ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมแบบแบ่งสำหรับปัญหาการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์

SPLIT GENETIC ALGORITHM

FOR CONTAINER STOWAGE PROBLEMS

วรสิทธิ์ จิระราชวโร

WORRASIT CHIRARATWARO

b.....

i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2555

KMITL-2012-SC-M-001-011

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPLIT GENETIC ALGORITHM
FOR CONTAINER STOWAGE PROBLEMS

WORRASIT CHIRARATWARO

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN APPLIED MATHEMATICS

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2012

KMITL-2012-SC-M-001-011

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2012

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมแบบแบ่งสำหรับปัญหาการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ Split Genetic Algorithm for Container Stowage Problems
นักศึกษา	นายวรสิทธิ์ จิระราชวโร
รหัสประจำตัว	52650706
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	คณิตศาสตร์ประยุกต์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.ฉัฐไชย ลีนาวงศ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.นพรัตน์ โพธิ์ชัย	
ดร.ใจปอง เกษมสุวรรณ์	
ดร.นิศากร สังวาระนที	
รศ.ดร.ฉัฐไชย ลีนาวงศ์	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 26 มีนาคม พ.ศ. 2555 เวลา 15.00 – 17.00 น.
สถานที่สอบ ณ ห้อง 210 ชั้น 2 อาคารจุฬาภรณวลัยลักษณ์ 1

คณะวิทยาศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.ดุษณี ธนะบริพัฒน์)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

วันที่ 30 **เดือน** ม.ค. **พ.ศ.** 55

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมแบบแบ่งสำหรับปัญหาการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์
นักศึกษา	วรสิทธิ์ จิระราชวโร
รหัสประจำตัว	52650706
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	คณิตศาสตร์ประยุกต์
พ.ศ.	2555
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.ฉัฐไชย์ ลีนาวงศ์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะศึกษาเกี่ยวกับปัญหาการจัดวางตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือสินค้าโดยมีหลายจุดหมายปลายทาง เนื่องจากในปัจจุบันมีการแข่งขันกันสูงในธุรกิจการขนส่ง ทำให้ผู้ประกอบการมีความต้องการลดต้นทุนในปัจจัยต่างๆ เพื่ออยู่รอดและแข่งขันได้ในตลาด

งานวิจัยนี้จะนำเสนอการหาผลเฉลยด้วยขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมแบบแบ่ง (Split Genetic Algorithm - SGA) โดยมีจุดประสงค์หลักคือ การลดจำนวนครั้งในการถือครอง (Rehandle) เพื่อจะได้ไม่ต้องทำการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ใหม่ หลังจากยกตู้คอนเทนเนอร์ออกจากเรือที่แต่ละจุดหมายปลายทางแล้ว และเพื่อให้เรืออยู่ในระดับสมดุล ซึ่งจากผลการทดลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อปัญหานี้พบว่า จะสามารถลดจำนวนครั้งในการถือครองได้อย่างสมบูรณ์ และขจัดปัญหาการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ใหม่ได้ทั้งหมด

คำสำคัญ : การจัดวางตู้คอนเทนเนอร์, การขนส่งทางเรือ, ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Split Genetic Algorithm for Container Stowage Problems
Student	Worrasit Chiraratwaro
Student ID	52650706
Degree	Master of Science
Program	Applied Mathematics
Year	2012
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Chartchai Leenawong

ABSTRACT

In this thesis, the container stowage problem for multiple destinations is investigated. Due to the competitiveness in the transportation business, business owners or managers seek to minimize operating costs and expenses in order to gain competitive advantages in the market.

A modified genetic algorithm called the "Split Genetic Algorithm –SGA" for solving this particular problem is proposed. The main objective is to reduce the number of rehandling after unloading a number of containers at each destination so as to keep the ship balanced at all time. A customized computer program specially developed for this problem shows that the proposed modified algorithm proved to be successful in terms of decreasing the number of rehandling.

Keyword: Container Stowage Problem, Shipping, Genetic Algorithm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาที่มีคุณค่าต่องานวิจัยนี้จาก รศ.ดร.ฉัฐไชย์ ลีนาวงศ์ ที่ให้ความรู้และคำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดระยะเวลาที่ได้ศึกษาวิจัย วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณพระคุณ คุณอาที่ให้กำลังใจตลอดมา

และสุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

วรสิทธิ์ จิระราชวโร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ..... IV

สารบัญตาราง..... VI

สารบัญรูป..... VII

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา..... 1

1.2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 2

1.3. ขอบเขตของงานวิจัย..... 2

1.4. ประโยชน์ที่ได้รับ..... 2

1.5. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย..... 2

บทที่ 2 ทฤษฎี งานวิจัย และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง..... 3

2.1. การขนส่งทางเรือด้วยระบบตู้คอนเทนเนอร์..... 3

2.2. ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม..... 7

2.2.1. การเข้ารหัสโครโมโซม..... 7

2.2.2. ประชากรเริ่มต้น..... 9

2.2.3. ฟังก์ชันค่าความเหมาะสม..... 9

2.2.4. ตัวดำเนินการทางพันธุกรรม..... 10

2.2.5. พารามิเตอร์..... 11

2.3. ปัญหากำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม..... 12

2.3.1. โครงสร้างของกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม..... 12

2.3.2. ประเภทของกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม..... 12

2.4. แบบจำลองโปรแกรมกำหนดการเชิงจำนวนเต็ม
ของปัญหาการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์..... 13

2.5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย..... 18
3.1. แนวคิดการปรับปรุงวิธีการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือสินค้า..... 18
3.2. ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมแบบแบ่งสำหรับปัญหา
การจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือสินค้า..... 22

บทที่ 4 การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์..... 28
4.1. ส่วนรับข้อมูลสำหรับหาผลลัพธ์..... 30
4.2. ส่วนการคำนวณหาผลลัพธ์..... 31
4.3. ส่วนแสดงการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ที่ดีที่สุด..... 35

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ..... 50
5.1. สรุปผล..... 50
5.2. ข้อเสนอแนะ..... 51
เอกสารอ้างอิง..... 52
ประวัติผู้เขียน..... 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ตัวอย่างข้อมูลตู้คอนเทนเนอร์สำหรับ 2 ปลายทาง.....37
4.2 ผลเฉลยที่ได้จากโปรแกรมแสดงพิกัดตำแหน่งของตู้คอนเทนเนอร์เรียงตาม ID..... 40
4.3 ตัวอย่างข้อมูลตู้คอนเทนเนอร์สำหรับ 3 ปลายทาง.....43
4.4 ผลเฉลยที่ได้จากโปรแกรมแสดงพิกัดตำแหน่งของตู้คอนเทนเนอร์เรียงตาม ID..... 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุต.....4
2.2 ตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 40 ฟุต.....4
2.3 การเปรียบเทียบขนาดของตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุต และ 40 ฟุต.....5
2.4 การจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ภายในเรือสินค้า.....7
2.5 การเข้ารหัสแบบทวิภาค.....8
2.6 การเข้ารหัสแบบมูลค่า.....8
2.7 การเข้ารหัสแบบการเรียงสับเปลี่ยน.....8
2.8 การเข้ารหัสแบบต้นไม้.....9
2.9 การเลือกสุ่มเลือกประชากรต้นกำเนิด.....9
2.10 การข้ามสายพันธุ์.....10
2.11 การกลายพันธุ์.....11
3.12 ขอบเขตการคำนวณน้ำหนักรวมของตู้คอนเทนเนอร์ ทางซ้ายและขวามือของเรือ.....22
3.13 ขอบเขตการคำนวณน้ำหนักรวมของตู้คอนเทนเนอร์ ทางด้านหน้าและหลังของเรือ.....22
3.14 ตัวอย่างโครโมโซม.....23
3.15 ตัวอย่างโครโมโซมต้นกำเนิด.....23
3.16 การแบ่งโครโมโซมต้นกำเนิดเป็น 2 ส่วนคือ โครโมโซมพ่อและโครโมโซมแม่.....24
3.17 การแบ่งโครโมโซมต้นกำเนิดเป็น 2 ส่วนในกรณีที่โครโมโซมต้นกำเนิดเป็นเลขคี่.....25
3.18 การข้ามสายพันธุ์.....26
3.19 การกลายพันธุ์.....26
3.20 Flowchart หลักเกณฑ์ในการหาผลเฉลย.....27
3.21 Flowchart ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม.....29
4.22 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลของตู้คอนเทนเนอร์.....30
4.23 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลของเรือสินค้า.....31
4.24 การเลือกไฟล์ข้อมูลสำหรับการคำนวณ.....31
4.25 ขั้นตอนการคำนวณการวางตู้คอนเทนเนอร์สำหรับจุดหมายปลายทางที่ 2.....32
4.26 ขั้นตอนการคำนวณการวางตู้คอนเทนเนอร์สำหรับจุดหมายปลายทางที่ 1.....33
4.27 ผลการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์สำหรับจุดหมายปลายทางที่ 2.....34
4.28 ผลการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์สำหรับจุดหมายปลายทางที่ 1.....34
4.29 รูปแบบการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์บนเรือสินค้าที่ได้จากโปรแกรม.....35
4.30 พิกัดตำแหน่งการเรียงตามรหัสของตู้คอนเทนเนอร์ที่ได้จากโปรแกรม.....36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การเติบโตอย่างต่อเนื่องทางด้านการขนส่งระหว่างประเทศในปัจจุบัน ทำให้เกิดการแข่งขันกันด้านราคาและการบริการต่างๆ ซึ่งรูปแบบการขนส่งระหว่างประเทศโดยทั่วไปมีทั้งสิ้น 3 แบบ ได้แก่ การขนส่งทางน้ำ ทางบก และทางอากาศ โดยการขนส่งทางน้ำนั้นเป็นรูปแบบการขนส่งหลักระหว่างประเทศ เนื่องจากมีต้นทุนการขนส่งถูกกว่าการขนส่งแบบอื่น และสามารถขนส่งเป็นปริมาณที่มากในแต่ละครั้ง

ปัญหาของการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ภายในเรือ เป็นการวางแผนจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม ต่อการลำเลียงตู้คอนเทนเนอร์ขึ้น-ลงเรือสินค้าในแต่ละจุดหมายปลายทาง ซึ่งปัญหาหลักในการจัดเรียงคือ เมื่อต้องการลำเลียงตู้คอนเทนเนอร์ลงจากเรือสินค้า แต่มีตู้อื่นขวางตู้ที่ต้องการลำเลียงลงอยู่ จะต้องทำการเคลื่อนย้ายตู้คอนเทนเนอร์ที่ขัดขวางการลำเลียงออกเสียก่อน และหลังจากลำเลียงตู้คอนเทนเนอร์ลงในแต่ละจุดหมายปลายทางแล้ว อาจจะต้องมีการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ภายในเรือใหม่อีกครั้งหนึ่ง เพื่อความมีเสถียรภาพของเรือ ซึ่งกิจกรรมที่กล่าวมานี้ถือเป็นปัจจัยหนึ่งทางด้านต้นทุนของการขนส่งทางเรือ และเพื่อลดต้นทุนที่ไม่จำเป็นลงให้มากที่สุด จึงจะต้องลดจำนวนครั้งการเคลื่อนย้ายตู้คอนเทนเนอร์ที่ไม่จำเป็นให้เหลือน้อยที่สุด ซึ่งปัญหาการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ภายในเรือจะมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น เมื่อเรือสินค้าจะต้องแวะเทียบท่าเรือจำนวนหลายแห่ง

การจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ที่ผ่านมานั้นส่วนมาก จะจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ให้อยู่ในลักษณะกลุ่ม ตู้คอนเทนเนอร์ที่อยู่จุดหมายเดียวกันวางไว้ใกล้กัน และมีการวางทับกันของตู้คอนเทนเนอร์ที่ไปยังจุดหมายต่างกัน ซึ่งทำให้ต้องเคลื่อนย้ายหนีเสียก่อน ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีในการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ที่แตกต่างออกไป โดยมีการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ตามจุดหมายปลายทาง และคำนึงถึงความมีเสถียรภาพของเรือสินค้าในแต่ละจุดหมาย เพื่อที่หลังจากทำการยกตู้สินค้าลงในแต่ละจุดหมายแล้ว จะไม่ต้องทำการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ใหม่อีก เป็นการลดการเคลื่อนย้ายตู้คอนเทนเนอร์ที่ไม่จำเป็นลงให้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อนำเสนอขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อลดจำนวนการเคลื่อนย้ายตู้คอนเทนเนอร์ ที่ไม่จำเป็นจากการการเคลื่อนย้ายตู้อื่นๆ ที่ขวางตู้ที่กำลังจะลำเลียงลง และการจัดเรียงตู้ใหม่หลังจากยกตู้ลงแล้วในแต่ละจุดหมายปลายทาง

1.2.2 สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยในการคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดในการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์

1.2.3 ออกรายงานเพื่อระบุตำแหน่งของการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.4.1 ศึกษาการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ในเรือสินค้าที่มีจุดหมายปลายทางมากกว่า 1 จุดหมายปลายทาง แต่ไม่เกิน 3 จุดหมายปลายทาง

1.4.2 ขนาดของตู้คอนเทนเนอร์ที่จัดลงในเรือสินค้าเป็นขนาดมาตรฐาน คือแบบ 20 ฟุต ซึ่งมีความกว้าง×ยาว×สูง เท่ากับ $8' \times 8'6'' \times 20'$

1.4.3 ตู้คอนเทนเนอร์ที่จัดลงเรือจะถูกจัดจากต้นทางเท่านั้น โดยไม่มีการจัดลงเรือเพิ่มจากจุดหมายปลายทางย่อย

1.4.4. กำหนดให้ตู้คอนเทนเนอร์มีน้ำหนักดังนี้ 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

ได้ขั้นตอนวิธีที่มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบของการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ในเรือสินค้า เพื่อลดต้นทุนในการเคลื่อนที่ตู้คอนเทนเนอร์โดยไม่จำเป็น รวมถึงโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำไปช่วยในการหาผลเฉลยได้เร็วยิ่งขึ้น

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. ค้นคว้าและศึกษาความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวกับปัญหาการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์
2. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือสินค้าในรูปแบบต่างๆ
3. เก็บรวบรวมข้อมูล ปัญหาของการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือสินค้า
4. นำความรู้และวิธีที่เกี่ยวข้องมาออกแบบขั้นตอนในการทำงานของระบบ
5. สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นมาเพื่อหาคำตอบของปัญหา
6. วิเคราะห์ผลและปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ
7. สรุปผลที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี งานวิจัย และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึง ทฤษฎีของขั้นตอนทางพันธุกรรม และกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม เพื่อที่จะนำไปใช้ในปัญหาจริง และกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ลงบนเรือสินค้า [1] ด้วยวิธีที่แตกต่างกันออกไป รวมไปถึงข้อมูลเบื้องต้น รูปภาพ และรูปแบบทั่วไปของการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์บนเรือสินค้า และอธิบายถึงประเภทและลักษณะของตู้คอนเทนเนอร์ที่ใช้ในการขนส่งในปัจจุบัน

2.1 การขนส่งทางเรือด้วยระบบตู้คอนเทนเนอร์

ในปัจจุบันการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศส่วนใหญ่จะใช้การขนส่งทางทะเลด้วยเรือสินค้า (Container Ship) ซึ่งตั้งแต่ในอดีตมาจนถึงปัจจุบัน พบว่าหลายประเทศทั่วโลกยังคงใช้การขนส่งสินค้าทางเรือเป็นหลักโดยประมาณร้อยละ 90 [2] ในหัวข้อนี้ควรทำความเข้าใจถึงลักษณะประเภทของเรือสินค้าและตู้คอนเทนเนอร์ (Container Box) ซึ่งการขนส่งทางน้ำจัดเป็นการขนส่งที่มีความสำคัญที่สุดและใช้มากที่สุด เมื่อเทียบกับรูปแบบการขนส่งอื่นๆ เนื่องจากมีต้นทุนการขนส่งที่ต่ำ และสามารถขนส่งสินค้าได้คราวละมากๆ โดยรูปแบบการขนส่งทางน้ำในปัจจุบัน ส่วนใหญ่เป็นการขนส่งทางเรือด้วยระบบตู้คอนเทนเนอร์ [3] โดยสินค้าที่จะขนส่งจะต้องนำมาบรรจุใส่ตู้คอนเทนเนอร์ (Stuffing) และมีการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์วางไว้บนเรือสินค้าซึ่งออกแบบมาเป็นพิเศษสำหรับใช้ในการขนส่งสินค้า และท่าเรือที่จะมารองรับเรือประเภทนี้จะต้องมีการออกแบบที่เรียกว่า Terminal Design เพื่อให้มีความเหมาะสมทั้งในเชิงวิศวกรรมและสิ่งแวดล้อม โดยจะต้องประกอบด้วยท่าเทียบเรือ เขื่อนกั้นคลื่น รวมถึงสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ

ลักษณะของตู้คอนเทนเนอร์ (Container Box)

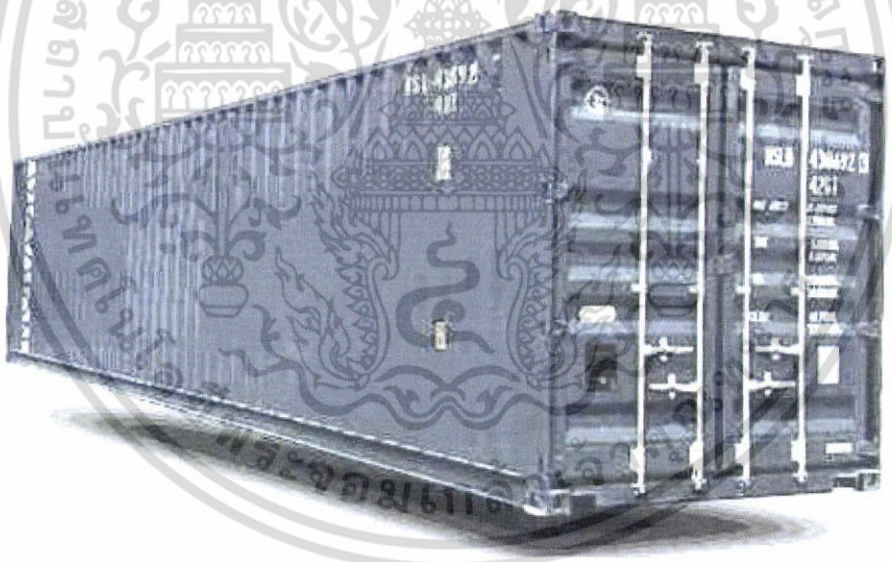
ตู้คอนเทนเนอร์ที่เป็นตู้ขนาดมาตรฐานอาจทำด้วยเหล็กหรือ อลูมิเนียม มีขนาดมาตรฐานตาม ISO 2 แบบคือ 20 ฟุต และ 40 ฟุตโดยมีโครงสร้างภายนอกที่แข็งแรง สามารถวางเรียงซ้อนกันได้ไม่น้อยกว่า 10 ชั้น โดยจะมีที่ยึด (Slot) เพื่อให้แต่ละตู้ยึดติดกัน โดยส่วนใหญ่แล้วจะมีประตู 2 บาน ซึ่งจะมีรายละเอียดต่างๆ เช่น หมายเลขตู้ (Container Number) น้ำหนักของสินค้าบรรจุสูงสุด ฯลฯ เมื่อปิดตู้แล้วจะมีที่ล็อกตู้ซึ่งใช้ในการคล้องผนึก (Seal) ซึ่งแต่เดิมนั้นเป็นตะกั่ว แต่ปัจจุบันจะเป็นพลาสติกที่มีหมายเลขกำกับ สำหรับไว้ใช้ในการบ่งชี้สถานะภาพของตู้ ซึ่งได้มีการพัฒนาไปถึงผนึกอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Seal) ซึ่งทำให้สามารถติดตามหาตำแหน่งของการเคลื่อนย้ายตู้คอนเทนเนอร์ได้ และ ภายในตู้คอนเทนเนอร์จะมีพื้นที่สำหรับใช้ในการวางและบรรจุสินค้าโดย ตู้คอนเทนเนอร์ ที่ใช้ในการจัดวางลงบนเรือสินค้า มีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุต เป็นตู้ที่มีความยาว 20.0 ฟุต กว้าง 8.0 ฟุต และ สูง 8.6 ฟุต โดยมีพื้นที่สำหรับบรรจุได้สูงสุดประมาณ 32.0 - 33.5 CUM (คิวบิกเมตร) และน้ำหนักสูงสุดบรรจุได้ไม่เกิน 27 ตัน

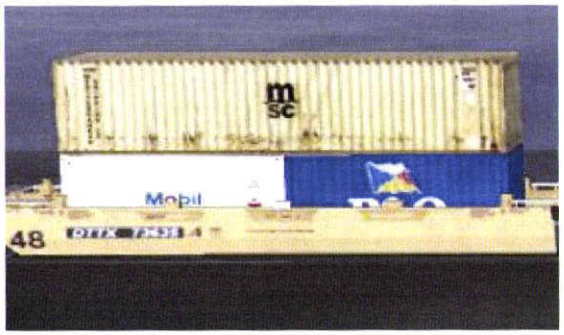
รูปที่ 2.1 ตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุต [4]

- ตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 40 ฟุต เป็นตู้ที่มีความยาว 40.0 ฟุต กว้าง 8.0 ฟุต และ สูง 8.6 ฟุต โดยโดยมีพื้นที่สำหรับบรรจุได้สูงสุดประมาณ 76.40 - 76.88 CUM และน้ำหนักสูงสุดบรรจุได้ไม่เกิน 32.5 ตัน



รูปที่ 2.2 ตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 40 ฟุต [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 การเปรียบเทียบขนาดของตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุต และ 40 ฟุต [6]

ในการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์นั้นตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 40 ฟุตจะต้องการพื้นที่เท่ากับตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุต 2 ตู้วางติดกัน โดยที่ในการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ซ้อนทับกันนั้น ตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 40 ฟุตจะไม่สามารถวางซ้อนทับกับตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุตที่วางติดกัน 2 ตู้ได้ และตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุตก็ไม่สามารถวางซ้อนทับกับตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 40 ฟุตได้เช่นกัน

ประเภทของตู้คอนเทนเนอร์

- Dry Cargoes คือ ตู้คอนเทนเนอร์ที่ใส่สินค้าทั่วไปที่มีการบรรจุหีบห่อหรือภาชนะต้องเป็นสินค้าที่ไม่ต้องการรักษาอุณหภูมิ โดยสินค้าที่จะจัดเข้าตู้คอนเทนเนอร์นั้นจะต้องมีการจัดทำที่กั้นไม่ให้มีสินค้าเลื่อนหรือขยับ ซึ่งอาจจะใช้ถุงกระดาษที่มีการเป่าลม (Balloon Bags) มาวางอัดไว้ในช่องว่างระหว่างสินค้ากับตัวตู้คอนเทนเนอร์ หรืออาจใช้ไม้มาปิดกั้นที่ผนังของหน้าตู้คอนเทนเนอร์ (Wooden Partition) หรือหากถ้าใช้เชือกไนลอนในการรัดหน้าตู้ก็จะเรียกว่า Lashing
- Refrigerator Cargoes คือ ตู้คอนเทนเนอร์ประเภทที่มีเครื่องปรับอากาศ โดยมีการปรับอุณหภูมิภายในตู้คอนเทนเนอร์ ซึ่งตามมาตรฐานแล้วตู้คอนเทนเนอร์ต้องสามารถปรับอุณหภูมิได้อย่างน้อย -18 องศาเซลเซียส โดยเครื่องปรับอากาศนี้จะติดอยู่กับตัวตู้คอนเทนเนอร์ และมีปลั๊กไฟเพื่อต่อกับกระแสไฟฟ้าจากนอกตู้คอนเทนเนอร์ โดยจะต้องมีหน้าปัดแสดงอุณหภูมิให้เห็นถึงสถานะของอุณหภูมิของตู้คอนเทนเนอร์
- Garment Container คือ ตู้คอนเทนเนอร์ที่ออกแบบสำหรับใช้ในการบรรจุสินค้าประเภทเสื้อผ้า โดยจะมีราวสำหรับแขวนเสื้อผ้า ซึ่งส่วนใหญ่มักจะใช้กับเสื้อผ้าที่ไม่ต้องการการพับหรือบรรจุใส่หีบห่อ (Packing) ซึ่งจะมีผลทำให้เสื้อผ้ามีการยับหรือไม่สวยงาม
- Open Top คือ ตู้คอนเทนเนอร์ที่ส่วนใหญ่จะต้องเป็นตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 40 ฟุต โดยจะออกแบบมาไม่ให้มีหลังคา ใช้สำหรับวางสินค้าที่ขนาดใหญ่ เช่น เครื่องจักรซึ่งไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถบรรจุ หรือเคลื่อนย้ายผ่านประตูของตู้คอนเทนเนอร์ได้ จึงต้องทำการบรรจุสินค้าโดยการยกตัวสินค้าวางในส่วนบนของตู้คอนเทนเนอร์แทน

- Flat-rack คือ ตู้คอนเทนเนอร์ที่มีพื้นราบมีขนาดความกว้างและความยาว ตามขนาดมาตรฐานของตู้คอนเทนเนอร์ โดยลักษณะของตู้จะคล้ายกับตู้คอนเทนเนอร์มาตรฐาน แต่จะมีพื้นของตู้ในลักษณะของแท่น ใช้สำหรับใส่สินค้าที่มีลักษณะเป็นพิเศษ เช่น เครื่องจักร แท่งหิน ประติมากรรม รถแทรกเตอร์

เรือบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ (Container Vessel)

เป็นเรือที่ออกแบบมาสำหรับใช้ในการบรรทุกตู้สินค้าโดยเฉพาะ เรือสินค้าแต่ละลำอาจจะมีปั้นจั่นสำหรับยกตู้คอนเทนเนอร์ที่เรียกว่า Quay Cranes ประมาณ 1-4 ตัว โดยปั้นจั่นแต่ละตัวจะลำเลียงตู้คอนเทนเนอร์ ซึ่งวางอยู่ตามความลึกของเรือ และมีการวางตู้คอนเทนเนอร์เรียงกันเป็นแนวตั้ง ในปัจจุบันเรือบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์สามารถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ได้โดยเฉลี่ยประมาณ 2,700 Twenty-foot Equivalent Unit (TEU) และเรือที่มีขนาดใหญ่กว่าปกติเราจะเรียกว่า SX Class หรือ Super PostPanamaxx ซึ่งจะมีความยาวโดยเฉลี่ย 320x330 เมตร กินน้ำลึกประมาณ 13 - 14 เมตร และมีความกว้างสามารถวางตู้คอนเทนเนอร์ได้ประมาณ 20 - 22 แถว ซึ่งสามารถบรรทุกตู้สินค้าได้สูงสุดถึง 8,000 TEU ซึ่งในอนาคตนี้กำลังมีการต่อเรือที่มีขนาดใหญ่ขึ้นไปอีก ซึ่งจะเรียกว่า Malaccamax ซึ่งสามารถขนย้ายตู้คอนเทนเนอร์ได้ 18,000 TEU ซึ่งยิ่งเรือมีขนาดใหญ่ขึ้นนี้จะมีผลทำให้ต้นทุนโดยรวมของการขนส่งลดลง

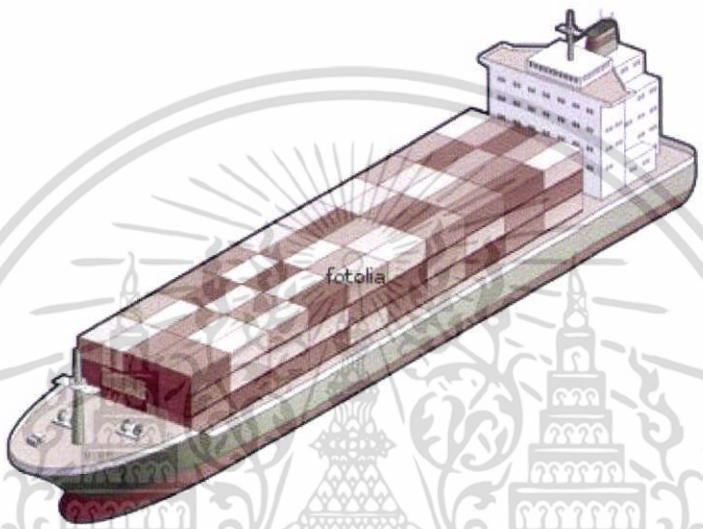
การจัดตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือสินค้า

การจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือสินค้านั้นรูปแบบที่ใช้ในปัจจุบัน จะจัดตู้คอนเทนเนอร์ที่มีน้ำหนักมากอยู่ด้านล่าง แล้ววางตู้คอนเทนเนอร์ที่มีน้ำหนักเบากว่าซ้อนทับกันไปเรื่อยๆ โดยสิ่งที่คำนึงถึงลำดับถัดมาคือ การจัดวางตู้คอนเทนเนอร์โดยให้จุดหมายปลายทางไกลที่สุดลงเรือสินค้าก่อน แล้วถัดมาเป็นตู้คอนเทนเนอร์ที่มีจุดหมายปลายทางถัดขึ้นมาทั้งนี้เพื่อ ให้การนำตู้คอนเทนเนอร์ที่มีหมายปลายทางต้นๆ สามารถขนย้ายออกได้สะดวก แต่เนื่องจากการที่จัดเรียงตามจุดหมายปลายทางนั้น ถ้าจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์เฉพาะของจุดหมายปลายทางสุดท้ายลงทั้งหมดก่อน อาจจะทำให้ไม่สามารถจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ของจุดหมายถัดไปได้ เนื่องจากรูปแบบการจัดเรียงตามน้ำหนักที่ได้กล่าวข้างต้น จึงเลือกจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ที่มีจุดหมายปลายทางเดียวกันให้อยู่ใกล้กันทั้งแนวดิ่งและแนวราบ

ในบางครั้งการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์จำเป็นจะต้องให้ตู้คอนเทนเนอร์ของจุดหมายปลายทางที่ไกลกว่าวางซ้อนทับกับตู้คอนเทนเนอร์ที่มีจุดหมายปลายทางใกล้กว่า เพื่อให้เรือมีความเสถียรภาพและความปลอดภัย ซึ่งปัญหาที่กล่าวมานี้เป็นส่วนหนึ่งของปัจจัยทางด้านต้นทุน เพราะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อต้องย้ายตู้คอนเทนเนอร์ออกจากเรือตามจุดหมายปลายทางต่างๆ แล้วจะต้องทำการย้ายตู้คอนเทนเนอร์ที่ขัดขวางการขนย้ายตู้คอนเทนเนอร์ที่ต้องการออกไปไว้ที่อื่นก่อน ถึงจะสามารถย้ายตู้คอนเทนเนอร์ที่ต้องการได้ และเมื่อย้ายตู้คอนเทนเนอร์ที่ต้องการออกแล้วก็จะนำตู้ที่ย้ายออกไปชั่วคราวกลับที่เดิม และในบางครั้งเนื่องจากข้อจำกัดด้านต่างๆ ของการวางตู้คอนเทนเนอร์ หลังจากนำตู้คอนเทนเนอร์ออกจากเรือในแต่ละจุดหมายแล้ว จะต้องทำการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ใหม่อีกครั้ง เพื่อให้เรือเกิดความสมดุลของน้ำหนัก ซึ่งกิจกรรมที่ได้กล่าวมานี้ถือเป็นปัจจัยที่สำคัญของต้นทุนด้านหนึ่ง



รูปที่ 2.4 การจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ภายในเรือสินค้า [7]

2.2 ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm)

ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm) [8] เป็นวิธีการที่พัฒนามาจากขั้นตอนทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตจากการวิวัฒนาการ หรือการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตเป็นวิธีการค้นหาคำตอบเหมาะสมที่สุดตรงกับความสัมพันธ์ของข้อมูล ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมได้รับการจัดให้เป็นวิธีหนึ่งในกลุ่มของการคำนวณเชิงวิวัฒนาการ ซึ่งปัจจุบันเป็นที่ยอมรับในประสิทธิภาพมีการนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวาง โดยขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมมีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

2.2.1 การเข้ารหัสโครโมโซม (Chromosome Encoding) คือรูปแบบโครโมโซมที่ใช้ในการนำเสนอทางเลือกที่สามารถจะเป็นไปได้ของแต่ละปัญหา โดยที่รูปแบบโครโมโซมที่ได้จากปัญหา ในการถอดรหัสนั้นจะขึ้นอยู่กับปัญหาและในปัจจุบันปัญหามีมากมาย จึงทำให้รูปแบบของโครโมโซมมีความแตกต่างกันออกไปตามปัญหานั้นๆ เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **การเข้ารหัสแบบทวิภาค (Binary)** สามารถเขียนโดยให้แทนที่ยีนทุกตำแหน่งบนโครโมโซมจะมีค่าเป็น 0 หรือ 1

Chromosome A	10100010110010101101
Chromosome B	11001010000011000111

รูปที่ 2.5 การเข้ารหัสแบบทวิภาค

- **การเข้ารหัสแบบมูลค่า (Value Encoding)** สามารถเขียนโดยแทนที่ยีนทุกตำแหน่งบนโครโมโซมให้มีมูลค่า ที่สามารถเชื่อมโยงไปยังปัญหาที่ต้องการผลเฉลยได้ เช่น ตัวอักษร จำนวนจริง คำสั่ง หรืออื่นๆ รูปแบบโครโมโซมแบบนี้สามารถใช้ได้กับปัญหาที่ค่อนข้างซับซ้อนได้

Chromosome A	1.2324 5.3243 0.4556 2.3293 2.4545
Chromosome B	ABDJEIFJDHDIERJFDLDFLFEGTYT
Chromosome C	(up), (down), (right), (down), (left)

รูปที่ 2.6 การเข้ารหัสแบบมูลค่า

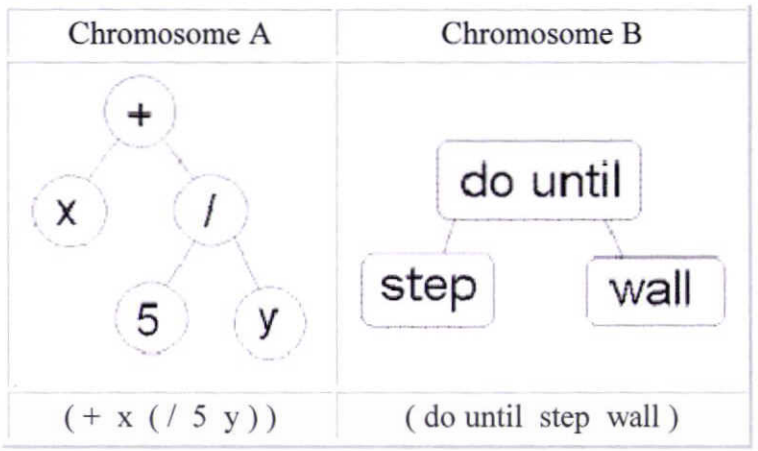
- **การเข้ารหัสแบบการเรียงสับเปลี่ยน (Permutation Encoding)** นั้นสามารถใช้ได้กับการหาผลเฉลยในรูปแบบการจัดเรียงเป็นลำดับ เช่นปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย หรือปัญหาที่ต้องการลำดับของการทำงานเป็นต้น โดยที่การเข้ารหัสแบบการเรียงสับเปลี่ยนนั้น สามารถเขียนได้โดยแทนที่ยีนทุกตำแหน่งบนโครโมโซมนั้นให้อยู่ในรูปแบบของตัวเลขเท่านั้น และอยู่ในรูปแบบของการจัดลำดับ โดยเริ่มจากการสุ่มค่าของยีนให้บรรจุลงในโครโมโซมโดยที่ยังไม่มีความสนใจค่าความเหมาะสมของโครโมโซม

Chromosome A	1	5	3	2	6	4	7	9	8
Chromosome B	8	5	6	7	2	3	1	4	9

รูปที่ 2.7 การเข้ารหัสแบบการเรียงสับเปลี่ยน

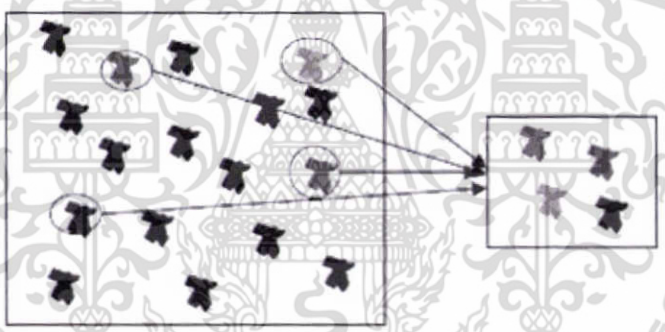
- **การเข้ารหัสแบบต้นไม้ (Tree Encoding)** นั้นจะเขียนให้อยู่ในรูปแบบของนิพจน์ โดยให้ทุกๆโครโมโซมจะแสดงถึงบางวัตถุประสงค์ของปัญหา เช่น ฟังก์ชัน (Function) คำสั่งงาน (Command) ในภาษาคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 การเข้ารหัสแบบต้นไม้ [8]

2.2.2 ประชากรเริ่มต้น (Initial Population) คือ ประชากรต้นกำเนิดที่จะนำเข้าไปในกระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โดยการสุ่มเลือกประชากรต้นกำเนิดขึ้นมาเพื่อใช้เป็นจุดเริ่มต้นของขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม โดยประชากรต้นกำเนิดจะเกิดจากการสุ่มเลือกขึ้นมาจากกลุ่มของประชากรทั้งหมดที่มีอยู่



รูปที่ 2.9 การเลือกสุ่มเลือกประชากรต้นกำเนิด

2.2.3 ฟังก์ชันค่าความเหมาะสม (Fitness Function) เป็นวิธีสำหรับประเมินค่าความเหมาะสมเพื่อให้คะแนนแต่ละคำตอบ โดยที่โครโมโซมทุกตัวจะมีค่าความเหมาะสมของตังเองเพื่อใช้พิจารณาว่าโครโมโซมตัวนั้นเหมาะสมหรือไม่ ที่จะนำมาใช้ในการสืบทอดพันธุกรรมสำหรับสร้างโครโมโซมรุ่นต่อไป ซึ่งวิธีการประเมินค่าความเหมาะสมนั้นจะขึ้นอยู่กับแต่ละปัญหาว่าจะกำหนดอย่างไร เช่นปัญหาการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์บนเรือสินค้าอาจจะกำหนดค่าความเหมาะสมคือ เรือมีความเสถียรภาพของน้ำหนักตู้คอนเทนเนอร์อาจจะวัดจากการหักลบน้ำหนักกันระหว่างน้ำหนักทางด้านหน้า-หลัง ของเรือเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ตัวดำเนินการทางพันธุกรรม (Genetic Operator) ประกอบไปด้วย 2 กระบวนการย่อยด้วยกันคือ การข้ามสายพันธุ์และการกลายพันธุ์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญที่สุดสำหรับขั้นตอนทางพันธุกรรม ซึ่งสามารถอธิบายการทำงานของแต่ละกระบวนการได้ดังนี้

- **การข้ามสายพันธุ์ (Crossover)** คือการนำโครโมโซม 2 โครโมโซมคือ โครโมโซมพ่อและโครโมโซมแม่มาทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลกัน เพื่อให้ได้โครโมโซมใหม่ขึ้นมา ซึ่งโครโมโซมที่ได้รับการแลกเปลี่ยนข้อมูลแล้วนั้นจะเรียกว่า โครโมโซมลูก วิธีการที่ง่ายที่สุดของการแลกเปลี่ยนข้อมูล คือการสุ่มตำแหน่งที่ต้องการข้ามสายพันธุ์มา 1 ตำแหน่ง และทำการคัดลอกทุกยีนที่อยู่หน้าตำแหน่งที่ต้องการข้ามสายพันธุ์ของพ่อ และคัดลอกทุกยีนหลังตำแหน่งที่ต้องการข้ามสายพันธุ์ของแม่มารวมกันจะได้โครโมโซมลูกตัวที่ 1 จากนั้นทำการคัดลอกทุกยีนที่อยู่หน้าตำแหน่งที่ต้องการข้ามสายพันธุ์ของแม่ และคัดลอกทุกยีนหลังตำแหน่งที่ต้องการข้ามสายพันธุ์ของพ่อรวมกันจะได้ลูกตัวที่ 2

จากรูปที่ 2.10 ตำแหน่งที่สุ่มขึ้นมาเพื่อทำการข้ามสายพันธุ์คือ ตำแหน่งยีนตัวที่ 5 ของโครโมโซมพ่อและโครโมโซมแม่ ดังนั้นทำการคัดลอกยีนจากโครโมโซมของพ่อตั้งแต่ยีนตำแหน่งแรกจนถึงยีนตำแหน่งที่ 5 และยีนจากโครโมโซมของแม่ตั้งแต่ยีนตำแหน่งที่ 6 จนถึงยีนตำแหน่งสุดท้ายมารวมกันจะได้โครโมโซมลูกตัวที่ 1 และทำการคัดลอกยีนจากโครโมโซมของพ่อตั้งแต่ยีนตำแหน่งที่ 6 จนถึงยีนตำแหน่งสุดท้าย และยีนจากโครโมโซมของแม่ตั้งแต่ยีนตำแหน่งแรกจนถึงยีนตำแหน่งที่ 5 มารวมกันจะได้โครโมโซมลูกตัวที่ 2

Chromosome พ่อ	1101100100110110
Chromosome แม่	1101011000011110
Chromosome ลูกตัวที่1	1101111000011110
Chromosome ลูกตัวที่2	1101000100110110

รูปที่ 2.10 การข้ามสายพันธุ์

- **การกลายพันธุ์ (Mutation)** หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการข้ามสายพันธุ์แล้ว ทำการสุ่มตำแหน่งของโครโมโซมรุ่นลูกตัวที่ 1 ขึ้นมา 1 ตำแหน่ง และสุ่มตำแหน่งของโครโมโซมรุ่นลูกตัวที่ 2 ขึ้นมาอีก 1 ตำแหน่ง แล้วทำการสลับค่ากันระหว่างตำแหน่งที่สุ่มได้ของโครโมโซมรุ่นลูกทั้ง 2 ซึ่งการกลายพันธุ์นั้นทางพันธุศาสตร์จะทำให้ได้โครโมโซมที่มีลักษณะใหม่ๆ เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.11 แสดงขั้นตอนวิธีการกลายพันธุ์ โดยเริ่มจากสุ่มตำแหน่งยีนภายในโครโมโซมพ่อและโครโมโซมแม่มา 1 ตำแหน่ง ซึ่งตำแหน่งยีนที่สุ่มได้ของโครโมโซมลูกตัวที่ 1 คือยีนตำแหน่งที่ 7 และตำแหน่งยีนที่สุ่มได้ของโครโมโซมลูกตัวที่ 2 คือ ยีนตำแหน่งที่ 4 จากนั้นทำการแลกเปลี่ยนยีนกัน โดยยีนที่สุ่มได้จากโครโมโซมลูกตัวที่ 2 จะไปแทนที่ยีนที่สุ่มได้จากโครโมโซมลูกตัวที่ 1 ซึ่งจะได้โครโมโซมใหม่ตัวที่ 1 และยีนที่สุ่มได้จากโครโมโซมลูกตัวที่ 1 จะไปแทนที่ยีนที่สุ่มได้จากโครโมโซมลูกตัวที่ 2 ซึ่งจะได้โครโมโซมใหม่ตัวที่ 2

Chromosome ลูกตัวที่ 1	1101111000011110
Chromosome ลูกตัวที่ 2	1101100100110110
Chromosome ใหม่ตัวที่ 1	1100111000011110
Chromosome ใหม่ตัวที่ 2	1101101100110110

รูปที่ 2.11 การกลายพันธุ์

2.2.5 พารามิเตอร์ (Parameter) คือ จำนวนประชากรที่ใช้ในการสร้างโครโมโซมรุ่นถัดไป ซึ่งถ้ากำหนดให้มีจำนวนโครโมโซมน้อยเกินไป อาจจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากกระบวนการข้ามสายพันธุ์ และการกลายพันธุ์เพียงเล็กน้อยหรือถ้ากำหนดให้มีจำนวนโครโมโซมในแต่ละรุ่นมากเกินไป จะทำให้ขั้นตอนทางพันธุกรรมประมวลผลได้ช้าลง

หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการข้ามสายพันธุ์และการกลายพันธุ์แล้วจะทำการคำนวณซ้ำเพื่อหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดของปัญหา โดยเราอาจมีหลักเกณฑ์ในการหาผลลัพธ์ได้ดังนี้

- ถ้ายังไม่พบผลลัพธ์ที่ต้องการ แต่ครบจำนวนรอบการทำซ้ำที่ได้กำหนดไว้แล้วจะหยุดทำการค้นหา และนำผลลัพธ์ที่ดีที่สุดมาเป็นผลลัพธ์ของปัญหา
- ทำการค้นหาจนพบเป้าหมายหรือคำตอบที่ต้องการ ก็จะหยุดทำการค้นหาและนำผลลัพธ์ที่ได้มาเป็นผลลัพธ์ของปัญหา
- หากพบว่าผลลัพธ์ที่ได้ของแต่ละรุ่นไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือ มีแนวโน้มของคำตอบที่แย่ลง ก็จะหยุดการทำการค้นหา และนำผลลัพธ์ที่ดีที่สุดมาเป็นผลลัพธ์ของปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ปัญหากำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม (Integer Linear Programming)

ปัญหากำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม (Integer Linear Programming) เป็นกรณีพิเศษสำหรับปัญหากำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming) โดยที่ผลเฉลยของกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มนั้นจะต้องอยู่ในรูปของจำนวนเต็มเท่านั้น หรือบางกรณีที่ต้องการคำตอบในการตัดสินใจผลเฉลยจะมีคำตอบเป็น 0 หรือ 1 (Binary Integer Linear Programming) ปัญหากำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม เป็นวิธีทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าเหมาะสมที่สุดของเป้าหมายที่กำหนด และอยู่ภายใต้เงื่อนไขบางประการ โดยเป้าหมายนั้นจะแสดงอยู่ในรูปสมการเส้นตรง สำหรับเงื่อนไขอาจจะอยู่ในรูปสมการหรืออสมการเส้นตรงก็ได้ และทั้งนี้ตัวแปรที่กำหนดทั้งหมดทุกตัวหรือบางตัวจะต้องเป็นจำนวนเต็ม

2.3.1 โครงสร้างของกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม

โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ของกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม แบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนที่สำคัญได้แก่

1. **ส่วนตัวแปร (Decision Variables)** แสดงถึงตัวแปรซึ่งเป็นผลเฉลยของกำหนดการว่าประกอบด้วยตัวแปรใดบ้าง และตัวแปรเหล่านั้นจะต้องไม่มีค่าในทางลบทั้งนี้ ทุกตัวแปรหรือบางตัวแปรจะต้องเป็นจำนวนเต็ม
2. **ส่วนเป้าหมาย (Objective)** เป็นส่วนที่แสดงถึงวัตถุประสงค์ของกำหนดการว่าต้องการค่าสูงสุดหรือค่าต่ำสุด และต้องแสดงอยู่ในรูปสมการเส้นตรง
3. **ส่วนเงื่อนไข (Constraints)** แสดงถึงข้อจำกัดของเงื่อนไขซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบของสมการ และ/หรือ อสมการเส้นตรงก็ได้

2.3.2 ประเภทของกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม

เนื่องด้วยเหตุที่กำหนดการจำนวนเต็ม คือกำหนดการเชิงเส้นที่ต้องการค่าตัวแปรทุกตัวหรือตัวใดตัวหนึ่งเป็นจำนวนเต็ม จึงสามารถแบ่งประเภทของกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม ได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. **กำหนดการจำนวนเต็มแท้ (Pure Integer Programming)** คือกรณีที่กำหนดตัวแปรทั้งหมดทุกตัวเป็นจำนวนเต็ม
2. **กำหนดการจำนวนเต็มผสม (Mixed Integer Programming)** คือกรณีที่มีการกำหนดตัวแปรบางตัวเป็นจำนวนเต็ม และมีตัวแปรบางตัวที่ไม่เป็นจำนวนเต็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 แบบจำลองโปรแกรมกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มของปัญหาการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ (Integer Programming Models)

ปัญหาการจัดตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือสินค้าอยู่ในรูปแบบอสมการ [9] สามารถที่จะสร้างแบบจำ ลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยฟังก์ชันวัตถุประสงค์ คือ

Min $$\sum_{i\in I}\sum_{j\in R_i}\sum_{k\in T_{ij}}\sum_{c\in C_P\cup\tilde{C}_P} x_{ijk}s_c \qquad (2.1)$$

เงื่อนไข $$\sum_{i\in I}\sum_{j\in R_i}\sum_{k\in T_{ij}}\sum_{c\in C_P\cup\tilde{C}_P} x_{ijk}w_c \le Q \qquad (2.2)$$

$$-Q_1 \le \sum_{i\in A}\sum_{j\in R_i}\sum_{k\in T_{ij}}\sum_{c\in C_P\cup\tilde{C}_P} x_{ijk}w_c - \sum_{i\in B}\sum_{j\in R_i}\sum_{k\in T_{ij}}\sum_{c\in C_P\cup\tilde{C}_P} x_{ijk}w_c \le Q_2 \qquad (2.3)$$

$$-Q_3 \le \sum_{i\in I}\sum_{j\in LR_i}\sum_{k\in T_{ij}}\sum_{c\in C_P\cup\tilde{C}_P} x_{ijk}w_c - \sum_{i\in I}\sum_{j\in RR_i}\sum_{k\in T_{ij}}\sum_{c\in C_P\cup\tilde{C}_P} x_{ijk}w_c \le Q_3 \qquad (2.4)$$

ตัวแปรการตัดสินใจ

x_{ijk} คือ มีค่าเป็น 1 ถ้าตู้คอนเทนเนอร์ c ถูกจัดลงตำแหน่ง ijk
มีค่าเป็น 0 ถ้าเป็นอย่างอื่น

s_c คือ มีค่าเป็น 1 ถ้าตู้คอนเทนเนอร์ c ขนาด 20 ฟุต
มีค่าเป็น 2 ถ้าตู้คอนเทนเนอร์ c ขนาด 40 ฟุต

ข้อมูลและสัญลักษณ์อื่นๆ

i คือ ตำแหน่งบนเรือสินค้าตามความสูงของเรือ

j คือ ตำแหน่งบนเรือสินค้าตามความยาวของเรือ

k คือ ตำแหน่งบนเรือสินค้าตามความกว้างของเรือ

I คือ เซตของกลุ่มตู้คอนเทนเนอร์ตามความกว้างของเรือ (bay)

A คือ เซตของกลุ่มตู้คอนเทนเนอร์ตามความกว้างของเรือส่วนหน้า

B คือ เซตของกลุ่มตู้คอนเทนเนอร์ตามความกว้างของเรือส่วนหลัง

R_i คือ เซตของแถวภายในกลุ่มตู้คอนเทนเนอร์ตามความกว้างของเรือ i

T_{ij} คือ เซตของชั้นภายในกลุ่มตู้คอนเทนเนอร์ตามความกว้างของเรือ i และแถว j ของ R_i

P คือ เซตของจุดหมายปลายทาง

C_P คือ เซตของตู้คอนเทนเนอร์ โดยที่ $C_P = 1,2,\ldots,|P|$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\tilde{C}_P$ คือ เซตของตู้คอนเทนเนอร์ซึ่งถูกยกลงในจุดหมายปลายทางที่ i โดยที่ $i=\{1,2,\ldots,(P-1)\}$

m_f คือ จำนวนสูงสุดของตู้คอนเทนเนอร์ c ขนาด 40 ฟุต ที่สามารถจัดลงเรือได้

m_t คือ จำนวนสูงสุดของตู้คอนเทนเนอร์ c ขนาด 20 ฟุต ที่สามารถจัดลงเรือได้

w_c คือ น้ำหนักของตู้คอนเทนเนอร์ c

Q คือ น้ำหนักสูงสุดของเรือที่สามารถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ได้

Q_1, Q_2, Q_3 คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่สามารถยอมรับได้สำหรับความมีเสถียรภาพของเรือ

สมการข้างต้นสามารถสรุปความหมายได้ดังนี้

- สมการที่ (2.1) คือ จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ c โดยเทียบขนาดกับตู้คอนเทนเนอร์ c ที่มีขนาด 20 ฟุต
- สมการที่ (2.2) คือ น้ำหนักรวมของตู้คอนเทนเนอร์ c ต้องไม่มากกว่าน้ำหนักสูงสุดที่เรือสามารถบรรทุกได้
- สมการที่ (2.3) คือ ความต่างระหว่างน้ำหนักรวมของตู้คอนเทนเนอร์ c ทางหัวเรือและท้ายเรือ ต้องอยู่ในช่วงของความคลาดเคลื่อนที่สามารถยอมรับได้ สำหรับความมีเสถียรภาพของเรือ
- สมการที่ (2.4) คือ ความต่างระหว่างน้ำหนักรวมของตู้คอนเทนเนอร์ c ทางขวาของเรือและทางซ้ายเรือ ต้องอยู่ในช่วงของความคลาดเคลื่อนที่สามารถยอมรับได้ สำหรับความมีเสถียรภาพของเรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี 2004 Ambrosino [10] ได้มีการนำเสนอการจัดตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือสินค้าโดยใช้หลักการของกำหนดการจำนวนเต็ม 0-1 มาช่วยในการจัดวางตำแหน่งของตู้คอนเทนเนอร์ และได้นำกระบวนการทางฮิวริสติกส์ (Heuristics) มาใช้คำนวณซ้ำเพื่อความยืดหยุดของการจัดวางตำแหน่งของตู้คอนเทนเนอร์หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการกำหนดการจำนวนเต็ม 0-1

โดยการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือสินค้านั้นทางผู้วิจัยได้ทำการแยกจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์แบ่งตามปลายทางของตู้นั้นๆ และทำการจัดเรียง

Assign bays $b/2$ and $b/2+1$ to C_1;
if $(p >= 3)$ then assign bays $b/2-1$ to C_2 and bay $b/2+2$ to C_3;
else assign bays $(b/2-1$ and $b/2+2)$ to C_2;
for $(i=1$ to $b/2-1)$ and $(i=b/2+3$ to $b)$
for $h=p$ down to $2)$
Assign alternatively bay I to C_h

ซึ่งเป็นการจัดวางตำแหน่งของตู้คอนเทนเนอร์อย่างง่าย โดยไม่ได้คำนึงถึงความเสถียรภาพของเรือ และในตอนท้ายของบทความได้ทำการเปรียบเทียบความเร็วและการใช้งาน CPU ของแบบจำลองที่ได้ทำการทดลองระหว่างการทดลองปกติ การทดลองที่ตัดข้อจำกัดของการวางตู้คอนเทนเนอร์ที่ปลายทางไกลกว่าจะต้องลงก่อน และทางผู้วิจัยได้ให้ข้อเสนอที่ว่า การใช้กำหนดการจำนวนเต็ม 0-1 มาเพื่อการคำนวณเพียงอย่างเดียวนั้นไม่สามารถที่จะนำไปใช้ได้อย่างจริงสำหรับกรณีที่มีขนาดใหญ่ จึงต้องทำการประยุกต์โดยนำฮิวริสติกส์มาคำนวณซ้ำ เพื่อช่วยให้เกิดความยืดหยุ่นของการจัดตำแหน่งของตู้คอนเทนเนอร์

ในปี 2009 Wei [11] ได้มีการนำเสนอขั้นตอนวิธีแบบใหม่ซึ่งเกิดจากการนำระเบียบวิธีการลดความเหมาะสมที่ดีที่สุด (Best Fit Decreasing - BFD) มาปรับปรุงใหม่ โดยใช้ชื่อว่าวิธีการลดความเหมาะสมที่ดีที่สุดปรับปรุง (Revised Best Fit Decreasing - RBFD) ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้

1. หาตำแหน่งว่างที่ยังไม่มีตู้คอนเทนเนอร์วาง
2. คำนวณจำนวนของตู้คอนเทนเนอร์โดยแบ่งกลุ่มตามจุดหมายปลายทาง (n) และตู้คอนเทนเนอร์ที่ควรจะจัดวางลงเรือเป็นอับดับแรก (s)
3. ถ้า $n \le s$ จัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ n ลงในตำแหน่งที่ว่าง และให้ $s=s-n$, ไม่เช่นนั้น จัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ s ลงในตำแหน่งที่ว่าง และให้ $n=n-s$
4. ค้นหาตำแหน่งว่างของสำหรับวางตู้คอนเทนเนอร์ในหลักปัจจุบันตามความยาวของเรือเป็นระยะ $2(p-1)$ ตำแหน่ง และกลับไปทำใหม่ในตามหัวข้อที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. จัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ตามขั้นตอนวิธี Best Fit และบันทึกตำแหน่งของตู้คอนเทนเนอร์

จากหลักการข้างต้นนี้ จะเห็นได้ว่าขั้นตอนวิธีนี้เหมาะสำหรับการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ สำหรับจุดหมายปลายทางเดียวเท่านั้น ซึ่งตามความเป็นจริงแล้วนั้นการขนส่งสินค้าทางเรือแต่ละครั้งมักจะมีมากกว่าหนึ่งจุดหมายปลายทาง

1. จัดกลุ่มตู้คอนเทนเนอร์ ตามจุดหมายปลายทาง
2. เรียกใช้ขั้นตอนวิธีข้างต้นเพื่อจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ลงในจุดหมายปลายทาง p ให้ $p = p - 1$
3. ถ้า $p = 0$ เสร็จสินการคำนวณ หรือไม่เช่นนั้นกลับไปทำตามข้อ 2 ของขั้นตอนวิธีข้างต้น

ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งวิเคราะห์ผลของขั้นตอนวิธีนี้ออกเป็น 3 ประเภท

1. การเปรียบเทียบค่าของความสูงจุดเปลี่ยนศูนย์เสถียร (Metacentric Height - GM)
   ความสูงจุดเปลี่ยนศูนย์เสถียร คือค่าที่ใช้วัดความสามารถในการทรงตัวของเรือ ขั้นตอนวิธีของ BFDและRBFD ได้ผลเฉลยใกล้เคียงกันเนื่องจากว่าขั้นตอนวิธีมีหลักการทำงานลักษณะเดียวกัน
2. การเปรียบเทียบค่าของความเค้นในทิศทางตามยาว (Longitudinal Stress - Ms)
   ความเค้นในทิศทางตามยาว คือแรงต่อหน่วยพื้นในเนื้อของสสารและวัตถุที่ถูกกระทำในทิศทางตามยาวของเรือ ที่ขั้นตอนวิธีของ RBFD สามารถลดค่าความเค้นในทิศทางตามยาวได้ดีกว่าขั้นตอนวิธีของ BFD
3. การเปรียบเทียบจำนวนครั้งของการถือครอง (Re-Handle)
   ขั้นตอนวิธีของ RBFD สามารถลดจำนวนครั้งของการถือครองได้ดีกว่าขั้นตอนวิธีของ BFD

ในปี 2006 Ambrosino [12] ได้มีการนำเสนอการจัดตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือสินค้าโดยใช้หลักการของกำหนดการจำนวนเต็ม 0-1 มาช่วยในการจัดวางตำแหน่งของตู้คอนเทนเนอร์ โดยการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือสินค้า ทางผู้วิจัยได้ทำการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์โดยแบ่งเป็นกลุ่มตามปลายทางของตู้คอนเทนเนอร์ และใช้กระบวนการทางฮิวริสติกส์มาคำนวณซ้ำเพื่อความยืดหยุ่นและความมีเสถียรภาพของเรือ ในการจัดวางตำแหน่งของตู้คอนเทนเนอร์หลังจากเสร็จสิ้นกำหนดการจำนวนเต็ม 0-1

ผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการจัดการความเสถียรของเรือซึ่งสามารถแยกออกได้เป็น 3 วิธีการย่อย ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การแลกเปลี่ยนกันระหว่างตู้คอนเทนเนอร์ภายในฝั่งเดียวกัน เป็นการย้ายตู้คอนเทนเนอร์ใดๆ หรือแลกเปลี่ยนตำแหน่งกันระหว่างตู้คอนเทนเนอร์ 2 ใบจากทางหัวเรือและท้ายเรือโดยไม่มีการข้ามฝั่ง
- การแลกเปลี่ยนกันตู้คอนเทนเนอร์แบบข้ามฝั่ง เป็นการย้ายตู้คอนเทนเนอร์ใดๆหรือแลกเปลี่ยนตำแหน่งกันระหว่างตู้คอนเทนเนอร์ 2 ใบ จากทางซ้ายของเรือและทางขวาของเรือ
- การแลกเปลี่ยนกันตู้คอนเทนเนอร์ระหว่างกลุ่ม (Bay) ของตู้คอนเทนเนอร์ เป็นการย้ายตู้คอนเทนเนอร์ใดๆ หรือแลกเปลี่ยนตำแหน่งกันระหว่างตู้คอนเทนเนอร์ 2 ใบจากกลุ่มเดิมของตู้คอนเทนเนอร์ไปยังกลุ่มใดๆของตู้คอนเทนเนอร์

ในปี 2008 Li [9] ได้นำเสนอการจัดตู้เรียงคอนเทนเนอร์ลงเรือสินค้าแบบมีหลายจุดหมายปลายทาง โดยใช้กำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม มาช่วยในการแก้ปัญหาภายใต้เงื่อนไขน้ำหนักสูงสุดของเรือ และความเสถียรของเรือเป็นปัจจัยหลักในการคำนวณ ซึ่งผู้วิจัยได้ให้ความเห็นว่า ผลเฉลยจากกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มอย่างเดียวนั้นยังไม่มียืดหยุ่นมากเพียงพอในด้านการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือสินค้าและการลดจำนวนครั้งในการถือคลองตู้คอนเทนเนอร์

ในปี 2002 Dubrovsky [13] ได้นำเสนอแนวคิดการจัดตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือสินค้า โดยใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมมาคำนวณหาผลเฉลยของปัญหา ซึ่งทางผู้วิจัยได้พบว่าการใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมเพียงอย่างเดียวนั้น ไม่มีความยืดหยุ่นเพียงพอต่อข้อจำกัดของปัญหาต่างๆ เช่น ปัญหาความมีเสถียรภาพของเรือ หรือปัญหาน้ำหนักของเรือ นอกจากนั้นแล้วผู้วิจัยยังให้ความเห็นว่า ฮิวริสติกส์มีความเหมาะสมสำหรับปัญหาที่เล็กอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะนำเสนอแนวคิดในการปรับปรุงวิธีการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือสินค้าแบบหลายจุดหมายปลายทาง โดยกำหนดให้จุดหมายปลายทางที่ 3 เป็นจุดหมายปลายทางที่ถึงก่อน และจุดหมายปลายทางที่ 2และ1 เป็นจุดหมายลำดับถัดไป โดยจะแบ่งการนำเสนอออกเป็นสองส่วน ส่วนที่หนึ่งจะอธิบายถึงแนวคิดของการจัดเรียงตู้และแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม และส่วนที่สองจะอธิบายถึงขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมแบบแบ่ง (Split Genetic Algorithm) ซึ่งเป็นการปรับปรุงขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมเดิมเพื่อให้สอดคล้องกับปัญหา

3.1 แนวคิดการปรับปรุงวิธีการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือสินค้า

จากปัญหาต่างๆ ของการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือสินค้านั้น จึงมีความคิดที่จะสร้างแบบจำลองการขึ้นมาเพื่อทดสอบวิธีการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ในอีกรูปแบบที่แตกต่างออกไป ซึ่งเป็นวิธีการจัดเรียงที่แตกต่างออกไปจากที่ใช้อยู่จริงในปัจจุบัน โดยการรับข้อมูลของตู้คอนเทนเนอร์ทั้งหมด และทำการแบ่งข้อมูลตามจุดหมายปลายทาง หลังจากนั้นทำการคำนวณด้วยขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมแบบแบ่งตามแต่ละจุดหมายปลายทาง ซึ่งเป็นการแยกคำนวณกันอย่างสมบูรณ์ การคำนวณในแต่ละจุดหมายปลายทางนั้น จะถูกกำหนดขอบเขตไว้ด้วยกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม ซึ่งขอบเขตดังกล่าวยังใช้ในการตรวจสอบการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ภายในเรือสินค้าทั้งลำอีกด้วย และหลังจากเสร็จสิ้นการคำนวณแล้ว โปรแกรมที่ทางผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาขึ้นมาจะแสดงผลการคำนวณจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์บนเรือสินค้า

กำหนดการเชิงเส้น

กำหนดการเชิงเส้นเป็นเทคนิคเชิงปริมาณในการแก้ปัญหาทางการจัดสรรทรัพยากร หรือปัจจัยที่มีอยู่อยางจำกัด ภายใต้เงื่อนไขหรือข้อจำกัดที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด (Optimal) โดยที่กำหนดการเชิงเส้นนี้เป็น วิธีการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างทรัพยากรและปัจจัย ที่เกี่ยวข้องกันในลักษณะเชิงเส้นตรง ด้วยเหตุนี้กำหนดการเชิงเส้นจึงมีบทบาทอย่างมากในการเข้าไปมีส่วนช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการแก้ปัญหา

กำหนดการเชิงเส้นประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ

1. สร้างรูปแบบของกำหนดการเชิงเส้น

เริ่มต้นจะต้องกำหนดตัวแปรของปัญหาก่อน แล้วสมมติเป็นพีชคณิต เช่น $X\ Y\ Z$ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. สร้างสมการวัตถุประสงค์ (Objective Function)

สมการวัตถุประสงค์นี้ตองมีลักษณะเป็นสมการเส้นตรง โดยมีวัตถุประสงค์ที่ต้องการหาค่าที่เหมาะสม ซึ่งอาจจะเป็นต่ำสุดหรือสูงสุดก็ได้โดยสามารถกำหนดได้เพียงวัตถุประสงค์เดียวเท่านั้น

รูปแบบของสมการโดยทั่วไป คือ

$Z = c_1X_1 + c_2X_2 + c_3X_3 + \ldots + c_nX_n$

c_j คือสัมประสิทธิ์ของตัวแปร X_j ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ซึ่งมีค่าคงที่ เมื่อ $j = 1, 2, 3, \ldots, n$

ข. สร้างข้อจำกัด (Constraints)

เป็นการกำหนดว่าปัญหาที่พิจารณานั้น มีข้อจำกัดอะไรบ้างที่เกี่ยวกับเป้าหมายที่ตั้งไว้ ข้อจำกัดของปัญหาอาจอยู่ในรูปต่างๆได้ดังนี้

I. อยู่ในรูปสมการ (Linear Equations)

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \ldots + a_{1n}X_n = b_1$$
$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \ldots + a_{2n}X_n = b_2$$
$$\vdots$$
$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \ldots + a_{mn}X_n = b_m$$

II. อยู่ในรูปอสมการ (Linear Inequalities)

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \ldots + a_{1n}X_n > \text{หรือ} < b_1$$
$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \ldots + a_{2n}X_n > \text{หรือ} < b_2$$
$$\vdots$$
$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \ldots + a_{mn}X_n > \text{หรือ} < b_m$$

a_{ij} คือสัมประสิทธิ์ของตัวแปร X_j ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ซึ่งมีค่าคงที่ เมื่อ $i = 1,2,3, \ldots, m$ และ $j = 1, 2, 3, \ldots, n$

b_i คือปริมาณทรัพยากรที่มีอยู่ซึ่งเป็นค่าคงที่และเป็นจำนวนบวกเมื่อ $i = 1, 2, 3, \ldots, m$

ค. สร้างตัวแปรทุกตัวให้มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ (Non–Negative)

$X_j \geq 0$ เมื่อ $j = 1, 2, 3, \ldots, n$ เป็นข้อจำกัดของปัญหากำหนดการเชิงเส้น คำตอบที่ได้มานั้นค่าตัวแปรจะเป็นลบไม่ได้

2. แก้สมการหรืออสมการ ที่สร้างไว้แล้วด้วยการหาค่าที่ต้องการทราบ

ในการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นตรงทำได้ 2 วิธี คือ

ก. ใช้วิธีกราฟ (Graphical Method)

ข. ใช้วิธีซิมเพล็กซ์ (Simplex Method)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองกำหนดการจำนวนเต็ม (Integer Linear Programming)

ในหัวข้อนี้จะนำเสนอถึงแบบจำลองกำหนดการจำนวนเต็ม ที่ปรับปรุงมาจาก [9] เพื่อแก้ปัญหาการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ในเรือสินค้า โดยเป้าหมายของผลเฉลยคือ มีผลรวมของผลต่างของน้ำหนักรวมของตู้คอนเทนเนอร์ทางซ้าย-ขวาของเรือ และผลต่างของน้ำหนักรวมของตู้คอนเทนเนอร์ทางด้านหน้า-หลังของเรือน้อยที่สุด โดยเงื่อนไขที่กำหนดไว้เพื่อให้คำตอบอยู่ในขอบเขตที่ต้องการ เช่นน้ำหนักรวมของตู้คอนเทนเนอร์ทั้งหมดต้องไม่เกินน้ำหนักสูงสุดที่เรือสามารถรับได้ น้ำหนักรวมของตู้คอนเทนเนอร์ทางซ้าย-ขวาหรือด้านหน้า-หลัง ต้องไม่เกินขอบเขตที่ยอมรับได้ เป็นต้น

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ คือ

$$\textbf{Min} \quad W_{LR} + W_{FB} \tag{3.1}$$

ข้อจำกัดคือ

$$\sum_{i\in h}\sum_{j\in l}\sum_{k\in w} x_{ijk} w_{ijk} \leq Q \tag{3.2}$$

$$\sum_{i\in h}\sum_{j\in l}\sum_{k\in w} x_{ijk} \leq n \tag{3.3}$$

$$W_{LR} \leq Q_{LR} \tag{3.4}$$

$$W_{FB} \leq Q_{FB} \tag{3.5}$$

กำหนดให้

$$W_{LR} = \left| \sum_{i\in h}\sum_{j\in l}\sum_{k\in w_L} x_{ijk} w_{ijk} - \sum_{i\in h}\sum_{j\in l}\sum_{k\in w_R} x_{ijk} w_{ijk} \right| \tag{3.6}$$

$$W_{FB} = \left| \sum_{i\in h}\sum_{j\in l}\sum_{k\in w_F} x_{ijk} w_{ijk} - \sum_{i\in h}\sum_{j\in l}\sum_{k\in w_B} x_{ijk} w_{ijk} \right| \tag{3.7}$$

ตัวแปรการตัดสินใจ

x_{ijk} คือ [0,1] $x_{ijk} = 1$ เมื่อมีตู้คอนเทนเนอร์วางอยู่ ณ ตำแหน่ง ijk

$x_{ijk} = 0$ เมื่อไม่มีตู้คอนเทนเนอร์วางอยู่ ณ ตำแหน่ง ijk

ข้อมูลและสัญลักษณ์อื่นๆ

n คือ จำนวนสูงสุดของตู้คอนเทนเนอร์ที่สามารถจัดวางบนเรือได้ เมื่อ $n \in \mathbb{N}$

h คือ จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่สามารถวางได้ตามความสูงของเรือ เมื่อ $n \in \mathbb{N}$

l คือ จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่สามารถวางได้ตามความยาวของเรือ เมื่อ $n \in \mathbb{N}$

w คือ จำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่สามารถวางได้ตามความกว้างของเรือ เมื่อ $n \in \mathbb{N}$

i คือ ตำแหน่งบนเรือสินค้าตามความสูงของเรือ เมื่อ $i = 1,2,\ldots,h$

j คือ ตำแหน่งบนเรือสินค้าตามความยาวของเรือ เมื่อ $j = 1,2,\ldots,l$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

k คือ ตำแหน่งบนเรือสินค้าตามความกว้างของเรือ เมื่อ $k = 1, 2, \ldots, w$

w_{ijk} คือ น้ำหนักตู้คอนเทนเนอร์ ณ ตำแหน่ง ijk โดยที่ $w_{ijk} \in I^+$

W_{LR} คือ ผลต่างของน้ำหนักรวมของตู้คอนเทนเนอร์ทางซ้าย-ขวาของเรือ

W_{FB} คือ ผลต่างของน้ำหนักรวมของตู้คอนเทนเนอร์ทางด้านหน้า-หลังของเรือ

Q คือ น้ำหนักรวมสูงสุดที่สามารถวางตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือได้

Q_{LR} คือ ผลต่างของน้ำหนักรวมของตู้คอนเทนเนอร์ทางซ้าย-ขวาของเรือที่สามารถยอมรับได้

Q_{FB} คือ ผลต่างของน้ำหนักรวมของตู้คอนเทนเนอร์ทางหน้า-หลังของเรือที่สามารถยอมรับได้

แบบจำลองข้างต้นสามารถสรุปความหมายได้ดังนี้

- สมการที่ (3.1) คือ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ต้องการผลรวมของผลต่างของน้ำหนักรวมของตู้คอนเทนเนอร์ทางซ้าย-ขวาของเรือ และผลต่างของน้ำหนักรวมของตู้คอนเทนเนอร์ทางด้านหน้า-หลังของเรือน้อยที่สุด
- สมการที่ (3.2) คือ ผลรวมน้ำหนักของตู้คอนเทนเนอร์ที่จุดบนเรือ ต้องไม่เกินน้ำหนักที่เรือสามารถรับได้
- สมการที่ (3.3) คือ ผลรวมของจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ ต้องไม่เกินจำนวนทั้งหมดของตู้คอนเทนเนอร์ที่เรือสามารถบรรทุกได้
- สมการที่ (3.4) คือ ผลต่างของน้ำหนักรวมของตู้คอนเทนเนอร์ทางซ้าย-ขวาของเรือ ต้องไม่เกินค่าที่สามารถยอมรับได้
- สมการที่ (3.5) คือ ผลต่างของน้ำหนักรวมของตู้คอนเทนเนอร์ทางหน้า-หลังของเรือ ต้องไม่เกินค่าที่สามารถยอมรับได้
- สมการที่ (3.6) คือ ผลต่างของน้ำหนักรวมของตู้คอนเทนเนอร์ทางซ้าย-ขวาของเรือ
- สมการที่ (3.7) คือ ผลต่างของน้ำหนักรวมของตู้คอนเทนเนอร์ทางหน้า-หลังของเรือ

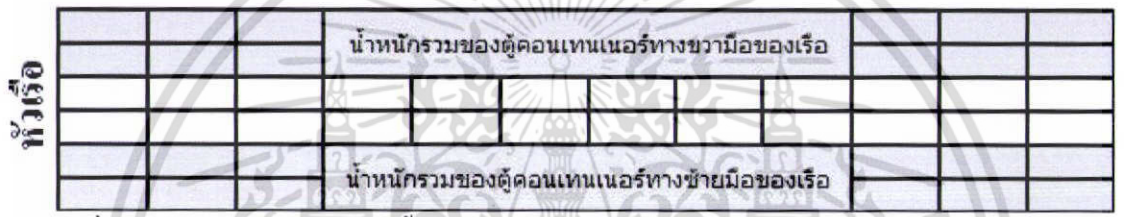
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมแบบแบ่งสำหรับปัญหาการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือสินค้า (Split Genetic Algorithm for Container Stowage Problems)

ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมแบบแบ่ง สำหรับปัญหาการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือแบบหลายจุดหมายปลายทาง ทางผู้วิจัยได้เพิ่มกระบวนการแบ่งโครโมโซม (Split Chromosomes) ขึ้นมาในส่วนการคำนวณ เนื่องจากไม่สามารถใช้กระบวนการทางพันธุกรรมแบบดั้งเดิมได้ เพราะจะทำให้เกิดการซ้ำกันของข้อมูลในระหว่างการคำนวณ ทั้งในช่วงการข้ามสายพันธุ์และการกลายพันธุ์

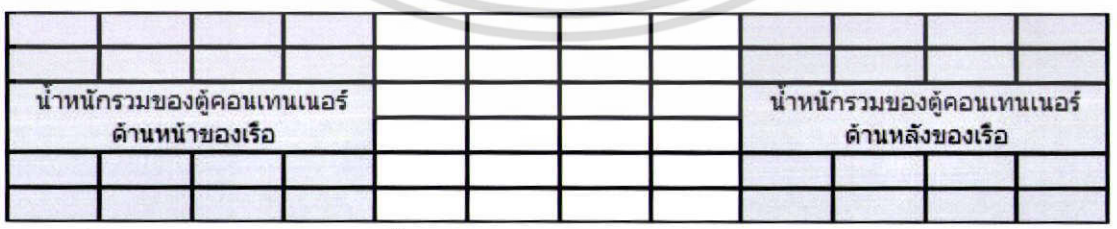
การปรับปรุงขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม

- **การกำหนดรูปแบบการคำนวณน้ำหนักของเรือสินค้า**



รูปที่ 3.12 ขอบเขตการคำนวณน้ำหนักรวมของตู้คอนเทนเนอร์ ทางซ้ายและขวามือของเรือ

ทำการแบ่งเรือตามความกว้างของเรือ (w) ออกเป็น 3 ส่วนด้วยกันคือซ้าย กลาง และขวาของเรือ จากรูปที่ 3.12 แต่ละช่องภายในรูปแสดงถึงพื้นที่สำหรับวางตู้คอนเทนเนอร์ โดยที่ 1 ช่องสามารถวางตู้คอนเทนเนอร์ได้เพียง 1 ตู้เท่านั้น และจากรูปเป็นมุมมองที่มองจากทางด้านบนของเรือ ซึ่งแสดงถึงพื้นที่สำหรับการวางตู้คอนเทนเนอร์สำหรับ 1 ชั้น จากรูปที่ 3.12 จะเห็นได้ว่าในส่วนของพื้นที่แรเงาแสดงถึง ขอบเขตของการคำนวณน้ำหนักรวมของตู้คอนเทนเนอร์ ทั้งทางฝั่งซ้ายและฝั่งขวาของเรือ จากการที่แบ่งเรือออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน สมการที่ใช้ในการคำนวณจำนวนแถวทางฝั่งซ้ายและฝั่งขวาของเรือ คือ $x = \lfloor w/3 \rfloor$ ซึ่งจะทำให้จำนวนแถวทางฝั่งซ้ายและฝั่งขวาของเรือมีจำนวนแถวน้อยกว่าหรือเท่ากับ จำนวนแถวในส่วนตรงกลางเสมอ



รูปที่ 3.13 ขอบเขตการคำนวณน้ำหนักรวมของตู้คอนเทนเนอร์ ทางด้านหน้าและหลังของเรือ

ทำการแบ่งเรือตามความยาวของเรือ (l) ออกเป็น 3 ส่วนด้วยกันคือหน้า กลาง และหลังของเรือ จากรูปที่ 3.13 แต่ละช่องภายในรูปแสดงถึงพื้นที่สำหรับวางตู้คอนเทนเนอร์ โดยที่ 1 ช่องสามารถวางตู้คอนเทนเนอร์ได้เพียง 1 ตู้เท่านั้น และจากรูปเป็นมุมมองที่มองจากทางด้านบนของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรือ ซึ่งแสดงถึงพื้นที่สำหรับการวางตู้คอนเทนเนอร์สำหรับ 1 ชั้น จากรูปที่ 3.13 จะเห็นได้ว่าในส่วนของพื้นที่แรเงาแสดงถึงขอบเขตของการคำนวณน้ำหนักรวมของตู้คอนเทนเนอร์ ทั้งด้านหน้าและด้านหลังของเรือ จากการที่แบ่งเรือออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน สมการที่ใช้ในการคำนวณจำนวนแถวทางด้านหน้าและด้านหลังของเรือ คือ $x = \lfloor l/3 \rfloor$ ซึ่งจะทำให้จำนวนแถวทางด้านหน้าและหลังของเรือมีจำนวนแถวน้อยกว่าหรือเท่ากับ จำนวนแถวในส่วนตรงกลางเสมอ

- **การกำหนดรูปแบบโครโมโซม**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	99	100

รูปที่ 3.14 ตัวอย่างโครโมโซม

กำหนดให้ โครโมโซมคือเซตของตำแหน่งทั้งหมดของตู้คอนเทนเนอร์บนเรือสินค้า และยีนคือหมายเลขตู้คอนเทนเนอร์ จากรูปที่ 3.14 แสดงรูปแบบของโครโมโซม 1 โครโมโซม โดยในแต่ละยีนจะบรรจุหมายเลขของตู้คอนเทนเนอร์ได้เพียง 1 หมายเลขเท่านั้น และยอมให้เว้นว่างไว้ได้ (ไม่มีการบรรจุหมายเลขตู้คอนเทนเนอร์) ซึ่งในแต่ละยีนจะแสดงถึงตำแหน่งบนเรือสินค้า โดยความยาวของโครโมโซมจะขึ้นอยู่กับพื้นที่สำหรับวางตู้คอนเทนเนอร์บนเรือสินค้า โดยสมการที่ใช้กำหนดคือ $w \times l \times h$ โดยที่ h คำนวณจาก $\lceil n_p / (w \times l) \rceil$ ขณะที่ n_p คือจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ของจุดหมายปลายทางที่ p

- **การเข้ารหัสโครโมโซม (Chromosome Encoding)**

หลังจากรับข้อมูลของตู้คอนเทนเนอร์แล้ว จะทำการแบ่งข้อมูลตามจุดหมายปลายทาง เพื่อที่จะนำข้อมูลในแต่ละจุดหมายไปแยกคำนวณ โดยทำการสุ่มตำแหน่งสำหรับวางตู้คอนเทนเนอร์บนเรือสินค้า และสุ่มหมายเลขของตู้คอนเทนเนอร์ของจุดหมายปลายทางที่ไกลที่สุด วางลงในตำแหน่งสำหรับวางตู้คอนเทนเนอร์บนเรือสินค้าที่ได้ทำการสุ่มก่อนหน้า โดยจะสร้างโครโมโซมของแต่ละจุดหมายปลายทางจากการสุ่มข้างต้น 20 โครโมโซม

- **ประชากรเริ่มต้น (Initial Population)**

ทำการคัดเลือกโครโมโซมที่ดีที่สุด 2 ตัว จาก 20 ตัว คัดเลือกโดยใช้วิธีถ่วงน้ำหนัก $(2W_{LR}) + W_{FB}$ หลังจากได้โครโมโซมมา 2 ตัวแล้วนำมาเปรียบเทียบอีกครั้งหนึ่ง เลือกโครโมโซมที่มีค่า W_{LR} น้อยที่สุดมาเป็นโครโมโซมเริ่มต้น แต่ถ้าทั้ง 2 โครโมโซมมีค่า W_{LR} เท่ากันจะเลือกโครโมโซมที่มีค่า W_{FB} น้อยที่สุดมาเป็นโครโมโซมต้นเริ่มต้น

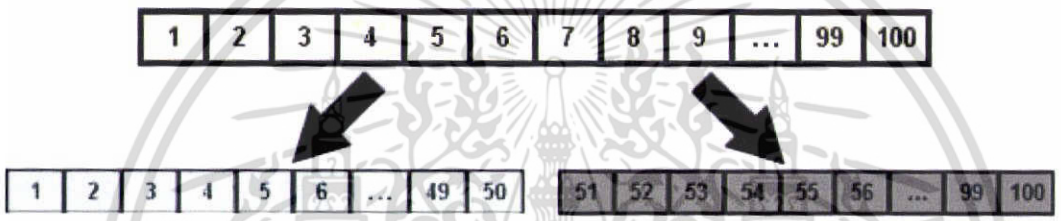
1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	99	100

รูปที่ 3.15 ตัวอย่างโครโมโซมต้นกำเนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **การแบ่งโครโมโซม (Split Chromosomes)**

โดยปกติเมื่อได้โครโมโซมเริ่มต้น จากกระบวนการคัดเลือกประชากรเริ่มต้นแล้วจะนำโครโมโซมเริ่มต้นทั้งสอง (ให้โครโมโซมหนึ่งเป็นโครโมโซมพ่อ และให้โครโมโซมหนึ่งเป็นโครโมโซมแม่) มาทำการข้ามสายพันธุ์กันโดยสุ่มตำแหน่งที่จะทำการข้ามสายพันธุ์ และทำการแลกเปลี่ยนโครโมโซมกันระหว่างโครโมโซมพ่อและโครโมโซมแม่ โดยคัดลอกโครโมโซมทั้งหมด ที่อยู่หน้าตำแหน่งการข้ามสายพันธุ์ของพ่อและแม่มาสลับกัน แต่สำหรับปัญหาการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ในเรือสินค้าที่พิจารณานั้น เนื่องจากยีนที่อยู่ภายในโครโมโซมแทนด้วยรหัสของตู้คอนเทนเนอร์ ซึ่งถ้าใช้วิธีการข้ามสายพันธุ์และการกลายพันธุ์ตามปกติแล้ว จะทำให้ภายในโครโมโซมมียีนซ้ำกัน ทางผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงขั้นตอนการกำหนดโครโมโซมพ่อและโครโมโซมแม่ใหม่ดังนี้



รูปที่ 3.16 การแบ่งโครโมโซมต้นกำเนิดเป็น 2 ส่วนคือ โครโมโซมพ่อและโครโมโซมแม่

โดยนำโครโมโซมต้นกำเนิดที่ผ่านการคัดเลือกมาทำการแบ่งออกเป็น 2 ส่วน จากรูปที่ 3.16 ให้ส่วนข้างหน้าเป็นโครโมโซมพ่อ (แรเงาบาง) และส่วนข้างหลังเป็นโครโมโซมแม่ (แรเงาทึบ) โดยมีวิธีการแบ่งโครโมโซมดังนี้

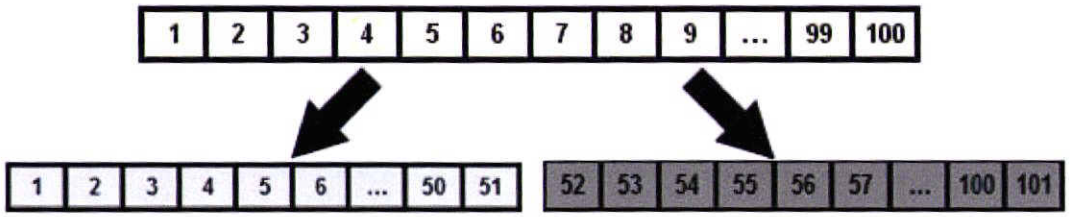
จำนวนยีนของโครโมโซมพ่อ คือ $\lceil (w \times l \times h)/2 \rceil$

จำนวนยีนของโครโมโซมแม่ คือ $\lfloor (w \times l \times h)/2 \rfloor$

จากรูปที่ 3.16 โครโมโซมมียีนทั้งหมด 100 ยีน เป็นเลขคู่ดังนั้นโครโมโซมพ่อและโครโมโซมแม่ จะมีจำนวนยีนที่เท่ากันคือ $100/2 = 50$ ยีน นั้นหมายความว่า ยีนตำแหน่งที่ 1 – 50 จะไปสร้างเป็นโครโมโซมพ่อ และยีนตำแหน่งที่ 51 – 100 จะไปสร้างเป็นโครโมโซมแม่

จากรูปที่ 3.17 โครโมโซมมีจำนวนยีน 101 ยีนซึ่งเป็นเลขคี่ เมื่อทำการแบ่งโครโมโซมออกเป็น 2 ส่วนตามสมการข้างต้นแล้วจะได้ว่า โครโมโซมส่วนพ่อจะมีจำนวนยีน $101/2 = 50.5$ ซึ่งทำการปัดขึ้นตามสัญลักษณ์กำกับของสมการจะได้เป็น 51 ยีน นั้นหมายความว่า ยีนตำแหน่งที่ 1 – 51 จะไปสร้างเป็นโครโมโซมพ่อ และโครโมโซมส่วนพ่อจะมีจำนวนยีน $101/2 = 50.5$ ซึ่งทำการปัดลดตามสัญลักษณ์กำกับของสมการจะได้เป็น 50 ยีน นั้นหมายความว่า ยีนตำแหน่งที่ 52 –101 จะไปสร้างเป็นโครโมโซมแม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 การแบ่งโครโมโซมต้นกำเนิดเป็น 2 ส่วนในกรณีที่โครโมโซมต้นกำเนิดเป็นเลขคี่

- **ฟังก์ชันค่าความเหมาะสม (Fitness Function)**

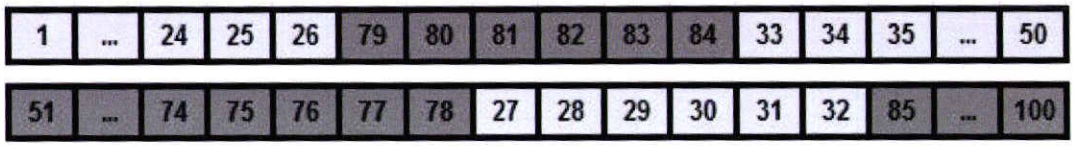
ในปัญหาที่พิจารณานั้นใช้สมการ $W_{LR} + W_{FB}$ พิจารณาค่าความเหมาะสมของโครโมโซม สำหรับเป็นโครโมโซมเริ่มต้นสำหรับรุ่นถัดไปของการคำนวณ ในกรณีที่โครโมโซมค่ามีค่าความเหมาะสมเท่ากันจะให้ความสำคัญของค่า W_{LR} ก่อนกล่าวคือถ้าโครโมโซมไหนมีค่า W_{LR} น้อยกว่าเราจะเลือกโครโมโซมนั้นให้เป็นโครโมโซมเริ่มต้นสำหรับรุ่นถัดไป ถ้าค่า W_{LR} มีค่าเท่ากันจะพิจารณาค่า W_{FB} เป็นลำดับถัดไป

- **การข้ามสายพันธุ์ (Crossover)**

นำโครโมโซมพ่อและโครโมโซมแม่ที่ผ่านการแบ่งโครโมโซมแล้ว มาทำการสุ่มตำแหน่งที่จะทำการข้ามสายพันธุ์ โดยการสุ่มตำแหน่งในโครโมโซมพ่อและโครโมโซมแม่นั้นให้มีอิสระออกจากกัน เนื่องจากรูปแบบของโครโมโซมแสดงถึงการระบุตำแหน่งที่จะจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ลงเรือสินค้า และมีจำนวนยีนในแต่ละโครโมโซมเท่ากับจำนวนพื้นที่สำหรับวางตู้คอนเทนเนอร์ นั่นคือสายโครโมโซมทั้ง 2 ที่ได้รับการแบ่งอาจจะมีตำแหน่งการวางตู้คอนเทนเนอร์ที่เหมือนกันแต่คนละชั้น (ในกรณีที่โครโมโซมเริ่มต้นมีจำนวนชั้นเป็นเลขคู่) ซึ่งจะทำให้ค่าของ W_{LR} ไม่เปลี่ยนแปลง และจะทำให้ค่าของ W_{LR} ไม่เปลี่ยนแปลงเช่นกันสำหรับกรณีที่โครโมโซมเริ่มต้นมีจำนวนชั้นเป็นเลขคี่ (ตำแหน่งการวางตู้คอนเทนเนอร์ไม่เหมือนกัน) และทำการสุ่มจำนวนยีนที่จะทำการข้ามสายพันธุ์ โดยในงานวิจัยนี้เลือกให้จำนวนยีนที่จะทำการข้ามสายพันธุ์นั้นอยู่ระหว่าง 1–10 ยีน จากนั้นจึงทำการแลกเปลี่ยนยีนระหว่างโครโมโซมพ่อและโครโมโซมแม่

จากรูปที่ 3.18 ตำแหน่งที่สุ่มได้จากโครโมโซมพ่อคือยีนตัวที่ 27 (1-27) และตำแหน่งที่สุ่มได้จากโครโมโซมแม่คือยีนตัวที่ 28 (51-79) และจำนวนยีนที่จะทำการข้ามสายพันธุ์นั้นสุ่มขึ้นมาได้คือ 6 ยีน นั้นคือยีนของโครโมโซมพ่อที่จะทำการแลกเปลี่ยนคือ ยีนตำแหน่งที่ 27 – 32 และยีนของโครโมโซมแม่ที่จะทำการแลกเปลี่ยนคือยีนตำแหน่งที่ 28 – 33 (79-84) หลังจากนั้นทำการแลกเปลี่ยนยีนกันระหว่างโครโมโซมพ่อและโครโมโซมแม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

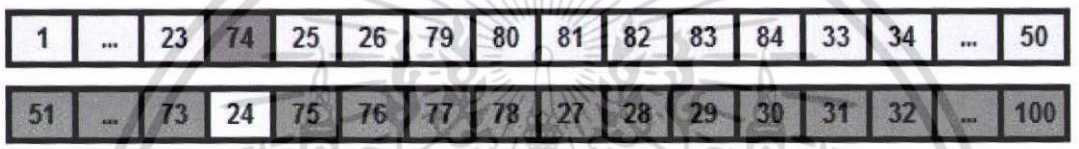


รูปที่ 3.18 การข้ามสายพันธุ์

- **การกลายพันธุ์ (Mutation)**

หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการข้ามสายพันธุ์แล้ว ให้ทำการสุ่มตำแหน่งยีนภายในโครโมโซมขึ้นมา 1 ตำแหน่ง และทำการแลกเปลี่ยนยีนระหว่างยีนของโครโมโซมพ่อและโครโมโซมแม่ โดยตำแหน่งยีนที่สามารถสุ่มได้นั้นจะอยู่ภายใต้ขอบเขต $\lfloor (w \times l \times h)/2 \rfloor$

จากรูปที่ 3.19 ตำแหน่งยีนที่สุ่มได้คือ ยีนตำแหน่งที่ 24 โครโมโซมพ่อ (1-24) และโครโมโซมแม่ (51-74)

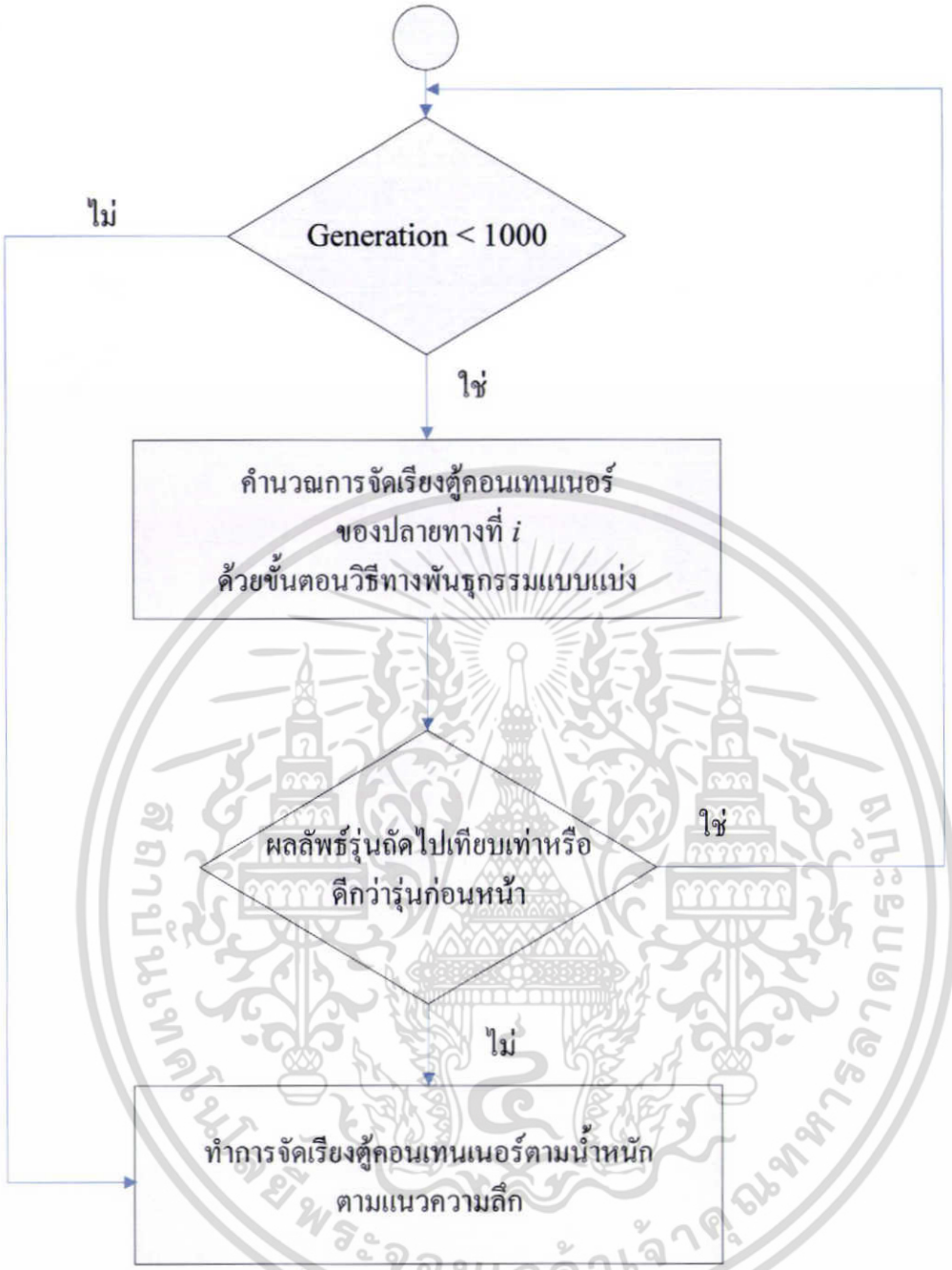


รูปที่ 3.19 การกลายพันธุ์

หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการคัดเลือกโครโมโซมแล้ว ก็จะนำโครโมโซมที่ดีที่สุดมาเป็นโครโมโซมต้นกำเนิดสำหรับคำนวณหาผลลัพธ์ในรุ่นถัดไป โดยมีหลักเกณฑ์ในการหาผลเฉลยดังนี้

- ถ้าผลลัพธ์รุ่นถัดไปเทียบเท่าหรือดีกว่ารุ่นก่อนหน้า ให้ทำการคำนวณต่อไปจนถึงรุ่นที่กำหนด หรือได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ
- ถ้าผลลัพธ์รุ่นถัดไปไม่เทียบเท่าหรือดีกว่ารุ่นก่อนหน้า ให้ทำการหยุดค้นหาและนำผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในรุ่นก่อนหน้ามาเป็นคำตอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 Flowchart หลักเกณฑ์ในการหาผลเฉลย

หลังจากเสร็จสิ้นการคำนวณหาผลลัพธ์ของจุดหมายปลายทางหนึ่งแล้ว จะวนกลับไปทำกระบวนการข้างต้นอีกครั้ง เพื่อทำการค้นหาผลลัพธ์ของจุดหมายถัดไปจนครบหลังจากที่โปรแกรมได้ทำการคำนวณหาผลลัพธ์ของแต่ละจุดหมายแล้ว จะทำการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ในแต่ละปลายทางตามน้ำหนักอีกครั้งหนึ่งตามแนวความลึก โดยให้ตู้คอนเทนเนอร์ที่มีน้ำหนักมากกว่าอยู่ข้างล่าง และให้ตู้ที่มีน้ำหนักน้อยกว่าวางทับกันไปเรื่อยๆตามน้ำหนักและจำนวนชั้นของตู้คอนเทนเนอร์ในแต่ละปลายทาง เพื่อให้สอดคล้องกับการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ในเรือสินค้าในปัจจุบันจากนั้นจึงแสดงผลเฉลยทั้งหมด

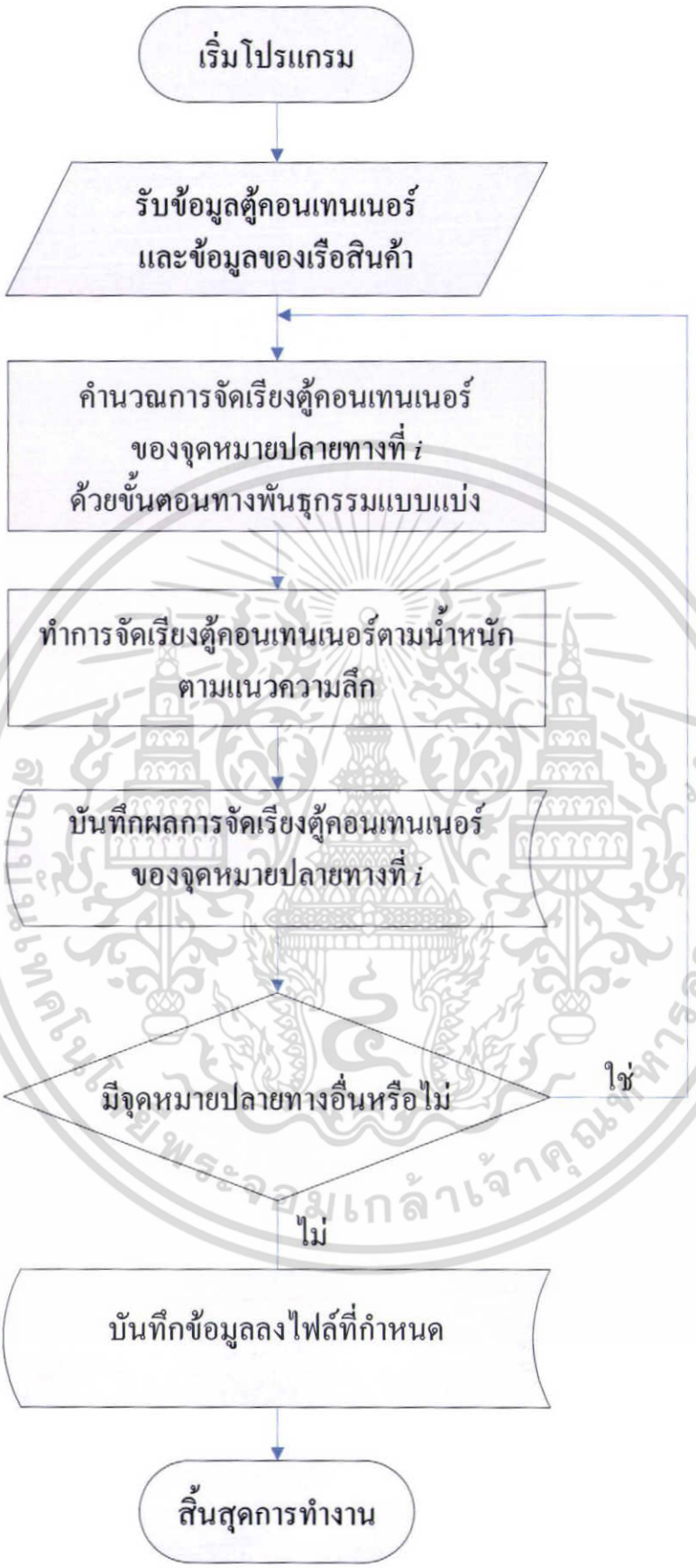
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ในบทนี้ทางผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อแก้ปัญหาการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ในเรือสินค้า โดยใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมแบบแบ่ง ซึ่งได้พัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษาจาวา (Java) โดยมีขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมดังแสดงในรูปที่ 4.21 ซึ่งได้แบ่งโปรแกรมออกเป็น 3 ส่วนด้วยกันคือ

1. ส่วนรับข้อมูลสำหรับคำนวณหาผลลัพธ์ ได้แก่ รับข้อมูลของตู้คอนเทนเนอร์ และรับข้อมูลความกว้าง ยาว สูง ของตัวเรือ
2. ส่วนการคำนวณหาผลลัพธ์
3. ส่วนแสดงการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ที่ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 Flowchart ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

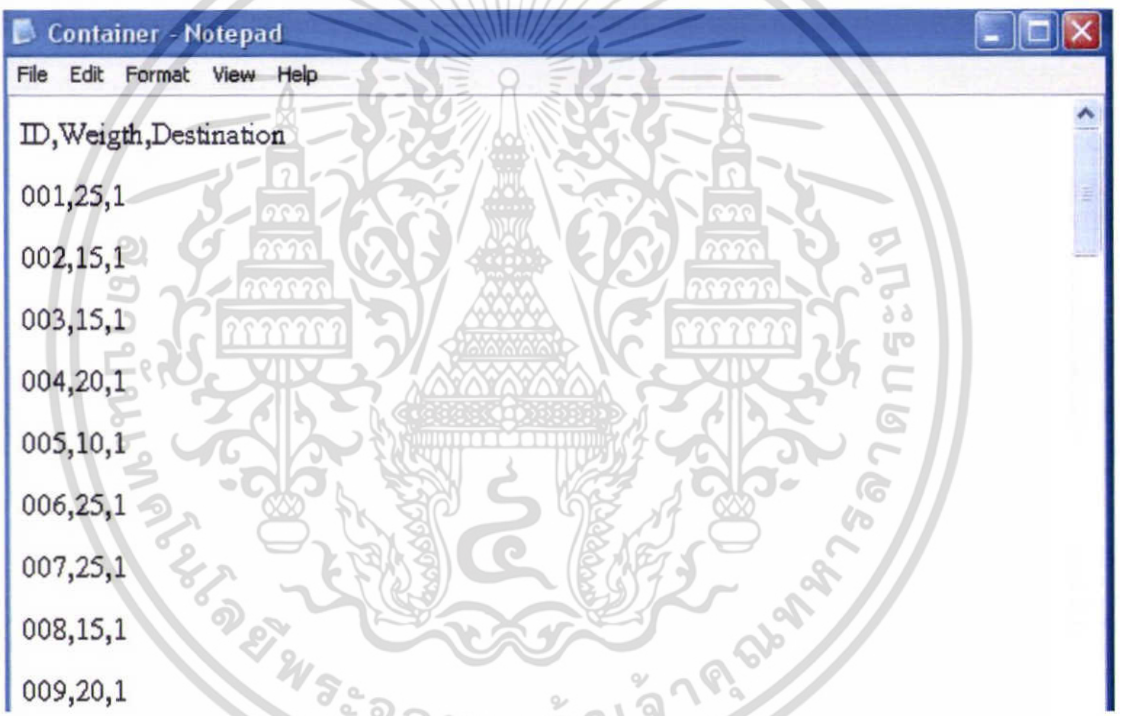
4.1. ส่วนรับข้อมูลสำหรับหาผลลัพธ์

- **ส่วนการรับข้อมูลของตู้คอนเทนเนอร์**

ในส่วนของการรับข้อมูลของตู้คอนเทนเนอร์นี้ทางผู้วิจัยได้กำหนดให้ขนาดของตู้คอนเทนเนอร์ที่ใช้จัดเรียงลงเรือสินค้าเป็นขนาดมาตรฐาน คือแบบ 20 ฟุต

ทำการใส่ข้อมูลของตู้คอนเทนเนอร์ลงใน Container.txt โดยวิธีการใส่ข้อมูลคือ 1 บรรทัดต่อ 1 ข้อมูลตู้คอนเทนเนอร์ และข้อมูลที่ใส่จะอยู่ในรูปแบบดังนี้ ID,Weight,Destination

- ID >>> รหัสหมายเลขของตู้คอนเทนเนอร์
- Weight >>> น้ำหนักของตู้คอนเทนเนอร์
- Destination >>> จุดหมายปลายทางของตู้คอนเทนเนอร์



รูปที่ 4.22 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลของตู้คอนเทนเนอร์

- **ส่วนการรับข้อมูลของเรือสินค้า**

ทำการใส่ข้อมูลของเรือสินค้าลงใน ContainerShip.txt

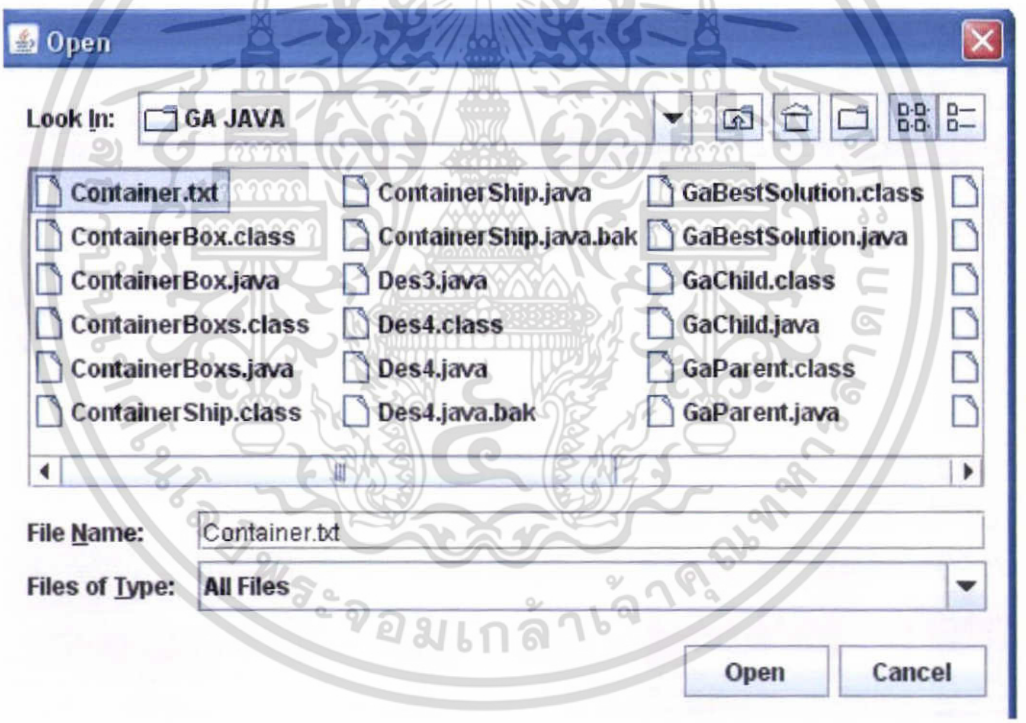
- High >>> จำนวนชั้นสูงสุดที่ยอมให้วางตู้คอนเทนเนอร์ซ้อนกันได้
- Wide >>> จำนวนตู้คอนเทนเนอร์สูงสุดที่สามารถวางได้ในแนวกว้าง
- Longs >>> จำนวนตู้คอนเทนเนอร์สูงสุดที่สามารถวางได้ในแนวตามยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.23 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลของเรือสินค้า

4.2. ส่วนการคำนวณหาผลลัพธ์

เรียกใช้งานโปรแกรม Run.java ตัวโปรแกรมจะแสดงหน้าต่างใหม่เพื่อกำหนดไฟล์ข้อมูลในการคำนวณ โดยจะเลือก Container.txt เป็นข้อมูลสำหรับการคำนวณ



รูปที่ 4.24 การเลือกไฟล์ข้อมูลสำหรับการคำนวณ

จากนั้นโปรแกรมจะคำนวณหาผลลัพธ์และแสดงผลออกมาทางหน้าจอ โดยมีกระบวนการดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาผลเฉลยในแต่ละจุดหมายปลายทาง

- **จุดหมายปลายทางที่ 2**

```
-----------------------------------------
----- Calculate Destination2 -----
-----------------------------------------
Selected Parent = 16,   Min WLR+WFB : 25
Weight FB = 15,   Weigth LR = 5
1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12
13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24
25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36
37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48
49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60
61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72
73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84
85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96
97 | 98 | 99 | 100 | 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108
109 | 110 | 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120
121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 | 131 | 132
133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 | 141 | 142 | 143 | 144
145 | 146 | 147 | 148 | 149 | 150 | 151 | 152 | 153 | 154 | 155 | 156
157 | 158 | 159 | 160 | 161 | 162 | 163 | 164 | 165 | 166 | 167 | 168
169 | 170 | 171 | 172 | 173 | 174 |
------------------------ Result ------------------------
BestSolution : Generations = 174,   Child = 50
Weight FB = 0,   Weight LR = 0
```

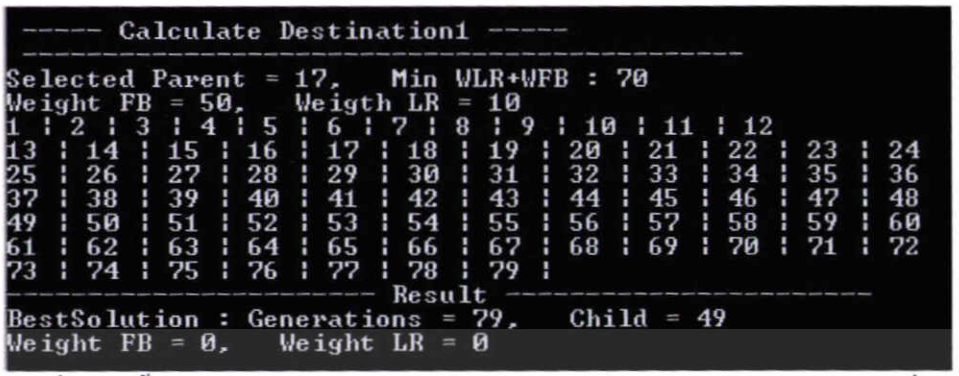
รูปที่ 4.25 ขั้นตอนการคำนวณการวางตู้คอนเทนเนอร์สำหรับจุดหมายปลายทางที่ 2

จากรูปที่ 4.25 สามารถอ่านการแสดงผลได้ดังนี้

- Selected Parent = 16, Min WLR+WFB : 25 แสดงถึง โครโมโซมที่ถูกเลือก โดยเลือกโครโมโซมที่มีค่าถ่วงน้ำหนักน้อยที่สุดมาเป็นประชากรเริ่มต้น
- Weight FB = 15, Weigh LR = 5 คือ ผลต่างของน้ำหนักรวมของโครโมโซมตัวที่ 20 มีค่า W_{FB} = 15 ตัน และ W_{LR} = 5 ตัน
- 1 | 2 | ... | 174 | คือ แสดงจำนวนรุ่นของโครโมโซมที่ทำการคำนวณ โดยที่โปรแกรมทำการคำนวณทั้งหมด 175 รุ่น
- BestSolution : Generations = 174, Child : 50 คือ โครโมโซมที่เลือกมาเป็นผลลัพธ์การจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ของจุดหมายปลายทางที่ 2 อยู่ที่รุ่น 174 และคำตอบอยู่ที่ตัวลูกที่ 50
- Weight FB = 0, Weigh LR = 0 คือ ผลต่างของน้ำหนักรวมของโครโมโซมรุ่นที่ 174 ตัวลูกที่ 50 มีค่า W_{FB} = 0 ตัน และ W_{LR} = 0 ตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **จุดหมายปลายทางที่ 1**



รูปที่ 4.26 ขั้นตอนการคำนวณการวางตู้คอนเทนเนอร์สำหรับจุดหมายปลายทางที่ 1

จากรูปที่ 4.26 สามารถอ่านการแสดงผลได้ดังนี้

- Select Parent = 17, Min WLR+WFB : 70 แสดงถึง โครโมโซมที่ถูกเลือก โดยเลือกโครโมโซมที่มีค่าถ่วงน้ำหนักน้อยที่สุดมาเป็นประชากรเริ่มต้น
- Weight FB = 50, Weigh LR = 10 แสดงถึง ผลต่างของน้ำหนักรวมของโครโมโซมตัวที่ 17 มีค่า W_{FB} = 50 ตัน และ W_{LR} = 10 ตัน
- 1 | 2 | ... | 79 | คือ แสดงจำนวนรุ่นของโครโมโซมที่ทำการคำนวณ โดยที่โปรแกรมทำการคำนวณทั้งหมด 80 รุ่น
- BestSolution : Generations = 79, Child : 49 คือ โครโมโซมที่เลือกมาเป็นผลลัพธ์การจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ของจุดหมายปลายทางที่ 1 อยู่ที่รุ่น 79 และคำตอบอยู่ที่ตัวลูกที่ 49
- Weight FB = 0, Weigh LR = 0 คือ ผลต่างของน้ำหนักรวมของโครโมโซมรุ่นที่ 79 ตัวลูกที่ 49 มีค่า W_{FB} = 0 ตัน และ W_{LR} = 0 ตัน

โดยผลลัพธ์การจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์สำหรับจุดหมายปลายทางที่ 2 คือ รุ่นของการคำนวณที่ 174 และลูกตัวที่ 50 และผลลัพธ์การจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์สำหรับจุดหมายปลายทางที่ 1 คือ รุ่นของการคำนวณที่ 79 และลูกตัวที่ 49 โดยหลังจากที่ได้ผลลัพธ์การจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ในแต่ละปลายทางแล้วจะทำการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ตามน้ำหนักอีกครั้งหนึ่งตามแนวความลึก โดยให้ตู้คอนเทนเนอร์ที่มีน้ำหนักมากกว่าอยู่ข้างล่าง และให้ตู้ที่มีน้ำหนักน้อยกว่าวางทับกันไปเรื่อยๆ ตามน้ำหนักในแต่ละปลายทาง เพื่อให้สอดคล้องกับการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ในเรือสินค้าในปัจจุบัน โดยสามารถแสดงการจัดเรียงของจุดหมายปลายทางที่ 2 ได้ดังรูปที่ 4.27 และการจัดเรียงของจุดหมายปลายทางที่ 1 ได้ดังรูปที่ 4.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Destination [2]						
Layer [1]						
038	085		006	080	020	Line :1
059	027	079	087	024	032	Line :2
063	065	029	036	084	055	Line :3
041	003	022	061	012	018	Line :4
019	005	075	013	007	095	Line :5
064	062		045	046	081	Line :6
031	094	023	044	001	072	Line :7
096	048	067	011	009	051	Line :8
054		025	042	030	037	Line :9
057	004	047	069		100	Line :10
074	093	077	021	086	071	Line :11
028	039	008	043	068	083	Line :12
Layer [2]						
058					070	Line :1
092	090		097	026		Line :2
	052					Line :3
002				053	091	Line :4
016			040	050		Line :5
	088				014	Line :6
076					073	Line :7
010	060	089				Line :8
035		017	098			Line :9
015		034			056	Line :10
	082	049		078	099	Line :11
066				033		Line :12

รูปที่ 4.27 ผลการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์สำหรับจุดหมายปลายทางที่ 2

จากรูปที่ 4.27 สามารถอ่านการแสดงผลได้ดังนี้

- Layer [1] คือ ชั้นล่างที่สุด (ชั้นที่ 1) สำหรับวางตู้คอนเทนเนอร์
- Layer [2] คือ ชั้นถัดขึ้นมา (ชั้นที่ 2) สำหรับวางตู้คอนเทนเนอร์
- Line คือ แสดงหมายเลขกำกับแถวตามความยาวของเรือ
- ตัวเลข 001 – 100 แสดงถึงหมายเลขของตู้คอนเทนเนอร์ และตำแหน่งการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์บนเรือสินค้า สำหรับจุดหมายปลายทางที่ 2

Destination [1]						
Layer [1]						
189	102	182	163	131	149	Line :1
145	187	123	190	200		Line :2
193		180	170	116	112	Line :3
	108	169	175		155	Line :4
172	184	192	107	113	133	Line :5
158	128	119	139	132	194	Line :6
183	151	156	167	153	191	Line :7
198	199	146	138		137	Line :8
173	162	105		143	174	Line :9
181	152	154	103	164	177	Line :10
118	188		160	168	127	Line :11
148	157	122	111	134	142	Line :12
Layer [2]						
		196	165		136	Line :1
195		186		185		Line :2
126		130	140	121		Line :3
					147	Line :4
		104	141	106	178	Line :5
109			115	120	124	Line :6
114	197			135		Line :7
	150	117	129		161	Line :8
	159	144				Line :9
	171		176	101		Line :10
125				179		Line :11
				110	166	Line :12

รูปที่ 4.28 ผลการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์สำหรับจุดหมายปลายทางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.28 สามารถอ่านการแสดงผลได้ดังนี้

- Layer [1] คือ ชั้นล่างที่สุด (ชั้นที่ 1) สำหรับวางตู้คอนเทนเนอร์
- Layer [2] คือ ชั้นถัดขึ้นมา (ชั้นที่ 2) สำหรับวางตู้คอนเทนเนอร์
- Line คือ แสดงหมายเลขกำกับแถวตามความยาวของเรือ
- ตัวเลข 101 – 200 แสดงถึงหมายเลขของตู้คอนเทนเนอร์ และตำแหน่งการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์บนเรือสินค้า สำหรับจุดหมายปลายทางที่ 1

4.3. ส่วนแสดงการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ที่ดีที่สุด

หลังจากที่โปรแกรมได้คำนวณเสร็จสิ้นแล้ว โปรแกรมจะเขียนข้อมูลผลลัพธ์ออกมา 2 แฟ้มข้อมูล

- แผนผังการวางตู้คอนเทนเนอร์แบบเสมือน
- แสดงพิกัดตำแหน่งการวางตู้คอนเทนเนอร์

```
----------------- Final Solution -------------
----------------- Layer [1] ------------------
038 | 085 | 182 | 006 | 080 | 020 | Line :1
059 | 027 | 079 | 087 | 024 | 032 | Line :2
063 | 065 | 029 | 036 | 084 | 055 | Line :3
041 | 003 | 022 | 061 | 012 | 018 | Line :4
019 | 005 | 075 | 013 | 007 | 095 | Line :5
064 | 062 | 119 | 045 | 046 | 081 | Line :6
031 | 094 | 023 | 044 | 001 | 072 | Line :7
096 | 048 | 067 | 011 | 009 | 051 | Line :8
054 | 162 | 025 | 042 | 030 | 037 | Line :9
057 | 004 | 047 | 069 | 164 | 100 | Line :10
074 | 093 | 077 | 021 | 086 | 071 | Line :11
028 | 039 | 008 | 043 | 068 | 083 | Line :12
----------------- Layer [2] ------------------
058 | 102 | 196 | 163 | 131 | 070 | Line :1
092 | 090 | 123 | 097 | 026 | --- | Line :2
193 | 052 | 180 | 170 | 116 | 112 | Line :3
002 | 108 | 169 | 175 | 053 | 091 | Line :4
016 | 184 | 192 | 040 | 050 | 133 | Line :5
158 | 088 | --- | 139 | 132 | 014 | Line :6
076 | 151 | 156 | 167 | 153 | 073 | Line :7
010 | 060 | 089 | 138 | --- | 137 | Line :8
035 | 159 | 017 | 098 | 143 | 174 | Line :9
015 | 152 | 034 | 103 | 101 | 056 | Line :10
118 | 082 | 049 | 160 | 078 | 099 | Line :11
066 | 157 | 122 | 111 | 033 | 142 | Line :12
----------------- Layer [3] ------------------
189 | --- | --- | 165 | --- | 149 | Line :1
145 | 187 | 186 | 190 | 200 | --- | Line :2
126 | --- | 130 | 140 | 121 | --- | Line :3
--- | --- | --- | --- | --- | 155 | Line :4
172 | --- | 104 | 107 | 113 | 178 | Line :5
109 | 128 | --- | 115 | 120 | 194 | Line :6
183 | 197 | --- | --- | 135 | 191 | Line :7
198 | 199 | 146 | 129 | --- | 161 | Line :8
173 | --- | 105 | --- | --- | --- | Line :9
181 | 171 | 154 | 176 | --- | 177 | Line :10
125 | 188 | --- | --- | 168 | 127 | Line :11
148 | --- | --- | --- | 134 | 166 | Line :12
----------------- Layer [4] ------------------
```

รูปที่ 4.29 แบบการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์บนเรือสินค้าที่ได้จากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Container ID , High , Wide , Long	Container ID , High , Wide , Long
001 : 1 , 5 , 7	101 : 2 , 5 , 10
002 : 2 , 1 , 4	102 : 2 , 2 , 1
003 : 1 , 2 , 4	103 : 2 , 4 , 10
004 : 1 , 2 , 10	104 : 3 , 3 , 5
005 : 1 , 2 , 5	105 : 3 , 3 , 9
006 : 1 , 4 , 1	106 : 4 , 5 , 5
007 : 1 , 5 , 5	107 : 3 , 4 , 5
008 : 1 , 3 , 12	108 : 2 , 2 , 4
009 : 1 , 5 , 8	109 : 3 , 1 , 6
010 : 2 , 1 , 8	110 : 4 , 5 , 12
011 : 1 , 4 , 8	111 : 2 , 4 , 12
012 : 1 , 5 , 4	112 : 2 , 6 , 3
013 : 1 , 4 , 5	113 : 3 , 5 , 5
014 : 2 , 6 , 6	114 : 4 , 1 , 7
015 : 2 , 1 , 10	115 : 3 , 4 , 6
016 : 2 , 1 , 5	116 : 2 , 5 , 3
017 : 2 , 3 , 9	117 : 4 , 3 , 8
018 : 1 , 6 , 4	118 : 2 , 1 , 11
019 : 1 , 1 , 5	119 : 1 , 3 , 6
020 : 1 , 6 , 1	120 : 3 , 5 , 6
021 : 1 , 4 , 11	121 : 3 , 5 , 3
022 : 1 , 3 , 4	122 : 2 , 3 , 12
023 : 1 , 3 , 7	123 : 2 , 3 , 2
024 : 1 , 5 , 2	124 : 4 , 6 , 6
025 : 1 , 3 , 9	125 : 3 , 1 , 11
026 : 2 , 5 , 2	126 : 3 , 1 , 3
027 : 1 , 2 , 2	127 : 3 , 6 , 11
028 : 1 , 1 , 12	128 : 3 , 2 , 6
029 : 1 , 3 , 3	129 : 3 , 4 , 8
030 : 1 , 5 , 9	130 : 3 , 3 , 3
031 : 1 , 1 , 7	131 : 2 , 5 , 1

รูปที่ 4.30 พิกัดตำแหน่งการเรียงตามรหัสของตู้คอนเทนเนอร์ที่ได้จากโปรแกรม

จากรูปที่ 4.30 สามารถอธิบายวิธีการอ่านผลเฉลยได้ดังนี้

- Container ID >>> หมายเลขของตู้คอนเทนเนอร์
- High >>> ตำแหน่งของตู้คอนเทนเนอร์ตามความลึกโดยหมายเลข 1 คือตู้คอนเทนเนอร์วางไว้อยู่ที่ชั้นล่างสุด และหมายเลข 2 ตู้คอนเทนเนอร์วางไว้อยู่ที่ชั้น 2 และทำนองเดียวกันกับหมายเลข 3, 4, …
- Wide >>> ตำแหน่งของตู้คอนเทนเนอร์ตามความกว้างของเรือ โดยหมายเลข 1 คือตู้คอนเทนเนอร์วางไว้อยู่ที่ริมสุด และหมายเลข 2 คือตู้คอนเทนเนอร์วางไว้ถัดมา โดยจะอ่านจากซ้ายไปขวา
- Long >>> ตำแหน่งของตู้คอนเทนเนอร์ตามความยาวของเรือ โดยหมายเลข 1 คือ ตู้คอนเทนเนอร์วางไว้อยู่ที่ด้านหน้าของเรือ และหมายเลข 2 คือตู้คอนเทนเนอร์วางไว้ถัดลงมา โดยจะอ่านจากบนลงล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างข้อมูลตู้คอนเทนเนอร์สำหรับ 2 ปลายทาง

กำหนดให้ Wgt. = Weight และ Dst. = Destination

ID	Wgt.	Dst.	ID	Wgt.	Dst.	ID	Wgt.	Dst.
1	25	2	45	35	2	89	15	2
2	15	2	46	25	2	90	10	2
3	15	2	47	25	2	91	15	2
4	20	2	48	30	2	92	20	2
5	10	2	49	20	2	93	25	2
6	25	2	50	25	2	94	30	2
7	25	2	51	30	2	95	35	2
8	15	2	52	15	2	96	40	2
9	20	2	53	25	2	97	15	2
10	30	2	54	20	2	98	20	2
11	10	2	55	25	2	99	25	2
12	40	2	56	30	2	100	30	2
13	20	2	57	40	2	101	35	1
14	15	2	58	20	2	102	40	1
15	15	2	59	30	2	103	20	1
16	25	2	60	15	2	104	25	1
17	30	2	61	35	2	105	30	1
18	35	2	62	35	2	106	35	1
19	40	2	63	40	2	107	40	1
20	40	2	64	40	2	108	15	1
21	35	2	65	30	2	109	20	1
22	40	2	66	25	2	110	25	1
23	35	2	67	25	2	111	30	1
24	35	2	68	30	2	112	35	1
25	40	2	69	20	2	113	40	1
26	30	2	70	20	2	114	15	1
27	25	2	71	30	2	115	20	1
28	35	2	72	40	2	116	25	1
29	15	2	73	40	2	117	30	1
30	30	2	74	35	2	118	35	1
31	35	2	75	35	2	119	40	1
32	30	2	76	30	2	120	20	1
33	25	2	77	30	2	121	25	1
34	15	2	78	25	2	122	30	1
35	20	2	79	25	2	123	35	1
36	25	2	80	20	2	124	20	1
37	35	2	81	20	2	125	25	1
38	40	2	82	15	2	126	30	1
39	15	2	83	15	2	127	35	1
40	15	2	84	40	2	128	40	1
41	20	2	85	35	2	129	15	1
42	25	2	86	30	2	130	20	1
43	30	2	87	25	2	131	25	1
44	40	2	88	20	2	132	30	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างข้อมูลตู้คอนเทนเนอร์สำหรับ 2 ปลายทาง (ต่อ)

ID	Wgt.	Dst.
133	35	1
134	40	1
135	15	1
136	20	1
137	25	1
138	30	1
139	35	1
140	40	1
141	20	1
142	25	1
143	25	1
144	30	1
145	35	1
146	40	1
147	15	1
148	20	1
149	25	1
150	30	1
151	35	1
152	40	1
153	20	1
154	25	1
155	30	1
156	35	1
157	35	1
158	40	1
159	15	1
160	20	1
161	25	1
162	30	1
163	35	1
164	40	1
165	15	1
166	20	1
167	25	1
168	30	1
169	35	1
170	40	1
171	40	1
172	35	1
173	30	1
174	25	1
175	20	1
176	15	1
177	10	1
178	15	1

ID	Wgt.	Dst.
179	20	1
180	25	1
181	30	1
182	35	1
183	40	1
184	15	1
185	20	1
186	25	1
179	20	1
180	25	1
181	30	1
187	30	1
188	35	1
189	40	1
190	20	1
191	25	1
192	30	1
193	35	1
194	40	1
195	15	1
196	20	1
197	25	1
198	30	1
199	35	1
200	40	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลเฉลยที่ได้จากโปรแกรมแสดงแผนผังการวางตู้คอนเทนเนอร์บนเรือ

---------- Layer [1] ----------

col 1	col 2	col 3	col 4	col 5	col 6	row
038	085	182	006	080	020	1
059	027	079	087	024	032	2
063	065	029	036	084	055	3
041	003	022	061	012	018	4
019	005	075	013	007	095	5
064	062	119	045	046	081	6
031	094	023	044	001	072	7
096	048	067	011	009	051	8
054	162	025	042	030	037	9
057	004	047	069	164	100	10
074	093	077	021	086	071	11
028	039	008	043	068	083	12

---------- Layer [2] ----------

col 1	col 2	col 3	col 4	col 5	col 6	row
058	102	196	163	131	070	1
092	090	123	097	026	---	2
193	052	180	170	116	112	3
002	108	169	175	053	091	4
016	184	192	040	050	133	5
158	088	---	139	132	014	6
076	151	156	167	153	073	7
010	060	089	138	---	137	8
035	159	017	098	143	174	9
015	152	034	103	101	056	10
118	082	049	160	078	099	11
066	157	122	111	033	142	12

---------- Layer [3] ----------

col 1	col 2	col 3	col 4	col 5	col 6	row
189	---	---	165	---	149	1
145	187	186	190	200	---	2
126	---	130	140	121	---	3
---	---	---	---	---	155	4
172	---	104	107	113	178	5
109	128	---	115	120	194	6
183	197	---	---	135	191	7
198	199	146	129	---	161	8
173	---	105	---	---	---	9
181	171	154	176	---	177	10
125	188	---	---	168	127	11
148	---	---	---	134	166	12

---------- Layer [4] ----------

col 1	col 2	col 3	col 4	col 5	col 6	row
---	---	---	---	---	136	1
195	---	---	---	185	---	2
---	---	---	---	---	---	3
---	---	---	---	---	147	4
---	---	---	141	106	---	5
---	---	---	---	---	124	6
114	---	---	---	---	---	7
---	150	117	---	---	---	8
---	---	144	---	---	---	9
---	---	---	---	---	---	10
---	---	---	---	179	---	11
---	---	---	---	110	---	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.2 ผลเฉลยที่ได้จากโปรแกรมแสดงพิกัดตำแหน่งของตู้คอนเทนเนอร์เรียงตาม ID

กำหนดให้ Z = Layer, X = ตำแหน่งตามแนวกว้าง, Y = ตำแหน่งตามแนวยาว

ID	Z	X	Y	ID	Z	X	Y	ID	Z	X	Y
1	1	5	7	27	1	2	2	53	2	5	4
2	2	1	4	28	1	1	12	54	1	1	9
3	1	2	4	29	1	3	3	55	1	6	3
4	1	2	10	30	1	5	9	56	2	6	10
5	1	2	5	31	1	1	7	57	1	1	10
6	1	4	1	32	1	6	2	58	2	1	1
7	1	5	5	33	2	5	12	59	1	1	2
8	1	3	12	34	2	3	10	60	2	2	8
9	1	5	8	35	2	1	9	61	1	4	4
10	2	1	8	36	1	4	3	62	1	2	6
11	1	4	8	37	1	6	9	63	1	1	3
12	1	5	4	38	1	1	1	64	1	1	6
13	1	4	5	39	1	2	12	65	1	2	3
14	2	6	6	40	2	4	5	66	2	1	12
15	2	1	10	41	1	1	4	67	1	3	8
16	2	1	5	42	1	4	9	68	1	5	12
17	2	3	9	43	1	4	12	69	1	4	10
18	1	6	4	44	1	4	7	70	2	6	1
19	1	1	5	45	1	4	6	71	1	6	11
20	1	6	1	46	1	5	6	72	1	6	7
21	1	4	11	47	1	3	10	73	2	6	7
22	1	3	4	48	1	2	8	74	1	1	11
23	1	3	7	49	2	3	11	75	1	3	5
24	1	5	2	50	2	5	5	76	2	1	7
25	1	3	9	51	1	6	8	77	1	3	11
26	2	5	2	52	2	2	3	78	2	5	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.2 ผลเฉลยที่ได้จากโปรแกรมแสดงพิกัดตำแหน่งของตู้คอนเทนเนอร์เรียงตาม ID (ต่อ)

ID	Z	X	Y	ID	Z	X	Y	ID	Z	X	Y
79	1	3	2	106	4	5	5	133	2	6	5
80	1	5	1	107	3	4	5	134	3	5	12
81	1	6	6	108	2	2	4	135	3	5	7
82	2	2	11	109	3	1	6	136	4	6	1
83	1	6	12	110	4	5	12	137	2	6	8
84	1	5	3	111	2	4	12	138	2	4	8
85	1	2	1	112	2	6	3	139	2	4	6
86	1	5	11	113	3	5	5	140	3	4	3
87	1	4	2	114	4	1	7	141	4	4	5
88	2	2	6	115	3	4	6	142	2	6	12
89	2	3	8	116	2	5	3	143	2	5	9
90	2	2	2	117	4	3	8	144	4	3	9
91	2	6	4	118	2	1	11	145	3	1	2
92	2	1	2	119	1	3	6	146	3	3	8
93	1	2	11	120	3	5	6	147	4	6	4
94	1	2	7	121	3	5	3	148	3	1	12
95	1	6	5	122	2	3	12	149	3	6	1
96	1	1	8	123	2	3	2	150	4	2	8
97	2	4	2	124	4	6	6	151	2	2	7
98	2	4	9	125	3	1	11	152	2	2	10
99	2	6	11	126	3	1	3	153	2	5	7
100	1	6	10	127	3	6	11	154	3	3	10
101	2	5	10	128	3	2	6	155	3	6	4
102	2	2	1	129	3	4	8	156	2	3	7
103	2	4	10	130	3	3	3	157	2	2	12
104	3	3	5	131	2	5	1	158	2	1	6
105	3	3	9	132	2	5	6	159	2	2	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.2 ผลเฉลยที่ได้จากโปรแกรมแสดงพิกัดตำแหน่งของตู้คอนเทนเนอร์เรียงตาม ID (ต่อ)

ID	Z	X	Y
160	2	4	11
161	3	6	8
162	1	2	9
163	2	4	1
164	1	5	10
165	3	4	1
166	3	6	12
167	2	4	7
168	3	5	11
169	2	3	4
170	2	4	3
171	3	2	10
172	3	1	5
173	3	1	9
174	2	6	9
175	2	4	4
176	3	4	10
177	3	6	10
178	3	6	5
179	4	5	11
180	2	3	3
181	3	1	10
182	1	3	1
183	3	1	7
184	2	2	5

ID	Z	X	Y
185	4	5	2
186	3	3	2
187	3	2	2
188	3	2	11
189	3	1	1
190	3	4	2
191	3	6	7
192	2	3	5
193	2	1	3
194	3	6	6
195	4	1	2
196	2	3	1
197	3	2	7
198	3	1	8
199	3	2	8
200	3	5	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.3 ตัวอย่างข้อมูลตู้คอนเทนเนอร์สำหรับ 3 ปลายทาง

กำหนดให้ Wgt. = Weight และ Dst. = Destination

ID	Wgt.	Dst.
1	25	3
2	15	3
3	15	3
4	20	3
5	10	3
6	25	3
7	25	3
8	15	3
9	20	3
10	30	3
11	10	3
12	40	3
13	20	3
14	15	3
15	15	3
16	25	3
17	30	3
18	35	3
19	40	3
20	40	3
21	35	3
22	40	3
23	35	3
24	35	3
25	40	3
26	30	3
27	25	3
28	35	3
29	15	3
30	30	3
31	35	3
32	30	3
33	25	3
34	15	3
35	20	3
36	25	3
37	35	3
38	40	3
39	15	3
40	15	3
41	20	3
42	25	3
43	30	3
44	40	3
45	35	3
46	25	3
47	25	3
48	30	3
49	20	3
50	25	3
51	30	3
52	15	3
53	25	3
54	20	3
55	25	3
56	30	3
57	40	3
58	20	3
59	30	3
60	15	3
61	35	3
62	35	3
63	40	3
64	40	3
65	30	3
66	25	3
67	25	3
68	30	3
69	20	3
70	20	3
71	30	3
72	40	3
73	40	3
74	35	3
75	35	3
76	30	3
77	30	3
78	25	3
79	25	3
80	20	3
81	20	3
82	15	3
83	15	3
84	40	3
85	35	3
86	30	3
87	25	3
88	20	3
89	15	3
90	10	3
91	15	3
92	20	3
93	25	3
94	30	3
95	35	3
96	40	3
97	15	3
98	20	3
99	25	3
100	30	3
101	35	2
102	40	2
103	20	2
104	25	2
105	30	2
106	35	2
107	40	2
108	15	2
109	20	2
110	25	2
111	30	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.3 ตัวอย่างข้อมูลตู้คอนเทนเนอร์สำหรับ 3 ปลายทาง (ต่อ)

ID	Wgt.	Dst.
112	35	2
113	40	2
114	15	2
115	20	2
116	25	2
117	30	2
118	35	2
119	40	2
120	20	2
121	25	2
122	30	2
123	35	2
124	20	2
125	25	2
126	30	2
127	35	2
128	40	2
129	15	2
130	20	2
131	25	2
132	30	2
133	35	2
134	40	2
135	15	2
136	20	2
137	25	2
138	30	2
139	35	2
140	40	2
141	20	2
142	25	2
143	25	2
144	30	2
145	35	2
146	40	2
147	15	2
148	20	2
149	25	2

ID	Wgt.	Dst.
150	30	2
151	35	2
152	40	2
153	20	2
154	25	2
155	30	2
156	35	2
157	35	2
158	40	2
159	15	2
160	20	2
161	25	2
162	30	2
163	35	2
164	40	2
165	15	2
166	20	2
167	25	2
168	30	2
169	35	2
170	40	2
171	40	2
172	35	2
173	30	2
174	25	2
175	20	2
176	15	2
177	10	2
178	15	2
179	20	2
180	25	2
181	30	2
182	35	2
183	40	2
184	15	2
185	20	2
186	25	2
187	30	2

ID	Wgt.	Dst.
188	35	2
189	40	2
190	20	2
191	25	2
192	30	2
193	35	2
194	40	2
195	15	2
196	20	2
197	25	2
198	30	2
199	35	2
200	40	2
201	25	1
202	30	1
203	35	1
204	40	1
205	20	1
206	25	1
207	25	1
208	30	1
209	35	1
210	40	1
211	15	1
212	20	1
213	25	1
214	30	1
215	35	1
216	40	1
217	20	1
218	25	1
219	30	1
220	35	1
221	35	1
222	40	1
223	15	1
224	20	1
225	25	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.3 ตัวอย่างข้อมูลตู้คอนเทนเนอร์สำหรับ 3 ปลายทาง (ต่อ)

ID	Wgt.	Dst.
226	20	1
227	15	1
228	10	1
229	15	1
230	20	1
231	25	1
232	30	1
233	35	1
234	40	1
235	15	1
236	20	1
237	25	1
238	30	1
239	35	1
240	40	1
241	20	1
242	25	1
243	30	1
244	35	1
245	40	1
246	15	1
247	20	1
248	35	1
249	30	1
250	25	1
251	20	1
252	15	1
253	10	1
254	15	1
255	20	1
256	25	1
257	30	1
258	35	1
259	40	1
260	40	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลเฉลยที่ได้จากโปรแกรมแสดงแผนผังการวางตู้คอนเทนเนอร์บนเรือ

---------- Layer [1] ----------

col 1	col 2	col 3	col 4	col 5	col 6	row
010	001	030	019	018	038	1
007	043	031	025	100	086	2
033	094	069	059	048	092	3
071	004	039	024	020	074	4
084	047	085	072	079	028	5
075	036	032	070	045	061	6
081	012	087	011	017	026	7
044	042	068	057	064	050	8
022	062	102	034	037	088	9
083	040	099	082	027	077	10

---------- Layer [2] ----------

col 1	col 2	col 3	col 4	col 5	col 6	row
076	016	008	138	056	003	1
041	187	054	129	199	191	2
014	055	164	157	066	122	3
078	185	104	095	051	049	4
063	080	131	002	090	029	5
058	060	053	097	021	098	6
015	006	089	195	093	127	7
096	067	150	023	073	035	8
013	065	154	171	046	186	9
005	128	091	139	052	009	10

---------- Layer [3] ----------

col 1	col 2	col 3	col 4	col 5	col 6	row
101	172	175	176	126	149	1
106	209	112	223	239	148	2
189	162	108	160	109	180	3
110	237	135	165	119	140	4
182	113	231	123	200	163	5
188	146	192	170	105	143	6
137	158	194	211	107	167	7
166	103	130	132	117	116	8
183	184	203	247	134	161	9
173	133	174	153	196	145	10

---------- Layer [4] ----------

col 1	col 2	col 3	col 4	col 5	col 6	row
197	181	210	245	121	238	1
190	---	177	---	---	216	2
152	115	221	260	114	227	3
120	---	208	178	212	179	4
169	253	---	159	198	213	5
142	124	155	193	207	225	6
136	111	156	---	168	215	7
204	259	236	202	144	147	8
125	252	---	---	151	255	9
232	214	244	250	141	118	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

---------- Layer [5] ----------

col 1	col 2	col 3	col 4	col 5	col 6	row
242	249	---	---	205	---	1
257	---	243	---	---	---	2
240	241	---	---	228	---	3
230	---	---	235	---	218	4
219	---	---	258	217	---	5
246	224	233	201	---	---	6
229	254	226	---	248	---	7
---	---	---	---	206	256	8
222	---	---	---	220	---	9
---	---	---	---	251	234	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.4 ผลเฉลยที่ได้จากโปรแกรมแสดงพิกัดตำแหน่งของตู้คอนเทนเนอร์ เรียงตาม ID

กำหนดให้ Z = Layer, X = ตำแหน่งตามแนวกว้าง, Y = ตำแหน่งตามแนวยาว

ID	Z	X	Y
1	1	2	1
2	2	4	5
3	2	6	1
4	1	2	4
5	2	1	10
6	2	2	7
7	1	1	2
8	2	3	1
9	2	6	10
10	1	1	1
11	1	4	7
12	1	2	7
13	2	1	9
14	2	1	3
15	2	1	7
16	2	2	1
17	1	5	7
18	1	5	1
19	1	4	1
20	1	5	4
21	2	5	6
22	1	1	9
23	2	4	8
24	1	4	4
25	1	4	2
26	1	6	7
27	1	5	10
28	1	6	5
29	2	6	5
30	1	3	1
31	1	3	2
32	1	3	6
33	1	1	3
34	1	4	9
35	2	6	8
36	1	2	6
37	1	5	9
38	1	6	1
39	1	3	4
40	1	2	10
41	2	1	2
42	1	2	8
43	1	2	2
44	1	1	8
45	1	5	6
46	2	5	9
47	1	2	5
48	1	5	3
49	2	6	4
50	1	6	8
51	2	5	4
52	2	5	10
53	2	3	6
54	2	3	2
55	2	2	3
56	2	5	1
57	1	4	8
58	2	1	6
59	1	4	3
60	2	2	6
61	1	6	6
62	1	2	9
63	2	1	5
64	1	5	8
65	2	2	9
66	2	5	3
67	2	2	8
68	1	3	8
69	1	3	3
70	1	4	6
71	1	1	4
72	1	4	5
73	2	5	8
74	1	6	4
75	1	1	6
76	2	1	1
77	1	6	10
78	2	1	4
79	1	5	5
80	2	2	5
81	1	1	7
82	1	4	10
83	1	1	10
84	1	1	5
85	1	3	5
86	1	6	2
87	1	3	7
88	1	6	9
89	2	3	7
90	2	5	5
91	2	3	10
92	1	6	3
93	2	5	7
94	1	2	3
95	2	4	4
96	2	1	8
97	2	4	6
98	2	6	6
99	1	3	10
100	1	5	2
101	3	1	1
102	1	3	9
103	3	2	8
104	2	3	4
105	3	5	6
106	3	1	2
107	3	5	7
108	3	3	3
109	3	5	3
110	3	1	4
111	4	2	7
112	3	3	2
113	3	2	5
114	4	5	3
115	4	2	3
116	3	6	8
117	3	5	8
118	4	6	10
119	3	5	4
120	4	1	4
121	4	5	1
122	2	6	3
123	3	4	5
124	4	2	6
125	4	1	9
126	3	5	1
127	2	6	7
128	2	2	10
129	2	4	2
130	3	3	8
131	2	3	5
132	3	4	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 5.4 ผลเฉลยที่ได้จากโปรแกรมแสดงพิกัดตำแหน่งของตู้คอนเทนเนอร์ เรียงตาม ID (ต่อ)

ID	Z	X	Y
133	3	2	10
134	3	5	9
135	3	3	4
136	4	1	7
137	3	1	7
138	2	4	1
139	2	4	10
140	3	6	4
141	4	5	10
142	4	1	6
143	3	6	6
144	4	5	8
145	3	6	10
146	3	2	6
147	4	6	8
148	3	6	2
149	3	6	1
150	2	3	8
151	4	5	9
152	4	1	3
153	3	4	10
154	2	3	9
155	4	3	6
156	4	3	7
157	2	4	3
158	3	2	7
159	4	4	5
160	3	4	3
161	3	6	9
162	3	2	3
163	3	6	5
164	2	3	3
165	3	4	4
166	3	1	8
167	3	6	7
168	4	5	7
169	4	1	5
170	3	4	6
171	2	4	9
172	3	2	1
173	3	1	10
174	3	3	10
175	3	3	1
176	3	4	1
177	4	3	2
178	4	4	4
179	4	6	4
180	3	6	3
181	4	2	1
182	3	1	5
183	3	1	9
184	3	2	9
185	2	2	4
186	2	6	9
187	2	2	2
188	3	1	6
189	3	1	3
190	4	1	2
191	2	6	2
192	3	3	6
193	4	4	6
194	3	3	7
195	2	4	7
196	3	5	10
197	4	1	1
198	4	5	5
199	2	5	2
200	3	5	5
201	5	4	6
202	4	4	8
203	3	3	9
204	4	1	8
205	5	5	1
206	5	5	8
207	4	5	6
208	4	3	4
209	3	2	2
210	4	3	1
211	3	4	7
212	4	5	4
213	4	6	5
214	4	2	10
215	4	6	7
216	4	6	2
217	5	5	5
218	5	6	4
219	5	1	5
220	5	5	9
221	4	3	3
222	5	1	9
223	3	4	2
224	5	2	6
225	4	6	6
226	5	3	7
227	4	6	3
228	5	5	3
229	5	1	7
230	5	1	4
231	3	3	5
232	4	1	10
233	5	3	6
234	5	6	10
235	5	4	4
236	4	3	8
237	3	2	4
238	4	6	1
239	3	5	2
240	5	1	3
241	5	2	3
242	5	1	1
243	5	3	2
244	4	3	10
245	4	4	1
246	5	1	6
247	3	4	9
248	5	5	7
249	5	2	1
250	4	4	10
251	5	5	10
252	4	2	9
253	4	2	5
254	5	2	7
255	4	6	9
256	5	6	8
257	5	1	2
258	5	4	5
259	4	2	8
260	4	4	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ปัญหาการจัดวางตู้คอนเทนเนอร์ภายในเรือ ให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมต่อการลำเลียงตู้คอนเทนเนอร์ขึ้น-ลงเรือสินค้าในแต่ละปลายทางนั้น มีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อด้านต้นทุนของการดำเนินการ โดยในงานนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยในด้านต้นทุน 2 ปัจจัยคือ การถือครองตู้คอนเทนเนอร์ชั่วคราว และการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ใหม่ หลังจากยกตู้ลงจากเรือในแต่ละปลายทางเพื่อให้เรืออยู่ในเสถียรภาพ โดยการจัดวางตู้คอนเทนเนอร์ภายในเรือแบบเดิมนั้นจะจัดวางตู้คอนเทนเนอร์ให้อยู่ในลักษณะกลุ่ม โดยจัดให้ตู้คอนเทนเนอร์ที่อยู่ปลายทางเดียวกันวางไว้ใกล้กันให้ได้มากที่สุด อาจทำให้เกิดปัญหาดังกล่าวได้

ทางผู้วิจัยจึงได้นำเสนอวิธีการจัดวางตู้คอนเทนเนอร์ในรูปแบบที่แตกต่างออกไป การคำนวณการจัดวางตู้คอนเทนเนอร์จะแยกตามแต่ละปลายทางและให้วางซ้อนทับกันตามลำดับของปลายทาง ซึ่งได้เลียนแบบการจัดวางตามน้ำหนักจากรูปแบบเก่าไว้ในแต่ละปลายทางอีกด้วย ในการหาตำแหน่งจัดวางตู้คอนเทนเนอร์ในครั้งนี้ได้ใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมแบบแบ่งมาหาผลเฉลย โดยใช้กำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มเป็นตัวกำหนดขอบเขตของปัญหา โดยที่ขั้นตอนวิธีพันธุกรรมแบบแบ่งได้พัฒนามาจากขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมแบบเดิม เพื่อให้สอดคล้องกับปัญหา และได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นมาเพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมของตู้คอนเทนเนอร์ตามขั้นตอนวิธีพันธุกรรมแบบแบ่ง

ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมนั้นสามารถลดจำนวนครั้งในการถือครองชั่วคราว และโอกาสในการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ใหม่หลังจากลำเลียงตู้คอนเทนเนอร์ออกจากเรือในแต่ละปลายทางแล้วได้ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณยังอยู่ภายใต้ขอบเขตที่กำหนดไว้ และหลังจากการคำนวณเสร็จสิ้นแล้วโปรแกรมจะเขียนข้อมูลผลลัพธ์ออกมา 2 แฟ้มข้อมูล คือ แผนผังการวางตู้คอนเทนเนอร์แบบเสมือนและแสดงพิกัดตำแหน่งของตู้คอนเทนเนอร์

นอกจากนี้ขั้นตอนวิธีพันธุกรรมแบบแบ่งที่ได้พัฒนาขึ้นมานั้นสามารถนำไปประยุกต์กับปัญหาอื่นๆ ที่ยีนแต่ละตัวไม่สามารถมีค่าซ้ำกันได้ หรือการจัดเรียงในรูปแบบอื่นๆ ที่มีลักษณะการวางซ้อนทับกันเป็นชั้นแล้วน้ำหนักมีผลต่อพื้นที่ในการจัดวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวคิดในการจัดวางตู้คอนเทนเนอร์ในเรือสินค้าที่แตกต่างออกไปจากในปัจจุบัน จึงได้ตัดข้อจำกัดที่ใช้จริงอยู่ในปัจจุบันออกในบางเรื่องเพื่อ ทดสอบการจัดวางตู้คอนเทนเนอร์ตามสมมติฐานที่ได้ตั้งไว้ ดังนั้นหลังจากทำการวิจัยแล้ว พบว่าการใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมแบบแบ่งมีความเหมาะสมที่จะใช้หาผลลัพธ์ในการจัดวางตู้คอนเทนเนอร์ งานในอนาคตก็อาจจะนำข้อจำกัดที่ได้ตัดไปนั้นกลับมาทำการคำนวณด้วย เช่นสามารถคำนวณการจัดวางตู้คอนเทนเนอร์ต่างขนาดกันได้ สามารถจัดวางตู้คอนเทนเนอร์แต่ละประเภทให้อยู่ภายในพื้นที่ที่กำหนดไว้ได้ สามารถคำนวณน้ำหนักตู้คอนเทนเนอร์ที่จัดวางในเรือสินค้าตามน้ำหนักจริงได้ เพิ่มโอกาสในการจัดเรียงตู้คอนเทนเนอร์ของจุดหมายเดียวกันให้วางเป็นกลุ่มได้ และทำการเปรียบเทียบความปลอดภัยในการตู้คอนเทนเนอร์แบบปกติกับแบบที่ใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม รวมไปถึงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายทางด้านต้นทุนและเวลาระหว่างการจัดวางตู้ทั้งสองรูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ณกร อินทร์พยุง. "**การแก้ปัญหาการตัดสินใจในอุตสาหากรรมการขนส่งและโลจิสติกส์**" พ.ศ.2548. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[2] **ยุทธศาสตร์การพัฒนากองเรือพาณิชย์ไทย.** [Online]. Available : http://www.logisticsdigest.com/education/article/item/5795-ยุทธศาสตร์การพัฒนากองเรือพาณิชย์ไทย.html 2011.

[3] **การขนส่งทางเรือด้วยระบบตู้คอนเทนเนอร์.** [Online]. Available : http://www.marinerthai.com/sara/view.php?No=1006. 2002.

[4] [Online]. Available : http://www.chassisking.com/products/freight-containers/40-foot-high-cube-storage-and-shipping-container/. 1990.

[5] [Online]. Available : http://forums.auran.com/trainz/showthread.php?t=27299. 2008.

[6] WEI, J. 2009. "A new algorithm for container ship's stowage." **International Joint Conference on Artificial Intelligence.**

[7] [Online]. Available : http://us.fotolia.com/id/2125601. 2004.

[8] Marek Obitko. **Genetic Algorithm**. [Online]. Available : http://www.obitko.com/tutorials/genetic-algorithms/index.php. 1998.

[9] Li F., Tian C., Cao R. and Ding W. 2008. "An integer linear programming for container stowage problem." **ICCS I, LNCS 5101**, pp. 853-862

[10] Ambrosino D., Sciomachen A. and Tanfani E. 2004. "Stowing a containership : the master bay plan problem." **Transportation Research** A 38, 81-99.

[11] [Online]. Available : http://www.deluxeinnovations.com/arrivals01-2009.html. 2009.

[12] Ambrosino D., Sciomachen A. and Tanfani E. 2006. "A decomposition heuristics for the container ship stowage problem." **J Heuristics** 12, 211–233

[13] Dubrovsky O., Levitin G. and Penn M. 2002. "A genetic algorithm with a compact solution encoding for the container ship stowage problem." **Journal of Heuristics** 8, 585–599

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายวรสิทธิ์ จิระราชวโร
วัน เดือน ปีเกิด	27 มิถุนายน 2530 ที่กรุงเทพมหานครฯ
ประวัติการศึกษา	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์
ปีการศึกษา	2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้