สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบและประยุกต์ใช้วิธีเชิงพันธุกรรม สำหรับปัญหาการขนส่ง

นาย กฤษพล เฉลิมกลิ่น

วพ.
ก284ก
2547

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 61900
วัน,เดือน,ปี 24 ก.ค. 2549

b 11605133
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Design and Implementation of Genetic Algorithm for Transportation Problem

MR. KRITSAPON CHARUMKIN

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 2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การออกแบบและประยุกต์ใช้วิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับปัญหาการขนส่ง
DESING AND IMPLEMENTATION OF GENETIC ALGORITHM FOR TRANSPORTATION PROBLEM

นักศึกษา นาย กฤษพล เฉลิมกลิ่น รหัสประจำตัว 45015887

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

(ผศ.ดร. สรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์)

(อาจารย์ เชาวลิต หามนตรี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การออกแบบและประยุกต์ใช้วิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับปัญหาการขนส่ง
นักศึกษา	นาย กฤษพล เฉลิมกลิ่น
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2547
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ผศ.ดร.สรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์ อาจารย์เชาวลิต หามนตรี

บทคัดย่อ

สำหรับงานวิจัยครั้งนี้เป็นการนำวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) มาประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคนิคฮิวริวติก (Heuristic) เพื่อแก้ปัญหาการขนส่ง โดยมีข้อมูลนำเข้าประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ความต้องการของสถานที่รับสินค้า (Demand of destination) ความสามารถในการจัดส่งของแหล่งจ่ายสินค้า (Capacity of resource) วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์นี้เพื่อแก้ปัญหาการขนส่งโดยใช้วิธีฮิวริสติกร่วมกับเจเนติกอัลกอริทึม และผลจากการศึกษาพบว่าการพัฒนาวิธีการดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมจากปัญหาการขนส่ง โดยการใช้เทคนิคฮิวริสติกด้วยวิธีของ โวเกล (Vogel's) ร่วมกับเจเนติกอัลกอริทึมให้ประสิทธิภาพของคำตอบดีกว่าการใช้เจเนติกอัลกอริทึมอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Design and Implementation of Genetic Algorithm for Transportation Problem
Student	Mr. Kritsaon Charumkin
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering
	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2004
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr. Sunpasit Limnararat
	Mr. Chouwalit Hamontree

ABSTRACT

This research uses genetic algorithm with Heuristic technique to solve of the Transportation Problem which input data consist of transportation cost, demand of destination , capacity of resource . The objective of this thesis is to solve transportation problem using of heuristic with genetic algorithm. From the study aim to experiment the use heuristic method along with genetic algorithm in order to find an optimal solution transportation problem. The finding indicated appropriate heuristic method, namely the vogel's (VAM). Moreover, the finding stated that using heuristic method with genetic algorithm yieded more effective solution for transportation problem than using only genetic algorithm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความกรุณาของ อาจารย์ เชาวลิต หามนตรี อาจารย์ที่ปรึกษาผู้คอยเอาใจใส่ให้คำปรึกษาในทุกๆเรื่องเป็นเหมือนดังพี่ชาย ผู้คอยให้การสนับสนุนในการดำเนินงานดูแลและเมตตาแก่ผู้วิจัยด้วยดีเสมอมารวมทั้งยังเป็นคู่ซ้อมปิงปองที่ดีด้วยในทุกค่ำคืนที่ผู้วิจัยรู้สึกเครียด ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาเป็นอย่างยิ่งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ในการนี้ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สรรสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์และคณะอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกๆท่านที่ได้ให้คำปรึกษาปริญญานิพนธ์ รวมถึงน้องๆ และเพื่อนๆร่วมภาควิชาทุกคนสำหรับความช่วยเหลือและกำลังใจที่มีให้เสมอมาและที่ลืมไม่ได้ขอบคุณเพื่อนๆ ร่วมหอพักที่ช่วยสร้างความปวดหัวจากการส่งเสียงดังได้ในทุกค่ำคืนที่ผู้วิจัยลงมือทำปริญญานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่เป็นผู้สนับสนุนทางด้านการเงินหลักอย่างเป็นทางการและให้ความสำคัญกับการศึกษาของลูก รองลงมาคือพี่ชายและพี่สะใภ้ที่สนับสนุนทางด้านการเงินในบางช่วงเวลาที่ผู้วิจัยขัดสนซึ่งดูเหมือนจะเป็นประจำและมีความถี่มากๆด้วย รวมทั้งหลานชายที่ช่วยสร้างสีสันในชีวิตโดยทำให้ผู้วิจัยต้องคิดใหม่ทำใหม่ในการวางแผนทำปริญญานิพนธ์และวางแผนชีวิตทางด้านครอบครัว

สุดท้ายขอขอบคุณแม่สมบัติ พ่อปลัด และอาจารย์ทุกท่านที่อบรมสั่งสอนมาในครั้งอดีตจนถึงปัจจุบันซึ่งเป็นเสมือนผู้อยู่เบื้องหลังที่คอยให้การสนับสนุนเอาใจใส่ดูแลด้วยดีเสมอมา รวมทั้งเป็นกำลังใจที่ดีตลอดจนเป็นตัวอย่างในการดำเนินชีวิตเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

กฤษพล เฉลิมกลิ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ข

กิตติกรรมประกาศ..... ค

สารบัญ..... ง

สารบัญตาราง..... ฉ

สารบัญรูป..... ช

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์..... 2

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์..... 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2

1.5 วิธีการวิจัย..... 2

1.6 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 3

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำเอาเจเนติกอัลกอริทึมมาใช้แก้ปัญหา..... 3

2.2 แนวคิดที่ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการวิจัย..... 4

2.3 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเจเนติกอัลกอริทึม..... 4

2.4 เจเนติกอัลกอริทึมเบื้องต้น..... 5

2.5 พันธุศาสตร์กับเจเนติกอัลกอริทึม..... 5

2.6 ความหมายจองเจเนติกอัลกอริทึม..... 7

2.7 เจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย..... 8

2.8 ตัวอย่างการใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการหาคำตอบของฟังก์ชั่น..... 12

2.9 สรุปทฤษฎีเจเนติกอัลกอริทึม..... 15

2.10 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาการขนส่ง..... 16

2.11 การทดสอบค่าเฉลี่ยประชากร (กรณีข้อมูลแบบคู่)..... 19

บทที่ 3 วิธีการทำวิจัย..... 20

3.1 การวางแผนดำเนินงาน..... 20

3.2 โครงสร้างในการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์จากวิธีฮิวริสติก..... 21

3.3 อัลกอริทึมของ GA ของการแก้ปัญหาการขนส่ง..... 23

3.4 วิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมกับการแก้ปัญหาการขนส่ง..... 24

3.5 องค์ประกอบของโปรแกรมในการในแก้ปัญหาการขนส่ง..... 32

3.6 สรุปท้ายบท..... 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการการดำเนินงาน.....35

4.1 การเปรียบเทียบคำตอบที่ได้.....35

4.2 สรุปผลการทดลอง.....45

บทที่ 5 สรุปผลและและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน.....46

5.1 สรุปผลการวิจัย..... 46

5.2 ข้อเสนอแนะ.....46

หนังสืออ้างอิง.....47

ภาคผนวก ก

วิธีการใช้โปรแกรม.....ผก 1

ภาคผนวก ข

Source Code โปรแกรม Mathlab 7.0.....ผข 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2-1 เปรียบเทียบคำศัพท์ระหว่างพันธุศาสตร์และเจเนติกอัลกอริทึม.....6

2-2 กลุ่มประชากรตัวอย่างและค่าความเหมาะสม.....10

2-3 การคำนวณหาคำตอบของ SGA กับฟังก์ชั่น.....13

2-4 ตารางปัญหาการขนส่ง.....16

3-1 ตัวอย่างตารางแสดงการหาคำตอบ.....25

3-2 ตารางแสดงการสร้างวงล้อรูลเล็ท.....27

3-3 การคัดเลือกวิธีการคัดเลือกแบบทัวร์นาเมนต์.....28

4-1 เปรียบเทียบปัญหาขนาด 3x3.....35

4-2 เปรียบเทียบปัญหาขนาด 3x4.....36

4-3 เปรียบเทียบปัญหาขนาด 3x5.....36

4-4 เปรียบเทียบปัญหาขนาด 4x4.....37

4-5 เปรียบเทียบปัญหาขนาด 4x5.....37

4-6 เปรียบเทียบปัญหาขนาด 4x6.....38

4-7 เปรียบเทียบปัญหาขนาด 10x10.....39

4-8 เปรียบเทียบปัญหาขนาด 10x15.....39

4-9 เปรียบเทียบปัญหาขนาด 10x20.....40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2-1	ลักษณะภายนอกที่ปรากฏชื่อเรียกว่าฟีโนไทป์	6
2-2	ลักษณะทางเจเนติกแสดงถึงการแก้ปัญหาฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์	6
2-3	ขั้นตอนของเจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย	8
2-4	การรีโปรดักชั่นอย่างง่ายด้วยวิธีการใช้วงล้อรูลเล็ทที่มีขนาดของแต่ละช่องเป็นสัดส่วนกับค่าความเป็นจริง	11
2-5	การครอสโอเวอร์อย่างง่ายเพื่อให้เห็นถึงการเปลี่ยนสตริง	11
2-6	ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์	13
2-7	ปัญหาการขนส่ง	16
3-1	โครงสร้างและวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึม	22
3-2	วงล้อรูลเล็ท	27
3-3	การรับค่าของจำนวนแหล่งจ่ายและแหล่งรับ	32
3-4	การรับค่าของปริมานที่สามารถจ่ายได้จากแหล่งจ่ายแต่ละแหล่งและปริมาณที่สามารถรับของแหล่งรับแต่ละแหล่ง	32
3-5	แสดงการรับค่าของเมตริกซ์ค่าใช้จ่ายในแต่ละเส้นทาง	33
3-6	แสดงการรับค่าเปอร์เซ็นต์การครอสโอเวอร์ เปอร์เซ็นต์การมิวเตชั่น จำนวนประชากรเบื้องต้น จำนวนรอบการค้นหาสูงสุด	33
3-7	แสดค่าที่คำนวณได้จากโปรแกรมคือ ปริมาณที่ใช้ขนส่งแต่ละเส้นทางและค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียเมื่อทำการขนส่งในเส้นทางนั้น	33
4-1	แสดงผลการทดสอบทางสถิติของปัญหาขนาด 3x3 ด้วยโปรแกรมมินิแท็บ	41
4-2	แสดงผลการทดสอบทางสถิติของปัญหาขนาด 3x4 ด้วยโปรแกรมมินิแท็บ	41
4-3	แสดงผลการทดสอบทางสถิติของปัญหาขนาด 3x5 ด้วยโปรแกรมมินิแท็บ	42
4-4	แสดงผลการทดสอบทางสถิติของปัญหาขนาด 4x4 ด้วยโปรแกรมมินิแท็บ	42
4-5	แสดงผลการทดสอบทางสถิติของปัญหาขนาด 4x5 ด้วยโปรแกรมมินิแท็บ	42
4-6	แสดงผลการทดสอบทางสถิติของปัญหาขนาด 4x6 ด้วยโปรแกรมมินิแท็บ	43
4-7	แสดงผลการทดสอบทางสถิติของปัญหาขนาด 10x10 ด้วยโปรแกรมมินิแท็บ	43
4-8	แสดงผลการทดสอบทางสถิติของปัญหาขนาด 10x15 ด้วยโปรแกรมมินิแท็บ	44
4-9	แสดงผลการทดสอบทางสถิติของปัญหาขนาด 10x20 ด้วยโปรแกรมมินิแท็บ	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องด้วยในปัจจุบันนี้ปัญหาการขนส่งมีความสำคัญมากต่อการดำเนินธุรกิจ และอุตสาหกรรมเพราะต้นทุนการขนส่งมีผลโดยตรงต่อราคาสินค้า และความสามารถในการแข่งขัน การหาเส้นทางการขนส่งที่ดีที่สุด จำนวนที่เหมาะสมที่สุด จะมีผลทำให้ทำให้บริษัทได้เปรียบคู่แข่งมากขึ้นในปัจจุบัน

ลักษณะของปัญหาการขนส่งจะเป็นปัญหาประเภท NP-Hard แบบ Combinatorial Optimization (Boh, 1996) ซึ่งหมายถึงปัญหาที่ใช้เวลาในการหาคำตอบยาวนาน และเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบจะเพิ่มมากขึ้นเป็นแบบเอ็กซ์โปเนเชียลเมื่อขนาดของปัญหาเพิ่มขึ้น ในกรณีที่มีอยู่ n แหล่งจ่าย และ m แหล่งรับจะสามารถจัดเส้นทางในการขนส่งได้ $[(n\times m)!]/[((n\times m)-(n+m-1))!]$ แบบการแก้ปัญหาการขนส่งนี้จะสามารถทำได้โดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ เช่น วิธีโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) หรืออาจจะใช้วิธีการทางฮิวริสติกวิธีต่างๆ เช่น วิธีการบันไดหิน (Stepping Stone Method) วิธีการของโมได (Modified Distribution Method, MODI Method) นอกจากนี้ยังมีการนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้ในการแก้ปัญหาทำให้การแก้ปัญหาง่ายขึ้น แต่อย่างไรก็ตามอุตสาหกรรมมีความซับซ้อนมากขึ้นทำให้ปัญหามีความใหญ่ขึ้นด้วย ดังนั้นขั้นตอนในการคำนวณจะมากขึ้นตามขนาดปัญหาโดยการใช้วิธีการแบบเดิมทำได้ยาก และใช้เวลานาน (Yogathasan,1996)

ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence ; AI) ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในการแก้ปัญหาประเภทที่เป็นปัญหาค่าความเหมาะสม (Optimization)ข้อมูลที่ได้รับจากการศึกษางานวิจัยหลาย ๆ ชิ้นทำให้ได้พบว่าวิธีการทาง AI นั้นมีความสามารถในการแก้ปัญหาที่มีความยุ่งยากและซับซ้อนได้ดีและยังพบอีกว่าวิธีการแก้ปัญหาด้วยเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms ; GAs) ซึ่งเป็นวิธีการแก้ปัญหาทาง AI อีกวิธีหนึ่งซึ่งสามารถแก้ปัญหาประเภทที่เป็นปัญหาการหาค่าความเหมาะสม เช่น การแก้ปัญหาการขนส่ง การวางผังโรงงาน การจัดตารางการผลิต การเรียนรู้ของเครื่องจักร ฯลฯ ได้เป็นอย่างดี

เจเนติกอัลกอริทึม (Holland,1975) เป็นวิธีการหาคำตอบที่มีพื้นฐานมาจากการเรียนแบบกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติวิทยาและกระบวนการคัดเลือกทางพันธุศาสตร์ (Natural Genetics Selection)โดยวิธีการคัดเลือกสตริงคำตอบ(String) ที่มีความเหมาะสมจากกลุ่มของสตริงคำตอบที่มีทั้งหมดด้วยวิธีการสุ่มจากสตริงคำตอบเหล่านี้ไปผ่านการกระบวนการคัดเลือกสตริงคำตอบที่มีความเหมาะสม โดยที่สตริงคำตอบที่มีความเหมาะสม นี้ก็คือคำตอบที่ดีที่สุดหรือใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด และวิธีการทางเจเนติกอัลกอริทึมนั้นไม่ใช่วิธีการสุ่มแบบง่าย ๆ แต่เป็นวิธีการใช้ข้อมูลที่มีมาในอดีตอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อพิจารณาจุดที่ต้องค้นหาใหม่โดยคาดหวังว่าสมรรถนะของการค้นหาจะดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1 ออกแบบโปรแกรมในการแก้ปัญหาการขนส่ง ด้วยวิธีเจเนติกอัลกอริทึม

2 จัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อแก้ปัญหาการขนส่งโดยการนำวิธีเจเนติกอัลกอริทึมเขามาประยุกต์ในการหาคำตอบ

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1 ศึกษาเฉพาะปัญหาการขนส่ง ด้วยปัญหาตัวอย่าง

2 ไม่พิจารณาผลกระทบจากความไม่แน่นอนที่มีผลต่อการแก้ปัญหาการขนส่ง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1 เป็นการประยุกต์ใช้วิธีเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับการแก้ปัญหาการขนส่ง

2 เป็นแนวทางสำหรับผู้ที่สนใจเกี่ยวกับการพัฒนาประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาการขนส่ง

3 โปรแกรมที่ใช้แก้ปัญหาการขนส่งตามที่ออกแบบไว้

1.5 วิธีการวิจัย

1 ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2 กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของการศึกษา

3 ศึกษาโปรแกรม Mathlab 7.0

4 ออกแบบโปรแกรม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

⊙4.1 ตัวแปรเข้า (Input Variables) หมายถึง ตัวแปรที่จะนำไปใช้ในการคำนวณเพื่อกำหนดตารางการขนส่งซึ่งได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งแต่ละเส้นทาง จำนวนแหล่งรับ จำนวนแหล่งจ่าย ปริมาณที่สามารถจ่ายได้ในแต่ละแหล่งจ่าย ปริมาณที่สามารถรับได้ในแต่ละแหล่งรับ เป็นต้น

⊙4.2 ผลที่ได้รับ (Output) หมายถึง ผลจากการจัดเส้นทางการขนส่งตามเงื่อนไขที่กำหนด

5 สรุปและเสนอแนะ

6 จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

1.6 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1 เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และเครื่องพิมพ์

2 โปรแกรม Mathlab เวอร์ชั่น 7

3 โปรแกรม Win QSB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เป็นการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์วิธีทางเจเนติกอัลกอริทึม ที่มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการขนส่งโดยมีหัวข้อดังนี้

1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำเอาเจเนติกอัลกอริทึมมาใช้แก้ปัญหา
2 แนวคิดที่ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการวิจัย
3 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเจเนติกอัลกอริทึม
4 เจเนติกอัลกอริทึมเบื้องต้น
5 พันธุศาสตร์กับเจเนติกอัลกอริทึม
6 ความหมายของเจเนติกอัลกอริทึม
7 เจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย
8 ตัวอย่างการใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการหาคำตอบของฟังก์ชั่น
9 สรุปทฤษฎีเจเนติกอัลกอริทึม
10 ทฤษฎีทางด้านการแก้ปัญหาการขนส่ง
11 การตั้งผลลัพธ์เบื้องต้น
12 การพัฒนาผลลัพธ์
13 การทดสอบค่าเฉลี่ยตัวประชากร (กรณีข้อมูลแบบคู่)

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำเอาเจเนติกอัลกอริทึมมาใช้แก้ปัญหา

Holland (1976) ได้พัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm) เพื่อนำไปใช้กับปัญหาต่างๆ แนวคิดนี้รู้จักกันดีในหมู่นักชีววิทยา ซึ่งเกี่ยวข้องกับโครงสร้างทางพันธุกรรม (Genetic Structure) ของยีนในการเลือกผสมพันธุ์พืช หรือสัตว์ ตัวอย่างเช่น ตัวลูก (Offspring) จะถูกเลือกให้ได้ลักษณะตามต้องการซึ่งจะดูตั้งแต่ระดับยีนของพ่อแม่รวมกัน กระบวนการทางยีนต่างๆ สามารถกำหนดได้ วิธีที่นำมาใช้คือการสลับสายพันธุ์ (Crossover) ของยีนของพ่อแม่และการกลายพันธุ์โดยวิธีสุ่ม (Random Mutation)

Goldberg and Lingle (1985) ได้นำวิธีเจเนติกอัลกอริทึมไปใช้ในการแก้ปัญหาการเดินทางของเซลล์แมน (TSP) ในการเดินทางไปยังเมืองต่างๆ 200 เมืองโดยให้มีระยะสั้นที่สุดใช้วิธีการสลับสายพันธุ์แบบจัดคู่เป็นส่วน Partially Mapped Crossover (PMX) ในการค้นหาเส้นทาง การเดินทางซึ่งได้ผลที่ดี

Nakano and Yamada (1989) ได้นำเจเนติกอัลกอริทึมไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการผลิตตามคำสั่งซื้อ (Job Shop Problem) หรือ JSP โดยการเข้ารหัสเป็นเลขฐานสอง และ ใช้วิธีการ "บังคับ" คำตอบเพื่อทำให้การลู่เข้าหาคำตอบเป็นไปอย่างรวดเร็ว

Biegel and Davern (1990)ได้นำเจเนติกอัลกอริทึมไปใช้ในการแก้ปัญหาการผลิต ตามคำสั่งซื้อแบบ n – Task 1 Processor (เครื่องจักร) แบบ n – Task 2 Processor และแบบ n - Task และ m - Processor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bagchi, et al. (1991) ได้นำเจเนติกอัลกอริทึมไปใช้ในการแก้ปัญหาการผลิตตามคำสั่งซื้อและได้ปรับปรุงวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมเพื่อให้ขยายช่วงของการค้นหาโดยใช้โครโมโซม ที่มีลักษณะเฉพาะกับปัญหา

Verlag (1992) ได้กล่าวถึงวิธีการครอสโอเวอร์ 3 รูปแบบ คือการสลับสายพันธุ์แบบจัดคู่เป็นส่วน Partially Mapped Crossover (PMX) โดย (Goldberg and Lingle, 1985) การสลับสายพันธุ์แบบลำดับ Order Crossovers (OX) โดย (Davis, 1985) และการสลับสายพันธุ์ แบบวัฏจักร Cycle Crossover (CX) โดย (Oliver, 1982) จากผลการทดลองของโอลิเวอร์ ในการครอสโอเวอร์นำวิธีทั้ง 3 ไปทดสอบกับปัญหาการเดินทางของเซลล์แมนพบว่าวิธี OX ให้ผลดีกว่า PMX 11% และดีกว่า CX 15%

Krottmaier (1993) ได้กล่าวถึงเจเนติกอัลกอริทึมว่าเป็นวิธีการที่ดีในการ แก้ปัญหาที่ ซับซ้อนโดยใช้ความพยายามน้อยที่สุด โดยวิธีการ Inversion และRecombination 3 รูปแบบ ดังนี้ Partially mapped crossover (PMX), Order Crossovers (OX), Cycle Crossover (CX) แต่วิธีที่นิยมใช้กันคือ Order Crossver (OX) เพราะจะให้ค่าตัวลูกที่ดีขึ้นมาก

Aytug, et al. (1994) ศึกษาการทำจัดตารางการผลิตแบบไม่คงที่ (Dynamic Scheduling) โดยอาศัยแบบจำลองและสร้างปัญญาประดิษฐ์ (Intelligence Object) ที่สามารถ ตัดสินใจเองได้โดยการเรียนรู้จากการทำงานแบบจำลองเอง ซึ่งวิธีการเรียนรู้ถูกสร้างขึ้นโดยใช้เจเนติกอัลกอริทึม

Croce, et al. (1995) กล่าวถึงการเข้ารหัส Preference Rule และทำการปรับปรุง เจเนติกอัลกอริทึมเพื่อให้สามารถทำงานได้เร็วยิ่งขึ้น แล้วทำการเปรียบเทียบคำตอบกับวิธีการกำหนดตารางการผลิต โดยใช้วิธีฮิวริสติกร่วมกับเจเนติกอัลกอริทึม ซึ่งพบว่าเจเนติกอัลกอริทึมสามารถหาคำตอบได้ดีกว่า

Rubin and Ragatz (1995) ศึกษาตารางการผลิตโดยพิจารณาถึงเวลาในการติดตั้ง (Setup Time) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เวลาในการติดตั้งหรือค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดหรือเพื่อ ให้ได้เวลาในการทำงานรวมของงานน้อยที่สุด และนอกจากนั้นยังได้ศึกษาถึงปัญหากระบวน การจัดลำดับแบบขั้นตอนของสถานีทำงานเดียว (Single Stage) เพื่อให้ได้เวลาล่าช้า (Total Tardiness) น้อยที่สุดและใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการหาคำตอบปรากฏคำตอบที่ได้ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดี

Reeves (1995) ได้นำเจเนติกอัลกอริทึมมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิต แบบต่อเนื่องโดยมีวัตถุประสงค์ คือการหาวิธีการกำหนดงานเพื่อให้ได้ค่าเวลาในการทำงานรวม น้อยที่สุดสำหรับงาน n งาน m เครื่องจักร โดยเฉพาะกับปัญหาที่ขนาดใหญ่ ซึ่งในทางปฏิบัติ ต้องเสียเวลาในการคำนวณมาก ดังนั้นจึงต้องการเพียงคำตอบที่ดี (ไม่จำเป็นต้องดีที่สุด) เพื่อใช้เวลาในการหาคำตอบได้รวดเร็วยิ่งขึ้นจากการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองโดยวิธีนี้กับวิธี Simulated Annealing Algorithm (SM) และ Neighbourhood Search (NS) โดยที่เวลาในการทำงาน i บนเครื่องจักร j ใดๆ มาจากการสุ่มตัวอย่างเมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ ความแตกต่างที่ได้จากค่าเฉลี่ยที่ได้จากวิธีทั้ง 3 วิธีกับคำตอบที่ได้จากวิธีการของ NEH พบว่าวิธีที่ดีที่สุดตามลำดับคือ GA SA และ NS

2.2 แนวคิดที่ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการวิจัย

เจเนติกอัลกอริทึมเป็นทฤษฎีที่จำลองกระบวนการวิวัฒนาการทางธรรมชาติคือ การคัดเลือกทางธรรมชาติและอาศัยพื้นฐานความคิดทางพันธุกรรมในการถ่ายทอดลักษณะต่างๆ ไปยัง ลูกหลานที่สามารถนำมาพัฒนาใช้หาคำตอบที่ใกล้เคียงหรือที่สุดของปัญหา เจเนติกอัลกอริทึมเป็นวิธีการหาคำตอบโดยพิจารณา และดำเนินการจากกลุ่มคำตอบของปัญหาที่ถูกสร้างขึ้น โดยการเข้ารหัส (Coding) คือ แปลงค่าตัวแปรหรือพารามิเตอร์ต่างๆ ของปัญหาให้อยู่ในรูปโครงสร้างของโครโมโซมตามที่กำหนด เพื่อคัดเลือกโครโมโซมคำตอบที่เหมาะสม สำหรับสร้างวิวัฒนาการ คำตอบที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดีขึ้นตามกระบวนการทางพันธุศาสตร์โดยแลกเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ระหว่างโครโมโซมที่ถูกคัดเลือกทำให้คำตอบถูกปรับปรุงให้ดีขึ้น

2.3 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเจเนติกอัลกอริทึม

ในปัจจุบันนี้ปัญหาที่ต้องการคำตอบที่มีความเหมาะสม (Optimal Solution) วิธีการทางด้าน วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ คอมพิวเตอร์ หรือในการทำงานต่างๆ ที่เกิดขึ้นมากมายนั้น สามารถหาคำตอบได้หลายๆ วิธี ซึ่งแตกต่างกันไปตามชนิดของปัญหาความคิด เทคนิค วิธีการวิเคราะห์ปัญหานั้น และความแพร่หลายในการพัฒนาศักยภาพของคอมพิวเตอร์ให้รู้จักเรียนรู้เพื่อช่วยหาคำตอบหรือช่วยตัดสินคำตอบในขั้นต้นมีมากขึ้น โดยปัจจุบันมีนักวิทยาศาสตร์ได้เริ่มนำความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีหรือกฎเกณฑ์ทางธรรมชาติมาช่วยในการศึกษาวิจัย เช่นนิวรอลเน็ตเวิร์ค (Neural Network) ฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic) เป็นต้น เจเนติกอัลกอริทึม เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่จำลองรูปแบบวิธีการทางชีววิทยาในการกำเนิดประชากรรุ่นใหม่ หรือขยายเผ่าพันธุ์ในประชากรรุ่นลูกรุ่นหลานต่อไปซึ่งอาศัย พื้นฐานความคิดของวิวัฒนาการทางธรรมชาติถ่ายทอดลักษณะต่างๆ ทางพันธุกรรมโดยปฏิบัติตามกระบวนการทางพันธุศาสตร์เพื่อใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดหรือใกล้เคียงที่สุดของปัญหาโดยคอมพิวเตอร์ ออกมาให้เห็นเรียกว่า ฟีโนไทป์ (Phenotype) เช่น ในคนจะมีโครโมโซม 23 คู่ 46 โครโมโซม ซึ่งแต่ละโครโมโซมจะประกอบด้วยยีนต่างๆ กันราว 1250 ยีน

2.4 เจเนติกอัลกอริทึมเบื้องต้น

ปี ค.ศ. 1975 จอห์น ฮอลแลนด์ เริ่มสนใจศึกษาในทฤษฎีวิวัฒนาการทางธรรมชาติ (Natural Evolution) ในการกำหนดประชากร (Population) สิ่งมีชีวิตในรุ่นต่อๆ ไป โดยกระบวนการทางธรรมชาติทางชีววิทยาประกอบด้วยการคัดเลือกทางธรรมชาติ (Natural Section) คือ สิ่งมีชีวิตใดที่แข็งแรงกว่าย่อมมีโอกาสอยู่รอดได้มากกว่า หมายถึงการมีโครโมโซมซึ่ง ประกอบไปด้วยยีนต่างๆ ที่มีลักษณะที่ดีนั้นจะมีโอกาสอยู่รอดได้มากกว่า โครโมโซมที่สามารถอยู่รอดได้ก็จะถูกถ่ายทอดยีนที่มีลักษณะที่ดีเหล่านั้นไปยังลูกหลานได้มากกว่าเช่นกัน และกระบวนการทางพันธุศาสตร์ (Genetic Operation) คือการกำหนดโครโมโซมใหม่โดยการ ผสมพันธุ์จากการครอสโอเวอร์หรือการกลายพันธุ์จากมิวเตชั่น โดยความเชื่อในวิวัฒนาการ ทางธรรมชาติที่แสดงถึงคุณลักษณะที่ เป็นอยู่ของสิ่งมีชีวิตโดยการถ่ายทอดลักษณะต่างๆ บนโครโมโซมนั้นมีคุณสมบัติทั่วไปที่ยอมรับกันคือ

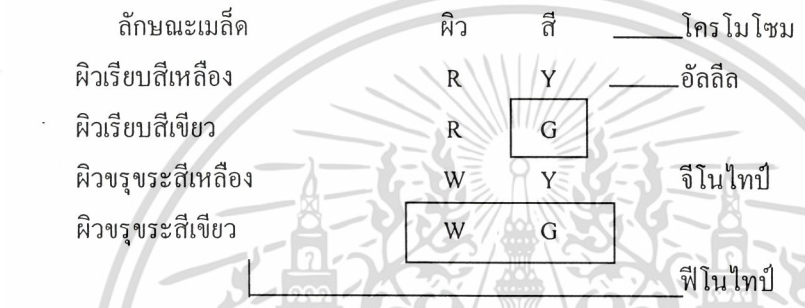
1 วิวัฒนาการเป็นผลที่เกิดขึ้นเนื่องจาก ความเปลี่ยนแปลงบนโครโมโซมที่เป็นอยู่ ซึ่งแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ
2 ธรรมชาติทางการคัดเลือกมีความสัมพันธ์กับโครโมโซม ที่แสดงถึงประสิทธิภาพของโครงสร้างที่ดีที่จะคัดเลือกเพื่อถ่ายทอดส่วนของโครงสร้างที่ดี
3 การถ่ายทอดในขณะที่เกิดวิวัฒนาการนั้นโครโมโซมพ่อ-แม่ จะได้มีการแลกเปลี่ยนส่วนโครงสร้างกันเพื่อสร้างโครงสร้างโครโมโซมลูก และสาเหตุที่ทำให้เกิดโครโมโซมลูก ที่แตกต่างคือกระบวนการผ่าเหล่าวิวัฒนาการทางธรรมชาติมิได้เป็นสิ่งที่เกิดจากความจดจำแต่เป็นกระบวนการที่เกิดจากโครงสร้างต่างๆ ในโครโมโซมที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม ที่เกิดขึ้นขณะนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 พันธุศาสตร์กับเจเนติกอัลกอริทึม

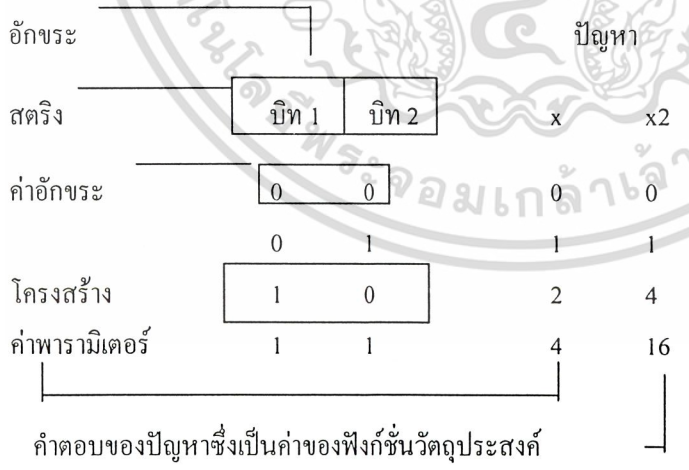
เมนเดล บิดาแห่งวิชาพันธุศาสตร์ ค้นพบว่าลักษณะต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต เช่น ลักษณะผิวของเมล็ดพืช สีของเมล็ดพืช ฯลฯ ที่ถูกถ่ายทอดไปยังลูกหลานนั้นถูกควบคุมโดยหน่วยควบคุมลักษณะที่เรียกว่ายีน (Gene) และลักษณะย่อยของยีนเรียกว่าอัลลีล (Allele) เช่น ยีนควบคุมลักษณะผิวของเมล็ดจะมีอัลลีลเป็นผิวเรียบและผิวขรุขระ เป็นต้น ซึ่งแต่ละยีนจะเรียกตัวอยู่บนโครโมโซม (Chromosome) ภายในเซลล์ ตำแหน่งของยีนแต่ละยีนบนโครโมโซม เรียกว่า โลกัส (Logus) แต่ละแบบของชุดยีนเรียกว่าจีโนไทป์ (Genotype) ซึ่งแสดงลักษณะภายนอกที่ปรากฏ ซึ่งเรียกว่า ฟีโนไทป์ (Phenotype) โดยแสดงการเปรียบเทียบลักษณะระหว่างเจเนติกอัลกอริทึมกับลักษณะทางพันธุศาสตร์

1 ลักษณะทางพันธุศาสตร์ของโครโมโซมควบคุมลักษณะของเมล็ดถั่ว ซึ่งมียีนลักษณะของผิวเมล็ด คือ มีลักษณะเรียบ (R) หรือขรุขระ (W) และยีนลักษณะสีของเมล็ดคือมีสีเหลือง (Y) และสีเขียว (G)



รูปที่ 2-1 แสดงลักษณะภายนอกที่ปรากฏซึ่งเรียกว่า ฟีโนไทป์

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



รูปที่ 2-2 แสดงลักษณะทางเจเนติก แสดงถึงการแก้ปัญหาฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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)
พีโนไทป์ (Phenotype)	โครงสร้างคำตอบ (A Decode Structure)

การแก้ปัญหาทางด้านคณิตศาสตร์ด้วยเจเนติกอัลกอริทึม พารามิเตอร์ต่างๆ จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปของสตริง (Sting) หรือโครโมโซมประกอบด้วยอักขระ (Character) หรือบิท (Bit) แต่ละตำแหน่งของโครโมโซมจะเก็บค่าอักขระหรือค่าบิทที่แสดงโครงสร้างของแต่ละโครโมโซม ที่ให้คำตอบของปัญหาแตกต่างกัน ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมกับการแก้ปัญหาการหาค่าสูงสุดของ $f(x)=x^2$ โดยที่ x อยู่ในช่วง [0 , 4] และสามารถสรุปความหมายทางพันธุศาสตร์เทียบกับเจเนติกอัลกอริทึม ได้ดังตารางที่ 2-1

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

1. สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีแนวโน้มที่จะถ่ายทอดลักษณะของมันไปสู่ลูกหลานของมัน
2. ธรรมชาติทำให้สิ่งมีชีวิตมีลักษณะต่างๆ กัน
3. สิ่งมีชีวิตมีความเหมาะสม ซึ่งมีลักษณะที่เหมาะสมที่สุด มีแนวโน้มที่จะมีลูกหลานมากกว่าสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะไม่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้ประชากรอยู่รอดต่อไป
4. เมื่อระยะเวลาผ่านไปยาวนานจะเกิดการกลายพันธุ์ (Variation) ขึ้นและเกิดสปีชีส์ใหม่ที่มีลักษณะเหมาะสมกับระบบนิเวศน์นั้น

2.6 ความหมายของเจเนติกอัลกอริทึม

เจเนติกอัลกอริทึมเป็นวิธีการค้นหาคำตอบโดยมีพื้นฐานมาจาก กระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติ(Natural Selection) และกระบวนการคัดเลือกทางพันธุศาสตร์ (Natural Genetics Selection) โดยการคัดเลือกสตริงที่มีความเหมาะสมจากกลุ่มของสตริงทั้งหมดด้วยวิธีการสุ่มจากการนำสตริงเหล่านี้ไปผ่านกระบวนการคัดเลือกสตริงที่มีความเหมาะสม คำตอบที่ดีที่สุดหรือใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุดเจเนติกอัลกอริทึมไม่ใช่การสุ่มแบบง่ายๆ แต่มันเป็นการใช้ข้อมูลในอดีตอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อพิจารณาจุดที่จะต้องค้นหาใหม่โดยคาดหวังว่าสมรรถนะของการค้นหาจะดีขึ้น

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

1 เจเนติกอัลกอริทึมทำงานโดยการเข้ารหัสสตริงเป็นชุดพารามิเตอร์

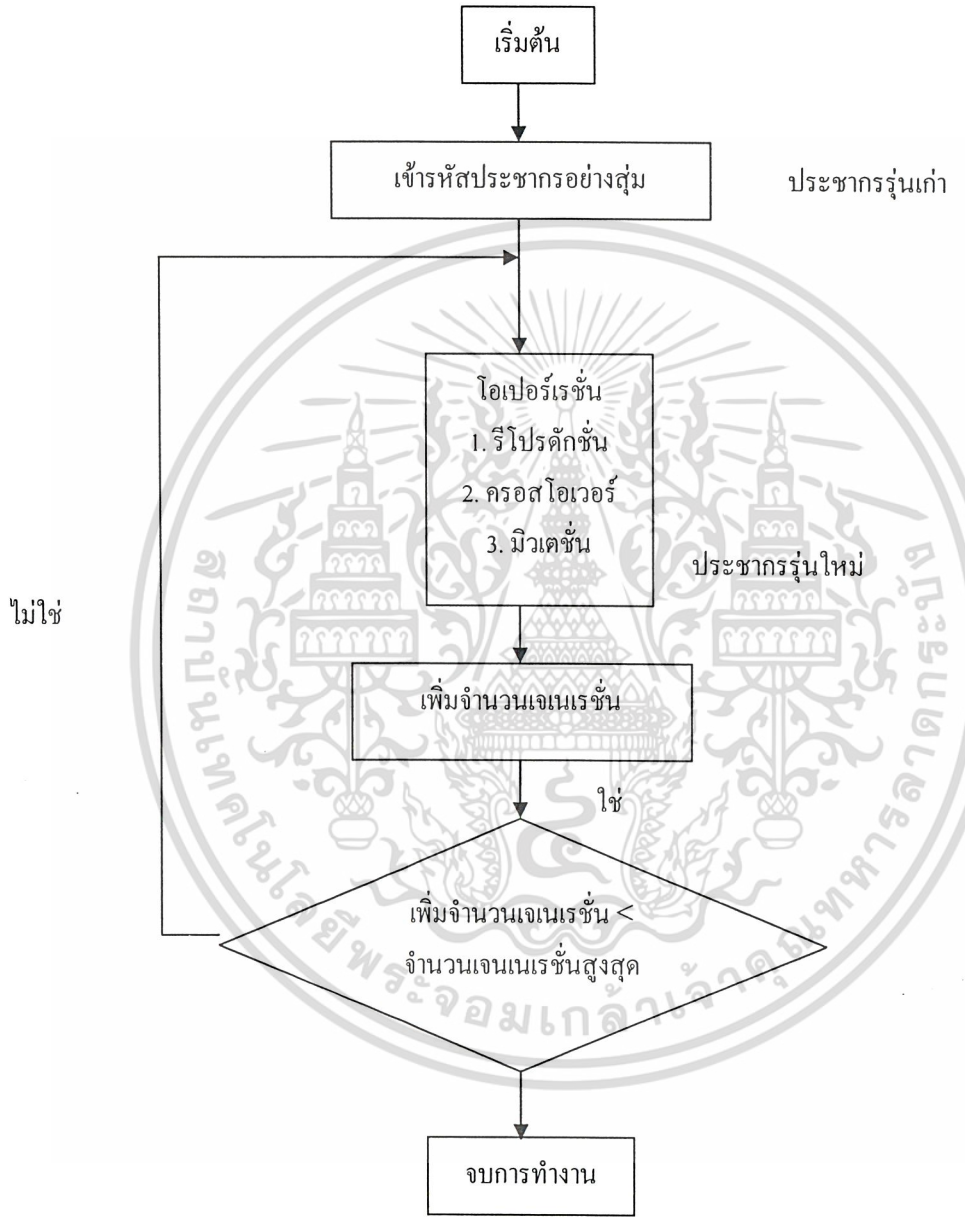
2 เจเนติกอัลกอริทึมเป็นการค้นหาจากทั้งประชากรไม่ใช่ค้นหาเพียงตำแหน่งเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 เจเนติกอัลกอริทึมใช้ข่าวสารที่เป็นผลลัพธ์ (ฟังก์ชั่นเป้าหมาย) โดยไม่ใช้การอนุพันธ์หรือความรู้อื่นๆ

4 เจเนติกอัลกอริทึมจะเป็นวิธีแบบความน่าจะเป็นไม่ใช่ดีเทอร์มินีสติก

2.7 เจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย



รูปที่ 2-3 ขั้นตอนของเจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย

ขั้นตอนการทำงานของเจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย (Simple Genetic Algorthms : SGA) ดังแสดงรูปที่ 2-3 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

อัลกอริทึมของเจเนติกอัลกอริทึม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
BEGIN
    t : = 0;
    // สร้างประชากรโครโมโซมต้นกำเนิดโดยการสุ่ม
    Initialpopulation 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 ซึ่งมีวิธีการเข้ารหัสนี้ขึ้นอยู่กับรูปแบบของปัญหาแต่ละปัญหาสำหรับเจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่ายใช้การ เข้ารหัสแบบไบนารี (Binary Coding)

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

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

01101

11000

01000

10011

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าสตริงของประชากรเริ่มต้นนี้เกิดจากการสุ่มค่าทั้งหมด 20 ครั้ง สตริงแต่ละตัวทำการสุ่ม 5 ครั้ง

2 ประชากรกลุ่มรุ่นเก่า (Old Population) ประชากรรุ่นเก่า คือ สตริงที่จะถูกคัดเลือก ไปเป็นต้นแบบสำหรับสร้างประชากรรุ่นใหม่ (New Population) โดยประชากรรุ่นเก่าชุดแรกคือ ประชากรเริ่มต้นนั่นเอง

3 การดำเนินการของเจเติกอัลกอริทึมอย่างง่าย ประกอบไปด้วยตัวปฏิบัติการ 3 อย่างคือการรีโปรดักชั่น การครอสโอเวอร์ และการมิวเตชั่น ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

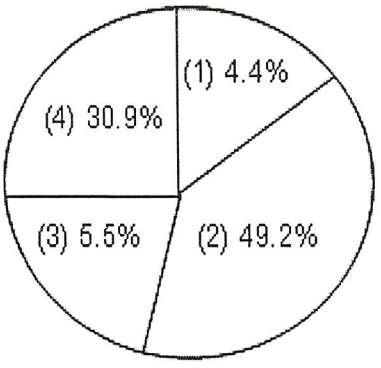
3.1 รีโปรดักชั่น (Reproduction) คือกระบวนการที่สตริงแต่ละตัวเลียนแบบ ค่าฟังก์ชั่นเป้าหมาย f(x) โดยที่ฟังก์ชั่นนี้อาจเป็นการวัดผลตอบแทนค่าอรรถประโยชน์หรือ สิ่งที่ต้องการให้เป็นค่าสูงสุดหรือค่าความเหมาะสม (Fitness) สตริงที่มีความเหมาะสมสูงกว่า ก็จะมีความน่าจะเป็นในการสนับสนุนลูกหลานรุ่นต่อไปสูงด้วยตัวปฏิบัติการนี้เกิดขึ้นจากกระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติตามทฤษฎีผู้อยู่รอดที่มีความเหมาะสมในธรรมชาติจะมีความสามารถในการรอดพ้นจากผู้ล่า โรคภัยไข้เจ็บ อุปสรรคอื่นๆ ที่ต่อต้านการเจริญเติบโต เป็นผู้ใหญ่และสามารถ สืบพันธ์ต่อไปได้ ส่วนฟังก์ชั่นเป้าหมายจะเป็นสิ่งที่ใช้พิจารณาว่าสตริง ที่สร้างขึ้นจะชีวิตอยู่หรือตายจากไป ตัวปฏิบัติการการรีโปรดักชั่นสามารถสร้างขึ้นได้หลายวิธี วิธีที่ง่ายวิธีหนึ่งคือสร้างจากวงล้อรูลเล็ทที่มีจำนวนช่องเท่ากับจำนวนประชากรสตริงและขนาดของช่องก็เป็นสัดส่วนกับ ค่าความเหมาะสม ดังรูปที่ 2-4 และค่าความเหมาะสมของฟังก์ชั่นเป้าหมายของประชากรแสดงในตารางที่ 2-2

ค่าความเหมาะสมทั้งหมดโดยรวมจะได้เท่ากับ 1170 และค่ารายละเอียดต่างๆ จะแสดง ดังตารางที่ 2-2 แสดงถึงวงล้อรูลเล็ทสำหรับการรีโปรดักชั่นซึ่งสร้างจากสัดส่วนของค่า ความเหมาะสมของสตริงทั้งหมด เช่นสตริงหมายเลข 1 มีค่าความเหมาะสมเป็นรีโปรดักชั่น จะหมุนวงล้อเป็น 169 หรือ 14.4% (169/1170) ของค่าความเหมาะสมโดยรวมของทั้งประชากร ในการทำการรีโปรดักชั่นจะหมุนวงล้อเป็นจำนวน 4 ครั้งหรือเท่ากับจำนวนสตริง เช่นสตริงหมายเลข 1 มีค่าเป็น 169 คิดเป็น 14.4% ของค่าความเหมาะสมทั้งหมด ดังนั้นเมื่อหมุนรูลเล็ท 1 ครั้งก็จะมีความน่าจะเป็นที่ถูกเลือกเท่ากับ 0.144 ในการหมุนรูลเล็ทแต่ละครั้งจะได้ตัวแทน ในการสืบพันธุ์ (Reproduction Candidate) สตริงที่มีความเหมาะสมสูงจะถูกคัดเลือกสำหรับการสืบพันธุ์ การรีโปรดักชั่นสำหรับสตริงลูกหลานในรุ่นต่อไปเมื่อสตริงมีรูปร่างที่แน่นอนแล้วก็จะถูกส่งไปเข้าเมทติ้งพูล เพื่อที่จะผ่านกระบวนการของตัวปฏิบัติการอื่นต่อไป

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-4 การรีโปรดักชั่นอย่างง่ายด้วยวิธีการใช้วงล้อรูลเล็ท
ที่มีขนาดของแต่ละช่องเป็นสัดส่วนกับค่าความเหมาะสม

⊙3.2 กระบวนการของการครอสโอเวอร์ (Crossover) จะกระทำหลังจากประชากร ทั้งหมดผ่านกระบวนการรีโปร ดักชั่นแล้วจะทำการจับคู่สมาชิกในเมทติ้งพูลหรือกลุ่มประชากร ทั้งหมดอย่างสุ่มและทำการไขว้สลับค่าที่อยู่หลัง ตำแหน่งที่เลือกไว้จากการสุ่มหรือทำการ แลกเปลี่ยนส่วนกัน

รูปที่ 2-5 การครอสโอเวอร์อย่างง่ายเพื่อให้เห็นถึงการเปลี่ยนสตริง
และการแลกเปลี่ยนข่าวสาร โดยเลือกตำแหน่งไขว้แบบสุ่ม

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

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

$A_1 = 01100$
$A_2 = 11001$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

⊙3.4. ประชากรรุ่นใหม่ (New Population) สตริงทั้งหมดที่ได้จากกระบวนการของเจเนติก อัลกอริทึม เรียกว่าประชากรรุ่นใหม่หรือเจนเนอเรชั่น (Generation) รุ่นใหม่ซึ่งจะกลายเป็น ประชากรรุ่นเก่าสำหรับการดำเนินการต่อไป กระบวนการของเจเนติกอัลกอริทึมจะทำซ้ำไปเรื่อยๆ จนกว่าเจนเนเรชั่นจะมากกว่าจำนวนเจนเนอเรชั่นที่กำหนดไว้สูงสุด

Surech (1995) ได้พิจารณาถึงการหาขนาดของประชากรจากอัตราส่วนของวิธีการ ที่ทั้งหมดของคำตอบที่เป็นไปไม่ได้ และอัตราส่วนของวิธีการที่ทั้งหมดของคำตอบที่เป็นไปได้

$$\lim_{n\to\infty}\frac{n^n}{n!}\approx\lim_{n\to\infty}\frac{(2\pi)\left(\frac{n}{e}\right)^n}{n^n} \qquad (2\text{-}1)$$

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

จากสมการที่ 2-1 ให้

n คือ ขนาดของปัญหา

n! คือ จำนวนวิธีการที่จัดเรียงหรือจำนวนวิธีการจัดเรียงที่เป็นไปได้

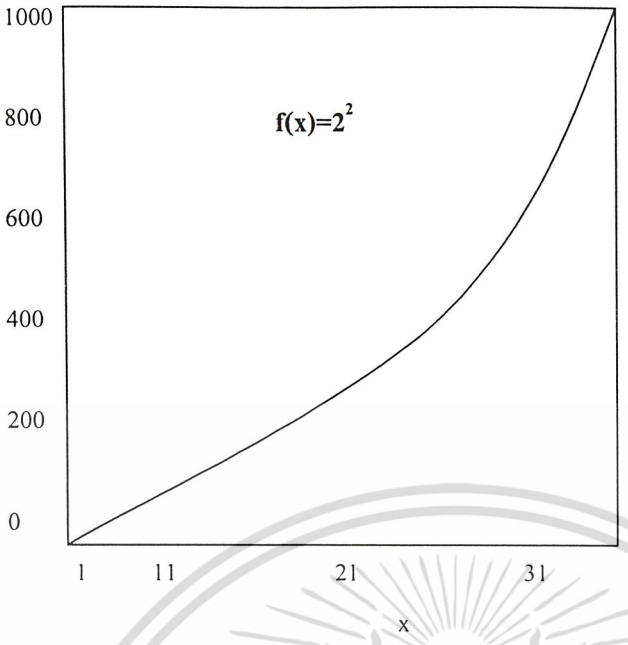
n^n คือ จำนวนวิธีการที่จัดเรียงหรือจำนวนวิธีการจัดเรียงทั้งหมด

สามารถสรุปได้ว่าความน่าจะเป็นของในการสร้างประชากรคำตอบอย่างสุ่ม จะมีค่าเป็นศูนย์เมื่อ 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 คำตอบที่ดีการกำหนดจำนวนประชากรเริ่มต้นและจำนวนของการเจนเนเรชั่นทั้งหมดจึงมีผล ในการหาคำตอบ

2.8 ตัวอย่างการใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการหาคำตอบของฟังก์ชั่น

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-6 ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ $f(x) = x^2$

วิธีการทำเริ่มจากเลือกประชากรแรกขึ้นมาอย่างสุ่ม โดยประชากรเริ่มแรกจะได้มาจากการโยนเหรียญ 20 ครั้ง จากตาราง 2-3 จะเห็นได้ว่าสตริงหมายเลข 3 ซึ่งมีค่าเป็น 01000 (นำมาเข้าแปลงเป็นเลขฐานสิบ คือ 23 = 8) จากนั้นก็จะแปลงให้อยู่ในฟังก์ชั่นเป้าหมาย f(x) = x2 จะได้ค่าเป็น 64 สำหรับค่า x และ f(x) อื่นๆ ก็คิดในลักษณะเดียวกัน

ตารางที่ 2-3 การคำนวณหาคำตอบของ SGA กับฟังก์ชั่น $f(x) = x^2$

(ก) การสุ่มสตริงเริ่มต้นและการรีโปรดักชั่น

หมายเลขสตริง	ประชากรเริ่มต้น (สร้างแบบสุ่ม)	ค่า x (Unsigned Integer)	$f(x)=x^2$	Pselect $f_i / \sum f$	Expected Count $f_i/\overline{f}$	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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(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 = 0 ตำแหน่งที่ไขว้ คือ 1, HH = 11_2 = 3 = ตำแหน่งไขว้ คือ 4)
4. ความน่าจะเป็นของครอสโอเวอร์กำหนดให้เป็นหนึ่ง $p_c = 1.0$
5. ความน่าจะเป็นของมิวเตชั่นเป็น 0.001, Pm = 0.001 Expected 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 ไม่ได้รับการคัดเลือก ไปยังรุ่นต่อไปเลย เมื่อเปรียบเทียบจำนวนครั้งที่ถูกคัดเลือกที่คาดหวังหรือ Expected Count (หาได้จาก $f_i / \bar{f}$) 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 สตริงที่เหลือมีเมทติ้งพูลจะทำการไขว้กันในตำแหน่งที่สอง ดังแสดง ในตารางที่ 2-3 (ข)

ตัวปฏิบัติการสุดท้าย คือมิวเตชั่นซึ่งจะเปลี่ยนค่าเป็นบิทต่อบิท สมมุติความน่าจะเป็น ของการมิวเตชั่นในการทดสอบเป็น 0.001 ตำแหน่งที่จะเปลี่ยนแปลงทั้งหมดมี 20 บิท (ได้จากจำนวนสตริง × จำนวนบิทของสตริงแต่ละตัว $5 \times 4 = 20$) เพราะฉะนั้นตำแหน่งบิทที่จะมิวเตชั่น ของประชากรรุ่นนี้คือ $20 \times 0.001 = 0.002$ บิท จากการคำนวณจะเห็นได้ว่าไม่มีบิทใด ต้องทำการมิวเตชั่นสำหรับค่าความน่าจะเป็นนี้ นั่นก็คือไม่มีบิทใดที่จะต้องเปลี่ยนค่าจาก 1 เป็น 0 หรือ 0 เป็น 1 สำหรับประชากรรุ่นนี้ แต่สมมุติว่าถ้าตำแหน่งบิทที่จะมิวเตชั่นของประชากร รุ่นนี้คือ 5 ดังนั้นตำแหน่งบิทที่ 5 จะต้องทำการเปลี่ยนค่าจาก 0 เป็น 1 หรือ 1 เป็น 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากผ่านการรีโปรดักชั่น ครอสโอเวอร์และมิวเตชั่นประชากรรุ่นใหม่ก็พร้อมที่จะถูกทดสอบโดยทำการเข้ารหัสสตริงใหม่คำนวณหาค่า X และค่าฟังก์ชั่น f(x) ตารางที่ 2-3 (ข) แสดงถึงผลจากการทดลองจะเห็นได้ว่ากระบวนการที่เกี่ยวข้องกับความน่าจะเป็นทำให้ค่าสมรรถนะดีขึ้น ค่าความเหมาะสมของประชากรโดยเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 293 เป็น 439 ในขณะที่ค่าความเหมาะสมสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 576 เป็น 729 ถึงแม้ว่ากระบวนการสุ่มจะช่วยทำให้ค่าต่างๆ สูงขึ้น แต่ค่าต่างๆ ที่เพิ่มขึ้นเหล่านี้ไม่ใช่ความบังเอิญ ค่าสตริงที่ดีที่สุดของประชากรเริ่มแรกคือ (11000) จะมีการเลียนแบบสองครั้งเนื่องจากเป็นค่าที่สูงเกินกว่า ค่าเฉลี่ยเมื่อรวมกับค่าสตริงตัวต่อไป(10011) แบบสุ่มและแบบทำการไขว้แบบสุ่มในตำแหน่ง ที่สองก็จะได้ผลลัพธ์เป็น (11011) ซึ่งก็จะเป็นค่าที่ดีเช่นกัน

ค่าพารามิเตอร์ของเจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่ายนั้นจะมีความสำคัญเป็นอย่างมากค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ในบางครั้งจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนไปตามรูปแบบของปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบที่ดี แต่บางครั้งก็ไม่อาจที่จะหาคำตอบที่ดีได้เนื่องจาก (Michalewicz, 1992)

1. การเข้ารหัสของปัญหาผิดพลาด ทำให้เจเนติกอัลกอริทึมหาคำตอบผิดพลาด
2. ขีดจำกัดของจำนวนประชากร ในทางทฤษฎีแล้วมีค่าเป็นอนันต์
3. ขีดจำกัดของจำนวนเจนเนอเรชั่น ในทางทฤษฎีแล้วมีค่าเป็นอนันต์

ค่าพารามิเตอร์ของเจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่ายมีความสำคัญอย่างมากค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ในบางครั้งจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนไปตามรูปแบบของปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบที่ดี

2.9 สรุปทฤษฎีเจเนติกอัลกอริทึม

เจเนติกอัลกอริทึม เป็นวิธีการค้นหาคำตอบวิธีหนึ่งโดยมีพื้นฐานจากกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติ ข้อดีของเจเนติกอัลกอริทึมเมื่อเปรียบเทียบกับการค้นหาแบบอื่น คือมีความคงทนต่อความไม่เที่ยงตรงแม่นยำและความไม่แน่นอนหรือคลุมเคลือของปัญหาและสามารถควบคุมได้ โดยมีความน่าเชื่อถือและค่าใช้จ่ายต่ำ

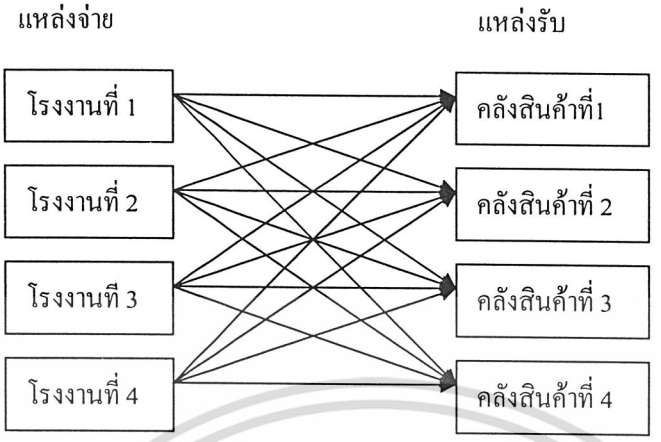
วิธีการค้นหาของเจเนติกอัลกอริทึมจะแตกต่างกับวิธีการค้นหาและการคำตอบที่เหมาะสม (Optimization) แบบอื่นๆ คือ

1 เจเนติกอัลกอริทึมจะใช้งานโดยการเข้ารหัสสตริงเป็นชุดพารามิเตอร์
2 เจเนติกอัลกอริทึมเป็นการค้นหาจากทั้งประชากรไม่ใช่เพียงตำแหน่งๆ เดียว
3 เจเนติกอัลกอริทึมจะใช้ข่าวสารที่เป็นผลลัพธ์ (ฟังก์ชั่นเป้าหมาย) โดยไม่ใช่อนุพันธ์หรือความรู้อื่นๆ
4 เจเนติกอัลกอริทึมจะเป็นวิธีที่ใช้ความน่าจะเป็นไม่ใช่ดีเทอร์มินิสติก โอเปอร์เรเตอร์ต่างๆ ของเจเนติกอัลกอริทึมได้แก่รีโปรดักชั่นคือกระบวนการคัดเลือกสตริงที่มีความเหมาะสมสูง เพื่อคำตอบเริ่มต้นให้กับประชากรรุ่นต่อไป โดยอาศัยทฤษฎีของชาร์ลดาร์วินที่ว่าสิ่งมีชีวิต ที่แข็งแรงกว่ามีโอกาสอยู่รอดในสภาวะนั้นๆ 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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 ทฤษฎีทางด้านการแก้ปัญหาการขนส่ง



รูปที่ 2-7 ปัญหาการขนส่ง

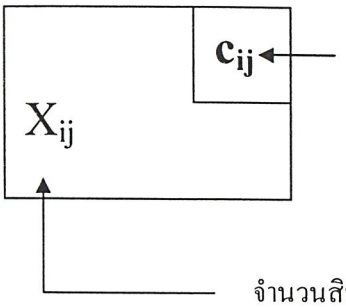
ตารางที่ 2-4 ตารางปัญหาการขนส่ง

แหล่งปลายทาง (คลังสินค้า) / แหล่งต้นทาง (โรงงาน)		1	2	จำนวนสินค้าของแหล่งต้นทาง
i	1	C_{11} X_{11}	C_{12} X_{12}	a_1
	2	C_{21} X_{21}	C_{22} X_{22}	a_2
ความสามารถในการเก็บของแหล่งปลายทาง		b_1	b_2	a_i / b_j

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

โดยที่ $\sum_{i=1}^{2} a_1 = \sum_{j=1}^{2} b_j$ และเรียก



ค่าขนส่งต่อหน่วยที่อยู่ในแถวนอนที่ i และแถวตั้งที่ j ซึ่งเรียกว่าเซลล์(i,j) หรือ cell (i,j)

จำนวนสินค้าที่จะส่งจากแหล่งต้นทางที่ I ไปยังแหล่งปลายทางที่ j

2.10.1 การตั้งผลลัพธ์เบื้องต้น จะมีหลายวิธีที่แตกต่างกันแต่ที่นิยมใช้จะมีอยู่ 3 วิธีคือ

2.10.1.1 <u>วิธีกฎมุมตะวันตกเฉียงเหนือ</u>

การตั้งผลลัพธ์ด้วยวิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดโดยจะพิจารณาเฉพาะด้านจำนวนสินค้าเท่านั้น จึงทำให้รวดเร็วกว่าวิธีอื่น สรุปขั้นตอนการตั้งผลลัพธ์ของวิธีกฎมุมตะวันตกเฉียงเหนือ ได้ดังนี้

1. เริ่มการคำนวณที่ช่องมุมบนซ้ายมือ คือ ช่องที่ (1,1)
2. กำหนดค่า $X_{1,1} = \min(a_1, b_1)$
3. หักค่า X_{ij} ที่จัดสรรออกจาก a_i และ b_j
4. ถ้าค่า a เหลือให้ไปจัดสรรช่องขาวมือ และถ้าค่า b เหลือให้เลื่อนไปจัดสรรช่องว่าข้างล่าง
5. กำหนดค่า $X_{ij} = \min(a_i, b_j)$
6. กลับไปทำข้อ 3

2.10.1.2 <u>วิธีประมาณการของโวเกล</u>

เป็นการตั้งผลลัพธ์ที่มีการคำนวณยุ่งยากกว่าวิธีการอื่นๆ มากที่สุดเนื่องจากเป็นวิธีการที่นำเอาค่าใช้จ่ายในการขนส่งทุกๆโรงงานเข้ามาพิจารณาร่วมกัน สรุปขั้นตอนการตั้งผลลัพธ์ของวิธีประมาณการของโวเกลได้ดังนี้

1. คำนวณค่าที่แตกต่างระหว่างค่าใช้จ่ายสองตัวที่ต่ำที่สุดของแต่ละแถว และแต่ละหลัก
2. เลือกแถวหรือหลักที่มีค่าแตกต่างสูงที่สุด
3. เลือกค่าใช้จ่ายต่ำสุดในแถวหรือหลักที่เลือกไว้
4. กำหนดค่า $X_{ij} = \min(a_i, b_j)$ ลงในช่องที่เลือกไว้
5. ตัดแถวหรือหลักที่จัดสรรค่า a_i หรือ b_j ที่หมดแล้วออกไป
6. กลับไปทำข้อที่ 1

2.10.1.3 <u>วิธีค่าใช้จ่ายต่ำสุด</u>

เป็นวิธีที่มีเป้าหมายที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด

สรุปขั้นตอนการตั้งผลลัพธ์ของวิธีค่าใช้จ่ายต่ำสุดได้ดังนี้

1. เลือกเซลล์ (i, j) ที่มีค่าขนส่งต่อหน่วยต่ำที่สุด $C_{(i,j)}$ แล้วให้ $x_{(i,j)}$ มีค่ามากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ คือให้ $x_{(i,j)} = \min(a_i, b_j)$
2. ตัดแถวที่ไม่มีสินค้าเหลืออยู่ออก และหลักที่ไม่สามารถรับสินค้าได้ออกด้วยเช่นกัน

61900

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. จากเซลล์ที่เหลือให้เลือกเซลล์ที่มีค่า $C_{(i,j)}$ ต่ำที่สุด แล้วให้ค่า $x_{(i,j)}$ มีค่ามากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้โดยพิจารณาค่า a_i และ b_j ที่เหลืออยู่แล้วย้อนกลับไปในขั้นที่ 2 จนไม่สามารถหาค่าได้อีกแล้ว (หรือส่งสินค้าจากแหล่งต้นทางหมดแล้ว และปลายทางได้รับสินค้าครบแล้ว)

2.10.2 การพัฒนาผลลัพธ์

การพัฒนาผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 2.10.1 จะมีวิธีที่นิยมอยู่ 2 วิธีคือ

2.10.2.1 <u>วิธีการโมได</u>มีขันตอนดังนี้

1. ตรวจสอบตัวแปรมูลฐาน หรือจำนวนช่องที่มีตัวเลขให้มีค่าเท่ากับ m + n - 1 ตัว
2. กำหนดค่า R_i เป็นตัวเลขประจำแถวที่ i และกำหนดให้ K_j เป็นตัวเลขประจำหลักที่ j พิจารณาเฉพาะช่องที่มีตัวเลขแล้วคำนวณค่า R_i และ K_j จากสมการ $R_i + K_j = C_{ij}$ โดยกำหนดให้ $R_1 = 0$
3. คำนวณค่าดัชนีพัฒนาการ (Improvement Index, E_{ij}) ของช่องว่างทุกช่อง เพื่อตรวจสอบว่าถ้ามีการขนส่งในช่องนั้นจะมีผลต่อค่าใช้จ่ายรวมในการขนส่งอย่างไร โดยใช้สมการ $E_{ij} = C_{ij} - R_i - K_j$
4. ถ้าค่า E_{ij} มากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ ($E_{ij} \geq 0$) หมดทุกค่าแล้ว แสดงว่าถ้าขนส่งในช่องที่ว่างอยู่นั้นจะเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่าย (กรณีค่า E_{ij} เป็นบวก) หรือทำให้ค่าใช้จ่ายรวมไม่เปลี่ยนแปลง (กรณีค่า E_{ij} เป็น 0) แสดงว่าผลลัพธ์ที่มีอยู่นั้นเป็นค่าที่เหมาะสมแล้ว ถ้ายังมีค่า E_{ij} บางค่าเป็นลบ แสดงว่าถ้ามีการขนส่งในช่องว่างนั้นจะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งลงได้ ให้เลือกช่องว่างที่มีค่า E_{ij} เป็นลบมากที่สุด
5. หาจำนวนหน่วยที่จะปรับปรุง
6. ปรับปรุงตารางเพื่อพัฒนาผลลัพธ์ใหม่
7. กลับไปทำข้อ 1

2.10.2.2 <u>วิธีการบันไดหิน</u>

เป็นวิธีที่ปรับผลลัพธ์เบื้องต้นให้เป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยพิจารณาเลือกตัวแปรเข้า basis ที่ทำให้ค่าขนส่งรวมลดลงมากที่สุด โดยมีเป้าหมายที่จะทำให้ค่าขนส่งรวมต่ำสุด ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. คำนวณหาผลลัพธ์เบื้องต้น โดยให้มีตัวแปรพื้นฐาน = จำนวนแหล่งต้นทาง + จำนวนแหล่งปลายทาง - 1*
2. ตรวจสอบผลลัพธ์เบื้องต้นว่าเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุดหรือยัง โดยการสร้างลูพปิดสำหรับเซลล์ไม่พื้นฐานทุกเซลล์ และให้เครื่องหมายบวก (+) สำหรับเซลล์ไม่พื้นฐานซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นนั้น จุดยอดถัดไปจะเป็นลบ (-) และต่อมาเป็นบวก (+) สลับเครื่องหมายกันไปจนครบลูพ และค่าของแต่ละจุดยอดคือ ค่าขนส่งต่อหน่วย (c_{ij}) ของเซลล์นั้น ค่า c_{ij} * ของเซลล์ไม่พื้นฐาน (i, j) ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของลูพปิดแต่ละลูพจะเป็นผลบวกของเครื่องหมายของแต่ละจุดยอดคูณกับ ค่า c_{ij} (ค่าขนส่งต่อหน่วย) ของแต่ละจุดยอดในลูพปิดนั้น คำนวณหาค่า c_{ij} * ของเซลล์ไม่พื้นฐานทุกเซลล์ ถ้าค่า c_{ij} * ทุกค่าเป็นบวกแสดงว่าผลลัพธ์ที่ได้เป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุดแล้ว แต่ถ้ายังมีค่า c_{ij} *เป็นลบ แสดงว่าสามารถลดค่าขนส่งรวมลงไปได้อีก จึงต้องทำต่อไปขั้นที่ 3
3. เลือกตัวแปรเข้า basis โดยการเลือกเซลล์หรือตัวแปรที่ทำให้ค่าขนส่งรวมลดลงเร็วมากที่สุด นั่นคือการเลือกเซลล์หรือตัวแปรที่มีค่า c_{ij} * ที่มีค่าติดลบมากที่สุดเข้า basis ในกรณีที่มีตัวแปรที่มีค่า c_{ij} * ถ้ามีค่าลบมากที่สุดเท่ากันตั้งแต่ 2 ค่าขึ้นไป เลือกตัวแปรใดก็ได้เข้า basis
4. เลือกตัวแปรออกจาก basis โดยการพิจารณาข้อจำกัดทั้งทางด้านแหล่งต้นทางและแหล่งปลายทาง แล้วกลับไปทำขั้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 การทดสอบค่าเฉลี่ยตัวประชากร (กรณีข้อมูลแบบคู่)

ในการตัดสินใจให้มีความถูกต้องมากที่สุดสำหรับกรณีศึกษานี้ จะทำการเปรียบเทียบข้อมูลเป็นคู่ๆ โดยในแต่ละคู่จะทำการศึกษาภายใต้การแปรเปลี่ยนอิทธิพลที่ต้องการศึกษา ซึ่งในที่นี้คือ ขนาดของปัญหาและค่าใช้จ่ายในการขนส่งของแต่ละเส้นทาง ซึ่งทางสถิติจะเรียกการทดสอบแบบนี้ว่า "การบล็อก (Blocking)" โดยในที่นี้บล็อกจะหมายถึงวิธีการคำนวณแต่ละวิธีที่ทำการทดสอบและเรียกการทดสอบแบบนี้ว่า "การทดสอบแบบ T แบบคู่ (Paired – t Test)"

กำหนดให้ข้อมูลที่ศึกษามีลักษณะเป็นคู่ๆ คือ (X_1 , Y_1) , (X_2 , Y_2),... (X_n , Y_n) จากทฤษฎีผลรวมเชิงเส้นตรงของตัวแปรสุ่มแบบปกติ จะได้ผลว่า D = X-Y จะทำการทดสอบภายใต้สมมติฐาน ดังนี้คือ

$$H_0 : \mu_D \leq 0$$
$$H_1 : \mu_D > 0 \qquad (4\text{-}1)$$

ภายใต้สมมติฐานที่เป็นจริง จะได้ตัวสถิติทดสอบว่า

$$t = \frac{\overline{D}}{S_D/\sqrt{n}} \qquad (4\text{-}2)$$

โดยที่ $$\overline{D} = \frac{\sum_{i=1}^{n} D_i}{n} \qquad (4\text{-}3)$$

และ $$s^2{}_D = \frac{\sum_{i=1}^{n} D_i{}^2 - (\sum_{i=1}^{n} D_i)^2/n}{n-1} \qquad (4\text{-}4)$$

เมื่อ X และ Y คือวิธีการหาคำตอบโดยใช้วิธีเจเนติกอัลกอริทึมร่วมกับวิธีการทางฮิวริสติก กับวิธีการทางเจเนติกอัลกอริทึมอย่างเดียวที่นำมาเปรียบเทียบกัน กฎการตัดสินใจ จะปฏิเสธ H_0

คือ $d[\overline{D}] =$ $$H_0 : \mu_D = 0; \overline{D} \geq -t_{\alpha,n-1}\frac{S_D}{\sqrt{n}}$$
$$H_1 : \mu_D < 0; \overline{D} < -t_{\alpha,n-1}\frac{S_D}{\sqrt{n}} \qquad (4\text{-}5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3
การออกแบบและวิธีการดำเนินงาน

เจเนติกอัลกอริทึมถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา เพื่อหาค่าที่เหมาะสมต่างๆ เช่นการ วางผังโรงงาน (ชนะ, 1998) การจัดสมดุลของสายการประกอบซึ่งมีรูปแบบปัญหาต่างกันออกไป (Kim, et al., 1996) รวมทั้งการจัดตารางการผลิต (Reeves, 1995) และโดยส่วนมากแล้วเจเนติกอัลกอริทึมจะมีโครงสร้างหลักที่คล้ายคลึงกันตามรูปแบบของเจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย คือ มีการเข้ารหัสและสร้างประชากรเริ่มต้น การรีโปรดักชั่น การครอสโอเวอร์ และการมิวเตชั่น แต่อย่างไรก็ตามเจเนติกอัลกอริทึมที่ใช้แต่ละปัญหาก็มีรายละเอียดปลีกย่อยในโครงสร้างหลักที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับความเหมาะสมต่อรูปแบบของปัญหานั้นๆ

จะประกอบด้วยขั้นตอนของการดำเนินการทำวิจัยดังนี้

1. ศึกษาถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ออกแบบโครงสร้างของเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิต
3. กำหนดตัวแปรที่ต้องใช้ในการจัดตารางการผลิต

3.1 ตัวแปรเข้า (Input Variables) หมายถึง ข้อมูลที่นำไปใช้ในการคำนวณเพื่อกำหนดตารางการการขนส่งซึ่งได้แก่ รายละเอียดของการขนส่ง เช่น จำนวนแหล่งผลิตจำนวนที่ผลิตได้ในแต่ละแหล่งผลิต และจำนวนแหล่งรับสินค้า จำนวนที่ต้องการของในแต่ละแหล่งรับสินค้า ค่าใช้จ่ายในแต่ละเส้นทาง ค่าเปอร์เซนต์การครอสโอเวอร์ (Crossover) และเปอร์เซนต์การมิวเตชั่น (Mutation) และจำนวนเจนเนอเรชั่นของประชากรที่สร้างสูงสุด (Max Generation)

3.2 ผลที่ได้รับ (Output) หมายถึง เป็นส่วนที่แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรมเจเนติกอัลกอริทึม ซึ่งประกอบด้วย ปริมาณที่ใช้ในการขนส่งแต่ละเส้นทาง และค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียเมื่อทำการขนส่งตามเส้นทางนั้น

3.1 การวางแผนดำเนินงาน

3.1.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1.1.1 <u>ทฤษฎีที่ทำการศึกษา</u>

1. อัลกอริทึม
2. ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับ GA
3. ศึกษาการเขียนโปรแกรมด้วย Matlab
4. ศึกษาการเขียนโปรแกรมด้วย ภาษา C

3.1.1.2 <u>หัวข้องานวิจัยที่ทำการศึกษา</u>

1. การประยุกต์ใช้กับกับการจัดสมดุลสายการประกอบ
2. การประยุกต์ใช้กับการวางผังโรงงาน

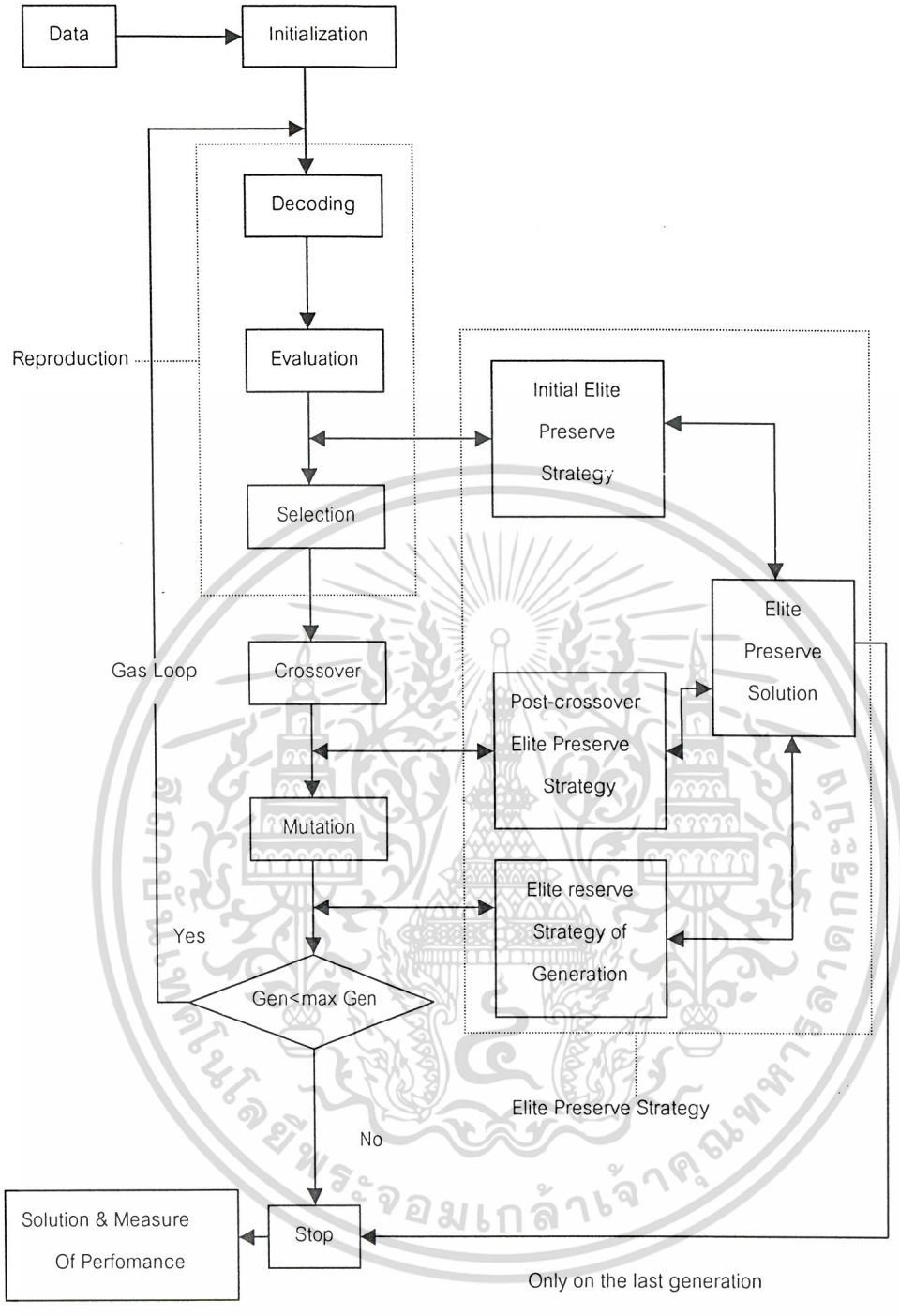
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 โครงสร้างของเจนติกอัลกอริทึม

โครงสร้างหลักประกอบ 5 ส่วนคือ

1. การรับข้อมูล (Data Input) รับข้อมูลเข้าต่างๆ ซึ่งได้แก่ ข้อมูลที่นำไปใช้ในการคำนวณเพื่อกำหนดตารางการขนส่งซึ่งได้แก่จำนวนของแหล่งจ่าย ปริมาณที่จะสามารถจ่ายได้จากแหล่งจ่ายแต่ละแหล่ง จ่ายจำนวนของแหล่งรับ ปริมาณที่จะสามารถรับได้ได้ของแหล่งรับแต่ละแหล่งค่าใช้จ่ายต่อชิ้นของแต่ละเส้นทางแต่ละเส้นทาง เปอร์เซนต์การครอสโอเวอร์ เปอร์เซนต์การมิวเตชั่น จำนวนประชากรเบื้องต้น จำนวนรอบการค้นหา
2. กาะสร้างประชากรเริ่มต้น (Representation & Initialization) นำข้อมูลต่างๆ มาสร้างคำตอบเบื้องต้นแบบสุ่มจำนวนประชากร (Popsize) ตัวโดยผ่านกระบวนการใส่รหัสคำตอบ (Representation) และการสร้างประชากรเบื้องต้น (Initial Poulation)
3. การถอดรหัส (Decoding) นำรหัสคำตอบของประชากรเบื้องต้นทุกตัวมาถอดรหัส คำตอบเพื่อให้ได้คำตอบที่สมบูรณ์และสามารถนำไปคำนวณหาค่าต่าง ๆ ที่ต้องการได้
4. การประเมินค่า (Evaluation) คำนวณหาค่าต่างๆ ที่ต้องการ เช่น เวลาของงานที่อยู่ในระบบแล้วนำค่าเหล่านี้ไปคำนวณหาค่าความเหมาะสม (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) วิธีการมิวเตชั่นคือการหาสตริงคำตอบที่มีด้วยความน่าจะเป็น ในการมิวเตชั่นเท่ากับ (Pm)
10. การเก็บค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากการมิวเตชั่น (Elite Preserve Strategy of Generation) หาค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากการมิวเตชั่นแล้วนำมาเปรียบเทียบกับการเก็บค่าคำตอบเบื้องต้น (Elite Preserve Solution) ที่มีอยู่ถ้าคำตอบที่ได้จากมิวเตชั่นดีกว่าก็ให้เก็บคำตอบนั้นเป็นการเก็บค่าคำตอบเบื้องต้น (Elite Preserve Solution) แทน แต่ถ้าการเก็บค่าคำตอบเบื้องต้นดีกว่า ก็ให้แทนที่คำตอบที่แย่ที่สุดจากการมิวเตชั่นด้วยการเก็บค่าคำตอบเบื้องต้น
11. จำนวนรอบของการทำงาน (GAs-loop) ดูว่าเจนเนอเรชั่นน้อยกว่าจำนวน เจนเนอเรชั่นสูงสุดหรือไม่ถ้าน้อยกว่าให้กลับไปทำข้อที่ 3 – 11 ถ้าไม่ ให้ทำข้อที่ 12
12. การหยุด (Stop) หยุดกระบวนการของเจเนติกอัลกอริทึม และนำค่าการเก็บค่าคำตอบเบื้องต้น Elite Preserve Solution มาเป็นคำตอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-1 แสดงโครงสร้างและวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึม

3.3 อัลกอริทึมของ GA ในการแก้ปัญหาการขนส่ง

ขั้นที่ 1. กระบวนการสร้างประชากรเบื้องต้น (Initial population)

Procedure initialization ;

Begin

Set all numbers from 1 to k×n as unvisited

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Repeat

Select an unvisited random number q

From 1 to k×n and set it as visited

Set (row) i = $\lfloor (q-1)/(k+1) \rfloor$

Set (column) j = $(q-1) \bmod (k+1)$

Set val = $\min(sour[i], dest[j])$

Set $v_{i,j} = val$

Set $sour[i] = sour[i] - val$

Set $dest[j] = dest[j] - val$

Until all numbers are visited

end

ขั้นที่ 2. กระบวนการครอสโอเวอร์ (Crossover)

If (random_no < Pc) then

Select (parent_1) using fitness rank distribution ;

Select (parent_2) using fitness rank distribution ;

Choose (crossover_point);

Crossover;

end

ขั้นที่ 3. กระบวนการมิวเตชั่น (Mutation)

if (random_no < Pm) then

Mutation ;

ขั้นที่ 4. กระบวนการการเก็บค่าคำตอบที่ดีที่สุด (Evaluation and selection)

evaluate (new_sequence);

select (old_sequence) from unfit_members;

delete (old_sequence) from population;

insert (new_sequence) into population;

End.

3.4 วิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมกับการแก้ปัญหาการขนส่ง

3.4.1 การใส่รหัสคำตอบ

ขั้นตอนแรกของ เจเนติกอัลกอริทึมคือการกำหนดรูปแบบของการใส่รหัสคำตอบ ซึ่งถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญและมีผลอย่างมากต่อขั้นตอนอื่นๆ คือการเปลี่ยนคำตอบของปัญหาให้อยู่ในรูปของสตริงคำตอบ (หรือที่เรียกว่า Chromosome) วิธีการใส่รหัสคำตอบมีทั้งแบบ Binary String และ Non-binary String ในกรณีของปัญหาการขนส่ง คำตอบของปัญหาคือจำนวนสินค้าที่ขนส่งในแต่ละเส้นทางดังนั้นวิธีการใส่รหัสคำตอบที่ใช้ จึงต้องสามารถแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนสินค้าที่ขนส่งในแต่ละเส้นทางในรูปของสตริงได้ วิธีการใส่รหัสคำตอบที่ใช้จึงควรเป็นแบบ Non-binary String

1 คำตอบ 1 คำตอบแทนด้วยสตริงคำตอบ 1 ตัวที่เรียกว่าโครโมโซม

2 ใน 1 โครโมโซมจะแบ่งเป็นหน่วยเล็กๆ ที่เรียกว่าบิทวางเรียงกันอยู่ จำนวนของบิทจะเท่ากับจำนวนของเส้นทางที่ใช้ในการขนส่งทั้งหมดที่ต้องถูกพิจารณา

3 ในแต่ละบิทจะมีค่าตัวเลขตั้งแต่ 1 ถึง m บรรจุอยู่ค่าหนึ่งค่านี้หมายถึงจำนวนที่ขนส่งในแต่ละเส้นทาง

⊙3.1 ตำแหน่งของบิทหมายถึงช่องที่ใช้ในการขนส่ง

⊙3.2 ตัวเลขในแต่ละบิทสามารถซ้ำกันได้

ตัวอย่างเช่น สตริงคำตอบของการขนส่งที่มีโครงสร้างเป็นเมตริก

$$\begin{vmatrix} 1 & 5 & 8 & 13 & 10 \\ 3 & 7 & 4 & 11 & 12 \\ 2 & 9 & 14 & 6 & 15 \end{vmatrix}$$

จะถูกแปลงเป็นโครงสร้างเชิงเส้น

[1 3 2 5 7 9 8 4 14 13 11 6 10 12 15]

จะได้ว่าใน 1 โครโมโซมมี 15 บิท หมายถึง การขนส่ง 15 เส้นทาง เส้นทางแรกที่จะนำสินค้าจำนวน 1 ชิ้น จากแหล่งจ่ายที่ 1 ไปส่งให้แหล่งจ่ายที่ 2 ดยแหล่งจ่ายที่ 1 จะสามารถจ่ายได้รวมทุกเส้นทางคือ 37 ชิ้น และแหล่งรับที่ 1 จะสามารถรับได้รวมทุกเส้นทางคือ 6 ชิ้นซึ่งเราจะให้หลักแทนแหล่งรับส่วนแถวแทนแหล่งจ่าย

3.4.2 การสร้างกลุ่มประชากรเบื้องต้น

การสร้างกลุ่ม ประชากรเบื้องต้น คือ การสร้างคำตอบเบื้องต้นขึ้นมาจำนวนหนึ่งเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการของเจเนติกอัลกอริทึมโดยคำตอบ 1 คำตอบคือประชากร 1 ตัว จำนวนของประชากรที่ต้องการสร้างนั้นเป็นพารามิเตอร์ตัวหนึ่งที่ต้องมีการกำหนด ซึ่งในที่นี้กำหนดให้เท่ากับจำนวนประชากร

สำหรับปัญหาการขนส่งประชากร 1 ตัว หมายถึงเส้นทางที่ใช้ในการขนส่งทั้งหมดและจำนวนที่ใช้ในการขนส่งในแต่ละเส้นทาง ดังนั้นการสร้างประชากร 1 ตัวจึงทำได้โดยการกำหนดช่องทางการขนส่งและกำหนดจำนวนชิ้นของสินค้าที่จะทำการขนส่งในช่องทางนั้นจาก 1 ชิ้นจนถึง m ชิ้นหรือชิ้นสุดท้าย (m คือจำนวนสินค้าทั้งหมดในช่องทางนั้น ๆ) ลงไปในแต่ละสตริงคำตอบจนครบทุกบิทและทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้ประชากรทั้งหมด Popsize ตัว

3.4.3 จำนวนประชากรเบื้องต้น

จากขั้นตอนการสร้างประชากรเบื้องต้นเป็นการสร้างประชากรเพียง 1 ตัวเท่านั้น แต่ในวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมจำเป็นที่จะต้องมีจำนวนประชากรมากกว่า 1 ตัว เพื่อให้สามารถดำเนินการตามวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมในขั้นต่อๆ ไปได้จำนวนประชากรเบื้องต้นจะเท่ากับจำนวนประชากรในแต่ละเจนเนอเรชั่น และเป็นพารามิเตอร์ตัวหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเจเนติกอัลกอริทึม การกำหนดจำนวนประชากรเบื้องต้น ที่เหมาะสมในที่นี้ให้ใช้จำนวนประชากรเท่ากับ Popsize ตัว

ประชากรเบื้องต้นทั้งหมดที่สร้างขึ้นจำนวน Popsize ตัวสามารถซ้ำกันในส่วนของคำตอบแต่ต้องไม่ซ้ำกันในส่วนของสตริงคำตอบ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความหลากหลายของคำตอบและเป็นการป้องกันไม่ให้คำตอบที่ได้จากวิธีของเจเนติกอัลกอริทึม ที่ใช้เป็นค่า Local Optimal นอกจากนี้การสร้างประชากรเบื้องต้นให้แตกต่างกันยังช่วยให้สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดจำนวนประชากรน้อยลงได้ ตัวอย่างการสร้างสตริงคำตอบเบื้องต้นของการขนส่ง จำนวน 10 ช่องทาง โดยแปลงลำดับที่ของช่องทางการขนส่งให้อยู่ในรูปแบบของสตริงเชิงเส้นโดยใช้วิธี การสุ่มจำนวน 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]

3.4.4 การถอดรหัสคำตอบ

คำตอบที่ปรากฏอยู่ในประชากรหรือสตริงคำตอบ ที่สร้างขึ้นยังเป็นคำตอบที่อาจจะเป็นคำตอบที่ดีที่สุดหรือไม่ก็ได้ ดังนั้นจึงต้องมีการสตริงคำตอบไปคำนวณค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ซึ่งเราจะเรียกขั้นตอนนี้ว่าการถอดรหัสคำตอบ แต่อย่างไรสตริงคำตอบที่เรามีสามารถบอกได้ แต่เพียงว่ามีค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่เกิดจากการใช้เส้นทางในสตริงคำตอบเป็นเท่าไร

สำหรับปัญหาการขนส่ง สามารถทำการถอดรหัสคำตอบได้ดังนี้

1. นำสินค้าจำนวน X ชิ้นจากแถวที่ i ไปส่งให้กับหลักที่ j
2. สินค้าจำนวน X ชิ้นที่ขนส่งในช่องทางที่ (i,j) เสียค่าใช้จ่ายเท่ากับ $X \times C_{(i,j)}$

ตารางที่ 3-1 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
ค่าใช้จ่ายรวมที่ใช้ในการขนส่ง (Total Cost)	13	10

จะเห็นว่าสตริงตัวอย่าง 2 ตัวมีลักษณะการเรียงที่แตกต่างกันจะให้ผลของคำตอบที่ต่างกัน การถอดรหัสคำตอบของสตริงที่มีลักษณะจำนวนที่ใช้ในการขนส่งในแต่ละช่องทางการขนส่งที่ต่างกันเมื่อนำมาผ่านกระบวนการถอดรหัสแล้วอาจให้คำตอบที่เป็นค่าใช้จ่ายรวมในการขนส่งที่เหมือนก็ได้

ในกรณีที่เป็นการถอดรหัสคำตอบของสตริงคำตอบที่ได้จากการครอสโอเวอร์หรือการ มิวเตชั่นก็ไม่จำเป็นต้องพิจารณาผลการถอดรหัสว่าให้คำตอบที่เหมือนกันหรือไม่

การถอดรหัสไม่เพียงแต่ให้คำตอบว่าจะส่งสินค้าในช่องทางไหนเท่านั้น แต่ยังบอกด้วยว่าในช่องทางนั้นจะส่งสินค้าจำนวนเท่าไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 การประเมินค่า

ก่อนที่จะเข้าสู่ขั้นตอนการคัดเลือกของเจเนติกอัลกอริทึม จำเป็นที่จะต้องมีการประเมินค่าประชากรแต่ละตัวเสียก่อนว่ามีความเหมาะสม มากหรือน้อยเพียงใด ความเหมาะสมนี้จะวัดจากค่าความเหมาะสมของสตริงคำตอบแต่ละตัว ตัวใดที่มีค่าความเหมาะสมมากก็หมายความว่ามีความเหมาะสมมากตามไปด้วย โดยที่ค่า ความเหมาะสมดังกล่าวหมายถึงค่าของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ที่เราต้องการทำให้ต่ำที่สุดหรือ สูงที่สุดนั่นเอง

ค่าฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ในที่นี้ คือค่าใช้จ่ายรวมในการขนส่ง

$$Total\_Cost = \sum_{j=1}^{n} X_{(i,j)} \times C_{(i,j)} \qquad (3\text{-}1)$$

โดยที่ $X_{(i,j)}$ คือ จำนวนที่ขนส่งในช่องทางที่ (i,j)

$C_{(i,j)}$ คือ ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการขนส่งในช่องทางที่ (i,j)

3.4.6 การคัดเลือกคำตอบ

การคัดเลือกคำตอบทำโดยนำเอากลุ่มสตริง คำตอบเบื้องต้นทั้งหมดมาผ่านวิธีการคัดเลือกโดยดูจากค่าความเหมาะสมของสตริงคำตอบ แต่ละตัวเป็นหลัก สตริงคำตอบตัวที่มีค่าความเหมาะสมมากก็มีโอกาสที่จะถูกคัดเลือกไว้มากกว่าตัวที่มีค่าเหมาะสมน้อย สตริงคำตอบที่ผ่านการคัดเลือกจำนวน Popsize ตัวจะผ่านเข้าสู่เมทติ้งพูลเพื่อรอการจับคู่และการดำเนินการของเจเนติกอัลกอริทึมในขั้นต่อไป

การคัดเลือกคำตอบที่ใช้ คือวิธีการคัดเลือกแบบทัวร์นาเมนต์ (Goldberg, 1991) ซึ่งเป็นวิธีที่ดัดแปลงมาจากวิธีการคัดเลือกแบบวงล้อรูลเล็ทดังนั้นจึงต้องมีการสร้างวงล้อรูลเล็ทขึ้นมาก่อน

1. การสร้างวงล้อรูลเล็ท คือวงกลมที่มีพื้นที่ขนาด 1 หน่วย ซึ่งพื้นที่ถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆ ตามจำนวนของประชากรในแต่ละเจนเนอเรชั่น (เท่ากับ Popsize ส่วน) พื้นที่แต่ละส่วนจะมีขนาดเท่ากับความน่าจะเป็นในการถูกเลือกของสตริงคำตอบแต่ละตัว วิธีการสร้างมีดังนี้
2. หาค่าความเหมะสม (Fitness) รวมของสตริงคำตอบทั้งหมด Popsize ตัว

$$F = \sum_{i=1}^{popsize} f(Xi) \qquad (3\text{-}2)$$

โดย f (Xi) = ค่า fitness ของสตริงตัวที่ i

3. หาค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือก (Probability of Selection) ของสตริงคำตอบแต่ละตัวดังสมการที่ 3-13

$$p_i = \frac{f(X_i)}{F} \quad = \text{i} = 1, 2, \ldots, \text{Popsize} \qquad (3\text{-}3)$$

4. หาค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสม (Cumulative Probability of Selection) ของสตริงคำตอบแต่ละตัวตามสมการที่ 3-14

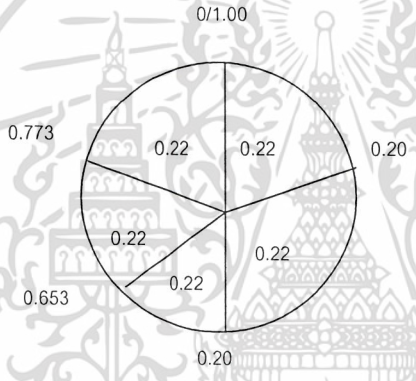
$$Q_i = \sum_{j=1}^{1} P_j \qquad (3\text{-}4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างของวงล้อรูลเล็ทแสดงได้ดังตารางที่ 3-2 และภาพที่ 3-7

ตารางที่ 3-2 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 3-2 วงล้อรูลเล็ท

3.4.6.1 <u>วิธีการคัดเลือกแบบทัวร์นาเมนต์</u>

การคัดเลือกสตริง คำตอบโดยวิธีการวงล้อรูลเล็ท (Roulette Wheel Selection) ซึ่งใช้กันอยู่ทั่วไปจะใช้สุ่มสตริงคำตอบจากวงล้อรูลเล็ท ซึ่งมีโอกาสที่จะสุ่มได้สตริงคำตอบที่มีค่าความเหมาะสมน้อยๆ ด้วย แต่สำหรับการคัดเลือกสตริงคำตอบโดยวิธีทัวร์นาเมนต์เป็นการสุ่มสตริงคำตอบจากวงล้อรูลเล็ทมา 2 ตัว แล้วนำค่าความเหมาะสมมาเปรียบเทียบกันอีกครั้งหนึ่ง สตริงคำตอบที่ถูกเลือกจึงเป็นตัวที่มีความเหมาะสมกว่า สำหรับขั้นตอนการเลือกมีดังนี้

1. สร้างตัวเลขสุ่ม r ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ขึ้นมา 1 ค่า คือ r_1
2. ถ้า $r_1 < q_1$ ให้เลือกสตริงคำตอบตัวแรก แต่ถ้า $q_{1-1} < r_1 < q_1$ (เมื่อ $2 < i$ และ $i <$ Popsize) ให้เลือกสตริงคำตอบตัวที่ i มาเป็นสตริงคำตอบตัวแรก
3. สร้างตัวเลขสุ่ม r ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ขึ้นมาอีก 1 ค่า คือ r_2
4. ถ้า $r_2 < q_1$ ให้เลือกสตริงคำตอบตัวแรก แต่ถ้า $q_{1-1} < r_2 < q_1$ (เมื่อ $2 < i$ และ $i <$ Popsize) เลือกสตริงคำตอบตัวที่ i มาเป็นสตริงคำตอบตัวที่สอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. นำค่าความเหมาะสม ของสตริงคำตอบทั้ง 2 ตัว มาเปรียบเทียบกันตัวใดมีค่าความเหมาะสมมากกว่าก็ให้เลือกตัวนั้นเข้าสู่เมทติ้งพูล ทำตามขั้นตอนข้อที่ 1 – 5 จนกว่าจะได้สตริงคำตอบในเมทติ้งพูลครบ Popsize ตัว

จากวิธีดังกล่าวจะได้ว่าสตริงคำตอบที่มีค่าความเหมาะสมมากก็จะมีพื้นที่มากจึงมีโอกาสที่ตัวเลขสุ่มที่สร้างขึ้นมาจะตกอยู่ภายในบริเวณของสตริงคำตอบตัวนั้นมากกว่า ตัวที่มีค่า ความเหมาะสมน้อย (มีพื้นที่น้อย) ทำให้สตริงคำตอบที่ถูกเลือกเข้าสู่เมทติ้งพูลเป็นสตริงคำตอบที่มีค่าความเหมาะสมโดยเฉลี่ยสูงกว่าสตริงคำตอบเดิม

ตารางที่ 3-3 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 3-1

จากตารางที่ 3-3 แสดงตัวอย่างการคัดเลือกด้วยวิธีการคัดเลือกแบบทัวร์นาเมนต์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าสตริงคำตอบหมายเลข 2 ซึ่งมีค่าความเหมาะสมมากที่สุดจะถูกสุ่มเลือกขึ้นมา มากครั้งที่สุด ในขณะที่สตริงคำตอบซึ่งมีค่าความเหมาะสมน้อยก็จะถูกสุ่มเลือกน้อยครั้งเช่นกัน ข้อสังเกตประการหนึ่งจากตัวอย่างก็คือ ในการสุ่มก็จะสุ่มได้สตริงคำตอบหมายเลข 4 ที่มีค่าความเหมาะสมน้อยที่สุด ซึ่งถ้าใช้วิธีวงล้อรูลเล็ทสตริงคำตอบหมายเลข 4 นี้ก็จะมีโอกาสที่จะถูกเลือกเข้าสู่เมทติ้งพูลและจะได้รับการดำเนินการตามกระบวนการเจเนติกอัลกอริทึมต่อไปแม้ว่าสตริงคำตอบตัวนี้จะมีความเหมาะสมต่ำก็ตาม แต่เมื่อใช้วิธีคัดเลือกแบบแบบทัวร์นาเมนต์สตริงคำตอบหมายเลข 4 นี้จะต้องถูกนำไปเปรียบเทียบกับสตริงคำตอบอีกตัวก่อนซึ่งโอกาสที่สตริงคำตอบตัวนี้จะถูกเลือกเข้าสู่เมทติ้งพูลก็จะลดลง

3.4.7 การครอสโอเวอร์

คือการจับคู่สตริงคำตอบจากสตริงคำตอบจำนวน Popsize ตัวที่ได้มาจากกระบวนการคัดเลือกจะมีสตริงคำตอบเพียงบางส่วนเท่านั้นที่จะถูกนำมา จับคู่เพื่อเตรียมสำหรับกระบวนการครอสโอเวอร์ สตริงคำตอบที่ไม่ได้ถูกนำไปจับคู่ก็จะยังคงสภาพเดิมและอยู่ในเมทติ้งพูล (เป็นประชากรในเจนเนอเรชั่น) ต่อไปจำนวนสตริงคำตอบ ที่จะถูกนำมาจับคู่ (Nc) ขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (Pc) การจับคู่สตริงคำตอบเพื่อที่จะนำไปครอสโอเวอร์ มีขั้นตอนดังนี้

1. สร้างตัวเลขสุ่ม r ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ให้กับสตริงคำตอบแต่ละตัว
2. สตริงคำตอบตัวใดที่ตัวเลขสุ่มมีค่าน้อยกว่า Pc จะถูกเลือกไปจับคู่และทำการ ครอสโอเวอร์ถ้าไม่มีสตริงคำตอบตัวใดที่มีค่า r น้อยกว่า Pc ให้เริ่มทำข้อ 1 และ 2 อีกครั้ง
3. ถ้ามีสตริงคำตอบที่มีค่า r น้อยกว่า Pc ทั้งหมดจำนวน Nc ตัว โดยที่ Nc เป็นจำนวนคี่ต้องทำการปรับให้เป็นจำนวนคู่ก่อน โดยมีเงื่อนไขในการปรับ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 ซึ่งเป็นเลขคี่ การปรับให้ใช้วิธีตัดสตริงคำตอบที่เตรียมได้ลง 1 ตัวเท่านั้น

5. เมื่อได้สตริงคำตอบที่จะนำมาจับคู่ทั้งหมด Nc ตัว ให้นำมาจับคู่ตามลำดับ ซึ่งจะได้ทั้งหมด Nc/2 คู่

3.4.7.1 <u>การครอสโอเวอร์สตริงคำตอบ</u>

สตริงคำตอบที่เตรียมไว้ Nc/2 คู่จะถูกนำมาผ่านกระบวนการครอสโอเวอร์ซึ่งเป็นกระบวนการที่นำสตริงคำตอบที่ถูกจับคู่ไว้มาแลกเปลี่ยนส่วน ซึ่งกันและกันเพื่อให้เกิดสตริงใหม่ขึ้นโดยจะเรียกสตริงคำตอบ 2 ตัวที่ถูกจับคู่นี้ว่า "สตริงคำตอบรุ่นพ่อแม่ (Parent)" และเรียกสตริงคำตอบ 2 ตัวที่ได้จากการครอสโอเวอร์นี้ว่า "สตริงคำตอบ รุ่นลูก (Offspring)" วิธีการครอสโอเวอร์มีอยู่วิธีเดียวสำหรับปัญหาการขนส่ง คือ

$$P_1 = [\,1\,0\,2\,0\,0\,4\,1\,0\,0\,0\,4\,6\,7\,0\,0\,0\,0\,0\,5\,0\,]$$

$$P_2 = [\,0\,0\,0\,3\,0\,4\,0\,1\,5\,0\,5\,0\,0\,0\,7\,0\,3\,0\,0\,2\,]$$

$$Div_{i,j} = \lfloor (P_{ij}^1 + P_{ij}^2)/2 \rfloor \qquad (3\text{-}5)$$

$$= [\,0\,0\,1\,1\,0\,4\,0\,0\,2\,0\,4\,3\,3\,0\,3\,0\,1\,0\,2\,1\,]$$

$$\mathrm{Re}\,m_{ij} = (P_{ij}^1 + P_{ij}^2) \bmod 2 \qquad (3\text{-}6)$$

$$= [\,1\,0\,0\,1\,0\,0\,1\,1\,1\,0\,1\,0\,1\,0\,1\,0\,1\,0\,]$$

$$\mathrm{Re}\,m_{ij} = \mathrm{Re}\,m_{ij}^1 + \mathrm{Re}\,m_{ij}^2 \qquad (3\text{-}7)$$

$$O_{ij}^1 = Dvi_{ij} + \mathrm{Re}\,m_{ij}^1 \qquad (3\text{-}8)$$

$$= [\,0\,0\,1\,1\,0\,4\,0\,0\,2\,0\,4\,3\,3\,0\,3\,0\,1\,0\,2\,1\,] + [\,0\,0\,0\,1\,0\,0\,1\,0\,1\,0\,0\,0\,0\,0\,1\,0\,1\,0\,0\,0\,]$$

$$= [\,0\,0\,1\,2\,0\,4\,1\,0\,3\,0\,4\,3\,3\,0\,4\,0\,2\,0\,2\,1\,]$$

$$O_{ij}^2 = Div_{ij} + \mathrm{Re}\,m_{ij}^2 \qquad (3\text{-}9)$$

$$= [\,0\,0\,1\,1\,0\,4\,0\,0\,2\,0\,4\,3\,3\,0\,3\,0\,1\,0\,2\,1\,] + [\,1\,0\,0\,0\,0\,0\,0\,1\,0\,0\,1\,0\,1\,0\,0\,0\,0\,0\,1\,0\,]$$

$$= [\,1\,0\,1\,1\,0\,4\,0\,1\,2\,0\,5\,3\,4\,0\,3\,0\,1\,0\,3\,1\,]$$

ในขั้นสุดท้ายจะทำการคืนสตริงเข้าสู่เมทติ้งพูล

3.4.8 การมิวเตชั่น

คือการสลับตำแหน่งของค่าภายในสตริงคำตอบตัวเดียวการสลับตำแหน่งของค่าในสตริงมีโอกาสทำให้ได้สตริงตัวใหม่ที่เป็นคำตอบที่เป็นไปไม่ได้สูงมาก ดังนั้นจึงใช้วิธีการมิวเตชั่นแบบ Random-Sequence Mutation

การพิจารณาว่าสตริงตัวใดจะถูกนำมามิวเตชั่นขึ้นอยู่กับค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (Pm) โดยการพิจารณาจะเริ่มจากการสุ่มค่า r ซึ่งมีค่าระหว่าง (0 , 1) ให้กับสตริงคำตอบทุกตัวในเมทติ้งพูล จากนั้นทำการเลือกเฉพาะสตริงที่มีค่า r น้อยกว่าค่าความน่าจะเป็นในกรณีมิวเตชั่น (Pm) ไปทำการมิวเตชั่น r < Pm

เมื่อได้สตริงตัวที่จะทำการมิวเตชั่นแล้ว ให้ทำการสุ่มตำแหน่งที่จะทำการมิวเตชั่น (Mp) ขึ้นมา 4 ตำแหน่ง ซึ่งเป็นค่าระหว่าง [1 , m – 1] โดยที่ m คือความยาวของสตริงคำตอบในส่วนของหลัก ตำแหน่งที่จะทำการมิวเตชั่นในส่วนของหลักแบ่งเป็น 2ส่วนคือตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งสุดท้ายซึ่งจะแทนด้วย * - * และค่าระหว่าง [1 , n – 1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ n คือความยาวของสริงในส่วนของแถวและตำแหน่งที่จะทำการมิวเตชั่นในส่วนของหลักแบ่งเป็น 2ส่วนคือ ตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งสุดท้ายซึ่งจะแทนด้วย * + *

ประชากรก่อนการทำมิวเตชั่น P_m^1 =

0 0 5 0 3		
0 4 0 0 0		-
0 0 5 7 0		
3 1 0 0 2		-
+ + +		

แยกเป็นเมตริกย่อยที่จะทำการมิวเตชั่น m_{ij} =

4 0 0
1 0 2

แยกเป็นเมตริกย่อยที่ผ่านการทำการมิวเตชั่น m_{ij} =

2 0 2
3 0 0

ประชากรก่อนการทำมิวเตชั่น P_m^1 =

0 0 5 0 3
0 2 0 0 2
0 0 5 7 0
3 3 0 0 0

สตริงคำตอบที่ได้จากการมิวเตชั่นและสตริงคำตอบที่ไม่ได้ถูกเลือกมาทำการมิวเตชั่น จะถูกนำมารวมกัน เพื่อเตรียมเข้าสู่เจนเนอเรชั่นต่อไป

3.4.9 เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด

เนื่องจากสตริงคำตอบที่ได้จากการครอสโอเวอร์และการมิวเตชั่น คำตอบที่ได้อาจเป็นคำตอบที่แย่กว่าคำตอบที่เคยปรากฏในเจนเนอเรชั่นที่ผ่านๆ มาดังนั้นจึงต้องมีการเก็บค่าที่ดีที่สุดเอาไว้เพื่อใช้เปรียบเทียบกับค่า ที่ดีที่สุดของสตริงคำตอบชุดใหม่ ถ้าหากค่าที่ดีที่สุดของคำตอบชุดเดิมที่เก็บไว้ให้ค่าความเหมาะสมที่ดีกว่า ค่าที่ดีที่สุดของสตริงชุดใหม่ให้เอาค่าที่ดีที่สุดของคำตอบชุดเดิมแทนที่ค่า ที่แย่ที่สุด ทั้งนี้เพื่อให้สตริงคำตอบที่ดีที่สุดเท่าที่พบยังคงอยู่ในกระบวนการของ เจเนติกอัลกอริทึมต่อไป

เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดจะถูกนำไปใช้ระหว่างกระบวนการของเจเนติกอัลกอริทึม 3 ครั้ง

3.4.9.1 <u>การเก็บค่าที่ดีจากประชากรเริ่มต้น</u>

เป็นจุดเริ่มต้นของเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด ซึ่งจะกระทำเพียงครั้งเดียวภายหลังจากการสร้างสตริงคำตอบเบื้องต้นในตอนต้นของกระบวนการเจเนติกอัลกอริทึม และผ่านการถอดรหัสรวมทั้งการประเมินค่าเรียบร้อยแล้วค่าความเหมาะสมของสตริงแต่ละตัวที่ได้จากการประเมินค่าจะถูกเรียงลำดับจากมากไปน้อย สตริงคำตอบเพียงหนึ่งตัวที่ให้ค่าความเหมาะสมมากที่สุดก็จะถูกเลือกไปเป็นคำตอบที่ดีที่สุดเก็บไว้ จากนั้นสตริงคำตอบทั้งหมดรวมทั้งตัวที่เลือกไปเป็นจะเข้าสู่ขั้นตอนต่างๆ ของเจเนติกอัลกอริทึมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.9.2 การเก็บค่าที่ดีหลังจากการครอสโอเวอร์

เป็นเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดใช้ภายหลังจากที่เสร็จสิ้นกระบวนการครอสโอเวอร์แล้ว ทั้งนี้เนื่องจากว่าสตริงคำตอบที่ได้จากการครอสโอเวอร์อาจเป็นคำตอบที่ดีกว่าคำตอบอื่นๆ ที่เคยพบมาแต่เมื่อนำไปมิวเตชั่นแล้วสตริงคำตอบตัวนี้จะเปลี่ยนไปและอาจให้คำตอบที่ดี น้อยกว่าเดิม ดังนั้นเพื่อป้องกันไม่ให้สตริงคำตอบที่ดีที่ได้หลังจากการครอสโอเวอร์สูญหายไปจึงต้องทำการถอดรหัส และประเมินค่าสตริงของคำตอบที่ได้ภายหลังจากกระบวนการครอสโอเวอร์ทั้งหมด Popsize ตัว แล้วนำสตริงคำตอบที่ดีที่สุดภายหลังการครอสโอเวอร์ไปเปรียบเทียบกับคำตอบที่ดีที่สุดเก็บไว้ ถ้าหากสตริงคำตอบภายหลังการครอสโอเวอร์ดีกว่าให้เอาสตริงคำตอบ ที่ดีที่สุดนั้นไปเป็นคำตอบที่ดีที่สุดเก็บไว้แทน แต่ถ้าคำตอบที่ดีที่สุดที่เก็บไว้นั้นให้คำตอบที่ดีกว่าก็ให้นำสตริงคำตอบ ภายหลังจากการครอสโอเวอร์ทั้งหมด Popsize ตัวไปผ่านกระบวนการ มิวเตชั่นตามปกติ

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 นี้ไปใช้เป็นคำตอบที่ดีที่เก็บเป็นตัวใหม่แทนแต่ถ้า ค่าดังกล่าวมากกว่าหรือเท่ากับ 12 ก็ให้คงคำตอบที่ดีที่เก็บไว้แล้วนำสตริงคำตอบทั้ง 10 ตัว นี้ไปทำการมิวเตชั่นต่อไป

3.4.9.3 การเก็บค่าที่ดีที่สุดที่ใช้ภายหลังการมิวเตชั่น

เป็นเทคนิคซึ่งถือว่าเป็นการเก็บค่าที่ดีที่สุดของเจนเนอเรชั่นนั้นๆ ด้วย การเก็บค่า ที่ดีที่สุดของเจนเนอเรชั่นจะช่วยให้คำตอบที่ดีที่สุดเท่าที่เคยปรากฏขึ้นมายังคงมีอยู่ในเจนเนอเรชั่น ต่อไปการเก็บค่าในขั้นตอนนี้จะทำหลังจากที่มีการมิวเตชั่นเรียบร้อยแล้ว สตริงคำตอบที่ได้ ภายหลังการมิวเตชั่นจำนวน Popsize ตัว จะถูกถอดรหัสและประเมินค่าจากนั้นก็ให้เอาสตริง คำตอบหลังที่ดีที่สุดจากการมิวเตชั่นมาเปรียบเทียบกับคำตอบที่ดีที่เก็บไว้ เช่นเดียวกับในขั้นตอนของการเก็บ คำตอบที่ดีที่เก็บไว้หลังจากผ่านการครอสโอเวอร์ 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

3.5 องค์ประกอบของโปรแกรมในการแก้ปัญหาการขนส่ง

3.5.1 ส่วนของการรับข้อมูลเข้า

จะเป็นส่วนที่เกี่ยวกับการรับข้อมูลที่จำเป็นต่อการสร้างตารางการขนส่งได้แก่ จำนวนของแหล่งจ่าย ปริมาณที่จะสามารถจ่ายได้จากแหล่งจ่ายแต่ละแหล่ง จ่ายจำนวนของแหล่งรับ ปริมาณที่จะสามารถรับได้ได้ของแหล่งรับแต่ละแหล่งค่าใช้จ่ายต่อชิ้นของแต่ละเส้นทางแต่ละเส้นทางเปอร์เซนต์การครอสโอเวอร์ เปอร์เซนต์การมิวเตชั่น จำนวนประชากรเบื้องต้น จำนวนรอบการค้นหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
จำนวนแหล่งผลิต คือ จำนวนแถว
ใส่จำนวนของแหล่งผลิต =3
-------------------------------------------------
-------------------------------------------------
จำนวนแหล่งรับ คือ จำนวนหลัก
ใส่จำนวนของแหล่งรับ =3
-------------------------------------------------
```

รูปที่ 3-3 แสดงการรับค่าของจำนวนแหล่งจ่ายและจำนวนของแหล่งรับ

```
ใส่ปริมาณที่สามารถจ่ายได้จากแหล่งผลิต  คือ ผลรวมของแถว
ใส่ปริมาณที่สามารถจ่ายได้จากแหล่งผลิต =5
ใส่ปริมาณที่สามารถจ่ายได้จากแหล่งผลิต =6
ใส่ปริมาณที่สามารถจ่ายได้จากแหล่งผลิต =7
แสดงเมตริกซ์ของปริมาณที่สามารถจ่ายได้จากแหล่งผลิต

LIMSOURCE =

     5
     6
     7

-------------------------------------------------
-------------------------------------------------
ใส่ปริมาณที่สามารถรับได้ของแหล่งรับ คือ ผลรวมของหลัก
ใส่ปริมาณที่สามารถรับได้ของแหล่งรับ =7
ใส่ปริมาณที่สามารถรับได้ของแหล่งรับ =6
ใส่ปริมาณที่สามารถรับได้ของแหล่งรับ =5
แสดงเมตริกซ์ของปริมาณที่สามารถจ่ายได้จากแหล่งรับ

LIMDES =

     7     6     5

-------------------------------------------------
```

รูปที่ 3-4 แสดงการรับค่าของปริมาณที่สามารถจ่ายได้จากแหล่งจ่ายแต่ละแหล่งและปริมาณที่สามารถรับได้ของแหล่งรับแต่ละแหล่ง

```
-------------------------------------------
เมตริกซ์ค่าใช้จ่าย

cost =

     1     2     3
     4     5     6
     7     8     9
```

รูปที่ 3-5 แสดงการรับค่าของเมตริกซ์ค่าใช้จ่ายในแต่ละเส้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
-------------------------------------------------
-------------------------------------------------
ใส่ค่า  %Cossover =.8
-------------------------------------------------
-------------------------------------------------
ใส่ค่า  %Mutation =.9
-------------------------------------------------
-------------------------------------------------
ใส่ค่าจำนวนประชากรเบื้องต้น =10
-------------------------------------------------
-------------------------------------------------
ใส่ค่าจำนวนรอบการค้นหาสูงสุด =50
-------------------------------------------------
```

รูปที่ 3-6 แสดงการรับค่าเปอร์เซนต์การครอสโอเวอร์ เปอร์เซนต์การมิวเตชั่น จำนวนประชากรเบื้องต้นและ จำนวนรอบการค้นหา

3.5.2 ส่วนของการแสดงผลลัพธ์

จะเป็นส่วนที่แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรมซึ่งประกอบด้วย ปริมาณที่ใช้ในการขนส่งแต่ละเส้นทาง และค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียเมื่อทำการขนส่งตามเส้นทางนั้น

```
เมตริกซ์ปริมาณที่ใช้ขนส่งในแต่ละทาง...ที่ได้จาก_GA_

elite_so_pop =

     0     5     0
     6     0     0
     1     1     5

ค่าใช้จ่ายที่เกิดจาก....เมตริกซ์ปริมาณที่ใช้ขนส่งในแต่ละทาง...ที่ได้จาก_GA_

ANS_elite_so =

    94
```

รูปที่ 3-7 แสดงค่าที่คำนวณได้จากโปรแกรมคือ ปริมาณที่ใช้ในการขนส่งแต่ละเส้นทางและค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียเมื่อทำการขนส่งตามเส้นทางนั้น

3.6 สรุปท้ายบท

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

การสร้างประชากรเบื้องต้นทำได้โดยการสร้างคำตอบเบื้องต้นจำนวนหนึ่ง ในรูปของสตริงในส่วนของการรีโปรดักชั่นจะแบ่งเป็น 3 ส่วนย่อยคือการถอดรหัส (Decoding) ซึ่งเป็นการนำลำดับของงานในสตริงคำตอบมาจัดให้กับเครื่องจักรทำงานตามลำดับ การประเมินค่า (Evaluation) เป็นการคำนวณหาค่าความเหมาะสมของสตริงคำตอบแต่ละตัว และการคัดเลือก (Selection) ซึ่งเป็นการคัดเลือกสตริงตัวที่มีความเหมาะสมมากกว่าเพื่อเข้าสู่กระบวนการถัดไปโดยวิธีการคัดเลือกแบบทัวร์นาเมนต์ (Tournament Selection) เมื่อเข้าสู่กระบวนการครอสโอเวอร์สตริง จะถูกสุ่มเลือกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความน่าจะเป็นในการการครอสโอเวอร์เพื่อมาจับคู่และทำการครอสโอเวอร์ จากนั้นสตริงคำตอบจะถูกสุ่มเลือกไปทำการ มิวเตชั่นด้วยความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น วิธีการมิวเตชั่นที่ใช้คือวิธี Random Sequence Mutation ซึ่งสามารถให้คำตอบที่เป็นไปได้สตริงคำตอบที่ได้จะกลายเป็นประชากรพ่อแม่ในเจนเนอเรชั่นต่อไป โดยกระบวนการของเจเนติกอัลกอริทึมจะเกิดขึ้นซ้ำไปเรื่อยๆ จนกว่าจะถึง เจนเนอเรชั่นสูงสุดที่กำหนดไวในระหว่างกระบวนการของเจเนติกอัลกอริทึมมีการนำเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดเข้าไปใช้ภายหลังการสตริงคำตอบเบื้องต้นภายหลังการครอสโอเวอร์และภายหลังการมิวเตชั่นทั้งนี้เพื่อให้สตริงคำตอบที่ดียังคงอยู่ต่อไปในเจนเนอเรชั่นถัดไป

การกำหนดตารางการผลิตโดยใช้วิธีฮิวริสติกร่วมกับเจเนติกอัลกอริทึมมีจุดมุ่งหมาย ที่จะลดเวลาในการทำงานรวมเนื่องจากวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมจะสามารถหาคำตอบ ที่เหมาะสมได้ดีแต่จะใช้เวลานานในการหาคำตอบส่วนวิธีฮิวริสติกเป็นวิธีการสุ่มอย่างมีเหตุผลและจะให้ผลลัพธ์ที่น่าพอใจแต่ไม่สามารถรับประกันได้ว่าเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงเลือกที่จะใช้วิธี ฮิวริสติกในการกำหนดค่าสตริงของประชากรเริ่มต้นให้กับกระบวนการของเจเนติกอัลกอริทึมเพื่อที่จะได้ลดเวลาในการคำนวณและได้คำตอบที่เหมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของวิธีการหาคำตอบโดยใช้วิธีเจเนติกอัลกอริทึมร่วมกับวิธีการทางฮิวรีสติกกับวิธีการทางเจเนติกอัลกอริทึมอย่างเดียวโยจะแบ่งเป็นสองส่วนดังนี้ คือ

4.1 การเปรียบเทียบคำตอบที่ได้

โดยใช้วิธีเจเนติกอัลกอริทึมร่วมกับวิธีการทางฮิวรีสติกกับวิธีการทางเจเนติกอัลกอริทึมอย่างเดียว

จำนวนรอบการค้นหา = 500

จำนวนประชากรเบื้องต้น = 10

โดยจะทำการทดสอบที่ระดับ α ที่ 0.05

ตารางที่ 4-1 เปรียบเทียบปัญหาขนาด 3×3

ตัวอย่าง	ค่าใช้จ่ายร่วมในการขนส่ง		ผลต่าง
	วิธีการทาง GA อย่างเดียว	วิธีที่นำเสนอ	
1	94	94	0
2	94	94	0
3	94	94	0
4	94	94	0
5	94	94	0
6	94	94	0
7	94	94	0
8	94	94	0
9	94	94	0
10	94	94	0
11	94	94	0
12	94	94	0
13	94	94	0
14	94	94	0
15	94	94	0
รวม			0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-2 เปรียบเทียบปัญหาขนาด 3×4

ตัวอย่าง	ค่าใช้จ่ายร่วมในการขนส่ง		ผลต่าง
	วิธีการทาง GA อย่างเดียว	วิธีที่นำเสนอ	
1	423	410	13
2	486	410	76
3	455	410	45
4	460	410	50
5	448	410	38
6	420	410	10
7	460	410	50
8	460	410	50
9	455	410	45
10	420	410	10
11	455	410	45
12	486	410	76
13	467	410	57
14	443	410	33
15	450	410	40
รวม			638

ตารางที่ 4-3 เปรียบเทียบปัญหาขนาด 3×5

ตัวอย่าง	ค่าใช้จ่ายร่วมในการขนส่ง		ผลต่าง
	วิธีการทาง GA อย่างเดียว	วิธีที่นำเสนอ	
1	355	280	75
2	340	280	60
3	330	280	50
4	310	280	30
5	330	280	50
6	330	280	50
7	340	280	60
8	345	280	65
9	310	280	30
10	310	280	30
11	300	280	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12	300	280	20
13	310	280	30
14	356	280	76
15	360	280	80
รวม			726

ตารางที่ 4-4 เปรียบเทียบปัญหาขนาด $4x4$

ตัวอย่าง	ค่าใช้จ่ายร่วมในการขนส่ง		ผลต่าง
	วิธีการทาง GA อย่างเดียว	วิธีที่นำเสนอ	
1	378	220	158
2	356	220	136
3	367	220	147
4	380	220	160
5	350	220	130
6	330	220	110
7	370	220	150
8	355	220	135
9	360	220	140
10	365	220	145
11	378	220	158
12	355	220	135
13	330	220	110
14	290	220	70
15	275	220	55
รวม			1939

ตารางที่ 4-5 เปรียบเทียบปัญหาขนาด 4×5

ตัวอย่าง	ค่าใช้จ่ายร่วมในการขนส่ง		ผลต่าง
	วิธีการทาง GA อย่างเดียว	วิธีที่นำเสนอ	
1	437	230	207
2	450	230	220
3	477	230	247
4	440	230	210
5	430	230	200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6	390	230	160
7	375	230	145
8	420	230	190
9	360	230	130
10	477	230	247
11	410	230	180
12	457	230	227
13	435	230	205
14	395	230	165
15	365	230	135
รวม			2868

ตารางที่ 4-6 เปรียบเทียบปัญหาขนาด 4×6

ตัวอย่าง	ค่าใช้จ่ายร่วมในการขนส่ง		ผลต่าง
	วิธีการทาง GA อย่างเดียว	วิธีที่นำเสนอ	
1	550	170	380
2	540	170	370
3	430	170	260
4	450	170	280
5	410	170	240
6	297	170	127
7	570	170	400
8	550	170	380
9	437	170	267
10	370	170	200
11	390	170	220
12	585	170	415
13	490	170	320
14	495	170	325
15	470	170	300
รวม			4484

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-7 เปรียบเทียบปัญหาขนาด 10×10

ตัวอย่าง	ค่าใช้จ่ายร่วมในการขนส่ง		ผลต่าง
	วิธีการทาง GA อย่างเดียว	วิธีที่นำเสนอ	
1	790	410	380
2	810	410	400
3	879	410	469
4	900	410	490
5	910	410	500
6	710	410	300
7	615	410	205
8	789	410	379
9	910	410	500
10	1020	410	610
11	760	410	350
12	670	410	260
13	705	410	295
14	950	410	540
15	857	410	447
รวม			6125

ตารางที่ 4-8 เปรียบเทียบปัญหาขนาด 10×15

ตัวอย่าง	ค่าใช้จ่ายร่วมในการขนส่ง		ผลต่าง
	วิธีการทาง GA อย่างเดียว	วิธีที่นำเสนอ	
1	910	575	335
2	980	575	405
3	1020	575	445
4	1200	575	625
5	980	575	405
6	1050	575	475
7	1250	575	675
8	870	575	295
9	950	575	375
10	957	575	382
11	875	575	300

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12	1070	575	495
13	1250	575	675
14	1300	575	725
15	980	575	405
รวม			7017

ตารางที่ 4-8 เปรียบเทียบปัญหาขนาด 10×20

ตัวอย่าง	ค่าใช้จ่ายร่วมในการขนส่ง		ผลต่าง
	วิธีการทาง GA อย่างเดียว	วิธีที่นำเสนอ	
1	1350	795	555
2	1470	795	675
3	1550	795	755
4	1570	795	775
5	1600	795	805
6	1405	795	610
7	1440	795	645
8	1230	795	435
9	1320	795	525
10	1557	795	762
11	1397	795	602
12	1466	795	671
13	1205	795	410
14	1286	795	491
15	1605	795	810
รวม			9526

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
95% upper bound for mean difference: 0.000000
T-Test of mean difference = 0 (vs < 0): T-Value =    *  P-Value =     *


Paired T-Test and CI: a, b

Paired T for a - b

                N      Mean     StDev   SE Mean
a              15   94.0000    0.0000    0.0000
b              15   94.0000    0.0000    0.0000
Difference     15  0.000000  0.000000  0.000000

95% CI for mean difference: (0.000000, 0.000000)
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value =    *  P-Value =     *
```

รูปที่ 4-1 แสดงผลการทดสอบทางสถิติของปัญหาขนาด 3x3 ด้วยโปรแกรม มินิแท็บ

```
------ 30/3/2005 0:03:21 ------

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Paired T-Test and CI: a, b

Paired T for a - b

                N      Mean     StDev   SE Mean
a              15    452.53     20.25      5.23
b              15    410.00      0.00      0.00
Difference     15     42.53     20.25      5.23

95% CI for mean difference: (31.32, 53.75)
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 8.13  P-Value = 0.000
```

รูปที่ 4-2 แสดงผลการทดสอบทางสถิติของปัญหาขนาด 3x4 ด้วยโปรแกรม มินิแท็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Welcome to Minitab, press F1 for help.

Results for: Worksheet 1

Paired T-Test and CI: a, b

Paired T for a - b

                N     Mean    StDev  SE Mean
a              15   328.40    20.68     5.34
b              15   280.00     0.00     0.00
Difference     15    48.40    20.68     5.34

95% CI for mean difference: (36.95, 59.85)
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 9.06  P-Value = 0.000
```

รูปที่ 4-3 แสดงผลการทดสอบทางสถิติของปัญหาขนาด 3x5 ด้วยโปรแกรม มินิแท็บ

```
Welcome to Minitab, press F1 for help.

Results for: Worksheet 1

Paired T-Test and CI: a, b

Paired T for a - b

                N     Mean    StDev  SE Mean
a              15   349.27    31.15     8.04
b              15   220.00     0.00     0.00
Difference     15   129.27    31.15     8.04

95% CI for mean difference: (112.02, 146.52)
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 16.07  P-Value = 0.000
```

รูปที่ 4-4 แสดงผลการทดสอบทางสถิติของปัญหาขนาด 4x4 ด้วยโปรแกรม มินิแท็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
30/3/2005 0:28:39

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Paired T-Test and CI: a, b

Paired T for a - b

                N     Mean    StDev   SE Mean
a              15   421.20    37.83      9.77
b              15   230.00     0.00      0.00
Difference     15   191.20    37.83      9.77

95% CI for mean difference: (170.25, 212.15)
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 19.58  P-Value = 0.000
```

รูปที่ 4-5 แสดงผลการทดสอบทางสถิติของปัญหาขนาด 4x6 ด้วยโปรแกรม มินิแท็บ

```
30/3/2005 1:12:24

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Paired T-Test and CI: a, b

Paired T for a - b

                N     Mean    StDev   SE Mean
a              15   818.3    113.3      29.3
b              15   410.0      0.0       0.0
Difference     15   408.3    113.3      29.3

95% CI for mean difference: (345.6, 471.1)
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 13.96  P-Value = 0.000
```

รูปที่ 4-6 แสดงผลการทดสอบทางสถิติของปัญหาขนาด 10x10 ด้วยโปรแกรม มินิแท็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
30/3/2005 1:17:57

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Paired T-Test and CI: a, b

Paired T for a - b

                N     Mean    StDev   SE Mean
a              15   1042.8    141.8      36.6
b              15    575.0      0.0       0.0
Difference     15    467.8    141.8      36.6

95% CI for mean difference: (389.3, 546.3)
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 12.78  P-Value = 0.000
```

รูปที่ 4-7 แสดงผลการทดสอบทางสถิติของปัญหาขนาด 10x15 ด้วยโปรแกรม มินิแท็บ

```
30/3/2005 1:22:36

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Paired T-Test and CI: a, b

Paired T for a - b

                N     Mean    StDev   SE Mean
a              15   1430.1    132.1      34.1
b              15    795.0      0.0       0.0
Difference     15    635.1    132.1      34.1

95% CI for mean difference: (561.9, 708.2)
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 18.62  P-Value = 0.000
```

รูปที่ 4-8 แสดงผลการทดสอบทางสถิติของปัญหาขนาด 10x20 ด้วยโปรแกรม มินิแท็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 สรุปผลการทดลอง

การเปรียบเทียบคำตอบที่ได้จากเจเนติกอัลกอริทึมอย่างเดียว กับเจเนติกอัลกอริทึมทำงานร่วมกับวิธีฮิวริสติก สรุปได้ว่าวิธีเจเนติกอัลกอริทึมร่วมกับวิธีฮิวริสติกให้ผลของเกณฑ์การประเมินผลดีกว่าการใช้เจเนติกอัลกอริทึมอย่างเดียว โดยให้ค่าใช้จ่ายร่วมในการขนส่งที่ต่ำกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลงานวิจัย

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการแก้ปัญหาการขนส่ง โดยจัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการแก้ปัญหาการขนส่ง ซึ่งใช้วิธีฮิวริสติกร่วมกับ เจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบ และทำการเปรียบผลที่ได้จากการแก้ปัญหาการขนส่งด้วยวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมอย่างเดียวและวิธีการที่เสนอขึ้นใหม่ ส่วนการทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จัดทำขึ้นเพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีการเดิมและวิธีการที่เสนอขึ้นสามารถสรุปได้ดังนี้

1. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นสามารถแก้ปัญหาการขนส่ง โดยให้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจ
2. การแก้ปัญหาการขนส่งด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้น สามารถพิสูจน์ได้ว่าสามารถให้ผลลัพธ์ได้ดีกว่าวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมอย่างเดียว

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การทำวิจัยเรื่องการการแก้ปัญหาการขนส่งในอนาคต ควรมีการเพิ่มตัววัดผลที่แตกต่างจากที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เช่น ค่าใช้จ่ายส่วนลดของปริมาณการขนส่งที่จะลดให้เมื่อทำการขนส่งในปริมาณที่เหมาะในเส้นทางนั้นๆ ระยะเวลาที่ใช้ในการขนส่งแต่ละเส้นทาง และสภาพเส้นทางที่ใช้ในการขนส่ง
2. ปัญหาของการขนส่งควรมีการคำนึงถึงองค์ประกอบ และวัตถุประสงค์ หลายๆ อย่าง ดังนั้นควรมีการพิจารณาปัญหาการแก่ปัญหาแบบหลายวัตถุประสงค์
3. อาจมีการนำเทคนิคทาง Decision Analysis เช่น AHP มาใช้ประกอบเพื่อช่วย ในการกำหนดน้ำหนักให้กับวัตถุประสงค์ต่างๆ เพื่อให้ตรงกับความรู้สึกของผู้ออกแบบมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

ภาษาไทย

- กรรณิกา ศิลานนท์ การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการจัดสมดุลของสายงานการประกอบ วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2542
- กัลยา วานิชย์บัญชา การวิจัยขั้นการดำเนินการและการประยุกต์ โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์ กรุงเทพฯ , 2532
- ชิดชนก เหลือสินทรัพย์ Analysis and Design of Algorithms โรงพิมพ์ SUM System Company Limited,2543
- ณพงศ์ ตันตนาตระกูล การประยุกใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการออกแบบผังโรงงานที่แผนกมีขนาดไม่เท่ากัน วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรมหาวิทยาลัย 2542
- สุธรรม ศรีเกษม MATLAB เพื่อการแก้ปัญหาทางวิศวกรรม ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยรังสิต , 2538

ภาษาอังกฤษ

- Anrain Biran , MATLAB 6 for Engineering , prentice hall , 2002
- Zbigniew Michalewicz , Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs , springer , 1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

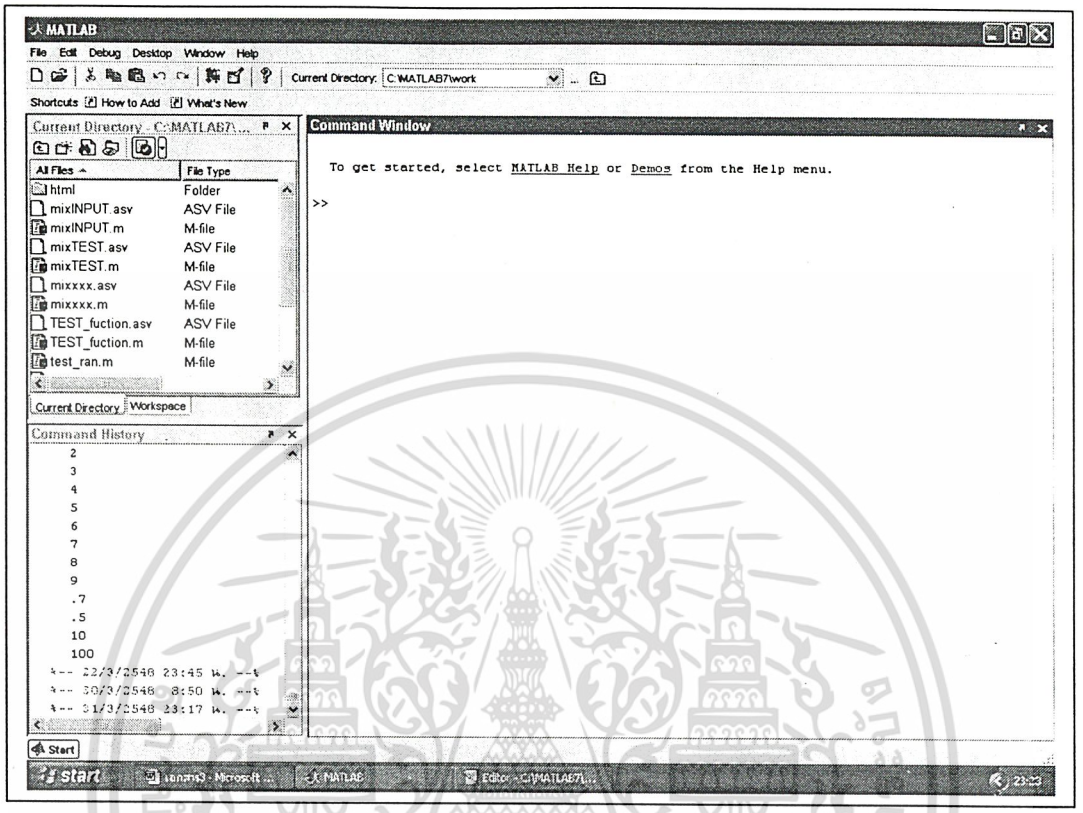
ภาคผนวก ก

วิธีการใช้โปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

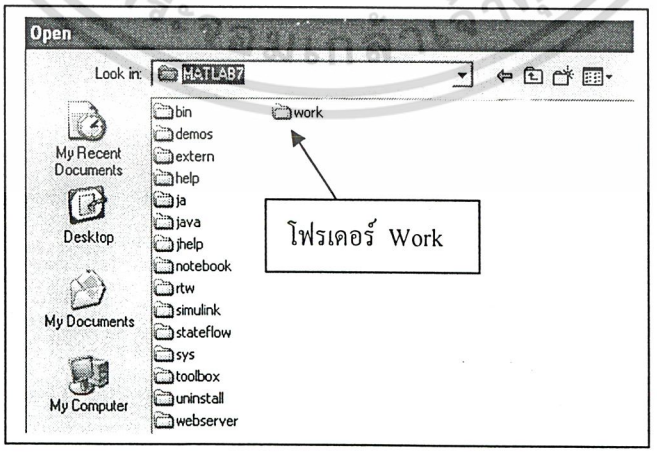
ขั้นตอนการเข้าสู่โปรแกรม

1. เปิดโปรแกรม Mathlab เวอร์ชั่น 7.0



รูปที่ ผก 1 แสดงหน้าจอหลักของโปรแกรม Mathlab เวอร์ชั่น 7.0

2. เข้าสู่โฟรเดอร์ Work ซึ่งเป็นโฟรเดอร์หลักของการเรียกโปรแกรมที่มาใช้งานของโปรแกรม Mathlab เวอร์ชั่น 7.0

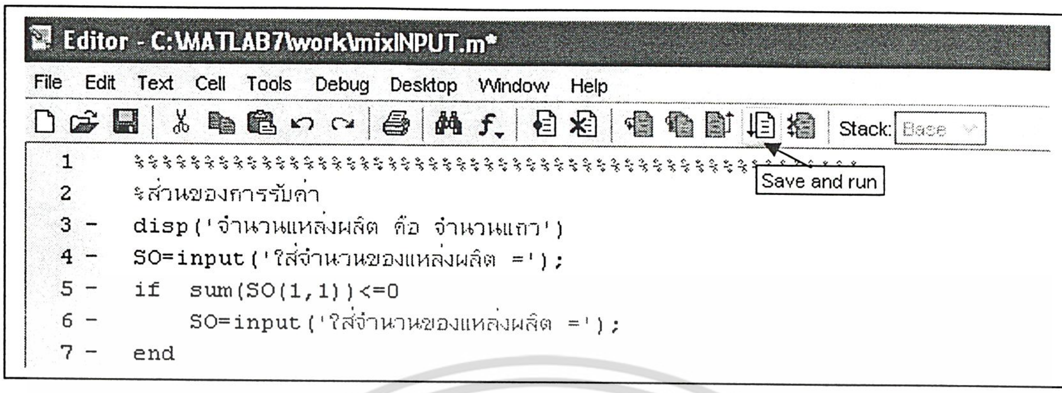


รูปที่ ผก 2 แสดงโฟรเดอร์หลักของโปรแกรม Mathlab เวอร์ชั่น 7.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. คัดลอกโปรแกรมชื่อ mixINPUT.m มาวางในโฟรเดอร์ Work

4. เข้าสู่ Editor ของโปรแกรม Mathlab เวอร์ชั่น 7.0



รูปที่ ผก 3 แสดง Editor ของโปรแกรม Mathlab เวอร์ชั่น 7.0

5. ใช้ Mouse กดปุ่ม Save and run

6. ป้อนค่าพารามิเตอร์ต่อไปนี้ตามลำดับ

6.1 ป้อนค่าจำนวนแหล่งผลิต

6.2 ป้อนค่าจำนวนแหล่งรับ

```
จำนวนแหล่งผลิต คือ จำนวนแถว
ใส่จำนวนของแหล่งผลิต =3
--------------------------------------------------
--------------------------------------------------
จำนวนแหล่งรับ คือ จำนวนหลัก
ใส่จำนวนของแหล่งรับ =3
--------------------------------------------------
```

รูปที่ ผก 4 แสดงการป้อนค่าจำนวนแหล่งผลิตและแหล่งรับโดยจะสมมุติให้เป็นปัญหาขนาด 3x3

6.3 ป้อนค่าปริมาณที่สามารถจ่ายได้จากแหล่งผลิตแต่ละแหล่งโดยเริ่มจากแหล่งผลิตที่ 1

6.4 ป้อนค่าปริมาณที่สามารถรับได้จากแหล่งรับแต่ละแหล่งโดยเริ่มจากแหล่งรับที่ 1

6.5 ป้อนค่าใช้จ่ายในแต่ละเส้นทางโดยเริ่มจากเส้นทางจากแหล่งผลิตที่ 1 ไปแหล่งรับที่ 1 และเส้นทางจากแหล่งผลิตที่ 1 ไปแหล่งรับที่ 2 ตามลำดับจนถึงเส้นทางจากแหล่งผลิตที่ 3 ไปแหล่งรับที่ 3

6.6 ป้อนค่าเปอร์เซ็นต์ครอสโอเวอร์และมิวเตชั่นตามลำดับ

6.7 ป้อนค่าจำนวนประชากรเบื้องต้น

6.8 ป้อนค่าจำนวนรอบการค้นหาสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

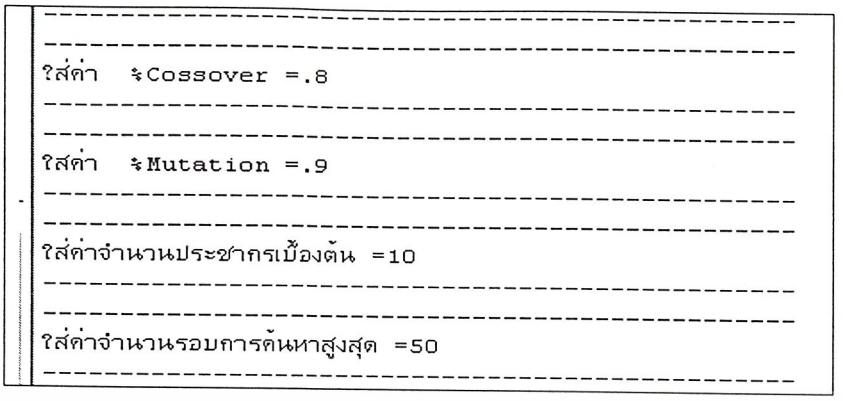
```
ใส่ปริมาณที่สามารถจ่ายได้จากแหล่งผลิต   คือ  ผลรวมของแถว
ใส่ปริมาณที่สามารถจ่ายได้จากแหล่งผลิต  =5
ใส่ปริมาณที่สามารถจ่ายได้จากแหล่งผลิต  =6
ใส่ปริมาณที่สามารถจ่ายได้จากแหล่งผลิต  =7
แสดงเมตริกซ์ของปริมาณที่สามารถจ่ายได้จากแหล่งผลิต

LIMSOURCE =

     5
     6
     7

------------------------------------------------
------------------------------------------------
ใส่ปริมาณที่สามารถรับได้ของแหล่งรับ  คือ  ผลรวมของหลัก
ใส่ปริมาณที่สามารถรับได้ของแหล่งรับ  =7
ใส่ปริมาณที่สามารถรับได้ของแหล่งรับ  =6
ใส่ปริมาณที่สามารถรับได้ของแหล่งรับ  =5
แสดงเมตริกซ์ของปริมาณที่สามารถจ่ายได้จากแหล่งรับ

LIMDES =

     7     6     5

------------------------------------------------
```

รูปที่ ผก 5 แสดงการป้อนค่าปริมาณที่สามารถจ่ายได้จากแหล่งผลิตแต่ละแหล่งและแหล่งรับแต่ละแหล่ง โดยจะสมมุติให้เป็นปัญหาขนาด 3x3

```
------------------------------------------------
เมตริกซ์ค่าใช้จ่าย

cost =

     1     2     3
     4     5     6
     7     8     9

.....
```

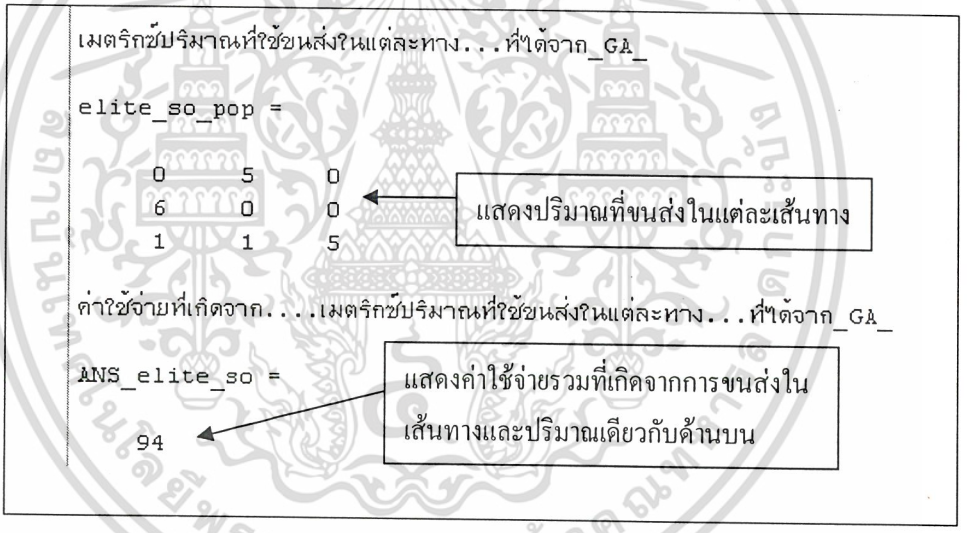
รูปที่ ผก 6 แสดงการป้อนค่าใช้จ่ายในแต่ละเส้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผก 6 แสดงการป้อนค่าเปอร์เซนต์การครอสโอเวอร์ เปอร์เซนต์การมิวเตชั่น จำนวนประชากรเบื้องต้นและ จำนวนรอบการค้นหา

7. ส่วนแสดงผลของโปรแกรม



รูปที่ ผก-7 แสดงค่าที่คำนวณได้จากโปรแกรมคือ ปริมาณที่ใช้ในการขนส่งแต่ละเส้นทางและค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียเมื่อทำการขนส่งตามเส้นทางนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

Source Code โปรแกรม Mathlab 7.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%ส่วนของการรับค่า
disp('จำนวนแหล่งผลิต คือ จำนวนแถว')
SO=input('ใส่จำนวนของแหล่งผลิต =');
if  sum(SO(1,1))<=0
   SO=input('ใส่จำนวนของแหล่งผลิต =');
end
disp('-------------------------------------------------')
disp('-------------------------------------------------')
disp('จำนวนแหล่งรับ คือ จำนวนหลัก')
DE=input('ใส่จำนวนของแหล่งรับ =');
if  sum(DE(1,1))<=0
   DE=input('ใส่จำนวนของแหล่งรับ =');
end
disp('-------------------------------------------------')
disp('-------------------------------------------------')
cost=ones(SO,DE);
LIMSOURCE=ones(sum(SO),1);
LIMDES=ones(1,sum(DE));
POP=zeros(size(cost));
OPTi=zeros(size(LIMSOURCE));
ANS=zeros(1,1);
OBJ=zeros(size(cost));
disp('ใส่ปริมาณที่สามารถจ่ายได้จากแหล่งผลิต  คือ ผลรวมของแถว')
for i=1:(sum(SO))
   LimSo=input('ใส่ปริมาณที่สามารถจ่ายได้จากแหล่งผลิต =');
   LIMSOURCE(i,1)=LimSo;
end
disp('แสดงเมตริกซ์ของปริมาณที่สามารถจ่ายได้จากแหล่งผลิต')
LIMSOURCE
disp('-------------------------------------------------')
disp('-------------------------------------------------')
disp('ใส่ปริมาณที่สามารถรับได้ของแหล่งรับ คือ ผลรวมของหลัก')
for i=1:(sum(DE))
   Limdes=input('ใส่ปริมาณที่สามารถรับได้ของแหล่งรับ =');
   LIMDES(1,i)=Limdes;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end
disp('แสดงเมตริกซ์ของปริมาณที่สามารถจ่ายได้จากแหล่งรับ')
LIMDES
disp('-----------------------------------------------')
disp('-----------------------------------------------')
ad=sum(LIMSOURCE(:,:));
disp('ผลรวมปริมาณทั้งหมดในแหล่งจ่าย...หน่วย' )
ad
ed=sum(LIMDES(:,:));
disp('ผลรวมปริมาณทั้งหมดในแหล่งรับ...หน่วย' )
ed
h=1;
if sum(ad)~=sum(ed)
  while h<=2
      disp('ใส่ปริมาณที่สามารถจ่ายได้จากแหล่งผลิต  คือ ผลรวมของแถว')
      for i=1:(sum(SO))
        LimSo=input('ใส่ปริมาณที่สามารถจ่ายได้จากแหล่งผลิต =');
        LIMSOURCE(i,1)=LimSo;
      end
      LIMSOURCE;
      disp('-----------------------------------------------')
      disp('-----------------------------------------------')
      disp('ใส่ปริมาณที่สามารถรับได้ของแหล่งรับ คือ ผลรวมของหลัก')
      for i=1:(sum(DE))
        Limdes=input('ใส่ปริมาณที่สามารถรับได้ของแหล่งรับ =');
        LIMDES(1,i)=Limdes;
      end
      LIMDES;
      disp('-----------------------------------------------')
      disp('-----------------------------------------------')
      ad=sum(LIMSOURCE(:,:));
      ad
      ed=sum(LIMDES(:,:));
      ed
      if sum(ad)==sum(ed)
        h=3;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      end
    end
  end
disp('ใส่ค่าใช้จ่ายในแต่ละเส้นทาง จะเริ่มจาก(แถวที่1 หลักที่1)..ถึง..(แถวที่1 หลักที่k)')
for i=1:(sum(SO))
   for j=1:(sum(DE))
      c=input('ใส่ค่าใช้จ่ายในแต่ละเส้นทาง =');
      cost(i,j)=c;
   end
end
disp('-----------------------------------------------')
disp('-----------------------------------------------')
disp('เมตริกซ์ค่าใช้จ่าย')
cost
disp('-----------------------------------------------')
disp('-----------------------------------------------')
PER_COSS=[0];
PER_COSS=input('ใส่ค่า %Cossover =');
if sum(PER_COSS(1,1))>1
   PER_COSS=input('ใส่ค่า %Cossover =');
end
if sum(PER_COSS(1,1))<0
   PER_COSS=input('ใส่ค่า %Cossover =');
end
disp('-----------------------------------------------')
disp('-----------------------------------------------')
PER_MU=[0];
PER_MU=input('ใสค่า %Mutation =');
if sum(PER_MU(1,1))>1
   PER_MU=input('ใสค่า %Mutation =');
end
if sum(PER_MU(1,1))<0
   PER_MU=input('ใสค่า %Mutation =');
end
disp('-----------------------------------------------')
disp('-----------------------------------------------')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
POP_size=input('ใส่ค่าจำนวนประชากรเบื้องต้น =');
while sum(POP_size(1,1))<=0
    POP_size=input('ใส่ค่าจำนวนประชากรเบื้องต้น =');
end
disp('------------------------------------------------')
disp('------------------------------------------------')
MAX_GEN=input('ใส่ค่าจำนวนรอบการค้นหาสูงสุด =');
while sum(MAX_GEN(1,1))<=0
    MAX_GEN=input('ใส่ค่าจำนวนรอบการค้นหาสูงสุด =');
end
disp('------------------------------------------------')
disp('------------------------------------------------')
cost;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%ส่วนของการ ประกาศตัวแปร
LIMDESs=LIMDES;
LIMSOURCEs=LIMSOURCE;
ran_c=zeros(size(LIMSOURCE));
ran_l=zeros(size(LIMDES));
lim_co_c=zeros(size(LIMSOURCE));
lim_co_l=zeros(size(LIMDES));
lim_mu_c=zeros(size(LIMSOURCE));
lim_mu_l=zeros(size(LIMDES));
POP=zeros(size(cost));
PoP_co=zeros(size(cost));
MMMMM=zeros(size(cost));
NNNNN=zeros(size(cost));
mu_POP_1=zeros(size(cost));
mu_POP_2=zeros(size(cost));
mu_POP_1a=zeros(size(cost));
co_POP_1=zeros(size(cost));
elite_so_pop=zeros(size(cost));
ANS=zeros(1,1);
REcost=reshape(cost,1,[]);%pust
RE_POP=reshape(POP,1,[]);%pust
OBJ=zeros(size(REcost));%pust
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CU_re_pop=zeros(sum(POP_size),(SO.*DE));
CU_OBJ=zeros(sum(POP_size),(SO.*DE));
CU_ANS=zeros(sum(POP_size),1);
CU_ANS_Q=zeros(size(CU_ANS));
CU_re_pop_M1=zeros(size(CU_re_pop));
CU_re_pop_M2=zeros(size(CU_re_pop));
CU_re_pop_SE=zeros(size(CU_re_pop));
CU_re_pop_SE1=zeros(size(CU_re_pop));
CU_re_pop_mu=zeros(size(CU_re_pop));
PRE_matrix=zeros(size(cost));
PRE_matrix_co=zeros(size(cost));
PRE_matrix_mu=zeros(size(cost));
IN_elite_REPOP=zeros(size(RE_POP));
elite_so=zeros(size(RE_POP));
ANa_elite_so=[1,1];
elite_mu_pop=zeros(size(RE_POP));
elite_mu_ans=[1,1];
post_coss_pop=zeros(size(RE_POP));
IN_elite_ANS=[1,1];
LIM_constain=[1,1];
post_cost_elite=[1,1];
fitness=zeros(size(CU_ANS));
matingpool=zeros(size(CU_ANS));
CU_fit_1=zeros(size(CU_ANS));
CU_fit_2=zeros(size(CU_ANS));
CU_fit_SE=zeros(size(CU_ANS));
CU_COSS_ran=zeros(size(CU_ANS));
CU_COSS_POP=zeros(size(CU_re_pop));
CU_COSS_POP1=zeros(size(CU_re_pop));
CU_COSS_POPa_1=zeros(size(CU_re_pop));
CU_COSS_POPa=zeros(size(CU_re_pop));
CU_COSS_POPA=zeros(size(CU_re_pop));
CU_COSS_POPb_1=zeros(size(CU_re_pop));
CU_COSS_POPb=zeros(size(CU_re_pop));
CU_COSS_POPB=zeros(size(CU_re_pop));
DIV=zeros(size(CU_re_pop));
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
REM=zeros(size(CU_re_pop));
LIM_con_l=zeros(size(LIMDES));
LIM_con_c=zeros(size(LIMSOURCE));
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%ส่วนของทำ GA-LOOP
for i=1:sum(MAX_GEN)
   PRE_matrix(:,:)=0;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%ส่วนของการ  ตรวจสอบจำนวนตัวแปรใน Metrix
LIM_constain(1,1)=(sum(SO)+sum(DE)-1);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%ส่วนของการสร้างประชากรเบื้องต้น
for  p=1:sum(DE)
    for  q=1:sum(SO)
       if  cost(p,q)==0
          PRE_matrix(p,q)=1;
       end
    end
end
PRE_M=PRE_matrix;
z=1;
while z<=sum(POP_size)
   for e=1:2
      for  i=1:sum(SO)%สุ่มให้ค่าประชากรในกับ matrix ของ POP
         q=(sum(DE).*rand(1,1));
         j=floor(q)+1;
         MI=min(LIMSOURCEs(i,1),LIMDESs(1,j));
         if  PRE_matrix(i,j)==0
            if  MI>0
               POP(i,j)=MI;
               LIMSOURCEs(i,1)=LIMSOURCEs(i,1)-MI;
               LIMDESs(1,j)=LIMDESs(1,j)-MI;
               if  LIMSOURCEs(i,1)==0
                  PRE_matrix(i,:)=1;
               else
                  PRE_matrix(i,j)=1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            end
            if LIMDESs(1,j)==0
              PRE_matrix(:,j)=1;
            else
              PRE_matrix(i,j)=1;
            end
          end
        end
      end
end
for i=1:sum(SO)%สุ่มให้ค่าประชากรในกับ matrix ของ POP
      q=(sum(DE).*rand(1,1));
      j=floor(q)+1;
      FF=min(LIMSOURCEs(i,1),LIMDESs(1,j));
      Ab=(sum(FF).*rand(1,1));
      MI=floor(Ab)+1;
      if PRE_matrix(i,j)==0
        if MI>0
          POP(i,j)=MI;
          LIMSOURCEs(i,1)=LIMSOURCEs(i,1)-MI;
          LIMDESs(1,j)=LIMDESs(1,j)-MI;
          if LIMSOURCEs(i,1)==0
            PRE_matrix(i,:)=1;
          else
            PRE_matrix(i,j)=1;
          end
          if LIMDESs(1,j)==0
            PRE_matrix(:,j)=1;
          else
            PRE_matrix(i,j)=1;
          end
        end
      end
    end
POP;
 for i=1:sum(SO)%การตรวจสอบและเติมค่าให้กับ matrix pop
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  for j=1:sum(DE)
    MI=min(LIMSOURCEs(i,1),LIMDESs(1,j));
    if  PRE_matrix(i,j)==0
      if MI>0
        POP(i,j)=MI;
        LIMSOURCEs(i,1)=LIMSOURCEs(i,1)-MI;
        LIMDESs(1,j)=LIMDESs(1,j)-MI;
        if LIMSOURCEs(i,1)==0
          PRE_matrix(i,:)=1;
        else
          PRE_matrix(i,j)=1;
        end
        if LIMDESs(1,j)==0
          PRE_matrix(:,j)=1;
        else
          PRE_matrix(i,j)=1;
        end
      end
    end
  end
end
POP
POP_1=POP;
POP(:,:)=0;
PRE_matrix=PRE_M;
LIMDESs=LIMDES;
LIMSOURCEs=LIMSOURCE;
RE_POP=reshape(POP_1,1,[])
OBJ=RE_POP.*REcost;
ANS=sum(OBJ);
POP_1;
GF=0;
if ANS~=CU_ANS(z,1)%ตรวจคำตอบ
  for i=1:sum(SO)
    for j=1:sum(DE)
      if POP_1(i,j)~=0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            GF=GF+1;
          end
        end
      end
      if sum(GF)== sum(LIM_constain(1,1))
        for i=1:sum(SO)
          LIM_con_c(i,1)=sum(POP_1(i,:));
        end
        for j=1:sum(DE)
          LIM_con_l(1,j)=sum(POP_1(:,j));
        end
        if LIM_con_c(:,:)==LIMSOURCE(:,:)
          if LIM_con_l(:,:)==LIMDES(:,:)
            CU_re_pop(z,:)=RE_POP;
            CU_OBJ(z,:)=OBJ;
            CU_ANS(z,1)=ANS;
            z=z+1;
          end
        end
      end
    end

end
CU_re_pop;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%ส่วนของการประเมินค่าประชากร
IN_elite_ANS=min(CU_ANS);
for i=1:sum(POP_size)
  if sum(CU_OBJ(i,:))==IN_elite_ANS
    IN_elite_REPOP=CU_re_pop(i,:);
  end
end
IN_elite_ANS;
IN_elite_REPOP;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%ส่วนของการทำ Elite solution
if sum(elite_so(1,:))==0
   elite_so(1,:)=IN_elite_REPOP(1,:);
else
   OBJ(:,:)=0;
   OBJ=elite_so.*REcost;
   ANS_elite_so=sum(OBJ(:,:));
   if ANS_elite_so(1,1)>IN_elite_ANS(1,1)
      elite_so(1,:)=IN_elite_REPOP(1,:);
   end
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%การให้ค่าความเหมาะสมกับประชากรและการสร้าง mating pool
GG=sum(CU_ANS);
for u=1:sum(POP_size)
   CU_ANS_Q(u,1)=(GG-CU_ANS(u,1));
end
JJ=sum(CU_ANS_Q);
for b=1:sum(POP_size)
   fitness(b,1)=(CU_ANS_Q(b,1)./JJ);
end
DD=0;
for q=1:sum(POP_size)
   DD=fitness(q,1)+DD;
   matingpool(q,1)=DD;
end
matingpool;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%ส่วนการคัดเลือกแบบทัวร์นาเมนต์
s=1;%การสร้างคู่แข่ง 1
for r=1:sum(POP_size)
   R=unifrnd(0,1,1,1);
   if sum(R)<=matingpool(r,1)
      XX=CU_re_pop(r,:);
      VV=fitness(r,1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        for j=s:sum(POP_size)
            CU_re_pop_M1(j,:)=XX(1,:);
            CU_fit_1(j,1)=VV(1,1);
        end
        s=s+1;
    end
end
t=1;%การสร้างคู่แข่ง 2
for r=1:sum(POP_size)
    R2=unifrnd(0,1,1,1);
    if  sum(R2)<=matingpool(r,1)
        XX=CU_re_pop(r,:);
        VV=fitness(r,1);
        for j=t:sum(POP_size)
            CU_re_pop_M2(j,:)=XX(1,:);
            CU_fit_2(j,1)=VV(1,1);
        end
        t=t+1;
    end
end
for u=1:sum(POP_size)%ส่วนของการทำทัวร์นาเมนต์
    if  CU_fit_1(u,1)<=CU_fit_2(u,1)
        CU_re_pop_SE(u,:)=CU_re_pop_M2(u,:);
        CU_fit_SE(u,1)=CU_fit_2(u,1);
    else
        CU_re_pop_SE(u,:)=CU_re_pop_M1(u,:);
        CU_fit_SE(u,1)=CU_fit_1(u,1);
    end
end
CU_re_pop_SE;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%ส่วน
ของการทำ Crossover
for  y=1:sum(POP_size)
    RR=unifrnd(0,1,1,1);
    CU_COSS_ran(y,1)=RR;
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
r=0;
for  w=1:sum(POP_size)
    if  sum(CU_COSS_ran(w,1))<=sum(PER_COSS)
       CU_COSS_POP1(w,:)=CU_re_pop_SE(w,:);
       r=r+1;
    end
end
a=1;
for k=1:sum(POP_size)%ส่วนของการจัดเรียงค่าใน matrix
   if  sum(CU_COSS_POP1(k,:))>0
      EEE=CU_COSS_POP1(k,:);
      for e=a:r
         CU_COSS_POP(e,:)=EEE;
      end
      a=a+1;
   end
end
CU_COSS_POP;
T=mod(r,2);
Y=T+1;
U=T-1;
rr=randint(1,1,[0,1]);
if  T==1%ส่วนของการเพิ่มประชากรในกรณีที่เป็นเลขคี่
   if  rr==1
      DD=randint(1,1,[1,sum(POP_size)]);
      CU_COSS_POP(sum(r+1),:)=CU_re_pop_SE(sum(DD),:);
      r=r+1;
   else
      CU_COSS_POP(sum(r),:)=0;
      r=r-1;
   end
end
CU_COSS_POP;
for i=1:sum(r./2)
   CU_COSS_POPa_1(i,:)=CU_COSS_POP(i,:);
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CU_COSS_POPa_1;
q=1;
for i=(sum(r./2)+1):r
   AA=CU_COSS_POP(i,:);
   for j=q:sum(r./2)
      CU_COSS_POPb_1(j,:)=AA;
   end
   q=q+1;
end
CU_COSS_POPb_1;
GGG=sum(r./2);
p=1;
v=1;
for i=1:sum(GGG)
   KK=CU_COSS_POPa_1(i,:)+CU_COSS_POPb_1(i,:);
   BB=KK./2;
   JJ=floor(BB);
   DIV(i,:)=JJ;
   DIV;
   KK=CU_COSS_POPa_1(i,:)+CU_COSS_POPb_1(i,:);
   MM=mod(KK,2);
   REM(i,:)=MM;
   REM;
   PoP_co=reshape(DIV(i,:),sum(SO),sum(DE));
   PoP_co;
   MMMMM=reshape(REM(i,:),sum(SO),sum(DE));
   MMMMM;
   NNNNN=reshape(REM(i,:),sum(SO),sum(DE));
   NNNNN;
   lim_co_c(:,:)=0;
   for i=1:sum(SO)
      lim_co_c(i,1)=(sum(LIMSOURCE(i,1))-sum(PoP_co(i,:)));
   end
   lim_co_c;
   lim_co_l(:,:)=0;
   for j=1:sum(DE)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    lim_co_l(1,j)=(sum(LIMDES(1,j))-sum(PoP_co(:,j)));
  end
  lim_co_l;
  for i=1:sum(SO)
    for j=1:sum(DE)
      if sum(MMMMM(i,j))==0
        PRE_matrix_co(i,j)=1;
      else
        PRE_matrix_co(i,j)=0;
      end
    end
  end
  PRE_matrix_co;
  PoP_co;
  MMMMM;
  co_POP_1(:,:)=0;
  for i=1:sum(SO)
    for j=1:sum(DE)
      if PRE_matrix_co(i,j)==0
        if lim_co_c(i,1)~=0
          if lim_co_l(1,j)~=0
            co_POP_1(i,j)=1;
            lim_co_c(i,1)=lim_co_c(i,1)-1;
            lim_co_l(1,j)=lim_co_l(1,j)-1;
            if lim_co_c(i,1)==0
              PRE_matrix_co(i,1)=1;
            else
              PRE_matrix_co(i,j)=1;
            end
            if lim_co_l(1,j)==0
              PRE_matrix_co(1,j)=1;
            else
              PRE_matrix_co(i,j)=1;
            end
          end
        end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      end
    end
end
LLL=co_POP_1+PoP_co;
LLL;
for i=1:sum(SO)
   LIM_con_c(i,1)=sum(LLL(i,:));
end
for j=1:sum(DE)
   LIM_con_l(1,j)=sum(LLL(:,j));
end
y=0;
if LIM_con_c(:,:)==LIMSOURCE(:,:)
   if LIM_con_l(:,:)==LIMDES(:,:)
      CU_COSS_POPA(p,:)=reshape(LLL,1,[]);
      p=p+1;
      y=y+1;
   end
end
y;
CU_COSS_POPA;
RRR=MMMMM-co_POP_1;
EEE=RRR+PoP_co;
EEE;
for i=1:sum(SO)
   LIM_con_c(i,1)=sum(EEE(i,:));
end
for j=1:sum(DE)
   LIM_con_l(1,j)=sum(EEE(:,j));
end
x=0;
if LIM_con_c(:,:)==LIMSOURCE(:,:)
   if LIM_con_l(:,:)==LIMDES(:,:)
      CU_COSS_POPB(v,:)=reshape(EEE,1,[]);
      v=v+1;
      x=x+1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      end
    end
    x;
    CU_COSS_POPB;
end
CU_re_pop_SE(:,:)=0;
u=0;
for i=1:sum(r./2)
    GG=sum(CU_COSS_POPA(i,:));
    if GG~=0
      CU_re_pop_SE(i,:)=CU_COSS_POPA(i,:);
      u=u+1;
    end
end
CU_re_pop_SE;
u;
v=u+1;
for i=1:sum(r./2)
    GG=sum(CU_COSS_POPB(i,:));
    if GG~=0
      CU_re_pop_SE(v,:)=CU_COSS_POPB(i,:);
      v=v+1;
    end
end
CU_COSS_POPA(:,:)=0;
CU_COSS_POPB(:,:)=0;
CU_re_pop_SE;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
ส่วนของการทำ Post-cossover Elite perserve
q=0;
for i=1:sum(POP_size)
    if sum(CU_re_pop_SE(i,:))~=0
      q=q+1;
    end
end
CU_ANS(:,:)=0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
q;
for i=1:q
  CU_ANS(i,1)=sum(CU_re_pop_SE(i,:).*REcost(1,:));
end
CU_re_pop_SE1=CU_re_pop_SE;
CU_ANS;
e=1;
post_cost_elite(1,1)=CU_ANS(1,1);
post_coss_pop(1,:)=CU_re_pop_SE1(1,:);
while sum(e)<=sum(q)
    if  post_cost_elite(1,1)<=CU_ANS(e,1)
        CU_ANS(e,1)=0;
        e=e+1;
    else
        post_cost_elite(1,1)=CU_ANS(e,1);
        post_coss_pop(1,:)=CU_re_pop_SE1(e,:);
    end
end
e=1;
post_cost_elite;
post_coss_pop;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%ส่วนของการทำ  Elite solution
if sum(post_cost_elite(1,1))>0
  OBJ(:,:)=0;
  OBJ=elite_so.*REcost;
  ANS_elite_so=sum(OBJ(:,:));
  if ANS_elite_so(1,1)>post_cost_elite(1,1)
     elite_so(1,:)=post_coss_pop(1,:);
  end
     elite_so;
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%
%ส่วนของการทำ Mutation
yo=1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CU_ANS(:,:)=0;
for i=1:q
   GG=rand(1,1);
   CU_ANS(i,:)=GG;
end
CU_ANS;
R=1;
for i=1:q
   if CU_ANS(i,1)<=PER_MU(1,1)
      MU=CU_re_pop_SE1(i,:);
      AAA=reshape(MU,sum(SO),sum(DE));
      mu_POP_1=reshape(MU,sum(SO),sum(DE));
      mu_POP_2=reshape(MU,sum(SO),sum(DE));
      for  i=1:sum(SO)
         GG=unifrnd(0,1,1,1);
         ran_c(i,1)=GG;
      end
      ran_c;
      for  i=1:sum(DE)
         HH=unifrnd(0,1,1,1);
         ran_l(1,i)=HH;
      end
      ran_l;
      AAA;
      for  i=1:sum(SO)
         if  ran_c(i,1)>=PER_MU(1,1)
            mu_POP_1(i,:)=0;
         end
      end
      for  j=1:sum(DE)
         if  ran_l(1,j)>=PER_MU(1,1)
            mu_POP_1(:,j)=0;
         end
      end
      mu_POP_1;
      for i=1:sum(SO)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   lim_mu_c(i,1)=sum(mu_POP_1(i,:));
end
lim_mu_c;
for j=1:sum(DE)
   lim_mu_l(1,j)=sum(mu_POP_1(:,j));
end
lim_mu_l;
for i=1:sum(SO)
   if lim_mu_c(i,1)==0
      PRE_matrix_mu(i,:)=1;
   end
end
for j=1:sum(DE)
   if lim_mu_l(1,j)==0
      PRE_matrix_mu(:,j)=1;
   end
end
PRE_matrix_mu;
for i=1:sum(SO)
   for j=1:sum(DE)
      if PRE_matrix_mu(i,j)==0
         mu_POP_2(i,j)=0;
      end
   end
end
mu_POP_2;
for p=1:sum(DE)%ส่วนของการสุ่มค่า
   for i=1:sum(SO)
      if lim_mu_c(i,1)~=0
         q=(sum(DE).*rand(1,1));
         j=floor(q)+1;
         if lim_mu_l(1,j)~=0
            MIu=min(lim_mu_c(i,1),lim_mu_l(1,j));
            mu_POP_1a(i,j)=MIu;
            lim_mu_c(i,1)=lim_mu_c(i,1)-MIu;
            if lim_mu_c(i,1)==0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            PRE_matrix_mu(i,:)=1;
          else
            PRE_matrix_mu(i,j)=1;
          end
          lim_mu_l(1,j)=lim_mu_l(1,j)-MIu;
          if lim_mu_l(1,j)==0
            PRE_matrix_mu(:,j)=1;
          else
            PRE_matrix_mu(i,j)=1;
          end
        end
      end
    end
end
for i=1:sum(SO)
  for j=1:sum(DE)
    if PRE_matrix_mu(i,j)==0
      MIu=min(lim_mu_c(i,1),lim_mu_l(1,j));
      mu_POP_1a(i,j)=MIu;
      lim_mu_c(i,1)=lim_mu_c(i,1)-MIu;
      if lim_mu_c(i,1)==0
        PRE_matrix_mu(i,:)=1;
      else
        PRE_matrix_mu(i,j)=1;
      end
      lim_mu_l(1,j)=lim_mu_l(1,j)-MIu;
      if lim_mu_l(1,j)==0
        PRE_matrix_mu(:,j)=1;
      else
        PRE_matrix_mu(i,j)=1;
      end
    end
  end
end
PRE_matrix_mu(:,:)=0;
lim_mu_c(:,:)=0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    lim_mu_l(:,:)=0;
    mu_POP_1a;
    KKK=mu_POP_1a+mu_POP_2;
    for i=1:sum(SO)
      LIM_con_c(i,1)=sum(KKK(i,:));
    end
    for j=1:sum(DE)
      LIM_con_l(1,j)=sum(KKK(:,j));
    end
    if LIM_con_c(:,:)==LIMSOURCE(:,:)
      if LIM_con_l(:,:)==LIMDES(:,:)
        mu_POP_1a(:,:)=0;
        mu_POP_2(:,:)=0;
        MUu=reshape( KKK,1,[]);
        AAA;
        KKK;
        LIMSOURCE;
        LIMDES ;
        CU_re_pop_mu(R,:)=MUu;
        R=R+1;
        CU_re_pop_mu;
        mu_POP_1(:,:)=0;
        AAA(:,:)=0;
      end
    end
  end
end
CU_re_pop_mu;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%ส่วนของการทำ Elite Generation
q=0;
for i=1:sum(POP_size)
  if sum(CU_re_pop_mu(i,:))~=0
    q=q+1;
  end
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CU_ANS(:,:)=0;
q;
for i=1:q
   CU_ANS(i,1)=sum(CU_re_pop_mu(i,:).*REcost(1,:));
end
CU_re_pop_mu1=CU_re_pop_mu;
CU_ANS;
e=1;
elite_mu_ans(1,1)=CU_ANS(1,1);
elite_mu_pop(1,:)=CU_re_pop_mu(1,:);
while sum(e)<=sum(q)
     if  elite_mu_ans(1,1)<=CU_ANS(e,1)
         CU_ANS(e,1)=0;
         e=e+1;
     else
         elite_mu_ans(1,1)=CU_ANS(e,1);
         elite_mu_pop(1,:)=CU_re_pop_SE1(e,:);
     end
end
e=1;
elite_mu_ans;
elite_mu_pop;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%ส่วนของการทำ  Elite solution
if sum(elite_mu_ans(1,1))>0
  OBJ(:,:)=0;
  OBJ=elite_so.*REcost;
  ANS_elite_so=sum(OBJ(:,:));
  if ANS_elite_so(1,1)>elite_mu_ans(1,1)
     elite_so_(1,:)=elite_mu_pop(1,:);
  end
    ANS_elite_so;
    elite_so;
end
ANS_elite_so
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%ส่วนของการวัดผล และค่าคำตอบ
elite_so_pop=reshape(elite_so,sum(SO),sum(DE));
disp('เมตริกซ์ปริมาณที่ใช้ขนส่งในแต่ละทาง...ที่ได้จาก_GA_')
elite_so_pop
disp('ค่าใช้จ่ายที่เกิดจาก....เมตริกซ์ปริมาณที่ใช้ขนส่งในแต่ละทาง...ที่ได้จาก_GA_')
ANS_elite_so
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้