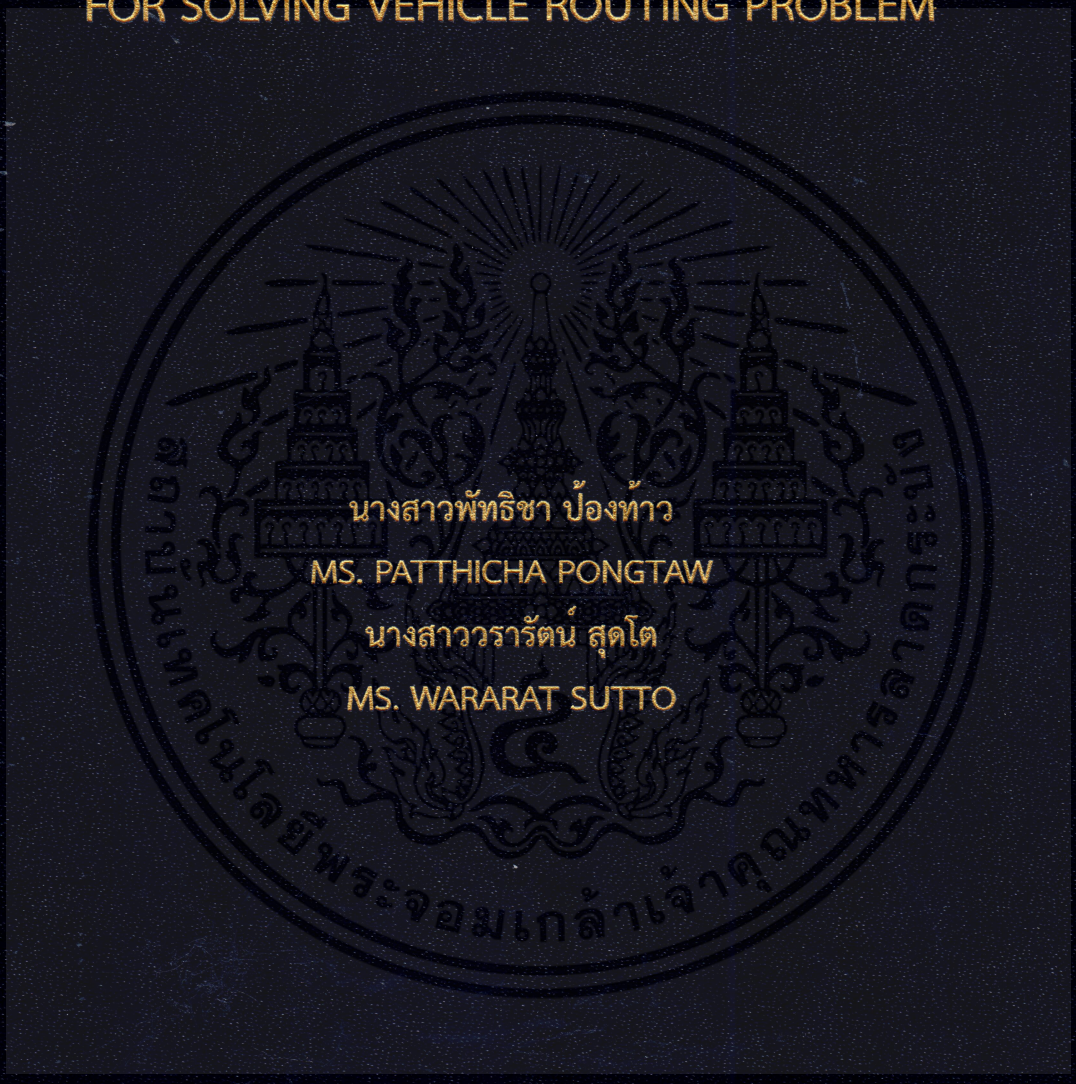
การประยุกต์ใช้วิธีการเชิงพันธุกรรม
สำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางของรถขนส่งสินค้า

APPLYING GENETIC ALGORITHM
FOR SOLVING VEHICLE ROUTING PROBLEM



นางสาวพัทธิชา ป้องท้าว

MS. PATTHICHA PONGTAW

นางสาววรารัตน์ สุดโต

MS. WARARAT SUTTO

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

การประยุกต์ใช้วิธีการเชิงพันธุกรรม
สำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางของรถขนส่งสินค้า

APPLYING GENETIC ALGORITHM
FOR SOLVING VEHICLE ROUTING PROBLEM

นางสาวพัทธิชา ป้องท้าว

MS. PATTHICHA PONGTAW

นางสาววรารัตน์ สุดโต

MS. WARARAT SUTTO

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLYING GENETIC ALGORITHM FOR SOLVING VEHICLE ROUTING PROBLEM

MS. PATTHICHA PONGTAW
MS. WARARAT SUTTO

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การประยุกต์ใช้วิธีการเชิงพันธุกรรมสำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางของรถขนส่งสินค้า
APPLYING GENETIC ALGORITHM FOR SOLVING VEHICLE ROUTING PROBLEM

นักศึกษา นางสาวพัทธิชา ป้องท้าว รหัสประจำตัว 54010902
นางสาววรารัตน์ สุดโต รหัสประจำตัว 54011145

หลักสูตร หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ _____

(ดร.เชาวลิต หามนตรี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การประยุกต์ใช้วิธีการเชิงพันธุกรรมสำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางของรถขนส่งสินค้า
นักศึกษา	นางสาวพัทธิชา ป้องท้าว
	นางสาววรารัตน์ สุดโต
หลักสูตร	หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2557
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ดร.เชาวลิต หามนตรี

บทคัดย่อ

ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem: VRP) เป็นปัญหาที่มีความสำคัญในการจัดการด้านโลจิสติกส์ เพื่อลดระยะทางและลดต้นทุนการขนส่งสินค้า ในงานวิจัยนี้กลุ่มผู้วิจัยได้ทำการศึกษาปัญหาการจัดการเส้นทางการขนส่ง เพื่อหาระยะทางที่เหมาะสม โดยนำวิธีฮิวริสติกส์ และวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) มาใช้ในการแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ โดยที่กลุ่มผู้วิจัยกำหนดกลุ่มตัวอย่างขึ้นมาแบ่งออกเป็น 3 ขนาด ประกอบด้วยข้อมูลของจำนวนลูกค้าไม่เกิน 30 ตัวอย่าง ขนาดกลางลูกค้าไม่เกิน 60 ตัวอย่าง และข้อมูลขนาดใหญ่ลูกค้าไม่เกิน 100 ตัวอย่าง และนำทั้ง 3 กลุ่มตัวอย่างไปหาคำตอบเริ่มต้นโดยวิธีฮิวริสติกส์ ได้แก่ วิธีแบบกวาด วิธีเลือกจุดที่ใกล้ที่สุด และวิธีการจัดกลุ่ม โดยจะนำคำตอบที่ได้ไปหาคำตอบที่เหมาะสมอีกครั้งโดยวิธีการเชิงทางพันธุกรรม ซึ่งขั้นตอนของวิธีการเชิงพันธุกรรม ประกอบไปด้วย ขั้นตอนการครอสโอเวอร์ (Crossover) การมิวเตชั่น (Mutation) และการประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Evolution) เพื่อคัดเลือกโครโมโซมที่ดีสำหรับประชากรรุ่นถัดไป จากผลการทดลองพบว่าวิธีแก้ปัญหาทั้ง 3 กลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการฮิวริสติกส์ วิธีการจัดกลุ่มสามารถหาคำตอบเริ่มต้นได้ดีที่สุด และนำคำตอบที่ได้ไปหาคำตอบที่เหมาะสมด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรมได้ระยะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกลุ่มตัวอย่าจำนวนลูกค้าไม่เกิน 30 ตัวอย่าง มีระยะทางเท่ากับ 682.32 กิโลเมตร ระยะลดลงจากระยะทางเริ่มต้น 33.89 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 4.73 ขนาดกลางลูกค้าไม่เกิน 60 ตัวอย่าง มีระยะทางเท่ากับ 1,151.35 กิโลเมตร ระยะลดลงจากระยะทางเริ่มต้น 27.13 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 2.36 และข้อมูลขนาดใหญ่ลูกค้าไม่เกิน 100 ตัวอย่าง มีระยะทางเท่ากับ 2132.77 กิโลเมตร ระยะลดลงจากระยะทางเริ่มต้น 59.67 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 2.78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Applying Genetic Algorithm for Solving Vehicle Routing Problem
Student	Ms. Patthicha Pongtaw
	Ms. Wararat Sutto
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering
	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2014
Thesis Advisor	Dr. Chaowalit Hamontree

ABSTRACT

Vehicle Routing Problem is an issue that is particularly important in managing the logistics to reduce distances and shipping costs. In this project, it has been studying the problem of Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) in order to find the minimal distance and transportation cost. There are three instances which classified by the different sizes of number of customers including of 30, 60 and 100 customers. Then, three instances are taken into find the minimal distance for each problem. Moreover, the construction heuristics method namely sweeps, nearest neighbor and cluster are applied to derive the vehicle routes and also genetic algorithm is used as improvement method to find the optimal solution. Finally, the experiment results showed that the heuristic method along with genetic algorithm in order to find an optimal solution for CVRP in comparable with those of the heuristic techniques. The findings stated that using heuristic method with genetic algorithm yielded more effective solution for CVRP problem than using only genetic algorithm as it would narrow down the solution space and could assist in evaluating the fitness of individuals.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่องการประยุกต์ใช้วิธีการเชิงพันธุกรรมสำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางของรถขนส่งสินค้า สามารถสำเร็จลุล่วงโดยได้รับการสนับสนุน ซึ่งส่งผลให้การจัดทำโครงการบรรลุเป้าหมายที่ได้วางไว้ กลุ่มผู้จัดทำขอขอบพระคุณบุคคลทุกคนที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่ส่งผลให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงสมบูรณ์

ดร. เชาวลิต หามนตรี อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ กลุ่มผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับการให้โอกาสได้ศึกษาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ และให้คำแนะนำตลอดการทำปริญญานิพนธ์จนสามารถสำเร็จลุล่วง รวมถึงความช่วยเหลือในด้านต่างๆตลอดเวลาที่ผ่านมา

คณาจารย์ทุกท่าน กลุ่มผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับความรู้คำแนะนำ และความช่วยเหลือทุกๆด้านในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณผู้ปกครองที่ให้โอกาสในการศึกษาที่ดี ให้การสนับสนุนในทุกๆด้าน รวมถึงกำลังใจที่คอยให้กลุ่มผู้จัดทำตลอดมา

ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนสำหรับความช่วยเหลือและกำลังใจที่มีให้กันตลอดมา

นางสาวพัทธิชา ป้องท้าว
นางสาววรารัตน์ สุดโต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ข

กิตติกรรมประกาศ.....ค

สารบัญ.....ง

สารบัญตาราง.....ฉ

สารบัญรูป.....ช

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....2

1.3 ขอบเขตของโครงงาน.....2

บทที่ 2 แนวความคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 นิยามของปัญหา Traveling Salesman Problem.....4

2.2 นิยามความสัมพันธ์ของระยะทางของปัญหา TSP.....6

2.3 ความเป็นมาของการแก้ปัญหาเส้นทางเดินพนักงานขาย.....6

2.4 ความเป็นมาของปัญหาของเส้นทางเดินรถบรรทุกแบบระบุน้ำหนัก.....6

2.5 การแก้ปัญหาเส้นทางเดินพนักงานขายจำนวน m พนักงาน.....6

2.6 การหาคำตอบโดยประมาณในปัญหา TSP โดยวิธีการสร้างคำตอบ
และวิธีการปรับปรุงคำตอบ.....7

2.7 ปัญหาพื้นฐานของการจัดเส้นทางยานพาหนะและวิธีการคำนวณ.....7

2.8 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับวิธีแม่นตรง.....8

2.9 วิธีฮิวริสติกส์.....9

2.10 วิธีเมต้าฮิวริสติกส์.....12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 การออกแบบและวิธีการดำเนินงาน

3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล....26
3.2 การออกแบบเส้นทางการเดินรถโดยการประยุกต์ใช้วิธีการฮิวริสติกส์....34
3.3 การปรับปรุงเส้นทางการเดินรถโดยใช้วิธีการเชิงพันธุกรรม....36
3.4 การประยุกต์ใช้โปรแกรม Evolver ในการจัดเส้นทางการเดินรถ....46

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการทดลองการจัดเส้นทางที่เหมาะสมของรถขนส่งสินค้าด้วยวิธีฮิวริสติกส์....54
4.2 ผลการทดลองการจัดเส้นทางที่เหมาะสมของรถขนส่งสินค้า
ด้วยวิธีการเชิงทางพันธุกรรมา....59
4.3 ผลการทดลองการจัดเส้นทางที่เหมาะสมของรถขนส่งสินค้า
ด้วยวิธีฮิวริสติกส์ร่วมกับวิธีการเชิงทาพันธุกรรม....61
4.4 ผลการทดสอบพารามิเตอร์ และการวิเคราะห์ผลการทดลอง....64
4.5 การออกแบบการทดลอง....66
4.6 ผลการทดสอบพารามิเตอร์ของวิธีการเชิงทางพันธุกรรมทำงานร่วมกับวิธีฮิวริสติกส์....67
4.7 การเปรียบเทียบคำตอบจากของวิธีฮิวริสติกส์กับวิธีการเชิงทางพันธุกรรม....71
4.8 การเปรียบเทียบคำตอบจากของวิธีฮิวริสติกส์กับวิธีการเชิงทางพันธุกรรม
ทำงานร่วมกับวิธีฮิวริสติกส์....72
4.9 การเปรียบเทียบคำตอบจากของวิธีการเชิงทางพันธุกรรมกับวิธีการเชิงทางพันธุกรรม
ทำงานร่วมกับวิธีฮิวริสติกส์....73

บทที่ 5 สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลงานวิจัย....75
5.2 ข้อเสนอแนะ....76

เอกสารอ้างอิง....77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบคำศัพท์ระหว่างพันธุศาสตร์และเจเนติกอัลกอริทึม....15
ตารางที่ 2.2 กลุ่มประชากรตัวอย่างและค่าความเหมาะสม....20
ตารางที่ 2.3 การคำนวณหาคำตอบของ SGA กับฟังก์ชั่น f(x) = x2....23
ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลพิกัดตาแน่งของลูกค้า 30 ราย....26
ตารางที่ 3.2 แสดงข้อมูลพิกัดตาแน่งของลูกค้า 60 ราย....28
ตารางที่ 3.3 แสดงข้อมูลพิกัดตาแน่งของลูกค้า 100 ราย....30
ตารางที่ 3.4 แสดงข้อจากัดต่างๆของกลุ่มตัวอย่างสาหรับปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะ....34
ตารางที่ 3.5 ตัวอย่างตารางแสดงการค้นหาคาตอบ....40
ตารางที่ 3.6 ตัวอย่างตารางแสดงการสร้างวงล้อรูลเล็ท....42
ตารางที่ 3.7 ตัวอย่างการคัดเลือกด้วยวิธีการคัดเลือกแบบทัวร์นาเมนต์ (Tournament Selection)....43
ตารางที่ 3.8 แสดงรูปแบบการคำนวณระยะทางระหว่างตำแหน่ง 2 ตำแหน่ง....48
ตารางที่ 3.9 แสดงค่าพารามิเตอร์เพื่อใช้ในการประมวลผลโปรแกรม....49
ตารางที่ 4.1 ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธีการฮิวริสติกส์ วิธีแบบกวาดของลูกค้าไม่เกิน 30 ราย....54
ตารางที่ 4.2 ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธีการฮิวริสติกส์ วิธีเลือกจุดที่ใกล้ที่สุดของลูกค้าไม่เกิน 30 ราย....55
ตารางที่ 4.3 ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธีการฮิวริสติกส์ วิธีการจัดกลุ่มของลูกค้าไม่เกิน 30 ราย....55
ตารางที่ 4.4 ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธีการฮิวริสติกส์ วิธีแบบกวาดของลูกค้าไม่เกิน 60 ราย....56
ตารางที่ 4.5 ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธีการฮิวริสติกส์ วิธีเลือกจุดที่ใกล้ที่สุดของลูกค้าไม่เกิน 60 ราย....56
ตารางที่ 4.6 ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธีการฮิวริสติกส์ วิธีการจัดกลุ่มของลูกค้าไม่เกิน 60 ราย....57
ตารางที่ 4.7 ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธีการฮิวริสติกส์ วิธีแบบกวาดของลูกค้าไม่เกิน 100 ราย....57
ตารางที่ 4.8 ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธีการฮิวริสติกส์ วิธีเลือกจุดที่ใกล้ที่สุดของลูกค้าไม่เกิน 100 ราย....58
ตารางที่ 4.9 ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธีการฮิวริสติกส์ วิธีการจัดกลุ่มของลูกค้าไม่เกิน 100 ราย....58
ตารางที่ 4.10 ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธีการฮิวริสติกส์ที่สั้นที่สุดของวิธีแบบกวาด
วิธีเลือกจุดที่ใกล้ที่สุด และวิธีจัดกลุ่ม....59
ตารางที่ 4.11 ผลการจัดเส้นทางการขนส่งแก่ลูกค้าไม่เกิน 30 รายจากวิธีการเชิงทางพันธุกรรม....60
ตารางที่ 4.12 การจัดเส้นทางการขนส่งแก่ลูกค้าไม่เกิน 60 รายจากวิธีการเชิงทางพันธุกรรม....60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 การจัดเส้นทางการขนส่งแก่ลูกค้าไม่เกิน 100 รายจากวิธีการเชิงทางพันธุกรรม.....61
ตารางที่ 4.14 ผลการจัดเส้นทางการขนส่งแก่ลูกค้าไม่เกิน 30 รายวิธีฮิวริสติกส์
ร่วมกับวิธีการเชิงทางพันธุกรรม.....62
ตารางที่ 4.15 ผลการจัดเส้นทางการขนส่งแก่ลูกค้าไม่เกิน 60 รายวิธีฮิวริสติกส์
ร่วมกับวิธีการเชิงทางพันธุกรรม.....62
ตารางที่ 4.16 การจัดเส้นทางการขนส่งแก่ลูกค้าไม่เกิน 100 รายจากวิธีฮิวริสติกส์
ร่วมกับวิธีการเชิงทางพันธุกรรม.....63
ตารางที่ 4.17 แสดงปัจจัยและระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลองของวิธีการเชิงทางพันธุกรรมดังนี้.....66
ตารางที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งของปัญหา
จำนวนลูกค้าไม่เกิน 30 รายโดยโปรแกรม Statgraphics เมื่อใช้ระยะทาง
เป็นค่าตอบสนอง.....67
ตารางที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งของปัญหา
จำนวนลูกค้าไม่เกิน 60 รายโดยโปรแกรม Statgraphics เมื่อใช้ระยะทาง
เป็นค่าตอบสนอง.....68
ตารางที่ 4.20 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งของปัญหา
จำนวนลูกค้าไม่เกิน 100 รายโดยโปรแกรม Statgraphics เมื่อใช้ระยะทาง
เป็นค่าตอบสนอง.....70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 เครือข่ายเส้นทางยานพาหนะ....3
รูปที่ 2.2 แสดงการดำเนินการของวิธีการกวาด....10
รูปที่ 2.3 แสดงการดำเนินการของวิธีการเลือกจุดที่ใกล้ที่สุด....11
รูปที่ 2.3 แสดงการดำเนินการของวิธีการเลือกจุดที่ใกล้ที่สุด....15
รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะทางเจนเนติก แสดงถึงการแก้ปัญหาฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์....15
รูปที่ 2.6 ขั้นตอนของเจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย....17
รูปที่ 2.7 การรีโปรดักชั่นอย่างง่ายด้วยวิธีการใช้วงล้อรูลเล็ทที่
มีขนาดของแต่ละช่องเป็นสัดส่วนกับค่าความเหมาะสม....20
รูปที่ 2.8 การครอสโอเวอร์อย่างง่ายเพื่อให้เห็นถึงการเปลี่ยนสตริง
และการแลกเปลี่ยนข่าวสารโดยเลือกตำแหน่งไขว้แบบสุ่ม....20
รูปที่ 2.9 ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ f(x) = x2....22
รูปที่ 3.1 ตัวอย่างการออกแบบเส้นทางการเดินรถด้วยวิธีฮิวริสติกส์....35
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างของระยะทางของรถบรรทุกแต่ละคันที่ออกแบบเส้นทางการเดินรถ
ด้วยวิธีฮิวริสติกส์....35
รูปที่ 3.3 ตัวอย่างของปริมาณสินค้าของรถบรรทุกแต่ละคันที่ออกแบบเส้นทางการเดินรถ
ด้วยวิธีฮิวริสติกส์....35
รูปที่ 3.4 แสดงโครงสร้างและวิธีการเชิงพันธุกรรม....37
รูปที่ 3.5 วงล้อรูลเล็ท....42
รูปที่ 3.6 แสดงตัวอย่างของโมดูลการรับข้อมูล....47
รูปที่ 3.7 ตัวอย่างแสดงระยะทางระหว่างคลังสินค้า และลูกค้าจำนวน 30 ราย....48
รูปที่ 3.8 ตัวอย่างของข้อมูลการจัดเส้นทางการเดินรถด้วยวิธีฮิวริสติกส์....49
รูปที่ 3.9 วิธีการประมวลผลด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม โดยโปรแกรม Evolver....50
รูปที่ 3.10 วิธีการกำหนดค่าจำนวนประชากร โดยโปรแกรม Evolver....50
รูปที่ 3.11 วิธีการกำหนดค่าความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์และมิวเตชั่นโดยโปรแกรม Evolve....51
รูปที่ 3.12 ตัวอย่างการแสดงระยะทางของรถบรรทุกแต่ละคัน....51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.13 ตัวอย่างผลลัพธ์การจัดเส้นทางการเดินรถด้วยโปรแกรม Evolver.....52
รูปที่ 3.14 ตัวอย่างการแสดงปริมาณการขนส่งของรถบรรทุกแต่ละคัน.....52
รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งของปัญหาจำนวนลูกค้าไม่เกิน 30 ราย.....67
รูปที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งของปัญหาจำนวนลูกค้าไม่เกิน 60 ราย.....69
รูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งของปัญหาจำนวนลูกค้าไม่เกิน 100 ราย.....70
รูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบระยะทางจากของวิธีฮิวริสติกส์กับวิธีการเชิงทางพันธุกรรม.....72
รูปที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบระยะทางจากของวิธีฮิวริสติกส์
กับวิธีการเชิงทางพันธุกรรมทำงานร่วมกับวิธีฮิวริสติกส์.....72
รูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบระยะทางวิธีฮิวริสติกส์
กับวิธีการเชิงทางพันธุกรรมทำงานร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม.....73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ เป็นปัญหาที่สำคัญในการจัดการด้านโลจิสติกส์อย่างหนึ่ง ซึ่งเป็นปัญหาหนึ่งที่มีความสำคัญมากต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ ทั้งในภาคอุตสาหกรรม การขนส่งเกษตรกรรม ระบบสาธารณูปโภคตลอดจนการบริโภคในครัวเรือน

ในปัจจุบันธุรกิจต่างๆให้ความสำคัญต่อการบริการลูกค้ามากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในด้านการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการขยายตัวของเครือข่ายด้านการขนส่ง บริษัทต่างต้องการเป็นผู้ตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าให้ได้มากที่สุดและตรงเวลามากที่สุด ดังนั้นการกำหนดกลยุทธ์ในการแข่งขันที่เหมาะสมไม่ว่าจะเป็นการจัดการด้านการขนส่ง ซึ่งเป็นกลยุทธ์ที่มีความสำคัญ ถ้าบริษัทไม่มีการจัดการด้านการขนส่งที่ดีพอ อาจทำให้การขนส่งสินค้ามีระยะทางไกล หรือใช้จำนวนเที่ยวรถขนส่งสินค้ามากเกินกว่าที่ควรจะเป็น ทำให้ต้นทุนด้านการขนส่งเพิ่มมากขึ้น แต่หากบริษัทที่มีแบบแผนการจัดการด้านการเส้นทางการขนส่งที่ดีและมีประสิทธิภาพจะทำให้สามารถลดระยะทางในการขนส่งและลดจำนวนรอบในการวิ่งส่งสินค้า ซึ่งมีผลทำให้ต้นทุนการส่งสินค้าลดลง และส่งผลให้บริษัทเพิ่มความสามารถในการแข่งขันมากขึ้น ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับพาหนะ (Vehicle Routing Problem: VRP) เป็นปัญหาที่สำคัญในการจัดการโลจิสติกส์อย่างหนึ่งที่มุ่งเน้นการจัดเส้นทางเคลื่อนย้ายสินค้าไปยังลูกค้าหรือผู้บริโภคให้มีประสิทธิภาพสูงสุดภายใต้เงื่อนไขความจุของยานพาหนะที่จำกัด ระยะเวลาที่จำกัดหรือเงื่อนไขอื่นๆ เพื่อให้มีค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการต่ำที่สุด

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อวิเคราะห์ปัญหาการจัดการเส้นทางยานพาหนะ โดยมีการพิจารณาถึงเส้นทางที่มีระยะทางสั้นที่สุด เพื่อให้เกิดต้นทุนรวมของการขนส่งน้อยที่สุด และเกิดประสิทธิภาพในการขนส่งมากที่สุด โดยจะนำวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) มาประยุกต์ในการแก้ไขปัญหาในการจัดเส้นทางยานพาหนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างตัวแบบสำหรับแก้ปัญหาจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าด้วยวิธีการฮิวริสติกส์
2. เพื่อสร้างตัวแบบสำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า ด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม
3. เพื่อวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในกระบวนการหาคำตอบของวิธีการเชิงพันธุกรรม

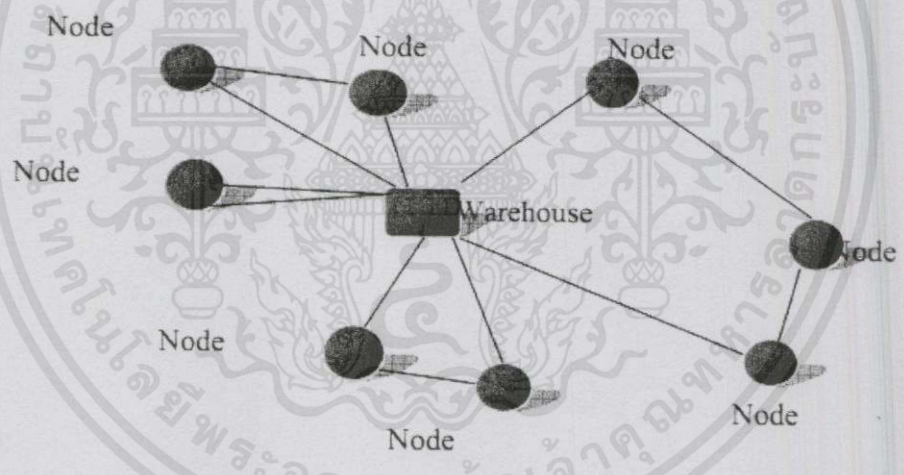
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. ศึกษาปัญหาคลังสินค้าแบบเดี่ยวกับลูกค้าหลายราย
2. สินค้าจะถูกส่งให้กับลูกค้าแต่ละรายเพียงครั้งเดียว และจะต้องเสร็จสิ้นภายใน 1 วัน
3. การขนส่งแต่ละครั้งจะเริ่มจากคลังสินค้าและสิ้นสุดที่คลังสินค้า
4. ปริมาณการขนส่งสินค้าแต่ละครั้งจะต้องไม่มากเกินกว่าปริมาณที่รถบรรทุกสามารถรับได้
5. จำนวนรถขนส่งสินค้ามีปริมาณจำกัดและมีขนาดเดียวกันทั้งหมด

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
แนวความคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(Golden et al 1977) ได้เสนอปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะจากคลังสินค้าไปยังลูกค้าหลายจุด ซึ่งมีปริมาณความแตกต่างกัน เพื่อจะให้ครอบคลุมลูกค้าทุกจุดโดยให้มีระยะทางต่ำที่สุด โดยมีข้อจำกัดในความจุของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งและระยะเวลาสูงสุดในการขนส่ง 1 รอบของเส้นทางการจัดส่ง เมื่อทุกยานพาหนะจะเริ่มต้นและสิ้นสุดที่จุดเดียวกัน คือคลังสินค้ากลาง ถ้าไม่คำนึงถึงข้อจำกัดในระยะเวลาสูงสุดในการขนส่ง จะเป็นปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะมาตรฐาน (Standard Vehicle Routing Problem: VRP) รูปที่ 2.1 เป็นเครือข่ายที่แสดงลักษณะเส้นทางยานพาหนะโดยกลุ่มยานพาหนะ



รูปที่ 2.1 เครือข่ายเส้นทางยานพาหนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 นิยามของปัญหา Traveling Salesman Problem

กราฟ G มีระยะทางการเดินทางผ่านจากจุด i ไป j เท่ากับ c_{ij} กราฟมีได้ 2 รูปแบบคือ รูปแบบแรกเป็นรูปแบบอสมมาตร (Asymmetric) ประกอบด้วยบัพและอาร์ก เราจะให้ G=(V,A) โดย V = {1,...,n} โดย n คือจำนวนบัพทั้งหมด A = {(i,j):i,j∈ V,i≠j) และ c_{ij}= c_{ji} รูปแบบที่สองเป็นแบบสมมาตร (Symmetric) โดยเราจะให้ G=(V,E) โดย E = {(i,j) : i,j∈ V,i<j} และ c_{ij} = c_{ji} เราจะใช้คำว่าบัพและอาร์กในกรณีอสมมาตร หรือจุดยอดและเส้นเชื่อมในกรณีสมมาตรโดยที่บัพหรือจุดยอด หมายถึงตำแหน่งของลูกค้าและ อาร์กหรือเส้นเชื่อม หมายถึงเส้นทางการเดิน

ในการหาเส้นทางเดินผ่านบัพหรือจุดยอดอย่างน้อย 1ครั้งและกลับมาจุดเริ่ม เราจะเรียกว่ารอบฮามิลโตเนี่ยน (Hamiltonian Cycle, HAMC) เส้นทางเดินที่ได้เราจะเรียกว่ารอบใหญ่ (Tour) ถ้าการเดินทางผ่านทุกบัพหรือจุดยอดอย่างน้อย 1ครั้ง แต่ไม่กลับมาจุดเริ่มต้น เราจะเรียกว่า เส้นทางฮามิลโตเนี่ยน (HamiltonianPath, HAMP)

อินสแตนซ์ของปัญหาTSP คือ จากจำนวนบัพหรือจุดยอด n ตำแหน่ง จะหา HAMC ที่มีระยะทางสั้นที่สุด ถ้าปัญหา TSP เกิดกับกราฟที่เป็นแบบสมมาตรเราจะเรียกว่าปัญหาเส้นทางเดินพนักงานขายแบบสมมาตร (Symmetric Traveling Salesman Problem, STSP) ถ้าเกิดกับกราฟที่เป็นแบบอสมมาตรเราจะเรียกว่าปัญหาเส้นทางเดินพนักงานขายแบบอสมมาตร (Asymmetric Traveling Salesman Problem, ATSP)

2.2 นิยามความสัมพันธ์ของระยะทางของปัญหา TSP

เราสามารถนิยามประเภทระยะทางของปัญหา TSP ได้ 2 ประเภท ตามรูปแบบตามความสัมพันธ์ระยะทางระหว่างคู่ตำแหน่ง โดยให้ c_{ij} เป็นระยะทางระหว่างตำแหน่ง i และ j ได้ดังนี้

2.2.1 การหาระยะทางแบบยอมรับอสมการอิงรูปสามเหลี่ยม (Satisfied Triangle Inequality)

ถ้าระยะทางระหว่างทุกคู่ตำแหน่งของ i, j และ k มีความสัมพันธ์ $c_{ik} \geq c_{ij}+c_{jk}$ ซึ่งเราสามารถแบ่งรูปแบบตามการคำนวณระยะทางได้ 4 รูปแบบดังนี้

2.2.2 การหาระยะทางแมนฮัตตัน (Manhattan)

เส้นทางระหว่างตำแหน่ง i และ j ถูกระบุไว้ตามแผนที่ภูมิศาสตร์กายภาพผนวก ตัวอย่างก็เช่น ระยะทางระหว่างเมือง ระหว่างหมู่บ้าน ปัญหาที่มีระยะทางลักษณะนี้จะเป็นปัญหาด้านการเดินทางหรือขนส่งสินค้า โดย c_{ij} จะเป็นระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างเมือง i และ j คำตอบของปัญหา TSP ที่มีระยะทางเป็นแบบนี้ การเดินทางผ่านเมือง k โดยความสนใจจะมีแค่ครั้งเดียว เมือง k อาจจะมีการเดินทางผ่านมากกว่า 1 ครั้ง ถ้าระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างคู่ตำแหน่งใดใดต้องเดินทางผ่านเมือง k

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 การหาระยะทางแบบยูคลิแดนซ์ (Euclidance) เส้นทางระหว่างตำแหน่ง i และ j เป็นไปตามความสัมพันธ์

$$c_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 - (y_i - y_j)^2} \qquad (1)$$

โดย x_i และ y_j คือตำแหน่งจุดพิกัดตามแนวแกน x และ y ของตำแหน่ง i ปัญหาลักษณะนี้พบได้ในปัญหาที่มีการเคลื่อนที่โดยแนวแกน x และ y ขึ้นต่อกันเช่น ปัญหาการเคลื่อนที่ของหัวเจาะแผงวงจร การบินของเฮลิคอปเตอร์ การเดินทางของเรือ

2.2.4 การหาระยะทางแบบเชิงเส้นตรง (Rectilinear) คือเส้นทางระหว่างตำแหน่ง i และ j เป็นไปตามความสัมพันธ์

$$c_{ij} = \left|x_i - x_j\right| + \left|y_i - y_j\right| \qquad (2)$$

โดย x_i และ y_j คือตำแหน่งจุดพิกัดตามแนวแกน x และ y ของตำแหน่ง i ปัญหาลักษณะนี้พบได้ในปัญหาที่มีการเคลื่อนที่โดยแนวแกน x และ y ในขณะที่มีการเคลื่อนที่ในแกนหนึ่งอีกแกนหนึ่งจะอยู่กับที่ ปัญหาลักษณะนี้พบได้ในปัญหาการเดินทางภายในโกดังเก็บสินค้า การเดินสายเชื่อมต่อ (Wiring) ในการออกแบบแผงวงจร

2.2.5 การหาระยะทางแบบเชบีเชฟ (Chebychev) คือเส้นทางระหว่างตำแหน่ง i และ j เป็นไปตามความสัมพันธ์

$$c_{ij} = \max\{\left|x_i - x_j\right| + \left|y_i - y_j\right|\} \qquad (3)$$

โดย x_i และ y_j คือตำแหน่งจุดพิกัดตามแนวแกน x และ y ของตำแหน่ง i ปัญหาลักษณะนี้พบได้ในปัญหาที่มีการเคลื่อนที่โดยแนวแกน x และ y พร้อมกัน ปัญหาลักษณะนี้พบได้ในปัญหาการเคลื่อนที่ของหัวจับหรือกระดานวางแผงวงจรในการประกอบแผงวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6 การหาระยะทางแบบไม่ยอมรับอสมการอิงรูปสามเหลี่ยม (Non-Satisfied Triangle Inequality) ถ้าระยะทางระหว่างตำแหน่งอย่างน้อย 1 ตำแหน่งของ i,j และ k มีความสัมพันธ์ $c_{ik}<c_{ij} + c_{jk}$

2.3 ความเป็นมาของการแก้ปัญหาเส้นทางเดินพนักงานขาย

ปัญหาเส้นทางเดินพนักงานขาย หรือ TSP เป็นข้อปัญหาเอ็นพีแบบสมบูรณ์ ถ้าเรามีตำแหน่งที่ต้องเดินทางผ่าน n ตำแหน่ง เราจะบอกไม่ได้ว่าเส้นทางรวมทั้งหมดจากการเดินทางผ่าน n ตำแหน่งตามลำดับที่วางไว้ต้องลำดับแบบไหนจึงจะได้คำตอบที่ดีที่สุด เพราะถ้าระยะทางรวมจากจำนวนเส้นทาง a ตำแหน่งของลำดับที่ 1 น้อยกว่าระยะทางรวมจากจำนวนเส้นทางจำนวน a ตำแหน่งของลำดับที่ 2 แล้วลำดับที่ 1 ไม่จำเป็นต้องมีระยะทางรวมทั้งหมด n ตำแหน่งน้อยกว่าเสมอไป ดังนั้นจึงอาจจะต้องสลับตำแหน่งถึง (n-1)! เพื่อหาลำดับตำแหน่งที่มีระยะทางรวมน้อยสุด ปัญหาลักษณะนี้เราเรียกว่าข้อปัญหาเอ็นพีแบบยาก (NP-Hard Problem)

ปัญหา TSP เสนอครั้งแรกโดยเซอร์วิลเลี่ยม ฮามิลตัน ในรูปแบบเกมส์ที่ชื่อว่า ไอโคเซียน (Icosian Games) ในคริสศตวรรษที่ 18 ต่อมาใน พ.ศ. 2473 คาร์ล เมนเกอร์ (Karl Menger) ได้ตีพิมพ์ปัญหานี้ในวารสาร และได้เป็นที่รู้จักในหมู่นักวิจัยทั่วไป ซึ่งในปี พ.ศ. 2477 เฮสเลอร์วิทย์นี่ (Hassler Whitney) ได้นำปัญหา TSP ไปบรรยายในมหาวิทยาลัย Princeton และในปีพ.ศ. 2480 งานวิจัยชิ้นแรกเกี่ยวกับ TSP ก็ถูกนำเสนอโดยเป็นปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถรับส่งนักเรียนในรัฐนิวเจอร์ซี่โดนเทรัลฟลัด และเอ เคทัคเกอร์(Mreill Flood and A.K. Tucker) (Lawer et al 1985)

ความสำเร็จในการแก้ปัญหา TSP เริ่มต้นจากการใช้กำหนดการเชิงเส้นตรง (Linear Programming) ควบคู่กับการใช้ระนาบตัดเพื่อทำให้ตัวแปรที่เป็นเศษส่วนเป็นจำนวนเต็ม ซึ่งประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาจำนวนเมือง 49 เมืองในสหรัฐอเมริกา (Dantzig et al 1954)

2.4 ความเป็นมาของปัญหาของเส้นทางเดินรถบรรทุกแบบระบุน้ำหนัก

ปัญหาเส้นทางเดินรถบรรทุกแบบระบุน้ำหนัก (Capacitated Vehicle Routing Problem, CVRP) เป็นปัญหาการหาระยะทางที่สั้นที่สุดจากการเดินทางผ่านบัพหรือจุดยอดทุกบัพจำนวน n บัพ อย่างน้อย 1 ครั้ง โดยแต่ละบัพหรือจุดยอดจะมีปริมาณสินค้าที่ต้องการอยู่ โดยในการเดินทางจากจุดเริ่มต้นกลับมาจุดเริ่มต้นเพื่อขนส่งสินค้าให้ตามปริมาณความต้องการในแต่ละบัพหรือจุดยอดจะต้องบรรทุกสินค้ารวมทั้งหมดไม่เกินน้ำหนักบรรจุที่บรรจุได้สูงสุด โดยรถบรรทุกทุกคันมีน้ำหนักบรรจุที่บรรจุได้สูงสุดเท่ากัน และทราบจำนวนรถบรรทุกแน่นอนจำนวน m คัน (Clark and Wright 1964)

2.5 การแก้ปัญหาเส้นทางเดินพนักงานขายจำนวน m พนักงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาเส้นทางเดินพนักงานขายจำนวน m พนักงานจะแตกต่างจากปัญหาเส้นทางเดินรถบรรทุกแบบระบุน้ำหนักตรงที่ไม่มีการระบุปริมาณความต้องการสินค้าในแต่ละบัพหรือจุดยอดให้พนักงานขายแต่ละคนเปรียบเสมือนรถบรรทุก 1 คัน โดยไม่มีข้อจำกัดเรื่องน้ำหนักบรรจุที่บรรจุได้สูงสุด โดยเราจะ

แปลงปัญหาเส้นทางเดินพนักงานขายจำนวน m พนักงาน (m-Traveling Salesman Problem, m-tsp) เป็นปัญหา TSP (Bellmore and Hong 1974) โดยการเพิ่มบัพลำดับที่ n+1,n+2,...,n+m-1 ให้ c(i,j) เป็นระยะทางระหว่างบัพ i และ j เราจะให้

$c(i,j) = c(i,1)$, ถ้า $j>n$

$c(j,i) = c(1,i)$, ถ้า $j>n$

$c(i,j) = \infty$, ถ้า $i>n$ และ $j>n$ หรือ $i=1$ และ $j>n$ หรือ $i>n$ และ $j=1$

2.6 การหาคำตอบโดยประมาณในปัญหา TSP โดยวิธีการสร้างคำตอบ และวิธีการปรับปรุงคำตอบ

เนื่องจากความล่าช้าในการค้นหาผลเฉลยที่ลงตัว ดังนั้นวิธีการหาคำตอบโดยประมาณ ได้ถูกนำมาเสนอเพื่อค้นหาคำตอบได้รวดเร็ว วิธีการแบบการสร้างคำตอบ (Construction Heuristics) คือวิธีการหาหลักการในการเชื่อมแต่ละบัพเข้ากันเป็นคำตอบ ซึ่งได้แก่กลวิธีเนียเรสไนบอร์ (Nearest-Neighbor Algorithm) กลวิธีอินเสิร์ทชั่น (Insertion Algorithm) (Rosenkrantz et al 1977) วิธีการแบบการสร้างคำตอบนี้สามารถหาคำตอบภายในเวลาการคำนวณแบบพหุนาม (Polynomial Time Algorithm) เมื่อได้คำตอบจากวิธีการนี้จะนำมาทำการปรับปรุงคำตอบโดยขั้นตอนวิธีการปรับปรุงคำตอบ (Tour Improvement Procedure) ที่นิยมใช้กันในกรณี STSP คือ สลับทีละ 2 ให้เหมาะสมที่สุด (2-Optimal) และสลับทีละ 3 ให้เหมาะสมที่สุด (3-Optimal) (Christofied 1972) สลับแบบลินเคอร์นิงแฮมให้เหมาะสมที่สุด (Lin-Kerningham Optimal, LK-opt) (Lin and Kerningham 1973) และเจเนรัลอินเสิร์ทชั่นและโพสท์ออพติไมซ์(General Insertion and Post-optimization, GENIUS) (Gendreau, Laporte and Hertz 1991) แต่วิธีเหล่านี้ไม่ประสบความสบความสำเร็จในการแก้ปัญหา ATSP ในขณะที่วิธีการสลับแบบออร์ให้เหมาะสมที่สุด (Or Optimal) เป็นวิธีการที่มีรายงานในการประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาทั้ง ATSP และ STSP (Golden and Stewart 1985) วิธีการสลับแบบออพติไมซ์ จะเป็นวิธีการเลือกใช้ในงานวิจัยนี้

2.7 ปัญหาพื้นฐานของการจัดเส้นทางยานพาหนะและวิธีการคำนวณ

ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (The Traveling Salesman Problem; TSP) วัตถุประสงค์ของปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย คือ การหารอบของการเดินทางผ่านแต่ละตำแหน่งเพื่อให้ต้นทุนต่ำที่สุด ถ้าต้นทุนของการเดินทางระหว่าง 2 ตำแหน่งไม่ขึ้นกับทิศทางในการเดินทางจะเรียกว่าปัญหาการเดินทางของพนักงานขายแบบสมมาตร และถ้าไม่เท่ากันจะเรียกว่า ปัญหาการเดินทางของพนักงานแบบไม่สมมาตร ซึ่งปัญหาการเดินทางของพนักงานขายเป็นปัญหาที่มีขนาดใหญ่เป็นแบบเอ็นพี (Nonpolynomial; NP) ที่ซับซ้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีนักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาวิธีการแก้ปัญหาของปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย ทั้งแบบวิธีตรงและวิธีฮิวริสติกส์ เช่น (Balas and Christofides 1981) ได้เสนอวิธีที่ใช้สำหรับปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย ที่ไม่สมมาตรโดยใช้วิธีริสติกส์ลากรองซ์รีเล็กเซชั่น (Restricted Langragean Relaxation) ที่ขึ้นกับปัญหาการจ่ายงาน (AP; Assignment Problem) มีตัวคูณลากรองซ์เป็นเงื่อนไขที่จะยืนยันว่าจะได้มาซึ่งคำตอบที่ดีที่สุดจากคำตอบเริ่มต้น ซึ่งสามารถทำให้ลดรอบการคำนวณการจ่ายงานได้ และวิธีพีบี (Polynomially Bounded) ในการสร้างความไม่เท่ากันและนำเข้ามาในฟังก์ชันลากรองซ์ที่มีตัวคูณเป็นบวก มีการเช็คตามเงื่อนไข ทำให้ได้ขอบเขตล่าง (Lower Bound) อย่างสม่ำเสมอและหาขอบเขตบนจากวิธีสร้างการเดินทางฮิวริสติกส์ (Fast Tour-Building Heuristic)

2.8 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับวิธีแม่นตรง

วิธีแม่นตรงใช้ (Three-Index Vehicle Flow Formation) ในปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem; VRP) เป็นต้นแบบการจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับจัดเส้นทางหยิบสินค้าในศูนย์กระจายสินค้าที่มีช่องทางการเดินตามขวางกรณีมีผู้หยิบสินค้าหลายคน โดยใช้ชื่อว่า วิธีการแม่นตรงสำหรับการจัดเส้นทางการหยิบสินค้าในศูนย์กระจายสินค้า กรณีมีผู้หยิบสินค้าหลายคน (Exact Algorithm for Order Picking with Multi-Pickers) โดยแบบจำลอง มีดังนี้

$$x_{kij} = \begin{cases} 1 & \text{คนงาน k เดินทางจากจุด i ไป j} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

d_{ij} = ระยะเวลาเดินทางจากจุด i ไป j

w_j = น้ำหนักของสิ่งของที่ j

c_k = ขีดจำกัดของน้ำหนักที่บรรทุกได้ของผู้หยิบสินค้า k

T = ตัวแปรที่สามารถปรับค่าได้ (ในที่นี้หมายถึงระยะเวลาในการเดินทางทั้งหมดของผู้หยิบสินค้าแต่ละคน)

โดยที่ k = 1,...,m

i,j = 1,...n ($i \neq j$) และจุด 1 คือ จุดขนถ่ายสินค้า (Depot)

Minimize T (1)

Subject to $T \geq \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} d_{ij} x_{kij}$ (i≠j;k=1,...,m) (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น การอ้างอิงถึงเอกสารนี้ต้องมีการอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\sum_{i=1}^{n} x_{kij} - \sum_{i=1}^{n} x_{kji} = 0 \quad (k=1,\ldots,m; j=2,\ldots,n) \tag{3}$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{k1j} = 1 \quad (k=1,\ldots,m) \tag{4}$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ki1} = 1 \quad (k=1,\ldots,m) \tag{5}$$

$$\sum_{j=1}^{n} \sum_{k=1}^{m} x_{kij} - 1 \quad (i=2,\ldots,n) \tag{6}$$

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{k=1}^{m} x_{kij} = 1 \quad (j=2,\ldots,n) \tag{7}$$

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{k=1}^{m} v_j x_{kij} \leq c_k \quad (k=1,\ldots,m) \tag{8}$$

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{k=1}^{m} x_{kij} \leq |S_{kl}| - 1 \quad (\forall S_{kl}) \tag{9}$$

$$S_{kl} \subseteq R - \{1\} \tag{10}$$

$$x_{kij} \in \{0,1\} \tag{11}$$

ในสมการ (1) แสดงถึงระยะเวลารวมต้องน้อยที่สุด สมการ (2) แสดงถึง ผู้หยิบสินค้าแต่ละคนมีระยะเวลาเดินทางรวมมากที่สุดคือ T สมการ (3) แสดงถึงแต่ละจุดมีจำนวนผู้หยิบสินค้าเข้าเท่ากับออก สมการ (4) แสดงถึงผู้หยิบสินค้าแต่ละคนเดินทางออกจากจุด 1 (Depot) ได้ 1 ครั้ง สมการ (5) แสดงถึงผู้หยิบสินค้าแต่ละคนเดินทางเข้าจากจุด 1 (Depot) ได้ 1 ครั้ง สมการ (6) แสดงถึงผู้หยิบสินค้าอย่างน้อย 1 คน ผ่านจุด i ได้ 1 ครั้ง สมการ (7) แสดงถึงผู้หยิบสินค้าอย่างน้อย 1 คน ผ่านจุด j ได้ 1 ครั้ง สมการ (8) แสดงถึงผู้หยิบสินค้าแต่ละคนสามารถบรรทุกสินค้าได้ไม่เกินขีดจำกัด สมการ (9) แสดงถึงการนำมาใช้ในการแก้ปัญหาการเกิดเส้นทางย่อย (Subtour) ของผู้หยิบสินค้าแต่ละคนที่ไม่ผ่านจุด 1

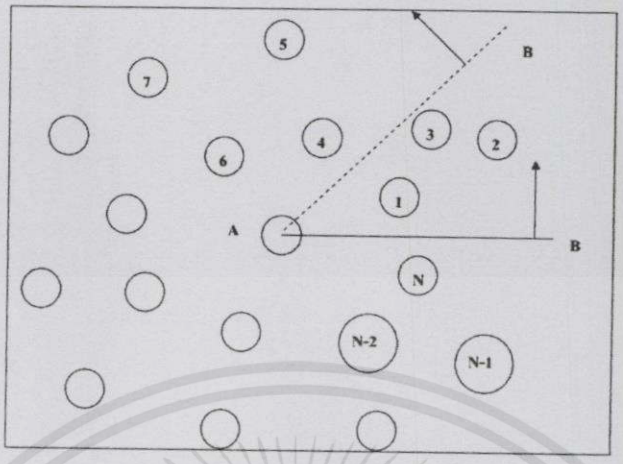
2.9 วิธีฮิวริสติกส์

วิธีฮิวริสติกส์ หมายถึง วิธีการคิดค้นขึ้นมาเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่งโดยเฉพาะซึ่งไม่มีแบบแผนที่แน่นอนตายตัวโดยการสร้างฮิวริสติกส์นั้นมักต้องอาศัยความเข้าใจและประสบการณ์ในการแก้ไขปัญหานั้นๆเป็นอย่างดี ดังนั้นวิธีฮิวริสติกส์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาหนึ่งอาจไม่สามารถนำไปใช้แก้ไขปัญหาอีกปัญหาหนึ่งได้และไม่สามารถรับประกันได้ว่าจะได้คำตอบที่ดีที่สุดหรือคำตอบที่เท่ากันทุกครั้งแต่สามารถได้คำตอบในเวลาที่รวดเร็วหรือสามารถแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนจนไม่สามารถเขียนเป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์ได้

เทคนิคขั้นตอนในการหาคำตอบของการจัดเส้นทางแบบฮิวริสติกส์ มีวิธีการแบบต่างๆอยู่หลายวิธี ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ แสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1 วิธีการแบบกวาด

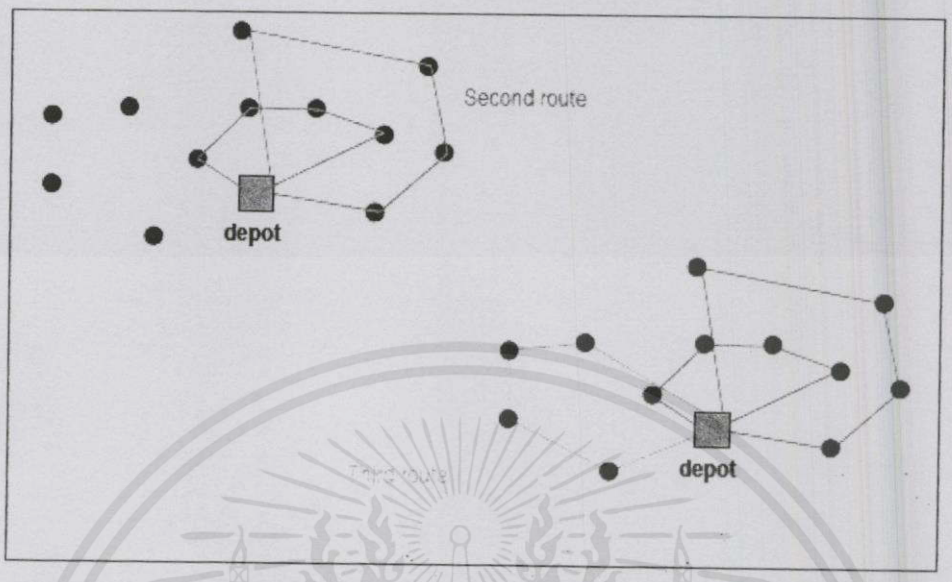


รูปที่ 2.2 แสดงการดำเนินการของวิธีการกวาด

วิธีการแบบกวาด (Sweep method) เป็นวิธีการหาจำนวนเส้นทางและลำดับการส่งสินค้าโดยการแบ่งเส้นทางเป็นพื้นที่รับผิดชอบด้วยการหมุนเส้นสมมุติในทิศทวนเข็มนาฬิกาหรือตามเข็มนาฬิกาจนกระทั่งผลรวมของปริมาณสินค้าใกล้ถึงความจุของรถบรรทุก จึงเปลี่ยนรถใหม่เข้ามาเพิ่มจนกระทั่งหมุนเส้นครบรอบหลังจากนั้นจึงใช้เทคนิคการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการเดินทางของพนักงานขายสำหรับรถแต่ละคัน โดยขั้นตอนในการดำเนินการหาคำตอบ เริ่มต้นการเดินทางจากจุดศูนย์กระจายสินค้า (Node A) แล้วทำการหมุนแขน AB ทวนเข็มนาฬิกาไปจนได้น้ำหนักรวมของสินค้าที่ต้องส่งที่แต่ละจุดครบตามที่กำหนด จากนั้นใช้เทคนิคการแตกกิ่งและจำกัดขอบเขต หาเส้นทางเดินรถขนส่งที่เหมาะสมที่สุดในเส้นทางย่อยนั้นๆ แล้วทำซ้ำรูปแบบเดิมใหม่ทั้งหมด แต่กระทำในทิศทางตามเข็มนาฬิกา เปรียบเทียบผลที่ได้จากการหมุนแกน AB ทั้งสองทิศทาง แล้วเลือกค่าที่น้อยกว่าเป็นคำตอบที่ดีที่สุด ดังรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2 วิธีการเลือกจุดที่ใกล้ที่สุด



รูปที่ 2.3 แสดงการดำเนินการของวิธีการเลือกจุดที่ใกล้ที่สุด

วิธีการเลือกจุดที่ใกล้ที่สุด (Nearest NeighborMethod) เป็นวิธีที่ไม่ซับซ้อนใช้เวลาในการหาคำตอบไม่นานและเป็นคำตอบที่สามารถยอมรับได้ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1) กำหนดให้คลังสินค้าเป็นจุดเริ่มต้นของเส้นทาง

2) หาจุดที่ระยะทางจากจุดเริ่มต้นที่ถูกจัดให้อยู่ในเส้นทางแล้วไปยังจุดส่งข้างเคียงที่น้อยที่สุดและนำจุดส่งที่เลือกเป็นส่วนหนึ่งของเส้นทาง

3) ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 2 จนสามารถผ่านจุดส่งทุกจุดที่ใกล้เคียงจนได้น้ำหนักรวมของสินค้าที่ต้องส่งในแต่ละจุดครบตามที่กำหนดของความจุของรถสินค้า

4) ทำซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 3 จนกระทั่งจำนวนลูกค้าครบทุกตำแหน่งดังรูปที่ 2.3

2.9.3 วิธีการจัดกลุ่ม

วิธีการจัดกลุ่ม (Cluster Method) ต้องจัดกลุ่มของลูกค้าก่อนแล้วจึงทำการหาเส้นทางที่เหมาะสมซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1) จัดกลุ่มของลูกค้าเพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมของแต่ละกลุ่ม ที่ไม่เกินปริมาณความจุของรถขนส่งสินค้า

2) ออกแบบเส้นทาง โดยให้ 1 เส้นทางต่อ 1 กลุ่มที่จัดไว้ในข้อที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 วิธีเมต้าฮิวริสติกส์

วิธีเมต้าฮิวริสติกส์ (Meta-Heuristic Method) เป็นวิธีที่ได้จากการพัฒนาจากวิธีการฮิวริสติกส์ให้มีความยืดหยุ่นในการหาผลเฉลยของปัญหาการตัดสินใจใดๆที่มีความซับซ้อนและมีตัวแปรตัดสินใจจำนวนมากได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพถึงแม้ผลเฉลยที่ได้อาจไม่ใช่ผลเฉลยที่ให้ค่าเหมาะที่สุดหรือไม่สามารถรับประกันผลเฉลยที่ดีในทุกครั้งที่ทำการประมวลผลได้แต่ผลเฉลยที่ได้เป็นที่ยอมรับและค้นหาได้ภายในระยะเวลาอันเหมาะสมได้แก่ วิธีการเชิงพันธุกรรม เป็นต้น

2.10.1 วิธีการเชิงพันธุกรรม

วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) คือ วิธีแก้ปัญหาแบบหนึ่งที่ใช้ในการค้นหา เพื่อให้ได้จุดที่เหมาะสมที่สุด (Optimum Point) ซึ่งเป็นการได้พัฒนา และจำลองวิธีการมาจากกระบวนการทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต จากทฤษฎีวิวัฒนาการจอห์น ฮอลแลนด์ นักวิทยาศาสตร์สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ได้ทำการคิดค้นการลอกเลียนแบบขั้นตอนธรรมชาติของการพัฒนาสิ่งมีชีวิตขึ้นในปีคริสต์ศักราช 1970 โดยร่วมกับเพื่อนร่วมงานและนักศึกษาของมหาวิทยาลัยมิชิแกน ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีจุดม่งหมายเพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางธรรมชาติของพันธุกรรม และนำกลไกการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้มาประยุกต์ใช้กับการเขียนโปรแกรม

จากการคิดค้นของ จอห์น ฮอลแลนด์ ทำให้สามารถค้นหาและแก้ปัญหาให้ได้จุดที่เหมาะสมที่สุด ทั้งอาจจะเป็นจุดต่ำสุด (Minimum Point) หรือจุดสูงสุด (Maximum Point) สำหรับหลักการของ วิธีการค้นหาแบบ ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม คือสิ่งมีชีวิตทั้งหมดจะมีทั้งลักษณะที่ดีและไม่ดี ในการกำหนดว่าสิ่งมีชีวิตไหนมีลักษณะที่ดีหรือไม่ดีนั้นจะถูกกำหนดจากทฤษฎีการหาค่าที่ดีที่สุด (Optimization Theory) ซึ่งสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะที่ดีนั้นจะได้รับการสนับสนุนให้มีการถ่ายทอดลักษะทางพันธุกรรม เพื่อให้ได้สิ่งมีชีวิตใหม่ที่ดีขึ้น ในส่วนที่มีลักษณะที่ไม่ดีจะไม่ถูกสนับสนุนหรือไม่นำส่วนนี้มาพิจารณา ดังนั้นในหลักการทำงานของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม จึงถูกนำเสนอข้อมูลในรูปแบบโครโมโซม นั้นหมายความว่าคำตอบที่สามารถเป็นไปได้ทั้งหมดของปัญหาจะถูกนำมาแปลงเป็นโครโมโซม เพื่อนำโครโมโซมไปใช้ในกระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โดยจะใช้ค่าความเหมาะสม (Fitness Function) ที่มีความสอดคล้องกับ วัตถุประสงค์ (Objective Function) กำหนดให้แต่ละโครโมโซม และโครโมโซมเหล่านั้นจะถูกนำมาพิจารณาว่าโครโมโซมใดควรนำมาสืบสายพันธุ์ต่อไปหรือโครโมโซมใดไม่ควรนำมาสืบสายพันธุ์ และจากการหาคำตอบโดยใช้โครโมโซม ในแต่ละรุ่นจะมีการสุ่ม (Generations) คำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดของปัญหา จึงทำให้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม สามารถหาคำตอบที่มีค่าสูงสุดหรือต่ำสุดได้สมบูรณ์และเหมาะสมที่สุด

ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม เป็นวิธีการหาคำตอบที่ช่วยในการหาคำตอบของปัญหาที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อนเนื่องจากคุณสมบัติการเลียนแบบการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมตามธรรมชาติ ซึ่งจะนำค่าที่เหมาะสมที่สุดจากประชากรรุ่นก่อนมาใช้พิจารณาในการหาคำตอบของประชากรรุ่นถัดมา ซึ่งมีการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง

ตัวดำเนินการ (Operator) คือ การเลือก (Selection) การสลับสายพันธุ์ (Crossover) และการกลายพันธุ์ (Mutation) เป็นตัวสุ่มในการหาคำตอบในบริเวณของปัญหาซึ่งจะช่วยให้มีความหลากหลาย (Diversity) ในการหาคำตอบทุกบริเวณของปัญหา

2.10.2 แนวคิดที่ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการวิจัย

เจเนติกอัลกอริทึมหรือวิธีการเชิงพันธุกรรมเป็นทฤษฎีที่จำลองกระบวนการวิวัฒนาการทางธรรมชาติ คือการคัดเลือกทางธรรมชาติและอาศัยพื้นฐานความคิดทางพันธุกรรมในการถ่ายทอดลักษณะต่างๆ ไปยังลูกหลานที่สามารถนำมาพัฒนาใช้หาคำตอบที่ใกล้เคียงหรือที่สุดของปัญหา เจเนติกอัลกอริทึมเป็นวิธีการหาคำตอบโดยพิจารณา และดำเนินการจากกลุ่มคำตอบของปัญหาที่ถูกสร้างขึ้นโดยการเข้ารหัส (Coding) คือ แปลงค่าตัวแปรหรือพารามิเตอร์ต่างๆ ของปัญหาให้อยู่ในรูปโครงสร้างของโครโมโซมตามที่กำหนด เพื่อคัดเลือกโครโมโซมคำตอบที่เหมาะสม สำหรับสร้างวิวัฒนาการ คำตอบที่ดีขึ้นตามกระบวนการทางพันธุศาสตร์โดยแลกเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ระหว่างโครโมโซมที่ถูกคัดเลือกทำให้คำตอบถูกปรับปรุงให้ดีขึ้น

2.10.3 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเจเนติกอัลกอริทึม

ในปัจจุบันนี้ปัญหาที่ต้องการคำตอบที่มีความเหมาะสม (Optimal Solution) ทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ คอมพิวเตอร์ หรือในการทำงานต่างๆ ที่เกิดขึ้นมากมายนั้น สามารถหาคำตอบได้หลายๆ วิธี ซึ่งแตกต่างกันไปตามชนิดของปัญหา ความคิด เทคนิค วิธีการวิเคราะห์ปัญหานั้น และความแพร่หลายในการพัฒนาศักยภาพของคอมพิวเตอร์ให้รู้จักเรียนรู้เพื่อช่วยหาคำตอบหรือช่วยตัดสินคำตอบในขั้นต้นมีมากขึ้นโดยปัจจุบันมีนักวิทยาศาสตร์ได้เริ่มนำความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีหรือกฎเกณฑ์ทางธรรมชาติมาช่วยในการศึกษาวิจัยเช่น นิวรอลเน็ตเวิร์ค (Neural Network) ฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic) เป็นต้น เจเนติกอัลกอริทึมเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่จำลองรูปแบบวิธีการทางชีววิทยาในการกำเนิดประชากรรุ่นใหม่หรือขยายเผ่าพันธุ์ในรุ่นลูกรุ่นหลานต่อไปซึ่งอาศัยพื้นฐานความคิดของวิวัฒนาการทางธรรมชาติถ่ายทอดลักษณะต่างๆ ทางพันธุกรรมโดยปฏิบัติตามกระบวนการทางพันธุศาสตร์ เพื่อใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดหรือใกล้เคียงที่สุดของปัญหาโดยคอมพิวเตอร์ ออกมาให้เห็นเรียกว่า ฟีโนไทป์ (Phenotype) เช่น ในคนจะมีโครโมโซม 23 คู่ 46 โครโมโซม ซึ่งแต่ละโครโมโซมจะประกอบด้วยยีนต่างๆ กันราว 1250 ยีน

2.10.4 เจเนติกอัลกอริทึมเบื้องต้น

ปี ค.ศ. 1975 จอห์น ฮอลแลนด์ เริ่มสนใจศึกษาในทฤษฎีวิวัฒนาการทางธรรมชาติ (Natural Evolution) ในการกำหนดประชากร (Population) สิ่งมีชีวิตในรุ่นต่อๆไป โดยกระบวนการทางธรรมชาติทางชีววิทยาประกอบด้วยการคัดเลือกทางธรรมชาติ (Natural Section) คือสิ่งมีชีวิตใดที่แข็งแรงกว่าย่อมมีโอกาสอยู่รอดได้มากกว่า หมายถึงการมีโครโมโซมซึ่งประกอบไปด้วยยีนต่างๆ ที่มีลักษณะที่ดีนั้นจะมี

โอกาสอยู่รอดได้มากกว่า โครโมโซมที่สามารถอยู่รอดได้ก็จะถูกถ่ายทอดยีนที่มีลักษณะที่ดีเหล่านั้นไปยังลูกหลานได้มากกว่าเช่นกันและกระบวนการทางพันธุศาสตร์ (Genetic Operation) คือการกำหนดโครโมโซมใหม่โดยการผสมพันธุ์จากการครอสโอเวอร์หรือการกลายพันธุ์จากมิวเตชั่น โดยความเชื่อในวิวัฒนาการทางธรรมชาติที่แสดงถึงคุณลักษณะที่เป็นอยู่ของสิ่งมีชีวิตโดยการถ่ายทอดลักษณะต่างๆ บนโครโมโซมนั้นมีคุณสมบัติทั่วไปที่ยอมรับกันคือ

1) วิวัฒนาการเป็นผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากความเปลี่ยนแปลงบนโครโมโซมที่เป็นอยู่ซึ่งแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ

2) ธรรมชาติทางการคัดเลือกมีความสัมพันธ์กับโครโมโซมที่แสดงถึงประสิทธิภาพของโครงสร้างที่ดีที่จะคัดเลือกเพื่อถ่ายทอดส่วนของโครงสร้างที่ดี

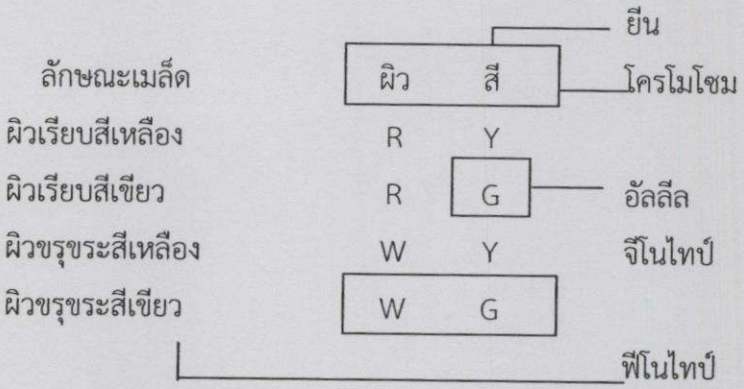
3) การถ่ายทอดในขณะที่เกิดวิวัฒนาการนั้นโครโมโซมพ่อ-แม่มีการแลกเปลี่ยนส่วน โครงสร้างกันเพื่อสร้างโครงสร้างโครโมโซมลูก และสาเหตุที่ทำให้เกิดโครโมโซมลูกที่แตกต่างคือกระบวนการผ่าเหล่าวิวัฒนาการทางธรรมชาติมิได้เป็นสิ่งที่เกิดจากความจดจำแต่เป็นกระบวนการที่เกิดจากโครงสร้างต่างๆ ในโครโมโซมที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นขณะนั้น

2.10.5 พันธุศาสตร์กับเจเนติกอัลกอริทึม

เมนเดลบิดาแห่งวิชาพันธุศาสตร์ ค้นพบว่าลักษณะต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต เช่น ลักษณะผิวของเมล็ดพืช สีของเมล็ดพืช ฯลฯ ที่ถูกถ่ายทอดไปยังลูกหลานนั้นถูกควบคุมโดยหน่วยควบคุมลักษณะที่เรียกว่ายีน (Gene) และลักษณะย่อยของยีนเรียกว่าอัลลีล (Allele) เช่น ยีนควบคุมลักษณะผิวของเมล็ดจะมีอัลลีลเป็นผิวเรียบและผิวขรุขระ เป็นต้น ซึ่งแต่ละยีนจะเรียกตัวอยู่บนโครโมโซม (Chromosome) ภายในเซลล์ ตำแหน่งของยีนแต่ละยีนบนโครโมโซมเรียกว่าโลกัส (Logus) แต่ละแบบของชุดยีนเรียกว่าจีโนไทป์ (Genotype) ซึ่งแสดงลักษณะภายนอกที่ปรากฏ ซึ่งเรียกว่า ฟีโนไทป์ (Phenotype) โดยแสดงการเปรียบเทียบลักษณะระหว่างเจเนติกอัลกอริทึมกับลักษณะทางพันธุศาสตร์

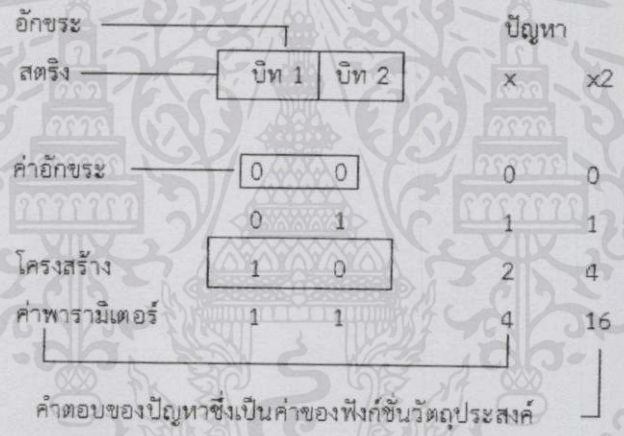
1) ลักษณะทางพันธุศาสตร์ของโครโมโซมควบคุมลักษณะของเมล็ดถั่วซึ่งมียีนลักษณะของผิวเมล็ดคือ มีลักษณะเรียบ (R) หรือขรุขระ (W) และยีนลักษณะสีของเมล็ดคือมีสีเหลือง (Y) และสีเขียว (G) ดังรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะภายนอกที่ปรากฏซึ่งเรียกว่า ฟีโนไทป์

2) ลักษณะทางเจเนติก แสดงถึงการแก้ปัญหาในการหาค่าสูงสุดของฟังก์ชั่น $f(x) = x^2$ โดยที่ x มีค่าอยู่ระหว่าง [0,4] และค่าของ x ถูกแปลงให้อยู่ในรูปไบนารีสตริงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะทางเจเนติก แสดงถึงการแก้ปัญหาฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบคำศัพท์ระหว่างพันธุศาสตร์และเจเนติกอัลกอริทึม

พันธุศาสตร์	เจเนติกอัลกอริทึม
โครโมโซม (Chromosome)	สตริง (String)
ยีน (Gene)	คุณลักษณะ, บิท (Character, Bit)
อัลลีล (Allele)	ค่าของคุณลักษณะ (Character Value, Bit Value)
โลกัส (Locus)	ตำแหน่ง (String Position)
จีโนไทป์ (Genotype)	โครงสร้าง (Structure)
ฟีโนไทป์ (Phenotype)	โครงสร้างคำตอบ (A Decode Structure)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแก้ปัญหาทางด้านคณิตศาสตร์ด้วยเจเนติกอัลกอริทึมพารามิเตอร์ต่างๆ จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปของสตริง (Sting) หรือโครโมโซมประกอบด้วยอักขระ (Character) หรือบิท (Bit) แต่ละตำแหน่งของโครโมโซมจะเก็บค่าอักขระหรือค่าบิทที่แสดงโครงสร้างของแต่ละโครโมโซมที่ให้คำตอบของปัญหาแตกต่างกันซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมกับการแก้ปัญหาการหาค่าสูงสุดของ $f(x) = x^2$ โดยที่ x อยู่ในช่วง [0,4] และสามารถสรุปความหมายทางพันธุศาสตร์เทียบกับเจเนติกอัลกอริทึมได้ดังตารางที่ 2.1

Darwin (1859) ได้เสนอความคิดการสปีชีส์ของสิ่งมีชีวิต (The Origin of Species) โดยเสนอหลักการของวิวัฒนาการที่ผ่านกระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติแม้ในตอนแรกทฤษฎีจะเป็นที่โต้แย้งกันมาก แต่ต่อมาก็ได้เป็นที่ยอมรับในหมู่นักวิทยาศาสตร์ (Winston, 1992)

1) สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีแนวโน้มที่จะถ่ายทอดลักษณะของมันไปสู่ลูกหลานของมัน

2) ธรรมชาติทำให้สิ่งมีชีวิตมีลักษณะต่างๆ กัน

3) สิ่งมีชีวิตมีความเหมาะสมซึ่งมีลักษณะที่เหมาะสมที่สุดมีแนวโน้มที่จะมีลูกหลานมากกว่าสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะไม่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้ประชากรอยู่รอดต่อไป

4) เมื่อระยะเวลาผ่านไปยาวนานจะเกิดการกลายพันธุ์ (Variation) ขึ้นและเกิดสปีชีส์ใหม่ที่มีลักษณะเหมาะสมกับระบบนิเวศน์นั้น

2.10.6 ความหมายของเจเนติกอัลกอริทึม

เจเนติกอัลกอริทึมเป็นวิธีการค้นหาคำตอบโดยมีพื้นฐานมาจากกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติ (Natural Selection) และกระบวนการคัดเลือกทางพันธุศาสตร์ (Natural Genetics Selection) โดยการคัดเลือกสตริงที่มีความเหมาะสมจากกลุ่มของสตริงทั้งหมดด้วยวิธีการสุ่มจากการนำสตริงเหล่านี้ไปผ่านกระบวนการคัดเลือกสตริงที่มีความเหมาะสม คำตอบที่ดีที่สุดหรือใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุดเจเนติกอัลกอริทึมไม่ใช่การสุ่มแบบง่ายๆ แต่มันเป็นการใช้ข้อมูลในอดีตอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อพิจารณาจุดที่จะต้องค้นหาใหม่โดยคาดหวังว่าสมรรถนะของการค้นหาจะดีขึ้น

เจเนติกอัลกอริทึมถูกพัฒนาขึ้นโดย (Holland, 1975) และคณะโดยมีเป้าหมายในการวิจัย 2 อย่าง คือข้อแรกเพื่อสรุปและดัดแปลงการใช้กระบวนการทางธรรมชาติให้ถูกต้องมากที่สุด ข้อสองเพื่อออกแบบและสร้างซอฟแวร์ที่รักษากลไกที่สำคัญของธรรมชาติและเจเนติกลกอริทึมแตกต่างกับวิธีการค้นหาและการหาคำตอบที่เหมาะสม (Optimization) แบบอื่นๆ คือ

1) เจเนติกอัลกอริทึมทำงานโดยการเข้ารหัสสตริงเป็นชุดพารามิเตอร์

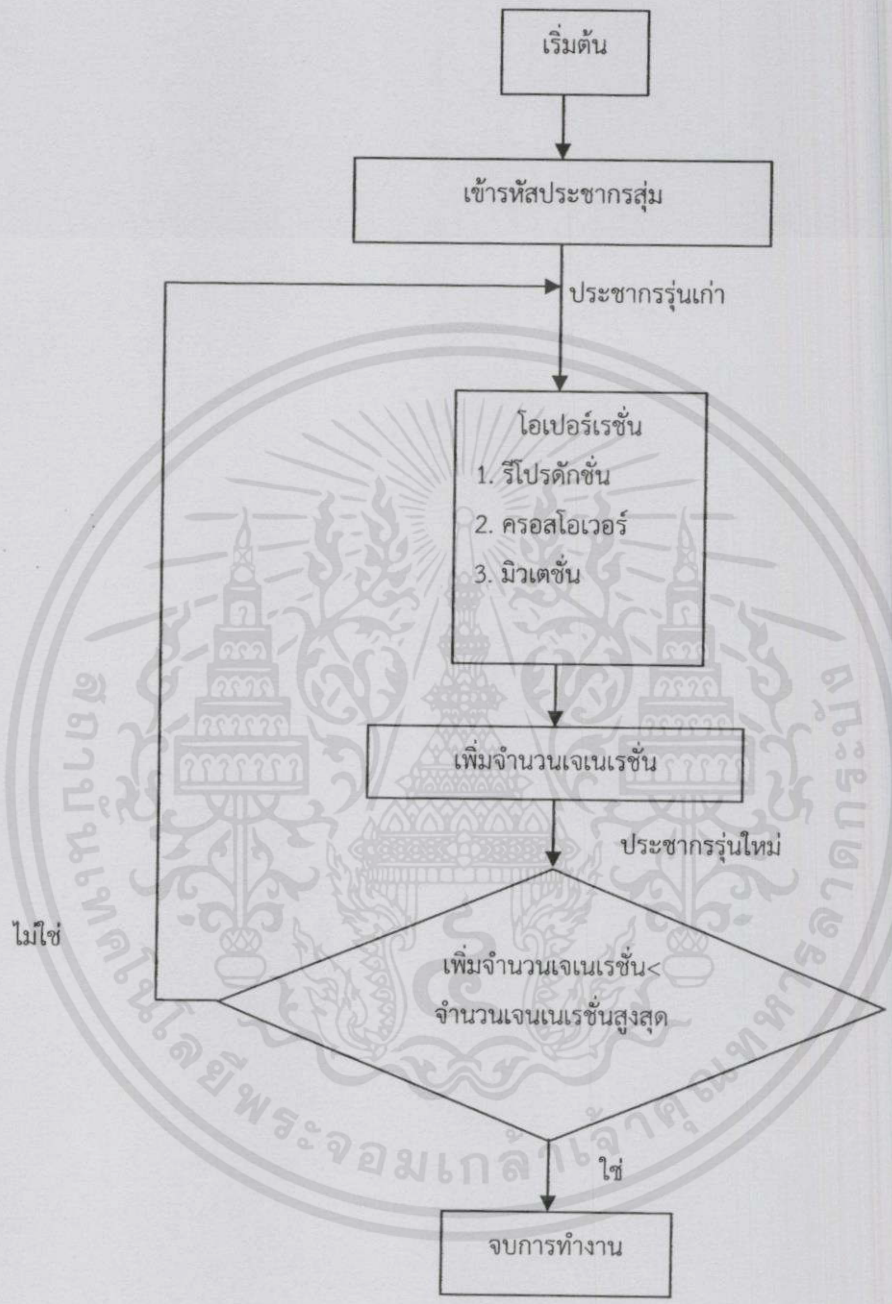
2) เจเนติกอัลกอริทึมเป็นการค้นหาจากทั้งประชากรไม่ใช่ค้นหาเพียงตำแหน่งเดียว

3) เจเนติกอัลกอริทึมใช้ข่าวสารที่เป็นผลลัพธ์ (ฟังก์ชั่นเป้าหมาย) โดยไม่ใช้การอนุพันธ์หรือความรู้อื่นๆ

4) เจเนติกอัลกอริทึมจะเป็นวิธีแบบความน่าจะเป็นไม่ใช่ดีเทอร์มินีสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.7 เจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย (Simple Genetic Algorithms)



รูปที่ 2.6 ขั้นตอนของเจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทำงานของเจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย (Simple Genetic Algorthms: SGA) ดังแสดงรูปที่ 2.6 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

อัลกอริทึมของเจเนติกอัลกอริทึม

```
BEGIN
    t :=0;
    // สร้างประชากรโครโมโซมต้นกำเนิดโดยการสุ่ม
    Initial population P(t);
    // วิเคราะห์ค่าความเหมาะสมแต่ละโครโมโซมประชากรต้นกำเนิด
    Evaluate P(t);
    // ตรวจสอบเงื่อนไขความพอใจ (เช่น เวลา, ค่าความเหมาะสม เป็นต้น)
    while not terminate
    begin
        t := t+1;
        //คัดเลือกโครโมโซมต้นแบบจากประชากรรุ่นก่อน
        p'(t) : Selectparents P(t-1);
        // แลกเปลี่ยนส่วนยีนภายในโครโมโซมต้นแบบ
        Recombine p'(t);
        // มิวเตชั่นโครโมโซมต้นแบบ
        Mutate p'(t);
        // วิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของประชากรรุ่นใหม่
        Evaluate p'(t);
        // ประชากรรุ่นใหม่กลายเป็นประชากรรุ่นเก่าต่อไป
        p(t) := p'(t);
    End
END
```

1) การเข้ารหัสและสร้างประชากรเริ่มต้นอย่างสุ่ม ขั้นตอนแรกของเจเนติกอัลกอริทึม คือการเข้ารหัสหรือแปลงค่าพารามิเตอร์ให้อยู่ในรูปของสตริงที่มีความยาวแน่นอน ซึ่งมีวิธีการเข้ารหัสนี้ขึ้นอยู่กับรูปแบบของปัญหาแต่ละปัญหาสำหรับเจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่ายใช้การเข้ารหัสแบบไบนารี (Binary Coding)

ตัวอย่างเช่น ต้องการหาค่าสูงสุดของฟังก์ชั่น $f(x)=x^2$ โดยที่ x มีค่าอยู่ระหว่าง [0 , 31] ในที่นี้ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ (Objective Function) คือ f(x) หรือ x^2 ซึ่งวิธีการเข้ารหัสไบนารี โดยแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าพารามิเตอร์ x ให้อยู่ในรูปไบนารี 5 บิท จะได้ค่าพารามิเตอร์ของ x จะมีค่าอยู่ในช่วง 00000 จนถึง 11111 (0 ถึง 31)

เมื่อกำหนดวิธีการเข้ารหัสแล้วจำเป็นที่จะต้องสร้างประชากรเริ่มต้น (Initial Population) โดยวิธีการสุ่มเพื่อที่จะผ่านขั้นตอนของเจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย (SGA) ต่อไป สมมุติว่าทำการสุ่มประชากรเริ่มต้น 4 สตริงได้เป็น

01101

11000

01000

10011

ค่าสตริงของประชากรเริ่มต้นนี้เกิดจากการสุ่มค่าทั้งหมด 20 ครั้ง สตริงแต่ละตัวทำการสุ่ม 5 ครั้ง

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

3) การดำเนินการของเจเติกอัลกอริทึมอย่างง่าย ประกอบไปด้วยตัวปฏิบัติการ 3 อย่างคือการรีโปรดักชั่นการครอสโอเวอร์ และการมิวเตชั่น ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

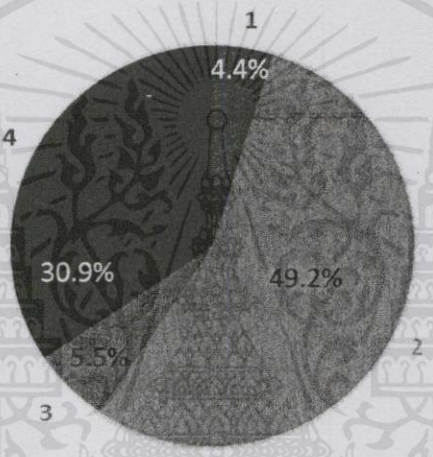
3.1 รีโปรดักชั่น (Reproduction) คือกระบวนการที่สตริงแต่ละตัวเลียนแบบค่าฟังก์ชั่นเป้าหมาย f(x) โดยที่ฟังก์ชั่นนี้อาจเป็นการวัดผลตอบแทนค่าอรรถประโยชน์หรือสิ่งที่ต้องการให้เป็นค่าสูงสุดหรือค่าความเหมาะสม (Fitness) สตริงที่มีความเหมาะสมสูงกว่าก็จะมีความน่าจะเป็นในการสนับสนุนลูกหลานรุ่นต่อไปสูงด้วยตัวปฏิบัติการนี้เกิดขึ้นจากกระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติตามทฤษฎีผู้อยู่รอดที่มีความเหมาะสมในธรรมชาติจะมีความสามารถในการรอดพ้นจากผู้ล่า โรคภัยไข้เจ็บ อุปสรรคอื่นๆ ที่ต่อต้านการเจริญเติบโตเป็นผู้ใหญ่และสามารถ สืบพันธุ์ต่อไปได้ ส่วนฟังก์ชั่นเป้าหมายจะเป็นสิ่งที่ใช้พิจารณาว่าสตริงที่สร้างขึ้นจะชีวิตอยู่หรือตายจากไป ตัวปฏิบัติการการรีโปรดักชั่นสามารถสร้างขึ้นได้หลายวิธี วิธีที่ง่ายวิธีหนึ่งคือสร้างจากวงล้อรูลเล็ทที่มีจำนวนช่องเท่ากับจำนวนประชากรสตริงและขนาดของช่องก็เป็นสัดส่วนกับ ค่าความเหมาะสม ดังรูปที่ 2.7 และค่าความเหมาะสมของฟังก์ชั่นเป้าหมายของประชากรแสดงในตารางที่ 2.2

ค่าความเหมาะสมทั้งหมดโดยรวมจะได้เท่ากับ 1170 และค่ารายละเอียดต่างๆ จะแสดงดังตารางที่ 2.2 แสดงถึงวงล้อรูลเล็ทสำหรับการรีโปรดักชั่นซึ่งสร้างจากสัดส่วนของค่าความเหมาะสมของสตริงทั้งหมด เช่นสตริงหมายเลข 1 มีค่าความเหมาะสมเป็นรีโปรดักชั่นจะหมุนวงล้อเป็น 169 หรือ 14.4% (169/1170) ของค่าความเหมาะสมโดยรวมของทั้งประชากร ในการทำการรีโปรดักชั่นจะหมุนวงล้อเป็นจำนวน 4 ครั้งหรือเท่ากับจำนวนสตริง เช่นสตริงหมายเลข 1 มีค่าเป็น 169 คิดเป็น 14.4% ของค่าความเหมาะสมทั้งหมด ดังนั้นเมื่อหมุนรูลเล็ท 1 ครั้งก็จะมีความน่าจะเป็นที่ถูกเลือกเท่ากับ 0.144 ในการหมุนรูลเล็ทแต่ละครั้งจะได้ตัวแทนในการสืบพันธุ์ (Reproduction Candidate) สตริงที่มีความเหมาะสม

สูงจะถูกคัดเลือกสำหรับการสืบพันธุ์ การรีโปรดักชั่นสำหรับสตริงลูกหลานในรุ่นต่อไปเมื่อสตริงมีรูปร่างที่แน่นอนแล้วก็จะถูกส่งไปเข้าเมทติ้งพูลเพื่อที่จะผ่านกระบวนการของตัวปฏิบัติการอื่นต่อไป

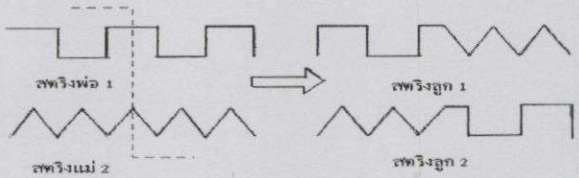
ตารางที่ 2.2 กลุ่มประชากรตัวอย่างและค่าความเหมาะสม

No.	สตริง	ค่าความเหมาะสม	% โดยรวม
1	01101	169	14.40
2	11000	576	49.20
3	01000	64	5.50
4	10011	361	30.90
รวม		1170	100.00



รูปที่ 2.7 การรีโปรดักชั่นอย่างง่ายด้วยวิธีการใช้วงล้อรูลเล็ท
ที่มีขนาดของแต่ละช่องเป็นสัดส่วนกับค่าความเหมาะสม

3.2 กระบวนการของการครอสโอเวอร์ (Crossover) จะกระทำหลังจากประชากรทั้งหมดผ่านกระบวนการรีโปรดักชั่นแล้วจะทำการจับคู่สมาชิกในเมทติ้งพูลหรือกลุ่มประชากร ทั้งหมดอย่างสุ่มและทำการไขว้สลับค่าที่อยู่หลังตำแหน่งที่เลือกไว้จากการสุ่มหรือทำการแลกเปลี่ยนส่วนกันดังรูปที่ 2.8



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.8 การครอสโอเวอร์อย่างง่ายเพื่อให้เห็นถึงการเปลี่ยนสตริง
และการแลกเปลี่ยนข่าวสารโดยเลือกตำแหน่งไขว้แบบสุ่ม

การเลือกตำแหน่งที่จะทำการครอสโอเวอร์ จะทำโดยการสุ่มค่าที่เป็นจำนวนเต็มตำแหน่งที่ k ช่วงของสตริงที่เลือกจะอยู่ในช่วง [2, t-1] โดยที่ t คือ ตำแหน่งสุดท้ายของสตริงใหม่ทั้งสองก็จะมีการสลับอักขระตั้งแต่ตำแหน่งที่ k+1 จนถึง t ยกตัวอย่างเช่น พิจารณาสตริง A_1, A_2 จากประชากรเริ่มต้น

สมมุติว่าเลือกจำนวนสุ่มระหว่าง 1 ถึง 4 และได้ค่า k = 4 (แสดงโดยใช้สัญลักษณ์ " |"แทนการแยก) ผลของการครอสโอเวอร์สตริงที่เป็นประชากรรุ่นใหม่จะมีสัญลักษณ์ " | "

$A_1 = 01100$

$A_2 = 11001$

3.3 การมิวเตชั่น (Mutation) มิวเตชั่นเป็นสิ่งที่จำเป็นถึงแม้ว่ารีโปรดักชั่นและ ครอสโอเวอร์ช่วยให้การค้นหาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพบางครั้งก็มีการสูญเสียส่วนที่สำคัญไป (ค่า 1 หรือ 0 ในบางตำแหน่ง) การมิวเตชั่นจะป้องกันส่วนที่เสียที่ไม่อาจเรียกคืนได้ (Irrecovery Loss) ในบางครั้งการหาคำตอบของเจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่ายคำตอบอาจติดอยู่ใน Local Optimal การมิวเตชั่นด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสมจะทำให้คำตอบสามารถหลุดออกจาก LocalOptimal หรืออาจกล่าวได้ว่าโอเปอร์เรเตอร์ของการมีมิวเตชั่นเป็นการเปลี่ยนค่าตำแหน่งสตริงแบบสุ่มจากปัญหาที่พิจารณาค่าจะเปลี่ยนแปลงจาก 0 เป็น 1 หรือ 1 เป็น 0 โดยการเลือกตำแหน่งที่จะทำการมิวเตชั่นแบบสุ่ม อัตราการมิวเตชั่นในธรรมชาติจะมีค่าค่อนข้างต่ำในการนำไปใช้งานจะต้องมีการพิจารณาอย่างเหมาะสม

4. ประชากรรุ่นใหม่ (New Population) สตริงทั้งหมดที่ได้จากกระบวนการของเจเนติกอัลกอริทึม เรียกว่าประชากรรุ่นใหม่หรือเจนเนอเรชั่น (Generation) รุ่นใหม่ซึ่งจะกลายเป็นประชากรรุ่นเก่าสำหรับการดำเนินการต่อไป กระบวนการของเจเนติกอัลกอริทึมจะทำซ้ำไปเรื่อยๆจนกว่าเจนเนเรชั่นจะมากกว่าจำนวนเจนเนอเรชั่นที่กำหนดไว้สูงสุด

Surech (1995) ได้พิจารณาถึงการหาขนาดของประชากรจากอัตราส่วนของวิธีการที่ทั้งหมดของคำตอบที่เป็นไปไม่ได้ และอัตราส่วนของวิธีการที่ทั้งหมดของคำตอบที่เป็นไปได้

$$\lim_{n\to\infty}\frac{n^n}{n!}\approx\lim_{n\to\infty}\frac{(2\pi)\left(\frac{n}{e}\right)^n}{n^n} \qquad (2.1)$$

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ 2.1 ให้

n คือ ขนาดของปัญหา

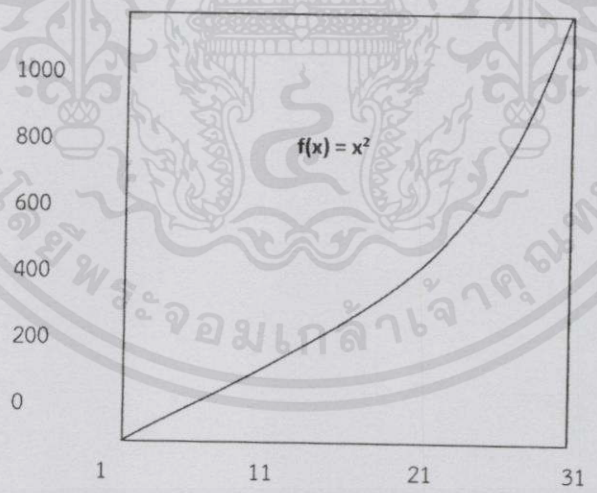
n! คือ จำนวนวิธีการที่จัดเรียงหรือจำนวนวิธีการจัดเรียงที่เป็นไปได้

n^n คือ จำนวนวิธีการที่จัดเรียงหรือจำนวนวิธีการจัดเรียงทั้งหมด

สามารถสรุปได้ว่าความน่าจะเป็นของในการสร้างประชากรคำตอบอย่างสุ่มจะมีค่าเป็นศูนย์เมื่อ n มีค่ามากขึ้น สมมติว่า n มีค่าเป็น 8 ดังนั้น $8! / 8^8 = 1 / 416.1 = 2.403 \times 10^3$ หรืออาจกล่าวได้ว่า โอกาสที่จะได้คำตอบที่ถูกต้องเป็น 1 ใน 416 ของคำตอบที่เป็นไปไม่ได้ ถ้ากำหนดจำนวนประชากรเป็น 100 และทำการคำนวณเพียงแค่ 1 เจนเนเรชั่นก็ไม่อาจคาดได้ว่าจะได้ คำตอบที่ดีการกำหนดจำนวนประชากรเริ่มต้นและจำนวนของการเจนเนเรชั่นทั้งหมดจึงมีผลในการหาคำตอบ

2.10.8 ตัวอย่างการใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการหาคำตอบของฟังก์ชั่น

เนื้อหาในส่วนนี้จะเป็นการประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาคำตอบที่เหมาะสม (Optimization) หาค่าสูงสุดของฟังก์ชั่น $f(x) = x^2$ ทีละขั้นตอน โดย x เป็นตัวแปรที่มีค่าเปลี่ยนแปลงระหว่าง 1 ถึง 31 ดังรูปที่ 2.9 แสดงถึงลักษณะฟังก์ชั่น f(x) สำหรับปัญหานี้ ตัวแปร x จะถูกเข้ารหัสให้เป็นไบนารี ที่มีความยาวสตริง 5 บิท



รูปที่ 2.9 ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ $f(x) = x^2$

วิธีการทำเริ่มจากเลือกประชากรแรกขึ้นมาอย่างสุ่มโดยประชากรเริ่มแรกจะได้มาจากการโยนเหรียญ 20 ครั้ง จากตาราง 2.3 จะเห็นได้ว่าสตริงหมายเลข 3 ซึ่งมีค่าเป็น 01000 (นำมาเข้าแปลงเป็นเลขฐานสิบ คือ 23 = 8) จากนั้นก็จะแปลงให้อยู่ในฟังก์ชั่นเป้าหมาย $f(x) = x^2$ จะได้ค่าเป็น 64 สำหรับค่า x และ f(x) อื่นๆ ก็คิดในลักษณะเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง

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 (จากวงล้อรูลเล็ท)
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

เมทติ้งพูลหลังจากการรีโปรดักชั่น	สตริงจับคู่ (เลือกแบบสุ่ม)	ตำแหน่งครอสโอเวอร์ (เลือกแบบสุ่ม)	ประชากรใหม่	ค่า x	$f(x) = x^2$
0110 1	2	4	01100	12	144
1100 0	1	4	11001	25	625
11 000	4	2	11011	27	729
10 011	3	2	10000	16	256
ผลรวมค่าเฉลี่ยสูงสุด					1754
					439
					729

หมายเหตุ

1. ประชากรเริ่มแรกทั้งสี่ตัว ในแต่ละตัวได้มาจากการสุ่มโยนเหรียญ 5 ครั้ง (มี 5 บิท)

2. รีโปรดักชั่นได้จากการหมุนวงล้อรูลเล็ท

3. ครอสโอเวอร์ได้จากการโยนเหรียญสองเหรียญแล้วทำการถอดรหัส (TT = 00_2 = 0ตำแหน่งที่ไขว้ คือ 1, HH = 11_2 = 3 = ตำแหน่งไขว้ คือ 4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ความน่าจะเป็นของครอสโอเวอร์กำหนดให้เป็นหนึ่ง $p_c = 1.0$

5. ความน่าจะเป็นของมิวเตชั่นเป็น 0.001, Pm = 0.001Expected Mutation = $5 \times 4 \times 0.001$ จะมีค่าเท่ากับ 0.2 ไม่มีค่า Expected Mutation ระหว่างประชากรเดี่ยว

ประชากรรุ่นต่อไปจะเริ่มต้นกระบวนการด้วยการรีโปรดักชั่นจากเมทติ้งพูล การหมุนวงล้อรูลเล็ท 4 ครั้ง ได้สตริงหมายเลข 1 และ 4 ได้รับการคัดเลือกไปยังรุ่นต่อไป 1 ครั้ง สตริง หมายเลข 2 ได้รับการคัดเลือกไปยังรุ่นต่อไป 2 ครั้ง สตริงหมายเลข 3 ไม่ได้รับการคัดเลือกไปยังรุ่นต่อไปเลย เมื่อเปรียบเทียบจำนวนครั้งที่ถูกคัดเลือกที่คาดหวังหรือ Expected Count (หาได้จาก fi /f) กับจำนวนครั้งที่ถูกคัดเลือกจริงจะเห็นได้ว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ค่าที่ดีที่สุดจะมีโอกาสที่จะถูกคัดเลือกมากกว่า ส่วนค่าที่ไม่ดีก็จะตายจากไป

ขั้นตอนต่อไปคือการครอสโอเวอร์ซึ่งจะต้องมีการจับคู่กันระหว่างสตริงโดยมี 2 ขั้นตอนคือ (1) สตริงจะถูกจับคู่อย่างสุ่มโดยใช้วิธีการโยนเหรียญจับคู่ (2) สตริงจะทำการครอสโอเวอร์โดยการโยนเหรียญเพื่อเลือกตำแหน่งที่จะไขว้ (Crossing Sites) เมื่อพิจารณาตาราง 2.3 (ข) อีกครั้ง จะเห็นได้ว่าจากการสุ่มจับคู่ในเมทติ้งพูล สตริงหมายเลข 2 จะจับคู่กับสตริงหมายเลข 1 และมีตำแหน่งการไขว้คือ 4 สตริงทั้งสองคือ 01101 และ 11000 เมื่อทำการไขว้จะได้สตริงตัวใหม่ คือ 01100 และ 11001 สตริงที่เหลือมีเมทติ้งพูลจะทำการไขว้กันในตำแหน่งที่สองดังแสดง ในตารางที่ 2.3 (ข)

ตัวปฏิบัติการสุดท้าย คือมิวเตชั่นซึ่งจะเปลี่ยนค่าเป็นบิทต่อบิท สมมุติความน่าจะเป็นของการมิวเตชั่นในการทดสอบเป็น 0.001 ตำแหน่งที่จะเปลี่ยนแปลงทั้งหมดมี 20 บิท (ได้จากจำนวนสตริง× จำนวนบิทของสตริงแต่ละตัว 5×4 = 20) เพราะฉะนั้นตำแหน่งบิทที่จะมิวเตชั่นของประชากรรุ่นนี้คือ 20×0.001 = 0.002 บิท จากการคำนวณจะเห็นได้ว่าไม่มีบิทใดต้องทำการมิวเตชั่นสำหรับค่าความน่าจะเป็นนี้ นั่นก็คือไม่มีบิทใดที่จะต้องเปลี่ยนค่าจาก 1 เป็น 0 หรือ 0 เป็น 1 สำหรับประชากรรุ่นนี้ แต่สมมุติว่าถ้าตำแหน่งบิทที่จะมิวเตชั่นของประชากรรุ่นนี้คือ 5 ดังนั้นตำแหน่งบิทที่ 5 จะต้องทำการเปลี่ยนค่าจาก 0 เป็น 1 หรือ 1 เป็น 0

หลังจากผ่านการรีโปรดักชั่นครอสโอเวอร์และมิวเตชั่นประชากรรุ่นใหม่ก็พร้อมที่จะถูกทดสอบโดยทำการเข้ารหัสสตริงใหม่คำนวณหาค่า X และค่าฟังก์ชั่น f(x) ตารางที่ 2.3 (ข) แสดงถึงผลจากการทดลองจะเห็นได้ว่ากระบวนการที่เกี่ยวข้องกับความน่าจะเป็นทำให้ค่าสมรรถนะดีขึ้น ค่าความเหมาะสมของประชากรโดยเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 293 เป็น 439 ในขณะที่ค่าความเหมาะสมสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 576 เป็น 729 ถึงแม้ว่ากระบวนการสุ่มจะช่วยทำให้ค่าต่างๆ สูงขึ้น แต่ค่าต่างๆ ที่เพิ่มขึ้นเหล่านี้ไม่ใช่ความบังเอิญ ค่าสตริงที่ดีที่สุดของประชากรเริ่มแรกคือ (11000) จะมีการเลียนแบบสองครั้งเนื่องจากเป็นค่าที่สูงเกินกว่าค่าเฉลี่ยเมื่อรวมกับค่าสตริงตัวต่อไป(10011) แบบสุ่มและแบบทำการไขว้แบบสุ่มในตำแหน่งที่สองก็จะได้ผลลัพธ์เป็น (11011) ซึ่งก็จะเป็นค่าที่ดีเช่นกัน

ค่าพารามิเตอร์ของเจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย มีความสำคัญอย่างมากค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ในบางครั้งจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนไปตามรูปแบบของปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบที่ดี แต่บางครั้งก็ไม่อาจที่จะหาคำตอบที่ดีได้เนื่องจาก (Michalewicz, 1992)

1. การเข้ารหัสของปัญหาผิดพลาด ทำให้เจเนติกอัลกอริทึมหาคำตอบผิดพลาด
2. ขีดจำกัดของจำนวนประชากร ในทางทฤษฎีแล้วมีค่าเป็นอนันต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ขีดจำกัดของจำนวนเจนเนอเรชั่น ในทางทฤษฎีแล้วมีค่าเป็นอนันต์

ค่าพารามิเตอร์ของเจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่ายมีความสำคัญอย่างมากค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ในบางครั้งจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนไปตามรูปแบบของปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบที่ดี

2.10.9 สรุปทฤษฎีเจเนติกอัลกอริทึม

เจเนติกอัลกอริทึม เป็นวิธีการค้นหาคำตอบวิธีหนึ่งโดยมีพื้นฐานจากกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติ ข้อดีของเจเนติกอัลกอริทึมเมื่อเปรียบเทียบกับการค้นหาแบบอื่นคือมีความคงทนต่อความไม่เที่ยงตรงแม่นยำและความไม่แน่นอนหรือคลุมเครือของปัญหาและสามารถควบคุมได้โดยมีความน่าเชื่อถือและค่าใช้จ่ายต่ำ

วิธีการค้นหาของเจเนติกอัลกอริทึมจะแตกต่างกับวิธีการค้นหาและการคำตอบที่เหมาะสม (Optimization) แบบอื่นๆ คือ

1. เจเนติกอัลกอริทึมจะใช้งานโดยการเข้ารหัสสตริงเป็นชุดพารามิเตอร์

2. เจเนติกอัลกอริทึมเป็นการค้นหาจากทั้งประชากรไม่ใช่เพียงตำแหน่งๆ เดียว

3. เจเนติกอัลกอริทึมจะใช้ข่าวสารที่เป็นผลลัพธ์ (ฟังก์ชั่นเป้าหมาย) โดยไม่ใช่อนุพันธ์หรือความรู้อื่นๆ

4. เจเนติกอัลกอริทึมจะเป็นวิธีที่ใช้ความน่าจะเป็นไม่ใช่ดีเทอร์มินิสติกโอเปอร์เรเตอร์ต่างๆ ของเจเนติกอัลกอริทึมได้แก่รีโปรดักชั่น คือกระบวนการคัดเลือกสตริงที่มีความเหมาะสมสูงเพื่อคำตอบเริ่มต้นให้กับประชากรรุ่นต่อไป โดยอาศัยทฤษฎีของชาร์ลดาร์วินที่ว่าสิ่งมีชีวิตที่แข็งแรงกว่ามีโอกาสอยู่รอดในสภาวะนั้นๆ ได้มากกว่า

5. การครอสโอเวอร์ คือกระบวนการสร้างสตริงลูกหลานใหม่จากสตริงพ่อแม่

6. การมิวเตชั่น คือกระบวนการที่ช่วยปรับปรุงสตริงให้ดีขึ้นหรือเลวลงโดยการเปลี่ยนแปลงค่าในบางตำแหน่งของสตริงเพื่อให้เกิดสตริงใหม่

7. พารามิเตอร์ต่างๆ ของเจเนติกอัลกอริทึม ได้แก่

7.1 จำนวนประชากร

7.2 จำนวนเจนเนอเรชั่น

7.3 ค่าความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์

7.4 ค่าความน่าจะเป็นของการมิวเตชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ซึ่งมีเนื้อหาประกอบด้วย 4 ส่วนหลักๆ ได้แก่ การศึกษาและรวบรวมข้อมูล การออกแบบเส้นทางการเดินรถโดยการประยุกต์ใช้วิธีการฮิวริสติกส์ (Heuristic Algorithm) การปรับปรุงเส้นทางการเดินรถโดยการประยุกต์ใช้วิธีการเชิงพันธุกรรม(Genetic Algorithm: GA) และการประยุกต์ใช้โปรแกรม Evolver ในการจัดเส้นทางการเดินรถ

3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล

กลุ่มผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะ รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูล โดยข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มลูกค้าจำนวน 30, 60 และ 100 คน ซึ่งข้อมูลที่ได้มาในเบื้องต้นเป็นข้อมูลที่ได้มาจาก VRPLIB ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลพิกัดตำแน่งของลูกค้า 30 ราย

ข้อมูลลูกค้ารายที่	พิกัดแกน x	พิกัดแกน y	จำนวนความต้องการสินค้า (ชิ้น)
คลังสินค้า	42	68	0
1	77	97	5
2	28	64	23
3	77	39	14
4	32	33	13
5	32	8	8
6	42	92	18
7	8	3	19
8	7	14	10
9	82	17	18
10	48	13	20
11	53	82	5
12	39	27	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1(ต่อ) แสดงข้อมูลพิกัดตำแน่งของลูกค้า 30 ราย

ข้อมูลลูกค้ารายที่	พิกัดแกน x	พิกัดแกน y	จำนวนความต้องการสินค้า (ชิ้น)
13	7	24	23
14	67	98	9
15	54	52	18
16	72	43	10
17	73	3	24
18	59	77	13
19	58	97	14
20	23	43	8
21	68	98	10
22	47	62	19
23	52	72	14
24	32	88	13
25	39	7	14
26	17	8	2
27	38	7	23
28	58	74	15
29	82	67	8
30	42	7	20
31	68	82	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แสดงข้อมูลพิกัดตำแน่งของลูกค้า 60 ราย

ข้อมูลลูกค้ารายที่	พิกัดแกน x	พิกัดแกน y	จำนวนความต้องการสินค้า (ชิ้น)
คลังสินค้า	61	37	0
1	93	57	23
2	15	67	17
3	23	43	12
4	53	5	6
5	13	75	22
6	29	73	3
7	47	37	24
8	23	71	24
9	67	45	11
10	21	49	7
11	93	43	12
12	67	13	8
13	69	25	14
14	53	35	20
15	25	39	16
16	85	69	16
17	81	27	4
18	77	79	9
19	45	43	18
20	31	75	14
21	49	99	10
22	63	9	19
23	47	37	22
24	33	47	19
25	39	69	9
26	49	3	18
27	49	87	2
28	87	39	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2(ต่อ) แสดงข้อมูลพิกัดตำแน่งของลูกค้า 60 ราย

ข้อมูลลูกค้ารายที่	พิกัดแกน x	พิกัดแกน y	จำนวนความต้องการสินค้า (ชิ้น)
29	37	91	11
30	19	33	19
31	97	35	18
32	31	5	15
33	35	25	4
34	79	61	12
35	73	73	8
36	35	95	18
37	5	43	12
38	19	45	72
39	71	39	2
40	35	63	5
41	27	73	14
42	31	21	11
43	47	9	19
44	87	45	16
45	1	49	19
46	1	77	3
47	63	73	12
48	79	71	10
49	21	55	20
50	65	23	7
51	65	47	13
52	97	23	16
53	23	71	23
54	5	81	22
55	53	27	18
56	57	85	6
57	89	23	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2(ต่อ) แสดงข้อมูลพิกัดตำแน่งของลูกค้า 60 ราย

ข้อมูลลูกค้ารายที่	พิกัดแกน x	พิกัดแกน y	จำนวนความต้องการสินค้า (ชิ้น)
58	51	65	27
59	13	49	29
60	91	41	15

ตารางที่ 3.3 แสดงข้อมูลพิกัดตำแน่งของลูกค้า 100 ราย

ข้อมูลลูกค้ารายที่	พิกัดแกน x	พิกัดแกน y	จำนวนความต้องการสินค้า (ชิ้น)
คลังสินค้า	0	0	0
1	-5	70	13
2	-17	69	122
3	-19	85	30
4	9	99	3
5	15	82	5
6	-21	102	422
7	-16	68	13
8	15	72	22
9	12	78	173
10	1	102	41
11	15	91	8
12	9	83	8
13	2	82	110
14	-7	76	198
15	-17	79	384
16	12	70	193
17	-18	99	238
18	-9	104	265
19	9	-24	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3(ต่อ) แสดงข้อมูลพิกัดตำแน่งของลูกค้า 100 ราย

ข้อมูลลูกค้ารายที่	พิกัดแกน x	พิกัดแกน y	จำนวนความต้องการสินค้า (ชิ้น)
20	23	-34	469
21	9	-44	7
22	12	-30	6
23	16	-36	108
24	40	-21	10
25	39	-15	40
26	42	-6	635
27	29	-43	49
28	20	-8	149
29	24	-38	403
30	47	-15	42
31	34	-28	70
32	41	-39	201
33	39	-30	66
34	23	-34	526
35	38	-8	6
36	20	-40	279
37	21	-9	160
38	46	-13	3
39	90	67	4
40	70	39	105
41	78	73	46
42	49	47	474
43	45	75	7
44	86	61	7
45	86	59	99
46	54	65	126
47	46	38	119
48	63	68	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3(ต่อ) แสดงข้อมูลพิกัดตำแน่งของลูกค้า 100 ราย

ข้อมูลลูกค้ารายที่	พิกัดแกน x	พิกัดแกน y	จำนวนความต้องการสินค้า (ชิ้น)
49	55	74	273
50	62	69	91
51	58	70	294
52	25	17	4
53	7	1	81
54	8	6	285
55	12	-2	90
56	14	-7	462
57	13	-1	65
58	8	12	6
59	25	13	4
60	11	3	529
61	15	-7	165
62	4	-6	4
63	18	-4	394
64	10	-1	3
65	16	-10	60
66	96	5	899
67	60	28	169
68	75	-19	10
69	107	5	47
70	70	-4	37
71	110	-2	23
72	90	3	25
73	80	-17	444
74	59	-21	3
75	83	14	99
76	-56	62	58
77	-39	71	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3(ต่อ) แสดงข้อมูลพิกัดตำแน่งของลูกค้า 100 ราย

ข้อมูลลูกค้ารายที่	พิกัดแกน x	พิกัดแกน y	จำนวนความต้องการสินค้า (ชิ้น)
78	-40	72	11
79	-41	77	15
80	-37	78	381
81	-31	70	7
82	-52	81	39
83	-50	81	502
84	-41	77	115
85	-35	85	85
86	-41	71	3
87	-57	72	136
88	-47	74	111
89	-56	70	66
90	-32	82	50
91	-50	69	252
92	-57	86	4
93	-33	79	119
94	-64	71	746
95	-58	56	6
96	-74	69	51
97	-65	57	322
98	1	56	1023
99	12	41	5
100	24	53	10

จากตารางที่ 3.1, 3.2 และ 3.3 จะเห็นได้ว่าข้อมูลที่ได้มาจาก VRPLIB เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพิกัดที่ตั้งของตำแหน่งลูกค้าแต่ละคนแล้ว ทางกลุ่มผู้วิจัยต้องคำนวณหาระยะทางที่รถวิ่งในแต่ละเส้นทาง โดยมีขั้นตอนดังนี้โดยนำค่าตำแหน่งพิกัดดังกล่าวมาหาค่าระยะทางระหว่างจุดแต่ละจุดเพื่อเป็นข้อมูลในการคำนวณระยะทางการเดินรถ โดยใช้สูตรการหาระยะทางตามสมการที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ระยะทางระหว่างจุดที่ 1 และ 2} = \sqrt{(a - c)^2 + (b - d)^2} \qquad (3.1)$$

เมื่อ พิกัดจุดที่ 1 คือ (a,b)

พิกัดจุดที่ 2 คือ (c,d)

3.2 การออกแบบเส้นทางการเดินรถโดยการประยุกต์ใช้วิธีการฮิวริสติกส์

จากปัญหาของกรณีศึกษาผู้วิจัยได้ทำการเลือกวิธีฮิวริสติกส์ต่างๆ ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถมาทำการศึกษาทั้งสิ้น 3 วิธีเพื่อนำมาทดลองใช้ในการจัดเส้นทางการเดินรถโดยจะพิจารณาจากระยะทางในการขนส่งรวมแต่ละวิธีเพื่อหาวิธีที่ดีที่สุดเพื่อไปเป็นประชากรเริ่มต้นให้กับวิธีการเชิงพันธุกรรม ประกอบด้วยวิธีการต่างๆ ดังนี้

1) วิธีการแบบกวาด (Sweep Method)

2) วิธีการเลือกจุดที่ใกล้ที่สุด (Nearest Neighbor Method)

3) วิธีการจัดกลุ่ม (Cluster Method)

ตารางที่ 3.4 แสดงข้อจำกัดต่างๆของกลุ่มตัวอย่างสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะ

ข้อจำกัด	จำนวนกลุ่มลูกค้า		
	30 คน	60 คน	100 คน
1. จำนวนยานพาหนะ (คัน)	5	9	11
2. ความจุยานพาหนะแต่ละคัน (ชิ้น)	100	100	1409
3. ความต้องการสินค้าทั้งหมด (ชิ้น)	446	885	15,203

ผู้วิจัยได้ออกแบบเส้นทางการเดินรถ เพื่อนำไปเป็นคำตอบเริ่มต้นให้กับวิธีการเชิงพันธุกรรม โดยใช้ข้อจำกัดตามตารางที่ 3.4 ออกแบบเส้นทางให้กับกลุ่มลูกค้าทั้ง 3 กลุ่มด้วยวิธีการฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธีซึ่งลูกค้าแต่ละรายจะต้องถูกส่งสินค้าเพียงครั้งเดียว และการขนส่งสินค้าของรถบรรทุกแต่ละคันจะต้องเริ่มต้นจากคลังสินค้าและสิ้นสุดที่คลังสินค้า ซึ่งเส้นทางการเดินรถ ระยะทางการเดินรถ และปริมาณการบรรทุกสินค้าของรถแต่ละคัน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.1 รูปที่ 3.2 และรูปที่ 3.3 ตามลำดับ

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

รูปที่ 3.1 ตัวอย่างการออกแบบเส้นทางการเดินรถด้วยวิธีฮิวริสติกส์

CVRP	1	2	3	4	5	6	7	8	distance
Vehicle 1	17.80	15.81	9.06	1.00	9.06	17.49	10.30	19.24	99.75
Vehicle 2	7.81	12.21	20.12	6.40	28.44	25.00	6.32	10.77	117.08
Vehicle 3	61.00	8.49	26.93	16.64	64.82	0.00	0.00	0.00	177.87
Vehicle 4	73.36	10.30	15.00	6.08	1.00	20.00	9.22	36.40	171.35
Vehicle 5	24.00	10.77	47.17	24.00	10.00	33.12	21.59	14.56	185.21
									751.26

รูปที่ 3.2 ตัวอย่างของระยะทางของรถบรรทุกแต่ละคันที่ออกแบบเส้นทางการเดินรถด้วยวิธีฮิวริสติกส์

CVRP	Depot	2	3	4	5	6	7	8	Depot	demand
Vehicle 1	0	5	14	9	10	5	24	13	0	80
Vehicle 2	0	19	18	10	14	8	15	14	0	98
Vehicle 3	0	20	20	24	18	0	0	0	0	82
Vehicle 4	0	19	2	8	23	14	9	13	0	88
Vehicle 5	0	18	13	3	23	10	8	23	0	98
										446

รูปที่ 3.3 ตัวอย่างของปริมาณสินค้าของรถบรรทุกแต่ละคันที่ออกแบบเส้นทางการเดินรถด้วยวิธีฮิวริสติกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การปรับปรุงเส้นทางการเดินรถโดยใช้วิธีการเชิงพันธุกรรม

เมื่อได้คำตอบเริ่มต้นจากการออกแบบเส้นทางการเดินรถด้วยวิธีฮิวริสติกส์ หลังจากนั้นผู้วิจัยได้นำผลลัพธ์ที่ได้มาเป็นประชากรเริ่มต้นให้กับวิธีการเชิงพันธุกรรม

3.3.1 โครงสร้างของวิธีการเชิงพันธุกรรมสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ

โครงสร้างหลักประกอบ 5 ส่วนคือ

1. การรับข้อมูล (Data Input) รับข้อมูลเข้าต่างๆ ซึ่งได้แก่ ข้อมูลที่นำไปใช้ในการคำนวณเพื่อกำหนดเส้นทางการเดินรถซึ่งได้แก่ จำนวนสินค้าที่ลูกค้าแต่ละรายต้องการ, จำนวนรถบรรทุก, ความสามารถในการจุของรถบรรทุกสินค้าเป็นต้น

2. การสร้างประชากรเริ่มต้น (Representation & Initialization) นำข้อมูลต่างๆ มาสร้างคำตอบเบื้องต้นแบบสุ่มจำนวนประชากร (Popsize) ตัวโดยผ่านกระบวนการใส่รหัสคำตอบ (Representation) และการสร้างประชากรเบื้องต้น (Initial Poulation)

3. การถอดรหัส (Decoding) นำรหัสคำตอบของประชากรเบื้องต้นทุกตัวมาถอดรหัสคำตอบเพื่อให้ได้คำตอบที่สมบูรณ์และสามารถนำไปคำนวณหาค่าต่างๆ ที่ต้องการได้

4. การประเมินค่า (Evaluation) คำนวณหาค่าต่างๆ ที่ต้องการ เช่น ระยะทางของเส้นทางการเดินรถแล้วนำค่าเหล่านี้ไปคำนวณหาค่าความเหมาะสม (Fitness) ของประชากรเบื้องต้นทุกตัว

5. การเก็บค่าคำตอบเบื้องต้น (Initial Elite Preserve Strategy) หาค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากประชากรเจนเนอเรชั่นแรกและเก็บค่าคำตอบที่ดีที่สุดนี้ไว้เป็น Elite Preserve Solution

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

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

8. การเก็บค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากการครอสโอเวอร์ (Post-crossover Elite Preserve Strategy) หาค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากการครอสโอเวอร์แล้วนำมาเปรียบเทียบกับการเก็บค่าคำตอบเบื้องต้น (Elite Preserve Solution) ที่มีอยู่ถ้าคำตอบที่ได้จากการครอสโอเวอร์ดีกว่า ก็ให้เก็บคำตอบนั้นเป็นการเก็บค่าคำตอบเบื้องต้น (Elite Preserve Solution) แทน

9. มิวเตชั่น (Mutation) วิธีการมิวเตชั่นคือการหาสตริงคำตอบที่มีด้วยความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเท่ากับ (Pm)

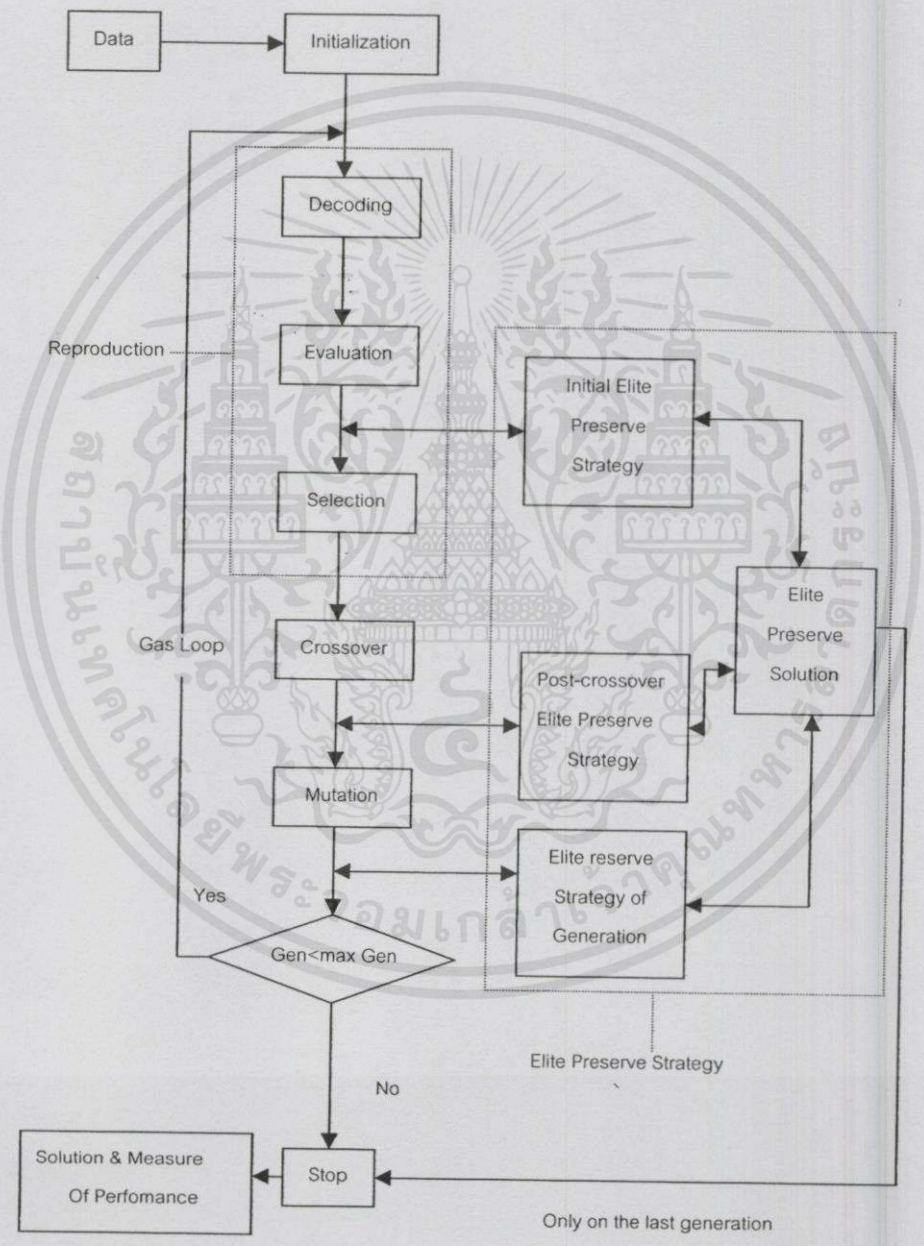
10. การเก็บค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากการมิวเตชั่น (Elite Preserve Strategy of Generation) หาค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากการมิวเตชั่นแล้วนำมาเปรียบเทียบกับการเก็บค่าคำตอบเบื้องต้น (Elite Preserve Solution) ที่มีอยู่ถ้าคำตอบที่ได้จากมิวเตชั่นดีกว่าก็ให้เก็บคำตอบนั้นเป็นการเก็บค่าคำตอบเบื้องต้น (Elite

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

Preserve Solution) แทน แต่ถ้าการเก็บค่าคำตอบเบื้องต้นดีกว่า ก็ให้แทนที่คำตอบที่แย่ที่สุดจากการมิวเตชั่นด้วยการเก็บค่าคำตอบเบื้องต้น

11. จำนวนรอบของการทำงาน (GAs-loop) ดูว่าเจนเนอเรชั่นน้อยกว่าจำนวน เจนเนอเรชั่นสูงสุดหรือไม่ถ้าน้อยกว่าให้กลับไปทำข้อที่ 3 – 11 ถ้าไม่ ให้ทำข้อที่ 12

12. การหยุด (Stop) หยุดกระบวนการของวิธีการเชิงพันธุกรรม และนำค่าการเก็บค่าคำตอบเบื้องต้น Elite Preserve Solution มาเป็นคำตอบซึ่งโครงสร้างและวิธีการเชิงพันธุกรรม สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.4 แสดงโครงสร้างและวิธีการเชิงพันธุกรรม

3.3.2 วิธีการของวิธีการเชิงพันธุกรรมกับการจัดเส้นทางการเดินรถ

1. การใส่รหัสคำตอบ (Chromosome Representation/Coding) ขั้นตอนแรกของวิธีเชิงพันธุกรรม คือการกำหนดรูปแบบของการใส่รหัสคำตอบซึ่งถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญและมีผลอย่างมากต่อขั้นตอนอื่นๆ คือการเปลี่ยนคำตอบของปัญหาให้อยู่ในรูปของสตริงคำตอบ (หรือที่เรียกว่า Chromosome) วิธีการใส่รหัสคำตอบมีทั้งแบบ Binary String และ Non-binary String ในกรณีของปัญหาจัดเส้นทางการเดินรถคำตอบของปัญหาคือกลุ่มของลูกค้าที่ถูกมอบหมายให้กับรถบรรทุก ดังนั้นวิธีการใส่รหัสคำตอบที่ใช้จึงต้องสามารถแสดงลำดับของลูกค้าในรูปของสตริงได้ วิธีการใส่รหัสคำตอบที่ใช้จึงควรเป็นแบบ Non-binary String

1.1 คำตอบ 1 คำตอบแทนด้วยสตริงคำตอบ 1 ตัวที่เรียกว่าโครโมโซม

1.2 ใน 1 โครโมโซมจะแบ่งเป็นหน่วยเล็กๆ ที่เรียกว่าบิทวางเรียงกันอยู่ จำนวนของบิทจะเท่ากับจำนวนของลูกค้าทั้งหมดที่ต้องถูกพิจารณา

1.3 ในแต่ละบิทจะมีค่าตัวเลขตั้งแต่ 1 ถึง m บรรจุอยู่ค่าหนึ่งค่านี้หมายถึงหมายเลขที่ใช้แทนลูกค้าต่างๆ

1.4 ตำแหน่งของบิทหมายถึงลำดับที่ของลูกค้ารายนั้น ๆ

1.5 ตัวเลขในแต่ละบิทต้องไม่ซ้ำกัน

ตัวอย่างเช่น สตริงคำตอบของลำดับลูกค้า [1 3 2 5 7 9 8 4 14 13 11 6 10 12 15] จะได้ว่าใน 1 โครโมโซมมี 15 บิท หมายถึง การกำหนดเส้นทางการเดินรถมีลูกค้า 15 รายลูกค้ารายแรกที่จะนำไปจัดให้กับรถบรรทุกคือลูกค้าในตำแหน่งแรก ซึ่งคือขั้นตอนของลูกค้ารายที่ 1 ขั้นตอนถัดไปที่จะนำไปจัดให้กับลูกค้ารายที่ 3 และลูกค้ารายถัดไปคือลูกค้าที่อยู่ในตำแหน่งถัดไปตามลำดับ

2. การสร้างกลุ่มประชากรเบื้องต้น (Initial Population Creating) การสร้างกลุ่มประชากรเบื้องต้นคือ การสร้างคำตอบเบื้องต้นขึ้นมาจำนวนหนึ่งเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการของเจเนติกอัลกอริทึมโดยคำตอบ 1 คำตอบคือประชากร 1 ตัว จำนวนของประชากรที่ต้องการสร้างนั้นเป็นพารามิเตอร์ตัวหนึ่งที่ต้องมีการกำหนด ซึ่งในที่นี้กำหนดให้เท่ากับจำนวนประชากร

สำหรับปัญหาการกำหนดเส้นทางการเดินรถ 1 คัน หมายถึง ลำดับของลูกค้าทั้งหมดที่จะถูกจัดให้กับรถบรรทุก ดังนั้นการสร้างประชากร 1 ตัวจึงทำได้โดยการกำหนดตามจำนวนลูกค้าตั้งแต่รายที่ 1 จนถึงรายที่ m หรือรายสุดท้าย (m คือจำนวนลูกค้าทั้งหมด) ลงไปในแต่ละสตริงคำตอบจนครบทุกบิทและทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆจนกว่าจะได้ประชากรทั้งหมด Popsize ตัว

3. จำนวนประชากรเบื้องต้นจากขั้นตอนการสร้างประชากรเบื้องต้นเป็นการสร้างประชากรเพียง 1 ตัวเท่านั้น แต่ในวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมจำเป็นที่จะต้องมีจำนวนประชากรมากกว่า 1 ตัว เพื่อให้สามารถดำเนินการตามวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมในขั้นต่อๆไปได้จำนวนประชากรเบื้องต้นจะเท่ากับจำนวนประชากรในแต่ละเจนเนอเรชั่น และเป็นพารามิเตอร์ตัวหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพของวิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชิงพันธุกรรมการกำหนดจำนวนประชากรเบื้องต้นที่เหมาะสมในที่นี้ให้ใช้จำนวนประชากรเท่ากับ Popsize ตัว

ประชากรเบื้องต้นทั้งหมดที่สร้างขึ้นจำนวน Popsize ตัวต้องไม่ซ้ำกันทั้งนี้เพื่อให้เกิดความหลากหลายของคำตอบและเป็นการป้องกันไม่ให้คำตอบที่ได้จากวิธีของวิธีเชิงพันธุกรรมที่ใช้เป็นค่า Local Optimal นอกจากนี้การสร้างประชากรเบื้องต้นให้แตกต่างกันยังช่วยให้สามารถกำหนดจำนวนประชากรน้อยลงได้ ตัวอย่างการสร้างสตริงคำตอบเบื้องต้นของการจัดเส้นทางการเดินรถจำนวน 10 คันโดยแปลงลำดับที่ของลูกค้าให้อยู่ในรูปแบบของสตริงโดยใช้วิธีการสุ่มจำนวน 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 (Decoding) คำตอบที่ปรากฏอยู่ในประชากรหรือสตริงคำตอบที่สร้างขึ้นยังเป็นคำตอบที่ไม่สมบูรณ์กล่าวคือเป็นเพียงลำดับของลูกค้าที่จะต้องนำไปจัดให้กับรถบรรทุกตามลำดับเท่านั้นดังนั้นจึงต้องมีการนำลำดับลูกค้าที่ได้ในสตริงคำตอบไปจัดให้กับรถบรรทุกทำงานให้เรียบร้อยเสียก่อนซึ่งเราจะเรียกขั้นตอนนี้ว่าการถอดรหัสคำตอบ ซึ่งสตริงคำตอบที่สร้างขึ้นสามารถบอกเพียงได้แค่ว่า ลูกค้าที่อยู่ในลำดับแรกๆ ควรจะถูกตัดสินค้าลงไปให้รถบรรทุกทำงานต้นๆ เท่านั้น ดังนั้นจึงสามารถนำงานในสตริงคำตอบมาจัดได้หลายแบบเพื่อให้ได้การจัดเส้นทางการเดินรถที่ดีที่สุดสตริงคำตอบที่ได้จะต้องถูกถอดรหัสด้วยวิธีที่เหมาะสม

สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ สามารถทำการถอดรหัสคำตอบได้ดังนี้

4.1. นำลูกค้าในลำดับแรกในสตริงคำตอบไปจัดลำดับลูกค้าให้ถูกส่งสินค้าเป็นลำดับที่ 1

4.2 นำลูกค้าที่อยู่ในลำดับถัดไปจัดให้ถูกส่งสินค้าต่อจากงานที่ 1 จากนั้นนำลูกค้าในลำดับต่อๆไปมาจัดลำดับจนครบทุกรายแล้วทำการคำนวณดูว่าระยะทางการส่งสินค้ารวมมีระยะทางเป็นเท่าใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 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 3.3 จะเห็นว่าสตริงตัวอย่าง 2 ตัวมีลักษณะการเรียงที่แตกต่างกันจะให้ผลของคำตอบที่ต่างกันการถอดรหัสคำตอบของสตริงที่มีลักษณะการจัดเรียงลำดับที่ต่างกันเมื่อนำมาผ่านกระบวนการถอดรหัสแล้วอาจให้คำตอบที่เป็นระยะทางในการขนส่งสินค้ารวมที่เหมือนก็ได้

ในกรณีที่เป็นการถอดรหัสคำตอบของสตริงคำตอบที่ได้จากการครอสโอเวอร์หรือการมิวเตชั่นไม่จำเป็นต้องพิจารณาผลการถอดรหัสว่าให้คำตอบที่เหมือนกันหรือไม่ทั้งนี้เนื่องจากขั้นตอนของการครอสโอเวอร์และมิวเตชั่นเรายอมให้เกิดคำตอบที่ซ้ำกันขึ้นมาได้

การถอดรหัสไม่เพียงแต่ให้คำตอบของการจัดลำดับก่อนหลังของการส่งสินค้าให้กับแต่ยังสามารถให้คำตอบของระยะทางในการขนส่งสินค้ารวมในแต่ละงานด้วย

5. การประเมินค่า (Evaluation) ก่อนที่จะเข้าสู่ขั้นตอนการคัดเลือกของวิธีการเชิงพันธุกรรมจำเป็นที่จะต้องมีการประเมินค่าประชากรแต่ละตัวเสียก่อนว่ามีความเหมาะสมมากหรือน้อยเพียงใดความเหมาะสมนี้จะวัดจากค่าความเหมาะสมของสตริงคำตอบแต่ละตัว ตัวใดที่มีค่าความเหมาะสมมากก็หมายความว่ามีความเหมาะสมมากตามไปด้วย โดยที่ค่าความเหมาะสมดังกล่าวหมายถึงค่าของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ที่เราต้องการทำให้ต่ำที่สุดหรือสูงที่สุดนั่นเอง

ค่าฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ในที่นี้คือระยะทางในการขนส่งสินค้าที่มีระยะทางรวมสั้นที่สุด ระยะทางในการขนส่งสินค้าหมายถึงระยะทางที่รถบรรทุกสินค้า โดยเริ่มต้นจากคลังสินค้าขนส่งสินค้าให้กับลูกค้าครบทุกราย และกลับมาสิ้นสุดที่คลังสินค้า

1. ระยะทางของรถบรรทุกสินค้า (Distance) คือระยะทางของเส้นทางการเดินรถบรรทุกที่เริ่มต้นจากคลังสินค้า จนกระทั่งส่งสินค้าให้กับลูกค้าครบทุกรายและกลับมายังคลังสินค้า

6. การคัดเลือกคำตอบ (Selection) การคัดเลือกคำตอบทำโดยนำเอากลุ่มสตริงคำตอบเบื้องต้นทั้งหมดมาผ่านวิธีการคัดเลือกโดยดูจากค่าความเหมาะสมของสตริงคำตอบแต่ละตัวเป็นหลักสตริงคำตอบตัวที่มีค่าความเหมาะสมมากก็มีโอกาสที่จะถูกคัดเลือกไว้มากกว่าตัวที่มีค่าเหมาะสมน้อย สตริงคำตอบที่ผ่านการคัดเลือกจำนวน Popsize ตัวจะผ่านเข้าสู่เมทติ้งพูลเพื่อรอการจับคู่และการดำเนินการของวิธีการเชิงพันธุกรรมในขั้นต่อไป

มอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคัดเลือกคำตอบที่ใช้คือวิธีการคัดเลือกแบบทัวร์นาเมนต์ (Goldberg, 1991) ซึ่งเป็นวิธีที่ดัดแปลงมาจากวิธีการคัดเลือกแบบวงล้อรูลเล็ทดังนั้นจึงต้องมีการสร้างวงล้อรูลเล็ทขึ้นมาก่อน

1. การสร้างวงล้อรูลเล็ทคือวงกลมที่มีพื้นที่ขนาด 1 หน่วยซึ่งพื้นที่ถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆตามจำนวนของประชากรในแต่ละเจนเนอเรชั่น (เท่ากับ Popsize ส่วน) พื้นที่แต่ละส่วนจะมีขนาดเท่ากับความน่าจะเป็นในการถูกเลือกของสตริงคำตอบแต่ละตัว วิธีการสร้างมีดังนี้

2. หาค่าความเหมะสม (Fitness) รวมของสตริงคำตอบทั้งหมด Popsize ตัว

$$F = \sum_{i=1}^{popsize} f(Xi) \qquad (3.2)$$

โดย f (Xi) = ค่า fitness ของสตริงตัวที่ i

3. หาค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือก (Probability of Selection) ของสตริงคำตอบแต่ละตัว ดังสมการที่ 3.3

$$p_i = \frac{f(X_i)}{F} = \text{i} = 1, 2, \ldots, \text{Popsize} \qquad (3.3)$$

4.หาค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสม (Cumulative Probability of Selection) ของสตริงคำตอบแต่ละตัว ตามสมการที่ 3.4

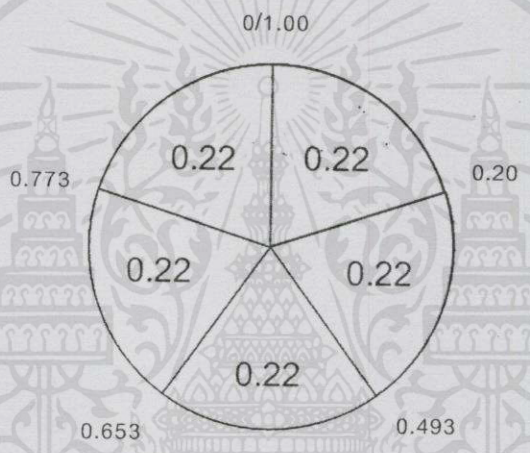
$$Q_i = \sum_{j=1}^{1} P_j \qquad (3.4)$$

ตัวอย่างของวงล้อรูลเล็ทแสดงได้ดังตารางที่ 3.3 และภาพที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 ตัวอย่างตารางแสดงการสร้างวงล้อรูลเล็ท

String No.	Fitness	p_i	q_i
1	15.000	0.200	0.200
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 3.5 วงล้อรูลเล็ท

6.1 วิธีการคัดเลือกแบบทัวร์นาเมนต์ (Tournament Selection) การคัดเลือกสตริงคำตอบโดยวิธีการวงล้อรูลเล็ท (Roulette Wheel Selection) ซึ่งใช้กันอยู่ทั่วไปจะใช้สุ่มสตริงคำตอบจากวงล้อรูลเล็ทซึ่งมีโอกาสที่จะสุ่มได้สตริงคำตอบที่มีค่าความเหมาะสมน้อยๆ ด้วยแต่สำหรับการคัดเลือกสตริงคำตอบโดยวิธีทัวร์นาเมนต์เป็นการสุ่มสตริงคำตอบจากวงล้อรูลเล็ทมา 2 ตัวแล้วนำค่าความเหมาะสมมาเปรียบเทียบกันอีกครั้งหนึ่ง สตริงคำตอบที่ถูกเลือกจึงเป็นตัวที่มีความเหมาะสมกว่า สำหรับขั้นตอนการเลือกมีดังนี้

ก) สร้างตัวเลขสุ่ม r ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ขึ้นมา 1 ค่า คือ r_1

ข) ถ้า $r_1 < q_1$ ให้เลือกสตริงคำตอบตัวแรก แต่ถ้า $q_{i-1} < r_1 < q_1$ (เมื่อ $2 < i$ และ $i <$ Popsize) ให้เลือกสตริงคำตอบตัวที่ i มาเป็นสตริงคำตอบตัวแรก

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

ค) สร้างตัวเลขสุ่ม r ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ขึ้นมาอีก 1 ค่า คือ r_2

ง) ถ้า $r_2 < q_1$ ให้เลือกสตริงคำตอบตัวแรก แต่ถ้า $q_{i-1} < r_2 < q_1$ (เมื่อ $2 < i$ และ

i <Popsize) เลือกสตริงคำตอบตัวที่ i มาเป็นสตริงคำตอบตัวที่สอง

จ) นำค่าความเหมาะสม ของสตริงคำตอบทั้ง 2 ตัว มาเปรียบเทียบกันตัวใดมีค่าความเหมาะสมมากกว่าก็ให้เลือกตัวนั้นเข้าสู่เมทติ้งพูล ทำตามขั้นตอนข้อที่ 1 – 5 จนกว่าจะได้สตริงคำตอบในเมทติ้งพูลครบ Popsize ตัว

จากวิธีดังกล่าวจะได้ว่า สตริงคำตอบที่มีค่าความเหมาะสมมากก็จะมีพื้นที่มากจึงมีโอกาสที่ตัวเลขสุ่มที่สร้างขึ้นมาจะตกอยู่ภายในบริเวณของสตริงคำตอบตัวนั้นมากกว่า ตัวที่มีค่าความเหมาะสมน้อย (มีพื้นที่น้อย) ทำให้สตริงคำตอบที่ถูกเลือกเข้าสู่เมทติ้งพูลเป็นสตริงคำตอบที่มีค่าความเหมาะสมโดยเฉลี่ยสูงกว่าสตริงคำตอบเดิม

ตารางที่ 3.7 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	0.320	0.493	2	22.000	0.951	1.000	5	17.000	2
2	0.178	0.200	1	15.000	0.607	0.653	3	12.000	1
3	0.891	1.000	5	17.000	0.762	0.773	4	9.000	5
4	0.457	0.493	2	22.000	0.018	0.200	1	15.000	2
5	0.936	1.000	5	17.000	0.406	0.493	2	22.000	2

หมายเหตุ: q_i ที่มีค่ามากกว่า r ในคอลัมน์ที่ 3 และ 7 ได้มาจากตารางที่ 3.4

จากตารางที่ 3.7 แสดงตัวอย่างการคัดเลือกด้วยวิธีการคัดเลือกแบบทัวร์นาเมนต์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าสตริงคำตอบหมายเลข 2 ซึ่งมีค่าความเหมาะสมมากที่สุดจะถูกสุ่มเลือกขึ้นมามากครั้งที่สุด ในขณะที่สตริงคำตอบซึ่งมีค่าความเหมาะสมน้อยก็จะถูกสุ่มเลือกน้อยครั้งเช่นกัน ข้อสังเกตประการหนึ่งจากตัวอย่างก็คือในการสุ่มก็จะสุ่มได้สตริงคำตอบหมายเลข 4 ที่มีค่าความเหมาะสมน้อยที่สุด ซึ่งถ้าใช้วิธีวงล้อรูลเล็ทสตริงคำตอบหมายเลข 4 นี้ก็จะมีโอกาสที่จะถูกเลือกเข้าสู่เมทติ้งพูลและจะได้รับการดำเนินการตามกระบวนการเชิงพันธุกรรมต่อไปแม้ว่าสตริงคำตอบตัวนี้จะมีความเหมาะสมต่ำก็ตาม แต่เมื่อใช้วิธีคัดเลือกแบบแบบทัวร์นาเมนต์สตริงคำตอบหมายเลข 4 นี้จะต้องถูกนำไปเปรียบเทียบกับสตริงคำตอบอีกตัวก่อนซึ่งโอกาสที่สตริงคำตอบตัวนี้จะถูกเลือกเข้าสู่เมทติ้งพูลก็จะลดลง

7. การครอสโอเวอร์ (Crossover) คือการจับคู่สตริงคำตอบจากสตริงคำตอบจำนวน Popsize ตัว ที่ได้มาจากกระบวนการคัดเลือกจะมีสตริงคำตอบเพียงบางส่วนเท่านั้นที่จะถูกนำมาจับคู่เพื่อเตรียมสำหรับกระบวนการครอสโอเวอร์ สตริงคำตอบที่ไม่ได้ถูกนำไปจับคู่ก็จะยังคงสภาพเดิมและอยู่ในเมทติ้งพูล (เป็น

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

ประชากรในเจนเนอเรชั่น) ต่อไปจำนวนสตริงคำตอบที่จะถูกนำมาจับคู่ (Nc) ขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (Pc) การจับคู่สตริงคำตอบเพื่อที่จะนำไปครอสโอเวอร์ มีขั้นตอนดังนี้

1. สร้างตัวเลขสุ่ม r ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ให้กับสตริงคำตอบแต่ละตัว

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

3. ถ้ามีสตริงคำตอบที่มีค่า r น้อยกว่า Pc ทั้งหมดจำนวน Nc ตัว โดยที่ Nc เป็นจำนวนคี่ต้องทำการปรับให้เป็นจำนวนคู่ก่อน โดยมีเงื่อนไขในการปรับ ดังนี้

4. ถ้า Nc เป็นจำนวนคี่ซึ่งมีค่าระหว่าง 1 ถึง popsize ให้ทำการสุ่มตัวเลข 0 หรือ 1 ขึ้นมา 1 ค่า ถ้าสุ่มได้เลข 1 ให้เพิ่มสตริงคำตอบเข้าไปอีก 1 ตัว โดยสุ่มเลือกจากตัวที่เหลืออยู่ในเมทติ้งพูล แต่ถ้าสุ่มได้เลข 0 ให้ตัดสตริงคำตอบทิ้ง 1 ตัว โดยสุ่มเลือกจากตัวที่ได้เลือกเอาไว้

4.1 ถ้า Nc มีค่าเท่ากับ 1 การปรับให้ใช้วิธีเพิ่มสตริงเข้าไปอีก 1 ตัวเท่านั้น

4.2 ถ้า Nc มีจำนวนเท่ากับ Popsize ซึ่งเป็นเลขคี่การปรับให้ใช้วิธีตัดสตริงคำตอบที่เตรียมได้ลง 1 ตัวเท่านั้น

5. เมื่อได้สตริงคำตอบที่จะนำมาจับคู่ทั้งหมด Nc ตัว ให้นำมาจับคู่ตามลำดับ ซึ่งจะได้ทั้งหมด Nc/2 คู่

8. การมิวเตชั่น (Mutation) คือการสลับตำแหน่งของค่าภายในสตริงคำตอบตัวเดียวการสลับตำแหน่งของค่าในสตริงมีโอกาสทำให้ได้สตริงตัวใหม่ที่เป็นคำตอบที่เป็นไปไม่ได้สูงมากดังนั้นจึงใช้วิธีการมิวเตชั่นแบบ Random-Sequence Mutation

การพิจารณาว่าสตริงตัวใดจะถูกนำมามิวเตชั่นขึ้นอยู่กับค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (Pm) โดยการพิจารณาจะเริ่มจากการสุ่มค่า r ซึ่งมีค่าระหว่าง (0,1) ให้กับสตริงคำตอบทุกตัวในเมทติ้งพูลจากนั้นทำการเลือกเฉพาะสตริงที่มีค่า r น้อยกว่าค่าความน่าจะเป็นในกรณีมิวเตชั่น (Pm) ไปทำการมิวเตชั่น $r < Pm$

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

จากนั้นให้นำค่าในตำแหน่งที่ 1 ถึง Mp มาเป็นตำแหน่งที่ 1 ถึง Mp ของสตริงคำตอบตัวใหม่ ตำแหน่งอื่นๆ ซึ่งยังไม่มีค่าให้แทนด้วย #

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

m = [5921067384]

↓

m = [5921#####]

↓

m = [5921603874]

สตริงคำตอบที่ได้จากการมิวเตชั่นและสตริงคำตอบที่ไม่ได้ถูกเลือกมาทำการมิวเตชั่นจะถูกนำมารวมกัน เพื่อเตรียมเข้าสู่เจนเนอเรชั่นต่อไป

9. เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด (Elite Preserve Strategy) เนื่องจากสตริงคำตอบที่ได้จากการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น คำตอบที่ได้อาจเป็นคำตอบที่แย่กว่าคำตอบที่เคยปรากฏในเจนเนอเรชั่นที่ผ่านๆ มาดังนั้นจึงต้องมีการเก็บค่าที่ดีที่สุดเอาไว้เพื่อใช้เปรียบเทียบกับค่าที่ดีที่สุดของสตริงคำตอบชุดใหม่ถ้าหากค่าที่ดีที่สุดของคำตอบชุดเดิมที่เก็บไว้ให้ค่าความเหมาะสมที่ดีกว่าค่าที่ดีที่สุดของสตริงชุดใหม่ให้เอาค่าที่ดีที่สุดของคำตอบชุดเดิมแทนที่ค่าที่แย่ที่สุด ทั้งนี้เพื่อให้สตริงคำตอบที่ดีที่สุดเท่าที่พบยังคงอยู่ในกระบวนการของวิธีการเชิงพันธุกรรมต่อไป

เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดจะถูกนำไปใช้ระหว่างกระบวนการของวิธีการเชิงพันธุกรรม 3 ครั้ง

9.1 การเก็บค่าที่ดีจากประชากรเริ่มต้น (Initial Elite Preserve Strategy) เป็นจุดเริ่มต้นของเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด ซึ่งจะกระทำเพียงครั้งเดียวภายหลังจากการสร้างสตริงคำตอบเบื้องต้นในตอนต้นของกระบวนการวิธีการเชิงพันธุกรรมและผ่านการถอดรหัสรวมทั้งการประเมินค่าเรียบร้อยแล้วค่าความเหมาะสมของสตริงแต่ละตัวที่ได้จากการประเมินค่าจะถูกเรียงลำดับจากมากไปน้อย สตริงคำตอบเพียงหนึ่งตัวที่ให้ค่าความเหมาะสมมากที่สุดก็จะถูกเลือกไปเป็นคำตอบที่ดีที่สุดเก็บไว้ จากนั้นสตริงคำตอบทั้งหมดรวมทั้งตัวที่เลือกไปเป็นจะเข้าสู่ขั้นตอนต่างๆ ของวิธีการเชิงพันธุกรรมต่อไป

9.2 การเก็บค่าที่ดีหลังจากการครอสโอเวอร์ (Postcrossover Elite Preserve Strategy) เป็นเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดใช้ภายหลังจากที่เสร็จสิ้นกระบวนการครอสโอเวอร์แล้ว ทั้งนี้เนื่องจากว่าสตริงคำตอบที่ได้จากการครอสโอเวอร์อาจเป็นคำตอบที่ดีกว่าคำตอบอื่นๆ ที่เคยพบมาแต่เมื่อนำไปมิวเตชั่นแล้วสตริงคำตอบตัวนี้จะเปลี่ยนไปและอาจให้คำตอบที่ดีน้อยกว่าเดิม ดังนั้นเพื่อป้องกันไม่ให้สตริงคำตอบที่ดีที่ได้หลังจากการครอสโอเวอร์สูญหายไปจึงต้องทำการถอดรหัสและประเมินค่าสตริงของคำตอบที่ได้ภายหลังจากการครอสโอเวอร์ทั้งหมด Popsizeตัว แล้วนำสตริงคำตอบที่ดีที่สุดภายหลังการครอสโอเวอร์ไปเปรียบเทียบกับคำตอบที่ดีที่สุดเก็บไว้ ถ้าหากสตริงคำตอบภายหลังการครอสโอเวอร์ดีกว่าให้เอาสตริงคำตอบที่ดีที่สุดนั้นไปเป็นคำตอบที่ดีที่สุดเก็บไว้แทน แต่ถ้าคำตอบที่ดีที่สุดที่เก็บไว้นั้นให้คำตอบที่ดีกว่าก็ให้นำสตริงคำตอบภายหลังจากการครอสโอเวอร์ทั้งหมดPopsizeตัวไปผ่านกระบวนการมิวเตชั่นตามปกติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ยกตัวอย่างเช่น ภายหลังการครอสโอเวอร์ มีสตริงคำตอบ 10 ตัว ซึ่งเมื่อนำไปผ่านกระบวนการถอดรหัสและประเมินค่าแล้วได้ค่าความเหมาะสมของสตริงคำตอบแต่ละตัวเป็น 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 ตัวนี้ไปทำการมิวเตชั่นต่อไป

9.3 การเก็บค่าที่ดีที่สุดที่ใช้ภายหลังการมิวเตชั่น (Elite Preserve Strategy of Generation) เป็นเทคนิคซึ่งถือว่าเป็นการเก็บค่าที่ดีที่สุดของเจนเนอเรชั่นนั้นๆ ด้วยการเก็บค่าที่ดีที่สุดของเจนเนอเรชั่นจะช่วยให้คำตอบที่ดีที่สุดเท่าที่เคยปรากฏขึ้นมายังคงมีอยู่ในเจนเนอเรชั่นต่อไปการเก็บค่าในขั้นตอนนี้จะทำหลังจากที่มีการมิวเตชั่นเรียบร้อยแล้ว สตริงคำตอบที่ได้ภายหลังการมิวเตชั่นจำนวน Popsize ตัว จะถูกถอดรหัสและประเมินค่าจากนั้นก็ให้เอาสตริง คำตอบหลังที่ดีที่สุดจากการมิวเตชั่นมาเปรียบเทียบกับคำตอบที่ดีที่เก็บไว้เช่นเดียวกับในขั้นตอนของการเก็บคำตอบที่ดีที่เก็บไว้หลังจากผ่านการครอสโอเวอร์ แต่แตกต่างกันตรงที่จะมีการนำเอาคำตอบที่ดีที่สุดที่เก็บไว้มาแทนที่คำตอบที่แย่ที่สุดของสตริงคำตอบชุดที่ผ่านมา ถ้าคำตอบที่ได้หลังจากการผ่านกระบวนการมิวเตชั่นเป็นคำตอบที่ดีกว่า ยกตัวอย่างเช่น ภายหลังการมิวเตชั่นได้สตริงคำตอบ 10 ตัว ที่มีค่าความเหมาะสม เป็น 5 6 8 3 1 9 4 6 7 7 จะได้ว่าค่าความเหมาะสมที่ดีที่สุด คือ 9 ของสตริงคำตอบตัวที่ 6 ซึ่งถ้าค่าความเหมาะสมของคำตอบที่ดีที่เก็บไว้น้อยกว่า 9 สตริง คำตอบตัวที่ 6 จะกลายเป็นคำตอบที่ดีที่สุดตัวใหม่ แต่ถ้าค่าความเหมาะสมของคำตอบที่ดีที่สุด มีค่ามากกว่า 9 ก็ให้ตัดสตริงคำตอบตัวที่ 5 ซึ่งมีค่า ความเหมาะสมต่ำที่สุดทิ้งไปเอาสตริงคำตอบที่เป็นคำตอบที่ดีที่สุดที่เก็บไว้ขณะนั้นไปใส่แทนสตริงคำตอบที่ได้ภายหลังจากขั้นตอนนี้จะกลายเป็นสตริงที่คำตอบพ่อแม่ที่แท้จริงในเจนเนอเรชั่นต่อไป

3.4 การประยุกต์ใช้โปรแกรม Evolver ในการจัดเส้นทางการเดินรถ

โปรแกรม Evolver เป็นโปรแกรมที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถเพื่อช่วยในการวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยสามารถจำแนกเป็นส่วนย่อยต่างๆ ดังต่อไปนี้

3.4.1 การรับข้อมูลเข้า จะเกี่ยวข้องกับการรับข้อมูลที่จำเป็นต่อการจัดเส้นทางการเดินรถ ได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับตำแน่งของลูกค้า ข้อมูลคลังสินค้าจำนวนลูกค้าทั้งหมด จำนวนรถบรรทุก ความจุของรถบรรทุกสินค้า ฯ เป็นต้น ดังรูปที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A	B	C	D	E	F

customer ID	x coordinate	y coordinate	demand(unit)
1	77	97	5
2	28	64	23
3	77	39	14
4	32	33	13
5	32	8	8
6	42	92	18
7	8	3	19
8	7	14	10
9	82	17	18
10	48	13	20
11	53	82	5
12	39	27	9
13	7	24	23
14	67	98	9
15	54	52	18
16	72	43	10
17	73	3	24
18	59	77	13
19	58	97	14
20	23	43	8
21	68	98	10
22	47	62	19
23	52	72	14
24	32	88	13
25	39	7	14
26	17	8	2
27	38	7	23
28	58	74	15
29	82	67	8
30	42	7	20
31	68	82	24
32	7	48	3

Central Depot		
Location (x, y)	42	68
Number of vehicles at depot	5	
Vehicle capacity	100	

รูปที่ 3.6 แสดงตัวอย่างของโมดูลการรับข้อมูล

3.4.2 การคำนวณหาระยะทาง ในส่วนนี้ของโปรแกรมทำหน้าที่หาระยะทางระหว่างคลังสินค้ากับลูกค้า และระหว่างลูกค้าแต่ละรายเพื่อออกแบบเส้นทางการเดินรถ โดยการหาระยะทางระหว่าง 2 ตำแหน่ง สามารถหาได้จากสมการที่ 3.1

สำหรับรูปแบบในการหาระยะทางระหว่าง 2 ตำแหน่งในโปรแกรม Excel Spreadsheet สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.8 และ รูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.8 แสดงรูปแบบการคำนวณระยะทางระหว่างตำแหน่ง 2 ตำแหน่ง

Cell	Formula
G2	=SQRT[(B2-B2)^2+(C2-C2)^2]
H2	=SQRT[(B3-B2)^2+(C3-C2)^2]
I2	=SQRT[(B4-B2)^2+(C4-C2)^2]
J2	=SQRT[(B5-B2)^2+(C5-C2)^2]
.	.
.	.
AL34	=SQRT[(B33-B4)^2+(C33-C34)^2]
AM34	=SQRT[(B34-B34)^2+(C34-C34)^2]

F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM
dy	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
0	0.00	45.45	34.56	45.45	36.40	50.83	24.00	73.34	64.35	64.82	55.84	17.86	41.11	56.22	39.05	20.00	39.05	72.03	19.34	38.12	33.40	38.70	7.81	30.77	22.56	51.07	65.00	61.13	17.09	40.01	61.00	29.53	40.31
1	45.45	0.00	58.08	58.00	78.24	99.75	55.36	116.81	108.58	80.16	58.87	28.30	79.65	101.14	10.05	56.54	54.29	94.09	26.91	19.00	76.57	9.06	66.10	55.36	45.89	97.69	107.34	58.09	29.83	50.41	96.57	17.49	85.45
2	34.56	58.08	0.00	55.01	31.26	56.18	33.30	66.20	54.23	71.59	54.78	30.81	38.60	45.18	51.74	29.64	48.23	75.80	33.62	44.60	21.59	52.50	16.10	25.30	34.33	58.05	57.87	57.80	31.62	54.08	58.69	43.86	26.40
3	45.45	58.00	55.01	0.00	45.40	54.64	68.51	77.83	74.33	22.56	38.53	49.54	39.85	71.39	54.84	28.42	6.40	38.22	42.76	58.09	54.15	58.68	37.80	43.40	66.53	49.66	67.54	50.45	39.82	28.64	47.42	43.95	70.58
4	36.40	78.24	31.26	45.40	0.00	25.00	59.84	38.42	31.40	52.58	28.61	53.91	9.22	26.37	23.82	29.07	41.23	50.60	51.63	99.08	13.45	74.30	32.65	43.83	53.00	28.95	29.15	26.68	48.55	60.48	27.86	60.80	29.13
5	50.83	99.73	56.24	54.64	25.00	0.00	84.59	24.52	25.71	50.80	18.76	76.92	20.25	29.68	46.37	48.19	55.13	41.30	76.09	92.71	39.14	96.93	56.04	67.05	80.00	7.07	15.00	8.06	70.94	77.34	30.05	82.29	47.17
6	24.00	55.36	33.30	68.51	59.84	84.59	0.00	95.27	85.48	85.06	79.73	14.87	58.07	76.68	35.71	43.76	57.45	94.24	22.67	14.76	52.55	26.68	30.41	72.36	20.77	83.05	87.64	85.09	34.08	47.17	85.00	27.86	56.22
7	73.34	116.81	66.20	77.83	58.42	24.52	95.27	0.00	12.05	75.31	41.28	90.92	59.70	21.02	113.88	87.23	75.47	69.00	89.87	106.47	42.72	112.36	70.72	81.84	88.32	31.26	10.30	30.27	86.84	97.84	34.23	99.20	45.01
8	64.35	108.58	54.23	74.33	31.40	25.71	85.48	12.05	0.00	75.08	43.01	82.10	54.54	50.00	103.23	50.64	71.18	66.91	81.69	97.42	33.12	103.91	62.48	73.42	78.11	32.76	11.66	31.78	78.75	91.84	35.68	91.35	34.00
9	64.82	80.16	71.59	22.58	52.58	50.80	85.06	75.31	75.08	0.00	34.73	71.18	44.19	75.85	82.58	44.82	27.86	18.64	54.26	83.52	64.47	82.20	57.01	62.65	86.84	44.15	65.82	45.12	61.85	50.00	41.23	68.49	81.15
10	55.84	58.87	54.78	38.95	25.61	18.76	79.73	41.28	43.01	34.73	0.00	69.18	35.64	42.65	87.20	39.46	48.42	26.95	64.94	84.59	49.05	87.32	48.01	58.14	76.69	30.82	33.40	31.66	61.85	63.85	8.49	71.84	58.91
11	17.86	28.30	30.83	49.24	53.31	76.92	14.87	90.92	82.10	71.18	69.18	0.00	58.75	74.03	21.26	30.02	43.28	83.49	7.88	15.81	49.20	71.93	20.88	30.05	71.84	76.30	82.29	76.48	9.43	32.65	75.80	15.00	57.20
12	41.11	79.65	38.60	39.85	9.22	20.25	65.07	39.20	34.54	44.19	35.64	58.75	0.00	32.34	78.32	29.15	34.87	41.62	53.59	72.53	22.69	78.69	55.90	46.84	61.40	20.00	29.07	20.02	50.70	58.79	20.22	62.18	38.28
13	56.22	101.14	45.18	71.59	26.37	29.68	76.68	21.02	18.00	75.85	42.65	74.03	32.34	0.00	95.27	54.71	67.72	69.26	74.25	89.05	24.84	95.90	55.17	65.80	68.73	38.24	18.87	35.36	71.42	86.43	38.91	84.37	24.00
14	39.05	10.05	51.74	59.84	73.82	96.37	35.71	111.88	103.23	82.58	87.20	21.26	78.32	95.27	0.00	47.80	55.23	95.18	22.47	9.06	70.43	1.00	41.18	30.02	56.40	95.21	102.96	55.51	25.63	54.44	94.37	16.03	78.10
15	20.00	50.54	38.64	26.42	29.07	48.19	43.76	67.23	60.48	44.82	39.46	30.02	29.15	54.71	47.80	0.00	20.12	57.55	25.56	45.18	17.28	48.08	17.21	20.10	42.19	47.43	57.49	47.76	22.36	31.78	46.57	33.11	47.17
16	39.05	54.23	48.75	8.40	41.23	53.15	57.58	75.47	73.59	27.86	38.42	43.28	38.67	67.72	55.23	20.12	0.00	40.03	36.48	55.79	49.00	55.19	31.40	35.25	60.21	48.84	65.19	49.52	34.01	26.00	45.86	39.20	65.19
17	72.01	94.09	75.80	56.22	50.80	41.30	94.24	65.00	66.91	15.64	28.03	81.49	41.62	69.26	95.18	57.55	40.01	0.00	75.31	95.10	64.01	95.13	64.47	73.02	94.57	34.23	56.22	55.23	72.57	64.63	31.28	79.16	79.88
18	19.24	28.91	33.62	42.05	51.62	74.09	25.83	89.87	81.69	64.26	54.94	7.81	53.65	74.25	27.47	25.50	36.40	75.31	0.00	20.02	49.52	22.85	19.21	8.60	28.35	72.60	80.78	73.08	5.16	25.08	72.09	10.30	59.54
19	33.12	19.00	44.60	61.03	59.58	92.75	16.78	106.47	97.43	83.52	84.59	15.81	72.53	89.05	9.06	45.18	55.79	95.10	20.02	0.00	64.35	10.05	38.69	25.71	27.51	91.98	97.96	92.20	29.00	38.42	91.41	18.03	78.72
20	31.40	76.57	21.58	54.15	13.45	36.14	52.55	42.72	33.12	64.47	39.05	49.20	22.69	34.84	70.43	32.28	48.00	64.01	49.52	64.35	0.00	71.06	30.63	41.01	45.89	39.40	53.31	39.00	46.73	36.89	40.71	59.55	36.76
21	39.70	9.06	52.50	58.58	74.30	96.93	26.58	112.36	103.83	82.20	87.32	22.55	78.69	95.90	1.00	48.08	55.35	95.13	22.85	10.05	71.06	0.00	41.68	30.57	37.36	95.51	103.45	95.82	26.00	34.01	94.64	16.00	78.87
22	7.81	66.10	19.10	37.80	32.65	56.04	30.41	70.72	62.48	57.01	49.01	20.88	35.90	55.17	41.18	12.21	31.40	64.47	19.21	38.69	30.61	41.68	0.00	11.18	30.02	55.58	61.77	55.73	16.28	35.36	55.23	29.00	42.38
23	10.77	55.36	25.30	43.40	43.83	67.05	22.36	83.84	73.41	62.65	59.14	10.05	46.84	65.80	30.02	20.10	35.25	72.12	8.60	25.71	41.01	30.57	11.18	0.00	25.61	66.29	72.96	66.49	6.32	30.41	65.76	18.87	51.00
24	22.36	45.89	24.33	66.53	55.00	80.00	10.77	88.32	78.11	80.84	76.69	21.84	61.40	88.71	36.40	42.19	60.21	94.37	39.15	27.33	45.89	37.36	30.02	25.61	0.00	81.30	81.39	81.22	29.53	54.26	81.61	36.50	47.17
25	81.07	97.69	58.05	49.68	26.93	7.07	85.05	31.26	32.76	44.15	10.82	78.30	20.00	36.24	95.21	47.43	48.84	94.29	72.80	91.98	39.40	95.33	59.58	66.29	81.30	0.00	22.02	1.00	69.84	73.82	5.00	80.43	52.01
26	65.00	107.64	57.07	67.54	29.15	15.00	87.64	10.30	11.66	65.62	51.40	82.29	29.07	18.87	102.96	57.69	69.19	99.22	80.78	97.99	55.11	103.45	63.77	72.96	81.39	22.02	0.00	21.02	77.70	87.78	25.02	89.87	61.25
27	51.13	98.09	57.87	50.45	26.68	8.06	85.06	30.27	31.78	45.12	11.66	76.69	20.02	35.36	95.51	47.76	49.52	95.23	73.08	92.20	39.00	95.82	55.73	66.49	81.22	1.00	21.02	0.00	69.92	74.60	4.00	80.78	51.40
28	17.09	29.83	31.62	39.82	48.35	70.94	24.08	86.84	78.75	61.85	61.81	9.43	50.70	71.42	25.63	22.36	34.01	72.57	8.25	25.00	46.79	26.00	18.28	6.32	29.53	69.84	77.70	69.92	0.00	25.00	68.88	12.81	57.25
29	40.01	50.41	54.08	28.44	50.46	77.34	47.17	97.84	91.84	50.00	65.81	32.65	58.79	86.43	54.44	31.78	46.00	64.63	25.08	38.45	63.69	34.01	35.36	30.41	54.29	73.82	87.78	74.40	25.00	0.00	72.11	20.52	77.57
30	61.00	96.57	58.69	47.42	27.86	10.05	85.00	34.23	35.69	41.23	8.49	75.80	20.22	38.91	94.37	46.57	48.86	91.26	72.03	91.41	40.71	94.64	55.23	65.76	81.61	1.00	25.02	4.00	68.88	72.11	0.00	79.38	53.91
31	29.53	17.49	43.86	43.33	60.80	82.29	17.86	99.20	91.35	66.49	71.84	15.00	62.18	84.37	16.03	33.11	39.20	79.16	10.50	18.03	59.55	16.00	29.00	18.87	36.50	80.41	89.87	80.78	12.81	20.52	79.38	0.00	69.64
32	40.31	85.45	26.40	70.58	29.13	47.17	56.22	45.01	34.00	81.15	55.91	57.20	38.28	24.00	78.10	47.17	65.19	79.88	59.54	70.72	16.76	78.87	42.38	51.00	47.17	52.01	41.23	52.40	57.25	77.57	53.91	69.64	0.00

รูปที่ 3.7 ตัวอย่างแสดงระยะทางระหว่างคลังสินค้า และลูกค้าจำนวน 30 ราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การจัดเส้นทางการเดินรถเป็นการรับข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้จากการออกแบบเส้นทางการเดินรถด้วยวิธีฮิวริสติกส์ มาทำการประมวลผลเพื่อปรับปรุงเส้นทางการเดินรถด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม ดังรูปที่ 3.8

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

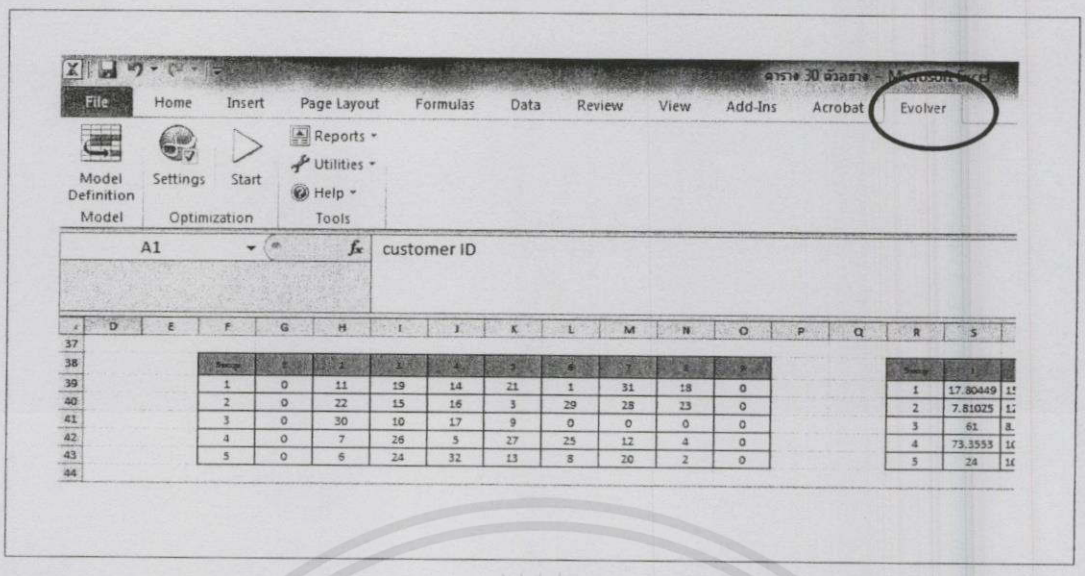
รูปที่ 3.8 ตัวอย่างของข้อมูลการจัดเส้นทางการเดินรถด้วยวิธีฮิวริสติกส์

3.4.3 วิธีการประมวลผลของวิธีการเชิงพันธุกรรม สำหรับการหาเส้นทางการเดินรถด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม ผู้วิจัยจะใช้โปรแกรม Evolver สำหรับออกแบบเส้นทางการเดินรถ ตามรูปที่ 3.9 และวิธีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการประมวลผลของวิธีการเชิงพันธุกรรม ตามตารางที่ 3.9 ได้แก่จำนวนรอบในการเจนเนอเรชั่นการกำหนดค่าจำนวนประชากร การกำหนดค่าความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์และมิวเตชั่นซึ่งการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆสามารถแสดงดังรูปที่ 3.10 และ รูปที่ 3.11

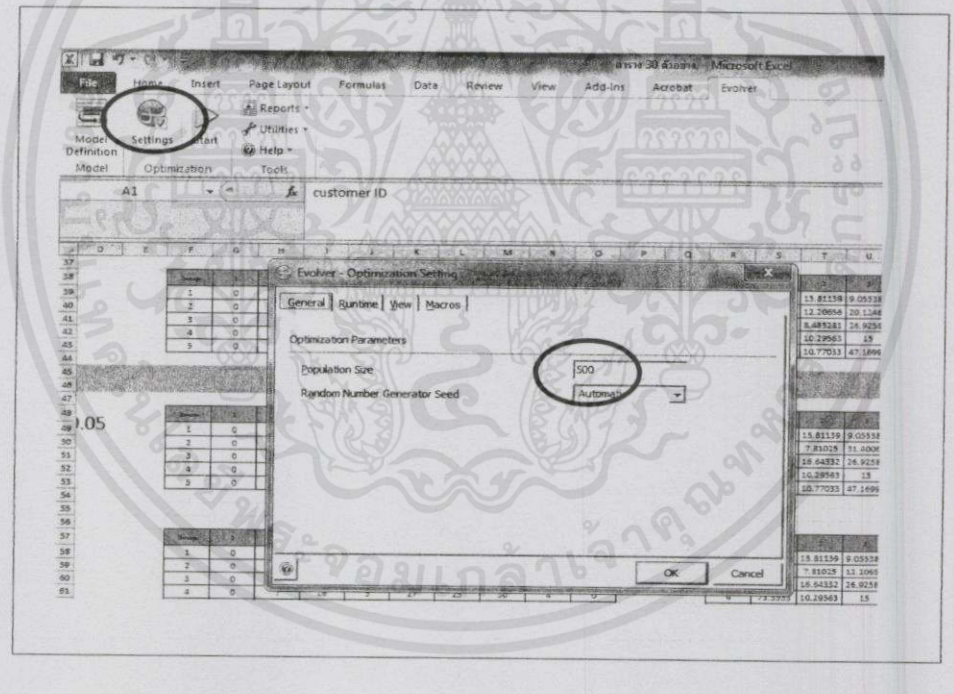
ตารางที่ 3.9 แสดงค่าพารามิเตอร์เพื่อใช้ในการประมวลผลโปรแกรม

ตัวแปร	ค่าที่กำหนด
Number Generation	10,000 และ 50,000รอบ
Experimental Population	500 และ 1000รอบ
Crossover probability	0.3, 0.5 และ 1
Mutation probability	0.05, 0.10 และ 0.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

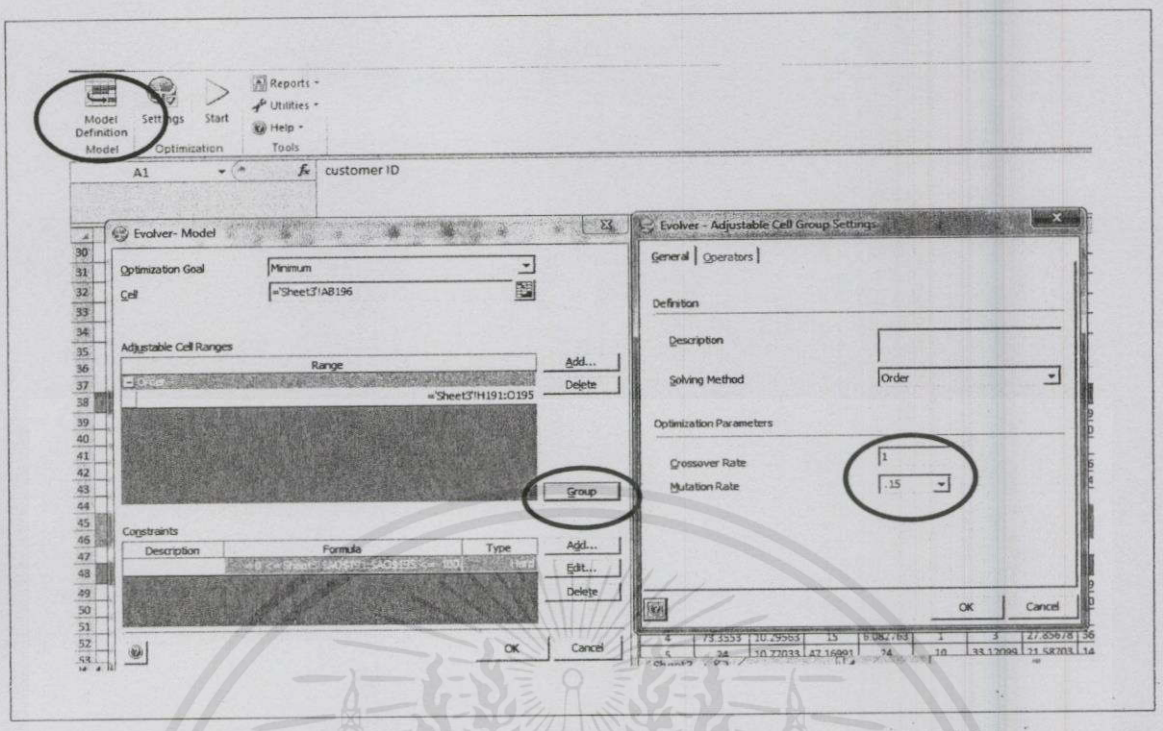


รูปที่ 3.9 วิธีการประมวลผลด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม โดยโปรแกรม Evolver



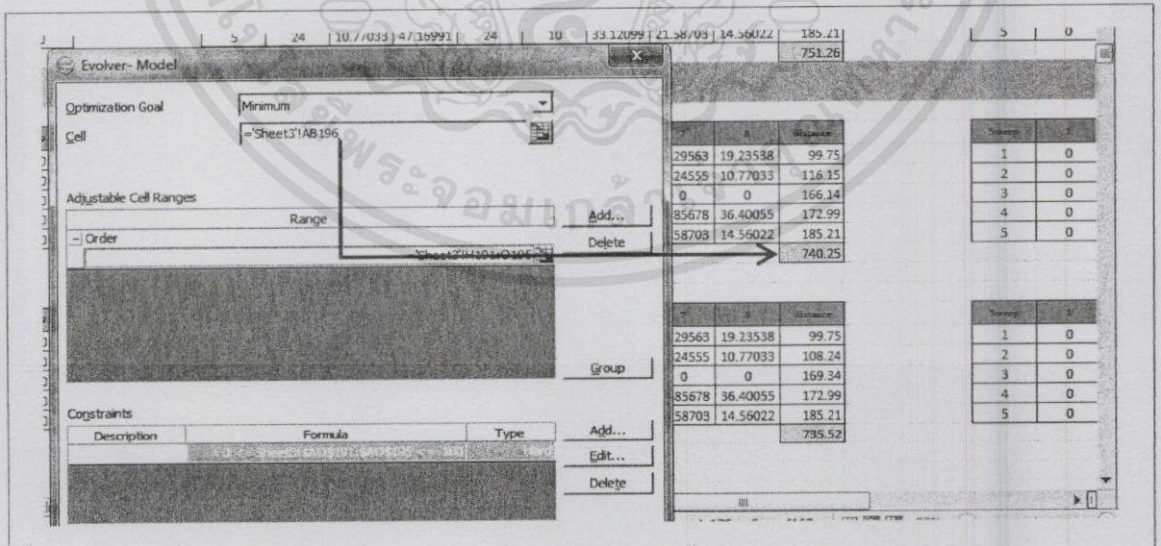
รูปที่ 3.10 วิธีการกำหนดค่าจำนวนประชากร โดยโปรแกรม Evolver

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



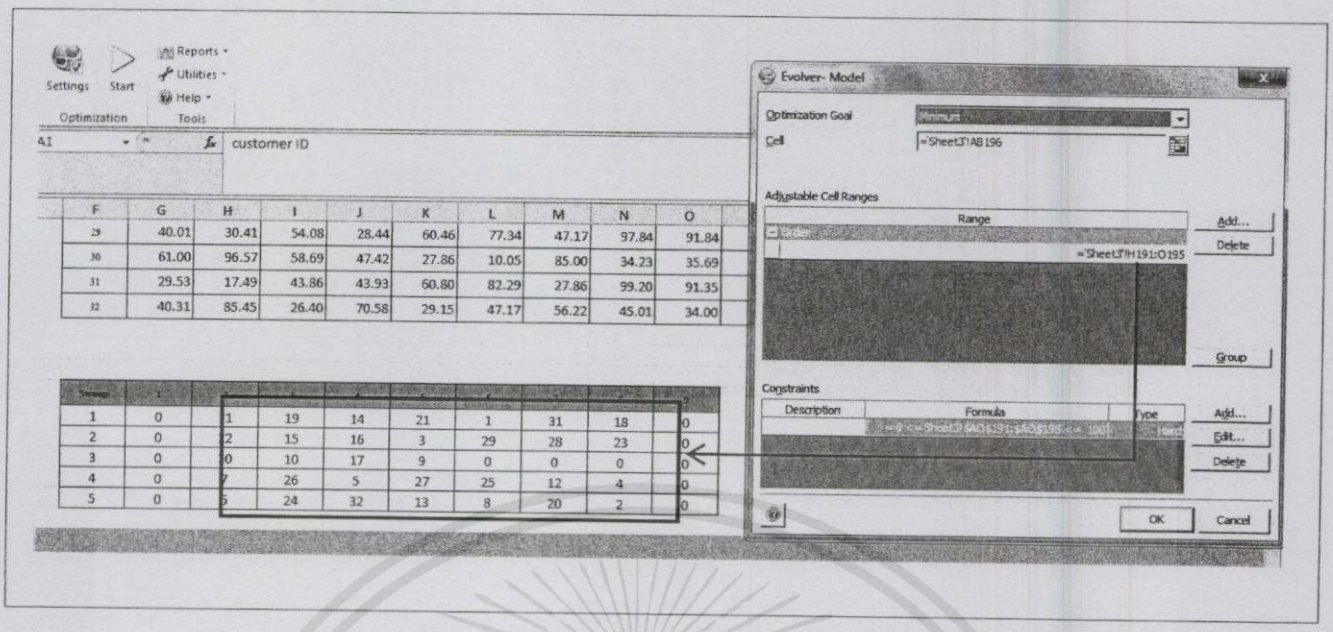
รูปที่ 3.11 วิธีการกำหนดค่าความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์และมิวเตชั่นโดยโปรแกรม Evolver

3.4.4 การแสดงผลลัพธ์ ในส่วนนี้เป็นการแสดงผลลัพธ์ของการจัดเส้นทางการเดินรถ ซึ่งผลจะออกมาในรูปแบบของลำดับลูกค้าของรถบรรทุกสินค้าแต่ละคันระยะทางกับจำนวนสินค้าของรถบรรทุกแต่ละคัน ดังรูปที่ 3.10, 3.11, 3.12 ตามลำดับ

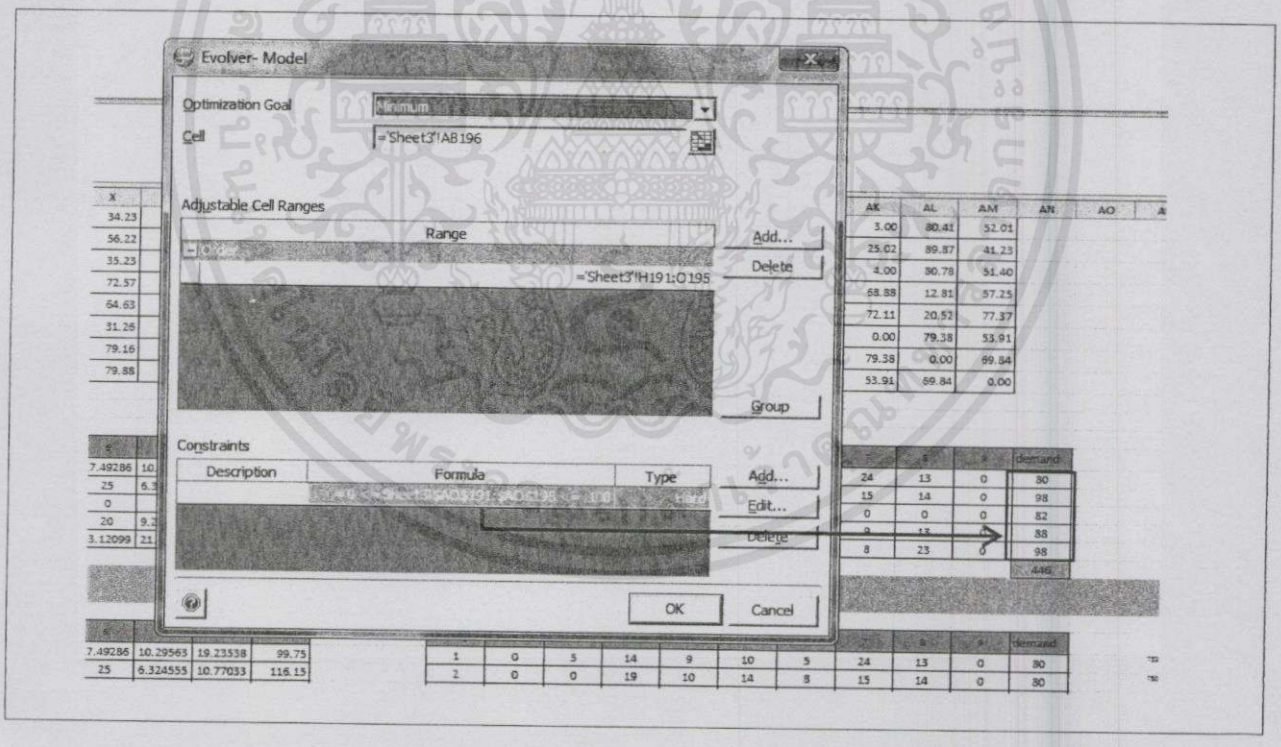


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.12 ตัวอย่างการแสดงระยะทางของรถบรรทุกแต่ละคัน



รูปที่ 3.13 ตัวอย่างผลลัพธ์การจัดเส้นทางการเดินรถด้วยโปรแกรม Evolver



รูปที่ 3.14 ตัวอย่างการแสดงปริมาณการขนส่งของรถบรรทุกแต่ละคัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการเชิงพันธุกรรมที่ใช้สำหรับปัญหาการกำหนดตารางการผลิต แบ่งเป็น 5 ส่วนหลักคือการสร้างประชากรเบื้องต้น (Initialization) การรีโปรดักชั่น (Reproduction) การครอสโอเวอร์ (Crossover) การมิวเตชั่น (Mutation) และเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด (Elite Preserve Strategy)

การสร้างประชากรเบื้องต้นทำได้โดยการสร้างคำตอบเบื้องต้นจำนวนหนึ่งในรูปของสตริงในส่วนของการรีโปรดักชั่นจะแบ่งเป็น 3 ส่วนย่อยคือการถอดรหัส (Decoding) ซึ่งเป็นการนำลำดับของงานในสตริงคำตอบมาจัดให้กับเครื่องจักรทำงานตามลำดับ การประเมินค่า (Evaluation)เป็นการคำนวณหาค่าความเหมาะสมของสตริงคำตอบแต่ละตัว และการคัดเลือก (Selection) ซึ่งเป็นการคัดเลือกสตริงตัวที่มีความเหมาะสมมากกว่าเพื่อเข้าสู่กระบวนการถัดไปโดยวิธีการคัดเลือกแบบทัวร์นาเมนต์ (Tournament Selection) เมื่อเข้าสู่กระบวนการครอสโอเวอร์สตริง จะถูกสุ่มเลือกด้วยความน่าจะเป็นในการการครอสโอเวอร์เพื่อมาจับคู่และทำการครอสโอเวอร์ จากนั้นสตริงคำตอบจะถูกสุ่มเลือกไปทำการมิวเตชั่นด้วยความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น ซึ่งสามารถให้คำตอบที่เป็นไปได้สตริงคำตอบที่ได้จะกลายเป็นประชากรพ่อแม่ในเจนเนอเรชั่น ต่อไปกระบวนการของวิธีการเชิงพันธุกรรมจะเกิดขึ้นซ้ำไปเรื่อยๆ จนกว่าจะถึงเจนเนอเรชั่นสูงสุดที่กำหนดไว้ในระหว่างกระบวนการของวิธีการเชิงพันธุกรรมมีการนำเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดเข้าไปใช้ภายหลังการสตริงคำตอบเบื้องต้นภายหลังการครอสโอเวอร์และภายหลังการมิวเตชั่นทั้งนี้เพื่อให้สตริงคำตอบที่ดียังคงอยู่ต่อไปในเจนเนอเรชั่นถัดไป

การจัดเส้นทางการเดินรถขนส่งสินค้าโดยใช้วิธีฮิวริสติกส์ร่วมกับวิธีการเชิงพันธุกรรมมีจุดมุ่งหมายที่จะลดเวลาในการค้นหาคำตอบเนื่องจากวิธีการเชิงพันธุกรรมจะสามารถหาคำตอบที่เหมาะสมได้ดีแต่จะใช้เวลานานในการหาคำตอบ ส่วนวิธีฮิวริสติกส์เป็นวิธีการสุ่มอย่างมีเหตุผลและจะให้ผลลัพธ์ที่น่าพอใจแต่ไม่สามารถรับประกันได้ว่าเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงเลือกที่จะใช้วิธีฮิวริสติกส์ในการกำหนดค่าสตริงของประชากรเริ่มต้นให้กับกระบวนการของวิธีการเชิงพันธุกรรมเพื่อที่จะได้ลดเวลาในการคำนวณและได้คำตอบที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในบทนี้เป็นการนำเสนอผลการดำเนินงานที่ได้จากการทดลอง โดยข้อมูลที่นำมาใช้ในการดำเนินการเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมของปัญหาตัวอย่างแบ่งออกเป็น 3 ปัญหา ประกอบด้วยปัญหาของจำนวนลูกค้าไม่เกิน 30 ราย ขนาดกลางลูกค้าไม่เกิน 60 ราย และข้อมูลขนาดใหญ่ลูกค้าไม่เกิน 100 ราย โดยทำการหาเส้นทางการเดินของรถขนส่งสินค้าด้วยวิธีฮิวริสติกส์ ประกอบด้วย วิธีแบบกวาด วิธีเลือกจุดที่ใกล้ที่สุด และวิธีการจัดกลุ่ม โดยนำคำตอบที่ดีจากวิธีฮิวริสติกส์ นำไปหาระยะทางที่สั้นที่สุดวิธีการเชิงทางพันธุกรรม โดยแสดงผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดลองการจัดเส้นทางที่เหมาะสมของรถขนส่งสินค้าด้วยวิธีฮิวริสติกส์

ตารางที่ 4.1 ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธีการฮิวริสติกส์ วิธีแบบกวาดของลูกค้าไม่เกิน 30 ราย

ลำดับ	เส้นทาง	ปริมาณการขนส่ง	ระยะทาง (กม.)
1	0-11-19-114-21-1-31-18-0	80	99.75
2	0-22-15-16-3-29-28-23-0	98	117.08
3	0-30-10-17-9-0	82	177.87
4	0-7-26-5-27-25-12-4-0	88	171.35
5	0-6-24-32-13-8-20-2-0	98	185.21
	รวม	446	751.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธีการฮิวริสติกส์ วิธีเลือกจุดที่ใกล้ที่สุดลูกค้าไม่เกิน 30 ราย

ลำดับ	เส้นทาง	ปริมาณการขนส่ง	ระยะทาง (กม.)
1	0-22-23-28-18-11-6-24-0	97	84.28
2	0-31-21-14-19-1-29-16-3-0	94	182.85
3	0-2-20-4-12-10-15-0	91	134.92
4	0-32-13-8-7-26-5-27-0	88	177.67
5	0-25-30-17-9-0	76	176.79
	รวม	446	756.7178

ตารางที่ 4.3 ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธีการฮิวริสติกส์ วิธีแบบจัดกลุ่มลูกค้าไม่เกิน 30 ราย

ลำดับ	เส้นทาง	ปริมาณการขนส่ง	ระยะทาง (กม.)
1	0-22-23-11-6-24-2-0	92	93.57
2	0-20-32-13-8-7-26-4-0	78	169.06
3	0-12-5-27-25-30-10-0	94	135.25
4	0-31-29-16-3-9-17-0	98	193.67
5	0-15-28-18-1-21-14-19-0	84	124.66
	รวม	446	716.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธีการฮิวริสติกส์ วิธีเลือกแบบกวาดของลูกค้าไม่เกิน 60 ราย

ลำดับ	เส้นทาง	ปริมาณการขนส่ง	ระยะทาง (กม.)
1	0-29-5-54-46-2-8-0	99	180.73
2	0-58-36-20-6-41-53-0	99	144.42
3	0-51-34-16-48-35-18-47-56-21-27-0	98	168.62
4	0-9-1-11-60-44-28-39-0	97	93.32
5	0-50-13-17-31-52-57-12-22-0	98	126.98
6	0-14-42-33-7-19-0	99	83.60
7	0-55-30-15-0	95	138.07
8	0-38-3-15-0	100	87.75
9	0-24-10-37-45-59-49-25-40-0	100	154.98
	รวม	885	1,178.48

ตารางที่ 4.5 ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธีการฮิวริสติกส์ วิธีเลือกจุดที่ใกล้ที่สุดของลูกค้าไม่เกิน 60 ราย

ลำดับ	เส้นทาง	ปริมาณการขนส่ง	ระยะทาง (กม.)
1	0-55-50-13-12-22-52-31-0	100	132.57
2	0-28-60-11-44-1-57-17-0	100	118.66
3	0-39-9-51-34-16-48-35-18-47-56-0	99	146.71
4	0-21-36-54-5-8-0	96	182.58
5	0-58-20-6-51-53-29-27-0	94	149.88
6	0-24-38-59-0	100	100.56
7	0-3-49-37-45-46-2-40-25-0	97	189.49
8	0-43-4-26-32-30-15-10-0	100	152.58
9	0-14-7-23-19-33-42-0	99	81.14
	รวม	885	1,254.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธีการฮิวริสติกส์ วิธีจัดกลุ่มของลูกค้าไม่เกิน 60 ราย

ลำดับ	เส้นทาง	ปริมาณการขนส่ง	ระยะทาง (กม.)
1	0-35-32-43-26-4-22-0	95	110.05
2	0-50-12-13-17-57-52-31-28-39-0	99	115.00
3	0-60-11-44-1-48-51-9-0	100	113.25
4	0-34-16-18-35-47-56-21-58-0	100	163.35
5	0-27-36-29-25-20-6-41-8-40-0	100	164.60
6	0-53-5-54-46-2-10-0	94	155.36
7	0-19-24-49-45-59-3-0	97	127.17
8	0-38-37-15-0	100	113.35
9	0-7-23-30-42-33-14-0	100	93.75
	รวม	885	1,155.88

ตารางที่ 4.7 ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธีการฮิวริสติกส์ แบบกวาดของลูกค้าไม่เกิน 100 ราย

ลำดับ	เส้นทาง	ปริมาณการขนส่ง	ระยะทาง (กม.)
1	0-58-59-66-75-71-69-72-31-25-57-0	1409	306.02
2	0-15-3-17-6-18-10-4-11-5-99-0	1401	239.15
3	0-80-93-2-7-1-14-13-12-9-8-16-0	1352	233.29
4	0-21-23-36-34-20-22-19-62-0	1402	112.21
5	0-31-35-26-38-30-74-68-73-70-28-0	1399	202.24
6	0-81-88-92-82-83-84-79-78-77-86-91-87-85-0	1287	270.42
7	0-67-45-39-44-41-49-51-50-46-40-52-37-0	1378	308.11
8	0-54-55-56-65-63-33-27-0	1406	135.95
9	0-60-29-42-0	1406	210.91
10	0-90-89-94-96-97-95-76-53-0	1380	256.28
11	0-100-98-43-48-47-24-61-64-0	1383	288.92
	รวม	15,203	2563.49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธีการฮิวริสติกส์ เลือกจุดที่ใกล้ที่สุดของลูกค้าไม่เกิน 100 ราย

ลำดับ	เส้นทาง	ปริมาณการขนส่ง	ระยะทาง (กม.)
1	0-58-59-75-69-72-32-25-57-0	1409	276.85
2	0-15-3-17-6-18-10-4-11-5-99-0	1401	239.15
3	0-80-93-2-7-1-14-13-12-9-8-16-0	1352	233.29
4	0-21-23-36-34-20-22-19-62-0	1402	112.21
5	0-28-35-26-38-34-20-22-19-62-0	1399	187.72
6	0-81-88-92-82-83-85-79-78-77-86-84-87-91-0	1287	267.37
7	0-52-45-44-39-41-50-51-49-46-40-67-37-0	1378	283.59
8	0-54-55-63-56-65-33-27-0	1406	132.62
9	0-29-42-60-0	1406	203.08
10	0-90-89-94-96-97-95-76-53-0	1380	256.28
11	0-98-100-43-48-47-24-61-64-0	1383	269.23
	รวม	15,203	2461.40

ตารางที่ 4.9 ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธีการฮิวริสติกส์ วิธีการจัดกลุ่มของลูกค้าไม่เกิน 100 ราย

ลำดับ	เส้นทาง	ปริมาณการขนส่ง	ระยะทาง (กม.)
1	0-7-2-3-17-6-18-10-4-11-43-46-47-52-0	1398	282.13
2	0-91-88-82-92-83-80-93-0	1408	218.40
3	0-56-61-55-57-60-53-0	1392	39.91
4	0-21-29-20-34-62-0	1409	106.24
5	0-98-58-54-0	1314	116.56
6	0-19-22-23-36-27-32-33-31-24-74-68-73-30-38-25-65-0	1394	216.66
7	0-76-89-87-94-95-96-97-0	1385	239.08
8	0-70-72-71-69-66-75-40-67-59-0	1408	255.65
9	0-28-37-35-26-63-64-0	1347	87.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธีการฮิวริสติกส์ วิธีการจัดกลุ่มของลูกค้าไม่เกิน 100 ราย

ลำดับ	เส้นทาง	ปริมาณการขนส่ง	ระยะทาง (กม.)
10	0-100-42-51-50-48-39-41-49-44-45-0	1344	317.49
11	0-99-16-8-9-5-12-13-1-14-15-90-85-84-79-78-86-77-81-0	1404	253.52
	รวม	15,203	2132.76

ตารางที่ 4.10 ผลการจัดเส้นทางด้วยวิธีการฮิวริสติกส์ที่สั้นที่สุดของวิธีแบบกวาด วิธีเลือกจุดที่ใกล้ที่สุด และวิธีจัดกลุ่ม

จำนวนลูกค้า	ระยะทาง (กิโลเมตร)		
	วิธีแบบกวาด	วิธีเลือกจุดที่ใกล้ที่สุด	วิธีจัดกลุ่ม
30	751.26	756.72	716.21
60	1178.48	1254.17	1155.88
100	2563.49	2341.12	2132.77

จากตารางที่ 4.10 แสดงค่าของระยะทางรวมของรถขนส่งสินค้าคำตอบเริ่มต้นจากวิธีฮิวริสติกส์ ได้แก่ วิธีแบบกวาด วิธีเลือกจุดที่ใกล้ที่สุด และวิธีการจัดกลุ่ม โดยจะนำคำตอบไปหาคำตอบที่เหมาะสมของปัญหาอีกครั้งโดยวิธีการเชิงทางพันธุกรรม

4.2 ผลการทดลองการจัดเส้นทางที่เหมาะสมของรถขนส่งสินค้าด้วยวิธีการเชิงทางพันธุกรรม

ในส่วนนี้ จะทำการจัดเส้นทางการเดินรถของรถขนส่งสินค้า ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมทั้งปัญหาทั้ง 3 ขนาด โดยทำการสุ่มเส้นทางการเดินของรถขนส่งสินค้า โดยปริมาณของการบรรทุกจะต้องไม่เกินกว่าปริมาณที่รถสามารถบรรจุได้ และนำคำตอบที่ได้เข้าสู่กระบวนการทางพันธุกรรมเพื่อหาคำตอบต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ผลการจัดเส้นทางการขนส่งแก่ลูกค้าไม่เกิน 30 รายจากวิธีการเชิงทางพันธุกรรม

ลำดับ	เส้นทาง	ปริมาณการขนส่ง	ระยะทาง (กม.)
1	0-22-23-28-18-11-6-24-0	97	84.28
2	0-31-19-14-21-1-29-0	70	137.09
3	0-2-20-4-12-10-15-0	91	134.92
4	0-32-13-8-7-26-5-27	88	177.87
5	0-25-30-17-9-16-3-0	100	191.69
	รวม	446	725.86

ตารางที่ 4.12 การจัดเส้นทางการขนส่งแก่ลูกค้าไม่เกิน 60 รายจากวิธีการเชิงทางพันธุกรรม

ลำดับ	เส้นทาง	ปริมาณการขนส่ง	ระยะทาง (กม.)
1	0-42-22-4-26-43-30-33-0	96	173.15
2	0-39-13-50-12-57-52-31-28-0	95	120.02
3	0-44-60-11-1-48-51-9-0	100	110.10
4	0-34-16-18-35-47-56-21-58-0	100	163.35
5	0-25-27-29-36-20-6-41-8-40-0	100	157.43
6	0-53-5-54-46-45-10-0	96	167.18
7	0-19-3-49-59-24-14-0	98	112.92
8	0-38-37-15-0	100	113.35
9	0-23-55-32-2-7-0	100	223.29
	รวม	885	1340.89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 การจัดเส้นทางการขนส่งแก่ลูกค้าไม่เกิน 100 รายจากวิธีการเชิงทางพันธุกรรม

ลำดับ	เส้นทาง	ปริมาณการขนส่ง	ระยะทาง (กม.)
1	0-58-59-66-75-71-69-72-32-25-57-0	1409	306.02
2	0-15-3-17-6-18-10-4-11-5-99-0	1401	239.15
3	0-1-14-7-2-80-12-13-9-16-8-47-0	1352	293.28
4	0-21-23-36-34-20-22-19-62-0	1402	112.21
5	-31-35-26-38-30-74-68-73-70-28-0	1399	202.24
6	0-81-85-83-82-92-88-79-84-78-86-77-87-91-0	1287	258.37
7	0-40-45-39-44-41-50-51-49-46-67-52-37-0	1378	294.32
8	0-56-63-65-55-33-27-54-0	1406	154.53
9	0-29-42-60-0	1406	203.08
10	0-90-89-94-96-97-76-53-0	1380	256.28
11	0-100-48-43-98-93-24-61-64-0	1383	378.58
	รวม	15,203	2698.06

4.3 ผลการทดลองการจัดเส้นทางที่เหมาะสมของรถขนส่งสินค้าด้วยวิธีฮิวริสติกส์ร่วมกับวิธีการเชิงทางพันธุกรรม

ในส่วนนี้ผลจากการจัดเส้นทางการเดินของรถขนส่งสินค้า ด้วยวิธีฮิวริสติกส์ด้วยปัญหาทั้ง 3 ขนาด ผู้จัดทำได้กำหนดค่าตัวแปรต่างๆ อ้างอิงจากงานวิจัยที่มีจำนวนลูกค้าเท่ากับงานวิจัยของผู้จัดทำ ดังนี้จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 10,000 และ 50,000 รอบ จำนวนประชากรเริ่มต้นเท่ากับ 500 และ 1000 ค่าความน่าเป็นของการคอรสโอเวอร์ เท่ากับ 0.3, 0.5 และ 1 และค่าความน่าจะเป็นของการมิวเตชั่น เท่ากับ 0.05, 0.1 และ 0.15 จึงได้คำตอบที่เหมาะสมของปัญหาออกมาดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ผลการจัดเส้นทางการขนส่งแก่ลูกค้าไม่เกิน 30 รายวิธีฮิวริสติกส์ร่วมกับวิธีการเชิงทางพันธุกรรม

ลำดับ	เส้นทาง	ปริมาณการขนส่ง	ระยะทาง (กม.)
1	0-22-23-11-6-24-2-0	92	93.57
2	0-20-32-13-8-7-26-4-0	78	169.06
3	0-12-5-27-25-30-10-0	94	135.25
4	0-29-16-3-9-17-15-0	92	184.17
5	0-28-18-31-1-21-14-19-0	90	100.27
	รวม	446	682.32

จากตารางที่ 4.14 การจัดเส้นทางการขนส่งแก่ลูกค้าไม่เกิน 30 รายจากวิธีฮิวริสติกส์ร่วมกับวิธีการเชิงทางพันธุกรรมได้ระยะทางที่สั้นที่สุด ที่จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 50,000 รอบ จำนวนประชากรเริ่มต้นเท่ากับ 1000 ค่าความน่าเป็นของการคอรสโอเวอร์ เท่ากับ 0.3 และค่าความน่าจะเป็นของการมิวเตชั่น เท่ากับ 0.05

ตารางที่ 4.15 ผลการจัดเส้นทางการขนส่งแก่ลูกค้าไม่เกิน 60 รายวิธีฮิวริสติกส์ร่วมกับวิธีการเชิงทางพันธุกรรม

ลำดับ	เส้นทาง	ปริมาณการขนส่ง	ระยะทาง (กม.)
1	0-55-43-32-26-4-22-0	95	109.7
2	0-13-50-12-17-57-52-31-28-39-0	99	114.8
3	0-44-60-11-1-48-51-9-0	100	110.1
4	0-34-16-18-35-47-56-21-58-0	100	163.35
5	0-25-27-29-36-20-6-41-8-40-0	100	157.43
6	0-53-5-54-46-2-10-0	94	155.36
7	0-19-24-49-59-45-37-0	97	129.69
8	0-3-38-15-0	100	117.48
9	0-7-23-30-42-33-14-0	100	93.75
	รวม	885	1,151.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.15 การจัดเส้นทางการขนส่งแก่ลูกค้าไม่เกิน 60 รายจากวิธีฮิวริสติกส์ร่วมกับวิธีการเชิงทางพันธุกรรมได้ระยะทางที่สั้นที่สุด ที่จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 10,000 รอบจำนวนประชากรเริ่มต้นเท่ากับ 1000 ค่าความน่าเป็นของการคอรสโอเวอร์ เท่ากับ 1 และค่าความน่าจะเป็นของการมิวเตชั่น เท่ากับ 0.15

ตารางที่ 4.16 การจัดเส้นทางการขนส่งแก่ลูกค้าไม่เกิน 100 รายจากวิธีฮิวริสติกส์ร่วมกับวิธีการเชิงทางพันธุกรรม

ลำดับ	เส้นทาง	ปริมาณการขนส่ง	ระยะทาง(กม.)
1	0-7-2-3-17-6-18-10-4-11-43-46-52-0	1,398	282.13
2	0-91-88-82-92-83-80-93-0	1,408	218.4
3	0-56-61-55-57-60-53-0	1,392	39.91
4	0-21-29-20-34-62-0	1,409	106.24
5	0-98-58-54-0	1,314	116.57
6	0-19-22-23-36-27-32-33-31-24-74-68-73-30-38-25-65-0	1,394	216.67
7	0-76-89-87-94-96-97-95-0	1,385	213.75
8	0-70-72-71-69-66-75-40-67-59-0	1,408	255.65
9	0-28-37-35-26-63-64-0	1,347	87.14
10	0-100-42-51-49-48-50-41-39-44-45-0	1,344	268.42
11	0-99-16-8-9-5-12-13-1-14-15-90-85-84-79-78-86-77-81-0	1,404	253.52
	รวม	15,203	2058.4

จากตารางที่ 4.16 การจัดเส้นทางการขนส่งแก่ลูกค้าไม่เกิน 100 รายจากจากวิธีฮิวริสติกส์ร่วมกับวิธีการเชิงทางพันธุกรรมได้ระยะทางที่สั้นที่สุด ที่จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 50,000 รอบ จำนวนประชากรเริ่มต้นเท่ากับ 1000 ค่าความน่าเป็นของการคอรสโอเวอร์ เท่ากับ 1 และค่าความน่าจะเป็นของการมิวเตชั่น เท่ากับ 0.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการจัดเส้นทางการขนส่งจากจากวิธีฮิวริสติกส์ร่วมกับวิธีการเชิงทางพันธุกรรมนั้น ได้ระยะลดลงจากวิธีฮิวริสติกส์ ของกลุ่มตัวอย่างลูกค้าไม่เกิน 30 รายคิดเป็นระยะทางรวม 33.89 กิโลเมตร จาก

กลุ่มตัวอย่างลูกค้าไม่เกิน 60 รายเป็นระยะทางรวม 56.81 กิโลเมตรและกลุ่มตัวอย่างลูกค้าไม่เกิน 100 รายคิดเป็นระยะทางรวม 74.37 กิโลเมตร

4.4 ผลการทดสอบพารามิเตอร์ และการวิเคราะห์ผลการทดลอง

วิธีการเชิงทางพันธุกรรม ที่ได้เสนอไปมีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องหลายตัว การกำหนด พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะช่วยให้ประสิทธิภาพของวิธีการเชิงทางพันธุกรรมดีขึ้น ดังนั้นจึงได้ทำการออกแบบการทดลอง (ศิริจันทร์, 2537) และทำการทดลองตามวิธีของ Experimental Design (Montgomery, 1997) เพื่อหาพารามิเตอร์ดังกล่าวโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจะทำการปรับปรุง ประสิทธิภาพของวิธีการเชิงทางพันธุกรรม ในด้านความสามารถในการหาคำตอบที่ดีที่สุด โดยวิธีการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากความสามารถในการหาคำตอบที่ดีที่สุดในที่นี้จะพิจารณาจากค่าเวลาในการทำงานรวม

1.การทดลองหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

1.1 การระบุปัญหาวิธีการเชิงทางพันธุกรรมที่พัฒนาขึ้นมาจำเป็นต้องมีการกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องหลายตัว เช่น จำนวนประชากร ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ เป็นต้น นอกจากนี้ในขั้นตอนของการครอสโอเวอร์ ได้มีการเสนอวิธีการครอสโอเวอร์ไว้หลายแบบ ดังนั้นเพื่อให้วิธีการเชิงทางพันธุกรรมมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น จึงต้องมีการทดสอบดูว่าพารามิเตอร์ตัวใดที่จะมีผลต่อคำตอบที่ดีที่สุดในการทดลองจะนำเอาวิธีการเชิงทางพันธุกรรม ที่ได้มาใช้กับปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งซึ่งมีขนาดปัญหาที่แตกต่างกัน 3 กลุ่ม

1.2 การเลือกตัวแปรตอบสนอง เป็นการทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยดูจากความสามารถในการหาคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นตัวแปรตอบสนองที่ใช้จึงเป็นค่าของเวลาในการทำงานรวม

1.3 การเลือกปัจจัยและระดับของปัจจัย ตามวิธีการเชิงทางพันธุกรรม ต้องมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์และวิธีการหลายๆ ตัวอย่าง คือ

1.3.1 จำนวนประชากร (Population Size) คือจำนวนคำตอบทั้งหมดที่มีอยู่ในแต่ละเจนเนอเรชั่น เช่นถ้ากำหนดให้จำนวนประชากรเป็น 10 หมายความว่าในแต่ละเจนเนอเรชั่นจะมีคำตอบที่เป็นไปได้สำหรับปัญหาทั้งหมด 10 คำตอบ ซึ่งอาจจะเป็นคำตอบที่แตกต่างกันหรือคำตอบที่เหมือนกันก็ได้การกำหนดประชากรน้อยเกินไปจะทำให้คำตอบติดอยู่ใน Local Optimum ได้ง่าย ในขณะเดียวกันการกำหนดประชากรมากเกินไปก็จะทำให้ต้องใช้เวลาในการหาคำตอบนาน ดังนั้นจึงต้องมีการทดสอบว่าจำนวนประชากรที่ใช้ควรเป็นเท่าใด ในการทดลองจะกำหนดระดับจำนวนประชากรสำหรับปัญหาตัวอย่าง 3 ปัญหาแตกต่างกันตามขนาดของปัญหา กล่าวคือ

ก) ปัญหาจำนวนลูกค้าไม่เกิน 30 รายจะกำหนดจำนวนประชากรทั้งหมด 2 ระดับคือ 500 และ 1,000

ข) ปัญหาจำนวนลูกค้าไม่เกิน 60 รายจะกำหนดจำนวนประชากรทั้งหมด 2 ระดับคือ 500 และ 1,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้

ค) ปัญหาจำนวนลูกค้าไม่เกิน 100 รายจะกำหนดจำนวนประชากรทั้งหมด 2 ระดับคือ 500 และ 1,000

1.3.2 จำนวนเจนเนอเรชั่น คือจำนวนรอบทั้งหมดในการคำนวณหาค่าตอบสนอง 1 ค่าโดยที่ 1 เจนเนอเรชั่นคือการคำนวณตามอัลกอริทึมตั้งแต่เริ่มต้นจนจบ (ก่อนจะเริ่มวนขึ้นรอบใหม่) ครบ 1 รอบ (หรือ 1 เจนเนอเรชั่นก็คือการวนรอบคำนวณซ้ำ 1 รอบนั่นเอง) การกำหนดเจนเนอเรชั่นที่น้อยเกินไปอาจทำให้ยังไม่ได้คำตอบที่ดีที่สุด ในขณะที่การกำหนด จำนวนเจนเนอเรชั่นมากเกินไปจะทำให้เสียเวลาในการคำนวณมากโดยไม่จำเป็น ในการทดลองกำหนดให้ทำการทดลองแต่ละปัญหาโดยกำหนดจำนวนเจนเนอเรชั่นเอาไว้ที่ค่าๆ เดียว ดังนั้นจึงไม่ต้องพิจารณาจำนวนเจนเนอเรชั่นเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทดลอง

1.3.3 ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (Crossover Probability: Pc) ค่านี้สามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 0 - 1 แต่การกำหนดให้ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ให้มีค่ามาก จะทำให้ประสิทธิภาพของเจเนติกอัลกอริทึมดีขึ้น (De Jong's. 1975) ในการทดลองกำหนดให้ใช้ระดับปัจจัยความน่าจะเป็น ในการครอสโอเวอร์ 3 ระดับ คือ 0.3 0.5 และ 1

1.3.4 ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (Mutation Probability: Pm) ค่านี้สามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 0 - 1 เช่นเดียวกับความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ แต่ในกำหนดให้ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นต่ำจะทำให้ประสิทธิภาพของเจเนติกอัลกอริทึมดีขึ้น (De Jong's, 1975) ดังนั้นในการทดลองกำหนดให้ใช้ระดับปัจจัยของความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น 3 ระดับ คือ 0.05 0.1 และ 015

2. การพิจารณาผลกระทบร่วมกันของระดับปัจจัย เนื่องจากปัจจัยที่พิจารณาในการทดลองมีมากกว่า 1 ปัจจัย ดังนั้นอาจเกิดผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย (Interaction) ขึ้นได้ ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยเกิดขึ้นเมื่อความแตกต่างระหว่างผลตอบที่หลายๆ ระดับของปัจจัยหนึ่งไม่เท่ากันที่ทุกระดับของอีกปัจจัยหนึ่ง (Montgomory, 1997) การเกิดผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยชี้ให้เห็นถึงผลของปัจจัยหนึ่งที่มีต่ออีกปัจจัยหนึ่ง การพิจารณาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างมากในการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ ที่เหมาะสมที่จะทำต่อไป ผลกระทบที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งได้หลายระดับ

2.1 1st Level Interaction คือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย 2 ปัจจัย เช่น จำนวนประชากร ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ หรือน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

2.2 2nd Interaction คือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย 3 ปัจจัย เช่น จำนวนประชากร *Pc*Pm

2.3 3rd Level Interaction เป็นผลกระทบร่วมชั้นสูงสุดสำหรับการทดลองนี้ โดยหมายถึงผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย

ถึงแม้ว่าในการทดลองนี้สามารถเกิดผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยได้ถึง 3 ระดับ แต่เนื่องจากผลกระทบร่วมที่เกิดระหว่างปัจจัยในระดับสูงๆ ไม่ค่อยนิยมนำมาพิจารณา (Montgomery, 1997) ดังนั้นในการทดลองนี้จึงพิจารณาเฉพาะผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย ในระดับที่หนึ่งเท่านั้น ซึ่งได้แก่

1. ผลกระทบร่วมระหว่าง จำนวนประชากร กับจำนวนเจนเนอเรชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลกระทบร่วมระหว่างจำนวนประชากร กับความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์

3. ผลกระทบร่วมระหว่าง จำนวนประชากร กับความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

4. ผลกระทบร่วมระหว่าง จำนวนเจนเนอเรชั่น กับ ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์

5. ผลกระทบร่วมระหว่าง จำนวนเจนเนอเรชั่นกับ ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

6. ผลกระทบร่วมระหว่าง ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ กับความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

4.5 การออกแบบการทดลอง

การกำหนดรูปแบบการทดลอง ซึ่งมีปัจจัยในการพิจารณาทั้งหมด 4 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมีระดับปัจจัยเท่ากันโดยมีตัวแปรตอบสนองในทุก Treatment Combination ปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาทั้ง 4 ปัจจัยมีรายละเอียดต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 4.17 จากการทดลองที่ระดับปัจจัยต่างๆ

ตารางที่ 4.17 แสดงปัจจัยและระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลองของวิธีการเชิงทางพันธุกรรมดังนี้

ปัจจัย	จำนวนระดับปัจจัย (ระดับ)	ระดับปัจจัย
1. จำนวนประชากร	2	1.ปัญหาจำนวนลูกค้าไม่เกิน 30 รายใช้ 500 และ 1,000 2.ปัญหาจำนวนลูกค้าไม่เกิน 60 รายใช้ 500 และ 1,000 3.ปัญหาจำนวนลูกค้าไม่เกิน 100 รายใช้ 500 และ 1,000
2. จำนวนเจนเนอเรชั่น	2	1.ปัญหาจำนวนลูกค้าไม่เกิน 30 รายใช้ 10,00 และ 50,000 2.ปัญหาจำนวนลูกค้าไม่เกิน 60 รายใช้ 10,00 และ 50,000 3.ปัญหาจำนวนลูกค้าไม่เกิน 100 รายใช้ 10,00 และ 50,000
3. ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	3	1. Pc 0.3 2. Pc 0.5 3. Pc 1
4. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	3	1. Pm 0.05 2. Pm 0.1 3. Pm 0.15

การทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 การทดลองใหญ่ตามด้วยขนาดของปัญหาแต่ละปัญหา มีจำนวนการวนซ้ำของการทดลอง (Replicate) เท่ากับ 3 ครั้ง

แต่ละการทดลองมี Treatment Combination = 2x2x3x3 =36 และทำซ้ำ 3 ครั้งจำนวนข้อมูลทั้งหมดในแต่ละการทดลองเท่ากับ 36x3 = 108 ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นกรรมสิทธิ์ของ ... ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ ... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ... ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ผลการทดสอบพารามิเตอร์ของวิธีการเชิงทางพันธุกรรมทำงานร่วมกับวิธีฮิวริสติกส์

ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งแบ่งออกเป็น 3 ขนาด ประกอบด้วยข้อมูลของจำนวนลูกค้าไม่เกิน 30 ราย ขนาดกลางลูกค้าไม่เกิน 60 ราย และข้อมูลขนาดใหญ่ลูกค้าไม่เกิน 100 ราย วิเคราะห์ด้วย ANOVA จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Statgraphics จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.6

4.6.1 ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งของปัญหาจำนวนลูกค้าไม่เกิน 30 ราย

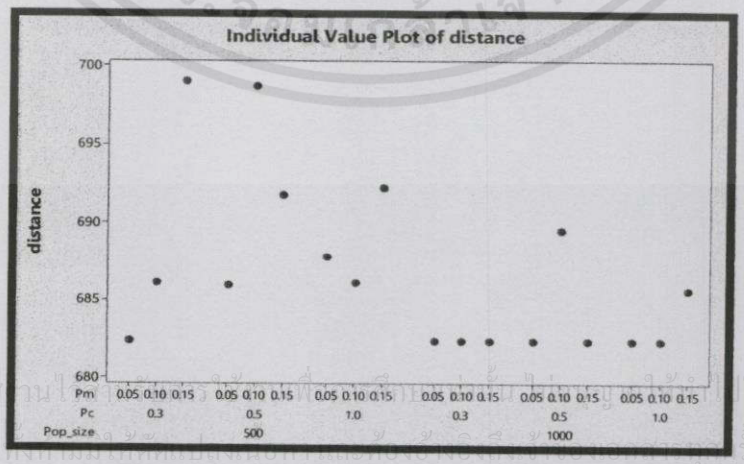
ตารางที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งของปัญหาจำนวนลูกค้าไม่เกิน 30 รายโดยโปรแกรม Statgraphics เมื่อใช้ระยะทาง เป็นค่าตอบสนอง

Analysis of Variance for Distance - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Num_Gen	12.8113	1	12.8113	.17	.6842
B:Pc	3.61385	2	1.80693	.02	.9768
C:Pm	250.391	2	125.196	1.63	.2030
D:Pop_size	896.043	1	896.043	11.66	.0010
INTERACTIONS					
AB	128.709	2	64.3547	.84	.4369
AC	69.4243	2	34.2122	.45	.6424
AD	14.3759	1	14.3759	.19	.6666
BC	87.2999	4	21.825	.28	.8876
BD	14.909	2	7.45451	.10	.9077
CD	210.489	2	105.244	1.37	.2605
ABC	349.324	4	87.331	1.14	.3460
ABD	23.9441	2	11.9721	.16	.8561
ACD	13.6532	2	6.82658	.09	.9151
BCD	426.858	4	106.714	1.39	.2460
RESIDUAL	5842.29	76	76.8722		
TOTAL (CORRECTED)	8343.13	107			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

จากผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า P-value ของจำนวนประชากรมีค่าน้อยกว่า 0.05 พบว่าจำนวนประชากรผลต่อระยะทางการขนส่งที่ความเชื่อมั่น 95% และไม่พบผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย



รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งของปัญหาจำนวนลูกค้าไม่เกิน 30 ราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.1 จะเห็นว่าจำนวนประชากรจากผลการวิเคราะห์พบว่าระยะทางที่ได้จากจำนวนประชากรทั้ง 2 ประชากร เป็นระดับปัจจัยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยที่จำนวนประชากรขนาด 1000 ประชากรจะได้ระยะทางที่สั้นที่สุด จำนวนเจนเนอเรชั่นเป็นระดับปัจจัยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยที่จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่า 50,000 รอบได้ระยะทางที่สั้นที่สุด ที่ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ Pc = 0.3 Pc = 0.5 และ Pc = 1 จะได้ระยะรวมที่ไม่แตกต่างกัน และค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น Pm = 0.05 Pm = 0.10 และ Pm = 0.15 จะให้ค่าเวลาในการผลิตรวมที่ไม่แตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์กราฟ โดยให้ระยะทางรวมเป็นค่าตอบสนอง จะได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุด สำหรับปัญหาลูกค้าขนาดไม่เกิน 30 ตัวอย่าง

จำนวนประชากร	:	ขนาด 1,000 ประชากร
จำนวนเจนเนอเรชั่น	:	50,000 รอบ
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	:	0.3,0.5,1
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	:	0.05,0.1,0.15

4.6.2 ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งของปัญหาจำนวนลูกค้าไม่เกิน 60 ราย

ตารางที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งของปัญหาจำนวนลูกค้าไม่เกิน 30 รายโดยโปรแกรม Statgraphics เมื่อใช้ระยะทาง เป็นค่าตอบสนอง

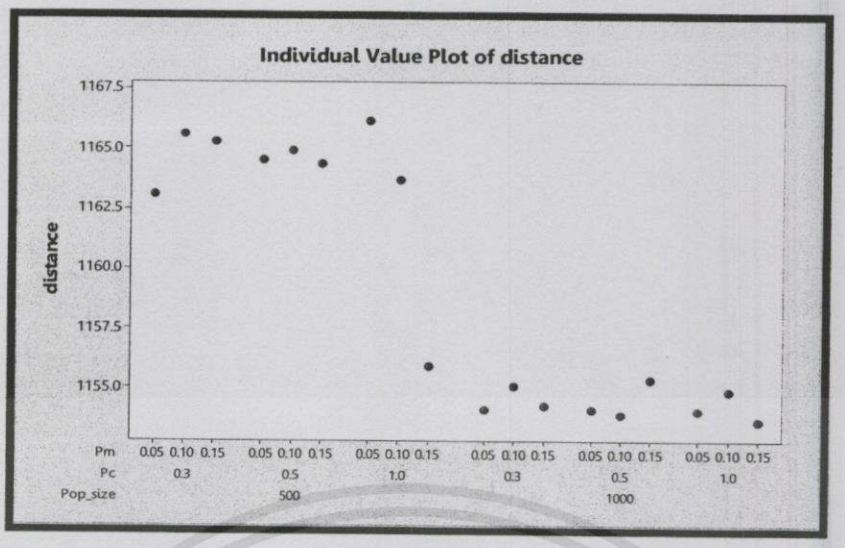
Analysis of Variance for Distance - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Num_Gen	4.36813	1	4.36813	.19	.6625
B:Pc	13.5424	2	6.77118	.30	.7434
C:Pm	24.964	2	12.482	.55	.5799
D:Pop_size	2622.76	1	2622.76	115.31	.0
INTERACTIONS					
AB	117.596	2	58.7981	2.59	.820
AC	4.76149	2	2.38074	.10	.9008
AD	5.93613	1	5.93613	.26	.6109
BC	434.951	4	108.738	4.78	.17
BD	20.6565	2	10.3282	.45	.6367
CD	52.9678	2	26.4839	1.16	.3176
ABC	91.4538	4	22.8635	1.01	.4102
ABD	76.4106	2	38.2053	1.68	.1933
ACD	.0780222	2	.0390111	.0	.9983
BCD	318.933	4	79.7332	3.51	.111
RESIDUAL	1728.66	76	22.7456		
TOTAL (CORRECTED)	5518.04	107			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

จากผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า P-value ของจำนวนประชากรมีค่าน้อยกว่า 0.05 พบว่าจำนวนประชากรผลต่อระยะทางการขนส่งที่ความเชื่อมั่น 95% และไม่พบผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งของปัญหาจำนวนลูกค้าไม่เกิน 60 ราย

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นว่าจำนวนประชากรจากผลการวิเคราะห์พบว่าระยะทางที่ได้จากจำนวนประชากรทั้ง 2 ประชากร เป็นระดับปัจจัยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยที่จำนวนประชากรขนาด 1000 ประชากรจะได้ระยะทางที่สั้นที่สุด จำนวนเจนเนอเรชั่นเป็นระดับปัจจัยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยที่จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่า 10,000 รอบ ได้ระยะทางที่สั้นที่สุด ที่ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ Pc = 0.3 Pc = 0.5 และ Pc = 1 จะได้ระยะรวมที่ไม่แตกต่างกัน และค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น Pm = 0.05 Pm = 0.10 และ Pm = 0.15 จะให้ค่าเวลาในการผลิตรวมที่ไม่แตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์กราฟ โดยให้ระยะทางรวมเป็นค่าตอบสนอง จะได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุด สำหรับปัญหาลูกค้าขนาดไม่เกิน 60 ราย

จำนวนประชากร	:	ขนาด 1,000 ประชากร
จำนวนเจนเนอเรชั่น	:	10,000 รอบ
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	:	0.3,0.5,1
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	:	0.05,0.1,0.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.3 ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งของปัญหาตัวอย่างขนาด 100 ราย

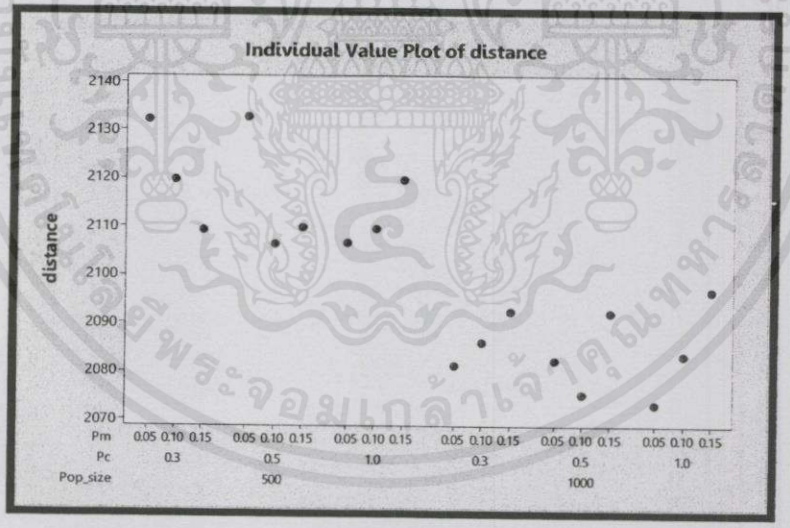
ตารางที่ 4.20 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งของปัญหาจำนวนลูกค้าไม่เกิน 100รายโดยโปรแกรม Statgraphics เมื่อใช้ระยะทาง เป็นค่าตอบสนอง

Analysis of Variance for Distance - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Num_Gen	55.4112	1	55.4112	.17	.6850
B:Pc	70.0657	2	35.0328	.10	.9006
C:Pm	316.498	2	158.249	.47	.6247
D:Pop_size	31671.4	1	31671.4	94.75	0
INTERACTIONS					
AB	246.875	2	123.438	.37	.6925
AC	127.261	2	63.6306	.19	.8271
AD	198.678	1	198.678	.59	.4431
BC	1964.31	4	491.077	1.47	.2199
BD	917.913	2	458.957	1.37	.2595
CD	1084.31	2	542.154	1.62	.2043
ABC	450.122	4	112.531	.34	.8525
ABD	1088.74	2	544.372	1.63	.2030
ACD	551.141	2	275.571	.82	.4424
BCD	209.99	4	52.4975	.16	.9592
RESIDUAL	25403.9	76	334.262		
TOTAL (CORRECTED)	64356.7	107			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

จากผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า P-value ของจำนวนประชากรมีค่าน้อยกว่า 0.05 พบว่าจำนวนประชากรผลต่อระยะทางการขนส่งที่ความเชื่อมั่น 95% และไม่พบผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย



รูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งของปัญหาจำนวนลูกค้าไม่เกิน 100 ราย

จากรูปที่ 4.3 จะเห็นว่าจำนวนประชากรจากผลการวิเคราะห์พบว่าระยะทางที่ได้จากจำนวนประชากรทั้ง 2 ประชากร เป็นระดับปัจจัยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยที่จำนวนประชากรขนาด 1000 ประชากรจะได้ระยะทางที่สั้นที่สุด จำนวนเจนเนอเรชั่นเป็นระดับปัจจัยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยที่จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่า 50,000 รอบได้ระยะทางที่สั้นที่สุด ที่ค่าความน่าจะเป็นใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การครอสโอเวอร์ Pc = 0.3 Pc = 0.5 และ Pc = 1 จะได้ระยะรวมที่ไม่แตกต่างกัน และค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น Pm = 0.05 Pm = 0.10 และPm = 0.15 จะให้ค่าเวลาในการผลิตรวมที่ไม่แตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์กราฟ โดยให้ระยะทางรวมเป็นค่าตอบสนอง จะได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุด สำหรับปัญหาลูกค้าขนาดไม่เกิน 100 ราย

จำนวนประชากร	:	ขนาด 1,000 ประชากร
จำนวนเจนเนอเรชั่น	:	50,000 รอบ
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	:	0.3,0.5,1
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	:	0.05,0.1,0.15

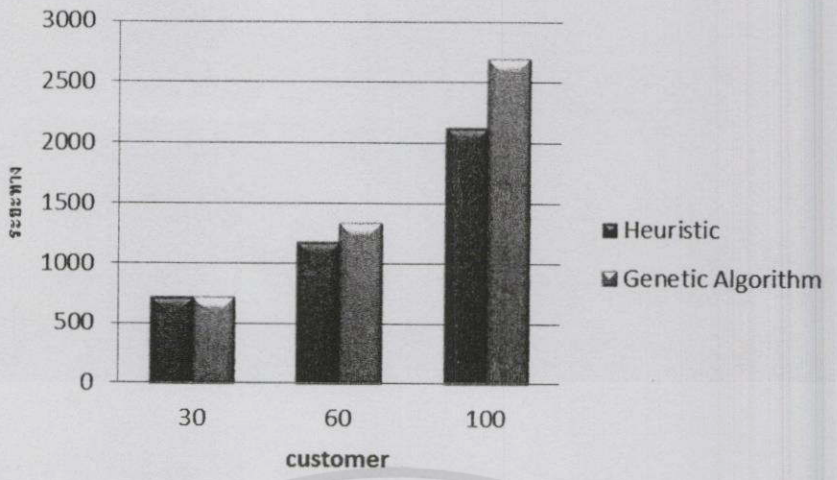
จะเห็นได้ว่าพารามิเตอร์ที่มีผลคือ จำนวนประชากร จำนวนเจนเนอเรชั่น ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น การทดสอบพารามิเตอร์ ที่เกี่ยวข้องกับวิธีการเชิงพันธุกรรมทำขึ้นเพื่อตรวจสอบดูว่าพารามิเตอร์ตัวใดที่มีผลต่อความสามารถในการหาคำตอบและเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นแนวทางในการวิธีการเชิงพันธุกรรมไปใช้แก้ปัญหาจริง จึงแบ่งการทดลองทั้งหมดแบ่งเป็น 3 ขนาด ประกอบด้วยข้อมูลของจำนวนลูกค้าไม่เกิน 30 ราย ขนาดกลางลูกค้าไม่เกิน 60 ราย และข้อมูลขนาดใหญ่ลูกค้าไม่เกิน 100 ราย โดยทำการทดลองกับวิธีการเชิงพันธุกรรมและวิธีการเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีฮิวริสติก การทดลองที่ใช้เป็นแบบ (Full Factorial Design) ซึ่งใช้ค่าวัตถุประสงค์ที่สนใจคือระยะทางที่สั้นที่สุด ปัจจัยที่พิจารณา คือ จำนวนประชากร จำนวนเจนเนอเรชั่น ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ และ ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น จำนวนทำซ้ำของการทดลองเท่ากับ 3 ครั้ง

ผลการทดสอบและวิเคราะห์ด้วย ANOVA และ Individual Value Plot ที่ช่วง ความเชื่อมั่น 95% จะได้ว่าพารามิเตอร์ที่มีผลสำหรับการใช้วิธีการเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีฮิวริสติก ผลทดสอบที่ได้คือจำนวนลูกค้าไม่เกิน 30 ราย คือ จำนวนประชากร จำนวนลูกค้าไม่เกิน 60 ราย คือจำนวนประชากร จำนวนลูกค้าไม่เกิน 100 ราย คือจำนวนประชากร ในการทดสอบจะได้ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นช่วงที่ยอมรับได้และสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการกำหนดพารามิเตอร์ในการ ใช้งานจริงได้

4.7 การเปรียบเทียบคำตอบจากของวิธีฮิวริสติกส์กับวิธีการเชิงทางพันธุกรรม

หลังจากได้ระยะทางจากวิธีฮิวริสติกส์และวิธีการเชิงทางพันธุกรรมของปัญหา 3 ขนาด ประกอบด้วยข้อมูลของจำนวนลูกค้าไม่เกิน 30 ราย ขนาดกลางลูกค้าไม่เกิน 60 ราย และข้อมูลขนาดใหญ่ลูกค้าไม่เกิน 100 ตัวอย่าง แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อดูว่าวิธีการใดสามารถให้คำตอบได้ดีกว่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบระยะทางจากของวิธีฮิวริสติกส์กับวิธีการเชิงทางพันธุกรรม

จากกราฟจะเห็นว่า ระยะทางเฉลี่ยที่ได้จากวิธีฮิวริสติกส์ได้ระยะทางที่สั้นกว่าระยะทางเฉลี่ยที่ได้จากวิธีการเชิงทางพันธุกรรม

4.8 การเปรียบเทียบคำตอบจากของวิธีฮิวริสติกส์กับวิธีการเชิงทางพันธุกรรมทำงานร่วมกับวิธีฮิวริสติกส์

หลังจากได้ระยะทางจากวิธีฮิวริสติกส์และวิธีการเชิงทางพันธุกรรมทำงานร่วมกับวิธีฮิวริสติกส์ของ 3 ขนาด ประกอบด้วยข้อมูลของจำนวนลูกค้าไม่เกิน 30 ราย ขนาดกลางลูกค้าไม่เกิน 60 รายและข้อมูลขนาดใหญ่ลูกค้าไม่เกิน 100 ราย แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อดูว่าวิธีการใดสามารถให้คำตอบได้ดีกว่า

รูปที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบระยะทางจากของวิธีฮิวริสติกส์กับวิธีการเชิงทางพันธุกรรมทำงานร่วมกับวิธีฮิวริสติกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟจะเห็นว่า ระยะทางเฉลี่ยที่ได้จากวิธีการเชิงทางพันธุกรรมทำงานร่วมกับวิธีฮิวริสติกส์ได้ระยะทางที่สั้นกว่าระยะทางเฉลี่ยที่ได้จากวิธีฮิวริสติกส์

4.9 การเปรียบเทียบคำตอบจากของวิธีการเชิงทางพันธุกรรมทำงานร่วมกับวิธีฮิวริสติกส์

หลังจากได้ระยะทางจากวิธีฮิวริสติกส์และวิธีการเชิงทางพันธุกรรมทำงานร่วมกับวิธีฮิวริสติกส์ของปัญหา 3 ขนาด ประกอบด้วยข้อมูลของจำนวนลูกค้าไม่เกิน 30 ราย ขนาดกลางลูกค้าไม่เกิน 60 ราย และข้อมูลขนาดใหญ่ลูกค้าไม่เกิน 100 ราย แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อดูว่าวิธีการใดสามารถให้คำตอบได้ดีกว่ากัน

รูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบระยะทางวิธีฮิวริสติกส์กับวิธีการเชิงทางพันธุกรรมทำงานร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม

จากกราฟจะเห็นว่า ระยะทางเฉลี่ยที่ได้จากวิธีการเชิงทางพันธุกรรมทำงานร่วมกับวิธีฮิวริสติกส์ได้ระยะทางที่สั้นกว่าระยะทางเฉลี่ยที่ได้จากวิธีเชิงพันธุกรรม

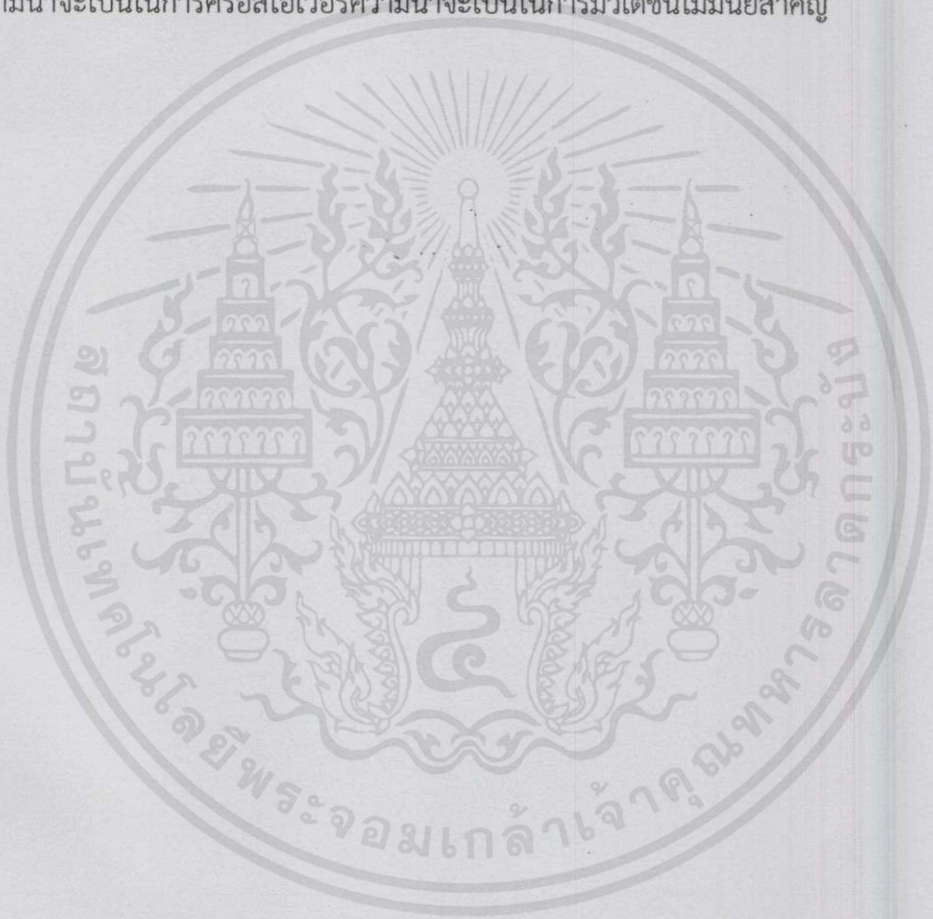
ผลการทดลองการจัดเส้นทางที่เหมาะสมของรถขนส่งสินค้าด้วยวิธีฮิวริสติกส์ ได้แก่ วิธีแบบกวาด วิธีเลือกจุดที่ใกล้ที่สุด และวิธีการจัดกลุ่ม สามารถสรุปว่าวิธีการฮิวริสติกส์ที่เหมาะสมที่สุดคือ วิธีการจัดกลุ่ม โดยให้ระยะทางที่สั้นที่สุด จึงทำการเลือกวิธีฮิวริสติกส์ วิธีการจัดกลุ่มเพื่อเป็นประชากรเริ่มต้น

การเปรียบเทียบคำตอบจากของวิธีฮิวริสติกส์กับวิธีการเชิงทางพันธุกรรมสรุปได้ว่าวิธีฮิวริสติกส์ให้ผลของเกณฑ์การประเมินผลดีกว่าการใช้วิธีการเชิงทางพันธุกรรม โดยได้ระยะทางที่สั้นกว่า

การเปรียบเทียบคำตอบจากของวิธีการเชิงทางพันธุกรรมกับวิธีการเชิงทางพันธุกรรมทำงานร่วมกับวิธีฮิวริสติกส์ คำตอบที่ได้ของวิธีการเชิงทางพันธุกรรมทำงานร่วมกับวิธีฮิวริสติกส์ โดยได้ระยะทางที่สั้นกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบพารามิเตอร์ของวิธีการเชิงทางพันธุกรรม โดยในส่วนนี้จะกำหนดวิธีการ ออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิธีการเชิงทางพันธุกรรม รูปแบบการทดลองที่ใช้ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ซึ่งผลการทดลองแปรค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ผลการทดสอบและวิเคราะห์ด้วย ANOVA ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% จะได้ว่าพารามิเตอร์ที่มีผลสำหรับวิธีการเชิงทางพันธุกรรม สำหรับจำนวนลูกค้าไม่เกิน 30 ราย คือ จำนวนประชากร ส่วนจำนวนเจนเนอเรชั่น ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นไม่มีนัยสำคัญ สำหรับจำนวนลูกค้าไม่เกิน 60 ราย คือ จำนวนประชากร ส่วนจำนวนเจนเนอเรชั่น ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นไม่มีนัยสำคัญ สำหรับจำนวนลูกค้าไม่เกิน 100 ราย คือ จำนวนประชากร ส่วนจำนวนเจนเนอเรชั่น ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นไม่มีนัยสำคัญ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางของรถขนส่งสินค้า ซึ่งใช้วิธีฮิวริสติกส์ร่วมกับวิธีการเชิงพันธุกรรมเข้ามาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบ และทำการเปรียบผลที่ได้ ขั้นตอนการวิจัยเริ่มจากการทดลองเพื่อเลือกวิธีฮิวริสติกส์ที่มีความเหมาะสมกับปัญหาของกลุ่มตัวอย่าง มาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง โดยมีเงื่อนไขด้านปริมาณการขนส่งที่จากัด และการเลือกเส้นทางการขนส่งว่าจะกำหนดให้พาหนะใดไปส่งสินค้าให้ลูกค้ารายใดเป็นลำดับก่อนหลัง เพื่อได้ระยะทางที่สั้นที่สุดและส่งผลให้เกิดต้นทุนที่ต่ำที่สุดต่อไป

5.1 สรุปผลงานวิจัย

1. วิธีฮิวริสติกส์เป็นวิธีการหาผลเฉลยที่ดีพอเพียง ภายในเวลาจำกัด และวิธีฮิวริสติกส์ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการหาผลเฉลยของแต่ละปัญหาเท่านั้น ดังนั้นวิธีฮิวริสติกส์ที่สามารถหาผลเฉลยที่ดีสำหรับปัญหาหนึ่งจึงไม่สามารถนำไปใช้หาผลเฉลยของอีกปัญหาหนึ่งได้ ซึ่งผลจากการทดลองและทดสอบทางสถิติชี้ให้เห็นว่าวิธีการฮิวริสติกส์ที่มีความเหมาะสมสำหรับแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งของปัญหาทั้ง 3 ขนาด คือ วิธีการจัดกลุ่ม

2. วิธีการเชิงพันธุกรรมเป็นเทคนิคที่ใช้ในการค้นหาคำตอบด้วยการเลียนแบบกระบวนการวิวัฒนาการตามธรรมชาติ ที่มีความทนทานต่อความผิดพลาดและความหลากหลายของรูปแบบข้อมูล เป็นวิธีที่ได้จากการพัฒนาและดัดแปลงให้มีความยืดหยุ่นในการหาผลเฉลยของปัญหาการตัดสินใจใดๆ ที่มีความซับซ้อนและมีตัวแปรตัดสินใจจำนวนมาก

3. วิธีฮิวริสติกส์ทำงานร่วมกับวิธีการเชิงพันธุกรรม เป็นการทดลองที่นำข้อดีของวิธีฮิวริสติกส์และวิธีการเชิงพันธุกรรมมาทำงานร่วมกัน เพื่อเพิ่มความสามารถในการค้นหาคำตอบได้อย่างรวดเร็วเพราะการค้นหาคำตอบเริ่มต้นจากวิธีฮิวริสติกส์ก่อนเข้ากระบวนการเชิงพันธุกรรม สามารถลดเวลาในการค้นหาคำตอบให้น้อยลงและสามารถช่วยในการแก้ไขปัญหา local optimal ดั้งนั้นคำตอบที่ได้จากวิธีฮิวริสติกส์ทำงานร่วมกับวิธีการเชิงพันธุกรรมจึงเป็นคำตอบที่ดีเมื่อเทียบกับการหาคำตอบจากวิธีฮิวริสติกส์หรือวิธีการเชิงพันธุกรรมเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการพัฒนาขั้นวิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งของรถขนส่งสินค้าในอนาคตนั้น อาจใช้วิธีการผสมผสานระหว่างฮิวริสติกส์ชนิดต่างๆรวมเข้าเป็นขั้นตอนวิธีเดียวกัน ซึ่งอาจพิจารณาโดยนำข้อดีข้อเสียของฮิวริสติกส์แต่ละประเภทมาวิเคราะห์เพื่อเป็นการพัฒนาฮิวริสติกส์ที่มีประสิทธิภาพต่อไป

2. ในหาคำตอบด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรมนี้ต้องมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ มาก ค่าของพารามิเตอร์ที่กำหนดขึ้นนี้อาจมีผลต่อประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการแก้ปัญหา ซึ่งในการศึกษาต่อไปควรจะมีการพิจารณาค่าที่เหมาะสมสำหรับปัญหาประเภทนั้นๆต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ณกร อินทร์พยุง. 2548. การแก้ปัญหาการตัดสินใจในอุตสาหกรรมการขนส่งและลอจิสติกส์. กรุงเทพฯ: บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น.

[2] ธรินี มณีศรี. 2552. "ขั้นตอนวิธีการสำหรับการหาผลเฉลยเชิงทนทานของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่ง" ปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหการ) สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ วิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[3] นลินี อุดมสมบัติมีชัย. 2548. "การประยุกต์วิธีศึกษาสำนึกสำหรับการจัดเส้นทางยานพาหนะ" ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[4] ยศศิริ อดุลยศักดิ์. 2547.การใช้วิธีเชิงฮิวริสติกเพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะและการบรรจุ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[5] สรวิชญ์เยาว์ยืนยง.2556 เอกสารประกอบการสอนวิชาการจัดการการขนส่งสินค้า, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[6] วรรณา เจริญตระกูลปิติ 2554. การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการการขนส่ง, สารนิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีโลจีสติกส์ คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.

[7] Christofides, N. 1985. Vehicle routing, pp. 431-448. In The traveling salesman problem, Lawler,Lens tra, R. Kan and Shmoys, eds. A Guided Tour of Combinatorial Optimization. John Wiley.

[8] Eksioglu, B., A.V. Vural and A. Reisman. 2009. "The vehicle routing problem: A taxonomic review." Computers and Industrial Engineering. 57, 4: 1472-1483.

[9] Gillett, B. and L. Miller. 1974. "A heuristic algorithm for the vehicle-dispatch problem." Operations Research. 22, 2: 340-349.

[10] Imran, A., S. Salhi and N.A. Wassan. 2009. "A variable neighborhood-based heuristic for the heterogeneous fleet vehicle routing problem." European Journal of Operational Research. 197: 509-518.

[11] Laporte G., F.V. Louveaux and H. Mecure. 1992. "The vehicle routing problem with stochastic travel times." Transportation Science. 26, 3: 161-170.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้