

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

เนื้อหาในบทนี้ประกอบด้วย 2 หัวข้อใหญ่ คือ 1. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย และ 2. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

#### 1. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ดำเนินการวิจัย

1.1 คอมพิวเตอร์แล็ปท็อป 1 เครื่อง สำหรับเขียนและรัน (Run)โปรแกรมเพื่อเก็บผลการทดลอง มีรายละเอียดตัวเครื่องดังนี้

- หน่วยประมวลผลกลาง AMD Athlon XP 1600+ ความเร็วสูงสุด 1.4 GHz
- หน่วยความจำหลัก 192 MB
- ความจุของฮาร์ดดิสก์ 40 GB
- ใช้ซอฟต์แวร์ระบบปฏิบัติการไมโครซอฟท์ วินโดวส์เอ็กซ์พี โฮมอี디션 (Windows XP Home edition)

1.2 ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมสำหรับแก้ปัญหาการจัดเรียงกล่องลงในคอนเทนเนอร์ คือ โปรแกรมไมโครซอฟท์ วิซวลเบสิก 6.0 เซอร์วิสแพ็ค 5 (Microsoft visual basic 6.0 SP5)

1.3 ในการวิเคราะห์การทดลองใช้โปรแกรมมินิแท็บ เวอร์ชัน 13 (Minitab version 13) และโปรแกรมเอสพีเอสเอส เวอร์ชัน 11.5.0 (SPSS version 11.5.0) เป็นเครื่องมือช่วยอำนวยความสะดวกในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

#### 2. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนของการดำเนินการวิจัย แบ่งเป็นหัวข้อย่อยได้ดังนี้

- 2.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล
- 2.2 วิเคราะห์และออกแบบเพิ่มข้อมูลนำเข้า
- 2.3 วิเคราะห์และออกแบบเพิ่มข้อมูลนำออก
- 2.4 การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการบรรจุกล่องลงในคอนเทนเนอร์
- 2.5 พัฒนาโปรแกรมเพื่อนำ GA มาใช้หาลำดับการจัดเรียงกล่องลงในคอนเทนเนอร์

## 2.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดเรียงกล่องลงในคอนเทนเนอร์ประกอบด้วย 2 ข้อมูลหลัก คือ ข้อมูลของคอนเทนเนอร์ และข้อมูลของกล่องที่จะนำมาจัดเรียง แสดงรายละเอียดดังนี้

**ข้อมูลของคอนเทนเนอร์** เนื่องจากในปัจจุบันมีการผลิตคอนเทนเนอร์ออกมามากมายหลายขนาด ขึ้นอยู่กับลูกค้าว่าต้องการคอนเทนเนอร์แบบใด ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกตัวอย่างขนาดของคอนเทนเนอร์มาใส่ไว้ให้เลือกในโปรแกรมได้ทั้งหมด 4 แบบ ซึ่งรูปแบบที่เลือกใช้นั้น อ้างอิงมาจาก [www.packer3d.com/modules/vehicles](http://www.packer3d.com/modules/vehicles) แสดงรายละเอียดของคอนเทนเนอร์แต่ละแบบดังนี้

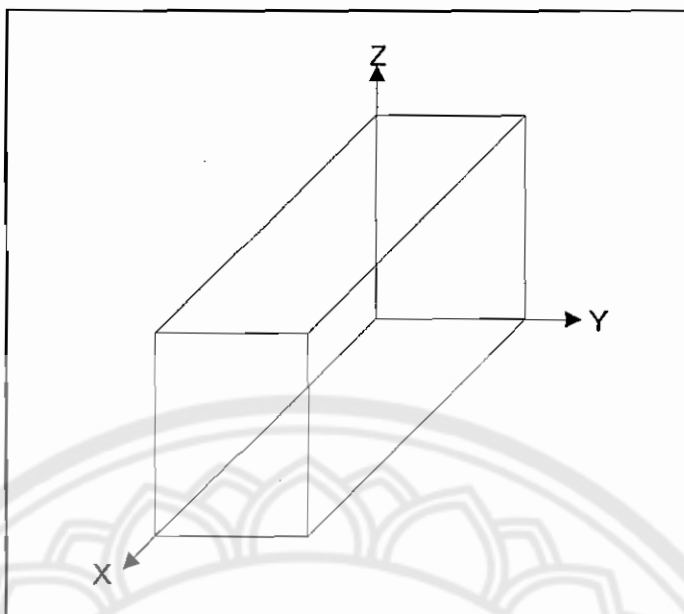
แบบที่ 1 "Container 1AA" ขนาด 40ft. ความยาว ความกว้าง ความสูง เท่ากับ 11998 mm, 2330 mm และ 2350 mm ตามลำดับ

แบบที่ 2 "Container 1A" ขนาด 40ft. ความยาว ความกว้าง ความสูง เท่ากับ 11998 mm, 2197 mm และ 2320 mm ตามลำดับ

แบบที่ 3 "Container 1SS" ขนาด 20ft. ความยาว ความกว้าง ความสูง เท่ากับ 5867 mm, 2330 mm และ 2350 mm ตามลำดับ

แบบที่ 4 "Container 1S" ขนาด 20ft. ความยาว ความกว้าง ความสูง เท่ากับ 5867 mm, 2197 mm และ 2330 mm ตามลำดับ

จากขนาดของคอนเทนเนอร์แต่ละแบบที่กล่าวไว้ข้างต้น จะสังเกตได้ว่าคอนเทนเนอร์มีรูปทรงเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดให้ ด้านยาว คือ แกน X เป็นด้านที่มีความยาวมากที่สุด ด้านกว้าง คือ แกน Y เป็นด้านที่มีความยาวน้อยที่สุด และด้านสูง คือ แกน Z เป็นด้านที่มีความยาวอยู่ระหว่างด้านที่มีความยาวมากที่สุดกับด้านที่มีความยาวน้อยที่สุด โดยในส่วนของการทำงานทดลองในบทที่ 4 นั้นผู้วิจัยได้เลือกใช้ตัวอย่างขนาดของคอนเทนเนอร์ในการทดลองเพียงแบบเดียวเท่านั้นคือแบบที่ 1 ("Container 1AA" ขนาด 40ft. ความยาว ความกว้าง ความสูง เท่ากับ 11998 mm, 2330 mm และ 2350 mm ตามลำดับ) ซึ่งมีขนาดใหญ่ที่สุด แสดงรูปคอนเทนเนอร์ดังภาพ 20

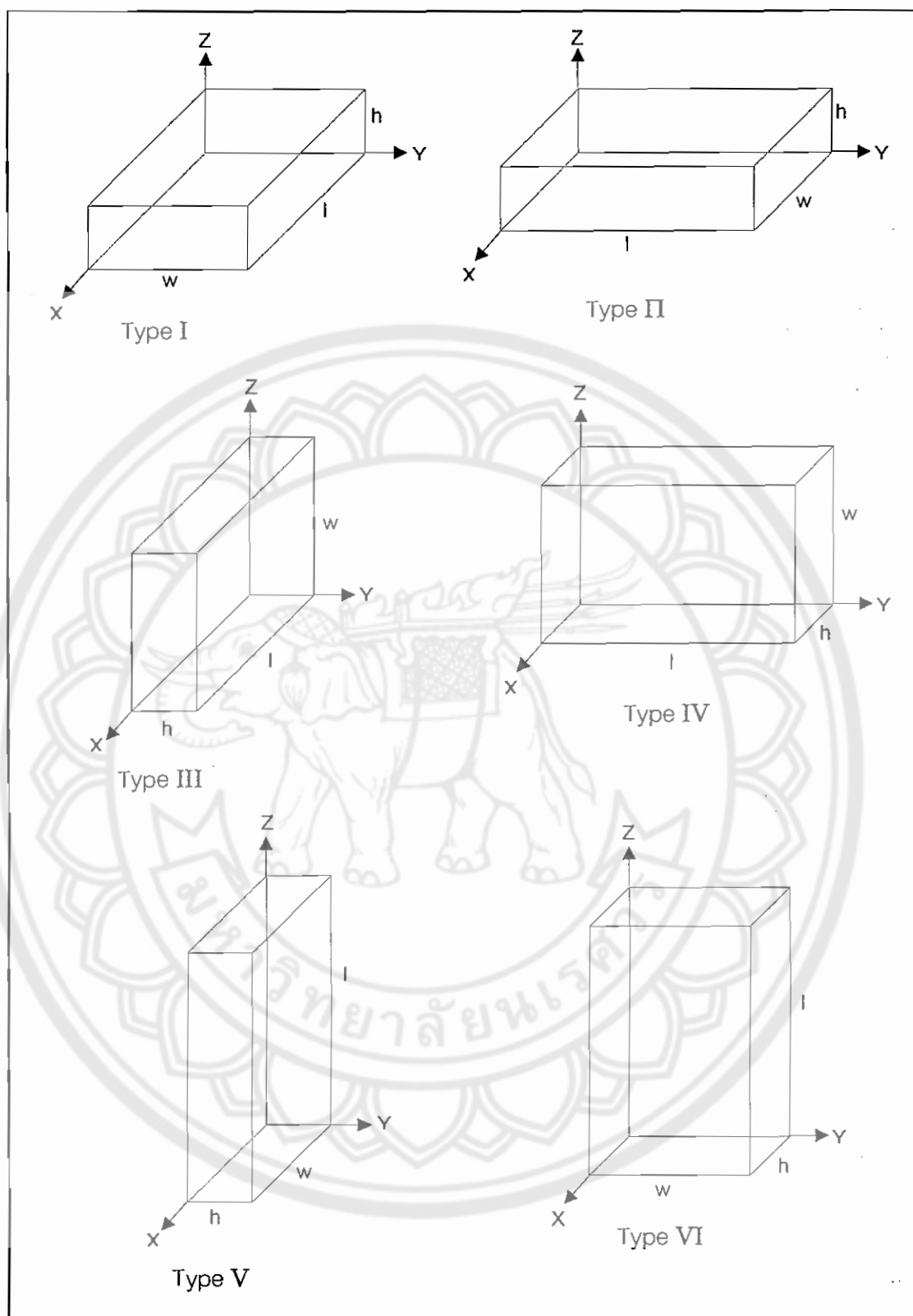


ภาพ 20 แสดงรูปคอนเทนเนอร์

ข้อมูลของกล่องผลิตภัณฑ์ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน โดยแบ่งเป็น 6 ชุดข้อมูล ดังนี้  
 ส่วนที่ 1 มี 1 ชุดข้อมูลจะเป็นชุดข้อมูลที่ใช้กลุ่มตัวอย่างของกล่องขนาด 100 กล่อง  
 ส่วนที่ 2 มี 4 ชุดข้อมูลจะเป็นชุดข้อมูลที่ใช้กลุ่มตัวอย่างของกล่องชุดละ 500 กล่อง  
 โดยในแต่ละชุดข้อมูลจะมีปริมาตรรวมของกล่อง 500 กล่องเป็นจำนวนเท่ากัน  
 ส่วนที่ 3 มี 1 ชุดข้อมูลจะเป็นชุดข้อมูลที่ใช้กลุ่มตัวอย่างของกล่องขนาด 1,000  
 กล่อง

โดยที่กล่องทุกใบจะมีรูปทรงเป็นรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ และความยาว ความกว้าง ความสูง ของกล่องจะได้มาจากการสุ่มตัวเลข ดังนี้ ความยาวของกล่องจะอยู่ในช่วง 70-100 เซนติเมตร ความกว้างของกล่องจะอยู่ในช่วง 50-80 เซนติเมตร และความสูงของกล่องจะอยู่ในช่วง 30-60 เซนติเมตร โดยกำหนดให้ ด้านยาว กว้าง สูง ของกล่องผลิตภัณฑ์ คือด้านที่มีความยาวเรียง จากมากไปน้อยตามลำดับ โดยด้านยาว ( $l$ ) คือ ด้านใดก็ตามที่มีความยาวมากที่สุด ด้านกว้าง ( $w$ ) คือ ด้านใดก็ตามที่มีความยาวอยู่ระหว่างด้านที่มีความยาวมากที่สุดกับด้านที่มีความยาวน้อยที่สุด ส่วนด้านสูง ( $h$ ) คือ ด้านใดก็ตามที่มีความยาวน้อยที่สุด ดังนั้นกล่องทุกใบที่ใช้ในงานวิทยานิพนธ์นี้ จึงมีขนาดที่แตกต่างกันทั้งหมด

ในการจัดเรียงกล่องลงในคอนเทนเนอร์กล่องแต่ละใบสามารถวางได้ทั้งหมด 6 แบบ (Bortfeldt & Gehring, 2001) ดังนี้



ภาพ 21 แสดงรูปแบบการวางตัวของกล่องผลิตภัณฑ์

จากภาพ 21 พิจารณาลักษณะการวางตัวของกล่องทั้ง 6 แบบจะพบว่าการวางทั้ง 6 แบบนั้นเกิดจากการหมุนด้านยาว กว้าง สูง ทั้ง 3 ด้านของกล่องบนแกนพิกัด 3 มิติ X, Y, Z ดังนี้

การวางแบบที่ I ด้าน (l) ขนานแกน X, ด้าน (w) ขนานแกน Y และ ด้าน (h) ขนานแกน Z

การวางแบบที่ II ด้าน (l) ขนานแกน Y, ด้าน (w) ขนานแกน X และ ด้าน (h) ขนานแกน Z

การวางแบบที่ III ด้าน (l) ขนานแกน X, ด้าน (w) ขนานแกน Z และ ด้าน (h) ขนานแกน Y

การวางแบบที่ IV ด้าน (l) ขนานแกน Y, ด้าน (w) ขนานแกน Z และ ด้าน (h) ขนานแกน X

การวางแบบที่ V ด้าน (l) ขนานแกน Z, ด้าน (w) ขนานแกน X และ ด้าน (h) ขนานแกน Y

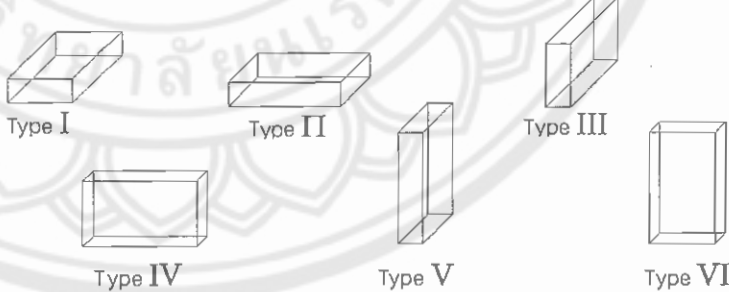
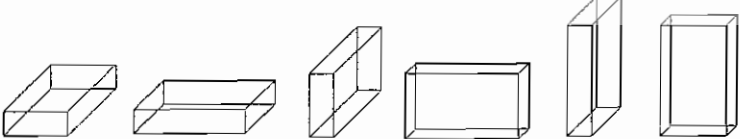
การวางแบบที่ VI ด้าน (l) ขนานแกน Z, ด้าน (w) ขนานแกน Y และ ด้าน (h) ขนานแกน X

ในงานวิทยานิพนธ์นี้ได้แบ่งข้อจำกัดของการหมุน หรือพลิกวางกล่องออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

ประเภทที่ 1 ข้อจำกัดการหมุนแบบ 1 เส้นแกน (1 Axis) หมายถึง การจัดเรียงกล่องที่สามารถวางกล่องลงในคอนเทนเนอร์ได้รูปแบบเดียวเท่านั้น (จากทั้งหมด 6 แบบ) ไม่สามารถหมุนหรือพลิกกล่องได้

ประเภทที่ 2 ข้อจำกัดการหมุนแบบ 3 เส้นแกน (3 Axis) หมายถึง การจัดเรียงกล่องที่สามารถพลิกหรือหมุนวางกล่องลงในคอนเทนเนอร์ได้ทุกรูปแบบจากทั้งหมด 6 แบบ แสดงข้อจำกัดของการหมุน หรือพลิกวางกล่องทั้ง 2 ประเภทได้ดังตาราง 10

ตาราง 10 แสดงข้อจำกัดของการหมุน หรือพลิกวางกล่องที่แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

|                                                                                   |                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>ประเภทที่ 1 (1 Axis)</p> <p>ไม่สามารถหมุนกล่องได้ เลือกวางได้แบบใดแบบหนึ่ง</p> |  <p>Type I      Type II      Type III      Type IV      Type V      Type VI</p> |
| <p>ประเภทที่ 2 (3 Axis)</p> <p>หมุนวางได้ทุกแบบ</p>                               |                                                                                 |

## 2.2 วิเคราะห์และออกแบบเพิ่มข้อมูลนำเข้า

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้ออกแบบเพิ่มข้อมูลนำเข้า (Input files) หนึ่งเพิ่มข้อมูล ได้แก่ เพิ่มแสดงรายละเอียดของกล่อง เนื่องจากในการทดลองจำเป็นต้องใช้กล่องจำนวนมากจึงได้ทำการ Random ขนาดของกล่องขึ้นมาตามที่กล่าวไว้ข้างต้น และจัดเก็บรายละเอียดของกล่องลงในเพิ่มข้อมูล (แสดงตัวอย่างเพิ่มข้อมูลของกล่องได้ดังตาราง 11) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องนำเข้าเพิ่มข้อมูลก่อนการสั่งให้โปรแกรมทำการประมวลผล ซึ่งเพิ่มนี้ถูกสร้างขึ้นให้อยู่ในรูปของฐานข้อมูล (Database type) ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟท์แอคเซส 2003 โดยในเพิ่มจะเก็บหมายเลขของกล่อง (ID), ความยาวของกล่อง (Length), ความกว้างของกล่อง (Width) และความสูงของกล่อง (Height) ซึ่งแสดงรายละเอียดดังนี้

รหัสหมายเลขกล่อง (ID) เป็นชุดอักขระ (String) มีขนาด 5 ตัวอักษร โดยตัวแรกของแต่ละ ID จะแทนด้วยอักษร 'B' (มาจาก Box) แล้วจึงตามด้วยรหัสของกล่องนั้นๆ เช่น B1 จะหมายถึง กล่องที่ 1 เป็นต้น

ความยาว ความกว้าง และความสูง ของกล่อง เป็นชุดตัวเลข (Numeric) มีหน่วยเป็น เมตร (Meter)

ตาราง 11 แสดงตัวอย่างเพิ่มข้อมูลของกล่อง

| รหัสกล่อง | Length | Width | Height |
|-----------|--------|-------|--------|
| B1        | 0.3    | 0.6   | 0.9    |
| :         | :      | :     | :      |
| B5000     | 0.45   | 0.7   | 1      |

## 2.3 วิเคราะห์และออกแบบเพิ่มข้อมูลนำออก

เพิ่มข้อมูลนำออก (Output files) เป็นเพิ่มที่รายงานผลลัพธ์จากการประมวลผลของโปรแกรมซึ่งประกอบด้วย รายละเอียดของการกำหนดค่าต่างๆให้กับโปรแกรม และรายละเอียดของผลลัพธ์ ได้แก่ คำคำตอบที่ดีที่สุด (จำนวนคอนเทนเนอร์ และปริมาตรของคอนเทนเนอร์ที่ใช้ไป), เวลาที่ใช้ (Usage time), ข้อมูลความยาว กว้าง สูง ของกล่องแต่ละใบ, ผลการจัดลำดับการเรียงกล่องแต่ละใบลงในคอนเทนเนอร์ และรูปแบบการวางตัวของกล่องแต่ละใบ พร้อมทั้งแสดงชื่อเจ้าของ (ถ้ามี) โดยเพิ่มดังกล่าวนี้จะถูกจัดเก็บให้อยู่ในรูปของเพิ่มข้อความ

(Text file) และสามารถนำไปเปิดด้วยโปรแกรมประยุกต์ทั่วไปได้ เช่น Microsoft word หรือ World pad เป็นต้น แสดงตัวอย่างเพิ่มข้อมูลนำออกของคอนเทนเนอร์โปรแกรมได้ดังภาพ 22

| Population size/Number of generation: 50/200                   |      |       |       |       |             |               |       |
|----------------------------------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------------|---------------|-------|
| Probability of crossover: 0.5                                  |      |       |       |       |             |               |       |
| Probability of mutation: 0.15                                  |      |       |       |       |             |               |       |
| Crossover operation: CX                                        |      |       |       |       |             |               |       |
| Mutation operation: E2ORS                                      |      |       |       |       |             |               |       |
| Seed value: 19                                                 |      |       |       |       |             |               |       |
| Selection scheme: Elitist selection (75%)                      |      |       |       |       |             |               |       |
| Container type: Container 1S, 20ft. ( 5867, 2330, 2197) mm     |      |       |       |       |             |               |       |
| Number of box: 100 boxes                                       |      |       |       |       |             |               |       |
| Rotation type: 3 axis [GA smart arrange: base on highest item] |      |       |       |       |             |               |       |
| Heuristic for arrangement: Guillotine cutting approach         |      |       |       |       |             |               |       |
| Result::                                                       |      |       |       |       |             |               |       |
| First met: 161                                                 |      |       |       |       |             |               |       |
| Container usage: 2                                             |      |       |       |       |             |               |       |
| Volume usage: 40.953                                           |      |       |       |       |             |               |       |
| Time usage: 181 s                                              |      |       |       |       |             |               |       |
| No.                                                            | Item | L (m) | W (m) | H (m) | Arrangement | No. container | Owner |
| 1                                                              | 4    | .8    | .75   | .3    | 6           | 1             |       |
| 2                                                              | 14   | .85   | .7    | .55   | 1           | 1             |       |
| 3                                                              | 6    | .7    | .6    | .3    | 1           | 1             |       |
| 4                                                              | 37   | .85   | .6    | .55   | 6           | 1             |       |
| 5                                                              | 77   | .8    | .7    | .6    | 1           | 1             | Unna  |
| 6                                                              | 99   | .75   | .75   | .6    | 2           | 1             | Unna  |
| 7                                                              | 60   | .7    | .65   | .35   | 3           | 1             | Unna  |
| 8                                                              | 87   | .95   | .7    | .55   | 2           | 1             | Unna  |
| 9                                                              | 51   | .8    | .75   | .55   | 2           | 1             | Unna  |
| 10                                                             | 43   | .7    | .5    | .5    | 1           | 1             |       |
| 11                                                             | 27   | .8    | .65   | .3    | 3           | 1             |       |
| 12                                                             | 65   | .85   | .5    | .45   | 3           | 1             |       |
| 13                                                             | 68   | 1     | .6    | .5    | 1           | 1             |       |
| 14                                                             | 41   | .8    | .7    | .6    | 1           | 1             |       |
| 15                                                             | 46   | .8    | .7    | .55   | 1           | 1             |       |
| 16                                                             | 100  | .7    | .7    | .4    | 2           | 1             |       |
| 17                                                             | 20   | .85   | .5    | .5    | 1           | 1             |       |
| 18                                                             | 40   | 1     | .6    | .3    | 1           | 1             |       |
| 19                                                             | 18   | .9    | .5    | .5    | 5           | 1             | Chao  |
| 20                                                             | 11   | .8    | .6    | .4    | 5           | 1             | Chao  |
| 21                                                             | 31   | .8    | .8    | .3    | 2           | 1             | Chao  |
| 22                                                             | 23   | .8    | .55   | .45   | 4           | 1             | Chao  |
| 23                                                             | 19   | .95   | .65   | .3    | 1           | 1             | Chao  |
| 24                                                             | 8    | 1     | .7    | .55   | 1           | 1             | Chao  |
| 25                                                             | 78   | .7    | .5    | .5    | 4           | 1             |       |
| 26                                                             | 88   | .85   | .8    | .6    | 1           | 1             |       |
| 27                                                             | 16   | 1     | .7    | .5    | 3           | 1             |       |
| 28                                                             | 29   | .8    | .75   | .55   | 1           | 1             |       |
| 29                                                             | 3    | .85   | .5    | .45   | 3           | 1             |       |
| 30                                                             | 90   | .75   | .6    | .55   | 1           | 1             |       |
| 31                                                             | 76   | .85   | .55   | .4    | 3           | 1             |       |
| 32                                                             | 70   | .7    | .6    | .3    | 3           | 2             |       |
| 33                                                             | 9    | .8    | .6    | .45   | 1           | 2             |       |
| 34                                                             | 83   | .75   | .65   | .3    | 1           | 2             |       |
| 35                                                             | 24   | .8    | .7    | .5    | 4           | 2             |       |

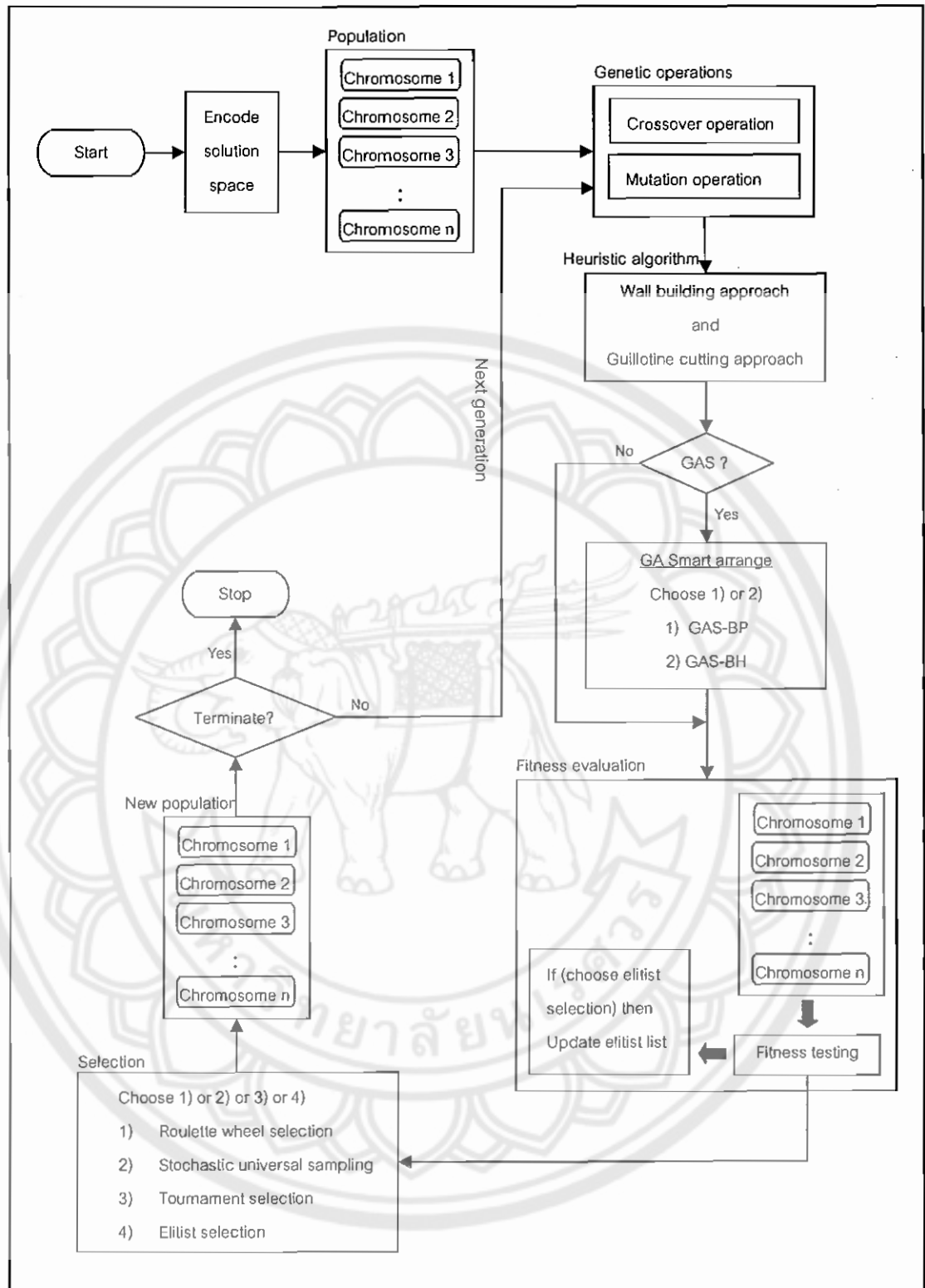
ภาพ 22 แสดงตัวอย่างเพิ่มข้อมูลนำออกของคอนเทนเนอร์โปรแกรม

## 2.4 การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดเรียงกล่องลงในคอนเทนเนอร์

ในงานวิจัยนี้ได้มีการเพิ่มกระบวนการ Smart arrange เข้ามาเพื่อช่วย GA ในการหารูปแบบการวางตัวที่เหมาะสมของกล่อง และเพิ่มกระบวนการคัดสรรให้มีหลายรูปแบบ ซึ่งหนึ่งในนั้นก็คือ Elitist selection ที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว เข้าไปในการทำงานของ GA ด้วย โดยในภาพ 23 จะแสดงแผนผังการทำงานของ การประยุกต์ใช้ GA สำหรับปัญหาการจัดเรียงกล่องลงในคอนเทนเนอร์ ซึ่งในส่วนของกระบวนการทำงานนั้นสามารถแบ่งเป็นหัวข้อย่อยตามลำดับการทำงานได้ดังนี้

- 2.4.1 การกำหนดรูปแบบโครโมโซม (Chromosome representation)
- 2.4.2 การสร้างประชากรเริ่มต้น (Population initialization)
- 2.4.3 กระบวนการทางพันธุกรรม (Genetic operations)
- 2.4.4 ฮิวริสติกที่ใช้ในการจัดเรียงกล่อง (Heuristic for arrangement)
- 2.4.5 การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness evaluation)
- 2.4.6 การคัดสรร (Selection)
- 2.4.7 การตรวจเงื่อนไขหยุดการทำงาน (Termination)





ภาพ 23 แสดงแผนผังการทำงานของ GA สำหรับ CPP

#### 2.4.1 การกำหนดรูปแบบโครโมโซม (Chromosome representation)

รูปแบบโครโมโซมเป็นแบบตัวอักษรผสมตัวเลข (Alphanumeric) โดยแต่ละยีนจะแทนด้วยชุดอักขระ 2 ส่วน ส่วนแรก คือ หมายเลขกล่อง ใช้ตัวอักษร B แทนกล่อง (Box) และหมายเลขที่ห้อยหลัง B แทนหมายเลขของกล่องนั้น และส่วนที่สอง คือ รูปแบบการวางตัวของกล่อง ใช้ตัวอักษร A แทนรูปแบบการวางตัวของกล่อง (Arrange) และหมายเลขที่ห้อยหลัง A แทนรูปแบบการวางตัวของกล่องแต่ละแบบซึ่งมีทั้งหมด 6 แบบ แสดงรูปแบบโครโมโซมดังภาพ 24

|          |          |          |          |          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| $B_5A_3$ | $B_3A_1$ | $B_6A_5$ | $B_1A_2$ | $B_8A_6$ | $B_4A_4$ | $B_2A_3$ | $B_7A_4$ |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|

ภาพ 24 แสดงลักษณะของโครโมโซมสำหรับ CPP

จากภาพ 24 ลักษณะของโครโมโซมประกอบไปด้วยหลายๆ ยีนมาเรียงต่อกัน โดยลำดับของยีนจะแสดงถึงลำดับก่อนหลังของการจัดเรียงกล่องแต่ละใบ ซึ่งความยาวของโครโมโซมจะเท่ากับจำนวนกล่องทั้งหมดที่นำมาจัดเรียง จากภาพโครโมโซมมีจำนวน 8 ยีน หรือมีกล่องทั้งหมด 8 กล่อง โดยกล่องแรกที่ถูกนำไปจัดเรียงลงในคอนเทนเนอร์คือกล่องหมายเลข 5 ซึ่งมีรูปแบบการวางตัวของกล่องเป็นแบบที่ 3 และกล่องถัดมาที่ถูกนำไปจัดเรียงคือกล่องหมายเลข 3, 6, 1, 8, 4, 2, 7 ซึ่งมีรูปแบบการวางตัวของกล่องเป็นแบบที่ 1, 5, 2, 6, 4, 3, 4 ตามลำดับ

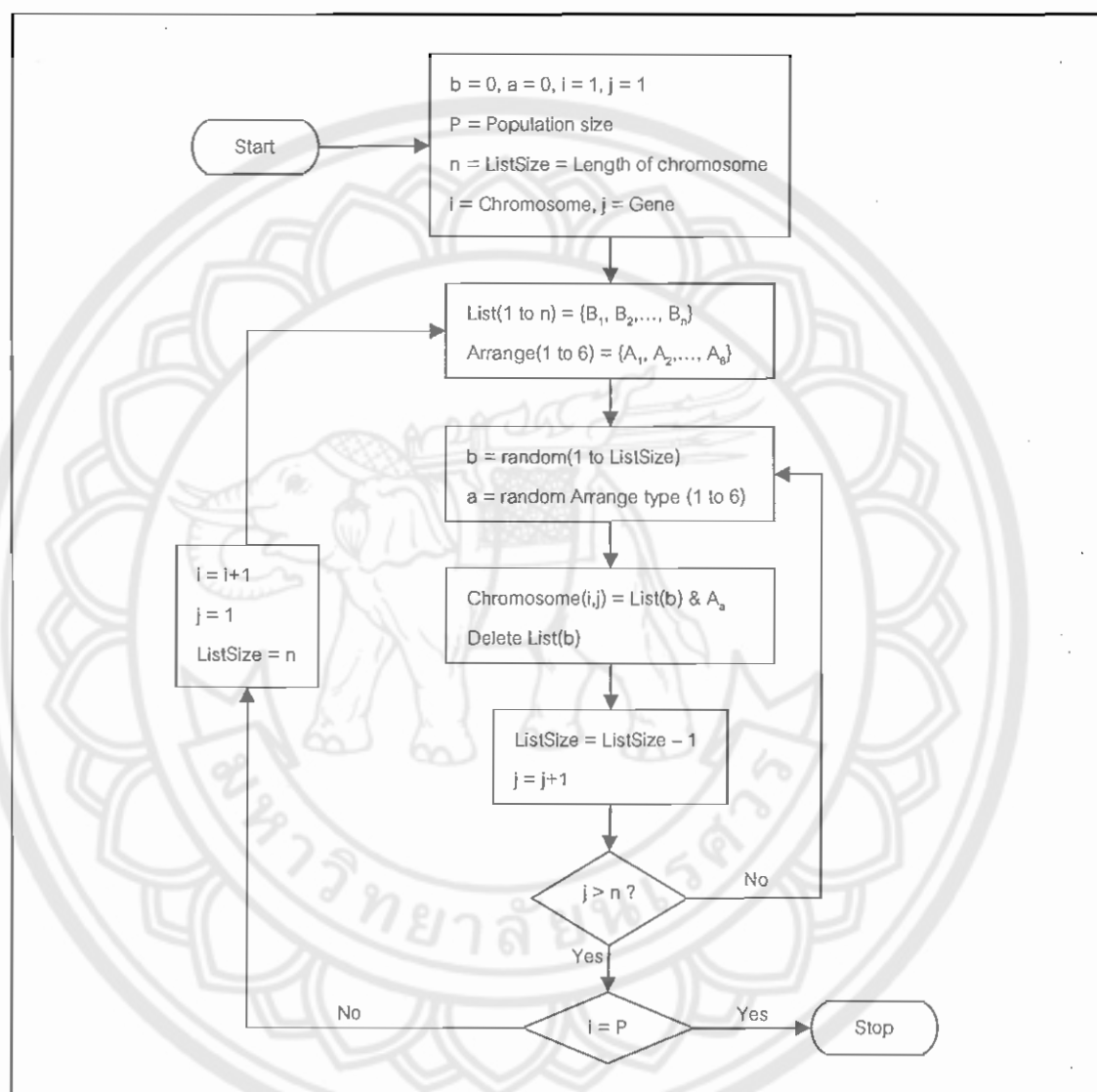
#### 2.4.2 การสร้างประชากรเริ่มต้น (Population initialization)

ในส่วนของการสร้างประชากรเริ่มต้นนั้นจะทำโดยการสุ่ม (Initialization base on random) ซึ่งแต่ละโครโมโซมจะทำการสุ่ม 2 ครั้งคือ สุ่มหมายเลขกล่อง และสุ่มรูปแบบการวางตัวของกล่อง ภาพ 25 แสดงผังลำดับขั้นตอนการสุ่มเพื่อสร้างประชากรเริ่มต้น และอธิบายขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. สร้างลิสต์สำหรับเก็บยีนซึ่งมีขนาดเท่ากับจำนวนกล่องที่ต้องการจะบรรจุลงในคอนเทนเนอร์
2. สุ่มเลือกหมายเลขกล่อง ( $B_x$ ) จากในลิสต์ขึ้นมาทีละตัว แล้วนำไปเรียงต่อกันในโครโมโซม ยีนที่ถูกสุ่มเลือกขึ้นมาแล้วจะถูกลบออกจากลิสต์เพื่อป้องกันไม่ให้เกิด Infeasible solutions คือ การมียีนซ้ำกันภายในโครโมโซม

3. สุ่มเลือกรูปแบบการวางตัวของกลอง ( $A_1$  ถึง  $A_6$ ) ซึ่งมีทั้งหมด 6 แบบ ใส่ลงในแต่ละยีนจนได้ครบ 1 โครโมโซม

4. เมื่อทำเสร็จหนึ่งโครโมโซมแล้วลิสต์จะว่าง ดังนั้นจึงต้องวนกลับไปทำตั้งแต่ข้อหนึ่งใหม่จนได้โครโมโซมครบตามขนาดของประชากร (Population size:  $P$ ) ที่กำหนดไว้



ภาพ 25 แสดงผังลำดับขั้นตอนการสร้างประชากร

### 2.4.3 กระบวนการทางพันธุกรรม (Genetic operations)

ในการทำกระบวนการทางพันธุกรรม ประกอบด้วย การสลับสายพันธุ์ (Crossover) และการกลายพันธุ์ (Mutation) โดยโครโมโซมส่วนหนึ่งจะถูกสุ่มเลือกขึ้นมาเป็นโครโมโซมต้นแบบ เพื่อเข้าสู่การทำงานในกระบวนการสลับสายพันธุ์ และการกลายพันธุ์ ซึ่งในงานวิทยานิพนธ์นี้จะทดสอบประสิทธิภาพของการสลับสายพันธุ์ 9 แบบ ได้แก่ EERX, ERX, CX, PBX, 1PX, PMX, MPX, OX และ 2PCX ทดสอบการกลายพันธุ์อีก 9 แบบ ได้แก่ E2ORS, CIM, SOM, 2OAS, 2ORS, IM, 3ORS, 3OAS และ 2EIM ซึ่งการกลายพันธุ์แบบ 2EIM นี้เป็นแบบที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมามีจุดประสงค์เพื่อนำมาใช้ในการทดสอบกระบวนการทางพันธุกรรมแบบต่างๆ ให้ตรงตามที่ได้ออกแบบการทดลองไว้ในบทที่ 4 ส่วนรายละเอียดของวิธีการสลับสายพันธุ์ และการกลายพันธุ์แต่ละแบบนั้นได้อธิบายไว้แล้วในภาคผนวก

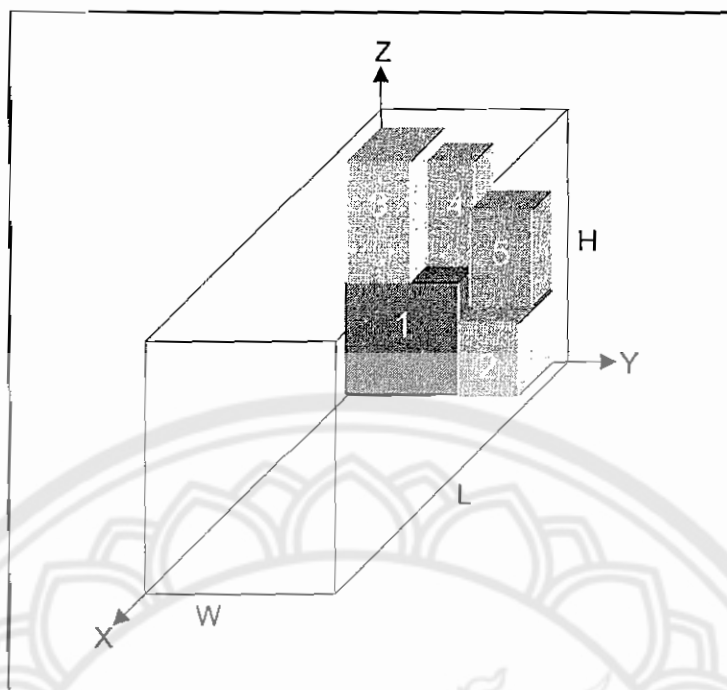
### 2.4.4 ฮิวริสติกที่ใช้ในการจัดเรียงกล่อง (Heuristic for arrangement)

ในวิทยานิพนธ์นี้จะเลือกทำการศึกษารูปแบบของวิธีการฮิวริสติกสำหรับการจัดเรียงกล่อง 2 รูปแบบ ได้แก่ Wall-building approach และ Guillotine cutting approach ซึ่งได้นำเสนอไปแล้วในบทที่ 2 ข้อย่อย 1.2 และผู้วิจัยได้เพิ่มในส่วนของการจัดเรียงให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยการสร้างวิธีการหารูปแบบการวางตัวของกล่องขึ้นมาเสริมเรียกว่า GA smart arrange ซึ่งจะอธิบายต่อไป ในหัวข้อนี้จะอธิบายเพิ่มเติมในส่วนของการจัดเรียงที่งานวิจัยนี้ได้กำหนดขึ้นสามารถแบ่งเป็น 2 ข้อย่อยดังนี้

#### 2.4.4.1 หลักเกณฑ์ในการจัดลำดับการวางกล่อง

#### 2.4.4.2 วิธีการหาลำดับการจัดเรียงกล่องและรูปแบบการวางตัวของกล่อง

2.4.4.1 หลักเกณฑ์ในการจัดลำดับการวางกล่อง ในงานวิทยานิพนธ์นี้ได้กำหนดหลักเกณฑ์ในการจัดลำดับการวางกล่องเข้าคอนเทนเนอร์โดยกล่องแต่ละใบจะถูกจัดเรียงไปตามด้านกว้างของคอนเทนเนอร์ (แนวแกน Y และแกน Z) ส่วนการวางกล่องภายในคอนเทนเนอร์จะเริ่มวางจากทางด้านซ้ายไปขวา และจากล่างขึ้นบน ดังภาพ 26 แสดงการจัดเรียงกล่องตามหมายเลขของกล่องจาก กล่องที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ



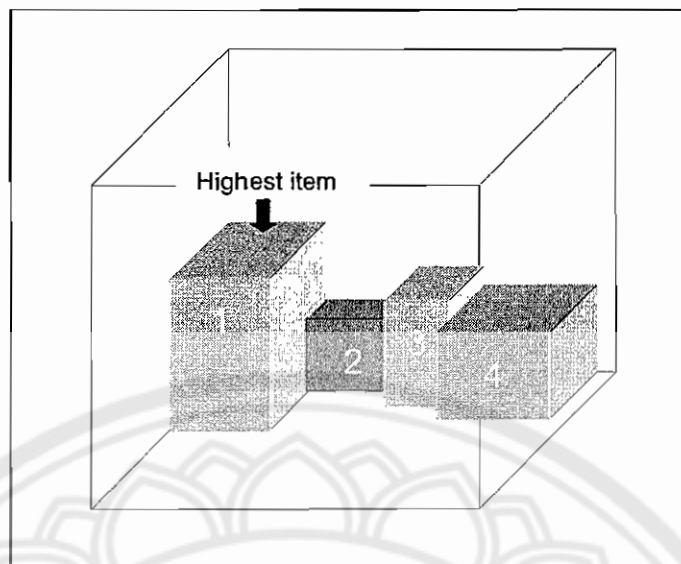
ภาพ 26 แสดงการลำเลียงกล่องเข้าคอนเทนเนอร์

#### 2.4.4.2 วิธีการหาลำดับการจัดเรียงกล่องและรูปแบบการวางตัวของกล่อง

(Sequencing and arrangement: S&A) มีวิธีการจัดเรียง 2 วิธีดังนี้

วิธีแรก ทำโดยการใช้ GA ในการหาคำคำตอบทั้งหมดเพียงอย่างเดียว (GA random arrange: GAR) คือ การให้ GA หาลำดับการจัดเรียงกล่องและรูปแบบการวางตัวที่เหมาะสมของกล่อง

วิธีที่สอง ทำโดยการใช้ GA บวกวิธีการหารูปแบบการวางตัวของกล่องที่ปรับปรุงขึ้นโดยผู้วิจัย (GA smart arrange: GAS) คือ วิธีการให้ GA หาลำดับการจัดเรียงกล่อง และให้ GAS เข้ามาช่วยในการหารูปแบบการวางตัวที่เหมาะสมของกล่อง ซึ่งจะทำการทดสอบ 2 รูปแบบ คือ แบบเปรียบเทียบความเหมาะสมกับกล่องก่อนหน้านี้ (GA smart base on previous items: GAS-BP) และแบบเปรียบเทียบความเหมาะสมกับกล่องที่ใหญ่ที่สุดในระดับชั้นของการวางกล่องนั้น (GA smart base on highest item: GAS-BH) แสดงลักษณะการเปรียบเทียบทั้ง 2 แบบ ได้ดังภาพ 27

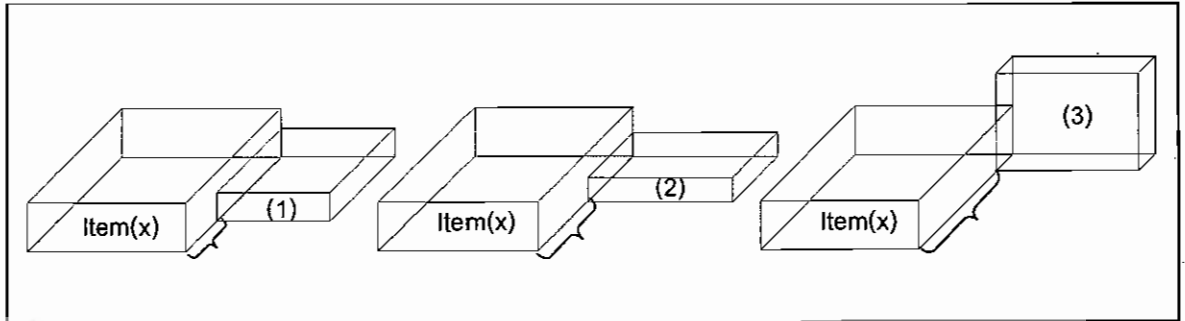


ภาพ 27 แสดงลักษณะการเปรียบเทียบแบบ GAS-BP และ GAS-BH

จากภาพ 27 กรณีที่จัดเรียงกล่องแบบเปรียบเทียบความเหมาะสมกับกล่อง  
 ก่อนหน้า (GAS-BP) เมื่อกล่องที่ 2 เป็นกล่องถัดไปที่จะนำมาใส่ในคอนเทนเนอร์ ก็จะเปรียบเทียบ  
 ความเหมาะสมกับกล่องที่ 1 ถ้ากล่องที่ 3 เป็นกล่องถัดไปที่จะนำมาจัดเรียง ก็จะเปรียบเทียบความ  
 เหมาะสมกับกล่องที่ 2 และกล่องที่ 4 เปรียบเทียบความเหมาะสมกับกล่องที่ 3 แบบนี้เป็นต้น ส่วน  
 กรณีที่จัดเรียงกล่องแบบเปรียบเทียบความเหมาะสมกับกล่องที่ใหญ่ที่สุดในระดับชั้นของการวาง  
 กล่องนั้น (GAS-BH) กล่องที่จะถูกนำมาเพื่อใช้เป็นกล่องต้นแบบในการเปรียบเทียบคือ กล่องที่ 1  
 จากภาพจะสังเกตได้ว่ากล่องที่ 1 เป็นกล่องที่ใหญ่ที่สุดในระดับชั้นของการวาง ตัวอย่างเช่น กล่อง  
 ที่ 2, 3 และ 4 จะนำมาเปรียบเทียบความเหมาะสมกับกล่องที่ 1 แบบนี้เป็นต้น

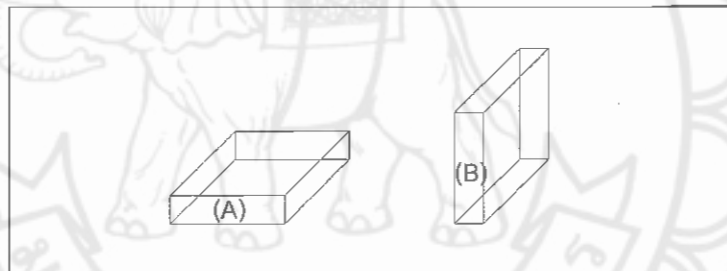
อธิบายกระบวนการทำ GA smart arrange (GAS) ได้ดังนี้

1. นำทุกด้านของกล่อง (ยาว, กว้าง, สูง) ที่ต้องการจัดเรียงลงในคอนเทน  
 เนอร์มาเทียบความยาวกับกล่องต้นแบบ แบบ GAS-BP หรือแบบ GAS-BH ว่าด้านใดมีความยาว  
 ใกล้เคียงกับกล่องต้นแบบมากที่สุด ดังภาพ 28 (กำหนดให้ Item(x) คือ กล่องต้นแบบ) ซึ่งขั้นตอนนี้  
 จะได้รูปแบบการวางตัวของกล่อง 2 รูปแบบ ดังภาพ 29



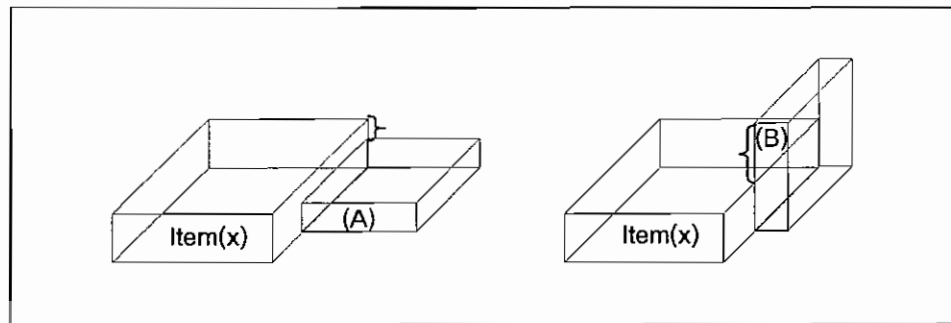
ภาพ 28 แสดงการเปรียบเทียบกล่องที่ต้องการจัดเรียงกับกล่องต้นแบบ

จากภาพ 28 สังเกตความยาวของวงเล็บปีกกาจะเห็นว่ารูปแบบกล่องที่มีความยาวใกล้เคียงกับกล่องต้นแบบที่ใช้เปรียบเทียบมากที่สุดคือ กล่องรูปแบบที่ (1) ซึ่งเมื่อนำกล่องรูปแบบที่ (1) มาพลิกลึกโดยที่ความยาวของวงเล็บปีกกายังคงเท่าเดิมจะได้รูปแบบการวางตัวของกล่อง 2 รูปแบบ (A และ B) ดังภาพ 29



ภาพ 29 แสดงการพลิกลึกกล่องโดยที่มีความยาวใกล้เคียงกับกล่องต้นแบบเท่าเดิม

2. จากภาพ 29 นำกล่องทั้ง 2 รูปแบบ (A และ B) ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 ไปเทียบความสูงกับกล่องต้นแบบ แบบ GAS-BP หรือแบบ GAS-BH ว่ากล่องรูปแบบใดมีความสูงใกล้เคียงกับกล่องต้นแบบมากที่สุด หลังจากทำขั้นตอนนี้แล้วกล่องรูปแบบใดที่มีความสูงใกล้เคียงกับกล่องต้นแบบมากที่สุดจะถือว่ารูปแบบการวางตัวของกล่องใบนั้นเหมาะสมที่สุด แสดงภาพประกอบคำอธิบายดังภาพ 30 (กำหนดให้ Item(x) คือ กล่องต้นแบบ)



ภาพ 30 แสดงวิธีการเลือกรูปแบบการวางตัวที่เหมาะสมของกล่อง

จากภาพ 30 สังเกตความยาวของวงเล็บปีกกาของกล่องรูปแบบ (A) และกล่องรูปแบบ (B) จะเห็นว่ารูปแบบกล่องที่มีความสูงใกล้เคียงกับกล่องต้นแบบมากที่สุดคือ กล่องรูปแบบ (A) ดังนั้นรูปแบบการวางตัวที่เหมาะสมของกล่องถัดไปคือ รูปแบบการวางแบบกล่อง (A)

#### 2.4.5 การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness evaluation)

ฟังก์ชันเป้าหมาย (Objective function) คือ เป้าหมายของการหาค่าเหมาะสมที่สุด ส่วนฟังก์ชันเป้าหมายสำหรับ CPP นั่นก็คือ ปริมาตรที่ใช้ไปทั้งหมดในการจัดเรียงกล่อง โดยให้ได้ค่าฟังก์ชันเป้าหมายน้อยที่สุด (Minimum) ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้ใช้เกณฑ์การพิจารณา 2 อย่างร่วมกัน คือ ปริมาตรของจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ใช้ไป และปริมาตรที่ใช้ไปในคอนเทนเนอร์สุดท้าย สามารถเขียนฟังก์ชันเป้าหมายเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$f(x_p) = [(L \times W \times H) \times (n-1)] + (l \times w \times h) \quad (8)$$

เมื่อ  $f(x_p)$  คือ ฟังก์ชันเป้าหมาย

L คือ ความยาวของคอนเทนเนอร์ (แกน X)

W คือ ความกว้างของคอนเทนเนอร์ (แกน Y)

H คือ ความสูงของคอนเทนเนอร์ (แกน Z)

n คือ จำนวนของคอนเทนเนอร์ที่ใช้ไป

l คือ ความยาวของคอนเทนเนอร์ที่ใช้ไปในคอนเทนเนอร์สุดท้าย

w คือ ความกว้างของคอนเทนเนอร์ที่ใช้ไปในคอนเทนเนอร์สุดท้าย

h คือ ความสูงของคอนเทนเนอร์ที่ใช้ไปในคอนเทนเนอร์สุดท้าย



หลังจากคำนวณหาค่าฟังก์ชันเป้าหมายเสร็จแล้วจึงนำค่าที่คำนวณได้ไปทำการประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness value) ซึ่งในงานวิจัยนี้ต้องการหาค่าน้อยสุด (Minimize problem) จึงจำเป็นจะต้องปรับค่าฟังก์ชันเป้าหมายจากค่าคำตอบน้อยซึ่งเป็นคำตอบที่ดีให้มีค่าความเหมาะสมมาก และค่าคำตอบมากซึ่งเป็นคำตอบที่ไม่ดีให้มีค่าความเหมาะสมน้อย โดยจะใช้วิธีการกลับค่าตามสมการ (2) ที่ได้เสนอไปก่อนหน้านี้ในบทที่ 2 หัวข้อ 2.2.4 ขั้นตอนที่ 3 การคำนวณค่าความเหมาะสม

#### 2.4.6 กระบวนการคัดสรร (Selection)

ในวิทยานิพนธ์นี้จะทำการศึกษารูปแบบการคัดสรร (Selection scheme) ทั้งหมด 4 รูปแบบได้แก่ การคัดสรรด้วยวงล้อเสี่ยงทาย (Roulette wheel selection), การคัดสรรด้วยการสุ่มอย่างทั่วถึง (Stochastic universal sampling), การคัดสรรด้วยการรักษาเผ่าพันธุ์ชั้นดี (Elitist selection) และการคัดสรรด้วยการแข่งขัน (Tournament selection) ซึ่งรายละเอียดของการคัดสรรแต่ละรูปแบบนั้นได้อธิบายไว้แล้วในบทที่ 2 หัวข้อ 2.2.4 ขั้นตอนที่ 4 การคัดสรร

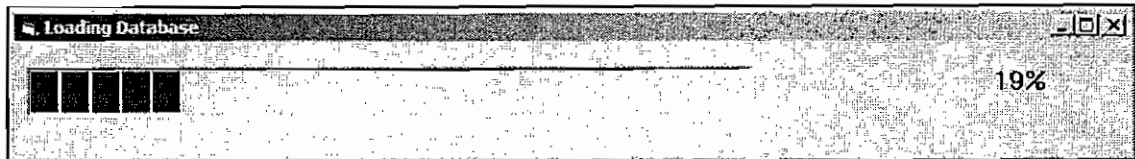
#### 2.4.7 การตรวจสอบเงื่อนไขหยุดการทำงาน (Termination)

ในงานวิทยานิพนธ์นี้จะกำหนดให้ GA หยุดการทำงานเมื่อ GA มีการทำงานครบตามจำนวนรุ่น (Number of generations) ที่กำหนดเอาไว้ ถ้าหากการทำงานยังไม่ครบตามจำนวนรุ่นที่กำหนด ก็จะวนกลับไปทำกระบวนการทางพันธุกรรม (Genetic operations) ต่อไป

### 2.5 พัฒนาโปรแกรมเพื่อนำ GA มาใช้หาลำดับการจัดเรียงกล่องลงในคอนเทนเนอร์

ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับการจัดเรียงกล่องลงในคอนเทนเนอร์นั้นจะใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์วิซวลเบสิก (Microsoft visual basic) เป็นเครื่องมือหลัก โดยโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นมาจะมีลักษณะดังนี้

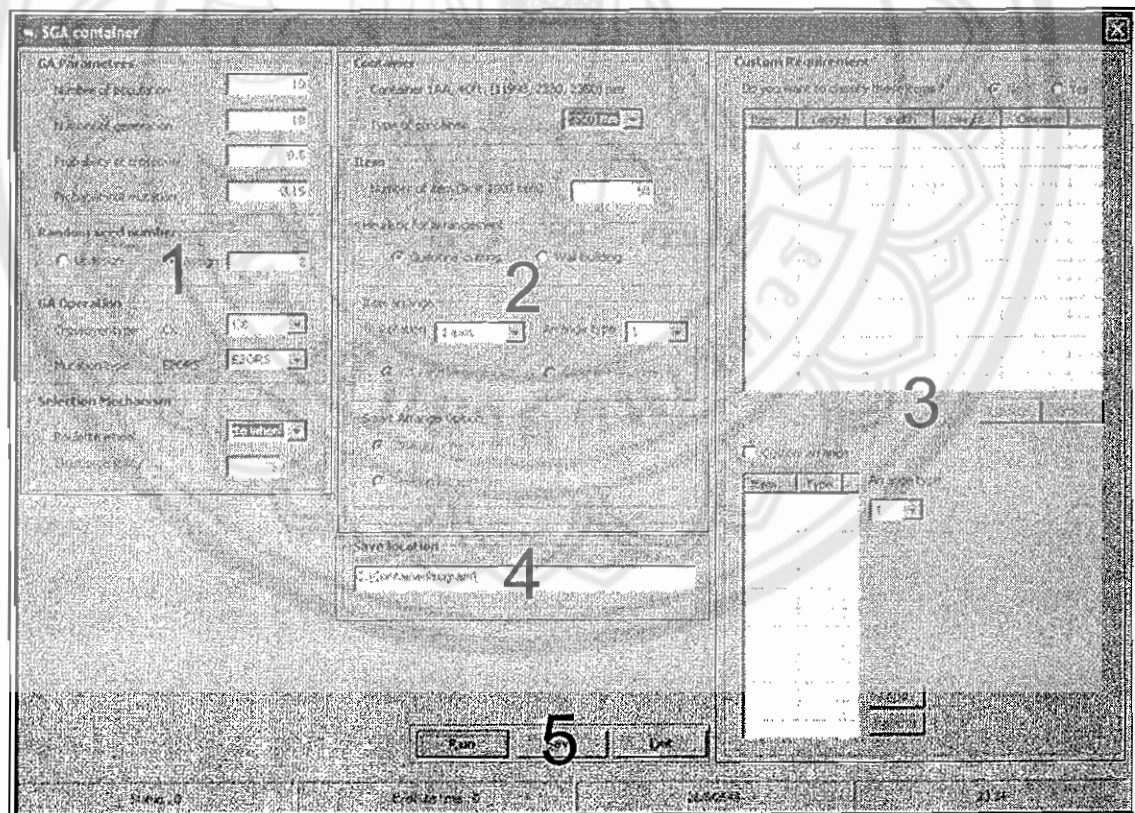
1. เมื่อเรียกโปรแกรมขึ้นมาทำงาน โปรแกรมจะทำการนำเข้าแฟ้มข้อมูลขาเข้า (Input files) โดยอัตโนมัติ จากภาพ 31 แสดงให้เห็นว่าการนำเข้าแฟ้มข้อมูลขาเข้า หรือฐานข้อมูล (Database) นั้นจะมีส่วนแสดงผลความก้าวหน้าของการนำเข้าข้อมูลที่มีลักษณะเป็นโพรเกรสบาร์ (Progress bar) โดยจะมีขีดที่แสดงความก้าวหน้าของการทำงานที่จะทำให้ทราบว่าโปรแกรมยังตอบสนองอยู่ ซึ่งเป็นประโยชน์มากในกรณีที่ต้องสั่งให้โปรแกรมทำงานเป็นเวลานานๆ



ภาพ 31 แสดงการนำเข้าแฟ้มข้อมูลเข้า

2. เมื่อนำเข้าแฟ้มข้อมูลเข้าเรียบร้อยแล้ว หน้าจอหลักของโปรแกรมก็จะแสดงขึ้นดังภาพ 32 โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 5 ส่วนดังนี้

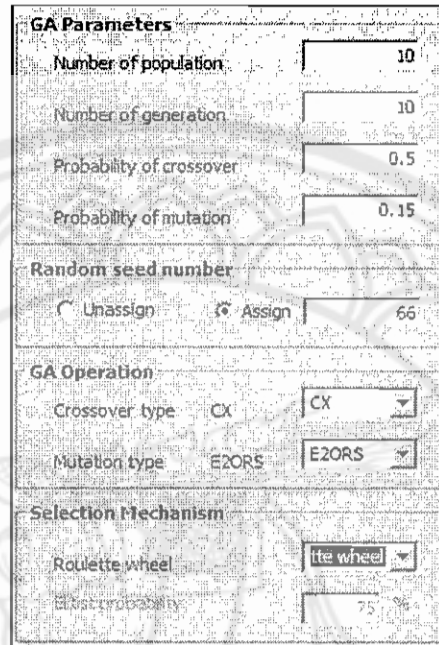
- 2.1 ส่วนของเจเนติกอัลกอริทึม
- 2.2 ส่วนของรายละเอียดหลักสำหรับปัญหาการจัดเรียง
- 2.3 ส่วนของรายละเอียดเสริมสำหรับปัญหาการจัดเรียง
- 2.4 ส่วนของการระบุตำแหน่งของการบันทึกแฟ้มข้อมูล
- 2.5 ส่วนของปุ่มต่างๆ



ภาพ 32 แสดงหน้าจอหลักของโปรแกรม

## 2.1 ส่วนของเจเนติกอัลกอริทึม

จากภาพ 33 แสดงถึงพารามิเตอร์ต่างๆที่จำเป็นจะต้องกำหนดค่าลงไป เพื่อให้ GA สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง อธิบายวิธีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆดังนี้



| GA Parameters                  |                                            |
|--------------------------------|--------------------------------------------|
| Number of population           | 10                                         |
| Number of generation           | 10                                         |
| Probability of crossover       | 0.5                                        |
| Probability of mutation        | 0.15                                       |
| Random seed number             |                                            |
| <input type="radio"/> Unassign | <input checked="" type="radio"/> Assign 66 |
| GA Operation                   |                                            |
| Crossover type                 | CX                                         |
| Mutation type                  | E2ORS                                      |
| Selection Mechanism            |                                            |
| Roulette wheel                 | ite wheel                                  |
| Fitness probability            | 75                                         |

ภาพ 33 แสดงส่วนของการกำหนดค่าสำหรับเจเนติกอัลกอริทึม

2.1.1 ขนาดของประชากร (Number of population) กำหนดเพื่อแสดงถึงจำนวนโครโมโซมที่จะศึกษาในแต่ละรุ่น โดยการกำหนดจะต้องให้มีค่าเป็นเลขจำนวนเต็มบวก เช่น กำหนดไว้ที่ 10 ก็หมายความว่า จะมีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 10 โครโมโซมต่อ 1 รุ่น เป็นต้น

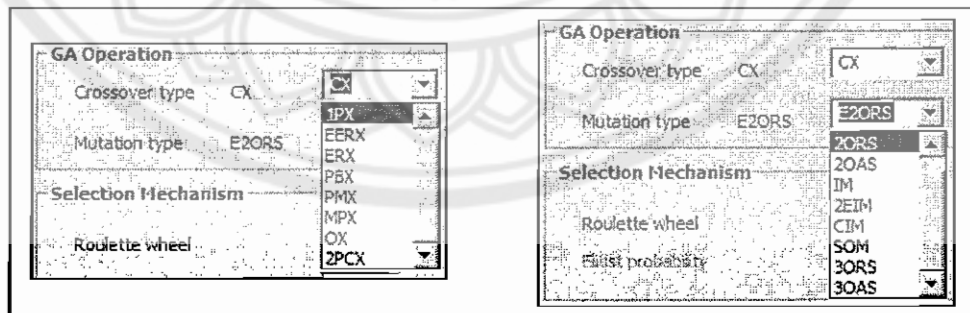
2.1.2 จำนวนรุ่น (Number of generation) จะต้องกำหนดเพื่อแสดงถึงจำนวนรุ่นที่จะศึกษา และที่สำคัญทำให้ทราบว่าโปรแกรมควรจะสิ้นสุดการทำงานเมื่อใด เพราะจำนวนรุ่นจะเป็นตัวกำหนดขอบเขตของการทำงานนั่นเอง และในการกำหนดค่านี้จะต้องเป็นเลขจำนวนเต็มบวก เช่น หากกำหนดเอาไว้ที่ 100 ก็หมายความว่า จะมีจำนวนรุ่นเท่ากับ 100 รุ่นในการทำงาน และเมื่อสิ้นสุดรุ่นที่ 100 โปรแกรมก็จะสิ้นสุดการทำงานเช่นกัน

2.1.3 ความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ์ (Probability of crossover) จะต้องกำหนดเพื่อแสดงถึงจำนวนของโครโมโซมที่จะถูกนำมาสลับสายพันธุ์เมื่อเทียบกับขนาดของประชากร โดยในการกำหนดค่านี้จะต้องเป็นเลขทศนิยมตั้งแต่ 0.01 ถึง 1 เช่น หากกำหนดค่าเอาไว้ที่ 0.5 จะหมายความว่า 50% ของประชากรในแต่ละรุ่นจะถูกนำมาสลับสายพันธุ์ เป็นต้น

2.1.4 ความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (Probability of mutation) จะต้องกำหนดเพื่อแสดงถึงจำนวนของโครโมโซมที่จะถูกนำมากลายพันธุ์เมื่อเทียบกับขนาดของประชากร โดยในการกำหนดค่านั้นจะต้องเป็นเลขทศนิยมตั้งแต่ 0.01 ถึง 1 เช่น หากกำหนดค่าเอาไว้ที่ 0.15 จะหมายความว่า 15% ของประชากรในแต่ละรุ่นจะถูกนำมากลายพันธุ์ เป็นต้น

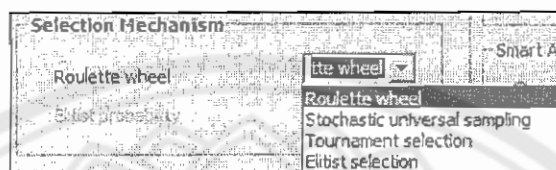
2.1.5 หมายเลขของการสุ่ม (Random seed number) ในขั้นตอนการทำงาน ของ GA นั้นจะเกี่ยวพันกับการสุ่มตลอดไม่ว่าจะเป็นการสุ่มประชากรเริ่มต้น หรือการสุ่มเพื่อหาว่าโครโมโซมใดจะถูกนำไปทำการสลับสายพันธุ์หรือกลายพันธุ์ ดังนั้นรูปแบบของการสุ่มจึงเป็นส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญกับประสิทธิภาพในการหาคำตอบของ GA เช่นกัน โดยหมายเลขของการสุ่มจะมีชุดของการสุ่มชุดหนึ่งที่จะให้ค่าเหมือนเดิมทุกครั้งเมื่อใช้หมายเลขของการสุ่มเป็นหมายเลขเดิม ซึ่งในโปรแกรมนี้กำหนดรูปแบบของการสุ่มไว้ 2 แบบคือ แบบไม่กำหนดค่า (Unassign) และแบบกำหนดค่า (Assign) โดยแบบไม่กำหนดค่า(Unassign) จะไม่กำหนดหมายเลขของการสุ่มเอาไว้ ทำให้ไม่สามารถรันซ้ำในรูปแบบเดิมได้อีก เนื่องจากใช้การสุ่มแบบไม่แน่นอน (Randomize) ไม่ระบุชัดเจนว่าเป็นหมายเลขการสุ่มในรูปแบบใด ส่วนแบบกำหนดค่า (Assign) จะกำหนดหมายเลขการสุ่มที่แน่นอน ทำให้การรันในแต่ละครั้งที่กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆรวมถึงหมายเลขการสุ่มด้วยค่าเดิม จะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่มีค่าเท่าเดิม ดังนั้นจึงทำให้สามารถตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมได้ โดยทั้งสองรูปแบบถูกกำหนดให้อยู่ในรูปของ Option box (☐) ที่จะบังคับให้ผู้ใช้งาน (User) ต้องเลือกเพียงตัวเลือกใดตัวเลือกหนึ่งเท่านั้น

2.1.6 กระบวนการทางพันธุกรรม (Genetic operation) แบ่งได้เป็น 2 รูปแบบคือ วิธีการสลับสายพันธุ์ (Crossover type) และวิธีการกลายพันธุ์ (Mutation type) ซึ่งมีอยู่อย่างละ 9 รูปแบบ ดังภาพ 34



ภาพ 34 แสดงการเลือกชนิดของการสลับสายพันธุ์ (ซ้าย) และการกลายพันธุ์ (ขวา)

2.1.7 รูปแบบการคัดสรร (Selection mechanism) ในโปรแกรมนี้มีให้เลือกได้ 4 รูปแบบ ดังภาพ 35 (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ในหัวข้อ 2.2.4 ขั้นตอนที่ 4 บทที่ 2) ถ้าหากผู้ใช้เลือกการคัดสรรด้วยการรักษาเผ่าพันธุ์ชั้นดี (Elitist selection) จะปรากฏช่องที่จะต้องกำหนดเปอร์เซ็นต์ของการเก็บโครโมโซมชั้นดีเทียบต่อขนาดของประชากร (Elitist probability) ซึ่งผู้ใช้จะต้องกำหนดให้เป็นเลขจำนวนเต็มบวกตั้งแต่ 1 ถึง 100



ภาพ 35 แสดงการเลือกรูปแบบการคัดสรร

## 2.2 ส่วนของรายละเอียดหลักสำหรับปัญหาการจัดเรียง

เป็นส่วนที่จะต้องกำหนดเพื่อระบุรายละเอียดของลักษณะปัญหา แสดงรายละเอียดดังภาพ 36 และอธิบายได้ดังนี้

ภาพ 36 แสดงส่วนของการกำหนดรายละเอียดหลักสำหรับปัญหาการจัดเรียง

2.2.1 ส่วนของคอนเทนเนอร์ (Container) เป็นการกำหนดขนาดของคอนเทนเนอร์ (Type of container) ซึ่งมีให้เลือกได้ 4 รูปแบบโดยแต่ละแบบจะมีขนาดที่แตกต่างกันออกไป ดังที่แสดงไว้ในภาพ 37

| Container                                   |                                                                                                                                                                                      | Custom Required   |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Container 1AA, 40ft. (11993, 2330, 2350) mm |                                                                                                                                                                                      | Do you want to do |
| Type of container                           | 2350) mm                                                                                                                                                                             | Item Leng         |
| Item                                        | Container 1AA, 40ft. (11993, 2330, 2350) mm<br>Container 1A, 40ft. (11993, 2320, 2197) mm<br>Container 1SS, 20ft. (5867, 2330, 2350) mm<br>Container 1S, 20ft. (5867, 2330, 2197) mm |                   |
| Number of item (limit 1000 item)            |                                                                                                                                                                                      |                   |

ภาพ 37 แสดงการเลือกชนิดของคอนเทนเนอร์

2.2.2 ส่วนของกล่อง (Item) จะต้องกำหนดจำนวนของกล่อง (Number of item) ที่จะนำมาจัดเรียงโดยกำหนดให้เป็นเลขจำนวนเต็มบวกมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 1000 (ดูภาพ 36) และมีวิธีการจัดเรียง (Heuristic for arrangement) ที่จะต้องเลือกแบบใดแบบหนึ่งจาก 2 แบบคือ แบบ Guillotine cutting และ Wall building (ดูภาพ 36) จากนั้นจึงมาเลือก การวางตัวของกล่อง (Item arrange) ซึ่งเป็นการกำหนดว่ากล่องสามารถหมุนได้หรือไม่ หากเลือก 1 axis (1 เส้นแกน) จะหมายถึง กล่องไม่สามารถหมุนได้ถูกกำหนดมาในลักษณะใดก็ต้องนำไปจัดวางในลักษณะนั้น และต้องกำหนดว่าจะให้ทุกๆกล่องมีการวางตัวของกล่องในรูปแบบ (Item type) ไດ (ดูภาพ 38) แต่ถ้าเลือก 3 axis (3 เส้นแกน) กล่องจะสามารถหมุนได้ จึงไม่จำเป็นต้องกำหนดรูปแบบการวางตัวของกล่อง (Item type) เหมือนกรณี 1 แกน แต่ต้องกำหนดว่าจะใช้วิธีการลำดับการจัดเรียงกล่อง และรูปแบบการวางตัวของกล่องแบบใด แบบ GA random arrange (GAR) หรือ GA smart arrange (GAS) ซึ่งถ้าเลือกแบบ GAS จะมีตัวเลือก 2 แบบคือ แบบ GA smart base on previous items (GAS-BP) และแบบ GA smart base on highest item (GAS-BH) ดังภาพ 39

| Item arrange                                       |                                        |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Rotation                                           | 1 axis                                 |
| Arrange type                                       | 1                                      |
| <input checked="" type="radio"/> GA random arrange | <input type="radio"/> GA smart arrange |
| Smart Arrange Option                               | 1<br>2<br>3<br>4<br>5<br>6             |

ภาพ 38 แสดงการกำหนดค่าสำหรับการวางตัวของกล่องแบบ 1 แกน



ภาพ 39 แสดงการกำหนดค่าสำหรับการเลือกแบบ 3 แกน

### 2.3 ส่วนของรายละเอียดเสริมสำหรับปัญหาการจัดเรียง

เป็นส่วนที่จะกำหนดรายละเอียดเสริมสำหรับปัญหาการจัดเรียง ดังภาพ 40 ซึ่งโดยปกติแล้วจะไม่กำหนดก็ได้ โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของการระบุความเป็นเจ้าของของกล่อง และส่วนของการกำหนดรูปแบบการวางตัวของกล่องแบบตายตัว

ภาพ 40 แสดงส่วนของการกำหนดรายละเอียดเสริมสำหรับปัญหาการจัดเรียง

2.3.1 ส่วนการระบุความเป็นเจ้าของกล่อง ในกรณีทีกล่องถูกระบุความเป็นเจ้าของจะต้องให้กล่องที่มีเจ้าของเดียวกันอยู่ในคอนเทนเนอร์เดียวกันด้วย ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

2.3.1.1 เมื่อคลิก ☒ Yes จะมีรายละเอียดของกล่อง (Item) แสดงขึ้นมาในตารางดังภาพ 41 โดยสดมภ์ 1 Item จะแสดงรหัสของกล่องนั้น และจะมี ☐ สำหรับคลิกเลือกเพื่อระบุความเป็นเจ้าของ ส่วนสดมภ์ 5 Owner จะแสดงผู้เป็นเจ้าของของกล่องนั้นๆ แต่หากว่างเปล่าจะหมายถึงกล่องนั้นไม่มีเจ้าของที่ถูกระบุเอาไว้นั่นเอง

Do you want to classify these items? ☐ No ☒ Yes

| Item                        | Length | Width | Height | Owner |
|-----------------------------|--------|-------|--------|-------|
| <input type="checkbox"/> 1  | .75 m  | .65 m | .35 m  |       |
| <input type="checkbox"/> 2  | .7 m   | .7 m  | .6 m   |       |
| <input type="checkbox"/> 3  | .85 m  | .5 m  | .45 m  |       |
| <input type="checkbox"/> 4  | .8 m   | .75 m | .3 m   |       |
| <input type="checkbox"/> 5  | .85 m  | .5 m  | .35 m  |       |
| <input type="checkbox"/> 6  | .7 m   | .6 m  | .3 m   |       |
| <input type="checkbox"/> 7  | .8 m   | .6 m  | .4 m   |       |
| <input type="checkbox"/> 8  | 1 m    | .7 m  | .55 m  |       |
| <input type="checkbox"/> 9  | .8 m   | .6 m  | .45 m  |       |
| <input type="checkbox"/> 10 | .8 m   | .75 m | .4 m   |       |
| <input type="checkbox"/> 11 | .8 m   | .6 m  | .4 m   |       |
| <input type="checkbox"/> 12 | .8 m   | .7 m  | .3 m   |       |
| <input type="checkbox"/> 13 | .9 m   | .55 m | .45 m  |       |
| <input type="checkbox"/> 14 | .85 m  | .7 m  | .55 m  |       |

Update Group

ภาพ 41 แสดงรายละเอียดของกล่องทั้งหมดสำหรับการระบุความเป็นเจ้าของ

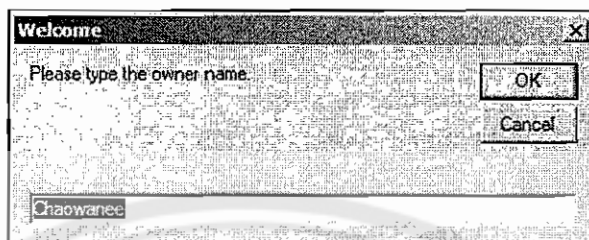
2.3.1.2 คลิกที่ ☐ ด้านหน้ากล่องต่างๆ ที่จะถูกระบุความเป็นเจ้าของ เมื่อเลือกครบแล้วจึงคลิกที่ปุ่ม Group (ดูภาพ 42)

| Item                                  | Length | Width | Height | Owner |
|---------------------------------------|--------|-------|--------|-------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1 | .75 m  | .65 m | .35 m  |       |
| <input checked="" type="checkbox"/> 2 | .7 m   | .7 m  | .6 m   |       |
| <input checked="" type="checkbox"/> 3 | .85 m  | .5 m  | .45 m  |       |
| <input checked="" type="checkbox"/> 4 | .8 m   | .75 m | .3 m   |       |
| <input checked="" type="checkbox"/> 5 | .85 m  | .5 m  | .35 m  |       |
| <input type="checkbox"/> 6            | .7 m   | .6 m  | .3 m   |       |
| <input type="checkbox"/> 7            | .8 m   | .6 m  | .4 m   |       |
| <input type="checkbox"/> 8            | 1 m    | .7 m  | .55 m  |       |
| <input type="checkbox"/> 9            | .8 m   | .6 m  | .45 m  |       |
| <input type="checkbox"/> 10           | .8 m   | .75 m | .4 m   |       |
| <input type="checkbox"/> 11           | .8 m   | .6 m  | .4 m   |       |
| <input type="checkbox"/> 12           | .8 m   | .7 m  | .3 m   |       |
| <input type="checkbox"/> 13           | .9 m   | .55 m | .45 m  |       |
| <input type="checkbox"/> 14           | .85 m  | .7 m  | .55 m  |       |

ภาพ 42 แสดงการคลิกเพื่อระบุความเป็นเจ้าของให้กับกล่องนั้น



2.3.1.3 เมื่อคลิกปุ่ม Group จะปรากฏหน้าต่างการระบุชื่อเจ้าของสำหรับกล่องที่ได้เลือกเอาไว้ในข้อ 2.3.1.2 ดังภาพ 43 ให้พิมพ์ชื่อเจ้าของลงไปแล้วคลิกปุ่ม OK



ภาพ 43 แสดงหน้าต่างสำหรับการระบุชื่อเจ้าของของกล่องที่ได้เลือกเอาไว้

2.3.1.4 เมื่อชื่อที่ได้ระบุไว้ปรากฏขึ้นมาในสดมภ์ Owner ดังภาพ 44 ก็จะถือว่าการระบุความเป็นเจ้าของให้กับกล่องชุดนี้เสร็จสมบูรณ์

Do you want to classify these items? ☐ No ☒ Yes

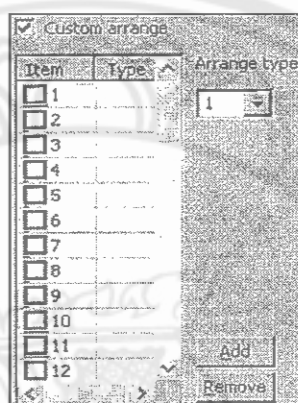
| Item                                  | Length | Width | Height | Owner     |
|---------------------------------------|--------|-------|--------|-----------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1 | .75 m  | .65 m | .35 m  | Chaowanee |
| <input checked="" type="checkbox"/> 2 | .7 m   | .7 m  | .6 m   | Chaowanee |
| <input checked="" type="checkbox"/> 3 | .85 m  | .5 m  | .45 m  | Chaowanee |
| <input checked="" type="checkbox"/> 4 | .8 m   | .75 m | .3 m   | Chaowanee |
| <input checked="" type="checkbox"/> 5 | .65 m  | .5 m  | .35 m  | Chaowanee |
| <input type="checkbox"/> 6            | .7 m   | .6 m  | .3 m   |           |
| <input type="checkbox"/> 7            | .6 m   | .6 m  | .4 m   |           |
| <input type="checkbox"/> 8            | 1 m    | .7 m  | .55 m  |           |
| <input type="checkbox"/> 9            | .8 m   | .6 m  | .45 m  |           |
| <input type="checkbox"/> 10           | .6 m   | .75 m | .4 m   |           |
| <input type="checkbox"/> 11           | .6 m   | .6 m  | .4 m   |           |
| <input type="checkbox"/> 12           | .8 m   | .7 m  | .3 m   |           |
| <input type="checkbox"/> 13           | .9 m   | .55 m | .45 m  |           |
| <input type="checkbox"/> 14           | .85 m  | .7 m  | .55 m  |           |

Update Group

ภาพ 44 แสดงผลลัพธ์หลังการระบุความเป็นเจ้าของ

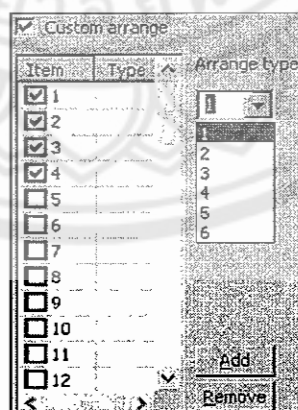
2.3.2 ส่วนของการกำหนดรูปแบบการวางตัวของกล่องแบบตายตัว ในความเป็นจริงถึงแม้จะเลือกให้กล่องต่างๆสามารถหมุนได้รอบทิศ แต่ก็อาจจะมีบางกล่องที่ต้องวางได้เพียงรูปแบบเดียวเท่านั้น เช่น กล่องที่บรรจุผลิตภัณฑ์ประเภทแก้ว ที่ไม่สามารถพลิกกล่องไปมาได้ อย่างอิสระ เป็นต้น ซึ่งในโปรแกรมนี้ได้รองรับสถานการณ์เช่นนี้เอาไว้แล้ว โดยจะมีขั้นตอนในการทำงานดังนี้

2.3.2.1 เมื่อคลิกที่ ☒ Custom arrange จะปรากฏข้อมูลของกล่องทั้งหมดในตารางดังภาพ 45 โดยสดมภ์ 1 Item จะแสดงรหัสของกล่องนั้น และจะมี ☐ วางอยู่ด้านหน้าสำหรับคลิกเลือกเพื่อระบุรูปแบบการวางตัวของกล่องแบบตายตัว ส่วนสดมภ์ 2 Type จะแสดงรูปแบบการวางตัวของกล่องแบบตายตัว หากสดมภ์นี้ว่างแสดงว่ากล่องนั้นๆไม่จำเป็นต้องมีรูปแบบการวางตัวของกล่องเป็นแบบที่ผู้ใช้กำหนดเอาไว้ตายตัว



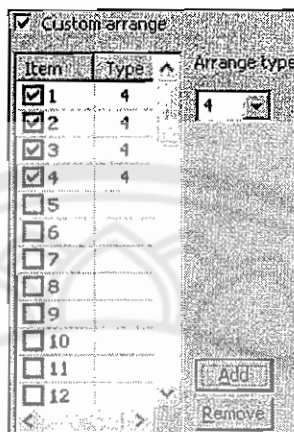
ภาพ 45 แสดงรายละเอียดของกล่องทั้งหมดสำหรับการกำหนดการจัดวางแบบตายตัว

2.3.2.2 คลิกที่ ☐ ด้านหน้ากล่องต่างๆ ที่จะกำหนดรูปแบบการจัดวางแบบตายตัว เมื่อเลือกครบแล้วจึงเลือกรูปแบบซึ่งมีอยู่ทั้งสิ้น 6 รูปแบบตรง Arrange type ดังภาพ 46



ภาพ 46 แสดงวิธีการกำหนดการจัดวางแบบตายตัวให้กับกล่องต่างๆ

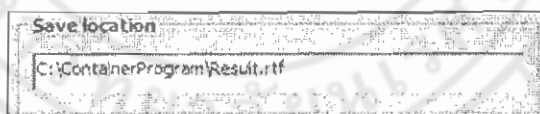
2.3.2.3 เสร็จแล้วจึงคลิกที่ปุ่ม Add จะปรากฏรูปแบบที่ได้เลือกเอาไว้ในสคริปต์ Type ดังภาพ 47 ซึ่งกล่องที่มีรูปแบบการจัดวางแบบตายตัวเหล่านี้จะสามารถวางได้เพียงรูปแบบเดียวตามที่ได้กำหนดเอาไว้เท่านั้น ตลอดทั้งการทำงานของโปรแกรม



ภาพ 47 แสดงผลลัพธ์หลังการกำหนดรูปแบบการจัดวางแบบตายตัว

#### 2.4 ส่วนของการระบุตำแหน่งของการบันทึกเพิ่มขาออก

ในการบันทึกเพิ่มข้อมูลขาออกนั้น จำเป็นจะต้องระบุตำแหน่งปลายทางของการจัดเก็บและชื่อของไฟล์นั้น ซึ่งในโปรแกรมนี้อนุญาตให้ระบุตำแหน่งปลายทาง โดยพิมพ์ลงใน Save Location ดังตัวอย่างในภาพ 48



ภาพ 48 แสดงส่วนของการกำหนดตำแหน่งและชื่อของการบันทึกเพิ่มข้อมูลขาออก

#### 2.5 ส่วนของปุ่มต่างๆ

ปุ่ม (Button) มีไว้เพื่อการสั่งงานตามรายละเอียดที่ได้ระบุอยู่บนปุ่มนั้น โดยในโปรแกรมนี้นี้ มีปุ่มอยู่ทั้งสิ้น 3 ปุ่ม ดังภาพ 49

2.5.1 ปุ่มรัน (Run button) มีไว้เพื่อสั่งให้โปรแกรมทำงานตามที่ได้กำหนดค่าให้กับพารามิเตอร์ต่างๆ เอาไว้

2.5.2 ปุ่มบันทึก (Save button) มีไว้เพื่อบันทึกเพิ่มข้อมูลขาออก โดยจะสามารถอ้างอิงตำแหน่งปลายทางที่จะบันทึกเพิ่มรวมไปถึงชื่อของเพิ่มข้อมูลนั้น ได้จากส่วนของการกำหนดตำแหน่งของการบันทึกเพิ่มข้อมูลขาออก (Save location)

2.5.3 ปุ่มออก (Exit button) มีไว้เพื่อการออกจากโปรแกรม



ภาพ 49 แสดงส่วนของปุ่มต่างๆ ทั้ง 3 ปุ่ม

3. เมื่อคลิกปุ่มรัน (Run button) โปรแกรมจะเริ่มต้นทำงาน โดยจะปรากฏหน้าจอแสดงผลขึ้นมาดังภาพ 50

| Gen | No. Chrom. | Best Chromosome | Container | Volume | Best Soln. Cost | Best Soln. Vol. | No. | Item | Arranged | No. Container | Driver |
|-----|------------|-----------------|-----------|--------|-----------------|-----------------|-----|------|----------|---------------|--------|
| 01  | 521        | 815 011         | 1         | 10.12  | 1               | 10.12           |     |      |          |               |        |
| 02  | 521        | 815 011         | 1         | 10.12  | 1               | 10.12           |     |      |          |               |        |
| 03  | 521        | 815 011         | 1         | 10.12  | 1               | 10.12           |     |      |          |               |        |
| 04  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 05  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 06  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 07  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 08  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 09  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 10  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 11  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 12  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 13  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 14  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 15  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 16  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 17  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 18  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 19  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 20  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 21  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 22  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 23  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 24  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 25  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 26  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 27  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 28  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 29  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 30  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 31  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 32  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 33  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 34  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 35  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 36  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 37  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 38  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 39  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 40  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 41  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 42  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 43  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 44  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 45  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 46  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 47  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 48  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 49  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |
| 50  | 521        | 815 011         | 1         | 9.634  | 1               | 9.634           |     |      |          |               |        |

ภาพ 50 แสดงหน้าจอแสดงผล

จากภาพ 50 หน้าจอแสดงผลจะสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ ดังนี้

### 3.1 ส่วนของผลลัพธ์เชิงภาพรวม (Overall result)

ในส่วนนี้จะแสดงรายละเอียดทั่วไปของผลลัพธ์ที่ได้ลงในตาราง ดังภาพ 51 โดยมีรายละเอียดแบ่งตามหัวสดมภ์ (Column header) ดังนี้

| Gen | No. Chro... | Best Chromosome   | Container | Volume | BestSoFarCon | BestSoFarVol |
|-----|-------------|-------------------|-----------|--------|--------------|--------------|
| 1   | 91          | B21 B16 B11 ...   | 1         | 10.12  | 1            | 10.12        |
| 2   | 77          | B21 B16 B11 ...   | 1         | 10.12  | 1            | 10.12        |
| 3   | 21          | B21 B16 B11 ...   | 1         | 10.12  | 1            | 10.12        |
| 4   | 39          | B22 B3 B1 B... .. | 1         | 9.614  | 1            | 9.614        |
| 5   | 93          | B23 B18 B5 ...    | 1         | 9.833  | 1            | 9.614        |
| 6   | 76          | B23 B18 B5 ...    | 1         | 9.833  | 1            | 9.614        |
| 7   | 40          | B1 B2 B4 B5 ...   | 1         | 9.833  | 1            | 9.614        |
| 8   | 83          | B1 B2 B4 B5 ...   | 1         | 9.833  | 1            | 9.614        |
| 9   | 85          | B1 B2 B4 B5 ...   | 1         | 10.046 | 1            | 9.614        |
| 10  | 85          | B12 B11 B2 ...    | 1         | 10.358 | 1            | 9.614        |
| 11  | 82          | B12 B11 B2 ...    | 1         | 10.358 | 1            | 9.614        |
| 12  | 18          | B1 B5 B3 B2 ...   | 1         | 10.12  | 1            | 9.614        |
| 13  | 1           | B5 B3 B2 B4 ...   | 1         | 10.091 | 1            | 9.614        |
| 14  | 6           | B14 B6 B2 B... .. | 1         | 9.833  | 1            | 9.614        |
| 15  | 49          | B14 B4 B2 B... .. | 1         | 10.125 | 1            | 9.614        |
| 16  | 13          | B2 B4 B5 B3 ...   | 1         | 9.89   | 1            | 9.614        |
| 17  | 75          | B7 B3 B4 B1 ...   | 1         | 10.125 | 1            | 9.614        |
| 18  | 1           | B7 B3 B4 B1 ...   | 1         | 10.125 | 1            | 9.614        |
| 19  | 38          | B7 B3 B4 B1 ...   | 1         | 10.125 | 1            | 9.614        |
| 20  | 54          | B7 B3 B4 B1 ...   | 1         | 10.125 | 1            | 9.614        |
| 21  | 63          | B7 B3 B4 B1 ...   | 1         | 10.125 | 1            | 9.614        |
| 22  | 72          | B7 B3 B4 B1 ...   | 1         | 10.125 | 1            | 9.614        |
| 23  | 38          | B7 B3 B4 B1 ...   | 1         | 10.125 | 1            | 9.614        |
| 24  | 36          | B7 B4 B5 B3 ...   | 1         | 10.091 | 1            | 9.614        |
| 25  | 18          | B7 B4 B5 B3 ...   | 1         | 10.091 | 1            | 9.614        |
| 26  | 62          | B7 B4 B5 B3 ...   | 1         | 10.091 | 1            | 9.614        |
| 27  | 77          | B7 B4 B5 B3 ...   | 1         | 10.091 | 1            | 9.614        |
| 28  | 29          | B7 B4 B5 B3 ...   | 1         | 10.091 | 1            | 9.614        |
| 29  | 24          | B7 B2 B4 B3 ...   | 1         | 10.051 | 1            | 9.614        |
| 30  | 45          | B7 B2 B4 B3 ...   | 1         | 10.051 | 1            | 9.614        |
| 31  | 83          | B7 B4 B5 B3 ...   | 1         | 10.091 | 1            | 9.614        |
| 32  | 79          | B7 B1 B3 B2 ...   | 1         | 9.619  | 1            | 9.614        |
| 33  | 51          | B7 B1 B3 B2 ...   | 1         | 9.619  | 1            | 9.614        |
| 34  | 84          | B11 B1 B5 B... .. | 1         | 9.348  | 1            | 9.348        |
| 35  | 44          | B7 B1 B3 B2 ...   | 1         | 9.619  | 1            | 9.348        |
| 36  | 22          | B7 B1 B3 B2 ...   | 1         | 9.619  | 1            | 9.348        |
| 37  | 14          | B7 B1 B3 B2 ...   | 1         | 9.619  | 1            | 9.348        |
| 38  | 75          | B1 B2 B4 B3 ...   | 1         | 9.956  | 1            | 9.348        |

ภาพ 51 แสดงส่วนของผลลัพธ์เชิงภาพรวม

หัวสดมภ์ที่ 1 Gen จะอ้างถึงหมายเลขรุ่น หัวสดมภ์ที่ 2 No.Chromosome จะอ้างถึงหมายเลขของโครโมโซมที่ดีที่สุดที่รุ่นที่ Gen นี้ หัวสดมภ์ที่ 3 Best Chromosome จะอ้างถึงรายละเอียดลักษณะของโครโมโซมที่ดีที่สุดที่รุ่นที่ Gen นี้ หัวสดมภ์ที่ 4 Container จะอ้างถึงจำนวนคอนเทนเนอร์ที่ถูกใช้ไปในโครโมโซมนี้ หัวสดมภ์ที่ 5 Volume จะอ้างถึงปริมาตรที่ใช้ไปทั้งหมดในโครโมโซมนี้ หัวสดมภ์ที่ 6 BestSoFarCon จะอ้างถึงจำนวนคอนเทนเนอร์ที่น้อยที่สุดที่

ถูกใช้ไปในการรันครั้งนี้ หัวสดมภ์ที่ 7 BestSoFarVol จะอ้างถึงปริมาตรที่น้อยที่สุดที่ถูกใช้ไปในการรันครั้งนี้ ตัวอย่างเช่น ในแถวที่ 21 นั้นจะอธิบายได้ว่า ในรุ่น (Gen) ที่ 21 พบโครโมโซมตัวที่ดีที่สุด (No. Chromosome) เป็นตัวที่ 63 ซึ่งมีรายละเอียดของโครโมโซม (Best Chromosome) B7 B3 B4 B1... จำนวนของคอนเทนเนอร์ที่ใช้ไปคือ 1 คอนเทนเนอร์ ปริมาตรที่ใช้ไปทั้งหมด (Volume) เท่ากับ 10.125 ลูกบาศก์เมตร ( $m^3$ ) จำนวนของคอนเทนเนอร์ที่น้อยที่สุดที่ใช้ไป (BestSoFarCon) คือ 1 คอนเทนเนอร์ และปริมาตรที่น้อยที่สุดที่ใช้ไปคือ 9.614 ลูกบาศก์เมตร ( $m^3$ )

### 3.2 ส่วนของผลลัพธ์เชิงรายละเอียด (Detail result)

เมื่อคลิกที่แถวใดๆ ในตารางแสดงผลเชิงภาพรวมดังภาพ 52 แล้ว จะทำให้ผลลัพธ์ในเชิงรายละเอียดแสดงออกมาในตารางด้านขวา โดยมีรายละเอียดแบ่งตามหัวสดมภ์ (Column header) ดังนี้ หัวสดมภ์ที่ 1 No. จะแสดงถึงลำดับของยีนภายในโครโมโซมที่อ้างถึง หัวสดมภ์ที่ 2 Item จะแสดงรหัสหมายเลขกล่อง หัวสดมภ์ที่ 3 Arrange จะแสดงรูปแบบการวางตัวของกล่องของ Item นี้ หัวสดมภ์ที่ 4 No. Container จะแสดงถึงคอนเทนเนอร์ที่ Item นี้บรรจุอยู่ หัวสดมภ์ที่ 5 Owner จะแสดงถึงเจ้าของของกล่องที่ Item นี้ (ถ้ามี)

| Item | No. Chromosome | Best Chromosome | Container | Volume | Best So Far Vol | Best So Far Con |
|------|----------------|-----------------|-----------|--------|-----------------|-----------------|
| 1    | 91             | B21 B14 B11 ... | 1         | 10.12  | 1               | 10.12           |
| 2    | 32             | B21 B14 B11 ... | 1         | 10.12  | 1               | 10.12           |
| 3    | 21             | B21 B14 B11 ... | 1         | 10.12  | 1               | 10.12           |
| 4    | 35             | B12 B3 B4 B...  | 1         | 9.614  | 1               | 9.614           |
| 5    | 10             | B21 B14 B11 ... | 1         | 9.833  | 1               | 9.833           |
| 6    | 18             | B21 B14 B11 ... | 1         | 9.833  | 1               | 9.833           |
| 7    | 45             | B1 B2 B4 B5 ... | 1         | 9.813  | 1               | 9.813           |
| 8    | 81             | B1 B2 B4 B5 ... | 1         | 9.813  | 1               | 9.813           |
| 9    | 38             | B1 B2 B4 B5 ... | 1         | 10.156 | 1               | 10.156          |
| 10   | 34             | B11 B11 B2 ...  | 1         | 10.156 | 1               | 10.156          |
| 11   | 82             | B11 B11 B2 ...  | 1         | 10.156 | 1               | 10.156          |
| 12   | 18             | B1 B1 B3 B2 ... | 1         | 10.12  | 1               | 10.12           |
| 13   | 1              | B5 B3 B2 B4 ... | 1         | 10.091 | 1               | 10.091          |
| 14   | 6              | B14 B4 B2 B...  | 1         | 9.833  | 1               | 9.833           |
| 15   | 49             | B14 B4 B2 B...  | 1         | 10.125 | 1               | 10.125          |
| 16   | 83             | B2 B4 B5 B3 ... | 1         | 9.82   | 1               | 9.82            |
| 17   | 71             | B7 B2 B4 B5 ... | 1         | 10.125 | 1               | 10.125          |
| 18   | 1              | B7 B2 B4 B5 ... | 1         | 10.125 | 1               | 10.125          |
| 19   | 38             | B7 B2 B4 B5 ... | 1         | 10.125 | 1               | 10.125          |
| 20   | 84             | B7 B2 B4 B5 ... | 1         | 10.125 | 1               | 10.125          |
| 21   | 60             | B7 B2 B4 B5 ... | 1         | 10.125 | 1               | 10.125          |
| 22   | 72             | B7 B2 B4 B5 ... | 1         | 10.125 | 1               | 10.125          |
| 23   | 35             | B7 B2 B4 B5 ... | 1         | 10.125 | 1               | 10.125          |
| 24   | 36             | B7 B2 B4 B5 ... | 1         | 10.125 | 1               | 10.125          |
| 25   | 11             | B7 B2 B4 B5 ... | 1         | 10.125 | 1               | 10.125          |
| 26   | 63             | B7 B2 B4 B5 ... | 1         | 10.125 | 1               | 10.125          |
| 27   | 77             | B7 B2 B4 B5 ... | 1         | 10.125 | 1               | 10.125          |
| 28   | 26             | B7 B2 B4 B5 ... | 1         | 10.125 | 1               | 10.125          |
| 29   | 74             | B7 B2 B4 B5 ... | 1         | 10.125 | 1               | 10.125          |
| 30   | 41             | B7 B2 B4 B5 ... | 1         | 10.125 | 1               | 10.125          |
| 31   | 81             | B7 B2 B4 B5 ... | 1         | 10.125 | 1               | 10.125          |
| 32   | 79             | B7 B2 B4 B5 ... | 1         | 10.125 | 1               | 10.125          |
| 33   | 61             | B7 B2 B4 B5 ... | 1         | 10.125 | 1               | 10.125          |
| 34   | 84             | B7 B2 B4 B5 ... | 1         | 10.125 | 1               | 10.125          |
| 35   | 44             | B7 B2 B4 B5 ... | 1         | 10.125 | 1               | 10.125          |
| 36   | 22             | B7 B2 B4 B5 ... | 1         | 10.125 | 1               | 10.125          |
| 37   | 16             | B7 B2 B4 B5 ... | 1         | 10.125 | 1               | 10.125          |
| 38   | 75             | B7 B2 B4 B5 ... | 1         | 10.125 | 1               | 10.125          |
| 39   | 85             | B7 B2 B4 B5 ... | 1         | 10.125 | 1               | 10.125          |
| 40   | 87             | B7 B2 B4 B5 ... | 1         | 10.125 | 1               | 10.125          |

ภาพ 52 แสดงการแสดงผลเชิงรายละเอียด (Detail result)

### 3.3 ส่วนของการติดตามผลการรัน (Monitoring)

เช่นเดียวกับการนำเข้าเพิ่มข้อมูลขาเข้า โพรเกรสบาร์ได้ถูกนำมาใช้เพื่อช่วยแสดงผลความก้าวหน้าในการรัน (ดูภาพ 50 ส่วนที่ 3)

4. หลังจากทีโปรแกรมสิ้นสุดการทำงานแล้ว หากต้องการบันทึกผลลัพธ์ ก็ให้กดปุ่มบันทึก (Save button) เพิ่มข้อมูลขาออกก็จะถูกจัดเก็บลงไปยังปลายทางที่ได้กำหนดเอาไว้ใน Save location (ดูภาพ 22 แสดงตัวอย่างเพิ่มข้อมูลขาออก)

