

การเปรียบเทียบผลการจัดสมดุลสายการประกอบลักษณะตัวยู
ที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์ผสมโดยวิธีอัลกอริทึมการบรรจบ
รวมกับ NSGA-II และ M-NSGA-II

หลังจากที่ได้ทำการทดลองหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด ในการแก้ปัญหาตัวอย่างการจัดสมดุลสายการประกอบลักษณะตัวยูแบบ ที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์ผสมทั้ง 4 ปัญหาแล้วนั้น ขั้นตอนต่อไปคือการนำอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับ NSGA-II และ M-NSGA-II ที่เสนอมาทดลองแก้ปัญหาโดยใช้พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่หาได้ แล้วนำคำตอบที่ได้ไปเปรียบเทียบกับคำตอบที่ได้จากอัลกอริทึมการบรรจบ เจนเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II และ เมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II เพื่อพิจารณาว่าวิธีการใดสามารถให้คำตอบที่ดีกว่ากัน

ในบทนี้จะกล่าวถึงการเปรียบเทียบผลการการจัดสมดุลสายการประกอบลักษณะตัวยูแบบ ที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์ผสมทั้ง 4 ปัญหา โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับ NSGA-II และ M-NSGA-II กับอัลกอริทึมอัลกอริทึมการบรรจบ เจนเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II และ เมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II เพื่อเปรียบเทียบว่าวิธีการหรืออัลกอริทึมใดสามารถให้คำตอบที่ดีกว่ากัน โดยพารามิเตอร์ของอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับ NSGA-II และ M-NSGA-II ที่ใช้นั้นได้จากการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในบทที่ 8 โดยเนื้อหาจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วนตามขนาดของปัญหา ในแต่ละส่วนจะประกอบด้วย 6 ขั้นตอนคือ

1. การทดลองนำวิธีเจนเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ที่เสนอในบทที่ 4 และพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากงานวิจัยก่อนหน้า(Hwang และ Katayama ,2007) ไปใช้ในการแก้ปัญหการจัดสมดุลสายการประกอบลักษณะตัวยู ที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์ผสมของปัญหาตัวอย่าง
2. การทดลองนำวิธีเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ที่เสนอในบทที่ 5 และพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในบทที่ 8 ไปใช้ในการแก้ปัญหการจัดสมดุลสายการประกอบลักษณะตัวยู ที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์ผสมของปัญหาตัวอย่าง
3. การทดลองนำวิธีอัลกอริทึมการบรรจบ ที่เสนอในบทที่ 6 และพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในบทที่ 8 ไปใช้ในการแก้ปัญหการจัดสมดุลสายการประกอบลักษณะตัวยู ที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์ผสมของปัญหาตัวอย่าง

4. การทดลองนำวิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเงินเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ที่เสนอในบทที่ 7 และพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในบทที่ 8 ไปใช้ในการแก้ปัญหาการจัดสมดุสลายการประกอบลักษณะตัวยู ที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์ผสมของปัญหาตัวอย่าง
5. การทดลองนำวิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเมมเมติกติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ที่เสนอในบทที่ 7 และพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในบทที่ 8 ไปใช้ในการแก้ปัญหาการจัดสมดุสลายการประกอบลักษณะตัวยู ที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์ผสมของปัญหาตัวอย่าง
6. การเปรียบเทียบคำตอบที่ได้จากวิธีเงินเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II เมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II อัลกอริทึมการบรรจบ อัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเงินเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II และอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเงินนาติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II

9.1 ปัญหาขนาด 19 ชั้นงาน

9.1.1 การหาคำตอบโดยใช้เงินเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II

สำหรับปัญหาขนาด 19 ชั้นงาน โดยใช้วิธีเงินเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II จะกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องดังนี้คือ

- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากงานวิจัยก่อนหน้า(Hwang และ Katayama, 2007)
ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ : 0.7
ค่าความน่าจะเป็นมิวเตชัน : 0.3
- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากการทดลอง
จำนวนเงินเนอเรชั่น(Generation): Gen = 100

ผลลัพธ์ของคำตอบตามวัตถุประสงค์ทั้งสามวัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีเงินนาติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.1 ผลลัพธ์ของคำตอบ 3 วัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีเจเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ใน ปัญหา 19 ชั้นงาน

จำนวนสถานีงาน	ผลต่างความสัมพันธ์ ในสถานีงาน	กระจายภาระงาน ในสถานีงาน
4	3.4286	0.3841
4	3.5000	0.3775
4	3.5556	0.0866

ผลลัพธ์ชั้นงานที่ถูกจัดสรรลงสถานีงานในตำแหน่งข้างหน้างานและข้างหลัง โดยใช้วิธีเจเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.2 ผลลัพธ์ของการจัดสรรชั้นงานลงสถานีงานวิธีเจเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ใน ปัญหา 19 ชั้นงาน

ลำดับชั้นงาน	2	3	9	16	18	1	5	4	11	13	14	19	10	6	17	7	8	12	15
	10	16	1	18	6	4	5	11	13	14	3	19	17	2	9	8	7	12	15
	16	3	6	1	19	18	14	5	15	9	2	7	8	10	17	13	11	4	12
ตำแหน่งสถานีงาน	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4
	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4
	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4
ตำแหน่งชั้นงาน*	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	2	1	2	2	2	1	2	2	1	1	1	1	2	2	2	1	1

*หมายเหตุ ตำแหน่งชั้นงาน มีค่าเท่ากับ 1 หมายถึง วางงานในตำแหน่งทำงานข้างหน้า (Forward Work)

2 หมายถึง วางงานในตำแหน่งทำงานข้างหลัง (Backward Work)

9.1.2 การหาคำตอบโดยใช้เมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II

สำหรับปัญหาขนาด 19 ชั้นงาน โดยใช้วิธีเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II จะกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องดังนี้คือ

- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากงานวิจัยก่อนหน้า(Hwang และ Katayama ,2007)

ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ : 0.7

ค่าความน่าจะเป็นมิวเทชัน : 0.3

ค่าความน่าจะเป็นในการค้นหาเฉพาะที่ : 0.8

- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากการทดลอง

จำนวนเจนเนอเรชัน(Generation): Gen = 100

วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากร: วิธี Insertion Procedure (IP)

วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเทชัน: วิธี Pairwise Interchange (PI)

ผลลัพธ์ของคำตอบตามวัตถุประสงค์ทั้งสามวัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.3 ผลลัพธ์ของคำตอบ 3 วัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ในปัญหา 19 ชั้นงาน

จำนวนสถานีงาน	ผลต่างความสัมพันธ์ ในสถานีงาน	กระจายภาระงาน ในสถานีงาน
4	3.0000	0.3979
4	3.2000	0.3582
4	3.3333	0.1716
4	3.4286	0.0334
4	3.5000	0.0235

ผลลัพธ์ชั้นงานที่ถูกจัดสรรลงสถานีงานในตำแหน่งข้างหน้างานและข้างหลัง โดยใช้วิธีเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.4 ผลลัพธ์ของการจัดสรรชิ้นงานลงสถานีงานวิธีเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ในปัญหา 19 ชิ้นงาน

ลำดับชิ้นงาน	3 16 2 9 10 5 19 4 11 14 13 17 18 1 7 6 8 12 15
	3 2 10 9 5 4 11 14 19 17 16 18 13 1 7 8 12 6 15
	5 4 19 18 14 11 13 2 8 15 12 7 6 16 1 17 3 10 9
	3 16 5 10 19 17 13 4 11 2 8 14 18 1 7 12 6 9 15
	6 1 19 17 5 4 11 14 13 10 15 9 12 8 7 16 3 18 2
ตำแหน่งสถานีงาน	1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 4
	1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 4
	1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 4
	1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 4
	1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 4
ตำแหน่งชิ้นงาน*	1 2 1 1 1 1 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
	1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1
	1 1 2 2 2 1 1 1 1 2 2 2 2 2 1 1 1 1
	1 2 1 1 2 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
	2 1 2 2 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 1 1

*หมายเหตุ ตำแหน่งชิ้นงาน มีค่าเท่ากับ 1 หมายถึง วางงานในตำแหน่งทำงานข้างหน้า (Forward Work)

2 หมายถึง วางงานในตำแหน่งทำงานข้างหลัง (Backward Work)

9.1.3 การหาคำตอบโดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบ

สำหรับปัญหาขนาด 19 ชิ้นงาน โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบ จะกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องดังนี้คือ

- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากการทดลอง
 - จำนวนเจนเนอเรชัน(Generation): Gen = 100
 - ความน่าจะเป็นในการให้รางวัลและลงโทษ: 0.10
 - วิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงาน: วิธี Greatest Number of Successors
 - ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง: 0.10

ผลลัพธ์ของคำตอบตามวัตถุประสงค์ทั้งสามวัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบ ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.5 ผลลัพธ์ของคำตอบ 3 วัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีการบรรจบในปัญหา 19 ชั้นงาน

จำนวนสถานีงาน	ผลต่างความสัมพัทธ์ ในสถานีงาน	กระจายภาระงาน ในสถานีงาน
4	3.2000	0.2759
4	3.3333	0.1509
4	3.4286	0.0236

ผลลัพธ์ชั้นงานที่ถูกจัดสรรลงสถานีงานในตำแหน่งข้างหน้างานและข้างหลัง โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบ ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.6 ผลลัพธ์ของการจัดสรรชั้นงานลงสถานีงานวิธีอัลกอริทึมการบรรจบในปัญหา 19 ชั้นงาน

ลำดับชั้นงาน	3 10 2 9 4 8 1 6 7 12 15 5 11 16 14 18 13 17 19
	3 10 2 5 9 1 6 7 8 12 4 11 16 14 13 17 19 18 15
	3 5 10 2 9 1 6 7 8 4 12 11 16 14 13 17 19 18 15
ตำแหน่งสถานีงาน	1 1 1 1 2 4 4 4 4 4 3 3 2 2 2 2 2 2
	1 1 1 1 2 4 4 4 4 4 3 3 3 3 3 3 3 2
	1 1 1 1 2 4 4 4 4 4 3 3 3 3 3 3 3 2

หมายเหตุ ตำแหน่งการวางงานจะพิจารณาในลักษณะการหักงอเป็นตัวยู เช่นลำดับงานที่ 1 ชั้นงานที่ 3 อยู่ตำแหน่งสถานีงานที่ 1 วางบนตำแหน่งงานข้างหน้า (Forward Work) ชั้นงานที่ 19 อยู่ตำแหน่งสถานีงานที่ 1 วางบนตำแหน่งงานข้างหลัง (Backward Work)

9.1.4 การหาคำตอบโดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบร่วมกับเจเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II

สำหรับปัญหาขนาด 19 ชั้นงาน โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบร่วมกับเจเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II จะกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องดังนี้คือ

- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากงานวิจัยก่อนหน้า (Hwang และ Katayama, 2007)
ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ : 0.7
ค่าความน่าจะเป็นมิวเทชัน : 0.3

- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากการทดลอง
จำนวนเจนเนอเรชัน(Generation): Gen = 100
ความน่าจะเป็นในการให้รางวัลและลงโทษ: 0.10
วิธีอีวิริติกในการคัดเลือกงาน: วิธี Greatest Number of Successors
ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง: 0.10
จำนวนเจนเนอเรชัน NSGA-II: ร้อยละ 20 ของจำนวนเจนเนอเรชัน

ผลลัพธ์ของคำตอบตามวัตถุประสงค์ทั้งสามวัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเจเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.7 ผลลัพธ์ของคำตอบ 3 วัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีการบรรจบรวมกับเจเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ในปัญหา 19 ชิ้นงาน

จำนวนสถานีงาน	ผลต่างความสัมพัทธ์ ในสถานีงาน	กระจายภาระงาน ในสถานีงาน
4	3.2000	0.2759
4	3.3333	0.1509
4	3.4286	0.0236

ผลลัพธ์ชิ้นงานที่ถูกจัดสรรลงสถานีงานในตำแหน่งข้างหน้างานและข้างหลัง โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเจเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.8 ผลลัพธ์ของการจัดสรรชิ้นงานลงสถานีงานวิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเจเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ในปัญหา 19 ชิ้นงาน

ลำดับชิ้นงาน	2 3 9 10 4 8 1 6 7 12 15 5 11 13 14 18 17 19 16
	5 2 3 10 9 1 6 8 7 12 4 11 16 14 13 17 19 18 15
	5 2 3 10 9 1 6 8 7 4 12 11 13 16 14 17 19 18 15
ตำแหน่งสถานีงาน	1 1 1 1 2 4 4 4 4 4 3 3 2 2 2 2 2 2 2
	1 1 1 1 2 4 4 4 4 4 3 3 3 3 3 3 3 3 2
	1 1 1 1 2 4 4 4 4 4 4 3 3 3 3 3 3 3 2

หมายเหตุ ตำแหน่งการวางงานจะพิจารณาในลักษณะการหักงอเป็นตัวยู เช่นลำดับงานที่ 1 ชิ้นงานที่ 2 อยู่ตำแหน่งสถานีงานที่ 1 วางบนตำแหน่งงานข้างหน้า (Forward Work) ชิ้นงานที่ 16 อยู่ตำแหน่งสถานีงานที่ 1 วางบนตำแหน่งงานข้างหลัง (Backward Work)

9.1.5 การหาคำตอบโดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II

สำหรับปัญหาขนาด 19 ขั้นตอน โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II จะกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องดังนี้คือ

- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากงานวิจัยก่อนหน้า(Hwang และ Katayama, 2007)
 - ค่าความน่าจะเป็นในการครอบสโเวอร์ : 0.7
 - ค่าความน่าจะเป็นมิวเตชัน : 0.3
 - ค่าความน่าจะเป็นในการค้นหาเฉพาะที่ : 0.8
- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากการทดลอง
 - จำนวนเจนเนอเรชัน(Generation): Gen = 100
 - ความน่าจะเป็นในการให้รางวัลและลงโทษ: 0.10
 - วิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงาน: วิธี Greatest Number of Successors
 - ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง: 0.10
 - จำนวนเจนเนอเรชัน NSGA-II: ร้อยละ 20 ของจำนวนเจนเนอเรชัน
 - วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชัน: วิธี Insertion Procedure (IP)

ผลลัพธ์ของคำตอบตามวัตถุประสงค์ทั้งสามวัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.9 ผลลัพธ์ของคำตอบ 3 วัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีการบรรจบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ในปัญหา 19 ชั้นงาน

จำนวนสถานีงาน	ผลต่างความสัมพัทธ์ ในสถานีงาน	กระจายภาระงาน ในสถานีงาน
4	3.2000	0.2759
4	3.3333	0.1509
4	3.4286	0.0236

ผลลัพธ์ชั้นงานที่ถูกจัดสรรลงสถานีงานในตำแหน่งข้างหน้างานและข้างหลัง โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.10 ผลลัพธ์ของการจัดสรรชั้นงานลงสถานีงานวิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ในปัญหา 19 ชั้นงาน

ลำดับชั้นงาน	3 10 2 9 5 1 6 8 7 12 4 11 14 13 17 16 19 18 15
	5 3 10 2 9 4 11 13 17 16 14 19 18 8 1 6 7 12 15
	5 3 10 2 9 1 6 8 7 4 12 11 13 17 14 19 16 18 15
ตำแหน่งสถานีงาน	1 1 1 1 2 4 4 4 4 4 3 3 3 3 3 3 3 3 2
	1 1 1 1 2 4 4 4 4 4 4 4 4 3 3 3 3 3 2
	1 1 1 1 2 4 4 4 4 4 4 3 3 3 3 3 3 3 2

9.1.6 การเปรียบเทียบคำตอบแต่ละอัลกอริทึม

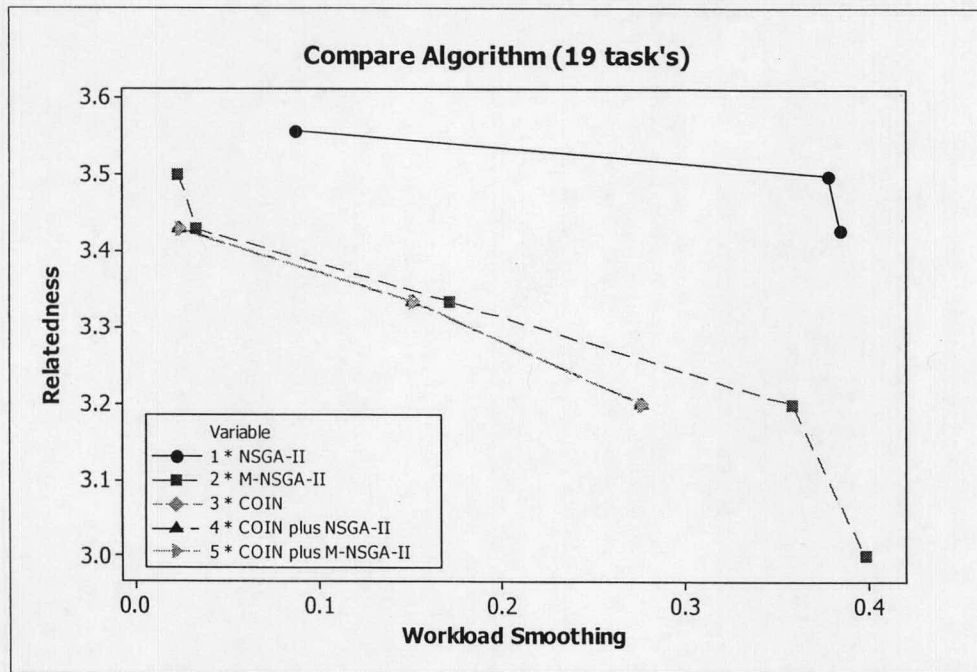
ผลลัพธ์ของคำตอบที่เหมาะสมทั้งหมด ตามพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ในแต่ละอัลกอริทึม ทั้ง 5 อัลกอริทึม ดังนี้

ตารางที่ 9.11 ผลลัพธ์ของคำตอบ 3 วัตถุประสงค์ ทั้ง 5 อัลกอริทึมในปัญหา 19 ชั้นงาน

อัลกอริทึม	จำนวนสถานีงาน	ผลต่างความสัมพัทธ์ ในสถานีงาน	กระจายภาระงาน ในสถานีงาน
NSGA-II	4	3.4286	0.3841
	4	3.5000	0.3775
	4	3.5556	0.0866
M-NSGA-II	4	3.0000	0.3979
	4	3.2000	0.3582
	4	3.3333	0.1716
	4	3.4286	0.0334
	4	3.5000	0.0235
COIN	4	3.2000	0.2759
	4	3.3333	0.1509
	4	3.4286	0.0236
COIN plus NSGA-II	4	3.2000	0.2759
	4	3.3333	0.1509
	4	3.4286	0.0236
COIN plus M-NSGA-II	4	3.2000	0.2759
	4	3.3333	0.1509
	4	3.4286	0.0236

ตารางที่ 9.12 true-Pareto Optimal Frontier ที่หาได้ของอัลกอริทึมทั้งหมด ในปัญหา 19 ชั้นงาน

จำนวนสถานีงาน	ผลต่างความสัมพัทธ์ ในสถานีงาน	กระจายภาระงาน ในสถานีงาน
4	3	0.3979
4	3.2	0.2759
4	3.3333	0.1509
4	3.4286	0.0236
4	3.5	0.0235



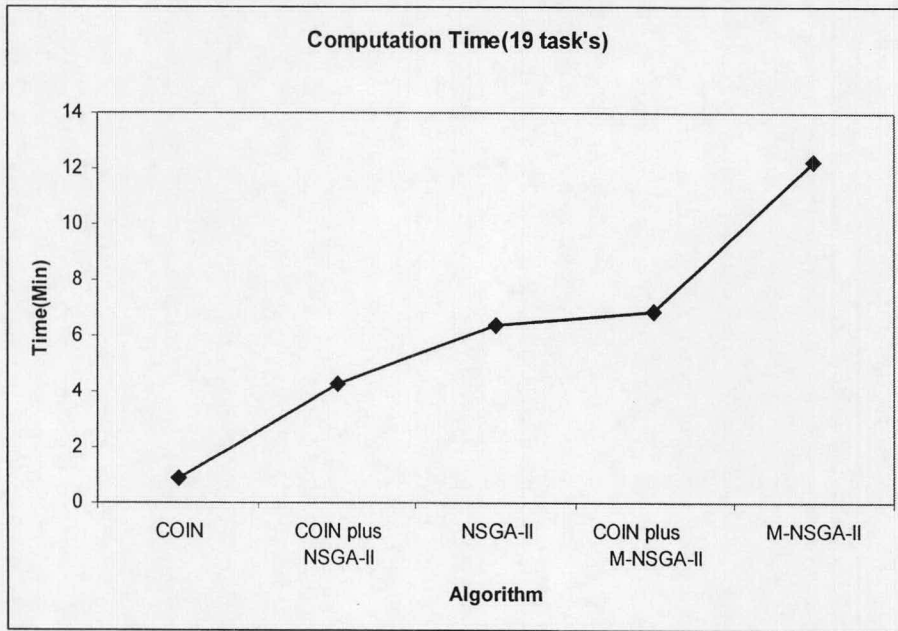
รูปที่ 9.1 การเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์อัลกอริทึมทั้งหมด ปัญหาขนาด 19 ชิ้นงาน

ผลลัพธ์ของคำตอบทั้ง 5 อัลกอริทึม จะนำมาเปรียบเทียบกับ true-Pareto Optimal Frontier เพื่อกำหนดตัวชี้วัดสมรรถนะทั้งหมด 3 สมรรถนะ คือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) ได้ผลดังตารางที่

ตารางที่ 9.13 ค่าของตัวชี้วัดสมรรถนะทั้ง 3 สมรรถนะ ในปัญหา 19 ชิ้นงาน

ตัวชี้วัดสมรรถนะ	NSGA-II	M-NSGA-II	COIN	COIN plus NSGA-II	COIN plus M-NSGA-II
Convergence	0.4381	0.0603	0.1317	0.1317	0.1317
Spread	0.6557	0.4948	0.5390	0.5390	0.5390
Ratio	0	0.4000	1.0000	1.0000	1.0000

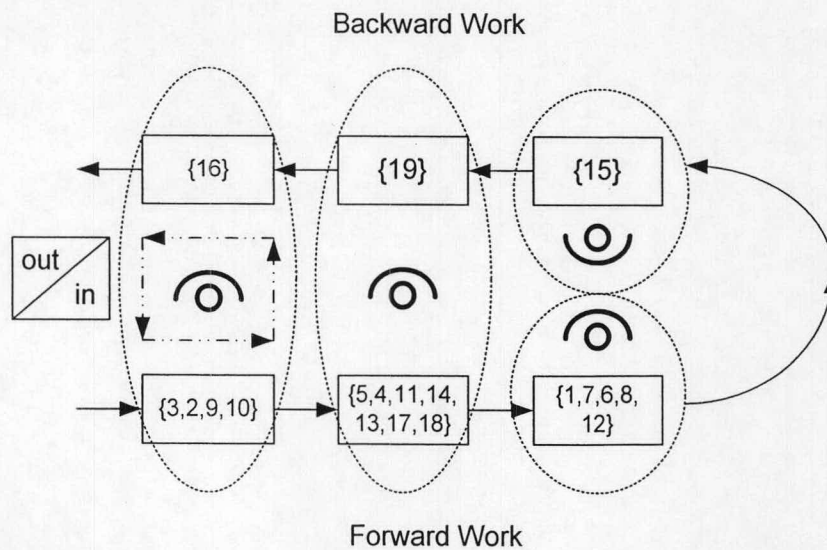
จากตารางที่ 9.13 พบว่าเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II จะให้ได้ผลลัพธ์ของคำตอบในด้านการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) และการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) ดีที่สุด ซึ่งมีค่าที่เหมาะสม 2 ใน 3 ของตัวชี้วัดสมรรถนะ



รูปที่ 9.2 เวลาที่ใช้ในการคำนวณในแต่ละอัลกอริทึม ขนาดปัญหา 19 ชั้นงาน

พิจารณาในด้านเวลาในการคำนวณพบว่าวิธีอัลกอริทึมการบรรจบ(COIN) เป็นวิธีการที่ใช้เวลาในการคำนวณน้อยที่สุดและยังได้คำตอบเช่นเดียวกับวิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเจเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II (COIN plus NSGA-II) และ อัลกอริทึมการบรรจบเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II (COIN plus M-NSGA-II)

สรุปได้ว่าในขนาดปัญหา 19 ชั้นงาน วิธีการเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II จะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบมากที่สุด แต่ก็ยังมีข้อเสียในด้านเวลาการคำนวณซึ่งจะใช้เวลาในการคำนวณมากกว่าอัลกอริทึมอื่น ๆ รูปตัวอย่างของคำตอบที่ได้จากเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II



รูปที่ 9.3 ตัวอย่างคำตอบการจัดสรรชั้นงานลงสถานีงานเมื่อปัญหาขนาด 19 ชั้นงาน

9.2 ปัญหาขนาด 36 ชั้นงาน

9.2.1 การหาคำตอบโดยใช้เงินเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II

สำหรับปัญหาขนาด 36 ชั้นงาน โดยใช้วิธีเงินเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II จะกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องดังนี้คือ

- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากงานวิจัยก่อนหน้า(Hwang และ Katayama ,2007)
ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ : 0.7
ค่าความน่าจะเป็นมิวเตชัน : 0.3
- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากการทดลอง
จำนวนเงินเนอเรชั่น(Generation): Gen = 100

ผลลัพธ์ของคำตอบตามวัตถุประสงค์ทั้งสามวัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีเงินเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.14 ผลลัพธ์ของคำตอบ 3 วัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีเงินเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ในปัญหา 36 ชั้นงาน

จำนวนสถานีงาน	ผลต่างความสัมพัทธ์ ในสถานีงาน	กระจายภาระงาน ในสถานีงาน
5	4.5455	784.310
5	4.6154	517.192
5	4.6429	456.618

ผลลัพธ์ชั้นงานที่ถูกจัดสรรลงสถานีงานในตำแหน่งข้างหน้างานและข้างหลัง โดยใช้วิธีเงินเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.15 ผลลัพธ์ของการจัดสรรชั้นงานลงสถานีนงานวิธีเจนนาคัดกักริทีมแบบ NSGA-II ใน ปัญหา 36 ชั้นงาน

ลำดับชั้นงาน	12 6 7 8 1 2 3 9 5 15 17 18 16 19 10 4 11 36 35 34 33
	32 31 30 29 28 27 26 25 24 23 13 14 20 21 22
	8 1 2 3 5 36 35 34 6 33 15 17 16 9 18 19 10 11 7 13 4
	12 14 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32
ตำแหน่ง สถานีนงาน	4 6 7 12 8 5 9 1 2 3 15 17 18 16 19 36 35 34 33 10 11
	32 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 14 13
	1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 4
	4 4 4 4 4 4 5 5 5 5 5 5 5 5
ตำแหน่งชั้น งาน*	1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 4
	4 4 4 4 4 4 5 5 5 5 5 5 5 5
	1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 4
	4 4 4 4 4 4 5 5 5 5 5 5 5 5
ตำแหน่งชั้น งาน*	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2
	2 2 2 2 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1
	1 1 1 1 1 2 2 2 1 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
ตำแหน่งชั้น งาน*	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 1 1 2 2
	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 1

*หมายเหตุ ตำแหน่งชั้นงาน มีค่าเท่ากับ 1 หมายถึง วางงานในตำแหน่งทำงานข้างหน้า (Forward Work)
2 หมายถึง วางงานในตำแหน่งทำงานข้างหลัง (Backward Work)

9.2.2 การหาคำตอบโดยใช้เมมเมติกัลกอริทีมแบบ M-NSGA-II

สำหรับปัญหาขนาด 36 ชั้นงาน โดยใช้วิธีเมมเมติกัลกอริทีมแบบ M-NSGA-II จะกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องดังนี้คือ

- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากงานวิจัยก่อนหน้า(Hwang และ Katayama ,2007)
ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ : 0.7
ค่าความน่าจะเป็นมิวเตชัน : 0.3
ค่าความน่าจะเป็นในการค้นหาเฉพาะที่ : 0.8

- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากการทดลอง

จำนวนเจนเนอเรชัน(Generation): Gen = 100

วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากร: วิธี 3-Opt

วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชัน: วิธี Pairwise Interchange (PI)

ผลลัพธ์ของคำตอบตามวัตถุประสงค์ทั้งสามวัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.16 ผลลัพธ์ของคำตอบ 3 วัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ในปัญหา 36 ชั้นงาน

จำนวนสถานีงาน	ผลต่างความสัมพันธ์ ในสถานีงาน	กระจายภาระงาน ในสถานีงาน
5	4.4444	554.544
5	4.5000	432.229
5	4.5455	237.852
5	4.5833	179.096
5	4.6154	79.407

ผลลัพธ์ชั้นงานที่ถูกจัดสรรลงสถานีงานในตำแหน่งข้างหน้างานและข้างหลัง โดยใช้วิธีเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.17 ผลลัพธ์ของการจัดสรรชิ้นงานลงสถานีงานวิธีเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II
ในปีปัญหา 36 ชิ้นงาน

ลำดับชิ้นงาน	9 10 11 12 5 13 14 20 6 7 15 18 16 17 19 21 1 2 3 4 8 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36
	9 10 12 5 11 13 14 1 6 7 15 18 16 17 19 20 21 2 3 4 8 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36
	15 17 9 1 2 3 4 16 18 19 10 11 12 8 13 14 5 36 35 34 33 32 31 30 29 28 27 6 7 26 25 24 23 22 21 20
	5 9 12 1 2 3 4 15 17 10 11 18 8 13 14 16 19 36 35 34 33 32 31 30 29 28 27 6 7 26 25 24 23 22 21 20
	12 6 7 13 9 10 11 5 14 15 18 36 35 16 20 34 33 32 31 30 17 19 21 8 22 23 24 1 2 3 29 28 27 26 25 4
ตำแหน่ง สถานีงาน	1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 4 4 4 4 4 4 4 5 5 5 5 5 5
	1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 4 4 4 4 4 4 4 5 5 5 5 5 5
	1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 4 4 4 4 4 4 4 5 5 5 5 5 5
	1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 4 4 4 4 4 4 4 5 5 5 5 5 5
	1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 4 4 4 4 4 4 4 5 5 5 5 5 5
ตำแหน่งชิ้น งาน*	1 1
	1 1
	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 1 1 2 2 2 2 2 2 1
	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 1 1 2 2 2 2 2 2 1
	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 1 1 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 1
	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 1 1 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 1

*หมายเหตุ ตำแหน่งชิ้นงาน มีค่าเท่ากับ 1 หมายถึง วางงานในตำแหน่งทำงานข้างหน้า (Forward Work)

2 หมายถึง วางงานในตำแหน่งทำงานข้างหลัง (Backward Work)

9.2.3 การหาคำตอบโดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบ

สำหรับปัญหาขนาด 36 ชั้นงาน โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบ จะกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องดังนี้คือ

- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากการทดลอง
จำนวนเจนเนอเรชัน(Generation): Gen = 100
ความน่าจะเป็นในการให้รางวัลและลงโทษ: 0.10
วิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงาน: วิธี Greatest Number of Successors
ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง: 0.10

ผลลัพธ์ของคำตอบตามวัตถุประสงค์ทั้งสามวัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบ ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.18 ผลลัพธ์ของคำตอบ 3 วัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีการบรรจบในปัญหา 36 ชั้นงาน

จำนวนสถานีงาน	ผลต่างความสัมพัทธ์ ในสถานีงาน	กระจายภาระงาน ในสถานีงาน
5	4.5455	274.049
5	4.5833	265.463

ผลลัพธ์ชั้นงานที่ถูกจัดสรรลงสถานีงานในตำแหน่งข้างหน้างานและข้างหลัง โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบ ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.19 ผลลัพธ์ของการจัดสรรชั้นงานลงสถานีงานวิธีอัลกอริทึมการบรรจบในปัญหา 36 ชั้นงาน

ลำดับชั้นงาน	1 5 6 2 15 3 9 18 17 7 12 13 4 10 11 14 20 8 16 19 21
	22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36
ตำแหน่ง สถานีงาน	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3
	3 4 4 4 4 4 4 4 5 5 5 5 5
สถานีงาน	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3
	3 4 4 4 4 4 4 4 5 5 5 5 5

9.2.4 การหาคำตอบโดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเจเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II

สำหรับปัญหาขนาด 36 ชั้นงาน โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเจเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II จะกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องดังนี้คือ

- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากงานวิจัยก่อนหน้า(Hwang และ Katayama ,2007)
ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ : 0.7
ค่าความน่าจะเป็นมิวเทชัน : 0.3
- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากการทดลอง
จำนวนเจเนอเรชัน(Generation): Gen = 100
ความน่าจะเป็นในการให้รางวัลและลงโทษ: 0.10
วิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงาน: วิธี Longest Processing Time
ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง: 0.125
จำนวนเจเนอเรชัน NSGA-II: ร้อยละ 40 ของจำนวนเจเนอเรชัน

ผลลัพธ์ของคำตอบตามวัตถุประสงค์ทั้งสามวัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเจเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.20 ผลลัพธ์ของคำตอบ 3 วัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีการบรรจบรวมกับเจเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ในปัญหา 36 ชั้นงาน

จำนวนสถานีงาน	ผลต่างความสัมพัทธ์ ในสถานีงาน	กระจายภาระงาน ในสถานีงาน
5	4.5	722.759
5	4.5455	327.377
5	4.5833	183.329
5	4.6667	175.591
5	4.6875	174.511

ผลลัพธ์ชิ้นงานที่ถูกจัดสรรลงสถานีงานในตำแหน่งข้างหน้างานและข้างหลัง โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเงินเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.21 ผลลัพธ์ของการจัดสรรชิ้นงานลงสถานีงานวิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเงินเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ในปัญหา 36 ชิ้นงาน

ลำดับชิ้นงาน	12 5 1 2 9 13 3 10 11 14 6 15 16 7 17 18 19 20 21 4 8
	22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36
	9 6 1 7 4 5 2 3 12 10 15 16 8 18 17 11 13 14 19 20 21
	22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36
	12 9 6 4 1 2 3 7 5 8 10 11 13 14 15 17 16 18 19 20 21
22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36	
12 9 6 4 13 1 8 7 10 2 11 3 5 14 15 18 17 16 19 20 21	
22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36	
12 9 6 4 13 1 8 2 10 5 11 7 3 14 15 18 16 17 19 20 21	
22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36	
ตำแหน่งสถานีงาน	2 2 5 5 5 5 5 5 5 5 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 3 3 3
	3 3 3 3 2 2 2 2 1 1 1 1 1
	2 5 5 5 5 5 5 5 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 3 3 3 3
	3 3 2 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1
	2 2 5 5 5 5 5 5 5 5 4 4 4 4 4 4 4 4 4 3 3 3 3
3 3 3 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1	
2 2 5 5 5 5 5 5 5 5 4 4 4 4 4 4 4 4 4 3 3 3 3	
3 3 3 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1	

9.2.5 การหาคำตอบโดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II

สำหรับปัญหาขนาด 36 ชิ้นงาน โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II จะกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องดังนี้คือ

- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากงานวิจัยก่อนหน้า(Hwang และ Katayama ,2007)
 ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ : 0.7
 ค่าความน่าจะเป็นมิวเตชัน : 0.3
 ค่าความน่าจะเป็นในการค้นหาเฉพาะที่ : 0.8

- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากการทดลอง
 จำนวนเจนเนอเรชัน(Generation): Gen = 100
 ความน่าจะเป็นในการให้รางวัลและลงโทษ: 0.10
 วิธีวิวิริกติกในการคัดเลือกงาน: วิธี Longest Processing Time
 ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง: 0.125
 จำนวนเจนเนอเรชัน NSGA-II: ร้อยละ 80 ของจำนวนเจนเนอเรชัน
 วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชัน: วิธี Pairwise Interchange (PI)

ผลลัพธ์ของคำตอบตามวัตถุประสงค์ทั้งสามวัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.22 ผลลัพธ์ของคำตอบ 3 วัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีการบรรจบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ในปัญหา 36 ชั้นงาน

จำนวนสถานีงาน	ผลต่างความสัมพัทธ์ ในสถานีงาน	กระจายภาระงาน ในสถานีงาน
5	4.5	246.612
5	4.5455	224.048
5	4.5833	182.502
5	4.6429	176.896
5	4.6667	176.062
5	4.6875	162.251

ผลลัพธ์ชั้นงานที่ถูกจัดสรรลงสถานีงานในตำแหน่งข้างหน้างานและข้างหลัง โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.23 ผลลัพธ์ของการจัดสรรชิ้นงานลงสถานีงานวิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเมมเมติกัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ในปัญหา 36 ชิ้นงาน

ลำดับชิ้นงาน	6 7 5 1 2 3 4 9 10 11 13 15 18 16 12 14 20 8 17 19 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36
	9 10 11 8 1 2 5 6 4 3 7 12 13 14 15 17 18 16 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36
	13 15 17 1 2 3 6 7 5 4 8 16 18 9 10 11 19 12 14 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36
	15 13 17 1 5 4 8 16 18 9 10 19 12 2 3 6 7 11 14 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36
	13 15 18 1 5 4 8 12 6 7 9 10 17 2 3 16 19 11 14 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36
	13 15 12 1 2 8 5 6 7 9 18 10 11 4 17 14 20 16 19 21 22 23 24 25 26 3 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36
ตำแหน่ง สถานีงาน	5 5 5 5 5 5 5 4 4 4 4 4 4 4 4 4 3 3 3 3 3 3 3 2 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1
	2 2 2 3 5 5 5 5 5 5 5 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 3 3 3 3 3 3 3 2 2 1 1 1 1 1
	2 2 2 5 5 5 5 5 5 5 5 4 4 4 4 4 4 4 3 3 3 3 3 3 3 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1
	2 2 2 5 5 5 5 5 5 5 5 4 4 4 4 4 4 4 3 3 3 3 3 3 3 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1
	2 2 2 5 5 5 5 5 5 5 5 4 4 4 4 4 4 4 3 3 3 3 3 3 3 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1
	2 2 2 5 5 5 5 5 5 5 5 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 3 3 3 3 3 2 2 2 2 1 1 1 1 1

9.2.6 การเปรียบเทียบคำตอบแต่ละอัลกอริทึม

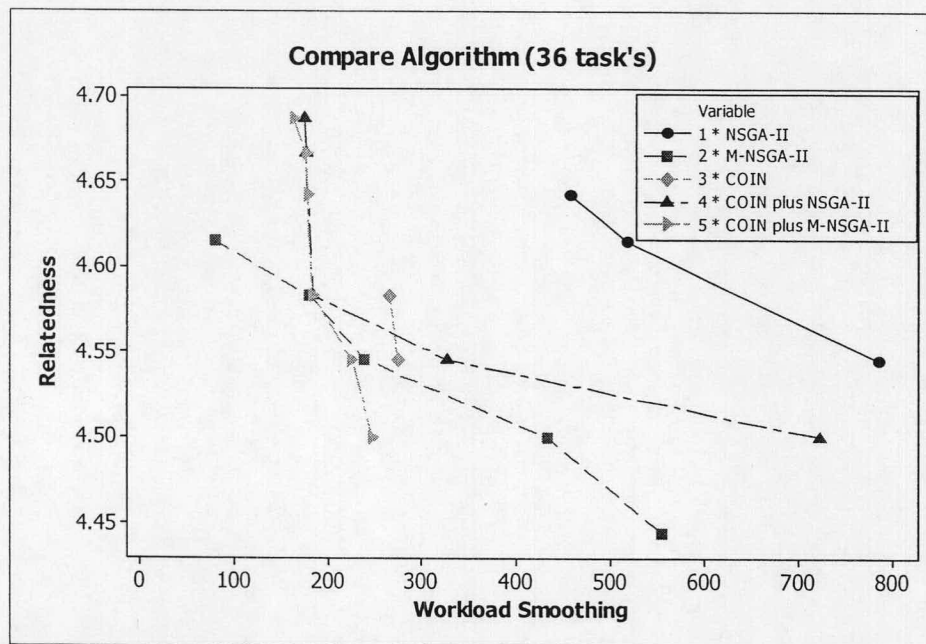
ผลลัพธ์ของคำตอบที่เหมาะสมทั้งหมด ตามพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ในแต่ละอัลกอริทึมทั้ง 5 อัลกอริทึม ดังนี้

ตารางที่ 9.24 ผลลัพธ์ของคำตอบ 3 วัตถุประสงค์ ทั้ง 5 อัลกอริทึมในปัญหา 36 ชั้นงาน

อัลกอริทึม	จำนวนสถานีงาน	ผลต่างความสัมพัทธ์ ในสถานีงาน	กระจายภาระงาน ในสถานีงาน
NSGA-II	5	4.5455	784.310
	5	4.6154	517.192
	5	4.6429	456.618
M-NSGA-II	5	4.4444	554.544
	5	4.5000	432.229
	5	4.5455	237.852
	5	4.5833	179.096
	5	4.6154	79.407
COIN	5	4.5455	274.049
	5	4.5833	265.463
COIN plus NSGA-II	5	4.5	722.759
	5	4.5455	327.377
	5	4.5833	183.329
	5	4.6667	175.591
	5	4.6875	174.511
COIN plus M-NSGA-II	5	4.5	246.612
	5	4.5455	224.048
	5	4.5833	182.502
	5	4.6429	176.896
	5	4.6667	176.062
	5	4.6875	162.251

ตารางที่ 9.25 true-Pareto Optimal Frontier ที่หาได้ของอัลกอริทึมทั้งหมด ในปัญหา 36 ชั้นงาน

จำนวนสถานีงาน	ผลต่างความสัมพันธ์ ในสถานีงาน	กระจายภาระงาน ในสถานีงาน
5	4.4444	554.544
5	4.5	246.612
5	4.5455	224.048
5	4.5833	179.096
5	4.6154	79.407



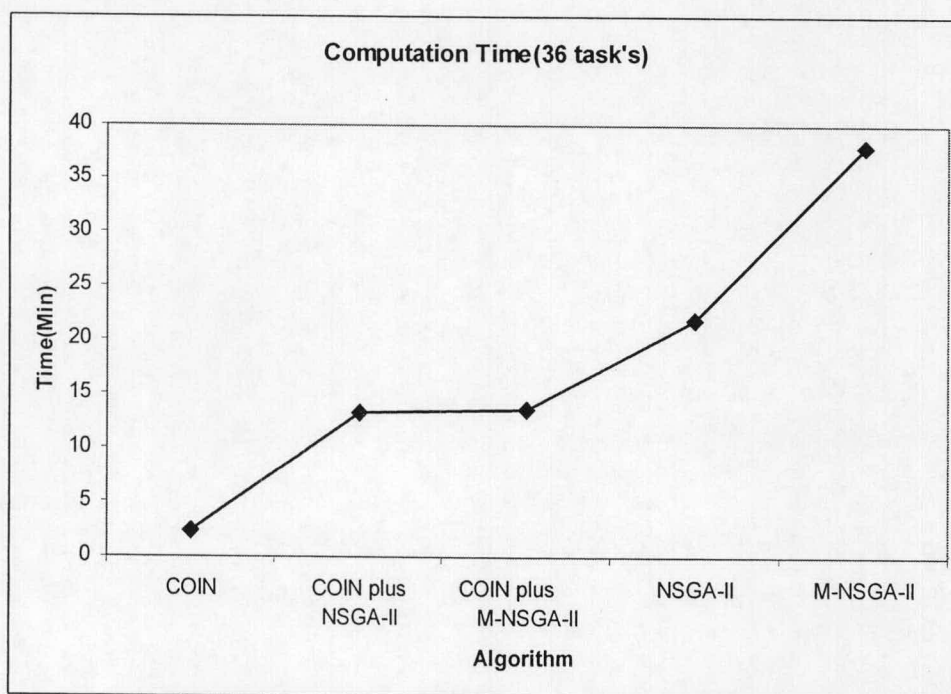
รูปที่ 9.4 การเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์อัลกอริทึมทั้งหมด ปัญหาขนาด 36 ชั้นงาน

ผลลัพธ์ของคำตอบทั้ง 5 อัลกอริทึม จะนำมาเปรียบเทียบกับ true-Pareto Optimal Frontier เพื่อคำนวณหาตัวชี้วัดสมรรถนะทั้งหมด 3 สมรรถนะ คือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) ได้ผลดังตารางที่ 9.25

ตารางที่ 9.26 ค่าของตัวชี้วัดสมรรถนะทั้ง 3 สมรรถนะ ในปัญหา 36 ชั้นงาน

ตัวชี้วัดสมรรถนะ	NSGA-II	M-NSGA-II	COIN	COIN plus NSGA-II	COIN plus M-NSGA-II
Convergence	0.5788	0.0592	0.3658	0.3658	0.1857
Spread	0.7629	0.4987	0.7500	0.7500	0.5439
Ratio	0	0.6000	0	0	0.3333

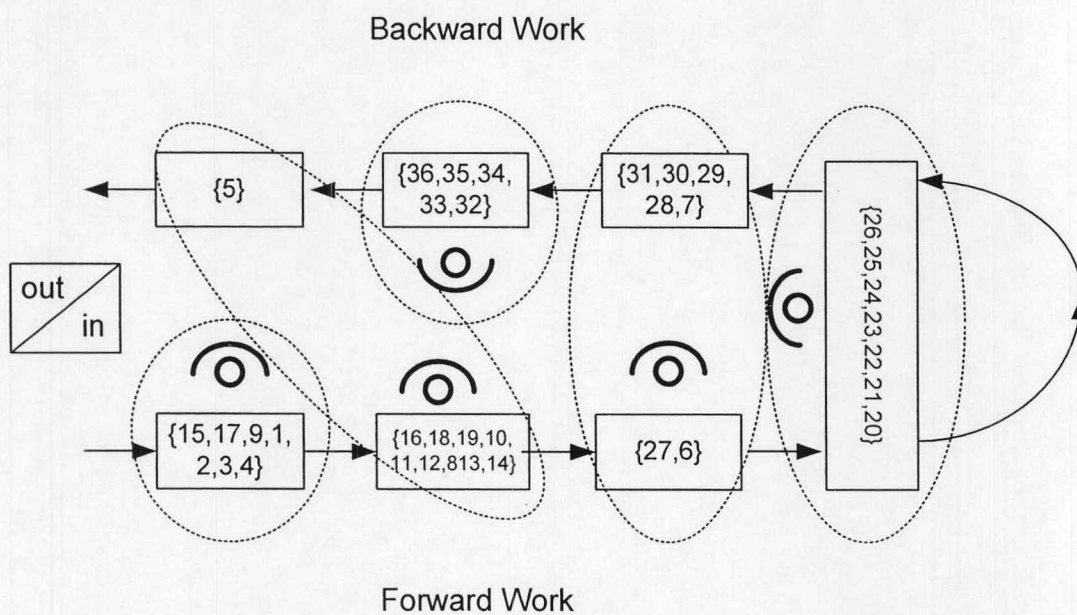
จากตารางที่ 9.26 พบว่าเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II จะให้ได้ผลลัพธ์ของคำตอบในด้านการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) ที่ดีกว่าทุกอัลกอริทึม ในด้านเวลาในการคำนวณพบว่าวิธีเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II จะใช้เวลาในการคำนวณมากที่สุด



รูปที่ 9.5 เวลาที่ใช้ในการคำนวณในแต่ละอัลกอริทึม ขนาดปัญหา 36 ชั้นงาน

สรุปได้ว่าในขนาดปัญหา 36 ชั้นงาน วิธีการเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพที่สุดเมื่อเทียบกับอัลกอริทึมอื่น แต่ยังมีข้อเสียในด้านเวลาซึ่งจะใช้เวลาการ

คำนวณค่อนข้างมากกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ รูปตัวอย่างของคำตอบที่ได้จากวิธีการเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II



รูปที่ 9.6 ตัวอย่างคำตอบการจัดสรรชิ้นงานลงสถานีงานเมื่อปัญหาขนาด 36 ชิ้นงาน

9.3 ปัญหาขนาด 61 ชิ้นงาน

9.3.1 การหาคำตอบโดยใช้เจเนเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II

สำหรับปัญหาขนาด 61 ชิ้นงาน โดยใช้วิธีเจเนเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II จะกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องดังนี้คือ

- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากงานวิจัยก่อนหน้า(Hwang และ Katayama ,2007)
 - ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ : 0.7
 - ค่าความน่าจะเป็นมิวเตชัน : 0.3
- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากการทดลอง
 - จำนวนเจเนเนอรัชัน(Generation): Gen = 150

ผลลัพธ์ของคำตอบตามวัตถุประสงค์ทั้งสามวัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีเงินเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.27 ผลลัพธ์ของคำตอบ 3 วัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีเงินเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ในปัญหา 61 ชั้นงาน

จำนวนสถานีงาน	ผลต่างความสัมพัทธ์ ในสถานีงาน	กระจายภาระงาน ในสถานีงาน
10	9.5455	1.5808
10	9.5652	1.3240
10	9.6000	1.2645
10	9.6154	1.1054
10	9.6296	0.8626
10	9.6429	0.8264
10	9.6667	0.6340

ผลลัพธ์ชั้นงานที่ถูกจัดสรรลงสถานีงานในตำแหน่งข้างหน้างานและข้างหลัง โดยใช้วิธีเงินเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.28 ผลลัพธ์ของการจัดสรรชิ้นงานลงสถานีงานวิธีเจเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ใน ปัญหา 61 ชิ้นงาน

ลำดับชิ้นงาน	17 15 16 39 12 11 10 51 52 46 18 19 1 2 3 9 8 14 13 7 6
	4 28 29 30 34 31 32 33 5 35 36 37 38 26 20 21 22 23 24 25
	27 40 41 42 43 44 48 45 47 49 50 53 54 59 57 58 60 55 56 61
	1 2 3 26 28 29 39 51 52 17 9 8 46 30 34 31 32 4 5 6 7
	13 10 11 14 33 35 36 37 38 40 41 42 43 44 48 45 47 49 50 15
	18 19 20 24 25 21 12 22 23 27 53 54 59 57 58 60 55 56 16 61
	39 61 60 59 1 15 14 18 58 57 26 13 17 4 5 9 8 46 19 20 24
21 22 35 36 37 38 23 28 29 30 31 32 33 6 16 56 55 54 2 3 7	
10 11 12 25 27 34 53 52 50 49 47 48 51 45 44 40 41 42 43	
18 26 39 19 20 24 25 61 56 28 29 30 31 32 33 4 55 17 46 35	
36 37 38 9 8 16 1 2 5 6 58 57 12 11 10 21 22 23 27 3 7	
13 14 15 34 51 52 40 41 42 43 44 47 48 45 49 50 53 54 59 60	
26 17 18 4 61 60 58 5 9 6 51 8 12 1 56 55 35 36 37 38 19	
20 52 15 14 21 22 23 39 40 41 42 43 44 48 47 28 46 24 25 27	
16 57 45 59 54 53 50 49 33 32 31 34 30 13 29 2 3 7 10 11	
39 18 61 56 26 15 14 13 17 4 5 55 46 19 20 24 21 22 35 36	
37 38 9 8 23 1 2 28 29 30 31 32 33 58 57 6 16 3 7 10 11	
12 25 27 34 51 52 40 41 42 43 44 47 48 45 49 50 53 54 59 60	
61 60 59 1 28 51 52 16 58 57 46 26 17 12 9 15 14 13 11 10	
4 8 7 3 35 36 37 38 6 18 19 20 21 22 23 56 55 54 2 29 5	
53 27 50 49 47 33 32 31 34 45 48 44 43 42 41 40 39 25 24 30	

ตารางที่ 9.28 ผลลัพธ์ของการจัดสรรชั้นงานลงสถานีนงานวิธีเจนนาคัดกักริทีมแบบ NSGA-II ใน ปัญหา 61 ชั้นงาน (ต่อ)

ตำแหน่งชั้นงาน*	2 2 2 1 2 2 2 1 1 2 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 1 1
	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
	1 1
	1 1 1 2 1 1 1 1 1 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
	1 1
	1 1
	1 2 2 2 1 2 2 1 2 2 2 2 2 1 1 2 2 2 1 1 1 1 1
	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1
	1 1 2 2 2 2 2 2 1 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
	1 2 1 1 1 1 1 2 2 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 1 1 1 1
	2 2 2 1 1 1 1 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
	1 1
2 2 1 1 2 2 2 1 2 1 1 2 2 1 2 2 1 1 1 1 1 1 1	
2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 1 1 1 2 2 1 2 2	
2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	
1 1 2 2 2 2 2 2 2 1 1 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2	
2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 1 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1	
1 1	
2 2 2 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 1 2 2	
2 1 1 1 1 2 1 1 1 1 1 1 2 2 2 1 1 1 2 2 2 2 2	
2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 1 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1	

*หมายเหตุ ตำแหน่งชั้นงาน มีค่าเท่ากับ 1 หมายถึง วางงานในตำแหน่งทำงานข้างหน้า (Forward Work)

2 หมายถึง วางงานในตำแหน่งทำงานข้างหลัง (Backward Work)

9.3.2 การหาคำตอบโดยใช้เมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II

สำหรับปัญหาขนาด 61 ชั้นงาน โดยใช้วิธีเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II จะกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องดังนี้คือ

- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากงานวิจัยก่อนหน้า (Hwang และ Katayama, 2007)

ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ : 0.7

ค่าความน่าจะเป็นมิวเตชัน : 0.3

ค่าความน่าจะเป็นในการค้นหาเฉพาะที่ : 0.8

- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากการทดลอง
จำนวนเจนเนอเรชัน(Generation): Gen = 150
วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากร: วิธี Pairwise Interchange (PI)
วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชัน: วิธี 3-Opt

ผลลัพธ์ของคำตอบตามวัตถุประสงค์ทั้งสามวัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.29 ผลลัพธ์ของคำตอบ 3 วัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ในปัญหา 61 ชิ้นงาน

จำนวนสถานีงาน	ผลต่างความสัมพันธ์ ในสถานีงาน	กระจายภาระงาน ในสถานีงาน
10	9.2857	0.7899
10	9.3333	0.5916
10	9.4444	0.5857
10	9.4737	0.4889
10	9.5	0.3782
10	9.5455	0.3768
10	9.5652	0.2811
10	9.6154	0.2775

ผลลัพธ์ชิ้นงานที่ถูกจัดสรรลงสถานีงานในตำแหน่งข้างหน้างานและข้างหลัง โดยใช้วิธีเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.30 ผลลัพธ์ของการจัดสรรชิ้นงานลงสถานีงานวิธีเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II
ในปัญหา 61 ชิ้นงาน

ลำดับชิ้นงาน	1 2 17 12 51 52 9 8 39 40 41 4 5 6 26 18 19 20 24 21 25
	22 23 27 15 14 13 16 3 7 10 11 35 36 37 38 42 43 44 45 48
	47 46 28 29 30 34 31 32 33 49 50 53 54 59 57 58 55 56 60 61
	1 2 17 51 52 12 9 8 39 40 41 4 5 6 26 18 19 20 21 24 22
	25 23 27 15 14 13 16 3 7 10 11 35 36 37 38 42 43 44 45 48
	47 46 28 29 30 34 31 32 33 49 50 53 54 57 58 59 60 55 56 61
	1 2 51 52 3 39 40 41 16 26 17 12 9 8 18 19 20 21 24 25 22
	23 27 15 14 13 11 10 7 6 5 4 35 36 37 38 42 43 44 45 48 47
	46 28 29 30 34 31 32 33 49 50 53 54 57 58 59 55 56 60 61
61 58 57 51 52 46 60 59 1 2 3 39 40 17 12 9 8 16 18 19 20	
24 25 21 22 23 27 26 11 10 4 5 6 7 13 14 15 56 55 54 53 50	
49 34 48 47 33 32 45 44 43 42 38 37 31 30 29 36 35 28 41	
61 58 57 51 52 16 60 59 1 2 3 39 40 17 12 9 8 46 18 19 20	
21 22 23 24 25 27 11 10 15 14 13 7 6 5 4 26 56 55 54 53 50	
49 48 33 34 47 32 45 44 43 42 38 37 31 30 29 36 35 28 41	
61 58 57 16 51 52 60 59 1 2 3 39 40 17 12 9 8 46 18 19 20	
21 22 23 24 25 27 26 15 14 13 4 5 6 7 10 11 56 55 54 53 50	
49 34 48 47 33 45 32 44 43 42 38 37 31 30 29 36 35 28 41	
61 58 56 55 51 52 46 60 59 1 2 3 39 40 16 17 9 8 12 18 19	
20 21 22 23 24 25 27 57 54 26 15 14 13 4 5 6 7 10 11 53 50	
49 34 33 47 48 32 45 44 43 42 38 37 31 30 29 36 35 28 41	
15 14 51 52 17 9 8 46 39 40 35 16 36 18 61 56 55 4 5 6 58	
57 12 11 10 26 37 38 60 59 54 53 27 23 25 24 22 50 21 20 28	
29 30 34 31 32 33 13 7 3 2 1 19 41 42 43 44 47 48 45 49	

ตารางที่ 9.30 ผลลัพธ์ของการจัดสรรชิ้นงานลงสถานีงานวิธีเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ในปัญหา 61 ชิ้นงาน (ต่อ)

ตำแหน่งชิ้นงาน*	1 1 2 2 1 1 2 2 1 1 1 1 1 1 2 1 1 1 1 1 1 1
	1 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
	1 1 2 1 1 2 2 2 1 1 1 1 1 1 2 1 1 1 1 1 1 1
	1 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
	1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1
	2 2 2 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
	2 2 2 1 1 2 2 2 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 1 1 1 1
	1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2
	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 1 1 1
2 2 2 2 1 1 2 2 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 1 1 1 1	
1 1 1 1 1 2 2 2 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2	
2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 1 1 1	
2 2 1 1 2 2 2 2 1 1 1 2 1 1 2 2 2 1 1 1 2 2 2	
2 2 2 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1	
1 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	

*หมายเหตุ ตำแหน่งชิ้นงาน มีค่าเท่ากับ 1 หมายถึง วางงานในตำแหน่งทำงานข้างหน้า (Forward Work)
 2 หมายถึง วางงานในตำแหน่งทำงานข้างหลัง (Backward Work)

9.3.3 การหาคำตอบโดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบ

สำหรับปัญหาขนาด 61 ชิ้นงาน โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบ จะกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องดังนี้คือ

- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากการทดลอง
จำนวนเจนเนอเรชัน(Generation): Gen = 150
ความน่าจะเป็นในการให้รางวัลและลงโทษ: 0.20
วิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงาน: วิธี Longest Processing Time
ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง: 0.15

ผลลัพธ์ของคำตอบตามวัตถุประสงค์ทั้งสามวัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบ ได้ดังนี้

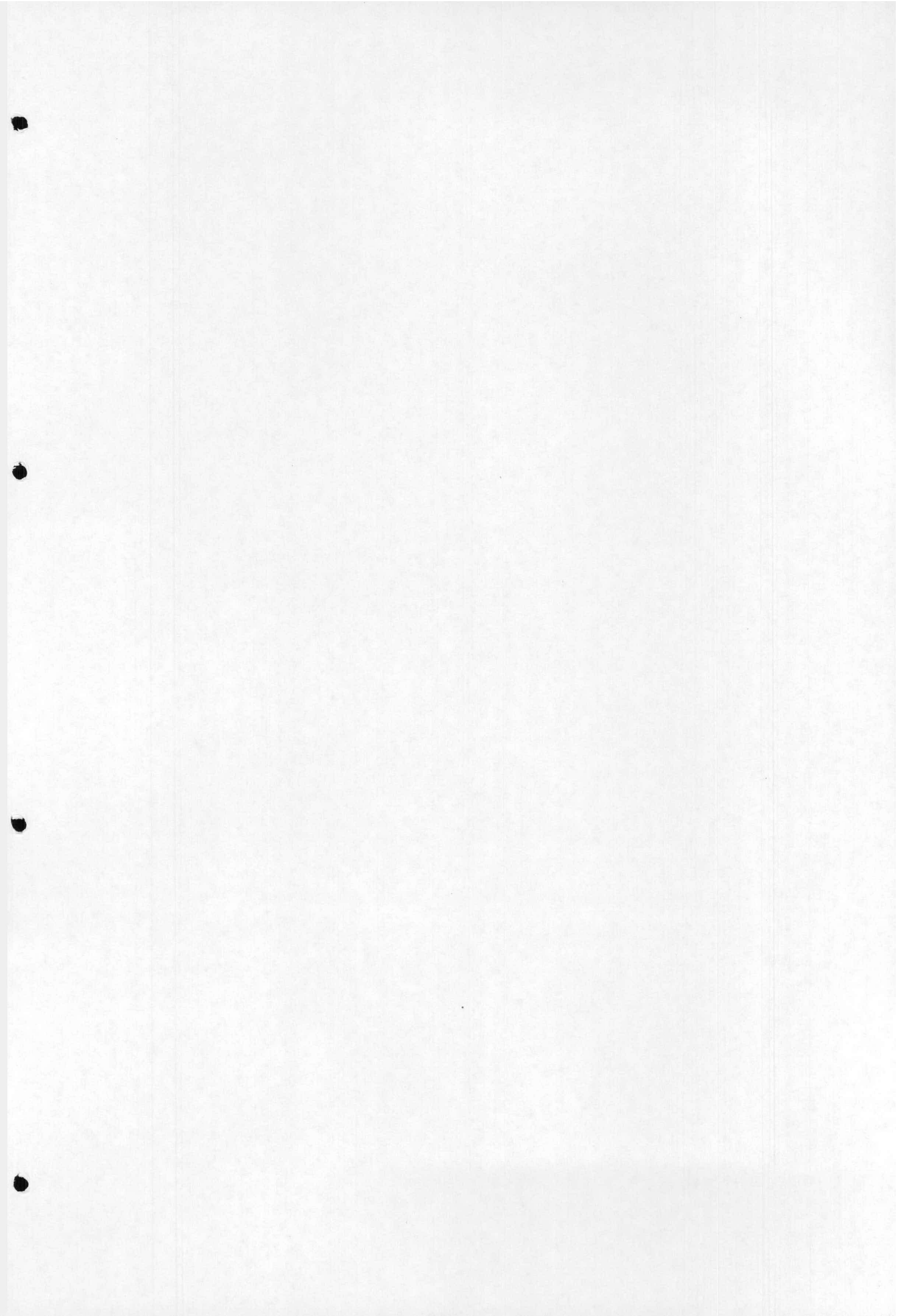
ตารางที่ 9.31 ผลลัพธ์ของคำตอบ 3 วัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีการบรรจบในปัญหา 61 ชั้นงาน

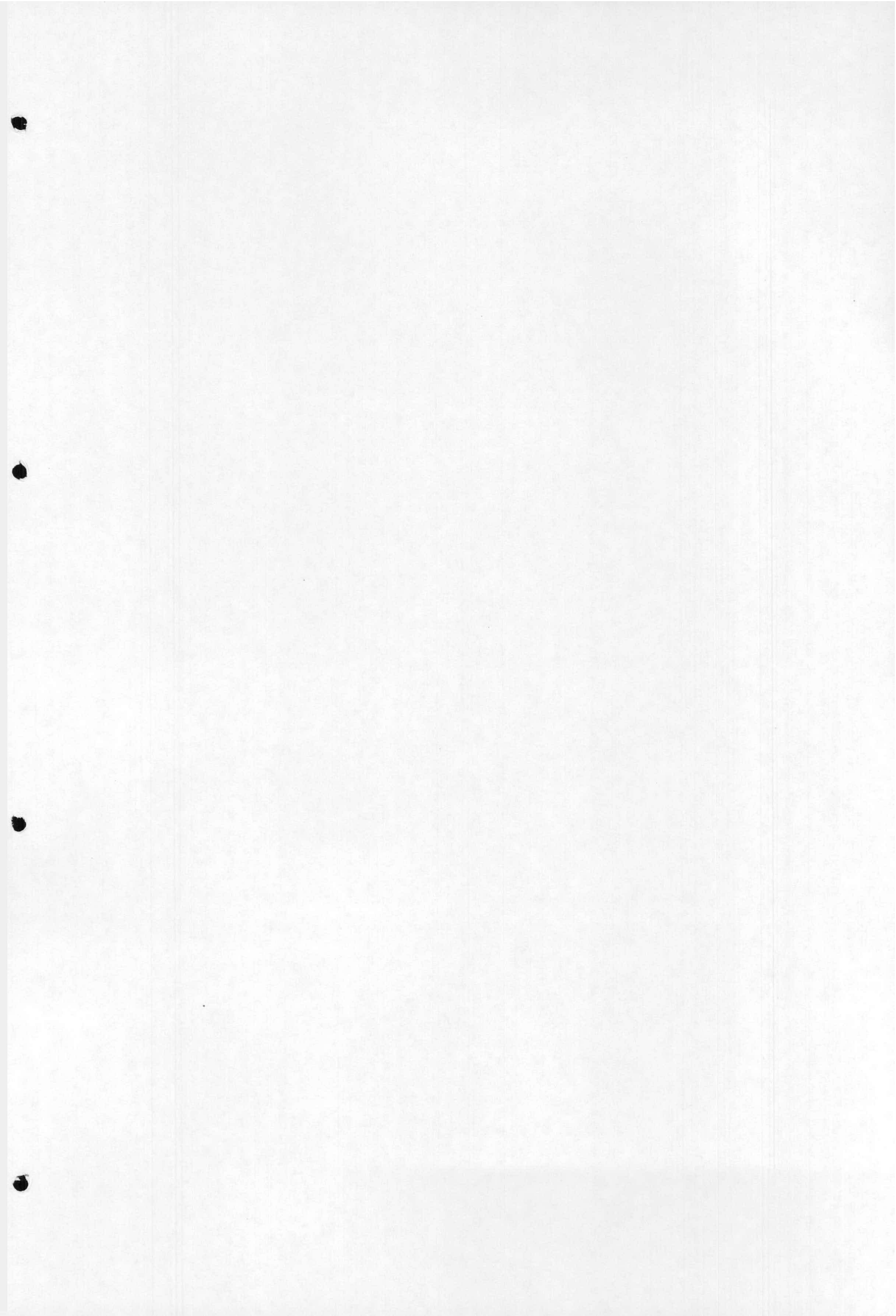
จำนวนสถานีงาน	ผลต่างความสัมพัทธ์ ในสถานีงาน	กระจายภาระงาน ในสถานีงาน
9	8.5500	0.2571
9	8.5714	0.2205
9	8.6786	0.1848
9	8.6897	0.1830
9	8.7000	0.1740

ผลลัพธ์ชั้นงานที่ถูกจัดสรรลงสถานีงานในตำแหน่งข้างหน้างานและข้างหลัง โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบ ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.32 ผลลัพธ์ของการจัดสรรข้งานลงสถานีงานวิธีอัลกอริทึมการบรรจุข้งานในปัญหา 61
ข้งาน

ลำดับข้งาน	4 5 51 35 36 37 38 39 52 18 19 20 26 28 24 25 21 22 23 27 1 2 3 6 7 13 14 15 16 10 11 12 8 9 40 41 42 43 44 47 48 45 46 17 29 30 34 31 32 33 49 50 53 54 57 59 55 56 60 58 61
	4 5 51 35 36 37 38 39 52 18 19 20 26 28 24 25 21 22 23 27 1 2 3 6 7 10 11 12 8 9 13 16 14 15 40 41 42 43 44 48 45 46 17 29 30 34 31 32 33 47 49 50 53 54 57 59 55 56 60 58 61
	4 5 51 28 29 30 34 52 39 40 41 6 18 35 31 32 33 36 37 1 2 3 7 10 8 16 13 38 42 11 12 19 20 43 44 45 46 47 14 15 24 26 48 21 9 22 49 50 25 17 23 27 53 54 57 58 59 60 55 56 61
	4 5 51 28 29 30 34 52 39 40 41 6 18 35 31 32 33 36 37 1 2 3 7 10 8 16 13 14 15 38 42 43 44 45 46 47 11 12 19 20 24 26 48 21 9 22 49 50 25 17 23 27 53 54 57 58 59 60 55 56 61
	4 5 51 28 29 30 34 52 39 40 41 6 18 35 31 32 36 1 2 3 33 7 37 10 8 16 13 38 42 11 12 19 20 43 44 45 46 47 14 15 24 26 48 21 9 22 49 50 25 17 23 27 53 54 57 58 59 60 55 56 61
ตำแหน่ง สถานีงาน	2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 4 4 4 4 4 5 5 5 5 5 5 6 6 6 6 6 6 6 7 7 7 7 7 7 7 7 8 8 8 8 8 8 8 9 9 9 9 9 9 9 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1
	2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 4 4 4 4 4 5 5 5 5 5 5 6 6 6 6 6 6 6 7 7 7 7 7 7 7 7 8 8 8 8 8 8 8 9 9 9 9 9 9 9 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1
	3 3 3 3 3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 5 5 5 5 5 5 5 6 6 6 6 6 6 6 7 7 7 7 7 7 8 8 8 8 8 8 8 9 9 9 9 9 9 9 3 3 2 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1
	3 3 3 3 3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 5 5 5 5 5 5 5 6 6 6 6 6 6 6 7 7 7 7 7 7 7 8 8 8 8 8 8 8 9 9 9 9 9 9 9 3 3 2 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1
	3 3 3 3 3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 5 5 5 5 5 5 5 6 6 6 6 6 6 6 7 7 7 7 7 7 7 8 8 8 8 8 8 8 9 9 9 9 9 9 9 3 3 2 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1





9.3.4 การหาคำตอบโดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเจเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II

สำหรับปัญหาขนาด 61 ชั้นงาน โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเจเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II จะกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องดังนี้คือ

- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากงานวิจัยก่อนหน้า(Hwang และ Katayama ,2007)
ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ : 0.7
ค่าความน่าจะเป็นมิวเทชัน : 0.3
- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากการทดลอง
จำนวนเจเนอเรชัน(Generation): Gen = 150
ความน่าจะเป็นในการให้รางวัลและลงโทษ: 0.20
วิธีฮิวริสติกในการคัดเลือกงาน: วิธี Greatest Number of Successors
ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง: 0.1
จำนวนเจเนอเรชัน NSGA-II: ร้อยละ 80 ของจำนวนเจเนอเรชัน

ผลลัพธ์ของคำตอบตามวัตถุประสงค์ทั้งสามวัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเจเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.33 ผลลัพธ์ของคำตอบ 3 วัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีการบรรจบรวมกับเจเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ในปัญหา 61 ชั้นงาน

จำนวนสถานีงาน	ผลต่างความสัมพันธ์ ในสถานีงาน	กระจายภาระงาน ในสถานีงาน
9	8.5263	0.1954
9	8.5500	0.1944
9	8.5714	0.1646
9	8.6087	0.1633
9	8.6250	0.1543
9	8.6400	0.1507

ผลลัพธ์ชั้นงานที่ถูกจัดสรรลงสถานีงานในตำแหน่งข้างหน้างานและข้างหลัง โดยใช้วิธี
อัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเงินเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.34 ผลลัพธ์ของการจัดสรรชั้นงานลงสถานีงานวิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเงิน
เนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ในปัญหา 61 ชั้นงาน

ลำดับชั้นงาน	18 19 20 51 52 1 2 26 24 28 29 30 34 25 39 40 35 36 4 5 6 31 32 33 21 22 3 7 16 8 13 14 10 11 41 37 38 12 15 9 17 42 43 44 47 45 46 48 49 50 23 27 53 54 57 55 58 59 56 60 61
	18 19 20 51 52 1 2 26 28 29 24 30 34 25 39 40 41 35 4 21 22 31 32 33 3 5 6 7 16 8 13 14 10 11 36 37 38 15 9 12 17 42 43 44 47 45 46 48 49 50 23 27 53 54 57 55 58 59 56 60 61
	18 1 19 20 51 52 2 26 28 29 24 30 34 25 39 40 35 41 4 5 6 21 22 31 32 33 3 7 13 16 14 10 11 8 36 37 38 15 23 27 12 42 43 44 47 9 45 17 48 49 46 50 53 54 57 55 58 59 56 60 61
	18 19 20 51 52 1 2 26 28 29 24 30 34 25 39 40 41 35 4 21 22 31 32 33 3 5 6 7 16 8 13 14 10 11 36 37 15 23 27 12 38 42 43 44 9 17 47 45 46 48 49 50 53 54 57 58 55 59 56 60 61
	18 19 20 51 52 1 2 26 28 29 24 30 35 25 39 40 41 3 21 22 31 34 23 32 33 4 5 6 7 16 8 36 9 10 11 12 17 13 14 15 37 38 42 27 43 44 45 47 48 49 50 46 53 54 57 55 58 59 56 60 61
	18 19 20 51 52 1 2 26 28 29 24 30 35 25 39 40 41 3 21 22 31 23 32 33 34 4 36 5 6 7 13 16 8 9 10 11 12 17 14 15 37 38 42 27 43 44 45 47 48 49 50 46 53 54 57 55 58 59 56 60 61
	18 19 20 51 52 1 2 26 28 29 24 30 35 25 39 40 41 3 21 22 31 23 32 33 34 4 36 5 6 7 13 16 8 9 10 11 12 17 14 15 37 38 42 27 43 44 45 47 48 49 50 46 53 54 57 55 58 59 56 60 61

ตารางที่ 9.34 ผลลัพธ์ของการจัดสรรชิ้นงานลงสถานีงานวิธีอัลกอริทึมการบรรจุรวมกับเงินเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ในปัญหา 61 ชิ้นงาน (ต่อ)

ตำแหน่ง สถานีงาน	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	9	9	9	9	9	9	9	9	8	8
	8	8	8	8	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5
	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3									
	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	9	9	9	9	9	9	9	9	8	8
	8	8	8	8	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5
	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3								
	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	9	9	9	9	9	9	9	9	8	8
	8	8	8	8	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5
	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3								
	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	9	9	9	9	9	9	9	9	8	8
	8	8	8	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5
	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3								
	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	9	9	9	9	9	9	9	9	8	8
	8	8	8	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5
	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3								
	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	9	9	9	9	9	9	9	9	8	8
	8	8	8	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5
	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3								

9.3.5 การหาคำตอบโดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจุรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II

สำหรับปัญหาขนาด 61 ชิ้นงาน โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจุรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II จะกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องดังนี้คือ

- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากงานวิจัยก่อนหน้า(Hwang และ Katayama ,2007)
 ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ : 0.7
 ค่าความน่าจะเป็นมิวเตชัน : 0.3
 ค่าความน่าจะเป็นในการค้นหาเฉพาะที่ : 0.8

- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากการทดลอง
 จำนวนเจนเนอเรชัน(Generation): Gen = 150
 ความน่าจะเป็นในการให้รางวัลและลงโทษ: 0.20
 วิธีวิวิธวิธีในการคัดเลือกงาน: วิธี Greatest Number of Successors
 ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง: 0.15
 จำนวนเจนเนอเรชัน NSGA-II: ร้อยละ 60 ของจำนวนเจนเนอเรชัน
 วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชัน: วิธี Insertion Procedure (IP)

ผลลัพธ์ของคำตอบตามวัตถุประสงค์ทั้งสามวัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.35 ผลลัพธ์ของคำตอบ 3 วัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีการบรรจบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ในปัญหา 61 ชั้นงาน

จำนวนสถานีงาน	ผลต่างความสัมพัทธ์ ในสถานีงาน	กระจายภาระงาน ในสถานีงาน
9	8.5263	0.2668
9	8.5500	0.2483
9	8.5714	0.2080
9	8.5909	0.1583
9	8.6087	0.1272
9	8.6250	0.0500
9	8.6400	0.0456
9	8.6786	0.0441

ผลลัพธ์ชั้นงานที่ถูกจัดสรรลงสถานีงานในตำแหน่งข้างหน้างานและข้างหลัง โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.36 ผลลัพธ์ของการจัดสรรชิ้นงานลงสถานีงานวิธีอัลกอริทึมการบรรจุรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ในปัญหา 61 ชิ้นงาน

ลำดับชิ้นงาน	4 5 35 39 40 41 6 1 2 3 51 52 28 29 30 36 37 38 31 18 19 20 26 32 24 25 34 33 21 22 23 27 42 43 44 47 45 48 49 50 53 54 59 60 57 55 7 10 46 11 16 8 9 12 17 13 14 15 58 56 61
	4 5 18 35 39 40 41 1 2 6 3 19 28 29 51 52 30 31 32 33 36 20 24 25 21 22 23 27 26 34 37 38 42 43 44 48 47 45 49 50 53 54 46 59 60 55 57 7 16 8 9 10 11 12 13 17 14 15 58 56 61
	4 5 6 1 2 3 18 19 39 51 40 41 52 28 29 30 31 32 33 35 36 20 24 25 21 22 23 27 26 34 37 38 42 43 44 48 45 47 49 50 53 54 57 59 60 55 7 10 46 11 16 12 13 14 15 58 56 61 8 9 17
	4 5 6 35 36 39 40 41 28 1 18 19 2 3 51 52 29 30 31 32 33 20 24 25 21 22 23 27 26 34 37 38 42 43 44 47 45 48 49 50 53 54 55 59 60 57 46 7 16 10 11 8 9 58 13 56 61 12 17 14 15
	4 5 35 39 40 41 6 1 2 3 51 52 28 29 30 31 36 37 38 18 19 20 26 32 24 25 21 22 23 27 33 34 42 43 44 47 45 48 49 50 53 54 59 57 60 55 7 10 16 11 12 8 9 17 13 14 46 15 58 56 61
	4 5 6 35 39 40 41 1 2 3 51 52 28 29 30 31 36 37 38 18 19 20 26 32 24 25 21 22 23 27 33 34 42 43 44 48 47 45 49 50 53 54 46 59 60 55 57 7 16 8 9 10 11 12 13 17 14 15 58 56 61
	4 5 35 39 40 41 6 1 2 3 51 52 28 29 30 31 36 37 38 18 19 20 26 32 24 25 21 22 23 27 33 34 42 43 44 47 45 48 49 50 7 10 16 11 12 53 54 59 57 60 55 8 9 17 13 14 46 15 58 56 61
	4 5 6 35 39 40 36 1 2 3 51 52 28 29 30 31 37 38 41 18 19 20 26 32 24 25 34 33 21 22 23 27 42 43 44 45 48 7 10 16 47 49 11 12 50 53 54 59 57 60 55 8 9 17 13 14 46 15 58 56 61

ตารางที่ 9.36 ผลลัพธ์ของการจัดสรรชิ้นงานลงสถานีงานวิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ในปัญหา 61 ชิ้นงาน (ต่อ)

ตำแหน่ง สถานีงาน	1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 9 9 9 9 9 9 9 9 8 8
	8 8 8 8 7 7 7 7 7 6 6 6 6 6 6 6 6 5 5 5 5 5 5
	4 4 4 4 4 4 3 3 3 3 3 3 3 2 2
	1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 9 9 9 9 9 9 9 9 8 8
	8 8 8 8 7 7 7 7 7 6 6 6 6 6 6 6 6 5 5 5 5 5 5
	4 4 4 4 4 4 3 3 3 3 3 3 3 2 2
	1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 9 9 9 9 9 9 9 9 8 8
	8 8 8 7 7 7 7 7 7 6 6 6 6 6 6 6 6 5 5 5 5 5 5
4 4 4 4 4 4 3 3 3 3 3 3 3 2 2	
1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 9 9 9 9 9 9 9 9 8 8	
8 8 8 7 7 7 7 7 7 6 6 6 6 6 6 6 6 5 5 5 5 5 5	
4 4 4 4 4 4 3 3 3 3 3 3 3 2	
1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 9 9 9 9 9 9 9 9 8 8	
8 8 8 7 7 7 7 7 7 6 6 6 6 6 6 6 6 5 5 5 5 5 5	
4 4 4 4 4 4 3 3 3 3 3 3 3 2	
1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 9 9 9 9 9 9 9 9 8 8	
8 8 8 7 7 7 7 7 7 6 6 6 6 6 6 6 6 5 5 5 5 5 5	
4 4 4 4 4 4 3 3 3 3 3 3 3 2	
1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 9 9 9 9 9 9 9 9 8 8	
8 8 8 7 7 7 7 7 7 6 6 6 6 6 6 6 6 5 5 5 5 5 5	
4 4 4 4 4 4 3 3 3 3 3 3 3 2	

9.3.6 การเปรียบเทียบคำตอบแต่ละอัลกอริทึม

ผลลัพธ์ของคำตอบที่เหมาะสมทั้งหมด ตามพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ในแต่ละอัลกอริทึม ทั้ง 5 อัลกอริทึม ดังนี้

ตารางที่ 9.37 ผลลัพธ์ของคำตอบ 3 วัตถุประสงค์ ทั้ง 5 อัลกอริทึมในปัญหา 61 ชั้นงาน

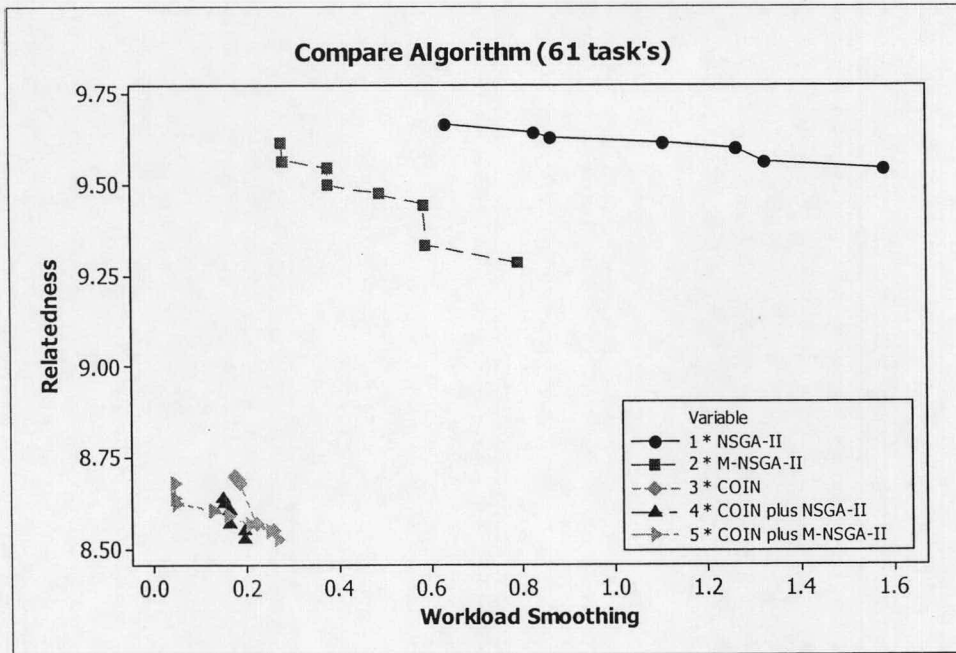
อัลกอริทึม	จำนวนสถานีงาน	ผลต่างความสัมพัทธ์ ในสถานีงาน	กระจายภาระงาน ในสถานีงาน
NSGA-II	10	9.5455	1.5808
	10	9.5652	1.324
	10	9.6	1.2645
	10	9.6154	1.1054
	10	9.6296	0.8626
	10	9.6429	0.8264
	10	9.6667	0.634
M-NSGA-II	10	9.2857	0.7899
	10	9.3333	0.5916
	10	9.4444	0.5857
	10	9.4737	0.4889
	10	9.5	0.3782
	10	9.5455	0.3768
	10	9.5652	0.2811
	10	9.6154	0.2775
COIN	9	8.55	0.2571
	9	8.5714	0.2205
	9	8.6786	0.1848
	9	8.6897	0.183
	9	8.7	0.174

ตารางที่ 9.37 ผลลัพธ์ของคำตอบ 3 วัตถุประสงค์ ทั้ง 5 อัลกอริทึมในปัญหา 61 ชั้นงาน (ต่อ)

อัลกอริทึม	จำนวนสถานีงาน	ผลต่างความสัมพัทธ์ ในสถานีงาน	กระจายภาระงาน ในสถานีงาน
COIN plus NSGA-II	9	8.5263	0.1954
	9	8.55	0.1944
	9	8.5714	0.1646
	9	8.6087	0.1633
	9	8.625	0.1543
	9	8.64	0.1507
COIN plus M-NSGA-II	9	8.5263	0.2668
	9	8.55	0.2483
	9	8.5714	0.208
	9	8.5909	0.1583
	9	8.6087	0.1272
	9	8.625	0.05
	9	8.64	0.0456
	9	8.6786	0.0441

ตารางที่ 9.38 true-Pareto Optimal Frontier ที่หาได้ของอัลกอริทึมทั้งหมด ในปัญหา 61 ชั้นงาน

จำนวนสถานีงาน	ผลต่างความสัมพัทธ์ ในสถานีงาน	กระจายภาระงาน ในสถานีงาน
9	8.5263	0.1954
9	8.55	0.1944
9	8.5714	0.1646
9	8.5909	0.1583
9	8.6087	0.1272
9	8.625	0.05
9	8.64	0.0456
9	8.6786	0.0441



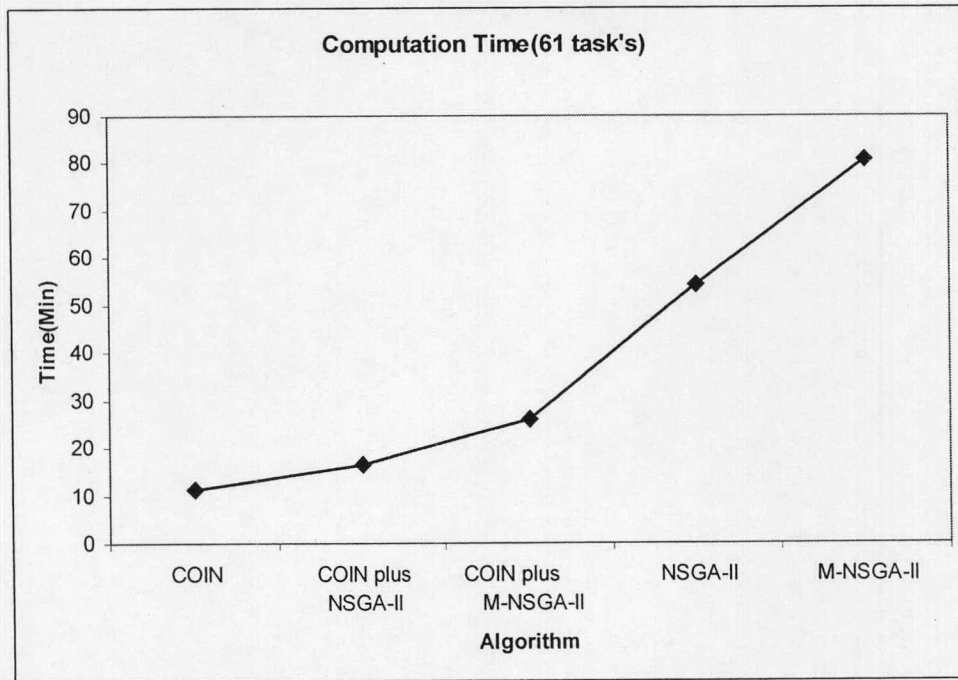
รูปที่ 9.7 การเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์อัลกอริทึมทั้งหมด ปัญหาขนาด 61 ชั้นงาน

ผลลัพธ์ของคำตอบทั้ง 5 อัลกอริทึม จะนำมาเปรียบเทียบกับ true-Pareto Optimal Frontier เพื่อคำนวณหาตัวชี้วัดสมรรถนะทั้งหมด 3 สมรรถนะ คือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) ได้ผลดังตารางที่ 9.38

ตารางที่ 9.39 ค่าของตัวชี้วัดสมรรถนะทั้ง 3 สมรรถนะ ในปัญหา 61 ชั้นงาน

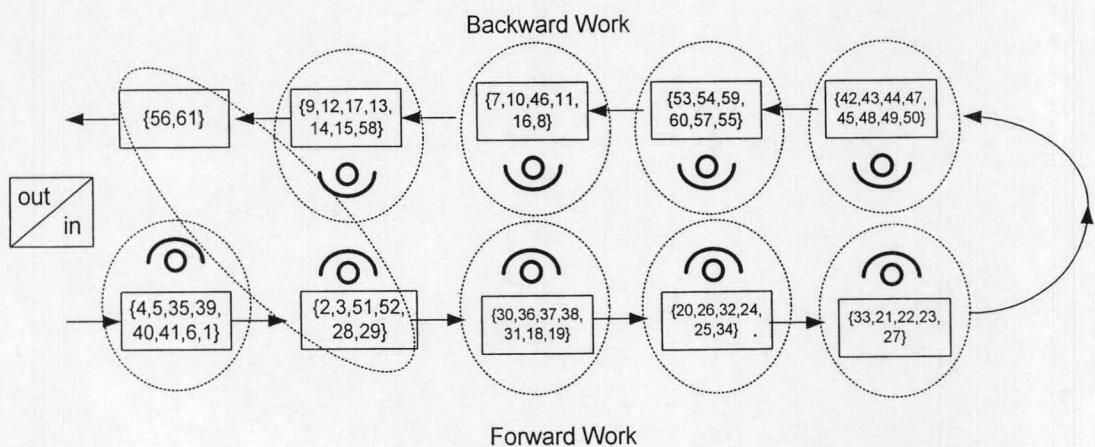
ตัวชี้วัดสมรรถนะ	NSGA-II	M-NSGA-II	COIN	COIN plus NSGA-II	COIN plus M-NSGA-II
Convergence	0.9951	0.8966	0.4419	0.3058	0.0710
Spread	0.4504	0.4945	0.8038	0.5514	0.4271
Ratio	0	0	0	0.5000	0.6250

จากตารางที่ 9.39 พบว่าวิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II จะให้ได้ผลลัพธ์ของคำตอบในด้านการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) ที่ดีกว่าทุกอัลกอริทึม



รูปที่ 9.8 เวลาที่ใช้ในการคำนวณในแต่ละอัลกอริทึม ขนาดปัญหา 61 ชั้นงาน

สรุปได้ว่าในขนาดปัญหา 61 ชั้นงาน วิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II จะทำให้คำตอบเหมาะสมที่สุด และเมื่อเทียบสถานการณ์กับวิธีเจนาติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II และเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II พบว่าสามารถลดจำนวนสถานการณ์ลงได้ 1 สถานการณ์จาก 10 สถานการณ์ เหลือ 9 สถานการณ์ และยังใช้เวลาในการคำนวณน้อยกว่าวิธีเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II อย่างเห็นได้ชัด



รูปที่ 9.9 ตัวอย่างคำตอบการจัดสรรชั้นงานลงสถานการณ์เมื่อปัญหาขนาด 61 ชั้นงาน

9.4 ปัญหาขนาด 111 ชั้นงาน

9.4.1 การหาคำตอบโดยใช้เจเนเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II

สำหรับปัญหาขนาด 111 ชั้นงาน โดยใช้วิธีเจเนเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II จะกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องดังนี้คือ

- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากงานวิจัยก่อนหน้า(Hwang และ Katayama ,2007)
ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ : 0.7
ค่าความน่าจะเป็นมิวเตชัน : 0.3
- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากการทดลอง
จำนวนเจเนเนอเรชัน(Generation): Gen = 300

ผลลัพธ์ของคำตอบตามวัตถุประสงค์ทั้งสามวัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีเจเนเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.40 ผลลัพธ์ของคำตอบ 3 วัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีเจเนเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ในปัญหา 111 ชั้นงาน

จำนวนสถานีงาน	ผลต่างความสัมพัทธ์ ในสถานีงาน	กระจายภาระงาน ในสถานีงาน
16	15.6667	1052.96
16	15.6800	1022.32
16	15.7143	915.41

ผลลัพธ์ชั้นงานที่ถูกจัดสรรลงสถานีงานในตำแหน่งข้างหน้างานและข้างหลัง โดยใช้วิธีเจเนเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.41 ผลลัพธ์ของการจัดสรรข้ันงานลงสถานึ่งานวิธีเงินเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ใน ปัญหา 111 ข้ันงาน

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

- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากการทดลอง

จำนวนเจนเนอเรชัน(Generation): Gen = 300

วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการสร้างประชากร: วิธี Insertion Procedure (IP)

วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชัน: วิธี Pairwise Interchange (PI)

ผลลัพธ์ของคำตอบตามวัตถุประสงค์ทั้งสามวัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.42 ผลลัพธ์ของคำตอบ 3 วัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ในปัญหา 111 ชิ้นงาน

จำนวนสถานีงาน	ผลต่างความสัมพันธ์ ในสถานีงาน	กระจายภาระงาน ในสถานีงาน
16	15.36	767.456
16	15.3846	732.76
16	15.4074	673.783
16	15.4286	401.404
16	15.4483	385.44
16	15.4667	307.942
16	15.4839	244.11
16	15.5	209.536
16	15.5152	172.493
16	15.5429	171.446
16	15.5556	168.572
16	15.5676	163.473

ผลลัพธ์ชิ้นงานที่ถูกจัดสรรลงสถานีงานในตำแหน่งข้างหน้างานและข้างหลัง โดยใช้วิธีเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.43 ผลลัพธ์ของการจัดสรรขั้่งานลงสถานีงานวิธีเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II
ในปัญหา 111 ขั้่งาน

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

ตารางที่ 9.43 ผลลัพธ์ของการจัดสรรชั้นงานลงสถานีนงานวิธีเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II
ในปีญาหา 111 ชั้นงาน (ต่อ)

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

ตารางที่ 9.43 ผลลัพธ์ของการจัดสรรข้ันงานลงสถานีงานวิธีเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II
 ในปัญหา 111 ข้ันงาน (ต่อ)

ตำแหน่ง สถานีงาน	1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
	4 4
	4 4 4 4 4 4 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
	6 6 7 7 7 8 8 8 8 8 8 9 9 10 10 10 10 11 11 11 11 12 12
	12 12 13 13 13 14 14 14 15 15 15 15 15 15 16 16 16 16 16 16
	1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
	4 4
	4 4 4 4 4 4 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
6 6 7 7 7 8 8 8 8 8 8 9 9 10 10 10 10 11 11 11 11 12 12	
12 12 13 13 13 14 14 14 15 15 15 15 15 15 16 16 16 16 16 16	
1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	
4 4	
4 4 4 4 4 4 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6	
6 6 7 7 7 8 8 8 8 8 8 9 9 10 10 10 10 11 11 11 11 12 12	
12 12 13 13 13 14 14 14 15 15 15 15 15 15 16 16 16 16 16 16	
1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	
4 4	
4 4 4 4 4 4 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6	
6 6 7 7 7 8 8 8 8 8 8 9 9 10 10 10 10 11 11 11 11 12 12	
12 12 13 13 13 14 14 14 15 15 15 15 15 15 16 16 16 16 16 16	
1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	
4 4	
4 4 4 4 4 4 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6	
6 6 7 7 7 8 8 8 8 8 8 9 9 10 10 10 10 11 11 11 11 12 12	
12 12 13 13 13 14 14 14 15 15 15 15 15 15 16 16 16 16 16 16	
1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	
4 4	
4 4 4 4 4 4 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6	
6 6 7 7 7 8 8 8 8 8 8 9 9 10 10 10 10 11 11 11 11 12 12	
12 12 13 13 13 14 14 14 15 15 15 15 15 15 16 16 16 16 16 16	

ตารางที่ 9.43 ผลลัพธ์ของการจัดสรรข้งานลงสถานีงานวิธีเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II
ในปัญหา 111 ข้งาน (ต่อ)

ตำแหน่งข้งาน*	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1			
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2		
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

*หมายเหตุ ตำแหน่งข้งาน มีค่าเท่ากับ 1 หมายถึง วางงานในตำแหน่งทำงานข้งหน้า (Forward Work)
2 หมายถึง วางงานในตำแหน่งทำงานข้งหลัง (Backward Work)

9.4.3 การหาคำตอบโดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบ

สำหรับปัญหาขนาด 111 ข้งาน โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบ จะกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องดังนี้คือ

- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากการทดลอง
 จำนวนเจนเนอเรชัน(Generation): Gen = 300
 ความน่าจะเป็นในการให้รางวัลและลงโทษ: 0.20
 วิธีฮิวริติกในการคัดเลือกงาน: วิธี Longest Processing Time
 ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง: 0.125

ผลลัพธ์ของคำตอบตามวัตถุประสงค์ทั้งสามวัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบ ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.44 ผลลัพธ์ของคำตอบ 3 วัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีการบรรจบในปัญหา 111 ชิ้นงาน

จำนวนสถานีงาน	ผลต่างความสัมพัทธ์ ในสถานีงาน	กระจายภาระงาน ในสถานีงาน
16	15.5556	1187.98
16	15.5676	747.05
16	15.68	729.05
16	15.6923	683.56

ผลลัพธ์ชิ้นงานที่ถูกจัดสรรลงสถานีงานในตำแหน่งข้างหน้างานและข้างหลัง โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบ ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.45 ผลลัพธ์ของการจัดสรรชั้นงานลงสถานีงานวิธีอัลกอริทึมการบรรจุบในปัญหา 111
ชั้นงาน

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

ตารางที่ 9.45 ผลลัพธ์ของการจัดสรรชิ้นงานลงสถานีงานวิธีอัลกอริทึมการบรรจบในปัญหา 111
ชิ้นงาน (ต่อ)

ตำแหน่ง สถานีงาน	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	4	4	4	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	14	14	14	14	14	15	15	15	15	16	16	16	16	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	12	12	12
	12	12	12	12	11	11	11	11	11	10	10	10	10	9	9	9	9	8	8	8	8	8	7	7	7	7
	7	7	7	6	6	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	4	4	4																							
	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4
	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	15	15	15	15	16	16	16	16	14	14	13	13	13	13	13	13	12	12	12	12	12	11	11	11	11	11
	11	11	11	10	10	10	10	10	9	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7
	7	7	7	7	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	4	4	4																							
1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	
4	10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
15	15	15	15	14	14	13	13	13	13	13	13	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	11	11	11	11	
11	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8	
8	7	7	7	7	6	6	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
4	4	4	4																							
1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
4	4	4	4	7	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	
15	15	15	15	15	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	13	13	13	13	12	12	12	12	12	12	
11	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7	
7	7	7	6	6	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
4	4																									

9.4.4 การหาคำตอบโดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเงินเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II

สำหรับปัญหาขนาด 111 ชิ้นงาน โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเงินเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II จะกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องดังนี้คือ

- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากงานวิจัยก่อนหน้า(Hwang และ Katayama, 2007)

ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ : 0.7

ค่าความน่าจะเป็นมิวเทชัน : 0.3

- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากการทดลอง

จำนวนเจนเนอเรชัน(Generation): Gen = 300

ความน่าจะเป็นในการให้รางวัลและลงโทษ: 0.20

วิธีวิวิคติกในการคัดเลือกงาน: วิธี Greatest Number of Successors

ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง: 0.15

จำนวนเจนเนอเรชัน NSGA-II: ร้อยละ 20 ของจำนวนเจนเนอเรชัน

ผลลัพธ์ของคำตอบตามวัตถุประสงค์ทั้งสามวัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเจนเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.46 ผลลัพธ์ของคำตอบ 3 วัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีการบรรจบรวมกับเจนเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ในปัญหา 111 ชิ้นงาน

จำนวนสถานีงาน	ผลต่างความสัมพันธ์ ในสถานีงาน	กระจายภาระงาน ในสถานีงาน
15	14.5588	324.426
15	14.5833	319.21
15	14.5833	319.21
15	14.5946	273.538
15	14.5946	273.538
15	14.6053	247.533
15	14.6154	241.081
15	14.625	236.212

ตารางที่ 9.46 ผลลัพธ์ของคำตอบ 3 วัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีการบรจวบรวมกับเงินเนติก อัลกอริทึมแบบ NSGA-II ในปัญหา 111 ชั้นงาน (ต่อ)

จำนวนสถานีงาน	ผลต่างความสัมพันธ์ ในสถานีงาน	กระจายภาระงาน ในสถานีงาน
15	14.6341	230.821
15	14.6429	226.025
15	14.6512	222.775
15	14.6512	222.775
15	14.6591	211.693
15	14.6667	211.62
15	14.6739	211.187
15	14.6875	210.353

ผลลัพธ์ชั้นงานที่ถูกจัดสรรลงสถานีงานในตำแหน่งข้างหน้างานและข้างหลัง โดยใช้วิธี อัลกอริทึมการบรจวบรวมกับเงินเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.47 ผลลัพธ์ของการจัดสรรชั้นงานลงสถานีงานวิธีอัลกอริทึมการบรรจุรวมกับเงิน
เนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ในปัญหา 111 ชั้นงาน

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

ตารางที่ 9.47 ผลลัพธ์ของการจัดสรรขั้่นงานลงสถานึ่งานวิธีอัลกอริทึมการบรรจุรวมกับเงิน
เนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ในปัญหา 111 ขั้่นงาน (ต่อ)

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

ตารางที่ 9.47 ผลลัพธ์ของการจัดสรรชิ้นงานลงสถานีงานวิธีอัลกอริทึมการบรรจุรวมกับเงินเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ในปัญหา 111 ชิ้นงาน (ต่อ)

ตำแหน่ง สถานีงาน	1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
	3 3 3 3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 5 5 5 5 6 6 7 7 7 7 7 8
	8 8 8 8 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 10 10 10 10 10 10 10 10
	10 15 15 15 15 15 14 14 14 14 14 13 13 13 13 13 12 12 12 12 12
	12 12 11 11 11 11 11 11 10 10 10 10 10 10 10
	1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
	3 3 3 3 3 3 3 3 3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 5 5 6 6 6 6 6 6
	6 7 7 7 8 8 8 8 8 8 9 9 9 9 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10
10 15 15 15 15 15 14 14 14 14 13 13 13 13 13 13 13 12 12 12 12 12	
12 12 12 11 11 11 11 11 11 10 10 10 10 10 10	
1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	
3 3 3 3 3 3 3 3 3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 5 5 6 6 6 6 6 6	
6 7 7 7 8 8 8 8 8 8 9 9 9 9 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	
10 15 15 15 15 15 14 14 14 14 13 13 13 13 13 13 13 12 12 12 12 12	
12 12 12 11 11 11 11 11 11 10 10 10 10 10 10	
1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	
3 3 3 3 3 3 3 3 3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 5 5 6 6 6 6 6 6	
6 7 7 7 8 8 8 8 8 8 9 9 9 9 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	
10 15 15 15 15 15 14 14 14 14 13 13 13 13 13 13 13 12 12 12 12 12	
11 11 11 11 11 11 11 11 11 10 10 10 10 10 10	
1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	
3 3 3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 5 5 6 6 6 6 6 6 7 7 7 8 8	
8 8 8 8 8 8 8 8 8 9 9 9 9 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	
10 15 15 15 15 15 14 14 14 14 13 13 13 13 13 13 13 12 12 12 12 12	
11 11 11 11 11 11 11 11 11 10 10 10 10 10 10	
1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	
3 3 3 3 3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 5 5 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6	
6 6 7 7 7 8 8 8 8 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 10 10 10 10	
15 15 15 15 15 14 14 14 14 13 13 13 13 13 13 13 12 12 12 12 12 11	
11 11 11 11 11 11 11 11 10 10 10 10 10 10	

ตารางที่ 9.47 ผลลัพธ์ของการจัดสรรชั้นงานลงสถานีนงานวิธีอัลกอริทึมการบรรจุรวมกับเงิน
เนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ในปัญหา 111 ชั้นงาน (ต่อ)

ตำแหน่ง สถานีนงาน	1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
	3 3 3 3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 5 5 5 5 5 5 6 6 6 6 6 6 6
	6 7 7 7 8 8 8 8 8 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 10 10 10 10 10
	15 15 15 15 15 14 14 14 14 13 13 13 13 13 13 13 12 12 12 12 12 11
	11 11 11 11 11 11 11 11 10 10 10 10 10 10
	1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
	3 3 3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 5 5 5 5 5 5 6 6 6 6 6 6 6
	7 7 7 8 8 8 8 8 8 9 9 9 9 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10
10 15 15 15 15 15 14 14 14 14 14 13 13 13 13 13 13 13 12 12 12 12	
12 12 12 11 11 11 11 11 11 10 10 10 10 10 10	
1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 4	
4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 5 5 6 6 6 6 6 6 7 7 7 8 8	
8 8 8 8 8 8 8 8 8 9 9 9 9 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	
10 15 15 15 15 15 14 14 14 14 14 13 13 13 13 13 13 13 12 12 12 12	
12 12 12 11 11 11 11 11 11 10 10 10 10 10 10	
1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	
3 3 3 3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 5 5 5 5 5 5 6 6 6 6 6 6 6	
6 7 7 7 8 8 8 8 8 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 10 10 10 10 10	
15 15 15 15 15 14 14 14 14 14 13 13 13 13 13 13 13 12 12 12 12 12	
12 12 11 11 11 11 11 11 10 10 10 10 10 10	
1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	
3 3 3 3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 5 5 5 5 5 5 6 6 6 6 6 6 6	
6 7 7 7 8 8 8 8 8 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 10 10 10 10 10	
15 15 15 15 15 14 14 14 14 14 13 13 13 13 13 13 13 12 12 12 12 12	
12 12 11 11 11 11 11 11 10 10 10 10 10 10	
1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	
3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 5 5 6 6 6 6 6 6 6 6 6	
6 7 7 7 8 8 8 8 8 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 10 10 10 10 10	
15 15 15 15 15 14 14 14 14 14 13 13 13 13 13 13 13 12 12 12 12 12	
12 12 11 11 11 11 11 11 10 10 10 10 10 10	
1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	
3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 5 5 5 5 6 6 6 6 6 6 6	
6 7 7 7 8 8 8 8 8 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 10 10 10 10 10	
15 15 15 15 15 14 14 14 14 14 13 13 13 13 13 13 13 12 12 12 12 12	
12 12 11 11 11 11 11 11 10 10 10 10 10 10	

ตารางที่ 9.47 ผลลัพธ์ของการจัดสรรชิ้นงานลงสถานีงานวิธีอัลกอริทึมการบรรจุรวมกับเงินเนติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ในปัญหา 111 ชิ้นงาน (ต่อ)

ตำแหน่ง สถานีงาน	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	
	6	7	7	7	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10
	15	15	15	15	15	14	14	14	14	14	14	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	12	12	12	12
	12	12	11	11	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10											
1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	
6	7	7	7	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10
15	15	15	15	15	14	14	14	14	14	14	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	12	12	12	12	
12	11	11	11	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10												

9.4.5 การหาคำตอบโดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจุรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II

สำหรับปัญหาขนาด 111 ชิ้นงาน โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการบรรจุรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II จะกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องดังนี้คือ

- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากงานวิจัยก่อนหน้า(Hwang และ Katayama ,2007)
 - ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ : 0.7
 - ค่าความน่าจะเป็นมิวเตชัน : 0.3
 - ค่าความน่าจะเป็นในการค้นหาเฉพาะที่ : 0.8
- พารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากการทดลอง
 - จำนวนเจนเนอเรชัน(Generation): Gen = 300
 - ความน่าจะเป็นในการให้รางวัลและลงโทษ: 0.20
 - วิธีอิวิริติกในการคัดเลือกงาน: วิธี Greatest Number of Successors
 - ความน่าจะเป็นในการเลือกสตริงคำตอบเพื่อปรับปรุงตาราง: 0.1
 - จำนวนเจนเนอเรชัน NSGA-II: ร้อยละ 40 ของจำนวนเจนเนอเรชัน
 - วิธีการค้นหาเฉพาะที่หลังการมิวเตชัน: วิธี Insertion Procedure (IP)

ผลลัพธ์ของคำตอบตามวัตถุประสงค์ทั้งสามวัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีอัลกอริทึมการ
บรรจบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.48 ผลลัพธ์ของคำตอบ 3 วัตถุประสงค์ โดยใช้วิธีการบรรจบรวมกับเมมเมติกอัลกอริ
ทึมแบบ M-NSGA-II ในปัญหา 111 ชั้นงาน

จำนวนสถานีงาน	ผลต่างความล้มพันธ์ ในสถานีงาน	กระจายภาระงาน ในสถานีงาน
15	14.5161	324.035
15	14.5313	305.149
15	14.5455	303.016
15	14.5714	192.342
15	14.5833	105.72
15	14.5946	98.519
15	14.6053	97.856
15	14.6154	87.116
15	14.625	75.062

ผลลัพธ์ชั้นงานที่ถูกจัดสรรลงสถานีงานในตำแหน่งข้างหน้างานและข้างหลัง โดยใช้วิธี
อัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ได้ดังนี้

ตารางที่ 9.49 ผลลัพธ์ของการจัดสรรชิ้นงานลงสถานีงานวิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเมมเมติ
กอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ในปัญหา 111 ชิ้นงาน

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

ตารางที่ 9.49 ผลลัพธ์ของการจัดสรรชิ้นงานลงสถานีงานวิธีอัลกอริทึมการบรรจุรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ในปัญหา 111 ชิ้นงาน (ต่อ)

ตำแหน่ง สถานีงาน	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
	3 3 3 4 4 4 4 4 4 5 5 6 6 6 6 6 6 7 7 7 7 8 8 8 8 8 8 9
	9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 10 10 10 10 10 10 10 10 10
	10 15 15 15 15 15 14 14 14 14 14 13 13 13 13 13 13 12 12 12 12 12
	12 12 12 12 12 11 11 11 11 11 11 10 10 10 10
	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
	3 3 3 4 4 5 5 5 5 6 6 6 6 6 6 6 7 7 7 7 8 8 8 8 8 8 9
	9 10 10 10 10
15 15 15 15 15 14 14 14 14 14 13 13 13 13 13 13 12 12 12 12 12	
12 11 11 11 11 11 11 10 10 10 10 10 10	
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 4 4 4	
4 4 4 5 5 6 6 6 6 7 7 7 7 7 8 8 8 8 9 9 9 9 9 9 9 9 9	
9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 10 10 10 10 10 10 10 10	
10 15 15 15 15 15 14 14 14 14 14 13 13 13 13 13 13 12 12 12 12 12	
12 12 11 11 11 11 11 11 10 10 10 10 10 10 10	
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 4 4	
4 4 4 4 5 5 6 6 6 6 6 7 7 7 7 8 8 8 8 9 9 9 9 9 9 9 9	
9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 10 10 10 10 10 10 10 10	
10 15 15 15 14 14 14 14 14 13 13 13 13 13 13 13 13 12 12 12 12	
12 12 12 11 11 11 11 11 10 10 10 10 10 10 10	
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 4 4	
4 4 4 4 5 5 6 6 6 6 6 7 7 7 7 8 8 8 8 9 9 9 9 9 9 9 9	
9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 10 10 10 10 10 10 10 10 10	
10 15 15 15 14 14 14 14 14 13 13 13 13 13 13 13 13 12 12 12 12	
12 12 12 11 11 11 11 11 10 10 10 10 10 10 10	
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 4 4	
4 4 4 4 5 5 6 6 6 6 6 7 7 7 7 8 8 8 8 9 9 9 9 9 9 9 9	
9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 10 10 10 10 10 10 10 10 10	
10 15 15 15 14 14 14 14 14 13 13 13 13 13 13 13 13 12 12 12 12	
12 12 12 11 11 11 11 11 10 10 10 10 10 10 10	



ตารางที่ 9.49 ผลลัพธ์ของการจัดสรรชิ้นงานลงสถานีงานวิธีอัลกอริทึมการบรรจุรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II ในปัญหา 111 ชิ้นงาน (ต่อ)

ตำแหน่ง สถานีงาน	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4
	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9
	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	10	15	15	15	14	14	14	14	14	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	12	12	12	12
	12	12	12	11	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4
	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9
	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	10	15	15	15	14	14	14	14	14	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	12	12	12
	12	12	12	11	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

9.4.6 การเปรียบเทียบคำตอบแต่ละอัลกอริทึม

ผลลัพธ์ของคำตอบที่เหมาะสมทั้งหมด ตามพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ในแต่ละอัลกอริทึม ทั้ง 5 อัลกอริทึม ดังนี้

ตารางที่ 9.50 ผลลัพธ์ของคำตอบ 3 วัตถุประสงค์ ทั้ง 5 อัลกอริทึมในปัญหา 111 ชิ้นงาน

อัลกอริทึม	จำนวนสถานีงาน	ผลต่างความสัมพัทธ์ ในสถานีงาน	กระจายภาระงาน ในสถานีงาน
NSGA-II	16	15.6667	1052.96
	16	15.68	1022.32
	16	15.7143	915.41
M-NSGA-II	16	15.36	767.456
	16	15.3846	732.76
	16	15.4074	673.783
	16	15.4286	401.404
	16	15.4483	385.44
	16	15.4667	307.942
	16	15.4839	244.11

ตารางที่ 9.50 ผลลัพธ์ของคำตอบ 3 วัตถุประสงค์ ทั้ง 5 อัลกอริทึมในปัญหา 111 ชั้นงาน (ต่อ)

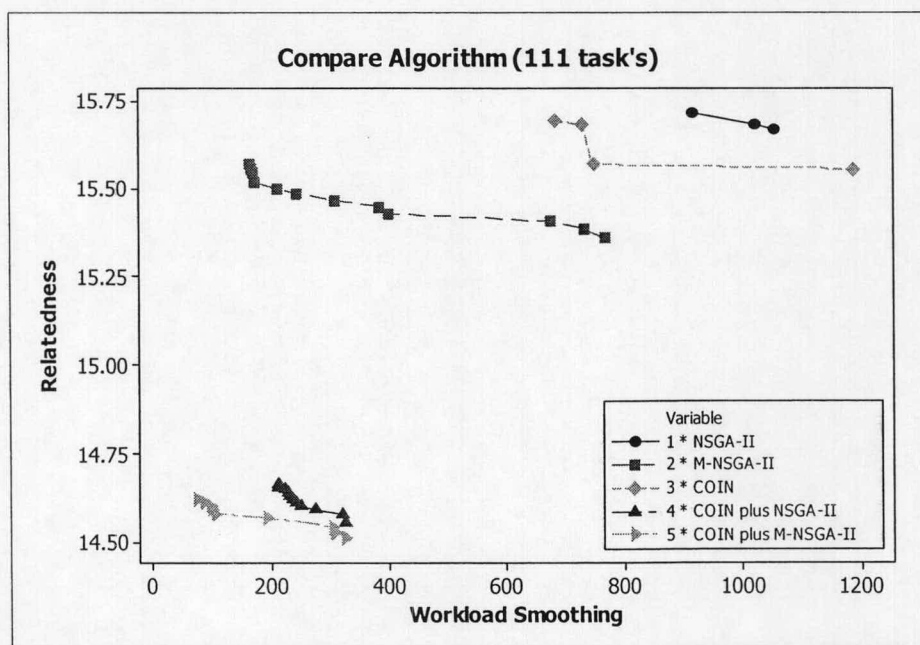
M-NSGA-II	16	15.5	209.536
	16	15.5152	172.493
	16	15.5429	171.446
	16	15.5556	168.572
	16	15.5676	163.473
COIN	16	15.5556	1187.98
	16	15.5676	747.05
	16	15.68	729.05
	16	15.6923	683.56
COIN plus NSGA-II	15	14.5588	324.426
	15	14.5833	319.21
	15	14.5833	319.21
	15	14.5946	273.538
	15	14.5946	273.538
	15	14.6053	247.533
	15	14.6154	241.081
	15	14.625	236.212
	15	14.6341	230.821
	15	14.6429	226.025
	15	14.6512	222.775
	15	14.6512	222.775
	15	14.6591	211.693
	15	14.6667	211.62
COIN plus M-NSGA-II	15	14.5161	324.035
	15	14.5313	305.149
	15	14.5455	303.016
	15	14.5714	192.342

ตารางที่ 9.50 ผลลัพธ์ของคำตอบ 3 วัตถุประสงค์ ทั้ง 5 อัลกอริทึมในปัญหา 111 ชั้นงาน (ต่อ)

COIN plus M-NSGA-II	15	14.5833	105.72
	15	14.5946	98.519
	15	14.6053	97.856
	15	14.6154	87.116
	15	14.625	75.062

ตารางที่ 9.51 true-Pareto Optimal Frontier ที่หาได้ของอัลกอริทึมทั้งหมด ในปัญหา 111 ชั้นงาน

จำนวนสถานีงาน	ผลต่างความสัมพันธ์ ในสถานีงาน	กระจายภาระงาน ในสถานีงาน
15	14.5161	324.035
15	14.5313	305.149
15	14.5455	303.016
15	14.5714	192.342
15	14.5833	105.720
15	14.5946	98.519
15	14.6053	97.856
15	14.6154	87.116
15	14.6250	75.062



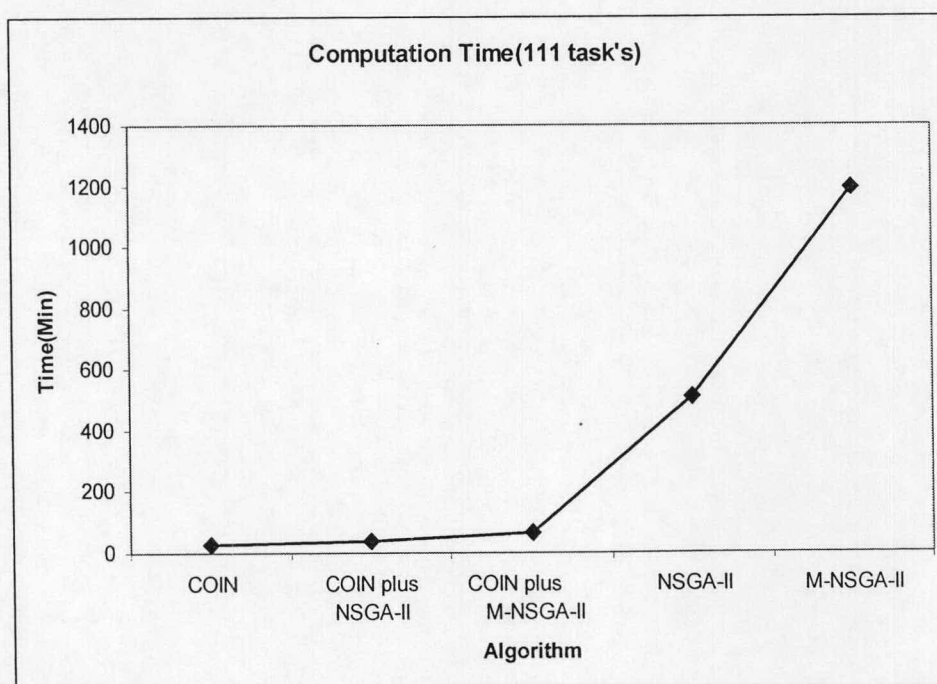
รูปที่ 9.10 การเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์อัลกอริทึมทั้งหมด ปัญหาขนาด 111 ชั้นงาน

ผลลัพธ์ของคำตอบทั้ง 5 อัลกอริทึม จะนำมาเปรียบเทียบกับ true-Pareto Optimal Frontier เพื่อคำนวณหาตัวชี้วัดสมรรถนะทั้งหมด 3 สมรรถนะ คือการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) ได้ผลดังตารางที่ 9.51

ตารางที่ 9.52 ค่าของตัวชี้วัดสมรรถนะทั้ง 3 สมรรถนะ ในปัญหา 111 ชิ้นงาน

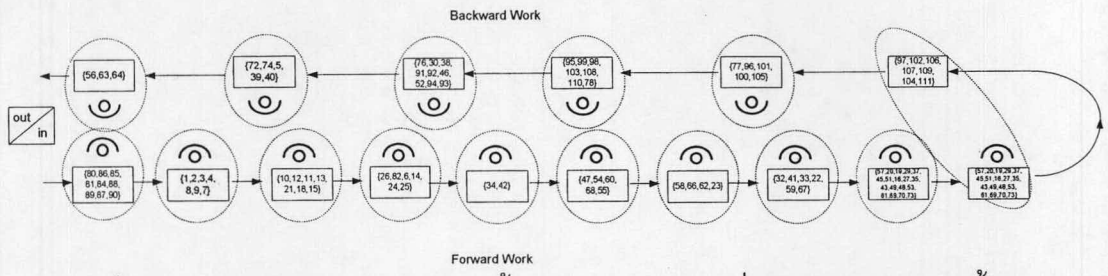
ตัวชี้วัดสมรรถนะ	NSGA-II	M-NSGA-II	COIN	COIN plus NSGA-II	COIN plus M-NSGA-II
Convergence	1.0000	0.8645	0.9907	0.4100	0
Spread	0.7479	0.4882	0.6951	0.7211	0.6643
Ratio	0	0	0	0	1.0000

จากตารางที่ 9.52 พบว่าวิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II จะให้ได้ผลลัพธ์ของคำตอบในด้านการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) ซึ่งมีค่าที่เหมาะสม 2 ใน 3 ของตัวชี้วัดสมรรถนะทั้งหมด



รูปที่ 9.11 เวลาที่ใช้ในการคำนวณในแต่ละอัลกอริทึม ขนาดปัญหา 111 ชิ้นงาน

สรุปได้ว่าในขนาดปัญหา 111 ชั้นงาน วิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II จะทำให้คำตอบเหมาะสมที่สุดอย่างเห็นได้ชัด และเมื่อเทียบสถานการณ์งานกับวิธีเจเนนาติกอัลกอริทึมแบบNSGA-II และเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II พบว่าสามารถลดจำนวนสถานีงานลงได้ 1 สถานีงานจาก 16 สถานีงาน เหลือ 15 สถานีงาน ซึ่งจำนวนสถานีงานที่ได้ถือถือว่าเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution)



รูปที่ 9.12 ตัวอย่างคำตอบการจัดสรรชั้นงานลงสถานีงานเมื่อปัญหาขนาด 111 ชั้นงาน

9.5 สรุปท้ายบท

เมื่อนำพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละอัลกอริทึมจากบทที่ 8 มาทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของคำตอบตามตัวชี้วัดสมรรถนะ 3 สมรรถนะ คือ การลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence to the Pareto-optimal set) การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread to the Pareto-optimal set) และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-Dominated Solution) กับปัญหาทั้งหมด 4 ปัญหา

ขนาดปัญหา 19 และ 36 ชั้นงาน พบว่าอัลกอริทึมที่ให้คำตอบที่ดีที่สุดของทั้งสองปัญหา คืออัลกอริทึมเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II โดยเฉพาะปัญหาขนาด 36 ชั้นงาน จะมีค่าที่ดีที่สุดทั้ง 3 ตัวชี้วัดสมรรถนะ แต่เมื่อพิจารณาด้านเวลาในการคำนวณยังพบว่าเวลาที่ใช้ในการคำนวณของวิธีเมมเมติกอัลกอริทึมแบบNSGA-II ยังใช้เวลาในการคำนวณมากกว่าวิธีอัลกอริทึมอื่น ๆ อยู่

ในส่วนขนาดปัญหาที่มีขนาดใหญ่ 61 และ 111 ชั้นงาน พบว่าวิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับ M-NSGA-II ได้ผลที่มีประสิทธิภาพกว่าทุกอัลกอริทึมอย่างเห็นได้ชัด ทั้งสองปัญหาสามารถลดจำนวนสถานีงานลงได้จำนวน 1 สถานีงาน เมื่อเทียบกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II ที่ถือว่ามีประสิทธิภาพในการได้คำตอบดีในปัญหาขนาดเล็ก โดยเฉพาะปัญหาขนาด 111 ชั้นงาน วิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมสามารถค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดของจำนวนสถานีงาน

มีค่าเท่ากับ 15 สถานงาน(School, 1999) ในด้านเวลาพบว่าทั้งสองปัญหาใช้เวลาที่เร็วกว่าเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II จึงเหมาะที่จะนำไปใช้ในสภาพปัญหาที่แท้จริง

สรุปได้ว่าวิธีการเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ NSGA-II มีประสิทธิภาพสูงสุดในการแก้ไขปัญหขนาดปัญหา 19 และ 36 ชิ้นงาน และวิธีอัลกอริทึมการบรรจบรวมกับเมมเมติกอัลกอริทึมแบบ M-NSGA-II จะมีประสิทธิภาพสูงสุดในการแก้ไขปัญหขนาดปัญหา 61 และ 111 ชิ้นงาน ที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหการจัดสมดุลสายการประกอบลักษณะตัวยูที่ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ผสม ในระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี