การพัฒนาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสำหรับชิ้นส่วนยานยนต์: กรณีศึกษาโรงงานประกอบยานยนต์

THE DEVELOPMENT OF VEHICLE ROUTING FOR AUTOMOTIVE PARTS: A CASE STUDY OF AUTOMOTIVE ASSEMBLY PLANT

นายกรศรัณย์ บุณยะพีรกิจ

MR. KORNSARAN BUNYAPHERAKIJ

นายสิทธิชัย ตันติเกษตรกิจ

MR. SITTICHAI TANTIKASETKIT

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมออกแบบการผลิตและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

THE DEVELOPMENT OF VEHICLE ROUTING FOR AUTOMOTIVE PARTS: A CASE STUDY OF AUTOMOTIVE ASSEMBLY PLANT

MR. KORNSARAN BUNYAPHERAKIJ
MR. SITTICHAI TANTIKASETKIT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN
PRODUCTION DESIGN AND MATERIALS ENGINEERING
SCHOOL OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การพัฒนาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสำหรับชิ้นส่วนยานยนต์: กรณีศึกษาโรงงานประกอบยานยนต์

THE DEVELOPMENT OF VEHICLE ROUTING FOR AUTOMOTIVE PARTS: A CASE STUDY OF AUTOMOTIVE ASSEMBLY PLANT

นักศึกษา นายกรศรัณย์ บุณยะพีรกิจ รหัสประจำตัว 60010015

นายสิทธิชัย ตันติเกษตรกิจ รหัสประจำตัว 60011056

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมออกแบบการผลิตและวัสดุ

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

(ผศ.ดร. เชาวลิต หามนตรี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การพัฒนาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสำหรับชิ้นส่วนยานยนต์: กรณีศึกษาโรงงานประกอบยานยนต์
นักศึกษา นายกรศรัณย์ บุณยะพีรกิจ
นายสิทธิชัย ตันติเกษตรกิจ
หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมออกแบบการผลิตและวัสดุ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2563
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ ผศ.ดร. เชาวลิต หามนตรี

บทคัดย่อ

ในอุตสาหกรรมการผลิตยานยนต์นั้นจำเป็นต้องมีการรับชิ้นส่วนต่างๆ จากโรงงานผู้ผลิตชิ้นส่วน เพื่อมาประกอบให้ตรงตามความต้องการและเวลาที่กำหนด ดังนั้นการจัดเส้นทางและตารางการเดินรถขนส่งชิ้นส่วนจึงมีความจำเป็น อย่างมากเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการขนส่งและเส้นทางที่เหมาะสม รวมทั้งสามารถลดระยะทางการขนส่งได้ ปัญหาหลักของโรงงานกรณีศึกษา คือเส้นทางการขนส่งในปัจจุบันขาดประสิทธิภาพ โดยมีระยะทางการขนส่งในบางเส้นทางที่มีระยะทางไกลและเกิดความล่าช้า เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพและเส้นทางที่เหมาะสม สามารถลดต้นทุนการขนส่งของกรณีศึกษา ปริญญานิพนธ์นี้ได้เสนอวิธีการจัดเส้นทางและตารางการขนส่งด้วยวิธีการฮิวริสติกส์แบบเพื่อนบ้านใกล้สุดและวิธีเชิงพันธุกรรม โดยพิจารณากรอบเวลาการเดินทางภายใต้เงื่อนไขเวลาที่ระบุ และปริมาณ ความจุของรถบรรทุกอย่างชัดเจน ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีเชิงพันธุกรรมที่ใช้ร่วมกับวิธีฮิวริสติกส์ สามารถให้คำตอบที่ดีและให้ระยะทางในการเดินรถสั้นกว่าการใช้วิธีการฮิวริสติกส์อย่างเดียว นอกจากนี้ผลการศึกษาพบว่าเส้นทางใหม่ที่ได้จากการทดลอง สามารถลดระยะทางในการเดินทางและเพิ่มการใช้ประโยชน์ในการบรรทุกได้ และนำไปใช้เป็นแนวทางสำคัญในการปรับปรุงธุรกิจด้านการขนส่งและยกระดับการให้บริการและลดต้นทุนทาง ด้านโลจิสติกส์ อีกทั้งเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในตลาดอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Thesis Title	The Development of Vehicle Routing for Automative Parts: A Case Study of Automotive Assembly
Student	Mr. Kornsaran Bunyapherakij Mr. Sittichai Tantikasetkit
Degree	Bachelor of Engineering in Production Design and Materials Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic	2020
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr. Chaowalit Hamontree

Abstract

In the automotive manufacturing industry, it is necessary to pick up parts from the parts manufacturer plant in different locations and routes in order to be assembled according to the specific demands and times. Therefore, vehicle routing problem is very important in order to achieve the transport efficiency and the suitable route which can reduce the total transport cost. But a case study of automotive assembly plant is the current routes are inefficient with a large total transport distance, unable to meet the needs and sometime late from the schedule. In this case study, vehicle routing problem with time windows is considered under condition of parts manufacturing plant that clearly specify the time of pickup and truck capacity. The experiment shows that genetic algorithm is the best algorithm for solving in this case study. The results showed that new routes are generated by proposed method can be reduced the traveling distance and increased the loading utilization. Finally, the contribution in this project exerted an important guiding significance on the improvement of business to improve the logistics management level, reduce logistics costs and enhance their market competitiveness.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาการจัดเส้นทางการเดินรถขนส่งสำหรับชิ้นส่วนยานยนต์ กรณีศึกษาโรงงานประกอบยานยนต์ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือ คำปรึกษา คำแนะนำทั้งด้านวิชาการ ด้านการดำเนินงานวิจัย ชี้แนะแนวทางในการศึกษาให้ข้อมูลรายละเอียดของงานวิจัยประสิทธิ์ประสาทความรู้ สนับสนุนข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์จากคณะบุคคลต่าง ๆ ได้แก่

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชาวลิต หามนตรี อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการเป็นที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้ ได้ให้คำปรึกษาคำแนะนำและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาตลอดเป็นอย่างดี ตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ จนปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์และบุคลากร ภาควิชาวิชาอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ทุกท่านที่ประสิทธ์ประสาทวิชาความรู้ ให้การอบรมสั่งสอน คอยชี้แนะแนวทาง คอยให้ความช่วยเหลือในการทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดาและครอบครัวที่ให้การสนับสนุนการอุปการะเลี้ยงดู อบรมสั่งสอน สนับสนุนการศึกษาและเป็นกำลังใจสำคัญที่ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่างไปได้ด้วยดี

นายกรศรัณย์ บุณยะพีรกิจ

นายสิทธิชัย ตันติเกษตรกิจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ฉ

สารบัญรูป ..... ซ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 3

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์ 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 แนวความคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โลจิสติกส์ 5

2.2 ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ 6

2.2.1 ประเภทของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ 7

2.2.2 ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบมีกรอบเวลา 11

2.2.3 รูปแบบเชิงคณิตศาสตร์สำหรับ VRPTW 11

2.3 เทคนิคการแก้ปัญหา (Solution Techniques) 13

2.4 วิธีการแม่นตรง (Exact Approaches) 14

2.5 วิธีฮิวริสติกส์อย่างง่าย (Simple Heuristics) 14

2.6 วิธีการเมต้าฮิวริสติกส์ (Meta Heuristics) 17

2.7 วิธีการเชิงพันธุกรรม 18

2.8 แนวคิดที่ใช้วิธีการเชิงพันธุกรรมในงานวิจัย 19

2.9 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุกรรม 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

หน้า

2.9.1 ขั้นตอนการทำงานของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม 21
2.9.2 ตัวอย่างการใช้วิธีการเชิงพันธุกรรมในการหาคำตอบของฟังก์ชัน 26
2.9.3 สรุปทฤษฎีวิธีการเชิงพันธุกรรม 29

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล 30
3.2 การเขียนโปรแกรมเพื่อจัดการข้อมูล Excel VBA 37
3.3 ขั้นตอนการออกแบบเส้นทางการเดินรถขนส่งสินค้าแบบมีกรอบเวลา.....37
3.4 โครงสร้างของวิธีการเชิงพันธุกรรมสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้า 42
3.5 กระบวนการของวิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับกับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้า 45
3.6 ศึกษาค่าตัวแปรที่เหมาะสมต่อวิธีการเชิงพันธุกรรมโดยโปรแกรม MINITAB 54
3.7 การประยุกต์ใช้โปรแกรม Evolver สำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ 57

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม Evolver 61
4.2 ผลการทดลองพารามิเตอร์ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ
ขนส่งสินค้าแบบมีกรอบเวลา 66
4.3 ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าแบบมีกรอบเวลาโดยวิธีต่าง ๆ.....66

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย 80
5.2 ข้อเสนอแนะ 82

เอกสารอ้างอิง 83
ภาคผนวก ก 84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ลักษณะของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ 10
ตารางที่ 2.2 กลุ่มประชากรตัวอย่างและค่าความเหมาะสม 23
ตารางที่ 2.3 การคำนวณหาคำตอบของ SGA กับฟังก์ชัน $f(x) = x^2$ 27
ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลสินค้าจำนวน 32 รายการสินค้า 31
ตารางที่ 3.2 แสดงข้อมูลสินค้าจำนวน 30 รายการสินค้า 32
ตารางที่ 3.3 แสดงข้อมูลสินค้าจำนวน 25 รายการสินค้า 34
ตารางที่ 3.4 แสดงข้อมูลสินค้าจำนวน 40 รายการสินค้า 35
ตารางที่ 3.5 แสดงข้อจำกัดต่าง ๆ ของกลุ่มตัวอย่างสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ 37
ตารางที่ 3.6 แสดงตัวอย่างเส้นทางการขนส่งสินค้าแบบมีกรอบเวลาโดยใช้วิธีฮิวริสติก
แบบเพื่อนบ้านใกล้สุดสำหรับสินค้า 34 รายการสินค้า.....38
ตารางที่ 3.7 แสดงตัวอย่างของระยะทางของรถขนส่งสินค้าแต่ละคันที่จัดส้นทางการขนส่งสินค้า
แบบมีกรอบเวลาโดยใช้ฮิวริสติกแบบเพื่อนบ้านใกล้สุด สำหรับสินค้า 34 ราย.....38
ตารางที่ 3.8 แสดงตัวอย่างของปริมาณสินค้าของรถขนส่งสินค้าแต่ละคันที่จัดเส้นทางการขนส่งสินค้า
แบบมีกรอบเวลาโดยใช้ฮิวริสติกแบบเพื่อนบ้านใกล้สุด สำหรับสินค้า 34 ราย 39
ตารางที่ 3.9 แสดงตังอย่างเส้นทางการขนส่งสินค้าแบบมีกรอบเวลาโดยใช้วิธีฮิวริสติกส์
แบบเพื่อนบ้านใกล้สุดสำหรับสินค้า 34 ราย 40
ตารางที่ 3.10 แสดงตัวอย่างของระยะทางของรถขนส่งสินค้าแต่ละคันที่จัดเส้นทางการขนส่ง
สินค้าแบบมีกรอบเวลาโดยใช้วิธีการสุ่ม สำหรับสินค้า 34 ราย.....40
ตารางที่ 3.11 แสดงตัวอย่างของปริมาณสินค้าของรถขนส่งสินค้าแต่ละคันที่จัดเส้นทางการขนส่ง
สินค้าแบบมีกรอบเวลาโดยใช้วิธีการสุ่ม สำหรับสินค้า 34 ราย..... 41
ตารางที่ 3.12 ตัวอย่างตารางแสดงการค้นหาคำตอบ 47
ตารางที่ 3.13 ตัวอย่างตารางแสดงการสร้างวงล้อรูลเล็ท 49
ตารางที่ 3.14 ตัวอย่างการคัดเลือกด้วยวิธีการคัดเลือกแบบทัวร์นาเมนต์ 50
ตารางที่ 3.15 แสดงค่าตัวแปรที่กำหนดขึ้นเพื่อนำมาศึกษา 54
ตารางที่ 3.16 แสดงตัวอย่างผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยหลักของวิธี
Heuristic with GAs ของกลุ่มลูกค้า 34 รายการสินค้า 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 ผลการจัดเส้นทางของกลุ่มลูกค้า 34 รายการสินค้าด้วยวิธี Heuristic with GAs 61
ตารางที่ 4:2 ผลการจัดเส้นทางของกลุ่มลูกค้า 34 รายการสินค้าด้วยวิธี Random with GAs 62
ตารางที่ 4.3 ผลการจัดเส้นทางของกลุ่มลูกค้า 30 รายการสินค้าด้วยวิธี Heuristic with GAs 62
ตารางที่ 4.4 ผลการจัดเส้นทางของกลุ่มลูกค้า 30 รายการสินค้าด้วยวิธี Random with GAs 63
ตารางที่ 4.5 ผลการจัดเส้นทางของกลุ่มลูกค้า 25 รายการสินค้าด้วยวิธี Heuristic with GAs 63
ตารางที่ 4.6 ผลการจัดเส้นทางของกลุ่มลูกค้า 25 รายการสินค้าด้วยวิธี Random with GAs 63
ตารางที่ 4.7 ผลการจัดเส้นทางของกลุ่มลูกค้า 32 รายการสินค้าด้วยวิธี Heuristic with GAs 64
ตารางที่ 4.8 ผลการจัดเส้นทางของกลุ่มลูกค้า 32 รายการสินค้าด้วยวิธี Random with GAs 64
ตารางที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการประยุกต์ใช้วิธี Heuristic with GAs
และ Random with Gas.....65
ตารางที่ 4.10 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยหลักกลุ่มลูกค้า 34 ราย
โดยวิธี Heuristic with GAs 66
ตารางที่ 4.11 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยหลักกลุ่มลูกค้า 30 ราย
โดยวิธี Heuristic with GAs 68
ตารางที่ 4.12 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยหลักกลุ่มลูกค้า 25 ราย
โดยวิธี Heuristic with GAs 69
ตารางที่ 4.13 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยหลักกลุ่มลูกค้า 32 ราย
โดยวิธี Heuristic with GAs 71
ตารางที่ 4.14 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยหลักกลุ่มลูกค้า 34 ราย
โดยวิธี Random with GAs 73
ตารางที่ 4.15 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยหลักกลุ่มลูกค้า 30 ราย
โดยวิธี Random with GAs 74
ตารางที่ 4.16 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยหลักกลุ่มลูกค้า 25 ราย
โดยวิธี Random with GAs 76
ตารางที่ 4.17 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยหลักกลุ่มลูกค้า 32 ราย
โดยวิธี Random with GAs 78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าตัวแปรที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยสำหรับ 4 กลุ่มลูกค้า.....79
ตารางที่ 5.1 แสดงผลการเปรียบเทียบการจัดเส้นทางแบบเดิม-ใหม่ 82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 เครือข่ายการขนส่งของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ 7
รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาย่อยทั่วไปของ VRP 7
รูปที่ 2.3 ประเภทของเทคนิคการแก้ปัญหา 14
รูปที่ 2.4 ขั้นตอนวิธีแบบประหยัด 15
รูปที่ 2.5 ขั้นตอนวิธีแบบกวาด 16
รูปที่ 2.6 การวิเคราะห์แบบจัดกลุ่ม 17
รูปที่ 2.7 ขั้นตอนวิธีแบบเพื่อนบ้านใกล้สุด 17
รูปที่ 2.8 แสดงจำนวนประชากร โครโมโซม และยีนส์ 20
รูปที่ 2.9 แสดงขั้นตอนการทำงานของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมอย่างง่าย 21
รูปที่ 2.10 สัดส่วนกับค่าความเหมาะสมในวงล้อรูลเล็ท 24
รูปที่ 2.11 การครอสโอเวอร์โดยเลือกตำแหน่งไขว้สุ่ม 24
รูปที่ 2.12 ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ $f(x) = x^2$ 26
รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างของวิธีการเชิงพันธุกรรม 44
รูปที่ 3.2 วงล้อรูลเล็ท 49
รูปที่ 3.3 แสดงตัวอย่างผลกระทบจากอิทธิผลหลัก (ซ้าย) และ อิทธิพลร่วม (ขวา) ของกลุ่มสินค้า 34 รายการสินค้า 56
รูปที่ 3.4 แสดงตัวอย่างของโปรแกรมสำเร็จรูป Evolver 57
รูปที่ 3.5 วิธีการประมวลผลด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรมโดยโปรแกรม Evolver 58
รูปที่ 3.6 วิธีการกำหนดขอบเขตและเงื่อนไขที่ศึกษาโดยโปรแกรม Evolver 58
รูปที่ 3.7 วิธีการกำหนดค่าประชาการโดยโปรแกรม Evolver 59
รูปที่ 3.8 วิธีการกำหนดค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และมิวเตชั่นโดยโปรแกรม Evolver 60
รูปที่ 4.1 แสดงผลกระทบจากอิทธิพลหลัก (ซ้าย) และอิทธิพลร่วม (ขวา) สำหรับกลุ่มลูกค้า 34 ราย โดยวิธี Heuristic with GAs 67
รูปที่ 4.2 แสดงผลกระทบจากอิทธิพลหลัก (ซ้าย) และอิทธิพลร่วม (ขวา) สำหรับกลุ่มลูกค้า 30 ราย โดยวิธี Heuristic with GAs 69
รูปที่ 4.3 แสดงผลกระทบจากอิทธิพลหลัก (ซ้าย) และอิทธิพลร่วม (ขวา) สำหรับกลุ่มลูกค้า 25 ราย โดยวิธี Heuristic with GAs 70

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 4.4 แสดงผลกระทบจากอิทธิพลหลัก (ซ้าย) และอิทธิพลร่วม (ขวา) กลุ่มลูกค้า 32 ราย
โดยวิธี Heuristic with GAs 72
รูปที่ 4.5 แสดงผลกระทบจากอิทธิพลหลัก (ซ้าย) และอิทธิพลร่วม (ขวา) กลุ่มลูกค้า 34 ราย
โดยวิธี Random with GAs 74
รูปที่ 4.6 แสดงผลกระทบจากอิทธิพลหลัก (ซ้าย) และอิทธิพลร่วม (ขวา) กลุ่มลูกค้า 30 ราย
โดยวิธี Random with GAs 75
รูปที่ 4.7 แสดงผลกระทบจากอิทธิพลหลัก (ซ้าย) และอิทธิพลร่วม (ขวา กลุ่มลูกค้า 25 ราย
โดยวิธี Random with GAs 77
รูปที่ 4.8 แสดงผลกระทบจากอิทธิพลหลัก (ซ้าย) และอิทธิพลร่วม (ขวา) กลุ่มลูกค้า 32 ราย
โดยวิธี Random with GAs 79
รูปที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างวิธีฮิวริสติกส์แบบเพื่อนบ้านใกล้สุด 81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1
บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดที่มาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขต และ ประโยชน์ที่คาดว่าได้รับของปริญญานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสำหรับชิ้นส่วนยานยนต์ กรณีศึกษาโรงงานประกอบยานยนต์ โดยรายละเอียดมีดังต่อไปนี้

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันรัฐบาลไทยให้ความสำคัญกับระบบขนส่งมากขึ้น เพราะต้องการยกระดับและพัฒนาระบบขนส่งในประเทศไทยให้กลายเป็นศูนย์กลางด้านระบบขนส่งในประชาคมอาเซียน (Logistics Hub) และเร่งพัฒนาโครงสร้างการขนส่งให้สามารถเชื่อมกันได้หลากหลายรูปแบบเพื่ออำนวยความสะดวกในการขนส่ง ซึ่งได้รับความสนใจอย่างมากจากผู้ประกอบการ ทุกภาคอุตสาหกรรมใด ๆ ต่างพึ่งพากระบวนการขนส่งเพื่อให้มีการกระจายสินค้า (Distribution) ไปยังลูกค้า (Supplier) ให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่สุด เนื่องจากตลาดในปัจจุบันมีการแข่งขันที่ค่อนข้างสูง หลายกิจการมักให้ความสำคัญกับการเพิ่มกำไรในธุรกิจควบคู่กับการมุ่งเน้นในแง่ของการบริหารต้นทุนให้ลดลง เพราะเราไม่อาจควบคุมราคาตลาดซึ่งเป็นปัจจัยภายนอกได้

ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าและโภคภัณฑ์เป็นการจัดการด้านโลจิสติกส์ที่สำคัญได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั้งในและต่างประเทศ โดย George Dantzig and Ramser (1959) เป็นผู้ริเริ่มขั้นตอนวิธีการในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem: VRP) ลักษณะแนวคิดนี้ถูกค้นพบมากขึ้น ในช่วงต้นทศวรรษที่ 70 Liebman and Marks (1970) นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่แสดงถึงปัญหาการกำหนดเส้นทางที่เกี่ยวข้องกับการรวบรวมของเสีย Solomon (1987) มีข้อจำกัดของกรอบเวลา การแก้ปัญหา VRP เป็นแนวทางสำคัญต่อนักวิจัยรุ่นใหม่มาจนกระทั่งถึงปัจจุบันนี้ การพัฒนามีทั้งรูปแบบของปัญหา และเทคนิคต่าง ๆ ที่ช่วยในการหาคำตอบที่ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของ [illegible] เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กระบวนการขนส่งสินค้านั้นมีปัจจัยที่ส่งผลต่อการกระจายสินค้าหรือปัจจัยภายในองค์กรนั้น เช่น จำนวนของรถขนส่งสินค้า ขนาดของรถขนส่งสินค้า ปริมาณสินค้าที่จะขนส่ง เวลาในการขนส่ง เป็นต้น

ในอุตสาหกรรมการผลิตยานยนต์นั้นจำเป็นต้องรับชิ้นส่วนต่าง ๆ จากลูกค้าตามสถานที่และเส้นทางที่ต่างกันเพื่อมาประกอบการผลิตตรงตามเวลาที่กำหนด ดังนั้นในอุตสาหกรรมใหญ่ ๆ เช่น อุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ มักจะว่าจ้างบริษัทขนส่งสินค้าแทนการขนส่งสินค้าด้วยตัวเองเพื่อเป็นการลดขั้นตอน ลดต้นทุน และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้ดีกว่าการดำเนินการเอง ซึ่งบริษัทผู้ผลิตสินค้าสามารถมุ่งเน้นที่จะทุ่มเทในการพัฒนาธุรกิจหลัก ดังนั้นการวางแผนเส้นทางการเดินรถขนส่งชิ้นส่วนจึงจำเป็นอย่างมากเพื่อให้ผู้ขนส่งชิ้นส่วนได้เส้นทางการรับส่งชิ้นส่วนที่เหมาะสมที่สุดและใช้เวลาน้อยที่สุด โดยการขนส่งด้วยรถบรรทุกสามารถแบ่งแยกตามประเภทได้ 2 ลักษณะ ได้แก่ การขนส่งแบบเต็มคัน (Direct Shipping with Milk Run) เป็นการขนส่งสินค้าจากผู้ผลิตเต็มคันรถ (Full Truck Load: FTL) ตรงไปยังลูกค้าแต่ละราย โดยสินค้าจะไม่ผ่านคลังสินค้า หรือศูนย์กระจายสินค้า และไม่มีการเปลี่ยนถ่ายยานพาหนะ ระหว่างทาง และการขนส่งแบบไม่เต็มคัน (Milk Run) เป็นรูปแบบการจัดการการขนส่งที่ทำการสั่งซื้อวัตถุดิบหรือชิ้นส่วนเพื่อนำไปใช้ทำการผลิตเพื่อลดปริมาณสินค้าคงคลัง โดยการรับของจาก Supplier ทุกรายในเส้นทางที่กำหนดไว้แล้ว จากนั้นเดินทางกลับมายังโรงงานผลิต โดยลักษณะการขนส่งจะเป็นวงรอบ แถมยังสอดคล้องกับรัฐบาลที่ต้องการให้หลายธุรกิจมีระบบขนส่งที่ทันสมัย มีการพัฒนาและการบริหารจัดการธุรกิจที่ดีและได้รับเครื่องหมายรับรองมาตรฐาน ISO 9001 เพื่อยืนยันว่าองค์กรมีประสิทธิภาพ สร้างความมั่นใจและความพึงพอใจต่อลูกค้าหรือผู้ที่มาลงทุน ผู้จัดทำมีความสนใจที่จะพัฒนาการจัดเส้นทางการขนส่งเพื่อรับส่งชิ้นส่วนยานยนต์ที่ต้องการระบบการจัดเส้นทางที่เหมาะสม ลดระยะทางและต้นทุนในการรับส่งชิ้นส่วนมากที่สุด เพื่อให้กระบวนการผลิตมีความรวดเร็วมากขึ้นและเป็นไปตามเวลาที่วางแผนไว้ อีกทั้งเพื่อให้ให้ธุรกิจอยู่รอดและเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันให้มีประสิทธิภาพ

บริษัทกรณีศึกษาได้ทำการว่าจ้างบริษัทผู้ประกอบการขนส่งสินค้าทำหน้าที่ในการดำเนินการขนส่งสินค้าและกิจกรรมต่าง ๆ ในการขนส่ง แต่ปัญหาหลักที่พบคือการจัดเส้นทางการขนส่งในปัจจุบันที่ถูกออกแบบไว้โดยผู้ประกอบการขนส่งสินค้าตั้งแต่เริ่มต้นซึ่งขาดประสิทธิภาพและไม่สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงต่อความต้องการของผู้ผลิตชิ้นส่วน (Supplier) ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ในบางเส้นทางมีการขนส่งสินค้าที่ไม่มีประสิทธิภาพเกิดขึ้น โดยมีจำนวนสินค้าที่ถูกบรรทุกในปริมาณที่น้อยกว่า 50 เปอร์เซนต์ ทำให้มีต้นทุนการขนส่งที่สูงขึ้นในทุก ๆ ปี ซึ่งเป็นภาระที่บริษัทกรณีศึกษาต้องรับผิดชอบ

งานปริญญานิพนธ์เล่มนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อศึกษาปัญหาการขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ของบริษัทกรณีศึกษาเพื่อหาเส้นทางในการขนส่งที่เหมาะสมและพัฒนาการประสิทธิภาพในการขนส่ง จัดเส้นทางการเดินรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ขนส่งเพื่อรับส่งชิ้นส่วนยานยนต์จากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์มายังโรงงานประกอบยานยนต์ กรณีศึกษาไปยังกลุ่มผู้ผลิตที่มีตำแหน่งที่ตั้งทั่วประเทศไทยทั้งหมด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาเส้นทางที่เหมาะสม ลดระยะทางในการขนส่งชิ้นส่วนมากที่สุด เพื่อให้กระบวนการผลิตมีความรวดเร็วมากขึ้นและเป็นไปตามเวลาที่วางแผนไว้ ผู้จัดทำได้ทำการนำเสนอ VRP โดยประยุกต์เทคนิคการแก้ปัญหา (Solution Techniques) เช่น วิธีฮิวริสติกส์อย่างง่าย วิธีเมต้าฮิวริสติกส์ ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย มีความน่าเชื่อถืออย่างมีประสิทธิภาพสามารถหาค่าคำตอบที่ดีมากขึ้นและสร้างสถานการณ์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อสร้างตัวแบบสำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับชิ้นส่วนยานยนต์แบบมีกรอบเวลาด้วยวิธีฮิวริสติกส์แบบเพื่อนบ้านใกล้สุดร่วมกับกับวิธีเชิงพันธุกรรมและวิธีการสุ่มร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
2. เพื่อสร้างตัวแบบสำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งแบบมีกรอบเวลาด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม
3. เพื่อหาวิธีการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสม

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. ศึกษาปัญหา
2. คลังสินค้ามีเพียงที่เดียว
3. สามรถไปรับสินค้ากับผู้ผลิตชิ้นส่วนแต่ละรายได้หลายครั้ง
4. มีการกำหนดกรอบเวลาในการขนส่งสินค้า
5. การขนส่งในแต่ละครั้งจะต้องเริ่มจากคลังสินค้าและสิ้นสุดที่คลังสินค้า
6. รถที่ใช้ในการขนส่งมีรูปแบบเดียวกัน คือ รถบรรทุก 6 ล้อ
7. รถขนส่งสินค้าจำกัดความเร็วที่ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
8. รถที่ใช้ในการขนส่งสินค้ามีอัตราการบรรทุกจำกัดอยู่ที่ 27.88 ลูกบาศก์เมตร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เส้นทางการขนส่งที่เหมาะสมที่สุดสามารถลดระยะทางการขนส่งสินค้าได้
2. สามารถขนส่งสินค้าได้อย่างถูกต้องตามจำนวนที่ลูกค้าตองการ
3. ได้ตัวแบบสำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าแบบมีกรอบเวลาด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรมเพื่อประยุกต์ใช้แก้ปัญหาในกรณีศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2
แนวความคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปริญญานิพนธ์หัวข้อ การพัฒนาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสำหรับชิ้นส่วนยานยนต์ กรณีศึกษาโรงงานประกอบยานยนต์ครั้งนี้ ผู้จัดทำได้รวบรวมเนื้อหาต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงการจัดเส้นทางเดินรถให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล นำเสนอปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem: VRP) ที่จะช่วยแก้ไขกระบวนการขนส่ง (Logistics) โดยสามารถแบ่งประเภทการสร้างกรอบการทำงานที่มีลักษณะต่าง ๆ เช่น ปัญหาการจัดเส้นทางเส้นทางเดินรถบรรทุกแบบระบุน้ำหนัก (Capacitated Vehicle Routing Problem: CVRP) ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งแบบมีกรอบเวลา (Vehicle Routing Problem with Time Windows: VRPTV) เป็นต้น ตามวัตถุประสงค์หรือเงื่อนไขที่กำหนด รวมถึงการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิคแก้ปัญหา (Solution Techniques) เข้ามาช่วยวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา จากหลักการเบื้องต้นดังกล่าวจะนำมาปรับปรุงพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของระบบการขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์มายังโรงงานประกอบรถยนต์ โดยรายละเอียดแสดงดังต่อไปนี้

2.1 โลจิสติกส์
2.2 ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem: VRP)
2.3 เทคนิคการแก้ปัญหา (Solution Techniques)
2.4 วิธีแม่นตรง (Exact Approaches)
2.5 วิธีฮิวริสติกส์ (Simple Heuristics)
2.6 วิธีการเมต้าฮิวริสติก (Metaheuristics)
2.7 วิธีการเชิงพันธุกรรม
2.8 แนวคิดที่ใช้วิธีการเชิงพันธุกรรมในงานวิจัย
2.9 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.1 โลจิสติกส์

โลจิสติกส์ (Logistics) คือ กระบวนการวางแผนและดำเนินการขนส่งและจัดเก็บสินค้าอย่างมีประสิทธิภาพตั้งแต่ต้นทางจนถึงจุดบริโภค เป้าหมายของโลจิสติกส์คือการตอบสนองความต้องการของลูกค้าในเวลาที่เหมาะสมและคุ้มค่า โลจิสติกส์เกี่ยวข้องกับการผสมผสานของ ข้อมูล การขนส่ง การบริหารวัสดุคงคลัง การจัดการวัตถุดิบ การบรรจุหีบห่อ โลจิสติกส์เป็นช่องทางหนึ่งของห่วงโซ่อุปทานที่เพิ่มมูลค่าของการใช้ประโยชน์ของเวลาและสถานที่ สรุปง่าย ๆ ก็คือ ทุกอย่างที่มีเกี่ยวกับการขนส่งจะเกี่ยวข้องกับโลจิสติกส์ทั้งหมด เป้าหมายของโลจิสติกส์ นั้นเพื่อให้ลดค่าใช้จ่าย ลดระยะเวลาในการขนส่ง ลดปัญหาต่าง ๆ ทุกอย่างที่จะเกิดขึ้นโดยใช้ต้นทุนน้อยที่สุด โลจิสติกส์เกี่ยวข้องกับการผสมผสานของ ข้อมูล การขนส่ง การบริหารวัสดุคงคลัง การจัดการวัตถุดิบ การบรรจุหีบห่อ โลจิสติกส์เป็นช่องทางหนึ่งของห่วงโซ่อุปทานที่เพิ่มมูลค่าของการใช้ประโยชน์ของเวลาและสถานที่

ปัจจุบันโลจิสติกส์ถือว่ามีบทบาทสำคัญมากทั้งในด้านธุรกิจ อุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น โรงงานที่ทำการผลิตหรือประกอบผลิตภัณฑ์ ร้านขายของชำ ซูเปอร์มาร์เก็ต ร้านค้าปลีกขนาดใหญ่ หรือ ร้านค้าปลีกลูกโซ่สหกรณ์ผู้บริโภค เป็นจุดที่รวมกำลังซื้อของผู้บริโภค และบริษัทย่อยส่วนใหญ่มีบริษัทอื่นเป็นเจ้าของและเฟรนไชส์ เป็นเจ้าของจุดขายแม้ว่าจะใช้แบรนด์ของบริษัทอื่น ล้วนแล้วแต่ต้องมีการนำโลจิสติกส์ไปใช้ ซึ่งอุตสาหกรรมโลจิสติกส์เติบโตและเปลี่ยนแปลงไปพร้อม ๆ กับการเปลี่ยนแปลงของธุรกิจ ในยุคที่มี เทคโนโลยีมารบกวนทำให้ธุรกิจออฟไลน์เปลี่ยนมาลงทุนและแข่งขันบนแพลตฟอร์มออนไลน์มากขึ้น กลายเป็น ธุรกิจอีคอมเมิร์ซ (E-Commerce) ดังนั้นอุตสาหกรรมการขนส่งและโลจิสติกส์จึงมีการพัฒนาตามไปด้วยอยู่เสมอ เมื่อตลาดอีคอมเมิร์ซเติบโตขึ้น ธุรกิจโลจิสติกส์ต่างแข่งขันกันพัฒนา ด้วยการเพิ่มบริการที่เข้าไปช่วยธุรกิจได้มากขึ้น ทั้งการนำข้อมูลด้านโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน เข้ามาใช้เพื่อพัฒนาบริการ อาทิ การวางแผนเส้นทางการเดินรถ การนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยด้านขนส่ง กระจายสินค้า การใช้ Global Positioning System (GPS) การปรับราคาบริการเพื่อลดต้นทุนให้ธุรกิจได้มากที่สุด หรือจุดเด่นด้านการขนส่ง จึงเน้นความเร็วเป็นหลักอีกด้วย

การจัดการโลจิสติกส์ คือ แนวทางการจัดการกระบวนการทำงานหรือการปฏิบัติการในขั้นตอนต่าง ๆ ครอบคลุมทั้งห่วงโซ่อุปทาน ตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบเผื่อผลิต การผลิตสินค้า และการจัดส่งสินค้าให้ถึงลูกค้าปลายทาง ซึ่งอาจแตกต่างออกไปตามวิธีการดำเนินธุรกิจของแต่ละธุรกิจ แต่มีเป้าหมายเพื่อจัดการให้การทำงานเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว และมีต้นทุนน้อยที่สุด เมื่อการจัดการโลจิสติกส์มีประสิทธิภาพจะช่วยส่งเสริมการทำงานภายในองค์กรให้ดีขึ้นไปด้วย โดยจะเกิดขึ้นในกิจกรรมใด ๆ ก็ตามในห่วงโซ่อุปทานที่เกี่ยวข้องกับสินค้า ไม่ว่าจะเป็นการวางแผนครอบคลุมตั้งแต่การผลิตสินค้า การจัดเก็บ การไหลเวียนของสินค้า ไปจนถึงการส่งสินค้าให้ถึงมือผู้บริโภค เป็นต้น ซึ่งจุดนี้เองที่แต่ละธุรกิจสามารถใช้ข้อมูลทางด้านโลจิสติกส์เพื่อนำไปวิเคราะห์ต้นทุน ลดต้นทุน และพัฒนาธุรกิจ ซึ่งถือเป็นการเพิ่มความได้เปรียบในการแข่งขันในตลาดอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

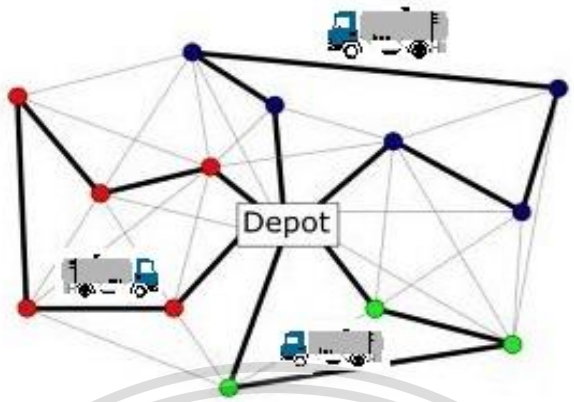
เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าให้ลูกค้าพึงพอใจมากที่สุด ดังนั้นการจัดการโลจิสติกส์ที่ดีจะช่วยให้ธุรกิจสามารถทำงานได้รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่วนการจัดการโลจิสติกส์ที่ดีนั้นต้องอาศัยข้อมูลในอดีต เพื่อนำมาปรับปรุง พัฒนาการทำงานในปัจจุบัน โดยการจัดการให้การไหลเวียนของวัตถุดิบ และกระบวนการไหลเวียนของข้อมูลให้มีประสิทธิภาพ

2.2 ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem: VRP)

Tonci Caric (2008) ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถเป็นปัญหาการเพิ่มประสิทธิภาพแบบผสมผสานกับปัญหาการเขียนโปรแกรม มีวัตถุประสงค์คือการค้นหาชุดเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด ระยะทางรวมน้อยที่สุด สำหรับกลุ่มยานพาหนะทุกคันให้มีการเดินทางเพื่อส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าไปยังสถานที่ตั้ง Ekim Ozaydin (2013) ปัญหาพื้นฐานในการกำหนดเส้นทางคือ Travelling Salesman Problem (TSP) ซึ่งพนักงานขายต้องไปเยี่ยมเมืองหลายเมืองซึ่งต้องกลับไปยังเมืองเดิมที่เขาเริ่มต้น ปัญหาเส้นทางยานพาหนะ (VRP) คือ m-TSV (TSP พร้อมยานพาหนะ m) ที่ความต้องการเชื่อมโยงกับแต่ละเมืองและระบบมีข้อ จำกัด หลายประการ VRP ถูกกำหนดขึ้นครั้งแรกโดย Dantzig และ Ramser ในปี พ.ศ. 2502 ปัญหานี้สามารถกำหนดได้ว่าเป็น "การออกแบบชุดเส้นทางรถที่มีต้นทุนขั้นต่ำการเริ่มต้นและการสิ้นสุดที่สถานีขนส่งส่วนกลางสำหรับกลุ่มยานพาหนะที่ให้บริการกลุ่มลูกค้าที่มีความต้องการเป็นที่รู้จัก VRP เกี่ยวข้องกับการกำหนดเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดโดยกลุ่มยานพาหนะซึ่งตั้งอยู่ที่คลังสินค้าอย่างน้อยหนึ่งแห่งเพื่อให้บริการลูกค้ากลุ่มหนึ่ง Toth and Vigo (2002) ที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งพื้นฐานในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้านั้นจะคล้ายกับการแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายแต่จะมีเงื่อนไขเพิ่มขึ้นมาเช่น ความจุของรถขนส่งสินค้า เป็นต้น ซึ่งหลักการ VRP นี้ประกอบด้วยรถขนส่งจำนวนมากขึ้น ทำให้เกิดเส้นทางเดินรถหลายเส้นทาง หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า VRP ประกอบด้วย TSP ที่มีความอิสระต่อกันจำนวนหลายเส้นทาง ตัวอย่างปัญหาจริงที่สามารถจัดเป็น VRP ได้แก่ การส่งไปรษณีย์ การส่งหนังสือพิมพ์ หรือการขนส่งสินค้าทั่วไป เป็นต้น หลักการ VRP เป็นหลักการที่เก่าแก่และเป็นขั้นตอนที่มีความท้าทาย ปรากฏในบทความของ George Dantzig and John Ramser ในปีคริสต์ศักราช 1959 เป็นผู้ริเริ่มขั้นตอนวิธีการที่มีการเขียนแนวทางและนำไปใช้ครั้งแรกกับการส่งน้ำมัน

หลักการ VRP คือมีจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดที่ศูนย์การกระจายสินค้า รถจะวิ่งไปตามเส้นทางที่จะส่งสินค้าโดยพิจารณาถึงเงื่อนไขหรือข้อจำกัดต่าง ๆ เช่น เวลาที่ใช้ ระยะทางในการเดินทาง จำนวนยานพาหนะที่ใช้ในการเดินทาง เป็นต้น ตัวอย่างหากรถขนส่งสินค้าบรรจุสินค้าของลูกค้าที่ได้รับการบริการจากรถขนส่งเกินความจุของรถขนส่งสินค้า รถจะกลับมาที่จุดเริ่มต้นคือศูนย์การกระจายสินค้า โดยทั่วไปลักษณะของหลักการ VRP จะแสดงรูปแบบของเครือข่ายการขนส่งจากคลังสินค้าไปยังลูกค้า ณ จุดต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.1

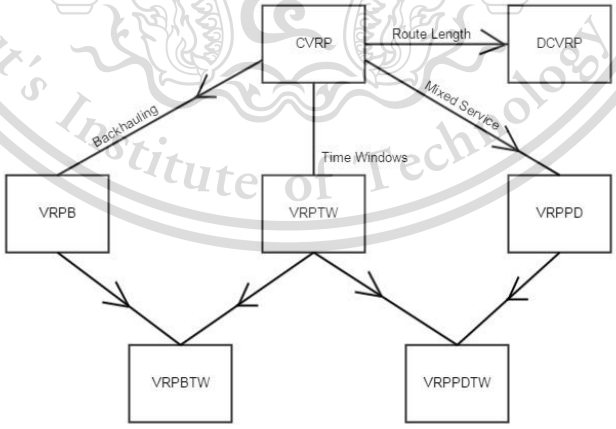
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.1 เครือข่ายการขนส่งของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (VRP)

2.2.1 ประเภทของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ

ในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมา ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem: VRP) เป็นหนึ่งในปัญหาที่ได้รับการศึกษามากที่สุดในเอกสารการวิจัยการดำเนินงาน (Operations Research) และตัวแปรต่าง ๆ ได้รับความนิยมมากขึ้นเรื่อย ๆ เป็นหนึ่งในปัญหาที่ถูกนำไปใช้มากที่สุดในหลายอุตสาหกรรมตั้งแต่การค้าปลีกไปจนถึงการดูแลสุขภาพแต่ลักษณะปัญหาและสมมติฐานแตกต่างกันไปจะมีเงื่อนไขและข้อกำหนดต่าง ๆ โดยมีรายละเอียดปัญหาย่อยดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาย่อยทั่วไปของ VRP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ประเภทของปัญหาย่อย VRP แบ่งย่อยได้ 7 ประเภทดังนี้

1.ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถบรรทุกแบบระบุน้ำหนัก (Capacitated Vehicle Routing Problem: CVRP) คือ Natalie Helal (2017) ปัญหาสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพคอมบิเนเตอร์ที่ทำให้เกิดงานวิจัยจำนวนมากโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการหาระยะทางสั้นสุดจากการเดินทางผ่านบัพหรือจุดยอดทุกบัพจำนวน n บัพอย่างน้อย 1 ครั้ง โดยแต่ละบัพหรือจุดยอดจะมีปริมาณสินค้าที่ต้องการอยู่ โดยในการเดินทางจากจุดเริ่มต้นกลับมาจุดเริ่มต้นเพื่อขนส่งสินค้าให้ตามปริมาณความต้องการในแต่ละบัพหรือจุดยอดจะต้องบรรทุกสินค้ารวมทั้งหมดไม่เกินน้ำหนักที่บรรจุได้สูงสุด โดยรถบรรทุกในแต่ละคันมีน้ำหนักที่บรรจุได้บอกไว้และทราบจำนวนรถบรรทุกที่แน่นอน

2.ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถแบบมีกรอบเวลา (Vehicle Routing Problem with Time Windows: VRPTW) คือ ปัญหาการเลือกช่วงเวลาในการเดินทางเพื่อให้มีระยะเวลาเดินทางรวมต่ำที่สุดโดยมีระยะเวลาในการเดินทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลายทางเดียวกันใน แต่ละช่วงเวลาที่แตกต่างกันไปตามสภาพการจราจรในระหว่างวัน ดังนั้นปัญหาของการเดินทางให้ถึงจุดหมายปลายทางภายในกรอบเวลาที่กำหนด (Time Window) และมีเป้าหมายเพื่อให้ใช้เวลาที่น้อยที่สุดเป็นปัญหาสำคัญของการเดินทาง ซึ่งบางครั้งการออกเดินทางในช่วงเวลาที่มาก่อนก็ไม่ได้หมายความว่าจะถึงที่หมายเร็วกว่าการออกเดินทางในช่วงเวลาที่มาทีหลัง ซึ่งระยะเวลาที่ใช้เดินทางนั้นจะแปรผันตามสภาพการจราจรในแต่ละช่วงเวลา เช่น ในช่วงเวลาเร่งด่วนสภาพการจราจรจะหนาแน่นมากกว่าในช่วงเวลาปกติ ในปัจจุบันมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการเลือกช่วงเวลาเดินทางที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น รวมถึงมีการพัฒนาโปรแกรมการค้นหาเส้นทางที่ใช้ระยะเวลาในการเดินทางน้อยที่สุดระหว่าง 2 สถานที่ใด ๆ ดังเช่น มีการศึกษาเวลาเดินทางในโครงข่ายถนนในกรุงเทพฯ โดยใช้ข้อมูลสภาพการจราจรแบบเรียลไทม์และข้อมูลพยากรณ์สภาพการจราจรระหว่างการเดินทางมาประมาณระยะเวลาในการเดินทางระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางใด ๆ ในโครงข่ายถนนโดยผู้ใช้งานจะทราบถึงเส้นทางและระยะเวลาในการเดินทางที่คาดหวัง (Expected Travel Time) โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานโดยสามารถกำหนดกรอบเวลาที่จุดปลายทางได้รวมทั้งประมาณเวลาที่ควรเริ่มต้นออกเดินทางและแนะนำเส้นทางที่ใช้ระยะเวลาน้อยที่สุดให้ด้วย

3.ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถแบบขนส่งเที่ยวกลับ (Vehicle Routing Problem with Backhauls: VRPB) คือ ปัญหาที่เป็นส่วนขยายของ VRP แบบคลาสสิกที่เกี่ยวข้องกับทั้งจุดส่งมอบและจุดรับสินค้า จุด Linehaul (จุดส่งมอบ) คือไซต์ที่รับสินค้าจำนวนหนึ่งจากศูนย์กระจายสินค้า ส่วน Backhaul (จุดรับสินค้า) คือไซต์ที่ส่งสินค้าจำนวนหนึ่งกลับไปที่ศูนย์กระจายสินค้า เนื่องจากปัญหาการส่งของให้ลูกค้าระยะไกลที่ใช้เวลาเดินทางเป็นเวลานานและต้องวิ่งกลับด้วยการบรรทุกเที่ยวเปล่า ข้อจำกัดที่สำคัญระหว่างลูกค้าขาไป (Linehaul) และลูกค้าขากลับ (Backhaul) คือเส้นทางที่ต้องจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้าขาไปก่อนลูกค้าขากลับ ปริมาณความต้องการของลูกค้าอาจเป็นการส่งมอบสินค้าหรือเก็บคืนสินค้า เส้นทางที่ใช้ต้องผ่านลูกค้าครบทุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ราย การบรรทุกสินค้าต้องไม่เกินความสามารถในการรับน้ำหนักของรถบรรทุกโดยไม่สามารถแยกสินค้าหรือทยอยบรรทุกได้ เส้นทางที่ใช้เป็นเส้นทางที่สั้นที่สุดถ้าทีการส่งสินค้าต้องทำการส่งสินค้าก่อน

4.ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถแบบระบุน้ำหนักและข้อจำกัดของระยะทางด้วย (Capacitated and Distance-Constrained VRP: DCVRP) คือ ปัญหาการขนส่งสินค้าให้ได้ปริมาณตามความต้องการของลูกค้าแต่ละรายด้วยรถบรรทุกจำนวน m คัน โดยกำหนดให้รถบรรทุกทุกคันมีความสามารถในการบรรทุกเท่าลูกค้าจะรับสินค้าจากรถบรรทุกได้เพียงคันเดียว โดยเส้นทางที่ใช้ต้องเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุดและผ่านลูกค้าครบทุกราย

5.ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถแบบเก็บคืนและส่งมอบ (Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery: VRPPD) คือ เมื่อรถบรรทุกทำการรับสินค้าจากจุดรับแล้ว จะต้องไปส่งสินค้ายังลูกค้าเป้าหมายที่ต้องการที่กำลังบรรทุกอยู่ก่อนที่จะไปรับสินค้าที่ลูกค้ารายอื่นได้โดยปัญหาในการจัดส่งสินค้าครั้งหนึ่ง นอกจากจะระบุถึงจุดรับและจุดส่งสินค้า จำนวนเที่ยวในการรับและส่งสินค้าแล้วอาจจะระบุเวลาในการรับส่งสินค้าอีกด้วย ผู้วางแผนการจัดส่งจะต้องคำนึงเงื่อนไขและข้อจำกัดเช่น การจัดส่งแต่ละคำสั่งการส่งสินค้า การจัดลำดับการไปรับและส่งสินค้าให้สามารถจัดส่งสินค้าทั้งหมดได้ภายในกรอบเวลาของคำสั่งการส่งสินค้าและไม่เกินความสามารถในการบรรทุก

6.ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถแบบขนส่งเที่ยวกลับโดยมีข้อจำกัดของเวลา (Vehicle Routing Problem with Backhaul and Time Windows: VRPBTW) เป็นปัญหาย่อยของปัญหาที่ 2 โดยพิจารณาเงื่อนไขช่วงเวลาการขนส่งไปและกลับประกอบไปด้วย

7.ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถแบบเก็บคืนและส่งมอบโดยมีข้อจำกัดของเวลา (Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery and Time Windows: VRPPDTW) เป็นปัญหาย่อยของปัญหาที่ 3 โดยพิจารณาเงื่อนไขช่วงเวลาการขนส่งไปและกลับประกอบไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.1 ลักษณะของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ

ลักษณะของปัญหา	ทางเลือก
1. จำนวนของยานพาหนะ (Number of Vehicle)	จำนวน 1 คัน, จำนวนหลายคัน
2. ประเภทของยานพาหนะ (Vehicle type)	ประเภทเดียวกัน, หลายประเภท, ชนิดพิเศษ
3. โรงจอดรถ (Depot) หรือคลังสินค้า (Warehouse)	มีเพียงแห่งเดียว, มีหลายแห่ง
4. ความต้องการในการขนส่ง (Transport Demand)	รู้ความต้องการที่แน่นอน, ไม่รู้ความต้องการที่แน่นอน, รู้ความต้องการเพียงบางส่วน
5. จุดกำเนิดความต้องการ (Demand Location)	ที่ตำแหน่ง (Node), ที่เส้นทาง (Section Line), ที่ตำแหน่งและเส้นทาง (Mixed)
6. ความสามารถในการบรรทุกของยานพาหนะ (Vehicle Capacity)	เท่ากันทั้งหมด, ไม่เท่ากัน, ไม่จำกัด
7. เวลาในการขนส่งที่ยอมให้มากที่สุด (Maximum Travel Time)	แต่ละเส้นทางเท่ากันทั้งหมด, แต่ละเส้นทางไม่เท่ากัน, แต่ละเส้นทางไม่จำกัด
8. เส้นทางเครือข่าย (Network Type)	ไม่มีทิศทาง, มีทิศทาง, แบบผสม, แบบเรขาคณิต
9. ขั้นตอนการดำเนินงาน (Operating Procedure)	รับอย่างเดียว, ส่งอย่างเดียว, แบบผสม, แบบกลุ่ม
10. ต้นทุน (Cost)	ต้นทุนแปรผัน, ต้นทุนคงที่, ค่าเสียโอกาส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.2 ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบมีกรอบเวลา

ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบมีกรอบเวลา (Vehicle Routing Problem with Time Window: VRPTW) เป็นส่วนหนึ่งของการจัดการด้านการขนส่งและโลจิสติกส์ ในการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งจากคลังสินค้า ไปยังลูกค้าที่ กระจายอยู่ตามจุดต่าง ๆ ซึ่งเป็นปัญหาการตัดสินใจที่มี ความซับซ้อนในระดับเอ็นพีฮาร์ด (NP-Hard Problem) ซึ่งเป็นส่วนขยายของ VRP ปกติที่พบบ่อยมากในการตัดสินใจเกี่ยวกับการกระจายสินค้าและบริการ Tan et al., 2000 VRPTW สามารถระบุได้ดังต่อไปนี้ ให้สถานีขนส่งกลางกองยานพาหนะและกลุ่มลูกค้าที่มีความต้องการที่ทราบ (เช่นปริมาณสินค้าที่จะส่งมอบบางส่วน) ค้นหาชุดของเส้นทางปิดต้นทางและสิ้นสุดที่คลังที่ให้บริการลูกค้าทุกคนด้วยต้นทุนขั้นต่ำ ยิ่งไปกว่านั้นแต่ละเส้นทางต้องเป็นไปตามข้อจำกัด ด้านความจุและเวลา ซึ่ง VRPTW ชุดของตัวแปรการตัดสินใจจะถูกเพิ่มเข้าไปในแบบจำลองเพื่อระบุเวลาที่เริ่มให้บริการเป็นตัวแปรการตัดสินใจโดยพิจารณาจากลูกค้าการหาผลเฉลยที่เหมาะสมด้วยวิธีแม่นตรง (Exact Method) จึงกระทำได้ยากโดยเฉพาะเมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ และมีเงื่อนไขเพิ่มมากขึ้น ปัจจุบันนักวิจัยมีความพยายามในการค้นหาวิธีการในการแก้ปัญหาดังกล่าว ซึ่งแต่ละวิธีมีความเหมาะสม และใช้งานได้ดีเฉพาะบางปัญหา เมื่อความต้องการสินค้าของลูกค้ามากกว่าความสามารถในการบรรทุกสินค้าของรถขนส่ง คันหนึ่ง ๆ ซึ่งเงื่อนไขดังกล่าวเป็นเงื่อนไขที่เพิ่มขึ้นจากปัญหา VRPTW แบบดั้งเดิม เพื่อให้สอดคล้องกับปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากปัญหานี้เป็นปัญหาระดับเอ็นพีฮาร์ด ขั้นตอนวิธีส่วนมากที่ใช้ในการ แก้ปัญหาจึงเป็นเทคนิคฮิวริสติกส์ (Heuristic) และเมต้าฮิวริสติกส์ (Meta-heuristic)

2.2.3 รูปแบบเชิงคณิตศาสตร์สำหรับ VRPTW

การสร้างรูปแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Yang, 2008) ประกอบด้วยฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์และฟังชั่นเงื่อนไขที่สอดคล้องกับปัญหาดังกล่าว ซึ่งรูปแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่นำมาเป็นแนวทางนำไปสู่การพัฒนาขั้นตอนวิธีเมต้าฮิวริสติกส์สำหรับ VRPTW ทั่วไปประกอบด้วยตัวแปรตัดสินใจ ดังนี้

- AT_i เวลาที่รถบรรทุกมาถึงลูกค้า i (Arrival Time)
- X_{ijk} 1 ถ้ารถขนส่ง K ถูกจัดให้ส่งสินค้าจากลูกค้า i ไป j
  0 กรณีอื่นๆ

มีการใช้สัญกรณ์ (Notation) สำหรับปัญหา VRPTW ดังนี้

- N คือ จำนวนลูกค้า
- M คือ จำนวนรถบรรทุก
- C คือ ความสามารถในการขนส่งของรถบรรทุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- D_i คือ ความต้องการสินค้าของลูกค้า i
- S_i คือ เวลาในการให้บริการลูกค้า i
- d_{ij} คือ ระยะทางระหว่างลูกค้า i ไปยังลูกค้า j
- E_i คือ เวลาที่อนุญาตให้รถบรรทุกมาถึงลูกค้า i ได้เร็วที่สุด (Earliest Arrival Time)
- L_i คือ เวลาที่อนุญาตให้รถบรรทุกมาถึงลูกค้า i ได้ช้าที่สุด (Latest Arrival Time)
- t_{ij} คือ เวลาในการเดินทางระหว่างลูกค้า i ไปยังลูกค้า j

มีฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ ดังนี้

$$\sum_{k=1}^{M}\sum_{i=0}^{N}\sum_{j=0}^{N} d_{ij}x_{ijk} \tag{2.1}$$

Subject to

$$\sum_{i=0}^{N}\sum_{k=0}^{M} x_{ijk} = 1 \qquad \forall_j = 2,3,...,N \tag{2.2}$$

$$\sum_{j=0}^{N}\sum_{k=0}^{M} x_{ijk} = 1 \qquad \forall_i = 2,3,...,N \tag{2.3}$$

$$\sum_{t=0}^{N} D_t\left(\sum_{j=0}^{N} x_{ijk}\right) \le C \qquad \forall_k = 1,2,...,M \tag{2.4}$$

$$\sum_{j=1}^{N} x_{0jk} \le 1 \qquad \forall_k = 1,2,...,M \tag{2.5}$$

$$\sum_{i=0}^{N} x_{iuk} = \sum_{j=0}^{N} x_{ujk} \qquad \forall_k = 1,2,...,M \text{ และ } \forall_u = 2,3,...,N \tag{2.6}$$

$$\sum_{i=1}^{N} x_{i0k} \le 1 \qquad \forall_k = 1,2,...,M \tag{2.7}$$

$$AT_{jk} \le AT_{ik} + S_i + t_{ij} + X(1 - x_{ijk}) \qquad \text{ถ้า } i \ne j, \forall_i = 1,2,...,N, \forall_j = 2,3,...,N,$$
$$\forall_k = 1,2,...,M \tag{2.8}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

$$AT_{jk} \geq AT_{ik} + S_i + t_{ij} - X(1 - x_{ijk}) \quad \text{ถ้า } i \neq j, \forall_i = 1,2,...,N, \forall_j = 2,3,...,N, \forall_k = 1,2,...,M \tag{2.9}$$

$$E_i \leq AT_{ik} \leq L_i \quad \forall_i = 2,3,...,N, \forall_k = 1,2,...,M \tag{2.10}$$

$$y_{ik} - y_{jk} + Nx_{ijk} \leq N - 1 \quad \text{ถ้า } i \neq j, \forall_{i,j} = 2,3,...,N, \forall_k = 1,2,...,M \tag{2.11}$$

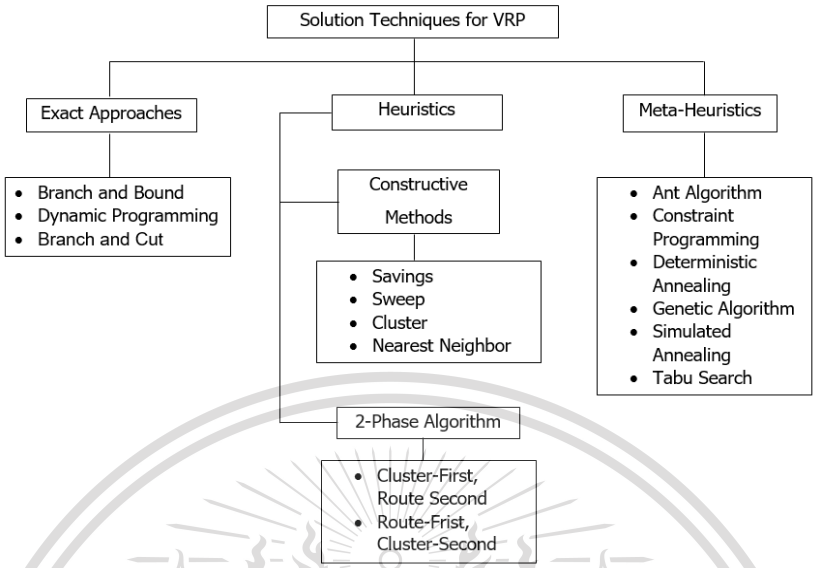
$$x_{ijk} = \{0,1\} \quad \forall_{i,j} = 1,2,...,N, \forall_k = 1,2,...,M \tag{2.12}$$

โดยที่สมการ (2.1) คือ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่แสดงระยะทางรวมที่สั้นที่สุด สมการที่ (2.2) และ (2.3) เพื่อให้แน่ใจว่าจะมีรถบรรทุกอย่างน้อย 1 คัน ทำการส่งสินค้าให้กับลูกค้าแต่ละราย สมการที่ (2.4) คือ จำนวนความต้องการของสินค้าของลูกค้าโดยรวมในแต่ละเส้นทางจะต้องไม่เกินกว่าปริมาณความจุใน ตู้สินค้าของรถบรรทุก สมการที่ (2.5) และ (2.7) คือ เพื่อให้แน่ใจว่าในแต่ละเส้นทางจะมีรถบรรทุกเพียง 1 คันเท่านั้นที่เคลื่อนที่ออกและกลับมายังคลังสินค้าในแต่ละรอบของการขนส่ง สมการที่ (2.6) เพื่อให้แน่ใจว่ารถแต่ละคันในแต่ละเส้นทางมีความต่อเนื่องในการขนส่ง สมการที่ (2.8) และ (2.9) เวลาสำหรับการเดินทางระหว่างลูกค้าสองรายที่ต่อเนื่องกัน โดยคำนึงถึงกรอบเวลา สมการที่ (2.10) เวลาในการมาถึงของรถบรรทุกต้องอยู่ในกรอบเวลาที่ลูกค้าแต่ละรายได้กำหนดไว้สมการที่(2.11) และป้องกันการเกิดเส้นทางย่อย (Sub-Tour) ขึ้น

2.3 เทคนิคการแก้ปัญหา (Solution Techniques)

ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถนั้นจำเป็นอย่างมากที่ต้องใช้เทคนิคต่าง ๆ เข้ามาช่วยในการหาค่าคำตอบที่ดีมากขึ้นโดยการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากไม่มีอัลกอริทึมที่แน่นอนที่สามารถรับประกันได้ว่าจะหาค่าคำตอบที่ดีสุดภายในเวลาที่เหมาะสมในการคำนวณเมื่อจำนวนเมืองหรือตำแหน่ง (Node) มาก ซึ่งเกิดจาก NP-Hard ของปัญหาโดยสิ่งที่ใกล้เคียงที่สุดคือการวิเคราะห์เทคนิคการแก้ปัญหาแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ วิธีแม่นตรง (Exact Approaches) วิธีฮิวริสติกส์อย่างง่าย (Simple Heuristics) และวิธีเมต้าฮิวริสติกส์ (Meta Heuristics) หรือสามารถอธิบายได้จากรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.3 ประเภทของเทคนิคการแก้ปัญหา (Solution Techniques)

2.4 วิธีการแม่นตรง (Exact Approaches)

วิธีการแม่นตรง (Exact Approaches) วิธีการนี้จะใช้พื้นฐานจากโปรแกรมเชิงเส้นตรง โปรแกรมจำนวนเต็ม หรือวิธีการอื่น ๆ เป็นวิธีการคำนวณทุกทางเลือกขอผลเฉลยที่จำทำให้ได้ค่าที่ดีที่สุด เช่น วิธีการตัดแบบระนาบ (Cutting Plane Method) วิธีแตกกิ่งและจำกัดเขต (Branch and Bound Method) ซึ่งเหมาะสำหรับปัญหา VRP ที่มีขนาดเล็กได้ ต้องใช้คอมพิวเตอร์ในการประมวลผลที่มีประสิทธิภาพสูง และใช้เวลานานในการประมวลผล วิธีกำหนดการเชิงพลวัต (Dynamic Programming) เป็นกระบวนการในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนโดยการแบ่งปัญหาให้เป็นปัญหาย่อยที่สามารถแก้ได้ง่ายกว่า และนำปัญหาย่อยเหล่านั้นมารวมกันเป็นคำตอบใหญ่

2.5 วิธีฮิวริสติกส์อย่างง่าย (Simple Heuristics)

วิธีการฮิวริสติกส์ (Heuristics) เป็นหนึ่งในเทคนิคที่ใช้แก้ปัญหาเส้นทางในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมโดยใช้การประเมินและการตัดสินใจเป็นวิธีลัดทางความคิดโดยเพ่งความสนใจไปยังส่วนหนึ่งของปัญหาที่ซับซ้อนแล้วไม่ใส่ใจในส่วนอื่น กฎเหล่านี้ทำงานได้ดีในสถานการณ์โดยมากแต่สามารถนำไปสู่ความผิดพลาดอย่างเป็นระบบ ซึ่งอาจเป็นความผิดพลาดโดยตรรกะสามารถช่วยในการแก้ไขปัญหาอย่างง่ายเพื่อให้คำตอบที่รวดเร็วที่สุด วิธีฮิวริสติกสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.วิธีการเชิงสร้างสรรค์ (Constructive Methods) เป็นวิธีการฮิวริสติกส์ประเภทหนึ่งเริ่มต้นโดยไม่มีคำตอบและค่อย ๆ หาคำตอบอย่างซ้ำ ๆ จนกว่าจะได้คำตอบที่สมบูรณ์ คือ วิธีการสร้างสรรค์ที่เป็นไปได้จากคลังเก็บสินค้า (Depot) ไปสู่จุดลูกค้าโดยการคำนึงถึงข้อจำกัดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และพยายามลดค่าใช้จ่ายให้มากที่สุด วิธีการแก้ปัญหาเส้นทางในกลุ่มนี้ ได้แก่

1.1 วิธีการอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) คือ การกำหนดเส้นทางโดยมุ่งเน้นเส้นทางที่ประหยัดเรียงตามค่าการประหยัด (Savings) จากมากที่สุดไปน้อยที่สุด วิธีการถูกเสนอโดย Clarke and Wright (1964) เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับหลักการ TSP และ VRP ในทางปฏิบัติเพราะเป็นวิธีที่ง่ายแม้ว่าวิธีนี้จะไม่ได้ประกันถึงการให้ตอบที่ดีที่สุดก็ตาม สำหรับปัญหาการตัดสินใจที่มีขนาดไม่ใหญ่นัก โดยวิธีอัลกอรึทึมแบบประหยัดของ Clarke and Wright นั้นเมทริกซ์ระยะทาง d_{ij} ถูกอธิบายไว้ในสมการ

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \tag{2.13}$$

ค่าการประหยัด (Savings) ระหว่างลูกค้า i และ j สามารถคำนวณได้จาก

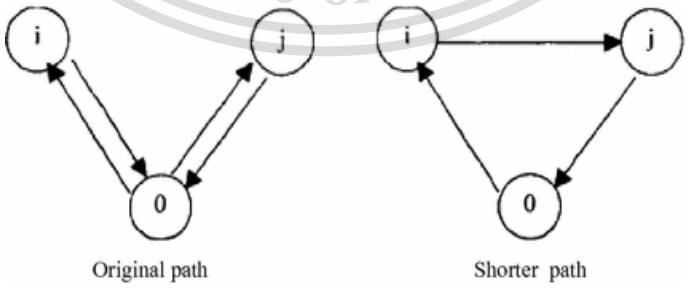
$$s_{i,j} = d_{1,j} + d_{j,1} - d_{i,j} \tag{2.14}$$

โดยที่ $s_{i,j}$ คือ ค่าประหยัดของเส้นทางลูกค้า i ไปลูกค้า j

$d_{1,j}$ คือ ระยะทางระหว่างลูกค้า Depot ไปลูกค้า i

$d_{j,1}$ คือ ระยะทางระหว่างลูกค้า j ไป Depot

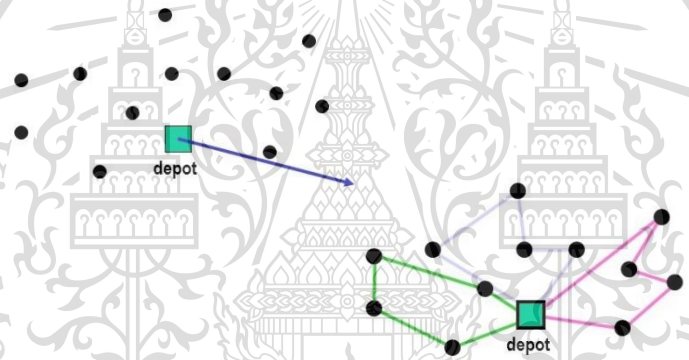
$d_{i,j}$ คือ ระยะทางระหว่างลูกค้า i ไปลูกค้า j



รูปที่ 2.4 ขั้นตอนวิธีแบบประหยัด (Saving Algorithm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

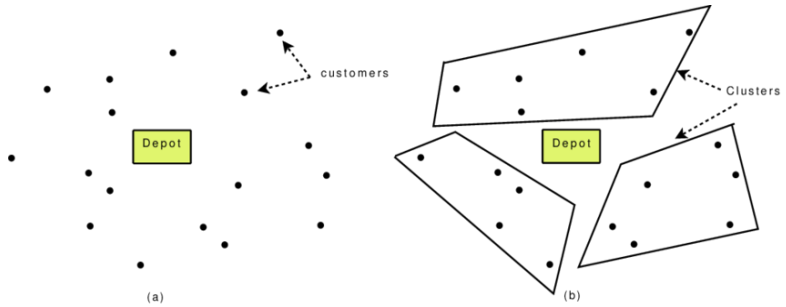
1.2 ขั้นตอนวิธีแบบกวาด (Sweep Algorithm) คือ กระบวนการของอัลกอริทึมที่ใช้แนวความคิดการกวาดหรือการกวาดพื้นผิวเพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ในปริภูมิยูคลิด (Euclidean Space) ใช้หลักการทางแผนภาพโวโรโนอิ (Voronoi Diagram) คือการแบ่งระนาบออกเป็นส่วน ๆ ใกล้เคียงกับชุดของวัตถุแต่ละชุด ในกรณีที่ง่ายที่สุดวัตถุเหล่านี้เป็นเพียงจุดที่แน่นอนในระนาบ (เรียกว่าเมล็ดพืชไซต์หรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้า) สำหรับเมล็ดพืชแต่ละเมล็ดจะมีพื้นที่ที่สอดคล้องกันซึ่งประกอบด้วยจุดทั้งหมดของระนาบใกล้กับเมล็ดนั้นมากกว่าเมล็ดอื่น ๆ บริเวณเหล่านี้เรียกว่าเซลล์โวโรโนอิ เป็นหนึ่งในเทคนิคสำคัญในเรขาคณิตเชิงคำนวณแนวคิดประเภทนี้คือการจิตนาการว่าเส้นแนวตั้งถูกกวาดหรือเคลื่อนผ่านระนาบและหยุดในบางจุด การดำเนินการทางเรขาคณิตถูกจำกัดไว้เฉพาะวัตถุทางเรขาคณิตที่ตัดกันหรืออยู่ในบริเวณใกล้เคียงของเส้นกวาดเมื่อใดก็ตามที่หยุดและวิธีแก้ปัญหาที่สมบูรณ์จะพร้อมใช้งานเมื่อเส้นผ่านเหนือวัตถุทั้งหมด



รูปที่ 2.5 ขั้นตอนวิธีแบบกวาด (Sweep Algorithm)

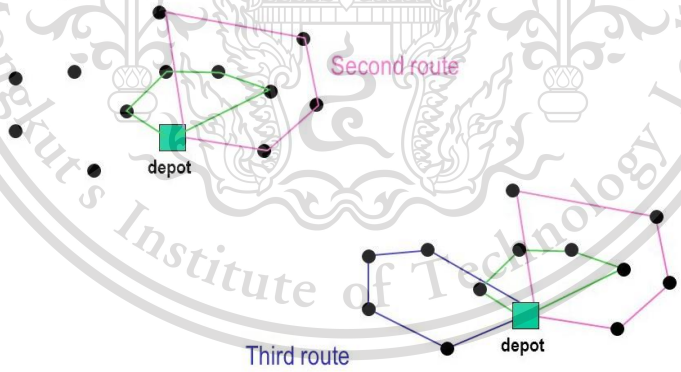
1.3 การวิเคราะห์แบบจัดกลุ่ม (Cluster Analysis) คือ การจัดกลุ่มชุดของวัตถุในลักษณะที่วัตถุในกลุ่มเดียวกัน (เรียกว่าคลัสเตอร์) มีความคล้ายคลึงหรือใกล้เคียงกันมีการกล่าวครั้งแรกโดย Driver and Kroeber ในปีคริสศักราช 1932 เป็นงานหลักในการค้นหาข้อมูลเชิงสำรวจและเป็นเทคนิคทั่วไปสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ใช้กันหลากหลายสาขาวิชา แนวคิดจะช่วยลดขนาดข้อมูล คือ แยกเป็นหลาย ๆ กลุ่มและคัดเฉพาะบางกลุ่มเพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป หรือแยกการวิเคราะห์ออกเป็นสำหรับแต่ละกลุ่ม ก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีการอื่นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.6 การวิเคราะห์แบบจัดกลุ่ม (Cluster Analysis)

1.4 ขั้นตอนวิธีแบบเพื่อนบ้านใกล้สุด (Nearest Neighbor Algorithm) คือ Pop et al. ขั้นตอนค้นหาจุดส่งที่อยู่ใกล้กับจุดส่งจุดสุดท้ายมากที่สุดโดยที่มีปริมาณสินค้าไม่เกินความจุของรถที่ใช้ในการขนส่งสินค้า ซึ่งพิจารณาจากการสร้างเส้นทางเริ่มจากการกำหนดจุดเริ่มต้นของเส้นทางโดยเป็นจุดที่อยู่ใกล้กับคลังสินค้ามากที่สุด ทำการค้นหาจุดที่อยู่ใกล้กับจุดสุดท้ายของเส้นทางมากที่สุด เพิ่มจุดนั้นเข้ามาอยู่ในเส้นทางหากผลรวมของความต้องการเกินนความจุของยานพาหนะจะต้องเริ่มต้นจากคลังสินค้าอีกครั้ง และทำซ้ำจนทุกจุดอยู่ในเส้นทางและทำการลากเส้นจากจุดสุดท้ายไปยังจุดเริ่มต้น



รูปที่ 2.7 ขั้นตอนวิธีแบบเพื่อนบ้านใกล้สุด (Nearest Neighbor Algorithm)

2.6 วิธีการเมต้าฮิวริสติก (Metaheuristics)

วิธีการประมาณคำตอบที่มีความน่าเชื่อถือเหมาะสำหรับการใช้แก้ปัญหาการวางแผนการผลิตและการจัดการโลจิสติกส์ สามรถลดระยะเวลาในการคำนวณปัญหาที่มีขนาดใหญ่ที่แก้ได้ยากอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ แม้ว่าผลเฉลยอาจไม่ใช่ผลเฉลยที่ให้ค่าเหมาะสมที่สุด แต่สามารถยอมรับและใช้เวลาค้นหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภายในระยะเวลาอันเหมาะสม วิธีการดังกล่าวได้รับการดัดแปลงวิธีฮิวริสติกส์ให้มีความยืดหยุ่นในการหาผลเฉลยของปัญหาการตัดสินใจใด ๆ ทำให้วิธีการเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในงานวิจัยทุกแขนง ตัวอย่างปัญหาที่เกี่ยวกับการจัดการการผลิตและโลจิสติกส์ที่หลากหลาย เช่น ปัญหาการหาขนาดการผลิตที่เหมาะสม ปัญหาการจัดลำดับการผลิต และปัญหาการหาเส้นทางการเดินทางของพนักงานขาย (TSP) รวมถึงตัวดำเนินการในวิธีเมตาฮิวริสติก (Metaheuristic Operators) ประเภทหลักของวิธีการเมตาฮิวริสติกที่พัฒนามาจากการค้นหาคำตอบเฉพาะที่พื้นฐาน (Basic Local Search) ได้แก่ ขั้นตอนวิธีการจำลองการอบอ่อน (Simulated Annealing Algorithm) ขั้นตอนวิธีการค้าหาแบบทาบู (Tabu Search) วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) วิธีการอาณานิคมมด (Ant Colony) เป็นต้น

2.7 วิธีการเชิงพันธุกรรม

ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) เป็นวิธีการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยใช้หลักการคัดเลือกแบบธรรมชาติและหลักการทางสายพันธุ์ เป็นการคำนวณอย่างหนึ่งที่สามารถกล่าวได้ว่ามี "วิวัฒนาการ" อยู่ในขั้นตอนของการค้นหาคำตอบ และได้รับการจัดให้เป็นวิธีหนึ่งในกลุ่มของการคำนวณเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary Computing) ซึ่งปัจจุบันเป็นที่ยอมรับและมีการนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุด Genetic Algorithm หรือเรียกโดยย่อว่า "GA" ถูกคิดค้นขึ้นครั้งแรกเมื่อประมาณปี ค.ศ. 1975 โดย John Holland ใช้แนวคิดเรื่องพันธุศาสตร์และ "การอยู่รอดของคนที่เหมาะสมที่สุด" เพื่อสร้างวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมใกล้เคียงที่สุด Vickie Dawn Wester (1993) แนวคิดพื้นฐานที่อยู่เบื้องหลังอัลกอริทึมนี้คือวิธีแก้ปัญหาที่ดีจะยังคงอยู่ในประชากรและผลิตซ้ำต่อไปเพื่อสร้างประชากรที่ดีขึ้น ในขณะที่ประชากรที่ไม่พึงปรารถนาที่สุดจะสูญพันธุ์ไปในที่สุด โดยจำลองเอาแนวคิดของการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตในระบบชีววิทยามาใช้ในการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ซึ่งได้รับความนิยมและเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางโดยการเผยแพร่ของ Holland ในหนังสือชื่อ "Adaptation in Natural and Artificial Systems" หนังสือดังกล่าวได้ตีพิมพ์เป็นครั้งแรกในปี ค.ศ.1975 หลังจากนั้นจึงมีการประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ กันอย่างแพร่หลายพร้อม ๆ กับการศึกษาและพัฒนาองค์ประกอบต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นและเป็นวิธีการค้นหาคำตอบที่เหมาะที่สุดเชิงผสมผสาน (Combinatorial Optimization) แบบปัญญาเชิงคำนวณที่สามารถในการค้นหาคำตอบอย่างชาญฉลาดและลดความยุ่งยากในขั้นตอนต่าง ๆ ของการค้นหาลงไปซึ่งวิธีการค้นหาคำตอบดังกล่าวนี้มีข้อได้เปรียบและมีความแตกต่างไปจากวิธีดั้งเดิม เช่น การใช้โปรแกรมเชิงเส้น วิธีการค้นหาผลเฉลย ปัจจุบันจึงเห็นได้ว่ามีการนำเอาไปประยุกต์ในเกือบจะทุกสาขาวิชา

วิธีการเชิงพันธุกรรมเป็นอัลกอริธึมการค้นหาแบบฮิวริสติกส์แบบปรับได้ซึ่งอยู่ในส่วนที่ใหญ่กว่าของอัลกอริทึมวิวัฒนาการ อัลกอริธึมพันธุกรรมขึ้นอยู่กับแนวคิดของการคัดเลือกโดยธรรมชาติและพันธุศาสตร์การค้นหาแบบสุ่มที่มีข้อมูลในอดีตเพื่อนำการค้นหาพันธุกรรมที่มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

มักใช้เพื่อสร้างพันธุกรรมคุณภาพสูงสำหรับปัญหาการเพิ่มประสิทธิภาพและปัญหาการค้นหาอัลกอริธึมทางพันธุกรรมจำลองกระบวนการคัดเลือกโดยธรรมชาติซึ่งหมายถึงสิ่งมีชีวิตที่สามารถปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงในสภาพแวดล้อมของพวกมันสามารถอยู่รอดและแพร่พันธุ์และไปยังรุ่นต่อไปได้ ตามคำกล่าวของนักวิทยาศาสตร์ชื่อ Charles Davin “เผ่าพันธุ์ที่มีความแข็งแรงสูงสุดเท่านั้นที่จะสามารถดำรงชีวิตอยู่ต่อไปได้ (Survival of The Fittest)” หรือก็คือพวกเขาจำลอง “การอยู่รอดของคนที่เหมาะสมที่สุด” ในแต่ละรุ่นที่ต่อเนื่องกันเพื่อแก้ปัญหาแต่ละรุ่นประกอบด้วยประชากรของแต่ละบุคคลและแต่ละคนเป็นตัวแทนของพื้นที่ในการค้นหาและทางออกที่เป็นไปได้ แต่ละตัวจะแสดงเป็นสตริงของอักขระ จำนวนเต็ม บิต สตริงนี้คล้ายคลึงกับโครโมโซมเป็นวิธีการค้นหาที่เลียนแบบสิ่งมีชีวิต เพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด (Optimization) มีแนวคิดมาจากการคัดสรรเพื่อให้ได้ผู้รอดชีวิต (Survivor) ที่แข็งแกร่งที่สุดผ่านทางพันธุกรรม (Genetic) โดยใช้ประชากรของโครโมโซมที่เป็นฐานสอง เมื่อโครโมโซมมีจำนวนบิตมากขึ้นการค้นหาอาจจะต้องใช้เวลามากขึ้น วิธีการค้นหาจะค้นหาโดยใช้กลุ่มหรือประชากรของคำตอบ การค้นหาแบบดำเนินการสุ่ม

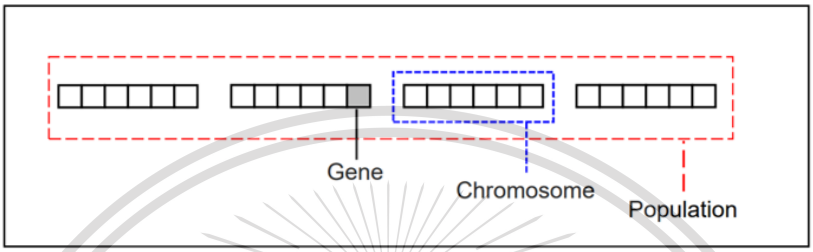
ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเป็นวิธีการหาคำตอบที่ช่วยในการหาคำตอบของปัญหาโดยการเลียแบบวิธีทางพันธุกรรมทางธรรมชาติได้อย่างสมเหตุสมผล หรือค่อนข้างน่าเชื่อถือแต่ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมีปริภูมิการค้นหาที่ใหญ่และซับซ้อนขนาดของปริภูมิของปัญหาเป็นปัจจัยหนึ่งที่กำหนดความยากง่ายของปัญหาเนื่องจากคุณสมบัติการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมตามธรรมชาติ ซึ่งจะนำค่าที่เหมาะสมที่สุดจากประชากรรุ่นก่อนมาใช้พิจารณาในการหาคำตอบของประชากรรุ่นถัดมาซึ่งมีการใช้ ตัวดำเนินการ (Operator) คือ การเลือก (Selection) การสลับสายพันธ์ (Crossover) และการกลายพันธุ์ (Mutation) เป็นตัวสุ่มในการหาคำตอบในบริเวณของปัญหาซึ่งช่วยให้มีความหลากหลาย (Diversity) ในการหาคำตอบทุกปัญหา ทั้งนี้เพราะการค้นหาจะต้องทำในปริภูมิการค้นหา (Search Space) ที่มีขนาดใหญ่กว่า

2.8 แนวคิดที่ใช้วิธีการเชิงพันธุกรรมในงานวิจัย

วิธีเชิงพันธุกรรมหรือเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms: GA) เป็นวิธีการค้นหาที่เลียนแบบการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติ เจเนติกอัลกอริทึมจะค้นหาโดยใช้กลุ่มหรือประชากรของคำตอบการคำนวณหาการดำเนินงานแบบสุ่มโดยมีค่าความเหมาะสมของคำตอบเป็นตัวกำหนดทิศทางคำตอบแต่ละตัวจะถูกเข้ารหัส (Encode) ในรูปแบบของ Vector โดยแทนรหัสในรูปของตัวอักษร (Alphabet) ซึ่งปกติเรามักแทนด้วย {0, 1} แทนที่การเลือกหรือไม่เลือกเส้นทางการขนส่งหรืออาจเป็นอักษรตัวอื่น ๆ ในปริภูมิการค้นหา (Search Space) มีตัวแปรที่หลากหลายโดยที่คำตอบ (Chromosome) ประกอบด้วย ตัวแปร (Gene) ได้หลายตัวอยู่ในรูปของโครโมโซม (Chromosome) ที่เป็นเลขฐานสอง โครโมโซมแต่ละตัวในกลุ่มประชากรเดียวกันจะมีจำนวนบิตเท่ากัน ดังรูปที่ 2.1 แสดงจำนวนประชากร (Population) โครโมโซม (Chromosome) และยีน (Gene)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หากเปรียบเทียบจะเห็นได้ว่ามีหลายเส้นทางที่สามารถไปยังผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในแต่ละผู้ผลิตและกลับมายังโรงงานผลิตหรือเปรียบกับพันธุกรรมก็คือโครโมโซม ดังนั้นหากเราต้องการได้ระยะทางทางการขนส่งที่สั้นสุด หรือได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) เราจะต้องคัดสรรโครโมโซมที่ดีที่สุด เพื่อซึ่งได้ระยะทางการขนส่งที่สั้นสุดโดยใช้วิธีเชิงพันธุกรรมมาปรับใช้ในการหาระยะทางการขนส่งที่เหมาะสมที่สุด



รูปที่ 2.8 แสดงจำนวนประชากร โครโมโซม และ ยีน

2.9 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุกรรม

ขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) เป็นขั้นตอนในการค้นหาคำตอบให้กับระบบและเป็นเครื่องมือในการช่วยคำนวณประเภทหนึ่ง ซึ่งจัดเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. การสร้างกลุ่มประชากรเบื้องต้น (Initial Population Creating) การสร้างกลุ่มประชากรเบื้องต้น คือ การสร้างคำตอบเบื้องต้นขึ้นมาจำนวนหนึ่งเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการของเจเนติกอัลกอริทึม โดยคำตอบ 1 คำตอบ คือคำตอบของประชากร 1 ตัว

2. การวัดค่าเหมาะสม (Fitness) การวัดค่าเหมาะสม ทำหน้าที่ในการพิจารณาความเหมาะสมของผลลัพธ์ในฟังก์ชั่นจากสมการแทนค่าคำตอบ (Fitness Function) หรือการพิจารณาว่า ทายาท (Offspring) ที่ได้นั้นมีความเหมาะสมที่จะดำรงอยู่ในธรรมชาติต่อไปหรือไม่

3. การคัดเลือกสายพันธุ์ (Selection) การคัดเลือกสายพันธุ์สามารถทำได้หลายวิธี แต่ละวิธีมีแนวความคิดคล้าย ๆ กัน คือ จะต้องทำการเลือกโครโมโซมที่ดีในระบบเป็นต้นกำเนิดประชากรในรุ่นใหม่ (New Population) เพื่อให้กำเนิดลูกหลานรุ่นถัดไป

4. ตัวดำเนินงานตามพันธุกรรม (Genetic Operator) คือกรรมวิธีการเปลี่ยนแปลงโครโมโซมด้วยวิธีการทางสายพันธุ์ เป็นขั้นตอนการสร้างสร้างประชากรรุ่นใหม่โดยการเลือกโครโมโซมที่ดีมาและทำตามกระบวนการดังนี้

4.1. การครอสโอเวอร์ (Crossover) การครอสโอเวอร์ เป็นการนำเอาโครโมโซม 2 ตัวมาผสมกันเพื่อให้ได้โครโมโซมตัวใหม่เป็นขั้นตอนที่ทั้งโครโมโซมพ่อและแม่ (Parents) ดำเนินการแลกเปลี่ยนยีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

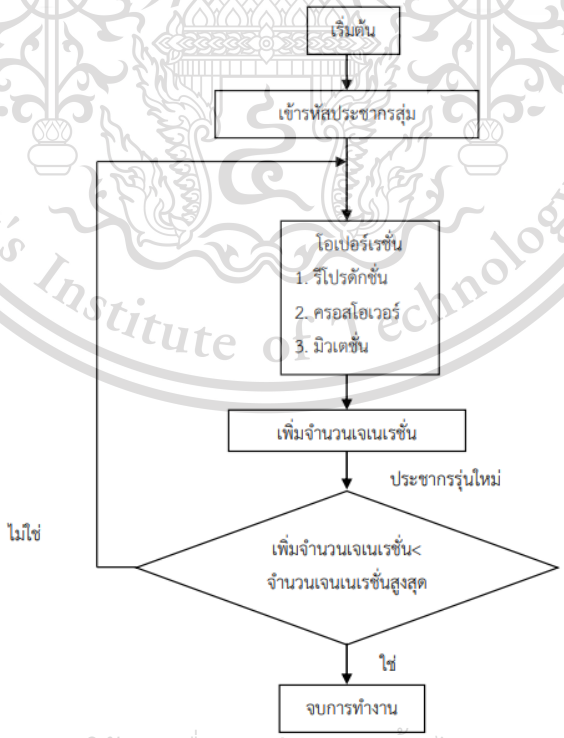
ระหว่างกันเพื่อสร้างโครโมโซมชุดใหม่คือโครโมโซมลูก (Offspring) โดยทั่วไปการแลกเปลี่ยนยีนข้ามโครโมโซมมีความน่าจะเป็น (Crossover Probability)

4.2 การกลายพันธ์ (Mutation) การกลายพันธ์เป็นการสร้างโครโมโซมตัวใหม่โดยนำโครโมโซมจากรุ่นก่อนมาปรับเปลี่ยนส่วนใดส่วนหนึ่งอย่างสุ่ม (Random)

5. การแทนที่ (Replacement) การแทนที่ คือ ขั้นตอนการนำลูกหลานกำเนิดใหม่ไปแทนที่ประชากรเก่าในรุ่นก่อน เป็นกระบวนการคัดเลือกว่าควรจะเอาลูกในกลุ่มใด จำนวนเท่าไหร่ ไปแทนที่ประชากรเก่าในกลุ่ม จะแสดงให้เห็นถึงความเหมือนกับการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติ สิ่งมีชีวิตที่มีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าจะสามารถอยู่รอดได้ในขณะที่สิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่ไม่สามารถปรับตัวเองได้จะต้องสูญพันธุ์ไปการปรับตัวดังกล่าวแสดงว่าสิ่งมีชีวิตนั้นมีวิวัฒนาการเกิดขึ้น

ปัจจุบันได้มีการทดลองการจำลองวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตในระบบธรรมชาติกล่าวคือกระบวนการภายในของเจเนติกอัลกอริทึมทำให้คำตอบของระบบที่มีอยู่เกิดวิวัฒนาการในตัวเองอันจะนำไปสู่การปรับตัวให้กลายเป็นคำตอบที่ดีกว่าและรายละเอียดต่าง ๆ ขององค์ประกอบในวัฏจักรเจเนติกอัลกอริทึม

2.9.1 ขั้นตอนการทำงานของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมอย่างง่าย



รูปที่ 2.9 แสดงขั้นตอนการทำงานของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมอย่างง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ขั้นตอนวิธีการทำงานของวิธีการเชิงพันธุกรรมอย่างง่าย (Simple Genetic Algorithm: SGA) ดังแสดงรูปที่ 2.9 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การเข้ารหัสและสร้างประชากรเริ่มต้นอย่างสุ่ม

ขั้นตอนแรกของวิธีการเชิงพันธุกรรม คือการเข้ารหัสหรือแปลงค่าพารามิเตอร์ให้อยู่ในรูปของสตริงที่มีความยาวแน่นอน ซึ่งวิธีการเข้ารหัสนี้ขึ้นกับรูปแบบของปัญหาแต่ละปัญหา สำหรับวิธีการเชิงพันธุกรรมอย่างง่ายใช้การเข้ารหัสแบบไบนารี่ (Binary Coding)

ตัวอย่างเช่นต้องการหาค่าสูงสุดของฟังก์ชั่น $f(x) = x^2$ โดยที่ x มีค่าอยู่ระหว่าง [0, 31] ในที่นี้ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ (Objective Function) คือ $f(x)$ หรือ x^2 ซึ่งวิธีการเข้ารหัสไบนารี โดยแปลงค่าพารามิเตอร์ x ให้อยู่ในรูปไบนารี 5 บิท จะได้ค่าพารามิเตอร์ของ x จะมีค่าอยู่ในช่วง 00000 จนถึง 11111 (0 ถึง 31)

เมื่อกำหนดวิธีการเข้ารหัสแล้วจำเป็นที่จะต้องสร้างประชากรเริ่มต้น (Initial Population) โดยวิธีการสุ่มเพื่อที่จะผ่านขั้นตอนของวิธีการเชิงพันธุกรรมอย่างง่ายต่อไป สมมติว่าทำการสุ่มประชากรเริ่มต้น 4 สตริง ได้เป็นค่าสตริงของประชากรเริ่มต้นนี้เกิดจากการสุ่มค่าทั้งหมด 20 ครั้ง สตริงแต่ละตัวทำการสุ่ม 5 ครั้ง

01101

11000

01000

10011

2. ประชากรรุ่นเก่า

ประชากรรุ่นเก่า (Old Population) คือ สตริงที่จะถูกคัดเลือกไปเป็นต้นแบบสำหรับสร้างประชากรรุ่นใหม่ (New Population) โดยประชากรรุ่นเก่าชุดแรกคือ ประชากรเริ่มต้นนั่นเอง

3. การดำเนินการของวิธีการเชิงพันธุกรรมอย่างงาย

การดำเนินกรของวิธีพันธุกรรมอย่างง่าย (Simple Genetic Algorithm: SGA) ประกอบไปด้วยตัวปฏิบัติการ 3 อย่างคือการ รีโปรดักชั่น การครอสโอเวอร์ และการมิวเตชั่น ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 รีโปรดักชั่น (Reproduction) คือ กระบวนการที่สตริงแต่ละตัวเลียนแบบค่าฟังก์ชั่นเป้าหมาย f(x) โดยที่ฟังก์ชั่นนี้อาจเป็นการวัดผลตอบแทนค่าอรรถประโยชน์หรือสิ่งที่ต้องการให้เป็นค่าสูงสุดหรือ ค่าความเหมาะสม (Fitness) สตริงที่มีความเหมาะสมสูงกว่าก็จะมีความน่าจะเป็นในการสนับสนุน 16 ลูกหลานรุ่นต่อไปสูงด้วย ตัวปฏิบัติการนี้เกิดขึ้นจากกระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติตามทฤษฎี ผู้อยู่รอดที่มีความเหมาะสมในธรรมชาติจะมีความสามารถในการรอดพ้นจากผู้ล่า โรคภัยไข้เจ็บ อุปสรรค อื่น ๆ

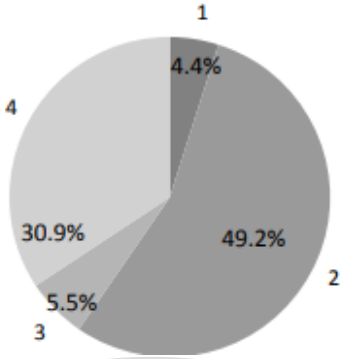
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ที่ต่อต้านการเจริญเติบโตเป็นผู้ใหญ่และสามารถสืบพันธุ์ต่อไปได้ ส่วนฟังก์ชั่นเป้าหมายจะเป็นสิ่งที่ใช้ พิจารณาว่าสตริงที่สร้างขึ้นจะมีชีวิตอยู่หรือตายจากไป ตัวปฏิบัติการการรีโปรดักชั่นสามารถสร้างขึ้นได้ หลายวิธี วิธีที่ง่ายวิธีหนึ่งคือสร้างจากวงล้อรูลเล็ทที่มีจำนวนช่องเท่ากับจำนวนประชากรสตริงและขนาด ของช่องก็เป็นสัดส่วนกับค่าความเหมาะสมดังรูปที่ 2.10 และค่าความเหมาะสมของฟังก์ชั่นเป้าหมายของ ประชากรแสดงในตารางที่ 2.2 ค่าความเหมาะสมทั้งหมดโดยรวมจะได้เท่ากับ 1170 และค่ารายละเอียด ต่าง ๆ จะแสดงดังตารางที่ 2.2 แสดงถึงวงล้อรูลเล็ทสำหรับการรีโปรดักชั่นซึ่งสร้างจากสัดส่วนของค่าความ เหมาะสมของสตริงทั้งหมด เช่น สตริงหมายเลข 1 มีค่าความเหมาะสมเป็นรีโปรดักชั่นจะหมุนวงล้อเป็น 169 หรือ 14.4% (169/1170) ของค่าความเหมาะสมโดยรวมของทั้งประชากร ในการทำรีโปรดักชั่น จะหมุนวงล้อเป็นจำนวน 4 ครั้งหรือเท่ากับจำนวนสตริง เช่น สตริงหมายเลข 1 มีค่าเป็น 169 คิดเป็น 14.4% ของค่าความเหมาะสมทั้งหมด ดังนั้นเมื่อหมุนรูลเล็ท 1 ครั้งก็จะมีความน่าจะเป็นที่ถูกเลือกเท่ากับ 0.144 ในการหมุนรูลเล็ทแต่ละครั้งจะได้ตัวแทนในการสืบพันธุ์ (Reproduction Candidate) สตริงที่มี ความเหมาะสมสูงจะถูกคัดเลือกสำหรับการสืบพันธุ์ การรีโปรดักชั่นสำหรับสตริงลูกหลานในรุ่นต่อไปเมื่อ สตริงมีรูปร่างที่แน่นอนแล้วก็จะถูกส่งไปเข้าเมทติ้งพูลเพื่อที่จะผ่านกระบวนการของตัวปฏิบัติการอื่นต่อไป

ตารางที่ 2.2 กลุ่มประชากรตัวอย่างและค่าความเหมาะสม

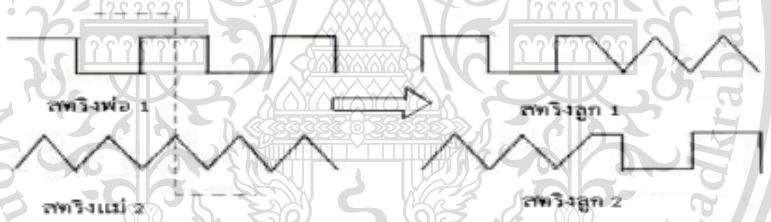
หมายเลขสริง	สตริง	ค่าความเหมาะสม	เปอร์เซ็นต์โดยรวม
1	01101	169	14.40
2	11000	576	49.20
3	01000	64	5.50
4	10011	361	30.90
รวม		1170	100.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.10 สัดส่วนกับค่าความเหมาสมในวงล้อรูลเล็ท

3.2 กระบวนการของการครอสโอเวอร์ (Crossover) จะกระทำหลังจากประชากรทั้งหมดผ่านกระบวนการรีโปรดักชั่นแล้วจะทำการจับคู่สมาชิกในเมทติ้งพูลหรือกลุ่มประชากรทั้งหมดอย่างสุ่มและทำการไขว้สลับค่าที่อยู่หลังตำแหน่งที่เลือกไว้จากการสุ่มหรือทำการแลกเปลี่ยนส่วนกันดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 การครอสโอเวอร์โดยเลือกตำเหน่งไขว้สุ่ม

การเลือกตำแหน่งที่จะทำการครอสโอเวอร์จะทำโดยการสุ่มค่าที่เป็นจำนวนเต็มตำแหน่งที่ k ช่วง ของสตริงที่เลือกจะอยู่ในช่วง [2, t-1] โดยที่ t คือ ตำแหน่งสุดท้ายของสตริงใหม่ทั้งสองก็จะมีการสลับ อักขระตั้งแต่ตำแหน่งที่ k+1 จนถึง t ยกตัวอย่างเช่น พิจารณาสตริง A1 และ A2 จากประชากรเริ่มต้น สมมุติว่าเลือกจำนวนสุ่มระหว่าง 1 ถึง 4 และได้ค่า k = 4 (แสดงโดยใช้สัญลักษณ์ “ |”แทนการแยก) ผล ของการครอสโอเวอร์สตริงที่เป็นประชากรรุ่นใหม่จะมีสัญลักษณ์ “ | ”

3.3 การมิวเตชั่น (Mutation) มิวเตชั่นเป็นสิ่งที่จำเป็นถึงแม้ว่ารีโปรดักชั่นและครอสโอเวอร์ช่วยให้การค้นหาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพบางครั้งก็มีการสูญเสียส่วนที่สำคัญไป (ค่า 1 หรือ 0 ในบางตำแหน่ง) การมิวเตชั่นจะป้องกันส่วนที่เสียที่ไม่อาจเรียกคืนได้ (Irrecovery Loss) ในบางครั้งการหาคำตอบของวิธีการเชิงพันธุกรรมอย่างง่ายคำตอบอาจติดอยู่ที่คำตอบที่ดีที่สุดเฉพาะที่ (Local Optimal) การมิวเตชั่น ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

อัตราส่วนที่เหมาะสมจะทำให้คำตอบสามารถหลุดออกจากคำตอบที่ดีที่สุดเฉพาะที่ (Local Optimal) หรืออาจกล่าวได้ว่าตัวปฏิบัติการมิวเตชั่นเป็นการเปลี่ยนค่าตำแหน่งสตริงแบบสุ่มจากปัญหาที่พิจารณาค่า จะเปลี่ยนแปลงจาก 0 เป็น 1 หรือ 1 เป็น 0 โดยการเลือกตำแหน่งที่จะทำการมิวเตชั่นแบบสุ่ม อัตราการ มิวเตชั่นในธรรมชาติจะมีค่าค่อนข้างต่ำในการนำไปใช้งานจะต้องมีการพิจารณาอย่างเหมาะสม

4. ประชากรรุ่นใหม่

ประชากรรุ่นใหม่ (New Population) สตริงทั้งหมดที่ได้จากกระบวนการของวิธีการเชิง พันธุกรรม เรียกว่าประชากรรุ่นใหม่หรือเจนเนอเรชั่น (Generation) รุ่นใหม่ซึ่งจะกลายเป็นประชากรรุ่นเก่าสำหรับการดำเนินการต่อไป กระบวนการของวิธีการเชิงพันธุกรรมจะทำซ้ำไปเรื่อย ๆ จนกว่าเจนเนเรชั่น จะมากกว่าจำนวนเจนเนอเรชั่นที่กำหนดไว้สูงสุด

Surech (1995) ได้พิจารณาถึงการหาขนาดของประชากรจากอัตราส่วนของวิธีการที่ทั้งหมดของคำตอบที่เป็นไปไม่ได้ และอัตราส่วนของวิธีการที่ทั้งหมดของคำตอบที่เป็นไปได้

$$\lim_{x\to\infty}\frac{n^n}{n!}\approx\lim_{x\to\infty}\frac{2\pi^2\left(\frac{n}{e}\right)^n}{n^n}$$

$$=\lim_{x\to\infty}\frac{(2\pi)^{1/2}}{e^n}=0 \qquad (2.15)$$

จากสมการที่ (2.15) ให้

n คือ ขนาดของปัญหา

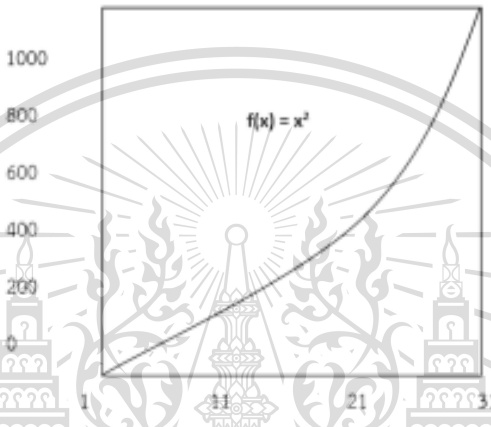
n! คือ จำนวนวิธีการที่จัดเรียงหรือจำนวนวิธีการจัดเรียงที่เป็นไปได้

n^n คือ จำนวนวิธีการที่จัดเรียงหรือจำนวนวิธีการจัดเรียงทั้งหมด สามารถสรุปได้ว่าความน่าจะเป็นของในการสร้างประชากรคำตอบอย่างสุ่มจะมีค่าเป็นศูนยเมื่อ n มี ค่ามากขึ้น สมมติว่า n มีค่าเป็น 8 ดังนั้น 8! / 8^8 = 1 / 416.1 = 2.403× 10^3 หรืออาจกลาวได้ว่าโอกาสที่จะได้คำตอบที่ถูกต้องเป็น 1 ใน 416 ของคำตอบที่เป็นไปไม่ได้ ถ้ากำหนดจำนวนประชากรเป็น 100 และทำการคำนวณเพียงแค 1 เจนเนเรชั่นก็ไม่อาจคาดได้ว่าจะได้คำตอบที่ดี การกำหนดจำนวนประชากรเริ่มตน และจำนวนของการเจนเนเรชั่นทั้งหมดจึงมีผลในการหาคำตอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.9.2 ตัวอย่างการใช้วิธีการเชิงพันธุกรรมในการหาคำตอบของฟังก์ชั่น

เนื้อหาในส่วนนี้จะเป็นการประยุกต์ใช้วิธีการเชิงพันธุกรรมในการแก้ปัญหาคำตอบที่เหมาะสม (Optimization) หาค่าสูงสุดของฟังก์ชั่น $f(x) = x^2$ ทีละขั้นตอน โดย x เป็นตัวแปรที่มีค่าเปลี่ยนแปลง ระหว่าง 1 ถึง 31 ดังรูปที่ 2.12 แสดงถึงลักษณะฟังก์ชั่น f(x) สำหรับปัญหานี้ของตัวแปร x จะถูกเข้ารหัสให้เป็นไบนารีที่มีความยาวสตริง 5 บิท



รูปที่ 2.12 ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ $f(x) = x^2$

วิธีการทำเริ่มจากเลือกประชากรแรกขึ้นมาอย่างสุ่มโดยประชากรเริ่มแรกจะได้มาจากการโยน เหรียญ 20 ครั้ง จากตาราง 2.3 จะเห็นได้ว่าสตริงหมายเลข 3 ซึ่งมีค่าเป็น 01000 (นำมาเข้าแปลงเป็น เลขฐานสิบ คือ 23 = 8) จากนั้นจะแปลงให้อยู่ในรูปฟังก์ชั่นเป้าหมาย $f(x) = x^2$ จะได้ค่าเป็น 64 สำหรับค่า x และ f(x) อื่น ๆ ก็คิดในลักษณะเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.3 การคำนวณหาคำตอบของ SGA กับฟังก์ชั่น $f(x) = x^2$

ก) การสุ่มสตริงเริ่มต้นและการรีโปรดักชั่น

หมายเลขสตริง	ประชากรเริ่มต้น (สร้างแบบสุ่ม)	ค่า x (Unsigned Integer)	$f(x)=x^2$	P select $f_i / \sum f$	Expected Count f_i / f	Actual Count (จากวงล้อลูทเล็ท)
1	01101	13	169	0.14	0.58	1
2	11000	24	576	0.49	1.97	2
3	01000	8	64	0.06	0.22	0
4	10011	19	361	0.31	1.23	1
ผลรวมค่าเฉลี่ยสูงสุด			1170	1.00	4.00	4.0
			293	0.25	1.00	1.0
			576	0.49	1.97	2.0

ข) การครอสโอเวอร์

หมายเลขสตริง	ประชากรเริ่มต้น (สร้างแบบสุ่ม)	ค่า x (Unsigned Integer)	$f(x)=x^2$	P select $f_i / \sum f$	Expected Count f_i / f	Actual Count (จากวงล้อลูทเล็ท)
1	01101	13	169	0.14	0.58	1
2	11000	24	576	0.49	1.97	2
3	01000	8	64	0.06	0.22	0
4	10011	19	361	0.31	1.23	1
ผลรวมค่าเฉลี่ยสูงสุด			1170	1.00	4.00	4.0
			293	0.25	1.00	1.0
			576	0.49	1.97	2.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หมายเหตุ

1. ประชากรเริ่มแรกทั้งสี่ตัว ในแต่ละตัวได้มาจากการสุ่มโยนเหรียญ 5 ครั้ง (มี 5 บิท)

2. รีโปรดักชั่นได้จากการหมุนวงล้อรูลเล็ท

3. ครอสโอเวอร์ได้จากการโยนเหรียญสองเหรียญแล้วทำการถอดรหัส (TT = 002 = 0 ตำแหน่งที่ ไขว้ คือ 1 HH = 112 = 3 = ตำแหน่งไขว้ คือ 4)

4. ความน่าจะเป็นของครอสโอเวอร์กำหนดให้เป็นหนึ่ง Pc = 1.0

5. ความน่าจะเป็นของมิวเตชั่นเป็น 0.001, Pm = 0.001 Expected Mutation = 5×4×0.001 จะมีค่าเท่ากับ 0.2 ไม่มีค่า Expected Mutation ระหว่างประชากรเดี่ยว

ประชากรรุ่นต่อไปจะเริ่มต้นกระบวนการด้วยการรีโปรดักชั่นจากเมทติ้งพูล การหมุนวงล้อรูลเล็ท 4 ครั้ง ได้สตริงหมายเลข 1 และ 4 ได้รับการคัดเลือกไปยังรุ่นต่อไป 1 ครั้ง สตริง หมายเลข 2 ได้รับการ คัดเลือกไปยังรุ่นต่อไป 2 ครั้ง สตริงหมายเลข 3 ไม่ได้รับการคัดเลือกไปยังรุ่นต่อไปเลย เมื่อเปรียบเทียบจำนวนครั้งที่ถูกคัดเลือกที่คาดหวังหรือ Expected Count (หาได้จาก fi /f) กับจำนวนครั้งที่ถูกคัดเลือก จริงจะเห็นได้ว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ค่าที่ดีที่สุดจะมีโอกาสที่จะถูกคัดเลือกมากกว่าส่วนค่าที่ไม่ดีก็จะตายจากไป

ขั้นตอนต่อไปคือการครอสโอเวอร์ซึ่งจะต้องมีการจับคู่กันระหว่างสตริงโดยมี 2 ขั้นตอน คือ

1. สตริงจะถูกจับคู่อย่างสุ่มโดยใช้วิธีการโยนเหรียญจับคู่

2. สตริงจะทำการครอสโอเวอร์โดยการโยนเหรียญเพื่อเลือกตำแหน่งที่จะไขว้ (Crossing Sites) เมื่อพิจารณาตาราง 2.3 (ข) จะเห็นได้ว่าจากการสุ่มจับคู่ในเมทติ้งพูล สตริงหมายเลข 2 จะจับคู่กับสตริงหมายเลข 1 และมีตำแหน่งการไขว้คือ 4 สตริงทั้งสองคือ 01101 และ 11000 เมื่อทำการไขว้จะ 21 ได้สตริงตัวใหม่ คือ 01100 และ 11001 สตริงที่เหลือมีเมทติ้งพูลจะทำการไขว้กันในตำแหน่งที่สอง ดังแสดง ในตารางที่ 2.3 (ข)

ตัวปฏิบัติการสุดท้าย คือ มิวเตชั่นซึ่งจะเปลี่ยนค่าเป็นบิทต่อบิท สมมุติความน่าจะเป็นของการ มิวเตชั่นในการทดสอบเป็น 0.001 ตำแหน่งที่จะเปลี่ยนแปลงทั้งหมดมี 20 บิท (ได้จากจำนวนสตริง ×จำนวนบิทของสตริงแต่ละตัว = 5×4 = 20) เพราะฉะนั้นตำแหน่งบิทที่จะมิวเตชั่นของประชากรรุ่นนี้ คือ 20×0.001 = 0.002 บิท จากการคำนวณจะเห็นได้ว่าไม่มีบิทใดต้องทำการมิวเตชั่นสำหรับค่าความน่าจะเป็นนี้ นั่นก็คือไม่มีบิทใดที่จะต้องเปลี่ยนค่าจาก 1 เป็น 0 หรือ 0 เป็น 1 สำหรับประชากรรุ่นนี้ แต่สมมุติว่าให้ตำแหน่งของบิทที่จะมิวเตชั่นของประชากรรุ่นคือ 5 ดังนั้นตำแหน่งบิทที่ 5 จะต้องทำการเปลี่ยนค่าจาก 0 เป็น 1 หรือ 1 เป็น 0

หลังจากผ่านการ รีโปรดักชั่น ครอสโอเวอร์ และมิวเตชั่น ประชากรรุ่นใหม่ก็พร้อมที่จะถูกทดสอบโดยทำการเข้ารหัสสตริงใหม่คำนวณหาค่า X และค่าฟังก์ชั่น f(x) ตารางที่ 2.3 (ข) แสดงถึงผลจากการ ทดลองจะเห็นได้ว่ากระบวนการที่เกี่ยวข้องกับความน่าจะเป็นทำให้ค่าสมรรถนะดีขึ้น ค่าความเหมาะสม ของประชากรโดยเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิม 293 เป็น 439 ในขณะที่ค่าความเหมาะสมสูงที่สุดมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 576

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เป็น 729 ถึงแม้ว่ากระบวนการสุ่มจะช่วยทำให้ค่าต่าง ๆ สูงขึ้น แต่ค่าต่าง ๆ ที่เพิ่มขึ้นเหล่านี้ไม่ใช่ ความบังเอิญ ค่าสตริงที่ดีที่สุดของประชากรเริ่มแรกคือ (11000) จะมีการเลียนแบบสองครั้งเนื่องจากเป็น ค่าที่สูงเกินกว่าค่าเฉลี่ยเมื่อรวมกับค่าสตริงตัวต่อไป (10011) แบบสุ่มและแบบทำการไขว้แบบสุ่มใน ตำแหน่งที่สองก็จะได้ผลลัพธ์เป็น (11011) ซึ่งก็จะได้เป็นค่าที่ดีเช่นกัน ค่าพารามิเตอร์ของวิธีการเชิงพันธุกรรมอย่างง่าย มีความสำคัญอย่างมากค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ในบางครั้งจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนไปตามรูปแบบของปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบที่ดี แต่บางครั้งก็ไม่อาจที่ จะหาคำตอบที่ดีได้เนื่องจาก (Michalewicz, 1992)

1. การเข้ารหัสของปัญหาผิดพลาด ให้วิธีการเชิงพันธุกรรมหาคำตอบผิดพลาด

2. ขีดจำกัดของจำนวนประชากร ในทางทฤษฎีแล้วมีค่าเป็นอนันต์

3. ขีดจำกัดของจำนวนเจนเนอเรชั่นในทางทฤษฎีแล้วมีค่าเป็นอนันต์ ค่าพารามิเตอร์ของวิธีการเชิงพันธุกรรมอย่างง่ายมีความสำคัญอย่างมากค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ใน บางครั้งจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนไปตามรูปแบบของปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบที่ดี

2.9.3 สรุปทฤษฎีวิธีการเชิงพันธุกรรม

วิธีการเชิงพันธุกรรมเป็นวิธีการค้นหาคำตอบวิธีหนึ่งโดยมีพื้นฐานจากกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติ ข้อดีของวิธีการเชิงพันธุกรรมเมื่อเปรียบเทียบกับการค้นหาแบบอื่นคือมีความคงทนต่อความ ไม่เที่ยงตรงแม่นยำและความไม่แน่นอนหรือคลุมเครือของปัญหาและสามารถควบคุมได้โดยมีความ น่าเชื่อถือและค่าใช้จ่ายต่ำ

วิธีการค้นหาของวิธีการเชิงพันธุกรรมจะแตกต่างกับวิธีการค้นหาและการคำตอบที่เหมาะสม (Optimization) แบบอื่น ๆ คือ

1. วิธีการเชิงพันธุกรรมจะใช้งานโดยการเข้ารหัสสตริงเป็นชุดพารามิเตอร์

2. วิธีการเชิงพันธุกรรมเป็นการค้นหาจากทั้งประชากรไม่ใช่เพียงตำแหน่ง ๆ เดียว

3. วิธีการเชิงพันธุกรรมจะใช้ข่าวสารที่เป็นผลลัพธ์ (ฟังก์ชั่นเป้าหมาย) โดยไม่ใช่อนุพันธ์หรือ อื่น ๆ

4. วิธีการเชิงพันธุกรรมจะเป็นวิธีที่ใช้ความน่าจะเป็นไม่ใช่ดีเทอร์มินิสติกโอเปอร์เรเตอร์ต่าง ๆ ของวิธีการเชิงพันธุกรรม ได้แก่ รีโปรดักชั่น คือกระบวนการคัดเลือกสตริงที่มีความเหมาะสมสูงเพื่อคำตอบเริ่มต้นให้กับประชากรรุ่นต่อไป โดยอาศัยทฤษฎีของชาร์ลดาร์วินที่ว่าสิ่งมีชีวิตที่แข็งแรงกว่ามีโอกาสอยู่ รอดในสภาวะนั้น ๆ ได้มากกว่า

5. การครอสโอเวอร์ คือ กระบวนการสร้างสตริงลูกหลานใหม่จากสตริงพ่อแม่

6. การมิวเตชั่น คือ กระบวนการที่ช่วยปรับปรุงสตริงให้ดีขึ้นหรือเลวลงโดยการเปลี่ยนแปลงค่าในบางตำแหน่งของสตริงเพื่อให้เกิดสตริงใหม่

7. พารามิเตอร์ต่าง ๆ ของวิธีการเชิงพันธุกรรม ได้แก่ จำนวนประชากร จำนวนเจนเนอเรชั่น ค่าความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์ค่าความน่าจะเป็นของการมิวเตชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

ในปริญญานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสำหรับชิ้นส่วนยานยนต์ กรณีศึกษาโรงงานประกอบยานยนต์ มีระเบียบวิธีการดำเนินงานวิจัยประกอบไปด้วย การศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูล การออกแบบเส้นทางการเดินรถด้วยมีกรอบเวลา (Vehicle Routing Problem: VRPTW) โดยมีรายละเอียดดังนี้ ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย การเขียนโปรแกรมเพื่อจัดการข้อมูลใน Excel VBA (Visual Basic Application) วิธีการฮิวริสติกส์โดยใช้วิธีการเพื่อนบ้านใกล้สุดร่วมกับวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm with Nearest Neighbor Heuristic) และวิธีการสุ่มร่วมกับวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm with Randomization) รวมถึงการประยุกต์ใช้โปรแกรม Evolver สำหรับการจัดเส้นทางการเดินรถ ค้นหาระยะทางระหว่างตำแหน่งสองจุด ค้นหาเส้นทางของรถบรรทุกแต่ละคัน และการศึกษาค่าตัวแปรที่เหมาะสมต่อวิธีเชิงพันธุกรรม ดังรายละเอียดแสดงดังหัวข้อต่อไปนี้

3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล
3.2 การเขียนโปรแกรมเพื่อจัดการข้อมูล Excel VBA
3.3 ขั้นตอนการออกแบบเส้นทางการเดินรถขนส่งสินค้าแบบมีกรอบเวลา
3.4 โครงสร้างของวิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้า
3.5 กระบวนการของวิธีเชิงพันธุกรรมกับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้า
3.6 ศึกษาค่าตัวแปรที่เหมาะสมต่อวิธีการเชิงพันธุกรรมโดยโปรแกรม MINITAB
3.7 การประยุกต์ใช้โปรแกรม Evolver สำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ

3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล

การศึกษาและรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนนี้ เป็นการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดเส้นทางของรถบรรทุก รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำไปพิจารณาในการวางแผนการจัดเส้นทาง โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1. ข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษา

โดยประชากรที่ใช้เพื่อนำไปพิจารณาในการวางแผนการจัดเส้นทางการเดินรถของโรงงานกรณีศึกษาประกอบด้วย

1.1 โรงงานกรณีศึกษา ได้แก่ โรงงานประกอบยานยนต์อยู่ 3 แห่ง และคลังสินค้า 1 แห่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.2 บริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์มีจำนวนทั้งหมด 28 แห่ง 121 รายการสินค้า

1.3 รถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่งสินค้าเป็นประเภท 6 ล้อ โดยมีความจุในการบรรทุกอยู่ที่ 27.88 ลูกบาศก์เมตร

2. ด้านพื้นที่

การวางแผนการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าของโรงงานกรณีศึกษาไปยังบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ 28 แห่ง มีพื้นที่อยู่ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ และระยอง โดยแผนที่ระยะทางที่นำมาอ้างอิงจาก Google Maps ซึ่งโรงงานกรณีศึกษาจะใช้เส้นทางการขนส่งสินค้าเฉพาะเส้นทางหลักเท่านั้น

3. ด้านข้อมูล

การวางแผนการจัดเส้นทางการเดินรถขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ของโรงงานกรณีศึกษาจำเป็นจะต้องศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่จะส่งผลต่อการจัดเส้นทางการเดินรถขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ โดยข้อมูลที่ทำการศึกษาแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มลูกค้าจากคลังสินค้า 1 แห่ง โดยทำการรับส่งชิ้นส่วนยานยนต์จากบริษัทผลิตชิ้นส่วนยานยนต์มายังคลังสินค้า และ โรงงานประกอบยานยนต์ 3 แห่ง โดยทำการขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ไปยังโรงงานประกอบยานยนต์ คือ จำนวน 32 และ 30 25 34 รายการสินค้าตามลำดับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลสินค้าจำนวน 32 รายการสินค้า

รายการสินค้า	ละติจูด	ลองจิจูด	จำนวนความต้องการ	เวลาเริ่มต้น (นาที)	เวลาสิ้นสุด	เวลาการบริการ (นาที)
คลังสินค้า	13.61	100.78	0	0	480	0
1	13.54	100.66	6.43	780	810	30
2	13.65	100.51	3.91	675	705	30
3	13.65	100.51	0.97	840	870	30
4	13.52	100.67	0.97	570	600	30
5	13.65	100.71	4.44	1005	1065	60
6	13.65	100.71	5.05	990	1050	60
7	13.65	100.71	3.13	1410	1440	30
8	13.64	100.58	0.97	945	975	30
9	13.64	100.58	3.91	990	1020	30
10	13.56	100.79	3.99	735	795	60
11	13.69	100.72	2.94	630	690	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รายการสินค้า	ละติจูด	ลองจิจูด	จำนวนความต้องการ	เวลาเริ่มต้น (นาที)	เวลาสิ้นสุด	เวลาการบริการ (นาที)
12	13.71	100.6	3.99	570	600	30
13	13.71	100.6	3.99	630	660	30
14	13.71	100.6	3.91	825	855	30
15	13.54	100.8	4.9	840	870	30
16	13.54	100.8	3.05	885	915	30
17	13.58	100.92	7.04	810	840	30
18	13.55	100.65	6.43	825	855	30
19	13.72	100.56	6.43	585	615	30
20	13.57	100.78	4.9	645	675	30
21	13.57	100.78	3.05	945	975	30
22	13.71	100.59	3.05	1035	1065	30
23	13.7	100.5	3.91	915	945	30
24	13.7	100.5	2.62	1035	1065	30
25	13.6	100.99	3.05	720	810	90
26	13.6	100.99	7.04	945	1005	60
27	13.64	100.58	0.97	990	1020	30
28	13.66	100.66	5.56	600	690	90
29	13.66	100.66	5.05	1080	1140	60
30	13.54	100.65	4.9	420	480	60
31	13.56	100.79	4.9	705	810	105
32	13.63	100.72	7.04	510	570	60

ตารางที่ 3.2 แสดงข้อมูลสินค้าจำนวน 30 รายการสินค้า

รายการสินค้า	ละติจูด	ลองจิจูด	จำนวนความต้องการ	เวลาเริ่มต้น (นาที)	เวลาสิ้นสุด	เวลาการบริการ (นาที)
1	13.54	100.66	5.27	270	330	60
2	13.65	100.71	4.95	570	600	30
3	13.62	100.73	5.27	705	735	30
4	13.56	100.79	4.01	480	510	30
5	13.62	100.73	4.01	555	585	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รายการสินค้า	ละติจูด	ลองจิจูด	จำนวนความต้องการ	เวลาเริ่มต้น (นาที)	เวลาสิ้นสุด	เวลาการบริการ (นาที)
6	13.62	100.73	5.27	765	795	30
7	13.66	100.66	4.95	630	660	30
8	13.54	100.66	5.27	930	990	60
9	13.54	100.66	5.27	1050	1110	60
10	13.54	100.66	5.27	390	450	60
11	13.54	100.66	5.27	585	645	60
12	13.54	100.66	5.27	705	765	60
13	13.54	100.66	5.27	630	690	60
14	13.62	100.73	5.27	840	870	30
15	13.62	100.73	5.27	930	960	30
16	13.62	100.73	5.27	1020	1050	30
17	13.62	100.73	5.27	615	645	30
18	13.62	100.73	5.27	420	450	30
19	13.62	100.73	5.27	540	570	30
20	13.62	100.73	5.27	975	1005	30
21	13.62	100.73	5.27	1290	1320	30
22	13.56	100.79	4.01	600	630	30
23	13.56	100.79	4.01	720	750	30
24	13.56	100.79	4.01	1335	1365	30
25	13.56	100.79	4.01	0	30	30
26	13.66	100.66	4.95	1110	1140	30
27	13.66	100.66	4.95	1215	1245	30
28	13.66	100.66	4.95	120	150	30
29	13.66	100.66	4.95	465	495	30
30	13.66	100.66	4.95	675	705	30
โรงงานประกอบยานยนต์	13.02	101.17	0	0	0	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 3.3 แสดงข้อมูลสินค้าจำนวน 25 รายการสินค้า

รายการสินค้า	ละติจูด	ลองจิจูด	จำนวนความต้องการ	เวลาเริ่มต้น (นาที)	เวลาสิ้นสุด (นาที)	เวลาการบริการ (นาที)
1	13.52	100.67	2.62	540	570	30
2	13.55	100.65	0.97	510	540	30
3	13.62	100.73	7.04	0	30	30
4	13.62	100.73	7.04	1200	1230	30
5	13.56	100.79	4.01	60	120	60
6	13.56	100.79	4.01	1080	1185	105
7	13.62	100.73	4.9	1080	1110	30
8	13.62	100.73	4.9	1320	1350	30
9	13.62	100.73	3.99	1005	1020	15
10	13.62	100.73	3.99	990	1005	15
11	13.55	100.65	0.97	600	630	30
12	13.55	100.65	0.97	630	660	30
13	13.55	100.65	0.97	900	930	30
14	13.55	100.65	0.97	930	960	30
15	13.55	100.65	0.97	990	1020	30
16	13.55	100.65	0.97	1260	1290	30
17	13.55	100.65	0.97	1290	1320	30
18	13.62	100.73	3.99	1020	1035	15
19	13.62	100.73	3.99	1155	1170	15
20	13.62	100.73	3.99	1200	1215	15
21	13.62	100.73	3.99	90	105	15
22	13.52	100.67	2.62	720	750	30
23	13.52	100.67	2.62	840	870	30
24	13.52	100.67	2.62	870	900	30
25	13.52	100.67	2.62	1080	1110	30
โรงงานประกอบยานยนต์	13.65	100.57	0	0	0	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 3.4 แสดงข้อมูลสินค้า 34 รายการสินค้า

ลูกค้า	ละติจูด	ลองจิจูด	จำนวนความต้องการ	เวลาเริ่มต้น (นาที)	เวลาสิ้นสุด (นาที)	เวลาการบริการ (นาที)
0	13.61	100.78	0.00	0	480	30
1	13.54	100.66	3.56	150	180	30
2	13.54	100.66	3.56	540	570	30
3	13.54	100.66	3.56	870	900	30
4	13.54	100.66	3.56	1395	1425	30
5	13.65	100.71	11.60	195	255	60
6	13.65	100.71	8.85	480	540	60
7	13.65	100.71	11.60	690	750	60
8	13.65	100.71	3.13	1110	1170	60
9	13.65	100.71	6.43	1020	1050	30
10	13.62	100.73	4.44	270	330	60
11	13.62	100.73	5.14	930	960	30
12	13.62	100.73	4.44	1035	1065	30
13	13.69	100.72	3.56	255	285	30
14	13.69	100.72	3.56	630	660	30
15	13.69	100.72	3.56	960	990	30
16	13.69	100.72	3.56	1290	1320	30
17	13.62	100.73	5.14	870	900	30
18	13.62	100.73	6.95	585	645	60
19	13.64	100.57	8.89	555	615	60
20	13.66	100.66	5.41	570	630	60
21	13.64	100.71	5.14	420	450	30
22	13.64	100.71	5.14	510	540	30
23	13.64	100.71	5.14	690	720	30
24	13.64	100.71	5.14	810	840	30
25	13.64	100.57	8.89	930	990	60
26	13.64	100.57	8.89	1050	1110	60
27	13.64	100.57	8.89	1260	1320	60
28	13.64	100.57	8.89	1350	1410	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ลูกค้า	ละติจูด	ลองจิจูด	จำนวนความต้องการ	เวลาเริ่มต้น (นาที)	เวลาสิ้นสุด (นาที)	เวลาการบริการ (นาที)
29	13.64	100.57	8.89	480	540	60
30	13.64	100.57	8.89	540	600	60
31	13.62	100.73	4.44	1110	1140	30
32	13.62	100.73	4.44	1215	1245	30
33	13.62	100.73	4.44	1275	1305	30
34	13.62	100.73	4.44	1350	1380	30
โรงงานประกอบยานยนต์	13.60	101.34	0	0	0	60

จากตารางดังกล่าวเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพิกัดที่ตั้งของตำแหน่งของลูกค้า จำนวนความต้องการสินค้า เวลาเริ่มต้นที่เร็วที่สุด เวลาสิ้นสุดที่ช้าที่สุด และเวลาในการให้บริการของลูกค้าแต่ละราย นอกจากนี้ทางกลุ่มผู้วิจัยได้ทำการคำนวณระยะทางที่รถวิ่งในแต่ละเส้นทาง รวมถึงคำนวณเวลาที่ใช้ในการเดินทางที่รถวิ่งในแต่ละเส้นทาง โดยมีมีขั้นตอนดังนี้ นำค่าตำแหน่งพิกัดดังกล่าวมาหาค่าระยะทางระหว่างจุด แต่ละจุดเพื่อเป็นข้อมูลในการคำนวณระยะทางเดินรถ โดยหาระยะทางการเดินรถจากแผนที่ระยะทางที่นำมาอ้างอิงจาก Google Maps ซึ่งเวลาได้มีการเฉลี่ยเลือกเวลาที่เหมาะสมที่สุด จากนั้นนำค่าระยะทางการเดินรถมาคำนวณหาเวลาที่ใช้ในการเดินทาง และกำหนดความเร็วที่ใช้ในการขับเป็น 60 กิโลเมตร/ชั่วโมง เพื่อเป็นข้อมูลในการคำนวณ โดยใช้สูตรในการคำนวณตามสมการที่ (3.1)

$$\text{เวลาที่ใช้ในการเดินทาง} = \frac{d_{ij}}{v} \qquad (3.1)$$

เมื่อ คือ ระยะทางระหว่างลูกค้า i ไปยังลูกค้า j และ v คือ ความเร็วที่ใช้การขับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 3.5 แสดงข้อจำกัดต่าง ๆ ของกลุ่มตัวอย่างสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ

ข้อจำกัด	จำนวนกลุ่มลูกค้า			
	32 รายการ	30 รายการ	25 รายการ	34 รายการ
1. ความจุขนส่งสินค้าแต่ละคัน (ลูกบาศก์เมตร)	27.88	27.88	27.88	27.88
2. ความต้องการสินค้าทั้งหมด (ลูกบาศก์เมตร)	132.51	148.33	76.73	202.16
3. กรอบเวลาในการขนส่ง (นาที)	ตามที่ข้อมูลของโซโลมอนกำหนด			

3.2 การเขียนโปรแกรมเพื่อจัดการข้อมูล Excel VBA

การออกแบบพัฒนาโปรแกรม Visual Basic for Application สำหรับงานวิจัยนี้จะทำการออกแบบคำสั่งด้วยภาษาวีบีเอในการหาคำตอบในการจัดเส้นทางการเดินรถ โดยออกแบบขั้นตอนตามเงื่อนไขคือกรอบเวลา ความจุของรถบรรทุกไม่เกินที่กำหนดไว้ และมีการดึงข้อมูลต่าง ๆ ที่กล่าวในหัวข้อ 3.1 ซึ่งในการหาคำตอบตั้งต้นนั้นใช้วิธีการตาม Nearest Neighbor Heuristic และ วิธีการ Randomization ด้วยโปรแกรม Visual Basic for Application บน Microsoft Excel ในการประมวลผลซึ่งจะทำให้ได้คำตอบตั้งต้นที่รวดเร็วยิ่งขึ้น ซึ่งรหัสคำสั่งของการออกแบบพัฒนาโปรแกรม Visual Basic for Application ในการหาคำตอบของการวิจัย นั้นแสดงดัง ภาคผนวก และนำไปพัฒนาต่อกับวิธีการเชิงพันธุกรรม (GAs) โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรม Evolver ดังที่จะอธิบายต่อไป

3.3 ขั้นตอนการออกแบบเส้นทางการเดินรถขนส่งสินค้าแบบมีกรอบเวลา

ในหัวข้อนี้ขั้นตอนการทำงานเริ่มต้นจากการกำหนดส่วนประกอบของตัวแทนผลเฉลยหรือคำตอบที่ต้องการค้นหา โดยจะสร้างกลุ่มหรือประชากรของคำตอบเริ่มต้นด้วยการสุ่ม (Randomization) และ ผู้วิจัยได้ทำการเลือกวิธีฮิวริสติกส์มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถทั้งหมด 1 วิธี คือ ขั้นตอนวิธีแบบเพื่อนบ้านใกล้สุด (Nearest Neighbor) โดยใช้การออกคำสั่งตามหัวข้อ 3.1 และต้องอยู่ภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ ตามหัวข้อที่ 3.1 อีกทั้งลูกค้าแต่ละรายจะต้องถูกส่งสินค้าภายใต้กรอบเวลาที่กำหนดและถูกส่งสินค้าเพียงครั้งเดียว การขนส่งสินค้าของรถขนสินค้าแต่ละคันจะต้องเริ่มต้นจากคลังสินค้าและสิ้นสุดที่คลังสินค้า จากนั้นก็นำเข้าสู่วิธีการเชิงพันธุกรรมตามที่จะอธิบายดังหัวข้อ 3.5 และ 3.6 และประยุกต์ใช้โปรแกรม Evolver ดังหัวข้อ 3.7 ซึ่งตัวอย่างการออกแบบเส้นทางเดินรถด้วยวิธีการฮิวริสติกและวิธีการสุ่มสามารถแสดงดังตารางที่ 3.6 3.7 3.8 3.9 3.10 และ 3.11 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 3.6 แสดงตังอย่างเส้นทางการขนส่งสินค้าแบบมรกรอบเวลาโดยใช้วิธีฮิวริสติกแบบเพื่อนบ้านใกล้สุด สำหรับสินค้า 34 ราย

Vehicle	Depot	Customer										Depot
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0	25	22	7	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	15	16	24	29	0	0	0	0	0	0	0
3	0	28	31	21	9	0	0	0	0	0	0	0
4	0	20	10	18	27	5	0	0	0	0	0	0
5	0	12	2	3	23	8	6	0	0	0	0	0
6	0	4	14	26	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	19	11	17	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	32	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 3.7 แสดงตัวอย่างของระยะทางของรถขนส่งสินค้าแต่ละคันที่จัดเส้นทางการขนส่งสินค้าแบบมีกรอบเวลาโดยใช้ฮิวริสติกแบบเพื่อนบ้านใกล้สุด สำหรับสินค้า 34 ราย

Vehicle	Customer										Distance
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	28	26	17	14	0	0	0	0	0	0	85
2	15	0	46	25	17	0	0	0	0	0	103
3	17	26	4	28	31	0	0	0	0	0	106
4	11	28	28	15	20	14	0	0	0	0	116
5	27	20	0	12	16	19	14	0	0	0	108
6	24	34	52	28	0	0	0	0	0	0	138
7	31	33	35	18	0	0	0	0	0	0	117
8	14	23	24	0	0	0	0	0	0	0	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Vehicle	Customer										Distance
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
9	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	54
10	26	26	0	0	0	0	0	0	0	0	52
											940

ตารางที่ 3.8 แสดงตัวอย่างของปริมาณสินค้าของรถขนส่งสินค้าแต่ละคันที่จัดเส้นทางการขนส่งสินค้าแบบมีกรอบเวลาโดยใช้ฮิวริสติกแบบเพื่อนบ้านใกล้สุด สำหรับสินค้า 34 ราย

Vehicle	Customer										Demand
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1	5.1	4.4	3.1	0	0	0	0	0	0	13.6
2	7	3.1	3.9	5.1	0	0	0	0	0	0	19.1
3	6.4	1	2.6	0	0	0	0	0	0	0	10
4	1	3.1	1	7	3.1	0	0	0	0	0	15.1
5	3.9	3.1	0	0	0	0	0	0	0	0	7
6	4.9	7	3.9	0	0	0	0	0	0	0	15.9
7	4	4.9	6.4	4.9	0	0	0	0	0	0	20.2
8	4.9	5.6	4	0	0	0	0	0	0	0	14.4
9	3.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.9
10	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
											132.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 3.9 แสดงตังอย่างเส้นทางการขนส่งสินค้าแบบมีกรอบเวลาโดยใช้วิธีฮิวริสติกส์แบบเพื่อนบ้านใกล้สุด สำหรับสินค้า 34 ราย

Vehicle	Depot	Customer										Depot
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0	8	6	5	7	0	0	0	0	0	0	0
2	0	32	21	9	29	0	0	0	0	0	0	0
3	0	18	27	24	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	4	25	3	26	22	0	0	0	0	0	0
5	0	14	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	31	17	23	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	12	20	1	15	0	0	0	0	0	0	0
8	0	30	28	10	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	19	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 3.10 แสดงตัวอย่างของระยะทางของรถขนส่งสินค้าแต่ละคันที่จัดเส้นทางการขนส่งสินค้าแบบมีกรอบเวลาโดยใช้วิธีการสุ่ม สำหรับสินค้า 34 ราย

Vehicle	Customer										Distance
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	31	19	0	0	14	0	0	0	0	0	64
2	14	18	28	20	17	0	0	0	0	0	97
3	25	15	15	35	0	0	0	0	0	0	90
4	24	52	67	67	26	13	0	0	0	0	249

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Vehicle	Customer										Depot
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
5	27	38	15	0	0	0	0	0	0	0	80
6	11	21	53	35	0	0	0	0	0	0	120
7	27	34	22	27	15	0	0	0	0	0	125
8	26	22	20	11	0	0	0	0	0	0	79
9	39	39	0	0	0	0	0	0	0	0	78
10	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	54
11	31	33	20	0	0	0	0	0	0	0	84
											1120

ตารางที่ 3.11 แสดงตัวอย่างของปริมาณสินค้าของรถขนส่งสินค้าแต่ละคันที่จัดเส้นทางการขนส่งสินค้าแบบมีกรอบเวลาโดยใช้วิธีการสุ่ม สำหรับสินค้า 34 ราย

Vehicle	Customer										Demand
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1	5.1	4.4	3.1	0	0	0	0	0	0	13.6
2	7	3.1	3.9	5.1	0	0	0	0	0	0	19.1
3	6.4	1	2.6	0	0	0	0	0	0	0	10
4	1	3.1	1	7	3.1	0	0	0	0	0	15.1
5	3.9	3.1	0	0	0	0	0	0	0	0	7
6	4.9	7	3.9	0	0	0	0	0	0	0	15.9
7	4	4.9	6.4	4.9	0	0	0	0	0	0	20.2
8	4.9	5.6	4	0	0	0	0	0	0	0	14.4
9	3.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Vehicle	Customer										Depot
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
10	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
11	6.4	2.9	0	0	0	0	0	0	0	0	9.4
											132.5

จากการออกแบบคำสั่งด้วยภาษาวีบีเอในการหาคำตอบในการจัดเส้นทางการเดินรถด้วยวิธีฮิวริสติกส์แบบเพื่อนบ้านใกล้สุดและวิธีการสุ่ม มีจำนวนรถขนส่งสินค้าที่ใช้ในการส่งขนส่งทั้งหมด 10 คัน และ 11 คัน ระยะทางรวมการขนส่งรวม 940 และ 1120 กิโลเมตรตามลำดับ เมื่อได้คำตอบเริ่มต้นจากการจัดเส้นกาขนส่งสินค้าแบบมีกรอบเวลานี้ หลังจากนั้นผู้วิจัยก็จะนำผลลัพธ์ที่ได้มาเป็นประชากรเริ่มต้นให้กับวิธีเชิงพันธุกรรม และจะเข้าสู้วิธีการเชิงพันธุกรรมตามอธิบายดังหัวข้อ 3.4

3.4 โครงสร้างของวิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้า

1. การรับข้อมูล (Data Input) รับข้อมูลเข้าต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ข้อมูลที่นำไปใช้ในการคำนวณ เพื่อกำหนดตารางการผลิตซึ่งได้แก่ งานที่ต้องการจัดตารางการผลิต ลำดับหรือขั้นตอนการทำงานของงานแต่ละงาน กำหนดส่งงาน เวลาในการปฏิบัติงาน ในแต่ละขั้นตอนของการทำงานของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง เป็นต้น

2. การสร้างประชากรเริ่มต้น (Representation & Initialization) นำข้อมูลต่าง ๆ มาสร้าง คำตอบเบื้องต้นแบบสุ่มจำนวนประชากร (Pop Size) ตัวโดยผ่านกระบวนการใส่รหัสคำตอบ (Representation) และการสร้างประชากรเบื้องต้น (Initial Population)

3. การถอดรหัส (Decoding) นำรหัสคำตอบของประชากรเบื้องต้นทุกตัวมาถอดรหัสคำตอบเพื่อให้ได้คำตอบที่สมบูรณ์และสามารถนำไปคำนวณหาค่าต่าง ๆ ที่ต้องการได้

4. การประเมินค่า (Evaluation) คำนวณหาค่าต่าง ๆ ที่ต้องการ เช่น เวลาของงานที่อยู่ในระบบแล้วนำค่าเหล่านี้ไปคำนวณหาค่าความเหมาะสม (Fitness) ของประชากรเบื้องต้นทุกตัว

5. การเก็บค่าคำตอบเบื้องต้น (Initial Elite Preserve Strategy) หาค่าคำตอบที่ดีที่สุด จากประชากรเจนเนอเรชั่นแรกและเก็บค่าคำตอบที่ดีที่สุดนี้ไว้เป็น Elite Preserve Solution

6. การคัดเลือก (Selection) คัดเลือกคำตอบที่ดีเข้าสู่เมทติ้งพูล (Mating Pool) เพื่อเตรียมทำการจับคู่ โดยอาศัยวิธีการคัดเลือก (Selection) หาคำตอบที่มีความเหมาะสมมากกว่า

7. การครอสโอเวอร์ (Crossover) ทำการจับคู่คำตอบที่อยู่ในเมทติ้งพูล (Mating Pool) และทำการครอสโอเวอร์ด้วยความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ เท่ากับ (Pc)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

8. การเก็บค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากการครอสโอเวอร์ (Post-crossover Elite Preserve Strategy) หาค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากการครอสโอเวอร์ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับการเก็บค่าคำตอบ เบื้องต้น (Elite Preserve Solution) ที่มีอยู่ถ้าคำตอบที่ได้จากการครอสโอเวอร์ดีกว่า ก็ให้เก็บ คำตอบนั้นเป็นการเก็บค่าคำตอบเบื้องต้น (Elite Preserve Solution)

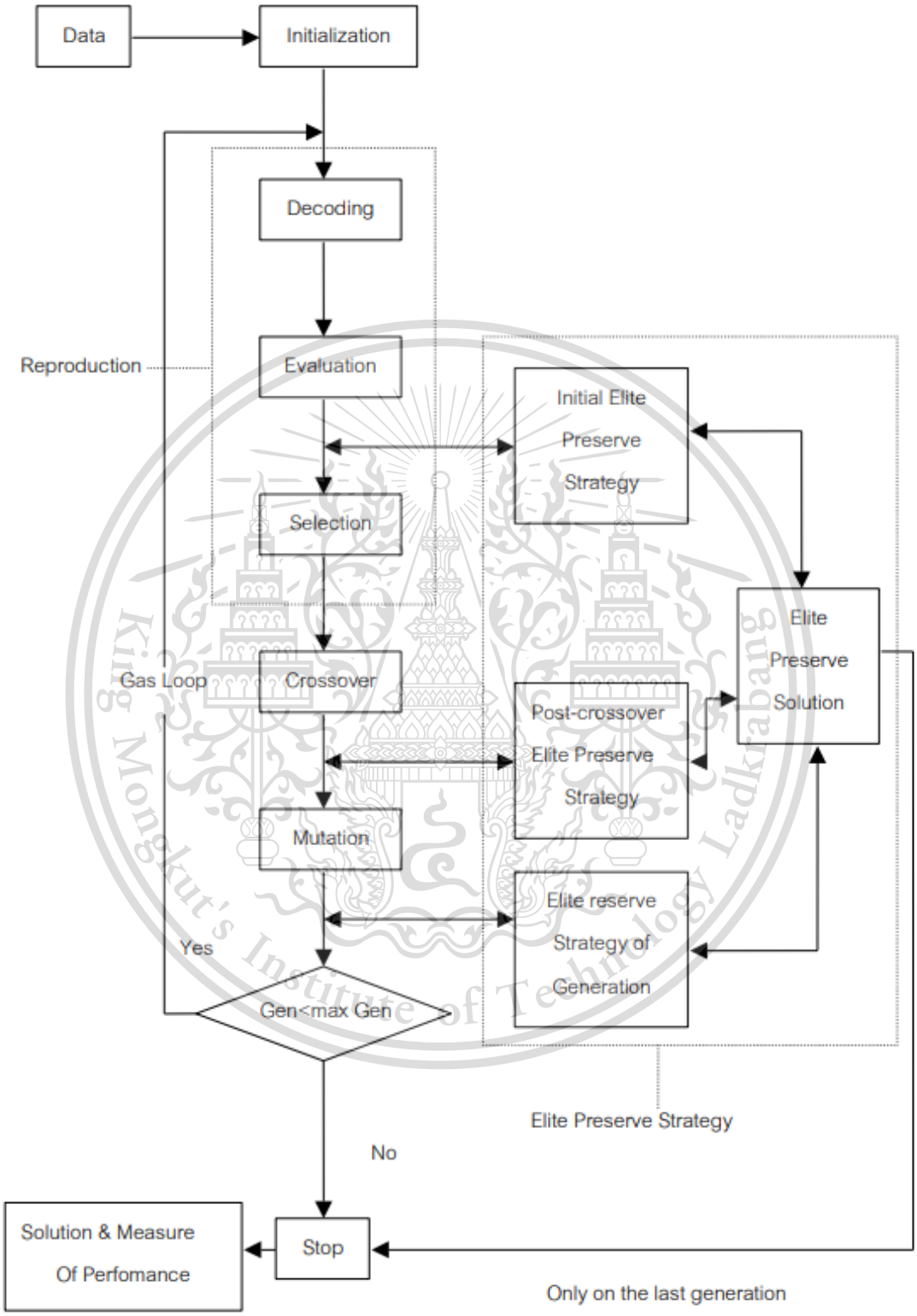
9. มิวเตชั่น (Mutation) คือการหาสตริงคำตอบที่มีความน่าจะเป็น ในการมิวเตชั่นเท่ากับ (Pm)

10. การเก็บค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากการมิวเตชั่น (Elite Preserve Strategy of Generation) หาค่าคำตอบที่ดีที่สุดแล้วนำมาเปรียบเทียบกับการเก็บค่าคำตอบเบื้องต้น (Elite Preserve Solution) ที่มีอยู่ถ้าคำตอบที่ได้จากมิวเตชั่นดีกว่าก็ให้เก็บคำตอบนั้นเป็นการ เก็บค่าคำตอบเบื้องต้นแทน แต่ถ้าการเก็บค่าคำตอบเบื้องต้นดีกว่าก็ให้แทนที่คำตอบที่แย่ที่สุดจากการมิวเตชั่นด้วยการเก็บค่าคำตอบเบื้องต้น

11.จำนวนรอบของการทำงาน (GAs-loop) ดูว่าเจนเนอเรชั่นน้อยกว่าจำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดหรือไม่ถ้าน้อยกว่าให้กลับไปทำข้อที่ 3 – 11 ถ้าไม่ให้ทำข้อที่ 12

12. การหยุด (Stop) หยุดกระบวนการของวิธีการเชิงพันธุกรรม และนำค่าการเก็บค่าคำตอบเบื้องต้น Elite Preserve Solution มาเป็นคำตอบ ซึ่งวิธีการเชิงพันธุกรรม สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างของวิธีการเชิงพันธุกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.5 กระบวนการของวิธีเชิงพันธุกรรมกับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้า

1. การใส่รหัสคำตอบ

การใส่รหัสคำตอบ (Chromosome Representation / Coding) ขั้นตอนแรกของเจเนติกอัลกอริทึม คือการกำหนดรูปแบบของการใส่รหัสคำตอบ ซึ่งถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญ และมีผลอย่างมากต่อขั้นตอนอื่นๆ คือการเปลี่ยนคำตอบของปัญหาให้อยู่ในรูปของสตริงคำตอบ (หรือที่เรียกว่า Chromosome) วิธีการใส่รหัสคำตอบมีทั้งแบบ Binary String และ Non-binary String ในกรณีของปัญหาการกำหนดตารางการผลิต คำตอบของปัญหาคือกลุ่มของงานที่ถูกมอบหมายให้กับเครื่องจักร ดังนั้นวิธีการใส่รหัสคำตอบที่ใช้จึงต้องสามารถแสดงลำดับของงาน ในรูปของสตริงได้ วิธีการใส่รหัสคำตอบที่ใช้จึงควรเป็นแบบ Non-binary String

1. คำตอบแทนด้วยสตริงคำตอบ 1 ตัวที่เรียกว่าโครโมโซม

2. ใน 1 โครโมโซมจะแบ่งเป็นหน่วยเล็ก ๆ ที่เรียกว่าบิทวางเรียงกันอยู่จำนวนของบิทจะเท่ากับจำนวนของงานทั้งหมดที่ต้องถูกพิจารณา

3. ในแต่ละบิทจะมีค่าตัวเลขตั้งแต่ 1 ถึง m บรรจุอยู่ค่าหนึ่งค่านี้หมายถึง หมายเลขที่ใช้แทนงาน

4. ตำแหน่งของบิทหมายถึงลำดับที่ของงานนั้น ๆ

5. ตัวเลขในแต่ละบิทต้องไม่ซ้ำกัน

ตัวอย่างเช่น สตริงคำตอบของลำดับงาน [1 3 2 5 7 9 8 4 14 13 11 6 10 12 15] จะได้ว่าใน 1 โครโมโซมมี 15 บิท หมายถึง การกำหนดตารางการผลิตพิจารณามี 15 งาน งานแรกที่จะนำไปจัดให้กับเครื่องจักรคืองานในตำแหน่งแรก ซึ่งคือขั้นตอนของงานที่ 1 ขั้นตอน ถัดไปที่จะนำไปจัดให้กับเครื่องจักรคืองานที่ 3 งานที่จะนำไปจัดอีกคืองานที่อยู่ในตำแหน่ง ถัดไปตามลำดับ

2. การสร้างกลุ่มประชากรเบื้องต้น

การสร้างกลุ่มประชากรเบื้องต้น (Initial Population Creating) คือ การสร้างคำตอบเบื้องต้นขึ้นมาจำนวนหนึ่งเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการของเจเนติกอัลกอริทึมโดยคำตอบ 1 คำตอบคือประชากร 1 ตัว จำนวนของประชากรที่ต้องการ สร้างนั้นเป็นพารามิเตอร์ตัวหนึ่งที่ต้องมีการกำหนด ซึ่งในที่นี้กำหนดให้เท่ากับจำนวนประชากร

สำหรับปัญหาการกำหนดตารางการผลิตประชากร 1 ตัว หมายถึงลำดับของงานทั้งหมดที่ จะถูกจัดให้กับเครื่องจักรบนสายการผลิต ดังนั้นการสร้างประชากร 1 ตัวจึงทำได้โดยการกำหนดตามจำนวนงานตั้งแต่งานที่ 1 จนถึงงานที่ m หรืองานสุดท้าย (m คือจำนวนงานทั้งหมด) ลงไปในแต่ละสตริงคำตอบจนครบทุกบิท และทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะได้ประชากรทั้งหมด Pop Size ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3. การสร้างจำนวนประชากรเบื้องต้น

จากขั้นตอนการสร้างประชากรเบื้องต้นเป็นการสร้าง ประชากรเพียง 1 ตัวเท่านั้น แต่ในวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมจำเป็นที่จะต้องมีจำนวนประชากร มากกว่า 1 ตัว เพื่อให้สามารถดำเนินการตามวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมในขั้นต่อ ๆ ไปได้จำนวนประชากรเบื้องต้นจะเท่ากับจำนวนประชากรในแต่ละเจนเนอเรชั่น และเป็นพารามิเตอร์ตัวหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเจเนติกอัลกอริทึม การกำหนดจำนวนประชากรเบื้องต้นที่เหมาะสมในที่นี้ให้ใช้จำนวนประชากรเท่ากับ Pop Size ตัว

ประชากรเบื้องต้นทั้งหมดที่สร้างขึ้นจำนวน Pop Size ตัว ต้องไม่ซ้ำกันทั้งนี้เพื่อให้เกิดความหลากหลายของคำตอบและเป็นการป้องกันไม่ให้คำตอบที่ได้จากวิธีองเจเนติกอัลกอริทึมที่ใช้เป็นค่า (Local Optimal) นอกจากนี้การสร้างประชากรเบื้องต้นให้แตกต่างกันยังช่วยให้สามารถกำหนดจำนวนประชากรน้อยลงได้ ตัวอย่างการสร้างสตริงคำตอบเบื้องต้นของการจัดตารางการผลิตจำนวน 10 งาน โดยแปลงลำดับที่ของงานให้อยู่ในรูปแบบของสตริงโดยใช้วิธีการสุ่มจำนวน 10 สตริง

Str1 = [9 1 4 2 6 5 3 7 8 10]

Str2 = [1 4 9 6 2 3 5 7 8 10]

Str3 = [4 1 6 9 5 2 3 7 8 10]

Str4 = [2 6 9 4 1 5 3 7 8 10]

Str5 = [2 6 4 1 9 5 3 7 8 10]

Str6 = [6 1 2 3 9 4 5 7 8 10]

Str7 = [2 4 1 6 9 5 3 7 10 8]

Str8 = [10 4 6 9 1 3 5 2 6 8 7]

Str9 = [10 6 4 3 1 9 5 2 6 8 7]

Str10 = [8 4 10 9 1 5 3 2 6 8 7]

4. การถอดรหัสคำตอบ

การถอดรหัสคำตอบ (Decoding) คำตอบที่ปรากฏอยู่ในประชากรหรือสตริงคำตอบที่สร้างขึ้นยังเป็นคำตอบที่ไม่สมบูรณ์ กล่าวคือเป็นเพียงลำดับของงานที่จะต้องนำไปจัดให้กับเครื่องจักรตามลำดับเท่านั้น ดังนั้นจึงต้องมีการนำงานตามลำดับที่ได้ในสตริงคำตอบไปจัดให้กับ เครื่องจักรทำงานให้เรียบร้อยเสียก่อน ซึ่งเราจะเรียกขั้นตอนนี้ว่าการถอดรหัสคำตอบแต่อย่างไรสตริงคำตอบที่เรามีสามารถบอกได้แต่เพียงว่างานที่อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ในลำดับแรก ๆ ควรจะถูกจัดลงไปให้เครื่องจักรทำงานต้น ๆ เท่านั้น ดังนั้นจึงสามารถนำงานในสตริงคำตอบมาจัดได้หลายแบบ เพื่อให้ได้การจัดตารางที่ดีที่สุด สตริงคำตอบที่ได้จะต้องถูกถอดรหัสด้วยวิธีที่เหมาะสม สำหรับการจัดการปัญหาการจัดตารางการผลติแบบต่อเนื่อง สามารถทำการถอดรหัสคำตอบได้ดังนี้

1. นำงานในลำดับแรกในสตริงคำตอบไปจัดลำดับงานให้เข้าทำงานเป็นลำดับที่ 1

2. นำงานที่อยู่ในลำดับถัดไปจัดเข้าทำงานต่อจากงานที่ 1 จากนั้นนำงานในลำดับต่อ ๆ ไป มาจัดลำดับจนครบทุกงานแล้วทำการคำนวณดูว่าเวลาเสร็จงานรวมมีเวลาเป็นเท่าใด

ตารางที่ 3.12 ตัวอย่างตารางแสดงการค้นหาคำตอบ

สตริงคำตอบที่	1	2
สตริงคำตอบ	6 1 2 3 9 4 5 7 8 10	2 4 1 6 9 5 3 7 10 8
ค่าของระยะทางในการขนส่งสินค้า	13	10

จากตารางที่ 3.12 จะเห็นว่าสตริงตัวอย่าง 2 ตัวมีลักษณะการเรียงที่แตกต่างกันจะให้ผลของคำตอบที่ต่างกัน การถอดรหัสคำตอบของสตริงที่มีลักษณะการจัดเรียงลำดับที่ต่างกันเมื่อนำมาผ่านกระบวนการถอดรหัสแล้วอาจให้คำตอบที่เป็นค่าเวลาในการทำงานรวมที่เหมือนก็ได้

ในกรณีที่เป็นการถอดรหัสคำตอบของสตริงคำตอบที่ได้จากการครอสโอเวอร์หรือการมิวเตชั่นไม่จำเป็นต้องพิจารณาผลการถอดรหัสว่าให้คำตอบที่เหมือนกันหรือไม่ทั้งนี้เนื่องจากขั้นตอนของการครอสโอเวอร์ และมิวเตชั่นเรายอมให้เกิดคำตอบที่ซ้ำกันขึ้นมาได้

การถอดรหัสไม่เพียงแต่ให้คำตอบว่างานใดควรจัดลำดับให้ทำก่อนหรือหลังแต่ยังให้ค่าของเวลาในการทำงานรวมในแต่ละงานและอัตราการใช้ประโยชน์จากเครื่องจักรด้วย

5. การประเมินค่า

การประเมินค่า (Evaluation) ก่อนที่จะเข้าสู่ขั้นตอนการคัดเลือกของเจเนติกอัลกอริทึมจำเป็นที่จะต้องมีการประเมินค่าประชากรแต่ละตัวเสียก่อนว่ามีความเหมาะสม มากหรือน้อยเพียงใด ความเหมาะสมนี้จะวัดจากค่าความเหมาะสมของสตริงคำตอบแต่ละตัว ตัวใดที่มีค่าความเหมาะสมมากก็หมายความว่ามีความเหมาะสมมากตามไปด้วย โดยที่ค่าความเหมาะสมดังกล่าวหมายถึงค่าของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ทำให้ต่ำที่สุดหรือสูงที่สุดนั่นเอง โดยค่าฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ ในที่นี้คือระยะทางในการขนส่งสินค้าที่มีระยะทางรวมสั้นที่สุดและจำนวนรถขนส่งสินค้าที่น้อยที่สุด

6. การคัดเลือกคำตอบ

การคัดเลือกคำตอบ (Selection) การคัดเลือกคำตอบทำโดยนำเอากลุ่มสตริงคำตอบเบื้องต้นทั้งหมดมาผ่านวิธีการคัดเลือกโดยดูจากค่าความเหมาะสมของสตริงคำตอบแต่ละตัวเป็นหลักสตริงคำตอบตัวที่มีค่าความเหมาะสมมากก็มีโอกาสที่จะถูกคัดเลือกไว้มากกว่าตัวที่มีค่าเหมาะสมน้อย สตริงคำตอบที่ผ่านการคัดเลือกจำนวน Pop Size ตัวจะผ่านเข้าสู่เมทติ้งพูลเพื่อรอการจับคู่และการดำเนินการของเจเนติกอัลกอริทึมในขั้นต่อไป

การคัดเลือกคำตอบที่ใช้คือวิธีการคัดเลือกแบบทัวร์นาเมนต์ (Goldberg, 1991) ซึ่งเป็นวิธีที่ดัดแปลงมาจากวิธีการคัดเลือกแบบวงล้อรูลเล็ทดังนั้นจึงต้องมีการสร้างวงล้อรูลเล็ทขึ้นมาก่อน

การสร้างวงล้อรูลเล็ท คือวงกลมที่มีพื้นที่ขนาด 1 หน่วย ซึ่งพื้นที่ถูกแบ่งออกเป็นส่วน ๆ ตามจำนวนของประชากรในแต่ละเจนเนอเรชั่น (เท่ากับ Pop Size ส่วน) พื้นที่แต่ละส่วนจะมีขนาด เท่ากับความน่าจะเป็นในการถูกเลือกของสตริงคำตอบแต่ละตัว วิธีการสร้างมีดังนี้

1. หาค่าความเหมะสม (Fitness) รวมของสตริงคำตอบทั้งหมด Pop Size ตัว ดังสมการที่ (3.1)

$$F = \sum_{i=1}^{popsize} f(X_i) \tag{3.1}$$

โดย $f(X_i)$ = ค่า fitness ของสตริงตัวที่ i

2. หาค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือก (Probability of Selection) ของสตริงคำตอบแต่ละตัวดังสมการที่ 3.2

$$p_i = \frac{f(X_i)}{F} = 1,2,\ldots,Popsize \tag{3.2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

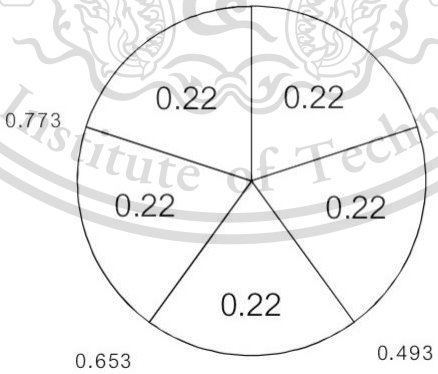
3. หาค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสม (Cumulative Probability of Selection) ของสตริงคำตอบแต่ละตัว ตามสมการที่ 3.3

$$Q_i = \sum_{j=1}^{1} P_j \tag{3.3}$$

ตัวอย่างของวงล้อรูลเล็ทแสดงได้ดังตารางที่ 3.13 และภาพที่ 3.2

ตารางที่ 3.13 ตัวอย่างตารางแสดงการสร้างวงล้อรูลเล็ท

String No.	Fitness	p_i	q_i
1	15.000	0.200	0.220
2	22.000	0.293	0.493
3	12.000	0.160	0.653
4	9.000	0.120	0.773
5	17.000	0.227	1.000
รวม	75.000	1.000	



รูปที่ 3.2 วงล้อรูลเล็ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

วิธีการคัดเลือกแบบทัวร์นาเมนต์ (Tournament Selection) การคัดเลือกสตริงคำตอบโดยวิธีการวงล้อรูลเล็ท (Roulette Wheel Selection) ซึ่งใช้กันอยู่ทั่วไปจะใช้สุ่มสตริงคำตอบจากวงล้อรูลเล็ท ซึ่งมีโอกาสที่จะสุ่มได้สตริงคำตอบที่มีค่าความเหมาะสมน้อยๆ ด้วยแต่สำหรับการคัดเลือกสตริงคำตอบโดยวิธีทัวร์นาเมนต์เป็นการสุ่มสตริงคำตอบจากวงล้อรูลเล็ทมา 2 ตัว แล้วนำค่าความเหมาะสมมาเปรียบเทียบกันอีกครั้งหนึ่ง สตริงคำตอบที่ถูกเลือกจึงเป็นตัวที่มีความเหมาะสมกว่า สำหรับขั้นตอนการเลือกมีดังนี้

1. สร้างตัวเลขสุ่ม r ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ขึ้นมา 1 ค่า คือ r_l

2. ถ้า $r_1 < q_1$ ให้เลือกสตริงคำตอบตัวแรก แต่ถ้า $q_{l-1} < r_1 < q_1$ (เมื่อ $2 < i$ และ $i <$ Pop Size) ให้เลือกสตริงคำตอบตัวที่ i มาเป็นสตริงคำตอบตัวแรก ค) สร้างตัวเลขสุ่ม r ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ขึ้นมาอีก 1 ค่า คือ r_2

3. ถ้า $r_2 < q_1$ ให้เลือกสตริงคำตอบตัวแรก แต่ถ้า $q_{l-1} < r_2 < q_1$ (เมื่อ $2 < i$ และ $i <$ Pop Size) เลือกสตริงคำตอบตัวที่ i มาเป็นสตริงคำตอบตัวที่สอง

4. นำค่าความเหมาะสม ของสตริงคำตอบทั้ง 2 ตัว มาเปรียบเทียบกัน ตัวใดมีค่าความเหมาะสมมากกว่าก็ให้เลือกตัวนั้นเข้าสู่เมทติ้งพูล ทำตามขั้นตอนข้อที่ 1 – 5 จนกว่าสตริงคำตอบในเมทติ้งพูลครบ Pop Size ตัว

จากวิธีดังกล่าวจะได้ว่า สตริงคำตอบที่มีค่าความเหมาะสมมากก็จะมีพื้นที่มากจึงมีโอกาสที่ตัวเลขสุ่มที่สร้างขึ้นมาจะตกอยู่ภายในบริเวณของสตริงคำตอบตัวนั้นมากกว่าตัวที่มีค่าความเหมาะสมน้อย (มีพื้นที่น้อย) ทำให้สตริงคำตอบที่ถูกเลือกเข้าสู่เมทติ้งพูลเป็นสตริงคำตอบที่มีค่าความเหมาะสมโดยเฉลี่ยสูงกว่าสตริงคำตอบเดิม

ตารางที่ 3.14 ตัวอย่างการคัดเลือกด้วยวิธีการคัดเลือกแบบทัวร์นาเมนต์ (Tournament Selection)

ครั้งที่	ประชากรตัวที่ 1				ประชากรตัวที่ 2				หมายเลขประชากรที่เลือก
	R_1	$Q_i > r_1$	หมายเลขประชากร	ค่า Fitness	r_2	$Q_i > r_2$	หมายเลขประชากร	ค่า Fitness	
1	0.32	0.493	2	22	0.951	1	5	17	2
2	0.178	0.2	1	15	0.607	0.653	3	12	1
3	0.891	1	5	17	0.762	0.773	4	9	5
4	0.457	0.493	2	22	0.018	0.2	1	15	2
5	0.936	1	5	17	0.406	0.493	2	22	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หมายเหตุ : q_i ที่มีค่ามากกว่า r ในคอลัมน์ที่ 3 และ 7 ได้มาจากตารางที่ 3.14

จากตารางที่ 3.14 แสดงตัวอย่างการคัดเลือกด้วยวิธีการคัดเลือกแบบทัวร์นาเมนต์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าสตริงคำตอบหมายเลข 2 ซึ่งมีค่าความเหมาะสมมากที่สุดจะถูกสุ่มเลือกขึ้นมามากครั้งที่สุด ในขณะที่สตริงคำตอบซึ่งมีค่าความเหมาะสมน้อยก็จะถูกสุ่มเลือกน้อยครั้งเช่นกัน ข้อสังเกตประการหนึ่งจากตัวอย่างก็คือ ในการสุ่มก็จะสุ่มได้สตริงคำตอบหมายเลข 4 ที่มีค่าความเหมาะสมน้อยที่สุด ซึ่งถ้าใช้วิธีวงล้อรูลเล็ทสตริงคำตอบหมายเลข 4 นี้ก็จะมีโอกาสที่จะถูกเลือกเข้าสู่เมทติ้งพูลและจะได้รับการดำเนินการตามกระบวนการเจเนติกอัลกอริทึมต่อไปแม้ว่าสตริงคำตอบตัวนี้จะมีความเหมาะสมต่ำก็ตาม แต่เมื่อใช้วิธีคัดเลือกแบบแบบทัวร์นาเมนต์สตริงคำตอบหมายเลข 4 นี้จะต้องถูกนำไปเปรียบเทียบกับสตริงคำตอบอีกตัวก่อนซึ่งโอกาสที่สตริงคำตอบตัวนี้จะถูกเลือกเข้าสู่เมทติ้งพูลก็จะลดลง

7. การครอสโอเวอร์

การครอสโอเวอร์ (Crossover) คือการจับคู่สตริงคำตอบจากสตริงคำตอบจำนวน Pop Size ตัวที่ได้มาจากกระบวนการคัดเลือกจะมีสตริงคำตอบเพียงบางส่วนเท่านั้นที่จะถูกนำมา จับคู่เพื่อเตรียมสำหรับกระบวนการ ครอสโอเวอร์ สตริงคำตอบที่ไม่ได้ถูกนำไปจับคู่ก็จะยังคง สภาพเดิมและอยู่ในเมทติ้งพูล (เป็นประชากรในเจนเนอเรชั่น) ต่อไปจำนวนสตริงคำตอบที่จะถูกนำมาจับคู่ (N_c) ขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (P_c) การจับคู่สตริงคำตอบ เพื่อที่จะนำไปครอสโอเวอร์ มีขั้นตอนดังนี้

1. สร้างตัวเลขสุ่ม r ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ให้กับสตริงคำตอบแต่ละตัว

2. สตริงคำตอบตัวใดที่ตัวเลขสุ่มมีค่าน้อยกว่า P_c จะถูกเลือกไปจับคู่และทำการครอสโอเวอร์ถ้าไม่มีสตริงคำตอบตัวใดที่มีค่า r น้อยกว่า P_c ให้เริ่มทำข้อ 1 และ 2 อีกครั้ง

3. ถ้ามีสตริงคำตอบที่มีค่า r น้อยกว่า P_c ทั้งหมดจำนวน N_c ตัว โดยที่ N_c เป็นจำนวนคี่ต้องทำการปรับให้เป็นจำนวนคู่ก่อน

4. ถ้า N_c เป็นจำนวนคี่ซึ่งมีค่าระหว่าง 1 ถึง Pop SIze ให้ทำการสุ่มตัวเลข 0 หรือ 1 ขึ้นมา 1 ค่า ถ้าสุ่มได้เลข 1 ให้เพิ่มสตริงคำตอบเข้าไปอีก 1 ตัว โดยสุ่มเลือกจากตัวที่เหลืออยู่ในเมทติ้งพูล แต่ถ้าสุ่มได้เลข 0 ให้ตัดสตริงคำตอบทิ้ง 1 ตัว โดยสุ่มเลือกจากตัวที่ได้เลือกเอาไว้

5. เมื่อได้สตริงคำตอบที่จะนำมาจับคู่ทั้งหมด N_c ตัว ให้นำมาจับคู่ตามลำดับ ซึ่งจะได้ทั้งหมด $N_c/2$ คู่

8. การมิวเตชั่น

การมิวเตชั่น (Mutation) คือการสลับตำแหน่งของค่าภายในสตริงคำตอบตัวเดียวการ สลับตำแหน่งของค่าในสตริงมีโอกาสทำให้ได้สตริงตัวใหม่ที่เป็นคำตอบที่เป็นไปไม่ได้สูงมาก ดังนั้นจึงใช้วิธีการมิวเตชั่นแบบ Random-Sequence Mutation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การพิจารณาว่าสตริงตัวใดจะถูกนำมามิวเตชั่นขึ้นอยู่กับค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (P_m) โดยการพิจารณาจะเริ่มจากการสุ่มค่า r ซึ่งมีค่าระหว่าง (0,1) ให้กับสตริงคำตอบทุกตัว ในเมทติ้งพูล จากนั้นทำการเลือกเฉพาะสตริงที่มีค่า r น้อยกว่าค่าความน่าจะเป็นในกรณีมิวเตชั่น (P_m) ไปทำการมิวเตชั่น $r < P_m$

เมื่อได้สตริงตัวที่จะทำการมิวเตชั่นแล้ว ให้ทำการสุ่มตำแหน่งที่จะทำการมิวเตชั่น (M_p) ขึ้นมา 1 ตำแหน่ง ซึ่งเป็นค่าระหว่าง [1,m – 1] โดยที่ m คือความยาวของสตริงคำตอบ ตำแหน่งที่จะทำการมิวเตชั่นแทนด้วย * | *

จากนั้นให้นำค่าในตำแหน่งที่ 1 ถึง Mp มาเป็นตำแหน่งที่ 1 ถึง Mp ของสตริงคำตอบ ตัวใหม่ ตำแหน่งอื่นๆ ซึ่งยังไม่มีค่าให้แทนด้วย #

m = [5 9 2 1 0 6 7 3 8 4]

↓

m = [5 9 2 1 # # # # # #]

↓

m = [5 9 2 1 6 0 3 8 7 4]

สตริงคำตอบที่ได้จากการมิวเตชั่นและสตริงคำตอบที่ไม่ได้ถูกเลือกมาทำการมิวเตชั่น จะถูกนำมารวมกันเพื่อเตรียมเข้าสู่เจนเนอเรชั่นต่อไป

9. เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด

เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด (Elite Preserve Strategy) เนื่องจากสตริงคำตอบที่ได้จากการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น คำตอบที่ได้อาจเป็นคำตอบที่แย่กว่าคำตอบที่เคยปรากฏในเจนเนอเรชั่นที่ผ่านๆ มา ดังนั้นจึงต้องมีการเก็บค่าที่ดีที่สุดเอาไว้เพื่อใช้เปรียบเทียบกับค่าที่ดีที่สุดของสตริงคำตอบชุดใหม่ ถ้าหากค่าที่ดีที่สุดของคำตอบชุดเดิมที่เก็บไว้ให้ค่าความเหมาะสมที่ดีกว่าค่าที่ดีที่สุดของสตริงชุดใหม่ให้เอาค่าที่ดีที่สุดของคำตอบชุดเดิมแทนที่ค่าที่แย่ที่สุด ทั้งนี้เพื่อให้สตริงคำตอบที่ดีที่สุดเท่าที่พบยังคงอยู่ในกระบวนการของเจเนติกอัลกอริทึมต่อไป

เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดจะถูกนำไปใช้ระหว่างกระบวนการของเจเนติกอัลกอริทึม 3 ครั้ง

1. การเก็บค่าที่ดีจากประชากรเริ่มต้น (Initial Elite Preserve Strategy) เป็นจุดเริ่มต้นของเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด ซึ่งจะกระทำเพียงครั้งเดียวภายหลังจากการสร้างสตริงคำตอบเบื้องต้นในตอนต้นของกระบวนการเจเนติกอัลกอริทึมและผ่านการถอดรหัสรวมทั้งการประเมินค่าเรียบร้อยแล้วค่าความเหมาะสมของสตริงแต่ละตัวที่ได้จากการประเมินค่าจะถูกเรียงลำดับจากมากไปน้อย สตริงคำตอบเพียงหนึ่งตัวที่ให้ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ความเหมาะสมมากที่สุดก็จะถูกเลือกไปเป็นคำตอบที่ดีที่สุดเก็บไว้ จากนั้นสตริงคำตอบทั้งหมดรวมทั้งตัวที่เลือกไปเป็นจะเข้าสู่ขั้นตอนต่าง ๆ ของเจเนติกอัลกอริทึมต่อไป

2. การเก็บค่าที่ดีหลังจากการครอสโอเวอร์ (Post-crossover Elite Preserve Strategy) เป็นเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดใช้ภายหลังจากที่เสร็จสิ้นกระบวนการครอสโอเวอร์แล้ว ทั้งนี้เนื่องจากว่าสตริงคำตอบที่ได้จากการครอสโอเวอร์ อาจเป็นคำตอบที่ดีกว่าคำตอบอื่นๆ ที่เคยพบมาแต่เมื่อนำไปมิวเตชั่นแล้วสตริงคำตอบตัวนี้จะเปลี่ยนไปและอาจให้คำตอบที่ดีน้อยกว่าเดิมดังนั้นเพื่อป้องกันไม่ให้สตริงคำตอบที่ดี ที่ได้หลังจากการครอสโอเวอร์สูญหายไปจึงต้องทำการถอดรหัสและประเมินค่าสตริงของคำตอบที่ได้ภายหลังจากการครอสโอเวอร์ ทั้งหมดPopsize ตัว แล้วนำสตริงคำตอบที่ดีที่สุดภายหลังการครอสโอเวอร์ไปเปรียบเทียบกับคำตอบที่ดีที่สุดเก็บไว้ ถ้าหากสตริงคำตอบภายหลังการครอสโอเวอร์ดีกว่าให้เอาสตริงคำตอบที่ดีที่สุดนั้นไปเป็นคำตอบที่ดีที่สุดเก็บไว้แทน แต่ถ้าคำตอบที่ดีที่สุดที่เก็บไว้นั้นให้คำตอบที่ดีกว่าก็ให้นำสตริงคำตอบภายหลังจากการครอสโอเวอร์ทั้งหมด Pop Size ตัวไปผ่านกระบวนการมิวเตชั่นตามปกติ ยกตัวอย่างเช่น ภายหลังการครอสโอเวอร์ มีสตริงคำตอบ 10 ตัว ซึ่งเมื่อนำไปผ่าน กระบวนการถอดรหัสและประเมินค่าแล้วได้ค่าความเหมาะสมของสตริงคำตอบแต่ละตัวเป็น 2 6 8 7 9 4 5 12 6 4 ค่าความเหมาะสมที่ดีที่สุดใน 10 ตัวนี้คือค่า 12 ของสตริงคำตอบตัวที่ 8 ให้เอาค่า 12 นี้ไปเปรียบเทียบกับค่าความเหมาะสมของคำตอบที่ดีที่เก็บไว้ ถ้าหากดังกล่าวน้อยกว่า 12 ก็ให้เอาสตริงคำตอบตัวที่ 8 นี้ไปใช้เป็นคำตอบที่ดีที่เก็บเป็นตัวใหม่แทนแต่ถ้าค่าดังกล่าวมากกว่าหรือเท่ากับ 12 ก็ให้คงคำตอบที่ดีที่เก็บไว้แล้วนำสตริงคำตอบทั้ง 10 ตัว นี้ไปทำการมิวเตชั่นต่อไป

3. การเก็บค่าที่ดีที่สุดที่ใช้ภายหลังการมิวเตชั่น (Elite Preserve Strategy of Generation) เป็นเทคนิคซึ่งถือว่าเป็นการเก็บค่าที่ดีที่สุดของเจนเนอเรชั่นนั้น ๆ ด้วยการเก็บค่าที่ดีที่สุดของเจนเนอเรชั่นจะช่วยให้คำตอบที่ดีที่สุดเท่าที่เคยปรากฏขึ้นมายังคงมีอยู่ในเจนเนอเรชั่นต่อไปการเก็บค่าในขั้นตอนนี้จะทำหลังจากที่มีการมิวเตชั่นเรียบร้อยแล้ว สตริงคำตอบที่ได้ภายหลังการมิวเตชั่นจำนวน Popsize ตัว จะถูกถอดรหัสและประเมินค่าจากนั้นก็ให้เอาสตริงคำตอบหลังที่ดีที่สุดจากการมิวเตชั่นมาเปรียบเทียบกับคำตอบที่ดีที่เก็บไว้เช่นเดียวกับในขั้นตอนของการเก็บคำตอบที่ดีที่เก็บไว้หลังจากผ่านการครอสโอเวอร์ แต่แตกต่างกันตรงที่จะมีการนำเอาคำตอบที่ดีที่สุดที่เก็บไว้มาแทนที่คำตอบที่แย่ที่สุดของสตริงคำตอบชุดที่ผ่านมา ถ้าคำตอบที่ได้หลังจากการผ่านกระบวนการมิวเตชั่นเป็นคำตอบที่ดีกว่า ยกตัวอย่าง เช่น ภายหลังการมิวเตชั่นได้สตริงคำตอบ 10 ตัว ที่มีค่าความเหมาะสม เป็น 5 6 8 3 1 9 4 6 7 7 จะได้ว่าค่าความเหมาะสมที่ดีที่สุด คือ 9 ของสตริงคำตอบตัวที่ 6 ซึ่งถ้าค่าความเหมาะสม ของคำตอบที่ดีที่เก็บไว้น้อยกว่า 9 สตริง คำตอบตัวที่ 6 จะกลายเป็นคำตอบที่ดีที่สุดตัวใหม่ แต่ถ้าค่าความเหมาะสมของคำตอบที่ดีที่สุด มีค่ามากกว่า 9 ก็ให้ตัดสตริงคำตอบตัวที่ 5 ซึ่งมีค่าความเหมาะสมต่ำที่สุดทิ้งไปเอาสตริงคำตอบที่เป็นคำตอบที่ดีที่สุดที่เก็บไว้ขณะนั้นไปใส่แทน สตริงคำตอบที่ได้ภายหลังจากขั้นตอนนี้จะกลายเป็นสตริงที่คำตอบพ่อแม่ที่แท้จริงในเจนเนอเรชั่น ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.6 ศึกษาค่าตัวแปรที่เหมาะสมต่อวิธีการเชิงพันธุกรรมโดยโปรแกรม MINITAB

ค่าตัวแปรของวิธีเชิงพันธุกรรมที่จะถูกพิจารณาในการศึกษานี้คือ ขนาดของประชากร (Population Size) จำนวนรอบในการเจเนอเรชั่น (Number of Generation) ความน่าจำเป็นในการสลับสายพันธ์ (Probability of Crossover) และความน่าจำเป็นในการกลายพันธ์ (Probabilty of Mutation) โดยผู้วิจัยใช้วิธีการออกแบบแฟกทอเรียลในการศึกษา มีปัจจัยและระดับของปัจจัยแสดงดังตารางที่ 3.15 และดำเนินการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง โดยใช้โปรแกรม MINITAB

ตารางที่ 3.15 แสดงค่าตัวแปรที่กำหนดขึ้นเพื่อนำมาศึกษา

ตัวแปร	ค่าที่กำหนด
จำนวนรอบในการเจนเนอเรชั่น	10000
จำนวนประชากร	500 และ 10000
ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์	0.4 0.8 และ 0.3
ค่าความน่าจำเป็นของการมิวเตชั่น	0.03 0.01 และ 0.05

จากการทดลองตามที่ออกแบบไว้ข้างต้น สามารถนำผลลัพธ์ที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความแปรแปรน (Analysis of Variance, ANOVA) ในรูปแบบการจำลองเชิงเส้นทั่วไป ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 3.16 จะพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อค่าเป้าหมายนั้นมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งพิจารณาได้จากค่า P ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 นั้น

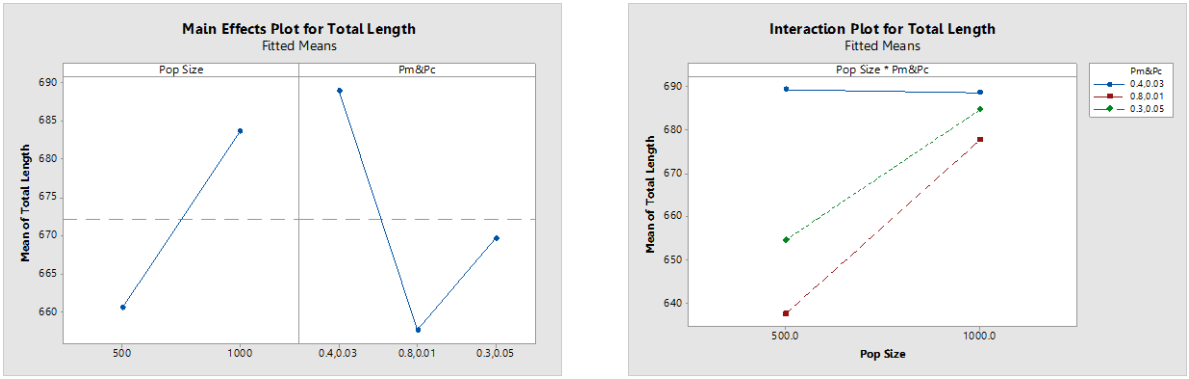
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 3.16 แสดงตัวอย่างผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยหลักของวิธี Heuristic with GAs ของกลุ่มลูกค้า 34 รายการสินค้า

General Factorial Regression: Total Length versus Pop Size, Pm&Pc					
Factor Information					
Factor	Levels	Values			
Pop Size	2	500, 1000			
Pm&Pc	3	0.4, 0.03, 0.8, 0.01, 0.3, 0.05			
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	6648	1329.5	5.38	0.008
Linear	3	5320	1773.4	7.17	0.005
Pop Size	1	2335	2334.7	9.45	0.01
Pm&Pc	2	2985	1492.7	6.04	0.015
2-Way Interactions	2	1327	663.7	2.69	0.109
Pop Size*Pm&Pc	2	1327	663.7	2.69	0.109
Error	12	2966	247.2		
Total	17	9614			
Model Summary					
S	R-sq	R-sq (adj)	R-sq (pred)		
15.7215	69.15%	56.29%	30.58%		

จากตารางที่ 3.16 จะพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อค่าเป้าหมายนั้นมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งพิจารณาได้จากค่า P-Value ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 นั้น ได้แก่ จำนวนประชากร และ ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น มีค่า P-Value เท่ากับ 0.01 และ 0.015 ตามลำดับ ส่วนปัจจัยที่ไม่มีผลต่อค่าเป้าหมายนั้นมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งพิจารณาได้จากค่า P-Value ที่มากกว่า 0.05 นั้น ได้แก่ จำนวนประชากร*ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น มีค่า P-Value เท่ากับ 0.109

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



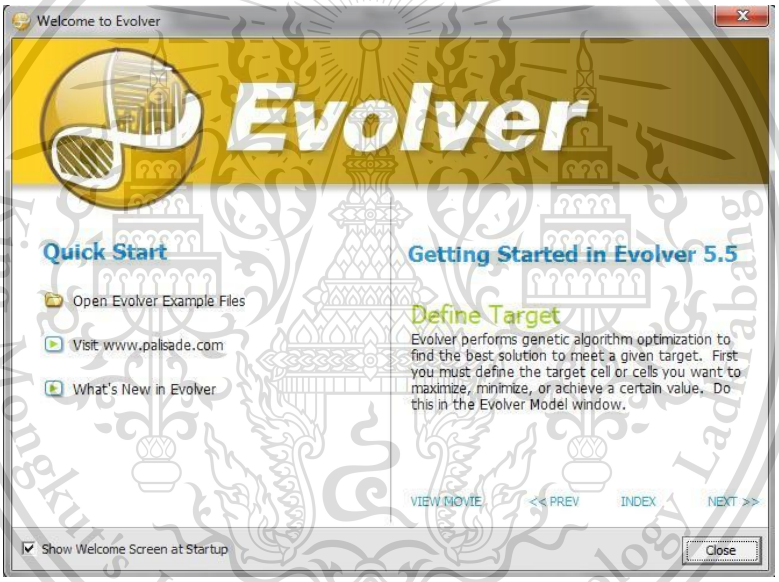
รูปที่ 3.3 แสดงตัวอย่างผลกระทบจากอิทธิผลหลัก (ซ้าย) และ อิทธิพลร่วม (ขวา) ของกลุ่มสินค้า 34 รายการสินค้า

กราฟแสดงผลกระทบจากอิทธิพลหลัก (Main Effect Plot) และผลกระทบจากอิทธิผลร่วม (Interaction Effect Plot) จะช่วยให้ทราบถึงค่าตัวแปรที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัย ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.4 ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่ามีอิทธิผลหลัก 2 ตัวแปร และอิทธิผลร่วม 1 ตัวแปร ที่มีต่อผลต่อระยะทางรวม ซึ่งอิทธิผลหลักที่มีผลต่อระยะทางรวม ได้แก่ จำนวนประชากร ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น และ อิทธิผลร่วม ได้แก่ จำนวนประชากร*ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.7 การประยุกต์ใช้โปรแกรม Evolver สำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ

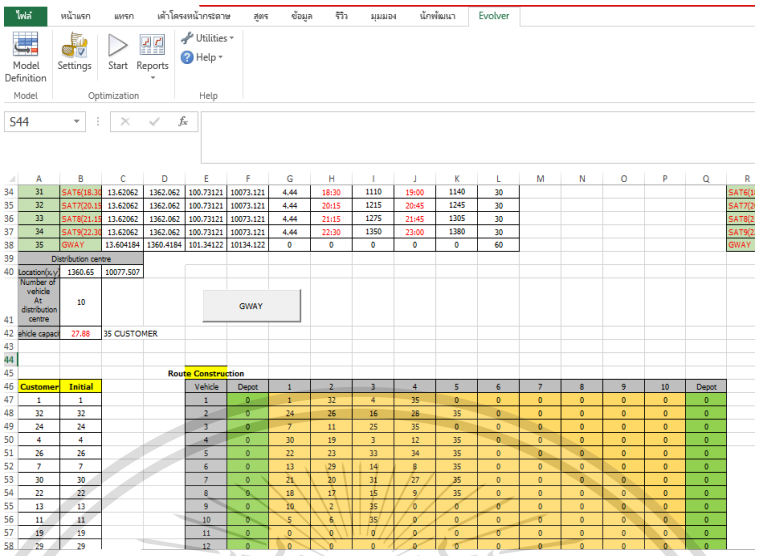
โมเดลปัญหาที่พัฒนาขึ้นนี้ในส่วนของวิธีการเชิงพันธุกรรม โดยจะเลือกใช้การหาคำตอบโดยโปรแกรมสำเร็จรูปคือ Evolver ของบริษัท Palisade Corp. ซึ่งเป็นโปรแกรม Add-in ใน Microsoft Excel ซึ่งหลังจากการติดตั้งโปรแกรมแล้วจะปรากฏในเมนูของ Microsoft Excel เพื่อรอการใช้งาน ผู้วิจัยจะใช้ข้อมูลที่ได้ทำการศึกษาและรวบรวมตามหัวข้อที่ 3.1 ซึ่งหลังจากที่ทำการออกแบบคำสั่งด้วยภาษาวีบีเอในการหาคำตอบในการจัดเส้นทางการเดินรถตามหัวข้อ 3.2 แล้วได้คำตอบตั้งต้นสำหรับการจัดเส้นทางเดินรถโดยวิธีต่าง ๆ ดังหัวข้อ 3.3 แล้วจะนำค่าตัวแปรที่เหมาะสมดังหัวข้อ 3.6 ใช้กับวิธีการเชิงพันธุกรรมโดยใช้โปรแกรม Evolver โดยมีขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 3.4 แสดงตัวอย่างของโปรแกรมสำเร็จรูป Evolver

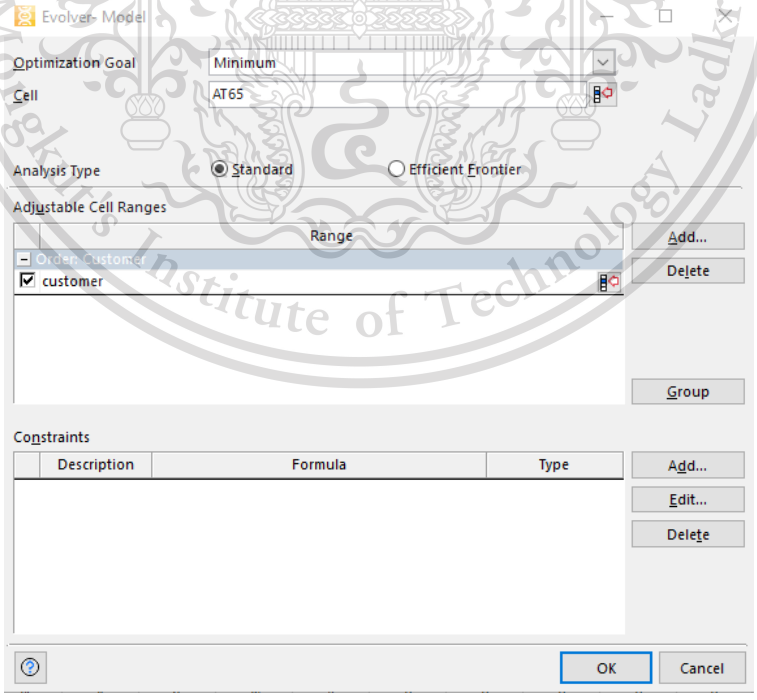
จากรูปที่ 3.5 การพัฒนาวิธีการเชิงพันธุกรรมจะเลือกใช้การหาคำตอบโดยการหาคำตอบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Evolver ของบริษัท Palisade Corp. ซึ่งเป็นโปรแกรม Add-in ใน Microsoft Excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.5 วิธีการประมวลผลด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรมโดยโปรแกรม Evolver

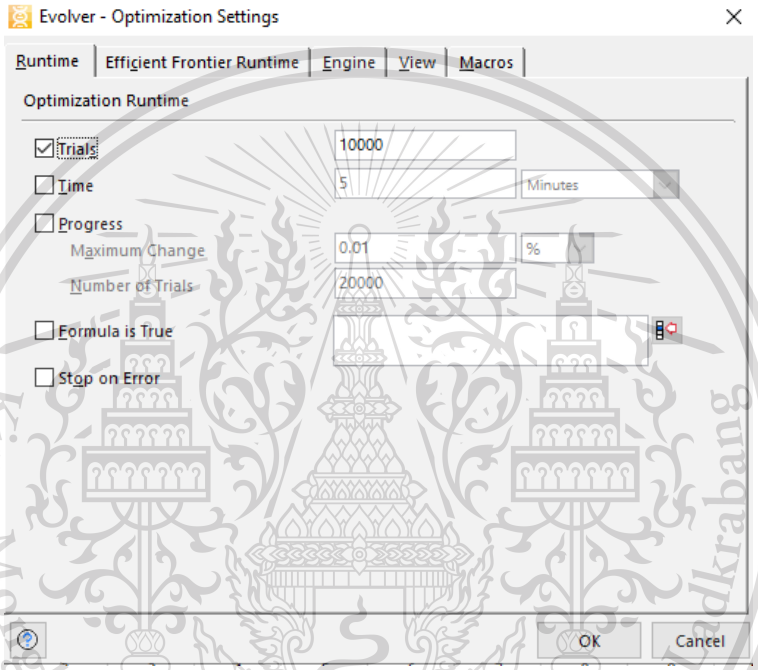
จากรูปที่ 3.6 แสดงข้อมูลที่ใช้ในการประมวลจะต้องประกอบไปด้วยตาราง Route Construction ซึ่งจะต้องเป็นตารางที่สามารถปรับเส้นทางได้ ซึ่งโปรแกรมจะพัฒนาคำตอบในตารางเพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด



รูปที่ 3.6 วิธีการกำหนดขอบเขตและเงื่อนไขที่ศึกษาโดยโปรแกรม Evolver

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

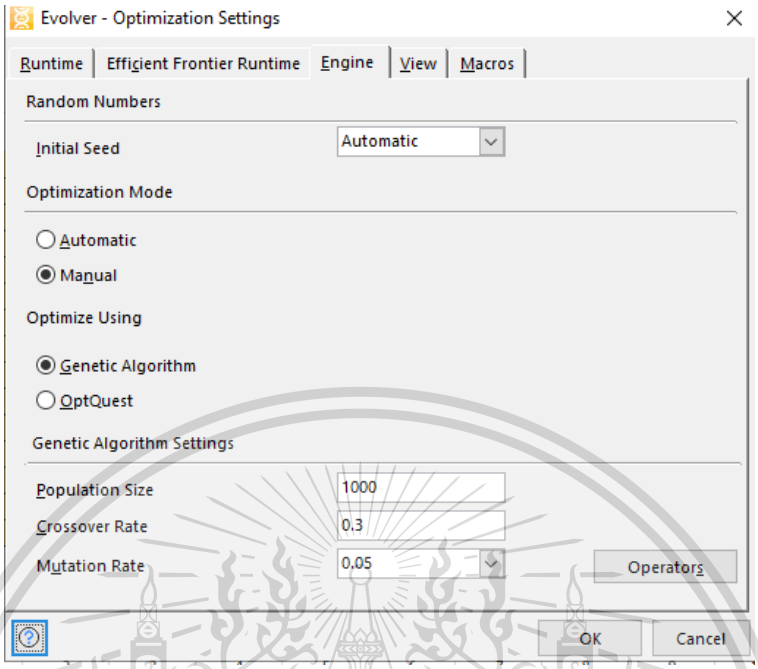
จากรูปที่ 3.7 แสดงวิธีการกำหนดของเขตและเงื่อนไขที่ศึกษาโดยโปรแกรม Evolver ส่วนที่ 1 Optimization Goal ทำการเลือก Minimum เพื่อให้ได้เส้นทางที่สั้นที่สุด ส่วนที่ 2 Cell ทำการเลือก เซลล์ผลรวมของระยะทางการเดินรถ ส่วนที่ 3 Analysis Type ทำการเลือกเลือก Standard ส่วนที่ 4 Adjustable Cell Ranges ทำการคลิกที่ Group จากนั้นเลือก Range และเลือกตารางของลูกค้าทั้งหมด ส่วนที่ 5 กดตกลงเพื่อตั้งค่าการกำหนดขอบเขตและเงื่อนไข



รูปที่ 3.7 วิธีการกำหนดค่าประชาการโดยโปรแกรม Evolver

จากรูปที่ 3.8 แสดงวิธีการกำหนดค่าประชากรโดยโปรแกรม Evolver ให้เลือก Trials และกำหนดค่าประชากรเป็น 10,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.8 วิธีการกำหนดค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และมิวเตชั่นโดยโปรแกรม Evolver

จากรูปที่ 3.9 แสดงวิธีการกำหนดค่าความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์และมิวเตชั่นโดยโปรแกรม Evolver ส่วนที่1 Random Number ในส่วน Initial Seed ให้เลือก Automatic ส่วนที่ 2 Optimization Mode ให้เลือก Manual ส่วนที่3 Optimize Using ให้เลือก Genetic Algorithm ส่วนที่4 Genetic Algorithm Settings ในส่วนของ Population Size Crossover Rate และ Mutation Rate กำหนดค่าเป็น 1,000 0.3 และ 0.05 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการวางแผนการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งเพื่อรับส่งชิ้นส่วนยานยนต์ โดยข้อมูลที่นำมาใช้เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมของปัญหาแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม โดยทำการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์โดยมีแบบมีกรอบเวลา (Vehicle Routing Problem with Time Window: VRPTW) เพื่อประมวลผลหาคำตอบด้วยวิธีการเขียนโปรแกรม Excel Visual Basic for Application (VBA) อีกทั้งวิธีฮิวริสติกส์ (Heuristic) โดยประยุกต์ใช้ 2 วิธีการร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithms) โดยใช้โปรแกรม Evolver และนำผลลัพธ์ที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนในรูปแบบจำลองเชิงเส้นทั่วไปด้วยวิธีการออกแบบแฟกทอเรียลโดยใช้โปรแกรม Minitab ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม Evolver
4.2 ผลการทดลองพารามิเตอร์ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นเดินรถ
4.3 ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าแบบมีกรอบเวลาโดยวิธีต่าง ๆ

4.1 ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม Evolver

ตารางที่ 4.1 ผลการจัดเส้นทางของกลุ่มลูกค้า 34 รายการสินค้าด้วยวิธี Heuristic with GAs

ลำดับ	เส้นทาง	ปริมาณการขนส่ง (ลูกบาศก์เมตร)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
1	0-19-24-29-7-0	17.24	85
2	0-32-12-13-2-3-8-27-6-0	26.9	69
3	0-20-25-17-16-26-0	25.08	139
4	0-30-1-18-23-9-0	25.58	106
5	0-28-31-21-22-0	16.56	70
6	0-11-4-5-0	11.29	83
7	0-4-10-15-10-0	9.86	64
		132.51	616

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.2 ผลการจัดเส้นทางของกลุ่มลูกค้า 34 รายการสินค้าด้วยวิธี Random with GAs

ลำดับ	เส้นทาง	ปริมาณการขนส่ง (ลูกบาศก์เมตร)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
1	0-25-17-21-6-29-7-0	26.38	107
2	0-20-31-16-22-0	15.91	48
3	0-28-18-27-24-0	15.58	104
4	0-19-13-2-3-23-0	24.1	86
5	0-12-14-5-0	12.34	58
6	0-30-10-15-26-0	20.83	109
7	0-4-1-0	7.4	60
8	0-32-11-0	9.98	45
		132.51	617

ตารางที่ 4.3 ผลการจัดเส้นทางของกลุ่มลูกค้า 30 รายการสินค้าด้วยวิธี Heuristic with GAs

ลำดับ	เส้นทาง	ปริมาณการขนส่ง (ลูกบาศก์เมตร)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
1	0-22-3-20-26-21-31-0	24.78	302
2	0-25-28-7-30-23-27-31-0	27.80	197
3	0-19-7-14-15-16-31-0	26.37	235
4	0-18-4-5-2-6-24-31-0	27.52	196
5	0-29-11-12-8-9-31-0	26.04	279
6	0-1-10-13-31-0	15.82	262
		148.33	1471

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.4 ผลการจัดเส้นทางของกลุ่มลูกค้า 30 รายการสินค้าด้วยวิธี Random with GAs

ลำดับ	เส้นทาง	ปริมาณการขนส่ง (ลูกบาศก์เมตร)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
1	0-6-20-26-27-21-31-0	25.71	292
2	0-4-5-13-3-15-24-31-0	27.85	215
3	0-10-11-12-8-9-31-0	26.37	262
4	0-25-1-2-22-30-23-31-0	27.19	223
5	0-19-17-14-16-31-0	21.10	235
6	0-28-29-7-31-0	14.84	246
7	0-18-0	5.27	16
		148.33	1489

ตารางที่ 4.5 ผลการจัดเส้นทางของกลุ่มลูกค้า 25 รายการสินค้าด้วยวิธี Heuristic with GAs

ลำดับ	เส้นทาง	ปริมาณการขนส่ง (ลูกบาศก์เมตร)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
1	0-3-10-19-20-16-17-26-0	24.93	89
2	0-21-2-12-13-14-15-18-7-4-26-0	24.78	95
3	0-5-1-11-22-23-24-25-6-8-26-0	27.01	135
		76.73	319

ตารางที่ 4.6 ผลการจัดเส้นทางของกลุ่มลูกค้า 25 รายการสินค้าด้วยวิธี Random with GAs

ลำดับ	เส้นทาง	ปริมาณการขนส่ง (ลูกบาศก์เมตร)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
1	0-10-9-7-8-26-0	17.78	77
2	0-13-18-19-20-4-17-26-0	20.95	123
3	0-1-12-14-15-16-26-0	6.52	84
4	0-3-21-2-11-22-23-24-25-6-26-0	27.48	102
5	0-5-0	4.01	42
		76.73	428

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.7 ผลการจัดเส้นทางของกลุ่มลูกค้า 32 รายการสินค้าด้วยวิธี Heuristic with GAs

ลำดับ	เส้นทาง	ปริมาณการขนส่ง (ลูกบาศก์เมตร)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
1	0-23-26-27-4-35-0	26.49	234
2	0-1-21-20-14-9-16-35-0	27.65	187
3	0-18-7-11-8-35-0	26.82	211
4	0-19-25-31-33-35-0	26.67	228
5	0-22-2-24-15-12-34-35-0	26.28	176
6	0-29-30-17-32-35-0	27.37	230
7	0-13-6-3-28-35-0	24.85	253
		202.16	1548

ตารางที่ 4.8 ผลการจัดเส้นทางของกลุ่มลูกค้า 32 รายการสินค้าด้วยวิธี Random with GAs

ลำดับ	เส้นทาง	ปริมาณการขนส่ง (ลูกบาศก์เมตร)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
1	0-23-12-26-27-35-0	27.37	234
2	0-21-20-14-8-32-16-35-0	25.24	165
3	0-13-18-7-33-35-0	26.54	222
4	0-1-30-9-28-35-0	27.77	272
5	0-29-19-17-31-35-0	27.37	230
6	0-22-24-11-15-34-4-35-0	26.99	169
7	0-6-2-3-25-35-0	24.85	238
8	0-5-10-0	16.04	29
		202.16	1559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการประยุกต์ใช้วิธี Heuristic with GAs และ Random with GAs

กลุ่มลูกค้า	รูปแบบการทดลอง	ระยะทาง (กิโลเมตร)	จำนวนรถ (คัน)	ระยะเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบ (นาที)	ความแตกต่างของระยะทาง (%)
34 รายการสินค้า (SKR TP)	GAs with Heuristic	616	7	13:59	1.00
	GAs with Random	617	8	17:19	
30 รายการสินค้า (KDI)	GAs with Heuristic	1471	9	7:31	0.99
	GAs with Random	1489	7	10:08	
25 รายการสินค้า (IMCT)	GAs with Heuristic	319	3	7:14	0.75
	GAs with Random	428	5	8:10	
32 รายการสินค้า (GWAY)	GAs with Heuristic	1548	8	10:18	0.99
	GAs with Random	1559	8	10:34	

จากตารางที่ 4.9 แสดงผลการทดลองการเปรียบเทียบการดำเนินงานโดยใช้โปรแกรม Evolver ซึ่งมีรูปแบบการทดลอง 2 วิธีคือ วิธีฮิวริสติกส์ร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม และวิธีการสุ่มร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม โดยใช้ระยะทางและจำนวนรถขนส่งสินค้าของในการพิจารณาสามารถสรุปได้ว่า วิธีการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าแบบมีกรอบเวลาที่ใช้ระยะทางต่ำที่สุดและจำนวนรถขนส่งสินค้าน้อยที่สุด คือ วิธีฮิวริสติกส์แบบเพื่อนบ้านใกล้สุดร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม โดย 4 กลุ่มลูกค้าคือ 34 30 25 และ 32 รายการสินค้า ซึ่งมีระยะทางในการขนส่งเท่ากับ 616 1471 319 และ 1548 กิโลเมตร ตามลำดับ และจำนวนรถขนส่งสินค้าที่ใช้ในการขนส่งเท่ากับ 7 9 3 และ 8 ตามลำดับ รองลงมาคือ วิธีการสุ่มร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม โดย 4 กลุ่มลูกค้าคือ 34 30 25 และ 32 รายการสินค้า ซึ่งมีระยะทางในการขนส่งเท่ากับ 617 1489 428 และ 1559 ตามลำดับ และจำนวนรถขนส่งสินค้าที่ใช้ในการขนส่งเท่ากับ 8 7 5 และ 8 ตามลำดับ และความแตกต่างระยะทางของ 4 กลุ่มลูกค้าคือ 34 30 25 และ 32 รายการสินค้า อยู่ร้อยละ 1 0.99 0.75 0.99 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2 ผลการทดลองพารามิเตอร์ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นเดินรถ

ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าแบบมีกรอบเวลาแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มลูกค้าจากคลังสินค้า 1 แห่ง และ โรงงานประกอบยานยนต์ 3 แห่ง คือ จำนวน 32 และ 30 25 34 รายการสินค้าตามลำดับ จากการทดลองด้วยวิธีการออกแบบแฟกทอเรียลโดยใช้โปรแกรม Minitab เมื่อนำผลมาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ในรูปแบบจำลองเชิงเส้นทั่วไปจะได้ผลวิเคราะห์ดังนี้

4.3 ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าแบบมีกรอบเวลาโดยวิธีต่าง ๆ

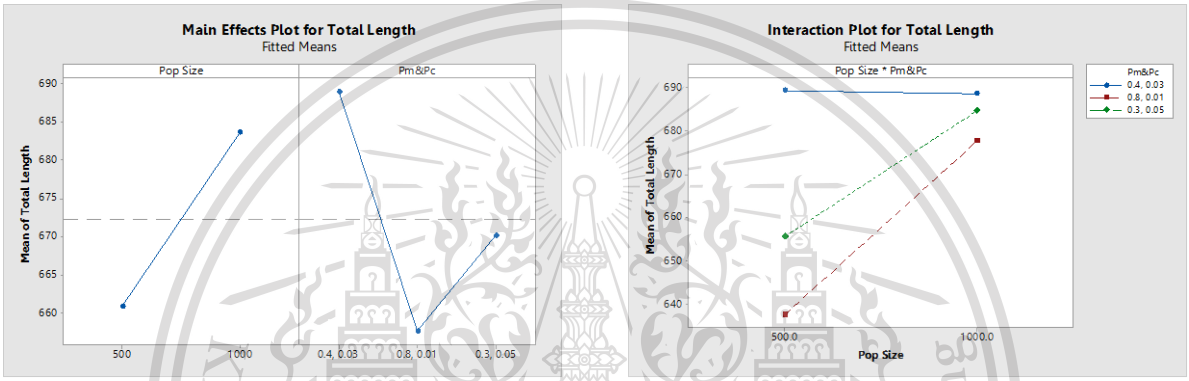
1. กลุ่มลูกค้า 34 รายการสินค้าโดยวิธี Heuristic with GAs

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยหลักกลุ่มลูกค้า 34 รายโดยวิธี Heuristic with GAs

General Factorial Regression: Total Length versus Pop Size, Pm&Pc					
Factor Information					
Factor	Levels	Values			
Pop Size	2	500, 1000			
Pm&Pc	3	0.4, 0.03, 0.8, 0.01, 0.3, 0.05			
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	6648	1329.5	5.38	0.008
Linear	3	5320	1773.4	7.17	0.005
Pop Size	1	2335	2334.7	9.45	0.01
Pm&Pc	2	2985	1492.7	6.04	0.015
2-Way Interactions	2	1327	663.7	2.69	0.109
Pop Size*Pm&Pc	2	1327	663.7	2.69	0.109
Error	12	2966	247.2		
Total	17	9614			
Model Summary					
S	R-sq	R-sq (adj)	R-sq (pred)		
15.7215	69.15%	56.29%	30.58%		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากตารางที่ 4.1 จะพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อค่าเป้าหมายนั้นมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งพิจารณาได้จากค่า P-Value ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 นั้น ได้แก่ จำนวนประชากร และ ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น มีค่า P-Value เท่ากับ 0.01 และ 0.015 ตามลำดับ ส่วนปัจจัยที่ไม่มีผลต่อค่าของเป้าหมายนั้นซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากค่า P-Value ที่มากกว่า 0.05 นั้น ได้แก่ จำนวนประชากร*ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น มีค่า P-Value เท่ากับ 0.109



รูปที่ 4.1 แสดงผลกระทบจากอิทธิพลหลัก (ซ้าย) และอิทธิพลร่วม (ขวา) สำหรับกลุ่มลูกค้า 34 ราย โดยวิธี Heuristic with GAs

จากรูปที่ 4.1 กราฟแสดงผลกระทบจากอิทธิพลหลัก (Main Effect Plot) และผลกระทบจากอิทธิผลร่วม (Interaction Effect Plot) สำหรับกลุ่มลูกค้า 34 รายโดยวิธี Heuristic with GAs พบว่ามีอิทธิผลหลัก 2 ตัวแปร ได้แก่ จำนวนประชากร เท่ากับ 500 และ ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น เท่ากับ 0.8 และ 0.01 ตามลำดับ ที่มีต่อผลต่อระยะทางรวม ส่วนอิทธิผลร่วม ได้แก่ จำนวนประชากร เท่ากับ 500 ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น เท่ากับ 0.8 และ 0.01 ตามลำดับ มีค่าระยะทางรวมน้อยที่สุด เท่ากับ 616 กิโลเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

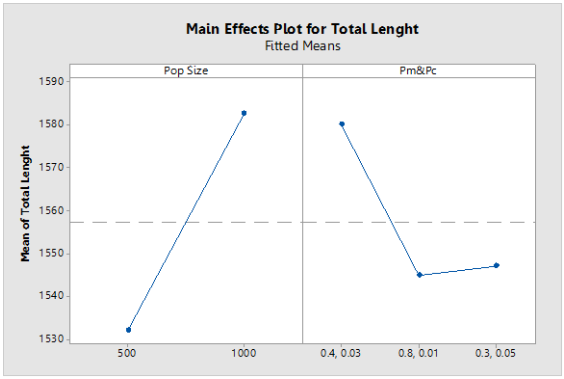
2. กลุ่มลูกค้า 30 รายการสินค้าโดยวิธี Heuristic with GAs

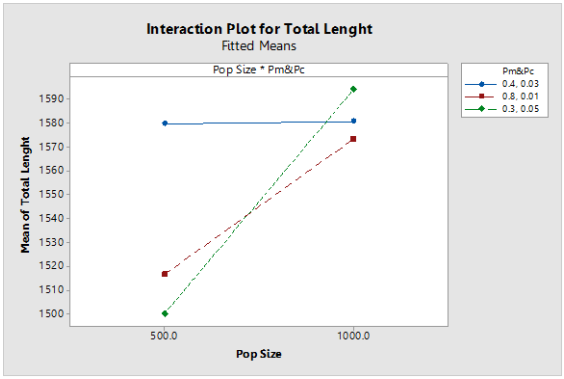
ตารางที่ 4.11 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยหลักกลุ่มลูกค้า 30 ราย โดยวิธี Heuristic with GAs

General Factorial Regression: Total Length versus Pop Size, Pm&Pc					
Factor Information					
Factor	Levels	Values			
Pop Size	2	500, 1000			
Pm&Pc	3	0.4, 0.03, 0.8, 0.01, 0.3, 0.05			
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	22639	4528	3.84	0.026
Linear	3	16112	5371	4.55	0.024
Pop Size	1	11451	11451	9.7	0.009
Pm&Pc	2	4661	2330	1.97	0.181
2-Way Interactions	2	6527	3264	2.77	0.103
Pop Size*Pm&Pc	2	6527	3264	2.77	0.103
Error	12	14159	1180		
Total	17	36798			
Model Summary					
S	R-sq	R-sq (adj)	R-sq (pred)		
34.3503	61.52%	45.49%	13.42%		

จากตารางที่ 4.2 จะพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อค่าเป้าหมายนั้นมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งพิจารณาได้จากค่า P-Value ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 นั้น ได้แก่ จำนวนประชากร มีค่า P-Value เท่ากับ 0.009 ส่วนปัจจัยที่ไม่มีผลต่อค่าเป้าหมายนั้นมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งพิจารณาได้จากค่า P-Value ที่มากกว่า 0.05 นั้น ได้แก่ ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น และ จำนวนประชากร*ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น มีค่า P-Value เท่ากับ 0.181 และ 0.103 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.





รูปที่ 4.2 แสดงผลกระทบจากอิทธิพลหลัก (ซ้าย) และอิทธิพลร่วม (ขวา) สำหรับกลุ่มลูกค้า 30 ราย โดยวิธี Heuristic with GAs

จากรูปที่ 4.2 กราฟแสดงผลกระทบจากอิทธิพลหลัก (Main Effect Plot) และผลกระทบจากอิทธิผลร่วม (Interaction Effect Plot) สำหรับกลุ่มลูกค้า 30 รายโดยวิธี Heuristic with GAs พบว่ามีอิทธิผลหลัก 2 ตัวแปร ได้แก่ จำนวนประชากร เท่ากับ 500 และ ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น เท่ากับ 0.8 และ 0.01 ตามลำดับ ที่มีต่อผลต่อระยะทางรวม ส่วนอิทธิผลร่วม ได้แก่ จำนวนประชากร เท่ากับ 500 ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น เท่ากับ 0.8 และ 0.01 ตามลำดับ มีค่าระยะทางรวมน้อยที่สุด เท่ากับ 1471 กิโลเมตร

3. กลุ่มลูกค้า 25 รายการสินค้าโดยวิธี Heuristic with GAs

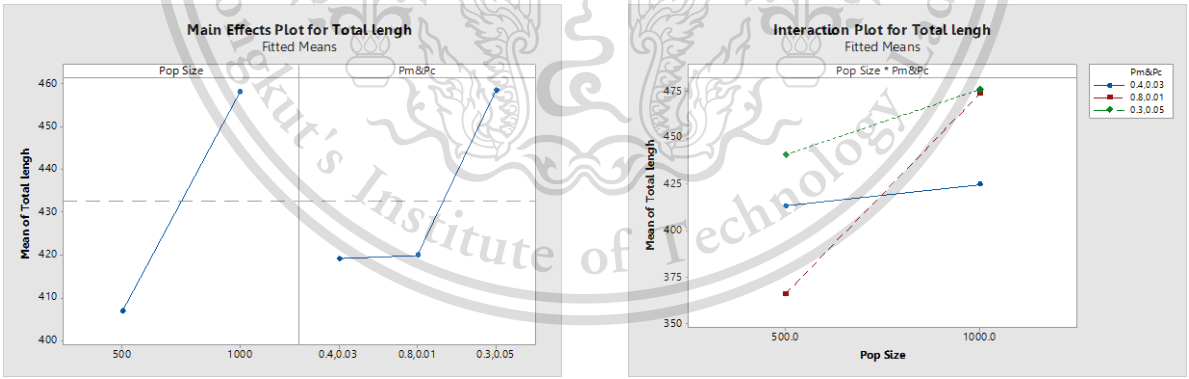
ตารางที่ 4.12 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยหลักกลุ่มลูกค้า 25 ราย โดยวิธี Heuristic with GAs

General Factorial Regression: Total Length versus Pop Size, Pm&Pc					
Factor Information					
Factor	Levels	Values			
Pop Size	2	500, 1000			
Pm&Pc	3	0.4,0.03, 0.8,0.01, 0.3,0.05			
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	25382	5076.5	5.28	0.009
Linear	3	17918	5972.7	6.21	0.009

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Pop Size	1	11858	11858	12.33	0.004
Pm&Pc	2	6060	3030.1	3.15	0.08
2-Way Interactions	2	7464	3732.2	3.88	0.05
Pop Size*Pm&Pc	2	7464	3732.2	3.88	0.05
Error	12	11544	962		
Total	17	36926			
Model Summary					
S	R-sq	R-sq (adj)	R-sq (pred)		
31.0161	68.74%	55.71%	29.66%		

จากตารางที่ 4.3 จะพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อค่าเป้าหมายนั้นมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งพิจารณาได้จากค่า P-Value ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 นั้น ได้แก่ จำนวนประชากร และ จำนวนประชากร*ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น มีค่า P-Value เท่ากับ 0.004 และ 0.05 ตามลำดับ ส่วนปัจจัยที่ไม่มีผลต่อค่าเป้าหมายนั้นมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งพิจารณาได้จากค่า P-Value ที่มากกว่า 0.05 นั้น ได้แก่ ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น มีค่า P-Value เท่ากับ 0.05



รูปที่ 4.3 แสดงผลกระทบจากอิทธิพลหลัก (ซ้าย) และอิทธิพลร่วม (ขวา) สำหรับกลุ่มลูกค้า 25 ราย โดยวิธี Heuristic with GAs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.3 กราฟแสดงผลกระทบจากอิทธิพลหลัก (Main Effect Plot) และผลกระทบจากอิทธิผลร่วม (Interaction Effect Plot) สำหรับกลุ่มลูกค้า 25 รายโดยวิธี Heuristic with GAs พบว่ามีอิทธิผลหลัก 2 ตัวแปร ได้แก่ จำนวนประชากร เท่ากับ 500 และ ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น เท่ากับ 0.4 และ 0.03 ตามลำดับ ที่มีต่อผลต่อระยะทางรวม ส่วนอิทธิผลร่วม ได้แก่ จำนวนประชากร เท่ากับ 500 ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น เท่ากับ 0.8 และ 0.01 ตามลำดับ มีค่าระยะทางรวมน้อยที่สุด เท่ากับ 319 กิโลเมตร

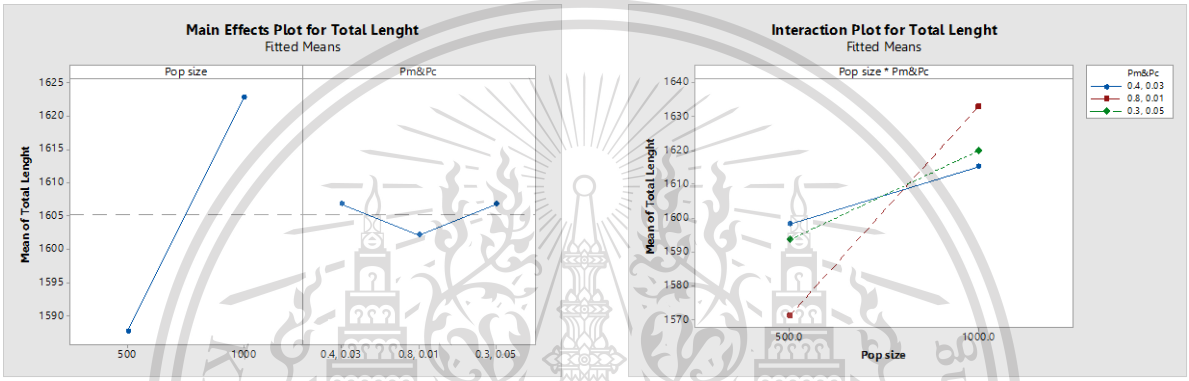
4. กลุ่มลูกค้า 32 รายการสินค้าโดยวิธี Heuristic with GAs

ตารางที่ 4.13 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยหลักกลุ่มลูกค้า 32 รายโดยวิธี Heuristic with GAs

General Factorial Regression: Total Length versus Pop Size, Pm&Pc					
Factor Information					
Factor	Levels	Values			
Pop size	2	500, 1000			
Pm&Pc	3	0.4, 0.03, 0.8, 0.01, 0.3, 0.05			
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	7264.9	1452.99	1.49	0.264
Linear	3	5599.6	1866.54	1.91	0.181
Pop size	1	5512.5	5512.5	5.65	0.035
Pm&Pc	2	87.1	43.56	0.04	0.956
2-Way Interactions	2	1665.3	832.67	0.85	0.45
Pop size*Pm&Pc	2	1665.3	832.67	0.85	0.45
Error	12	11704.7	975.39		
Total	17	18969.6			
Model Summary					
S	R-sq	R-sq (adj)	R-sq (pred)		
31.2312	38.30%	12.59%	0.00%		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากตารางที่ 4.3 จะพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อค่าเป้าหมายนั้นมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งพิจารณาได้จากค่า P-Value ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 นั้น ได้แก่ จำนวนประชากร มีค่า P-Value เท่ากับ 0.035 ส่วนปัจจัยที่ไม่มีผลต่อค่าเป้าหมายนั้นมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งพิจารณาได้จากค่า P-Value ที่มากกว่า 0.05 นั้น ได้แก่ ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น และ จำนวนประชากร*ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น มีค่า P-Value เท่ากับ 0.956 และ 0.45 ตามลำดับ



รูปที่ 4.4 แสดงผลกระทบจากอิทธิพลหลัก (ซ้าย) และอิทธิพลร่วม (ขวา) กลุ่มลูกค้า 32 ราย โดยวิธี Heuristic with GAs

จากรูปที่ 4.4 กราฟแสดงผลกระทบจากอิทธิพลหลัก (Main Effect Plot) และผลกระทบจากอิทธิผลร่วม (Interaction Effect Plot) สำหรับกลุ่มลูกค้า 32 รายโดยวิธี Heuristic with GAs พบว่ามีอิทธิผลหลัก 2 ตัวแปร ได้แก่ จำนวนประชากร เท่ากับ 500 และ ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น เท่ากับ 0.8 และ 0.01 ตามลำดับ ที่มีต่อผลต่อระยะทางรวม ส่วนอิทธิผลร่วม ได้แก่ จำนวนประชากร เท่ากับ 500 ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น เท่ากับ 0.8 และ 0.01 ตามลำดับ มีค่าระยะทางรวมน้อยที่สุด เท่ากับ 1548 กิโลเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

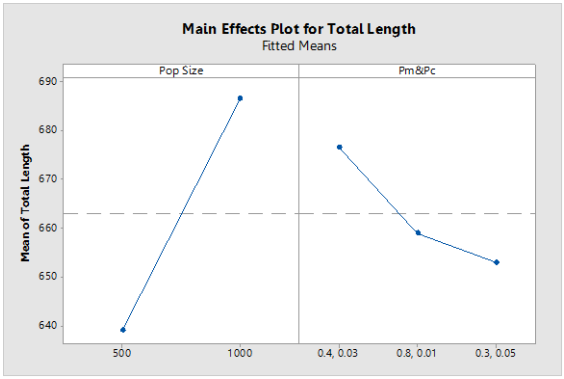
5. กลุ่มลูกค้า 34 รายการสินค้าโดยวิธี Random with GAs

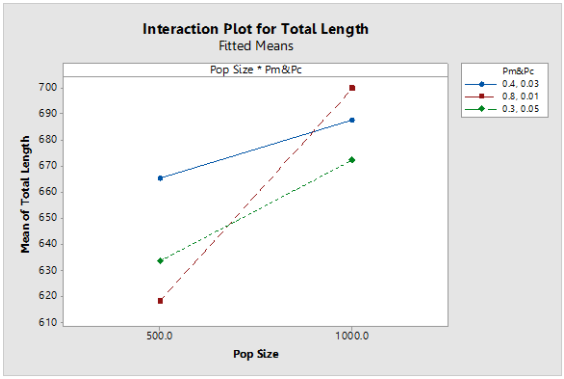
ตารางที่ 4.14 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยหลักกลุ่มลูกค้า 34 รายการสินค้าโดยวิธี Random with GAs

General Factorial Regression: Total Length versus Pop Size, Pm&Pc					
Factor Information					
Factor	Levels	Values			
Pop Size	2	500, 1000			
Pm&Pc	3	0.4, 0.03, 0.8, 0.01, 0.3, 0.05			
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	14703	2940.5	26.49	0
Linear	3	11918	3972.8	35.79	0
Pop Size	1	10129	10129.4	91.26	0
Pm&Pc	2	1789	894.5	8.06	0.006
2-Way Interactions	2	2784	1392.1	12.54	0.001
Pop Size*Pm&Pc	2	2784	1392.1	12.54	0.001
Error	12	1332	111		
Total	17	16035			
Model Summary					
S	R-sq	R-sq (adj)	R-sq (pred)		
10.5357	91.69%	88.23%	81.31%		

จากตารางที่ 4.3 จะพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อค่าเป้าหมายนั้นมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งพิจารณาได้จากค่า P-Value ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 นั้น ได้แก่ จำนวนประชากร ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น และ จำนวนประชากร*ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น มีค่า P-Value เท่ากับ 0 0.006 และ 0.001 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.





รูปที่ 4.5 แสดงผลกระทบจากอิทธิพลหลัก (ซ้าย) และอิทธิพลร่วม (ขวา) กลุ่มลูกค้า 34 ราย โดยวิธี Random with GAs

จากรูปที่ 4.5 กราฟแสดงผลกระทบจากอิทธิพลหลัก (Main Effect Plot) และผลกระทบจากอิทธิผลร่วม (Interaction Effect Plot) สำหรับกลุ่มลูกค้า 32 รายโดยวิธี Random with GAs พบว่ามีอิทธิผลหลัก 2 ตัวแปร ได้แก่ จำนวนประชากร เท่ากับ 500 และ ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น เท่ากับ 0.3 และ 0.05 ตามลำดับ ที่มีต่อผลต่อระยะทางรวม ส่วนอิทธิผลร่วม ได้แก่ จำนวนประชากร เท่ากับ 500 ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น เท่ากับ 0.8 และ 0.01 ตามลำดับ มีค่าระยะทางรวมน้อยที่สุด เท่ากับ 617 กิโลเมตร

6. กลุ่มลูกค้า 30 รายการสินค้าโดยวิธี Random with GAs

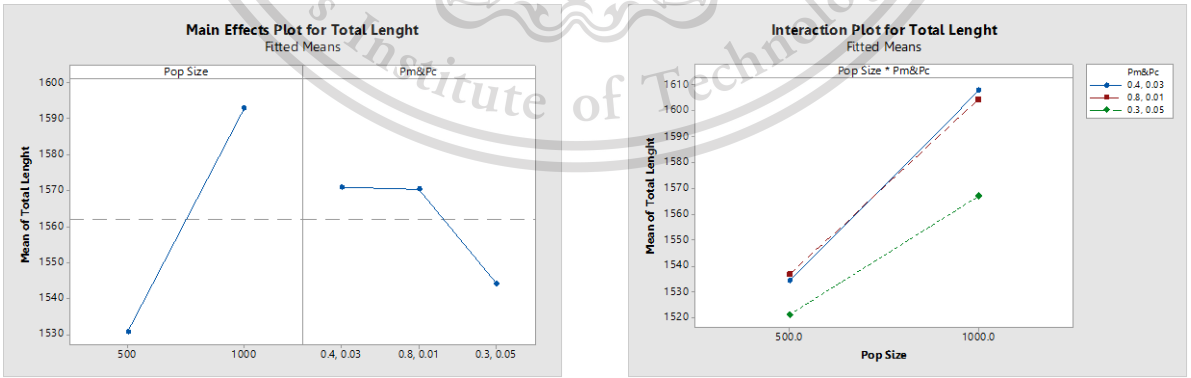
ตารางที่ 4.15 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยหลักกลุ่มลูกค้า 30 ราย โดยวิธี Random with GAs

General Factorial Regression: Total Lenght versus Pop Size, Pm&Pc		
Factor Information		
Factor	Levels	Values
Pop Size	2	500, 1000
Pm&Pc	3	0.4, 0.03, 0.8, 0.01, 0.3, 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	20890.4	4178.1	4.33	0.017
Linear	3	20249.7	6749.9	6.99	0.006
Pop Size	1	17422.2	17422.2	18.05	0.001
Pm&Pc	2	2827.4	1413.7	1.46	0.27
2-Way Interactions	2	640.8	320.4	0.33	0.724
Pop Size*Pm&Pc	2	640.8	320.4	0.33	0.724
Error	12	11583.3	965.3		
Total	17	32473.8			
Model Summary					
S	R-sq	R-sq (adj)	R-sq (pred)		
31.0689	64.33%	49.47%	19.74%		

จากตารางที่ 4.6 จะพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อค่าเป้าหมายนั้นมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งพิจารณาได้จากค่า P-Value ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 นั้น ได้แก่ จำนวนประชากร มีค่า P-Value เท่ากับ 0.01 ส่วนปัจจัยที่ไม่มีผลต่อค่าเป้าหมายนั้นมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งพิจารณาได้จากค่า P-Value ที่มากกว่า 0.05 นั้น ได้แก่ ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น และจำนวนประชากร*ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น มีค่า P-Value เท่ากับ 0.27 และ 0.724 ตามลำดับ



รูปที่ 4.6 แสดงผลกระทบจากอิทธิพลหลัก (ซ้าย) และอิทธิพลร่วม (ขวา) กลุ่มลูกค้า 30 ราย โดยวิธี Random with GAs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.6 กราฟแสดงผลกระทบจากอิทธิพลหลัก (Main Effect Plot) และผลกระทบจากอิทธิผลร่วม (Interaction Effect Plot) สำหรับกลุ่มลูกค้า 30 รายโดยวิธี Random with GAs พบว่ามีอิทธิผลหลัก 2 ตัวแปร ได้แก่ จำนวนประชากร เท่ากับ 500 และ ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น เท่ากับ 0.3 และ 0.05 ตามลำดับ ที่มีต่อผลต่อระยะทางรวม ส่วนอิทธิผลร่วม ได้แก่ จำนวนประชากร เท่ากับ 500 ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น เท่ากับ 0.3 และ 0.05 ตามลำดับ มีค่าระยะทางรวมน้อยที่สุด เท่ากับ 1489 กิโลเมตร

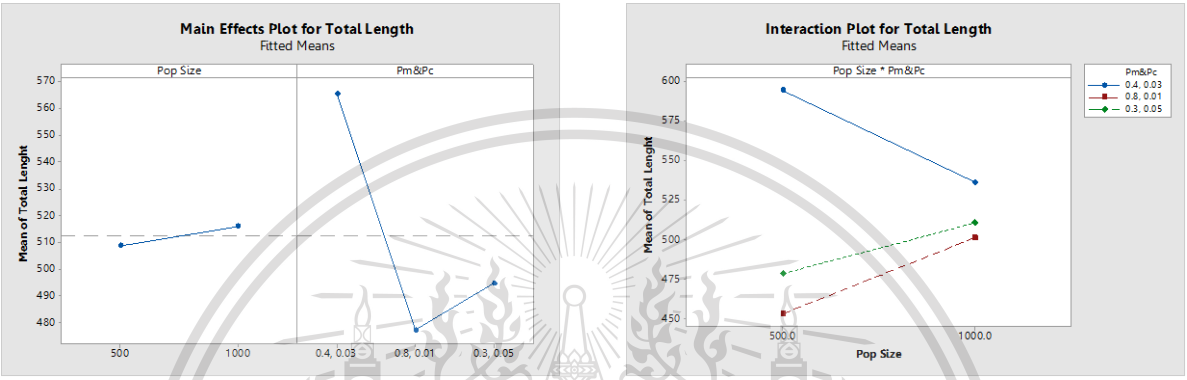
7. กลุ่มลูกค้า 25 รายการสินค้าโดยวิธี Random with GAs

ตารางที่ 4.16 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยหลักกลุ่มลูกค้า 25 ราย โดยวิธี Random with GAs

General Factorial Regression: Total Length versus Pop Size, Pm&Pc					
Factor Information					
Factor	Levels	Values			
Pop Size	2	500, 1000			
Pm&Pc	3	0.4, 0.03, 0.8, 0.01, 0.3, 0.05			
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	36114	7222.9	0.71	0.629
Linear	3	26318	8772.8	0.86	0.488
Pop Size	1	242	242	0.02	0.88
Pm&Pc	2	26076	13038.2	1.28	0.314
2-Way Interactions	2	9796	4898	0.48	0.63
Pop Size*Pm&Pc	2	9796	4898	0.48	0.63
Error	12	122496	10208		
Total	17	158610			
Model Summary					
S	R-sq	R-sq (adj)	R-sq (pred)		
101.035	22.77%	0.00%	0.00%		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากตารางที่ 4.7 จะพบว่าปัจจัยที่ไม่มีผลต่อค่าเป้าหมายนั้นมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งพิจารณาได้จากค่า P-Value ที่มากกว่า 0.05 นั้น ได้แก่ จำนวนประชากร ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น และ จำนวนประชากร*ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น มีค่า P-Value เท่ากับ 0.88 0.314 และ 0.63 ตามลำดับ



รูปที่ 4.7 แสดงผลกระทบจากอิทธิพลหลัก (ซ้าย) และอิทธิพลร่วม (ขวา) กลุ่มลูกค้า 25 รายโดยวิธี Random with GAs

จากรูปที่ 4.7 กราฟแสดงผลกระทบจากอิทธิพลหลัก (Main Effect Plot) และผลกระทบจากอิทธิผลร่วม (Interaction Effect Plot) สำหรับกลุ่มลูกค้า 25 รายโดยวิธี Random with GAs พบว่ามีอิทธิผลหลัก 2 ตัวแปร ได้แก่ จำนวนประชากร เท่ากับ 500 และ ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น เท่ากับ 0.8 และ 0.01 ตามลำดับ ที่มีต่อผลต่อระยะทางรวม ส่วนอิทธิผลร่วม ได้แก่ จำนวนประชากร เท่ากับ 500 ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น เท่ากับ 0.8 และ 0.01 ตามลำดับ มีค่าระยะทางรวมน้อยที่สุด เท่ากับ 428 กิโลเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

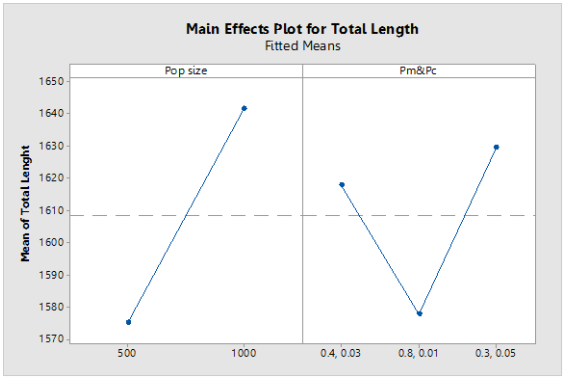
8. กลุ่มลูกค้า 32 รายการสินค้าโดยวิธี Random with GAs

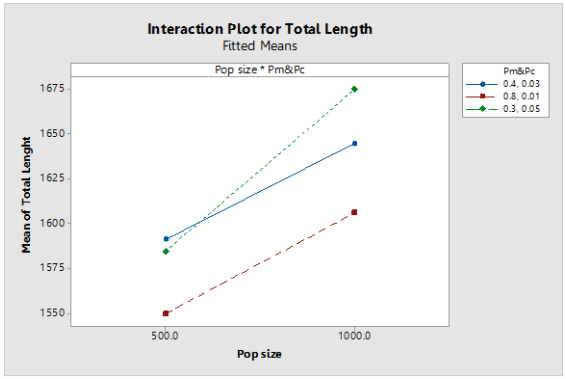
ตารางที่ 4.17 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยหลักกลุ่มลูกค้า 32 ราย โดยวิธี Random with GAs

General Factorial Regression: Total Lengthiyd versus Pop size, Pm&Pc					
Factor Information					
Factor	Levels	Values			
Pop size	2	500, 1000			
Pm&Pc	3	0.4, 0.03, 0.8, 0.01, 0.3, 0.05			
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	29932	5986.4	4.12	0.021
Linear	3	28678	9559.3	6.58	0.007
Pop size	1	19867	19866.9	13.67	0.003
Pm&Pc	2	8811	4405.6	3.03	0.086
2-Way Interactions	2	1254	626.9	0.43	0.659
Pop size*Pm&Pc	2	1254	626.9	0.43	0.659
Error	12	17435	1452.9		
Total	17	47366			
Model Summary					
S	R-sq	R-sq (adj)	R-sq (pred)		
38.1168	63.19%	47.86%	17.18%		

จากตารางที่ 4.8 จะพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อค่าเป้าหมายนั้นมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งพิจารณาได้จากค่า P-Value ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 นั้น ได้แก่ จำนวนประชากร มีค่า P-Value เท่ากับ 0.003 ส่วนปัจจัยที่ไม่มีผลต่อค่าเป้าหมายนั้นมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งพิจารณาได้จากค่า P-Value ที่มากกว่า 0.05 นั้น ได้แก่ ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น และ จำนวนประชากร*ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น มีค่า P-Value เท่ากับ 0.086 และ 0.659 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.





รูปที่ 4.8 แสดงผลกระทบจากอิทธิพลหลัก (ซ้าย) และอิทธิพลร่วม (ขวา) กลุ่มลูกค้า 32 ราย โดยวิธี Random with GAs

จากรูปที่ 4.8 กราฟแสดงผลกระทบจากอิทธิพลหลัก (Main Effect Plot) และผลกระทบจากอิทธิผลร่วม (Interaction Effect Plot) สำหรับกลุ่มลูกค้า 32 รายโดยวิธี Random with GAs พบว่ามีอิทธิผลหลัก 2 ตัวแปร ได้แก่ จำนวนประชากร เท่ากับ 500 และ ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น เท่ากับ 0.8 และ 0.01 ตามลำดับ ที่มีต่อผลต่อระยะทางรวม ส่วนอิทธิผลร่วม ได้แก่ จำนวนประชากร เท่ากับ 500 ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น เท่ากับ 0.8 และ 0.01 ตามลำดับ มีค่าระยะทางรวมน้อยที่สุด เท่ากับ 1559 กิโลเมตร

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าตัวแปรที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยสำหรับ 4 กลุ่มลูกค้า

ตัวแปร	ค่าที่กำหนด	ค่าตัวแปรที่เลือกใช้
จำนวนประชากร	500	500
	1000	
ค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น	0.4 และ 0.03	0.8 และ 0.01 หรือ 0.3 และ 0.05
	0.8 และ 0.01	
	0.3 และ 0.05	

จากตารางที่ 4.10 หลังจากทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน อิทธิผล และอิทธิผลร่วมโดยโปรแกรม MINITAB นั้น พบว่าตัวแปรที่ควรเลือกใช้และเหมาะสมที่สุด ได้แก่ จำนวนประชากร เท่ากับ 500 และค่าความน่าจำเป็นของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น เท่ากับ 0.8 และ 0.01 หรือ 0.3 และ 0.05 ตามลำดับ

เอกสารนี้มีไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์ ซึ่งสร้างคำตอบตั้งต้นด้วยการเขียนโปรแกรม Excel Visual Basic for Application (VBA) โดยใช้การประยุกต์วิธีฮิวริสติกส์แบบเพื่อนบ้านใกล้สุด (Nearest Neighbor Heuristic) และวิธีการสุ่ม (Randomization) และพัฒนาปรับปรุงคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) เพื่อเป็นการปรับปรุงการวางแผนการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งชิ้นส่วนยานยนต์จากเดิมให้มีคำตอบที่ใกล้เคียงค่าที่ดีที่สุด โดยมีเงื่อนไขด้านปริมาณการขนส่งสินค้าที่จำกัด และการเลือกเส้นทางการขนส่งเป็นอย่างลำดับเพื่อให้ได้ระยะทางรวมที่สั้นที่สุด ซึ่งสามารถสรุปผลและข้อเสนอแนะได้ ดังนี้

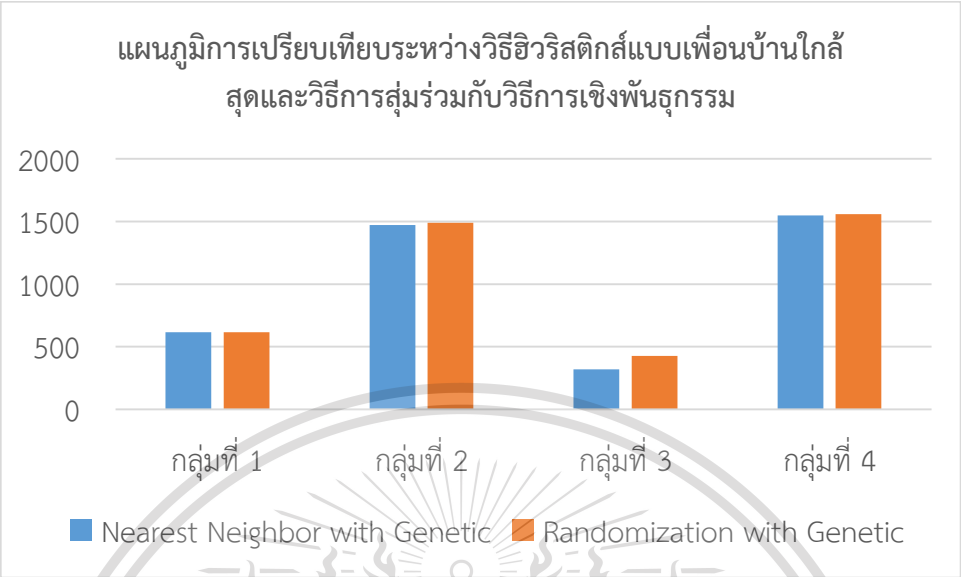
5.1 สรุปผล

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสำหรับชิ้นส่วนยานยนต์ กรณีศึกษาโรงงานประกอบยานยนต์ ซึ่งแบ่งปัญหาออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มลูกค้าจากคลังสินค้า 1 แห่ง และโรงงานประกอบยานยนต์ 3 แห่ง และมีจำนวนความต้องการจำนวน 32 และ 30 25 34 รายการสินค้าตามลำดับ และนำคำตอบที่ได้จากแต่ละวิธีมาทำการเปรียบเทียบกันระหว่างคำตอบด้วยวิธีฮิวริสติกส์แบบเพื่อนบ้านใกล้สุดและวิธีการสุ่มแล้วพัฒนาปรับปรุงคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยได้คือ วิธีการฮิวริสติกส์แบบเพื่อนบ้านใกล้สุดร่วมกับวิธีการเชิงพันธุกรรมสามารถลดระยะทางรวมการขนส่งได้ดีที่สุดโดยวิธีการสุ่มร่วมกับวิธีการเชิงพันธุกรรมมีระยะทางรวมทั้งหมด 4,093 กิโลเมตร จำนวนรถขนส่ง 28 คันและวิธีฮิวริสติกส์แบบเพื่อนบ้านใกล้สุดร่วมกับวิธีการเชิงพันธุกรรมมีระยะทางรวมทั้งหมด 3,944 กิโลเมตร จำนวนรถขนส่ง 27 คัน โดยมีความแตกต่างของระยะทางรวมคิดเป็นร้อยละ 3.64 และรูปที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างวิธีฮิวริสติกส์แบบเพื่อนบ้านใกล้สุดและวิธีการสุ่มแล้วพัฒนาปรับปรุงคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม ดังนั้น สรุปได้ว่าวิธีฮิวริสติกส์แบบเพื่อนบ้านใกล้สุดร่วมกับวิธีการเชิงพันธุกรรมสามารถใช้ในการวางแผนการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสำหรับชิ้นส่วนยานยนต์ กรณีศึกษา โรงงานประกอบยานยนต์ โดยได้เส้นทางการขนส่งที่เหมาะสมและสามารถลดระยะทางรวมในการขนส่งและจำนวนรถขนส่งสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างวิธีฮิวริสติกส์แบบเพื่อนบ้านใกล้สุด
และวิธีการสุ่มร่วมกับวิธีการเชิงพันธุกรรม

จากรูปที่ 5.1 พบว่า กลุ่มที่ 1 กลุ่มลูกค้าจากคลังสินค้า 1 แห่ง มีจำนวนความต้องการ 32 รายการสินค้าโดยวิธีการเพื่อนบ้านใกล้สุดร่วมกับวิธีการเชิงพันธุกรรม มีระยะทางรวมทั้งหมด 616 กิโลเมตร จำนวนรถขนส่ง 7 คัน และวิธีการสุ่มร่วมกับวิธีการเชิงพันธุกรรม มีระยะทางรวมทั้งหมด 617 กิโลมเมตร จำนวนรถขนส่ง 8 คัน โดยมีความแตกต่างของระยะทางรวมคิดเป็นร้อยละ 0.162 กลุ่มที่ 2 กลุ่มลูกค้าจากโรงงานประกอบแห่งที่ 1 มีจำนวนความต้องการ 30 รายการสินค้า โดยวิธีการเพื่อนบ้านใกล้สุดร่วมกับวิธีการเชิงพันธุกรรม มีระยะทางรวมทั้งหมด 1,471 กิโลเมตร จำนวนรถขนส่ง 6 คัน และวิธีการสุ่มร่วมกับวิธีการเชิงพันธุกรรม มีระยะทางรวมทั้งหมด 1,489 กิโลมเมตร จำนวนรถขนส่ง 7 คัน โดยมีความแตกต่างของระยะทางรวมคิดเป็นร้อยละ 1.209 กลุ่มที่ 3 กลุ่มลูกค้าจากโรงงานประกอบแห่งที่ 2 มีจำนวนความต้องการ 25 รายการสินค้า โดยวิธีการเพื่อนบ้านใกล้สุดร่วมกับวิธีการเชิงพันธุกรรม มีระยะทางรวมทั้งหมด 319 กิโลเมตร จำนวนรถขนส่ง 3 คัน และวิธีการสุ่มร่วมกับวิธีการเชิงพันธุกรรม มีระยะทางรวมทั้งหมด 428 กิโลมเมตร จำนวนรถขนส่ง 5 คัน โดยมีความแตกต่างของระยะทางรวมคิดเป็นร้อยละ 25.467 กลุ่มที่ 4 กลุ่มลูกค้าจากโรงงานประกอบแห่งที่ 3 มีจำนวนความต้องการ 32 รายการสินค้า โดยวิธีการเพื่อนบ้านใกล้สุดร่วมกับวิธีการเชิงพันธุกรรม มีระยะทางรวมทั้งหมด 1,548 กิโลเมตร จำนวนรถขนส่ง 8 คัน และวิธีการสุ่มร่วมกับวิธีการเชิงพันธุกรรม มีระยะทางรวมทั้งหมด 1,559 กิโลมเมตร จำนวนรถขนส่ง 8 คันโดยมีความแตกต่างของระยะทางรวมคิดเป็นร้อยละ 0.706

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากตารางที่ 5.1 ได้ทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากวิธีฮิวริสติกส์แบบเพื่อนบ้านใกล้สุดร่วมกับวิธีการเชิงพันธุกรรม วิธีการสุ่มร่วมกับวิธีการเชิงพันธุกรรม และวิธีการจัดเส้นทางแบบเดิม พบว่าวิธีฮิวริสติกส์แบบเพื่อนบ้านใกล้สุดร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรมสามารถลดระยะทางในการเดินรถจากแบบเดิม โดยมีระยะทางรวม 3,944 กิโลเมตร มีความแตกต่างของระยะทางจากแบบเดิมคิดเป็นร้อยละ 3.64 และยังสามรถลดจำนวนรถที่ใช้ในการเดินรถได้จำนวน 10 คัน ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการเปรียบเทียบการจัดเส้นทางแบบเดิม-ใหม่

	การจัดเส้นทางแบบใหม่ โดยวิธี Heuristic with GAs	การจัดเส้นทางแบบใหม่ โดยวิธี Random with GAs	การจัดเส้นทาง แบบเดิม
ระยะทาง (กิโลเมตร)	3944	4093	4689
จำนวนรถ (คัน)	27	28	37

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การจัดเส้นทางการเดินรถนอกจากวิธีที่นำมาใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ในการศึกษาต่อไปอาจมีการนำวิธีการจัดเส้นทางเดินรถแบบอื่นเข้ามาประยุกต์เพื่อเปรียบเทียบหาวิธีการที่ดีที่สุด

5.2.1 วิธีการเชิงพันธุกรรมทำให้ได้คำตอบที่หลากหลายแต่คำตอบที่ได้ในแต่ละรอบนั้นไม่สามารถรับรองได้ว่าเป็นค่าที่ดีที่สุด แต่สามารถกล่าวได้ว่าเป็นค่าที่ใกล้เคียงค่าคำตอบที่ดีที่สุด

5.2.3 นอกจากการจัดเส้นทางการเดินรถตามวัตถุประสงค์ของระยะทางและเวลาแล้วอาจจะพิจารณารวมไปถึงค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ซึ่งอาจกำหนดเป็นข้อจำกัดในการเดินรถด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หนังสืออ้างอิง

[1] Giztix, “ระบบการขนส่งของประเทศไทยในปัจจุบัน,” 2019.

[2] ผ. ด. ร. ปิตาคะโส, “วิธีการเมต้าฮิวริสติก,” 2011.

[3] ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ and คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลยเกษตรศาสตร์, “ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมแบบบีบอัด.”

[4] น. กฤษวัฒนากรณ, “การประยุกต์ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุ์กรรมสำหรับการจัดสถานงานในกระบวนการผลิต,” 2015.

[5] Janthai, “โลจิสติกส์ หมายถึงอะไร,” 2013.

[6] Mdsiglobal, “โลจิสติกส์ (logistics) คืออะไร,” 2019.

[7] ก. ตันติภนา, “แบบจำลองและวิธีค้นหาเฉพาะแห่งขนาดใหญ่สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าที่มีกรอบเวลา,” 2551.

[8] พ. แ. เ. เขมาวุฒฒ์, “การจัดเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกขนาดใหญ่สำหรับสินค้าประเภท เทกอง และกระสอบ กรณีศึกษาบริษัทผู้ให้บริการขนส่ง,” 2019.

[9] พ. ทำนอง, “การจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าจากจุดส่งเดียว กรณีเปรียบเทียบวิธีการแบบฮิวริสติกส์และวิธีการเชิงพันธุกรรม,” 2008.

[10] ธ. ม. ฐิติพงศ์, “การประยุกต์ใช้วิธีเชิงพันธุกรรมส าหรับปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งแบบแบ่งแยกส่ง สินค้าได้ โดยพิจารณาความต้องการของลูกค้าแบบกึ่งกรอบเวลา กรณีศึกษาบริษัทขนส่งเครื่องดื่ม ,” 2020.

[11] T. C. and H. Gold, *Vehicle Routing Problem*. 2008.

[12] L. Azul, “LITERATURE REVIEW ON THE VEHICLE ROUTING PROBLEM IN THE GREEN TRANSPORTATION CONTEXT,” 2016.

[13] C. Jacobs-Blecha, “The Vehicle Routing Problem With Backhauls: Properties and Solution Algorithms,” 2017.

[14] Networking and Emerging Optimization, “Solution Methods for VRP,” 2013.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1. รหัสคำสั่งการทำงานของกระบวนการสร้างคำตอบด้วยวิธีฮิวริสติกส์แบบเพื่อนบ้านใกล้สุด (Nearest Neighbor) ลูกค้ากลุ่มที่ 1 ลูกค้าจากคลังสินค้า (SKR-TP) มีจำนวนความต้องการ 32 รายการสินค้า

```
Function sequence(cus As Range, data As Range, distance As Range, travaltime As Range) As Variant()

Dim before As Variant
Dim current As Variant
Dim customer(31) As Variant
Dim cusStatus(31) As Variant
Dim ready(31) As Variant
Dim duedate(31) As Variant
Dim leaveBefore As Variant
Dim leaveCurrent(31) As Variant
Dim arrival(31) As Variant
Dim service(31) As Variant
Dim timeStatus(31) As Variant
Dim loadBefore As Variant
Dim load(31) As Variant
Dim cap As Variant
Dim loadStatus(31) As Variant
Dim vehicle(0 To 29, 0 To 9) As Variant
Dim sumcusStatus As Variant
Dim condition As Variant
Dim condition2 As Variant
Dim x As Variant
Dim y As Variant
Dim allStatus(31) As Variant
Dim sumallStatus As Variant
Dim summultitimeandloadStatus As Variant
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
Dim count As Variant
Dim demand(31) As Variant
Dim multitimeandloadStatus(31) As Variant

'cusStatus
Dim a As Integer
For a = 0 To 31
    customer(a) = cus(a + 1, 1)
    cusStatus(a) = 1
Next a

'initial
before = 0
current = 0
leaveBefore = 0
loadBefore = 0
cap = 28
condition = 1

Do While condition = 1
    summultitimeandloadStatus = 0
    sumallStatus = 0
    sumcusStatus = 0

'time window
Dim b As Integer
For b = 0 To 31
count = cus(b + 1, 1).Value 'defind customer
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
'ready
ready(b) = data(count + 1, 9).Value

'duedate
duedate(b) = data(count + 1, 11).Value

'service
service(b) = data(count + 1, 12).Value

'arrival = leaveBefore+travaltime
arrival(b) = leaveBefore + travaltime(before + 1, count + 1).Value

'leaveCurrent
If arrival(b) <= ready(b) Then
    leaveCurrent(b) = ready(b) + service(b)
Else: leaveCurrent(b) = arrival(b) + service(b)
End If

'demand
demand(b) = data(count + 1, 7).Value

'load
load(b) = loadBefore + demand(b)

'Status
'timeStatus
If arrival(b) <= duedate(b) Then
    timeStatus(b) = 1
Else: timeStatus(b) = 0
End I
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
'loadStatus
If load(b) <= cap Then
   loadStatus(b) = 1
Else: loadStatus(b) = 0
End If

'timeStatus*loadStatus
multitimeandloadStatus(b) = timeStatus(b) * loadStatus(b)
summultitimeandloadStatus = summultitimeandloadStatus + multitimeandloadStatus(b)

'allStatus
allStatus(b) = cusStatus(b) * timeStatus(b) * loadStatus(b)
sumallStatus = sumallStatus + allStatus(b)

'sumcusStatus
sumcusStatus = sumcusStatus + cusStatus(b)
Next b

'adding customer to vehical
Dim m As Integer

 If sumallStatus <> 0 Then
      condition2 = 1
      m = 0
          Do While condition2 = 1
               If allStatus(m) = 1 Then
                    current = customer(m)
                    before = current
                    vehicle(x, y) = current
                    leaveBefore = leaveCurrent(m)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
loadBefore = load(m)

cusStatus(m) = 0
                    y = y + 1
                    condition2 = 0
End If
   m = m + 1
   Loop
 ElseIf sumallStatus = 0 Then

 If sumcusStatus <> 0 Then 'summultitimeandloadStatus <> 0 And
       x = x + 1
       y = 0
       condition2 = 0
       before = 0
       leaveBefore = 0
       loadBefore = 0
   ElseIf sumcusStatus = 0 Then
       condition = 0
       End If
 End If

'vehicle
sequence = vehicle
Loop

End Function
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2. รหัสคำสั่งการทำงานของกระบวนการสร้างคำตอบด้วยวิธีการสุ่ม (Randomization) ลูกค้ากลุ่มที่ 2 ลูกค้าจากโรงงานประกอบแห่งที่ 1 (KDI) มีจำนวนความต้องการ 32 รายการสินค้า

2.1 รหัสคำสั่งในการสุ่ม

```
Dim cusStatus() As Byte
Dim ran As Byte
Dim ranArr() As Byte
Dim sumcusStatus As Byte
Dim condition As Byte
Dim cus As Integer
Dim k As Integer
cus = 30
k = 1
ReDim ranArr(cus)
ReDim cusStatus(cus)

Dim i As Integer
For i = 1 To cus
    cusStatus(i) = 1
Next i

condition = 1
Do While condition = 1
    sumcusStatus = 0
Dim j As Integer
j = 1

For j = 1 To cus
sumcusStatus = sumcusStatus + cusStatus(j)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
If sumcusStatus <> 0 Then

    Randomize
    ran = CInt(Int((cus * Rnd) + 1))
    If cusStatus(ran) = 1 Then
    ranArr(k) = ran
    cusStatus(ran) = 0
    k = k + 1
    End If

Else: condition = 0
End If
Loop

Dim m
For m = 1 To cus
     Range("A" & m + 42) = ranArr(m)
Next m
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2 รหัสคำสั่งในการตรวจสอบเวลา และจำนวนความจุของรถบรรทุก

```
Function sequence(cus As Range, data As Range, distance As Range, travaltime As Range) As Variant()
Dim before As Variant
Dim current As Variant
Dim customer(30) As Variant
Dim cusStatus(30) As Variant
Dim ready(30) As Variant
Dim duedate(30) As Variant
Dim leaveBefore As Variant
Dim leaveCurrent(30) As Variant
Dim arrival(30) As Variant
Dim service(30) As Variant
Dim timeStatus(30) As Variant
Dim loadBefore As Variant
Dim load(30) As Variant
Dim cap As Variant
Dim loadStatus(30) As Variant
Dim vehicle(0 To 17, 0 To 9) As Variant
Dim sumcusStatus As Variant
Dim condition As Variant
Dim condition2 As Variant
Dim x As Variant
Dim y As Variant
Dim allStatus(30) As Variant
Dim sumallStatus As Variant
Dim summultitimeandloadStatus As Variant
Dim count As Variant
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
Dim demand(30) As Variant
Dim multitimeandloadStatus(30) As Variant

'cusStatus
Dim a As Integer
For a = 0 To 30
customer(a) = cus(a + 1, 1)
cusStatus(a) = 1
Next a

'initial
before = 0
current = 0
leaveBefore = 0
loadBefore = 0
cap = 28
condition = 1

Do While condition = 1
summultitimeandloadStatus = 0
sumallStatus = 0
sumcusStatus = 0

'time window
Dim b As Integer
For b = 0 To 30
count = cus(b + 1, 1).Value 'defind customer
'ready
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
ready(b) = data(count + 1, 9).Value

'duedate
duedate(b) = data(count + 1, 11).Value

'service
service(b) = data(count + 1, 12).Value

'arrival = leaveBefore+travaltime
arrival(b) = leaveBefore + travaltime(before + 1, count + 1).Value

'leaveCurrent
If arrival(b) <= ready(b) Then
    leaveCurrent(b) = ready(b) + service(b)
Else: leaveCurrent(b) = arrival(b) + service(b)
End If

'demand
demand(b) = data(count + 1, 7).Value

'load
load(b) = loadBefore + demand(b)

'Status
'timeStatus
If arrival(b) <= duedate(b) Then
    timeStatus(b) = 1
Else: timeStatus(b) = 0
End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
'loadStatus
If load(b) <= cap Then
loadStatus(b) = 1
Else: loadStatus(b) = 0
End If

timeStatus*loadStatus
multitimeandloadStatus(b) = timeStatus(b) * loadStatus(b)
summultitimeandloadStatus = summultitimeandloadStatus + multitimeandloadStatus(b)

'allStatus
allStatus(b) = cusStatus(b) * timeStatus(b) * loadStatus(b)
sumallStatus = sumallStatus + allStatus(b)


'sumcusStatus
sumcusStatus = sumcusStatus + cusStatus(b)
Next b

'adding customer to vehical
Dim m As Integer

  If sumallStatus <> 0 Then
  condition2 = 1
  m = 0

Do While condition2 = 1
        If allStatus(m) = 1 Then
    current = customer(m)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
 before = current
    vehicle(x, y) = current
    leaveBefore = leaveCurrent(m)
    loadBefore = load(m)
    cusStatus(m) = 0
    y = y + 1
condition2 = 0
        End If
    m = m + 1
    Loop
 ElseIf sumallStatus = 0 Then
        If sumcusStatus <> 0 Then 'summultitimeandloadStatus <> 0 And
        vehicle(x, y) = 31
        x = x + 1
        y = 0
        condition2 = 0
        before = 0
        leaveBefore = 0
        loadBefore = 0
    ElseIf sumcusStatus = 0 Then
        condition = 0
        End If
  End If
'vehicle
sequence = vehicle
Loop

End Function
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.