บทที่ 8
เจเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบแบบหลายวัตถุประสงค์

การจัดสมดุลของสายงานการประกอบในบทที่ผ่านมา เป็นการจัดสมดุลของสายงานการประกอบที่มีวัตถุประสงค์ในการจัดเพียงอย่างเดียวเท่านั้น คือเพื่อให้ความแปรปรวนของภาระงานน้อยที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม การจัดสมดุลของสายงานการประกอบที่ดีควรพิจารณาถึงวัตถุประสงค์อย่างอื่นด้วย ดังนั้นเนื้อหาในบทนี้จึงเกี่ยวข้องกับการขยายขอบเขตของเจเนติกอัลกอริทึมไปสู่ปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบที่มีวัตถุประสงค์ในการจัดหลายอย่างคือ เพื่อให้จำนวนสถานีทำงานน้อยที่สุด เพื่อให้รอบเวลาการผลิตน้อยที่สุด และเพื่อให้ความแปรปรวนของสถานีทำงานน้อยที่สุด

8.1 ปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบแบบหลายวัตถุประสงค์

ปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบแบบหลายวัตถุประสงค์จะมีลักษณะของปัญหา และข้อจำกัดต่างๆเหมือนกับปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบแบบวัตถุประสงค์เดียว ต่างกันเพียงเล็กน้อยตรงที่ในการจัดนั้นต้องพิจารณาถึงวัตถุประสงค์อีก 2 ประการเพิ่มเข้ามานั่นคือ เพื่อให้จำนวนสถานีทำงานน้อยที่สุด และเพื่อให้เวลาว่างงานรวมน้อยที่สุด ตามสมการที่ 8.1 และ 8.2

$$\lceil W/ct \rceil^{+} \leq Minimum_n \leq \text{จำนวนสถานีสูงสุดที่ยอมรับได้} \qquad (8.1)$$

$$Minimize\ Total\ Idle\ Time \quad = \sum_{i=1}^{n}(ct - Ti) \qquad (8.2)$$

เมื่อพิจารณาสมการที่ 8.2 จะเห็นได้ว่าสามารถเปลี่ยนรูปได้เป็นสมการที่ 8.3

$$Minimize\ Total\ Idle\ Time \quad = \sum_{i=1}^{n} ct - \sum_{i=1}^{n} Ti \qquad (8.3)$$

เนื่องจากปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบที่พิจารณาเป็นแบบกำหนดเวลาทำงานคงที่ (SMD) ดังนั้นไม่ว่าจะจัดแบบใดค่าผลรวมของเวลาทำงานในแต่ละสถานี ($\sum_{i=1}^{n} Ti$)ก็

จะมีค่าเท่าเดิม คือเท่ากับเวลาทำงานรวมของทุกขั้นงาน ดังนั้นถ้าต้องการให้ค่าที่ได้จากสมการ 8.3 มีค่าน้อยที่สุด ต้องทำให้รอบเวลาการผลิตมีค่าน้อยที่สุด จากเหตุผลดังกล่าววัตถุประสงค์ในการจัดจึงสามารถเปลี่ยนจากการจัดเพื่อให้เวลาว่างงานรวม มาเป็นการจัดเพื่อให้รอบเวลาการผลิตน้อยที่สุด เพื่อความสะดวกในการคำนวณได้

การเพิ่มวัตถุประสงค์ทั้ง 2 ประการนี้เข้ามาทำให้วิธีการจัดสถานีทำงานเปลี่ยนแปลงไปแต่เดิมนั้น งานจะถูกต้องจัดให้กับสถานีทำงานแรกจนเต็มความสามารถก่อน แล้วจึงจะสามารถนำไปจัดให้กับสถานีทำงานต่อไป โดยที่ความสามารถของสถานีทำงานนั้นจะกำหนดจากรอบเวลาการผลิตซึ่งมีค่าคงที่ การจัดแบบนี้สามารถทำให้ได้สถานีทำงานน้อยที่สุด แต่ไม่สามารถทำให้รอบเวลาการผลิตต่ำได้ ดังนั้นจึงต้องดัดแปลงวิธีการจัดแบบเดิม เพื่อให้สามารถปรับเปลี่ยนรอบเวลาการผลิตที่ใช้ได้

8.2 วิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมแบบหลายวัตถุประสงค์

เจเนติกอัลกอริทึมแบบหลายวัตถุประสงค์ (Multi-objective Genetic Algorithms: MOGA) ที่ใช้สำหรับปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบที่มีหลายวัตถุประสงค์ในการพิจารณานี้ มีโครงสร้างหลักและขั้นตอนการทำงานเช่นเดียวกับเจเนติกอัลกอริทึมแบบวัตถุประสงค์เดียวดังรูปที่ 5.1 ในบทที่ 5 แต่มีรายละเอียดของวิธีการที่แตกต่างกันออกไปในส่วนของการถอดรหัสคำตอบ การประเมินค่า การคัดเลือกคำตอบและเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด ดังนี้

8.2.1 การถอดรหัสคำตอบ

เมื่อได้สตริงคำตอบเบื้องต้นมาแล้ว ลำดับขั้นงานในสตริงคำตอบจะถูกนำมาจัดให้กับสถานีทำงานต่างๆ โดยก่อนอื่นต้องทำการหารอบเวลาการผลิตที่จะใช้กำหนดเป็นความสามารถสูงสุดของแต่ละสถานีเสียก่อน ตามขั้นตอนดังนี้ คือ

1. หาจำนวนสถานีทำงานน้อยที่สุดที่เป็นไปได้ (n*) จากรอบเวลาการผลิตสูงสุดที่ยอมรับได้ตามสมการที่ 8.4

$$n^* = \left\lceil \frac{W}{\max_ct} \right\rceil \qquad (8.4)$$

โดย n^* = จำนวนสถานีทำงานน้อยที่สุดที่เป็นไปได้

max_ct = รอบเวลาการผลิตสูงสุดที่ยอมรับได้ ซึ่งเป็นข้อมูลรับเข้า

W = เวลาทำงานรวมทุกขั้นงาน

2. ทำการสุ่มจำนวนสถานีงานที่จะใช้ (n_r) โดยค่านี้ต้องอยู่ระหว่างจำนวนสถานีทำงานที่น้อยที่สุดที่หาได้จากข้อที่ 1 กับจำนวนสถานีทำงานสูงสุดที่ยอมรับได้
3. คำนวณหารอบเวลาการผลิตใหม่ (cal_ct) จากจำนวนสถานีทำงานที่ได้จากข้อที่ 2 ตามสมการ 8.5

$$cal_ct = \left\lceil \frac{W}{n_r} \right\rceil \qquad (8.5)$$

4. นำรอบเวลาการผลิตใหม่ที่ได้มาเปรียบเทียบกับเวลาทำงานของแต่ละขั้นงานที่มากที่สุด ค่าที่มากกว่าจะถูกกำหนดเป็นรอบเวลาการผลิตซึ่งใช้เป็นตัวกำหนดความสามารถของแต่ละสถานีทำงาน (ct) ดังสมการที่ 8.6

$$ct = max\ (max(t_i),\ cal_ct) \qquad (8.6)$$

โดย t_i = เวลาทำงานของขั้นงานที่ i

จากการถอดรหัสคำตอบวิธีนี้จะเห็นได้ว่า สตริงคำตอบเบื้องต้นที่ซ้ำกันอาจให้คำตอบที่แตกต่างกันก็ได้ ทั้งนี้เนื่องจากว่าอาจสุ่มจำนวนสถานีงานที่จะใช้ (n_r) ได้ต่างกัน

เมื่อได้รอบเวลาผลิตมาแล้ว ก็ทำการจัดงานให้กับสถานีทำงานตามแบบเดิม คือ จัดงานให้กับสถานีทำงานแรกจนกว่าจะเต็มความสามารถก่อนแล้วจึงนำไปจัดในสถานีทำงานต่อไปจนกว่าจะหมดงาน

หลังจากที่จัดงานให้กับสถานีทำงานแล้ว ต้องตรวจสอบดูว่าคำตอบที่ได้ซ้ำกับคำตอบอื่นหรือไม่ ถ้าซ้ำกันก็ต้องสร้างสตริงคำตอบตัวใหม่ขึ้นมาแทนที่

8.2.2 การประเมินค่า

หลังจากการถอดรหัส สตริงคำตอบทั้งหมดจะถูกนำมาคำนวณหาค่า Workload Variance และรอบเวลาการผลิตจริงซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ของการจัดสมดุล ตามสมการที่ 8.7 และ 8.8 สำหรับค่าวัตถุประสงค์อีกตัวหนึ่งซึ่งได้แก่จำนวนสถานีทำงานที่น้อยที่สุดจะได้มาจากการถอดรหัสคำตอบอยู่แล้ว

$$wv = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(Ti - \left(\frac{W}{n}\right)\right)^2}{n} \quad (8.7)$$

$$real_ct = \max.(Ti) \quad (8.8)$$

เมื่อ n = จำนวนสถานีทำงานที่น้อยที่สุดเป็นจำนวนเต็ม

W = Total Processing Time

ct = Cycle Time ที่กำหนดให้

T_i = เวลาทำงานของสถานีที่ i

เมื่อได้ค่าวัตถุประสงค์ที่สนใจทั้ง 3 ค่ามาแล้วก็จะนำมาหาค่าความเหมาะสมของสตริงคำตอบแต่ละตัว เนื่องจากวัตถุประสงค์ในการจัดสมดุลของสายงานการประกอบมีหลายประการ ดังนั้นการพิจารณาว่าคำตอบใดมีความเหมาะสมมากกว่ากันจะต้องดูจากค่าวัตถุประสงค์รวมทั้งหมด ฟังก์ชั่นความเหมาะสม (Fitness Function) ที่ใช้จะเป็นฟังก์ชั่นที่ได้มาจากการรวมฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ทั้ง 3 ฟังก์ชั่น โดยจะมีการให้น้ำหนักกับวัตถุประสงค์แต่ละตัวเพื่อบ่งบอกถึงความสำคัญของวัตถุประสงค์นั้นๆ ดังสมการที่ 8.9

$$fitness_function(f_i) = W_1(f_1)_i + W_2(f_2)_i + W_3(f_3)_i \quad (8.9)$$

โดยที่ W_1, W_2, W_3 คือน้ำหนักของวัตถุประสงค์ทั้งสามซึ่งได้แก่การหาจำนวนสถานีที่น้อยที่สุด รอบเวลาการผลิตที่น้อยที่สุด และค่า Workload Variance ที่น้อยที่สุด ตามลำดับ

แต่อย่างไรก็ตาม ค่าวัตถุประสงค์ทั้งสามนั้นมีหน่วยที่แตกต่างกันจึงไม่สามารถนำมารวมกันได้โดยตรง ดังนั้นจึงต้องทำการแปลงค่าจำนวนสถานีทำงานที่น้อยที่สุด รอบเวลาการผลิตจริง และค่า Workload Variance ให้เป็นค่าสัดส่วนในรูปของปัญหาการหาค่าสูงที่สุดก่อน แล้วจึงนำมารวมกันเป็นฟังก์ชั่นความเหมาะสม ดังสมการที่ 8.10

$$f_i = W_1\left[\frac{\sum_{i=1}^{popsize} n_i}{n_i}\right] + W_2\left[\frac{\sum_{i=1}^{popsize}(real_ct)_i}{(real_ct)_i}\right] + W_3\left[\frac{\sum_{i=1}^{popsize}(wv)_i}{(wv)_i}\right] \quad (8.10)$$

เมื่อ n_i = จำนวนสถานีทำงาน

$real_ct$ = รอบเวลาการผลิตจริง

wv = ค่า Workload Variance

8.2.3 การคัดเลือกสตริงคำตอบ

การคัดเลือกสตริงคำตอบที่ใช้สำหรับวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมแบบหลายวัตถุประสงค์นี้จะใช้วิธีที่แตกต่างกับการคัดเลือกสตริงคำตอบสำหรับวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมแบบวัตถุประสงค์เดียว กล่าวคือจะใช้วิธี Roulette Wheel Selection แทนวิธี Tournament Selection ทั้งนี้เนื่องมาจากในระหว่างการดำเนินการของเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาแบบหลายวัตถุประสงค์ที่เสนอนี้ จะมีการเก็บคำตอบที่ดีที่สุด (Elite Preserve Solution) ไว้รวมทั้งสิ้น 4 ค่า โดยพิจารณาตามเกณฑ์ต่างๆ (ดังที่จะได้กล่าวโดยละเอียดต่อไป) ซึ่งค่าที่เก็บไว้อาจซ้ำกันก็ได้ เมื่อนำไปเปรียบเทียบและแทนที่สตริงตัวที่แย่กว่าแล้ว จึงอาจทำให้สตริงคำตอบที่ได้ในเจนเนอเรชั่นนั้นๆมีความหลากหลายน้อย

นอกจากนี้ ในกระบวนการคัดเลือกแบบ Tournament Selection นั้น สตริงที่ถูกเลือกจากวงล้อรูเล็ต 2 ตัวจะต้องถูกนำมาเปรียบเทียบกันก่อนว่าตัวใดมีความเหมาะสมมากกว่า ทำให้มีโอกาสที่จะเลือกได้สตริงตัวที่ซ้ำๆกันค่อนข้างมาก ดังนั้นถ้าใช้วิธีการคัดเลือกวิธีนี้ร่วมกับการเก็บค่าคำตอบที่ดีที่สุด 4 ค่า จะยิ่งทำให้คำตอบมีความหลากหลายน้อยลงไปอีก ส่งผลให้คำตอบที่ได้ลู่เข้าสู่ค่า Local Optima ได้ง่าย

การคัดเลือกวิธี Roulette Wheel Selection จัดว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากวิธีหนึ่งและเป็นพื้นฐานของวิธี Tournament Selection แต่วิธี Roulette Wheel Selection นี้อาศัยเพียงการสุ่มเลือกสตริงคำตอบจากวงล้อรูเล็ตเท่านั้น ไม่จำเป็นต้องนำสตริงมาเปรียบเทียบค่า Fitness ก่อน ดังนั้นจึงสามารถให้คำตอบที่หลากหลายกว่า แต่อย่างไรก็ตามวิธีการคัดเลือกแบบ Roulette Wheel Selection ที่ใช้นั้นมีการเปลี่ยนแปลงจากเดิมบางส่วนเพื่อให้เหมาะสมกับปัญหาแบบหลายวัดถุประสงค์ กล่าวคือในการคัดเลือกจะแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. คัดเลือกสตริงคำตอบโดยประเมินค่าความเหมาะสมจากค่าวัตถุประสงค์รวม

   จำนวนสตริงที่ผ่านการคัดเลือก = จำนวนสตริงคำตอบทั้งหมด / 2

2. คัดเลือกสตริงคำตอบโดยประเมินค่าความเหมาะสมจากวัตถุประสงค์ที่มีน้ำหนักมากที่สุด

   จำนวนสตริงที่ผ่านการคัดเลือก = (จำนวนสตริงทั้งหมด – จำนวนสตริงที่คัดเลือกในขั้นตอนที่ 1) x น้ำหนักของวัตถุประสงค์นั้น

3. คัดเลือกสตริงคำตอบโดยประเมินค่าความเหมาะสมจากวัตถุประสงค์ที่มีน้ำหนักรองลงมา

จำนวนสตริงที่ผ่านการคัดเลือก = (จำนวนสตริงทั้งหมด – จำนวนสตริงที่คัดเลือกไปแล้วในขั้นที่ 1 และ 2) x น้ำหนักของวัตถุประสงค์นั้น

4. คัดเลือกสตริงคำตอบโดยประเมินค่าความเหมาะสมจากวัตถุประสงค์ที่มีน้ำหนักน้อยที่สุด

จำนวนสตริงที่ผ่านการคัดเลือก = จำนวนสตริงทั้งหมด – จำนวนสตริงที่คัดเลือกแล้วในขั้นตอนที่ 1 2 และ 3

สำหรับขั้นตอนของการคัดเลือกสตริงคำตอบโดยวิธี Roulette Wheel Selection มีดังนี้ คือ

1. สร้างวงล้อรูเล็ด ตามขั้นตอนดังนี้ คือ

1) หาค่า Fitness รวมของสตริงคำตอบทั้งหมด *popsize* ตัว ดังสมการที่ 8.11

$$F = \sum_{i=1}^{popsize} f_i \qquad (8.11)$$

โดย f_i = ค่า Fitness ของสตริงตัวที่ I

2) หาค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือก (Probability of Selection) ของสตริงคำตอบแต่ละตัว ดามสมการที่ 8.12

$$p_i = \frac{f_i}{F} \qquad i = 1, 2, \ldots, popsize \qquad (8.12)$$

3) หาค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสม (Cumulative Probability of Selection) ของสตริงคำตอบแต่ละตัว ตามสมการที่ 8.13

$$q_i = \sum_{j=1}^{i} p_j \qquad (8.13)$$

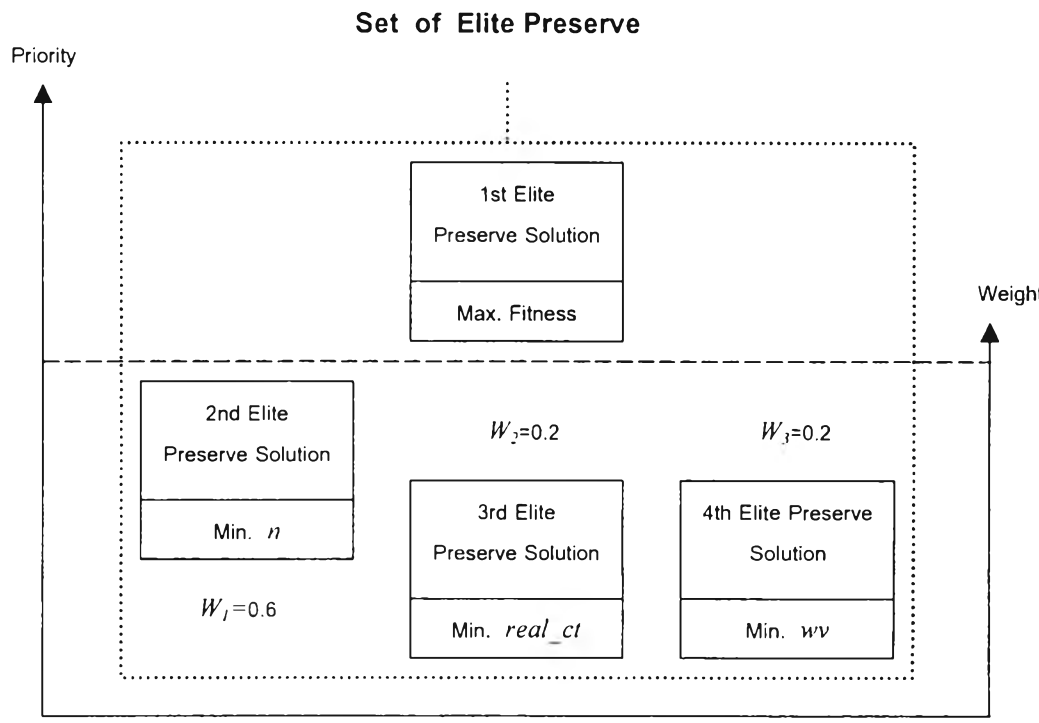
2. สร้างตัวเลขสุ่ม r ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ขึ้นมา 1 ค่า
3. พิจารณาค่า r ที่สุ่มได้ ถ้าหาก $r < q_1$ ให้เลือกสตริงคำตอบตัวแรก แต่ถ้า $q_{i-1} < r < q_i$ (เมื่อ $2 < i < popsize$) ให้เลือกสตริงคำตอบตัวที่ i

4. ทำตามข้อที่ 2 และ 3 จนกว่าจะได้สตริงคำตอบครบตามจำนวนที่ต้องการ

สตริงคำตอบที่ผ่านการคัดเลือกทั้งหมด *popsize* ตัวจะผ่านเข้าสู่ Mating Pool เพื่อทำการจับคู่และครอสโอเวอร์ต่อไป

8.2.4 เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด

เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดจะถูกนำไปใช้ภายหลังการสร้างสตริงคำตอบเบื้องต้น ภายหลังการครอสโอเวอร์ และภายหลังการมิวเตชั่นเช่นเดียวกับวิธีการเจเนติกอัลกอ ริทึมแบบวัตถุประสงค์เดียว แต่สำหรับวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมแบบหลายวัตถุประสงค์นี้จะเก็บคำตอบที่ดีที่สุดไว้ถึง 4 คำตอบจากคำตอบทั้งหมด *popsize* ตัว ซึ่งคำตอบที่เก็บแต่ละตัวจะมีเงื่อนไขในการเก็บต่างกันคือ คำตอบที่เก็บตัวแรกจะใช้ค่า Fitness ที่มากที่สุดเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา ส่วนอีก 3 ตัวที่เหลือจะใช้จำนวนสถานีทำงาน รอบเวลาการผลิตจริง และค่า Workload Variance ที่น้อยที่สุดเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาตามลำดับ โดยจะถือว่าคำตอบที่เก็บตัวแรกซึ่งให้ค่า Fitness สูงที่สุดจะมี Priority เหนือคำตอบอีก 3 คำตอบที่เหลือ ส่วนตัวอื่นๆ จะมี priority ตามน้ำหนักความสำคัญของวัตถุประสงค์นั้นๆ ดังรูปที่ 8.1 คำตอบที่เก็บไว้ทั้ง 4 ตัวนี้อาจมีบางตัวที่ซ้ำกันก็ได้



รูปที่ 8.1 ตัวอย่างการจัดลำดับ Priority ของเกณฑ์ในการเลือกเก็บคำตอบ

เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

1) Initial Elite Preserve Strategy

เป็นจุดเริ่มต้นของเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด ซึ่งจะกระทำเพียงครั้งเดียวภายหลังจากการสร้างสตริงคำตอบเบื้องต้นในตอนต้นของกระบวนการ GAs และผ่านการถอดรหัสรวมทั้งการประเมินค่าเรียบร้อยแล้ว สตริงคำตอบตัวที่มีค่า Fitness มากที่สุดจะถูกเก็บค่าไว้เป็นสตริงคำตอบที่ดีที่สุดตัวแรก (1^{st} Elite Preserve Solution) และสตริงคำตอบตัวที่มีจำนวนสถานีทำงาน รอบเวลาการผลิตจริง และค่า wv น้อยที่สุดจะถูกเก็บเป็นสตริงคำตอบที่เก็บไว้ตัวที่ 2 3 และ 4 ตามลำดับ

2) Post-crossover Elite Preserve Strategy

เป็นเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดที่ใช้ภายหลังจากที่เสร็จสิ้นกระบวนการครอสโอเวอร์และทำการถอดรหัสและประเมินค่าเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนการเก็บค่ามีดังนี้ คือ

1. ให้พิจารณาค่า Fitness จำนวนสถานีทำงาน รอบเวลาการผลิตจริง และค่า Workload Variance ของสตริงทุกตัวภายหลังการครอสโอเวอร์ แล้วเลือกสตริงที่มีค่า Fitness ที่ดีที่สุดและสตริงที่ดีที่สุดในแต่ละวัตถุประสงค์มาอย่างละ 1 ตัว
2. นำสตริงคำตอบดีที่สุดที่เก็บเอาไว้ทั้ง 4 ตัว (Set of Elite Preserve Solutions) มาเปรียบเทียบกับสตริงคำตอบทั้ง 4 ตัวที่ได้จากข้อที่ 1 เป็นคู่ๆตามเกณฑ์การพิจารณา ถ้าหากสตริงคำตอบที่ได้จากข้อที่ 1 ตัวใดดีกว่าก็ให้เอาสตริงคำตอบตัวใหม่เข้าไปเก็บแทนตัวเดิม

การเปรียบเทียบคำตอบแต่ละคู่จะมีหลักในการเปรียบเทียบ ดังนี้

ก. การเปรียบเทียบสตริงคำตอบที่ใช้ค่า Fitness สูงสุดเป็นเกณฑ์

เมื่อพิจารณาการหาค่า Fitness จากสมการที่ 8.7 จะเห็นได้ว่า ผลรวมของจำนวนสถานี ผลรวมของรอบเวลาการผลิตจริง และผลรวมของค่า Workload Variance ในสมการ จะได้มาจากการรวมค่าของสตริงคำตอบทั้งหมดในเจนเนอเรชั่นนั้นๆ ดังนั้นสตริงคำตอบที่มาจากคนละเจนเนอเรชั่นจะมีค่า Fitness ที่คำนวณมาจากหน่วยพื้นฐานที่แตกต่างกัน จึงไม่สามารถนำค่า Fitness มาเปรียบเทียบกันได้โดยตรง แต่ต้องนำสตริงที่จะทำการเปรียบเทียบนี้มาหาผลรวมต่างๆใหม่ และนำไปหาค่า Fitness อีกครั้งเสีย

ก่อนแล้วจึงทำการเปรียบเทียบ ถ้าสตริงคำตอบที่ได้จากการครอสโอเวอร์ดีกว่าก็ให้นำสตริงคำตอบตัวใหม่ไปแทนที่สตริงที่เก็บไว้ตัวเดิม

ข. การเปรียบเทียบสตริงคำตอบที่ใช้ค่าวัตถุประสงค์ต่ำที่สุดเป็นเกณฑ์

สำหรับการเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ของสตริงคำตอบที่ได้จากการครอสโอเวอร์กับสตริงคำตอบที่เก็บไว้ สามารถนำค่าของวัตถุประสงค์นั้นๆมาเปรียบเทียบกันได้โดยตรง ถ้าหากสตริงคำตอบที่ได้จากการครอสโอเวอร์ดีกว่าก็ให้นำสตริงคำตอบตัวใหม่ไปแทนที่สตริงที่เก็บไว้ตัวเดิม

3) Elite Preserve Strategy of Generation

เป็นเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดที่ใช้หลังจากที่มีการมิวเตชั่นเรียบร้อยแล้ว สตริงคำตอบที่ได้ภายหลังการมิวเตชั่นจำนวน *popsize* ตัว จะถูกถอดรหัสและประเมินค่า จากนั้นก็ให้เอาสตริงคำตอบที่ดีที่สุดในแต่ละวัตถุประสงค์มาเปรียบเทียบกับสตริงคำตอบที่เก็บไว้ โดยมีวิธีการเช่นเดียวกับในขั้นตอนของ Post-crossver Elite Preserve Strategy แต่จะแตกต่างกันที่เงื่อนไขในการแทนที่สตริงคำตอบ ดังนี้

ก. การเปรียบเทียบและแทนที่สตริงคำตอบที่ใช้ค่า Fitness สูงสุดเป็นเกณฑ์

- ถ้าสตริงที่ได้จากการมิวเตชั่นดีกว่าก็ให้ใช้สตริงตัวใหม่นี้เป็นสตริงที่เก็บตัวแรก (1^{st} Elite Preserve Solution) แทน
- ถ้าสตริงที่เก็บไว้ดีกว่า ให้นำสตริงคำตอบที่เก็บไว้ไปแทนที่สตริงคำตอบภายหลังการมิวเตชั่นตัวที่มีค่า Fitness น้อยที่สุด (ค่า Fitness ที่ใช้นี้ ต้องหามาจากการนำสตริงที่เก็บไว้ไปรวมกับสตริงคำตอบอีก *popsize* ตัวที่ได้ภายหลังการมิวเตชั่น จากนั้นให้นำจำนวนสถานี รอบเวลาการผลิตจริง และค่า *wv* ของสตริงจำนวน *popsize+1* ตัวนี้ไปคำนวณหาค่า Fitness ใหม่)
- ถ้าสตริงคำตอบทั้งสองมีค่า Fitness เท่ากัน ให้ใช้ค่าวัตถุประสงค์ที่มี Priority ถัดลงมา เป็นเกณฑ์ในการตัดสินแทน

ข. การเปรียบเทียบและแทนที่สตริงคำตอบที่ใช้ค่าวัตถุประสงค์ต่ำที่สุดเป็นเกณฑ์

- ถ้าสตริงที่ได้จากการมิวเตชั่นดีกว่าก็ให้ใช้สตริงตัวใหม่นี้เป็นสตริงที่เก็บไว้แทน

Variance ที่ได้จากสตริงคำตอบเบื้องต้นมาคำนวณ แล้วจึงทำการเปรียบเทียบ ถ้าสตริงคำตอบที่ได้จากการครอสโอเวอร์ดีกว่าก็ให้นำสตริงคำตอบตัวใหม่ไปแทนที่สตริงที่เก็บไว้ตัวเดิม

ข. การเปรียบเทียบสตริงคำตอบที่ใช้ค่าวัดถุประสงค์ต่ำที่สุดเป็นเกณฑ์

สำหรับการเปรียบเทียบค่าวัดถุประสงค์ของสตริงคำตอบที่ได้จากการครอสโอเวอร์กับสตริงคำตอบที่เก็บไว้ สามารถนำค่าของวัดถุประสงค์นั้นๆมาเปรียบเทียบกันได้โดยตรง ถ้าหากสตริงคำตอบที่ได้จากการครอสโอเวอร์ดีกว่าก็ให้นำสตริงคำตอบตัวใหม่ไปแทนที่สตริงที่เก็บไว้ตัวเดิม

3) Elite Preserve Strategy of Generation

เป็นเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดที่ใช้หลังจากที่มีการมิวเตชั่นเรียบร้อยแล้ว สตริงคำตอบที่ได้ภายหลังการมิวเตชั่นจำนวน *popsize* ตัว จะถูกถอดรหัสและประเมินค่า จากนั้นก็ให้เอาสตริงคำตอบที่ดีที่สุดในแต่ละวัตถุประสงค์มาเปรียบเทียบกับสตริงคำตอบที่เก็บไว้ โดยมีวิธีการเช่นเดียวกับในขั้นตอนของ Post-crossver Elite Preserve Strategy แต่จะแตกต่างกันที่เงื่อนไขในการแทนที่สตริงคำตอบ ดังนี้

ก. การเปรียบเทียบและแทนที่สตริงคำตอบที่ใช้ค่า Fitness สูงสุดเป็นเกณฑ์

- ถ้าสตริงที่ได้จากการมิวเตชั่นดีกว่าก็ให้ใช้สตริงตัวใหม่นี้เป็นสตริงที่เก็บตัวแรก (1^{st} Elite Preserve Solution) แทน
- ถ้าสตริงที่เก็บไว้ดีกว่า ให้นำสตริงคำตอบที่เก็บไว้ไปแทนที่สตริงคำตอบภายหลังการมิวเตชั่นตัวที่มีค่า Fitness น้อยที่สุด (ค่า Fitness ที่ใช้นี้ ต้องหามาจากการนำสตริงที่เก็บไว้ไปรวมกับสตริงคำตอบอีก *popsize* ตัวที่ได้ภายหลังการมิวเตชั่น จากนั้นให้นำจำนวนสถานี รอบเวลาการผลิตจริง และค่า *wv* ของสตริงจำนวน *popsize+1* ตัวนี้ไปคำนวณหาค่า Fitness ใหม่)
- ถ้าสตริงคำตอบทั้งสองมีค่า Fitness เท่ากัน ให้ใช้ค่าวัดถุประสงค์ที่มี Priority ถัดลงมา เป็นเกณฑ์ในการตัดสินแทน

ข. การเปรียบเทียบและแทนที่สตริงคำตอบที่ใช้ค่าวัดถุประสงค์ต่ำที่สุดเป็นเกณฑ์

- ถ้าสตริงที่ได้จากการมิวเตชั่นดีกว่าก็ให้ใช้สตริงตัวใหม่นี้เป็นสตริงที่เก็บไว้แทน
- ถ้าสตริงที่เก็บไว้ดีกว่า ให้นำสตริงคำตอบที่เก็บไว้ไปแทนที่สตริงคำตอบภายหลังการมิวเตชั่นตัวที่มีค่าวัดถุประสงค์นั้นแย่ที่สุด ถ้าหากสตริงตัวที่มีค่าวัดถุประสงค์ที่แย่ที่สุดนี้เป็นค่าที่ถูกแทนที่มาก่อนแล้วจากวัดถุประสงค์ที่มี Priority สูงกว่า ก็ให้ทำการแทนที่สตริงตัวที่มีค่าวัดถุประสงค์ที่แย่ที่สุดรองลงมาแทน
- ถ้าสตริงคำตอบทั้งสองมีค่าวัดถุประสงค์เท่ากันเท่ากัน ให้ใช้ค่า Fitness ที่คำนวณจากค่าวัดถุประสงค์ต่างๆของสตริงทั้งสองนี้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินแทน

8.4 สรุปท้ายบท

วิธีการเจเนติกอัลกอริทึมแบบหลายวัตถุประสงค์ที่นำมาใช้กับปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบที่พิจารณาวัตถุประสงค์ในการจัด 3 ประการคือเพื่อให้จำนวนสถานีทำงานน้อยที่สุด รอบเวลาผลิตจริงต่ำที่สุด และความแปรปรวนของภาระงานน้อยที่สุดพร้อมกัน จะมีโครงสร้างเหมือนกับเจเนติกอัลกอริทึมแบบวัตถุประสงค์เดียว แต่จะมีรายละเอียดในส่วนของการถอดรหัส การประเมินค่า การคัดเลือกคำตอบ และเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดต่างกัน

การถอดรหัสของ MOGA จะต้องมีการสุ่มจำนวนสถานีทำงานเพื่อหารอบเวลาการผลิตที่จะใช้เป็นตัวกำหนดความสามารถของแต่ละสถานีทำงานเสียก่อน แล้วจึงค่อยนำงานมาจัดตามลำดับในสตริงคำตอบ ในส่วนของการประเมินค่าจะพิจารณาความเหมาะสมของสตริงคำตอบแต่ละตัวจากค่าวัดถุประสงค์รวมซึ่งหาได้จากการนำเอาวัดถุประสงค์ที่สนใจทั้งสามตัวมารวมกันแบบคิดน้ำหนัก การคัดเลือกสตริงคำตอบจะดูจากค่าความเหมาะสม วิธีการคัดเลือกที่ใช้คือวิธี Roulette Wheel Selection เนื่องจากต้องการความหลากหลายของสตริงคำตอบในแต่ละเจนเนอเรชั่น

เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดที่นำมาใช้จะแตกต่างจากเดิมเล็กน้อยคือจะเก็บค่าที่ดีที่สุด 4 ค่าตามเกณฑ์การพิจารณาต่างๆคือ จะเก็บสตริงคำตอบที่มีค่าวัดถุประสงค์รวมสูงที่สุด 1 ค่า และเก็บสตริงคำตอบที่ให้ค่าวัดถุประสงค์ที่ดีที่สุดอีกวัดถุประสงค์ละ 1 ค่า Priority ในการเก็บจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักที่ให้กับแต่ละวัดถุประสงค์โดยที่ค่าวัดถุประสงค์รวมจะมี Priority สูงที่สุด การเก็บค่าจะทำภายหลังการสร้างสตริงคำตอบเบื้องต้น ภายหลังการครอสโอเวอร์ และภายหลังการมิวเตชั่น ทั้งนี้เพื่อช่วยรักษาคำตอบที่ดีให้คงอยู่ต่อไปถึงเจนเนอเรชั่นถัดไป