บทที่ 6

การประยุกต์ใช้เจนเนติกอัลกอริทึม ในการออกแบบผังโรงงานที่แผนกมีขนาดพื้นที่ ไม่เท่ากันด้วยการกำหนดรูปร่างลักษณะแผนกที่แน่นอน

ในปัจจุบันเจนเนติกอัลกอริทึมถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา Optimization กันมากขึ้น โดยส่วนมากเจนเนติกอัลกอริทึมที่ใช้จะมีโครงสร้างหลักคล้ายคลึงกันตามแบบของเจนเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย คือ การเข้ารหัสและสร้างประชากรเริ่มต้น (Representation) การรีโปรดักชั่น (Reproduction) การครอสโอเวอร์ (Crossover) และการมิวเตชั่น (Mutation) ปัญหาการวางผังโรงงานเป็นปัญหาลักษณะหนึ่งที่นำเจนเนติกอัลกอริทึมมาประยุกต์ใช้ได้ในการหาคำตอบ โดยรูปแบบของปัญหาจะมีลักษณะแตกต่างกันไป เช่น การแก้ปัญหาผังโรงงานแบบหลายวัตถุประสงค์ (Chen และ Sha, 1999) การใช้เจนเนติกอัลกอริทึมแก้ปัญหาผังโรงงานที่มีพื้นที่แผนกไม่เท่ากัน (Tate และ Smith, 1994) การแก้ปัญหาการวางผังโรงงานที่มีพื้นที่แผนกเท่ากัน (ชนะ, 1998) เป็นต้น ซึ่งเจนเนติกอัลกอริทึมที่ใช้สำหรับปัญหาแต่ละประเภทก็จะมีรายละเอียดปลีกย่อยในโครงสร้างหลักที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมต่อรูปแบบปัญหานั้นๆ

เนื้อหาในบทนี้ได้กล่าวถึงการประยุกต์เจนเนติกอัลกอริทึม กับปัญหาการออกแบบผังโรงงานที่แผนกมีขนาดพื้นที่ไม่เท่ากันด้วยการกำหนดรูปร่างลักษณะแผนกที่แน่นอน โดยพิจารณาทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพ (Multi-Objective) ซึ่งจะกล่าวถึงขั้นตอนต่างๆของเจนเนติกอัลกอริทึมอย่างละเอียด

6.1 ลักษณะของปัญหาการออกแบบผังโรงงานที่แผนกมีขนาดพื้นที่ไม่เท่ากันด้วยการกำหนดรูปร่างลักษณะแผนกที่แน่นอน

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้เจนเนติกอัลกอริทึมในการออกแบบผังโรงงาน ที่แผนกมีขนาดพื้นที่ไม่เท่ากัน และผู้ออกแบบสามารถกำหนดรูปร่าง ขนาดพื้นที่ และทิศทางการวางที่แน่นอนก่อนการออกแบบได้ ซึ่งได้ทำการศึกษาเฉพาะปัญหาการจัดวางผังโรงงานแบบกระบวนการผลิต และมีรายละเอียดของข้อกำหนดในการออกแบบดังนี้

ข้อกำหนดของผังโรงงาน

คือข้อกำหนดในเรื่องของขนาดผังโรงงาน และจำนวนแผนกที่สามารถทำการจัดวางผังได้ ดังนี้

- โรงงานมีพื้นที่ใหญ่ที่สุด ขนาด (A) 40,000 ตารางหน่วย โดยกว้าง (W) 200 หน่วย และยาว (L) 200 หน่วย
- จำนวนแผนกมากที่สุด 20 (i) แผนก และจำนวนแผนกที่น้อยที่สุด 2 แผนก แต่ละแผนกมีขนาด N_i ตารางหน่วย (i คือลำดับของแผนก)

ข้อกำหนดทั่วไป

ในการจัดวางผังโรงงาน ต้องคำนึงถึงข้อกำหนดพื้นฐานในการจัดวางผังโรงงานดังต่อไปนี้

- พื้นที่รวมของแผนกทั้งหมดต้องไม่มากกว่าพื้นที่ของโรงงาน
- พื้นที่ของแต่ละแผนกที่สร้างขึ้นนั้นต้องเท่ากับความต้องการพื้นที่สำหรับแผนกนั้นๆ โดยความต้องการพื้นที่ของแต่ละแผนกต้องคำนึงถึงพื้นที่ของผังโรงงานที่มีอยู่ด้วย
- ไม่มีแผนกใดๆในโรงงานใช้พื้นที่เดียวกัน หรือสร้างขึ้นซ้อนทับกัน
- พื้นที่ของแต่ละแผนกต้องติดต่อกันเป็นพื้นที่เดียว และไม่มีพื้นที่ส่วนหนึ่งส่วนใดของแผนกใดๆอยู่นอกพื้นที่โรงงาน
- รูปร่างของแผนกที่สร้างนั้นจะมีพื้นฐานมาจากการต่อกันของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก

ข้อกำหนดด้านรูปร่างเพิ่มเติม

คือข้อกำหนดที่นำมาพิจารณา เพื่อให้รูปร่างของแต่ละแผนกที่ได้จากการจัดวางผังโรงงานมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานจริง ดังนี้

- ในแต่ละแผนกจะมีส่วนพื้นที่ที่เล็กที่สุดของแผนกนั้นๆ (เปรียบเสมือนเครื่องจักรที่จำเป็นในแผนก) โดยพื้นที่ที่เล็กที่สุดของแผนกที่ i จะกำหนดเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก กว้าง w_i หน่วย และยาว l_i หน่วย
- แผนกที่สร้างขึ้นนั้นต้องสามารถบรรจุพื้นที่ที่เล็กที่สุดของแผนกนั้นๆได้
- แต่ละแผนกมีการกำหนดอัตราส่วนด้านยาวต่อด้านกว้างของแผนก กำหนดไว้เพื่อป้องกันการสร้างผังโรงงานที่มีรูปร่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ยาวและแคบจนไม่เหมาะสมกับการใช้งานจริง

ข้อกำหนดของข้อมูลที่ใช้พิจารณา

การแก้ปัญหาการจัดวางผังโรงงาน จะพิจารณาทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพ คือเป็นการจัดวางผังโรงงานแบบหลายวัตถุประสงค์ โดยข้อมูลเชิงปริมาณคือแผนภูมิการไหลของวัสดุและค่าใช้จ่ายของการไหลวัสดุระหว่างแผนกต่างๆ ซึ่งมีวัตถุประสงค์ของการจัดผังโรงงานเพื่อให้ค่าใช้จ่ายโดยรวมต่ำที่สุด สามารถหาค่านี้ได้จากสมการ (6.1)

$$\text{Minimize } C = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=i+1}^{n} f_{ij} . c_{ij} . d_{ij} \qquad (6.1)$$

C คือค่าใช้จ่ายโดยรวมที่เกิดจากผังโรงงาน

f_{ij} คือปริมาณการไหลของวัสดุจากแผนก i ไปแผนก j

c_{ij} คือค่าใช้จ่ายการไหลจากแผนก i ไปแผนก j

dij คือระยะทางระหว่างแผนก i ไปแผนก j โดยวัดจากเซ็นทรอยด์ (Centroid) ของแต่ละแผนก

และข้อมูลเชิงคุณภาพคือ แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างแผนกต่างๆ ซึ่งมีวัตถุประสงค์ของการจัดผังโรงงานเพื่อให้ค่า TCR ที่พิจารณาถึงระยะทางระหว่างแผนกมีค่าน้อยที่สุด สามารถหาค่านี้ได้จากสมการ (6.2)

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^{M-1} \sum_{j=i+1}^{M} V(r_{ij}) d_{ij} \qquad (6.2)$$

d_{ij} คือระยะทางระหว่างแผนก i ไปแผนก j ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว

Z คือ TCR ที่พิจารณาถึงระยะทางระหว่างแผนก

$V(r_{ij})$ คือ ค่าคะแนนของความสัมพันธ์ระหว่างแผนก i และ j คะแนน

การแก้ปัญหาการจัดวางผังโรงงานแบบหลายวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ ได้ใช้วิธีการรวมฟังก์ชันโดยอาศัยการให้น้ำหนัก (Weight Sum Approach) โดยฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ คือ ค่าฟิตเนสรวม (Total Fitness) ซึ่งแสดงดังสมการ (6.3)

$$Total\ Fitness = (W1*Cost\text{-}fitness) + (W2*TCR\text{-}fitness) \qquad (6.3)$$

ค่า TCR พิจารณาระยะทางระหว่างแผนก

W1 คือ น้ำหนักที่ให้ความสำคัญกับค่าใช้จ่ายของผังโรงงาน (Cost) มีค่าระหว่าง [0,1]

W2 คือ น้ำหนักที่ให้ความสำคัญกับความสัมพันธ์ระหว่างแผนก (TCR) มีค่าระหว่าง [0,1]

และ *W1+W2 = 1*

ข้อกำหนดของแผนกที่ผู้ออกแบบกำหนด

คือข้อกำหนดที่ผู้ออกแบบสามารถกำหนดก่อนการออกแบบ เพื่อให้แผนกใดแผนกหนึ่งมีรูปร่าง ขนาดพื้นที่ และทิศทางการวางตามที่ต้องการ

- รูปร่างของแผนกที่สามารถกำหนดได้คือ แผนกที่มีรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก
- จำนวนแผนกที่สามารถกำหนดรูปร่าง ขนาดพื้นที่ และทิศทางการวางได้คือ 1 แผนก
- การกำหนดทิศทางการวางของแผนก ทำได้โดยกำหนดความยาวตามแนวนอนของแผนกนั้น
- แผนกที่ผู้ออกแบบกำหนดจะมีขนาดพื้นที่เท่ากับความต้องการของแผนกนั้น

6.2 โครงสร้างของเจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการออกแบบผังโรงงานที่แผนกมีขนาดพื้นที่ไม่เท่ากันด้วยการกำหนดรูปร่างลักษณะแผนกที่แน่นอน

6.2.1 โครงสร้างหลัก

โครงสร้างหลักของเจนเนติกอัลกอริทึม ประกอบด้วย 5 ส่วนคือ

1. Initialization เป็นการใส่รหัสคำตอบและสร้างสตริงคำตอบเบื้องต้น
2. Reproduction เป็นการคัดเลือกสตริงคำตอบที่มีความเหมาะสม โดยดูจากค่าความเหมาะสมหรือค่าฟิตเนสของสตริงคำตอบแต่ละตัว ในส่วนของการ Reproduction จะแบ่งเป็นขั้นตอนย่อย 2 ขั้นตอน คือ
    2.1 Evaluation เป็นการคำนวณหาค่าต่างๆเพื่อนำไปสู่การหาค่าที่มีความเหมาะสมของสตริงคำตอบ
    2.2 Selection เป็นกระบวนการในการคัดเลือกสตริงที่มีความเหมาะสมมากกว่า
3. Crossover เป็นการสร้างสตริงคำตอบตัวใหม่จากการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนระหว่างสตริงคำตอบ 2 ตัว

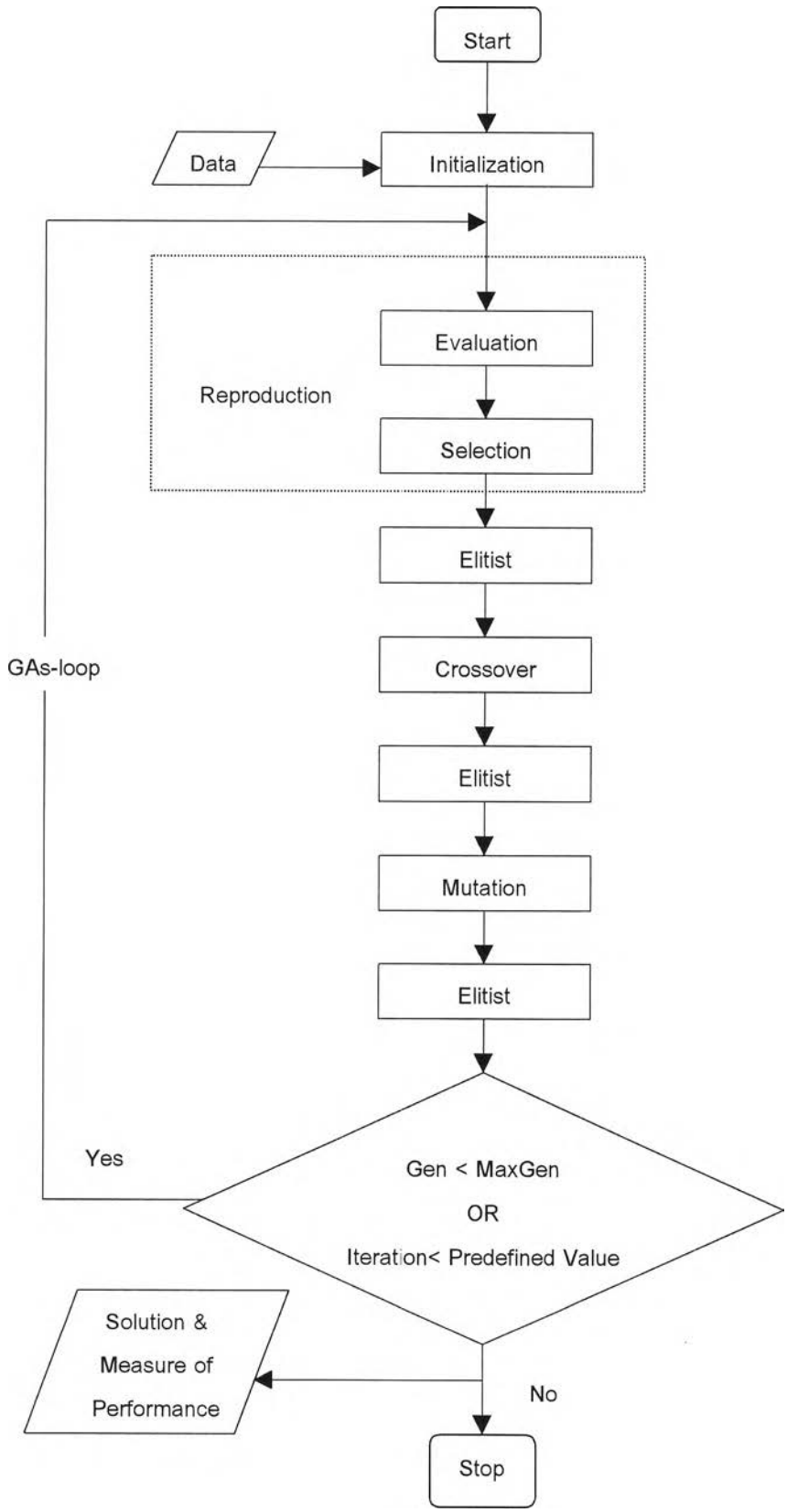
4. Mutation เป็นการสร้างสตริงคำตอบตัวใหม่โดยการย้ายค่าบางตำแหน่งภายในสตริงคำตอบ
5. Elitist เป็นการเก็บค่าที่ดีที่สุด ซึ่งจะเก็บสตริงคำตอบที่ดีที่สุดในแต่ละขั้นตอน GAs ไว้ และทำการเปรียบเทียบระหว่างสตริงที่ดีที่สุดของระหว่างประชากรก่อนและหลังผ่านขั้นตอนดังกล่าว เพื่อหาว่าสตริงใดมีคุณสมบัติดีกว่ากัน หากว่าสตริงที่ดีที่สุดของประชากรก่อนการเข้าสู่กระบวนการของ GAs นั้นมีคุณสมบัติที่ดีกว่า ให้ทำการนำสตริงนั้นมาแทนที่สตริงที่มีคุณสมบัติแย่ที่สุดของประชากรหลังผ่านกระบวนการ GAs แล้ว

6.2.2 ขั้นตอนการทำงานของเจนเนติกอัลกอริทึม

1. **Data Input :** รับข้อมูลเข้าต่างๆได้แก่ พื้นที่ของโรงงาน ความกว้างและความยาวของโรงงาน จำนวนแผนกทั้งหมด พื้นที่ที่ต้องการของแต่ละแผนก ความกว้าง (Fix Width) และความยาว (Fix Length) ของพื้นที่ที่เล็กที่สุดของแต่ละแผนก อัตราส่วนด้านยาวต่อด้านกว้างของแต่ละแผนก (Area Ratio) แผนกที่ผู้ออกแบบกำหนด ความยาวตามแนวนอนของแผนกที่ผู้ออกแบบกำหนด แผนภูมิการไหลของวัสดุ ค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายวัสดุ แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างแผนกต่างๆ ประเภทของการวัดระยะทางเป็นแบบเรคติลิเนียร์หรือแบบยูคลิเดียน น้ำหนักที่ให้ความสำคัญกับค่าใช้จ่ายของผังโรงงานและน้ำหนักที่ให้ความสำคัญกับความสัมพันธ์ระหว่างแผนก
2. **Representation & Initialization :** นำข้อมูลต่างๆมาสร้างคำตอบเบื้องต้นแบบสุ่มจำนวน *popsize* ตัว โดยผ่านกระบวนการใส่รหัสคำตอบ (Representation) และการสร้างประชากรเบื้องต้น (Initial Population)
3. **Evaluation :** คำนวณหาค่าวัตถุประสงค์ต่างๆที่ต้องการ เช่น ค่าใช้จ่าย ค่า TCR พิจารณาถึงระยะทางระหว่างแผนก แล้วนำค่าเหล่านี้ไปคำนวณหาค่าฟิตเนส และรวมค่าฟิตเนสของทั้งสองวัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีการให้น้ำหนักเป็นค่าฟิตเนสรวมของประชากรเบื้องต้นทุกตัว
4. **Selection :** เป็นกระบวนการคัดเลือกสตริงไปยังเจนเนอเรชั่นถัดไปโดยดูจากค่าความเหมาะสมหรือค่าฟิตเนสของสตริงคำตอบแต่ละตัว
5. **Elitist :** เก็บสตริงคำตอบที่ดีที่สุดจากประชากรเจนเนอเรชั่นแรก และเปรียบเทียบกับสตริงที่ดีที่สุดจากประชากรที่ผ่านการ Selection ถ้าพบว่าสตริงคำตอบที่เก็บไว้มีค่าที่ดีกว่า ให้นำสตริงนั้นแทนที่สตริงที่แย่ที่สุดของประชากรที่ผ่านการ Selection

6. **Crossover :** ทำการจับคู่คำตอบที่อยู่ในเมทติ้งพูลและทำการครอสโอเวอร์ด้วยความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ เท่ากับ Pc
7. **Elitist :** เก็บสตริงคำตอบที่ดีที่สุดจากประชากรที่ผ่านการ Selection และเปรียบเทียบกับสตริงที่ดีที่สุดจากประชากรที่ผ่านการครอสโอเวอร์ ถ้าพบว่าสตริงคำตอบที่เก็บไว้มีค่าที่ดีกว่า ให้นำสตริงนั้นแทนที่สตริงที่แย่ที่สุดของประชากรที่ผ่านการครอสโอเวอร์
8. **Mutation :** ทำการมิวเตชั่นสตริงคำตอบที่มี ด้วยความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น เท่ากับ Pm
9. **Elitist :** เก็บสตริงคำตอบที่ดีที่สุดจากประชากรที่ผ่านการครอสโอเวอร์และเปรียบเทียบกับสตริงที่ดีที่สุดจากประชากรที่ผ่านการมิวเตชั่น ถ้าพบว่าสตริงคำตอบที่เก็บไว้มีค่าที่ดีกว่า ให้นำสตริงนั้นแทนที่สตริงที่แย่ที่สุดของประชากรที่ผ่านการมิวเตชั่น
10. **GAs-loop :** มีกฎเกณฑ์ในการตรวจสอบสภาวะการหยุดทำงาน (Stopping Criteria) 2 กรณีคือ 1. ดูว่าจำนวนเจนเนอเรชั่น น้อยกว่าจำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดหรือไม่ ถ้าน้อยกว่าให้กลับไปทำข้อที่ 3-9 ถ้าไม่ให้ทำข้อที่ 11 หรือ 2. ดูว่าสตริงคำตอบที่ดีที่สุดในแต่ละรอบของเจนเนอเรชั่น มีค่าซ้ำกันเป็นจำนวนน้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้หรือไม่ ถ้าน้อยกว่าให้กลับไปทำข้อที่ 3-9 ถ้าไม่ให้ทำข้อที่ 11
11. **Stop :** หยุดกระบวนการของเจเนติกอัลกอริทึม และนำค่าที่ดีที่สุดจากเจนเนอเรชั่นสุดท้ายมาเป็นคำตอบ

โครงสร้างและวิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึมแสดงได้ดังรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 แผนผังแสดงโครงสร้างและวิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึม

6.3 วิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึม

6.3.1 การใส่รหัสคำตอบ (Chromosome Representation / Coding)

ขั้นตอนแรกของเจนเนติกอัลกอริทึม คือการกำหนดรูปแบบของการใส่รหัสคำตอบ ซึ่งถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญและมีผลอย่างมากต่อขั้นตอนอื่นๆของ GAs การใส่รหัสคำตอบ คือ การเปลี่ยนคำตอบของปัญหาให้อยู่ในรูปของสตริงคำตอบ (หรือที่เรียกว่า Chromosome) วิธีการใส่รหัสคำตอบมีทั้งแบบ Binary String และ Non-binary String ในกรณีของปัญหาการจัดวางผังโรงงาน คำตอบของปัญหาคือ ลำดับแผนกที่จะทำการจัดเรียงไปบนพื้นที่ของผังโรงงาน แต่ปัญหาการจัดวางผังโรงงานในงานวิจัยนี้เป็นปัญหาการจัดวางผังโรงงานที่แผนกมีขนาดพื้นที่ไม่เท่ากัน พร้อมทั้งยังต้องคำนึงถึงรูปร่างและทิศทางการวางของแผนกที่ผู้ออกแบบกำหนด ซึ่งวิธีการใส่รหัสคำตอบที่เลือกใช้เป็นแบบ Non-binary String และสตริงคำตอบที่ใช้เป็นคำตอบของปัญหาการวางผังโรงงานในลักษณะนี้ จะประกอบด้วยสตริงคำตอบ 2 ส่วน คือ

1. สตริงคำตอบลำดับการเรียงของแผนก (Department Order) ที่จะทำการเรียงแผนกต่างๆตามลำดับจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสุดท้ายของเส้นทางของแถบ (Band)
2. สตริงคำตอบขนาดความกว้างของแถบ (Band Width) คือขนาดของแถบในแต่ละช่วงของโรงงาน ซึ่งแต่ละแถบนั้นอาจมีความกว้างแตกต่างกันได้ และต้องมีอย่างน้อย 1 แถบ ที่มีขนาดความกว้างเท่ากับความยาวตามแนวนอนของแผนกที่ผู้ออกแบบกำหนด (Fixed Department) โดยผลรวมของความกว้างของแถบจะต้องมีค่าเท่ากับความยาวของโรงงาน

ซึ่งในที่นี้จะเรียกรวมสตริงคำตอบทั้ง 2 สตริงว่า ชุดสตริงคำตอบ

ตัวอย่างเช่น ในตัวอย่าง 5.1 สตริงคำตอบลำดับการเรียงของแผนกเป็น 3-2-4-5-1-6 หมายถึง ในโรงงานมีจำนวนแผนกทั้งหมด 6 แผนก และจะทำการจัดเรียงโดยเริ่มจากแผนกที่ 3 ก่อน จากนั้นเป็นแผนกที่ 2, 4, 5, 1 และ 6 ตามลำดับจนครบ และมีสตริงคำตอบขนาดความกว้างของแถบเป็น 3-1-2 หมายถึง แบ่งผังโรงงานออกเป็นแถบจำนวน 3 แถบตามแนวแกน Y โดยแถบแรกมีความกว้างเท่ากับ 3 หน่วย แถบที่ 2 และ 3 มีความกว้างเท่ากับ 1 และ 2 หน่วยตามลำดับ

6.3.2 การสร้างกลุ่มประชากรเบื้องต้น (Initial Population Creating)

การสร้างกลุ่มประชากรเบื้องต้น คือ การสร้างคำตอบเบื้องต้นขึ้นมาจำนวนหนึ่งเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการของ GAs โดยคำตอบ 1 คำตอบคือประชากร 1 ตัว

จำนวนของประชากรที่ต้องการสร้างนั้นเป็นพารามิเตอร์ตัวหนึ่งที่ต้องมีการกำหนด ซึ่งในที่นี้กำหนดให้เท่ากับ *popsize* ตัว

สำหรับปัญหาการจัดวางผังโรงงานที่แผนกมีขนาดพื้นที่ไม่เท่ากัน ที่ต้องคำนึงถึงรูปร่างและทิศทางการวางของแผนกที่ผู้ออกแบบกำหนด ซึ่งมีสตริงคำตอบ 2 สตริงนั้น ทำได้โดยขั้นแรกจะสร้างสตริงลำดับการเรียงของแผนกขึ้นมาก่อน แล้วทำการสร้างสตริงขนาดความกว้างของแถบ ให้มีความสัมพันธ์กับสตริงลำดับการเรียงของแผนกและสอดคล้องกับข้อจำกัดต่างๆของปัญหา ซึ่งเมื่อสร้างสตริงขนาดความกว้างของแถบขึ้นมา แต่พบว่าไม่สอดคล้องกับข้อจำกัดต่างๆของปัญหา ก็จะทำการสร้างสตริงลำดับการเรียงของแผนกใหม่ แล้วสร้างสตริงขนาดความกว้างของแถบอีกครั้ง โดยสตริงลำดับการเรียงของแผนกและสตริงขนาดความกว้างของแถบที่ไม่ผ่านเงื่อนไข จะถูกเก็บไว้เพื่อเปรียบเทียบ ไม่ให้สร้างสตริงคำตอบที่เหมือนชุดสตริงคำตอบที่ผิดเงื่อนไขขึ้นมาอีก ซึ่งประชากร 1 ตัวก็คือหนึ่งชุดสตริงคำตอบนั่นเอง

การสร้างประชากรเบื้องต้น จะสร้างขึ้นเท่ากับจำนวนประชากรที่ได้กำหนดไว้ และประชากรแต่ละตัวจะมีสตริงลำดับการเรียงของแผนกและสตริงขนาดความกว้างของแถบที่ไม่ซ้ำกัน ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความหลากหลายของคำตอบ และเป็นการป้องกันไม่ให้คำตอบที่ได้จากวิธีของเจนเนติกอัลกอริทึมที่ใช้เป็นค่า Local Optimum นอกจากนี้การสร้างประชากรเบื้องต้นให้แตกต่างกันยังช่วยให้สามารถกำหนดจำนวนประชากรน้อยลงด้วย

6.3.3 การรีโปรดักชั่น (Reproduction)

การรีโปรดักชั่นเป็นการคัดเลือกสตริงคำตอบที่มีความเหมาะสม โดยดูจากค่าความเหมาะสมของสตริงคำตอบแต่ละตัว แบ่งเป็นขั้นตอนย่อย 2 ขั้นตอน คือ การประเมินค่า (Evaluation) และ การคัดเลือกคำตอบ (Selection)

6.3.3.1 การประเมินค่า (Evaluation)

ก่อนที่จะเข้าสู่ขั้นตอนการคัดเลือกของเจนเนติกอัลกอริทึม จำเป็นที่จะต้องมีการประเมินค่าประชากรแต่ละตัวเสียก่อนว่ามีความเหมาะสมมากหรือน้อยเพียงใด ความเหมาะสมนี้จะวัดจากค่าฟิตเนสของสตริงคำตอบแต่ละตัว ตัวใดที่มีค่าฟิตเนสมากก็หมายความว่ามีความเหมาะสมมากตามไปด้วย โดยที่ค่าฟิตเนสดังกล่าวหมายถึง ค่าของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ที่เราต้องการทำให้ต่ำที่สุดหรือสูงที่สุดนั่นเอง

ถ้าค่าฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ที่ต้องการทำให้มีค่าต่ำสุด ต้องทำการแปลงให้อยู่ในรูปแบบการหาค่าสูงที่สุดของฟิตเนสฟังก์ชั่นก่อน ดังสมการ (6.4)

$$f(Xi) = \left(\sum_{i=1}^{popsize} Xi \right) - Xi \qquad (6.4)$$

เมื่อ Xi คือค่าวัตถุประสงค์ของสตริงคำตอบแต่ละตัว

6.3.3.2 การคัดเลือกคำตอบ (Selection)

การคัดเลือกคำตอบทำได้โดยนำเอากลุ่มสตริงคำตอบเบื้องต้นทั้งหมดมาผ่านวิธีการคัดเลือกโดยดูจากค่าฟิตเนสของสตริงคำตอบแต่ละตัวเป็นหลัก สตริงตำตอบตัวที่มีค่าฟิตเนสมากก็มีโอกาสที่จะถูกคัดเลือกไว้มากกว่าตัวที่มีค่าฟิตเนสน้อย สตริงคำตอบที่ผ่านการคัดเลือกจำนวน *popsize* ตัวจะผ่านเข้าสู่เมทติ้งพูลเพื่อรอการจับคู่และการดำเนินการของ GAs ในขั้นต่อไป

วิธีการคัดเลือกคำตอบที่ใช้ คือ วิธีการของวงล้อรูลเล็ท (Roulette Wheel) (Goldberg, 1989) ที่มีขนาดความกว้างของสล็อต (Slot) แปรผันตามค่าความเหมาะสม การสร้างวงล้อรูลเล็ทมีวิธีการดังต่อไปนี้

- หาผลรวมของค่าฟิตเนสของสตริงคำตอบทั้งหมด *popsize* ตัว ดังสมการ (6.5)

$$F = \sum_{i=1}^{popsize} f(Xi) \qquad (6.5)$$

โดย $f(Xi)$ = ค่าฟิตเนสของสตริงตัวที่ i

- หาค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือก (Probability of Selection) ของสตริงคำตอบแต่ละตัว ตามสมการ (6.6)

$$p_i = \frac{f(Xi)}{F} \qquad i = 1, 2, \ldots, popsize \qquad (6.6)$$

- หาค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสม (Cumulative Probability of Selection) ของสตริงคำตอบแต่ละตัว ตามสมการ (6.7)

$$q_i = \sum_{j=1}^{i} p_j \qquad (6.7)$$

จากที่กล่าวมาข้างต้นเป็นการหาค่าฟิตเนสของสตริงแต่ละตัว และการสร้างวงล้อรูลเล็ทเพื่อนำไปพิจารณาในการคัดเลือกต่อไป ซึ่งเป็นลักษณะของวิธีการแก้ปัญหาแบบวัตถุประสงค์เดียว สำหรับในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาของปัญหาแบบหลายวัตถุประสงค์และได้เลือกใช้วิธีการรวมฟังก์ชันโดยอาศัยการให้น้ำหนักในการแก้ปัญหา จึงมีวิธีการที่แตกต่างไปจากข้างต้น

ในที่นี้ค่าฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ที่พิจารณามี 2 ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์คือ ค่าใช้จ่ายโดยรวมต่ำที่สุด การหาค่าใช้จ่ายของแต่ละชุดสตริงคำตอบสามารถหาได้จากสมการ (6.1) และค่า TCR พิจารณาถึงระยะทางระหว่างแผนกให้มีค่าน้อยที่สุด การหาค่า TCR สามารถหาได้จากสมการ (6.2) สมการทั้ง 2 นั้นอยู่ในรูปแบบของการหาค่าต่ำที่สุด จะทำการแปลงให้อยู่ในรูปแบบการหาค่าสูงที่สุดดังสมการ (6.4) ในการที่จะรวมฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ทั้งสองเป็นฟังก์ชั่นเดียวนั้น เนื่องจากค่าวัตถุประสงค์ทั้งสองมีหน่วยที่แตกต่างกันจึงไม่สามารถนำมารวมกันได้โดยตรง จึงทำการรวมฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์หลังจากการคำนวณค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกของค่าฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์แต่ละประเภท และค่าที่ได้หลังจากการรวมฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ทั้งสอง ก็จะเป็นค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกที่นำไปใช้ในการหาค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสมต่อไป ซึ่งจะเรียกค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกของค่าฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์เป็นค่าฟิตเนส คือ *Cost-fitness* และ *TCR-fitness* และค่าที่ได้หลังจากการรวมฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์เรียกว่า *Total Fitness* สามารถแสดงการหาค่าต่างๆได้ดังสมการ (6.8) สมการ (6.9) และสมการ (6.10) ตามลำดับ

$$\textit{Cost-fitness} = (\textit{CostSum}-c_i) / \textit{Sum_of_}(\textit{CostSum}-c_i) \qquad (6.8)$$

โดย *CostSum* = ผลรวมของค่าใช้จ่ายของชุดสตริงคำตอบทั้งหมด *popsize* ตัว

c_i= ค่าใช้จ่ายของแต่ละชุดสตริงคำตอบ

$$\textit{TCR-fitness} = (\textit{TCRSum}-\textit{TCR}_i) / \textit{Sum_of_}(\textit{TCRSum}-\textit{TCR}_i) \qquad (6.9)$$

โดย *TCRSum* = ผลรวมของค่า TCR ของชุดสตริงคำตอบทั้งหมด *popsize* ตัว

TCR_i = ค่า TCR ของแต่ละชุดสตริงคำตอบ

*Total Fitness = (W1*Cost-fitness) + (W2*TCR-fitness)* (6.10)

โดย ค่า TCR พิจารณาระยะทางระหว่างแผนก

W1 คือ น้ำหนักที่ให้ความสำคัญกับค่าใช้จ่ายของผังโรงงาน (Cost) มีค่าระหว่าง [0,1]

W2 คือ น้ำหนักที่ให้ความสำคัญกับความสัมพันธ์ระหว่างแผนก (TCR) มีค่าระหว่าง [0,1]

และ *W1+W2 = 1*

หลังจากคำนวณค่าดังกล่าวแล้ว จะเข้าสู่กระบวนการคัดเลือกโดยหมุนวงล้อรูลเล็ทเท่ากับจำนวน *popsize* ครั้ง ในแต่ละครั้งจะได้ชุดสตริงคำตอบสำหรับประชากรรุ่นต่อไป ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. สร้างตัวเลขสุ่ม (Random Number) r ที่มีค่าอยู่ในช่วง [0...1]
2. ถ้า $r < q_i$ ให้เลือกชุดสตริงคำตอบชุดแรก แต่ถ้า $q_{i-1} \leq r \leq q_i$ (เมื่อ $2 \leq i \leq popsize$) ให้เลือกชุดสตริงคำตอบตัวที่ i ในบางครั้งชุดสตริงคำตอบที่ถูกคัดเลือกแล้วบางชุดอาจถูกเลือกได้มากกว่า 1 ครั้ง
3. ทำตามขั้นตอนข้อที่ 1-2 จนกว่าจะได้ชุดสตริงคำตอบในเมทติ้งพูลครบ *popsize* ตัว

จากวิธีดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ชุดสตริงคำตอบที่มีค่าฟิตเนสรวมมากก็จะมีพื้นที่มากจึงมีโอกาสที่ตัวเลขสุ่มที่สร้างขึ้นมาจะตกอยู่ภายในบริเวณของชุดสตริงคำตอบชุดนั้นมากกว่าชุดที่มีค่าฟิตเนสรวมน้อย (มีพื้นที่น้อย) ทำให้ชุดสตริงคำตอบที่ถูกเลือกเข้าสู่เมทติ้งพูลเป็นชุดสตริงคำตอบที่มีค่าฟิตเนสรวม โดยเฉลี่ยสูงกว่าชุดสตริงคำตอบเดิม ต่อไปเป็นตัวอย่างที่แสดงเพื่อให้เข้าใจถึงวิธีการรีโปรดักชั่น โดยเป็นตัวอย่างการวางผังโรงงานจำนวน 6 แผนก และรายละเอียดของปัญหาตัวอย่างนี้แสดงในภาคผนวก ค.1 ซึ่งกำหนด *W1*=0.25 และ *W2*=0.75

ตารางที่ 6.1 *ตัวอย่างประชากรเริ่มต้นและค่าวัตถุประสงค์*

String No.	Order	Band	Cost	TCR
1	[3 4 1 2 5 6]	[1 1 2 2]	31985.33	244.67
2	[1 4 2 3 5 6]	[1 3 2]	33839.00	236.00
3	[2 3 5 6 1 4]	[3 2 1]	31169.00	184.00
4	[5 2 4 3 1 6]	[2 1 1 2]	26537.00	188.00
5	[5 2 4 6 1 3]	[1 1 1 2 1]	31721.67	239.56
6	[1 4 2 5 3 6]	[1 1 1 1 2]	34427.00	230.00

ตารางที่ 6.2 *ตัวอย่างการคำนวณฟิตเนสฟังก์ชั่นของชุดสตริงคำตอบ*

String No. (1)	Cost (2)	Cost-fitness (3)	TCR (4)	TCR-fitness (5)	Total fitness (6)	ความน่าจะเป็นสะสม (7)
1	31985.33	0.1663	244.67	0.1630	0.1638	0.1638
2	33839.00	0.1643	236.00	0.1643	0.1643	0.3281
3	31169.00	0.1671	184.00	0.1722	0.1709	0.4990
4	26537.00	0.1720	188.00	0.1716	0.1717	0.6707
5	31721.67	0.1666	239.56	0.1638	0.1645	0.8352
6	34427.00	0.1637	230.00	0.1652	0.1648	1.0000
Total	189679	1.0000	1322.23	1.0000	1.0000	

ตารางที่ 6.1 แสดงตัวอย่างประชากรเริ่มต้นจำนวน 6 ชุดสตริงคำตอบ และกำหนดค่าวัตถุประสงค์ทั้งสอง คือ ค่าใช้จ่าย และค่า TCR ให้กับแต่ละชุดสตริงคำตอบ เพื่อใช้ในการคำนวณฟิตเนสฟังก์ชั่นของชุดสตริงคำตอบดังที่แสดงในตารางที่ 6.2 โดยคอลัมน์ที่ 1 เป็นลำดับของชุดสตริงคำตอบ คอลัมน์ที่ 2 เป็นค่า Cost ของชุดสตริงคำตอบ คอลัมน์ที่ 3 เป็นค่า *Cost-fitness* ที่คำนวณได้จากสมการ (6.8) คอลัมน์ที่ 4 คือค่า TCR ของชุดสตริงคำตอบ คอลัมน์ที่ 5 เป็นค่า *TCR-fitness* ที่คำนวณได้จากสมการ (6.9) คอลัมน์ที่ 6 เป็นค่าฟิตเนสรวม ที่คำนวณได้จากสมการ (6.10) เช่น ค่าฟิตเนสรวมของสตริงหมายเลข1 มีการคำนวณดังนี้ [(0.25*0.1663)+(0.75*0.1630)] =0.1638 ซึ่งค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกหรือขนาดของช่องในวงล้อรูเล็ต โดยที่ขนาดของวงรูลเล็ทโดยรวมเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนคอลัมน์ที่ 7 เป็นค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสม ที่คำนวณได้จากสมการ (6.7)

จากนั้นจะทำการหมุนวงล้อรูลเล็ท 6 ครั้ง การหมุนแต่ละครั้งหมายถึงการคัดเลือกสตริงเข้าไปสู่ประชากรใหม่ สมมุติค่าสุ่มจำนวน 6 ค่า ที่อยู่ในช่วง [0...1] และทำการคัดเลือกชุดสตริงคำตอบตามขั้นตอนของกระบวนการคัดเลือก ซึ่งจะเห็นได้ว่าชุด

สตริงคำตอบหมายเลข 4 มีค่าฟิตเนสรวมมากที่สุด จะถูกสุ่มเลือกขึ้นมามากครั้งที่สุด คือ 2 ครั้ง ในขณะที่ชุดสตริงคำตอบที่มีค่าฟิตเนสรวมน้อย ก็จะถูกสุ่มเลือกน้อยครั้งเช่นกัน แสดงผลการคัดเลือกได้ดังตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 *ตัวอย่างค่าสุ่มจากวงล้อรูลเล็ท*

ครั้งที่	ค่าสุ่มจากวงล้อรูลเล็ท	สตริงที่ผ่านการรีโปรดักชั่น
1	0.652588	Str4 Total fitness:0.1717
2	0.349701	Str3 Total fitness:0.1709
3	0.900537	Str6 Total fitness:0.1648
4	0.002097	Str2 Total fitness:0.1643
5	0.551275	Str4 Total fitness:0.1717
6	0.401578	Str3 Total fitness:0.1709

6.3.4 การครอสโอเวอร์ (Crossover)

6.3.4.1 การจับคู่สตริงคำตอบ

จากสตริงคำตอบจำนวน *popsize* ตัวที่ได้มาจากกระบวนการคัดเลือก จะมีสตริงคำตอบเพียงบางส่วนเท่านั้นที่จะถูกนำมาจับคู่เพื่อเตรียมสำหรับกระบวนการครอสโอเวอร์ สตริงคำตอบที่ไม่ได้ถูกนำไปจับคู่ก็จะยังคงสภาพเดิมและอยู่ในเมทติ้งพูลเป็นประชากรในเจนเนอเรชั่นต่อไป จำนวนสตริงคำตอบที่จะถูกนำมาจับคู่ (Nc) ขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (Pc) การจับคู่สตริงคำตอบเพื่อที่จะนำไปครอสโอเวอร์ มีขั้นตอนดังนี้

1. สร้างตัวเลขสุ่ม r ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ให้กับสตริงคำตอบแต่ละตัว
2. สตริงคำตอบตัวใดที่ตัวเลขสุ่มมีค่าน้อยกว่า Pc จะถูกเลือกไปจับคู่และทำการครอสโอเวอร์
3. ถ้าไม่มีสตริงคำตอบตัวใดที่มีค่า r น้อยกว่า Pc ให้เริ่มทำข้อ 1 และ 2 อีกครั้ง
4. ถ้ามีสตริงคำตอบที่มีค่า r น้อยกว่า Pc ทั้งหมดจำนวน Nc ตัว โดยที่ Nc เป็นจำนวนคี่ ต้องทำการปรับให้เป็นจำนวนคู่ก่อน โดยมีเงื่อนไขในการปรับ ดังนี้

- ถ้า *Nc* เป็นจำนวนคี่ซึ่งมีค่าระหว่าง 1 ถึง *popsize* ให้ทำการสุ่มตัวเลข 0 หรือ 1 ขึ้นมา 1 ค่า ถ้าสุ่มได้เลข 1 ให้เพิ่มสตริงคำตอบเข้าไปอีก 1 ตัว โดยสุ่มเลือกจากตัวที่เหลืออยู่ในเมทติ้งพูล แต่ถ้าสุ่มได้เลข 0 ให้ตัดสตริงคำตอบทิ้ง 1 ตัว โดยสุ่มเลือกจากตัวที่ได้เลือกเอาไว้
- ถ้า *Nc* มีค่าเท่ากับ 1 การปรับให้ใช้วิธีเพิ่มสตริงเข้าไปอีก 1 ตัวเท่านั้น
- ถ้า *Nc* มีจำนวนเท่ากับ *popsize* ซึ่งเป็นจำนวนคี่ การปรับให้ใช้วิธีตัดสตริงคำตอบที่เตรียมได้ลง 1 ตัวเท่านั้น

5. เมื่อได้สตริงคำตอบที่จะนำมาจับคู่ทั้งหมด *Nc* ตัว ให้นำมาจับคู่ตามลำดับ ซึ่งจะได้ทั้งหมด $Nc/2$ คู่

6.3.4.2 การครอสโอเวอร์

สตริงคำตอบที่เตรียมไว้ $Nc/2$ คู่จะถูกนำมาผ่านกระบวนการครอสโอเวอร์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่นำสตริงคำตอบที่ถูกจับคู่ไว้มาแลกเปลี่ยนส่วนซึ่งกันและกันเพื่อให้เกิดสตริงใหม่ขึ้น

ในขั้นตอนการครอสโอเวอร์จะกระทำเฉพาะที่สตริงลำดับการเรียงของแผนกให้มีลักษณะการเปลี่ยนไปก่อน แล้วจึงสร้างสตริงขนาดความกว้างของแถบขึ้นมาเพื่อให้เหมาะสมกับสตริงลำดับการเรียงของแผนกที่ผ่านการครอสโอเวอร์ ซึ่งสตริงลำดับการเรียงของแผนกไม่ได้ใช้การเข้ารหัสแบบเลขฐานสอง การครอสโอเวอร์แบบธรรมดา หรือการครอสโอเวอร์แบบตำแหน่งเดียวไม่สามารถนำมาใช้ได้ เนื่องจากการครอสโอเวอร์แบบตำแหน่งเดียวอาจทำให้สตริงมีลักษณะที่ไม่ถูกต้อง กล่าวคืออาจทำให้ยีนบางตำแหน่งเกิดค่าซ้ำกัน ซึ่งทำให้ไม่สามารถคำนวณหาระยะทางของแผนกในผังโรงงานนั้น ๆได้ (Goldberg,1989) ได้เสนอวิธีการครอสโอเวอร์แบบสองจุด เพื่อแก้ปัญหาของการครอสโอเวอร์แบบธรรมดา ที่นำเสนอมี 3 วิธีคือ การครอสโอเวอร์แบบ PMX (Partially Match Crossover) การครอสโอเวอร์แบบ OX (Order Crossover) และการครอสโอเวอร์แบบ CX (Cycle Crossover) นอกเหนือจากวิธีการครอสโอเวอร์ของ Goldberg ทั้ง 3 วิธีแล้วยังมีวิธีการครอสโอเวอร์ที่ดัดแปลงจากวิธีการของ Goldberg อีก 2 วิธีคือ การครอสโอเวอร์แบบ PBX (Position-Based Crossover) และการครอสโอเวอร์แบบ OBX (Order-Based Crossover) รวมวิธีการครอสโอเวอร์ที่ได้นำเสนอในงานวิจัยทั้งหมด 5 วิธี ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้คือ

1. **การครอสโอเวอร์แบบ PMX** วิธีการของ PMX อย่างแรกคือการเลือกคู่สตริงพ่อแม่ขึ้นมาอย่างสุ่ม จากนั้นทำการเลือกตำแหน่งที่จะทำการครอสโอเวอร์อย่างสุ่มที่อยู่ในช่วง [1, l - 1] โดยที่ l คือความยาวของสตริง และยีนตัวแรกคือยีนหมายเลข 1 และยีนตัวสุดท้ายคือยีนหมายเลข l ขอบเขตของการครอสโอเวอร์อยู่ในช่วงเครื่องหมาย " | "

p_1 = [9 8 4 | 5 6 7 | 1 3 2 0]

p_2 = [8 7 1 | 2 3 0 | 9 5 4 6]

ในขั้นตอนต่อไปจะทำการสลับค่าระหว่างสตริงที่อยู่ในช่วง " | " นั่นคือตำแหน่งสุ่มอยู่ในช่วง [4, 6] ของโครโมโซมลูกหลานทั้งสอง โดยที่ค่าที่อยู่นอกเครื่องหมาย " | " และเป็นค่าที่ซ้ำกันกับค่าที่อยู่ในช่วงที่กำหนดให้เป็น x

จะเห็นได้ว่าตำแหน่งที่สองของสตริง p_2 มีค่าเป็น 7 ซึ่งซ้ำกับค่าที่อยู่ในช่วง " | " ของสตริง p_1 ก่อนทำการสลับ จึงเปลี่ยนค่าที่ซ้ำให้เป็น x ก่อนและตำแหน่งอื่นๆที่มีค่าซ้ำกันก็จะเปลี่ยนเป็น # ด้วยเช่นกัน

O_1 = [9 8 4 | 2 3 0 | 1 # # #]

O_2 = [8 x 1 | 5 6 7 | 9 5 4 #]

แล้วทำการแทนค่า (Map) ดังต่อไปนี้ 2 เป็น 5 และ 5 เป็น 2; 3 เป็น 6 และ 6 เป็น 3; 0 เป็น 7 และ 7 เป็น 0 การแทนค่าเหล่านี้ได้มาจากค่าที่อยู่ในช่วง " | " โดยพิจารณาตำแหน่งของสตริงที่ตรงกัน

สตริงที่ได้เมื่อทำการแทนที่แล้วคือ

O_1 = [9 8 4 2 3 0 1 6 5 7]

O_2 = [8 0 1 5 6 7 9 2 4 3]

2. การครอสโอเวอร์แบบ OX เช่นเดียวกับวิธีการของ PMX อย่างแรกคือการเลือกคู่สตริงพ่อแม่ขึ้นมาอย่างสุ่ม จากนั้นทำการเลือกตำแหน่งที่จะทำการครอสโอเวอร์อย่างสุ่ม ขอบเขตของการครอสโอเวอร์อยู่ในช่วงเครื่องหมาย " | "

P_1 = [8 9 4 | 5 6 7 | 1 3 2 0]

P_2 = [8 7 1 | 2 3 0 | 9 5 4 6]

สุ่มตำแหน่งที่จะทำการครอสโอเวอร์ได้อยู่ในช่วง [4, 6] จากนั้นเลือกคู่แม๊ปที่อยู่ในช่วงการครอสโอเวอร์ถ้าค่าที่ตรงกันให้ทำเครื่องหมาย # เครื่องหมาย # หมายความว่าปล่อยตำแหน่งนั้นให้ว่าง สตริงลูกหลานจะเป็น

O_1 = [8 9 4 | 5 6 7 | 1 # # #]

O_2 = [8 # 1 | 2 3 0 | 9 # 4 #]

จากนั้นจะทำการเลื่อนตำแหน่ง โดยยึดถือตำแหน่งหลังช่วง " | " เป็นจุดอ้างอิง (สำหรับสตริง O_1 เป็น 1 และ สำหรับ O_2 เป็น 9) ได้สตริงลูกหลานดังต่อไปนี้

O_1= [5 6 7 | # # # | 1 8 9 4]

O_2= [2 3 0 | # # # | 9 4 8 1]

ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการสลับตำแหน่งที่อยู่ในช่วงของการครอสโอเวอร์ของสตริงทั้งสองที่เหลือ สตริงที่ได้เมื่อทำการครอสโอเวอร์แล้วคือ

O_1= [5 6 7 | 2 3 0 | 1 8 9 4]

O_2= [2 3 0 | 5 6 7 | 9 4 8 1]

3. การครอสโอเวอร์แบบ CX ขั้นตอนแรกเลือกคู่สตริงพ่อแม่ขึ้นมาอย่างสุ่ม พิจารณาดังต่อไปนี้

P_1 = [2 0 3 4 8 5 9 1 7 6]

P_2 = [5 9 2 1 0 6 7 3 8 4]

พิจารณาที่ตำแหน่งแรกของสตริง P_1 และ P_2 คงเดิมไว้

O_1= [2 - - - - - - - - -]

O_2 = [5 - - - - - - - - -]

ค่าตำแหน่งแรกของสตริง O_2เป็น 5 นำมาพิจารณาค่าที่เป็น 5 (ตำแหน่งที่ 6) ของสตริง O_1จะคงเดิมไว้ ส่วนค่าที่เป็น 6 (ตำแหน่งที่ 6) ของสตริง O_2จะคงเดิมไว้เช่นกัน จะได้เป็น

O_1= [2 - - - - 5 - - - -]

O_2 = [5 - - - - 6 - - - -]

จากค่าที่เป็น 6 ของสตริง O_2 นำไปพิจารณาต่อในสตริง O_1ซึ่งจะคงเดิมไว้ ได้สตริงเป็น

O_1 = [2 - - - - 5 - - - 6]

O_2 = [5 - - - - 6 - - - 4]

ด้วยกระบวนการเดิมจะได้สตริงเป็น

O_1= [2 - - 4 - 5 - - - 6]

O_2 = [5 - - 1 - 6 - - - 4]

↓

O_1= [2 - - 4 - 5 - 1 - 6]

O_2 = [5 - - 1 - 6 - 3 - 4]

↓

O_1= [2 - 3 4 - 5 - 1 - 6]

O_2 = [5 - 2 1 - 6 - 3 - 4]

กระบวนการในการเลือกตัวที่จะคงเดิมไว้จะสิ้นสุดต่อเมื่อ ค่าในตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งของ O_2 มีค่าตรงกับค่าในตำแหน่งแรกของ สตริง O_1 จากนั้นจะทำการสลับค่าที่ยังคงเหลืออยู่ทั้งสองสตริงแบบ ตำแหน่งต่อตำแหน่ง ได้สตริงลูกหลานเป็น

O_1 = [2 9 3 4 0 5 7 1 8 6]

O_2 = [5 0 2 1 8 6 9 3 7 4]

4. การครอสโอเวอร์แบบ PBX พัฒนาโดย Syswerda โดยดัดแปลงมาจากวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX โดยเริ่มจากการเลือกสตริงพ่อแม่

P_1 = [2 0 3 4 8 5 9 1 7 6]

P_2 = [5 9 2 1 0 6 7 3 8 4]

เลือกตำแหน่งจากสตริงพ่อแม่ P_1 อย่างสุ่ม แล้วนำค่าในตำแหน่งที่เลือกของสตริงพ่อแม่ P_1 ไปใส่ในตำแหน่งเดียวกันของสตริงลูก O_1 ในที่นี้เลือกตำแหน่งที่ 4 และ 7

P_1 = [2 0 3 4 8 5 9 1 7 6]

P_2 = [5 9 2 1 0 6 7 3 8 4]

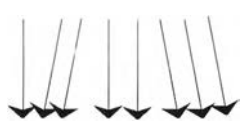
O_1 = [# # # 4 # # 9 # # # #]

ตัดค่าที่อยู่ในตำแหน่งที่เลือกของสตริงพ่อแม่ P_1 ออกจากสตริงพ่อแม่ P_2 ดังนั้นค่าที่ตัดออกคือ 4และ9

P_2 = [5 # 2 1 0 6 7 3 8 #]

นำค่าที่เหลืออยู่ในสตริงพ่อแม่ P_2 มาใส่ในสตริงลูก O_1 ตามลำดับ

P_2 = [5 # 2 1 0 6 7 3 8 #]



O_1 = [5 2 1 4 0 6 9 7 3 8]

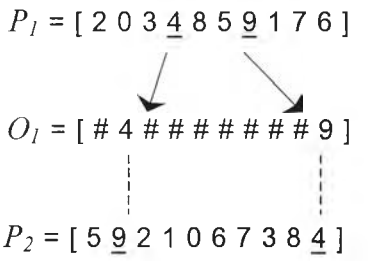
5. การครอสโอเวอร์แบบ OBX พัฒนาโดย Syswerda เช่นกัน มีความใกล้เคียงกับ PBX แต่แตกต่างกันเล็กน้อย โดยมีวิธีการดังนี้

เลือกตำแหน่งอย่างสุ่มจากสตริงพ่อแม่ P_1 ในที่นี้เลือกตำแหน่งที่ 4 และ 7

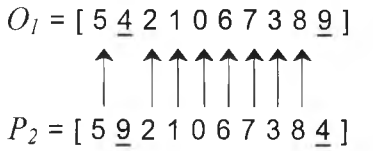
P_1 = [2 0 3 4 8 5 9 1 7 6]

P_2 = [5 9 2 1 0 6 7 3 8 4]

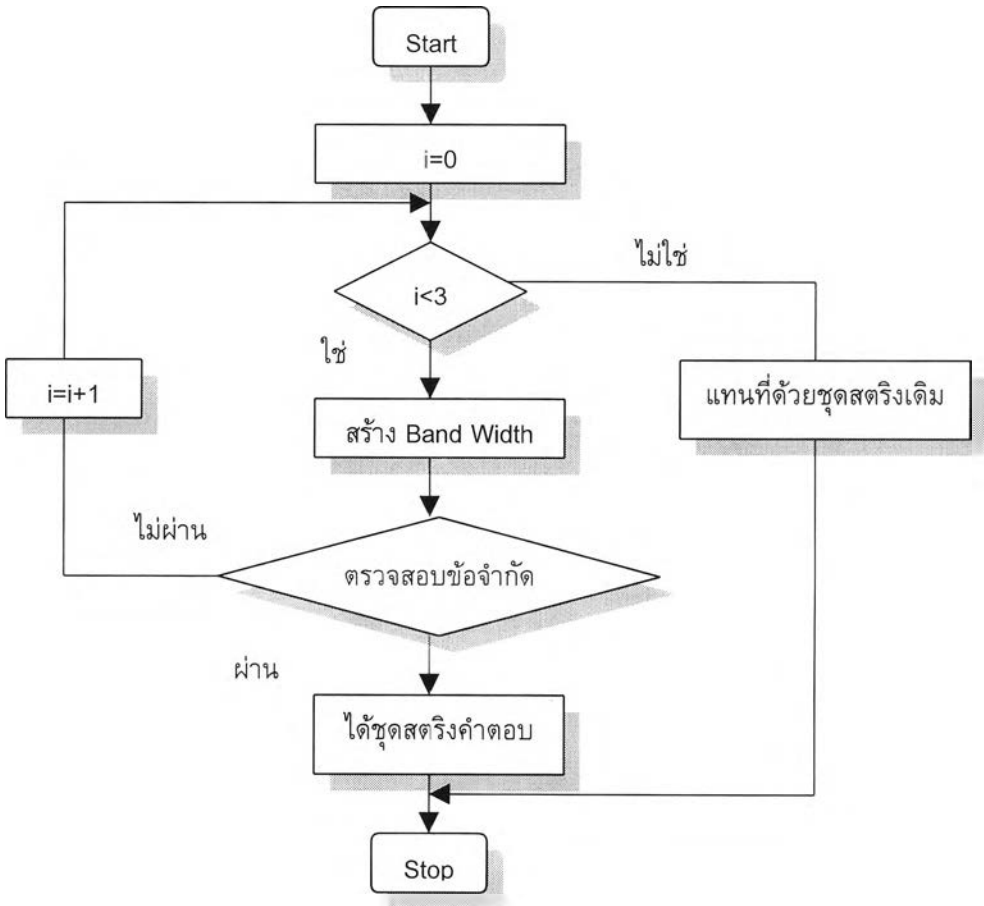
นำค่าจากสตริงพ่อแม่ P_1 ไปใส่สตริงลูก O_1 ที่ตำแหน่งเดียวกันกับตำแหน่งของสตริงพ่อแม่ P_2 ที่มีค่าตรงกับค่าที่ถูกเลือกในสตริงพ่อแม่ P_1 โดยเรียงตามลำดับก่อนหลัง



นำค่าในตำแหน่งที่เหลือของสตริงพ่อแม่ P_2 ไปใส่ในตำแหน่งที่ว่างอยู่ของสตริงลูก ตามลำดับ



เมื่อทำการครอสโอเวอร์กับสตริงลำดับการเรียงของแผนกแล้ว จะทำการสร้างสตริงขนาดความกว้างของแถบที่เหมาะสม ซึ่งหลังจากการสร้างสตริงขนาดความกว้างของแถบ อาจพบว่าสตริงทั้งสองไม่สอดคล้องกับข้อจำกัดต่างๆของปัญหา ก็จะทำการสร้างสตริงขนาดความกว้างของแถบขึ้นมาใหม่และตรวจสอบข้อจำกัดต่างๆอีก 2 ครั้ง ถ้าพบว่ายังไม่สามารถหาสตริงขนาดความกว้างของแถบที่เหมาะสมได้ นำสตริงคำตอบชุดเดิมก่อนทำการครอสโอเวอร์มาแทนที่สามารถแสดงวิธีการดังกล่าวได้ดังรูปที่ 6.2



รูปที่ 6.2 *แผนผังแสดงวิธีและจำนวนครั้งในการสร้างสตริง Band Width*
หมายเหตุ *i คือจำนวนครั้งของการสร้างสตริง Band Width*

จากนั้นจะทำการคืนชุดสตริงคำตอบเข้าสู่เมทติ้งพูลเพื่อไปรวมกับชุดสตริงคำตอบที่ไม่ได้ถูกเลือกมาครอสโอเวอร์ จากนั้นก็จะเข้าสู่กระบวนการของ GAs ลำดับถัดไป

6.3.5 การมิวเตชั่น (Mutation)

6.3.5.1 การเลือกสตริง

การพิจารณาว่าสตริงตัวใดจะถูกนำมาทำการมิวเตชั่น ขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (Pm) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. สร้างตัวเลขสุ่ม r ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ให้กับสตริงคำตอบแต่ละตัว

2. สตริงคำตอบตัวใดที่ตัวเลขสุ่มมีค่าน้อยกว่า Pm จะถูกเลือกไปทำการมิวเตชั่น

6.3.5.2 การมิวเตชั่น

กระบวนการมิวเตชั่น เป็นการเปลี่ยนค่าในบางตำแหน่งของสตริงเพื่อให้เกิดคำตอบใหม่ โดยเลือกสตริงที่จะทำการมิวเตชั่นอย่างสุ่มและนำมาผ่านการมิวเตชั่น ซึ่งการมิวเตชั่นจะเลือกทำเฉพาะที่สตริงลำดับการเรียงของแผนกให้มีลักษณะเปลี่ยนไปก่อน แล้วจึงสร้างสตริงขนาดความกว้างของแถบขึ้นมาเพื่อให้เหมาะสมกับสตริงลำดับการเรียงของแผนกที่ผ่านการมิวเตชั่น

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการมิวเตชั่นทั้งหมด 3 แบบ คือ

1. การมิวเตชั่นแบบรีซิโพรคอลเอ็กเชน (Reciprocal Exchange Mutation) เริ่มจากเลือก 2 ตำแหน่งในสตริงอย่างสุ่ม แล้วทำการสลับที่กันระหว่างค่าในตำแหน่งดังกล่าว ในตัวอย่างได้เลือกตำแหน่งที่ 4 และ 6

m = [1 2 3 4 5 6 7 8 9]

m = [1 2 3 6 5 4 7 8 9]

2. การมิวเตชั่นแบบอินเสอร์ทชั่น (Insertion Mutation) โดยทำการเลือกตำแหน่ง 1 ตำแหน่งหรือเป็นช่วงจากสตริงที่จะมิวเตชั่น ในตัวอย่างได้เลือกเป็นช่วงคือระหว่างตำแหน่งที่ 4 และ 6

m = [1 2 3 4 5 6 7 8 9]

แบ่งสตริงออกเป็น 2 ส่วน

m_1 = [1 2 3 5 7 8 9]

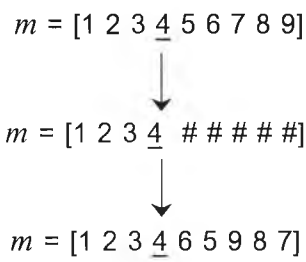
m_2 = [4 5 6]

สุ่มตำแหน่งที่จะแทรก m_2ใน m_1ในที่นี้สุ่มได้ตำแหน่งที่ 6ของ m_1

m_1 = [1 2 3 5 7 8 9]

m_1 = [1 2 3 5 7 8 4 5 6 9]

3. การมิวเตชั่นแบบแรนดอมซีเควนซ์ (Random Seqeunce Mutation) เริ่มจากการสุ่มในตำแหน่งของสตริง m ทำการตัดสตริงที่อยู่หลังตำแหน่งที่สุ่มได้ทิ้ง แล้วสร้างสตริงที่เหลือโดยวิธีการสุ่ม ในตัวอย่างตำแหน่งที่สุ่มได้คือ 4



เช่นเดียวกับการครอสโอเวอร์ หลังจากสตริงลำดับการเรียงของแผนกผ่านการมิวเตชั่นแล้ว จะทำการสร้างสตริงขนาดความกว้างของแถบที่เหมาะสม ซึ่งหลังจากการสร้างสตริงขนาดความกว้างของแถบ อาจพบว่าสตริงทั้งสองไม่สอดคล้องกับข้อจำกัดต่างๆของปัญหา ก็จะทำการสร้างสตริงขนาดความกว้างของแถบขึ้นมาใหม่ และตรวจสอบข้อจำกัดต่างๆอีก 2 ครั้ง ถ้าพบว่ายังไม่สามารถหาสตริงขนาดความกว้างของแถบที่เหมาะสมได้ นำสตริงคำตอบชุดเดิมก่อนทำการมิวเตชั่นมาแทนที่สามารถแสดงวิธีการดังกล่าวได้ดังรูปที่ 6.2 จากนั้นจะทำการคืนชุดสตริงคำตอบเข้าสู่เมทติ้งพูลเพื่อไปรวมกับชุดสตริงคำตอบที่ไม่ได้ถูกเลือกมามิวเตชั่น จากนั้นก็จะเข้าสู่กระบวนการของ GAs ลำดับถัดไป

หลังจากที่ผ่านกระบวนการคัดเลือก ครอสโอเวอร์ และมิวเตชั่นแล้ว ประชากรรุ่นใหม่ก็พร้อมที่จะนำไปสู่กระบวนการคัดเลือกต่อไป กระบวนการคัดเลือกของรุ่นประชากรรุ่นใหม่ใช้กระบวนการของวงล้อรูเล็ทที่มีขนาดของช่องเป็นสัดส่วนกับค่าความเหมาะสม กระบวนการทั้งหมดจะเกิดขึ้นซ้ำๆกันซึ่งเป็นไปตามกระบวนการของ GAs

6.3.6 การอิลิทิส (Elitist)

การอิลิทิส คือ การเก็บสตริงที่ดีไว้เสมอ กล่าวคือเมื่อระหว่างกระบวนการรีโปรดักชั่น ครอสโอเวอร์ มิวเตชั่น อาจจะทำให้สตริงที่ดีถูกทำลายไปได้ ดังนั้นเมื่อเสร็จสิ้นแต่ละขั้นตอนของ GAs ให้ทำการเปรียบเทียบระหว่างสตริงที่ดีที่สุดของระหว่างประชากรก่อนและหลังผ่านขั้นตอนดังกล่าว เพื่อหาว่าสตริงใดมีคุณสมบัติดีกว่ากัน หากว่าสตริงที่ดีที่สุดของประชากรก่อนการเข้าสู่กระบวนการของ GAs นั้นมีคุณสมบัติที่ดีกว่าให้ทำการนำสตริงนั้นมาแทนที่สตริงที่มีคุณสมบัติแย่ที่สุดของประชากรหลังผ่านกระบวนการ GAs แล้ว

6.4 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ GAs กับการออกแบบผังโรงงานที่แผนกมีขนาดพื้นที่ไม่เท่ากันด้วยการกำหนดรูปร่างลักษณะแผนกที่แน่นอน

ในส่วนนี้แสดงรายละเอียดของขั้นตอนต่างๆของ GAs ที่นำไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบผังโรงงานที่แผนกมีขนาดพื้นที่ไม่เท่ากัน ด้วยการกำหนดรูปร่างลักษณะแผนกที่แน่นอน ซึ่งเป็นปัญหาตัวอย่างการวางผังโรงงานจำนวน 6 แผนก

6.4.1 การเตรียมข้อมูล (Data Input)

1. ข้อมูลเกี่ยวกับขนาดของผังโรงงาน แสดงได้ดังตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.4 *ข้อมูลขนาดผังโรงงานของปัญหาตัวอย่างจำนวน 6 แผนก*

จำนวนแผนก	พื้นที่ทั้งหมด (ตารางหน่วย)	กว้าง (หน่วย)	ยาว (หน่วย)
6	24	4	6

2. ข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่ที่ต้องการของแต่ละแผนก ความกว้างและความยาวของพื้นที่ที่เล็กที่สุดของแต่ละแผนก และอัตราส่วนด้านยาวต่อด้านกว้างของแต่ละแผนก แสดงได้ดังตารางที่ 6.5

ตารางที่ 6.5 *ข้อมูลความต้องการพื้นที่ของแต่ละแผนกและรายละเอียดต่างๆ ของปัญหาตัวอย่างจำนวน 6 แผนก*

แผนกที่	พื้นที่ทั้งหมด	พื้นที่สำหรับวางเครื่องจักร(กว้าง*ยาว)	อัตราส่วนด้านยาวต่อด้านกว้าง
1	3	1*3	5
2	9	2*3	5
3	3	1*3	5
4	1	1*1	5
5	2	1*2	5
6	6	2*3	5

หมายเหตุ

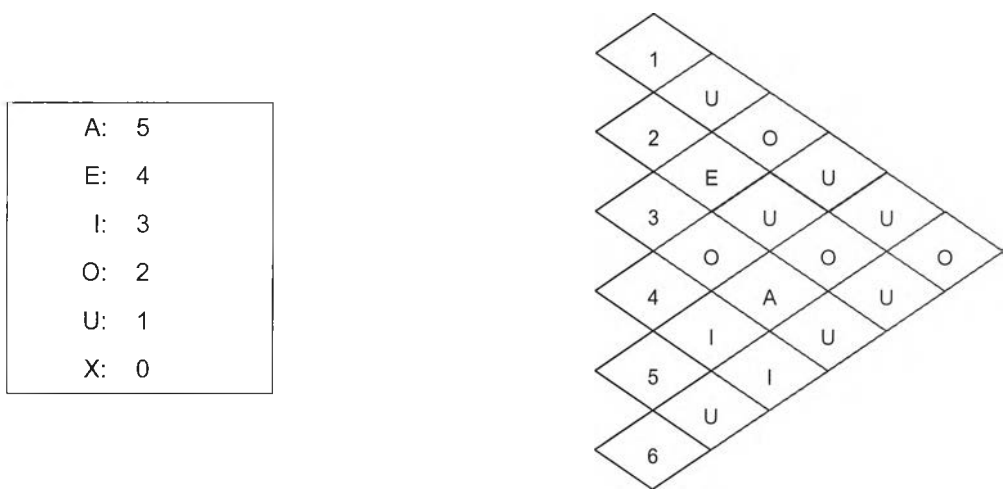
- พื้นที่สำหรับวางเครื่องจักร คือพื้นที่ที่อยู่ภายในแผนก ไว้สำหรับวางเครื่องจักรที่จำเป็นในแผนกนั้นๆ
- อัตราส่วนด้านยาวต่อด้านกว้างของแผนก กำหนดไว้เพื่อป้องกันการสร้างผังโรงงานที่มีรูปร่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ยาวและแคบ จนไม่เหมาะสมกับการใช้งานจริง

3. ข้อมูลที่เป็นแผนภูมิการไหลระหว่างแผนกดังตารางที่ 6.6 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างแผนกต่างๆดังรูปที่ 6.3 ค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายวัสดุ

ประเภทของการวัดระยะทาง น้ำหนักที่ให้ความสำคัญกับค่าใช้จ่ายของผังโรงงานและน้ำหนักที่ให้ความสำคัญกับความสัมพันธ์ระหว่างแผนก

ตารางที่ 6.6 *แผนภูมิการไหลระหว่างแผนก (เที่ยว) ของปัญหาตัวอย่างจำนวน 6 แผนก*

จาก-ไป	1	2	3	4	5	6
1	0	63	605	551	116	136
2	63	0	635	941	50	191
3	104	71	0	569	136	55
4	65	193	622	0	77	90
5	162	174	607	591	0	179
6	156	13	667	611	175	0



รูปที่ 6.3 *แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างแผนกของปัญหาตัวอย่างจำนวน 6 แผนก*

ค่าใช้จ่ายของการขนถ่ายเท่ากับ 1 หน่วย/เที่ยว และคิดระยะทางระหว่างจุดเซ็นทรอยด์ของแต่ละแผนกแบบเรคติลิเนียร์ (ระยะทางรวมเท่ากับผลรวมของระยะทางตามแกน X และระยะทางตามแกน Y) และค่า $W1$=0.25 $W2$=0.75

4. ข้อมูลของแผนกที่ผู้ออกแบบกำหนด ในปัญหาตัวอย่างนี้เลือกกำหนดแผนก 6 ให้มีรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก และมีความยาวตามแนวนอนเท่ากับ 2 หน่วย

5. พารามิเตอร์ของ GAs ที่เลือกในการยกตัวอย่าง คือ
   จำนวนประชากรเบื้องต้น 6 ตัว
   วิธีการรีโปรดักชั่นแบบ วงล้อรูลเล็ท

วิธีการครอสโอเวอร์แบบ	PMX
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	0.7
วิธีการมิวเตชั่นแบบ	Reciprocal Exchange
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	0.1

6.4.2 การสร้างสตริงคำตอบเบื้องต้น

การสร้างสตริงคำตอบเบื้องต้นเริ่มจากนำข้อมูลของจำนวนแผนก และชื่อของแผนก ซึ่งในที่นี้แทนด้วยตัวเลข เอามาใช้สร้างสตริงลำดับการเรียงของแผนก จากนั้นข้อมูลขนาดผังโรงงาน จำนวนแผนก ข้อมูลของพื้นที่ที่ต้องการของแต่ละแผนกและรายละเอียดต่างๆในตารางที่ 6.5 แผนกที่ผู้ออกแบบกำหนดและความยาวตามแนวนอน จะนำมาใช้เพื่อสร้างสตริงขนาดความกว้างของแถบ เมื่อได้สตริงคำตอบ 2 ส่วนที่คู่กันแล้วจะทำการตรวจสอบข้อจำกัดต่างๆของแผนกและผังโรงงาน ซึ่งถ้าผ่านข้อจำกัดทุกข้อก็จะได้สตริงคำตอบ 1 ชุด และสร้างชุดสตริงคำตอบจนครบตามจำนวนประชากรเบื้องต้น ในที่นี้คือ 6 ตัว ซึ่งประชากรเบื้องต้น 6 ตัวประกอบด้วยชุดสตริงคำตอบ 6 ชุดแสดงได้ดังตารางที่ 6.7

ตารางที่ 6.7 *ประชากรเบื้องต้นของปัญหาตัวอย่างจำนวน 6 แผนก*

String No.	Order	Band
1	[1 3 6 4 2 5]	[1 2 1 1 1]
2	[3 1 6 4 2 5]	[1 2 1 2]
3	[1 2 6 5 4 3]	[3 2 1]
4	[3 2 5 4 1 6]	[3 1 2]
5	[1 2 3 4 5 6]	[3 1 2]
6	[5 6 4 2 1 3]	[2 1 3]

6.4.3 การประเมินค่า

ในขั้นตอนนี้จะนำข้อมูลแผนภูมิการไหลระหว่างแผนก แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างแผนกต่างๆ ค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายวัสดุ ประเภทของการวัดระยะทาง น้ำหนักที่ให้ความสำคัญกับค่าใช้จ่ายของผังโรงงาน และน้ำหนักที่ให้ความสำคัญความสัมพันธ์ระหว่างแผนก มาใช้ในการคำนวณหาค่าใช้จ่ายของผังโรงงาน และค่า TCR ที่พิจารณาถึงระยะทางระหว่างแผนก และทำการคำนวณค่า Cost-fitness TCR-fitness และ Total Fitness ของสตริงคำตอบแต่ละชุด ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 6.8

ตารางที่ 6.8 *ผลการประเมินค่าสตริงคำตอบเบื้องต้นของปัญหาตัวอย่างจำนวน 6 แผนก*

String No.	Cost	Cost-fitness	TCR	TCR-fitness	Total Fitness
1	31861.11	0.1632	224.22	0.1637	0.1636
2	30558.00	0.1647	222.00	0.1641	0.1643
3	30354.00	0.1649	206.00	0.1667	0.1663
4	26130.00	0.1698	178.00	0.1712	0.1709
5	25022.00	0.1711	186.00	0.1699	0.1702
6	29197.00	0.1663	220.67	0.1643	0.1648
Total	173122.11	1.0000	1236.89	1.0000	1.0000

6.4.4 การคัดเลือกสตริงคำตอบ

ค่า Total Fitness จากตารางที่ 6.8 คือค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกหรือขนาดของช่องในวงล้อรูลเล็ท จะนำมาคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสม ดังตารางที่ 6.9 เพื่อใช้ในการคัดเลือกสตริงตามวิธีการของวงล้อรูลเล็ท โดยสมมติค่าสุ่มจำนวน 6 ค่าที่อยู่ในช่วง [0...1] และผลการคัดเลือกจะได้สตริงคำตอบทั้ง 6 ตัว คือสตริงหมายเลข 1 2 4 4 5 และ 1 แสดงได้ดังตารางที่ 6.10

ตารางที่ 6.9 *การสร้างวงล้อรูลเล็ทของปัญหาตัวอย่างจำนวน 6 แผนก*

String No.	Total Fitness or p_i	q_i
1	0.1636	0.1636
2	0.1643	0.3279
3	0.1663	0.4941
4	0.1709	0.6650
5	0.1702	0.8352
6	0.1648	1.0000

ตารางที่ 6.10 *ผลการสุ่มเลือกสตริงคำตอบโดยวิธีการของวงล้อรูลเล็ท*

ครั้งที่	ค่าสุ่ม	สตริงที่ผ่านการรีโปรดักชั่น
1	0.1559	Str1 Total fitness: 0.1636
2	0.2981	Str2 Total fitness: 0.1643
3	0.6130	Str4 Total fitness: 0.1709
4	0.5886	Str4 Total fitness: 0.1709
5	0.7329	Str5 Total fitness: 0.1702
6	0.1621	Str1 Total fitness: 0.1636

หลังจากผ่านกระบวนการคัดเลือกสตริงคำตอบ จะทำการประเมินค่าของชุดสตริงคำตอบทั้งหมดซึ่งได้ผลดังตารางที่ 6.11

ตารางที่ 6.11 *ผลการประเมินค่าสตริงคำตอบที่ได้ภายหลังการรีโปรดักชั่น*

String No.	Order	Band	Cost	TCR	Total Fitness
1	[1 3 6 4 2 5]	[1 2 1 1 1]	31861.11	224.22	0.1630
2	[3 1 6 4 2 5]	[1 2 1 2]	30558.00	222.00	0.1636
3	[3 2 5 4 1 6]	[3 1 2]	26130.00	178.00	0.1704
4	[3 2 5 4 1 6]	[3 1 2]	26130.00	178.00	0.1704
5	[1 2 3 4 5 6]	[3 1 2]	25022.00	186.00	0.1697
6	[1 3 6 4 2 5]	[1 2 1 1 1]	31861.11	224.22	0.1630

6.4.5 การอิลิทิส

ทำการเปรียบเทียบชุดสตริงคำตอบที่มีคุณสมบัติดีที่สุดจากประชากรเบื้องต้นกับชุดสตริงคำตอบที่มีคุณสมบัติดีที่สุดจากประชากรที่ได้ภายหลังการรีโปรดักชั่น พบว่าชุดสตริงทั้งสองมีคุณสมบัติดีเท่ากัน จึงไม่ทำการแทนที่ชุดสตริงที่แย่ที่สุดของประชากรหลังผ่านกระบวนการรีโปรดักชั่นด้วยชุดสตริงที่มีคุณสมบัติดีที่สุดจากประชากรเบื้องต้น ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 6.12

ตารางที่ 6.12 *ชุดสตริงคำตอบที่ได้จากการอิลิทิสภายหลังการรีโปรดักชั่น*

String No.	Order	Band	Cost	TCR	Total Fitness
1	[1 3 6 4 2 5]	[1 2 1 1 1]	31861.11	224.22	0.1630
2	[3 1 6 4 2 5]	[1 2 1 2]	30558.00	222.00	0.1636
3	[3 2 5 4 1 6]	[3 1 2]	26130.00	178.00	0.1704
4	[3 2 5 4 1 6]	[3 1 2]	26130.00	178.00	0.1704
5	[1 2 3 4 5 6]	[3 1 2]	25022.00	186.00	0.1697
6	[1 3 6 4 2 5]	[1 2 1 1 1]	31861.11	224.22	0.1630

6.4.6 การครอสโอเวอร์

กระบวนการต่อไปเป็นการครอสโอเวอร์แบบ PMX ซึ่งจะทำการสุ่มเลือกสตริงคำตอบเพื่อทำการครอสโอเวอร์ โดยพิจารณาจากสตริงคำตอบที่มีค่าสุ่ม r น้อยกว่าค่า Pc ซึ่งในที่นี้กำหนดให้ Pc = 0.7 จึงอาจคาดได้ว่าประมาณ 70% ของประชากรที่มีการครอสโอเวอร์ (โดยเฉลี่ย) นั่นคือ 0.7*6=4.2 การสุ่มเลือกสตริงคำตอบเพื่อทำการครอสโอเวอร์ แสดงได้ดังตารางที่ 6.13

ตารางที่ 6.13 *การเลือกสตริงเพื่อทำการครอสโอเวอร์*

String No.	Order	r_i	r_i <0.7 (Pc)
1	[1 3 6 4 2 5]	0.8059	-
2	[3 1 6 4 2 5]	0.5807	Selected
3	[3 2 5 4 1 6]	0.6055	Selected
4	[3 2 5 4 1 6]	0.4877	Selected
5	[1 2 3 4 5 6]	0.9354	-
6	[1 3 6 4 2 5]	0.7023	-

เนื่องจากสตริงที่ถูกสุ่มเลือกไปครอสโอเวอร์มีเพียง 3 ตัว คือสตริงหมายเลข 2 3 4 ซึ่งไม่สามารถจับคู่ได้ จึงต้องทำการลดหรือเพิ่มสตริงคำตอบโดยสุ่มเลข 0 หรือ 1 ในที่นี้ให้สุ่มได้เลข 1 ซึ่งหมายความว่าจะต้องเพิ่มสตริงคำตอบเข้าไปอีกหนึ่งตัว โดยเลือกจากสตริงคำตอบที่เหลือ สมมติเลือกได้สตริงหมายเลข 6 ดังนั้นจะได้สตริงคำตอบที่จะนำไปครอสโอเวอร์ คือสตริงหมายเลข 2 3 4 6 ซึ่งสามารถจับคู่ได้เป็น 2-3 และ 4-6

นำสตริงลำดับการเรียงของแผนกของคู่แรกไปครอสโอเวอร์ โดยสุ่มเลือกตำแหน่งการครอสโอเวอร์ได้ที่ตำแหน่ง 3 และ 5

$$P_1 = [\,3\ 1\ 6\ 4\ 2\ 5\,]$$

$$P_2 = [\,3\ 2\ 5\ 4\ 1\ 6\,]$$

ทำการสลับสตริงที่อยู่ในตำแหน่งที่ 3 ถึง 5 (หรือที่อยู่ระหว่างเครื่องหมาย |) และทำการแทนค่า (Map) ดังนี้คือ 5 เป็น 6 และ 6 เป็น 5 ; 1 เป็น 2 และ 2 เป็น 1 จะได้สตริงรุ่นลูกเป็น

$$O_1 = [\,3\ 2\ 5\ 4\ 1\ 6\,]$$

$$O_2 = [\,3\ 1\ 6\ 4\ 2\ 5\,]$$

หลังจากได้สตริงลำดับการเรียงของแผนกที่ผ่านการครอสโอเวอร์แล้ว จึงทำการสร้างสตริงขนาดความกว้างของแถบที่เหมาะสม

ตารางที่ 6.14 *สตริงคู่ที่ 1 หลังผ่านการครอสโอเวอร์*

String	Order	Band	Cost	TCR
O_1	[3 2 5 4 1 6]	[3 1 2]	26130.00	178.00
O_2	[3 1 6 4 2 5]	[1 2 1 1 1]	31721.67	239.56

จากตารางที่ 6.14 หลังการครอสโอเวอร์ สตริงลูกหลานทั้งสองมีสตริงลำดับการเรียงของแผนกเหมือนเดิม แต่ O_2 มีสตริงขนาดความกว้างของแถบเปลี่ยนไป จึงทำให้ค่า Cost และค่า TCR เปลี่ยนไป

นำสตริงลำดับการเรียงของแผนกของคู่ที่สองไปครอสโอเวอร์ โดยสุ่มเลือกตำแหน่งการครอสโอเวอร์ได้ที่ตำแหน่ง 2 และ 4

$$P_1 = [\ 3\ 2\ 5\ 4\ 1\ 6\ ]$$

$$P_2 = [\ 1\ 3\ 6\ 4\ 2\ 5\ ]$$

ทำการสลับสตริงที่อยู่ในตำแหน่งที่ 2 และ 4 (หรือที่อยู่ระหว่างเครื่องหมาย |) และทำการแทนค่า (Map) ดังนี้คือ 3 เป็น 2 และ 2 เป็น 3 ; 6 เป็น 5 และ 5 เป็น 6

$$O_1 = [\ 2\ 3\ 6\ 4\ 1\ 5\ ]$$

$$O_2 = [\ 1\ 2\ 5\ 4\ 3\ 6\ ]$$

หลังจากได้สตริงลำดับการเรียงของแผนกที่ผ่านการครอสโอเวอร์แล้ว จึงทำการสร้างสตริงขนาดความกว้างของแถบที่เหมาะสม

ตารางที่ 6.15 *สตริงคู่ที่ 2 หลังผ่านการครอสโอเวอร์*

String	Order	Band	Cost	TCR
O_1	[2 3 6 4 1 5]	ไม่สามารถหาได้	ไม่สามารถหาได้	ไม่สามารถหาได้
O_2	[1 2 5 4 3 6]	[3 1 2]	25540.00	192.00

จากตารางที่ 6.15 หลังการครอสโอเวอร์ O_1 ของสตริงพ่อแม่คู่ที่ 2 ไม่สามารถหาสตริงขนาดความกว้างของแถบที่เหมาะสมได้ จึงตัด O_1 ทิ้ง และนำสตริงพ่อแม่ก่อนทำการครอสโอเวอร์มาแทนที่ ในที่นี้นำสตริง P_1 มาแทนสตริง O_1

เมื่อทำการครอสโอเวอร์ครบทุกคู่แล้ว จึงนำสตริงรุ่นลูกทั้ง 2 คู่ไปรวมกับสตริงตัวที่ไม่ได้ถูกนำไปครอสโอเวอร์ จากนั้นทำการประเมินค่าของชุดสตริงคำตอบทั้งหมด ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 6.16

ตารางที่ 6.16 *ผลการประเมินค่าสตริงคำตอบที่ได้ภายหลังการครอสโอเวอร์*

String No.	Order	Band	Cost	TCR	Total Fitness
1	[1 3 6 4 2 5]	[1 2 1 1 1]	31861.11	224.22	0.1623
2	[3 2 5 4 1 6]	[3 1 2]	26130.00	178.00	0.1699
3	[3 1 6 4 2 5]	[1 2 1 1 1]	31721.67	239.56	0.1605
4	[3 2 5 4 1 6]	[3 1 2]	26130.00	178.00	0.1699
5	[1 2 3 4 5 6]	[3 1 2]	25022.00	186.00	0.1692
6	[1 2 5 4 3 6]	[3 1 2]	25540.00	192.00	0.1683

6.4.7 การอิลิทิส

ทำการเปรียบเทียบชุดสตริงคำตอบที่มีคุณสมบัติดีที่สุดจากประชากรที่ผ่านกระบวนการรีโปรดักชั่นกับชุดสตริงคำตอบที่มีคุณสมบัติดีที่สุดจากประชากรที่ได้ภายหลังการครอสโอเวอร์ พบว่าชุดสตริงทั้งสองมีคุณสมบัติดีเท่ากัน จึงไม่ทำการแทนที่ชุดสตริงที่แย่ที่สุดของประชากรที่ได้ภายหลังการครอสโอเวอร์ด้วยชุดสตริงที่มีคุณสมบัติดีที่สุดจากประชากรที่ผ่านการรีโปรดักชั่น ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 6.17

ตารางที่ 6.17 *ชุดสตริงคำตอบที่ได้จากการอิลิทิสภายหลังการครอสโอเวอร์*

String No.	Order	Band	Cost	TCR	Total Fitness
1	[1 3 6 4 2 5]	[1 2 1 1 1]	31861.11	224.22	0.1623
2	[3 2 5 4 1 6]	[3 1 2]	26130.00	178.00	0.1699
3	[3 1 6 4 2 5]	[1 2 1 1 1]	31721.67	239.56	0.1605
4	[3 2 5 4 1 6]	[3 1 2]	26130.00	178.00	0.1699
5	[1 2 3 4 5 6]	[3 1 2]	25022.00	186.00	0.1692
6	[1 2 5 4 3 6]	[3 1 2]	25540.00	192.00	0.1683

6.4.8 การมิวเตชั่น

กระบวนการต่อไปเป็นการมิวเตชั่นแบบรีซิโพรคอล เอ็กเชน กำหนดความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น Pm = 0.1 อาจคาดได้ว่า 10% ของประชากรที่มีการมิวเตชั่น (โดยเฉลี่ย) นั่นคือ 0.1*6 = 0.6 โดยสตริงที่จะถูกเลือกขึ้นมาทำการมิวเตชั่น พิจารณาจากสตริงคำตอบที่มีค่าสุ่ม r น้อยกว่า Pm การสุ่มเลือกสตริงคำตอบเพื่อทำการมิวเตชั่น แสดงได้ดังตารางที่ 6.18

ตารางที่ 6.18 *การเลือกสตริงเพื่อทำการมิวเตชั่น*

String No.	Order	r_i	r_i <0.1 (Pm)
1	[1 3 6 4 2 5]	0.9798	-
2	[3 2 5 4 1 6]	0.4193	-
3	[3 1 6 4 2 5]	0.8291	-
4	[3 2 5 4 1 6]	0.0902	Selected
5	[1 2 3 4 5 6]	0.2713	-
6	[1 2 5 4 3 6]	0.1318	-

สตริงที่จะทำการมิวเตชั่นคือ สตริงหมายเลข 4 ซึ่งจะทำการมิวเตชั่นที่สตริงลำดับการเรียงของแผนก

String 5 = [3 2 5 4 1 6]

เลือกตำแหน่งที่จะทำการสลับที่ 2 ตำแหน่งคือ 1 และ 5

String 5 = [3 2 5 4 1 6]

String 5 = [1 2 5 4 3 6]

จากนั้นสร้างสตริงขนาดความกว้างของแถบ ที่เหมาะสมกับสตริงลำดับการเรียงของแผนกหมายเลข 4 ดังตารางที่ 6.19

ตารางที่ 6.19 *สตริงที่ได้จากการมิวเตชั่น*

String No.	Order	Band	Cost	TCR
5	[1 2 5 4 3 6]	[1 2 1 2]	26015.61	192.00

นำสตริงหมายเลข 4 ที่ได้จากการมิวเตชั่น รวมเข้ากับสตริงที่ไม่ได้ทำการมิวเตชั่น จากนั้นทำการประเมินค่าของชุดสตริงคำตอบทั้งหมด ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 6.20

ตารางที่ 6.20 *ผลการประเมินค่าสตริงคำตอบที่ได้ภายหลังการมิวเตชั่น*

String No.	Order	Band	Cost	TCR	Total Fitness
1	[1 3 6 4 2 5]	[1 2 1 1 1]	31861.11	224.22	0.1627
2	[3 2 5 4 1 6]	[3 1 2]	26130.00	178.00	0.1701
3	[3 1 6 4 2 5]	[1 2 1 1 1]	31721.67	239.56	0.1608
4	[1 2 5 4 3 6]	[1 2 1 2]	26015.61	192.00	0.1684
5	[1 2 3 4 5 6]	[3 1 2]	25022.00	186.00	0.1695
6	[1 2 5 4 3 6]	[3 1 2]	25540.00	192.00	0.1686

6.4.9 การอิลิทิส

ทำการเปรียบเทียบชุดสตริงคำตอบที่มีคุณสมบัติดีที่สุดจากประชากรที่ผ่านการครอสโอเวอร์ กับชุดสตริงคำตอบที่มีคุณสมบัติดีที่สุดจากประชากรที่ผ่านการมิวเตชั่นพบว่าชุดสตริงทั้งสองมีคุณสมบัติดีเท่ากัน จึงไม่ทำการแทนที่ชุดสตริงที่แย่ที่สุดของประชากรที่ผ่านการมิวเตชั่นด้วยชุดสตริงที่มีคุณสมบัติดีที่สุดจากประชากรที่ผ่านการครอสโอเวอร์ ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 6.21

ตารางที่ 6.21 *ชุดสตริงคำตอบที่ได้จากการอิลิทิสภายหลังการมิวเตชั่น*

String No.	Order	Band	Cost	TCR	Total Fitness
1	[1 3 6 4 2 5]	[1 2 1 1 1]	31861.11	224.22	0.1627
2	[3 2 5 4 1 6]	[3 1 2]	26130.00	178.00	0.1701
3	[3 1 6 4 2 5]	[1 2 1 1 1]	31721.67	239.56	0.1608

ตารางที่ 6.21 (ต่อ) ชุดสตริงคำตอบที่ได้จากการอิลิทิสภายหลังการมิวเตชั่น

String No.	Order	Band	Cost	TCR	Total Fitness
4	[1 2 5 4 3 6]	[1 2 1 2]	26015.61	192.00	0.1684
5	[1 2 3 4 5 6]	[3 1 2]	25022.00	186.00	0.1695
6	[1 2 5 4 3 6]	[3 1 2]	25540.00	192.00	0.1686

หลังจากผ่านการอิลิทิสภายหลังการมิวเตชั่นแล้ว ชุดสตริงคำตอบทั้ง 6 ชุด จะกลายเป็นชุดสตริงคำตอบเบื้องต้นในเจนเนอเรชั่นต่อไป และเข้าสู่ขั้นตอนของเจนเนติกอัลกอริทึมเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนครบตามจำนวนเจนเนอเรชั่นที่กำหนดไว้ในสภาวะการหยุดทำงานของ GAs-loop

6.5 โปรแกรมการประยุกต์ใช้เจนเนติกอัลกอริทึมในการออกแบบผังโรงงานที่แผนกมีขนาดพื้นที่ไม่เท่ากันด้วยการกำหนดรูปร่างลักษณะแผนกที่แน่นอน

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดต่างๆของโปรแกรมทั้งหน้าที่ของโปรแกรม ข้อสมมติฐาน ข้อจำกัดหรือข้อควรพิจารณา การป้อนข้อมูลเข้าของโปรแกรม และผลที่ได้จากโปรแกรม

6.5.1 หน้าที่ของโปรแกรม

โปรแกรมที่สร้างขึ้นนี้เหมาะสำหรับนำไปใช้กับการแก้ปัญหาการออกแบบผังโรงงานแบบกระบวนการผลิต ที่แต่ละแผนกมีความต้องการขนาดพื้นที่ไม่เท่ากันและสามารถกำหนดขนาดพื้นที่ รูปร่างของแผนกเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากและทิศทางการวางได้หนึ่งแผนก ซึ่งหน้าที่ของโปรแกรมคือ รับข้อมูลต่างๆซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่คือ ข้อมูลที่เกี่ยวกับโรงงานและแผนกต่างๆในโรงงาน และข้อมูลที่ใช้กำหนดพารามิเตอร์ของ GAs ซึ่งโปรแกรมจะทำการหาคำตอบที่เป็นการจัดวางตำแหน่งของแผนกในโรงงานให้เหมาะสมที่สุด โดยมีวัตถุประสงค์ในการพิจารณา 2 ประการคือ เพื่อให้ค่าใช้จ่ายรวมการขนถ่ายวัสดุน้อยที่สุด และเพื่อให้ค่า TCR ที่พิจารณาระยะทางระหว่างแผนกน้อยที่สุด ในการประเมินผลผังโรงงานจะดูจากค่าฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์รวมทั้งหมด ซึ่งจะใช้วิธีการรวมฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ทั้งสองฟังก์ชั่น โดยการให้น้ำหนักกับแต่ละวัตถุประสงค์เพื่อบ่งบอกถึงความสำคัญของวัตถุประสงค์นั้นๆ และน้ำหนักที่กำหนดให้กับแต่ละวัตถุประสงค์จะถูกกำหนดโดยผู้ออกแบบ

6.5.2 ข้อสมมติฐาน

1. ผังโรงงานที่จะทำการจัดวางผังจะต้องเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า
2. การจัดแผนกต่างๆในโรงงานจะถูกพิจารณาจัดวางในลักษณะเป็นแถบ (Band) ซึ่งแต่ละแถบมีความกว้างที่แตกต่างกันได้
3. ทิศทางในการจัดเรียงแผนกไปบนแถบจะใช้วิธีการจัดเรียงพื้นที่ตามแนวแกน Y เริ่มจากมุมล่างด้านซ้ายมือของพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้า (พื้นที่ผังโรงงาน)

6.5.3 ข้อจำกัดและข้อควรพิจารณา

1. โปรแกรมการออกแบบผังโรงงานนี้เหมาะที่จะนำไปใช้ในการสร้างผังโรงงานใหม่ และสามารถนำไปใช้เพื่อปรับปรุงผังโรงงานเดิมได้ แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงทางเดิน เครื่องจักรและระบบการขนถ่ายวัสดุที่ติดตั้งอยู่ก่อน การกำจัดพื้นที่เพื่อใช้ประโยชน์บางอย่าง เพราะโปรแกรมไม่สามารถกำหนดความต้องการส่วนนี้ได้ ในการนำโปรแกรมไปใช้เพื่อปรับปรุงผังโรงงานเดิม ควรมีการกำหนดข้อมูลและเงื่อนไขให้ตรงกับโปรแกรม และเมื่อนำไปใช้แล้วลักษณะคำตอบผังโรงงานที่ได้อาจไม่เหมาะนำไปใช้ปรับปรุงผังเดิม จึงอาจต้องมีการปรับปรุงขอบเขตของแผนกเพื่อที่จะนำไปใช้ได้
2. ความเหมาะสมในการแก้ปัญหาการออกแบบผังโรงงานด้วยวิธีเจนเนติกอัลกอริทึมนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของปัญหาด้วย สำหรับปัญหาขนาดเล็กที่สามารถหาคำตอบที่ดีได้จากวิธีฮิวริสติกทั่วๆไป และไม่ใช้เวลาในการหาคำตอบนานก็ไม่มีความจำเป็นที่จะเลือกใช้วิธีเจนเนติกอัลกอริทึม ซึ่งการแก้ปัญหาด้วยวิธีเจนเนติกอัลกอริทึมนี้จะเหมาะกับปัญหาขนาดใหญ่และไม่สามารถใช้วิธีฮิวริสติกทั่วๆไปแก้ปัญหาได้ ขนาดของปัญหาที่เหมาะสมที่จะใช้วิธีเจนเนติกอัลกอริทึมควรเป็นปัญหาผังโรงงานจำนวน 6 แผนกขึ้นไป และในโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมามีข้อจำกัดสำหรับแก้ปัญหาผังโรงงานที่มีจำนวนแผนกไม่เกิน 20 แผนกนั้น สามารถที่จะออกแบบผังโรงงานได้มากกว่า 20 แผนก แต่จะทำให้เสียเวลาในการหาคำตอบที่นานมาก และต้องขึ้นอยู่กับหน่วยความจำและความสามารถในการประมวลผลของเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยว่าจะรับได้หรือไม่

6.5.4 ข้อมูลที่ป้อนให้กับโปรแกรม

ข้อมูลที่ป้อนให้กับโปรแกรมเป็นข้อมูลที่จำเป็นที่โปรแกรมจะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาการออกแบบผังโรงงาน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆคือ ข้อมูลที่เกี่ยวกับโรงงานและแผนกต่างๆในโรงงาน และข้อมูลที่ใช้กำหนดพารามิเตอร์ของ GAs ข้อมูลหรือค่าตัวแปรใดๆดังกล่าวจะได้มาจากผู้ใช้ที่ทำการโต้ตอบกับคำถามในโปรแกรม ซึ่งมีดังต่อไปนี้

6.5.4.1 ข้อมูลที่เกี่ยวกับโรงงานและแผนกต่าง ๆในโรงงาน

1. **น้ำหนักที่ให้ความสำคัญกับค่าใช้จ่ายของผังโรงงาน (*W1*) และน้ำหนักที่ให้ความสำคัญกับความสัมพันธ์ระหว่างแผนก (*W2*)** ผู้ใช้ต้องป้อนตัวเลขที่มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ให้กับค่าทั้งสองอย่างโดยค่าทั้งสองนี้เมื่อรวมกันแล้วต้องมีค่าไม่มากกว่า 1 การให้ค่าน้ำหนักกับวัตถุประสงค์นั้นขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของผู้ออกแบบว่าให้ความสำคัญกับข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพมากน้อยเพียงใด หรือในการออกแบบผังโรงงานผู้ออกแบบได้คำนึงถึงหรือให้ความสำคัญกับวัตถุประสงค์ใดมากกว่ากัน หรืออาจพิจารณาจากความสมบูรณ์ของข้อมูลที่ได้จัดเก็บมาเพื่อพิจารณา ซึ่งถ้าข้อมูลเชิงปริมาณมีระยะเวลาการจัดเก็บไม่เพียงพอและเก็บข้อมูลได้ไม่ครบถ้วน ก็อาจกำหนดน้ำหนักที่ให้ความสำคัญกับค่าใช้จ่ายน้อยกว่าน้ำหนักที่ให้ความสำคัญกับความสัมพันธ์ระหว่างแผนก โดยสำหรับปัญหาหนึ่งๆการกำหนดน้ำหนักให้กับวัตถุประสงค์แตกต่างกัน ก็ย่อมส่งผลให้ได้คำตอบที่แตกต่างกันด้วย
2. **ประเภทของการวัดระยะทาง** ที่เป็นการเดินทางของวัสดุระหว่างจุดศูนย์กลางของแผนกต่างๆนั้น ผู้ใช้อาจเลือกใช้ได้ 2 แบบคือ แบบเรคติลิเนียร์และแบบยูคลิเดียน
3. **จำนวนแผนกต่าง ๆในผังโรงงาน** ผู้ใช้ต้องตอบเป็นเลขจำนวนเต็ม (สูงสุด 20) และแผนกต่างๆจะถูกกำหนดหมายเลขเรียงตามลำดับกันไป เริ่มต้นด้วยหมายเลข 1 และสิ้นสุดด้วยหมายเลขของแผนกที่เท่ากับจำนวนแผนกทั้งหมด
4. **พื้นที่ที่มีอยู่ทั้งหมดของโรงงาน** โดยจะแสดงเป็นความยาวและความกว้าง ซึ่งพื้นที่ของโรงงานจะพิจารณาในรูปของสี่เหลี่ยมผืนผ้า

5. **ข้อมูลการขนถ่ายวัสดุในโรงงาน** ผู้ใช้จำเป็นที่จะต้องหาจำนวนเที่ยวของการขนย้ายระหว่างแผนกต่างๆในโรงงาน (ในระหว่างช่วงเวลาหนึ่งของการผลิต) ซึ่งอยู่ในลักษณะของแผนภูมิจาก/ไป (From/To)
6. **ค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายวัสดุต่อเที่ยว** ผู้ใช้จำเป็นที่จะต้องหาค่าใช้จ่ายต่อเที่ยวในหน่วยระยะทางหนึ่ง ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้ในการขนถ่ายวัสดุจากแผนกหนึ่งไปยังอีกแผนกหนึ่ง ซึ่งอยู่ในลักษณะของแผนภูมิจาก/ไป และถ้าผู้ใช้ต้องการเปลี่ยนการพิจารณาฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ในเรื่องของค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดเป็นระยะทางในการขนถ่ายวัสดุสั้นที่สุด ก็สามารถทำได้โดยกำหนดให้ข้อมูลค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายวัสดุมีค่าเท่ากับ 1 ทั้งหมดนั่นเอง
7. **ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างแผนก** ผู้ใช้จะต้องป้อนข้อมูลความสัมพันธ์หรือความใกล้ชิดของคู่แผนกต่างๆภายในโรงงานที่ปรารถนาให้กับโปรแกรม โดยความสัมพันธ์จะป้อนเป็นรูปแบบสัญลักษณ์ A E I O U ซึ่งความสัมพันธ์นี้จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปคะแนนที่เป็นตัวเลขจำนวนเต็ม โดยในการแปลงค่าความสัมพันธ์เป็นคะแนนตัวเลขจะขึ้นอยู่กับมาตรฐานที่ผู้ใช้กำหนดขึ้นและป้อนให้กับโปรแกรม
8. **พื้นที่ของแต่ละแผนก** (ตัวอย่างเช่น : ตารางหน่วย) พื้นที่รวมทั้งหมดของทุกๆแผนกไม่ควรเกินพื้นที่ทั้งหมดที่มีอยู่ ถ้าหากพื้นที่รวมของทุกๆแผนกมากกว่าพื้นที่ที่มีอยู่ โปรแกรมก็จะแสดงข้อความที่บอกให้ทราบถึงข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น
9. **ความกว้างบังคับ (Fixed Width) และความยาวบังคับ (Fixed Length)** เป็นความกว้างและความยาวของพื้นที่ที่เล็กที่สุด โดยพื้นที่ที่เล็กที่สุดนี้เปรียบเสมือนพื้นที่ที่จำเป็นสำหรับวางเครื่องจักรและมีรูปร่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ผู้ใช้จะต้องป้อนความกว้างและความยาวที่เป็นตัวเลขที่มากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ และผลคูณความกว้างและความยาวต้องไม่มากกว่าพื้นที่ที่ต้องการของแผนกนั้น
10. **อัตราส่วนด้านยาวต่อด้านกว้าง (Area Ratio)** ค่านี้มีไว้เพื่อป้องกันการสร้างผังโรงงานที่มีรูปร่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ยาวและแคบจนไม่เหมาะสมกับการใช้งานจริง ถ้าอัตราส่วนที่ป้อนมีค่าน้อยกว่าค่าผลหารของความยาวกับความกว้างของพื้นที่เล็กที่สุดและมีค่าน้อยกว่า 1 โปรแกรมก็จะแสดงข้อความที่บอกให้ทราบถึงข้อผิดพลาดขึ้น
11. **แผนกที่ผู้ออกแบบกำหนด** ผู้ใช้ต้องตอบเป็นตัวเลขจำนวนเต็มที่แทนแผนกที่ผู้ออกแบบกำหนดแผนกเดียว

12. **ความยาวตามแนวนอนของแผนกที่ผู้ออกแบบกำหนด** เพื่อกำหนดทิศทางการวางของแผนก ผู้ใช้ต้องป้อนค่าตัวเลขโดยค่าความยาวตามแนวนอนจะต้องไม่มากกว่าพื้นที่ของแผนกและต้องมีค่ามากกว่าศูนย์

6.5.4.2 ข้อมูลที่ใช้กำหนดพารามิเตอร์ของ GAs

ค่าตัวแปรต่างๆที่เป็นตัวกำหนดพารามิเตอร์ของ GAs ได้จากการป้อนค่าให้กับโปรแกรมโดยผู้ใช้ เพื่อใช้ในกระบวนการของ GAs โดยพารามิเตอร์ที่ต้องกำหนดค่าให้มีดังต่อไปนี้

1. **ขนาดของจำนวนประชากรเริ่มต้น** ผู้ใช้ต้องป้อนเป็นเลขจำนวนเต็ม ถ้าจำนวนประชากรมากเกินไปจะทำให้เสียเวลาในการคำนวณ แต่ถ้าจำนวนประชากรน้อยเกินไปก็จะไม่เกิดประโยชน์ ซึ่งในงานวิจัยนี้เสนอจำนวนประชากรที่มีค่าดังนี้ 6 10 15 และ 20
2. **จำนวนเจนเนอเรชั่น** เพื่อกำหนดจำนวนรอบในการคำนวณพอที่จะหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ ซึ่งถ้ากำหนดจำนวนเจนเนอเรชั่นสูงมากเกินไป จะทำให้เสียเวลาในการคำนวณมากโดยไม่จำเป็น
3. **วิธีการครอสโอเวอร์** ที่สามารถเลือกใช้ได้ในโปรแกรมมีอยู่ 5 วิธีคือ PMX CX OX PBX และ OBX
4. **ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์** ผู้ใช้ต้องป้อนเป็นตัวเลขมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1
5. **วิธีการมิวเตชั่น** ที่สามารถเลือกใช้ได้ในโปรแกรมมีอยู่ 3 วิธีคือ Reciprocal Exchange Mutation, Insertion Mutation และ Random Sequence Mutation
6. **ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น** ผู้ใช้ต้องป้อนเป็นตัวเลขมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1
7. **จำนวนครั้งที่ซ้ำกันของค่าตอบสนอง** เป็นเงื่อนไขอีกอันหนึ่งในการหยุดการทำงานของ GAs ซึ่งเมื่อพบว่าค่าตอบสนองที่คำนวณได้ในแต่ละเจนเนอเรชั่นมีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง ผู้ใช้สามารถกำหนดจำนวนครั้งที่ซ้ำกันของค่าตอบสนองเพื่อให้กระบวนการ GAs หยุดการทำงาน โดยต้องป้อนเป็นเลขจำนวนเต็มที่มีค่ามากกว่าศูนย์ แต่ต้องไม่มากกว่าค่าจำนวนเจนเนอเรชั่น

ในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของ GAs ทั้งหมดนี้ ควรมีการทดสอบพารามิเตอร์ก่อน เพื่อจะได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา ซึ่งวิธีการทดสอบและวิธีการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะได้อธิบายในบทต่อไป ทั้งนี้สามารถใช้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่ได้จากการทดสอบในงานวิจัยนี้เป็นแนวทางได้

6.5.5 ผลที่ได้จากโปรแกรม

การหาคำตอบตามกระบวนการของ GAs จะกระทำซ้ำกันไปเรื่อยๆจนครบตามจำนวนเจนเนอเรชั่นที่กำหนดไว้ในสภาวะการหยุดทำงานของ GAs-loop เมื่อหยุดการทำงาน โปรแกรมจะสร้างผลลัพธ์ออกมาคือ ผลคำตอบลำดับการเรียงของแผนกและขนาดความกว้างของแถบ พร้อมทั้งค่าใช้จ่ายรวมในการขนถ่ายวัสดุของผังโรงงาน และค่า TCR ที่พิจารณาระยะทางระหว่างแผนก และยังสามารถแสดงผลลัพธ์การออกแบบผังโรงงานออกมาในรูปแบบของกราฟบนจอภาพ พร้อมทั้งค่าใช้จ่ายรวมในการขนถ่ายวัสดุของผังโรงงาน และค่า TCR ที่พิจารณาระยะทางระหว่างแผนกที่สอดคล้องกัน

6.6 สรุปท้ายบท

วิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึม ที่นำมาใช้แก้ปัญหาการออกแบบผังโรงงานที่แผนกมีขนาดพื้นที่ไม่เท่ากันด้วยการกำหนดรูปร่างลักษณะแผนกที่แน่นอน จะประกอบด้วยโครงสร้างหลัก 5 ส่วนคือ การใส่รหัสและสร้างประชากรเบื้องต้น (Initialization) การรีโปรดักชั่น (Reproduction) การครอสโอเวอร์ (Crossover) การมิวเตชั่น (Mutation) และการเก็บค่าที่ดีที่สุด (Elitist)

การสร้างประชากรเริ่มต้นนั้น เริ่มจากการใส่รหัสคำตอบซึ่งสตริงคำตอบจะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ สตริงคำตอบลำดับการเรียงของแผนกและสตริงคำตอบขนาดความกว้างของแถบ โดยเริ่มจากสร้างสตริงลำดับการเรียงของแผนกขึ้นมาก่อน แล้วจึงสร้างสตริงขนาดความกว้างของแถบให้มีความสัมพันธ์กับสตริงลำดับการเรียงของแผนก และสอดคล้องกับข้อจำกัดต่างๆ ของปัญหา และทำการสร้างประชากรจนครบเท่ากับจำนวนประชากรเบื้องต้นที่กำหนด จากนั้นสตริงทั้งหมดจะเข้าสู่กระบวนการรีโปรดักชั่น ที่ทำการคัดเลือกสตริงคำตอบที่มีความเหมาะสมโดยใช้วิธีการของวงล้อรูลเล็ท สตริงที่ผ่านการคัดเลือกจะเข้าสู่กระบวนการครอสโอเวอร์ โดยสุ่มเลือกสตริงด้วยความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เพื่อมาจับคู่และทำการครอสโอเวอร์ โดยวิธีการครอสโอเวอร์มีทั้งหมด 5 วิธีคือ PMX OX CX PBX และ OBX จากนั้นสตริงคำตอบจะถูกสุ่มเลือกด้วยความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเพื่อทำการมิวเตชั่น ซึ่งวิธีการมิวเตชั่นมีทั้งหมด 3 วิธีคือ Reciprocal Exchange Mutation, Insertion Mutation และ Random Sequence

Mutation สตริงคำตอบที่ได้จะกลายเป็นสตริงคำตอบเบื้องต้นในเจนเนอเรชั่นต่อไป และเข้าสู่ขั้นตอนของเจนเนติกอัลกอริทึมไปเรื่อยๆ จนครบตามจำนวนเจนเนอเรชั่นที่กำหนดไว้ในสภาวะการหยุดทำงานของ GAs-loop

ในระหว่างกระบวนการของเจนเนติกอัลกอริทึมจะมีวิธีการเก็บสตริงที่ดีไว้ โดยใช้ภายหลังกระบวนการรีโปรดักชั่น ภายหลังการครอสโอเวอร์ และภายหลังการมิวเตชั่น เพื่อให้สตริงคำตอบที่ดีไม่ถูกทำลายไปภายหลังกระบวนการดังกล่าว

โปรแกรมการประยุกต์ใช้เจนเนติกอัลกอริทึมในการออกแบบผังโรงงานที่แผนกมีขนาดพื้นที่ไม่เท่ากันด้วยการกำหนดรูปร่างลักษณะแผนกที่แน่นอน จะมีหน้าที่ของโปรแกรมคือ รับข้อมูลต่างๆซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่คือ ข้อมูลที่เกี่ยวกับโรงงานและแผนกต่างๆในโรงงาน และข้อมูลที่ใช้กำหนดพารามิเตอร์ของ GAs ซึ่งโปรแกรมจะทำการหาคำตอบที่เป็นการจัดวางตำแหน่งของแผนกในโรงงานให้เหมาะสมที่สุด โดยมีวัตถุประสงค์ในการพิจารณา 2 ประการคือ เพื่อให้ค่าใช้จ่ายรวมการขนถ่ายวัสดุน้อยที่สุด และเพื่อให้ค่า TCR ที่พิจารณาระยะทางระหว่างแผนกน้อยที่สุด ในการประเมินผลผังโรงงานจะดูจากค่าฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์รวมทั้งหมด ซึ่งจะใช้วิธีการรวมฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ทั้งสองฟังก์ชั่น โดยการให้น้ำหนักกับแต่ละวัตถุประสงค์เพื่อบ่งบอกถึงความสำคัญของวัตถุประสงค์นั้นๆ และน้ำหนักที่กำหนดให้กับแต่ละวัตถุประสงค์จะถูกกำหนดโดยผู้ออกแบบ และผลที่ได้จากโปรแกรมคือ คำตอบลำดับการเรียงของแผนกและขนาดความกว้างของแถบ พร้อมทั้งค่าใช้จ่ายรวมในการขนถ่ายวัสดุของผังโรงงาน และค่า TCR ที่พิจารณาระยะทางระหว่างแผนก