# บทที่ 8
# สรุปงานวิจัย

เนื้อหาในบทนี้ เป็นการสรุปงานวิจัยดังที่กล่าวมาแล้ว โดยเริ่มจากทฤษฎีพื้นของ GAs รูปแบบปัญหาของการจัดผังโรงงาน การทดลองเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพในการหาคำตอบของ GAs และ การทดลองศึกษาถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อ คำตอบและความเร็วในการค้นหาคำตอบ ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

## 8.1 ทฤษฎีพื้นฐานและงานวิจัยของเจนเนติกอัลกอริทึม

GAs เป็นวิธีการค้นหาคำตอบวิธีหนึ่ง โดยมีพื้นฐานจากกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติ ข้อดีของ GAs เมื่อเปรียบเทียบกับการค้นหาแบบอื่นคือมีเที่ยงตรงแม่นยำ (Accuracy) ความคงทน (Robustness) ต่อความไม่แน่นอน (Uncertainty) หรือคลุมเครือของปัญหา (Vague) และสามารถควบคุมได้ โดยมีความน่าเชื่อถือและค่าใช้จ่ายต่ำ

วิธีการค้นหาของ GAs จะแตกต่างกับวิธีการค้นหาและการทำ Optimization แบบอื่นๆ คือ

- GAs จะใช้งานโดยการเข้ารหัสสตริงเป็นชุดพารามิเตอร์
- GAs ทำการค้นหาจากทั้งประชากรไม่ใช่เพียงตำแหน่งๆเดียว
- GAs จะใช้ข่าวสารที่เป็นผลลัพธ์ (ฟังก์ชันเป้าหมาย) โดยไม่ใช้การหาอนุพันธ์หรือความรู้อื่นๆ
- GAs จะเป็นวิธี Probabilistic ไม่ใช่ Deterministic

โอเปอร์เรเตอร์ต่างๆของ GAs ได้แก่

- รีโปรดักชั่น คือกระบวนการคัดเลือกสตริงมีความเหมาะสมสูงเพื่อเป็นคำตอบเริ่มต้นให้กับประชากรรุ่นต่อไป โดยอาศัยทฤษฎีของ ชาร์ล ดาร์วินที่ว่า สิ่งมีชีวิตที่แข็งแรงกว่ามีโอกาสอยู่รอดในสภาวะนั้นๆได้มากกว่า
- การครอสโอเวอร์ คือกระบวนการสร้างสตริงลูกหลานใหม่ จากสตริงพ่อแม่ เพื่อให้ได้คำตอบใหม่ๆ
- การมิวเตชั่นคือ คือ กระบวนการที่ช่วยปรับปรุงสตริงให้ดีขึ้นหรือเลวลง เพื่อให้ได้คำตอบใหม่ๆ โดยการเปลี่ยนค่าในบางตำแหน่งของสตริง

พารามิเตอร์ต่างๆของ GAs ได้แก่

- จำนวนประชากร
- จำนวนเจนเนอเรชั่น
- ค่าความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์
- ค่าความน่าจะเป็นของการมิวเตชั่น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาการจัดผังโรงงาน สามารถหาคำตอบได้หลายแบบ ได้แก่วิธีการทางฮิวริสติก และ วิธีการทางด้าน AI

ฮิวริสติกที่ใช้มีหลายวิธี ได้แก่ Steepest Descent คอนสตรักชั่นฮิวริสติก Branch and Bound แต่ละวิธีก็มีลักษณะเฉพาะ ส่วนวิธีการทางด้านปัญญาประดิษฐ์ได้แก่ Simulate Annealing และ GAs โดยงานวิจัยฉบับนี้เน้นถึง GAs

งานวิจัยของ GAs แบ่งออกได้หลายส่วน แต่โดยส่วนใหญ่เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำ Optimization และเป็นปัญหาประเภท NP-hard ปัญหาประเภทนี้ได้แก่ ปัญหา Travelling Salesman Scheduling Transportation หรืองานวิจัยที่ช่วยปรับปรุงสมรรถนะในการหาคำตอบของ GAs เป็นต้น

แนวโน้มของงานวิจัยทางด้าน GAs มีแนวโน้มที่จะนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคนิคอื่นๆ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการหาคำตอบมากยิ่งขึ้น เช่น การนำเทคนิคทางด้าน GAs ไปพัฒนาร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) ฟัซซี่ลอจิก (Fuzzy Logic) ระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) การนำ GAs ไปใช้ร่วมกับเทคนิคเหล่านี้เรียกว่าไฮบริดจ์เทคนิค (Hybrid Technique)

## 8.2 รูปแบบของปัญหาการจัดผังโรงงาน

โดยทั่วๆไปแล้วรูปแบบปัญหาของการจัดผังโรงงานมี 2 ประเภทคือ การจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงปริมาณและการจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพ ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ ดังมีสมการดังต่อไปนี้

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

$C$ คือค่าใช้จ่ายโดยรวมที่เกิดจากการจัดวางผังโรงงาน

$f_{ij}$ คือปริมาณการไหลจากแผนก $i$ ไปแผนก $j$

$c_{ij}$ คือค่าใช้จ่ายของการไหลจากแผนก $i$ ไปแผนก $j$

$d_{ij}$ คือระยะทางระหว่างแผนก $i$ ไปแผนก $j$ โดยวัดจากเซ็นทรอยด์ (Centroid) ของแต่ละแผนก

การจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

โดยพิจารณาถึง ค่า TCR (Total Closeness Rating) ค่า TCR ที่ใช้พิจารณามีประเภทคือ ค่า TCR ที่พิจารณาความใกล้ชิดระหว่างแผนก (Total Closeness Rating with Adjacent Between Department) ซึ่งจะต้องให้มีค่ามากที่สุด หรือค่า TCR ที่พิจารณาถึงระยะทางระหว่างแผนก (Total Closeness Rating with Distance Between Department) ซึ่งจะต้องให้มีค่าน้อยที่สุด ดังสมการดังต่อไปนี้

$$\text{Maximize } V = \sum_{i=1}^{M-1} \sum_{j=i+1}^{M} \delta_{ij} V(r_{ij})$$

ค่า $\delta_{ij}$ เป็น 1 ถ้าแผนก $i$ และ $j$ อยู่ติดกัน และ ค่า $\delta_{ij}$ เป็น 0 ถ้าแผนก $i$ และ $j$ ไม่ได้อยู่ติดกัน

$M$ คือจำนวนแผนก

$V$ คือ TCR ที่พิจารณาความใกล้ชิดระหว่างแผนก

สมการค่าความใกล้ชิดที่พิจารณาระยะทางระหว่างแผนกคือ

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

$d_{ij}$ คือระยะทางระหว่างแผนก $i$ ไปแผนก $j$ ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว

$Z$ คือ TCR ที่พิจารณาถึงระยะทางระหว่างแผนก

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

## 8.3 การนำเจนเนติกอัลกอริทึมในการประยุกต์ใช้กับปัญหาการจัดผังโรงงาน

เนื่องจาก GAs เป็นการค้นหาคำตอบที่มีประสิทธิภาพสูง แต่การนำ GAs ไปใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆนั้นจำเป็นต้องมีกระบวนการต่างๆในรายละเอียดปลีกย่อยเพื่อที่จะทำให้ GAs สามารถทำงานได้อย่างที่ต้องการ โดยเริ่มจาก การเข้ารหัสสตริงของปัญหาการจัดผังโรงงานทำได้โดยการกำหนดสตริงที่มีจำนวนยีนเท่ากับจำนวนสถานีขึ้นมาก่อน จากนั้นกำหนดขนาดของผังโรงงาน (แต่ละแผนกมีขนาด กว้าง*ยาวเป็น 1*1 หน่วยระยะทาง) แล้ววางแผนกแรกจากสตริงลงบนตำแหน่งพื้นที่ของผังโรงงานตำแหน่งแรกส่วนแผนกที่เหลือวางเป็นลำดับต่อไปจากซ้ายไปขวาและบนลงล่างจนครบทั้งหมด

การคัดเลือก (รีโปรดักชั่น) แบบวงล้อรูลเล็ทสามารถทำได้โดย

- สร้างค่าสุ่ม (Random Number) $r$ ที่มีค่าอยู่ในช่วง [ 0...1 ]

●ถ้า $r < q_i$ เลือกสตริงตัวแรก ถ้าไม่ใช่ เลือกสตริงตัวที่ $i$ โดยที่ $i$ อยู่ระหว่าง ($2 \leq i \leq pop$) หรือ ($q_{i-1} \leq r \leq q_i$)

การครอสโอเวอร์ที่ใช้ในงานวิจัยมี 3 อย่างคือ การครอสโอเวอร์แบบ PMX (Partially Match Crossover) การครอสโอเวอร์แบบ OX (Order Crossover) และการครอสโอเวอร์แบบ CX (Cycle Crossover) โดยสามารถทำได้ดังต่อไปนี้

●สร้างค่าสุ่ม (Random Number) $r$ ที่มีค่าอยู่ในช่วง [ 0...1 ]

●ถ้า $r < p_c$ เลือกสตริงนั้นเพื่อทำการครอสโอเวอร์ตัวแรก

●จับคู่กับสตริงอีกหนึ่งตัวเพื่อทำการครอสโอเวอร์ ตามขั้นตอนของการครอสโอเวอร์แต่ละแบบ

วิธีการมิวเตชั่นมีดังต่อไปนี้ สามารถทำได้ดังต่อไปนี้

- สร้างค่าสุ่ม (Float) หรือ $r$ อยู่ในช่วง [0....1] สำหรับตำแหน่งทุกตำแหน่ง
- ตำแหน่งใดที่ $r < p_m$ เลือกตำแหน่งนั้นเพื่อทำการมิวเตชั่น
- เลือกตำแหน่งอีกหนึ่งตำแหน่งในสตริงที่ตรงกับตำแหน่งที่ทำการเลือกครั้งแรก เพื่อทำการสลับค่ากับตำแหน่งแรกที่ถูกเลือก

## 8.4 การทดลองในการปรับปรุงประสิทธิภาพในการหาคำตอบของเจนเนติกอัลกอริทึม

งานวิจัยฉบับนี้เลือกตัวอย่างของปัญหาการจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ และแสดงให้เห็นถึงการใช้ GAs ร่วมกับอิมพรูฟเม้นท์ฮิวริสติกแบบ SDPI ในการแก้ปัญหาการจัดผังโรงงาน เนื่องจากการหาคำตอบของปัญหาการจัดผังโรงงานด้วยวิธีการฮิวริสติกแต่เพียงอย่างเดียวอาจได้คำตอบที่ไม่ดี และการหาคำตอบของปัญหาการจัดผังโรงงานด้วย GAs แต่เพียงอย่างเดียวถึงแม้จะได้คำตอบที่ดี แต่ต้องใช้ระยะเวลานานกว่าจะได้คำตอบ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวนี้ จึงได้นำวิธีการทั้งสองมาใช้ร่วมกันในการหาคำตอบของปัญหาการจัดผังโรงงาน โดยป้อนสตริงคำตอบเริ่มต้นที่ดีที่หาได้จากฮิวริสติกให้แก่ประชากรเริ่มต้นของ GAs การทำเช่นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้การแก้ปัญหาในการใช้เวลาในการลู่เข้าหาคำตอบเป็นไปได้อย่างรวดเร็วและได้คำตอบที่ดีพร้อมกัน

จากการทดลองพบว่าการจัดผังโรงงานด้วยวิธีการดังกล่าว (วิธีการที่ 6 และ 7) ให้คำตอบที่ดีกว่าฮิวริสติกแต่เพียงอย่างเดียว (SDPI) และสามารถลดเวลาในการหาคำตอบเมื่อเปรียบเทียบกับ GAs แต่เพียงอย่างเดียว สิ่งที่ควรจะคำนึงถึงให้มากเกี่ยวกับ GAs ก็คือ การให้คำตอบที่ดีแก่ประชากรเริ่มต้นของ GAs ไม่จำเป็นว่าจะทำให้ประสิทธิภาพของ GAs ดีขึ้นเสมอไป ดังแสดงในวิธีการที่ 4 และ 5 ที่มีการเพิ่มจำนวนสตริงที่ดีให้กับประชากรเริ่มต้นของ GAs แต่ทว่าสตริงเหล่านั้น

เป็นสตริงลักษณะเดียวกันทั้งหมด ซึ่งทำให้โอกาสในการสร้างลูกหลานของ GAs ที่มีฟิตเนสสูงๆ น้อยลง ดังนั้นสิ่งที่พึงกระทำก็คือการให้สตริงเริ่มต้นที่ดีที่มีความหลากหลายให้กับประชากรเริ่มต้นของ GAs มากกว่า ซึ่งเป็นการเพิ่มโอกาสให้กับการหาคำตอบที่ดีได้อย่างรวดเร็วขึ้น

ข้อดีอีกประการหนึ่งในการให้คำตอบเริ่มต้นแก่ GAs คือ ในการจัดผังโรงงานจริงที่มีผู้ตัดสินใจหลายคน ผู้ตัดสินใจเหล่านี้ย่อมมีคำตอบเริ่มต้นอยู่ในใจหลายรูปแบบคำตอบเหล่านั้นอาจมีบางส่วนที่ดีและไม่ดี การให้คำตอบเริ่มต้นเหล่านั้นแก่ GAs เป็นการปรับปรุงคำตอบเหล่านั้นให้เป็นคำตอบที่ดียิ่งขึ้นอีกด้วย

## 8.5 การทดลองศึกษาถึงปัจจัยต่าง ๆที่มีผลต่อคำตอบและความเร็วในการหาคำตอบ

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้ GAs ในการแก้ปัญหาการจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลทางด้านคุณภาพกับปัญหาการจัดผังโรงงานแบบ TCR ที่พิจารณาถึงค่าความใกล้ชิดระหว่างแผนก (Total Cloness Rating with Adjacent Department) และ ปัญหาการจัดผังโรงงานแบบ TCR ที่พิจารณาถึงระยะทางระหว่างแผนก (Total Cloness Rating with Distance Between Department) โดยให้ระดับคะแนนแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล และระดับคะแนนแบบเชิงเส้น จากการทดลองพบว่า คำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่ดีกว่าการใช้ฮิวริสติก

และนอกเหนือจากนั้น จำนวนประชากรควรกำหนดไม่ให้มีจำนวนมากจนเกินไป (ประมาณ 100) เนื่องจาก ถ้าจำนวนประชากรมากเกินไปแล้วจะทำให้กระบวนการคัดเลือกสตริง (รีโปรดักชั่น) แบบวงล้อรูลเล็ทมีโอกาสที่จะทำงานผิดพลาดสูง หรือคัดเลือกสตริงที่มีค่าฟิตเนสต่ำ ดังนั้นในการนำ GAs ไปช่วยในการหาคำตอบควรทำการศึกษาเบื้องต้นก่อน

ผลการวิเคราะห์ผลของปัจจัยต่างๆพบว่า การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆของแต่ละปัจจัยมีผลต่อคำตอบที่ได้และระยะเวลาในการหาคำตอบ แต่ปัจจัยที่มีความไวต่อต่อคำตอบที่ได้และระยะเวลาในการหาคำตอบ คือ จำนวนประชากรและค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น ดังนั้นการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะทำให้ได้คำตอบที่ดีและรวดเร็ว และค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของโอเปอร์เรเตอร์ต่างๆกับปัญหาที่แตกต่างกันจะแตกต่างกันออกไป จากการทดลองค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานควรมีค่าดังต่อไปนี้ (ในกรณีปัญหาขนาด 10 สถานี)

จำนวนประชากร มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 10-15

ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ PMX มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0.4 – 1.0

ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ OX มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0.1 –0.7

ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ CX มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0.5 –1.0

ค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0.01 – 0.3

## 8.6 ข้อเสนอแนะเมื่อคำตอบที่ได้จากการจัดผังโรงงานที่ไม่สอดคล้องกัน

ปัญหาการจัดผังโรงงานในบางปัญหาถึงแม้ว่าจะเป็นการจัดผังโรงงานเดียวกัน แต่ถ้าพิจารณาถึงข้อมูลที่แตกต่างกันเช่นข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพ ก็อาจทำได้ผังโรงงานที่มีลักษณะแตกต่างกันได้ ดังนั้นผู้จัดผังโรงงานจึงควรพิจารณาข้อแนะนำเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาดังต่อไปนี้

- ผู้จัดวางผังโรงงานอาจพิจารณาถึงน้ำหนัก (Weight) หรือระดับความสำคัญระหว่างการจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพหรือการจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ ถ้าแบบใดมีน้ำหนักมากก็ควรเลือกแบบนั้น
- ผู้จัดวางผังโรงงานอาจใช้การจัดวางผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพเป็นคำตอบเริ่มต้นให้กับการจัดวางผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ หรือใช้การจัดวางผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงปริมาณเป็นคำตอบเริ่มต้นให้กับการจัดวางผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยอาศัยทฤษฎีที่ว่าเจนเนติกอัลกอริทึมจะทำการปรับปรุงคำตอบโดยอาศัยโครงสร้างส่วนที่ดีของคำตอบเดิมเพื่อทำให้เกิดคำตอบใหม่และยังคงรักษาส่วนที่ดีของคำตอบนั้นไว้
- ผู้จัดวางผังโรงงานอาจใช้การจัดวางผังโรงงานแบบที่ตั้งบางแผนกคงที่ แล้วทำการคำนวณหาคำตอบด้วยวิธีการปรกติ เช่นแผนก 1 และ 2 มีระดับความสัมพันธ์เป็น A ก็ควรที่จะกำหนดให้แผนก 1 และ 2 อยู่ติดกันส่วนแผนกอื่นๆที่เหลือก็ทำการหาคำตอบตามปกติ

## 8.7 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาถึงการปรับปรุงประสิทธิภาพของ GAs ในการแก้ปัญหาการจัดผังโรงงานโดยพิจารณาถึงข้อมูลเชิงปริมาณ และทำการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการหาคำตอบและความเร็วในการหาคำตอบของปัญหาการจัดผังโรงงานโดยพิจารณาถึงข้อมูลเชิงคุณภาพ นอกเหนือจากปัญหาที่กล่าวแล้ว ยังมีรูปแบบของปัญหาการจัดผังโรงงานอื่นๆที่น่าสนใจแต่ยังไม่ได้มีการนำมาทำการศึกษา ดังนั้นงานวิจัยในอนาคตอาจมีการนำรูปแบบของปัญหาการจัดผังโรงงานแบบอื่นๆมาทำการศึกษาด้วย เช่น

- การจัดผังโรงงานแบบมีข้อจำกัดให้บางสถานีคงที่
- การจัดผังโรงงานโดยพิจารณาขนาดพื้นที่ ที่มีขนาดแตกต่างกัน
- การจัดผังโรงงานแบบมีหลายชั้น