การจัดเส้นทางและตารางการทำงาน
สำหรับการจัดเก็บขยะในชุมชนเมือง
ROUTING AND SCHEDULING FOR WASTE COLLECTION
IN URBAN AREAS: A CASE STUDY

นางสาวกานต์สินี นกแก้ว

MISS KANSINEE NOKKAEW

นายวีรภัฏ นิพพานนท์

MR. VEERAPAT NIPPANON

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมออกแบบการผลิตและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ROUTING AND SCHEDULING FOR WASTE COLLECTION IN URBAN AREAS: A CASE STUDY

MISS KANSINEE NOKKAEW

MR. VEERAPAT NIPPANON

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN

PRODUCTION DESIGN AND MATERIALS ENGINEERING

SCHOOL OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การจัดเส้นทางและตารางการทำงานสำหรับการจัดเก็บขยะในชุมชนเมือง
ROUTING AND SCHEDULING FOR WASTE COLLECTION IN URBAN AREAS: A CASE STUDY

นักศึกษา นางสาวกานต์สินี นกแก้ว รหัสประจำตัว 60010059
นายวีรภัฎ นิพพานนท์ รหัสประจำตัว 60010947

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมออกแบบการผลิตและวัสดุ

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

(ผศ.ดร.เชาวลิต หามนตรี)

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

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

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การจัดเส้นทางและตารางการทำงานสำหรับการจัดเก็บขยะในชุมชนเมือง
นักศึกษา	นางสาวกานต์สินี นกแก้ว นายวีรภัฎ นิพพานนท์
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมออกแบบการผลิตและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2563
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ผศ.ดร.เชาวลิต หามนตรี

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ศึกษาปัญหาการจัดการขยะของชุมชนเมืองซึ่งปัญหานี้มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างทวีคูณในอนาคตเนื่องจากแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของประชากร คณะผู้จัดทำสนใจและเล็งถึงปัญหานี้จึงได้ทำการศึกษาปัญหาการจัดตารางการเดินรถเก็บขยะและเส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเก็บขยะในชุมชนเมือง โดยศึกษาจากเขตกรณีศึกษา คือ เขตพื้นที่แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร โดยข้อมูลเขตกรณีศึกษามีข้อมูลจำนวนจุดเก็บขยะทั้งหมด 179 จุด ซึ่งจำนวนของรถเก็บขยะขนาด 6,500 กิโลกรัม จำนวน 7 คัน เมื่อศึกษาและรวบรวมข้อมูล จึงจัดเส้นทางใหม่ให้มีความเหมาะสม โดยผู้จัดทำเลือกใช้วิธีฮิวริสติก (Heuristic Method) และวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) ผลการศึกษาพบว่า การจัดเส้นทางรถเก็บขยะโดยใช้วิธีฮิวริสติกและวิธีเชิงพันธุกรรมสามารถลดระยะลง รวมถึงจัดสรรภาระงานของรถเก็บขยะแต่ละคันให้มีความสมดุล และเมื่อจัดเส้นทางด้วยวิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรมจะได้เส้นทางรถเก็บขยะที่มีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจากเส้นทางที่ได้มีระยะทางรวมสั้นที่สุดและภาระงานที่รถเก็บขยะแต่ละคันได้รับนั้นสมดุลกันด้วย การเลือกใช้วิธีการหาคำตอบด้วยวิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม สามารถค้นหาคำตอบที่เหมาะสมได้ภายในระยะเวลาอันรวดเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับการหาคำด้วยวิธีการอื่นๆ

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

Thesis Title	Routing and Scheduling for Waste Collection in Urban Areas: A Case Study
Student	Miss Kansinee Nokkare Mr. Veerapat Nippanon
Degree	Bachelor of Engineering in Production Design and Materials Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2020
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr. Chaowalit Hamontree

ABSTRACT

The thesis studies the urban waste management problem which the problem can multiply exponentially from trend of population growth in urban areas. We aware of this problem and therefore study the problem of scheduling of the waste collection route and the suitable route for waste collection in the urban areas by using a combination of genetic algorithm (GA) method and heuristic method. The study was studied in the Ladkrabang sub-district, Ladkrabang district, Bangkok. The case study area has a total of 179 waste collection points and has 7 vehicles, which each load 6,500 kilograms. The results show that a combination of GA method and heuristic method gives the shortest distance and allocate a balanced workload for each truck.

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

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การจัดเส้นทางและตารางการทำงานสำหรับการจัดเก็บขยะในชุมชนเมือง กรณีศึกษาพื้นที่แขวง ลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานครสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของคณะบุคคลต่างๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำ ทั้งในด้านวิชาการและการดำเนินงานวิจัยได้แก่

ผศ.ดร.เชาวลิต หามนตรี อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และความรู้ต่างๆในการทำปริญญานิพนธ์นี้ รวมทั้งความใส่ใจและการเสียสละเวลาในการให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาการทำปริญญานิพนธ์นี้จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

รศ.ดร.สิทธิพร พิมพ์สกุล และ ผศ.ดร.พชรพล ตัณฑวิรุฬห์ ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ ผู้จัดขอกราบขอบพระคุณสำหรับคำแนะนำ การตรวจทาน และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอนเพื่อให้การจัดทำปริญญานิพนธ์นี้สมบูรณ์ที่สุด

นอกจากนี้คณะผู้จัดทำขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องทุก ๆ ท่านที่คอยให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือต่าง ๆ จนเป็นผลให้คณะผู้จัดทำสามารถจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จ

อนึ่ง คณะผู้จัดทำหวังไว้เป็นอย่างสูงว่าปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ที่เกิดจากความทุ่มเทและความพยายาม จะมีค่าและเกิดประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจ ตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงมีความประสงค์ที่จะขอมอบส่วนดีทั้งหมดนี้ให้แด่เหล่าคณาจารย์ที่ช่วยประสิทธิประสาทวิชา และในส่วนของข้อบกพร่องของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ คณะผู้จัดทำขอน้อมรับผิดไว้แต่เพียงผู้เดียว และยินดีที่จะรับฟังคำแนะนำต่าง ๆ จากทุกท่านที่ได้เข้ามาศึกษาเพื่อประโยชน์ในการพัฒนาต่อไป

นางสาวกานต์สินี นกแก้ว
นายวีรภัฏ นิพพานนท์

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

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... **ก**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... **ข**
กิตติกรรมประกาศ ..... **ค**
สารบัญ ..... **ง**
สารบัญตาราง ..... **ฉ**
สารบัญรูป ..... **ช**

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์ 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.5 นิยามคำศัพท์ 2
1.6 ตารางการทำงาน 3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem: VRP) 4
2.1.1 ประเภทของการจัดปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ 4
2.2 วิธีการฮิวริสติก (Heuristic) 6
2.3 วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) 7
2.4 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiments: DOE) 20
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 21

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

3.1 การศึกษาและรวบรวมข้อมูล 25

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

สารบัญ

หน้า

3.2 การศึกษาและรวบรวมข้อมูล 32
3.3 ศึกษาค่าตัวแปรที่จะนำมาใช้ในวิธีเชิงพันธุกรรม 44

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการทดลองที่ได้จากการดำเนินงาน 49
4.2 เปรียบเทียบผลลัพธ์การจัดเส้นทางด้วยวิธีการต่างๆ 51
4.3 ผลการทดสอบค่าตัวแปรที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทาง 69

บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผล

5.1 การสรุปผลการดำเนินงาน 72
5.2 ข้อเสนอแนะ 73

เอกสารอ้างอิง 74
ภาคผนวก ผ1

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

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ตารางการดำเนินงาน 3
ตารางที่ 2.1 ความหมายคำศัพท์ 8
ตารางที่ 2.2 วิธีการหาค่าความน่าจะเป็นในการถูกเลือก 20
ตารางที่ 2.3 การคัดเลือกตามความแข็งแรง 20
ตารางที่ 3.1 ข้อมูลจุดเก็บขยะ 26
ตารางที่ 3.2 หมายเลขและจุดเก็บขยะทุกจุดในเส้นทางรถเก็บขยะ 35
ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างเส้นทางของรถเก็บขยะโดยใช้วิธีฮิวริสติกแบบเลือกจุดที่ใกล้ที่สุดวันจันทร์ 41
ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างระยะทางของรถเก็บขยะที่จัดโดยใช้วิธีฮิวริสติกสำหรับวันจันทร์ 41
ตารางที่ 3.5 ตัวอย่างปริมาณขยะของรถเก็บขยะของรถแต่ละคันที่จัดโดยใช้วิธีฮิวริสติกวันจันทร์ 42
ตารางที่ 3.6 ค่าตัวแปรเพื่อการประมวลผลโปรแกรม 45
ตารางที่ 3.7 แสดงค่าของตัวแปรที่เหมาะสมที่สุดจากค่าที่กำหนด 49
ตารางที่ 4.1 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บทุกวันของรถคันที่ 1 50
ตารางที่ 4.2 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บทุกวันของรถคันที่ 2 51
ตารางที่ 4.3 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บทุกวันของรถคันที่ 3 51
ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บทุกวันของรถคันที่ 4 52
ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บทุกวันของรถคันที่ 5 53
ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 1 ของการเก็บขยะวันคี่ 54
ตารางที่ 4.7 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 2 ของการเก็บขยะวันคี่ 54
ตารางที่ 4.8 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 3 ของการเก็บขยะวันคี่ 55
ตารางที่ 4.9 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 4 ของการเก็บขยะวันคี่ 55
ตารางที่ 4.10 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 5 ของการเก็บขยะวันคี่ 56
ตารางที่ 4.11 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 1 ของการเก็บขยะวันคู่ 57
ตารางที่ 4.12 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 2 ของการเก็บขยะวันคู่ 57
ตารางที่ 4.13 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 3 ของการเก็บขยะวันคู่ 58
ตารางที่ 4.14 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 4 ของการเก็บขยะวันคู่ 58
ตารางที่ 4.15 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 5 ของการเก็บขยะวันคู่ 59
ตารางที่ 4.16 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 1 วันที่ 1 59

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

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.17 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 2 วันที่ 1 60
ตารางที่ 4.18 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 3 วันที่ 1..... 60
ตารางที่ 4.19 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 4 วันที่ 1 61
ตารางที่ 4.20 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 5 วันที่ 1 61
ตารางที่ 4.21 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 1 วันที่ 2..... 62
ตารางที่ 4.22 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 2 วันที่ 2 62
ตารางที่ 4.23 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 3 วันที่ 2 63
ตารางที่ 4.24 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 4 วันที่ 2 63
ตารางที่ 4.25 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 5 วันที่ 2..... 64
ตารางที่ 4.26 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 1 วันที่ 3..... 64
ตารางที่ 4.27 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 2 วันที่ 3..... 65
ตารางที่ 4.28 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 3 วันที่ 3..... 65
ตารางที่ 4.29 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 4 วันที่ 3..... 66
ตารางที่ 4.30 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 5 วันที่ 3..... 66
ตารางที่ 4.31 ระยะทางรวมของเส้นทางรถเก็บขยะของแต่ละสถานการณ์ 67
ตารางที่ 4.32 ระยะทางรวม 6 วันของเส้นทางรถเก็บขยะของแต่ละสถานการณ์ 68
ตารางที่ 4.33 น้ำหนักรวมขยะของแต่ละสถานการณ์..... 69
ตารางที่ 4.34 อัตราการใช้ประโยชน์ของรถเก็บขยะของแต่ละสถานการณ์ 69
ตารางที่ 4.35 อัตราการใช้ประโยชน์เฉลี่ยรถของรถเก็บขยะของแต่ละสถานการณ์ 70
ตารางที่ 4.36 แสดงค่าของตัวแปรที่เหมาะสมที่สุดจากค่าที่กำหนด 72

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

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ลำดับวิธีการเชิงพันธุกรรม....8
รูปที่ 2.2 รูปแบบโครโมโซม....9
รูปที่ 2.3 รูปแบบการเข้ารหัสโครโมโซม....9
รูปที่ 2.4 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ One Point กำหนดจุดตัด....10
รูปที่ 2.5 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ One Point ทำการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ที่ถูกตัด....10
รูปที่ 2.6 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ One Point ทำการตัดตัวที่ซ้ำ....10
รูปที่ 2.7 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ One Point ถ่ายทอดยีนที่ตัดตัวซ้ำ....11
รูปที่ 2.8 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ One Point....11
รูปที่ 2.9 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ Two Point กำหนดจุดตัด....11
รูปที่ 2.10 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ Two Point ทำการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์....12
รูปที่ 2.11 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ Two Point ทำการตัดตัวที่ซ้ำ....12
รูปที่ 2.12 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ Two Point ถ่ายทอดยีนที่ทำการตัดแล้ว....12
รูปที่ 2.13 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ Two Point....12
รูปที่ 2.14 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ PMX กำหนดจุดตัด....13
รูปที่ 2.15 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ PMX แลกเปลี่ยนยีนที่อยู่ในช่วงการตัด....13
รูปที่ 2.16 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ PMX....14
รูปที่ 2.17 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ PMX เปลี่ยนค่าที่ซ้ำตามความสัมพันธ์....14
รูปที่ 2.18 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ PMX....14
รูปที่ 2.19 การแลกกลายพันธุ์แบบแทรก ขั้นตอนการเลือกโครโมโซม....15
รูปที่ 2.20 การแลกกลายพันธุ์แบบแทรก ขั้นตอนสุ่มตำแหน่งที่จะแทรก....15
รูปที่ 2.21 การแลกกลายพันธุ์แบบแทรก ขั้นตอนสุ่มเลือกยีนที่จะนำมาแทรก....15
รูปที่ 2.22 การแลกกลายพันธุ์แบบแทรก ขั้นตอนการแทรก....16
รูปที่ 2.23 การกลายพันธ์แบบแทรก....16
รูปที่ 2.24 การกลายพันธุ์แบบเคลื่อนตำแหน่ง ขั้นตอนการเลือกโคโมโซม....16
รูปที่ 2.25 การกลายพันธ์แบบเคลื่อนตำแหน่ง ขั้นตอนการสุ่มเลือกตำแหน่ง....16
รูปที่ 2.26 การกลายพันธุ์แบบเคลื่อนตำแหน่ง ขั้นตอนการสุ่มช่วงที่จะนำมาแทรก....17
รูปที่ 2.27 การแลกกลายพันธุ์แบบแทรก ขั้นตอนการแทรก....17

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

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.28 การกลายพันธุ์แบบเคลื่อนตำแหน่ง 17
รูปที่ 2.29 การกลายพันธุ์แบบสลับตำแหน่ง ขั้นตอนการสุ่มเลือกโครโมโซม 17
รูปที่ 2.30 การกลายพันธุ์แบบสลับตำแหน่ง ขั้นตอนการสุ่มตำแหน่ง 18
รูปที่ 2.31 การกลายพันธุ์แบบสลับตำแหน่ง ขั้นตอนการสลับ 18
รูปที่ 2.32 การกลายพันธุ์แบบสลับตำแหน่ง 18
รูปที่ 2.33 วงล้อเสี่ยงทาย 20
รูปที่ 2.34 อิทธิพลของปัจจัยร่วมที่ไม่มีผลและมีผล 23
รูปที่ 3.1 ผลลัพธ์ของการหาระยะทางระหว่างจุดสองจุดจาก Google Map 39
รูปที่ 3.2 เมตริกซ์แสดงระยะทางระหว่างจุดเริ่มต้นกับจุดสิ้นสุด 39
รูปที่ 3.3 ตารางข้อมูลที่ใช้ในการจัดเส้นทางรถเก็บขยะ 39
รูปที่ 3.4 แสดงหน้าต่างสำหรับป้อนข้อมูลฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ตัวแปรตัดสินใจ ฟังก์ชันข้อจำกัด 44
รูปที่ 3.5 แสดงการกำหนดตัวแปรต่างๆ 45
รูปที่ 3.6 การใช้คำสั่ง DOE –> Factorial –> Create Factorial Design 46
รูปที่ 3.7 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน 47
รูปที่ 3.8 ผลกระทบจากอิทธิพลหลัก 48
รูปที่ 3.9 ผลกระทบจากอิทธิพลร่วม 48
รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยหลัก 71
รูปที่ 4.2 ผลกระทบจากอิทธิพลหลัก 72
รูปที่ 4.3 ผลกระทบจากอิทธิพลร่วม 72

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

บทที่ 1
บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียด ขอบเขต นิยามคำศัพท์และตารางการดำเนินงานของงานวิจัย เรื่อง การจัดเส้นทางและตารางการทำงานสำหรับการจัดเก็บขยะในชุมชนเมือง ดังแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

1.2 วัตถุประสงค์การศึกษา

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5 นิยามคำศัพท์

1.6 ตารางการดำเนินงาน

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กรุงเทพมหานครและเขตปริมณฑลเป็นพื้นที่ที่มีความเจริญก้าวหน้าทั้งทางด้านเศรษฐกิจและเทคโนโลยี จึงเกิดการอพยพโยกย้ายถิ่นฐานของประชากรในเขตพื้นที่ชนบทเข้ามาในเขตกรุงเทพมหานครและเขตปริมณฑลซึ่งเป็นชุมชนเมือง ทำให้ชุมชนเมืองเกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็ว ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคมรวมถึงเกิดปัญหาต่างๆตามมา ไม่ว่าจะเป็นปัญหาความแออัด ปัญหาในเรื่องสาธารณูปโภค สาธารณูปการ ปัญหาการจราจร และปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ปัญหาขยะมูลฝอยตามชุมชน ขยะมูลฝอยตามชุมชนสามารถก่อให้ปัญหาสิ่งแวดล้อมต่างๆได้หากมีการจัดการที่ไม่เหมาะสม เช่น หากขยะมูลฝอยไม่ได้ถูกจัดเก็บและเหลือสะสมก่อให้เกิดแหล่งพาหะนำโรค ส่งกลิ่นเหม็นเน่าและน้ำจากกองขยะเมื่อไหลลงสู่แหล่งน้ำ แหล่งน้ำนั้นอาจเกิดการเน่าเสีย การจัดการขยะมูลฝอยในปัจจุบันทรัพยากรในการจัดการปัญหาขยะมีอยู่อย่างจำกัด ทั้งจำนวนพนักงานเก็บขยะ และจำนวนรถเก็บขยะ โดยวิธีการในการจัดการขยะในปัจจุบันคือ ไม่มีการวางแผนเส้นทาง พนักงานทำหน้าที่เพียงแค่เก็บขยะตามจุดเก็บให้ครบทุกถังขยะ ซึ่งการไม่วางแผนเส้นทางการเดินรถทำให้รถเก็บขยะบางเส้นทางระยะทางสั้น บางเส้นทางระยะทางไกล และปัญหาในด้านการบรรจุขยะของรถแต่ละคันไม่สมดุลโดยบางคันบรรจุขยะเพียงเล็กน้อย และบางคันต้องบรรจุขยะในปริมาณที่มากทำให้จำเป็นต้องเพิ่มเที่ยวรถในการเก็บขยะ ส่งผลให้สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถเก็บขยะเป็นหนึ่งในปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ หรือ Vehicle Routing Problem: VRP โดยปริมาณขยะที่จัดเก็บในแต่ละครั้งต้องไม่เกินปริมาณที่รถเก็บขยะสามารถบรรทุกได้ และรถขยะทุกคันจะต้องเริ่มต้นจากลานจอดรถเก็บขยะและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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

สิ้นสุดที่ลานจอดรถเก็บขยะ การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเก็บขยะของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แก้ปัญหาด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม หรือ Genetic Algorithm: GA โดยขอบเขตการศึกษาของงานวิจัยนี้คือ พื้นที่แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ซึ่งมีจำนวนจุดเก็บขยะทั้งหมด 179 จุด หน่วยปฏิบัติงานรักษาความสะอาด 1 จุด โรงกำจัดขยะ 1 จุด จำนวนของรถเก็บขยะขนาด 6,500 กิโลกรัม มีจำนวนจำกัด คือ 7 คัน และระยะเวลาปฏิบัติงานตั้งแต่เวลา 0.00 - 8.00 น.

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและจัดเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดเก็บขยะด้วยวิธีการฮิวริสติกและวิธีการเชิงพันธุกรรม
2. เพื่อลดระยะทางในการเดินทางของรถเก็บขยะ
3. เพื่อและจัดสรรให้ปริมาณขยะในแต่ละเส้นเกิดความสมดุล

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. ศึกษาเส้นทางการจัดเก็บขยะของรถเก็บขยะภายในพื้นที่แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร
2. จำนวนจุดเก็บขยะทั้งหมด 179 จุด หน่วยปฏิบัติงานรักษาความสะอาด 1 จุด และโรงกำจัดขยะ 1 จุด
3. จำนวนของรถเก็บขยะขนาด 6,500 กิโลกรัม มีจำนวน 7 คัน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดเก็บขยะในพื้นที่แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร
2. ระยะทางในการเดินทางของรถเก็บขยะลดลง
3. ปริมาณขยะในแต่ละเส้นทางมีความสมดุลทำให้ภาระงานของพนักงานจัดเก็บขยะสมดุล
4. ประสิทธิภาพในการใช้งานรถเก็บขยะเพิ่มมากขึ้น

1.5 นิยามคำศัพท์

ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ หรือ Vehicle Routing Problem: VRP หมายถึง ปัญหาที่ต้องการหาเส้นทางเดินรถที่เหมาะสม จากจำนวนของเส้นทางเดินรถที่เป็นไปได้ทั้งหมด VRP เป็นวิธีที่ใช้เพื่อลดต้นทุนในการ ขนส่งและลดระยะเวลาในการจัดส่งสินค้าภายใต้ข้อกำหนดในเรื่องของค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด หรือมีเวลาที่ใช้ในการเดินทางที่น้อยที่สุด ซึ่งปริมาณความต้องการขนส่งของทุกจุดรับสินค้าในแต่ละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้นำไปใช้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เส้นทางเมื่อรวมกันจะต้องไม่เกินความจุของยานพาหนะที่ใช้ โดยจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของเส้นทางการเดินรถจะต้องอยู่ที่เดียวกัน

1.6 ตารางการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ตารางการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	บทที่	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1										
2. ศึกษางานวิจัย เอกสาร และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ	2										
3. ทดลองวิเคราะห์ข้อมูลตัวอย่าง	3										
4. วิเคราะห์และจัดการข้อมูล	3										
5. จัดเส้นทางการจัดเก็บขยะของรถเก็บขยะด้วยวิธีการฮิวริสติกและวิธีการเชิงพันธุกรรม	3										
6. เปรียบเทียบวิธีการแก้ไขปัญหาและประยุกต์วิธีการแก้ไขปัญหา	3										
7. สรุปผลและเสนอแนวทางการเดินรถที่เหมาะสมที่สุด	4										

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

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดเส้นทางและตารางการทำงานสำหรับการจัดเก็บขยะในชุมชนเมือง โดยทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปริญญานิพนธ์ มีดังนี้

2.1 ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem: VRP)

2.2 วิธีการฮิวริสติก (Heuristic)

2.3 วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA)

2.4 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiments: DOE)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem: VRP)

ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem: VRP) คือ ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทางการเดินทางไปยังจุดขนส่งสินค้าหลายๆจุด โดยมีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดที่ศูนย์กระจายสินค้า แนวความคิดพื้นฐานของปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบ VRP คือ การออกแบบเส้นทางเดินรถที่เหมาะสมให้กับรถขนส่งสินค้าที่ทราบปริมาณ ความจุ เส้นทางการขนส่งจะเริ่มต้นจากคลังสินค้าไปสู่กลุ่มลูกค้าที่ทราบตำแหน่ง

เป้าหมายของการแก้ปัญหา VRP เป็นการหาเส้นทางการขนส่งที่ทำให้เกิดต้นทุนการขนส่งหรือระยะทางรวมต่ำสุด ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะเป็นปัญหาที่สำคัญในด้านโลจิสติกส์และการจัดการห่วงโซ่อุปทาน วิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบมีกรอบเวลามีหลายวิธีการ เช่น วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) เป็นต้น

2.1.1 ประเภทของการจัดปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ

ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายประเภทตามแต่ลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้นซึ่งสามารถใช้เกณฑ์ในการแบ่งปัญหา (ไพจิตร, 2556) ดังนี้

2.1.1.1 <u>จัดกลุ่มตามวิธีการแก้ปัญหาของปัญหา VRP</u>

1. วิธีการแม่นตรง (Exact Method) วิธีการนี้ใช้พื้นฐานจากโปรแกรมเชิงเส้น โปรแกรมจำนวนเต็ม หรือวิธีการอื่นที่ให้ค่าที่ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

2. วิธีการฮิวริสติก (Heuristic Method) เป็นวิธีการที่เมื่อดำเนินการเสร็จเรียบร้อยจะได้ค่าที่เหมาะสมแต่ไม่สามารถรับประกันได้ว่าเป็นค่าที่ดีที่สุดเหมาะสำหรับปัญหาที่มีขนาดใหญ่

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

3. การจำลองแบบปัญหา (Simulation) ใช้กับปัญหาที่มีความไม่แน่นอนเกิดขึ้น เช่น ความต้องการไม่แน่นอน ระยะเวลาไม่แน่นอน

2.1.1.2 ลักษณะความต้องการของลูกค้า

1. ค่าความต้องการของลูกค้าทราบค่าและแน่นอน (Deterministic Demand) ทราบค่าความต้องการของลูกค้าก่อน โดยมีการสั่งสินค้าก่อนและจัดเส้นทางขนส่ง หรือทำการประมาณค่าจากการใช้ค่าเฉลี่ยหรือค่าทางสถิติอย่างใดอย่างหนึ่ง

2. ค่าความต้องการของลูกค้าทราบค่าแต่ไม่ทราบค่าที่แน่นอน (Stochastic Demand) ความต้องการของลูกค้าจะทราบค่าแต่อาจจะมีความไม่แน่นอนซึ่งต้องใช้เทคนิคการแก้ปัญหาต่างจากข้อ 2.1

3. ไม่ทราบความต้องการของลูกค้า ซึ่งจะไม่ทราบค่าขณะวางแผนแต่จะทราบเมื่อไปถึงลูกค้า

2.1.1.3 ข้อจำกัดด้านเวลา (Time Windows)

ถือเป็นข้อจำกัดสำคัญอย่างหนึ่งในการจัดเส้นทาง เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการเดินทางหรือบริการลูกค้าอาจมีผลต่อเส้นทางที่เลือกใช้ สามารถแบ่งเป็นกลุ่มได้ดังนี้

1. แบบไม่มีข้อจำกัดด้านเวลา (No Time Window) ไม่คำนึงถึงข้อจำกัดด้านเวลาต่างๆโดยจะทำการจัดเฉพาะเส้นทางการเดินทาง

2. แบบมีข้อจำกัดด้านเวลาไม่เคร่งครัด (Soft Time Window) มีข้อจำกัดทางด้านเวลาแต่ไม่เคร่งครัดมากนักสามารถส่งสินค้าช้าหรือเร็วกว่ากำหนดได้บ้าง

3. แบบมีข้อจำกัดด้านเวลาเคร่งครัด (Stick Time Window) คำนึงถึงระยะเวลาในการเดินทางและระยะเวลาในการให้บริการอย่างเคร่งครัดหากเดินทางผิดเวลาหรือไปถึงลูกค้าผิดเวลาจะทำให้ไม่สามารถให้บริการลูกค้าได้

4. แบบมีข้อจำกัดด้านเวลาที่มีทั้งเคร่งครัดและไม่เคร่งครัด (Mixed) ในกลุ่มนี้จะมีลูกค้าทั้งที่เคร่งครัดเรื่องเวลาที่มาถึงของรถขนส่งสินค้า หรือเวลาในการให้บริการและไม่เคร่งครัดเรื่องเวลาในปัญหาเดียวกัน

2.1.1.4 เวลาในการวางแผนการเดินทาง (Time Horizon)

เป็นการจัดกลุ่มตามการวางแผนการเดินทางอาจจะเป็นการวางแผนหนึ่งครั้งและใช้เส้นทางแบบเดิมทุกวันหรือวางแผนล่วงหน้าเป็นเดือนหรือปีโดยการใช้เส้นทางในแต่ละวันแตกต่างกันไป สามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้ดังนี้

1. แบบคาบเวลาเดียว (Single Period) วางแผนเพียงครั้งเดียวและดำเนินการเช่นเดียวกันในทุกคาบเวลา

2. แบบหลายคาบเวลา (Multi Period) วางแผนแบบหลายคาบเวลาและมีเส้นทางแตกต่างกันไปในแต่ละคาบเวลา

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

2.1.1.5 ข้อจำกัดด้านจำนวนจุดเริ่มต้น (Number of Origin Point)

จุดเริ่มต้นที่ต่างกันสามารถให้ระยะทางที่แตกต่างกันออกไป การวางแผนเส้นทางอาจต้องวางแผนจากจุดเริ่มต้นเดียวหรือ วางแผนให้จุดเริ่มต้นหลายจุดพร้อมๆกัน สามารถแบ่งย่อยได้ดังนี้

1. จุดเริ่มต้นเดียว (Single Origin/Depot) การเริ่มต้นของทุกๆเส้นทางเริ่มจากจุดเริ่มต้นเพียงจุดเดียว

2.จุดเริ่มต้นหลายจุด (Multiple Origin/Depot) มีจุดเริ่มต้นหลายจุดและต้องวางแผนการจัดเส้นทางไปพร้อมๆกัน

2.2 วิธีการฮิวริสติก (Heuristic)

วิธีการฮิวริสติก หรือ Heuristic เป็นวิธีในการหาผลเฉลยที่เหมาะสมกับปัญหา NP-Hard เช่น ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ วิธีนี้สามารถแก้ปัญหาภายในเวลาที่จำกัด แม้คำตอบที่ได้จะไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด แต่ก็เป็นคำตอบที่ดีเพียงพอจะนำไปใช้การทดลอง การแก้ปัญหาด้วยวิธีฮิวริสติกมีหลายวิธี ขึ้นอยู่กับกฎเกณฑ์ที่ตั้งขึ้นมาเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาสามารถแบ่งวิธีการหาคำตอบได้ 3 กลุ่ม คือ

2.2.1 วิธีการสร้างทัวร์ (Tour Construction Procedure)

เป็นวิธีการในการค้นหาเส้นทางในการเดินรถที่เป็นไปได้.ตัวอย่างเทคนิคที่อยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ Nearest Neighbor Procedure, Saving Algorithm Nearest Insertion Procedure Cluster-First Route-Second Method Route-First Cluster-Second Method เป็นต้น

2.2.2 วิธีการปรับปรุงเส้นทาง (Tour Improvement Procedure)

เป็นการนำเส้นทางเดินรถที่มีอยู่แล้วมาปรับปรุงเส้นทาง โดยการสลับหรือแลกเปลี่ยนเส้นทางเพื่อให้เส้นทางใหม่พัฒนาเป็นคำตอบที่ดีกว่าเดิม.ตัวอย่างเทคนิคที่อยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ การแลกเปลี่ยนเส้นทางขนส่งครั้งละ 2 เส้นทาง (2-opt), การแลกเปลี่ยนเส้นทางขนส่งครั้งละ 3 เส้นทาง (3-opt) หรือการแลกเปลี่ยนเส้นทางครั้งละ k เส้นทาง (k-opt) ในกรณีที่ $k \geq 3$ เป็นต้น

2.2.3 วิธีผสมผสาน (Composite Procedure)

เป็นวิธีการจัดเส้นทางที่นำเทคนิคทั้งการสร้างเส้นทางและการปรับปรุงเส้นทางมาผสมผสานกันเพื่อลดระยะเวลาในการแก้ปัญหา โดยเริ่มต้นกำหนดเส้นทางเดินรถด้วยวิธีการสร้างเส้นทางและปรับปรุงเนทางงที่ได้จากขั้นต้นด้วยวิธีการปรับปรุงเส้นทาง

โดยวิธีที่เลือกใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเก็บขยะในที่นี้คือ Nearest Neighborhood Method ซึ่งคิดค้นโดย Karl Menger (Menger, 1930) โดยมีวิธีการดังนี้

1. กำหนดจุดส่ง (Node) ที่เป็นจุดเริ่มต้นของเส้นทาง

2. หาจุดที่ระยะทางจากจุดเก็บที่ถูกจัดให้อยู่ในเส้นทางแล้วไปยังจุดเก็บใกล้เคียงที่มีค่าน้อยที่สุด และนำจุดเก็บนั้นเป็นส่วนหนึ่งของเส้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3. ทำซ้ำในข้อที่ 2 จนกระทั่งเต็มความจุรถ

4. ทำซ้ำในข้อที่ 1-3 จนเก็บครบทุกจุด

2.3 วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA)

วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) คือ วิธีแก้ปัญหาแบบหนึ่งที่ใช้ในการค้นหาเพื่อให้ได้จุดที่เหมาะสมที่สุด (Optimum Point) ซึ่งเป็นการพัฒนาและจำลองวิธีการมาจากกระบวนการทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตจากทฤษฎีวิวัฒนาการ John Henry Holland นักวิทยาศาสตร์สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ได้ทำการคิดค้นการลอกเลียนแบบขั้นตอนธรรมชาติของการพัฒนาสิ่งมีชีวิตขึ้นในปี ค.ศ. 1970 โดยร่วมกับเพื่อนร่วมงานและนักศึกษาของมหาวิทยาลัยมิชิแกน ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางธรรมชาติของพันธุกรรมและนำกลไกการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้มาประยุกต์ใช้กับการเขียนโปรแกรม (วนัฐณพงษ์, 2559)

จากการคิดค้นของ John Henry Holland ทำให้สามารถค้นหาและแก้ปัญหาให้ได้จุดที่เหมาะสมที่สุด ทั้งอาจจะเป็นจุดต่ำสุด (Minimum Point) หรือจุดสูงสุด (Maximum Point) สำหรับหลักการของวิธีการค้นหาแบบขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม คือ สิ่งมีชีวิตทั้งหมดจะมีทั้งลักษณะที่ดีและไม่ดี ในการกำหนดว่าสิ่งมีชีวิตไหนมีลักษณะที่ดีหรือไม่ดีนั้นจะถูกกำหนดจากทฤษฎีการหาค่าที่ดีที่สุด (Optimization Theory) ซึ่งสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะที่ดีนั้นจะได้รับการสนับสนุนให้มีการถ่ายทอดลักษะทางพันธุกรรมเพื่อให้ได้สิ่งมีชีวิตใหม่ที่ดีขึ้น ในส่วนที่มีลักษณะที่ไม่ดีจะไม่ถูกสนับสนุนหรือไม่นำส่วนนี้มาพิจารณา วิธีการเชิงพันธุกรรมถึงแม้ว่าจะเป็นเทคนิคในการหาคำตอบแต่มีรากฐานมาจากแนวคิดการพัฒนาจากรุ่นสู่รุ่น โดยอ้างอิงมาจากทฤษฎีการวิวัฒนาการ ดังนั้น คำศัพท์ที่ใช้นั้นจึงเป็นคำศัพท์ทางชีววิทยา ลักษณะของวิธีการเชิงพันธุกรรมนั้นใช้การแก้ปัญหา โดยการสร้างสตริงแทนคุณลักษณะของของตัวแปรที่ตัดสินใจ ชุดสตริงของตัวแปรเหล่านั้นจะถูกเรียกกว่าโครโมโซม (Chromosome) ซึ่งในหนึ่งโครมโมโซมนั้นจะประกอบไปด้วยกลุ่มของรหัสต่างๆ ซึ่งรหัสเหล่านั้นจะถูกเรียกว่า ยีน (Gene) ซึ่งตำแหน่งที่ยีนอยู่บนโครโมโซมจะถูกเรียกว่า โลคัส (Locas) และสำหรับค่าที่อยู่ภายในยีนซึ่งสามารถมีได้หลายค่า และค่าเหล่านั้นจะถูกเรียกว่า อัลลีน (Allele) และลักษณะของยีนเหล่านั้นที่อยู่ในโครโมโซมเช่น รถ เส้นทาง จะถูกเรียกว่า จีโนโทป์ (Genotype) และค่าที่ได้หลังจากทำการถอดรหัสแล้วซึ่งเป็นตัวแปรอีกหนึ่งค่าจะถูกเรียกกว่าฟีโนโทป์ (Phenotype) สามารถสรุปคำศัพท์เหล่านี้ออกมาได้ดังตารางที่ 2.1

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

ตารางที่ 2.1 ความหมายของคำศัพท์

คำศัพท์ในวิธีการเชิงพันธุกรรม	ความหมาย
โครโมโซม (Chromosome)	สตริงของค่าตัวแปร
ยีน (Gene)	ตำแหน่งของตัวแปรบนชุดสตริง
โลคัส (Locas)	ตำแหน่งบนชุดสตริง
อัลลีน (Allele)	ค่าของตัวแปรในยีน
จีโนโทป์ (Genotype)	ลักษณะบนชุดสตริง
ฟีโนโทป์ (Phenotype)	ค่าตัวแปรหลังทำการถอดรหัส

2.3.1 ขั้นตอนการทำงานของวิธีเชิงพันธุกรรม

ขั้นตอนการทำงานของวิธีเชิงพันธุกรรมเป็นการค้นหาคำตอบโดยเลียนแบบวิธีการคัดเลือกตามธรรมชาติ โดยอาศัยหลักการสุ่มซึ่งใช้ข้อมูลจากอดีตในการพิจารณาจุดที่จะต้องค้นหาใหม่โดยคาดหวังว่าสมรรถนะของการค้นหาจะดีขึ้นเพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสมมากขึ้น ขั้นตอนการทำงานของวิธีเชิงพันธุกรรม ประกอบด้วย

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดรูปแบบโครโมโซม (Chromosome Representation)

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างประชากรเริ่มต้น (Population Initialization)

ขั้นตอนที่ 3 ปฏิบัติการของ GA (Genetic Operation)

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Evaluation)

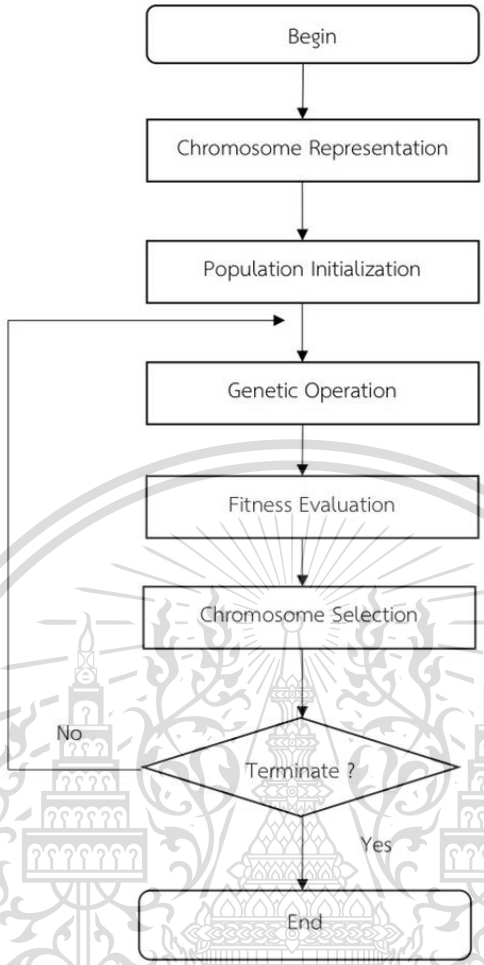
ขั้นตอนที่ 5 การคัดเลือกโครโมโซม (Chromosome Selection)

ขั้นตอนที่ 6 การตรวจสอบเงื่อนไขการหยุดทำงานของ GA

ซึ่งรายละเอียดแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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



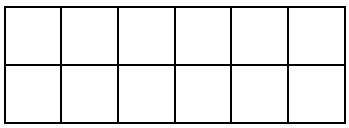
รูปที่ 2.1 ลำดับขั้นตอนการทำงานของวิธีการเชิงพันธุกรรม

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดรูปแบบโครโมโซม (Chromosome Representation)

กำหนดโครโมโซม (Chromosome) ให้เหมาะสมกับปัญหาที่จะทำการแก้ไขสำหรับการกำหนดโครโมโซมมีอยู่ 2 รูปแบบ เป็นชนิดแถวเดียว และเป็นชนิดหลายแถวเป็นตาราง ดังรูปที่ 2.2

โครโมโซมชนิดแถวเดียว

โครโมโซมชนิดหลายแถว



รูปที่ 2.2 รูปแบบโครโมโซม

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

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างประชากรเริ่มต้น (Population Initialization)

ในขั้นตอนนี้คือขั้นตอนในการหาคำตอบเริ่มต้น (Initial Solution) เพื่อนำไปใช้ในการเริ่มต้นการหาคำตอบที่ดีที่สุด โดยการหาคำตอบเริ่มต้นสามารถหาได้หลายวิธี ไม่ว่าจะใช้คำตอบจากโปรแกรม หรือใช้ฮิวริสติกในการหาคำตอบมาเพื่อเป็นประชากรเริ่มต้น

การเข้ารหัสโครโมโซม (Chromosome Encoding) เป็นส่วนหนึ่งของวิธีการเชิงพันธุกรรมที่สำคัญอีกขั้นตอนหนึ่ง ในการดำเนินการเข้าสู่ขั้นตอนอื่นๆ ในขั้นตอนเชิงพันธุกรรมจำเป็นต้องผ่านการเข้ารหัสโครโมโซมก่อน ซึ่งการเข้ารหัสนั้นสามารถเข้าได้หลายรูป เช่น เลขฐานสองจำนวนเต็ม ค่าของข้อมูล หมายเลขลำดับ หรือ สัญลักษณ์เฉพาะ ในที่นี้จะยกตัวอย่างการเข้าโครโมโซมที่ใช้ในการจัดเส้นทางการเดินรถโดยเข้ารหัสเป็นหมายเลขจุด

โครโมโซม A =

4	3	1	6	5	2

รูปที่ 2.3 รูปแบบการเข้ารหัสโครโมโซม

ขั้นตอนที่ 3 ปฏิบัติการของ GA (Genetic Operation)

กระบวนการเชิงพันธุกรรมนี้จะมีกิจกรรมหลัก ๆ อยู่ 2 ขั้นตอน การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ (Crossover) และการกลายพันธุ์ (Mutation) ในขั้นนี้จะเป็นกระบวนการค้นหาและแลกเปลี่ยนผลคำตอบเพื่อหาผลเฉลยที่ดีขึ้น ซึ่งในการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ และการกลายพันธุ์ มีขั้นตอนและวิธีการอยู่หลายรูปแบบ

2.3.1.1 <u>การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ (Crossover)</u>

เป็นกระบวนการที่ดำเนินการร่วมกันของ 2 โครโมโซม (โครโมโซม พ่อ แม่) ดำเนินการถ่ายทอดลักษณะสร้างโครโมโซมใหม่ (โครโมโซม ลูก) โดยทั่วไปการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ไม่ควรเกิดกับประชากรทั้งหมด โดยโอกาสการเกิดการแลกเปลี่ยนสารพันธุ์จะถูกกำหนดโดยความน่าจะเป็นในการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ (Crossover Probability) ซึ่งโดยปกติช่วงความน่าจะเป็นในการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์จะอยู่ที่ 0.7 - 0.9 และวิธีการแลกเปลี่ยนลายพันธุ์มีหลากหลายวิธีซึ่งได้ทำการยกดังตัวอย่างต่อไปนี้

1. การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ One Point

ในวิธีการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์วิธีนี้ถูกนำเสนอโดย Murata et al (1996) ซึ่งวิธีการดำเนินการจะเริ่มตันโดย

1.1 นำโครโมโซม พ่อ และ แม่ มาทำการสุ่มตัด 1 จุด ตัดโครโมโซมออกเป็น 2 ส่วน (แทนจุดตัดด้วยสัญลักษณ์ " | ") โดยขั้นตอนการแลกเปลี่ยนขั้นแรกในการทำการแลกเปลี่ยนจะสุ่มจุดตัดซึ่งจุดตัดสมาชิกพ่อและแม่ต้องมีจุดตัดที่ตรงกันดังรูปที่ 2.4

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

P_1 = (1 5| 3 2 6 4)

P_2 = (2 4| 6 3 1 5)

รูปที่ 2.4 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ One Point กำหนดจุดตัด

1.2 จากนั้นทำการส่งผ่านยีนในช่วงที่ทำการตัดจากโครโมโซม P_1 ไปยังโครโมโซม O_1และ จากโครโมโซม P_1 ไปยังโครโมโซม O_2 และแทนค่าส่วนช่วงที่ไม่ได้ยังไม่ได้รับการส่งผ่านยีนด้วยเครื่องหมาย x ตามรูปที่ 2.5

O_1 = (1 5| x x x x)

O_2 = (2 4| x x x x)

รูปที่ 2.5 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ One Point ทำการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ที่ถูกตัด

1.3 เมื่อได้ส่งผ่านยีนขั้นแรกเสร็จแล้วพิจารณายีนจากพ่อแม่ โดยการตัดยีนที่มีค่าซ้ำในส่วนที่ลูกรับได้ถ่ายทอดไปแล้วออก และถ่ายทอดที่เหลือไปยังรุ่นลูกที่ได้กำหนดไว้โครโมโซม P_1 จะตัดค่าที่โครโมโซม O_2 ได้รับถ่ายทอดไปแล้ว และโครโมโซม P_2 จะตัดค่าที่โครโมโซม O_1 ได้รับถ่ายทอดไปแล้วตามรูปที่ 2.6

P_1 = (1 5 3 x 6 x)

P_2 = (2 4 6 3 x x)

รูปที่ 2.6 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ One Point ทำการตัดตัวที่ซ้ำ

1.4 ทำการถ่ายทอดยีนที่ทำการพิจารณาและตัดค่าที่ซ้ำออกไปแล้วไปยังรุ่นลูกในส่วนที่ยังไม่ได้รับค่าดังรูปที่ 2.7

O_1 = (1 5| 2 4 6 3)

O_2 = (2 4| 1 5 3 6)

รูปที่ 2.7 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ One Point ถ่ายทอดยีนที่ตัดตัวซ้ำ

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

ผลการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์วิธี One Point จากโครโมโซม พ่อ และแม่ที่ทำการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์เป็นไปตามรูปที่ 2.8

พ่อ	1	5	3	2	6	4
แม่	2	4	6	3	1	5
ลูก 1	1	5	2	4	6	3
ลูก 2	2	4	1	5	3	6

รูปที่ 2.8 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ One Point

2. การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ Two Point

วิธีการ Two Point ได้ถูกนำเสนอพร้อมๆ กับแบบ One Point โดย Murata et al (1996)ซึ่งในวิธีนี้จะทำการนำโครโมโซม พ่อ และ แม่ มาทำการสุ่มตัด 2 จุด ((แทนจุดตัดด้วยสัญลักษณ์ " | ") โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 ทำการตัดนิ้สมาชิกในรุ่นพ่อและแม่ต้องมีจุดตัดที่ตรงกันดังรูปที่ 2.9

P_1 = (1| 5 3 2 6 |4)

P_2 = (2| 4 6 3 1 |5)

รูปที่ 2.9 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ Two Point กำหนดจุดตัด

2.2 เมื่อทำการตัดเสร็จแล้วทำการส่งผ่านยีนที่อยู่นอกการตัด ไปยังรุ่นลูกจากโครโมโซม P_1 ไปยังโครโมโซม O_1 และจากโครโมโซม P_2 ไปยังโครโมโซม O_2 และแทนค่าส่วนช่วงที่ยังไม่ได้รับการส่งผ่านยีนด้วยเครื่องหมาย x ตามรูปที่ 2.10

O_1 = (1| x x x x |4)

O_2 = (2 | x x x x |5)

รูปที่ 2.10 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ Two Point ทำการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์

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

2.3 หลังจากนั้นมาพิจารณาที่ยีนพ่อ และแม่ตัดยีนที่ซ้ำกับที่ลูกได้รับไปแล้วโดยโครโมโซม P_1 พิจารณาที่โครโมโซม O_2 และโครโมโซม P_2 พิจารณาที่โครโมโซม O_1 ดังรูปที่ 2.11

$P_1 = (1 \times 3 \times 6\ 4)$

$P_2 = (2 \times 6\ 3 \times 5)$

รูปที่ 2.11 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ Two Point ทำการตัดตัวที่ซ้ำ

2.4 ทำการถ่ายทอดยีนที่ได้ทำการตัดค่าเรียบร้อยแล้วไปยังรุ่นลูกในส่วนที่ยังไม่ได้รับการถ่ายทอดตามรูปที่ 2.12

$O_1 = (1\ 2\ 6\ 3\ 5\ 4)$

$O_2 = (2\ 1\ 3\ 6\ 4\ 5)$

รูปที่ 2.12 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ Two Point ถ่ายทอดยีนที่ทำการตัดแล้ว

ภาพรวมการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ Two Point จากโครโมโซมพ่อ และแม่ เมื่อทำการแลกเปลี่ยนแล้วได้โครโมโซมลูก 1 และ 2 ดังรูปที่ 2.13

พ่อ	1	5	3	2	6	4
แม่	2	4	6	3	1	5
ลูก 1	1	2	6	3	5	4
ลูก 2	2	1	3	6	4	5

รูปที่ 2.13 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ Two Point

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

3. การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ Partial Mapped Crossover (PMX)

วิธีการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ Partial Mapped Crossover ได้ถูกคิดค้นและนำเสนอโดย Goldberg and Lingle (1985) ในการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์วิธีนี้จะเริ่มต้นจากการสุ่มเลือกจุดตัดมา 2 จุด (แทนจุดตัดด้วยสัญลักษณ์ " | ") ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 ทำการตัดนี้สมาชิกในรุ่นพ่อและแม่ต้องมีจุดตัดที่ตรงกันตามรูปที่ 2.14

P_1 = (1| 5 3 2| 6 4)

P_2 = (2| 4 6 3| 1 5)

รูปที่ 2.14 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ Partial Mapped Crossover (PMX) กำหนดจุดตัด

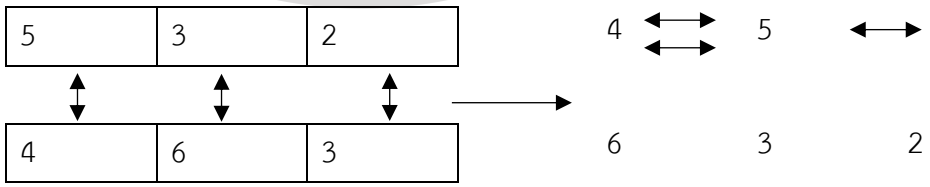
3.2 ทำการสลับยีนที่อยู่ในช่วงการตัดของโครโมโซม P_1 และโครโมโซม P_2 เพื่อสร้างรุ่นลูกดังรูปที่ 2.15

O_1 = (1| 4 6 3| 6 4)

O_2 = (2| 5 3 2| 1 5)

รูปที่ 2.15 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ Partial Mapped Crossover (PMX) แลกเปลี่ยนยีนที่อยู่ในช่วงการตัด

3.3 พิจารณายีนในส่วนที่ทำการสลับกันของโครโมโซม P_1 และโครโมโซม P_2 และทำสร้างการแผนภาพความสัมพันธ์ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ Partial Mapped Crossover (PMX) สร้างแผนภาพความสัมพันธ์

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

3.4 พิจารณายีนที่โครโมโซม O_1 และโครโมโซม O_2 ถ้ายีนที่ไม่ได้อยู่ในช่วงการตัดมีค่าซ้ำกับยีนที่อยู่ในช่วงการตัด ให้ทำการเปลี่ยนแปลงตามความสัมพันธ์ที่มีต่อกันจากแผน9kikได้สร้างมาตามรูปที่ 2.17

O_1 = (1| 4 6 3| 2 5)

O_2 = (6| 5 3 2| 1 4)

รูปที่ 2.17 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ Partial Mapped Crossover (PMX) เปลี่ยนค่าที่ซ้ำตามความสัมพันธ์

ผลการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ Partial Mapped Crossover (PMX) จากโครโมโซมพ่อและแม่ที่ทำการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ ได้ผลเป็นโครโมโซมลูก 1 และลูก 2 ตามรูปที่ 2.18

พ่อ	1	5	3	2	6	4
แม่	2	4	6	3	1	5
ลูก 1	1	4	6	3	2	5
ลูก 2	6	5	3	2	1	4

รูปที่ 2.18 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ Partial Mapped Crossover (PMX)

2.3.1.2 <u>การกลายพันธุ์ (Mutation)</u>

การกลายพันธุ์ (Mutation) เป็นขั้นตอนหนึ่งของกระบวนการเชิงพันธุกรรมที่จะสร้างสมาชิกรุ่นลูก ซึ่งในกระบวนการนี้เป็นการทำการแลกเปลี่ยนยีนภายในตัวสมาชิกตัวเดียวเท่านั้นเช่นเดียวกับการแลกเปลี่ยนสายพันธ์ที่จะไม่เกิดการกลายพันธุ์ทั้งหมด โดยจะมีค่าความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (Mutation Probability) เป็นตัวกำหนดโอกาสที่จะเกิดการกลายพันธุ์ขึ้นซึ่งค่าจะอยู่ในช่วง 0.1-0.3 และวิธีในการกลายพันธุ์มีหลายวิธีเช่นเดียวกับการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ ซึ่งจะยกตัวอย่างดังต่อไปนี้

1. การกลายพันธ์แบบแทรก (Insertion Mutation)

การกลายพันธุ์วิธีนี้เป็นการเลือกยีนโดยการสุ่มแล้วทำการแทรกลงในตำแหน่งที่สุ่มเพื่อให้ได้ประชากรใหม่ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

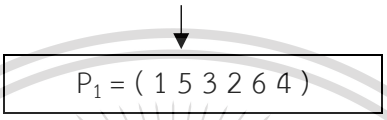
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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

1.1 ขั้นตอนเริ่มแรกทำการสุ่มเลือกสมาชิก 1 ตัวขึ้นมาเป็นโครโมโซมต้นแบบในรุ่นพ่อ แม่

P_1 = (1 5 3 2 6 4)

รูปที่ 2.19 การแลกกลายพันธุ์แบบแทรก ขั้นตอนการเลือกโครโมโซม

1.2 จากนั้นทำการสุ่มตำแหน่งที่ต้องการจะทำการแทรกตามรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 การแลกกลายพันธุ์แบบแทรก ขั้นตอนสุ่มตำแหน่งที่จะแทรก

1.3 ขั้นตอนต่อไปจะทำการสุ่มเลือกยีนที่จะทำการเข้ามาแทรก (แทนจุดที่เลือกด้วยสัญลักษณ์ " | ") ดังรูปที่ 2.21

P_1 = (1 5 3 2 \|6\| 4)

รูปที่ 2.21 การแลกกลายพันธุ์แบบแทรก ขั้นตอนสุ่มเลือกยีนที่จะนำมาแทรก

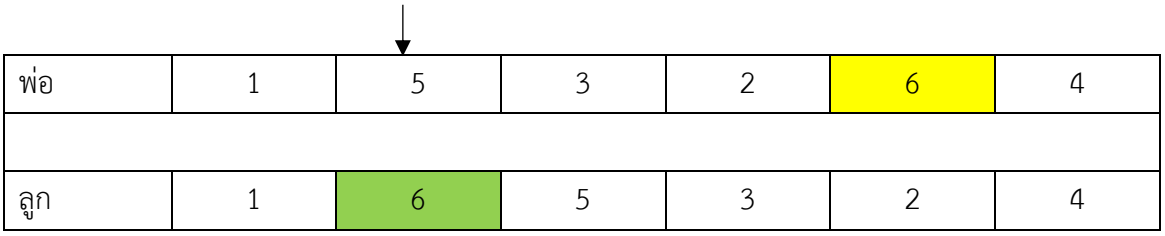
1.4 หลังจากนั้นนำค่าที่ทำการเลือกไปแทนที่ตำแหน่งที่ได้ทำการสุ่มเลือกไว้ ในที่นี้นำค่า 6 ไปแทรกในตำแหน่งที่ 2 ดังรูปที่ 2.22

O_1 = (1 6 5 3 2 4)

รูปที่ 2.22 การแลกกลายพันธุ์แบบแทรก ขั้นตอนการแทรก

การกลายพันธุ์แบบแทรกเป็นการเลือกยีนโดยการสุ่ม แล้วทำการแทรกลงในตำแหน่งที่สุ่มเพื่อให้ได้ประชากรใหม่โดยตามรูปที่ 2.23

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



รูปที่ 2.23 การกลายพันธ์แบบแทรก (Insertion Mutation)

2. การกลายพันธุ์แบบเคลื่อนตำแหน่ง (Displacement Mutation)

วิธีการกลายพันธ์วิธีนี้มีขั้นตอน และวิธีการที่คล้ายคลึงกับวิธีการแบบแทรกแตกต่างกันที่ทำการสุ่มมาเป็นช่วงตำแหน่ง โดยจะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 เริ่มต้นจากการสุ่มเลือกสมาชิก 1 ตัวขึ้นมาเป็นโครโมโซมต้นแบบในรุ่นพ่อ แม่ ดังรูปที่ 2.24

$P_1 = (1\ 5\ 3\ 2\ 6\ 4)$

รูปที่ 2.24 การกลายพันธุ์แบบเคลื่อนตำแหน่ง ขั้นตอนการเลือกโคโมโซม

2.2 หลังจากนั้นทำการสุ่มตำแหน่งที่จะทำการเคลื่อนตำแหน่งดังรูปที่ 2.25

$P_1 = (1\ 5\ 3\ 2\ 6\ 4)$

รูปที่ 2.25 การกลายพันธ์แบบเคลื่อนตำแหน่ง ขั้นตอนการสุ่มเลือกตำแหน่ง

2.3 หลังจากนั้นทำการสุ่ม 2 จุดเพื่อหาช่วงตำแหน่งยีนที่จะนำมาแทรกดังรูปที่ 2.26

$P_1 = (1\ 5\ 3|\ 2\ 6|\ 4)$

รูปที่ 2.26 การกลายพันธุ์แบบเคลื่อนตำแหน่ง ขั้นตอนการสุ่มช่วงที่จะนำมาแทรก

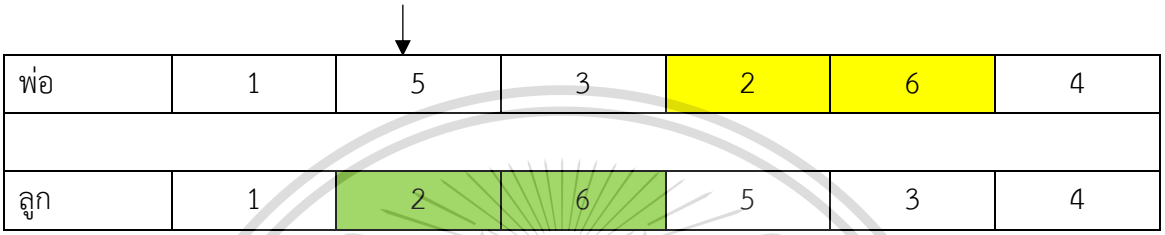
2.4 ขั้นสุดท้ายนำช่วงยีนที่ได้ทำการสุ่มเลือกไว้ไปแทนในตำแหน่งที่ทำการสุ่มเลือกไว้ โดยที่ที่นี้นำค่า 2 และ 6 ไปแทรกในตำแหน่งที่ 2 ดังรูปที่ 2.27

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

O_1 = (1 2 6 5 3 4)

รูปที่ 2.27 การแลกกลายพันธุ์แบบแทรก ขั้นตอนการแทรก

วิธีการกลายพันธ์วิธีแบบเคลื่อนตำแหน่งมีขั้นตอนและวิธีการที่คล้ายคลึงกับวิธีการแบ บแทรก แตกต่างกันที่ทำการสุ่มมาเป็นช่วงตำแหน่ง และผลการกลายพันธุ์แบบเคลื่อนตำแหน่งเป็นดังรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.28 การกลายพันธุ์แบบเคลื่อนตำแหน่ง (Displacement Mutation)

3. การกลายพันธุ์แบบสลับตำแหน่ง (Reciprocal Exchange Mutation)

วิธีการสลับตำแหน่งเป็นวิธีการที่ทำการเปลี่ยนแปลงยีน 2 ยีน โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 ในขั้นตอนแรกเริ่มจาการสุ่มเลือกสมาชิก 1 ตัวขึ้นมาเป็นโครโมโซมต้นแบบในรุ่นพ่อ แม่ ดังรูปที่ 2.29

P_1 = (1 5 3 2 6 4)

รูปที่ 2.29 การกลายพันธุ์แบบสลับตำแหน่ง ขั้นตอนการสุ่มเลือกโครโมโซม

3.2 เมื่อได้โครโมโซมตัวต้นแบบแล้วทำการสุ่มตำแหน่งจำนวน 2 ตำแหน่งดังรูปที่ 2.30

P_1 = (1 5 3 2 6 4)

รูปที่ 2.30 การกลายพันธุ์แบบสลับตำแหน่ง ขั้นตอนการสุ่มตำแหน่ง

3.3 หลังจากนั้นทำการสลับยีนทั้ง 2 ตำแหน่งที่ได้ทำการสุ่มเลือกมาจะได้สมาชิกในรุ่นลูก ดังรูปที่ 2.31

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

O_1 = (1 2 3 5 6 4)

รูปที่ 2.31 การกลายพันธุ์แบบสลับตำแหน่ง ขั้นตอนการสลับ

วิธีการกลายพันธุ์แบบสลับตำแหน่งทำการจะทำการสุ่ม 2 ตำแหน่ง และทำการสลับค่าของทั้ง 2 ตำแหน่งที่ได้ทำการสุ่มมาดังรูปที่ 2.32

พ่อ	1	5	3	2	6	4
ลูก	1	2	3	5	6	4

รูปที่ 2.32 การกลายพันธุ์แบบสลับตำแหน่ง (Reciprocal Exchange Mutation)

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Evaluation)

การประเมินความแข็งแรงจะทำโดย การถอดรหัสตัวโครโมโซมออกมาให้เป็นตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณในฟังค์ชั่นวัตถุประสงค์ (Objective Function) โดยในการวัดความแข็งแรงนั้นแบ่งได้เป็น 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1 มีวัตถุประสงค์เดียว (Single Objective)

Fitness Function = Objective Function

กรณีที่ 2 มีหลายวัตถุประสงค์ (Multiple Objective)

Fitness Function = W_1Objective Function + W_2Objective Function$_2$

+..... + W_nObjective Function$_n$

กรณีที่มีหลายวัตถุประสงค์จะมีการใส่ค่าน้ำหนัก (W) เพิ่มเข้าไปในแต่ละวัตถุประสงค์

หลังจากนั้นจะทำการรวมด่าจากทุกวัตถุประสงค์ เพื่อหาด่าความแข็งแรงของผลคำตอบที่ได้

ขั้นตอนที่ 5 การคัดเลือกโครโมโซม (Chromosome Selection)

การคัดเลือกเป็นการคัดสรรสมาชิกที่มีความเหมาะสมจากรุ่นปัจจุบันไปสู่รุ่นต่อไป ซึ่งโครโมโซมที่มีความแข็งแรง (Fitness) มากกว่าก็จะมีโอกาสถูกคัดเลือกมากกว่าโครโมโซมที่มีความแข็งแรงน้อย ๆ ในการคัดเลือกมีวิธีการคัดเลือกอยู่หลายวิธี ดังจะยกตัวอย่างต่อไปนี้

1. การคัดเลือกแบบวงล้อเสี่ยงทาย (Roulette Wheel Selection)

การคัดเลือกวิธีนี้ใช้ความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกซึ่งจะกำหนด โดยอัตราส่วนค่าจากความแข็งแรงของแต่ละโครโมโซมเทียบกับค่าความแข็งแรงรวมของโครโมโซมทั้งหมดตามสมการที่ 2.1

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

$$P_i = \frac{F_i}{\sum_{n=1}^{N} F_i} \quad i = 1, \ldots, N \tag{2.1}$$

P_i แทน ค่าความน่าจะเป็นที่จะถูกคัดเลือกของโครโมโซม *i*

F_i แทน ค่าความแข็งแรงของโครโมโซม *i*

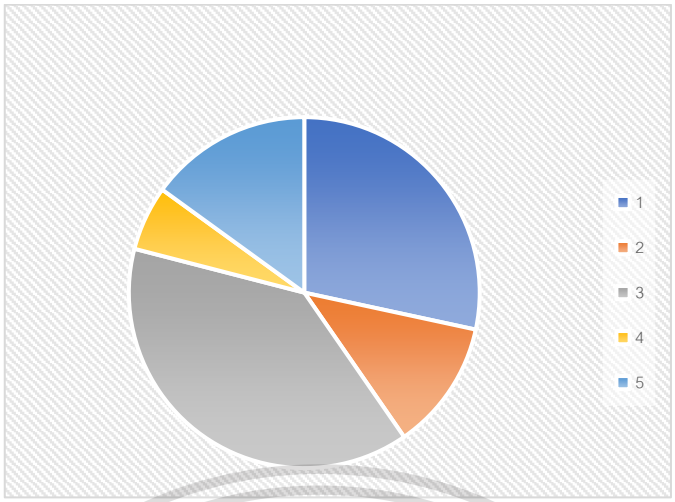
N แทน จำนวนประชากรทั้งหมด

ทำการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่จะถูกเลือกดังตัวอย่างตามตารางที่ 2.2 สังเกตได้ว่าค่าที่มีความแข็งแรงสูงกว่าจะมีโอกาสถูกเลือกมากกว่า และหลังจากนั้นทำการสร้างวงล้อเสี่ยงทายตามอัตราส่วนความน่าจะเป็นที่ได้คำนวณไว้ดังรูปที่ 2.36 และเมื่อพิจารณาพบว่าที่โครโมโซมหมายเลข 3 มีความน่าจะเป็นในการถูกเลือกเยอะที่สุด โดยในพื้นที่มีช่องเสี่ยงทายเยอะที่สุดหลังจากการทำการสุ่มเพื่อทำการเลือกโครโมโซมไปทำเป็นประชากรตั้งต้นในรุ่นถัดไป

ตารางที่ 2.2 วิธีการหาค่าความน่าจะเป็นในการถูกเลือก

โครโมโซม	ค่าความแข็งแรง	ความน่าจะเป็นในการถูกเรื่อง
1	580	580/2044 = 28.37%
2	245	245/2044 = 11.98%
3	790	790/2044 = 38.64%
4	122	122/2044 = 5.96%
5	307	307/2044 = 15.01%
รวม	2044	100

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



รูปที่ 2.33 วงล้อเสี่ยงทาย (Roulette Wheel)

2. การคัดเลือกตามความแข็งแรง (Fitness Selection)

ในวิธีการนี้ทำการนำค่าความแข็งทั้งหมดมาเรียงลำดับ และทำการเลือกโครโมโซมตามจำนวนที่ได้กำหนดไว้ โดยจะทำการเลือกโครโมโซมที่แข็งแรงสุดก่อน ในวิธีการนี้ทำการนำค่าความแข็งทั้งหมดมาเรียงลำดับ และทำการเลือกโครโมโซมตามจำนวนที่ได้กำหนดไว้ โดยทำการเลือกโครโมโซมที่แข็งแรงสุดก่อน

ตารางที่ 2.3 การคัดเลือกตามความแข็งแรง

Chromosome	Fitness	ผล
1	790	เลือก
2	580	เลือก
3	37	ไม่เลือก
4	245	ไม่เลือก
5	122	ไม่เลือก

จากตารางที่ 2.3 แสดงให้เห็นการทำการคัดเลือกตามความแข็งแรงโดยในตารางกำหนดจำนวนที่ทำการคัดเลือกไว้ที่ 2 โครโมโซม

ขั้นตอนที่ 6 การตรวจสอบเงื่อนไขการหยุดทำงานของ GA

ในการกำหนดการหยุดกระบวนการสามารถตั้งเงื่อนไขการหยุด เช่น กำหนดรอบของกระบวนการ หรือ เวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน

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

2.4 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiments: DOE)

การออกแบบการทดลอง (Design and Analysis of Experiment: DOE) เป็นเทคนิคทางสถิติชั้นสูงที่ใช้ในการปรับค่าสภาวะของกระบวนการเพื่อให้ได้ผลตอบสนองเป็นไปตามที่เราต้องการ ซึ่งข้อแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดระหว่างวิธีการโดยทั่วไปกับเทคนิคการออกแบบการทดลอง คือ วิธีการโดยทั่วไปมักเป็นการทดลองแบบลองผิดลองถูก หรือใช้การทดลองปรับตั้งค่ากระบวนการทีละค่า (One-Factor-at-a-Time: OFAT) จะให้ผลตอบสนองเข้าสู่จุดมุ่งหมายที่ต้องการได้ช้ามาก และสิ้นเปลืองทรัพยากรในการวิเคราะห์รวมถึงต้องเก็บข้อมูลมากและยังไม่เหมาะสมอย่างยิ่งกับกระบวนการที่มีอันตรกิริยาระหว่างตัวแปรของกระบวนการด้วยกันเอง

2.4.1 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง

1. กำหนดหัวข้อปัญหา (Problem Statement) จะต้องชัดเจน เข้าใจได้ง่าย และเป็นรูปธรรม ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 อย่าง อะไรที่กำลังเป็นเป็นปัญหา (What) ลักษณะของปัญหาเป็นเช่นไร ขนาดไหน (How) และพบปัญหานั้นที่ไหนช่วงเวลาใด (Where)

2. การเลือกปัจจัย และระดับของปัจจัย (Choice of Factors, Levels and Ranges) เป็นการใช้หลักการทางทฤษฎี และประสบการณ์จากงานวิจัยต่างๆ เพื่อระบุว่าปัจจัยใดบ้างที่น่าจะมีผลต่อการทดลอง และในแต่ละปัจจัยนั้นควรจะมีช่วงในการทดลองอย่างไร (Range) การกำหนดระดับของปัจจัยสามารถแบ่งได้ 3 แบบดังนี้

- แบบกำหนดเอง (Fixed Effect) หมายถึงระดับของปัจจัยที่สามรถควบคุมหรือกำหนดค่าได้แน่นอนโดยผู้ทดลองกำหนดเอง

- แบบสุ่ม (Random Effect) หมายถึงระดับของปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าของปัจจัย ได้แน่นอน ซึ่งผลการทดลองที่ได้จะเป็นตัวแทนของทั้งปัจจัยมิได้เป็นตัวแทนของระดับใดระดับหนึ่ง

- แบบผสม (Mixed Effect) หมายถึงการผสมผสานระดับของปัจจัยที่เป็นทั้งแบบกำหนดและแบบสุ่มรวมกัน

3. การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response) ในการเลือกตัวแปรตอบสนอง ผู้วิจัยจะต้องเลือกตัวแปรที่สามารถให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษาและการวัดค่านั้นจะต้องมีความแม่นยำและถูกต้อง ซึ่งหมายถึง เครื่องมือวัดจะต้องมีความถูกต้องด้วย

4. การเลือกแบบทดลอง (Experiment Design) เมื่อกำหนดทรีทเม้นต์ (Treatment) และตัวแปรตอบสนอง (Response Variables) แล้ว ต้องทำการตัดสินใจเกี่ยวกับขนาดของการทดลองซึ่งหมายถึง จำนวนซ้ำของการทดลอง (Replicate) ความเหมาะสมของลำดับในการทดลองข้อจำกัดในการสุ่ม (Randomization) และการบล็อก (Blocking) ที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ต้องนำมาเกี่ยวโยงกันในด้านความเสี่ยงและต้นทุนที่ใช้ในการทดลอง

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

5. การดำเนินการทดลอง (Perform the Experiment) ในระหว่างการดำเนินการทดลองผู้วิจัยจะต้องศึกษาดูแลอย่างใกล้ชิด ปฏิบัติตามหลักการที่ได้ออกแบบไว้ ข้อควรระวังในการทำการทดลอง คือ ความถูกต้องของเครื่องมือวัดและความสม่ำเสมอในการทำการทดลองเพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนที่น้อยที่สุด

6. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้ความรู้ทางด้านสถิติเข้ามาวิเคราะห์ และสรุปผลรวมทั้งตัดสินความถูกต้องของข้อมูลที่เกิดขึ้นก่อนที่จะตีความข้อมูลและวิธีการทางสถิติไม่สามารถบอกได้ว่าปัจจัยมีผล (Effect) เท่าใดแน่นอน แต่เป็นเพียงเครื่องมือที่ให้แนวทางในการวิเคราะห์ภายใต้ของความเชื่อมั่นในการสรุปผล

7. การสรุปผลและข้อเสนอแนะ (Conclusions and Recommendations) เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลแล้วจะต้องสรุปผลการวิเคราะห์ อาจแสดงในรูป กราฟ ตาราง แผนภูมิ ฯลฯ และให้ข้อเสนอแสนะ เมื่อสรุปผลแล้วควรมีการทดสอบเพื่อยืนยันผลจากการทดลองอีกครั้งหนึ่ง

2.4.2 ส่วนประกอบต่างๆ ของการทดลอง

ส่วนประกอบต่างๆ ของการทดลอง มีดังนี้

1. วิธีการปฏิบัติหรือทรีทเมนต์ (Treatment) คือ สิ่งหรือวิธีที่ผู้ดำเนินการทดลองปฏิบัติต่อสิ่งทดลองเพื่อวัดผลเปรียบเทียบตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง

2. ปัจจัย (Factor) หมายถึง สิ่งที่คิดว่ามีผลต่อตัวแปรตอบสนองและนำมาพิจารณาในการทดลอง ปัจจัยอาจมีลักษณะเป็นเชิงคุณภาพหรือเชิงปริมาณก็ได้ กลุ่มของทรีทเมนต์ทั้งหลายที่มีความเกี่ยวข้องกันอาจใช้คำว่าตัวแปรอิสระแทนก็ได้ โดยปัจจัยสามารถแบ่งออกได้เป็นปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable Factors) หมายถึง ปัจจัยที่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นไดในการดำเนินการทดลอง ซึ่งเป็นผลดีต่อการทดลองเพราะโดยส่วนใหญ่ ผู้ทำการทดลองต้องการกำหนดค่าต่างๆ ที่คิดว่ามีผลตอบสนองที่สนใจ และปัจจัยที่ไมสามารถควบคุมได้ (Uncontrollable Factors) หมายถึง ปัจจัยที่ไมสามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได อาจจะเนื่องมาจากมีข้อจำกัดทางด้านเทคโนโลยีและต้นทุน

3. ตัวแปรตอบสนอง (Response Variable) คือ ตัวแปรที่ถูกสังเกตหรือวัดค่าในการทดลองหรือเรียกอีกอย่างว่าเป็นตัวแปรตาม ซึ่งเป็นตัวแปรที่สะท้อนให้เห็นถึงอิทธิพลของตัวแปรอิสระนั่นเอง ในการทดลองหนึ่งๆ อาจวัดค่าตัวแปรตามมากกว่า 1 ก็ได้การเลือกตัวแปรตามที่ดีควรพิจารณาจากความไว (Sensitivity) ความเชื่อถือได้ (Reliability) การแจกแจงของตัวแปรนั้นและความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ นอกจากนี้ในการเลือกตัวแปรตามจะต้องพิจารณาว่า ค่าสังเกตที่ได้จากทรีทเมนตหนึ่งๆ ควรมีการแจกแจงแบบปกติโดยประมาณ ซึ่งข้อสมมุติในเรื่องความเป็นปกติ (Normality) นี้เป็นสิ่งจำเป็นในการออกแบบการทดลอง ซึ่งอาจจะใช้การแปลงข้อมูล (Transformation) ค่าสังเกตที่มีการแจกแจงไม่ปกติเปลี่ยนเป็นปกติได้

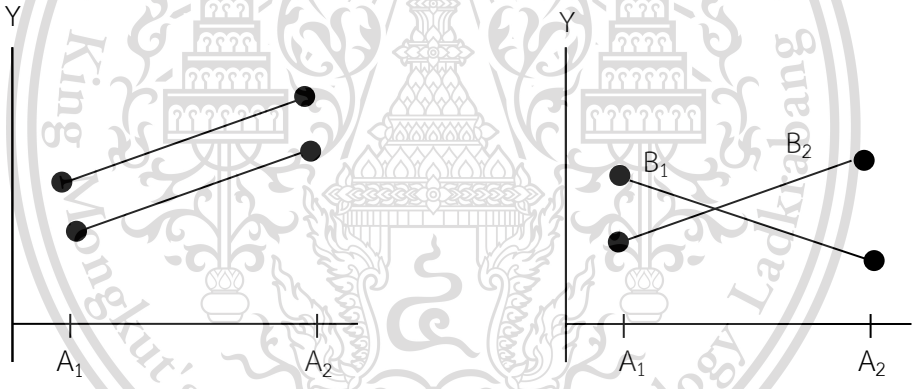
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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

2.4.3 การออกแบบเชิงแฟคทอเรียล

การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลใชมากในการทดลองที่เกี่ยวกับปัจจัยหลายปัจจัยที่ต้องการจะศึกษาถึงผลร่วมที่มีผลต่อผลตอบที่เกิดขึ้นจากปัจจัยเหล่านั้น การทดลองแบบแฟคทอเรียลเป็นแผนการทดลองที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการตรวจสอบอิทธิพลของหลายๆ ปัจจัย (Factor) พรอมกัน คำว่าแฟคทอเรียลหมายถึง การทดลองที่สมบูรณในแต่ละครั้งหรือแต่ละซ้ำของการทดลองนั้น กล่าวคือ มีการใช้ระดับของปัจจัยต่างๆ ร่วมกันจึงสามารถตรวจสอบอิทธิพลต่างๆ ในการทดลองครั้งหนึ่งๆได้พร้อมกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.34 เช่น ถ้าปัจจัย A มีปัจจัย B มี b ระดับ แต่ละซ้ำจะมี AB รูปแบบการทดลอง (Treatment Combination) แบ่งได้ 2 ประเภท คือ

1. อิทธิพลหลัก (Main Effect) คือ อิทธิพลของปัจจัยที่แสดงต่อตัวแปรตอบสนองด้วยตัวของมันเองเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยเกิดขึ้น

2. อิทธิพลร่วม (Interaction Effect) คือ อิทธิพลของปัจจัยหนึ่งที่จะเปลี่ยนไปเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยร่วมกัน



รูปที่ 2.34 อิทธิพลของปัจจัยร่วมที่ไม่มีผลและมีผล

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภราดร เหลืองวิทิตกูล (2545) ได้ศึกษาการจัดตารางเวลาเพื่อการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้กับงานช่วงเวลาใดช่วงเวลาหนึ่งเพื่อให้ตอบสนองตามวัตถุประสงค์ โดยวิธีหาผลลัพธ์ที่นิยมใช้ในการหาคำตอบชองปัญหาการจัดตารางเวลามี 2 วิธีที่นิยมใช้ คือวิธีหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Optimization) และวิธีสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristic) การแก้ปัญหาการจัดตารางเวลาด้วยวิธี Optimization ใช้เวลานานในหารหาผลลัพธ์และมีความซับซ้อนมากไม่เหมาะกับงานจัดตารางเวลาที่ต้องกระทำทุกวัน วิธี Heuristic จึงมีความเหมาะสมกว่าเนื่องจากให้คำตอบที่ใกล้เคียงผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ภายในเวลาที่รวดเร็ว

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

สุทธิชา ทับดารา และคณะ (2554) ได้ออกแบบและสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อวางแผนการจัดเส้นทางการเดินรถเก็บขยะชุมชนในกรุงเทพมหานคร โดยแบบจำลองที่ใช้มาจากการประยุกต์ทฤษฎี Vehicle Routing Problem (VRP) โดยใช้วิธี Cluster-First Route-Second Method ในการวางแผนระบบการจัดเก็บขยะของรถเก็บขยะแต่ละคัน ทำการจัดกลุ่มจุดเก็บขยะให้กับรถเก็บขยะแต่ละคันก่อน จากนั้นก็จัดเส้นทางเดินของรถขยะแต่ละคัน เริ่มจากรถเก็บขยะออกจากสถานี วิ่งผ่านจุดเก็บขยะทุกจุด แล้วรถเก็บขยะจะวิ่งไปยังสถานีขนถ่ายขยะเป็นจุดสุดท้าย การจัดการขยะมูลฝอยใช้โปรแกรม Delphi 7 ในการพัฒนาโปรแกรม และใช้โปรแกรม SQL Server Express 2005 เป็นโปรแกรมจัดทำฐานข้อมูล

Karadimas el al. (2014) ได้ศึกษาการจัดเส้นทางการเก็บขยะในเขตชุมชนที่เหมาะสมด้วยวิธี Genetic Algorithm (GA) การจัดเส้นทางที่เหมาะสมให้รถขยะเป้นเรื่องสำคัญตั้งแต่ถูกประเมินว่าจำนวนเงินที่ใช้ไปในการขนส่งขยะ การเก็บขยะ การกำจัดขยะทั้งหมด สัดส่วนประมาณ 60-80% ถูกใช้ไปในการเก็บขยะ. ระบบการจัดการขยะที่ใช้อยู่ในปัจจุบันได้ใช้ฐานข้อมูลที่อ้างอิงจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) หลังจากจัดเส้นทางใหม่ที่เหมาะสมด้วย GA ได้ระยะทางรวม 8,902 เมตรในขณะที่วิธีแบบเดิมได้ระยะทางรวม 9,850 เมตร ลดลง 9.62%

ไพจิตร อุปถัมภ์ และคณะ (2559) ได้ศึกษาเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดเก็บขยะในแต่ละหมู่บ้าน โดยใช้วิธี Genetic Algorithm (GA) และเปรียบเทียบผลทดสอบกับการเดินรถเก็บขยะแบบดั้งเดิม ผลทดสอบแสดงให้เห็นว่าผลรวมระยะทางในระยะเวลา 4 สัปดาห์โดยใช้วิธี GA สั้นกว่าแบบดั้งเดิม 9.4 กิโลเมตร ผลรวมเวลาปฏิบัติงานโดยวิธี GA น้อยกว่าแบบดั้งเดิม 4 ชั่วโมง 2 นาที แบบจำลองเส้นทางเดินรถเก็บขยะโดยวิธี GA ช่วยให้ค่าดำเนินการ (ค่าพนักงาน เชื้อเพลิง และซ่อมบำรุง) ลดลง และสามารถประมาณค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงได้

Assaf and Salen (2017) ได้ศึกษาการจัดเส้นทางที่เหมาะสมสำหรับการเก็บขยะในชุมชนโดยใช้วิธี Genetic Algorithm (GA) โดยใช้แบบจำลองของ Vehicle Routing Problem (VRP) มาประยุกต์กับปัญหานี้ จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือหาเส้นทางที่เหมาะสมที่จะลดระยะทางการเดินทางโดยรวมซึ่งจะส่งผลต่อการลดค่าใช้จ่ายต่าง ๆ จากผลการทดลองสามารถลดระยะทางการเดินทางลงได้ 66% ในขณะที่ระยะเวลาในการเก็บขยะลดลงจาก 7 ชั่วโมงเหลือ 2.3 ชั่วโมงต่อการเดินทางไปเก็บขยะ 1 ครั้ง

Alberdi el al. (2020) ได้ศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางการเก็บขยะโดยใช้แบบจำลองของ Vehicle Routing Problem (VRP) มาประยุกต์กับปัญหานี้ สำหรับปัญหานี้ได้ใช้วิธี Genetic Algorithm (GA) มาแก้ปัญหา โดยแบ่งการคำนวณออกเป็น 2 วิธีคือใช้วิธีสุ่มประชากรเริ่มต้นและกำหนดประชากรเริ่มต้น นอกจากนี้ยังได้ทำการเทียบผลจาก GA กับวิธี Variable Neighborhood Search (VNS) เพื่อการันตีว่าผลลัพธ์ที่ได้มีประสิทธิภาพ.ปัญหาที่นำมาในวิเคราะห์นี้มี 3 ขนาดคือ ปัญหาขนาดเล็กเป็นขยะรีไซเคิลจำนวน 7 จุด ปัญหาขนาดกลางเป็นขยะสดจำนวน 29 จุด และปัญหาขนาดใหญ่เป็นขยะมูลฝอยจำนวน 186 จุด.หลังจัดเส้นทางการเก็บขยะใหม่สำหรับการเก็บขยะรีไซเคิลสามารถลดระยะทางเฉลี่ยลงได้ 2.78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิโลเมตร สำหรับการเก็บขยะสดสามารถลดระยะทางเฉลี่ยลงได้ 5.98 กิโลเมตร และสำหรับการเก็บขยะมูลฝอยสามารถลดระยะทางเฉลี่ยลงได้ 19.194 กิโลเมตร

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

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงาน 3 ขั้นตอนหลักๆ ได้แก่

3.1 การศึกษาและรวบรวมข้อมูล

3.2 สร้างตัวแบบสำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถเก็บขยะ (Vehicle Routing Problem: VRP) ด้วยวิธีฮิวริสติกแบบเลือกจุดที่ใกล้ที่สุดร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm with Nearest-Neighbor Heuristi)

3.3 การศึกษาค่าตัวแปรที่จะนำมาใช้ในวิธีการเชิงพันธุกรรมในการจัดเส้นทางรถเก็บขยะ

3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล

คณะผู้จัดทำได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดเส้นทางการจัดเก็บขยะในพื้นที่แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร และได้รวบรวมข้อมูลจุดเก็บขยะที่ประกอบด้วยพิกัดที่ตั้ง และปริมาณขยะดังแสดงในตาราง 3.1

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลจุดเก็บขยะ

ลำดับที่	จุดเก็บขยะ	พิกัดที่ตั้ง		ปริมาณขยะ (กก.)
		ละติจูด	ลองจิจูด	
1	หน้าหมู่บ้านสุภาวัลย์	13.71901	100.79804	212.1
2	บริษัททรูลิสซิ่ง	13.71908	100.79781	185.4
3	ซอยลาดกระบัง 54/2	13.72189	100.78746	212.1
4	สะพานลอยเทคโนสุวรรณภูมิ	13.71948	100.79685	141.36
5	เป๋าตุงกุ้งย่าง	13.71934	100.79651	141.36
6	แฟมมิลี่มาร์ทก่อนขึ้นสะพานหัวตะเข้	13.72161	100.79067	212.04
7	ซอยลาดกระบัง 54 (หัวคู้)	13.72108	100.78535	141.36
8	ธนาคารกรุงศรี	13.72188	100.78537	70.68
9	หน้าหอราชพฤกษ์	13.72188	100.78478	212.04

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

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลจุดเก็บขยะ (ต่อ)

ลำดับที่	จุดเก็บขยะ	พิกัดที่ตั้ง		ปริมาณขยะ (กก.)
		ละติจูด	ลองจิจูด	
10	โรงพยาบาลจุฬารัตน์ 8	13.72171	100.78422	141.36
11	ซอยลาดกระบัง 52 แยก 7 แยกถึงวงเวียน	13.71868	100.78412	455.1
12	ซอยลาดกระบัง 52 แยก 8	13.71883	100.78338	437.48
13	ซอยลาดกระบัง 52 แยก 10	13.71831	100.78339	422.48
14	ซอยลาดกระบัง 52แยก 12	13.71781	100.78338	20.2
15	ซอยลาดกระบัง 52 แยก 14	13.7174	100.78337	303.82
16	ซอยลาดกระบัง 52แยก 16	13.71695	100.78351	214.5
17	ซอยลาดกระบัง 52 (ซอยจินดา)	13.72051	100.78371	176.7
18	หอราชพฤกษ์	13.72139	100.78484	70.68
19	สุวรรณภูมิทาวน์	13.72003	100.7848	176.7
20	ซอยลาดกระบัง 54/2 (ซอยหัวเฉียว)	13.72141	100.78681	35.34
21	หมู่บ้านพรทิพย์	13.71632	100.79526	26.51
22	สนามฟุตบอล ครอคโคดาย์ฟิลด์	13.71462	100.79482	17.67
23	ปากซอยยุคลรัตน์ คอนโดมีเนียม	13.72120	100.79177	106.02
24	สถานีตำรวจนครบาลจระเข้น้อย	13.71811	100.79106	23.56
25	สถานีดับเพลิงลาดกระบัง	13.71867	100.79131	23.56
26	แฟลตข้าราชการอาคารสงเคราะห์	13.71788	100.79032	61.85
27	คอนโดยุคลรัตน์	13.7173	100.79043	97.18
28	ร้าน เสถียรพาณิชย์	13.72087	100.78051	106.02
29	แฟมมิลี่มาร์ท ซอยริมสวน	13.72173	100.78242	106.02
30	หจก.สมพงษ์โลหะกิจ	13.72165	100.78192	106.02
31	ปากทางสนามบินสุวรรณภูมิ	13.72171	100.77634	176.70
32	ร้านอาหารเจ๊น้อย	13.71961	100.77608	176.70
33	มนีดา ทัวร์แอนด์ทรานสปอร์ต	13.71984	100.77619	106.02
34	ร้านนมมิลค์อิน	13.72150	100.77606	106.02
35	7-11 ปากซอยลาดกระบัง 46/3	13.72155	100.77538	247.38

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

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลจุดเก็บขยะ (ต่อ)

ลำดับที่	จุดเก็บขยะ	พิกัดที่ตั้ง		ปริมาณขยะ (กก.)
		ละติจูด	ลองจิจูด	
36	โครงการเอเวี่ยน	13.72036	100.77410	106.02
37	7-11 ปากซอยลาดกระบัง 46	13.72170	100.77351	141.36
38	ปากซอยลาดกระบัง 40	13.72170	100.77302	70.68
39	หน้าร้านโปร 85	13.72162	100.77070	141.36
40	ส้มตำคุณนาย	13.72154	100.76943	141.36
41	ร้านเดอะซิลล์	13.72161	100.76846	180.68
42	ร้านจิ้มจุ่มปากซอยลาดกระบัง 42/2	13.72160	100.76810	282.72
43	ซอยลาดกระบัง 40	13.71990	100.76259	424.08
44	ไปรษณีย์ เจ้าคุณทหาร	13.72169	100.77756	176.70
45	ตลาดนัดสุวรรณภูมิ	13.72137	100.77870	640.2
46	โรงแรมเกรทเรสซิเดนท์	13.71688	100.77585	17.67
47	ตลาดสุขสมาน	13.72166	100.77581	35.34
48	โรงแรมทองทารีสอร์ท	13.71979	100.77591	106.02
49	พจนันท์คอร์ท (ลาดกระบัง 46/3)	13.71847	100.77543	35.34
50	กฤตยาเฮาส์	13.72151	100.76103	35.34
51	จันทร์เกษม หมูกระทะ	13.72155	100.77496	17.67
52	บ้านสินธร-อ่อนนุช ลาดกระบัง (ลาดกระบัง 46/5)	13.72167	100.77693	212.04
53	หมู่บ้านศุภาสิริ ลาดกระบัง 42/5	13.72072	100.77192	194.37
54	หมู่บ้านหมูบ้าน มณสินี	13.72146	100.76561	194.37
55	บริษัท สถานีรีไซเคิล วงษ์พาณิชย์ สุวรรณภูมิ จำกัด	13.72068	100.75026	88.35
56	ซอยลาดกระบัง 42	13.71844	100.76507	114.86
57	สถานีตำรวจนครบาลลาดกระบัง	13.71990	100.76259	270.2
58	หอพักสมบัติ	13.72140	100.76374	26.5
59	วนาวัลย์ เพลส 1	13.72100	100.77807	79.52
60	ซอยลาดกระบัง 38/1	13.72144	100.75644	388.74

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

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลจุดเก็บขยะ (ต่อ)

ลำดับที่	จุดเก็บขยะ	พิกัดที่ตั้ง		ปริมาณขยะ (กก.)
		ละติจูด	ลองจิจูด	
61	Homesuwan	13.72155	100.75530	106.02
62	7-11 ลาดกระบัง 36	13.72183	100.75406	141.36
63	คลองลาดกระบัง	13.72272	100.75187	106.02
64	บ้านกรองน้ำ ลาดกระบัง	13.72289	100.75091	106.02
65	สถานีบริการเอ็นจีวี ปตท.จ.ปิโตรเลี่ยม	13.72236	100.76103	35.64
66	ซอยลาดกระบัง 32	13.72247	100.74493	125.3
67	ป้ายรถเมล์หน้าตลาดรวมใจ	13.72231	100.73900	106.02
68	ซอยลาดกระบัง 30	13.72234	100.73676	176.70
69	ซอยลาดกระบัง 26	13.72231	100.73556	176.70
70	ซอยลาดกระบัง 24/1	13.72227	100.73322	70.68
71	ซอยลาดกระบัง 24	13.72220	100.73079	106.02
72	พาซิโอลาดกระบัง	13.72208	100.72729	70.68
73	ฟอร์ด ลาดกระบัง	13.72179	100.72496	106.7
74	ซอยลาดกระบัง 20	13.72205	100.71997	220.68
75	ซอยลาดกระบัง 18/4	13.72207	100.71923	230.02
76	ซอยลาดกระบัง 14/2	13.72208	100.71668	388.74
77	ป้ายรถเมล์ซอยลาดกระบัง 14/1	13.72206	100.71606	106.02
78	ปากซอยซอยลาดกระบัง 10	13.72202	100.71301	141.1
79	ซอยธรรมนูญ (ลาดกระบัง 6)	13.72199	100.71103	176.70
80	ซอยลาดกระบัง 2	13.72010	100.70980	137.18
81	ซอยลาดกระบัง 4	13.72003	100.71083	157.18
82	ซอยลาดกระบัง 6	13.71996	100.71130	147.18
83	ซอยลาดกระบัง 8	13.72010	100.71273	197.18
84	ซอยลาดกระบัง 10	13.72014	100.71317	162.18
85	ซอยลาดกระบัง 12	13.72017	100.71356	152.18

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

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลจุดเก็บขยะ (ต่อ)

ลำดับที่	จุดเก็บขยะ	พิกัดที่ตั้ง		ปริมาณขยะ (กก.)
		ละติจูด	ลองจิจูด	
86	ซอยลาดกระบัง 14	13.72024	100.71400	79.51
87	หมู่บ้านเดอะยูโรเปี้ยน	13.71925	100.73329	70.68
88	หมู่บ้านยูโรเปี้ยนส์โนวา	13.71861	100.73346	203.2
89	คอนโดสมาร์ทซี อ่อนนุช	13.72078	100.73370	40.15
90	ลุมพินี วิลล์ อ่อนนุช-ลาดกระบัง	13.72195	100.71525	125.5
91	คอนโดไอริซ	13.72189	100.71838	150.5
92	หมู่บ้านเคหะนคร	13.71927	100.75259	61.85
93	ดีคอนโด	13.72130	100.72123	50.5
94	ร่มสุข คอนโดทาวน์	13.71928	100.73121	272.62
95	หอพักบีเอส เรสซิเดนท์	13.72006	100.74011	141.36
96	โรงเหล้าแสงจันทร์ สุวรรณภูมิ	13.72081	100.73936	282.72
97	หน้าศูนย์รวบรวมรถยนต์ สุวรรณภูมิ	13.72183	100.73981	141.36
98	ซอยลาดกระบัง 1ก/1	13.72215	100.70922	130.68
99	บริษัท อุตสาหกรรมสิ่งทอนำชัย จำกัด (ซอยลาดกระบัง 1ก/7)	13.72220	100.71150	70.68
100	ตลาดนำชัย (ลาดกระบัง 1ก/9)	13.72309	100.71227	530.10
101	ปั๊มน้ำมันเอซโซ่	13.72253	100.71386	212.04
102	โคขุนคุณทองโพนยางคำ สาขาอ่อนนุช-ลาดกระบัง	13.72238	100.71711	106.02
103	7-11 สาขาตลาดลานบุญ	13.72248	100.71841	106.02
104	หมูบ้านบ้านกลางเมือง อ่อนนุช-วงแหวน	13.72466	100.71638	247.38
105	ซอยลาดกระบัง 1/2	13.72227	100.72194	70.68
106	ซอยลาดกระบัง 1/5	13.72227	100.72465	85.34
107	ซอยลาดกระบัง 1/6	13.72241	100.72906	70.68
108	โรงพยาบาลสัตว์ลาดกระบัง	13.72245	100.73013	106.02
109	ซอยลาดกระบัง 1/8	13.72249	100.73235	70.68
110	ซอยลาดกระบัง 1/9	13.72251	100.73367	106.02

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

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลจุดเก็บขยะ (ต่อ)

ลำดับที่	จุดเก็บขยะ	พิกัดที่ตั้ง		ปริมาณขยะ (กก.)
		ละติจูด	ลองจิจูด	
111	หมู่บ้านศุภาลัย สุวรรณภูมิ	13.72230	100.71504	282.72
112	หมู่บ้านเซนทริโอ อ่อนนุช-วงแหวน	13.72484	100.72484	82.46
113	ศูนย์บริการสาธารณสุข 46 กันตารัตอุทิศ	13.72330	100.72203	103.01
114	เอนอาร์ซี เรสซิเดนท์	13.72299	100.7159	113.84
115	ข้าวต้มโต้รุ่งนำชัย	13.72232	100.71438	108.84
116	ไปรษณีย์ 999	13.72245	100.71234	88.84
117	ชุมชนรุ่งเรืองพัฒนา	13.72318	100.71266	105.34
118	ปั๊มน้ำมันทีพีไอ	13.72257	100.73129	53.05
119	ครัวเมืองเว้ อาหารเวียดนาม สาขาลาดกระบัง	13.72254	100.72443	35.34
120	วัดสังฆราชา	13.72482	100.7376	71.5
121	โรงเรียนวัดสังฆราชา	13.72563	100.73731	331.8
122	ซอยประชาทร	13.72658	100.72897	376.8
123	ซอยขาวพัฒนา	13.72306	100.71921	176.7
124	วัดลานบุญ	13.72495	100.72025	176.7
125	หมู่บ้านสมนึก	13.72681	100.72150	176.7
126	ซอยทองคำ 1	13.72607	100.71877	391.75
127	ซอยทองคำ 2	13.72758	100.71942	235.6
128	สำนักงานสรรพากรพื้นที่สาขาลาดกระบัง	13.72245	100.71945	135.34
129	ซอยอรุณลิ้ม	13.72465	100.72249	141.36
130	ซอยสำราญใต้	13.72574	100.72713	176.7
131	หอราชพฤกษ์	13.72173	100.78418	141.36
132	หอพักอิงธิรา	13.72344	100.71979	94.24
133	แยกกิ่งแก้ว	13.72260	100.74180	318.06
134	แยกแอร์ลิ้งลาดกระบัง	13.72262	100.74660	366..8
135	ร้านเป็ดย่างคูนสิน	13.72259	100.75274	283.4

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

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลจุดเก็บขยะ (ต่อ)

ลำดับที่	จุดเก็บขยะ	พิกัดที่ตั้ง		ปริมาณขยะ (กก.)
		ละติจูด	ลองจิจูด	
136	ร้านปลาใหญ่ไผ่เขียว	13.72177	100.75602	106.02
137	ซอยลาดกระบัง 9/2	13.72217	100.75881	250.68
138	บ้านแสงวิวัฒน์ อพาร์ทเม้นท์	13.72308	100.75908	141.36
139	9/6 แมนชั่น (ลาดกระบัง 9/6)	13.72207	100.76496	282.72
140	ร้านอาร์คิมิสท์ คอฟฟี่	13.72192	100.76039	141.36
141	สถานีบริการเอ็นจีวี ปตท. ไทย บูสท์	13.72187	100.76300	106.02
142	ปากซอยวัดปลูกศรัทธา	13.72185	100.76879	176.70
143	หอพักสมพล (ลาดกระบัง 11/3)	13.72295	100.77099	318.06
144	ร้านอาหารโซน	13.72192	100.77140	282.72
145	ร้านอีสานเดิมสุวรรณภูมิ	13.72194	100.77220	212.04
146	ร้าน 72 เรซบาร์	13.72198	100.77450	353.40
147	ร้านร้อย 13 ข้าวต้มโต้รุ่ง	13.72201	100.77556	247.38
148	ชิดลม	13.72211	100.77597	176.70
149	ร้านอาหารโยชิ	13.72206	100.77787	106.02
150	ประครองมิตร	13.72206	100.77917	141.36
151	ริมน้ำอพาร์ทเม้นท์ (ลาดกระบัง 13/4)	13.72208	100.77961	212.04
152	ท๊อป ซุปเปอร์มาร์เก็ต	13.72214	100.78072	424.08
153	ธนาคารออมสิน	13.72218	100.78094	353.40
154	7-11 หน้าสวนพระนคร	13.72204	100.78144	176.70
155	โต๊ะสนุกเกอร์ (ลาดกระบัง 13/8)	13.72366	100.78249	53.01
156	หอพักบีบีเอส	13.72301	100.78247	35.34
157	ซอยลาดกระบัง 13/8	13.72292	100.78265	106.02
158	พิซซาฮัท ลาดกระบัง	13.72214	100.7833	53.01
159	ซอยสำนักงานเขต	13.72310	100.78374	26.51
160	แฟลตตำรวจในซอยสำนักงานเขต	13.72338	100.78365	35.34

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

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลจุดเก็บขยะ (ต่อ)

ลำดับที่	จุดเก็บขยะ	พิกัดที่ตั้ง		ปริมาณขยะ (กก.)
		ละติจูด	ลองจิจูด	
161	โรงพยาบาลลาดกระบัง	13.72238	100.78402	53.01
162	สะพานลอยจินดา	13.72209	100.7839	23.56
163	ซอยลาดกระบัง 15/3	13.72257	100.7847	35.34
164	ซอยลาดกระบัง 15/2	13.72255	100.7850	35.34
165	โรงรับจำนำลาดกระบัง	13.72215	100.7854	53.01
166	เอฟบีที อพาร์ทเมนท์	13.72354	100.78049	132.53
167	ปากซอยเกกีงาม	13.72795	100.77033	17.67
168	วัดปลูกศรัทธา	13.72446	100.76828	17.67
169	ข้างโรงเรียนวัดปลูกศรัทธา	13.72791	100.76817	70.68
170	เดอะ เวิร์คพ้อยท์ อพาร์ทเม้นท์	13.72786	100.76744	23.56
171	ซอยฉลองกรุง 1 แยก 5	13.72634	100.76753	176.7
172	หอพักเอแอนด์เจ	13.72787	100.76685	23.56
173	กลุ่มร้านอาหาร (เก 5)	13.72784	100.76614	58.9
174	โครงการบิลเลี่ยนพาร์ค	13.72781	100.76485	17.67
175	สถานีรถไฟหัวตะเข้	13.72825	100.78259	23.56
176	โรงเรียนเชิดเจิมศิลป์	13.72530	100.78554	94.24
177	วิทยาลัยช่างศิลป สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์	13.72587	100.78869	58.9
178	โกดังโรงเรียนศึกษาพัฒนา	13.72479	100.78807	58.9
179	ศูนย์สุขภาพชุมชน หลวงพรต ท่านเลี่ยม	13.72446	100.7876	23.56

3.2 สร้างตัวแบบสำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถเก็บขยะด้วยวิธีฮิวริสติกและวิธีเชิงพันธุกรรม

เส้นทางการเดินรถเก็บขยะใหม่นั้นมีโอกาสเกิดเส้นทางใหม่ได้จำนวนมาก เนื่องจากจุดเก็บขยะมีจำนวนมาก ในการออกแบบเส้นทางรถเก็บขยะใหม่ คณะผู้จัดทำจึงเลือกใช้วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม ด้วยเหตุผลที่ว่าวิธีฮิวริสติกสามารถหาคำตอบที่เหมาะสม โดยคำตอบของเส้นทางที่ได้ไม่ขัดต่อข้อจำกัดของปัญหาที่มีอยู่ เช่นความจุของขยะในเส้นทางที่เก็บขยะไม่สามารถเกิน 6,500 กิโลกรัม จำนวนรถที่ใช้เก็บขยะไม่สามารถเกิน 7 คัน จากนั้นใช้วิธีเชิงพันธุกรรมเพื่อปรับปรุงคำตอบให้ดียิ่งขึ้น โดยมีโครงสร้างในการทำงานเป็นดังต่อไปนี้

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

3.2.1 สร้างตัวแบบสำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถเก็บขยะด้วยวิธีฮิวริสติกแบบเลือกจุดที่ใกล้ที่สุด

ในการสร้างตัวแบบสำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถเก็บขยะ คณะผู้จัดทำเลือกใช้วิธีฮิวริสติกเพื่อนำไปเป็นคำตอบเริ่มต้นให้กับวิธีเชิงพันธุกรรม และจะต้องพิจารณาข้อจำกัดคือขยะที่จัดเก็บจะต้องไม่เกินความจุของรถซึ่งเท่ากับ 6,500 กิโลกรัม รถเก็บขยะมีทั้งหมด 7 คัน จุดเก็บขยะแต่ละที่จะต้องถูกจัดเก็บเพียงครั้งเดียว และรถเก็บขยะทุกคันจะต้องเริ่มต้นจากหน่วยปฏิบัติงานรักษาความสะอาด เมื่อขยะเต็มต้องจะถูกนำไปทิ้งที่โรงกำจัดขยะอ่อนนุช และนำรถไปเก็บที่หน่วยตามเดิม ดังจะแสดงได้ตามลำดับขั้นตอนต่อไปนี้

1. กำหนดหมายเลข (ID) ให้กับจุดทุกจุดในเส้นทางรถเก็บขยะ
2. สร้างตารางข้อมูลที่ใช้ในการจัดเส้นทางรถเก็บขยะ
3. กำหนดให้หน่วยปฏิบัติงานรักษาความสะอาดเป็นจุดเริ่มต้นของเส้นทางจัดเก็บขยะ
4. หาจุดทิ้งขยะจุดถัดไปที่มีระยะทางใกล้กับจุดเริ่มต้นมากที่สุด แล้วเลือกจุดนั้นเป็นส่วนหนึ่งของเส้นทางรถเก็บขยะ
5. พิจารณาเส้นทางแต่ละเส้นจะต้องเป็นไปตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้
    5.1. ขยะที่จัดเก็บจะต้องไม่เกินความจุของรถซึ่งเท่ากับ 6,500 กิโลกรัม
    5.2. จุดเก็บขยะแต่ละที่จะต้องถูกจัดเก็บเพียงครั้งเดียว
    5.3. รถเก็บขยะมีทั้งหมด 7 คัน
6. ทำซ้ำในข้อที่ 4 จนกระทั่งเต็มความจุรถ
7. ทำซ้ำในข้อที่ 4-6 จนเก็บครบทุกจุด
8. เมื่อเก็บขยะครบทุกจุดแล้ว รถเก็บขยะจะต้องไปที่โรงกำจัดขยะเพื่อทิ้งขยะ
9. รถเก็บขยะจะต้องกลับไปทีหน่วยปฏิบัติงานรักษาความสะอาดเป็นการสิ้นสุดงาน

ในการศึกษาครั้งนี้ คณะผู้จัดทำได้สร้างสถานการณ์เก็บขยะ 3 สถานการณ์เพื่อหาสถานการณ์ที่เกิดประโยชน์สูงสุดต่อการเดินรถเก็บขยะโดยแบ่งเป็น

1. เดินรถเก็บขยะทุกวัน
2. เดินรถเก็บขยะ 2 วันต่อครั้ง
3. เดินรถเก็บขยะ 3 วันต่อครั้ง

3.2.1.1 <u>วิธีการของวิธีฮิวริสติกแบบเลือกจุดใกล้ที่สุดสำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถเก็บขยะ</u>

1. กำหนดหมายเลขให้กับทุกจุดในเส้นทางรถเก็บขยะ

เนื่องจากจุดที่ใช้ในการจัดเส้นทางรถเก็บขยะมีจำนวนทั้งหมด 181 จุด จึงต้องกำหนดหมายเลขให้แต่ละจุดเพื่อให้ง่ายต่อการอ้างอิงและนำไปใช้ ซึ่งแสดงได้ตามตารางที่ 3.2

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

ตารางที่ 3.2 หมายเลขและจุดเก็บขยะทุกจุดในเส้นทางรถเก็บขยะ

หมายเลข	จุดเก็บขยะ	หมายเลข	จุดเก็บขยะ
0	หน่วยปฏิบัติงานรักษาความสะอาด	12	ซอยลาดกระบัง 52 (ซอยจินดา)
1	หน้าหมู่บ้านสุภาวัลย์	13	ปากซอยยุคลรัตน์ คอนโดมีเนียม
2	ซอยลาดกระบัง 54/2	14	ร้าน เสถียรพาณิชย์
3	สะพานลอยสถาบันเทคโนโลยีสุวรรณภูมิ	15	แฟมมิลี่มาร์ท สาขาซอยลาดกระบัง 50
4	ร้านอาหารเป๋าตุงกุ้งย่าง	16	หจก. สมพงษ์โลหะกิจ
5	แฟมมิลี่มาร์ท สะพานหัวตะเข้	17	ปากทางสนามบินสุวรรณภูมิ
6	ซอยลาดกระบัง 54 (หัวคู้)	18	ร้านอาหารเจ๊น้อยดอนเมือง
7	ธนาคารกรุงศรี สาขาหัวตะเข้	19	มนีดา ทัวร์แอนด์ทรานสปอต
8	หน้าหอราชพฤกษ์	20	ร้านนมมิลค์อิน
9	โรงพยาบาลจุฬารัตน์ 8	21	7-11 สาขาซอยลาดกระบัง 46/3
10	ซอยลาดกระบัง 52 แยก 7	22	7-11 สาขาซอยลาดกระบัง 46
11	ซอยลาดกระบัง 52 แยก 12	23	ปากซอยลาดกระบัง 40
24	ร้านโปร 58	50	ปากซอยซอยลาดกระบัง 10
25	ร้านส้มตำคุณนาย	51	ซอยธรรมนูญ (ลาดกระบัง 6)
26	ร้านเดอะชิลล์	52	หอพักบีเอส เรสซิเดนท์
27	ร้านจิ้มจุ่มปากซอยลาดกระบัง 42/2	53	โรงเหล้าแสงจันทร์ สุวรรณภูมิ
28	ไปรษณีย์ เจ้าคุณทหาร	54	หน้าศูนย์รวบรวมรถยนต์ สุวรรณภูมิ
29	ตลาดนัดสุวรรณภูมิ	55	ซอยลาดกระบัง 1ก/1
30	จันทร์เกษม หมูกระทะ	56	ซอยลาดกระบัง 1ก/7
31	สถานีรีไซเคิล วงษ์พาณิชย์	57	โคขุนคุณทองโพนยางคำ อ่อนนุช
32	ซอยลาดกระบัง 38/1	58	7-11 สาขา ตลาดลานบุญ
33	ร้านโฮมสุวรรณ	59	ซอยลาดกระบัง 1/2
34	7-11 สาขาลาดกระบัง 36	60	ซอยลาดกระบัง 1/5
35	คลองลาดกระบัง	61	ซอยลาดกระบัง 1/6

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

ตารางที่ 3.2 หมายเลขและจุดเก็บขยะทุกจุดในเส้นทางรถเก็บขยะ (ต่อ)

หมายเลข	จุดเก็บขยะ	หมายเลข	จุดเก็บขยะ
36	บ้านกรองน้ำ ลาดกระบัง (ลาดกระบัง 34/6)	62	โรงพยาบาลสัตว์ลาดกระบัง
37	สถานีบริการเอ็นจีวี ปตท.	63	ซอยลาดกระบัง 1/8
38	ซอยลาดกระบัง 32	64	ซอยลาดกระบัง 1/9
39	ป้ายรถเมล์หน้าตลาดรวมใจ	65	ไปรษณีย์ 999
40	ซอยลาดกระบัง 30	66	ข้าวต้มโต้งรุ่งนำชัย
41	ซอยลาดกระบัง 26	67	ปั๊มน้ำมันทีพีไอ
42	ซอยลาดกระบัง 24/1	68	ครัวเมืองเว้ อาหารเวียดนาม สาขาลาดกระบัง
43	ซอยลาดกระบัง 24	69	สำนักงานสรรพากรพื้นที่สาขาลาดกระบัง
44	ป้ายรถเมล์พาซิโอลาดกระบัง	70	แยกกิ่งแก้ว
45	ฟอร์ด สาขาลาดกระบัง	71	แยกแอร์ลิ้งลาดกระบัง
46	ซอยลาดกระบัง 20	72	ร้านเป็ดย่างคูนสิน
47	ซอยลาดกระบัง 18/4	73	ร้านปลาใหญ่ไผ่เขียว
48	ซอยลาดกระบัง 14/2	74	ร้านอาร์คีมิสท์ คอฟฟี่
49	ป้ายรถเมล์ซอยลาดกระบัง 14/1	75	สถานีบริการเอ็นจีวี ปตท. ไทยบูสท์
76	ปากซอยวัดปลูกศรัทธา	101	สนามฟุตบอลครอคโคไดล์ฟิลด์
77	ร้านอาหารโซน	102	สถานีตำรวจนครบาลจระเข้น้อย
78	ร้านอีสานเดิมสุวรรณภูมิ	103	สถานีดับเพลิงลาดกระบัง
79	ร้าน 72 เรซแอนด์บาร์	104	แฟลตข้าราชการ
80	ร้านร้อย 13 ข้าวต้มโต้รุ่ง	105	คอนโดยุคลรัตน์
81	ร้านชิดลม	106	โครงการเอเวียน
82	ร้านอาหารญี่ปุ่นโยชิ	107	ซอยลาดกระบัง 40
83	ร้านประครองมิตร	108	โรงแรมเดอะเกรท เรสซิเดนท์
84	ริมน้ำอพาร์ทเม้นท์ (ลาดกระบัง 13/4)	109	ตลาดสุขสมาน

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

ตารางที่ 3.2 หมายเลขและจุดเก็บขยะทุกจุดในเส้นทางรถเก็บขยะ (ต่อ)

หมายเลข	จุดเก็บขยะ	หมายเลข	จุดเก็บขยะ
85	ท๊อป ซุปเปอร์มาร์เก็ต สาขา ลาดกระบัง	110	โรงแรมทองทารีสอร์ท สุวรรณภูมิ
86	ธนาคารออมสิน สาขาสวนพระนคร	111	หอพักพจนันท์คอร์ท (ลาดกระบัง 46/3)
87	7-11 สาขาสวนพระนคร	112	หอพักกฤตยาเฮาส์
88	พิซซาฮัท	113	บ้านสินธร-อ่อนนุช ลาดกระบัง (ลาดกระบัง 46/5)
89	ซอยสำนักงานเขต	114	หมู่บ้านศุภาสิริ ลาดกระบัง 42/5
90	สะพานลอยจินดา	115	หมู่บ้านมณสินี
91	โรงรับจำนำลาดกระบัง	116	ซอยลาดกระบัง 42
92	บริษัททรูลิสซิ่ง	117	สถานีตำรวจนครบาลลาดกระบัง
93	ซอยลาดกระบัง 52 แยก8	118	หอพักสมบัติ
94	ซอยลาดกระบัง 52 แยก10	119	หอพักวนาวัลย์ เพลส 1
95	ซอยลาดกระบัง 52 แยก14	120	ซอยลาดกระบัง 2
96	ซอยลาดกระบัง 52 แยก16	121	ซอยลาดกระบัง 4
97	หอราชพฤกษ์	122	ซอยลาดกระบัง 6
98	หอพักสุวรรณภูมิทาวน์	123	ซอยลาดกระบัง 8
99	ซอยลาดกระบัง 54/2 (ซอยหัวเฉียว)	124	ซอยลาดกระบัง 10
100	หมู่บ้านพรทิพย์	125	ซอยลาดกระบัง 12
126	ซอยลาดกระบัง 14	150	ซอยทองคำ 2
127	หมู่บ้านเดอะ ยูโรเปี้ยน	151	ซอยอรุณลิ้ม
128	หมู่บ้านยูโรเปี้ยนส์โนวา	152	ซอยสำราญใต้
129	สมาร์ทซี คอนโดมิเนียม อ่อนนุช	153	หอพักอิงธิรา
130	ลุมพินี วิลล์ อ่อนนุช-ลาดกระบัง	154	ซอยลาดกระบัง 1
131	ไอริซคอนโด	155	ซอยลาดกระบัง 9/2
132	หมู่บ้านเคหะนคร	156	หอพักบ้านแสงวิวัฒน์ อพาร์ทเม้นท์
133	ดีคอนโด	157	9/6 แมนชั่น (ลาดกระบัง 9/6)

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

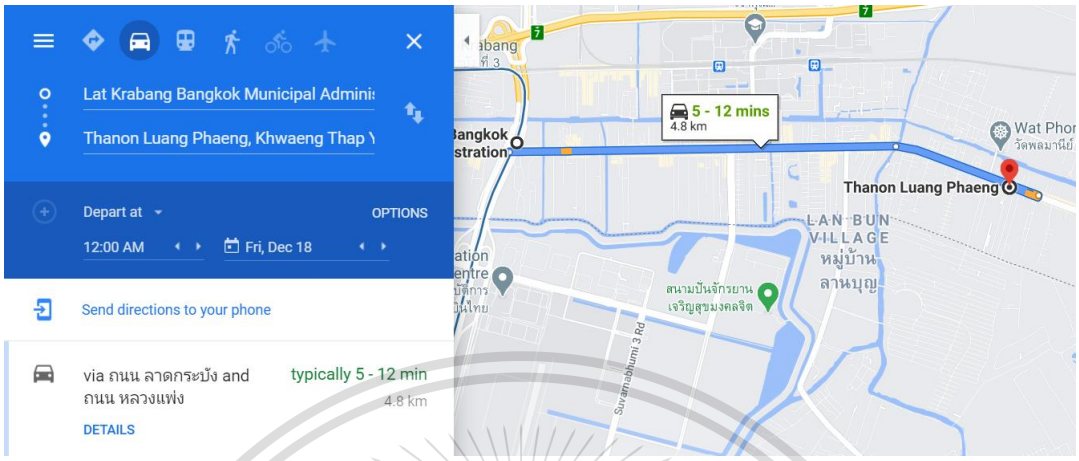
ตารางที่ 3.2 หมายเลขและจุดเก็บขยะทุกจุดในเส้นทางรถเก็บขยะ (ต่อ)

หมายเลข	จุดเก็บขยะ	หมายเลข	จุดเก็บขยะ
134	ร่มสุข คอนโดทาวน์	158	หอพักสมพล (ลาดกระบัง 11/3)
135	ตลาดนำชัย (ลาดกระบัง 1ก/9)	159	โต๊ะสนุกเกอร์ (ลาดกระบัง 13/8)
136	ปั๊มน้ำมันเอซโซ่	160	หอพักบีบีเอส
137	บ้านกลางเมือง อ่อนนุช-วงแหวน	161	ซอยลาดกระบัง 13/8
138	หมู่บ้านศุภาลัย สุวรรณภูมิ	162	แฟลตตำรวจในซอยสำนักงานเขต
139	หมู่บ้านเซนโทร อ่อนนุช-วงแหวน	163	โรงพยาบาลลาดกระบัง
140	ศูนย์บริการสาธารณสุข 46 กันตารัติอุทิศ	164	ซอยลาดกระบัง 15/3
141	หอพักเอ็นอาร์ซี เรสซิเดนท์	165	ซอยลาดกระบัง 15/2
142	ชุมชนรุ่งเรืองพัฒนา	166	เอฟบีที อพาร์ทเมนท์
143	วัดสังฆราชา	167	ปากซอยเกกีงาม
144	โรงเรียนวัดสังฆราชา	175	สถานีรถไฟหัวตะเข้
145	ซอยประชาธร	176	โรงเรียนเชิดเจิมศิลป์
146	ซอยขาวพัฒนา	177	วิทยาลัยช่างศิลป์ สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์
147	วัดลานบุญ	178	โกดังโรงเรียนศึกษาพัฒนา
148	หมู่บ้านสมนึก	179	ศูนย์สุขภาพชุมชน หลวงพรต ท่านเลี่ยม
149	ซอยทองคำ 1	180	โรงกำจัดขยะอ่อนนุช
150	ซอยทองคำ 2		

1.2 สร้างตารางข้อมูลที่ใช้ในการจัดเส้นทางรถเก็บขยะ

ข้อมูลที่ใช้ในการจัดเส้นทางรถเก็บขยะประกอบด้วยชื่อสถานที่ที่รถเก็บขยะผ่านซึ่งแทนด้วยหมายเลข 0 ถึง 180 พร้อมกับปริมาณขยะของแต่ละสถานที่และเมตริกซ์ระยะทางระหว่างจุดเก็บขยะ 2 จุดใดๆโดยใช้แผนที่จาก Google Map ในการหาระยะทางที่มีการพิจารณาด้านกฎจราจรและเส้นทางที่ใช้งานได้โดยเริ่มจากเปิด Google Map > กดปุ่มหาเส้นทางสีฟ้า > ใส่พิกัดเริ่มต้นลงไปในช่องว่างข้างบนและพิกัดจุดที่จะไปลงในช่องว่างข้างล่าง > ตั้งค่าการเดินทางโดยให้เริ่มเดินทางเวลา 00.00 น. > ได้ค่าระยะทางระหว่างจุด 2 จุด แสดงด้วยรูปที่ 3.1 และนำไปกรอกลงในเมตริกซ์ระยะทาง แสดงด้วยรูปที่ 3.2

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



รูปที่ 3.1 ผลลัพธ์ของการหาระยะทางระหว่างจุดสองจุดจาก Google Map

จุดสิ้นสุด

From\To	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0	4.8	5	3.4	5.2	5	4.8	3.6	2.9	2.9	3	3.4	3.40	3.5	3.5	3.6
1	4.8	0	0.23	1.2	0.15	0.21	0.85	1.5	1.4	1.5	1.6	2	2.00	2.1	2.1	2.2
2	4.9	1.1	0	1.4	0.28	0.35	1	1.7	1.6	1.7	1.7	2.2	2.10	2.2	2.3	2.3
3	3.6	2.2	2.4	0	2.3	2.4	2.2	0.3	0.25	0.3	0.35	0.8	0.80	0.85	0.9	1
4	4.7	0.8	1	1.1	0	0.058	0.7	1.4	1.3	1.4	1.4	1.9	1.80	1.9	2	2
5	4.7	0.8	1	1.1	0.9	0	0.75	1.4	1.3	1.4	1.4	1.9	1.90	1.9	2	2
6	5.6	1.7	1.8	2	1.8	1.9	0	2.3	2.2	2.3	2.3	2.8	2.80	2.8	2.9	2.9
7	3.5	3.3	3.4	1.9	3.4	3.5	3.2	0	0.092	0.16	0.22	0.65	0.65	0.7	0.75	0.8
8	3.4	3.2	3.4	1.8	3.3	3.4	3.1	1.3	0	0.064	0.13	0.55	0.55	0.6	0.6	0.7
9	3.3	3.1	3.3	1.7	3.2	3.3	3.1	1.3	1.2	0	0.06	0.5	0.50	0.55	0.6	0.65
10	3.2	3.1	3.2	1.7	3.2	3.2	3	1.2	1.1	1.2	0	0.45	0.45	1.6	0.55	0.6
11	3.6	3.4	3.6	2	3.5	3.6	3.4	1.5	1.5	1.5	1.6	0	0.21	0.27	0.35	0.35
12	3.6	3.4	3.6	2	3.5	3.6	3.3	1.5	1.4	1.5	1.6	0.21	0	0.14	0.19	0.24
13	3.6	3.5	3.6	2	3.6	3.6	3.4	1.6	1.5	1.6	1.6	0.27	0.14	0	0.13	0.18
14	3.7	3.5	3.7	2.1	3.6	3.7	3.5	1.6	1.6	1.6	1.7	0.35	0.19	0.13	0	0.13
15	3.7	3.6	3.7	2.1	3.7	3.7	3.5	1.7	1.6	1.7	1.7	0.35	0.24	0.18	0.13	0

จุดเริ่มต้น

ระยะทางระหว่างจุดเริ่มต้นกับจุดสิ้นสุด

รูปที่ 3.2 เมตริกซ์แสดงระยะทางระหว่างจุดเริ่มต้นกับจุดสิ้นสุด

เมื่อได้ผลลัพธ์ระยะทางระหว่างจุดของจุดทุกจุดในเส้นทางรถเก็บขยะจาก Google Map แล้ว ผู้จัดทำจึงสร้างตารางข้อมูลที่ใช้ในการจัดเส้นทางในดังจะแสดงให้เห็นในรูปที่ 3-3

No.	Name	LAT	LON	Load
0	หน่วย	13.72164	100.75908	0
1	หน้าหมู่บ้าน	13.7188	100.79809	212.1
2	บริษัททรู	13.71766	100.79721	185.4
3	ซอย	13.72189	100.78746	212.1
4	สะพานลอย	13.71948	100.79685	141.36
5	เป๋าตุ๋งกุ๋งย่าง	13.71934	100.79651	141.36
6	แฟมมิลีมาร์	13.72161	100.79067	212.04

From\To	0	1	2	3	4	5
0	0	4.8	5	3.4	5.2	5
1	4.8	0	0.23	1.2	0.15	0.21
2	4.9	1.1	0	1.4	0.28	0.35
3	3.6	2.2	2.4	0	2.3	2.4
4	4.7	0.8	1	1.1	0	0.058
5	4.7	0.8	1	1.1	0.9	0
6	5.6	1.7	1.8	2	1.8	1.9

รูปที่ 3.3 ตารางข้อมูลที่ใช้ในการจัดเส้นทางรถเก็บขยะ

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

1.3 เลือกจุดเก็บขยะเพื่อสร้างเส้นทางให้กับรถเก็บขยะ

ในเลือกจุดต่างที่อยู่ในเส้นทางรถเก็บขยะนั้น คณะผู้จัดทำเลือกใช้วิธีฮิวริสติกแบบเลือกจุดที่ใกล้ที่สุดโดยเริ่มต้นจากกำหนดให้จุด 0 เป็นจุดเริ่มต้นของเส้นทางรถเก็บขยะ จากนั้นเลือกจุดเก็บขยะจุดถัดไปที่มีระยะทางใกล้กับจุดเริ่มต้นมากที่สุด แล้วเลือกจุดนั้นเป็นส่วนหนึ่งของเส้นทางรถเก็บขยะ

1.4. พิจารณาเส้นทางแต่ละเส้นจะต้องเป็นไปตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

1.4.1. ขยะที่จัดเก็บจะต้องไม่เกินความจุของรถซึ่งเท่ากับ 6,500 กิโลกรัม

1.4.2. จุดเก็บขยะแต่ละที่จะต้องถูกจัดเก็บเพียงครั้งเดียว

1.4.3. รถเก็บขยะมีทั้งหมด 7 คัน

ซึ่งขั้นตอนในการสร้างตัวแบบเส้นทางรถเก็บขยะสามารถแทนด้วยรูปแบบทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วยตัวแปรตัดสินใจ ดังนี้

- X_{ijk} $\begin{cases} 1 \text{ ถารถเก็บขยะ k เคลื่อนที่ไปจุดเก็บขยะ i ไป j} \\ 0 \text{ กรณีอื่นๆ} \end{cases}$

มีการใชสัญกรณ (Notation) สำหรับปญหา VRP ดังนี้

- i,j จุดเก็บขยะที่ i หรือ j โดยที่ i,j = 1...N
- k รถเก็บขยะคันที่ k = 1...M
- N คือ จำนวนจุดเก็บขยะ
- M คือ จำนวนรถเก็บขยะ โดยที่ M = 7
- C คือ ความจุของรถเก็บขยะ โดยที่ C = 6,500 กิโลกรัม
- D_i คือ ปริมาณขยะที่จุดเก็บขยะ i
- d_{ij} คือ ระยะทางระหว่างจุดเก็บขยะ i ไปยังจุดเก็บขยะ j

มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ดังนี้

$$\sum_{k=0}^{M}\sum_{j=0}^{N}\sum_{j=0}^{N} d_{ij}X_{ijk} \qquad (3.1)$$

และมีสมการเงื่อนไข

$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{k=1}^{M} X_{ijk}=1 \qquad \forall j=1,2,3,...,N \qquad (3.2)$$

$$\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{M} X_{ijk}=1 \qquad \forall i=1,2,3,...,N \qquad (3.3)$$

$$\sum_{i=1}^{N} D_i\left(\sum_{j=1}^{N} x_{ijk}\right)\leq C \qquad \forall_k=1,2,...,M \qquad (3.4)$$

โดยที่สมการ (3.1) คือฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ที่แสดงระยะทางรวมที่สั้นที่สุด สมการที่ (3.2) และ (3.3) เพื่อให้แน่ใจว่าจะมีรถเก็บขยะอย่างน้อย 1 คันเข้าจัดเก็บขยะแต่ละจุด สมการที่ (3.4) คือ ปริมาณขยะของแต่ละจุดโดยรวมในแต่ละเส้นทางจะต้องไม่เกินกว่าความจุของรถเก็บขยะ

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

ซึ่งเส้นทางของรถเก็บขยะ ระยะทางของรถเก็บขยะในแต่ละเส้นทาง จำนวนรถเก็บขยะที่ต้องใช้ และปริมาณขยะของรถแต่ละคันที่จัดโดยใช้วิธีฮิวริสติกแบบเลือกจุดที่ใกล้ที่สุด สามารถให้เห็นด้วย ตัวอย่างเส้นทางรถเก็บขยะที่ใช้ในวันจันทร์ ได้ดังตารางที่ 3.3 ตารางที่ 3.4 และตารางที่ 3.5 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างเส้นทางของรถเก็บขยะที่จัดโดยใช้วิธีฮิวริสติกแบบเลือกจุดที่ใกล้ที่สุดสำหรับวันจันทร์

Vehicle	Depot	Waste collection point									Depot
		1	2	3	4	5	. . .	40	41	42	
1	0	140	65	141	139	142	. . .	6	180	0	0
2	0	54	56	57	43	60	. . .	0	0	0	0
3	0	137	138	166	3	20	. . .	48	180	0	0
4	0	35	49	50	51	36	. . .	0	0	0	0
5	0	93	74	75	91	76	. . .	0	0	0	0

ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างระยะทางของรถเก็บขยะที่จัดโดยใช้วิธีฮิวริสติกสำหรับวันจันทร์

Vehicle	Depot	Waste collection point									Distance (km)
		1	2	3	4	5	. . .	40	41	42	
1	0	0.15	0.23	0.23	0.35	0.45	. . .	14.3	9.3	0	34.915
2	0	0.95	0.4	0.55	0.35	0.85	. . .	0	0	0	36.346
3	0	1.6	0.11	2.9	1.40	0.14	. . .	11.3	9.3	0	42.498
4	0	2	0.35	0.3	0.11	0.3	. . .	0	0	0	36.982
5	0	5.3	0.27	0.082	0.14	0.9	. . .	0	0	0	28.511
											179.252

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

ตารางที่ 3.5 ตัวอย่างปริมาณขยะของรถเก็บขยะของรถแต่ละคันที่จัดโดยใช้วิธีฮิวริสติกสำหรับวันจันทร์

Vehicle	Depot	Waste collection point							Load (kg)
		1	2	3	. . .	40	41	42	
1	0	141.36	35.34	106.02	. . .	0	0	0	5504.14
2	0	194.37	114.86	270.2	. . .	0	0	0	5304.07
3	0	250.68	141.36	132.53	. . .	0	0	0	5446.9
4	0	247.38	35.34	35.34	. . .	0	0	0	5391.95
5	0	50.49	220.68	230.58	. . .	0	0	0	5211.15
									26858.21

3.2.2 สร้างตัวแบบสำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถเก็บขยะด้วยวิธีด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม

3.2.2.1 ค้นหาคำตอบด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม

คือ การค้นหาคำตอบโดยเลียนแบบกระบวนการวิวัฒนาการและการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมตามธรรมชาติเพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสมมากขึ้น ขั้นตอนการทำงานของวิธีเชิงพันธุกรรมมีขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดเป้าหมายชองปัญหา เป้าหมายของปัญหานี้คือการสร้างเส้นทางรถเก็บขยะให้มีระยะที่น้อยที่สุด และฟังก์ชันความเหมาะสม เพื่อหาค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม

2. การสร้างประชากรโดยนำข้อมูลต่างๆมาสร้างเป็นชุดโครโมโซมที่จะถูกนำไปเป็นต้นแบบสำหรับสร้างประชากรรุ่นใหม่ โดยประชากรเริ่มต้นของปัญหานี้คือเส้นทางของรถเก็บขยะที่ได้จากการจัดเส้นทางด้วยวิธีฮิวริสติก เช่นเส้นทางของรถเก็บขยะคันที่ 1 คือ 0 5 4 3 6 2 1 8 180 0 โดยที่ตัวเลขคือสถานที่ที่รถเก็บขยะผ่าน

3. กำหนดเงื่อนไข โดยอ้างอิงจากข้อจำกัดของปัญหาซึ่งประกอบด้วย

3.1 เส้นทางทุกเส้นทางจะต้องเริ่มต้นที่หน่วยปฏิบัติงานรักษาความสะอาดและสิ้นสุดในที่เดียวกัน จึงกำหนดให้ทุกเส้นทางที่จะจัดใหม่จะต้องเริ่มต้นและสุดด้วยเลข 0

3.2 ปริมาณขยะของเส้นทางแต่ละเส้นจะต้องไม่เกินความจุของรถเก็บขยะซึ่งมีค่าเท่ากับ 6,500 กิโลกรัม

4. ประเมินค่าความเหมาะสมตามฟังก์ชันความเหมาะสม และหาโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมต่ำที่สุด

5. การเก็บค่าคำตอบเบื้องต้น หาค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากประชากรต้นแบบและเก็บคำตอบนั้นไว้

6. การคัดเลือก คัดเลือกคำตอบที่ดีเข้าสู่เมตติ้งพูล เพื่อเตรียมทำการจับคู่ โดยใช้วิธีการคัดเลือกเพื่อหาคำตอบที่มีความเหมาะสมมากกว่า

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

7. การคัดเลือกเพื่อค้นหาคำตอบที่ดีที่สุด ด้วยการดำเนินการทางพันธุกรรมซึ่งประกอบด้วย

7.1 ครอสโอเวอร์ (Crossover) คือ การจับคู่คำตอบในเมตติ้งพูลอย่างสุ่มและทำการไขว้สลับค่าที่อยู่หลังตำแหน่งที่เลือกไว้จากการสุ่มด้วยความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ Pc จากนั้นให้นำคำตอบที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าคำตอบเบื้องต้น ถ้าค่าที่ได้จากครอสโอเวอร์ดีกว่าให้เก็บคำตอบนั้นเป็นค่าคำตอบเบื้องต้นแทน

7.2 มิวเตชั่น (Mutation) เป็นการเปลี่ยนค่าตำแหน่งโครโมโซมแบบสุ่มจากปัญหาที่พิจารณาค่าจะเปลี่ยนแปลงจาก 0 เป็น 1 หรือ 1 เป็น 0 โดยการเลือกตำแหน่งที่จะทำการมิวเตชั่นแบบสุ่มด้วยความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเท่ากับ Pm จากนั้นให้นำค่าคำตอบจากการมิวเตชั่นมาเปรียบเทียบกับค่าคำตอบเบื้องต้น ถ้าคำตอบที่ได้จากมิวเตชั่นดีกว่าให้เก็บค่าคำตอบนั้นเป็นค่าคำตอบเบื้องต้นแทน แต่ถ้าค่าคำตอบเบื้องต้นดีกว่า ให้แทนที่ค่าคำตอบเบื้องต้นด้วยค่าคำตอบที่แย่ที่สุดจากการมิวเตชั่น

8. การทำซ้ำจนกว่าจะถึงเจเนอเรชั่นที่กำหนด

9. การสิ้นสุดกระบวนการหาคำตอบด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม จะหยุดหาคำตอบเมื่อทำซ้ำถึงเจเนอเรชั่นที่กำหนด และนำค่าคำตอบเบื้องต้นมาเป็นคำตอบ

3.2.2.2 <u>การค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยใช้โปรแกรมประยุกต์</u>

หลังจากที่ได้เส้นทางของรถเก็บขยะจากวิธีฮิวริสติกแล้ว ให้นำคำตอบที่ได้กำหนดให้เป็นประชากรเริ่มต้นของวิธีการเชิงพันธุกรรม จากนั้นใช้โปรแกรม Evolver เพื่อค้นหาคำตอบที่มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

ขั้นตอนการใช้โปรแกรม เริ่มต้นจากการกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ แล้วกำหนดตัวแปรตัดสินใจหรือขอบเขตของเซลล์ที่เราต้องการปรับปรุง และกำหนดฟังก์ชันข้อจำกัด หน้าต่างสำหรับป้อนข้อมูลของทั้ง 3 ส่วนแสดงดังรูปที่ 3.4

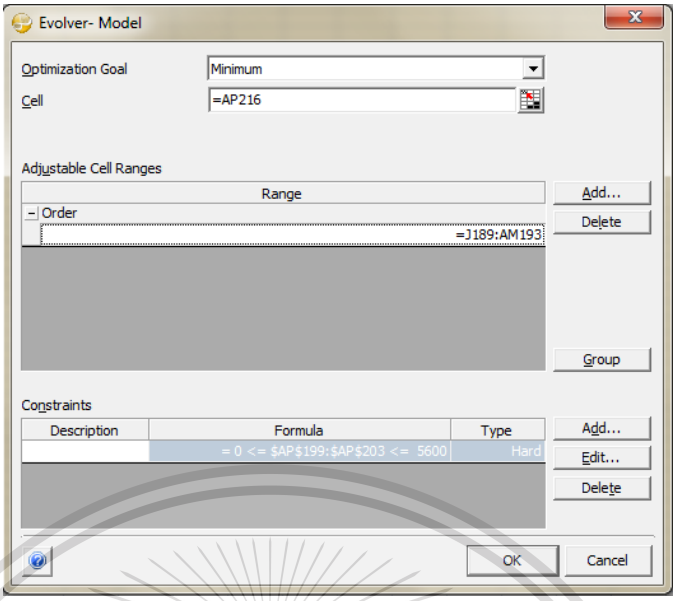
1. ฟังก์ชันวัตถุประสงค์กำหนดแบบ Minimum

2. กำหนดเซลล์ที่จะใช้คำนวณค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ โดยเซลล์ของปัญหานี้คือระยะทางรวมทั้งหมด

3. ตัวแปรตัดสินใจกำหนดให้เป็นกลุ่มเซลล์ที่เรียกว่า Adjustable cell range ซึ่งในที่นี้คือขอบเขตของเซลล์ที่เราต้องการปรับปรุง

4. กำหนดฟังก์ชันข้อจำกัด ซึ่งในที่นี้คือปริมาณขยะของแต่ละเส้นทางจะต้องไม่เกิน 6,500 กก. และกำหนดชนิดของฟังก์ชันข้อจำกัดเป็นแบบ Hard constraints

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

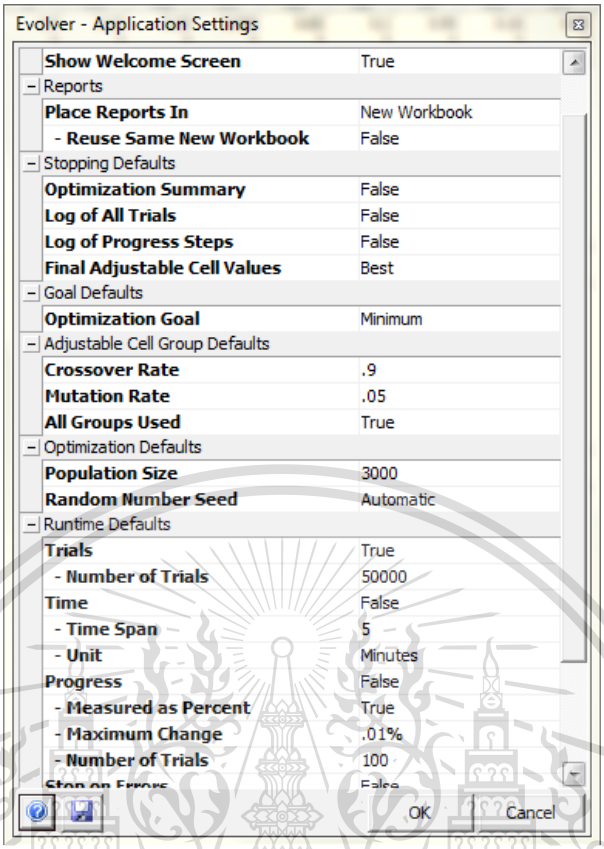


รูปที่ 3.4 แสดงหน้าต่างสำหรับป้อนข้อมูลฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ตัวแปรตัดสินใจ ฟังก์ชันข้อจำกัด

หลังจากที่ได้กำหนดส่วนประกอบหลักของโมเดลเสร็จแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการกำหนดค่าตัวแปรต่างๆของวิธีเชิงพันธุกรรม ดังแสดงในรูปที่ 3.5 ที่จะใช้ในการหาคำตอบได้แก่

1. Population size คือ ตัวกำหนดความหลากหลายของกลุ่มคำตอบที่เป็นไปได้ในแต่ละรุ่นประชากร
2. Random number generator seed คือ วิธีการหาตัวเลขแบบสุ่มที่ต้องใช้ในการหาคำตอบ
3. Crossover rate และ Mutation rate คือ ตัวแปรที่ใช้ควบคุมปฏิบัติการทางพันธุกรรม
4. Runtime คือ เงื่อนไขการสิ้นสุด โดยเลือกใช้แบบ Trials คือการกำหนดจำนวนรอบเจเนอเรชั่น

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



รูปที่ 3.5 แสดงการกำหนดตัวแปรต่างๆ

3.3 ศึกษาค่าตัวแปรที่จะนำมาใช้ในวิธีเชิงพันธุกรรม

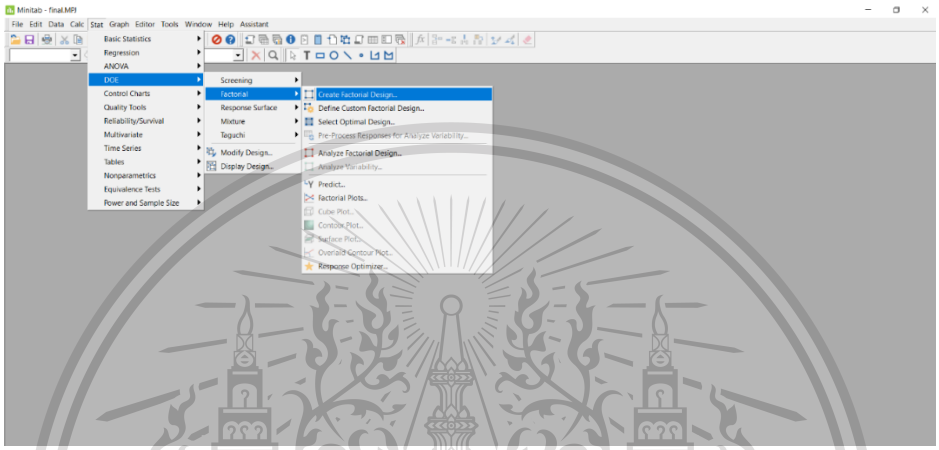
ค่าตัวแปรของวิธีเชิงพันธุกรรมที่ถูกพิจารณาในบทนี้คือ ขนาดของประชากร (Population Size) จำนวนรอบในการเจเนอเรชั่น (Number of Generation) ความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธ์ (Crossover Rate) และความน่าจะเป็นในการกลายพันธ์ (Mutation Rate) โดยใช้วิธีการออกแบบแฟกทอเรียลในการศึกษา มีปัจจัยและระดับของปัจจัยแสดงดังตารางที่ 3.6 และดำเนินการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

ตารางที่ 3.6 ค่าตัวแปรเพื่อการประมวลผลโปรแกรม

ตัวแปร	ค่าที่กำหนด
Number of Generation	10,000 30,000 และ 50,000
Population Size	1,000 3,000 และ 5,000
Crossover Probability	0.7 0.8 และ 0.9
Mutation Probability	0.05 0.1 และ 0.3

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

จากการออกแบบการทดลองไว้ข้างต้น สามารถหาตัวแปรที่ส่งผลต่อค่าระยะทางด้วยวิธีการออกแบบแฟกทอเรียล มาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) โดยใช้โปรแกรม Minitab ดังแสดงในรูปที่ 3.6 เมื่อนำผลมาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนจะได้ผลการวิเคราะห์ได้ผลดังรูปที่ 1 จะพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อค่าเป้าหมายนั้นมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งพิจารณาได้จากค่า P ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.6 การใช้คำสั่ง DOE –> Factorial –> Create Factorial Design

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

Analysis of Variance

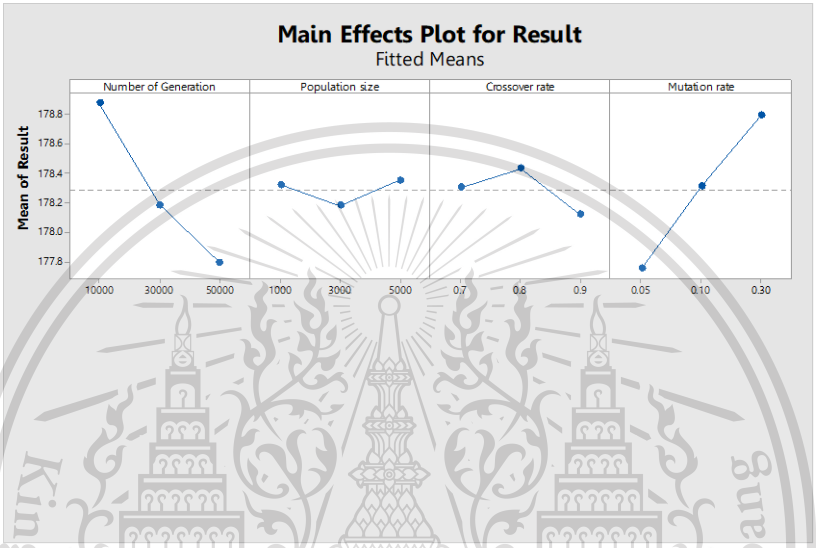
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	82	128.526	1.5674	9.25	0.000
Blocks	2	0.382	0.1912	1.13	0.326
Linear	8	97.434	12.1792	71.91	0.000
Number of Generation	2	48.423	24.2116	142.95	0.000
Population size	2	1.383	0.6917	4.08	0.019
Crossover rate	2	4.020	2.0101	11.87	0.000
Mutation rate	2	43.607	21.8034	128.74	0.000
2-Way Interactions	24	17.974	0.7489	4.42	0.000
Number of Generation*Population size	4	0.943	0.2357	1.39	0.239
Number of Generation*Crossover rate	4	3.708	0.9269	5.47	0.000
Number of Generation*Mutation rate	4	7.208	1.8021	10.64	0.000
Population size*Crossover rate	4	4.667	1.1668	6.89	0.000
Population size*Mutation rate	4	0.363	0.0908	0.54	0.710
Crossover rate*Mutation rate	4	1.085	0.2713	1.60	0.176
3-Way Interactions	32	10.697	0.3343	1.97	0.003
Number of Generation*Population size*Crossover rate	8	4.067	0.5084	3.00	0.004
Number of Generation*Population size*Mutation rate	8	2.495	0.3118	1.84	0.073
Number of Generation*Crossover rate*Mutation rate	8	2.857	0.3571	2.11	0.038
Population size*Crossover rate*Mutation rate	8	1.278	0.1597	0.94	0.483
4-Way Interactions	16	2.039	0.1274	0.75	0.737
Number of Generation*Population size*Crossover rate*Mutation rate	16	2.039	0.1274	0.75	0.737
Error	160	27.099	0.1694		
Total	242	155.625			

รูปที่ 3.7 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน

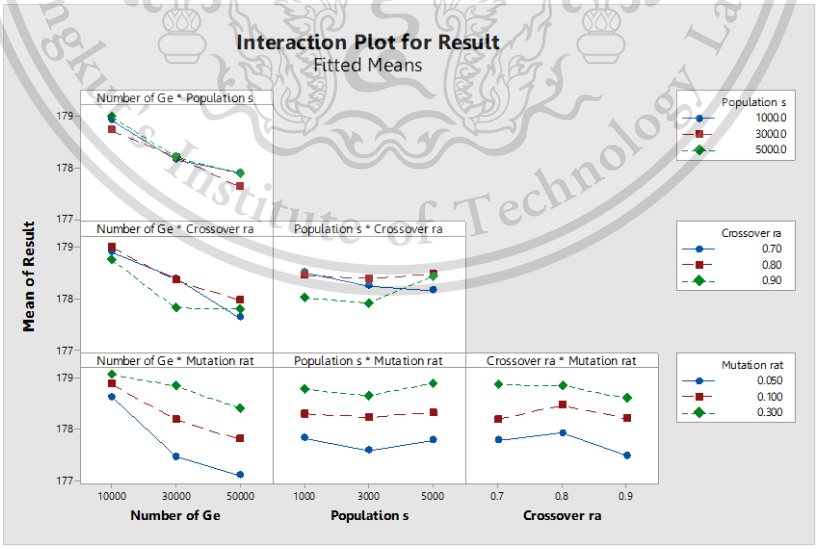
กราฟแสดงผลกระทบจากอิทธิพลหลัก (Main Effect Plot) และผลกระทบจากอิทธิพลร่วม (Interaction Effect Plot) ช่วยให้ทราบถึงค่าตัวแปรที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัย ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.8 รูปที่ 3.9 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์พบว่ามีอิทธิพลหลัก 4 ตัวแปร และมีอิทธิพลร่วม 5 ตัวแปร ที่ส่งผลต่อค่าระยะทางได้แก่ จำนวนรอบในการเจนเนอเรชั่น จำนวนประชากร ค่าความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์ ค่าความน่าจะเป็นของการมิวเตชั่น จำนวนรอบในการเจนเนอเรชั่น*ค่าความน่าจะเป็นของการมิวเตชั่น จำนวนประชากร*ค่าความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์ จำนวนรอบในการเจนเนอเรชั่น*ค่าความ

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

น่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์ จำนวนรอบในการเจนเนอเรชั่น*จำนวนประชากร*ค่าความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์ และจำนวนรอบในการเจนเนอเรชั่น*ค่าความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์*ค่าความน่าจะเป็นของการมิวเตชั่นจึงเลือกใช้ค่าจำนวนรอบในการเจนเนอเรชั่น 50,000 จำนวนประชากร 3,000 ค่าความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์ 0.9 และค่าความน่าจะเป็นของการมิวเตชั่น 0.05 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.7



รูปที่ 3.8 ผลกระทบจากอิทธิพลหลัก (Main Effect Plot)



รูปที่ 3.9 ผลกระทบจากอิทธิพลร่วม (Interaction Effect Plot)

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

ตารางที่ 3.7 แสดงค่าของตัวแปรที่เหมาะสมที่สุดจากค่าที่กำหนด

ตัวแปร	ค่าที่กำหนด	ค่าที่เลือกใช้
จำนวนรอบในการเจนเนอเรชั่น	10,000 30,000 และ 50,000	50,000
จำนวนประชากร	1,000 3,000 และ 5,000	3,000
ค่าความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์	0.7 0.8 และ 0.9	0.9
ค่าความน่าจะเป็นของการมิวเตชั่น	0.05 0.1 และ 0.3	0.05

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

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

ในบทนี้เป็นการนำเสนอผลลัพธ์จากตัวแบบสำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถเก็บขยะโดยแบ่งออกเป็น 3 สถานการณ์ คือเก็บขยะทุกวัน เก็บขยะวันคี่วันคู่ และเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งโดยในการนำเสนอจะนำเสนอผลลัพธ์แบบเปรียบเทียบระหว่างแก้ปัญหาด้วยวิธีฮิวริสติกแบบเลือกจุดที่ใกล้ที่สุดและแก้ปัญหาวิธีฮิวริสติกแบบเลือกจุดที่ใกล้ที่สุดร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม โดยแสดงผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดลองที่ได้จากการดำเนินงาน

ตารางที่ 4.1 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บทุกวันของรถคันที่ 1

รถคันที่ 1	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Numbers of Generation	50,000	-	50,000
Population Size	3,000	-	3,000
Crossover Rate	0.9	-	0.9
Mutation Rate	0.05	-	0.05
เส้นทาง	0-140-65-141-144-145-146-147-148-31-47-35-50-51-37-38-59-53-39-40-41-42-54-57-43-60-61-62-63-64-55-66-67-68-180-0	0-140-65-141-139-142-143-144-145-146-147-148-149-150-151-152-153-154-156-155-157-158-159-160-161-162-163-164-165-1-2-4-5-21-	0-140-65-141-139-142-143-144-145-146-147-148-149-150-151-152-153-154-155-156-157-158-161-160-159-162-163-164-165-1-2-4-5-21-22-23-25-27-24-26-6-180-0

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

ตารางที่ 4.1 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บทุกวันของรถคันที่ 1 (ต่อ)

รถคันที่ 1	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
เส้นทาง		22-23-25-24-26-27-6-180-0	
ระยะทาง (กิโลเมตร)	28.098	34.915	34.32
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	5518	5504.14	5504.14

ตารางที่ 4.2 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บทุกวันของรถคันที่ 2

รถคันที่ 2	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Numbers of Generation	50,000	-	50,000
Population Size	3,000	-	3,000
Crossover Rate	0.9	-	0.9
Mutation Rate	0.05	-	0.05
เส้นทาง	0-139-150-151-152-153-166-157-158-162-163-164-165-8-9-10-131-17-12-13-14-15-16-11-29-30-96-69-180-0	0-54-56-57-43-60-61-62-92-63-64-55-66-95-97-67-96-68-69-70-89-87-88-71-94-108-72-73-106-119-107-118-109-110-133-134-180-0	0-54-56-57-43-60-61-62-92-63-64-55-66-95-97-67-96-68-69-70-89-87-88-94-71-108-72-73-106-119-107-118-109-110-133-134-180-0
ระยะทาง (กิโลเมตร)	26.996	36.346	36.313
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	5213.83	5304.07	5304.07

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

ตารางที่ 4.3 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บทุกวันของรถคันที่ 3

รถคันที่ 3	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Numbers of Generation	50,000	-	50,000
Population Size	3,000	-	3,000
Crossover Rate	0.9	-	0.9
Mutation Rate	0.05	-	0.05
เส้นทาง	0-142-149-45-58-44-52-32-48-36-56-143-49-137-138-156-155-157-161-160-159-7-18-28-19-46-33-34-92-25-24-23-6-26-3-20-21-22-1-4-5-2-180-0	0-137-138-166-3-20-7-8-9-18-19-10-131-17-12-13-14-15-16-11-29-30-28-175-176-179-178-177-167-169-170-171-172-173-174-168-44-52-31-47-48-180-0	0-137-138-166-3-20-7-8-9-18-19-10-131-17-12-13-14-15-16-11-29-30-28-175-176-179-178-177-168-169-171-170-172-173-174-167-44-52-31-48-47-180-0
ระยะทาง (กิโลเมตร)	54.553	42.498	42.424
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	5334.82	5446.9	5446.9

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บทุกวันของรถคันที่ 4

รถคันที่ 4	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Numbers of Generation	50,000	-	50,000
Population Size	3,000	-	3,000
Crossover Rate	0.9	-	0.9
Mutation Rate	0.05	-	0.05
เส้นทาง	0-135-134-70-89-87-88-71-108-72-	0-35-49-50-51-36-37-38-59-53-39-40-	0-50-49-35-51-36-37-38-59-53-39-40-41-42-

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

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บทุกวันของรถคันที่ 4 (ต่อ)

รถคันที่ 4	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
เส้นทาง	73-106-119-107-118-109-110-120-121-133-94-74-75-76-77-90-111-114-102-103-128-123-132-124-129-180-0	41-42-45-58-46-33-34-32-135-136-120-121-122-130-112-126-127-124-125-129-130-180-0	45-58-46-33-34-32-135-136-120-121-122-130-112-127-126-125-129-124-132-180-0
ระยะทาง (กิโลเมตร)	34.451	36.982	34.741
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	5243.25	5391.95	5391.95

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บทุกวันของรถคันที่ 5

รถคันที่ 5	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Numbers of Generation	50,000	-	50,000
Population Size	3,000	-	3,000
Crossover Rate	0.9	-	0.9
Mutation Rate	0.05	-	0.05
เส้นทาง	0-95-97-93-91-78-79-82-81-80-98-99-116-100-117-101-115-86-85-84-83-104-105-113-126-127-125-112-130-122-167-169-170-172-173-174-171-168-175-176-178-179-177-180-0	0-93-74-75-91-76-77-90-86-85-78-84-83-79-82-81-80-98-99-116-100-117-101-115-111-104-102-103-128-123-105-113-180-0	0-93-74-75-91-76-77-90-86-85-78-84-83-79-82-81-80-98-99-116-100-117-101-115-111-104-102-103-128-123-105-113-180-0

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

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บทุกวันของรถคันที่ 5 (ต่อ)

รถคันที่ 5	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
ระยะทาง (กิโลเมตร)	65.14	28.511	28.511
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	5548.31	5211.15	5211.15

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 1 ของการเก็บขยะวันคี่

รถคันที่ 1	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Numbers of Generation	50,000	-	50,000
Population Size	3,000	-	3,000
Crossover Rate	0.9	-	0.9
Mutation Rate	0.05	-	0.05
เส้นทาง	0-140-65-141-139-150-151-152-153-166-154-158-161-162-159-163-164-165-20-3-8-9-180-0	0-140-65-141-139-142-143-144-145-146-147-148-149-150-151-180-0	0-140-65-141-139-142-143-144-145-146-147-148-149-150-151-180-0
ระยะทาง (กิโลเมตร)	28.586	25.113	25.113
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	5530.98	5583.72	5583.72

ตารางที่ 4.7 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 2 ของการเก็บขยะวันคี่

รถคันที่ 2	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Numbers of Generation	50,000	-	50,000
Population Size	3,000	-	3,000
Crossover Rate	0.9	-	0.9

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

ตารางที่ 4.7 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 2 ของการเก็บขยะวันคี่ (ต่อ)

รถคันที่ 2	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Mutation Rate	0.05	-	0.05
เส้นทาง	0-54-57-56-142-148-147-136-135-146-145-144-143-138-137-180-0	0-31-47-35-50-51-36-37-38-59-53-39-40-41-42-45-58-44-48-180-0	0-31-47-48-35-51-36-37-38-59-53-39-40-41-42-45-58-44-180-0
ระยะทาง (กิโลเมตร)	42.709	26.632	26.6
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	5535.78	5599.85	5529.17

ตารางที่ 4.8 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 3 ของการเก็บขยะวันคี่

รถคันที่ 3	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Numbers of Generation	50,000	-	50,000
Population Size	3,000	-	3,000
Crossover Rate	0.9	-	0.9
Mutation Rate	0.05	-	0.05
เส้นทาง	0-149-31-47-34-33-48-49-32-53-45-58-44-52-30-29-180-0	0-52-46-33-34-32-49-152-153-166-154-156-155-157-158-161-159-160-162-163-164-165-3-20-7-8-180-0	0-46-33-34-50-49-152-153-166-154-155-156-157-158-161-160-159-162-163-164-165-3-20-7-8-30-180-0
ระยะทาง (กิโลเมตร)	39.744	31.953	30.751
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	5460.03	5418.94	4924.18

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

ตารางที่ 4.9 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 4 ของการเก็บขยะวันคี่

รถคันที่ 4	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Numbers of Generation	50,000	-	50,000
Population Size	3,000	-	3,000
Crossover Rate	0.9	-	0.9
Mutation Rate	0.05	-	0.05
เส้นทาง	0-157-23-25-24-27-26-21-22-123-124-132-98-117-100-116-99-115-101-111-90-77-86-83-82-81-80-113-180-0	0-9-18-19-10-131-17-12-13-14-15-16-11-180-0	0-19-18-10-131-17-12-13-14-15-16-11-29-180-0
ระยะทาง (กิโลเมตร)	48.33	26.279	26.314
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	5514.03	5544.84	5332.8

ตารางที่ 4.10 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 5 ของการเก็บขยะวันคี่

รถคันที่ 5	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Numbers of Generation	50,000	-	50,000
Population Size	3,000	-	3,000
Crossover Rate	0.9	-	0.9
Mutation Rate	0.05	-	0.05
เส้นทาง	0-18-7-10-131-19-28-185-169-170-172-173-174-168-176-178-179-177-133-110-109-107-	0-29-30-28-167-169-170-171-172-173-174-168-175-176-178-179-177-1-	0-9-28-167-168-171-170-174-173-172-169-175-176-179-178-177-1-2-4-5-22-21-23-6-

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

ตารางที่ 4.10 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 5 ของการเก็บขยะวันคี่ (ต่อ)

รถคันที่ 5	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
เส้นทาง	118-106-94-93-180-0	2-4-5-21-22-23-6-26-25-24-27-180-0	26-25-24-27-52-32-180-0
ระยะทาง (กิโลเมตร)	54.649	43.319	42.366
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	4651.17	4464.48	5241.96

ตารางที่ 4.11 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 1 ของการเก็บขยะวันคู่

รถคันที่ 1	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Numbers of Generation	50,000	-	50,000
Population Size	3,000	-	3,000
Crossover Rate	0.9	-	0.9
Mutation Rate	0.05	-	0.05
เส้นทาง	0-43-42-41-40-39-38-37-36-35-50-51-66-64-63-62-61-60-180-0	0-54-56-57-43-60-61-62-92-136-137-138-63-64-55-135-180-0	0-54-56-57-43-60-61-62-92-136-137-138-63-64-55-135-180-0
ระยะทาง (กิโลเมตร)	48.532	26.6	26.6
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	5514.3	5566.65	5566.65

ตารางที่ 4.12 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 2 ของการเก็บขยะวันคู่

รถคันที่ 2	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Numbers of Generation	50,000	-	50,000
Population Size	3,000	-	3,000

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

ตารางที่ 4.12 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 2 ของการเก็บขยะวันคู่ (ต่อ)

รถคันที่ 2	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Crossover Rate	0.9	-	0.9
Mutation Rate	0.05	-	0.05
เส้นทาง	0-46-4-5-1-2-6-167-119-105-104-75-74-78-79-84-134-180-0	0-66-67-68-69-70-89-87-88-71-94-108-72-73-106-119-107-118-109-110-133-134-180-0	0-66-96-68-69-70-89-87-88-94-71-108-72-73-106-119-107-118-109-110-133-180-0
ระยะทาง (กิโลเมตร)	55.748	27.506	27.223
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	5308.13	5473.54	5093.336

ตารางที่ 4.13 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 3 ของการเก็บขยะวันคู่

รถคันที่ 3	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Numbers of Generation	50,000	-	50,000
Population Size	3,000	-	3,000
Crossover Rate	0.9	-	0.9
Mutation Rate	0.05	-	0.05
เส้นทาง	0-17-12-13-14-15-16-11-59-72-73-91-76-180-0	0-120-121-122-130-112-129-125-126-127-124-132-123-128-105-113-180-0	0-120-121-122-130-112-127-126-125-129-124-132-123-128-105-113-180-0
ระยะทาง (กิโลเมตร)	26.95	26.2	24.48
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	5501.46	5582.69	5582.69

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

ตารางที่ 4.14 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 4 ของการเก็บขยะวันคู่

รถคันที่ 4	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Numbers of Generation	50,000	-	50,000
Population Size	3,000	-	3,000
Crossover Rate	0.9	-	0.9
Mutation Rate	0.05	-	0.05
เส้นทาง	0-67-96-95-91-108-171-55-92-59-85-71-70-69-89-87-88-68-120-121-180-0	0-93-74-75-91-76-77-90-86-85-78-84-83-79-82-81-80-98-99-180-0	0-93-74-75-91-76-77-90-86-78-84-85-83-79-82-81-80-98-99-180-0
ระยะทาง (กิโลเมตร)	72.805	25.254	24.904
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	5517.03	5548.59	5548.59

ตารางที่ 4.15 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 5 ของการเก็บขยะวันคู่

รถคันที่ 5	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Numbers of Generation	50,000	-	50,000
Population Size	3,000	-	3,000
Crossover Rate	0.9	-	0.9
Mutation Rate	0.05	-	0.05
เส้นทาง	0-102-103-128-114-126-127-125-129-112-130-122-156-155-160-180-0	0-111-114-102-103-104-115-116-100-117-101-96-95-97-180-0	0-134-104-102-103-101-115-116-100-117-111-114-95-97-67-180-0
ระยะทาง (กิโลเมตร)	41.702	41.3	37.72
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	5183.51	4933.13	5313.33

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

ตารางที่ 4.16 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 1 ของการเก็บขยะวันที่ 1

รถคันที่ 1	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Numbers of Generation	50,000	-	50,000
Population Size	3,000	-	3,000
Crossover Rate	0.9	-	0.9
Mutation Rate	0.05	-	0.05
เส้นทาง	0-140-65-141-139-150-166-152-153-151-137-180-0	0-140-65-141-139-142-143-144-145-146-180-0	0-140-65-141-139-142-143-144-145-146-180-0
ระยะทาง (กิโลเมตร)	29.533	23.08	23.08
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	5578.59	5575.08	5575.08

ตารางที่ 4.17 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 2 ของการเก็บขยะวันที่ 1

รถคันที่ 2	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Numbers of Generation	50,000	-	50,000
Population Size	3,000	-	3,000
Crossover Rate	0.9	-	0.9
Mutation Rate	0.05	-	0.05
เส้นทาง	0-54-57-42-41-40-39-38-37-36-34-49-50-35-51-31-180-0	0-147-148-149-150-151-152-153-154-180-0	0-147-148-149-150-151-152-153-154-180-0
ระยะทาง (กิโลเมตร)	40.951	24.716	24.716
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	5361.6	5513.04	5513.04

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

ตารางที่ 4.18 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 3 ของการเก็บขยะวันที่ 1

รถคันที่ 3	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Numbers of Generation	50,000	-	50,000
Population Size	3,000	-	3,000
Crossover Rate	0.9	-	0.9
Mutation Rate	0.05	-	0.05
เส้นทาง	0-56-53-52-44-47-32-48-33-46-154-158-162-163-164-165-20-3-8-180-0	0-156-155-157-158-159-160-161-162-163-164-165-1-2-4-5-21-22-23-25-24-27-26-6-180-0	0-156-155-157-158-161-160-159-162-163-164-165-1-2-4-5-21-22-23-6-26-24-27-25-180-0
ระยะทาง (กิโลเมตร)	35.734	33.329	31.984
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	5504.4	5424.31	5424.31

ตารางที่ 4.19 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 4 ของการเก็บขยะวันที่ 1

รถคันที่ 4	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Numbers of Generation	50,000	-	50,000
Population Size	3,000	-	3,000
Crossover Rate	0.9	-	0.9
Mutation Rate	0.05	-	0.05
เส้นทาง	0-142-148-135-146-145-144-143-180-0	0-3-20-7-8-9-18-19-10-131-17-12-180-0	0-3-20-7-8-9-18-19-10-131-17-12-180-0
ระยะทาง (กิโลเมตร)	32.319	26.595	26.595
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	5569.06	5447.4	5447.4

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

ตารางที่ 4.20 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 5 ของการเก็บขยะวันที่ 1

รถคันที่ 5	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Numbers of Generation	50,000	-	50,000
Population Size	3,000	-	3,000
Crossover Rate	0.9	-	0.9
Mutation Rate	0.05	-	0.05
เส้นทาง	0-138-136-147-149-58-45-180-0	0-13-14-15-16-11-29-30-28-180-0	0-13-14-15-16-11-29-28-30-180-0
ระยะทาง (กิโลเมตร)	26.81	27.304	27.29
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	5232.46	5202.48	5202.48

ตารางที่ 4.21 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 1 ของการเก็บขยะวันที่ 2

รถคันที่ 1	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Numbers of Generation	50,000	-	50,000
Population Size	3,000	-	3,000
Crossover Rate	0.9	-	0.9
Mutation Rate	0.05	-	0.05
เส้นทาง	0-43-60-61-62-63-64-96-67-66-99-180-0	0-56-57-43-60-61-62-92-63-64-180-0	0-54-56-57-43-60-61-62-92-63-180-0
ระยะทาง (กิโลเมตร)	26.39	22.11	21.14
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	5301	5157.44	5422.49

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

ตารางที่ 4.22 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 2 ของการเก็บขยะวันที่ 2

รถคันที่ 2	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Numbers of Generation	50,000	-	50,000
Population Size	3,000	-	3,000
Crossover Rate	0.9	-	0.9
Mutation Rate	0.05	-	0.05
เส้นทาง	0-95-97-120-121-122-180-0	0-137-166-52-45-58-44-46-33-34-47-180-0	0-55-134-66-95-97-67-96-68-69-64-180-0
ระยะทาง (กิโลเมตร)	28.08	26.564	29.13
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	5168.48	5111.12	5134.11

ตารางที่ 4.23 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 3 ของการเก็บขยะวันที่ 2

รถคันที่ 3	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Numbers of Generation	50,000	-	50,000
Population Size	3,000	-	3,000
Crossover Rate	0.9	-	0.9
Mutation Rate	0.05	-	0.05
เส้นทาง	0-68-69-70-89-87-88-108-94-71-72-73-106-119-105-113-102-103-180-0	0-55-135-136-31-48-32-50-49-35-51-36-37-38-59-41-180-0	0-44-52-46-33-34-47-48-32-50-49-35-51-36-37-38-59-40-180-0
ระยะทาง (กิโลเมตร)	28.716	26.8	26.95
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	5342.67	5553.54	5433.54

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

ตารางที่ 4.24 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 4 ของการเก็บขยะวันที่ 2

รถคันที่ 4	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Numbers of Generation	50,000	-	50,000
Population Size	3,000	-	3,000
Crossover Rate	0.9	-	0.9
Mutation Rate	0.05	-	0.05
เส้นทาง	0-74-75-91-76-77-90-128-101-115-116-117-100-104-180-0	0-53-39-40-54-138-167-168-169-171-170-172-173-174-175-176-179-178-177-42-180-0	0-53-39-41-42-31-166-174-168-167-171-170-173-172-169-175-176-179-178-177-180-0
ระยะทาง (กิโลเมตร)	28.395	37.596	36.42
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	5444.92	5283.33	5321.79

ตารางที่ 4.25 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 5 ของการเก็บขยะวันที่ 2

รถคันที่ 5	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Numbers of Generation	50,000	-	50,000
Population Size	3,000	-	3,000
Crossover Rate	0.9	-	0.9
Mutation Rate	0.05	-	0.05
เส้นทาง	0-130-112-125-127-126-124-123-111-180-0	0-66-95-97-67-96-68-69-134-133-180-0	0-133-135-136-137-138-45-58-180-0
ระยะทาง (กิโลเมตร)	24.43	32.04	29.03
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	5247.99	5505.18	5298.68

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

ตารางที่ 4.26 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 1 ของการเก็บขยะวันที่ 3

รถคันที่ 1	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Numbers of Generation	50,000	-	50,000
Population Size	3,000	-	3,000
Crossover Rate	0.9	-	0.9
Mutation Rate	0.05	-	0.05
เส้นทาง	0-55-134-110-107-118-109-132-129-114-83-78-84-85-180-0	0-70-89-87-88-71-94-108-72-73-93-74-75-91-180-0	0-70-89-87-88-94-71-180-72-73-93-74-75-91-180-0
ระยะทาง (กิโลเมตร)	32.55	22.267	22.234
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	5535.67	5095.26	5095.26

ตารางที่ 4.27 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 2 ของการเก็บขยะวันที่ 3

รถคันที่ 2	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Numbers of Generation	50,000	-	50,000
Population Size	3,000	-	3,000
Crossover Rate	0.9	-	0.9
Mutation Rate	0.05	-	0.05
เส้นทาง	0-156-155-157-161-159-160-28-10-131-9-18-7-19-29-30-17-180-0	0-122-130-112-129-125-126-127-124-180-0	0-76-77-90-86-78-84-85-83-79-82-81-180-0
ระยะทาง (กิโลเมตร)	31.561	25.78	21.562
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	5428.47	5274.21	5500.26

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

ตารางที่ 4.28 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 3 ของการเก็บขยะวันที่ 3

รถคันที่ 3	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Numbers of Generation	50,000	-	50,000
Population Size	3,000	-	3,000
Crossover Rate	0.9	-	0.9
Mutation Rate	0.05	-	0.05
เส้นทาง	0-12-14-15-16-11-180-0	0-76-77-90-86-85-78-84-83-79-82-81-180-0	0-80-98-99-116-117-100-101-115-111-114-180-0
ระยะทาง (กิโลเมตร)	25.8	22.112	24.132
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	5454.4	5500.26	5340.77

ตารางที่ 4.29 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 4 ของการเก็บขยะวันที่ 3

รถคันที่ 4	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Numbers of Generation	50,000	-	50,000
Population Size	3,000	-	3,000
Crossover Rate	0.9	-	0.9
Mutation Rate	0.05	-	0.05
เส้นทาง	0-176-177-178-179-175-169-170-172-173-174-171-168-167-59-86-80-79-82-81-98-93-92-180-0	0-104-102-103-128-123-132-105-113-119-106-107-118-109-110-120-121-180-0	0-104-102-103-128-132-123-113-105-119-106-107-118-109-110-120-121-180-0
ระยะทาง (กิโลเมตร)	52.14	29.261	28.181
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	5518.28	5591.3	5591.3

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

ตารางที่ 4.30 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 5 ของการเก็บขยะวันที่ 3

รถคันที่ 5	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
Numbers of Generation	50,000	-	50,000
Population Size	3,000	-	3,000
Crossover Rate	0.9	-	0.9
Mutation Rate	0.05	-	0.05
เส้นทาง	0-13-5-2-1-4-23-25-27-24-26-6-21-22-180-0	0-80-98-99-116-100-117-101-115-111-114-180-0	0-122-112-127-126-124-129-125-130-180-0
ระยะทาง (กิโลเมตร)	36.34	24.237	26.162
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	4886.65	5340.77	5274.21

4.2 การเปรียบเทียบผลลัพธ์การจัดเส้นทางรถเก็บขยะด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม วิธีฮิวริสติก และวิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม

หลังจากได้ผลลัพธ์การจัดเส้นทางรถเก็บขยะด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม วิธีฮิวริสติก และวิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ถึงตารางที่ 4.30 ผู้จัดทำได้นำผลการดทดลองดังกล่าวมาเปรียบเทียบกันโดยใช้ระยะทางและปริมาณภาระงานที่รถเก็บขยะแต่ละคันได้รับของแต่ละวิธีเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา

4.2.1 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ด้านระยะทาง

ในการเปรียบเทียบผลลัพธ์ด้านระยะทาง ผู้จัดทำใช้ผลรวมระยะทางของเส้นทางรถเก็บขยะด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม วิธีฮิวริสติก และวิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม ได้ผลลัพธ์ดังแสดงในตารางที่ 4.31 และ การเปรียบเทียบระยะทางรวม 6 วันได้ระยะทางดังแสดงในตารางที่ 4.32

ตารางที่ 4.31 ระยะทางรวมของเส้นทางรถเก็บขยะของแต่ละสถานการณ์

ระยะทางรวม (กิโลเมตร)	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
เก็บขยะทุกวัน	209.238	179.252	176.309
เก็บขยะวันคี่	214.018	153.296	151.144

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

ตารางที่ 4.31 ระยะทางรวมของเส้นทางรถเก็บขยะของแต่ละสถานการณ์ (ต่อ)

ระยะทางรวม (กิโลเมตร)	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
เก็บขยะวันคู่	245.737	146.859	140.927
เก็บขยะ 3 วัน 1 ครั้ง วันที่1	165.347	135.024	133.665
เก็บขยะ 3 วัน 1 ครั้ง วันที่2	133.451	145.110	142.660
เก็บขยะ 3 วัน 1 ครั้ง วันที่3	178.391	123.657	122.271

ตารางที่ 4.32 ระยะทางรวม 6 วันของเส้นทางรถเก็บขยะของแต่ละสถานการณ์

ระยะทางรวม (กิโลเมตร)	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
เก็บขยะทุกวัน	1225.428	1075.512	1057.854
เก็บขยะวันคี่ วันคู่	1379.265	900.465	876.213
เก็บขยะ 3 วัน 1 ครั้ง	954.378	807.582	797.192

จากตารางที่ 4.32 ระยะทางรวม 6 วันของการเก็บขยะแบบ 3 วัน 1 ครั้ง มีระยะทางที่สั้นที่สุดเท่ากับ 797.192 กิโลเมตร เมื่อใช้วิธีการจัดเส้นทางด้วยวิธีฮิวริสติกแบบเลือกจุดที่ใกล้ที่สุดและปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมสามารจัดเส้นทางรถเก็บขยะได้สั้นที่สุด

4.2.2 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ด้านภาระงาน

ในการเปรียบเทียบผลลัพธ์ด้านภาระงานของรถเก็บขยะแต่ละคัน ผู้จัดทำได้ทำการรวมน้ำหนักของรถเก็บขยะในแต่ละสถานการณ์ดังแสดงในตารางที่ 4.33 และ ใช้อัตราการใช้ประโยชน์ของรถเก็บขยะด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม วิธีฮิวริสติก และวิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรมในการเปรียบเทียบผลลัพธ์ด้านภาระงาน แสดงดังในตารางที่ 4.34 และ แสดงอัตราการใช้ประโยชน์เฉลี่ยของรถเก็บขยะในแต่ละสถานการณ์ดังในตารางที่ 4.35

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

ตารางที่ 4.33 น้ำหนักรวมขยะของแต่ละสถานการณ์

ระยะทางรวม (กิโลเมตร)	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
เก็บขยะทุกวัน	26858.21	26858.21	26858.21
เก็บขยะวันคี่	26691.99	26611.83	26611.83
เก็บขยะวันคู่	27024.43	27104.6	27104.6
เก็บขยะ 3 วัน 1 ครั้ง วันที่1	27246.11	27162.35	27162.35
เก็บขยะ 3 วัน 1 ครั้ง วันที่2	26505.06	26610.51	26610.51
เก็บขยะ 3 วัน 1 ครั้ง วันที่3	26823.47	26801.8	26801.8

ตารางที่ 4.34 อัตราการใช้ประโยชน์ของรถเก็บขยะของแต่ละสถานการณ์

อัตราการใช้ประโยชน์(%)	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
เก็บขยะทุกวัน	82.64	82.64	82.64
เก็บขยะวันคี่	82.12	81.88	81.88
เก็บขยะวันคู่	83.15	83.39	83.39
เก็บขยะ 3 วัน 1 ครั้ง วันที่1	82.83	83.57	83.57
เก็บขยะ 3 วัน 1 ครั้ง วันที่2	81.55	81.87	81.87
เก็บขยะ 3 วัน 1 ครั้ง วันที่3	82.53	82.46	82.46

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

ตารางที่ 4.35 อัตราการใช้ประโยชน์เฉลี่ยรถของรถเก็บขยะของแต่ละสถานการณ์

อัตราการใช้ประโยชน์(%)	วิธีเชิงพันธุกรรม	วิธีฮิวริสติก	วิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
เก็บขยะทุกวัน	82.64	82.64	82.64
เก็บขยะวันคี่วันคู่	82.635	82.635	82.635
เก็บขยะ 3 วัน 1 ครั้ง	82.303	82.633	82.633

จากการเปรียบเทียบผลลัพธ์ด้านภาระงานของรถเก็บขยะที่ใช้ของแต่ละสถานการณ์พบว่า แต่ละสถานการณ์มีอัตราการใช้ประโยชน์เฉลี่ยของรถเก็บขยะที่ใกล้เคียงกันคือประมาณ ร้อยละ 82.64 แต่ ในสถานการณ์การเก็บขยะ 3 วัน 1 ครั้งด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมมีอัตราการใช้ประโยชน์เฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ร้อยละ 82.303

4.3 ผลการทดสอบค่าตัวแปรที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถเก็บขยะ

จากการทดลองด้วยวิธีการออกแบบแฟกทอเรียลของปัญหาการจัดเส้นทางรถเก็บขยะโดยใช้ค่าปัจจัยตามที่ได้ออกแบบไว้ เมื่อนำผลมาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ด้วยโปรแกรม Minitab จะได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

สามารถนำผลลัพธ์ที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน ซึ่งได้ผลดังรูปที่ 4.1 จะพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อค่าเป้าหมายนั้นมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งพิจารณาได้จากค่า P ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 จากการวิเคราะห์พบว่ามีอิทธิพลหลัก 4 ตัวแปร และมีอิทธิพลร่วม 5 ตัวแปร ที่ส่งผลต่อค่าระยะทางได้แก่ จำนวนรอบในการเจนเนอเรชั่น จำนวนประชากร ค่าความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์ ค่าความน่าจะเป็นของการมิวเตชั่น จำนวนรอบในการเจนเนอเรชั่น*ค่าความน่าจะเป็นของการมิวเตชั่น จำนวนประชากร*ค่าความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์ จำนวนรอบในการเจนเนอเรชั่น*ค่าความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์ จำนวนรอบในการเจนเนอเรชั่น*จำนวนประชากร*ค่าความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์ และจำนวนรอบในการเจนเนอเรชั่น*ค่าความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์*ค่าความน่าจะเป็นของการมิวเตชั่น

กราฟแสดงผลกระทบจากอิทธิพลหลัก (Main Effect Plot) และผลกระทบจากอิทธิพลร่วม (Interaction Effect Plot) ช่วยให้ทราบถึงค่าตัวแปรที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัย ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.2 รูปที่ 4.3 ตามลำดับ จึงเลือกใช้ค่าจำนวนรอบในการเจนเนอเรชั่น 50,000 จำนวนประชากร 3,000 ค่าความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์ 0.9 และค่าความน่าจะเป็นของการมิวเตชั่น 0.05 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.36

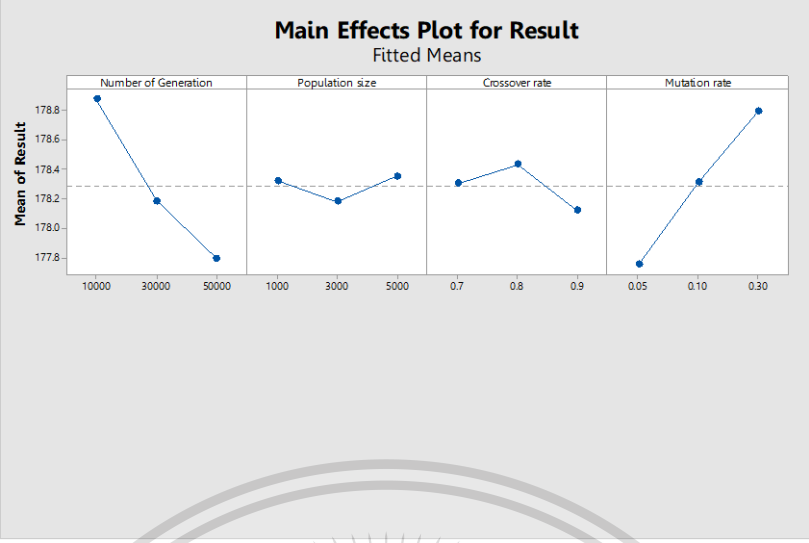
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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

Analysis of Variance

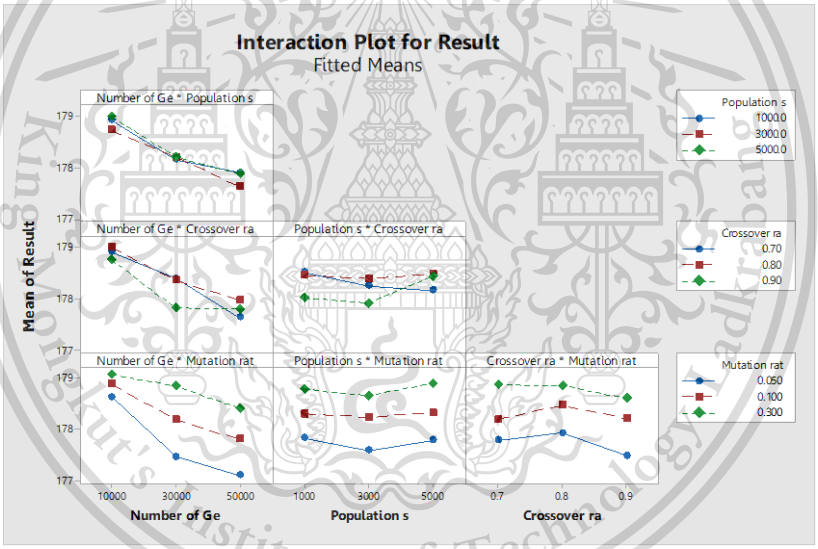
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	82	128.526	1.5674	9.25	0.000
Blocks	2	0.382	0.1912	1.13	0.326
Linear	8	97.434	12.1792	71.91	0.000
Number of Generation	2	48.423	24.2116	142.95	0.000
Population size	2	1.383	0.6917	4.08	0.019
Crossover rate	2	4.020	2.0101	11.87	0.000
Mutation rate	2	43.607	21.8034	128.74	0.000
2-Way Interactions	24	17.974	0.7489	4.42	0.000
Number of Generation*Population size	4	0.943	0.2357	1.39	0.239
Number of Generation*Crossover rate	4	3.708	0.9269	5.47	0.000
Number of Generation*Mutation rate	4	7.208	1.8021	10.64	0.000
Population size*Crossover rate	4	4.667	1.1668	6.89	0.000
Population size*Mutation rate	4	0.363	0.0908	0.54	0.710
Crossover rate*Mutation rate	4	1.085	0.2713	1.60	0.176
3-Way Interactions	32	10.697	0.3343	1.97	0.003
Number of Generation*Population size*Crossover rate	8	4.067	0.5084	3.00	0.004
Number of Generation*Population size*Mutation rate	8	2.495	0.3118	1.84	0.073
Number of Generation*Crossover rate*Mutation rate	8	2.857	0.3571	2.11	0.038
Population size*Crossover rate*Mutation rate	8	1.278	0.1597	0.94	0.483
4-Way Interactions	16	2.039	0.1274	0.75	0.737
Number of Generation*Population size*Crossover rate*Mutation rate	16	2.039	0.1274	0.75	0.737
Error	160	27.099	0.1694		
Total	242	155.625			

รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยหลัก

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



รูปที่ 4.2 ผลกระทบจากอิทธิพลหลัก (Main Effect Plot)



รูปที่ 4.3 ผลกระทบจากอิทธิพลร่วม (Interaction Effect Plot)

ตารางที่ 4.36 แสดงค่าของตัวแปรที่เหมาะสมที่สุดจากค่าที่กำหนด

ตัวแปร	ค่าที่กำหนด	ค่าที่เลือกใช้
จำนวนรอบในการเจนเนอเรชั่น	10,000 30,000 และ 50,000	50,000
จำนวนประชากร	1,000 3,000 และ 5,000	3,000
ค่าความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์	0.7 0.8 และ 0.9	0.9
ค่าความน่าจะเป็นของการมิวเตชั่น	0.05 0.1 และ 0.3	0.05

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

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลและการอภิปรายผลของงานวิจัยการศึกษาเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดเส้นทางและตารางการทำงานสำหรับการจัดเก็บขยะในชุมชนเมือง กรณีศึกษาพื้นที่แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร และข้อเสนอแนะ โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 การสรุปผลการดำเนินงาน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดเส้นทางและตารางการทำงานสำหรับการจัดเก็บขยะในชุมชนเมือง กรณีศึกษาพื้นที่แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร เพื่อให้เส้นทางที่ได้มีระยะทางรวมสั้นที่สุด รถเก็บขยะแต่ละคันได้รับภาระงานที่สมดุลกันมากขึ้น และคำนึงถึงประสิทธิภาพการใช้งานของรถเก็บขยะแต่ละคัน

ผู้จัดทำได้ทำการศึกษาข้อมูลปริมาณขยะที่ต้องเข้าเก็บและระยะทางของจุดเก็บขยะแต่ละจุด และได้มีการจัดตารางการทำงานเป็น ออกเป็น 3 สถานการณ์ คือเก็บขยะทุกวัน เก็บขยะวันคี่วันคู่ และเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้ง จากนั้นทำการสร้างตัวแบบสำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถเก็บขยะ (Vehicle Routing Problem: VRP) ด้วย 3 วิธีการ ได้แก่ วิธีการวิธีฮิวริสติกแบบเลือกจุดที่ใกล้ที่สุด (Nearest Neighbor Heuristic) วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) และวิธีฮิวริสติกแบบเลือกจุดที่ใกล้ที่สุดร่วมกับวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm with Nearest Neighbor Heuristic)

ผลการทดลองที่ได้จากการดำเนินงานพบว่าสถานการณ์ที่เหมาะสมในการจัดเก็บ คือ การเก็บขยะแบบ 3 วันเก็บ 1 ครั้ง โดยใช้วิธีฮิวริสติกและวิธีเชิงพันธุกรรมร่วมกันสามารถลดระยะทางโดยรวมของรถเก็บขยะและเพิ่มอัตราการใช้ประโยชน์รถโดยเฉลี่ย โดยผลการทดลองแสดงได้ตามข้อต่อไปนี้

1. สำหรับเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วันเก็บ 1 ครั้ง วันที่ 1 ด้วยวิธีการฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรมสามารถจัดเส้นทางรถเก็บขยะได้ระยะทางที่เหมาะสมเท่ากับ 133.665 กิโลเมตร และมีอัตราการใช้ประโยชน์รถโดยเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 83.57

2. สำหรับเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วันเก็บ 1 ครั้ง วันที่ 2 ด้วยวิธีการฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรมสามารถจัดเส้นทางรถเก็บขยะได้ระยะทางที่เหมาะสมเท่ากับ 142.660 กิโลเมตร และมีอัตราการใช้ประโยชน์รถโดยเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 81.87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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

3. สำหรับเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วันเก็บ 1 ครั้ง วันที่ 3 ด้วยวิธีการฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรมสามารถจัดเส้นทางรถเก็บขยะได้ระยะทางที่เหมาะสมเท่ากับ 122.271 กิโลเมตร และมีอัตราการใช้ประโยชน์รถโดยเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 82.46

จากผลการทดลองข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า วิธีฮิวริสติกและวิธีเชิงพันธุกรรมสามารถสร้างตัวแบบสำหรับแก้ปัญหารถเก็บขยะ ที่สามารถลดระยะทางโดยรวมและเพิ่มอัตราการใช้ประโยชน์โดยเฉลี่ยของรถเก็บขยะ ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าเส้นทางรถเก็บขยะที่ใช้ในปัจจุบัน นอกจากนี้ตัวแบบที่ได้ยังสามารถสร้างสมดุลของภาระงานที่รถเก็บขยะแต่ละคันได้รับให้มีมากขึ้นกว่าเดิมอีกด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ขอบเขตของงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเก็บขยะในพื้นที่แขวงลาดกระบัง แต่รถเก็บขยะที่ใช้ในปัจจุบันต้องใช้เก็บขยะพื้นที่ทุกแขวงในเขตลาดกระบัง จึงจำเป็นต้องทำการศึกษาการเก็บขยะในพื้นที่แขวงๆอื่นในเขตลาดกระบัง เพื่อให้ตัวแบบสำหรับรถเก็บขยะที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องกับสภาพการทำงานปัจจุบัน

2. งานวิจัยนี้ผู้จัดทำเลือกใช้วิธีฮิวริสติกและวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm with Nearest Neighbor) ในการออกแบบและสร้างตัวแบบสำหรับแก้ปัญหารถเก็บขยะ ซึ่งไม่มีความยืดหยุ่นในการหาผลลัพธ์เมื่อข้อมูลหรือค่าพารามิเตอร์เปลี่ยน ดังนั้นควรมีการศึกษาทฤษฎีอื่นๆเพิ่มเติม เพื่อสร้างตัวแบบที่มีเหมาะสมสำหรับปัญหามากขึ้นเมื่อนำมาใช้งาน

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

เอกสารอ้างอิง

Alberdi, E., Urrutia, L., Goti, A. and Oyarbide-Zubillaga, A. (2020). “Modeling the Municipal Waste Collection Using Genetic Algorithms.” Processes. 8(5) : 513.

Assaf, R. and Saleh, Y. (2017). “Vehicle-Routing Optimization for Municipal Solid Waste Collection Using Genetic Algorithm: The Case of Southern Nablus City.” Civil and Environmental Engineering Reports. 26(3) : 43–57.

Karadimas, N. V., Papatzelou, K. and Loumos, V. G. (2007). “Genetic Algorithms for Municipal Solid Waste Collection and Routing Optimization.” 223-231. Artificial Intelligence and Innovations 2007. New York : Springer.

Kongchom, N. and Srichan, T. (2016). “The Study of Suitable Route for Waste Collection: A Case Study of Lat Krabang District, Bangkok.” Bachelors dissertation, King Mongkut Institute of Technology Ladkrabang.

Mabpa, P. and Yousuk, R. (2019). “Application of Tabu Search Algorithm for Vehicle Routing Problem with Time Windows and Split Delivery.” Doctoral dissertation, Kasetsart University.

Manisri, T. and Mungwattana, A. (2009). “Meta-Heuristic Methods for Multi-Depot Vehicle Routing Problem.” Engineering and Applied Science Research. 36(2) : 139-149.

Qiu, M. and Taplin, J. (2004). “A spreadsheet-based genetic algorithm for vehicle routing with time windows.” The Conference of Australian Institutes of Transport Research (CAITR), 26TH, 2004. No. 36-2004. Melbourne : Monash University.

Rivera, G., Cisneros, L., Sánchez-Solís, P., Rangel-Valdez, N. and Rodas-Osollo, J. (2020). “Genetic Algorithm for Scheduling Optimization Considering Heterogeneous Containers: A Real-World Case Study.” Axioms. 9(1) : 27-43.

Tabdara, S. and Sawesserane, S. (2011). “Municipal solid waste management in Bangkok case study.” Kasetsart Engineering Journal. 24(78) : 34-46.

Thangiah, S. R. (1993). Vehicle routing with time windows using genetic algorithms. Artificial Intelligence Lab., Slippery Rock University.

Waehayee, R. (2013). “Algorithm for Vehicle Routing Problem with Time Windows and Split Demand Delivery Case study: Fruit Juice Beverage Factory.” Doctoral dissertation, Prince of Songkla University.

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

กฤต จันทรสมัย, (2554). การปรับปรุงเส้นทางการขนส่งด้วยวิธีค้นหาคำตอบแบบวนซ้ำ กรณีศึกษา ร้านโต้งน้ำแข็ง อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

ธงชัย ทองทวี, (2553). สภาพปัญหาการจัดการขยะมูลฝอย องค์การบริหารส่วนตำบลหนองขาม อำเภอจักราช จังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ไพจิตร อุปถัมภ์, (2556). การศึกษาเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดเก็บขยะ: กรณีศึกษาองค์การบริหารส่วนตำบลท่าศาลา อำเภอมัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น. มหาวิทยาลัยสุรนารี.

ภคพง ผงทอง, (2559). การวางแผนเส้นทางการขนส่งโดยใช้เซฟวิ่งอัลกอริทึม กรณีศึกษา เส้นทางการขนส่งขยะ อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี. มหาวิทยาลัยราชพฤกษ์.

ภราดร เหลืองวิทิตกูล, (2545). การจัดตารางเวลาการเดินรถภายใต้ข้อจำกัดด้านเวลา. วิทยานิพนธ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วนัฐณพงษ์ คงแก้ว ณัฐณิชา รุ่งโรจน์ชัชวาล และอินทุอร ศรีสว่าง, (2559). การประยุกต์ใช้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการเก็บขนขยะมูลฝอย กรณีศึกษามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. Thai Journal of Operations Reseach: TJOR. 4(2) : 18-31.

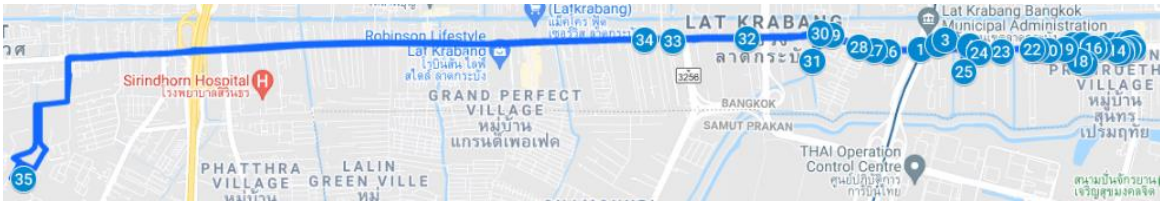
ศุภพัชร พวงแก้ว, (2553). วิธีการเชิงพันธุกรรมสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถเก็บขยะตามครัวเรือนโดยใช้คนงานในการจัดเก็บ. วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สุทธิชา ทับดารา และ เสรี เศวตเศรนี, (2554). การจัดการขยะชุมชนในกรุงเทพมหานคร. วิศวกรรมสาร มก. 24 : 34-46.

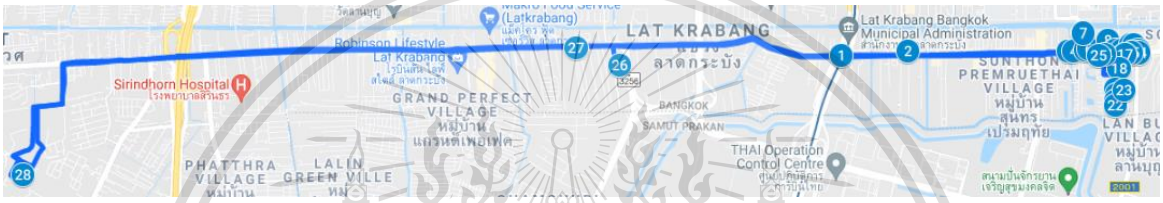
สำนักสิ่งแวดล้อม, (2556). คู่มือการจัดการขยะมูลฝอยและสิ่งแวดล้อมโดยชุมชน กรุงเทพมหานคร. กรุงเทพมหานคร: บริษัทมาตาการพิมพ์.

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

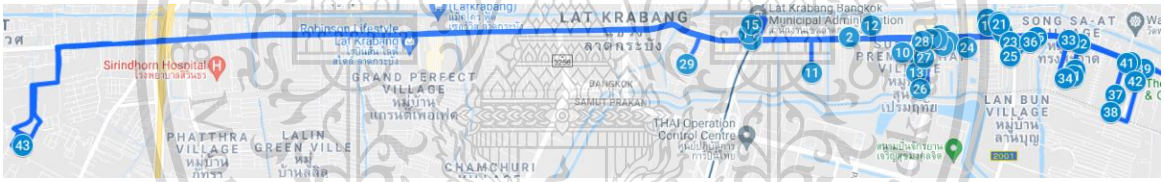
ภาคผนวก



รูปที่ ผ1 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บทุกวันด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมของรถคันที่ 1



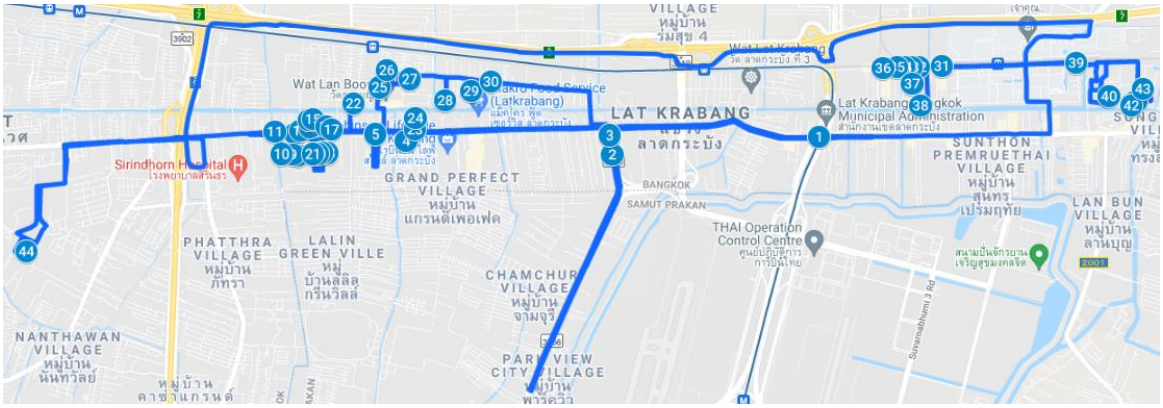
รูปที่ ผ2 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บทุกวันด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมของรถคันที่ 2



รูปที่ ผ3 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บทุกวันด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมของรถคันที่ 3

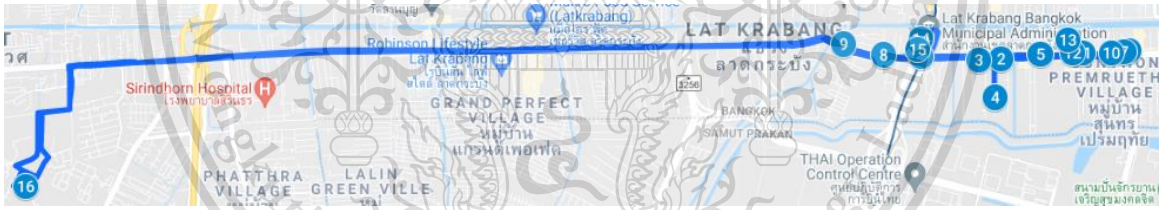
รูปที่ ผ4 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บทุกวันด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมของรถคันที่ 4

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



รูปที่ ผ5 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บทุกวันด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมของรถคันที่ 5

รูปที่ ผ6 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 1 ของการเก็บขยะวันคี่ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม

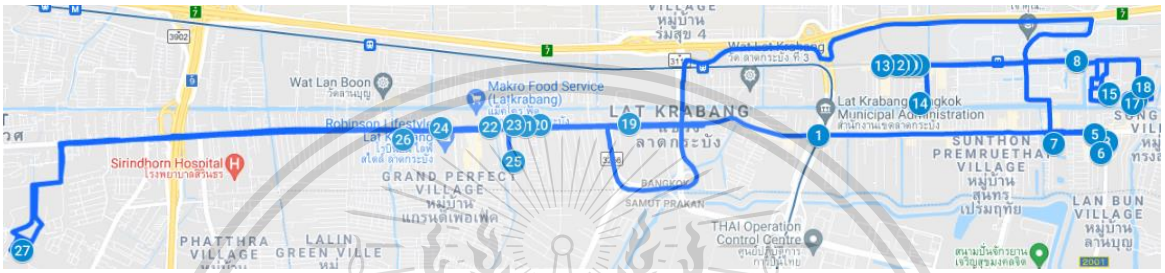


รูปที่ ผ7 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 2 ของการเก็บขยะวันคี่ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม

รูปที่ ผ8 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 3 ของการเก็บขยะวันคี่ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม

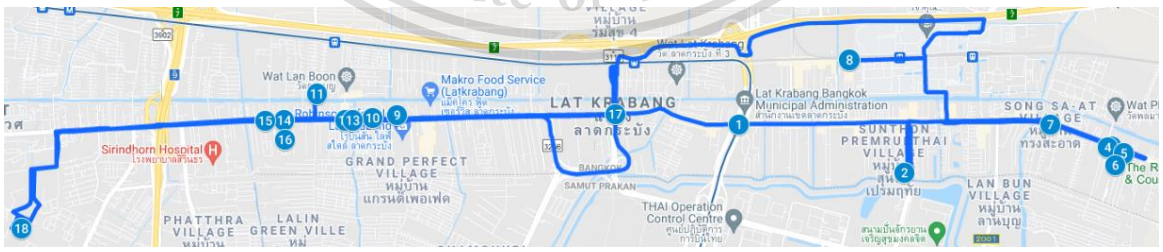
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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

รูปที่ ผ9 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 4 ของการเก็บขยะวันคี่ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม



รูปที่ ผ10 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 5 ของการเก็บขยะวันคี่ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม

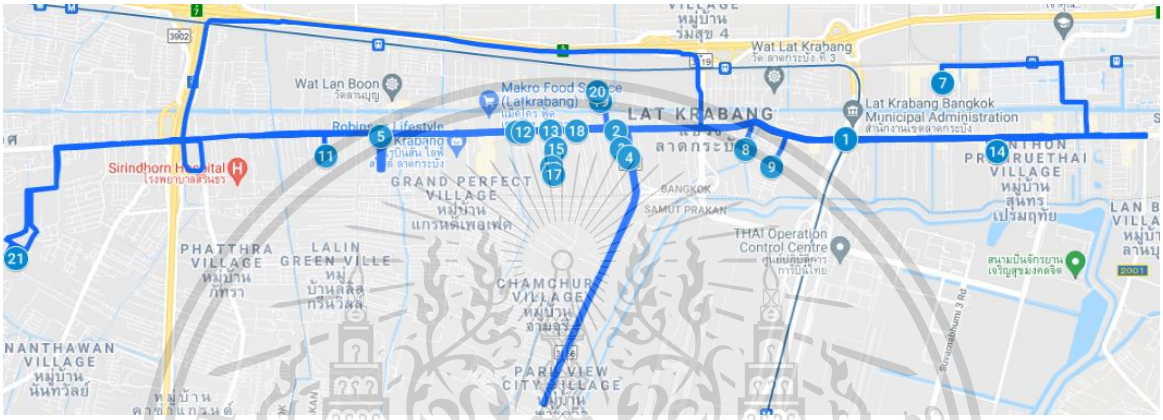
รูปที่ ผ11 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 1 ของการเก็บขยะวันคู่ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม



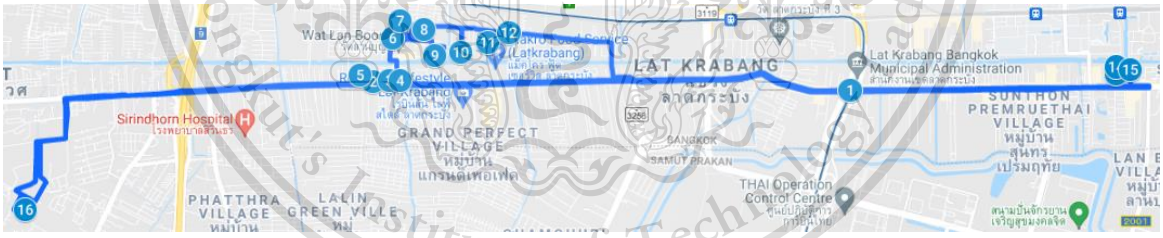
รูปที่ ผ12 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 2 ของการเก็บขยะวันคู่ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม

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

รูปที่ ผ13 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 3 ของการเก็บขยะวันคู่ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม



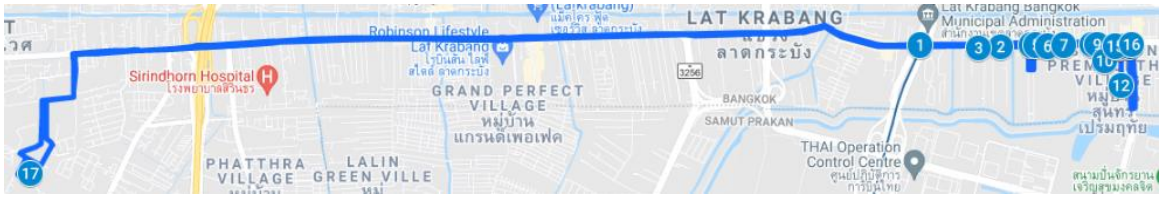
รูปที่ ผ14 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 4 ของการเก็บขยะวันคู่ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม



รูปที่ ผ15 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 5 ของการเก็บขยะวันคู่ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม

รูปที่ ผ16 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 1 ของการเก็บขยะวันที่ 1 ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม

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



รูปที่ ผ17 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 2 ของการเก็บขยะวันที่ 1 ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม

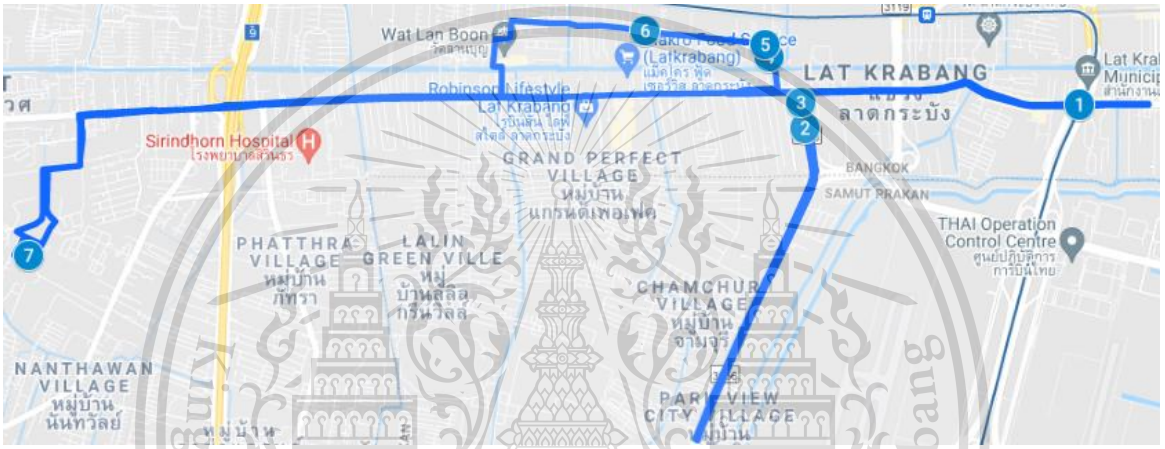
รูปที่ ผ18 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 3 ของการเก็บขยะวันที่ 1 ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม

รูปที่ ผ19 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 4 ของการเก็บขยะวันที่ 1 ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม

รูปที่ ผ20 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 5 ของการเก็บขยะวันที่ 1 ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม

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

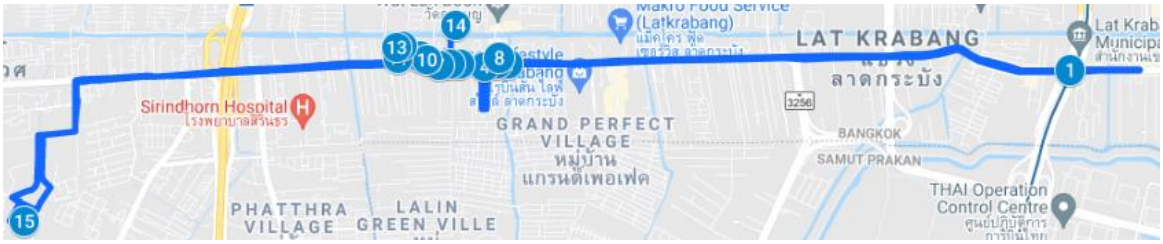
รูปที่ ผ21 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 1 ของการเก็บขยะวันที่ 2 ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม



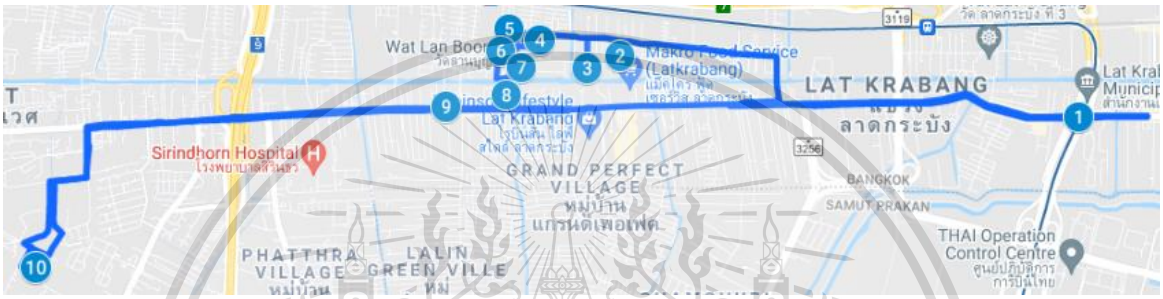
รูปที่ ผ22 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 2 ของการเก็บขยะวันที่ 2 ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม

รูปที่ ผ23 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 2 ของการเก็บขยะวันที่ 2 ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม

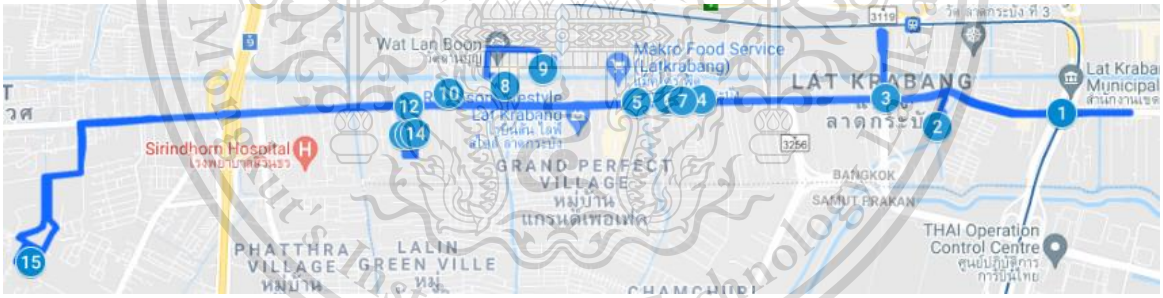
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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



รูปที่ ผ24 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 4 ของการเก็บขยะวันที่ 2 ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม



รูปที่ ผ25 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 5 ของการเก็บขยะวันที่ 2 ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม



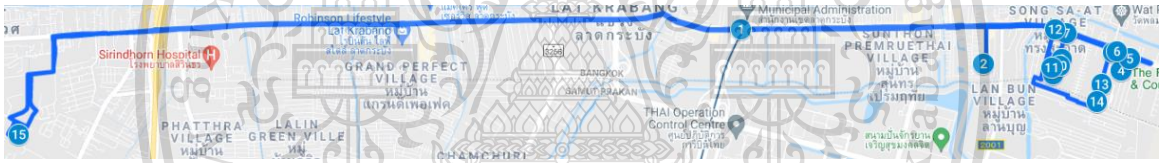
รูปที่ ผ26 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 5 ของการเก็บขยะวันที่ 2 ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม

รูปที่ ผ27 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 2 ของการเก็บขยะวันที่ 3 ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม

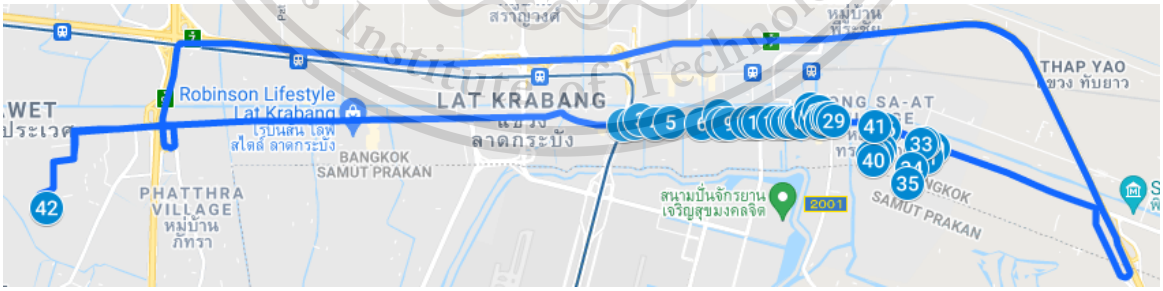
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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

รูปที่ ผ28 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 3 ของการเก็บขยะวันที่ 3 ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม

รูปที่ ผ29 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 4 ของการเก็บขยะวันที่ 3 ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม

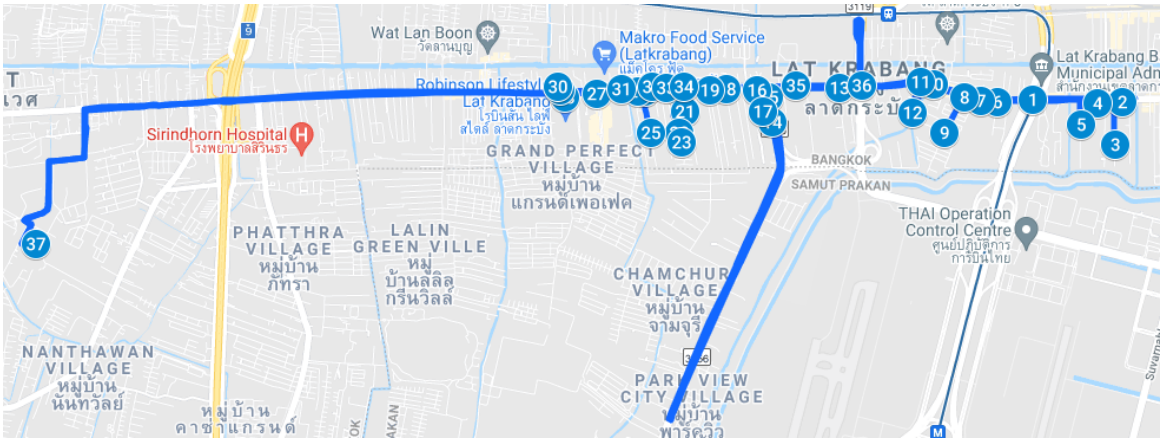


รูปที่ ผ30 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 5 ของการเก็บขยะวันที่ 3 ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม

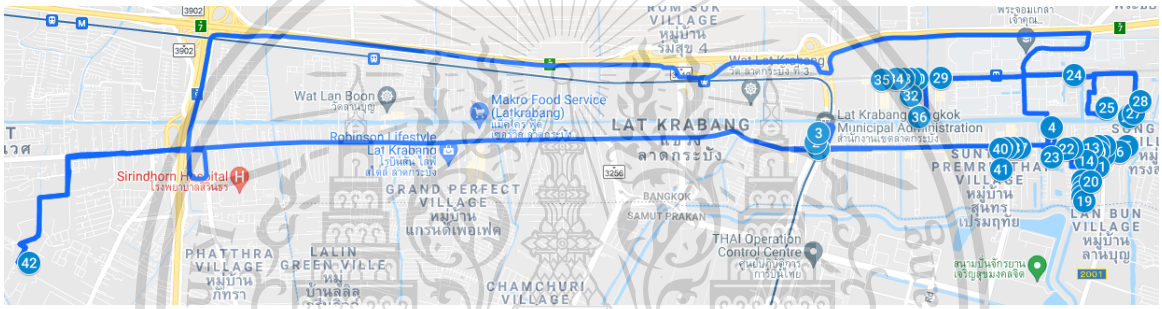


รูปที่ ผ31 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บทุกวันด้วยวิธีฮิวริสติกของรถคันที่ 1

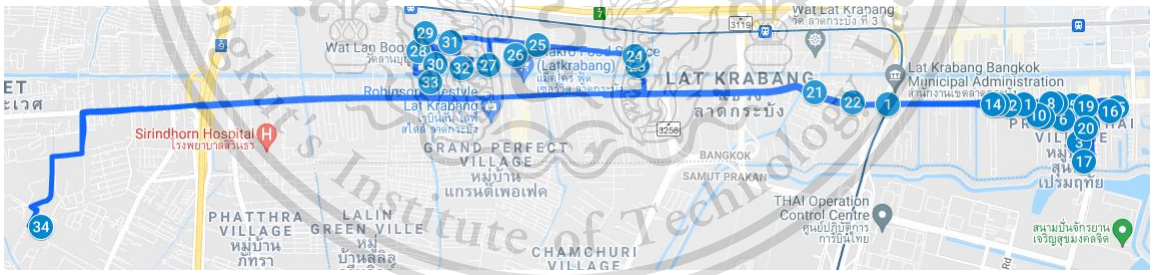
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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



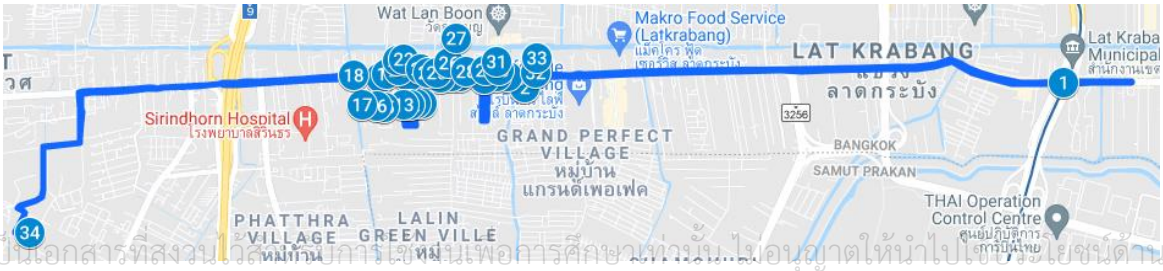
รูปที่ ผ32 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บทุกวันด้วยวิธีฮิวริสติกของรถคันที่ 2



รูปที่ ผ33 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บทุกวันด้วยวิธีฮิวริสติกของรถคันที่ 3

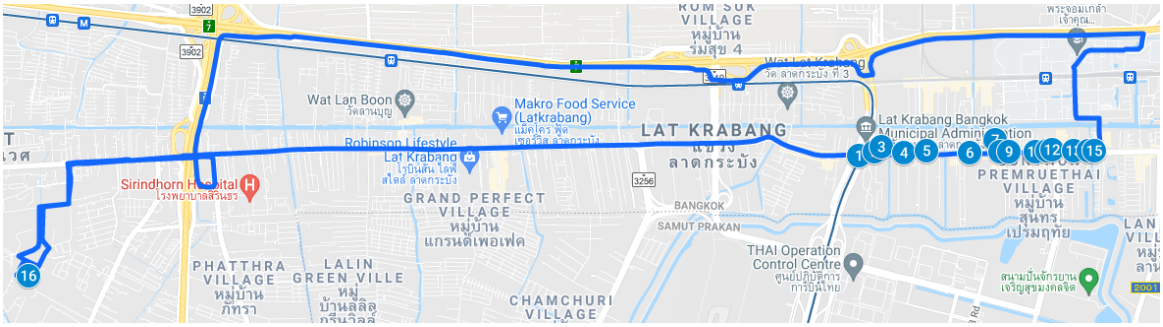


รูปที่ ผ34 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บทุกวันด้วยวิธีฮิวริสติกของรถคันที่ 4

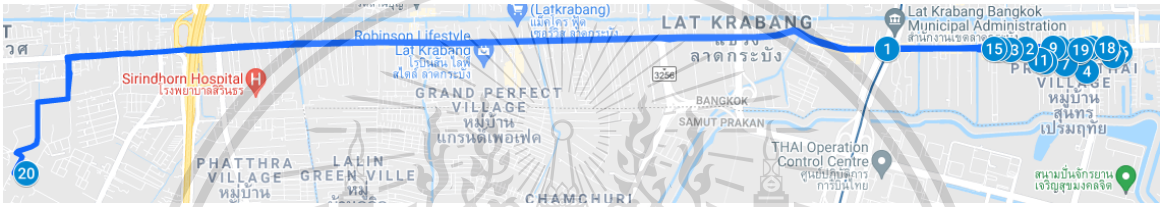


รูปที่ ผ35 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บทุกวันด้วยวิธีฮิวริสติกของรถคันที่ 5

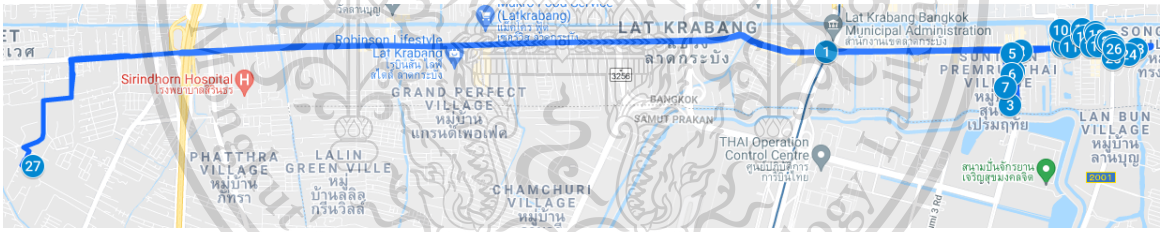
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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



รูปที่ ผ36 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 1 ของการเก็บขยะวันคี่ วิธีฮิวริสติก



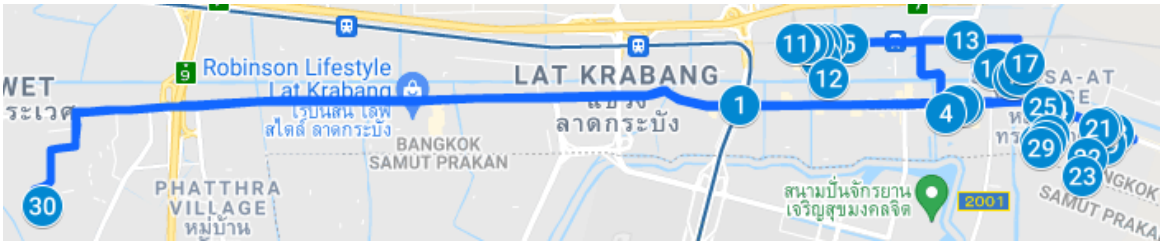
รูปที่ ผ37 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 1 ของการเก็บขยะวันคี่ วิธีฮิวริสติก



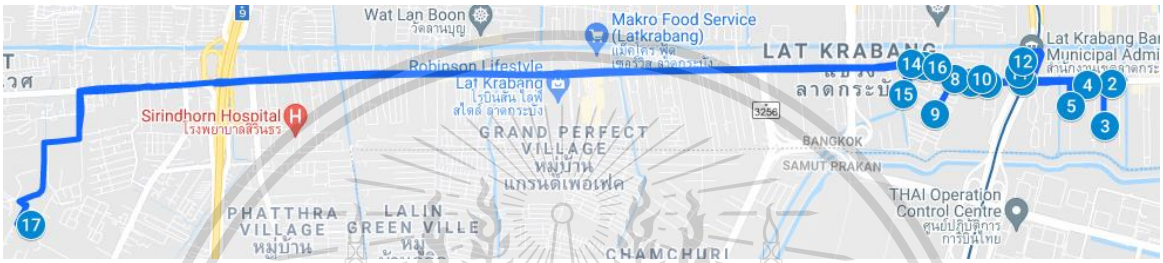
รูปที่ ผ38 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 3 ของการเก็บขยะวันคี่ วิธีฮิวริสติก

รูปที่ ผ39 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 4 ของการเก็บขยะวันคี่ วิธีฮิวริสติก

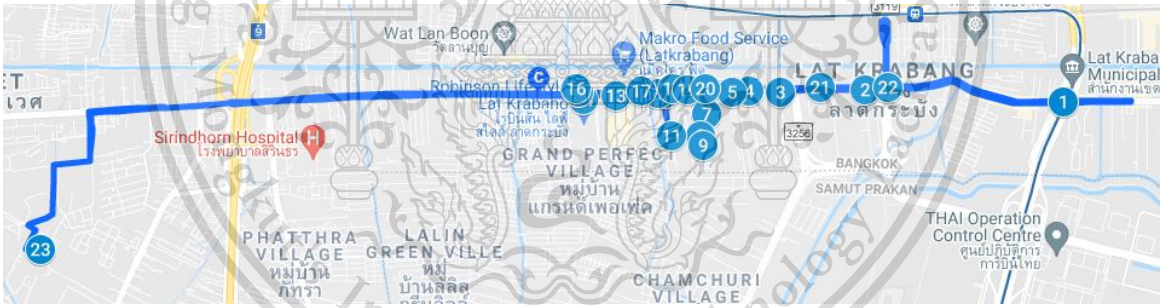
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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



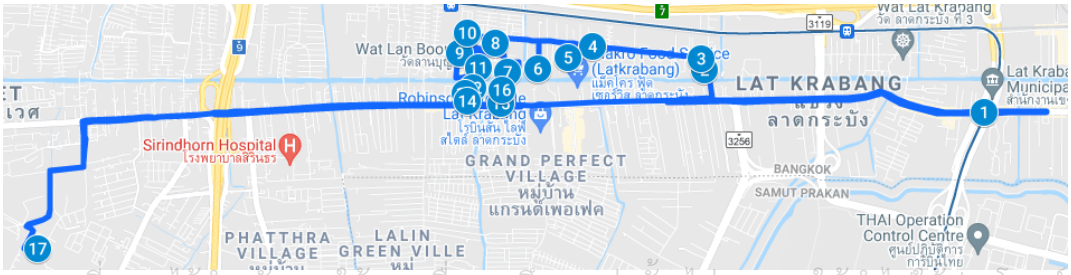
รูปที่ ผ40 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 5 ของการเก็บขยะวันคี่ วิธีฮิวริสติก



รูปที่ ผ41 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 1 ของการเก็บขยะวันคู่ วิธีฮิวริสติก

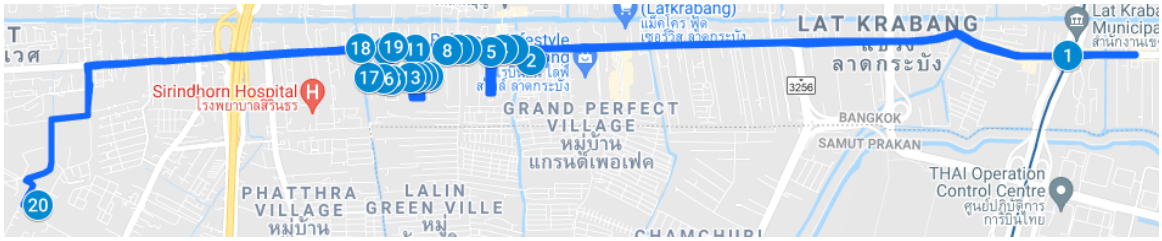


รูปที่ ผ42 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 2 ของการเก็บขยะวันคู่ วิธีฮิวริสติก

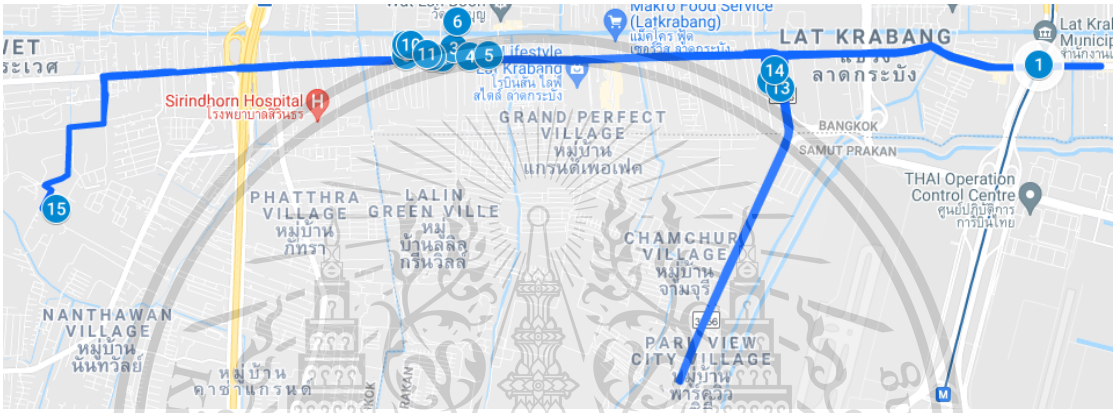


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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

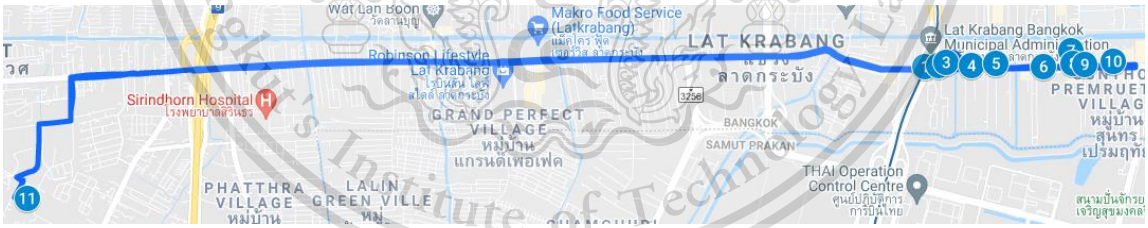
รูปที่ ผ43 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 3 ของการเก็บขยะวันคู่ วิธีฮิวริสติก



รูปที่ ผ44 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 4 ของการเก็บขยะวันคู่ วิธีฮิวริสติก



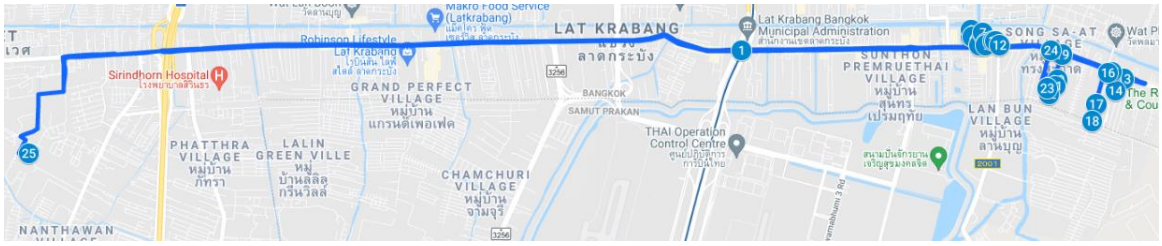
รูปที่ ผ45 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 5 ของการเก็บขยะวันคู่ วิธีฮิวริสติก



รูปที่ ผ46 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 1 ของการเก็บขยะวันที่ 1 ด้วยวิธีฮิวริสติก

รูปที่ ผ47 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 2 ของการเก็บขยะวันที่ 1 ด้วยวิธีฮิวริสติก

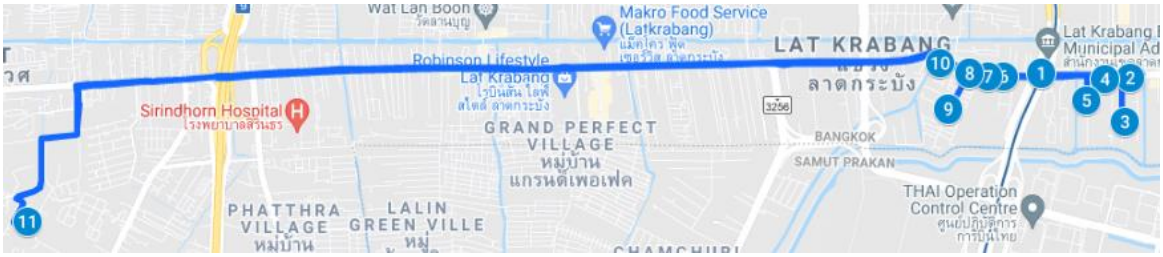
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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



รูปที่ ผ48 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 3 ของการเก็บขยะวันที่ 1 ด้วยวิธีฮิวริสติก

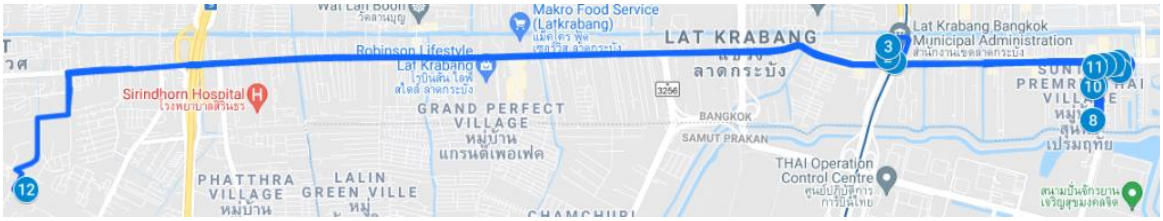
รูปที่ ผ49 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 4 ของการเก็บขยะวันที่ 1 ด้วยวิธีฮิวริสติก

รูปที่ ผ50 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 5 ของการเก็บขยะวันที่ 1 ด้วยวิธีฮิวริสติก

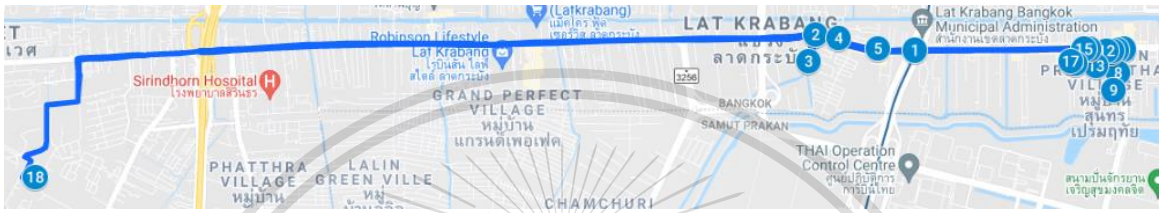


รูปที่ ผ51 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 1 ของการเก็บขยะวันที่ 2 ด้วยวิธีฮิวริสติก

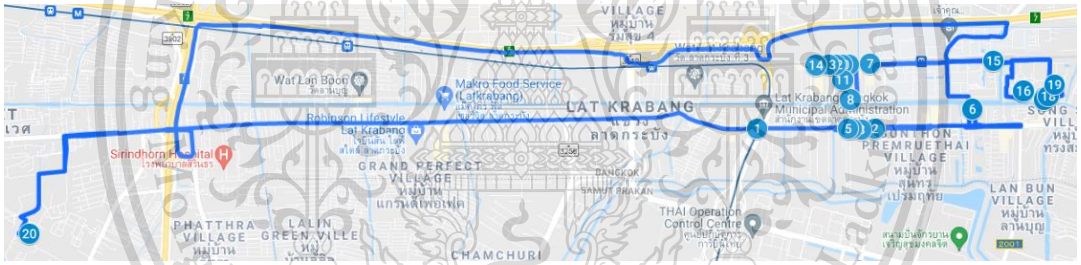
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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



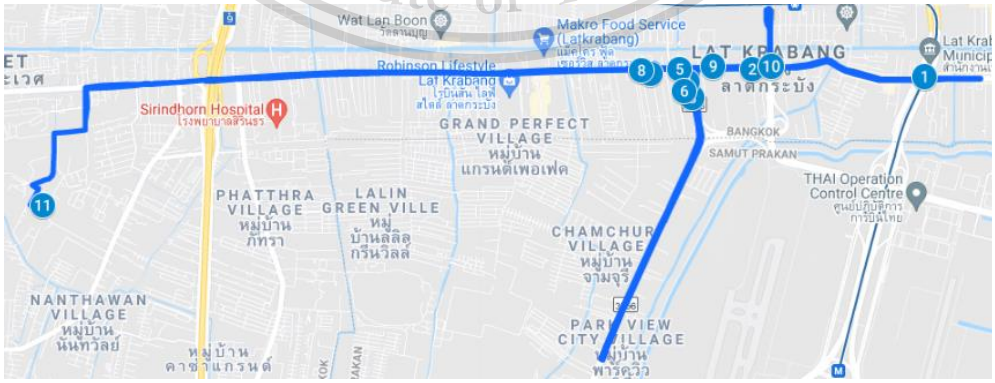
รูปที่ ผ52 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 1 ของการเก็บขยะวันที่ 2 ด้วยวิธีฮิวริสติก



รูปที่ ผ53 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 3 ของการเก็บขยะวันที่ 2 ด้วยวิธีฮิวริสติก

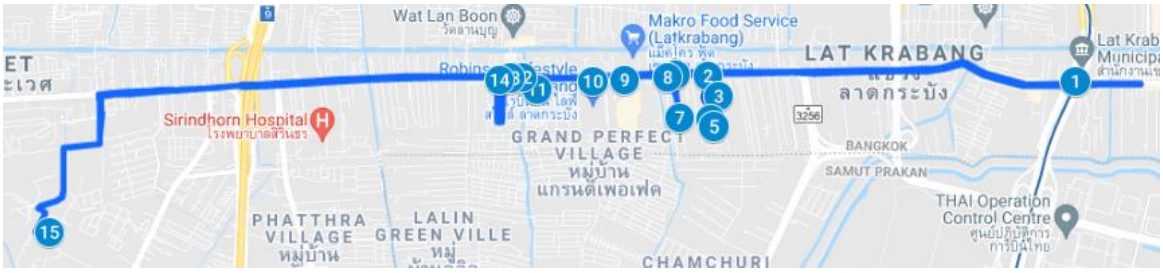


รูปที่ ผ54 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 4 ของการเก็บขยะวันที่ 2 ด้วยวิธีฮิวริสติก

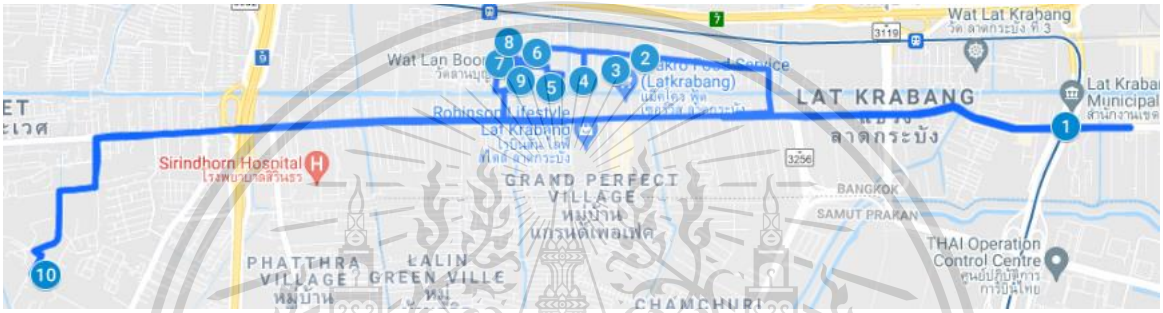


รูปที่ ผ55 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 5 ของการเก็บขยะวันที่ 2 ด้วยวิธีฮิวริสติก

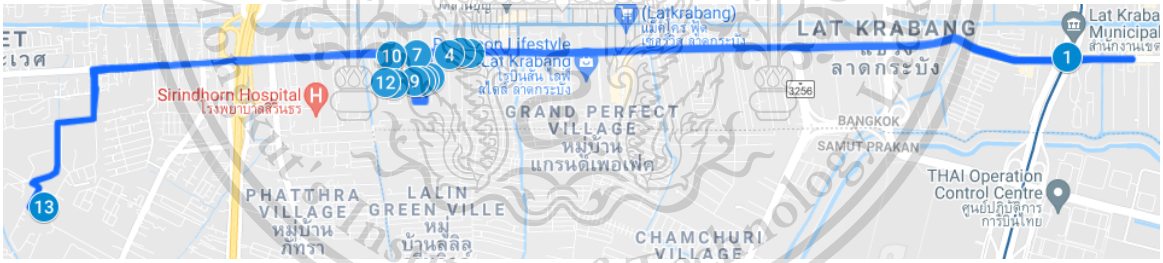
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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



รูปที่ ผ56 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 1 ของการเก็บขยะวันที่ 3 ด้วยวิธีฮิวริสติก

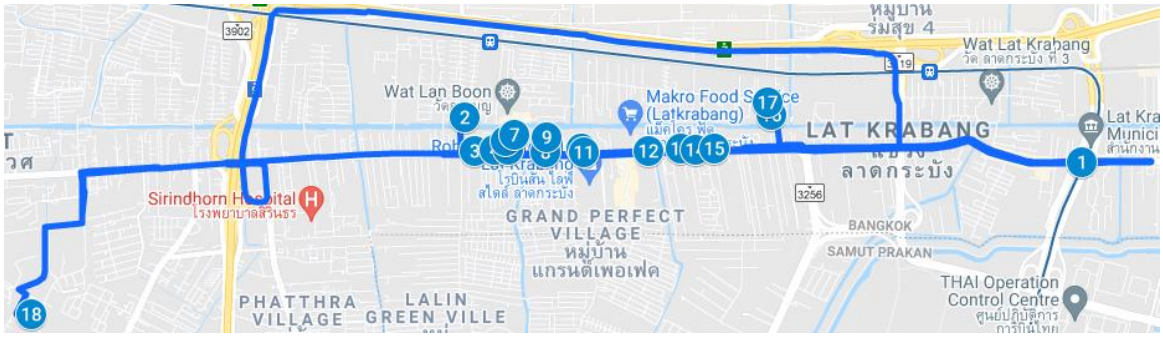


รูปที่ ผ57 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 2 ของการเก็บขยะวันที่ 3 ด้วยวิธีฮิวริสติก

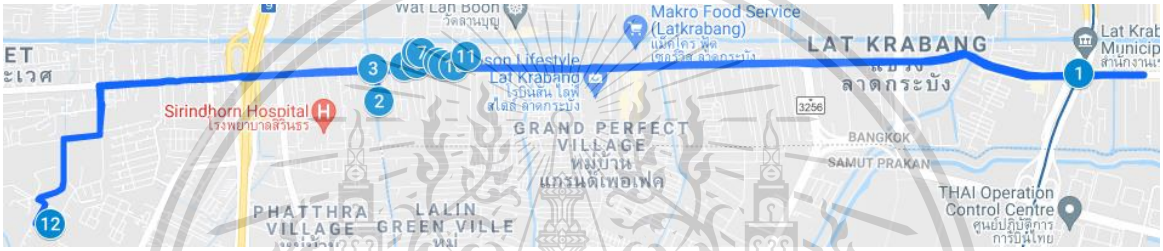


รูปที่ ผ58 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 3 ของการเก็บขยะวันที่ 3 ด้วยวิธีฮิวริสติก

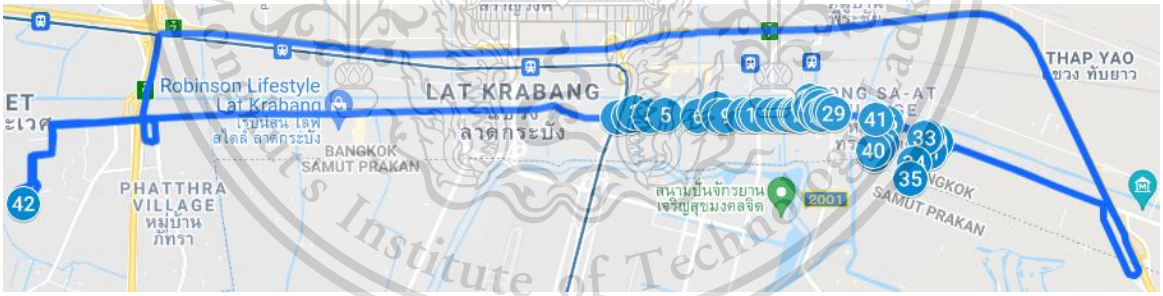
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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



รูปที่ ผ59 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 4 ของการเก็บขยะวันที่ 3 ด้วยวิธีฮิวริสติก

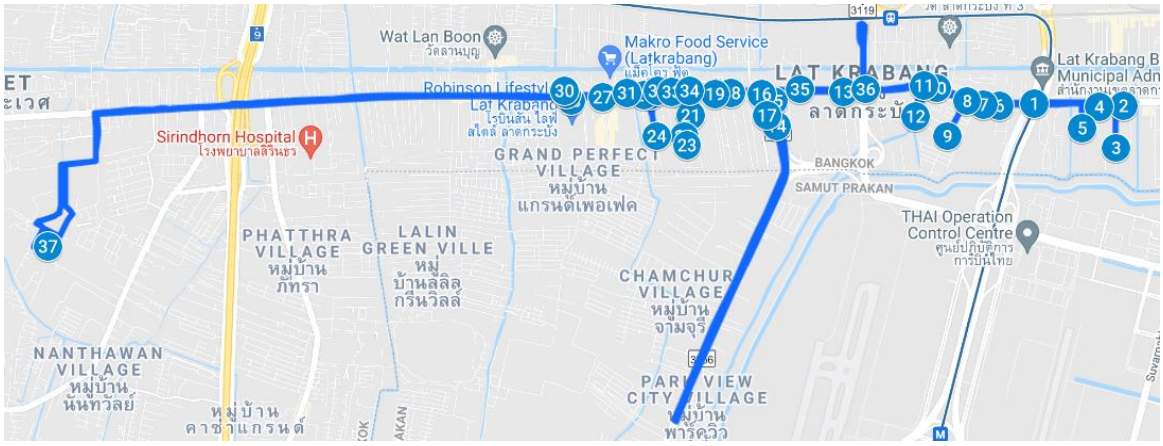


รูปที่ ผ60 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 5 ของการเก็บขยะวันที่ 3 ด้วยวิธีฮิวริสติก



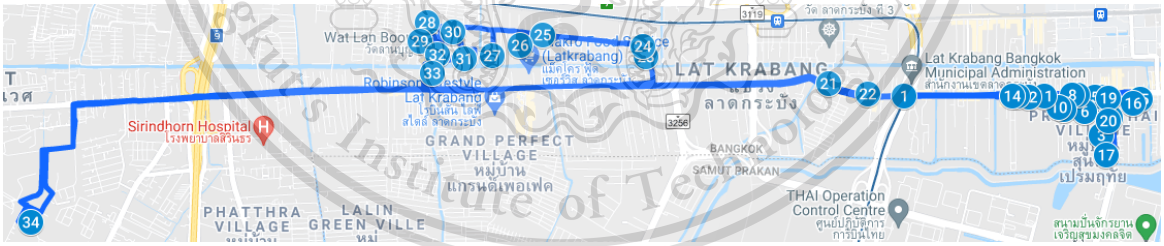
รูปที่ ผ61 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บทุกวันด้วยวิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรมของรถคันที่ 1

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



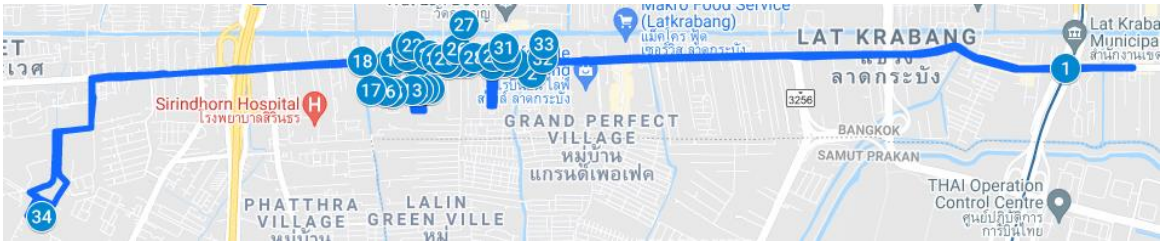
รูปที่ ผ62 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บทุกวันด้วยวิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรมของรถคันที่ 2

รูปที่ ผ63 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บทุกวันด้วยวิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรมของรถคันที่ 3

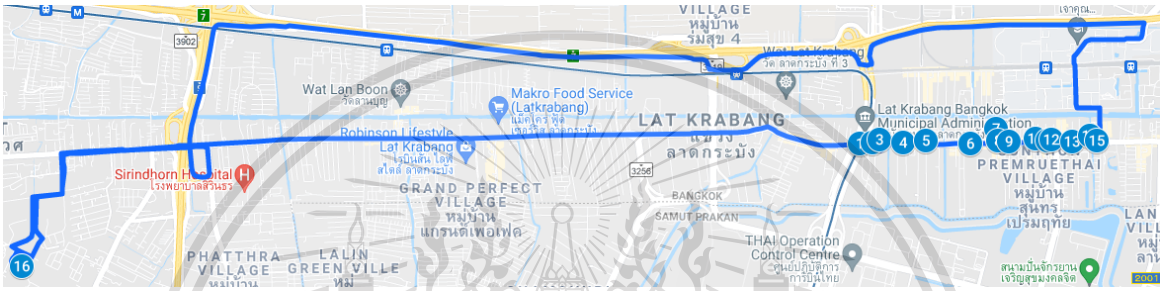


รูปที่ ผ64 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บทุกวันด้วยวิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรมของรถคันที่ 4

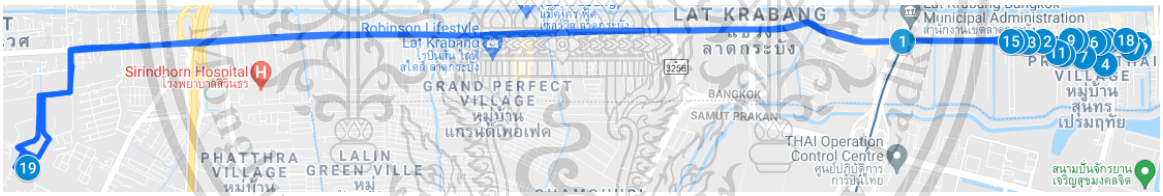
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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



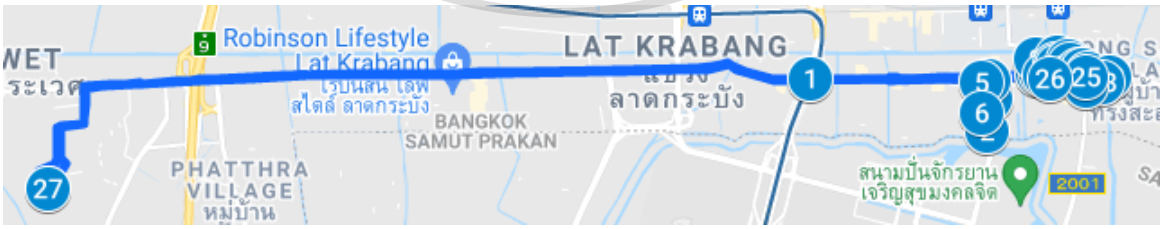
รูปที่ ผ65 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บทุกวันด้วยวิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรมของรถคันที่ 5



รูปที่ ผ66 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 1 ของการเก็บขยะวันคี่ด้วยวิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม



รูปที่ ผ67 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 2 ของการเก็บขยะวันคี่ด้วยวิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม



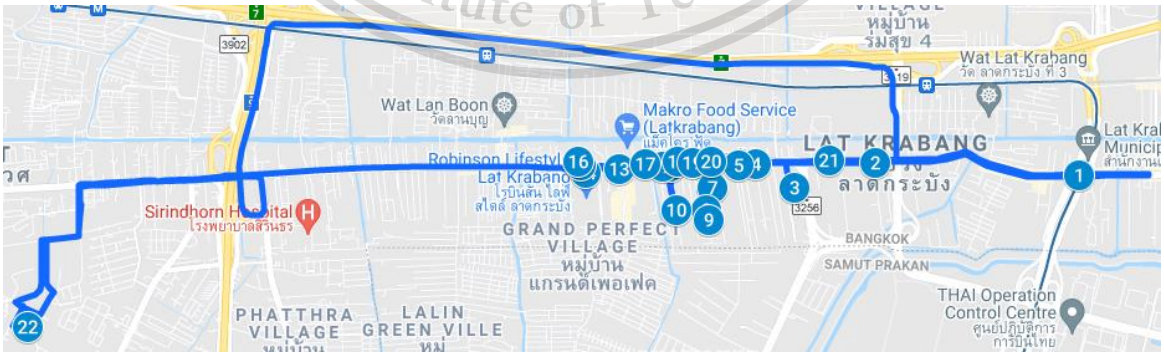
รูปที่ ผ68 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 3 ของการเก็บขยะวันคี่ด้วยวิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม

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

รูปที่ ผ69 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 4 ของการเก็บขยะวันคี่ด้วยวิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม

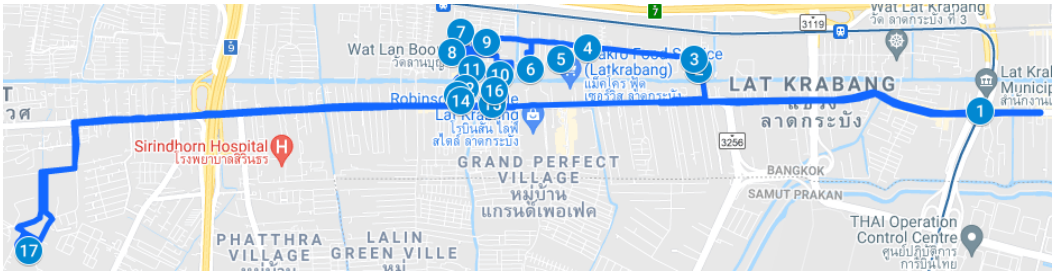
รูปที่ ผ70 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 5 ของการเก็บขยะวันคี่ด้วยวิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม

รูปที่ ผ71 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 1 ของการเก็บขยะวันคู่ด้วยวิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม



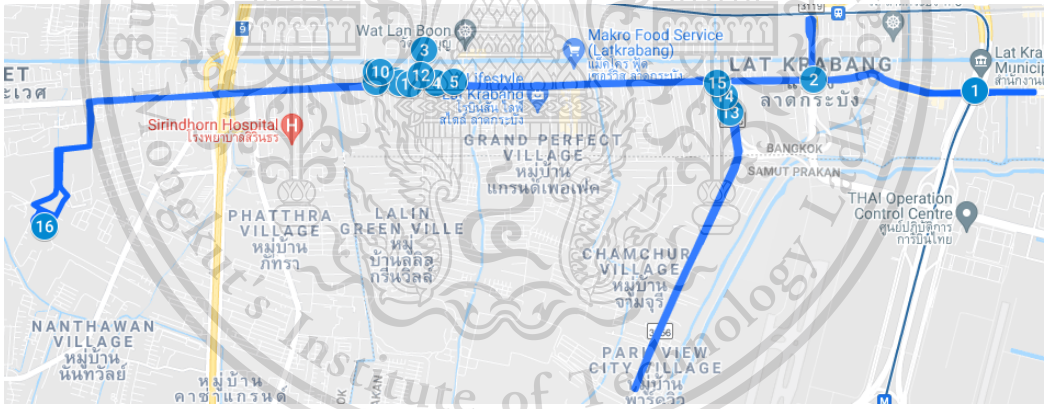
รูปที่ ผ72 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 2 ของการเก็บขยะวันคู่ด้วยวิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม

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

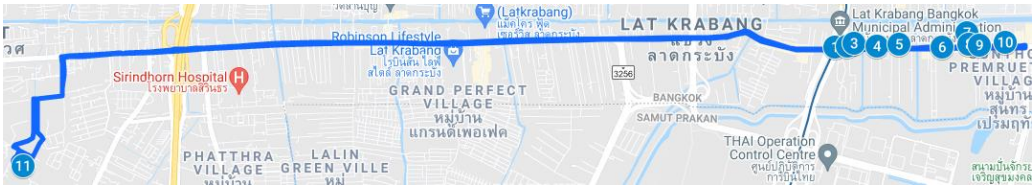


รูปที่ ผ73 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 3 ของการเก็บขยะวันคู่ด้วยวิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม

รูปที่ ผ74 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 4 ของการเก็บขยะวันคู่ด้วยวิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม



รูปที่ ผ75 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บวันคี่วันคู่ของรถคันที่ 5 ของการเก็บขยะวันคู่ด้วยวิธีฮิวริสติกร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม



รูปที่ ผ76 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 1 ของการเก็บขยะวันที่ 1 ด้วยวิธีฮิวริสติก

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

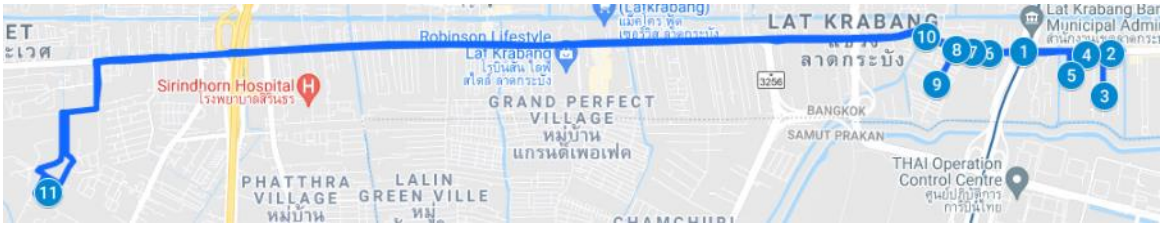
รูปที่ ผ77 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 2 ของการเก็บขยะวันที่ 1 ด้วยวิธีฮิวริสติก

รูปที่ ผ78 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 3 ของการเก็บขยะวันที่ 1 ด้วยวิธีฮิวริสติก

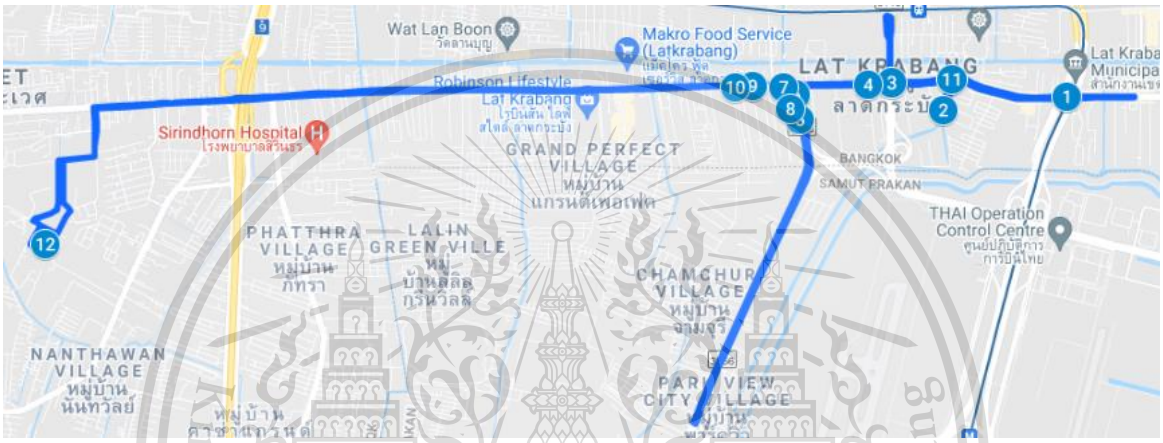
รูปที่ ผ79 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 4 ของการเก็บขยะวันที่ 1 ด้วยวิธีฮิวริสติก

รูปที่ ผ80 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 5 ของการเก็บขยะวันที่ 1 ด้วยวิธีฮิวริสติก

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



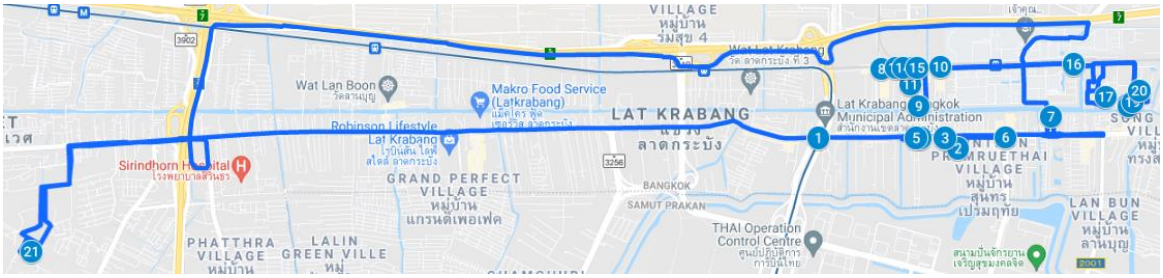
รูปที่ ผ81 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 1 ของการเก็บขยะวันที่ 2 ด้วยวิธีฮิวริสติก



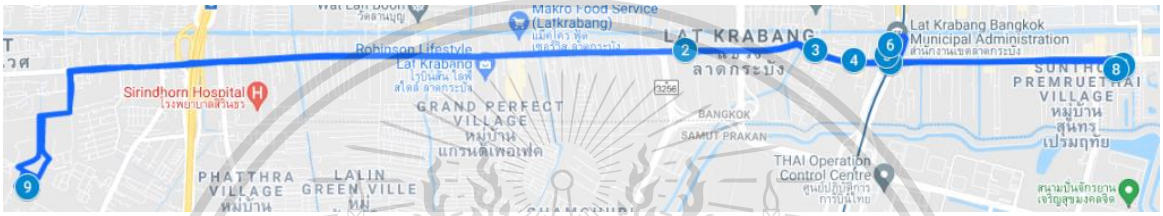
รูปที่ ผ82 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 2 ของการเก็บขยะวันที่ 2 ด้วยวิธีฮิวริสติก

รูปที่ ผ83 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 3 ของการเก็บขยะวันที่ 2 ด้วยวิธีฮิวริสติก

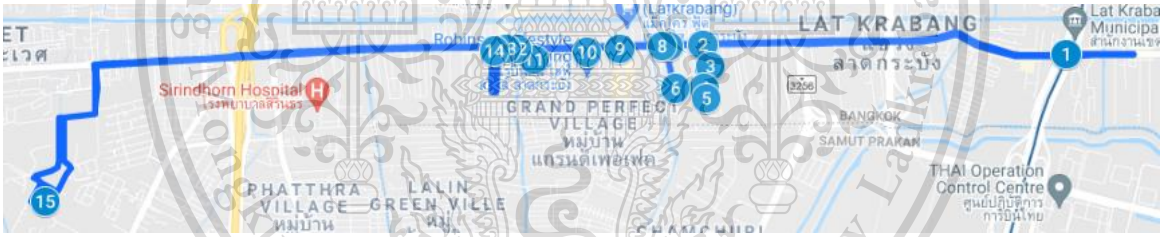
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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



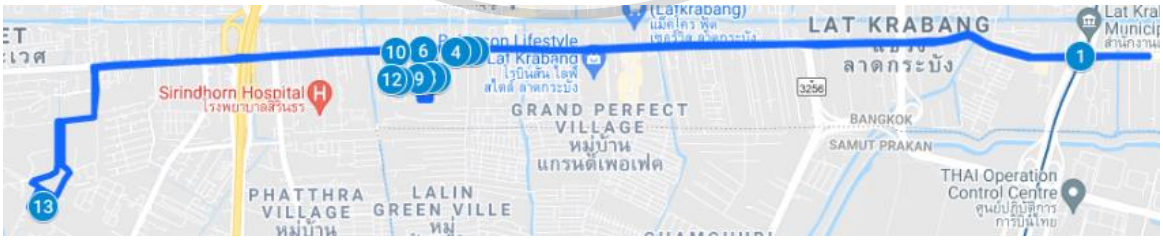
รูปที่ ผ84 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 4 ของการเก็บขยะวันที่ 2 ด้วยวิธีฮิวริสติก



รูปที่ ผ85 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 5 ของการเก็บขยะวันที่ 2 ด้วยวิธีฮิวริสติก

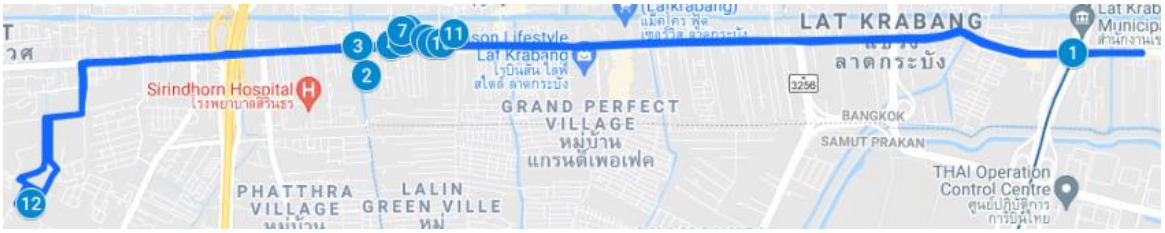


รูปที่ ผ86 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 1 ของการเก็บขยะวันที่ 3 ด้วยวิธีฮิวริสติก

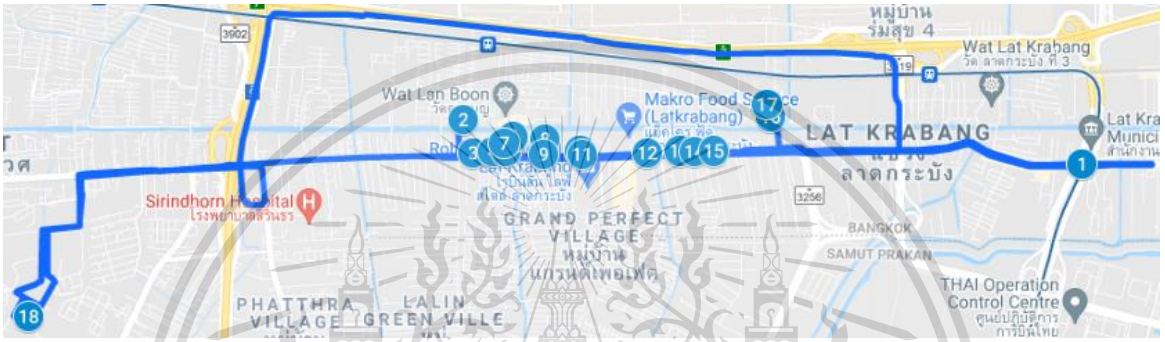


รูปที่ ผ87 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 2 ของการเก็บขยะวันที่ 3 ด้วยวิธีฮิวริสติก

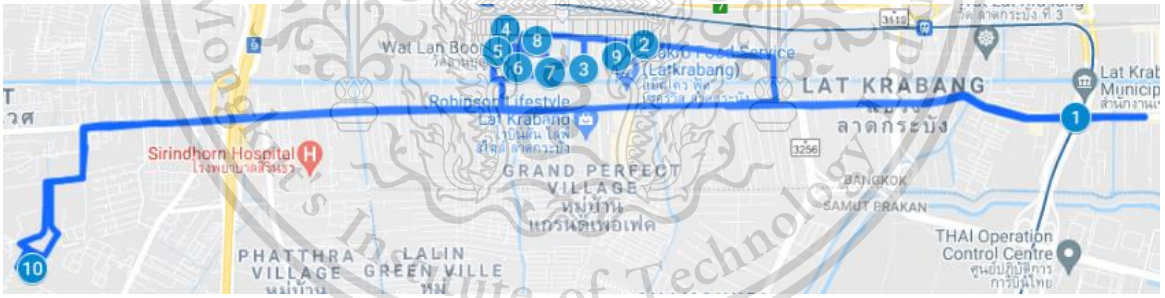
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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



รูปที่ ผ88 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 3 ของการเก็บขยะวันที่ 3 ด้วยวิธีฮิวริสติก



รูปที่ ผ89 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 4 ของการเก็บขยะวันที่ 3 ด้วยวิธีฮิวริสติก



รูปที่ ผ90 ผลลัพธ์ของเส้นทางรถเก็บขยะแบบเก็บ 3 วัน 1 ครั้งของรถคันที่ 5 ของการเก็บขยะวันที่ 3 ด้วยวิธีฮิวริสติก

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