพนักงานขับรถแต่ละคน ซึ่งแบบจำลองในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ใช้วิธีฮิวริสติกส์ (Heuristics) ที่มีการปรับปรุงโครงสร้างด้วยวิธีการค้นหาแบบทาบู (Tabu Search) เป็นเทคนิคในการหาคำตอบ และมีการสร้างแบบจำลองการเติมน้ำมันที่ช่องจ่ายน้ำมัน (Simulation at Gantry) โดยใช้ข้อมูลการกระจายตัวของเวลาในการมารับสินค้าของลูกค้า และความน่าจะเป็นของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าจะสั่งเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์สถานการณ์ และในส่วนที่ 3 ใช้การสร้างกฎการให้ลำดับความสำคัญของงานแบบ LPT (Longest Processing Time) เพื่อลดจำนวนงานที่ควรมอบหมายให้พนักงานขับรถที่ได้รับงานมากที่สุด และทำการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์บน Microsoft Excel ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองสามารถให้ค่าที่ดีกว่าการปฏิบัติงานจริง

Leungvititkoon, P. (2002) ได้ทำการศึกษาการจัดตารางเวลาเดินรถภายใต้ข้อจำกัดด้านเวลา เพื่อทำการส่งสินค้าแบบเต็มคันรถ จากโรงงานของผู้ผลิตและจัดจำหน่ายวัสดุก่อสร้างไปยังลูกค้าในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล โดยทำการแบ่งลูกค้าออกเป็น 2 ประเภทคือ ลูกค้าที่มีตำแหน่งอยู่ภายในรัศมี 200 กิโลเมตรจากศูนย์กระจายสินค้า จะจัดส่งให้ภายใน 1 วันและ ลูกค้าที่มีตำแหน่งอยู่ภายนอกรัศมี 200 กิโลเมตรศูนย์กระจายสินค้า จะจัดส่งให้ภายใน 3 วัน มีวัตถุประสงค์เพื่อให้งานเสร็จมากที่สุดภายในเวลาที่กำหนด ด้วยเงื่อนไขด้านทรัพยากร และกิจกรรม

ในการศึกษาใช้วิธีการสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristics) หลายวิธีผสมผสานกัน และได้แบ่งแบบจำลองออกเป็น 3 ส่วนคือ 1) ส่วนของโครงสร้างหลักจะใช้วิธี Evolutionary Algorithm 2) ส่วนข้อจำกัด จะใช้วิธี Constrain - Handling Techniques และ 3) ส่วนของการป้องกันค่าดีที่สุดสัมพัทธ์จะใช้วิธี Tabu Search ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองมีแนวโน้มในการจัดตารางเวลาเดินรถได้ดีกว่าระบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

2.5. บทสรุป

จากการศึกษาถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและผลงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับปัญหาด้านการจัดตารางเวลา สามารถสรุปข้อมูลเพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาได้ดังนี้

- การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาเน้นเฉพาะกรณีศึกษาของปัญหาการจัดเส้นทางการกระจายสินค้าระหว่างโรงงานหรือศูนย์กระจายสินค้า (Interfacility Routing Problem)

- การศึกษาครั้งนี้เลือกใช้การค้นหาคำตอบด้วยวิธีการสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristics) เนื่องจากจำนวนงานมีปริมาณมากและข้อจำกัดของปัญหามีมาก ทำให้ปัญหามีขนาดใหญ่ ในขณะที่การจัดตารางเวลาเดินรถเป็นงานในระดับปฏิบัติการซึ่งต้องทำทุกวัน การใช้วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimization) จะเป็นวิธีที่ซับซ้อนและใช้เวลาในการหาคำตอบนาน

- การศึกษาครั้งนี้เลือกใช้การค้นหาคำตอบด้วยวิธีการพันธุกรรม (Genetic Algorithm) เป็นโครงสร้างหลักในการหาคำตอบ เนื่องจากเป็นวิธีที่มีความหยืดหยุ่นและสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ดีกับปัญหาการจัดตารางเวลาเดินรถ โดยใช้ร่วมกับวิธีการค้นหาแบบทาบู (Tabu Search) และ เทคนิคการใช้ความรู้ดั้งเดิม (Knowledge-based technique) เพื่อเป็นการป้องกันการวนติดอยู่กับค่าคำตอบที่ดีที่สุดสัมพัทธ์ (Local Optimal) และให้ได้ระบบที่มีความสมบูรณ์สามารถใช้งานได้จริง

- ในการศึกษาครั้งนี้ควรพัฒนาการจัดตารางเวลาเดินรถด้วยระบบคอมพิวเตอร์เนื่องจากระบบการทำงานที่เป็นงานมีความซับซ้อน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
การสำรวจการดำเนินงานและรวบรวมข้อมูล

ในบทนี้จะเป็นการสำรวจการดำเนินการของหน่วยงานตัวอย่างคือ ฝ่ายจัดส่งโรงงานปทุมธานี บริษัทไทยน้ำทิพย์จำกัด ตั้งอยู่ที่ตั้งอยู่ที่ ถนนกรุงเทพ-ปทุมธานี อ.เมือง จ.ปทุมธานี โดยเนื้อหาในบทนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. การสำรวจการดำเนินงานของหน่วยงานตัวอย่าง
2. ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง

3.1. การสำรวจการดำเนินการของหน่วยงานตัวอย่าง

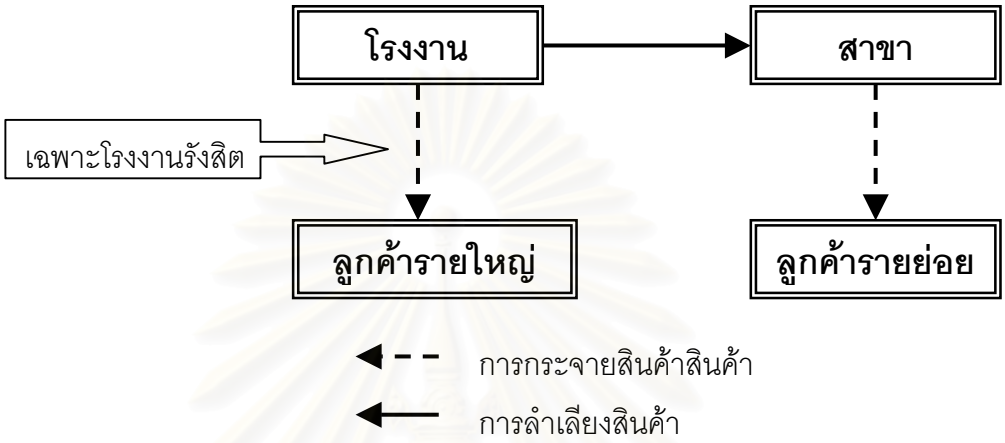
หน่วยงานตัวอย่างเป็นหน่วยงานที่ทำหน้าที่จัดส่งสินค้าจากโรงงานให้กับสาขาที่อยู่ในเขตรับผิดชอบ สินค้าที่ต้องทำการจัดส่งสินค้าของบริษัทสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ สินค้าที่ต้องคืนบรรจุภัณฑ์ (Returnable) ได้แก่บรรจุภัณฑ์ที่เป็นแก้ว และสินค้าที่ไม่ต้องคืนบรรจุภัณฑ์ (Non-returnable) ได้แก่บรรจุภัณฑ์ประเภทกระป๋อง และพลาสติก และบริษัทตัวอย่างมีระบบการจัดส่งและกระจายสินค้าของบริษัท 2 ส่วน คือ

- การลำเลียงสินค้า (Transportation) เป็นการจัดส่งสินค้าจากโรงงานที่ทำการผลิตไปสู่โรงงานอื่นและสาขาที่อยู่ในเขตรับผิดชอบของโรงงานนั้น ๆ และขนขวดเปล่าที่สาขากลับมาที่โรงงานเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตต่อไป

- การกระจายสินค้า (Distribution) เป็นการจัดส่งสินค้าให้ถึงมือลูกค้า การจัดส่งในส่วนนี้อาจแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

    1. การจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้ารายใหญ่ (Key Accounts) จะทำการขนสินค้าจากโรงงานผลิตถึงลูกค้าโดยตรง การจัดส่งแบบนี้จะเป็นการจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้ารายใหญ่ เช่น Makro, Lotus, Big-C เป็นต้น การจัดส่งสินค้าในลักษณะนี้จะเป็นการจัดส่งตามใบสั่งซื้อของลูกค้า

2. การจัดส่งและการขายสินค้าให้กับลูกค้ารายย่อย จะทำการจัดส่งสินค้าจากสาขาต่าง ๆ โดยใช้รถขนส่งขนาดเล็กจัดส่งและขายสินค้าตามรายชื่อลูกค้าที่กำหนดไว้ในแต่ละวัน แต่ละเส้นทาง ในเขตขายของสาขานั้น ๆ โดยมีกำหนดเวลา



รูปที่ 3-1 แสดงระบบการจัดส่งและกระจายสินค้าของบริษัทตัวอย่าง

รถที่ใช้ในการจัดส่งของโรงงานปทุมธานีแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ รถบริษัท และรถรับจ้าง มีขนาดและจำนวนดังแสดงในตารางที่ 3-1 และรูปที่ 3-2 ถึง 3-8 ตามลำดับ โดยในส่วนของรถบริษัทก็จะมีพนักงานขับรถประจำรถแต่ละคันและมีการจัดกะการทำงานของพนักงานขับรถเป็น 2 กะคือกะเช้าและบ่าย

ตารางที่ 3-1 แสดงขนาดและจำนวนของรถจัดส่งแต่ละประเภทที่โรงงานปทุมธานี

ประเภทรถ	ความจุ (กระบะ)	จำนวน (คัน)
รถบริษัท	16	8
	18	27
	20	2
	24	5
รถรับจ้าง	10	27
	22	17
	26	2

รูปที่ 3-2 รถบริษัทขนาด 16 กระบะ

รูปที่ 3-3 รถบริษัทขนาด 18 กระบะ

รูปที่ 3-4 รถบริษัทขนาด 20 กระบะ

รูปที่ 3-5 รถบริษัทขนาด 24 กระบะ

รูปที่ 3-6 รถรับจ้างขนาด 10 กระบะ

รูปที่ 3-7 รถรับจ้างขนาด 22 กระบะ

รูปที่ 3-8 รถรับจ้างขนาด 26 กระบะ

3.1.1. นโยบายของหน่วยงานตัวอย่าง

หน่วยงานตัวอย่างได้มีการกำหนดนโยบายที่เกี่ยวข้องกับการจัดส่งสินค้าในระบบการลำเลียงสินค้าจากโรงงานไปยังสาขา ดังนี้

- ต้องบรรทุกสินค้าเต็มคันรถ (Full Truckload Operation)
- ในเที่ยวกลับให้ทำการขนขวดเปล่าที่สาขากลับมาที่โรงงานเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตต่อไป
- พยายามใช้รถขนส่งที่มีอยู่ให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด

3.1.2. ขั้นตอนการจัดส่งสินค้าในแต่ละวัน

ขั้นตอนการจัดส่งสินค้าในแต่ละวันจะทำการจัดรถ 2 ช่วงคือ ช่วงเช้าที่เวลาประมาณ 8:00-14:00 น. การจัดส่งสินค้าในช่วงเช้าจะเป็นการจัดสินค้าและรถที่จะทำการขนส่งภายในวันนั้น ๆ ทั้งรถรับจ้างและรถบริษัท และในช่วงเย็นที่เวลาประมาณ 15:00-17:00 น.จะเป็นการจัดรถบริษัทเที่ยวที่ 1 ของวันรุ่งขึ้นหรือจะเรียกสินค้าในเที่ยวที่ 1 นี้ว่าเป็นสินค้า On-Truck การจัดรถทั้งสองช่วงจะต่างกันอยู่เล็กน้อย แต่จะมีหลักการในการจัดสินค้าที่เหมือนกัน โดยจะ

ทำการจัดส่งสินค้าให้กับแต่ละสาขาตามปริมาณสินค้าที่กำหนดในโปรแกรม Distribution Requirement Planning; DRP ในการจัดลำดับของงานจะพิจารณาจากค่าวันการขาย (Day) ของสินค้าที่สาขา ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ประมาณว่าที่สาขา สินค้าชนิดนี้มีปริมาณเพียงพอต่อการขายอีกกี่วัน คำนวณจากการหารปริมาณสินค้าด้วยยอดขายของสินค้าชนิดนั้น โดยพนักงานจัดรถจะเริ่มทำการจัดส่งสินค้าตามขั้นตอนต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1. ตรวจสอบว่าจะต้องทำการจัดส่งให้กับสาขาใดบ้าง โดยพิจารณาจากปริมาณสินค้าที่ต้องจัดส่งตามโปรแกรม DRP

ขั้นตอนที่ 2. พนักงานจัดรถจะทำการจัดสินค้าของแต่ละสาขาตามจำนวนสินค้า ขนาดบรรจุภัณฑ์ ชนิด และจำนวนเที่ยวลำเลียง

ขั้นตอนที่ 3. จัดหมายเลขรถ และลำดับเที่ยวของรถแต่ละคัน

ขั้นตอนที่ 4. พนักงานจัดรถจะออกเอกสารลำเลียงเพื่อใช้ในการจัดส่งสินค้า

ขั้นตอนที่ 5. พนักงานขับรถจะมอบเอกสารลำเลียงให้กับ Checker ของฝ่ายคลังสินค้าโรงงานเพื่อทำการ Load สินค้าขึ้นรถ

ขั้นตอนที่ 6. พนักงานขับรถทำการจัดส่งสินค้าให้กับสาขา

ขั้นตอนที่ 7. Checker ของคลังสินค้าสาขาจะทำการตรวจสอบสินค้าและ Unload สินค้าลงจากรถ ออกเอกสารลำเลียงขวดและ Load ขวดเปล่าขึ้นรถเพื่อขนกลับมาที่โรงงาน

ขั้นตอนที่ 8. เมื่อรถกลับถึงโรงงานแล้วก็จะนำใบลำเลียงขวดไปให้กับ Checker ของฝ่ายคลังสินค้าโรงงานเพื่อตรวจสอบขวดเปล่าและทำการ Unload ขวดเปล่าลงจากรถ

ขั้นตอนที่ 9. พนักงานขับรถเข้ามาที่ฝ่ายจัดส่งสินค้าโรงงานเพื่อรับใบลำเลียงเที่ยวต่อไป (ถ้ามี)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.3. ข้อจำกัดอื่น ๆ

ในการจัดส่งสินค้าของหน่วยงานตัวอย่างมีข้อจำกัด และปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการจัดสรรทรัพยากร มีดังนี้

- ข้อจำกัดจากมาตรการกำหนดเวลาเข้า – ออก ในเขตกรุงเทพมหานคร ทำให้เกิดปัญหากับสาขาที่อยู่ในเขตดังกล่าว ในกรณีที่เข้าไปส่งสินค้าและไม่สามารถกลับออกมาได้ทัน ก็จะทำให้สูญเสียการใช้ประโยชน์ของรถบรรทุก เนื่องจากต้องจอดรอจนกว่าจะถึงช่วงเวลาที่กลับออกมาได้ และทำให้ต้องทำการจัดส่งสินค้าในช่วงเวลาที่ทางสาขาไม่สะดวกเพื่อหลีกเลี่ยงช่วงติดเวลาเช่น จัดส่งตรงกับช่วงเวลาที่ทางสาขาทำการปล่อยรถเขต ทำให้เสียเวลาในการ Unload สินค้านานเนื่องจากรถตักมีน้อยและพนักงาน ไม่ว่าง หรือจัดส่งในช่วงเวลาที่สาขาปิดทำการแล้วทำให้ต้องมีพนักงานอยู่รอเพื่อทำการตรวจรับและ Unload สินค้า

- ข้อจำกัดในเรื่องเวลาทำการของสาขา และถ้าจะทำการส่งสินค้านอกเหนือจากช่วงเวลาดังกล่าวจะต้องมีการแจ้งและนัดหมายกับทางสาขาเพื่อจัดพนักงานอยู่รอรับสินค้าที่สาขา

- ช่วงการขายสินค้า แบ่งออกเป็นช่วง Peak เป็นช่วงที่มีปริมาณสินค้าที่ต้องจัดส่งสูง เช่น ช่วงหน้าร้อน และช่วงปกติ ซึ่งจะส่งผลต่อเวลาทำการของโรงงานและสาขา

- ขนาดและจำนวนของรถที่ใช้ในการจัดส่ง

- เวลาในการ Load และ Unload สินค้าที่โรงงานและที่สาขา

- ระยะทางระหว่างสาขากับโรงงานที่ทำการจัดส่ง

- ปริมาณขวดเปล่าที่ต้องการใช้ในกระบวนการผลิต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ช่วงเวลาทำการของคลังสินค้าโรงงาน
- แผนการปฏิบัติงานของพนักงานขับรถ
- ความสามารถเข้าถึงพื้นที่ของรถที่ใช้ในการจัดส่ง

3.1.4. วิเคราะห์ปัญหาการดำเนินงานของหน่วยงานตัวอย่าง

จากการสำรวจลักษณะการดำเนินการของหน่วยงานตัวอย่างพบว่าปัญหาที่มีผลต่อการดำเนินการมีดังนี้

- ยังไม่มีการกำหนดเวลาในการ Load สินค้าของรถบรรทุก ทำให้เกิดการรอคอยที่บริเวณลานขึ้นสินค้า โดยเฉพาะในช่วงเวลาเปลี่ยนกะของพนักงานขับรถ ทำให้สูญเสียการใช้ประโยชน์ของรถบรรทุก และการใช้ประโยชน์พนักงาน เนื่องจากไม่มีการจัดตารางเวลา
- จากมาตรการจำกัดช่วงเวลาให้รถบรรทุกเข้าเขตกรุงเทพฯ ทำให้รถบรรทุกสามารถวิ่งส่งสินค้าได้ในช่วงเวลา 9:00 – 19:00 และ 23:00 – 6:00 ทำเกิดปัญหาในการบริหารรถบรรทุก เนื่องจากจะต้องจัดให้รถบรรทุกสามารถกลับออกมาได้ทันในช่วงเวลาดังกล่าว เพราะถ้ารถบรรทุกไม่สามารถกลับออกมาได้ทัน ก็จะต้องจอดรอที่สาขาจนกว่าจะถึงช่วงเวลาที่สามารถวิ่งได้ ทำให้เกิดความสูญเสียการใช้ประโยชน์รถบรรทุก และต้องใช้จำนวนรถบรรทุกมากขึ้นเพื่อจัดส่งสินค้าให้ได้ภายในช่วงเวลานั้น ๆ
- เกิดความไม่ยุติธรรมของรายได้จากการทำงานที่พนักงานขับรถแต่ละคนจะได้รับ เนื่องจากพนักงานขับรถจะได้รับรายได้จากเวลาการทำงานจริงนอกเหนือจากรายได้ประจำ

- ในกรณีที่รถบรรทุกไม่มีขวดเปล่าที่จะบรรทุกในเที่ยวกลับ ก็จะวิ่งรถเปล่ากลับมาที่โรงงาน และบางครั้งก็มีการวิ่งรถเปล่าเพื่อรับขวดเปล่าที่สาขามาที่โรงงาน

3.2. ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง

ในการพัฒนาแบบจำลองนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้ข้อมูลที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือ เพื่อที่จะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองมีความถูกต้อง เหมาะสมและสอดคล้องกับสภาพการทำงานจริงมากที่สุด

ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการจัดตารางเวลาเดินรถ ได้แก่ ข้อมูลเวลาในแต่ละกิจกรรมของงาน และข้อมูลในส่วนอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการจัดตารางเวลาแต่เป็นข้อมูลที่ต้องใช้ในการทำงานเช่น รหัสสาขา รหัสสินค้า แผนการปฏิบัติงานของพนักงานขับรถ เป็นต้น จากข้อมูลที่ได้จะนำไปใช้ในการจัดตารางเวลาเดินรถเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่มีอยู่

3.2.1. ข้อมูลสาขา

ประกอบไปด้วย ชื่อและรหัสสาขา, ตำแหน่งที่ตั้ง, ระยะทางจากโรงงาน, เวลาเปิดและปิดทำการช่วงปกติและช่วงหน้าขาย รวมถึงรายละเอียดปลีกย่อยอื่น ๆ เช่น ลักษณะของรถที่สามารถใช้จัดส่งได้ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ได้จากหน่วยงานตัวอย่าง

3.2.2. ข้อมูลสาขาที่สามารถจัดเที่ยวควบ

เป็นข้อมูลในรูปแบบของความสัมพันธ์กันระหว่างสาขาที่สามารถจัดเที่ยววิ่งควบได้ หรือ เรียกว่า String หาจากการหาค่าการประหยัดของทุกเส้นทาง ทุกสาขา และคัดเส้นทางที่ไม่เกิดค่าการประหยัดออก แล้วจึงนำเส้นทางพร้อมค่าประหยัดไปเสนอกับพนักงาน เพื่อให้พนักงานคัดเส้นทางที่ไม่สามารถวิ่งได้ในการทำงานจริงออก จนกระทั่งเหลือเป็นเส้นทางที่สามารถวิ่งได้จริงและมีค่าการประหยัด

3.2.3. ข้อมูลสินค้า

ประกอบด้วย ชื่อสินค้า รหัสสินค้า น้ำหนัก ขนาดบรรจุ และจำนวนของสินค้าที่สามารถจัดเรียงได้ในกระบะ (Pallet)

3.2.4. ข้อมูลรถบรรทุก

ประกอบด้วย ประเภทรถบรรทุกว่าเป็นรถบริษัทหรือรถรับจ้าง หมายเลขรถ ความจุ ประเภทหางรถ และ น้ำหนักรถ

3.2.5. ข้อมูลปริมาณสินค้าที่ต้องจัดส่ง

เป็นข้อมูลรายละเอียดของสินค้าที่ต้องทำการจัดส่ง ได้จากโปรแกรม DRP (Distribution Requirement Planning) ประกอบด้วยรหัสสาขา ชนิด และ จำนวนสินค้า

3.2.6. ข้อมูลปริมาณขวดเปล่าและค่าวันการขายที่สาขา

เป็นข้อมูลที่ได้จากฐานข้อมูลของหน่วยงานแสดงข้อมูลจำนวนขวดเปล่าที่มีอยู่ที่สาขาต่าง ๆ เพื่อให้ในการจัดควบเที่ยวกลับ และค่าวันการขายของสินค้าแต่ละชนิดที่สาขา

3.2.7. ข้อมูลพนักงานขับรถ

เป็นข้อมูลที่ใช้ในการมอบหมายงานให้กับพนักงานขับรถบริษัท ประกอบด้วย ชื่อพนักงาน รหัสพนักงาน หมายเลขรถประจำ วันหยุด กะทำงาน และเวลาทำงานที่เคยได้รับรวม

3.2.8. ข้อมูลเวลาในการเดินทาง

เวลาการเดินทางสามารถหาได้จากการคำนวณโดยใช้ระยะทาง และความเร็วที่ใช้ แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อความเร็วที่ใช้ในการจัดส่ง เช่น สภาพเส้นทาง สภาพภูมิประเทศ ลักษณะของรถที่ใช้ ความชำนาญของผู้ขับขี่ และ สภาพการจราจร เป็นต้น ดังนั้นเพื่อที่จะคำนวณหาเวลาเดินทางจึงต้องทำการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการ

เดินทาง และ ระยะทาง โดยมีการพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ ด้วยการใช้ความสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) เพื่อใช้ประมาณค่าเวลาในการเดินทาง

โดยระยะทางที่นำมาใช้หาค่าความสัมพันธ์นั้นใช้ข้อมูลของหน่วยงานตัวอย่างที่มีการเก็บข้อมูลระยะทางระหว่างโรงงานกับสาขา ซึ่งเป็นเส้นทางที่มีการใช้เป็นประจำ ส่วนข้อมูลเวลาที่ใช้ในการเดินทางได้จากการสำรวจ โดยทำการสำรวจเมื่อวันที่ 15 - 28 พฤษภาคม 2545 ด้วยการมอบหมายให้พนักงานขับรถเป็นผู้กรอกข้อมูลเวลาที่ใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ลงในแบบสำรวจ ซึ่งแสดงในภาคผนวกที่มอบให้ และมีการเก็บข้อมูลทั้งในส่วนของรถบริษัทและรถรับจ้าง ได้ข้อมูลทั้งสิ้น 1,175 ชุด หลังจากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานไปแต่ละสาขา และจึงนำข้อมูลเวลาที่ใช้ในการเดินทางที่ได้มาหาความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้นได้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเดินทางกับระยะทาง ดังแสดงในสมการที่ 3-1

เวลาในการเดินทาง(นาที) = 0.9012 X ระยะทาง (กิโลเมตร) + 26.264.....(3-1)

$R^2 = 0.9736$

การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของสมการจะพิจารณาจาก

- สัมประสิทธิ์ของสมการ มีค่าเท่ากับ 0.9012 หมายความว่า รถบรรทุกเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ย 0.9012 นาทีต่อกิโลเมตร หรือ 66.58 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าความเร็วเฉลี่ยที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

- ค่าคงที่ของสมการ มีค่าเท่ากับ 26.264 นาทีหมายถึงเวลาในส่วนของการเดินทางบนถนนแยกย่อยต่าง ๆ เพื่อเข้าถึงสาขาทำให้ใช้เวลาในการเดินทางเพิ่มมากขึ้น

3.2.9. ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการขึ้น – ลงสินค้า

เวลาที่ใช้ในการขึ้น – ลงสินค้าในการศึกษาครั้งนี้จะพิจารณาเวลารวมของเวลาในการขึ้นสินค้าและเวลาที่ใช้ในการลงสินค้า เป็นเวลาที่ใช้ในการขึ้น – ลงสินค้า 1 ครั้งและแบ่งเวลาที่ใช้ในการขึ้น – ลงสินค้าออกเป็น 2 ส่วนคือ เวลาที่ใช้ในการขึ้น – ลงสินค้าที่โรงงาน และ

เวลาที่ใช้ในการขึ้น – ลงสินค้าที่สาขา และพิจารณาแยกตามขนาดของรถบรรทุก ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ทำการสำรวจดังแสดงในตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 แสดงเวลาที่ใช้ในการขึ้น – ลงสินค้า

ขนาดรถ (กระบะ)	ที่โรงงาน (นาที/คัน)		ที่สาขา (นาที/คัน)	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
10	19.36	10.92	19.95	9.77
16	17.00	10.30	34.88	14.44
18	24.04	12.48	28.65	15.03
20	31.27	13.74	38.90	21.71
22	30.31	12.18	35.48	15.84
24	29.10	12.97	32.29	15.40
26	33.97	15.56	42.28	16.67

เวลาที่จะนำไปใช้ในการศึกษาคือค่าเวลาเฉลี่ย และในกรณีที่เป็นรถประเภทผ้าใบจะต้องใช้เวลาในการคลุมผ้าใบเพิ่มอีกประมาณ 45 นาที

3.3. **สรุป**

จากการวิเคราะห์ปัญหาการจัดตารางเวลาเดินรถของหน่วยงานตัวอย่าง และทำการเก็บรวบรวมข้อมูลแล้ว สามารถสรุปได้ดังนี้

- พิจารณาเฉพาะส่วนของการจัดส่งจากโรงงานไปยังสาขา
- เป็นการจัดสรรทรัพยากร คือ รถบรรทุกที่มีหลายขนาด เพื่อทำงานจัดส่งสินค้าจากโรงงานไปยังสาขา ภายใต้ข้อจำกัดด้านเวลา
- รถบรรทุกที่ใช้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือรถบริษัทและรถรับจ้าง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ข้อมูลเวลาในการเดินทางได้จากการสำรวจข้อมูล และนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการเดินทางและระยะทาง

- ข้อมูลเวลาในการขึ้น – ลงสินค้าได้จากการสำรวจข้อมูล และนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์หาเวลาในการขึ้น – ลงสินค้าเฉลี่ยของรถบรรทุกแต่ละขนาด ทั้งที่โรงงานและที่สาขา

- ข้อมูลอื่น ๆ ได้จากฐานข้อมูลของหน่วยงานตัวอย่าง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
การพัฒนาแบบจำลองการจัดตารางเวลาเดินรถจัดส่ง

การออกแบบแบบจำลองให้มีความสอดคล้องกับสภาพการทำงานจริงนั้นเป็นส่วนที่มีความสำคัญ เพราะนอกจากจะต้องคำนึงถึงระบบการทำงานเดิม ข้อมูลต่าง ๆ และข้อจำกัดที่มีผลต่อการทำงานแล้ว จะต้องมีการใช้ทฤษฎีทางวิชาการมาทำการประยุกต์ให้เหมาะสมกับปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อนำไปสู่ผลลัพธ์ที่ต้องการ ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

จากการศึกษาระบบการทำงาน ข้อจำกัด วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น ตลอดจนศึกษาค้นคว้าทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในรูปแบบต่าง ๆ แล้วพบว่าวิธีที่เลือกใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือวิธีการสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristics) โดยในส่วนของโครงสร้างหลักจะใช้วิธีพันธุกรรม (Genetic Algorithm) ในการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด และใช้วิธีการค้นหาแบบทาบู (Tabu Search) เพื่อป้องกันการวนกลับมาพิจารณาค่าคำตอบดีที่สุดสัมพัทธ์ (Local Optimal)

แบบจำลองการจัดตารางเวลาจัดส่งในการศึกษาจะแบ่งออกเป็น 3 กระบวนการหลัก คือ

1. การคำนวณปริมาณงานเบื้องต้น
2. การจัดงานให้กับรถบรรทุก
3. การมอบหมายงานให้กับพนักงานขับรถ

โดยกระบวนการทำงานของแบบจำลองแสดงเป็นแผนผังในรูปที่ 4-1 และในแต่ละกระบวนการหลักจะประกอบไปด้วย กระบวนการย่อยภายในการทำงานเริ่มจากการรับข้อมูลปริมาณสินค้าที่ต้องทำการจัดส่ง ปริมาณขวดเปล่าที่สาขา และ ค่าวันการขายของสินค้าที่สาขา ต่อจากนั้นก็ทำการคำนวณปริมาณสินค้า และปริมาณขวดเปล่าที่อยู่ในหน่วยลังให้เป็นหน่วยกระบะ เพื่อความสะดวกในการจัดขึ้นรถ เมื่อได้ปริมาณสินค้าทั้งหมดแล้วก็ทำการจัดสินค้าขึ้นรถตามขนาดของรถที่มีความเหมาะสมกับพื้นที่ของสาขาและปริมาณสินค้าทั้งหมดที่ต้องจัดส่งให้กับสาขา เพื่อให้ได้ปริมาณงานทั้งหมดที่ต้องทำการจัดตารางเวลา โดยพิจารณาถึงปัจจัยและข้อจำกัดต่าง ๆ หลังจากนั้นก็ทำการค้นหาตารางเวลาที่มีความเหมาะสม แล้วจึงทำการมอบหมายงานให้กับพนักงานขับรถ เพื่อให้พนักงานขับรถแต่ละคนในกะการทำงานเดียวกันได้รับมอบหมายงานที่เท่า ๆ กัน

รูปที่ 4-1 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของแบบจำลอง

4.1.การคำนวณปริมาณงานเบื้องต้น

การพัฒนากระบวนการคำนวณปริมาณงานเบื้องต้นมีวัตถุประสงค์เพื่อหาปริมาณสินค้าในหน่วยกระบะที่ต้องจัดส่งให้กับแต่ละสาขา เลือกประเภท ขนาดของรถที่จะทำการจัดส่งและจัดสินค้าขึ้นรถตามจำนวนรถที่สามารถใช้งานได้จริง โดยมีหลักการพื้นฐานคือพยายามจัดงานให้กับรถบริษัทมากที่สุด เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์รถบริษัทให้ได้มากที่สุด และถ้ามีงานเหลือจึงจัดงานให้กับรถรับจ้าง ปริมาณงานทั้งหมดที่จัดได้จะนำไปใช้ในการจัดลำดับต่อไป และเมื่อมีการจัดลำดับแล้ว อาจมีการเปลี่ยนแปลงประเภทและขนาดของรถที่ใช้ในการจัดส่งตามข้อจำกัดที่พิจารณา

4.1.1. ลำดับขั้นตอนการทำงาน

การคำนวณปริมาณงานเบื้องต้นมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1) ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณปริมาณงานเบื้องต้น ได้แก่

- ปริมาณสินค้าที่ต้องจัดส่งให้แต่ละสาขา
- รหัสสาขา
- ระยะทางระหว่างโรงงานกับสาขา
- รหัสสินค้า
- จำนวนสินค้า ลังต่อกระบะ
- เวลาขึ้น – ลงสินค้าที่โรงงานและที่สาขา
- เวลาคลุมผ้าใบ
- จำนวนรถบรรทุกแยกตามประเภทและขนาด

2) กระบวนการทำงาน

ขั้นตอนที่ 1 การคำนวณจำนวนกระบะของสินค้าที่ต้องทำการจัดส่งที่ได้จากโปรแกรม DRP ซึ่งมีหน่วยเป็นลัง โดยจะพิจารณาสินค้าทีละตัวจำนวนสินค้าในหน่วยกระบะหาได้จาก

$$\text{จำนวนสินค้า (กระบะ)} = \frac{\text{จำนวนสินค้า (ลัง)}}{\text{จำนวนสินค้า (ลังต่อกระบะ)}} \quad \text{.....(4-1)}$$

ในกรณีที่ได้สินค้าไม่เต็มกระบะจะทำการปัดเศษลงเพื่อให้ได้ปริมาณที่เป็นจำนวนเต็ม

ขั้นตอนที่ 2 การเลือกขนาดของรถบรรทุกที่จะใช้ในการจัดส่งให้กับแต่ละสาขา พิจารณาจากกลุ่มของสาขาและปริมาณสินค้าทั้งหมดที่ต้องจัดส่งให้กับสาขานั้น ในการวิจัยนี้ได้ทำการ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จัดกลุ่มของสาขาจากการพิจารณาข้อจำกัดต่าง ๆ ของแต่ละสาขาทั้งในส่วนของลักษณะทางกายภาพ เช่น เป็นสาขาที่มีการเข้าถึงลำบาก, ส่วนของระยะทางจากโรงงานซึ่งถ้าสาขามีระยะทางไกลมาก ๆ ก็ทำให้จำเป็นต้องใช้รถที่มีประสิทธิภาพที่ดีกว่า และส่วนของข้อจำกัดอื่น ๆ เช่น เป็นสาขาที่มีระยะทางไกลและสินค้าส่วนใหญ่เป็นสินค้าที่ไม่สามารถซ้อนทับได้ก็จะเลือกใช้รถที่ไม่ต้องใช้การซ้อนทับ และทำการจัดสาขาที่มีลักษณะคล้ายกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันจากข้อจำกัดข้างต้นและจากประสบการณ์ทำงานของพนักงานจัดรถ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความเหมาะสมในการเลือกขนาดของรถที่จะใช้ในการจัดส่ง เมื่อทำการพิจารณาทุกสาขาแล้ว ผู้วิจัยจะแบ่งสาขาออกเป็น 9 กลุ่มดังนี้ ดังแสดงในตารางที่ 4 – 1 และพิจารณาจัดสินค้าขึ้นรถทีละสาขาตามกลุ่มของสาขา ปริมาณสินค้าทั้งหมดที่ต้องจัดส่งให้สาขานั้น และจำนวนรถบรรทุกที่สามารถใช้งานได้จริง

ตารางที่ 4-1 แสดงการแบ่งกลุ่มสาขา

กลุ่ม	รหัสสาขา	ประเภทรถที่เหมาะสม
G1	61, 62	รถขนาด 10 กระบะของบริษัทรับจ้าง A
G2	15, 58	รถขนาด 10 กระบะของบริษัทรับจ้าง B
G3	21, 34, 38, 46	รถขนาด 18 กระบะประเภทใช้ พขร. ประจำ 2 คน
G4	14, 75, 83	มักจะเลือกใช้รถรับจ้างเนื่องจากลักษณะพื้นที่ของสาขา
G5	18	ใช้รถวิ่งภายใน
G6	30, 31, 32, 48, 65	เลือกใช้รถบริษัทประเภทผ้าใบก่อน
G7	25, 28, 68, 69, 73, 85	เลือกใช้รถบริษัทประเภทผ้าใบก่อนและถ้ามีเวลาเหลือจะเลือกรับงานของสาขากลุ่ม 9 เป็นงานต่อไป
G8	19, 42, 66	เลือกใช้รถบริษัทประเภทขับ 2 คนก่อน
G9	11, 12, 13, 26, 27, 29, 59, 64, 67, 70, 71, 72, 74, 76, 77, 80, 81, 84	ใช้รถบริษัททุกขนาด และรถรับจ้างบริษัท B ทุกขนาด

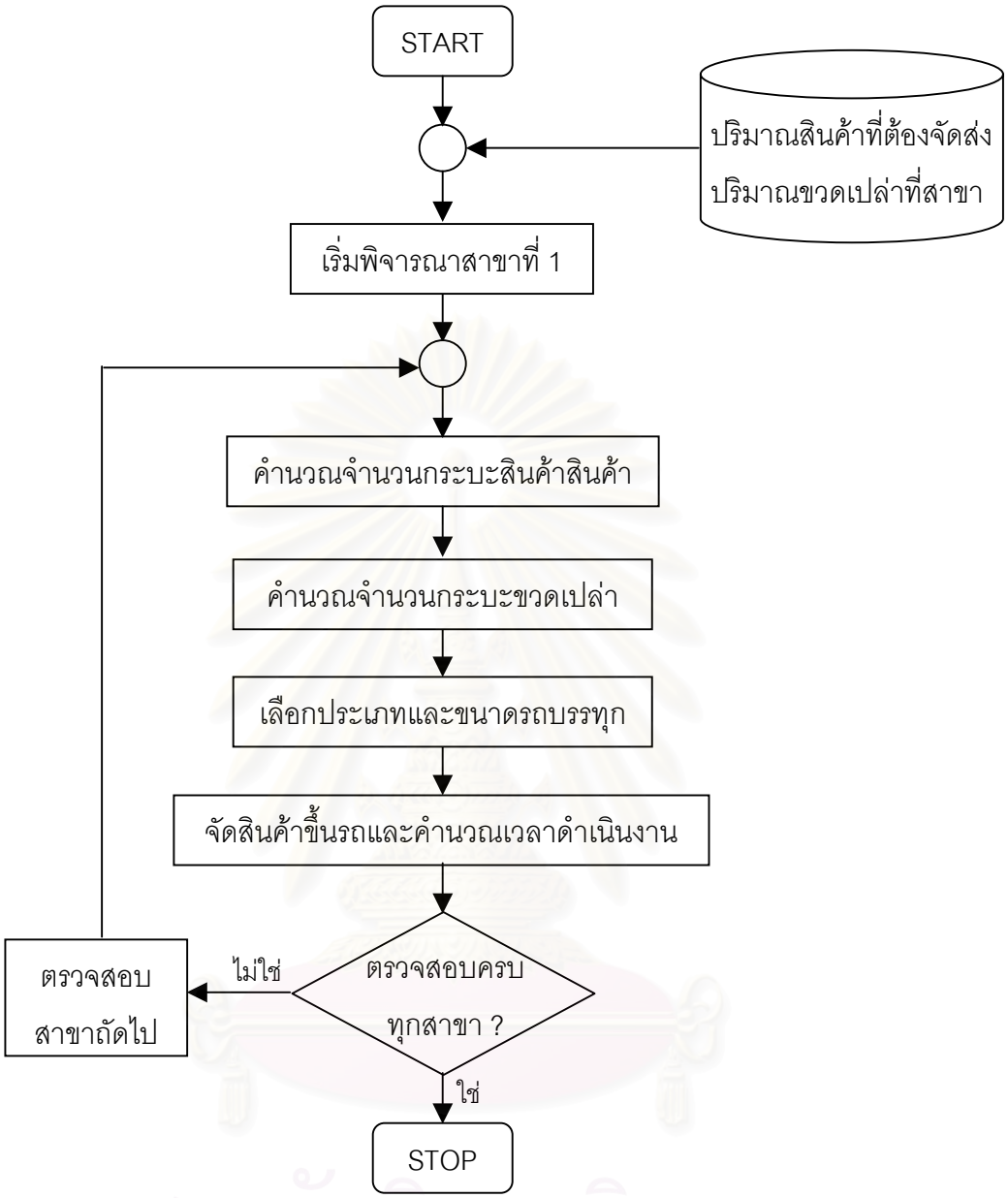
4.1.2. ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณปริมาณงานเบื้องต้น

หลังจากทำตามขั้นตอนของกระบวนการคำนวณปริมาณงานเบื้องต้น โดยพิจารณาถึงความเหมาะสมและข้อจำกัดของแต่ละสาขา แล้วจะได้ผลลัพธ์เป็นปริมาณงานทั้งหมดที่ต้องทำการจัดส่งให้สาขาที่โรงงานเป็นผู้รับผิดชอบ จำนวนเที่ยววิ่งทั้งหมดของแต่ละสาขา ขนาดและประเภทของรถที่ใช้ และเวลาดำเนินการเบื้องต้น ซึ่งเป็นเวลาดำเนินการจัดส่งที่ยังไม่ได้พิจารณาถึงเวลาสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นในการทำงาน ซึ่งประกอบไปด้วย

- เวลาในการขึ้น – ลงสินค้าที่โรงงาน
- เวลาคลุมผ้าใบ (เฉพาะรถที่มีหางเป็นแบบผ้าใบ)
- เวลาเดินทางจากโรงงานไปยังสาขา
- เวลาในการขึ้น – ลงสินค้าที่สาขา
- เวลาเดินทางจากสาขากลับโรงงาน

4.2.การจัดงานให้กับรถจัดส่ง

กระบวนการจัดงานให้กับรถจัดส่งมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดการใช้อรรถประโยชน์ของรถบริษัทมากที่สุด โดยดัชนีวัดคุณภาพ (Fitness) ที่จะใช้ในการพิจารณามีให้เลือก 2 ตัวคือ จำนวนเที่ยววิ่งรวมทั้งหมด และจำนวนสินค้า (กระบะ) ที่สามารถจัดส่งได้โดยรถบริษัท ซึ่งพนักงานสามารถเลือกได้ว่าจะใช้ดัชนีวัดคุณภาพตัวใดในการพิจารณา และแบบจำลองจะใช้ดัชนีวัดคุณภาพที่พนักงานเลือกเป็นตัวที่ใช้วัดว่า ตารางเวลาใดที่ทำให้เกิดการใช้อรรถประโยชน์ของรถบริษัทมากที่สุด และได้นำปัจจัย และข้อจำกัดต่าง ๆ ที่มีผลต่อการจัดตารางเวลาเดินรถจัดส่งร่วมพิจารณาด้วย เพื่อให้แบบจำลองมีความสอดคล้องเหมาะสมกับสภาพความเป็นจริง โดยข้อจำกัดและปัจจัยหลักที่นำมาพิจารณาในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ ข้อจำกัดทางด้านเวลา เช่น ข้อจำกัดเวลาเดินรถในเขตกรุงเทพมหานคร ข้อจำกัดเวลาทำการของคลังสินค้าโรงงาน เวลาทำการของสาขา และปัจจัยทางด้านทรัพยากร เช่น ประเภท ขนาด และ จำนวนของรถบรรทุกที่ใช้จัดส่ง



รูปที่ 4–2 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของกระบวนการคำนวณปริมาณงานเบื้องต้น

4.2. 1. เทคนิคในการหาคำตอบ

จากการศึกษาปัญหาที่พบและเทคนิคการแก้ปัญหาแบบต่าง ๆ พบว่าวิธีที่มีความเหมาะสมกับสภาพปัญหาที่พบคือ วิธีฮิวริสติกส์ (Heuristics) ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบ ไม่ยุ่งยากซับซ้อน และยังใช้เวลาในการประเมินผลค่อนข้างรวดเร็ว เหมาะสมกับปัญหาที่มีรายละเอียดและข้อจำกัดมาก ๆ อย่างเช่น

งานจัดตารางเวลาเดินรถ และเพื่อให้ได้วิธีวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพ จะการผสมผสานกันของวิธีฮิวริสติกส์ 2 วิธี คือ วิธีพันธุกรรม (Genetic Algorithm) และ วิธีการค้นหาแบบทาบู (Tabu Search) โดยจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

- ส่วนโครงสร้างหลัก จะใช้วิธีพันธุกรรม (Genetic Algorithm) เนื่องจากเป็นวิธที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับปัญหาได้หลายแบบรวมถึงปัญหาการจัดตารางเวลาเดินรถ และเป็นวิธีที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน สามารถปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับปัญหาต่าง ๆ ได้ง่าย การออกแบบโครงสร้างหลักประกอบด้วย
  - ตัวแทนผลลัพธ์ (Representation)
  - ส่วนประเมินคุณภาพ (Evaluation Function)
  - ส่วนสร้างผลลัพธ์ (Variation Operator)
  - ขนาดของกลุ่มผลลัพธ์ (Population Size)
  - การกำหนดค่าตั้งต้น (Initialization)
  - เงื่อนไขการหยุด (Stop Criteria)

- ส่วนข้อจำกัด เป็นส่วนที่ใช้ในการกำหนดเงื่อนไขและข้อจำกัดต่าง ๆ ในการจัดตารางเวลาเดินรถ ทั้งข้อจำกัดด้านทรัพยากร เช่น ประเภทและจำนวนของรถบรรทุก ข้อจำกัดด้านเวลา เช่น ช่วงเวลาห้ามเดินรถในเขตกรุงเทพมหานคร ช่วงเวลาทำงานของคลังสินค้าโรงงาน ช่วงเวลาทำการของสาขา โดยจะทำการกำหนดข้อจำกัดไว้ในส่วนประเมินคุณภาพผลลัพธ์ (Evaluation Function)

- ส่วนป้องกันการวนติดอยู่กับค่าดีที่สุดสัมพัทธ์ (Local Optimal) จะใช้วิธีการค้นหาแบบทาบู (Tabu Search)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1) ตัวแทนผลลัพธ์ (Representation)

คือการจำลองรูปแบบของผลลัพธ์ที่มีความเป็นไปได้ให้อยู่ในรูปของรหัส เพื่อนำไปใช้ในส่วนสร้างผลลัพธ์ (Variation Operator) สำหรับใช้ในการให้กำเนิดผลลัพธ์รุ่นต่อไป (Offspring) ในปัญหาการจัดตารางเวลาเดินรถ จะเป็นการกำหนดลำดับของงานที่จะนำเข้าสู่กระบวนการจัดตารางเวลาเดินรถต่อไป โดยจะทำการจัดลำดับของงานตามหมายเลขงานในรูปของตัวแปรแบบ Array เช่น [1,2,3,…..,i] ตัวเลขแต่ละตัวคือหมายเลขของงาน และตำแหน่งของตัวเลขหมายถึงลำดับของงาน ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการจัดลำดับของงานทั้งหมดให้อยู่ในรูปของตัวแปรแบบ Array และนำลำดับของงานที่ได้ไปใช้ในการจัดตารางเวลาเดินรถ โดยพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ ในส่วนประเมินคุณภาพ ซึ่งจะทำให้เหลืองานที่สามารถจัดส่งได้น้อยลงกว่าตัวแทนผลลัพธ์ ที่คำนวณไว้ในกระบวนการคำนวณปริมาณงานทั้งหมด

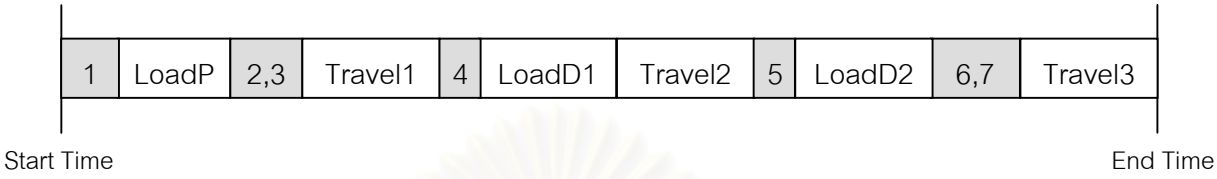
2) ส่วนประเมินคุณภาพ (Evaluation Function)

เป็นส่วนที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของตัวแทนผลลัพธ์ต่าง ๆ ที่จะเปลี่ยนไปเรื่อย ๆ ในแต่ละรอบการคำนวณ (Iteration) โดยการพิจารณาข้อจำกัดต่าง ๆ และจัดงาน เป็นตารางเวลาเดินรถตามลำดับในตัวแทนผลลัพธ์ ไปพร้อม ๆ กัน โดยข้อจำกัดในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย

- ข้อจำกัดด้านกายภาพ ได้แก่ ข้อจำกัดของรถบรรทุก เช่น ความจุ จำนวน และประเภทของรถ
- ข้อจำกัดด้านเวลา ได้แก่การพิจารณาเวลาในการดำเนินงาน (Process Time) ที่ละส่วน และทำการตรวจสอบเวลาทำงานของคลังสินค้าโรงงาน ช่วงเวลาห้ามรถบรรทุกเข้าเขตกรุงเทพฯ และเวลาทำการของสาขาไปตามลำดับ เพื่อทำการตรวจสอบเวลา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สูญเสียที่อาจเกิดขึ้นในการดำเนินงาน จึงทำการแบ่งเวลาดำเนินงานออกเป็น 7 ค่า ดังแสดงในรูปที่ 4-3



รูปที่ 4-3 แสดงส่วนต่าง ๆ ของเวลาดำเนินงาน

1. เวลาเริ่มงาน (Start Time) เป็นเวลาที่รถบรรทุกเริ่มใช้งานได้
2. เวลาขึ้น – ลงสินค้าที่โรงงาน (LoadP) ในกรณีของรถที่มีลักษณะหางรถเป็นผ้าใบจะรวมถึงเวลาในการคลุมผ้าใบด้วย
3. เวลาเดินทางจากโรงงานไปยังสาขาที่ 1 (Travel1)
4. เวลาขึ้น – ลงสินค้าที่สาขาที่ 1 (LoadD1)
5. เวลาเดินทางจากสาขาที่ 1 ไปยังสาขาที่ 2 ในกรณีที่มีการจัดควบเส้นทางในเที่ยวกลับ (Travel2)
6. เวลาขึ้น – ลงสินค้าที่สาขาที่ 2 (LoadD2)
7. เวลาเดินทางจากสาขาที่ 2 กลับโรงงาน ถ้าไม่มีการวิ่งควบ เวลาในส่วนนี้ก็คือเวลาเดินทางจากสาขาที่ 1 กลับโรงงาน (Travel3)
8. เวลาสิ้นสุด คือเวลาที่รถกลับถึงโรงงานและเวลานี้จะเป็นเวลาเริ่มต้นของงานต่อไปบนรถคันนี้ (End Time)

เวลาดำเนินการ = LoadP + Travel1 + LoadD1 + Travel2 + LoadD2 + Travel3…….(4-2)

นอกจากส่วนต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว เมื่อมีการพิจารณาข้อจำกัดในการจัดตารางเวลาก็จะพบว่าจะมีเวลาสูญเสีย (Idling Time) ซึ่งเป็นเวลาที่สูญเสียไปจากการที่รถไม่สามารถ

ใช้ประโยชน์ได้ หรือก็คือช่วงเวลาที่รถจอดอยู่เฉย ๆ ในขณะที่กำลังทำการจัดส่งสินค้าอยู่ ในการศึกษาจะพิจารณาเวลาสูญเสียเกิดขึ้นรวมจากเวลาสูญเสีย 7 กรณีคือ

- *กรณีที่ 1* (Idle1) คือ เวลาในการรอขึ้น – ลงสินค้าที่โรงงาน เริ่มนับตั้งแต่ที่รถเริ่มใช้งานได้ซึ่ง ถ้าเป็นเที่ยววิ่งที่ 1 ก็คือเวลาที่คลังสินค้าเปิดทำการ และอาจจะหมายถึงเวลาที่รถกลับถึงโรงงานในกรณีที่เป็นเที่ยววิ่งที่ 2 ไปจนกระทั่งถึงเวลาที่รถได้เข้าไปทำการขึ้นสินค้า

- *กรณีที่ 2* (Idle2) คือ เวลาหลังจากที่ทำการขึ้นสินค้าที่คลังสินค้าโรงงานเรียบร้อยแล้วแต่ยังไม่สามารถวิ่งออกจากโรงงานได้ เนื่องจากเป็นงานของสาขาที่อยู่ในเขตพื้นที่ติดเวลา และขณะที่ทำการขึ้นสินค้าเสร็จนั้นอยู่ในช่วงเวลาที่ห้ามรถบรรทุกเข้าเขตกรุงเทพฯ โดยเริ่มนับจากเวลาที่ทำการขึ้นสินค้าเสร็จไปจนถึงเวลาสิ้นสุดช่วงเวลาที่ห้ามรถบรรทุกเข้าเขตกรุงเทพฯ จึงจะเริ่มออกเดินทางได้

- *กรณีที่ 3* (Idle3) คือ เวลาในการรอส่งสินค้า เป็นเวลารอคอยในกรณีที่เมื่อเวลาที่ทำการขึ้นสินค้าเสร็จช่วงเวลาที่ห้ามรถบรรทุกเข้าเขตกรุงเทพฯ แต่เวลาที่เหลืออยู่ก่อนจะถึงช่วงเวลาที่ห้ามรถบรรทุกเข้าเขตกรุงเทพฯ ช่วงต่อไป น้อยกว่าเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากโรงงานไปยังสาขาได้ทัน จะเริ่มนับจากเวลาที่ขึ้นสินค้าเสร็จไปจนกระทั่งสิ้นสุดช่วงเวลาที่ห้ามรถบรรทุกเข้าเขตกรุงเทพฯ จึงจะเริ่มออกเดินทาง

- *กรณีที่ 4* (Idle4) คือ เวลาในการรอลงสินค้าที่สาขาที่1 ในกรณีที่ไปถึงสาขาที่ 1 ก่อนเวลาเปิดทำการของสาขาที่ 1 จะนับตั้งแต่เวลาที่รถเดินทางไปถึงสาขาที่ 1 จนถึงเวลาที่ได้ทำการลงสินค้า

- *กรณีที่ 5* (Idle5) คือ เวลาในการรอลงสินค้าที่สาขาที่ 2 ในกรณีที่ไปถึงสาขาที่ 2 ก่อนเวลาเปิดทำการของสาขาที่ 2 จะนับตั้งแต่เวลาที่รถเดินทางไปถึงสาขาที่ 2 จนถึงเวลาที่ได้ทำการลงสินค้า ในกรณีที่มีการจัดเที่ยววิ่งควบ

- *กรณีที่ 6* (Idle6) คือ เวลาในการรอเดินทางกลับโรงงาน เป็นเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากทำการลงสินค้าที่สาขาเสร็จในช่วงเวลาที่ห้ามรถบรรทุกเข้าเขตกรุงเทพฯ ก็จะต้องรอจนกว่าจะสิ้นสุดช่วงเวลาดังกล่าว เวลาสูญเสียจะนับจากเวลาที่ลงสินค้าที่สาขาเสร็จ จนถึงเวลาที่รถเริ่มออกเดินทางได้

- *กรณีที่ 7* (Idle7) คือ เวลาในการรอเดินทางกลับโรงงาน เป็นเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากทำการลงสินค้าที่สาขาเสร็จแล้วไม่สามารถเดินทางกลับมาได้ทันช่วงเวลาที่ห้ามรถบรรทุกเข้าเขตกรุงเทพฯ ก็จะต้องรอจนกว่าจะสิ้นสุดช่วงเวลาดังกล่าว เวลาสูญเสียจะนับจากเวลาที่ลงสินค้าที่สาขาเสร็จ จนถึงเวลาที่รถเริ่มออกเดินทางได้

$$\text{เวลาสูญเสียรวม (Total Idling Time)} = \sum_{i=1}^{n} (Idel1_i + Idle2_i + Idle3_i + Idle4_i + Idle5_i + Idle6_i + Idle7_i) \quad \text{..... (4-3)}$$

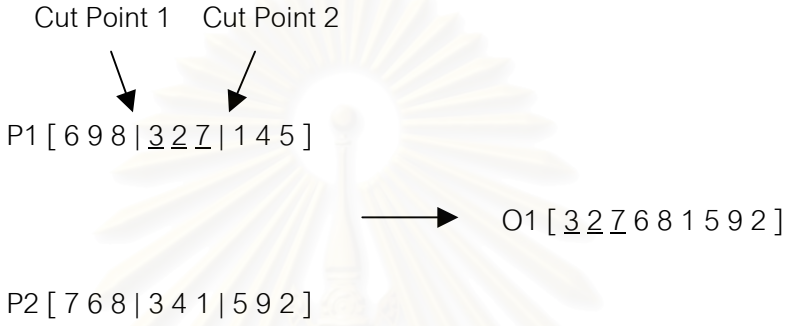
3) ส่วนสร้างผลลัพธ์ (Variation Operator)

ในการทำงานของกระบวนการจัดลำดับของงานในแต่ละรอบ จะมีการเปลี่ยนลำดับของงานที่จะใช้ในการจัดตารางเวลา โดยจะนำลำดับของงานในรอบก่อนหน้านี้ (Parent) มาทำการสลับเพื่อจะสร้างเป็นผลลัพธ์ (Offspring) เพื่อนำไปประเมินค่าดัชนีวัดคุณภาพ (Fitness) ให้ได้ค่าดัชนีวัดคุณภาพที่มากขึ้นกว่าเดิม การสร้างผลลัพธ์ที่นิยมมีหลายวิธีเช่น

- กรณีที่ใช้ผลลัพธ์ (Parent) ในการให้กำเนิดผลลัพธ์ (Offspring) ในรอบต่อไป 1 ค่า จะทำการสลับลำดับโดย
  - สุ่มเลือกจุดใด ๆ ขึ้นมาแล้วทำการแทรกกลับเข้าไปในตำแหน่งอื่น ภายในลำดับของงานเดิม
  - เลือกตำแหน่งขึ้นมา 2 จุดและนำมาสลับคู่กัน

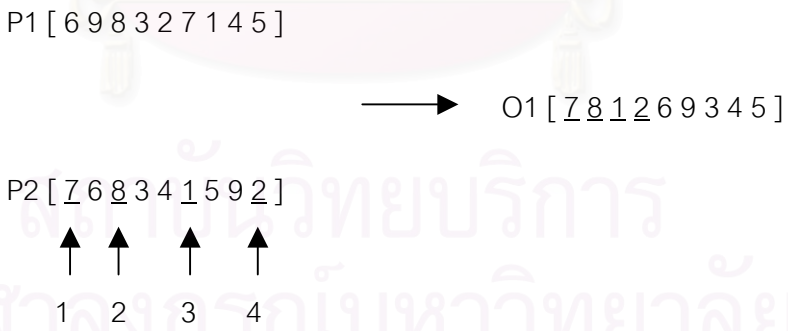
- กรณีที่ใช้ผลลัพธ์ (Parent) สำหรับให้กำเนิดผลลัพธ์ (Offspring) รอบต่อไป 2 ค่า จะทำการสลับโดย

  - เลือก 2 ตำแหน่งใน Parent ตัวแรกและนำส่วนที่อยู่ระหว่าง 2 ตำแหน่งที่เลือกไว้สับเปลี่ยนกับผลลัพธ์ Parent ตัวที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 4-4



รูปที่ 4-4 แสดงการสลับลำดับของงานเมื่อใช้ผลลัพธ์ Parent 2 ตัวและเลือก 2 ตำแหน่ง

  - เลือก N ตำแหน่งใด ๆ ในผลลัพธ์ Parent ตัวที่ 2 และนำส่วนที่ไม่ซ้ำกับตำแหน่งที่เลือกไว้ในผลลัพธ์ Parent ตัวที่ 1 มาจัดลำดับใหม่เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ Offspring ดังแสดงในรูปที่ 4-5



รูปที่ 4-5 แสดงการสลับลำดับของงานเมื่อใช้ผลลัพธ์ Parent 2 ตัวและเลือก N ตำแหน่ง

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดสอบวิธีการสลับทั้ง 2 แบบเพื่อหาวิธีการสลับที่สามารถหาคำตอบได้เร็วกว่า โดยการทดลองรันโปรแกรมด้วยวิธีการสลับทั้ง 2 แบบ วิธีละ 1,000 รอบ เพื่อเป็นการตรวจสอบว่าวิธีการสลับแบบใดจะให้คำตอบได้เร็วกว่ากัน ได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 แสดงผลเปรียบเทียบการทดสอบหาวิธีการสลับที่จะนำไปใช้ในโปรแกรม

วิธีการสลับ	จำนวนงานที่จัดส่งได้		จำนวนสินค้าที่จัดส่งได้ (กระบะ)		เวลาสูญเสีย (นาที)		จำนวนครั้งที่พบค่ามากที่สุด
	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD	
N	126.70	0.66	1722.08	21.10	19346.05	2245.16	82
2P	126.39	0.78	1695.41	55.59	14775.05	4510.42	53

จากการผลการทดสอบพบว่า วิธีสลับแบบ N จุด เป็นวิธีที่พบคำตอบได้เร็วกว่าวิธีการสลับแบบ 2P เพราะว่าในขั้นตอนของการหาคำตอบเริ่มต้นนั้น ได้ทำการจัดเรียงตามเวลาดำเนินการ ซึ่งทำให้งานที่ไปสาขาเดียวกันจะอยู่ลำดับติดกัน ถ้าใช้วิธีการสลับที่ไม่สามารถกระจายงานที่ไปสาขาเดียวกันออกจากกัน จะทำให้ตารางเวลาที่ได้มีเวลาสูญเสียเกิดขึ้นมากกว่าการสลับที่สามารถกระจายงานได้มากกว่า เนื่องจากถ้างานที่ไปสาขาเดียวกันอยู่ติดกัน ก็จะต้องทำการขึ้น – ลงสินค้าทั้งที่โรงงานและที่สาขาในเวลาพร้อม ๆ กัน ทำให้เกิดเวลาในการรอคอยเพื่อขึ้น – ลงสินค้ามากขึ้น

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จะเลือกใช้วิธีการสร้างผลลัพธ์ด้วยการสลับผลลัพธ์ Parent 2 ตัวด้วยวิธีการสลับแบบ N จุด เพื่อให้ได้ลำดับที่งานในแต่ละสาขามีการกระจายมากที่สุด

4) ขนาดของกลุ่มผลลัพธ์ (Population Size)

ขนาดของกลุ่มผลลัพธ์ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการกำหนดขนาดของกลุ่มผลลัพธ์เท่ากับ 3 โดยใช้วิธีการหาผลลัพธ์เบื้องต้นด้วยเทคนิคกฎการจัดส่ง (Priority Dispatching Rules)

5) การกำหนดค่าตั้งต้น (Initialization)

ก่อนที่จะเริ่มกระบวนการค้นหาคำตอบ จำเป็นที่จะต้องมีการหาคำตอบที่เป็นไปได้เบื้องต้น เพื่อที่จะนำเข้าไปสู่กระบวนการอื่น ๆ ต่อไป ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการหาคำตอบที่น่าจะเป็นไปได้เบื้องต้น ดังนี้

- คำตอบเริ่มต้นที่ 1 ใช้เทคนิคกฎการจัดส่งแบบ LPT ; Longest Processing Time Rules คือการจัดลำดับของงานตามเวลาดำเนินงาน โดยเริ่มจัดงานที่ใช้เวลามากที่สุดไปถึงงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุด

- คำตอบเริ่มต้นที่ 2 ใช้เทคนิคกฎการจัดส่งแบบ SPT ; Shortest Processing Time Rules คือการจัดลำดับของงานตามเวลาดำเนินงาน โดยเริ่มจัดงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดไปถึงงานที่ใช้เวลามากที่สุด

- คำตอบเริ่มต้นที่ 3 ใช้การเรียงลำดับของงานที่มีความสำคัญก่อน โดยใช้ค่าวันการขายสินค้า สาขาใดที่มีค่าวันการขายเฉลี่ยน้อยกว่าก็จะจัดให้ไปส่งที่สาขานั้นก่อน ค่าวันการขายเฉลี่ย หาได้จาก

$$\text{AverageDay} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\text{Day}_i \text{xPallet}_i}{\sum_{i=1}^{n} \text{Pallet}} \quad \text{.....(4-4)}$$

เพื่อให้ความสำคัญกับสาขาที่มีความต้องการสินค้าก่อน

เมื่อได้ทำการหาคำตอบเบื้องต้นทั้ง 3 แบบแล้ว ก็จะนำคำตอบที่ได้เข้าสู่กระบวนการ โดยจะมีการประเมินคุณภาพและนำคำตอบเบื้องต้นไปเป็นผลลัพธ์ Parent เพื่อใช้ในการหาคำตอบ Offspring ในรอบต่อ ๆ ไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6) เงื่อนไขการหยุด (Stop Criteria)

เป็นเงื่อนไขที่ใช้ในการหยุดค้นหา มีรูปแบบทั่วไปดังนี้

- Iteration Limit เป็นการกำหนดให้หยุดกระบวนการค้นหาเมื่อพิจารณาครบตามรอบที่กำหนด
- No Improvement Criteria เป็นการกำหนดให้หยุดกระบวนการค้นหาเมื่อไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าคำตอบที่ดีที่สุดครบตามที่กำหนดไว้
- CPU Time Limit เป็นการกำหนดให้หยุดกระบวนการค้นหาตามเวลาการประมวลผล
- Low Bound Limit เป็นการกำหนดให้หยุดกระบวนการค้นหาเมื่อได้คำตอบใกล้เคียงกับค่าที่กำหนดไว้

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้การกำหนดรอบการคำนวณเป็นเงื่อนไขในการหยุดค้นหา และกำหนดจำนวนรอบที่ใช้ เท่ากับ 5 รอบ ได้จากการทดสอบวิธีการสลับในหัวข้อการสร้างผลลัพธ์ ประกอบกับโปรแกรมมีข้อจำกัดมากทำให้ใช้เวลาในการประมวลผลมาก ถ้าทำการกำหนดจำนวนรอบมากกว่านี้

7) การป้องกันการวนกลับของคำตอบที่ดีที่สุด (Local Optimal search)

เนื่องจากวิธีพันธุกรรมที่ใช้เป็นโครงสร้างหลักในการค้นหาคำตอบไม่ได้มีการพิจารณาถึงส่วนนี้ ดังนั้นจึงได้ทำการประยุกต์ใช้วิธีการค้นหาแบบทาบู (Tabu Search) ในการป้องกันการวนกลับของคำตอบที่ดีที่สุดสัมพัทธ์

การออกแบบการค้นหาแบบทาบู คือการออกแบบขนาดของ Tabu List ซึ่งจะมีค่าคงที่หรือเป็นค่าแปรผันก็ได้ขึ้นอยู่กับลักษณะปัญหา โดยทั่วไปจะกำหนดขนาดของ Tabu List ไว้เท่ากับ 7 หลักการก็คือ เมื่อมีการหาคำตอบ s ได้แล้วจะนำคำตอบที่ได้มาตรวจสอบกับคำตอบ s' ที่อยู่ใน Tabu List ถ้าคำตอบที่ได้ไม่มีอยู่ใน List ก็จะ

ย้ายคำตอบ s ไปยัง Tabu List โดยจะเก็บคำตอบที่ได้ไว้ที่ปลายของ List แต่ถ้าเกินขนาดของ Tabu List ตามที่กำหนดไว้ ก็จะคัดคำตอบที่เก่าที่สุดออก และนำคำตอบ s ไปใส่ไว้ใน Tabu List แต่ถ้าคำตอบ s มีอยู่ใน Tabu List ก็จะนำคำตอบ s ไปตรวจสอบกับค่า Aspiration Criteria ถ้าคำตอบ s มีค่าที่ดีกว่า Aspiration Criteria ก็จะทำการเก็บ List ของคำตอบไว้ใน Aspiration List และทำการทดสอบต่อไปจนกระทั่งเงื่อนไขการหยุดเป็นจริง

4.2. 2. ลำดับขั้นตอนการทำงาน

ขั้นตอนการทำงานของการจัดลำดับงานมีดังนี้

1) ข้อมูลที่ใช้ในการจัดลำดับงานได้แก่

- ข้อมูลปริมาณสินค้าทั้งหมดที่ต้องทำการจัดส่ง
- เวลาทำการของแต่ละสาขา
- เวลาทำการของคลังสินค้าโรงงาน
- ช่วงเวลาห้ามรถบรรทุกเข้าเขตกรุงเทพฯ
- เวลาเดินทาง
- เวลาขึ้น – ลงสินค้า
- จำนวนรถแต่ละประเภท
- ช่วงเวลาเปลี่ยนกะของพนักงานขับรถ

2) กระบวนการในการทำงาน

ขั้นตอนที่ 1 สร้างคำตอบเบื้องต้น 3 ค่า

ขั้นตอนที่ 2 กำหนด List เริ่มต้น ในที่นี้กำหนดให้เป็นลำดับของงานในคำตอบเริ่มต้นที่ 1

ขั้นตอนที่ 3 เลือกค่าดัชนีวัดคุณภาพที่จะใช้ในการหาคำตอบและเงื่อนไขการติดเวลาของรถบริษัท โดยค่าดัชนีวัดคุณภาพ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สามารถเลือกใช้ได้ 2 ตัวคือ จำนวนเที่ยววิ่งรวมของรถบริษัทและรถรับจ้าง และ จำนวนสินค้า (กระบะ) ที่สามารถจัดส่งได้โดยรถบริษัท

ขั้นตอนที่ 4 จัดลำดับของงานเพื่อหาดัชนีวัดคุณภาพ (Fitness) ของการจัดแต่ละลำดับงาน

ขั้นตอนที่ 5 ตรวจสอบค่าดัชนีวัดคุณภาพที่ได้กับค่าใน Tabu List และ Aspiration Criteria ซึ่งเป็นค่าเวลาสูญเสียทั้งหมดของตารางเวลา เพื่อทำการปรับปรุงค่าคำตอบใน Tabu List

ขั้นตอนที่ 6 ทำการสลับลำดับของงาน โดยเลือกจับคู่ผลลัพธ์ Parent 2 ค่า จากขนาดประชากรจะได้ทั้งหมด 3 คู่ คือ

Parent1 ⇔ Parent2
Parent1 ⇔ Parent3
Parent2 ⇔ Parent3

และทำการสลับแบบเลือกจุดสลับ N จุด ของทั้ง 3 คู่จะทำให้ได้ Offspring 3 ค่า

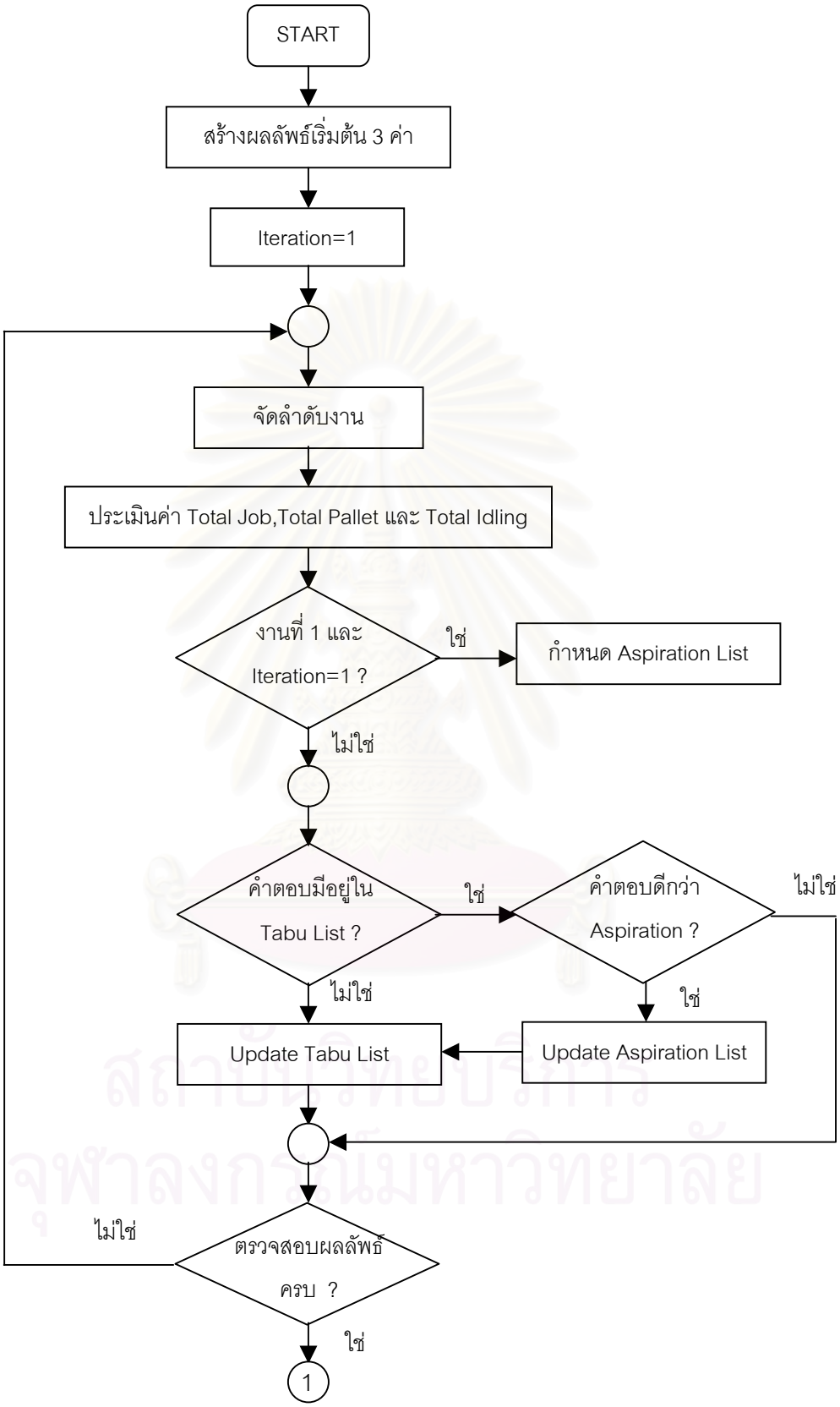
ขั้นตอนที่ 7 ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 4 ถึง 6 จนกระทั่งเงื่อนไขการหยุดเป็นจริง

3) ผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการจัดลำดับงาน

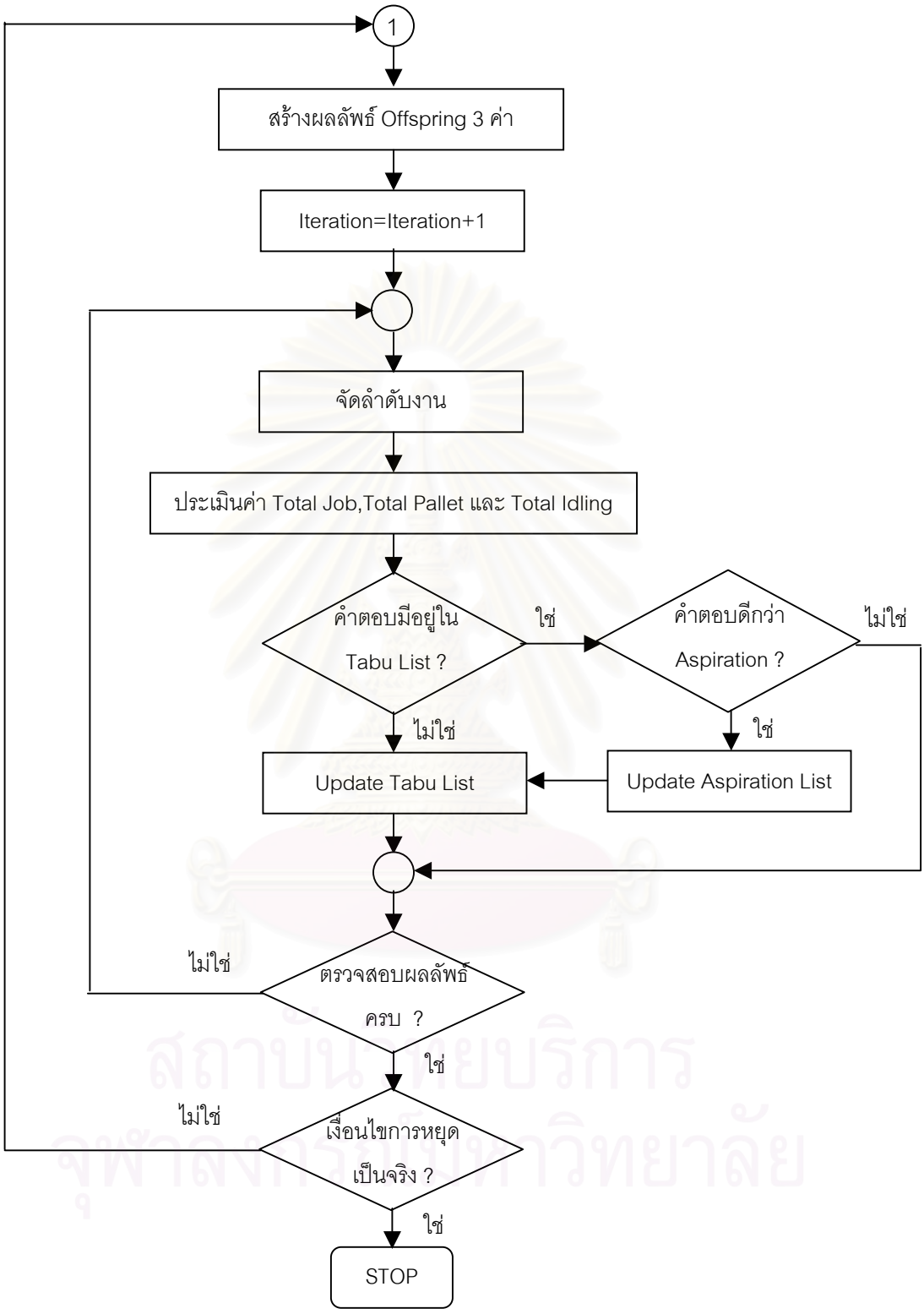
หลังจากทำตามขั้นตอนต่าง ๆ ของกระบวนการจัดลำดับงานแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้จะประกอบด้วย ซึ่งมีขั้นตอนการทำงาน แสดงในรูปที่ 4-6

- จำนวนงานทั้งหมดที่สามารถจัดส่งได้
- ขนาดของรถในแต่ละงาน
- รายละเอียดเวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมและเวลาสูญเสียต่าง ๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-6 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของกระบวนการจัดลำดับงาน



รูปที่ 4-6 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของกระบวนการจัดลำดับงาน (ต่อ)

4.2. 3. การจัดเที่ยววิ่งควบในเที่ยวกลับ

กระบวนการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประโยชน์รถบริษัทให้ได้มากที่สุด โดยการตรวจสอบหาเส้นทางที่สามารถจัดเที่ยวควบได้ เนื่องจากในการจัดส่งสินค้าระหว่างฐานจ่ายนั้นในเที่ยววิ่งกลับ รถจัดส่งจะทำการขนขวดเปล่าที่สาขากลับมาที่โรงงานเพื่อนำมาใช้ในกระบวนการผลิต หลักการพื้นฐานของกระบวนการมีดังนี้

- การตรวจสอบหาสาขาที่สามารถทำการวิ่งควบในเที่ยวกลับได้ คือ สาขาที่มีรถไปส่งสินค้าไม่พอที่จะขนขวดเปล่าที่สาขากลับมาได้หมด และสาขาที่มีรถไปส่งสินค้าและขนขวดเปล่าที่สาขากลับมาได้หมดและยังมีพื้นที่เหลือ

- จัดเที่ยววิ่งควบของสาขาทั้งสองประเภท

- ตรวจสอบเวลาดำเนินการหลังทำการควบ

ลำดับขั้นตอนในการทำงานของกระบวนการทำงานสามารถแบ่งออกเป็น ส่วน ๆ ได้ดังนี้

1. ข้อมูลที่ใช้

   - จำนวนเที่ยววิ่งและขนาดรถที่จะไปส่งสินค้าตามแต่ละสาขา
   - ข้อมูลขวดเปล่าที่สาขา
   - String ของสาขาที่สามารถจัดเที่ยววิ่งควบได้ ได้จากการหาค่าการประหยัดของการจัดเที่ยววิ่งควบของทุกสาขาไปยังทุกสาขา และเลือกเฉพาะเส้นทางที่มีค่าการประหยัดและเสนอให้พนักงานพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการเดินทางอีกครั้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. กระบวนการในการทำงาน

ขั้นตอนที่ 1 หาสาขาที่มีจำนวนขวดเปล่าที่สาขาน้อยกว่าพื้นที่บนรถที่ไปส่งสินค้าให้สาขา โดยการตรวจสอบข้อมูลขวดเปล่าและข้อมูลเที่ยววิ่งจากการจัดตารางเวลา

ขั้นตอนที่ 2 หาสาขาที่มีจำนวนขวดเปล่าที่สาขามากกว่าพื้นที่บนรถที่ไปส่งสินค้าให้สาขา โดยการตรวจสอบข้อมูลขวดเปล่าและข้อมูลเที่ยววิ่งจากการจัดตารางเวลา

ขั้นตอนที่ 3 ตรวจสอบสาขาที่สามารถวิ่งควบได้จากฐานข้อมูลและทำการจัดเที่ยวควบระหว่างสาขาในขั้นตอนที่ 1 และสาขาในขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบเวลาดำเนินงานหลังจากมีการจัดเที่ยวควบแล้ว ถ้าทำการควบเส้นทางแล้วทำให้รถไม่สามารถจัดส่งสินค้าในเที่ยวถัดไปได้ก็จะไม่จัดเที่ยวควบ

ขั้นตอนที่ 5 หาค่าต้นทุนที่ลดลงต่อกระบะจากการจัดควบเที่ยววิ่ง จาก

$$\text{ต้นทุนที่ลดลง} = \frac{\text{ค่าขนส่ง (หลังควบ)}}{\text{จำนวน Pallet (หลังควบ)}} - \frac{\text{ค่าขนส่ง (ก่อนควบ)}}{\text{จำนวน Pallet (ก่อนควบ)}} \quad \text{.....(4-5)}$$

$$\text{ค่าขนส่ง} = (\text{เวลาทำงานทั้งหมด} \times \text{ค่าเบี้ยเลี้ยง}) + \left(\frac{\text{ระยะทาง}}{\text{อัตราการใช้น้ำมัน}} \times \text{ค่าน้ำมัน}\right) + \text{ค่า Drop} \quad \text{(4-6)}$$

เมื่อ ค่า Drop คือค่าใช้จ่ายที่ต้องจ่ายให้กับพนักงานขับรถในกรณีที่มีการควบเส้นทาง โดยคิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อจำนวนจุดที่ทำการควบ

3. ผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดเที่ยววิ่งควบในเที่ยวกลับ คือ

- เที่ยววิ่งที่สามารถวิ่งควบเที่ยวกลับได้
- ค่าต้นทุนที่ลดลงต่อกระบะในแต่ละเที่ยววิ่ง
- เวลาดำเนินงานหลังจากทำการจัดเที่ยวควบ

4.3.การมอบหมายงานให้กับพนักงานขับรถ

การพัฒนาแบบจำลองในส่วนนี้ สืบเนื่องจากในการทำงานของพนักงานขับรถนอกจากเงินเดือนที่พนักงานได้รับในแต่ละเดือนแล้ว พนักงานยังมีรายได้จากการทำงานเป็นค่าเบี้ยเลี้ยงตามเวลาทำงานจริง และแม้ในปัจจุบันหน่วยงานจะมีการพิจารณาให้เกิดความยุติธรรมในเรื่องนี้ แต่ไม่ได้เป็นการพิจารณาก่อนที่จะมีการมอบหมายงาน

หลักการพื้นฐานในการพัฒนาแบบจำลองคือการมอบหมายงานให้กับพนักงานขับรถแต่ละกะทำงานและแต่ละขนาดของรถที่ขับประจำ ให้มีรายได้จากค่าเบี้ยเลี้ยงในแต่ละเดือนเท่า ๆ กัน เพื่อเป็นการสร้างความยุติธรรมในการรับรายได้ของพนักงานขับรถแต่ละคน

4.3.3. เทคนิคในการหาคำตอบ

เทคนิคในการมอบหมายงานให้กับพนักงานขับรถ เพื่อทำการหาคำตอบที่ดีที่สุด ได้ประยุกต์วิธีฮิวริสติกส์ (Heuristics) โดยการสร้างกฎการให้ลำดับความสำคัญของงานแบบ LPT (Longest Processing Time) Baker (1974) เพื่อลดจำนวนงานที่ควรมอบหมายให้กับพนักงานขับรถที่ได้รับงานมากที่สุด แต่เนื่องจากพนักงานขับรถ 1 คนอาจได้รับงานมากกว่า 1 งานต่อวัน ดังนั้น

จะทำการรวมเวลาในการทำงานของพนักงานแต่ละคนเพื่อนำไปใช้ในการมอบหมายงาน

4.3.3. ลำดับขั้นตอนในการทำงาน

การพัฒนากระบวนการในส่วนนี้แบ่งออกเป็นส่วน ๆ ดังนี้

1. ข้อมูลที่ใช้ในกระบวนการประกอบด้วย

- ปริมาณงานทั้งหมด
- ประเภทและจำนวนของพนักงานขับรถ
- แผนปฏิบัติงานของพนักงานขับรถ
- ข้อมูลปริมาณงานรวมที่พนักงานแต่ละคนเคยได้รับมา

2. กระบวนการทำงานมีดังนี้

จากการศึกษาระบบการทำงานของหน่วยงานตัวอย่าง จะทำการแบ่งประเภทของพนักงานขับรถบริษัทออกเป็น 3 กลุ่ม ตามกะทำงานและประเภทของรถที่เป็นรถประจำ

กลุ่ม 1 พนักงานขับรถประจำ 1 คนต่อรถ 1 คัน
กลุ่ม 2 พนักงานขับรถประจำ 2 คนต่อรถ 1 คันกะเช้า
กลุ่ม 3 พนักงานขับรถประจำ 2 คนต่อรถ 1 คันกะบ่าย

ขั้นตอนที่ 1 เนื่องจากจะทำการพิจารณาให้เวลาทำงานเฉลี่ยเท่า ๆ กัน ในแต่ละเดือน ดังนั้นจึงต้องทำการปรับยอดเวลาทำงานรวมรายเดือนของพนักงาน

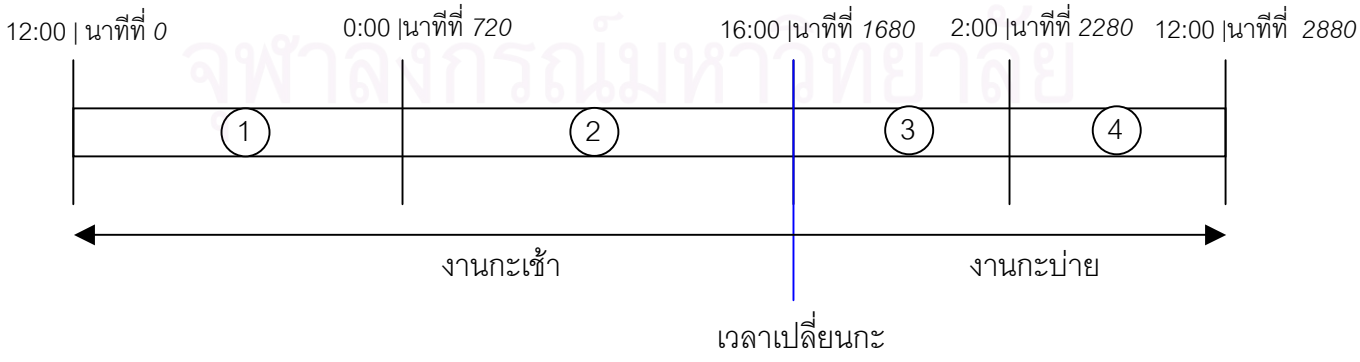
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขับรถทุกคน ให้มีค่าเท่ากับศูนย์ เมื่อเริ่มต้นวันที่ 1 ของเดือนใหม่

ขั้นตอนที่ 2 เปลี่ยนสถานะของพนักงานขับรถแต่ละคน โดยตัดพนักงานที่หยุดออกจากระบบ และสร้าง List เก็บเวลาทำงานรวมที่พนักงานแต่ละคนเคยได้รับและเรียงลำดับจากน้อยไปมาก แยกตามกลุ่มสาขา

ขั้นตอนที่ 3 สร้าง List ของงานที่จะทำการมอบหมายให้กับพนักงานขับรถแต่ละกลุ่มเรียงลำดับจากมากไปน้อย ในกรณีของรถที่มีพนักงานขับประจำ 1 คน ก็จะใช้เวลาทำงานรวมของรถเป็นเวลาทำงานที่จะใช้จัดให้กับพนักงาน แต่ในส่วนของรถที่มีพนักงานขับประจำ 2 คน จะต้องทำการพิจารณาว่า งานไหนจะจัดให้กับพนักงานขับรถกะเช้า และงานไหนจะจัดให้กับพนักงานขับรถกะบ่าย

การแบ่งงานบนรถประเภทที่มีพนักงานประจำ 2 คน จะพิจารณาจากเวลาเริ่มและเวลาสิ้นสุดของงาน และเวลาเปลี่ยนกะการทำงานเป็นหลัก โดยจะแบ่งออกเป็น 10 กรณี ดังแสดงในรูปที่ 4-7



รูปที่ 4-7 แสดงการกำหนดกะของงานบนรถประเภทที่มีพนักงานขับประจำ 2 คน

สมมติฐานของการจัดตารางเวลาในการศึกษาจะเป็นการจัดตารางเวลาเดินรถล่วงหน้า 1 วัน คือถ้าจะจัดงานของวันที่ 10 จะเริ่มเวลาในแบบจำลองนาทีที่ 0 ที่เวลา 12:00 น.ของวันที่ 9 และเวลาสิ้นสุดในตารางเวลา ที่เวลา 12:00 ของวันที่ 11

ทำการกำหนดช่วงเวลาของวันออกเป็น 4 ช่วง

ช่วงที่ 1 $Time \leq 720$

ช่วงที่ 2 $720 < Time < 1680$

ช่วงที่ 3 $1680 \leq Time \leq 2280$

ช่วงที่ 4 $2280 < Time < 2880$

หาว่าเวลาเริ่มงานและเวลาสิ้นสุดงานอยู่ในช่วงใด และจัดงานตามกรณีในตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 แสดงการจัดกะของงานให้รถที่มีพนักงานขับประจำ 2 คน

กรณี	ช่วงเวลาเริ่มงาน	ช่วงเวลาสิ้นสุดงาน	จัดเป็นงาน
1	1	1	กะเช้า
2	1	2	กะเช้า
3	1	3	ถ้าไม่มีงานก่อนหน้างานนี้จัดให้กะเช้า ถ้ามี จัดให้กะบ่าย
4	1	4	ถ้าไม่มีงานก่อนหน้างานนี้จัดให้กะเช้า ถ้ามี จัดให้กะบ่าย
5	2	2	กะเช้า
6	2	3	ตรวจสอบว่าเวลาทำงานส่วนใหญ่อยู่ในกะใด ก็จัดงานให้กะนั้น
7	2	4	ถ้าไม่มีงานก่อนหน้างานนี้จัดให้กะบ่าย ถ้ามี จัดให้กะเช้า
8	3	3	กะบ่าย
9	3	4	กะบ่าย

ขั้นตอนที่ 3 สร้าง List งานรถที่มีพนักงานประจำ 2 คนตามกะที่จัดในขั้นตอนที่ 2 และเรียงลำดับจากมากไปน้อย

ขั้นตอนที่ 4 จัดงานให้กับพนักงานขับรถกลุ่ม 1 ของรถตามขนาดของรถที่พนักงานประจำอยู่ โดยจัดงานที่มีเวลาทำงานมากให้กับพนักงานที่มีเวลาทำงานรวมน้อยก่อน

ขั้นตอนที่ 5 ตรวจสอบว่ามีงานชนิดที่ต้องใช้พนักงานขับพร้อมกัน 2 คน หรือไม่ ถ้ามีก็เลือกจัดงานให้กับรถที่ไม่มีพนักงาน Off

ขั้นตอนที่ 6 จัดงานให้กับพนักงานขับรถกลุ่ม 2 และ 3 ที่เหลือตามขนาดรถที่พนักงานประจำอยู่ โดยจัดงานที่มีเวลาทำงานมากให้กับพนักงานที่มีเวลารวมทำงานน้อยก่อน

การมอบหมายงานสามารถแบ่งได้เป็น 4 กรณี ดังแสดงในรูปที่ 4-8

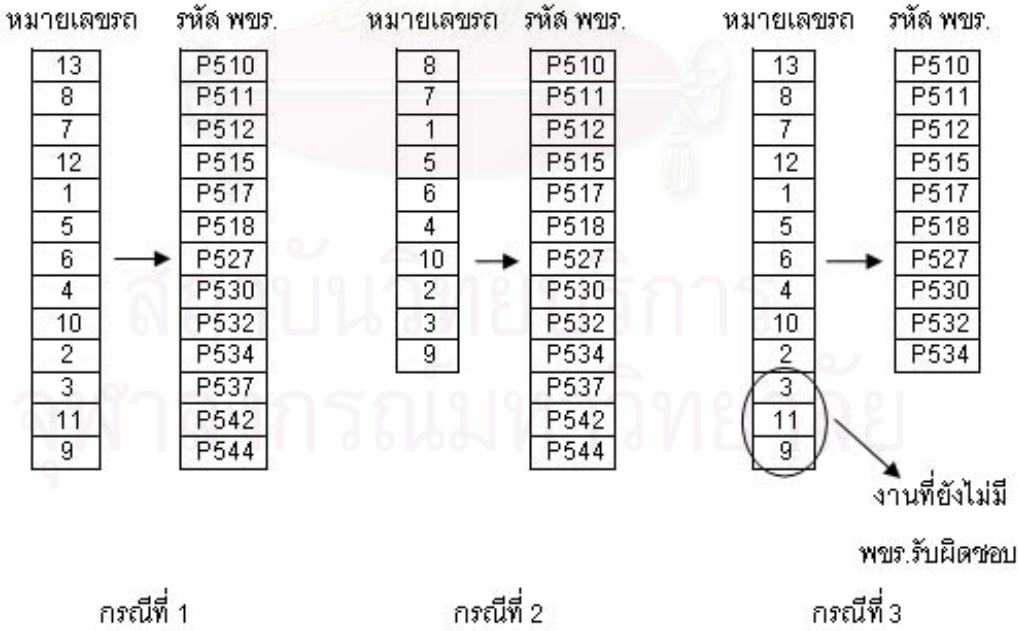
- กรณีที่ 1 เป็นกรณีที่มีจำนวนงานเท่ากับจำนวนพนักงาน ก็สามารถจัดงานที่ใช้เวลาดำเนินการมากที่สุดให้กับพนักงานขับรถที่เคยได้รับงานน้อยที่สุดไปตามลำดับ

- กรณีที่ 2 เป็นกรณีที่เกิดมีรถเสียทำให้มีพนักงานขับรถบางคนไม่ได้รับงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- กรณีที่ 3 เป็นกรณีที่มีพนักงานขับรถมาทำงานไม่ครบทำให้เหลืองานบางส่วนที่ไม่มีพนักงานขับรถรับผิดชอบ

- กรณีที่ 4 เป็นกรณีเฉพาะรถที่มีพนักงานขับรถประจำรถ 2 คนต่อคัน เนื่องจากมีการมอบหมายงานแยกกันระหว่างพนักงานกะเช้า และพนักงานกะบ่าย โดยจะทำการมอบหมายงานให้กับพนักงานในกะเช้าก่อน แล้วจึงทำการมอบหมายงานให้กับพนักงานในกะบ่าย ดังนั้นในการมอบหมายงานให้กับพนักงานกะบ่าย จึงต้องทำการตรวจสอบว่าพนักงานคนนี้มีคู่กะในช่วงเช้ารับงานไหน และต้องตรวจสอบต่อไปว่างานที่พนักงานกะเช้า ได้รับมีเวลาสิ้นสุดก่อนเวลาเริ่มงานที่จะมอบหมายให้กับพนักงานกะบ่ายหรือไม่ เพื่อป้องกันการมอบหมายงานที่ไม่สามารถปฏิบัติได้จริง ทำให้เกิดงานที่ไม่มีพนักงานรับผิดชอบขึ้น



รูปที่ 4-8 แสดงกรณีต่าง ๆ ในการมอบหมายงานให้พนักงาน

4.3.3. ผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการ ประกอบด้วย

- การกำหนดพนักงานขับรถในแต่ละงาน
- การกำหนดหมายเลขรถในแต่ละงาน
- งานที่ยังไม่มีพนักงานขับรถรับผิดชอบ
- สรุปงานที่พนักงานขับรถแต่ละคนจะได้รับ

4.4. การออกแบบโปรแกรม

เนื้อหาส่วนนี้เป็นการออกแบบโปรแกรมการจัดตารางเวลาเดินรถจัดส่งให้สอดคล้องกับแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้น โดยใช้ Microsoft Visual Basic 6.0 ในการเขียนโปรแกรม โดยจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ โครงสร้างของโปรแกรม ข้อมูลเข้า และการแสดงผลของโปรแกรม

4.4.1. โครงสร้างของโปรแกรม

ในการศึกษาได้ทำการออกแบบโครงสร้างของโปรแกรมเป็นแบบ Modularity คือ มีลักษณะตามกระบวนการหลัก 3 ส่วนที่ประกอบด้วยกระบวนการย่อย ๆ ภายใน และมีการรับส่งข้อมูลระหว่างแต่ละกระบวนการ และส่วนการแสดงผลออกเป็นรายงานทาง Microsoft Excel โปรแกรมมีโมดูลต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 4-4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-4 แสดงโมดูลต่าง ๆ ของโปรแกรม

โมดูลหลัก	โมดูลย่อย	หน้าที่
Main	CalPallet	ทำหน้าที่คำนวณจำนวนกระบะของสินค้าและขวดเปล่าจากข้อมูลเข้า
	Dispatch	ทำหน้าที่เลือกขนาดรถที่เหมาะสมกับสาขา
	FindProcessTime	ทำหน้าที่คำนวณเวลาดำเนินงานจากสาขาที่จัดส่งและขนาดรถที่กำหนดให้
Schedule	AverageDay	ทำหน้าที่หาค่าวันการขายเฉลี่ยของสาขาจากข้อมูลเข้าและเรียงลำดับจากน้อยไปมาก
	AssignJob	ทำหน้าที่จัดงานตามลำดับที่ได้จากการสลับโดยพิจารณาถึงข้อจำกัดต่าง ๆ
	Match	ทำหน้าที่จัดเที่ยววิ่งควบ
LoadBalance	SortDriver	ทำหน้าที่จัดเรียงงานที่พนักงานเคยได้รับจากน้อยไปมาก
	SortTruck	ทำหน้าที่จัดเรียงเวลาดำเนินงานจากมากไปน้อย
	AssignDriver	ทำหน้าที่มอบหมายงานให้กับพนักงานขับรถ
Report	ExcelLink	ทำหน้าที่สร้างรายงานออกทาง Microsoft Excel

4.4.2. ข้อมูลที่ใช้

ในการออกโปรแกรม จำเป็นต้องใช้ข้อมูลต่าง ๆ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ฐานข้อมูลหลัก และ ข้อมูลเข้า

1. ฐานข้อมูลหลัก เป็นข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวข้องกับการจัดตารางเวลาเดินรถที่ได้จากฐานข้อมูลของหน่วยงานตัวอย่าง และสามารถทำการเปลี่ยนแปลงฐานข้อมูลนี้ได้ เมื่อข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลง ดังแสดงในรูปที่ 4-9 แสดงตัวอย่างหน้าจอโปรแกรมในส่วนการแก้ไขฐานข้อมูล ประกอบด้วย

- ข้อมูลสาขา ประกอบด้วย รหัสสาขา ชื่อสาขา ตำแหน่งที่ตั้ง ระยะทางจากโรงงาน กลุ่มของสาขา

- ข้อมูลผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย รหัสสินค้า ชื่อสินค้า จำนวนลังต่อกระบะ น้ำหนักสินค้าต่อกระบะ

- ข้อมูลรถบริษัท ประกอบด้วย หมายเลขรถ ความจุ ประเภทรถ ประเภทหางรถ

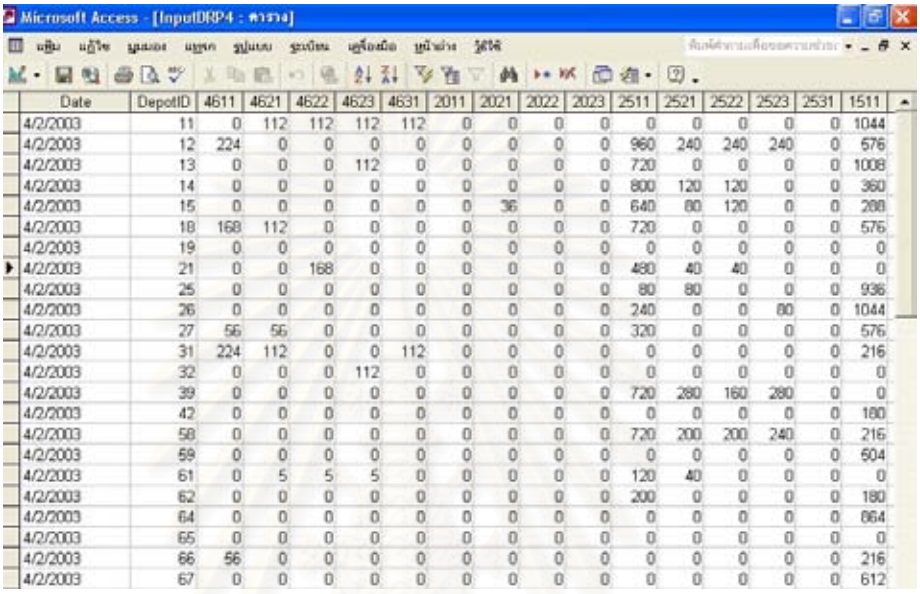
- ข้อมูลพนักงานขับรถ ประกอบด้วย รหัสพนักงาน ชื่อ – นามสกุล วันหยุดตามแผนปฏิบัติงาน หมายเลขรถประจำ เวลาเข้างาน

- ข้อมูล String สาขา เป็นรายชื่อสาขาที่สามารถจัดเที่ยววิ่งควบกันได้ ได้จากการหาค่าการประหยัดร่วมกับการพิจารณาของพนักงานจัดรถ

รูปที่ 4-9 แสดงตัวอย่างหน้าจอโปรแกรมในส่วนการแก้ไขฐานข้อมูล

2. ข้อมูลเข้า

ข้อมูลจำนวนสินค้าจากโปรแกรม DRP ค่าวันการขายและปริมาณขวดเปล่าที่สาขา มีรูปแบบดังแสดงในรูปที่ 4-10



Microsoft Access - [InputDRP4 : ตาราง]

Date	DepotID	4611	4621	4622	4623	4631	2011	2021	2022	2023	2511	2521	2522	2523	2531	1511
4/2/2003	11	0	112	112	112	112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1044
4/2/2003	12	224	0	0	0	0	0	0	0	0	960	240	240	240	0	576
4/2/2003	13	0	0	0	112	0	0	0	0	0	720	0	0	0	0	1008
4/2/2003	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	800	120	120	0	0	360
4/2/2003	15	0	0	0	0	0	0	36	0	0	640	80	120	0	0	288
4/2/2003	18	168	112	0	0	0	0	0	0	0	720	0	0	0	0	576
4/2/2003	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4/2/2003	21	0	0	168	0	0	0	0	0	0	480	40	40	0	0	0
4/2/2003	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	80	0	0	0	936
4/2/2003	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	240	0	0	80	0	1044
4/2/2003	27	56	56	0	0	0	0	0	0	0	320	0	0	0	0	576
4/2/2003	31	224	112	0	0	112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	216
4/2/2003	32	0	0	0	112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4/2/2003	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	720	280	160	280	0	0
4/2/2003	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180
4/2/2003	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	720	200	200	240	0	216
4/2/2003	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	504
4/2/2003	61	0	5	5	5	0	0	0	0	0	120	40	0	0	0	0
4/2/2003	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	0	0	0	0	180
4/2/2003	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	864
4/2/2003	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4/2/2003	66	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	216
4/2/2003	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	612

รูปที่ 4-10 แสดงรูปแบบของข้อมูลปริมาณสินค้าจากโปรแกรม DRP

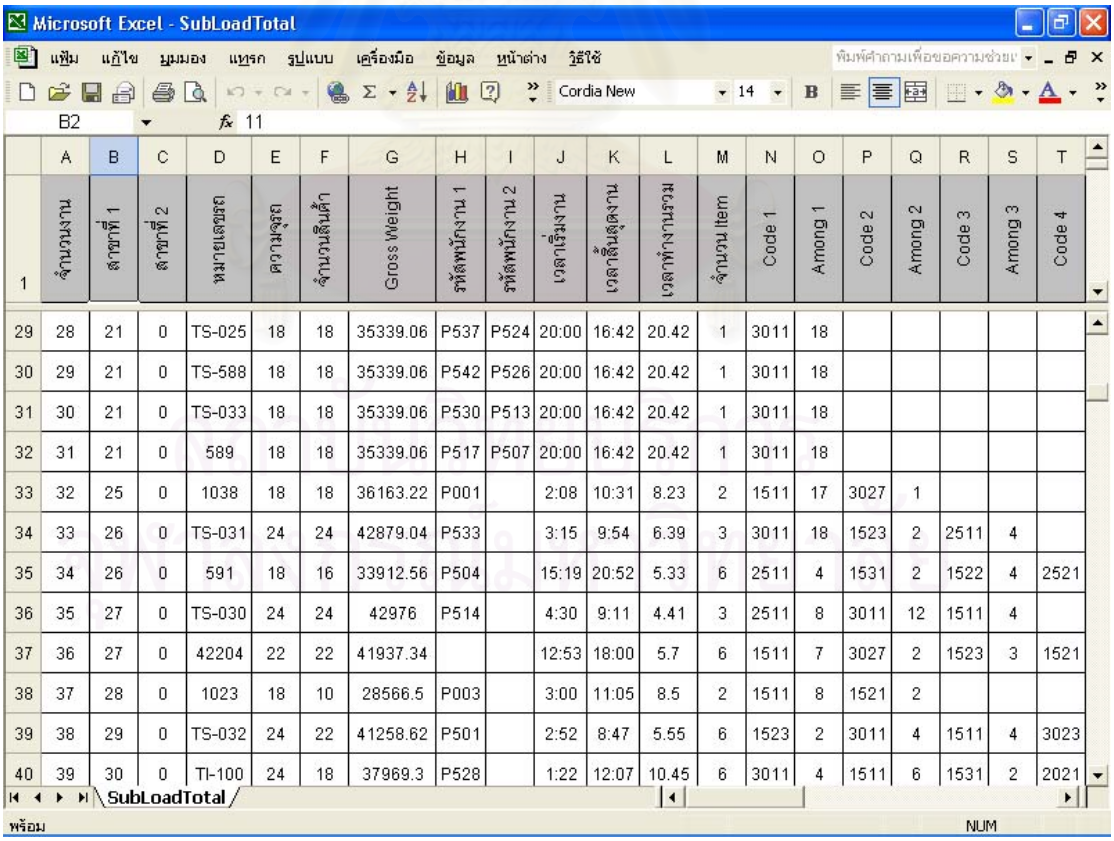
4.4.3. การแสดงผล

การแสดงผลของโปรแกรมได้พัฒนาขึ้นมาจากความต้องการของหน่วยงานเพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้จริง การแสดงผลจะทำการแสดงเป็นรายงานทาง Microsoft Excel ในรูปแบบของรายงานและ Gantt Chart รวมทั้งหมด 9 ฉบับ ดังนี้

1. ตารางแสดงสรุปรายละเอียดของงานทั้งหมด โดยที่ลำดับในการเลือกจำนวนและประเภทของสินค้าที่จะกำหนดให้กับแต่ละงานนั้น จะพิจารณาจัดเรียงตามค่าวันการขายของสินค้าแต่ละประเภท คือจะทำการกำหนดสินค้าที่มีค่าวันการขายน้อย ๆ ไปกับงานที่ไปยังสาขานั้นเป็นเที่ยวแรก เพื่อป้องกันไม่ให้สาขาขาดสินค้าที่มีความต้องการมาก ในกรณีที่ไม่สามารถส่งสินค้าให้กับสาขานั้นได้ครบทุกประเภท ซึ่งข้อมูลที่แสดงในรายงานนี้

สามารถนำไปใช้ในการออกเอกสารลำเลียงได้ แสดงในรูปที่ 4-11 มีรายละเอียดดังนี้

- รหัสสาขา
- หมายเลขรถ
- รหัสพนักงานขับรถ
- ความจุของรถ
- จำนวนสินค้าชนิดสินค้า
- จำนวนสินค้าแต่ละชนิด
- น้ำหนักบรรทุกรวม
- เวลาเริ่มงาน
- เวลาสิ้นสุด
- เวลาดำเนินงาน



Microsoft Excel - SubLoadTotal

แฟ้ม แก้ไข มุมมอง แทรก รูปแบบ เครื่องมือ ข้อมูล หน้าต่าง วิธีใช้

Cordia New 14

B2 11

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	จำนวนงาน	สาขาที่ 1	สาขาที่ 2	หมายเลขรถ	ความจุรถ	จำนวนสินค้า	Gross Weight	รหัสพนักงาน 1	รหัสพนักงาน 2	เวลาเริ่มงาน	เวลาสิ้นสุดงาน	เวลาทำงานรวม	จำนวน Item	Code 1	Among 1	Code 2	Among 2	Code 3	Among 3	Code 4
29	28	21	0	TS-025	18	18	35339.06	P537	P524	20:00	16:42	20.42	1	3011	18					
30	29	21	0	TS-588	18	18	35339.06	P542	P526	20:00	16:42	20.42	1	3011	18					
31	30	21	0	TS-033	18	18	35339.06	P530	P513	20:00	16:42	20.42	1	3011	18					
32	31	21	0	589	18	18	35339.06	P517	P507	20:00	16:42	20.42	1	3011	18					
33	32	25	0	1038	18	18	36163.22	P001		2:08	10:31	8.23	2	1511	17	3027	1			
34	33	26	0	TS-031	24	24	42879.04	P533		3:15	9:54	6.39	3	3011	18	1523	2	2511	4	
35	34	26	0	591	18	16	33912.56	P504		15:19	20:52	5.33	6	2511	4	1531	2	1522	4	2521
36	35	27	0	TS-030	24	24	42976	P514		4:30	9:11	4.41	3	2511	8	3011	12	1511	4	
37	36	27	0	42204	22	22	41937.34			12:53	18:00	5.7	6	1511	7	3027	2	1523	3	1521
38	37	28	0	1023	18	10	28566.5	P003		3:00	11:05	8.5	2	1511	8	1521	2			
39	38	29	0	TS-032	24	22	41258.62	P501		2:52	8:47	5.55	6	1523	2	3011	4	1511	4	3023
40	39	30	0	TI-100	24	18	37969.3	P528		1:22	12:07	10.45	6	3011	4	1511	6	1531	2	2021

SubLoadTotal

พร้อม NUM

รูปที่ 4-11 แสดงรายงานแสดงรายละเอียดของงานทั้งหมด

2. ตารางแสดงสรุปรายละเอียดเฉพาะงานของรถบริษัท มีรายละเอียดเหมือนกับตารางแสดงสรุปรายละเอียดของงานทั้งหมด

3. ตารางแสดงสรุปรายละเอียดเฉพาะงานของรถรับจ้าง มีรายละเอียดเหมือนกับตารางแสดงสรุปรายละเอียดของงานทั้งหมด

4. ตารางแสดงสรุปงานของพนักงานขับรถแต่ละคน ประกอบด้วย แสดงในรูปที่ 4-12

- รหัสพนักงาน
- ชื่อพนักงาน
- หมายเลขรถ
- จำนวนงานที่ได้รับ
- เวลาเริ่มงาน
- เวลาสิ้นสุดงาน
- เวลาทำงานรวม

ลำดับที่	รหัสพนักงาน	ชื่อพนักงาน	หมายเลขรถ	งานที่ 1	งานที่ 2	งานที่ 3	เวลาเริ่มงาน	เวลาสิ้นสุดงาน	เวลาทำงานรวม
1	P531	นายสมนึก รุ่งเรือง	575	55	97	0	2:28	19:51	17.23
2	P547	นายธงชัย ตาเพ็ชร	1035	104	56	90	4:45	13:41	31.53
3	P522	นายวิทยา สัตตวจี	TI-002	100	116	88	4:44	2:42	21.58
4	P554	นายประเสริฐ พญานาค	1039	47	117	105	4:41	22:53	18.12
5	P556	นายมานิต ตาเพ็ชร	1036	98	111	50	4:35	21:55	17.2
6	P549	นายพิเสก นวลหอม	TI-004	106	112	51	4:10	22:01	17.51
7	P505	นายชัยวัฒน์ ตารากร	TI-003	44	113	125	3:58	22:05	18.7
8	P003	นายเรืองฤทธิ์ ตาภาษิต	1023	53	83	85	3:24	21:58	18.34
9	P530	นายสมนึก ปั้นแต่ง	TS-033	40	0	0	21:47	16:42	18.55
10	P517	นายไพรัช ตาลขาว	589	41	0	0	21:47	16:42	18.55

รูปที่ 4-12 ตารางแสดงสรุปงานของพนักงานขับรถแต่ละคน

5. ตารางแสดงสรุปการใช้งานรถแต่ละคัน เพื่อใช้แสดงถึงรายการของงานที่รถบรรทุกแต่ละคันจะต้องทำการจัดส่ง ประกอบด้วย ดังแสดงในรูปที่ 4-13

- หมายเลขรถ
- งานทั้งหมด
- เวลาทำงานรวม
- เวลาเริ่มงาน

ลำดับที่	หมายเลขรถ	งานที่ 1	งานที่ 2	งานที่ 3	งานที่ 4	งานที่ 5	งานที่ 6	เวลาทำงานรวม	เวลาเริ่มงาน
1	575	55	97	0	0	0	0	17.23	2:28
2	1035	104	56	90	0	0	0	13:26	4:45
3	TI-002	100	116	88	0	0	0	21.58	4:44
4	1039	47	117	105	0	0	0	18.12	4:41
5	1036	98	111	50	0	0	0	17.2	4:35
6	TI-004	106	112	51	0	0	0	17.51	4:10
7	TI-003	44	113	125	0	0	0	18.7	3:58
8	1023	53	83	85	0	0	0	18.34	3:24
9	TS-033	40	0	0	0	0	0	18.55	21:47
10	589	41	0	0	0	0	0	18.55	21:47

รูปที่ 4-13 ตารางแสดงสรุปงานของรถบรรทุกแต่ละคัน

6. ตารางแสดงงานค้างส่ง ดังแสดงในรูปที่ 4-14 ประกอบด้วย

- รหัสสาขา
- จำนวนสินค้าค้างส่ง (กระบะ)
- ชนิดและจำนวนของสินค้าที่ค้างส่ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลำดับที่	รหัสสาขา	จำนวนกระบะค้างส่งรวม	จำนวนชนิดสินค้า	Code 1	Among 1	Code 2	Among 2	Code 3	Among 3	Code 4	Among 4
1	12	8	2	2531	7	3055	1				
2	13	24	4	4611	6	2021	4	2531	10	3023	4
3	28	4	1	2011	4						
4	30	1	1	1521	1						
5	64	22	4	4611	2	2011	2	2531	2	3011	16
6	65	6	2	2011	2	3022	4				
7	66	6	3	4621	1	1522	2	1523	3		
8	71	2	1	2011	2						
9	72	8	2	1523	4	3011	4				

รูปที่ 4-14 ตารางแสดงรายงานงานค้างส่ง

7. ตารางแสดงงานที่ยังไม่มีพนักงานขับรถรับผิดชอบ เพื่อความสะดวกในการมอบหมายงานให้กับพนักงานที่ยังว่างอยู่ แสดงในรูปที่ 4-15 ประกอบด้วย หมายเลขงาน ขนาดของรถที่ใช้ รหัสสาขา เวลาเริ่ม เวลาสิ้นสุด และเวลาทำงานรวม

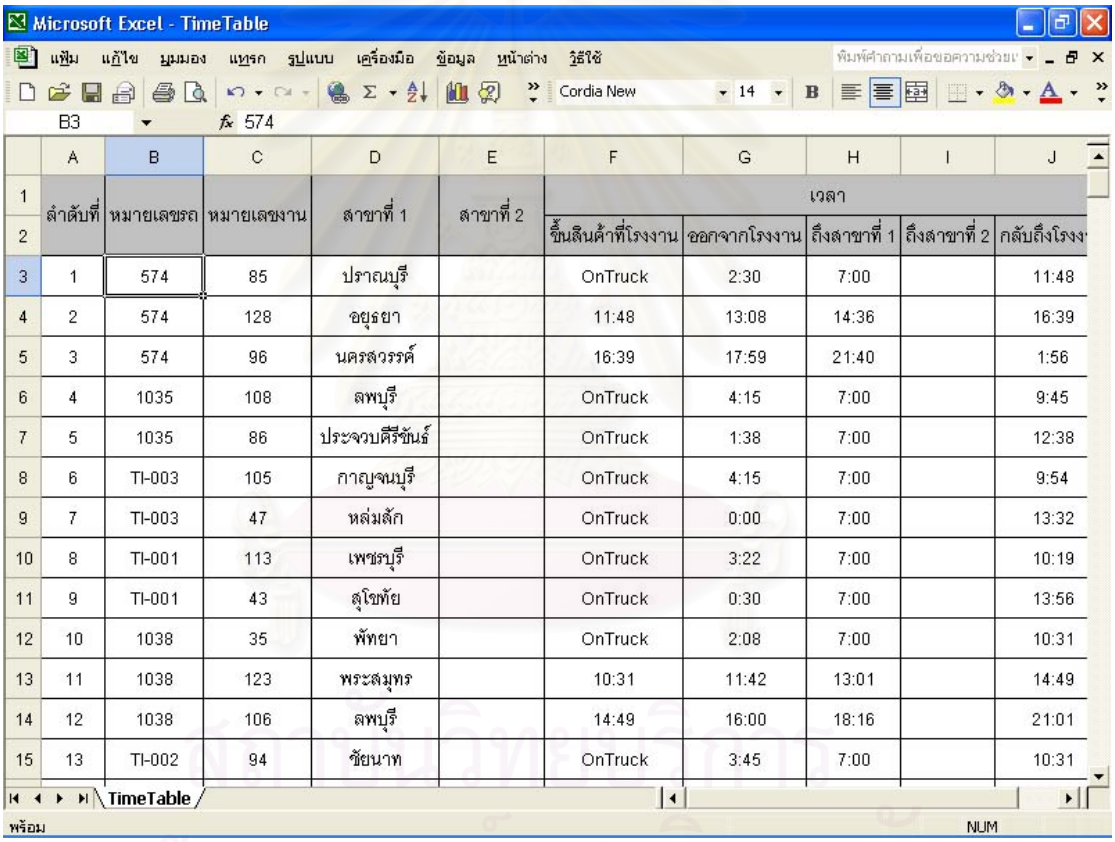
ลำดับที่	หมายเลขงาน	ความจุของรถ	สาขาที่ 1	สาขาที่ 2	เวลาเริ่มงาน	เวลาสิ้นสุดงาน	เวลาทำงานรวม
1	46	18	26	0	13:57	19:31	5.34
2	91	24	67	0	14:20	19:00	4.4
3	92	24	67	0	19:00	23:40	4.4
4	96	24	70	0	18:54	0:10	5.16
5	99	18	71	0	13:49	19:38	5.49

รูปที่ 4-15 รายงานงานที่ยังไม่มีพนักงานขับรถรับผิดชอบ

8. ตารางเวลาเดินรถบอกรายละเอียดเวลาของงานในกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งจะแสดงถึงเวลาที่รถบรรทุกควรจะเข้ามาทำการขึ้นสินค้าที่โรงงาน เวลาออกจากโรงงาน

เวลาที่เดินทางถึงสาขาที่ 1 เวลาที่เดินทางถึงสาขาที่ 2 ในกรณีที่มีการวิ่งควบ และเวลาที่รถบรรทุกกลับถึงโรงงาน ดังแสดงในรูปที่ 4-16

9. การแสดงผลตารางเวลาในรูปแบบของ Grant Chart เป็นการแสดงผลในรูปแบบของ Grant Chart โดยจะทำการแสดงเวลาที่ใช้ในงานต่าง ๆ บนรถบรรทุกทุกคัน ทั้งรถบริษัทและรถรับจ้าง ดังแสดงในรูปที่ 4-17



Microsoft Excel - TimeTable

แฟ้ม แก้ไข มุมมอง แทรก รูปแบบ เครื่องมือ ข้อมูล หน้าต่าง วิธีใช้

Cordia New 14

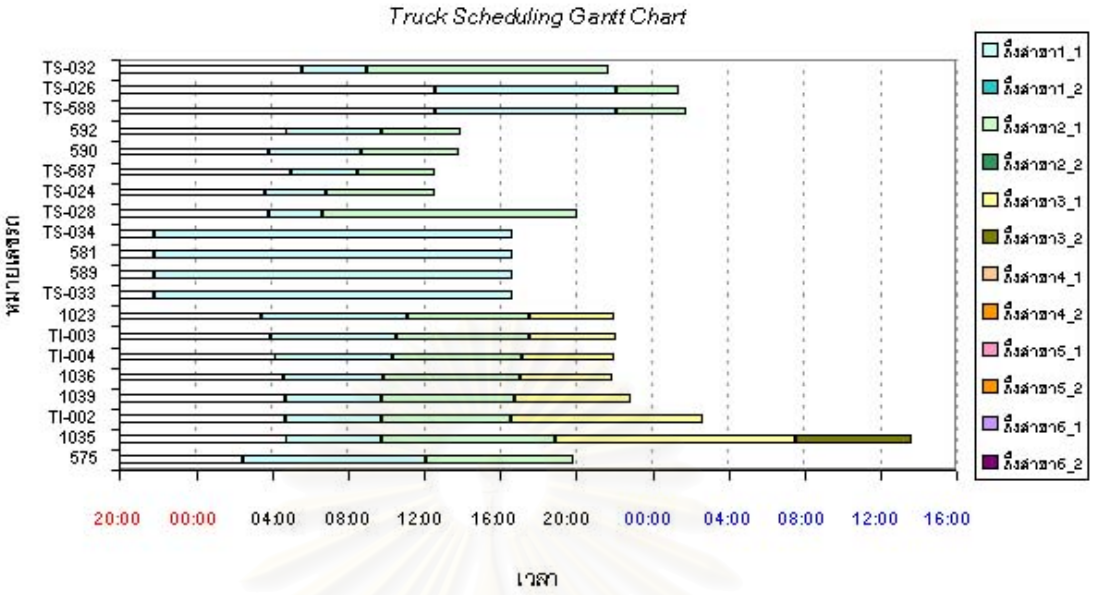
B3 574

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	ลำดับที่	หมายเลขรถ	หมายเลขงาน	สาขาที่ 1	สาขาที่ 2	เวลา				
2						ขึ้นสินค้าที่โรงงาน	ออกจากโรงงาน	ถึงสาขาที่ 1	ถึงสาขาที่ 2	กลับถึงโรงง
3	1	574	85	ปราณบุรี		OnTruck	2:30	7:00		11:48
4	2	574	128	อยุธยา		11:48	13:08	14:36		16:39
5	3	574	96	นครสวรรค์		16:39	17:59	21:40		1:56
6	4	1035	108	ลพบุรี		OnTruck	4:15	7:00		9:45
7	5	1035	86	ประจวบคีรีขันธ์		OnTruck	1:38	7:00		12:38
8	6	TI-003	105	กาญจนบุรี		OnTruck	4:15	7:00		9:54
9	7	TI-003	47	หล่มสัก		OnTruck	0:00	7:00		13:32
10	8	TI-001	113	เพชรบุรี		OnTruck	3:22	7:00		10:19
11	9	TI-001	43	สุโขทัย		OnTruck	0:30	7:00		13:56
12	10	1038	35	พัทยา		OnTruck	2:08	7:00		10:31
13	11	1038	123	พระสมุทร		10:31	11:42	13:01		14:49
14	12	1038	106	ลพบุรี		14:49	16:00	18:16		21:01
15	13	TI-002	94	ชัยนาท		OnTruck	3:45	7:00		10:31

TimeTable

พร้อม NUM

รูปที่ 4-16 แสดงรายงานตารางเวลา



รูปที่ 4-17 แสดงการแสดงผลตารางเวลาในรูปแบบ Gantt Chart

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
การตรวจสอบและการวิเคราะห์ผล

หลังจากทำการพัฒนาแบบจำลองตามลักษณะการทำงานและสภาพปัญหาที่พบแล้ว สิ่งสำคัญที่จะต้องพิจารณาต่อไปคือการตรวจสอบแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น เพื่อเป็นการตรวจสอบว่าแบบจำลองที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นนั้นมีความน่าเชื่อถือและประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานในสภาพความเป็นจริงมากน้อยเพียงไร การทดสอบแบบจำลองแบ่งได้เป็น 2 ระดับ คือ การตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของแบบจำลอง (Verification) และการตรวจสอบประสิทธิภาพในการทำงานของแบบจำลอง (Validation)

เนื้อหาในบทนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. การตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของแบบจำลอง (Verification)
2. การตรวจสอบประสิทธิภาพในการทำงานของแบบจำลอง (Validation)
3. การตรวจสอบความเชื่อมั่นในการใช้งานจริง

5. 1. การตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของแบบจำลอง (Verification)

เป็นการตรวจสอบความผิดพลาดและแก้ไขโปรแกรมในขณะที่กำลังพัฒนา (Tracing and Debugging) โดยพิจารณาจากสภาพปัญหา ตรรกะ สูตรที่ใช้ในการคำนวณ และโครงสร้างของภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม เพื่อให้โปรแกรมสามารถทำงานได้ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในโครงสร้างของแบบจำลอง

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองจะกระทำควบคู่ไปกับการสร้างแบบจำลองและการเขียนโปรแกรม โดยการตรวจสอบความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในระบบทำงานจริงกับในแบบจำลองและ การตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ โดยมีขั้นตอนการตรวจสอบดังนี้

- การตรวจสอบโครงสร้างของโปรแกรม (Structured Programming Method)
- การตรวจสอบการเขียนโปรแกรม (Tracing Code)
- การทดสอบโปรแกรม (Program Testing)
- การตรวจสอบค่าและความสัมพันธ์ของข้อมูล (Checking Logical Relationships)

5.1.1) การตรวจสอบโครงสร้างของโปรแกรม (Structured Programming Method)

เป็นการตรวจสอบขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมว่ามีความถูกต้องตรงตามขั้นตอนที่ได้มีการจำลองสภาพปัญหาไว้หรือไม่ โดยการตรวจสอบขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมให้ตรงกับแผนผังขั้นตอนการทำงานของแบบจำลอง (Flow Chart) จากโครงสร้างของโปรแกรมที่ได้กำหนดไว้ในบทที่ 4 เป็นกระบวนการหลัก 3 กระบวนการ และในกระบวนการหลักก็มีกระบวนการย่อย ๆ อยู่ภายใน ดังนั้นจึงทำการเขียนโปรแกรมเป็นโครงสร้างแบบ Modularity คือการแบ่งโปรแกรมออกเป็นโมดูลตามกระบวนการที่ได้ทำการออกแบบไว้ ซึ่ง ทำให้สามารถทำการตรวจสอบความถูกต้องของแต่ละส่วนได้ง่าย

5.1.2) การตรวจสอบการเขียนโปรแกรม (Tracing Code)

เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของโครงสร้างภาษา (Syntax) ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม โดยที่เราสามารถแก้ไขข้อผิดพลาดในส่วนนี้ได้ในขณะพัฒนาโปรแกรม

5.1.3) การทดสอบโปรแกรม (Program Testing)

คือการทดสอบการทำงานและผลลัพธ์ที่ได้จากการรันโปรแกรม โดยใช้การเปรียบเทียบข้อมูลเข้าและข้อมูลออกของแต่ละโมดูลเปรียบเทียบกับผลที่ได้

จากการคำนวณด้วยมือว่าตรงกันหรือไม่ ซึ่งวิธีการตรวจสอบผลลัพธ์ของแต่ละโมดูลแสดงในตารางที่ 5 – 1

ตารางที่ 5 – 1 แสดงการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการต่าง ๆ ในโปรแกรม

กระบวนการหลัก	กระบวนการย่อย	ข้อมูลเข้า	วิธีการตรวจสอบ
การคำนวณปริมาณงานทั้งหมด	การคำนวณจำนวนกระบะ	ปริมาณสินค้า	ทำการคำนวณปริมาณกระบะสินค้าใน Microsoft Excel
	การจัดสินค้าขึ้นรถ	จำนวนรถแต่ละประเภท	ทดลองจัดสินค้าตามเงื่อนไขโดยกำหนดให้รถ 1 คันสามารถจัดส่งสินค้าได้มากที่สุด 4 เที่ยว/วัน
	การคำนวณเวลาดำเนินการ	เวลาในการทำกิจกรรมต่าง ๆ	ทำการคำนวณโดยใช้สมการเวลาเดินทางและระยะทางจากฐานข้อมูล
การจัดลำดับงาน	กาจัดตารางเวลา	ปริมาณงานทั้งหมด	ทดลองสร้างลำดับของงานจากลำดับเลขสุ่ม และทดลองจัดงานจากลำดับที่สร้างขึ้นตามข้อจำกัดต่าง ๆ และทำการตรวจสอบว่ามีรถบรรทุกคันใดที่ฝ่าฝืนช่วงเวลาที่กำหนดไว้หรือไม่
	การจัดเที่ยววิ่งควบ	ขนาดของรถที่ใช้ในแต่ละงาน และปริมาณขวดเปล่าที่สาขา	ตรวจสอบผลลัพธ์การจัดเที่ยววิ่งควบว่ามีการจัดควบเส้นทางที่ไม่ได้กำหนดไว้ใน String หรือไม่
การมอบหมายงานให้พนักงานขับรถ	การสร้าง List เวลาดำเนินงานและ List เวลาทำงานที่พนักงานแต่ละคนเคยได้รับ	แผนปฏิบัติ-งานของพนักงาน และข้อมูลเวลาทำงานรวมที่พนักงานเคยได้รับ	ตรวจสอบว่าการจัดลำดับมีความถูกต้องหรือไม่
	การมอบหมายงานให้กับพนักงานขับรถแต่ละกะทำงาน	เวลาดำเนินงานของแต่ละงาน	ตรวจสอบว่างานที่ถูกมอบหมายให้กับพนักงานแต่ละคนตรงตามประเภทของรถที่พนักงานคนนั้นประจำอยู่หรือไม่

5.1.4) การตรวจสอบค่าและความสัมพันธ์ของข้อมูล (Checking Logical Relationships)

เป็นการตรวจสอบโดยการทดสอบค่าตัวแปรต่าง ๆ ในโปรแกรมที่ได้มีการกำหนดค่าหรือเงื่อนไขไว้ เช่น กำหนดให้รถทุกคันต้องทำการขึ้นสินค้าที่โรงงานภายในช่วงเวลาทำการของคลังสินค้าโรงงาน หลังจากทำการรันโปรแกรม ก็ต้องไม่มีรถคันใดเข้ามาขึ้นสินค้านอกเหนือจากช่วงเวลาที่กำหนด การตรวจสอบในขั้นตอนนี้จะทำการตรวจสอบในขณะที่ทำการพัฒนาโปรแกรม โดยจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

1. การตรวจสอบค่าของข้อมูล

เป็นการตรวจสอบว่าพารามิเตอร์ที่ได้มีการกำหนดค่า หรือช่วงของค่าเอาไว้ในโปรแกรม หลังจากทำการรันโปรแกรมแล้วค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวมีค่าเป็นไปตามที่กำหนดไว้หรือไม่ การตรวจสอบค่าของข้อมูลแสดงในตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-2 แสดงการตรวจสอบค่าของข้อมูลในกระบวนการต่าง ๆ

กระบวนการ	ข้อมูล	วิธีตรวจสอบ
การคำนวณปริมาณงาน	จำนวนรถแต่ละขนาด	ตรวจสอบไม่ให้มีการบรรทุกสินค้าเกินความจุ
การจัดลำดับงาน	กรอบเวลาทำการของสาขา, เวลาทำงานของคลังสินค้าโรงงาน, ช่วงเวลาห้ามรถบรรทุกเข้าในเขตกรุงเทพฯ	ตรวจสอบไม่ให้เกินช่วงเวลาที่กำหนด
	จำนวนเที่ยววิ่งที่รถแต่ละคันได้รับ	ตรวจสอบไม่ให้เกิน 6 เที่ยว/วัน
การมอบหมายงานให้พนักงานขับรถ	จำนวนพนักงานขับรถที่มาทำงาน	ตรวจสอบให้เป็นไปตามแผนปฏิบัติงานของพนักงาน
	งานที่ต้องใช้พนักงานขับรถ 2 คน	ตรวจสอบว่ามีพนักงานครบ 2 คนหรือไม่ และพนักงานทั้ง 2 คนต้องประจำรถคันเดียวกัน

2. การตรวจสอบประเภทของข้อมูล

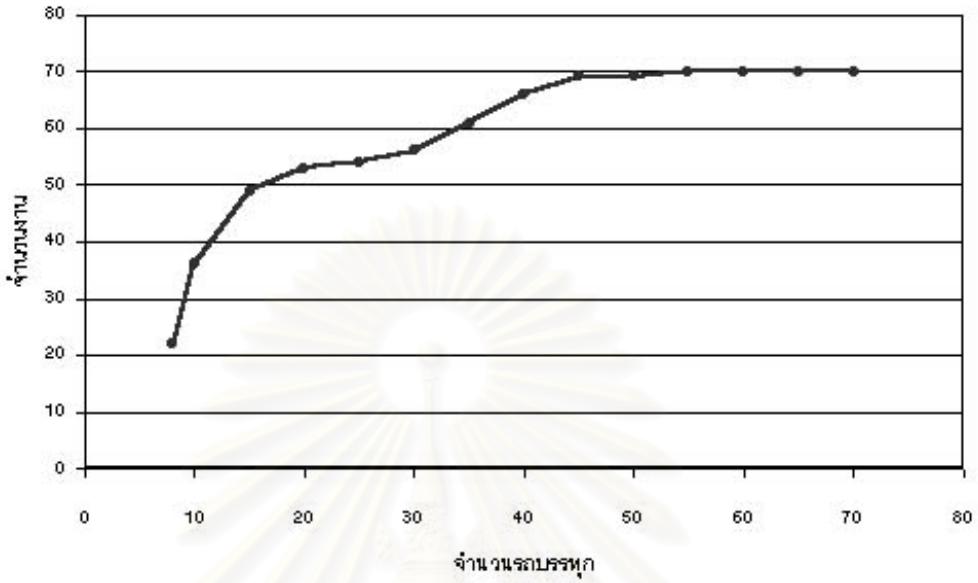
เนื่องจากข้อมูลมีอยู่หลายประเภท และข้อมูลแต่ละประเภทก็จะมีวิธีการใช้และขอบเขตที่แตกต่างกัน ในการเขียนโปรแกรมจะต้องมีการประกาศว่าตัวแปรที่จะใช้เป็นตัวแปรประเภทใดก่อนที่จะทำการอ้างถึงตัวแปรนั้น ๆ ก่อนเสมอ ดังนั้นหากมีการอ้างถึงข้อมูลผิดประเภท โปรแกรมก็จะมีการแจ้งเตือน จึงสามารถแก้ไขข้อผิดพลาดในส่วนนี้ได้ในขณะพัฒนาโปรแกรม

3. การตรวจสอบความสัมพันธ์ของข้อมูล

เป็นการตรวจสอบว่าข้อมูลแต่ละตัวมีความสมเหตุสมผลหรือไม่ การตรวจสอบสามารถทำได้โดยการทดลองเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรที่ต้องการทดสอบในขณะที่ตัวแปรอื่น ๆ คงที่ และพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร

ในการศึกษาครั้งนี้มีตัวแปรที่มีผลต่อการจัดตารางเวลาเดินรถได้แก่ จำนวนรถบรรทุก, เวลาในการขึ้น – ลงสินค้าที่โรงงานและที่สาขา, เวลาเดินทาง และกรอบเวลาต่าง ๆ แต่ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการตรวจสอบตัวแปร 2 ตัวคือ จำนวนรถบรรทุก และเวลาในการขึ้น – ลงสินค้า โดยจะใช้จำนวนเที่ยววิ่งรวมที่สามารถจัดส่งได้เป็นดัชนีวัดคุณภาพ

- การตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรถบรรทุกกับจำนวนงานที่สามารถจัดส่งได้ จะทำการตรวจสอบความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้ง 2 ตัว โดยการกำหนดให้ตัวแปรอื่น ๆ เช่น เวลาในการขึ้น – ลงสินค้าที่โรงงานและที่สาขา, กรอบเวลาต่าง ๆ และกำหนดให้รถที่ใช้ในการตรวจสอบเป็นรถที่มีขนาดและประเภทเหมือนกัน ใช้ข้อมูลจำนวนงาน ทั้งหมด 89 งาน และทำการเปลี่ยนแปลงจำนวนรถบรรทุกไปเรื่อย ๆ พบว่า เมื่อเพิ่มจำนวนรถบรรทุกมากขึ้นก็จะทำให้ได้จำนวนงานที่เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ แต่เมื่อทำการเพิ่มจำนวนรถจนถึงค่าหนึ่งจำนวนงานที่ทำได้จะไม่เพิ่มมากขึ้นอีกต่อไป เป็นผลเนื่องมาจากข้อจำกัดตัวอื่น เช่น เวลาในการขึ้น – ลงสินค้า, ช่วงเวลาทำการของสาขา เป็นต้น ที่สามารถจัดส่งได้เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5-1



รูปที่ 5-1 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรถบรรทุกกับจำนวนงาน

- การตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการขึ้น – ลงสินค้ากับเวลาสูญเสียในการจัดส่ง จะทำการตรวจสอบความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้ง 2 ตัวโดยการกำหนดให้ตัวแปรอื่น ๆ เช่น จำนวน ประเภท และ ขนาดของรถบรรทุก, กรอบเวลาต่าง ๆ ใช้ข้อมูลจำนวนงานทั้งหมด 89 งาน และทำการเปลี่ยนแปลงเวลาในการขึ้น – ลงสินค้าไปเรื่อย ๆ โดยจะทำการแยกพิจารณาออกเป็น 3 รูปแบบคือ

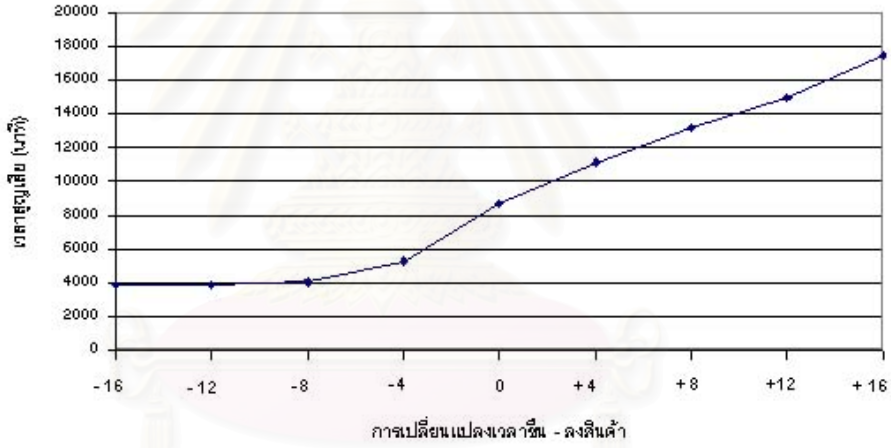
  1) การเปลี่ยนแปลงเฉพาะเวลาในการขึ้น – ลงสินค้าที่โรงงานเท่านั้น ส่วนเวลาในการขึ้น – ลงสินค้าที่สาขาใช้เป็นค่าคงที่

  2) การเปลี่ยนแปลงเฉพาะเวลาในการขึ้น – ลงสินค้าที่สาขาเท่านั้น ส่วนเวลาในการขึ้น – ลงสินค้าที่โรงงานใช้เป็นค่าคงที่

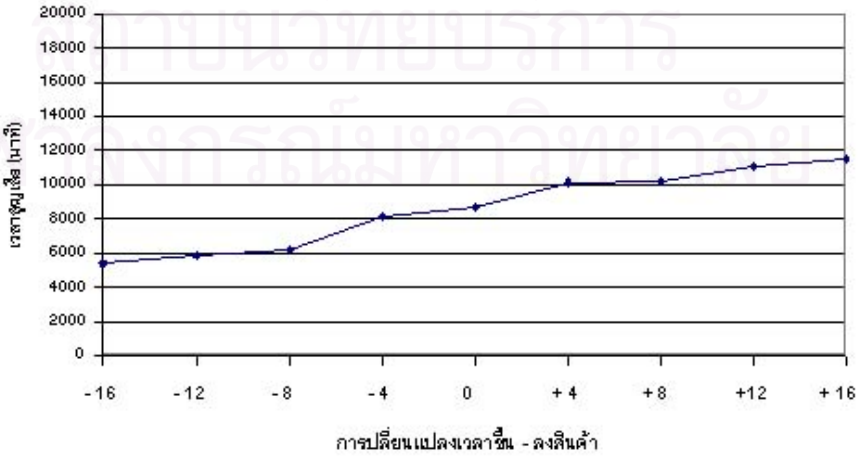
  3) เปลี่ยนแปลงเวลาในการขึ้น – ลงสินค้าทั้ง 2 จุดไปพร้อม ๆ กัน

  ดังแสดงในรูปที่ 5-2, 5-3 และ 5-4 ตามลำดับ

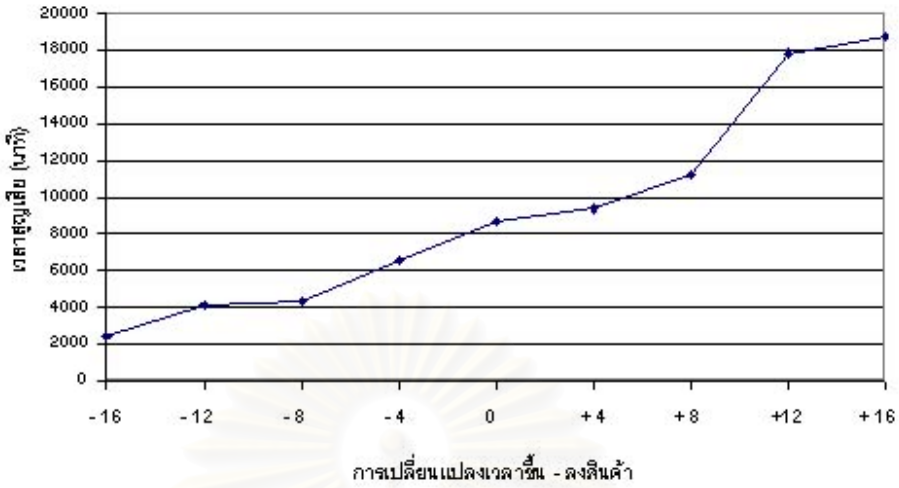
พบว่า เมื่อเวลาในการขึ้น – ลงสินค้าเพิ่มมากขึ้นก็จะทำให้เกิดเวลาสูญเสียมากขึ้นตามไปด้วยเนื่องจากรถบรรทุกแต่ละคันต้องใช้เวลาในการขึ้น – ลงสินค้านานขึ้น ทำให้รถคันหลังต้องใช้เวลาในการรอคอยนานกว่าเดิม แต่เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงเวลาในการ ขึ้น – ลงสินค้าที่โรงงานกับการเปลี่ยนแปลงเวลาในการขึ้น – ลงสินค้าที่สาขา จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงเวลาในการขึ้น – ลงสินค้าที่โรงงานส่งผลให้เกิดเวลาสูญเสียมากกว่าการเปลี่ยนแปลงที่สาขา เนื่องจากจำนวนรถบรรทุกที่รอขึ้นสินค้าที่โรงงานมีมากกว่าจำนวนรถบรรทุกที่สาขา ดังนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเวลาในการขึ้น – ลงสินค้าที่โรงงานจึงทำให้เกิดเวลาสูญเสียรวมมากกว่าการเปลี่ยนแปลงเวลาในการขึ้น – ลงสินค้าที่สาขา



รูปที่ 5-2 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการขึ้น – ลงสินค้าที่โรงงานกับเวลาสูญเสีย



รูปที่ 5-3 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการขึ้น – ลงสินค้าที่สาขากับเวลาสูญเสีย



รูปที่ 5-4 แสดงแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการขึ้น – ลงสินค้าที่โรงงานและที่สาขากับเวลาสูญเสีย

5. 2. **การตรวจสอบประสิทธิภาพในการทำงานของแบบจำลอง** (Validation)

การตรวจสอบประสิทธิภาพในการทำงานของแบบจำลอง คือ การตรวจสอบว่าผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสามารถนำไปใช้เป็นตัวแทนของระบบจริงได้หรือไม่ วิธีการตรวจสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองที่นิยมคือ การตรวจสอบด้วยวิธีการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากแบบจำลองกับผลที่เกิดขึ้นในระบบจริง ถ้าผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองมีความสอดคล้องใกล้เคียงกับผลลัพธ์จากการทำงานจริงมากเท่าไร ก็เป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการ ใช้งานของแบบจำลองดังนั้นจะทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากแบบจำลอง 2 ส่วนคือ

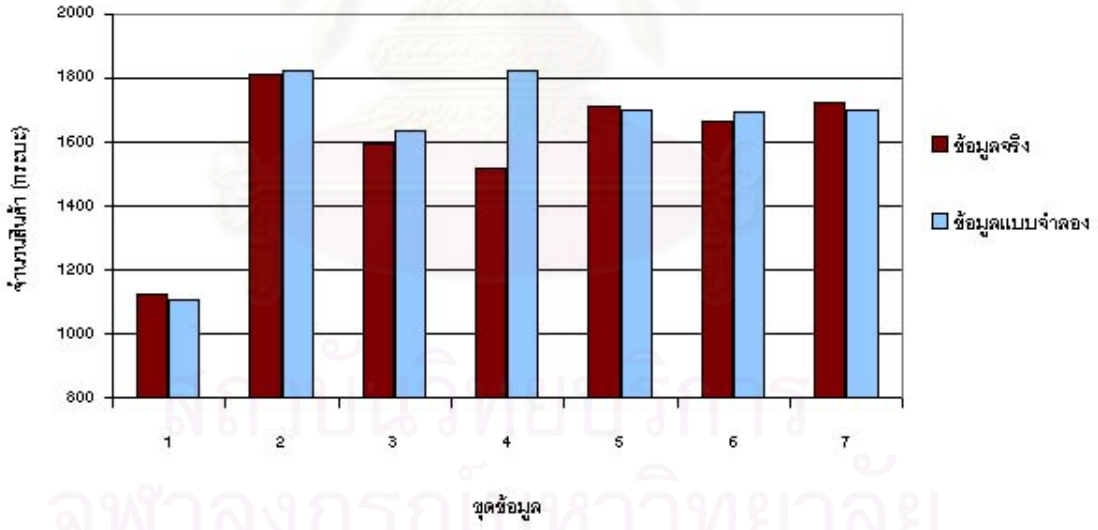
- การเปรียบเทียบผลลัพธ์ในส่วนของการจัดตารางเวลา
- การเปรียบเทียบผลลัพธ์ในส่วนของการมอบหมายงานให้พนักงานขับรถ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2.1 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ในส่วนของการจัดตารางเวลา

ในการทดสอบแบบจำลองดัชนีวัดคุณภาพที่ใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จากแบบจำลองกับข้อมูลจริง คือ จำนวนสินค้าที่สามารถจัดส่งได้รวมทั้งหมด ที่ไม่ใช้จำนวนเที่ยวเป็นดัชนีวัดคุณภาพเนื่องจาก มีการใช้รถหลายขนาด และหลายประเภท อาจทำให้การเปรียบเทียบเห็นความแตกต่างไม่ชัดเจน ในการพิจารณาตารางเวลาแต่ละคำตอบค่าตารางเวลาที่สามารถจัดส่งสินค้าได้มาก ในขณะที่ใช้จำนวนรถเท่ากันย่อมแสดงว่ามีการใช้รถบรรทุกให้เกิดประโยชน์มากกว่าตารางเวลาที่จัดส่งสินค้าได้น้อยกว่า

ข้อมูลที่นำมาใช้ทดสอบ ได้จากการเก็บข้อมูลการปฏิบัติงานจริงของหน่วยงานตัวอย่างตั้งแต่วันที่ 2 – 8 กุมภาพันธ์ 2546 และจะแบ่งการตรวจสอบออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนของการจัดตารางเวลาและส่วนของการมอบหมายงานให้กับพนักงานขับรถ ผลการเปรียบเทียบการจัดตารางเวลาด้วยแบบจำลองกับงานที่สามารถจัดส่งได้จริง แสดงในรูปที่ 5-5 และ ตารางที่ 5-3



รูปที่ 5-5 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบจำนวนสินค้าที่จัดส่งได้ระหว่างแบบจำลองและข้อมูลจริง

ตารางที่ 5-3 ผลการเปรียบเทียบจำนวนสินค้าที่สามารถจัดส่งได้จากแบบจำลองกับข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติงานจริง

ชุดข้อมูล	ข้อมูลจำนวนสินค้าจริง (กระบะ)			ข้อมูลจำนวนสินค้าจากแบบจำลอง (กระบะ)		
	รถบริษัท	รถรับจ้าง	รวม	รถบริษัท	รถรับจ้าง	รวม
1	176	952	1128	342	766	1108
2	824	986	1810	1159	665	1824
3	651	946	1597	963	674	1637
4	607	910	1517	1249	572	1821
5	602	1112	1714	1157	542	1699
6	760	906	1666	1117	578	1695
7	678	1046	1724	976	723	1699

จากตารางแสดงให้เห็นว่าจำนวนสินค้าที่สามารถจัดส่งได้ทั้งหมดจากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลจากการปฏิบัติงานจริง เนื่องจากถ้ามีสินค้าเหลือที่สาขาน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของขนาดรถที่จะใช้ในการจัดส่ง แบบจำลองจะพิจารณาให้สินค้าจำนวนดังกล่าวเป็นสินค้าค้างส่ง แต่ในการปฏิบัติงานจริงพนักงานสามารถเพิ่มจำนวนสินค้าตัวอื่นเพื่อให้มีสินค้าเต็มคันรถและสามารถจัดส่งได้ อย่างไรก็ตามถ้าพิจารณาร่วมกับจำนวนสินค้าที่สามารถจัดส่งได้ด้วยรถบริษัทจากแบบจำลองและข้อมูลจริงจะพบว่า แบบจำลองมีสัดส่วนจำนวนสินค้าที่จัดส่งด้วยรถบริษัทมากกว่าจำนวนสินค้าที่จัดโดยรถรับจ้าง แสดงว่าแบบจำลองมีแนวโน้มที่จะจัดตารางเดินรถจัดส่งสินค้าที่มีการใช้รถบรรทุกให้เกิดประโยชน์มากกว่าการจัดด้วยพนักงาน

5.2.2 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ในส่วนของการมอบหมายงานให้พนักงานขับรถ

การเปรียบเทียบในส่วนผลของการมอบหมายงานให้กับพนักงานขับรถ จากแบบจำลองกับข้อมูลจากการปฏิบัติงานจริง จะทำการเปรียบเทียบงานมอบหมายให้กับพนักงานขับรถในแต่ละประเภทและแต่ละขนาด ซึ่งสามารถแยกได้เป็น 7 ประเภท ได้แก่

1) พนักงานที่ประจำรถขนาด 16 กระบะ
2) พนักงานที่ประจำรถขนาด 20 กระบะ
3) พนักงานที่ประจำรถขนาด 18 กระบะ แบบขับ 1 คน/คัน
4) พนักงานที่ประจำรถขนาด 18 กระบะ แบบขับ 2 คน/คัน กะเช้า
5) พนักงานที่ประจำรถขนาด 18 กระบะ แบบขับ 2 คน/คัน กะบ่าย
6) พนักงานที่ประจำรถขนาด 24 กระบะ แบบขับ 2 คน/คัน กะเช้า
7) พนักงานที่ประจำรถขนาด 24 กระบะ แบบขับ 2 คน/คัน กะบ่าย

ซึ่งในแบบจำลองการมอบหมายงานให้กับพนักงาน จะพิจารณามอบหมายงานให้พนักงานขับรถตามประเภทของคนขับ เพื่อให้ในแต่ละประเภทได้รับงานที่เท่า ๆ กัน โดยจะทำการตรวจสอบผลลัทธ์ที่ได้จากแบบจำลองกับผลจากปฏิบัติงานจริง ด้วยการตรวจสอบจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของพนักงานแต่ละประเภท ดังแสดงในตารางที่ 5-4 และรูปที่ 5-7 แสดงการเปรียบเทียบงานที่พนักงานขับรถ

จากผลการเปรียบเทียบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาทำงานของพนักงานขับรถพบว่า ประสิทธิภาพในส่วนของการมอบหมายงานของแบบจำลองยังด้อยกว่าการปฏิบัติงานจริงอยู่ เนื่องจาก

- ในการมอบหมายงานในแบบจำลองนั้นจะทำการพิจารณามอบหมายงานพนักงานขับรถทีละประเภทแยกออกจากกันอย่างสิ้นเชิง ทำให้มีพนักงานขับรถบางคนว่างงาน ในขณะที่มีงานที่ยังไม่มีพนักงานรับผิดชอบ เช่น มีพนักงานขับรถขนาด 18 กระบะไม่ได้รับการมอบหมายงานเนื่องจากรถคันที่ขับประจำเกิดเสีย และในขณะเดียวกันก็มีงานของรถประเภท 24 กระบะว่างอยู่ยังไม่มีพนักงานรับผิดชอบ เนื่องจากมีพนักงานกลุ่มที่ขับรถขนาด 24 กระบะที่ขับประจำหยุด ในกรณีนี้ถ้าเป็นการจัดโดยพนักงานก็สามารถจัดพนักงานขับรถคนดังกล่าวให้ขับรถขนาดอื่นคันที่ว่างอยู่ได้

- ไม่มีการปรับข้อมูลตามเวลาทำงานจริง ทำให้การมอบหมายงานของแบบจำลองไม่ถูกต้องเท่าที่ควร

ตารางที่ 5-4 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองและผลที่ได้จากการปฏิบัติงานจริง ตามประเภทของพนักงานขับรถ

ประเภทพนักงานขับรถ	จำนวน พขร	ข้อมูลจริง	ข้อมูลจากแบบจำลอง
รถขนาด 16	4	9.296	14.388
รถขนาด 18 ขับ 1คน/คัน	10	15.089	14.893
รถขนาด 20	2	14.919	4.037
รถขนาด 18 ขับ 2 คน กะเช้า	12	13.341	36.829
รถขนาด 18 ขับ 2 คน กะบ่าย	12	12.055	36.868
รถขนาด 24 ขับ 2 คนกะเช้า	5	15.817	45.561
รถขนาด 24 ขับ 2 คน กะบ่าย	5	23.751	22.321

5.3 การตรวจสอบความเชื่อมั่นในการใช้งานจริง

คือการตรวจสอบความถูกต้องในการที่จะสามารถนำโปรแกรมการจัดตารางเวลาเดินรถจัดส่งไปใช้ในการปฏิบัติงานจริง โดยใช้วิธีสำรวจความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในด้านปฏิบัติการด้านการจัดตารางเวลาเดินรถจัดส่ง ซึ่งเลือกจากเจ้าหน้าที่ที่ทำงานในตำแหน่งต่าง ๆ ที่ทำงานในหน่วยงานตัวอย่างนั้นเอง รวมทั้งหมด 3 ท่าน

การแสดงความเชื่อมั่นใช้วิธีออกแบบสอบถามให้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้คะแนน ตั้งแต่ 0 ถึง 5 ถ้าคะแนนเท่ากับ 5 แสดงว่าผู้เชี่ยวชาญมีความเชื่อมั่นและเห็นว่าโปรแกรมสามารถนำไปใช้ได้จริงในประเด็นต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 5-5

ตารางที่ 5-5 แสดงผลการให้คะแนนเฉลี่ยในประเด็นต่าง ๆ ของโปรแกรม

ประเด็นความเชื่อมั่น	ระดับคะแนนเฉลี่ย
ความเหมาะสมของส่วนการจัดสินค้าขึ้นรถ	5
ความเหมาะสมของส่วนการจัดตารางเวลาเดินรถ	4.25
ความเหมาะสมของส่วนการจัดเที่ยววิ่งควบ	3.75
ความเหมาะสมของส่วนการมอบหมายงานให้พนักงานขับรถ	4.5
ความเหมาะสมของส่วนการนำไปใช้งานจริง	4.5

จากผลคะแนนเฉลี่ยจะเห็นได้ว่าในส่วนของความเหมาะสมในการจัดเที่ยววิ่งควบนั้น เจ้าหน้าที่ให้คะแนนความเหมาะสมค่อนข้างจะน้อยกว่าในส่วนอื่น ๆ เนื่องจากในปัจจุบันจำนวนเที่ยววิ่งที่จัดให้แต่ละสาขาก็เพียงพอที่จะสามารถขนขวดเปล่ากลับมาทำการผลิตได้ครบ ยกเว้นในช่วงที่มีปริมาณการขายสูงเที่ยววิ่งที่ไปส่งอาจจะไม่เพียงพอต้องปริมาณขวดเปล่าที่จะนำมาใช้ในการผลิต ทำให้บางครั้งต้องมีการวิ่งรถเปล่าเพื่อทำการขนขวดเปล่า หรือเนื่องจากเจ้าหน้าที่มองว่าการวิ่งควบเพื่อไปรับขวดเปล่าในเที่ยวกลับอาจทำให้เหลือเวลาที่จะวิ่งส่งสินค้าในเที่ยวต่อไปไม่ทัน ส่วนระดับคะแนนเฉลี่ยในประเด็นความเชื่อมั่นอื่น ๆ แสดงให้เห็นว่าเจ้าหน้าที่มีความเชื่อมั่นว่าโปรแกรมสามารถที่จะนำไปใช้งานได้จริง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 บทสรุป

การศึกษาครั้งนี้ได้พัฒนาแบบจำลองการจัดตารางเวลาเดินรถจัดส่งเครื่องดื่มน้ำอัดลมของหน่วยงานตัวอย่าง คือ ฝ่ายจัดส่งโรงงานปทุมธานี บริษัท ไทยน้ำทิพย์ จำกัด ซึ่งเป็นหน่วยงานที่ทำหน้าที่จัดส่งสินค้าจากโรงงานไปยังสาขาต่าง ๆ ด้วยรถบรรทุก โดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาดังนี้

- เพื่อศึกษากระบวนการทำงานในการจัดตารางเวลาเดินรถจัดส่งสินค้าจากโรงงานของบริษัทไทยน้ำทิพย์ จำกัด
- เพื่อเสนอแนวทางในการปรับปรุงการทำงาน
- เพื่อพัฒนาวิธีการและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาการจัด ตารางเวลาเดินรถจัดส่งสินค้าไปยังสาขาให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง

โดยทำการศึกษาเฉพาะในส่วนของการจัดส่งสินค้าระหว่างฐานจ่าย และแบ่งการศึกษาออกเป็น 5 ส่วนดังนี้

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

6.1.1. การศึกษาปัญหาของการวิจัย

หน่วยงานตัวอย่างเป็นหน่วยงานที่ทำหน้าที่จัดส่งสินค้าจากโรงงานให้กับสาขาที่อยู่ในเขตรับผิดชอบ การจัดส่งสินค้าจากโรงงานที่ทำการผลิตไปยัง

สาขาจะต้องขนขวดเปล่าที่สาขากลับมาที่โรงงานเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตต่อไป

รถที่ใช้ในการจัดส่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ รถบริษัท และรถรับจ้าง โดยในส่วนของรถบริษัทก็จะมีพนักงานขับรถประจำรถแต่ละคันและมีการจัดกะการทำงานของพนักงานขับรถเป็น 2 กะคือกะเช้าและบ่าย ในกรณีที่มีพนักงานประจำรถ 2 คนต่อคัน

การดำเนินงานในปัจจุบันไม่สามารถจัดตารางเวลาการเดินรถที่มีประสิทธิภาพและเป็นมาตรฐานได้เท่าที่ควรเนื่องจากเกณฑ์ในการตัดสินใจของพนักงานแต่ละคนไม่เหมือนกัน และข้อจำกัดต่าง ๆ ที่มีความซับซ้อนทำให้ไม่สามารถควบคุมประสิทธิภาพและมาตรฐานของการจัดตารางเวลาเดินรถได้ และส่งผลให้มีการใช้ประโยชน์รถบรรทุกได้ไม่เต็มที่เท่าที่ควร

ขั้นตอนการจัดส่งสินค้าจะทำการจัดส่งสินค้าให้กับแต่ละสาขาตามปริมาณสินค้าที่กำหนดในโปรแกรม Distribution Requirement Planning; DRP ในการจัดลำดับของงานจะพิจารณาจากค่าวันการขาย (Day) ของสินค้าที่สาขา ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ประมาณว่าที่สาขา สินค้าชนิดนี้มีปริมาณเพียงพอต่อการขายอีกกี่วัน โดยพนักงานจัดรถจะเริ่มทำการจัดส่งสินค้าตามขั้นตอนต่อไปนี้

1) ตรวจสอบว่าจะต้องทำการจัดส่งให้กับสาขาใดบ้าง โดยพิจารณาจากปริมาณสินค้าที่ต้องจัดส่งตามโปรแกรม DRP
2) พนักงานจัดรถจะทำการจัดสินค้าของแต่ละสาขาตามจำนวนสินค้า, ขนาดบรรจุภัณฑ์ ชนิด และจำนวนเที่ยวลำเลียง
3) จัดหมายเลขรถ และลำดับเที่ยวของรถแต่ละคัน
4) พนักงานจัดรถจะออกเอกสารลำเลียงเพื่อใช้ในการจัดส่งสินค้า
5) พนักงานขับรถจะมอบเอกสารลำเลียงให้กับ Checker ของฝ่ายคลังสินค้าโรงงานเพื่อทำการ Load สินค้าขึ้นรถ
6) พนักงานขับรถทำการจัดส่งสินค้าให้กับสาขา

7) Checker ของคลังสินค้าสาขาจะทำการตรวจสอบสินค้าและ Unload สินค้าลงจากรถ ออกเอกสารลำเลียงขวดและ Load ขวดเปล่าขึ้นรถเพื่อขนกลับมาที่โรงงาน
8) เมื่อรถกลับถึงโรงงานแล้วก็จะนำใบลำเลียงขวดไปให้กับ Checker ของฝ่ายคลังสินค้าโรงงานเพื่อตรวจสอบขวดเปล่าและทำการ Unload ขวดเปล่าลงจากรถ
9) พนักงานขับรถเข้ามาที่ฝ่ายจัดส่งสินค้าโรงงานเพื่อรับใบลำเลียงเที่ยวต่อไป (ถ้ามี)

6.1.2. ทำการทบทวนทฤษฎีและผลงานที่เกี่ยวข้อง

การจัดตารางเวลาเดินรถเป็นการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดและดำเนินการในช่วงเวลาที่จำกัดให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด แต่เนื่องจากปัญหาการจัดตารางเวลาเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนและมีข้อจำกัดต่าง ๆ มากมายการหาคำตอบด้วยวิธีการสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristics) จึงน่าจะเป็นวิธีการที่มีความเหมาะสมกว่าวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด

การวิจัยครั้งนี้เลือกใช้การค้นหาคำตอบด้วยวิธีการพันธุกรรม (Genetic Algorithm) เป็นโครงสร้างหลักในการหาคำตอบ เนื่องจากเป็นวิธีที่มีความยืดหยุ่นและสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ดีกับปัญหาการจัดตารางเวลาเดินรถ โดยใช้ร่วมกับวิธีการค้นหาแบบทาบู (Tabu Search) และ เทคนิคการใช้ความรู้ดั้งเดิม (Knowledge-based technique) เพื่อเป็นการป้องกันการวนติดอยู่กับค่าคำตอบที่ดีที่สุดสัมพัทธ์ (Local Optimal) และให้ได้ระบบที่มีความสมบูรณ์สามารถใช้งานได้จริง

6.1.3. สำรวจและรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการจัดตารางเวลาเดินรถ ได้แก่ ข้อมูลเวลาในแต่ละกิจกรรมของงาน และข้อมูลในส่วนอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการจัดตารางเวลาแต่เป็นข้อมูลที่ต้องใช้ในการทำงานเช่น รหัสสาขา รหัสสินค้า แผนการ

ปฏิบัติงานของพนักงานขับรถ เป็นต้น ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากฐานข้อมูลของหน่วยงานโดยตรง จากข้อมูลที่ได้จะนำไปใช้ในการจัดตารางเวลาเดินรถเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่มีอยู่

นอกจากนี้ยังมีข้อมูลบางส่วนที่ได้จากการเก็บข้อมูลโดยการให้พนักงานขับรถกรอกแบบสำรวจ ได้แก่ เวลาในการขึ้น – ลง สินค้าของรถแต่ละขนาด และ เวลาเดินทางซึ่งได้จากการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและระยะทาง ได้เป็นสมการดังนี้

เวลาในการเดินทาง(นาที) = 0.9012 X ระยะทาง (กิโลเมตร) + 26.264

6.1.4. การพัฒนาแบบจำลอง

แบบจำลองการจัดตารางเวลาจัดส่งในการศึกษาจะแบ่งออกเป็น 3 กระบวนการหลัก คือ

1. การคำนวณปริมาณงานเบื้องต้นมีวัตถุประสงค์เพื่อหาปริมาณสินค้าในหน่วยกระบะที่ต้องจัดส่งให้กับแต่ละสาขา เลือกประเภท, ขนาดของรถที่จะทำการจัดส่ง และจัดสินค้าขึ้นรถตามจำนวนรถที่สามารถใช้งานได้จริง โดยมีหลักการพื้นฐานคือพยายามจัดงานให้กับรถบริษัทมากที่สุด เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์รถบริษัทให้ได้มากที่สุด และถ้ามีงานเหลือจึงจัดงานให้กับรถรับจ้าง ปริมาณงานทั้งหมดที่จัดได้จะนำไปใช้ในการจัดลำดับต่อไป

2. การจัดงานให้กับรถบรรทุก มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดการใช้อรรถประโยชน์ของรถบริษัทมากที่สุด และได้นำปัจจัย และข้อจำกัดต่าง ๆ ที่มีผลต่อการจัดตารางเวลาเดินรถจัดส่งร่วมพิจารณาด้วย เพื่อให้แบบจำลองมีความสอดคล้องเหมาะสมกับสภาพความเป็นจริง โดยข้อจำกัดและปัจจัยหลักที่นำมาพิจารณาในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ ข้อจำกัดทางด้านเวลา เช่น ข้อจำกัดเวลาเดินรถในเขต

กรุงเทพมหานคร, ข้อจำกัดเวลาทำการของคลังสินค้าโรงงาน, เวลาทำการของสาขา และปัจจัยทางด้านทรัพยากร เช่น ประเภท ขนาด และ จำนวนของรถบรรทุกที่ใช้จัดส่ง

3. การมอบหมายงานให้กับพนักงานขับรถ มีหลักการพื้นฐานในการพัฒนาแบบจำลองคือการมอบหมายงานให้กับพนักงานขับรถแต่ละกะทำงานให้มีรายได้จากค่าเบี้ยเลี้ยงในแต่ละเดือน มีค่าเท่า ๆ กัน เพื่อเป็นการสร้างความยุติธรรมในการรับรายได้ของพนักงานขับรถแต่ละคน

6.1.5. ตรวจสอบและวิเคราะห์ผล

เป็นการตรวจสอบว่าแบบจำลองที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นนั้นมีความน่าเชื่อถือและประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานในสภาพความเป็นจริงมากน้อยเพียงไร การทดสอบแบบจำลองแบ่งได้เป็น 2 ระดับ คือ การตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของแบบจำลอง (Verification) และการตรวจสอบประสิทธิภาพในการทำงานของแบบจำลอง (Validation)

เนื้อหาในบทนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. การตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของแบบจำลอง (Verification)

เป็นการตรวจสอบความผิดพลาดและแก้ไขโปรแกรมในขณะที่กำลังพัฒนา (Tracing and debugging) โดยพิจารณาจากสภาพปัญหา ตรรกะ สูตรที่ใช้ในการคำนวณ ความสัมพันธ์ของตัวแปร และโครงสร้างของภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม เพื่อให้โปรแกรมสามารถทำงานได้ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในโครงสร้างของแบบจำลอง

ทำการตรวจสอบโดยการทดสอบค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรจำนวนรถบรรทุกกับจำนวนสินค้าที่จัดส่งได้ และทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรเวลาในการขึ้น – ลง สินค้ากับตัวแปรเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้น

2. การตรวจสอบประสิทธิภาพในการทำงานของแบบจำลอง (Validation)

การตรวจสอบประสิทธิภาพในการทำงานของแบบจำลองคือการตรวจสอบว่าผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสามารถนำไปใช้เป็นตัวแทนของระบบจริงได้หรือไม่ วิธีการตรวจสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองที่นิยมคือ การตรวจสอบด้วยวิธีการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากแบบจำลองกับผลที่เกิดขึ้นในระบบจริง ถ้าผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองมีความสอดคล้องใกล้เคียงกับผลลัพธ์จากการทำงานจริงมากเท่าไร ก็เป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการ ใช้งานของแบบจำลอง ดังนั้นจะทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากแบบจำลอง 2 ส่วนคือ

- การเปรียบเทียบผลลัพธ์ในส่วนของการจัดตารางเวลา

จากผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าจำนวนสินค้าที่จัดส่งได้จากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลจากการปฏิบัติงานจริง และถ้าพิจารณาร่วมกับจำนวนสินค้าที่สามารถจัดส่งได้ด้วยรถบริษัทก็สามารถกล่าวได้ว่าแบบจำลองมีแนวโน้มที่จะจัดตารางเวลาเดินรถที่มีการใช้รถบรรทุกของบริษัท ให้เกิดประโยชน์มากกว่าการจัดด้วยพนักงาน

- การเปรียบเทียบผลลัพธ์ในส่วนของการมอบหมายงานให้พนักงานขับรถ จากผลการเปรียบเทียบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาทำงานของพนักงานขับรถพบว่าประสิทธิภาพในส่วนของการมอบหมายงานของแบบจำลองยังด้อยกว่าการปฏิบัติงานจริงอยู่ในบางกรณี

3. การตรวจสอบความเชื่อมั่นในการใช้งานจริง

คือการตรวจสอบความถูกต้องในการที่จะสามารถนำโปรแกรมการจัดตารางเวลาเดินรถจัดส่งไปใช้ในการปฏิบัติงานจริง โดยใช้วิธีแสดงความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในด้านปฏิบัติการด้านการจัดตารางเวลาเดินรถจัดส่ง และจากผลคะแนนเฉลี่ยจะเห็นได้ว่าเจ้าหน้าที่มีความเชื่อมั่นในการที่จะนำโปรแกรมนี้ไปใช้ปฏิบัติงานจริง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการจัดตารางเวลาเดินรถที่จะดำเนินการในอนาคตควรจะพิจารณาดำเนินการตามแนวทางดังต่อไปนี้

- การพัฒนาแบบจำลองควรมีการคำนึงถึงเหตุการณ์ที่อาจจะมีผลต่อการจัดส่งสินค้า เช่น การเกิดอุบัติเหตุ หรือรถเสียระหว่างการเดินทาง

- การพัฒนาระบบการมอบหมายงานให้กับพนักงานขับรถควรมีการ Update เวลาทำงานจริงที่พนักงานแต่ละคนได้รับเพื่อให้สามารถจัดมอบหมายงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

- แบบจำลองควรมีการนำไปใช้ในทางปฏิบัติจริง เพื่อให้สามารถเห็นปัญหาที่เกิดขึ้นและทำการพัฒนาแบบจำลองต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กฤษไกร มนิมนากร. การจัดเส้นทางรถขนส่งน้ำมัน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

กิตติ ภัคดีวัฒนะกุล และ จำลอง ครูอุตสาหะ. Visual basic 6 ฉบับฐานข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ไทยเจริญการพิมพ์, 2544.

กิตติ ภัคดีวัฒนะกุล และ จำลอง ครูอุตสาหะ. Visual basic 6 ฉบับโปรแกรมเมอร์. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ : ไทยเจริญการพิมพ์, 2544.

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

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

นภิสพร คืนตัก. การจัดตารางการผลิตในโรงงานโดยวิธีการจำลองแบบปัญหา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534.

บุญจิรา ภู่เงิน. การออกแบบและพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการจัดตารางสอนตารางสอบ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

ประสิทธิ์ สวราชย์. การใช้ฮิวริสติกส์แบบทาบูเพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับเทคโนโลยีกลุ่มที่มีทางเลือกแผนกระบวนการผลิตหลายแบบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

วสันต์ ฐิติภูมิเดชา. การจัดลำดับการผลิตสำหรับการผลิตพีวีซีคอมพาวด์เกรดสายเคเบิ้ล . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

สุธน นิตยาธารีกุล. การจัดตารางเวลาการเดินรถจัดส่งน้ำมัน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

สุธี ศรีเพ็ชรดานนท์. แบบจำลองการจัดเส้นทางเดินรถสำหรับการขนส่งสินค้า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.

อรวรรณ ตันศิริเจริญกุล. การใช้วิธีฮิวริสติกแก้ปัญหาเส้นทางเดินรถในการเก็บขนขยะมูลฝอยในพื้นที่บางเขน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534.

ภาษาอังกฤษ

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

Bodin, D. Lawrence. Twenty years of routing and scheduling. Operations Research Vol 38, 1990 : 571-579.

Bodin,D.L.,etal. Routing and scheduling of vehicles and crews. Computer&Operation Research vol 10 No.2, 1983 : 63-211.

Chetbundhit, J. Routing and Scheduling Problems : A Case Study of Gasoline Distribution in Greater Bangkok. Master degree. Faculty of Engineering. Asian Institue of Technology, 1990.

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

Cooper, J.C.. The use of straight line distances in solution to the vehicle scheduling problem . Operations Research Vol 34, 1983 : 419-424.

Crainic, T., Laporte G.. Planning model for freight transportation. European Journal of Operation Research Vol.97, 1997 : 409-438.

French, S.. Sequencing and Scheduling : An Introduction to the Mathematics of the Job-Shop. United States of America : John Wiley & Sons, 1982.

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

Hans,G.,John, A.,Donals, C.. Introduction to Operations Research Techniques. Second edition. United States of America : Allyn and Bacon,Inc., , 1983.

Holmes, R.A., Parker, R.G.. A vehicle scheduling procedure based upon savings and a solution perturbation scheme. Operations Research Vol 27, 1976 : 83-92.

Jirakraisri, S.. Computer Scheduling of Gasoline Deliveries from One Depot to A Number of Delivery Points. Master degree. Faculty of Engineering. Asian Institute of Technology, 1992.

Krajewski, L. J., Ritzman, L. P.. Operation Management Strategy and Analysis. United States of America : Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1987.

Krajewski L. J., Ritzman L. P.. Operation Management Strategy and Analysis. Second edition. United States of America : Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1990.

McDONALD J.J.. Vehicle scheduling - A case study. Operations Research Quarterly Vol.23 No.4, 1972 : 433-444.

Michalewicz, Z., Fofel, D. B.. How to Solve It : Modern Heuristics. Germany : Springer, 2000.

Namphacharoen, S.. Delivery Routing and Scheduling Using A GPS - Assisted Heuristic Approach. Master degree. Faculty of Engineering. Asian Institute of Technology, 2000.

Paessens, H.. The savings algorithm for the vehicle routing problem. European Journal of Operations Research Vol.34, 1988 : 336-344.

Paul, S., Vincent, W. The complexity of scheduling in practice. International Journal of Operations & Production Management Vol 16 No 10, 1996 : 37-53.

Pinto, P. A., Khumawala, B. M., Susko, J. A.. Apprication of a heuristic scheduling rule for a tyre testing department. Operations Research Vol.34 No.3, 1983 : 243-248.

Waters, C.D.J.. Vehicle scheduling revisited. Operations Research Vol.35 No.2, 1984 : 145-148.

Yahoo! Inc. Tabu Search : www.geocities.com/srancorbusetti/, 2001.

Yahoo! Inc. Genetic algorithms overview : www.geocities.com/srancorbusetti/, 2001.

ภาคผนวก ก
ตัวอย่างแบบสำรวจและแบบสอบถาม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสำรวจเวลาเดินรถ
พนักงานขับรถลำเลียง (รถบริษัท / รถรับจ้าง)

ฝ่ายจัดส่งโรงงานปทุมธานี

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

ชื่อพนักงานขับรถ ..... หมายเลขรถ ..... เที่ยวที่ .....

ลำเลียงจากสาขาปทุมธานี ถึง สาขาที่ 1 ..... สาขาที่ 2 ..... สาขาที่ 3 .....

โรงงานปทุมธานี				สาขา				โรงงานปทุมธานี
เวลาเข้ามาโรงงาน	เวลาเริ่มขึ้นสินค้า	เวลาเสร็จสิ้นการขึ้นสินค้า	เวลาออกจากโรงงาน	เวลาถึงสาขา	เวลาเริ่มขึ้นสินค้า	เวลาเสร็จสิ้นการขึ้นสินค้า	เวลาออกจากสาขา	เวลากลับถึงโรงงาน

ชื่อพนักงานขับรถ ..... หมายเลขรถ ..... เที่ยวที่ .....

ลำเลียงจากสาขาปทุมธานี ถึง สาขาที่ 1 ..... สาขาที่ 2 ..... สาขาที่ 3 .....

โรงงานปทุมธานี				สาขา				โรงงานปทุมธานี
เวลาเข้ามาโรงงาน	เวลาเริ่มขึ้นสินค้า	เวลาเสร็จสิ้นการขึ้นสินค้า	เวลาออกจากโรงงาน	เวลาถึงสาขา	เวลาเริ่มขึ้นสินค้า	เวลาเสร็จสิ้นการขึ้นสินค้า	เวลาออกจากสาขา	เวลากลับถึงโรงงาน

หมายเหตุ : ส่งคืนฝ่ายจัดส่งโรงงานปทุมธานีในวันถัดไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสอบถามประเมินความเชื่อมั่นที่มีต่อโปรแกรม

วัตถุประสงค์

ใช้เพื่อประเมินความเชื่อมั่นและความคิดเห็นเกี่ยวกับความถูกต้อง ความเหมาะสมของการประมวลผลของโปรแกรม CCVS ในประเด็นที่สำคัญคือ

- ❖ การจัดสินค้าขึ้นรถ
- ❖ การจัดตารางเวลาเดินรถ
- ❖ การจัดเที่ยววิ่งควบ
- ❖ การมอบหมายงานให้พนักงานขับรถ
- ❖ การนำไปใช้งานจริง

ตำแหน่งงาน .....

ประเด็นความเชื่อมั่น	ระดับความเหมาะสม				
	1	2	3	4	5
ความเหมาะสมของส่วนการจัดสินค้าขึ้นรถ					
ความเหมาะสมของส่วนการจัดตารางเวลาเดินรถ					
ความเหมาะสมของส่วนการจัดเที่ยววิ่งควบ					
ความเหมาะสมของส่วนการมอบหมายงานให้พนักงานขับรถ					
ความเหมาะสมของส่วนการนำไปใช้งานจริง					

เหมาะสมน้อยที่สุด → เหมาะสมมากที่สุด

1 2 3 4 5

ภาคผนวก ข
ค่าการประหยัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากสาขา		ถึงสาขา		ค่าการประหยัด
ขอนแก่น	19	ลำปาง	21	442
ขอนแก่น	19	พัทยา	25	15
ขอนแก่น	19	ชลบุรี	26	15
ขอนแก่น	19	ระยอง	31	14
ขอนแก่น	19	ตราด	32	17.5
ขอนแก่น	19	เชียงใหม่	34	441
ขอนแก่น	19	เชียงราย	38	496
ขอนแก่น	19	หล่มสัก	42	553
ขอนแก่น	19	อุดรธานี	46	860.5
ขอนแก่น	19	โคราช	48	490
ขอนแก่น	19	ประจวบฯ	66	3.5
ขอนแก่น	19	สระบุรี	67	169.5
ขอนแก่น	19	ชัยนาท	68	161
ขอนแก่น	19	นครสวรรค์	69	227.5
ขอนแก่น	19	ลพบุรี	72	154.5
ขอนแก่น	19	ลำนารายณ์	73	124.5
ขอนแก่น	19	เพชรบุรี	75	8.5
ขอนแก่น	19	สิงห์บุรี	76	120
ขอนแก่น	19	แม่กลอง	77	10.5
ขอนแก่น	19	ตาก	82	358.5
ขอนแก่น	19	อยุธยา	84	82.5
ขอนแก่น	19	ปากช่อง	85	307.5
ลำปาง	21	ขอนแก่น	19	442
ลำปาง	21	พัทยา	25	30
ลำปาง	21	ชลบุรี	26	30
ลำปาง	21	จันทบุรี	30	14
ลำปาง	21	ระยอง	31	29
ลำปาง	21	ตราด	32	32.5
ลำปาง	21	เชียงใหม่	34	1166
ลำปาง	21	เชียงราย	38	1168
ลำปาง	21	หล่มสัก	42	544
ลำปาง	21	อุดรธานี	46	462.5
ลำปาง	21	โคราช	48	158
ลำปาง	21	ประจวบฯ	66	18.5
ลำปาง	21	สระบุรี	67	141.5
ลำปาง	21	ชัยนาท	68	335
ลำปาง	21	นครสวรรค์	69	442.5
ลำปาง	21	ลพบุรี	72	118.5
ลำปาง	21	ลำนารายณ์	73	88.5
ลำปาง	21	ราชบุรี	74	7
ลำปาง	21	เพชรบุรี	75	23.5
ลำปาง	21	สิงห์บุรี	76	246
ลำปาง	21	แม่กลอง	77	25.5
ลำปาง	21	ตาก	82	806.5
ลำปาง	21	อยุธยา	84	121.5
พัทยา	25	ขอนแก่น	19	15
พัทยา	25	ลำปาง	21	30
พัทยา	25	ชลบุรี	26	250
พัทยา	25	ฉะเชิงเทรา	27	159
พัทยา	25	สระแก้ว	28	118
พัทยา	25	ปราจีนบุรี	29	123
พัทยา	25	จันทบุรี	30	234
พัทยา	25	ระยอง	31	249
พัทยา	25	ตราด	32	252.5
พัทยา	25	เชียงใหม่	34	21
พัทยา	25	เชียงราย	38	67
พัทยา	25	หล่มสัก	42	71
พัทยา	25	อุดรธานี	46	35.5
พัทยา	25	โคราช	48	105
พัทยา	25	นครปฐม	64	51
พัทยา	25	ประจวบฯ	66	76.5

จากสาขา		ถึงสาขา		ค่าการประหยัด
พัทยา	25	สระบุรี	67	15.5
พัทยา	25	ชัยนาท	68	23
พัทยา	25	นครสวรรค์	69	20.5
พัทยา	25	อู่ทอง	70	25
พัทยา	25	กาญจนบุรี	71	48
พัทยา	25	ลพบุรี	72	7.5
พัทยา	25	ราชบุรี	74	65
พัทยา	25	เพชรบุรี	75	81.5
พัทยา	25	สิงห์บุรี	76	23
พัทยา	25	แม่กลอง	77	83.5
พัทยา	25	ตาก	82	346.5
พัทยา	25	อยุธยา	84	35.5
พัทยา	25	ปากช่อง	85	122.5
ชลบุรี	26	ขอนแก่น	19	15
ชลบุรี	26	ลำปาง	21	30
ชลบุรี	26	พัทยา	25	250
ชลบุรี	26	ฉะเชิงเทรา	27	159
ชลบุรี	26	สระแก้ว	28	118
ชลบุรี	26	ปราจีนบุรี	29	123
ชลบุรี	26	จันทบุรี	30	234
ชลบุรี	26	ระยอง	31	249
ชลบุรี	26	ตราด	32	252.5
ชลบุรี	26	เชียงใหม่	34	21
ชลบุรี	26	เชียงราย	38	67
ชลบุรี	26	หล่มสัก	42	71
ชลบุรี	26	อุดรธานี	46	35.5
ชลบุรี	26	โคราช	48	105
ชลบุรี	26	นครปฐม	64	51
ชลบุรี	26	ประจวบฯ	66	76.5
ชลบุรี	26	สระบุรี	67	15.5
ชลบุรี	26	ชัยนาท	68	23
ชลบุรี	26	นครสวรรค์	69	20.5
ชลบุรี	26	อู่ทอง	70	25
ชลบุรี	26	กาญจนบุรี	71	48
ชลบุรี	26	ลพบุรี	72	7.5
ชลบุรี	26	ราชบุรี	74	65
ชลบุรี	26	เพชรบุรี	75	81.5
ชลบุรี	26	สิงห์บุรี	76	23
ชลบุรี	26	แม่กลอง	77	83.5
ชลบุรี	26	ตาก	82	13.5
ชลบุรี	26	อยุธยา	84	35.5
ฉะเชิงเทรา	27	พัทยา	25	159
ฉะเชิงเทรา	27	ชลบุรี	26	159
ฉะเชิงเทรา	27	สระแก้ว	28	42
ฉะเชิงเทรา	27	ปราจีนบุรี	29	118
ฉะเชิงเทรา	27	จันทบุรี	30	122
ฉะเชิงเทรา	27	ระยอง	31	159
ฉะเชิงเทรา	27	ตราด	32	119.5
ฉะเชิงเทรา	27	เชียงราย	38	18
ฉะเชิงเทรา	27	หล่มสัก	42	22
ฉะเชิงเทรา	27	โคราช	48	100
ฉะเชิงเทรา	27	นครปฐม	64	2
ฉะเชิงเทรา	27	ประจวบฯ	66	27.5
ฉะเชิงเทรา	27	ราชบุรี	74	16
ฉะเชิงเทรา	27	เพชรบุรี	75	32.5
ฉะเชิงเทรา	27	แม่กลอง	77	34.5
สระแก้ว	28	พัทยา	25	118
สระแก้ว	28	ชลบุรี	26	118
สระแก้ว	28	ฉะเชิงเทรา	27	42
สระแก้ว	28	ปราจีนบุรี	29	229
สระแก้ว	28	จันทบุรี	30	225

จากสาขา		ถึงสาขา		ค่าการประหยัด
สระแก้ว	28	ระยอง	31	174
สระแก้ว	28	ตราด	32	353.5
สระแก้ว	28	โคราช	48	296
สระแก้ว	28	ประจวบฯ	66	5.5
สระแก้ว	28	สระบุรี	67	117.5
สระแก้ว	28	อู่ทอง	70	4
สระแก้ว	28	เพชรบุรี	75	10.5
สระแก้ว	28	แม่กลอง	77	12.5
สระแก้ว	28	ปากช่อง	85	113.5
ปราจีนบุรี	29	พัทยา	25	123
ปราจีนบุรี	29	ชลบุรี	26	123
ปราจีนบุรี	29	ฉะเชิงเทรา	27	118
ปราจีนบุรี	29	สระแก้ว	28	229
ปราจีนบุรี	29	จันทบุรี	30	204
ปราจีนบุรี	29	ระยอง	31	153
ปราจีนบุรี	29	ตราด	32	233.5
ปราจีนบุรี	29	เชียงราย	38	4
ปราจีนบุรี	29	หล่มสัก	42	8
ปราจีนบุรี	29	โคราช	48	183
ปราจีนบุรี	29	ประจวบฯ	66	13.5
ปราจีนบุรี	29	สระบุรี	67	122.5
ปราจีนบุรี	29	อู่ทอง	70	9
ปราจีนบุรี	29	ราชบุรี	74	2
ปราจีนบุรี	29	เพชรบุรี	75	18.5
ปราจีนบุรี	29	แม่กลอง	77	20.5
ปราจีนบุรี	29	ปากช่อง	85	0.5
จันทบุรี	30	ลำปาง	21	14
จันทบุรี	30	พัทยา	25	234
จันทบุรี	30	ชลบุรี	26	234
จันทบุรี	30	ฉะเชิงเทรา	27	122
จันทบุรี	30	สระแก้ว	28	225
จันทบุรี	30	ปราจีนบุรี	29	204
จันทบุรี	30	ระยอง	31	385
จันทบุรี	30	ตราด	32	564.5
จันทบุรี	30	เชียงใหม่	34	5
จันทบุรี	30	เชียงราย	38	51
จันทบุรี	30	หล่มสัก	42	55
จันทบุรี	30	อุดรธานี	46	19.5
จันทบุรี	30	โคราช	48	188
จันทบุรี	30	นครปฐม	64	35
จันทบุรี	30	ประจวบฯ	66	60.5
จันทบุรี	30	สระบุรี	67	92.5
จันทบุรี	30	ชัยนาท	68	7
จันทบุรี	30	นครสวรรค์	69	4.5
จันทบุรี	30	อู่ทอง	70	10
จันทบุรี	30	กาญจนบุรี	71	32
จันทบุรี	30	ราชบุรี	74	49
จันทบุรี	30	เพชรบุรี	75	65.5
จันทบุรี	30	สิงห์บุรี	76	7
จันทบุรี	30	แม่กลอง	77	67.5
จันทบุรี	30	อยุธยา	84	19.5
จันทบุรี	30	ปากช่อง	85	5.5
ระยอง	31	ขอนแก่น	19	14
ระยอง	31	ลำปาง	21	29
ระยอง	31	พัทยา	25	249
ระยอง	31	ชลบุรี	26	249
ระยอง	31	ฉะเชิงเทรา	27	159
ระยอง	31	สระแก้ว	28	174
ระยอง	31	ปราจีนบุรี	29	153

จากสาขา		ถึงสาขา		ค่าการประหยัด
ระยอง	31	ตราด	32	404.5
ระยอง	31	เชียงใหม่	34	20
ระยอง	31	เชียงราย	38	66
ระยอง	31	หล่มสัก	42	70
ระยอง	31	อุดรธานี	46	304.5
ระยอง	31	โคราช	48	137
ระยอง	31	นครปฐม	64	50
ระยอง	31	ประจวบฯ	66	75.5
ระยอง	31	สระบุรี	67	41.5
ระยอง	31	ชัยนาท	68	22
ระยอง	31	นครสวรรค์	69	19.5
ระยอง	31	อู่ทอง	70	25
ระยอง	31	กาญจนบุรี	71	47
ระยอง	31	ลพบุรี	72	12.5
ระยอง	31	ราชบุรี	74	64
ระยอง	31	เพชรบุรี	75	80.5
ระยอง	31	สิงห์บุรี	76	22
ระยอง	31	แม่กลอง	77	82.5
ระยอง	31	คลอง13	81	0
ระยอง	31	ตาก	82	12.5
ระยอง	31	อยุธยา	84	34.5
ตราด	32	ขอนแก่น	19	17.5
ตราด	32	ลำปาง	21	32.5
ตราด	32	พัทยา	25	252.5
ตราด	32	ชลบุรี	26	252.5
ตราด	32	ฉะเชิงเทรา	27	119.5
ตราด	32	สระแก้ว	28	353.5
ตราด	32	ปราจีนบุรี	29	233.5
ตราด	32	จันทบุรี	30	564.5
ตราด	32	ระยอง	31	404.5
ตราด	32	เชียงใหม่	34	23.5
ตราด	32	เชียงราย	38	69.5
ตราด	32	หล่มสัก	42	73.5
ตราด	32	อุดรธานี	46	38
ตราด	32	โคราช	48	289.5
ตราด	32	นครปฐม	64	53.5
ตราด	32	ประจวบฯ	66	79
ตราด	32	สระบุรี	67	73
ตราด	32	ชัยนาท	68	25.5
ตราด	32	นครสวรรค์	69	23
ตราด	32	อู่ทอง	70	28.5
ตราด	32	กาญจนบุรี	71	50.5
ตราด	32	ราชบุรี	74	67.5
ตราด	32	เพชรบุรี	75	84
ตราด	32	สิงห์บุรี	76	25.5
ตราด	32	แม่กลอง	77	86
ตราด	32	คลอง13	81	0
ตราด	32	ตาก	82	16
ตราด	32	อยุธยา	84	38
ตราด	32	ปากช่อง	85	107
เชียงใหม่	34	ขอนแก่น	19	441
เชียงใหม่	34	ลำปาง	21	1166
เชียงใหม่	34	พัทยา	25	21
เชียงใหม่	34	ชลบุรี	26	21
เชียงใหม่	34	จันทบุรี	30	5
เชียงใหม่	34	ระยอง	31	20
เชียงใหม่	34	ตราด	32	23.5
เชียงใหม่	34	เชียงราย	38	1299
เชียงใหม่	34	หล่มสัก	42	540

จากสาขา		ถึงสาขา		ค่าการประหยัด
เชียงใหม่	34	โคราช	48	156
เชียงใหม่	34	ประจวบฯ	66	9.5
เชียงใหม่	34	สระบุรี	67	139.5
เชียงใหม่	34	ชัยนาท	68	331
เชียงใหม่	34	นครสวรรค์	69	440.5
เชียงใหม่	34	ลพบุรี	72	216.5
เชียงใหม่	34	ลำนารายณ์	73	186.5
เชียงใหม่	34	เพชรบุรี	75	14.5
เชียงใหม่	34	สิงห์บุรี	76	242
เชียงใหม่	34	แม่กลอง	77	16.5
เชียงใหม่	34	ตาก	82	803.5
เชียงใหม่	34	อยุธยา	84	117.5
เชียงราย	38	ขอนแก่น	19	496
เชียงราย	38	ลำปาง	21	1168
เชียงราย	38	พัทยา	25	67
เชียงราย	38	ชลบุรี	26	67
เชียงราย	38	ฉะเชิงเทรา	27	18
เชียงราย	38	ปราจีนบุรี	29	4
เชียงราย	38	จันทบุรี	30	51
เชียงราย	38	ระยอง	31	66
เชียงราย	38	ตราด	32	69.5
เชียงราย	38	เชียงใหม่	34	1299
เชียงราย	38	หล่มสัก	42	658
เชียงราย	38	อุดรธานี	46	516.5
เชียงราย	38	โคราช	48	198
เชียงราย	38	นครปฐม	64	30
เชียงราย	38	ประจวบฯ	66	55.5
เชียงราย	38	สระบุรี	67	181.5
เชียงราย	38	ชัยนาท	68	375
เชียงราย	38	นครสวรรค์	69	482.5
เชียงราย	38	อู่ทอง	70	3
เชียงราย	38	กาญจนบุรี	71	27
เชียงราย	38	ลพบุรี	72	258.5
เชียงราย	38	ลำนารายณ์	73	228.5
เชียงราย	38	ราชบุรี	74	44
เชียงราย	38	เพชรบุรี	75	60.5
เชียงราย	38	สิงห์บุรี	76	286
เชียงราย	38	แม่กลอง	77	62.5
เชียงราย	38	คลอง13	81	0
เชียงราย	38	ตาก	82	805.5
เชียงราย	38	อยุธยา	84	161.5
เชียงราย	38	ปากช่อง	85	15.5
หล่มสัก	42	ขอนแก่น	19	553
หล่มสัก	42	ลำปาง	21	544
หล่มสัก	42	พัทยา	25	71
หล่มสัก	42	ชลบุรี	26	71
หล่มสัก	42	ฉะเชิงเทรา	27	22
หล่มสัก	42	ปราจีนบุรี	29	8
หล่มสัก	42	จันทบุรี	30	55
หล่มสัก	42	ระยอง	31	70
หล่มสัก	42	ตราด	32	73.5
หล่มสัก	42	เชียงใหม่	34	540
หล่มสัก	42	เชียงราย	38	658
หล่มสัก	42	อุดรธานี	46	586.5
หล่มสัก	42	โคราช	48	323
หล่มสัก	42	นครปฐม	64	34
หล่มสัก	42	ประจวบฯ	66	59.5
หล่มสัก	42	สระบุรี	67	225.5
หล่มสัก	42	ชัยนาท	68	329
หล่มสัก	42	นครสวรรค์	69	405.5

จากสาขา		ถึงสาขา		ค่าการประหยัด
หล่มสัก	42	อู่ทอง	70	7
หล่มสัก	42	กาญจนบุรี	71	31
หล่มสัก	42	ลพบุรี	72	244.5
หล่มสัก	42	ลำนารายณ์	73	214.5
หล่มสัก	42	ราชบุรี	74	48
หล่มสัก	42	เพชรบุรี	75	64.5
หล่มสัก	42	สิงห์บุรี	76	262
หล่มสัก	42	แม่กลอง	77	66.5
หล่มสัก	42	อยุธยา	84	138.5
หล่มสัก	42	ปากช่อง	85	140.5
อุดรธานี	46	ขอนแก่น	19	860.5
อุดรธานี	46	ลำปาง	21	462.5
อุดรธานี	46	พัทยา	25	35.5
อุดรธานี	46	ชลบุรี	26	35.5
อุดรธานี	46	จันทบุรี	30	19.5
อุดรธานี	46	ระยอง	31	304.5
อุดรธานี	46	ตราด	32	38
อุดรธานี	46	เชียงใหม่	34	461.5
อุดรธานี	46	เชียงราย	38	516.5
อุดรธานี	46	หล่มสัก	42	586.5
อุดรธานี	46	โคราช	48	510.5
อุดรธานี	46	ประจวบฯ	66	24
อุดรธานี	46	สระบุรี	67	190
อุดรธานี	46	ชัยนาท	68	180.5
อุดรธานี	46	นครสวรรค์	69	247
อุดรธานี	46	ลพบุรี	72	175
อุดรธานี	46	ลำนารายณ์	73	145
อุดรธานี	46	ราชบุรี	74	12.5
อุดรธานี	46	เพชรบุรี	75	29
อุดรธานี	46	สิงห์บุรี	76	140.5
อุดรธานี	46	แม่กลอง	77	31
อุดรธานี	46	ตาก	82	379
อุดรธานี	46	อยุธยา	84	103
อุดรธานี	46	ปากช่อง	85	328
โคราช	48	ขอนแก่น	19	490
โคราช	48	ลำปาง	21	158
โคราช	48	พัทยา	25	105
โคราช	48	ชลบุรี	26	105
โคราช	48	ฉะเชิงเทรา	27	100
โคราช	48	สระแก้ว	28	296
โคราช	48	ปราจีนบุรี	29	183
โคราช	48	จันทบุรี	30	188
โคราช	48	ระยอง	31	137
โคราช	48	ตราด	32	289.5
โคราช	48	เชียงใหม่	34	156
โคราช	48	เชียงราย	38	198
โคราช	48	หล่มสัก	42	323
โคราช	48	อุดรธานี	46	510.5
โคราช	48	นครปฐม	64	8
โคราช	48	ประจวบฯ	66	33.5
โคราช	48	สระบุรี	67	199.5
โคราช	48	ชัยนาท	68	153
โคราช	48	นครสวรรค์	69	149.5
โคราช	48	อู่ทอง	70	83
โคราช	48	กาญจนบุรี	71	5
โคราช	48	ลพบุรี	72	184.5
โคราช	48	ลำนารายณ์	73	154.5
โคราช	48	ราชบุรี	74	22
โคราช	48	เพชรบุรี	75	38.5
โคราช	48	สิงห์บุรี	76	150

จากสาขา		ถึงสาขา		ค่าการประหยัด
โคราช	48	แม่กลอง	77	40.5
โคราช	48	ตาก	82	142.5
โคราช	48	อยุธยา	84	112.5
โคราช	48	ปากช่อง	85	337.5
นครปฐม	64	พัทยา	25	51
นครปฐม	64	ชลบุรี	26	51
นครปฐม	64	ฉะเชิงเทรา	27	2
นครปฐม	64	จันทบุรี	30	35
นครปฐม	64	ระยอง	31	50
นครปฐม	64	ตราด	32	53.5
นครปฐม	64	เชียงราย	38	30
นครปฐม	64	หล่มสัก	42	34
นครปฐม	64	โคราช	48	8
นครปฐม	64	ประจวบฯ	66	121.5
นครปฐม	64	อู่ทอง	70	38
นครปฐม	64	กาญจนบุรี	71	130
นครปฐม	64	ราชบุรี	74	143
นครปฐม	64	เพชรบุรี	75	125.5
นครปฐม	64	แม่กลอง	77	111.5
ปราณบุรี	65	ประจวบฯ	66	494
ปราณบุรี	65	กาญจนบุรี	71	17.5
ปราณบุรี	65	ราชบุรี	74	90.5
ปราณบุรี	65	เพชรบุรี	75	183
ปราณบุรี	65	แม่กลอง	77	81
ประจวบฯ	66	ขอนแก่น	19	3.5
ประจวบฯ	66	ลำปาง	21	18.5
ประจวบฯ	66	พัทยา	25	76.5
ประจวบฯ	66	ชลบุรี	26	76.5
ประจวบฯ	66	ฉะเชิงเทรา	27	27.5
ประจวบฯ	66	สระแก้ว	28	5.5
ประจวบฯ	66	ปราจีนบุรี	29	13.5
ประจวบฯ	66	จันทบุรี	30	60.5
ประจวบฯ	66	ระยอง	31	75.5
ประจวบฯ	66	ตราด	32	79
ประจวบฯ	66	เชียงใหม่	34	9.5
ประจวบฯ	66	เชียงราย	38	55.5
ประจวบฯ	66	หล่มสัก	42	59.5
ประจวบฯ	66	อุดรธานี	46	24
ประจวบฯ	66	โคราช	48	33.5
ประจวบฯ	66	นครปฐม	64	121.5
ประจวบฯ	66	ปราณบุรี	65	494
ประจวบฯ	66	สระบุรี	67	17
ประจวบฯ	66	ชัยนาท	68	11.5
ประจวบฯ	66	นครสวรรค์	69	9
ประจวบฯ	66	อู่ทอง	70	98.5
ประจวบฯ	66	กาญจนบุรี	71	150.5
ประจวบฯ	66	ลพบุรี	72	2
ประจวบฯ	66	ราชบุรี	74	223.5
ประจวบฯ	66	เพชรบุรี	75	316
ประจวบฯ	66	สิงห์บุรี	76	11.5
ประจวบฯ	66	แม่กลอง	77	214
ประจวบฯ	66	ตาก	82	2
ประจวบฯ	66	อยุธยา	84	24
สระบุรี	67	ขอนแก่น	19	169.5
สระบุรี	67	ลำปาง	21	141.5
สระบุรี	67	พัทยา	25	15.5
สระบุรี	67	ชลบุรี	26	15.5
สระบุรี	67	สระแก้ว	28	117.5
สระบุรี	67	ปราจีนบุรี	29	122.5
สระบุรี	67	จันทบุรี	30	92.5

จากสาขา		ถึงสาขา		ค่าการประหยัด
สระบุรี	67	ระยอง	31	41.5
สระบุรี	67	ตราด	32	73
สระบุรี	67	เชียงใหม่	34	139.5
สระบุรี	67	เชียงราย	38	181.5
สระบุรี	67	หล่มสัก	42	225.5
สระบุรี	67	อุดรธานี	46	190
สระบุรี	67	โคราช	48	199.5
สระบุรี	67	ประจวบฯ	66	17
สระบุรี	67	ชัยนาท	68	136.5
สระบุรี	67	นครสวรรค์	69	133
สระบุรี	67	อู่ทอง	70	69.5
สระบุรี	67	ลพบุรี	72	168
สระบุรี	67	ลำนารายณ์	73	138
สระบุรี	67	ราชบุรี	74	5.5
สระบุรี	67	เพชรบุรี	75	22
สระบุรี	67	สิงห์บุรี	76	133.5
สระบุรี	67	แม่กลอง	77	24
สระบุรี	67	ตาก	82	126
สระบุรี	67	อยุธยา	84	96
สระบุรี	67	ปากช่อง	85	17
ชัยนาท	68	ขอนแก่น	19	161
ชัยนาท	68	ลำปาง	21	335
ชัยนาท	68	พัทยา	25	23
ชัยนาท	68	ชลบุรี	26	23
ชัยนาท	68	จันทบุรี	30	7
ชัยนาท	68	ระยอง	31	22
ชัยนาท	68	ตราด	32	25.5
ชัยนาท	68	เชียงใหม่	34	331
ชัยนาท	68	เชียงราย	38	375
ชัยนาท	68	หล่มสัก	42	329
ชัยนาท	68	อุดรธานี	46	180.5
ชัยนาท	68	โคราช	48	153
ชัยนาท	68	ประจวบฯ	66	11.5
ชัยนาท	68	สระบุรี	67	136.5
ชัยนาท	68	นครสวรรค์	69	325.5
ชัยนาท	68	ลพบุรี	72	210.5
ชัยนาท	68	ลำนารายณ์	73	180.5
ชัยนาท	68	เพชรบุรี	75	16.5
ชัยนาท	68	สิงห์บุรี	76	241
ชัยนาท	68	แม่กลอง	77	18.5
ชัยนาท	68	ตาก	82	319.5
ชัยนาท	68	อยุธยา	84	119.5
นครสวรรค์	69	ขอนแก่น	19	227.5
นครสวรรค์	69	ลำปาง	21	442.5
นครสวรรค์	69	พัทยา	25	20.5
นครสวรรค์	69	ชลบุรี	26	20.5
นครสวรรค์	69	จันทบุรี	30	4.5
นครสวรรค์	69	ระยอง	31	19.5
นครสวรรค์	69	ตราด	32	23
นครสวรรค์	69	เชียงใหม่	34	440.5
นครสวรรค์	69	เชียงราย	38	482.5
นครสวรรค์	69	หล่มสัก	42	405.5
นครสวรรค์	69	อุดรธานี	46	247
นครสวรรค์	69	โคราช	48	149.5
นครสวรรค์	69	ประจวบฯ	66	9
นครสวรรค์	69	สระบุรี	67	133
นครสวรรค์	69	ชัยนาท	68	325.5
นครสวรรค์	69	ลพบุรี	72	209
นครสวรรค์	69	ลำนารายณ์	73	179
นครสวรรค์	69	เพชรบุรี	75	14

จากสาขา		ถึงสาขา		ค่าการประหยัด
นครสวรรค์	69	สิงห์บุรี	76	236.5
นครสวรรค์	69	แม่กลอง	77	16
นครสวรรค์	69	ตาก	82	427
นครสวรรค์	69	อยุธยา	84	112
อู่ทอง	70	พัทยา	25	25
อู่ทอง	70	ชลบุรี	26	25
อู่ทอง	70	สระแก้ว	28	4
อู่ทอง	70	ปราจีนบุรี	29	9
อู่ทอง	70	จันทบุรี	30	10
อู่ทอง	70	ระยอง	31	25
อู่ทอง	70	ตราด	32	28.5
อู่ทอง	70	เชียงราย	38	3
อู่ทอง	70	หล่มสัก	42	7
อู่ทอง	70	โคราช	48	83
อู่ทอง	70	นครปฐม	64	38
อู่ทอง	70	ประจวบฯ	66	98.5
อู่ทอง	70	สระบุรี	67	69.5
อู่ทอง	70	กาญจนบุรี	71	121
อู่ทอง	70	ราชบุรี	74	54
อู่ทอง	70	เพชรบุรี	75	36.5
อู่ทอง	70	แม่กลอง	77	31.5
กาญจนบุรี	71	พัทยา	25	48
กาญจนบุรี	71	ชลบุรี	26	48
กาญจนบุรี	71	จันทบุรี	30	32
กาญจนบุรี	71	ระยอง	31	47
กาญจนบุรี	71	ตราด	32	50.5
กาญจนบุรี	71	เชียงราย	38	27
กาญจนบุรี	71	หล่มสัก	42	31
กาญจนบุรี	71	โคราช	48	5
กาญจนบุรี	71	นครปฐม	64	130
กาญจนบุรี	71	ปราณบุรี	65	17.5
กาญจนบุรี	71	ประจวบฯ	66	150.5
กาญจนบุรี	71	อู่ทอง	70	121
กาญจนบุรี	71	ราชบุรี	74	166
กาญจนบุรี	71	เพชรบุรี	75	148.5
กาญจนบุรี	71	แม่กลอง	77	131.5
ลพบุรี	72	ขอนแก่น	19	154.5
ลพบุรี	72	ลำปาง	21	118.5
ลพบุรี	72	พัทยา	25	7.5
ลพบุรี	72	ชลบุรี	26	7.5
ลพบุรี	72	ระยอง	31	12.5
ลพบุรี	72	ตราด	32	16
ลพบุรี	72	เชียงใหม่	34	216.5
ลพบุรี	72	เชียงราย	38	258.5
ลพบุรี	72	หล่มสัก	42	244.5
ลพบุรี	72	อุดรธานี	46	175
ลพบุรี	72	โคราช	48	184.5
ลพบุรี	72	ประจวบฯ	66	2
ลพบุรี	72	สระบุรี	67	168
ลพบุรี	72	ชัยนาท	68	210.5
ลพบุรี	72	นครสวรรค์	69	209
ลพบุรี	72	ลำนารายณ์	73	215
ลพบุรี	72	เพชรบุรี	75	7
ลพบุรี	72	สิงห์บุรี	76	210.5
ลพบุรี	72	แม่กลอง	77	9
ลพบุรี	72	ตาก	82	203
ลพบุรี	72	อยุธยา	84	92
ลพบุรี	72	ปากช่อง	85	2
ลำนารายณ์	73	ขอนแก่น	19	124.5
ลำนารายณ์	73	ลำปาง	21	88.5

จากสาขา		ถึงสาขา		ค่าการประหยัด
ลำนารายณ์	73	เชียงใหม่	34	186.5
ลำนารายณ์	73	เชียงราย	38	228.5
ลำนารายณ์	73	หล่มสัก	42	214.5
ลำนารายณ์	73	อุดรธานี	46	145
ลำนารายณ์	73	โคราช	48	154.5
ลำนารายณ์	73	สระบุรี	67	138
ลำนารายณ์	73	ชัยนาท	68	180.5
ลำนารายณ์	73	นครสวรรค์	69	179
ลำนารายณ์	73	ลพบุรี	72	215
ลำนารายณ์	73	สิงห์บุรี	76	180.5
ลำนารายณ์	73	ตาก	82	173
ลำนารายณ์	73	อยุธยา	84	62
ราชบุรี	74	ลำปาง	21	7
ราชบุรี	74	พัทยา	25	65
ราชบุรี	74	ชลบุรี	26	65
ราชบุรี	74	ฉะเชิงเทรา	27	16
ราชบุรี	74	ปราจีนบุรี	29	2
ราชบุรี	74	จันทบุรี	30	49
ราชบุรี	74	ระยอง	31	64
ราชบุรี	74	ตราด	32	67.5
ราชบุรี	74	เชียงราย	38	44
ราชบุรี	74	หล่มสัก	42	48
ราชบุรี	74	อุดรธานี	46	12.5
ราชบุรี	74	โคราช	48	22
ราชบุรี	74	นครปฐม	64	143
ราชบุรี	74	ปราณบุรี	65	90.5
ราชบุรี	74	ประจวบฯ	66	223.5
ราชบุรี	74	สระบุรี	67	5.5
ราชบุรี	74	อู่ทอง	70	54
ราชบุรี	74	กาญจนบุรี	71	166
ราชบุรี	74	เพชรบุรี	75	227.5
ราชบุรี	74	แม่กลอง	77	189.5
ราชบุรี	74	อยุธยา	84	12.5
เพชรบุรี	75	ขอนแก่น	19	8.5
เพชรบุรี	75	ลำปาง	21	23.5
เพชรบุรี	75	พัทยา	25	81.5
เพชรบุรี	75	ชลบุรี	26	81.5
เพชรบุรี	75	ฉะเชิงเทรา	27	32.5
เพชรบุรี	75	สระแก้ว	28	10.5
เพชรบุรี	75	ปราจีนบุรี	29	18.5
เพชรบุรี	75	จันทบุรี	30	65.5
เพชรบุรี	75	ระยอง	31	80.5
เพชรบุรี	75	ตราด	32	84
เพชรบุรี	75	เชียงใหม่	34	14.5
เพชรบุรี	75	เชียงราย	38	60.5
เพชรบุรี	75	หล่มสัก	42	64.5
เพชรบุรี	75	อุดรธานี	46	29
เพชรบุรี	75	โคราช	48	38.5
เพชรบุรี	75	นครปฐม	64	125.5
เพชรบุรี	75	ปราณบุรี	65	183
เพชรบุรี	75	ประจวบฯ	66	316
เพชรบุรี	75	สระบุรี	67	22
เพชรบุรี	75	ชัยนาท	68	16.5
เพชรบุรี	75	นครสวรรค์	69	14
เพชรบุรี	75	อู่ทอง	70	36.5
เพชรบุรี	75	กาญจนบุรี	71	148.5
เพชรบุรี	75	ลพบุรี	72	7
เพชรบุรี	75	ราชบุรี	74	227.5
เพชรบุรี	75	สิงห์บุรี	76	16.5
เพชรบุรี	75	แม่กลอง	77	219

จากสาขา		ถึงสาขา		ค่าการประหยัด
เพชรบุรี	75	ตาก	82	7
เพชรบุรี	75	อยุธยา	84	29
สิงห์บุรี	76	ขอนแก่น	19	120
สิงห์บุรี	76	ลำปาง	21	246
สิงห์บุรี	76	พัทยา	25	23
สิงห์บุรี	76	ชลบุรี	26	23
สิงห์บุรี	76	จันทบุรี	30	7
สิงห์บุรี	76	ระยอง	31	22
สิงห์บุรี	76	ตราด	32	25.5
สิงห์บุรี	76	เชียงใหม่	34	242
สิงห์บุรี	76	เชียงราย	38	286
สิงห์บุรี	76	หล่มสัก	42	262
สิงห์บุรี	76	อุดรธานี	46	140.5
สิงห์บุรี	76	โคราช	48	150
สิงห์บุรี	76	ประจวบฯ	66	11.5
สิงห์บุรี	76	สระบุรี	67	133.5
สิงห์บุรี	76	ชัยนาท	68	241
สิงห์บุรี	76	นครสวรรค์	69	236.5
สิงห์บุรี	76	ลพบุรี	72	210.5
สิงห์บุรี	76	ลำนารายณ์	73	180.5
สิงห์บุรี	76	เพชรบุรี	75	16.5
สิงห์บุรี	76	แม่กลอง	77	18.5
สิงห์บุรี	76	ตาก	82	230.5
สิงห์บุรี	76	อยุธยา	84	117.5
แม่กลอง	77	ขอนแก่น	19	10.5
แม่กลอง	77	ลำปาง	21	25.5
แม่กลอง	77	พัทยา	25	83.5
แม่กลอง	77	ชลบุรี	26	83.5
แม่กลอง	77	ฉะเชิงเทรา	27	34.5
แม่กลอง	77	สระแก้ว	28	12.5
แม่กลอง	77	ปราจีนบุรี	29	20.5
แม่กลอง	77	จันทบุรี	30	67.5
แม่กลอง	77	ระยอง	31	82.5
แม่กลอง	77	ตราด	32	86
แม่กลอง	77	เชียงใหม่	34	16.5
แม่กลอง	77	เชียงราย	38	62.5
แม่กลอง	77	หล่มสัก	42	66.5
แม่กลอง	77	อุดรธานี	46	31
แม่กลอง	77	โคราช	48	40.5
แม่กลอง	77	นครปฐม	64	111.5
แม่กลอง	77	ปราณบุรี	65	81
แม่กลอง	77	ประจวบฯ	66	214
แม่กลอง	77	สระบุรี	67	24
แม่กลอง	77	ชัยนาท	68	18.5
แม่กลอง	77	นครสวรรค์	69	16
แม่กลอง	77	อู่ทอง	70	31.5
แม่กลอง	77	กาญจนบุรี	71	131.5
แม่กลอง	77	ลพบุรี	72	9
แม่กลอง	77	ราชบุรี	74	189.5
แม่กลอง	77	เพชรบุรี	75	219
แม่กลอง	77	สิงห์บุรี	76	18.5
แม่กลอง	77	ตาก	82	9
แม่กลอง	77	อยุธยา	84	31
คลอง13	81	พัทยา	25	0.5
คลอง13	81	ตาก	82	328
คลอง13	81	ปากช่อง	85	162.5
ตาก	82	ขอนแก่น	19	358.5
ตาก	82	ลำปาง	21	806.5
ตาก	82	พัทยา	25	346.5
ตาก	82	ชลบุรี	26	13.5

จากสาขา		ถึงสาขา		ค่าการประหยัด
ตาก	82	ระยอง	31	12.5
ตาก	82	ตราด	32	16
ตาก	82	เชียงใหม่	34	803.5
ตาก	82	เชียงราย	38	805.5
ตาก	82	อุดรธานี	46	379
ตาก	82	โคราช	48	142.5
ตาก	82	ประจวบฯ	66	2
ตาก	82	สระบุรี	67	126
ตาก	82	ชัยนาท	68	319.5
ตาก	82	นครสวรรค์	69	427
ตาก	82	ลพบุรี	72	203
ตาก	82	ลำนารายณ์	73	173
ตาก	82	เพชรบุรี	75	7
ตาก	82	สิงห์บุรี	76	230.5
ตาก	82	แม่กลอง	77	9
ตาก	82	คลอง13	81	328
ตาก	82	อยุธยา	84	106
อยุธยา	84	ขอนแก่น	19	82.5
อยุธยา	84	ลำปาง	21	121.5
อยุธยา	84	พัทยา	25	35.5
อยุธยา	84	ชลบุรี	26	35.5
อยุธยา	84	จันทบุรี	30	19.5
อยุธยา	84	ระยอง	31	34.5
อยุธยา	84	ตราด	32	38
อยุธยา	84	เชียงใหม่	34	117.5
อยุธยา	84	เชียงราย	38	161.5
อยุธยา	84	หล่มสัก	42	138.5
อยุธยา	84	อุดรธานี	46	103
อยุธยา	84	โคราช	48	112.5
อยุธยา	84	ประจวบฯ	66	24
อยุธยา	84	สระบุรี	67	96
อยุธยา	84	ชัยนาท	68	119.5
อยุธยา	84	นครสวรรค์	69	112
อยุธยา	84	ลพบุรี	72	92
อยุธยา	84	ลำนารายณ์	73	62
อยุธยา	84	ราชบุรี	74	12.5
อยุธยา	84	เพชรบุรี	75	29
อยุธยา	84	สิงห์บุรี	76	117.5
อยุธยา	84	แม่กลอง	77	31
อยุธยา	84	ตาก	82	106
ปากช่อง	85	ขอนแก่น	19	307.5
ปากช่อง	85	สระแก้ว	28	113.5
ปากช่อง	85	ปราจีนบุรี	29	0.5
ปากช่อง	85	จันทบุรี	30	5.5
ปากช่อง	85	ตราด	32	107
ปากช่อง	85	เชียงราย	38	15.5
ปากช่อง	85	หล่มสัก	42	140.5
ปากช่อง	85	อุดรธานี	46	328
ปากช่อง	85	โคราช	48	337.5
ปากช่อง	85	สระบุรี	67	17
ปากช่อง	85	ลพบุรี	72	2
ปากช่อง	85	คลอง13	81	162.5

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาววิจิตรา ภูมิชาติพงศ์ เกิดเมื่อวันที่ 14 ตุลาคม พ.ศ.2521 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่งและจราจร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปีการศึกษา 2542 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ.2543

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย