บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์และอภิปรายผล

การทดลองและผลการทดลอง

การวิเคราะห์ค่าทางสถิติจะช่วยให้ทราบถึงประสิทธิภาพอย่างแท้จริงของขั้นตอนแต่ละวิธี ในการวิจัยนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ทดลอง ซึ่งสืบค้นค่าคำตอบจาก โปรแกรมการจัดตารางการผลิตที่มีการประยุกต์ใช้เทคนิคชัฟเฟิลฟร์อกลีปปิง โดยแต่ละการทดลองมีจุดประสงค์การทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 นั้นมีขึ้นเพื่อหาค่าปัจจัยที่มีผลกระทบ (Screening experiment) ต่อการทำงานของเทคนิคชัฟเฟิลฟร์อกลีปปิง (SFL) สำหรับแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิต โดยใช้วิธีการในการพัฒนาการปรับปรุงกบ คือ Swap Operator (SO) และ Adjust Operator (AO)

ทดลองที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบขั้นตอนการปรับปรุงพัฒนาเทคนิคชัฟเฟิลฟร์อกลีปปิง (SFL) สำหรับการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิต ระหว่างการใช้วิธีการ Swap Operator (SO) และ Adjust Operator (AO) โดยใช้ระดับปัจจัยที่เหมาะสมจากการศึกษาที่ได้ในการทดลองที่ 1 มาใช้ในการทดลอง โดยทำกาทดสอบแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิต ซึ่งมีขนาดของปัญหา 4 ขนาด คือ ปัญหาขนาดเล็ก, ปัญหาขนาดกลาง, ปัญหาขนาดใหญ่ และ ปัญหาขนาดใหญ่พิเศษ ซึ่งจุดมุ่งหมายในแต่ละการทดลองกำหนดไว้ ดังนี้

1. **การทดลองที่ 1: ส่วนของ** Screening Experiment

การทดสอบค่าระดับปัจจัยของขั้นตอนเทคนิคชัฟเฟิลฟร์อกลีปปิง (SFL) เพื่อหาค่าตัวแปรหรือปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของเทคนิคชัฟเฟิลฟอร์กลีปปิง (SFL) สำหรับการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิต ปัญหาทดสอบ 4 ขนาด (Small, Medium, large และ Extra large problem) โดยใช้วิธีการในการพัฒนาการปรับปรุงกบ คือ Swap Operator (SO) และ Adjust Operator (AO) ปัจจัยของขั้นตอนเทคนิคชัฟเฟิลฟร์อกลีปปิง (SFL) ที่ถูกพิจารณา มีทั้งหมด 3 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ 1 ขนาดของประชากรหรือจำนวนของกบคูณด้วยจำนวนรุ่น (Number of Frog*Number of Generation: F*G) โดยอ้างอิงจากการศึกษาของ Khadwilard (2007) ซึ่งกำหนดจำนวนโครโมโซมที่ 2500 โครโมโซม ดังนั้นการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตโดยใช้เทคนิคชัฟเฟิลฟร์อกลีปปิง (SFL) จึงกำหนดจำนวนประชากรของกบไว้ที่ 2500 ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ระดับ คือ 25*100, 50*50 และ 100*25 ตามลำดับ ปัจจัยที่ 2 จำนวนรอบในการทำซ้ำ (Number

of Iteration: I) แบ่งได้เป็น 3 ระดับ คือ 10, 50 และ 90 ตามลำดับ ปัจจัยที่ 3 จำนวนของการแบ่งกลุ่ม (Number of Memeplex: M) แบ่งได้เป็น 3 ระดับ คือ 4, 5 และ 6 ตามลำดับ โดยค่าระดับปัจจัยกลาง นั้นสามารถดูได้จากงานทบทวนวรรณกรรมของ (Amiri, et al., 2007) เพื่อให้การทดลองเป็นไปอย่างครอบคลุม ค่าระดับปัจจัยระดับต่ำ และ ค่าในระดับปัจจัยระดับสูงนั้นคำนวณจากค่าระดับปัจจัยกลาง ลบด้วยหนึ่ง และ บวกด้วยหนึ่ง ตามลำดับ แสดงดังตาราง 6

ตาราง 6 แสดงการกำหนดระดับพารามิเตอร์สำหรับการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิต

ปัจจัย (Factors)	ระดับ (Levels)	ค่า (Values)		
		ต่ำ(-1)	กลาง(0)	สูง(1)
จำนวนของกบ*จำนวนรุ่น (F*G)	3	25*100	50*50	100*25
จำนวนรอบในการทำซ้ำ (I)	3	10	50	90
จำนวนการแบ่งกลุ่ม (M)	3	4	5	6

การทดสอบนี้ แต่ละการทดลอง ทำการทดลอง 27 ครั้ง ต่อการทำซ้ำ 1 ครั้ง ดังนั้นถ้ากำหนดการทำซ้ำ 5 ครั้ง โดยในแต่ละครั้งให้ใช้หมายเลขสุ่มเริ่มต้นแตกต่างกัน (1111, 2222, 3333, 4444 และ 5555) ทำให้เกิดการทดลองทั้งสิ้น 27 x 5 = 135 การทดลอง ต่อ 1 วิธีการ จากปัจจัยและระดับการทดลอง ใช้วิธีทำการทดสอบโดยการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสมบูรณ์ 3^k (The full factorial designs) เมื่อ k คือจำนวนปัจจัย ซึ่งปัจจัยและระดับปัจจัยต่าง ๆ เท่ากับ 3 ได้แสดงดังตาราง 5 และในการทดลองที่1 ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดลองที่ 1.1 การทดสอบค่าระดับปัจจัยของขั้นตอนเทคนิคชัฟเฟิลฟร์อกลีปปิง (SFL) โดยใช้วิธีการ Swap Operation (SO) และ การทดลองที่ 1.2 การทดสอบค่าระดับปัจจัยของขั้นตอนเทคนิคชัฟเฟิลฟร์อกลีปปิง (SFL) โดยใช้วิธีการ Adjust Operation (AO)

ซึ่งจะนำผลการทดลองที่ได้จากแต่ละระดับของทั้ง 2 วิธี มาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) รูปแบบจำ ลองเชิงเส้นทั่วไป (General Liner Model) โดยตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนนั้นประกอบไปด้วย แหล่งความแปรปรวน (Source), ผลรวมของกำลังสองของค่าเบี่ยงเบน (Sum of Squares: SS), การหา

ค่าเฉลี่ยของแต่พจน์ในสมการ (Degrees of Freedom: DF), ค่าเฉลี่ยความเบี่ยงเบนกำลังสอง (Mean Square: MS), ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาใน F-distribution (F) และ ค่าความน่าจะเป็น (Probability: P-Value) มีค่า 0 ถึง 1 โดยเลือกใช้ โปรแกรมมินิแท็บ เวอร์ชั่น 14 (Minitab version 14)

1.1 ผลจากการทดลองที่ 1.1

นำผลการทดลองที่ได้จากแต่ละระดับโดยใช้วิธีการ Swap Operator (SO) เมื่อพิจารณาผลกระทบปัจจัยหลักในการกำหนดปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ขนาดของจำนวนประชากรหรือจำนวนกบคูณด้วยจำนวนรุ่น (Number of frog*Number of Generation: F*G), จำนวนรอบในการปรับปรุง (Number of Iteration: I) และ จำนวนการแบ่งกลุ่ม (Number of Memeplex: M) ดังตาราง 7

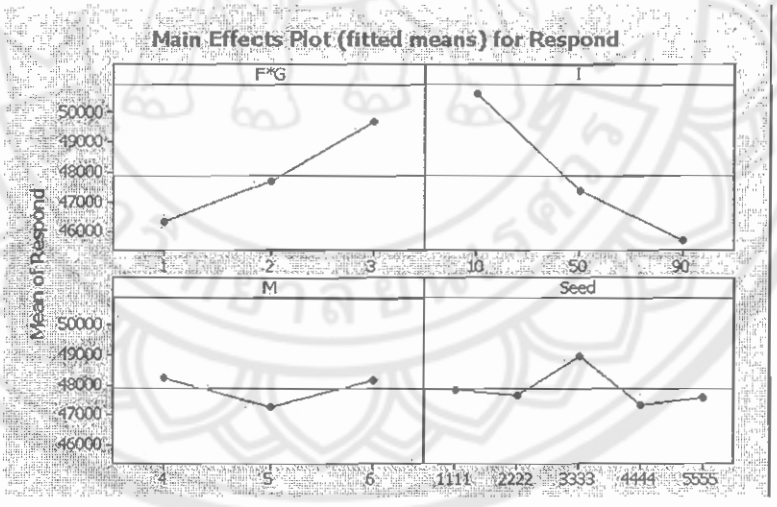
ตาราง 7 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปัจจัยของเทคนิคซัฟเฟิลฟร็อกลีปปิง โดยใช้วิธีการ Swap Operator (SO)

Source	DF	SS	MS	F	P
F*G	2	254892593	127446296	10.66	0.000*
I	2	562414815	281207407	23.53	0.000*
M	2	27848148	13924074	1.17	0.316
Seed	4	42674074	10668519	0.89	0.471
F*G*I	4	32362963	8090741	0.68	0.609
F*G*M	4	44129630	11032407	0.92	0.453
I*M	4	36740741	9185185	0.77	0.548
Error	112	1338407407	11950066		
Total	134	2339470370			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อพิจารณาจากผลที่ได้จากตาราง 7 พบว่าค่าขนาดของจำนวนประชากรหรือจำนวนกบคูณด้วยจำนวนรุ่น (F*G) และ ค่าจำนวนรอบในการทำซ้ำ (I) นั้นมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งพิจารณาได้จากค่า P-Value ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 ทำให้ปัจจัยนี้มีผลกระทบต่อการหาค่าคำตอบในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิต นอกจากปัจจัยนี้แล้ว ปัจจัยที่เหลือ ค่าจำนวนการแบ่งกลุ่ม (M) มีค่า P-Value มากกว่า 0.05 ทำให้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนโดยหาค่าความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปร พบว่าทั้งหมด มีค่า P-Value มากกว่า 0.05 ทำให้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

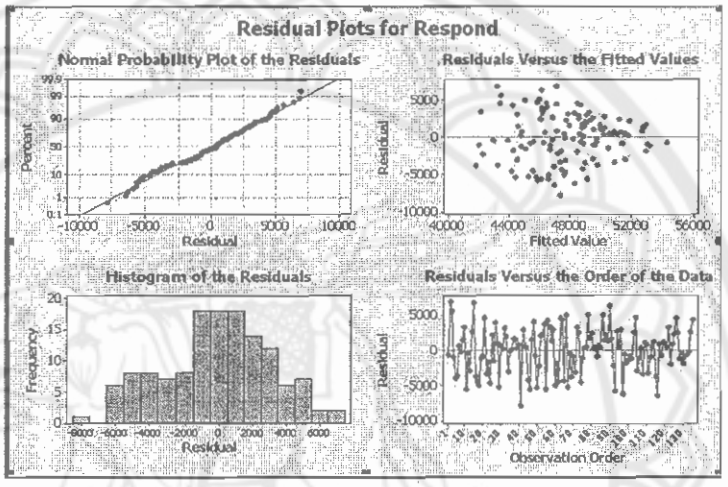
กราฟแสดงผลกระทบจากปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) ของขั้นตอนเทคนิคชัฟเฟิลฟร็อกลีปปิงในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีการ Swap Operator (SO) ซึ่งปัญหาการจัดตารางการผลิตเป็นปัญหาที่ต้องการหาค่าคำตอบที่มีค่าน้อย ดังนั้นจึงพบว่า ขนาดของประชากรหรือจำนวนของกบคูณจำนวนรุ่น (F*G) ควรใช้ค่าปัจจัยที่ระดับ 25*100 จำนวนรอบในการปรับปรุง (I) ควรใช้ค่าปัจจัยที่ระดับ 90 จำนวนการแบ่งกลุ่ม (M) ควรใช้ค่าปัยจัยที่ระดับ 5 และจำนวนการทำซ้ำ (Seed) ควรใช้ค่าปัจจัยที่ระดับ 4444 ดังแสดงไว้ในกราฟภาพ 31



ภาพ 31 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัย (Main effect plot) โดยใช้วิธีการSO

การตรวจสอบความถูกต้องของสมมติฐาน ต้องตรวจสอบความถูกต้องของสมติฐานนี้ว่าเป็นจริงหรือไม่ ซึ่งสามารถทำได้ด้วยการตรวจสอบสมมติฐานเบื้องต้นโดยการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) งานวิจัยนี้ ได้วิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) ด้วยการทำกราฟ

กำหนดความน่าจะเป็นปกติของส่วนตกค้าง (Normal Probability Plot of the Residuals), การสร้างกราฟส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกฟิต (Plot of Residuals Versus Fitted Values), กราฟฮิสโตแกรม (Histogram) และการสร้างกราฟการพล็อตส่วนตกค้างตามลำดับเวลาที่เก็บข้อมูล (Plot of Residuals Versus the Order of the Data) ดังภาพ 31 แสดงกราฟการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) ของเทคนิคซัฟเฟิลฟร์อกลีปปิง (SFL) โดยใช้วิธีการ SO



ภาพ 32 แสดงกราฟการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) ของเทคนิคซัฟเฟิลฟร์อกลีปปิง (SFL) โดยใช้วิธีการ SO

จากภาพ 32 แสดงการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ภาพบนซ้ายมือกราฟ Normal Probability Plot พบว่า กราฟที่พล็อตมีลักษณะเกือบเป็นเส้นตรง ซึ่งแสดงว่ามีการแจกแจงของความผิดพลาดเป็นแบบปกติ ภาพบนขวามือการพล็อตส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกฟิต (Fitted Value) พบว่ากราฟที่พล็อตขึ้นมานั้นไม่มีโครงสร้างที่ผิดสังเกตปรากฏให้เห็น แสดงว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบแจกแจงความผิดพลาดเป็นแบบปกติ เพราะการพล็อตส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกฟิต (Fitted Value) กราฟต้องไม่ควรจะมีรูปร่างเฉพาะแต่อย่างใด ซึ่งถ้ากราฟมีรูปร่างเฉพาะ แสดงให้เห็นว่ามีความแปรปรวนที่ไม่คงที่ หรือมีสิ่งรบกวนอยู่เบื้องหลังในการทดลอง (ปารเมศ ชุติมา, 2545) ภาพล่างซ้ายมือ กราฟฮิสโตแกรม พบว่า ค่าเฉลี่ยส่วนใหญ่จะอยู่ตรงกลาง แสดงว่ามีการกระจายของข้อมูลเป็นไปตามแบบแจกแจงปกติ และสุดท้ายภาพล่างขวา การพล็อตส่วนตกค้างตามลำดับเวลาที่เก็บข้อมูล (Plot of Residuals Versus the Order of the Data) พบว่า ผลของส่วนตกค้างมีการขึ้นลงไม่มีแนวโน้มเป็นบวกหรือลบ แสดงว่าไม่มีการ

ละเมิดของสมมติฐานเกี่ยวกับความเป็นอิสระหรือความแปรปรวนคงตัวแต่ประการใดเพราะ ถ้าหากแนวโน้มที่จะการรันของส่วนตกค้างที่เป็นบวก และ ลบ บ่งชี้ว่าสมมติฐานของความเป็นอิสระถูกละเมิด

1.1.1 การทดลองเพิ่มของการทดลอง 1.1

เนื่องจากค่าระดับของปัจจัยที่ได้จากทดลองนั้น ยังสามารถทำการทดลองหาค่าระดับปัจจัย ในระดับอื่นได้อีก ซึ่งจุดประสงค์ในการทดลองนี้เพื่อต้องการทดสอบหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้นจึงทำการทดลองเพิ่ม เพื่อหาค่าระดับปัจจัยของเทคนิคชัฟเฟิลฟอร์กลีปปิงโดยใช้วิธีการ Swap Operator (SO) ที่ได้จากผลการทดลอง 1.1 นั้นมีค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดแล้วหรือไม่ โดยการทดลองเพิ่มนั้นได้กำหนดค่าระดับปัจจัยที่ใช้พิจารณา คือ ปัจจัยที่ 1 ขนาดของประชากรหรือจำนวนของกบคูณจำนวนรุ่น (F*G) กำหนดระดับปัจจัยไว้ที่ 25*100 และ 20*125 เพราะจำนวนประชากรของกบกำหนดไว้ที่ 2500 และไม่สามารถกำหนดค่าจำนวนประชากรของกบให้มีจำนวนน้อยกว่า 20 ได้ทั้งนี้เพราะจำนวนประชากรของกบนั้นต้องมีความสัมพันธ์กับจำนวนการแบ่งกลุ่ม (M) คือ ในแต่ละกลุ่ม (Memeplex) ต้องมีจำนวนประชากรของกบตั้งแต่ 2 ประชากรขึ้นไป ปัจจัยที่ 2 จำนวนรอบในการปรับปรุง (I) กำหนดระดับปัจจัยไว้ที่ 90 และ 100 และปัจจัยที่ 3 จำนวนการแบ่งกลุ่ม (M) ใช้ระดับปัจจัยกลาง คือ 5 เพราะ จากการทดสอบ ค่าปัจจัยจำนวนการแบ่งกลุ่ม 3 ระดับ คือ 4, 5 และ 6 ตามลำดับ ค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่ได้จากผลการทดลองที่ 1.1 คือระดับกลางพอดี ฉะนั้นไม่ต้องทำการทดสอบเพิ่มของค่าปัจจัยจำนวนการแบ่งกลุ่ม

การทดสอบนี้ แต่ละการทดลอง ทำการทดลองเท่ากับ 2 x 2 x 1 = 4 ครั้ง ดังนั้นถ้ากำหนดการทำซ้ำ 5 ครั้ง โดยในการประมวลผลแต่ละครั้งใช้หมายเลขการสุ่มเริ่มต้นที่แตกต่างกัน (1111, 2222, 3333, 4444 และ 5555) รวมแล้วทำให้เกิดการทดลองทั้งสิ้น 4 x 5 = 20

ผลจากการทดลองเพิ่มของการทดลอง 1.1

นำผลการทดลองที่ได้จากการทดลองเพิ่มโดยใช้วิธีการ Swap Operator (SO) เมื่อพิจารณาผลกระทบปัจจัยที่นำมาใช้ ได้แก่ ขนาดของจำนวนประชากรหรือจำนวนกบคูณด้วยจำนวนรุ่น (Number of frog*Number of Generation: F*G), จำนวนรอบในการปรับปรุง (Number of Iteration: I) และ จำนวนการแบ่งกลุ่ม (Number of Memeplex: M) ดังตาราง 8 และนำผลการทดลองที่ได้แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) ดังภาพ 33

ตาราง 8 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปัจจัยของเทคนิคชัฟเฟิลฟร์อกลีปปิง โดยใช้วิธีการ Swap Operator (SO) ของการทดลองเพิ่ม

Source	DF	SS	MS	F	P
F*G	1	612500	612500	0.06	0.812
I	1	9112500	9112500	0.88	0.366
Seed	4	72075000	18018750	1.74	0.202
Error	13	134837500	10372115		
Total	19	216637500			

ภาพ 33 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัย (Main effect plot) ของการทดสอบเพิ่มของการทดลอง 1.1

จากภาพ 33 การทดสอบเพิ่ม เมื่อสังเกตกราฟแสดงผลกระทบจากปัจจัย (Main effect plot) สรุปได้ว่าการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีการ Swap Operator (SO) นั้นพบว่า ขนาดของประชากรหรือจำนวนของกบคูณจำนวนรุ่น (F*G) ควรใช้ค่าปัจจัยที่ระดับ 25*100 จำนวนรอบในการปรับปรุง (I) ควรใช้ค่าปัจจัยที่ระดับ 100 และ จำนวนการแบ่งกลุ่ม (M) ควรใช้ค่าปัจจัยที่ระดับ 5

1.2. ผลจากการทดลองที่ 1.2

นำผลการทดลองที่ได้จากแต่ละระดับโดยใช้วิธีการ Adjust Operator (AO) เมื่อพิจารณาผลกระทบปัจจัยหลักในการกำหนดปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ขนาดของจำนวนประชากรหรือจำนวนกบคูณด้วยจำนวนรุ่น (Number of frog*Number of Generation: F*G), จำนวนรอบในการปรับปรุง (Number of Iteration: I) และ จำนวนการแบ่งกลุ่ม (Number of Memeplex: M) ดังตาราง 9

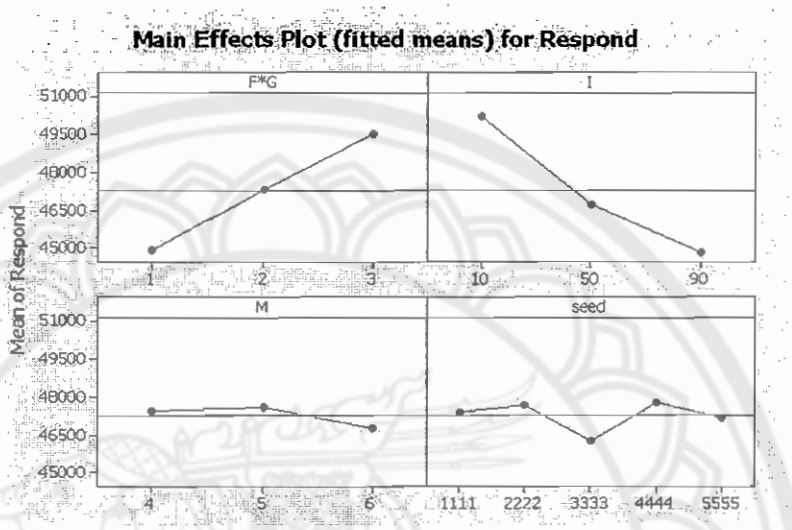
ตาราง 9 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปัจจัยของเทคนิคชัฟเฟิลฟร็อกลีปปิง โดยใช้วิธีการ Adjust Operator (AO)

Source	DF	SS	MS	F	P
F*G	2	485257926	242628963	16.81	0.000*
I	2	674875704	337437852	23.37	0.000*
M	2	17635704	8817852	0.61	0.545
Seed	4	40249926	10062481	0.70	0.596
F*G*I	4	16320296	4080074	0.28	0.889
F*G*M	4	124440296	31110074	2.15	0.079
I*M	4	17629185	4407296	0.31	0.874
Error	112	1616887556	14436496		
Total	134	2993296593			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อพิจารณาจากผลที่ได้จากตาราง 9 พบว่าค่าขนาดของจำนวนประชากรหรือจำนวนกบคูณด้วยจำนวนรุ่น (F*G) และ ค่าจำนวนรอบในการทำซ้ำ (I) นั้นมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งพิจารณาได้จากค่า P- Value ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 ทำให้ปัจจัยนี้มีผลกระทบต่อการหาค่าคำตอบในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิต นอกจากปัจจัยนี้แล้ว ปัจจัยที่เหลือ ค่าจำนวนการแบ่งกลุ่ม (M) มีค่า P- Value มากกว่า 0.05 ทำให้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่

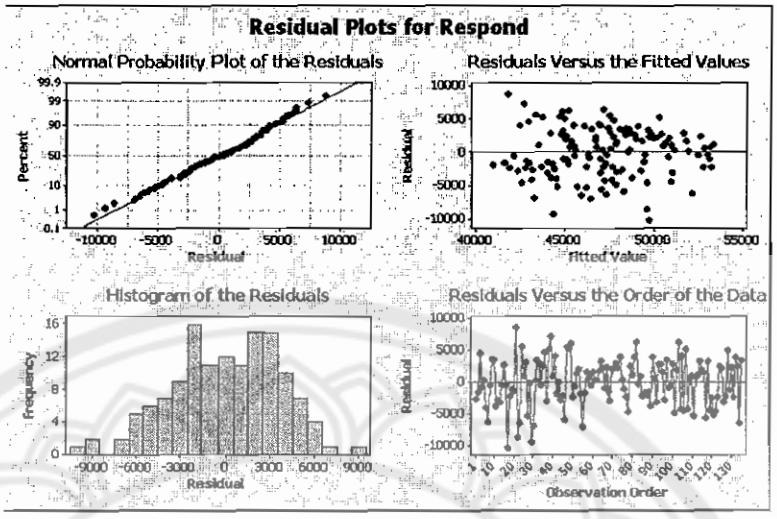
ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนโดยหาค่าความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปร พบว่าทั้งหมด มีค่า P มากกว่า 0.05 ทำให้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพ 34 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัย (Main effect plot) โดยใช้วิธีการ AO

จากภาพ 34 กราฟแสดงผลกระทบจากปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) ของขั้นตอนเทคนิคซัฟเฟิลฟร็อกลีปปิงในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีการ Adjust Operator (AO) พบว่า ขนาดของประชากรหรือจำนวนของกบคูณจำนวนรุ่น (F*G) ควรใช้ค่าปัจจัยที่ระดับต่ำคือ 25*100 จำนวนรอบในการปรับปรุง (I) ควรใช้ค่าปัจจัยที่ระดับสูงคือ 90 และ จำนวนการแบ่งกลุ่ม (M) ควรใช้ค่าปัจจัยที่ระดับสูง คือ 6

การตรวจสอบความถูกต้องของสมมติฐาน ต้องตรวจสอบความถูกต้องของสมติฐานนี้ว่าเป็นจริงหรือไม่ ซึ่งสามารถทำได้ด้วยการตรวจสอบสมมติฐานเบื้องต้นโดยการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) งานวิจัยนี้ ได้วิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) ด้วยการทำกราฟกำหนดความน่าจะเป็นปกติของส่วนตกค้าง (Normal Probability Plot of the Residuals), การสร้างกราฟส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกฟิต (Plot of Residuals Versus Fitted Values), กราฟฮิสโตแกรม (Histogram) และการสร้างกราฟการพล็อตส่วนตกค้างตามลำดับเวลาที่เก็บข้อมูล (Plot of Residuals Versus the Order of the Data) ดังภาพ 34 แสดงกราฟการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) ของเทคนิคซัฟเฟิลฟร็อกลีปปิง (SFL) โดยใช้วิธีการ AO



ภาพ 35 แสดงกราฟการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) **ของเทคนิคชัฟเฟิลฟร์อกลีปปิง** (SFL) **โดยใช้วิธีการ** AO

จากภาพ 35 แสดงการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ภาพบนซ้ายมือกราฟ Normal Probability Plot พบว่า กราฟที่พล็อตมีลักษณะเกือบเป็นเส้นตรง ซึ่งแสดงว่ามีการแจกแจงของความผิดพลาดเป็นแบบปกติ ภาพบนขวามือการพล็อตส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกฟิต (Fitted Value) พบว่ากราฟที่พล็อตขึ้นมานั้นไม่มีโครงสร้างที่ผิดสังเกตปรากฏให้เห็น แสดงว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบแจกแจงความผิดพลาดเป็นแบบปกติ เพราะการพล็อตส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกฟิต (Fitted Value) กราฟต้องไม่ควรจะมีรูปร่างเฉพาะแต่อย่างใด ซึ่งถ้ากราฟมีรูปร่างเฉพาะ แสดงให้เห็นว่ามีความแปรปรวนที่ไม่คงที่ หรือมีสิ่งรบกวนอยู่เบื้องหลังในการทดลอง (ปารเมศ ชุติมา, 2545) ภาพล่างซ้ายมือ กราฟฮิสโตแกรม พบว่า ค่าเฉลี่ยส่วนใหญ่จะอยู่ตรงกลาง แสดงว่ามีการกระจายของข้อมูลเป็นไปตามแบบแจกแจงปกติ และสุดท้ายภาพล่างขวา การพล็อตส่วนตกค้างตามลำดับเวลาที่เก็บข้อมูล (Plot of Residuals Versus the Order of the Data) พบว่า ผลของส่วนตกค้างมีการขึ้นลงไม่มีแนวโน้มเป็นบวกหรือลบ แสดงว่าไม่มีการละเมิดของสมมติฐานเกี่ยวกับความเป็นอิสระหรือความแปรปรวนคงตัวแต่ประการใด เพราะถ้าหากแนวโน้มที่จะการรันของส่วนตกค้างที่เป็นบวก และ ลบ บ่งชี้ว่าสมมติฐานของความเป็นอิสระถูกละเมิด

1.2.1 การทดลองเพิ่มของการทดลอง 1.2

เนื่องจากค่าระดับของปัจจัยที่ได้จากทดลองนั้น ยังสามารถทำการทดลองหาค่าระดับปัจจัย ในระดับอื่นได้อีก ซึ่งจุดประสงค์ในการทดลองนี้เพื่อต้องการทดสอบหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้นจึงทำการทดลองเพิ่ม เพื่อหาค่าระดับปัจจัยของเทคนิคชัฟเฟิลฟอร์กลีปปิงโดยใช้วิธีการ Adjust Operator (AO) ที่ได้จากการทดลองที่ผ่านมานั้นมีค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดแล้วหรือไม่ โดยการทดลองเพิ่มนั้นได้กำหนดค่าระดับปัจจัยที่ใช้พิจารณา คือ ปัจจัยที่ 1 ขนาดของประชากรหรือจำนวนของกบคูณจำนวนรุ่น (F*G) กำหนดค่าปัจจัยไว้ที่ระดับ 25*100 และ 20*125 เพราะจำนวนประชากรของกบกำหนดไว้ที่ 2500 และไม่สามารถกำหนดค่าจำนวนประชากรของกบให้มีจำนวนน้อยกว่า 20 ได้ทั้งนี้เพราะจำนวนประชากรของกบนั้นต้องมีความสัมพันธ์กับจำนวนการแบ่งกลุ่ม (M) คือ ในแต่ละกลุ่ม (Memeplex) ต้องมีจำนวนประชากรของกบตั้งแต่ 2 ประชากรขึ้นไป ปัจจัยที่ 2 จำนวนรอบในการปรับปรุง (I) กำหนดค่าปัจจัยไว้ที่ระดับ 90 และ 100 และปัจจัยที่ 3 จำนวนการแบ่งกลุ่ม (M) กำหนดค่าปัจจัยไว้ที่ระดับ 6, 8 และ 10

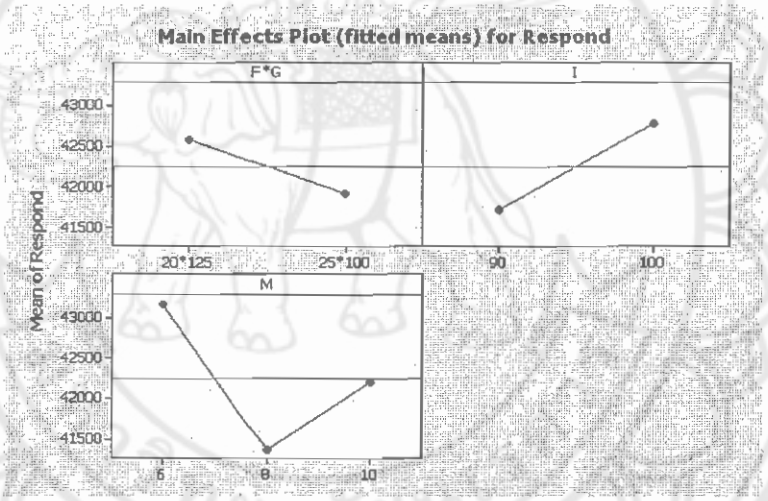
การทดสอบนี้ แต่ละการทดลอง ทำการทดลองเท่ากับ 2 x 2 x 3 = 12 ครั้ง ดังนั้นถ้ากำหนดการทำซ้ำ 5 ครั้ง โดยในการประมวลผลแต่ละครั้งใช้หมายเลขการสุ่มเริ่มต้นที่แตกต่างกัน (1111, 2222, 3333, 4444 และ 5555) รวมแล้วทำให้เกิดการทดลองทั้งสิ้น 12 x 5 = 60

1.2.2 ผลจากการทดลองเพิ่มของการทดลอง 1.2

นำผลการทดลองที่ได้จากการทดลองเพิ่มโดยใช้วิธีการ Adjust Operator (AO) เมื่อพิจารณาผลกระทบปัจจัยที่นำมาใช้ ได้แก่ ขนาดของจำนวนประชากรหรือจำนวนกบคูณด้วยจำนวนรุ่น (Number of frog*Number of Generation: F*G), จำนวนรอบในการปรับปรุง (Number of Iteration: I) และ จำนวนการแบ่งกลุ่ม (Number of Memeplex: M) ดังตาราง 10 และนำผลการทดลองที่ได้แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) ดังภาพ 36

ตาราง 10 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปัจจัยของเทคนิคชัฟเฟิลฟร์อกลีปปิง โดยใช้วิธีการ Adjust Operator (AO)

Source	DF	SS	MS	F	P
F*G	1	612500	612500	0.06	0.812
I	1	9112500	9112500	0.88	0.366
Seed	4	72075000	18018750	1.74	0.202
Error	13	134837500	10372115		
Total	19	216637500			



ภาพ 36 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัย (Main effect plot) **โดยใช้ AO ที่เหมาะสมที่สุด**

จากภาพ 36 การทดสอบเพิ่ม เมื่อสังเกตกราฟแสดงผลกระทบจากปัจจัย (Main effect plot) สรุปได้ว่าการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีการ Adjust Operator (AO) พบว่า ขนาดของประชากรหรือจำนวนของกบคูณจำนวนรุ่น (F*G) ควรใช้ค่าปัจจัยที่ระดับ 25*100 จำนวนรอบในการปรับปรุง (I) ควรใช้ค่าปัจจัยที่ระดับ 90 และ จำนวนการแบ่งกลุ่ม (M) ควรใช้ค่าปัจจัยที่ระดับ 8

2. การทดลองที่ 2: ส่วนของการพิจารณาปรับปรุงขั้นตอนการพัฒนาเทคนิคชัฟเฟิลฟร์อกลีปปิง

ปรับปรุงขั้นตอนการพัฒนาชัฟเฟิลฟร์อกลีปปิง (SFL) โดยใช้วิธีการ Swap Operator (SO) และ Adjust Operator (AO) เพื่อปรับปรุงเพิ่มเติมขั้นตอนการพัฒนาชัฟเฟิลฟร์อกลีปปิง (SFL) สำหรับการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตได้นำค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 1 มาใช้ในการทดลอง โดยทำการทดสอบแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิต ซึ่งมีขนาดของปัญหา 4 ขนาด คือ ปัญหาขนาดเล็ก (Small size problem), ปัญหาขนาดกลาง (Medium size problem), ปัญหาขนาดใหญ่ (Large size problem) และ ปัญหาขนาดใหญ่พิเศษ (Extra-large size problem) (Pongcharoen, 2001) มาทำการทดลองซ้ำ 30 ครั้งโดยเปลี่ยนหมายเลขการสุ่มให้มีความแตกต่างกัน (1111, 1211, 1311, 1411, 1511, 1611, 2122, 2222, 2322, 2422, 2522, 2622, 3133, 3233, 3333, 3433, 3533, 3633, 4144, 4244, 4344, 4444, 4544, 4644, 5155, 5255,5355, 5455, 5555, 5655)

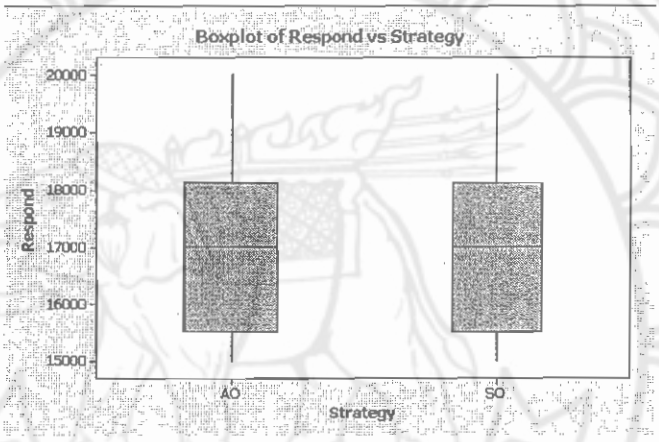
2.2 **ผลการทดลองที่ 2**

นำผลที่ได้จากการประมวลผลมาสร้างเป็นตารางเพื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างการใช้วิธีการ Swap Operation (SO) กับ Adjust Operation (AO) ของปัญหาการจัดตารางการผลิตในขนาดปัญหาต่างๆ

ตาราง 11 แสดงผลค่าปรับ (Penalty cost) ที่ได้จากการทดลอง ของปัญหาขนาดเล็ก

วิธีการ (Method)	คำตอบที่ดีที่สุด (BSF)	ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	เวลา (Time: minute.)
Swap Operator (SO)	15000	17016.67	1380.821	1.918
Adjust Operator (AO)	15000	16900	1457.643	1.920

จากตาราง 11 จะแสดงการเปรียบเทียบการพัฒนาการปรับปรุงของกบ ของปัญหาขนาดเล็กโดยยึดเอาค่าปรับ (Penalty cost) ดีที่สุดในทุกรุ่น ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยของเวลา พบว่า สำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตขนาดเล็ก เมื่อใช้วิธีการ SO และ AO สามารถหาค่าปรับที่ดีที่สุดได้ไม่แตกต่างกันคือ 15000 โดย วิธีการ SO ได้ค่าเฉลี่ยที่ 16950 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ได้ 1446.458 และเวลาโดยเฉลี่ยอยู่ 1.918 นาที ส่วนวิธีการ AO ได้ค่าเฉลี่ยที่ 16966.67 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ได้ 1467.659และเวลาโดยเฉลี่ยอยู่ 1.920 นาที ซึ่งสามารถดูได้ดัง ภาพ 37 แสดงการเปรียบเทียบวิธีการ SO กับ AO ของปัญหาขนาดเล็ก



ภาพ 37 แสดงการเปรียบเทียบวิธีการระหว่าง SO กับ AO ของปัญหาขนาดเล็ก

ในการทดสอบการเปรียบเทียบ ระหว่างการใช้วิธีการ SO และ วิธี AO ของปัญหาขนาดเล็ก ด้วยค่าตัวเลขเพียงอย่างเดียวยังไม่อาจสรุปได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเพิ่มโดยการวิเคราะห์ทางสถิติมาช่วยในการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทั้ง 2 วิธี ด้วยการใช้ การทดสอบความแตกต่างของประชากรสองกลุ่ม (Two – Groups Differential Test)

การทดสอบ T-test ในการทดลองที่ 2 ของปัญหาขนาดเล็ก

สมมติฐาน

H_0 ค่าเฉลี่ยของค่าปรับของปัญหาขนาดเล็กที่คำนวณได้จากการใช้วิธีการ SO มากกว่าหรือเท่ากับ ค่าปรับที่คำนวณได้จากการใช้วิธีการ AO $(H_0 = \mu_{SO} \geq \mu_{AO})$

H_1 ค่าเฉลี่ยของค่าปรับของปัญหาขนาดเล็กที่คำนวณได้จากการใช้วิธีการ SO น้อยกว่า ค่าปรับที่คำนวณได้จากการใช้วิธีการ AO $(H_1 = \mu_{SO} < \mu_{AO})$

ตาราง 12 แสดงการวิเคราะห์ T-test ระหว่าง การใช้วิธีการ SO และ วิธี AO ของปัญหาขนาดเล็ก

กลุ่มประชากร	N	Mean	S.D	t	P
SO	30	17017	1483	0.31	0.378
AO	30	16900	1404		

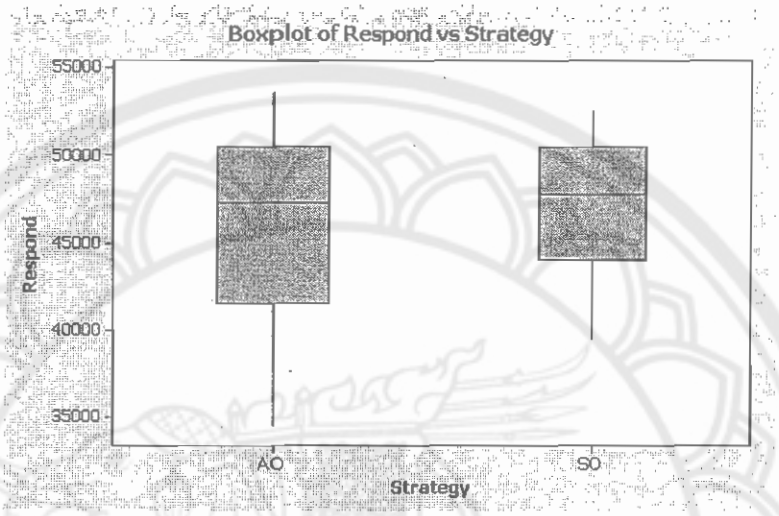
จากตาราง 12 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคำตอบของปัญหาขนาดเล็กที่คำนวณได้จากวิธี จากการใช้วิธีการ SO เท่ากับ 17017 บาท และค่าเฉลี่ยของคำตอบที่คำนวณได้จากวิธี จากการใช้วิธีการ AO เท่ากับ 16900.0 บาท เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่าปรับพบว่าการใช้วิธีการ SO ให้ปรับที่มากกว่าวิธีการ AO อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

ตาราง 13 แสดงผลค่าปรับ (Penalty cost) ที่ได้จากการทดลอง ของปัญหาขนาดกลาง

วิธีการ (Method)	คำตอบที่ดีที่สุด(BSF)	ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	เวลา (Time: minute.)
Swap Operator (SO)	39500	47150	3582.713	4.02
Adjust Operator (AO)	34500	46033.33	4852.72	4.09

จากตาราง 13 จะแสดงการเปรียบเทียบการพัฒนาการปรับปรุงของกบ ของปัญหาขนาดกลางโดยยึดเอาค่าปรับ (Penalty cost) ดีที่สุดในทุกรุ่น ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยของเวลา พบว่า สำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตขนาดกลาง เมื่อใช้วิธีการ AO สามารถหาค่าปรับที่ดีที่สุดได้ดีกว่า การใช้วิธีการ SO คือ 34500 ส่วน วิธีการ SO ได้ค่าปรับที่ดีที่สุดเท่ากับ 39500 ได้ค่าเฉลี่ยที่ 47150 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ได้ 3643.961 และเวลาโดยเฉลี่ย

อยู่ 4.02 นาที ส่วนวิธีการ AO ได้ค่าเฉลี่ยที่ 46033.33 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ได้ 4935.678 และเวลาโดยเฉลี่ยอยู่ 4.09 นาที ซึ่งสามารถดูได้ดัง ภาพ 38 แสดงการเปรียบเทียบวิธีการระหว่าง SO กับ AO ของปัญหาขนาดกลาง



ภาพ 38 แสดงการเปรียบเทียบวิธีการระหว่าง SO กับ AO ของปัญหาขนาดกลาง

ในการทดสอบการเปรียบเทียบ ระหว่างการใช้วิธีการ SO และ วิธี AO ของปัญหาขนาดกลาง ด้วยค่าตัวเลขเพียงอย่างเดียวยังไม่อาจสรุปได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเพิ่ม โดยการวิเคราะห์ทางสถิติมาช่วยในการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทั้ง 2 วิธี ด้วยการใช้ การทดสอบความแตกต่างของประชากรสองกลุ่ม (Two – Groups Differential Test)

การทดสอบ T-test ในการทดลองที่ 2 ของปัญหาขนาดกลาง

สมมติฐาน

H_0 ค่าเฉลี่ยของค่าปรับของปัญหาขนาดกลางที่คำนวณได้จากการใช้วิธีการ SO มากกว่าหรือเท่ากับ ค่าปรับที่คำนวณได้จากการใช้วิธีการ AO ($H_0 = \mu_{SO} \geq \mu_{AO}$)

H_1 ค่าเฉลี่ยของค่าปรับของปัญหาขนาดกลางที่คำนวณได้จากการใช้วิธีการ SO น้อยกว่า ค่าปรับที่คำนวณได้จากการใช้วิธีการ AO ($H_1 = \mu_{SO} < \mu_{AO}$)

ตาราง 14 แสดงการวิเคราะห์ T-test ระหว่าง การใช้วิธีการ SO และ วิธี AO ของปัญหาขนาดกลาง

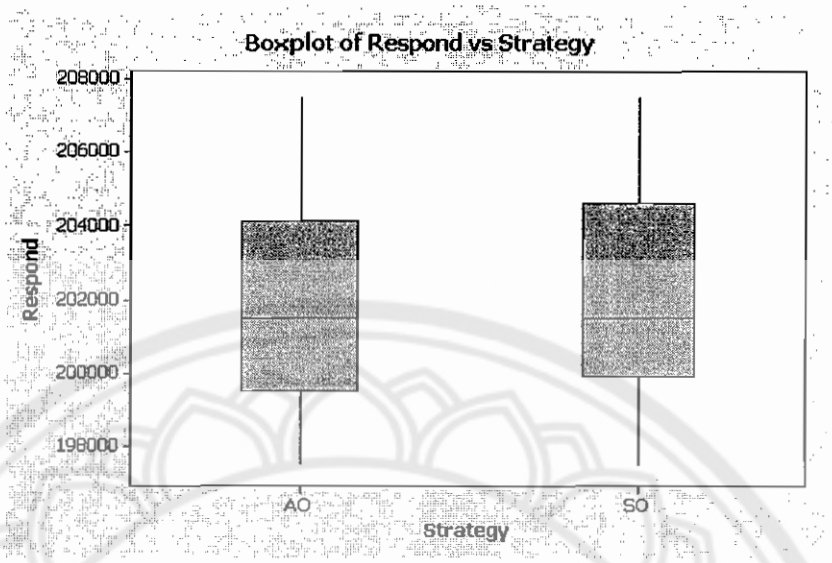
กลุ่มประชากร	N	Mean	S.D	t	P
SO	30	47150.0	3644.0	1.00	0.839
AO	30	46033.3	4936		

จากตาราง 14 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคำตอบของปัญหาขนาดกลางที่คำนวณได้จากวิธีจากการใช้วิธีการ SO เท่ากับ 47150.0 บาท และค่าเฉลี่ยของคำตอบที่คำนวณได้จากวิธี จากการใช้วิธีการ AO เท่ากับ 46033.3 บาท เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่าปรับพบว่าการใช้วิธีการ SO ให้ปรับที่มากกว่าวิธี AO อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

ตาราง 15 แสดงผลค่าปรับ (Penalty cost) ที่ได้จากการทดลอง ของปัญหาขนาดใหญ่

วิธีการ (Method)	คำตอบที่ดีที่สุด (BSF)	ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	เวลา (Time: minute.)
Swap Operator (SO)	197500	202116.7	2854.77	10.028
Adjust Operator (AO)	197500	201800	2727.889	10.12

จากตาราง 15 จะแสดงการเปรียบเทียบการพัฒนาการปรับปรุงของกบ ของปัญหาขนาดใหญ่โดยยึดเอาค่าปรับ (Penalty cost) ดีที่สุดในทุกรุ่น ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยของเวลา พบว่า สำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตขนาดใหญ่เมื่อใช้วิธีการ SO และ AO สามารถหาค่าปรับที่ดีที่สุดได้ไม่แตกต่างกันคือ 197500 โดย วิธีการ SOได้ค่าเฉลี่ยที่ 202116.7 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ได้ 2854.77 และเวลาโดยเฉลี่ยอยู่ 10.028 นาที ส่วนวิธีการ AO ได้ค่าเฉลี่ยที่ 201800 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ได้ 2727.889 และเวลาโดยเฉลี่ยอยู่ 10.12 นาที ซึ่งสามารถดูได้ดัง ภาพ 39 แสดงการเปรียบเทียบวิธีการระหว่าง SO กับ AO ของปัญหาขนาดใหญ่



ภาพ 39 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการ SO กับ AO ของปัญหาขนาดใหญ่

ในการทดสอบการเปรียบเทียบ ระหว่างการใช้วิธีการ SO และ วิธี AO ของปัญหาขนาดใหญ่ ด้วยค่าตัวเลขเพียงอย่างเดียวยังไม่อาจสรุปได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเพิ่ม โดยการวิเคราะห์ทางสถิติมาช่วยในการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทั้ง 2 วิธี ด้วยการใช้ การทดสอบความแตกต่างของประชากรสองกลุ่ม (Two – Groups Differential Test)

การทดสอบ T-test ในการทดลองที่ 2 ของปัญหาขนาดใหญ่

สมมติฐาน

H_0 ค่าเฉลี่ยของค่าปรับของปัญหาขนาดใหญ่ที่คำนวณได้จากการใช้วิธีการ SO มากกว่าหรือเท่ากับ ค่าปรับที่คำนวณได้จากการใช้วิธีการ AO $(H_0 = \mu_{SO} \geq \mu_{AO})$

H_1 ค่าเฉลี่ยของค่าปรับของปัญหาขนาดใหญ่ที่คำนวณได้จากการใช้วิธีการ SO **น้อย**กว่า ค่าปรับที่คำนวณได้จากการใช้วิธีการ AO $(H_1 = \mu_{SO} < \mu_{AO})$

ตาราง 16 แสดงการวิเคราะห์ T-test ระหว่าง การใช้วิธีการ SO และ วิธี AO ของปัญหาขนาดใหญ่

กลุ่มประชากร	N	Mean	S.D	t	P
SO	30	202117	2855	0.44	0.669
AO	30	201800	2728		

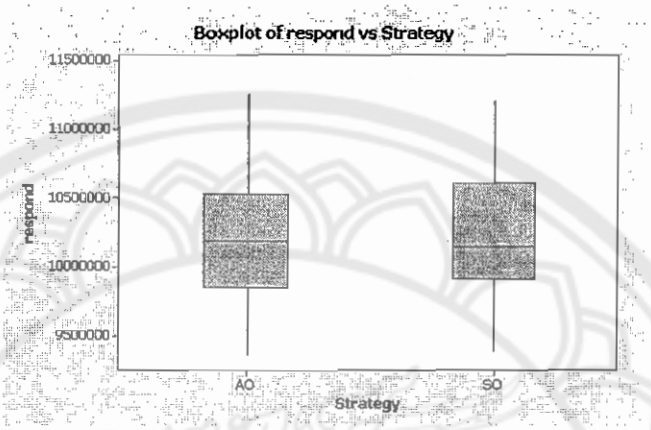
จากตาราง 16 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคำตอบของปัญหาขนาดใหญ่ที่คำนวณได้จากวิธี จากการใช้วิธีการ SO เท่ากับ 202117 บาท และค่าเฉลี่ยของคำตอบที่คำนวณได้จากวิธี จากการใช้วิธีการ AO เท่ากับ 16900.0 บาท เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่าปรับพบว่าการใช้วิธีการ SO ให้ปรับที่มากกว่าวิธี AO อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

ตาราง 17 แสดงผลค่าปรับ (Penalty cost) ที่ได้จากการทดลอง ของปัญหาขนาดใหญ่พิเศษ

วิธีการ (Method)	คำตอบที่ดีที่สุด (BSF)	ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	เวลา (Time: minute.)
Swap Operator (SO)	9380000	10266100	509971.6	53.17
Adjust Operator (AO)	9356500	10151867	473034.8	54.07

จากตาราง 17 จะแสดงการเปรียบเทียบการพัฒนาการปรับปรุงของกบ ของปัญหาขนาดใหญ่พิเศษโดยยึดเอาค่าปรับ (Penalty cost) ดีที่สุดในทุกรุ่น ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยของเวลา พบว่า สำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตขนาดใหญ่พิเศษพบว่า เมื่อใช้วิธีการ AO สามารถหาค่าปรับที่ดีที่สุดได้ดีกว่าการใช้วิธีการ SO คือ 9356500 ส่วน วิธีการ SO ได้ค่าปรับที่ดีที่สุดเท่ากับ 9380000 ได้ค่าเฉลี่ยที่ 10266100 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ได้ 509971.6 และเวลาโดยเฉลี่ยอยู่ 53.17 นาที ส่วนวิธีการ AO ได้ค่าเฉลี่ยที่ 10151867 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ได้

473034.8 และเวลาโดยเฉลี่ยอยู่ 54.07 นาที ซึ่งสามารถดูได้ดัง ภาพ 40 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง วิธีการ SO กับ AO ของปัญหาขนาดใหญ่พิเศษ



ภาพ 40 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการ SO กับ AO ของปัญหาขนาดใหญ่พิเศษ

ในการทดสอบการเปรียบเทียบ ระหว่างการใช้วิธีการ SO และ วิธีการ AO ของปัญหาขนาดใหญ่พิเศษ ด้วยค่าตัวเลขเพียงอย่างเดียวยังไม่อาจสรุปได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเพิ่ม โดยการวิเคราะห์ทางสถิติมาช่วยในการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทั้ง 2 วิธี ด้วยการใช้ การทดสอบความแตกต่างของประชากรสองกลุ่ม (Two – Groups Differential Test)

การทดสอบ T-test ในการทดลองที่ 2 ของปัญหาขนาดใหญ่พิเศษ

สมมติฐาน

H_0 ค่าเฉลี่ยของค่าปรับของปัญหาขนาดใหญ่พิเศษที่คำนวณได้จากการใช้วิธีการ SO มากกว่าหรือเท่ากับ ค่าปรับที่คำนวณได้จากการใช้วิธีการ AO $(H_0 = \mu_{SO} \geq \mu_{AO})$

H_1 ค่าเฉลี่ยของค่าปรับของปัญหาขนาดใหญ่พิเศษที่คำนวณได้จากการใช้วิธีการ SO น้อยกว่า ค่าปรับที่คำนวณได้จากการใช้วิธีการ AO $(H_1 = \mu_{SO} < \mu_{AO})$

ตาราง 18 แสดงการวิเคราะห์ T-test ระหว่าง การใช้วิธีการ SO และ วิธี AO ของปัญหาขนาดใหญ่พิเศษ

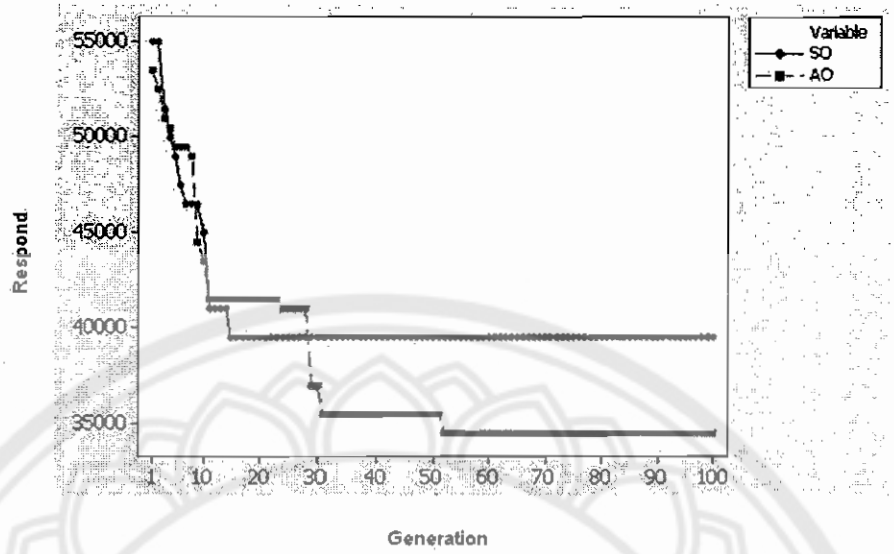
กลุ่มประชากร	N	Mean	S.D	t	P
SO	30	10266100	509972	0.90	0.814
AO	30	10151867	473035		

จากตาราง 18 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคำตอบของปัญหาขนาดใหญ่พิเศษที่คำนวณได้จากวิธีจากการใช้วิธีการ SO เท่ากับ 10266100 บาท และค่าเฉลี่ยของคำตอบที่คำนวณได้จากวิธี จากการใช้วิธีการ AO เท่ากับ 10151867 บาท เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่าปรับพบว่าการใช้วิธีการ SO ให้ปรับที่มากกว่าวิธีการ AO อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

การทดสอบการลู่เข้าหาค่าคำตอบ

การทดลองนี้เป็นการทดสอบการเปรียบเทียบการลู่เข้าหาค่าคำตอบที่ดีที่สุดระหว่างการใช้วิธีการ SO และ AO โดยผลที่นำมาสร้างกราฟการลู่เข้าหาค่าคำตอบที่ดีที่สุด (Convergent Graph) นั้น ได้จากข้อมูลขนาดกลาง และทั้ง 2 วิธีการ ใช้หมายเลขการสุ่มที่เหมือนกัน คือ 5555

ดังภาพ 41 ซึ่งเป็นแสดงกราฟการลู่เข้าหาค่าคำตอบที่ดีที่สุด (Convergent Graph) โดยได้นำเอาผลการประมวลผลค่าการสุ่มที่ดีที่สุดของทั้งวิธีการ Swap Operation (SO) และ Adjust Operation (AO) จะเห็นได้ว่า ทั้งวิธีการ Swap Operation (SO) และ Adjust Operation (AO) มีความเร็วในการลู่เข้าหาค่าคำตอบที่ดีที่สุด ที่เร็วพอๆกัน แต่วิธีการ Adjust Operation (AO) ได้ค่าปรับที่น้อยกว่า วิธีการ Swap Operation (SO) ทั้งนี้เพราะการสร้างกราฟแสดงการลู่เข้าหาค่าคำตอบนี้ได้นำข้อมูลจากปัญหาขนาดกลาง ซึ่งจะคล้ายกับกรณีปัญหาขนาดใหญ่พิเศษ แต่สำหรับปัญหาขนาดเล็กและขนาดใหญ่นั้น ทั้งวิธีการ SO และ AO จะลู่เข้าหาค่าปรับที่ใกล้เคียงกัน



ภาพ 41 กราฟแสดงการลู่เข้าหาค่าคำตอบที่ดีที่สุด (Convergent Graph) ระหว่างการใช้วิธีการ SO และ AO

การทดสอบการเปรียบเทียบการหาค่าคำตอบ ของจำนวนประชากรที่แตกต่างกัน

การทดสอบนี้ เป็นการทดลองเพื่อเปรียบเทียบการหาค่าคำตอบ ระหว่างจำนวนประชากรที่แตกต่างกัน คือ จำนวนประชากร เท่ากับ 25*100, 50*100, 75*100 และ 100*100 ว่าเมื่อมีจำนวนประชากรเพิ่มขึ้น เป็น 2 เท่า, 3 เท่า และ 4 เท่า นั้น จะมีผลต่อการค้นหาค่าคำตอบหรือไม่ ซึ่งข้อมูลที่นำมาใช้เป็นข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของปัญหาขนาดกลาง โดยใช้วิธีการ Swap Operation (SO) หมายเลขการสุ่มที่เหมือนกัน คือ 5555

ดังตาราง 19 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบการหาค่าคำตอบ ของจำนวนประชากรที่แตกต่างกัน (25*100, 50*100, 75*100 และ 100*100) โดยใช้วิธีการ Swap Operation (SO) พบว่า จำนวนประชากร เท่ากับ 2500 (25*100) ได้ค่าคำตอบเท่ากับ 39500, จำนวนประชากรเท่ากับ 5000 (50*100) ได้ค่าคำตอบเท่ากับ 39000, จำนวนประชากรเท่ากับ 7500 (75*100) ได้ค่าคำตอบเท่ากับ 38500 และ จำนวนประชากรเท่ากับ 10000 (100*100) ได้ค่าคำตอบเท่ากับ 37000 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าจำนวนประชากรมีผลต่อการค้นหาค่าคำตอบ

ตาราง 19 แสดงการเปรียบเทียบการหาค่าคำตอบ ของจำนวนประชากรที่แตกต่างกัน โดยใช้วิธีการ Swap Operation (SO)

จำนวนประชากร (Number of frogs)	คำตอบที่ดีที่สุด (BSF)	ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	เวลา (Time: minute.)
25*100	39500	46410	5359	4.03
50*100	39000	43235	3807	5.30
75*100	38500	42230	2838	6.25
100*100	37000	41125	3682	8.13

การทดลองนี้ เพื่อเปรียบเทียบการหาค่าคำตอบ ระหว่างจำนวนประชากรที่แตกต่างกัน คือ จำนวนประชากร เท่ากับ 25*100, 50*100, 75*100 และ 100*100 ว่าเมื่อมีจำนวนประชากรเพิ่มขึ้น เป็น 2 เท่า, 3 เท่า และ 4 เท่า นั้น จะมีผลต่อการค้นหาค่าคำตอบหรือไม่ ซึ่งข้อมูลที่นำมาใช้เป็นข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของปัญหาขนาดกลาง โดยใช้วิธีการ Adjust Operation (AO) และมีหมายเลขการสุ่มที่เหมือนกัน คือ 5555 ดังตาราง 20

ตาราง 20 แสดงการเปรียบเทียบการหาค่าคำตอบ ของจำนวนประชากรที่แตกต่างกัน โดยใช้วิธีการ Adjust Operation (AO)

จำนวนประชากร (Number of frogs)	คำตอบที่ดีที่สุด (BSF)	ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	เวลา (Time: minute.)
25*100	34500	45170	2673	54.07
50*100	34500	43090	3718	6.22
75*100	34000	42790	3759	7.23
100*100	34000	40395	3807	8.29

จากตาราง 20 การเปรียบเทียบการหาค่าคำตอบ ของจำนวนประชากรที่แตกต่างกัน (25*100, 50*100, 75*100 และ 100*100) โดยใช้วิธีการ Swap Operation (SO) พบว่า จำนวนประชากร เท่ากับ 2500 (25*100) ได้ค่าคำตอบเท่ากับ 34500, จำนวนประชากรเท่ากับ 5000 (50*100) ได้ค่าคำตอบเท่ากับ 34500, จำนวนประชากรเท่ากับ 7500 (75*100) ได้ค่าคำตอบเท่ากับ 34000 และ จำนวนประชากรเท่ากับ 10000 (100*100) ได้ค่าคำตอบเท่ากับ 34000 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าจำนวนประชากรมีผลต่อการค้นหาค่าคำตอบ

ส่วนของการพิจารณาเปรียบเทียบการค้นหาค่าคำตอบระหว่าง SFL กับ GA

ในการทดลองนี้ เป็นการเปรียบเทียบการค้นหาค่าคำตอบระหว่าง SFL โดยเทคนิคชัฟเฟิลฟร็อกลีปปิง (SFL) ใช้ค่าปัจจัยที่ระดับ จำนวนประชากร25*100 จำนวนรอบการทำซ้ำ 90 จำนวนการแบ่งกลุ่ม 8 ใช้วิธีการ AO ส่วน GA ปัญหาขนาดเล็ก ใช้ค่าปัจจัยที่ระดับ จำนวนประชากรคูณด้วยจำนวนรุ่น 100*25 การสลับสายพันธุ์ใช้ MPX เปอร์เซ็นต์การสลับสายพันธุ์ 0.5 การกลายพันธุ์ใช้ 3ORS เปอร์เซ็นต์การกลายพันธุ์ 0.15 ปัญหาขนาดกลาง ใช้ค่าปัจจัยที่ระดับ จำนวนประชากรคูณด้วยจำนวนรุ่น 50*50 การสลับสายพันธุ์ใช้ OX เปอร์เซ็นต์การสลับสายพันธุ์ 0.9 การกลายพันธุ์ใช้ CIM เปอร์เซ็นต์การกลายพันธุ์ 0.1 และ ปัญหาขนาดใหญ่ ใช้ค่าปัจจัยที่ระดับ จำนวนประชากรคูณด้วยจำนวนรุ่น 50*50 การสลับสายพันธุ์ใช้ OX เปอร์เซ็นต์การสลับสายพันธุ์ 0.9 การกลายพันธุ์ใช้ MMUT เปอร์เซ็นต์การกลายพันธุ์ 0.1

ดังตาราง 21 พบว่า ปัญหาการจัดตารางการผลิต ในปัญหาขนาดเล็ก SFL(AO) ได้คำตอบที่ดีที่สุด คือ 15000 บาท ค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากับ 16966.67 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เท่ากับ 1467.659 เวลาที่ใช้โดยเฉลี่ยส่วนเท่ากับ 1.920 นาที ส่วน GA ได้คำตอบที่ดีที่สุด 1500 บาท ค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากับ 15016.70 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เท่ากับ 91.28 เวลาที่ใช้โดยเฉลี่ยส่วนเท่ากับ 0.46 นาที

ปัญหาขนาดกลาง SFL(AO) ได้คำตอบที่ดีที่สุด คือ 34500 บาท ค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากับ 46033.33 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เท่ากับ 4852.72 เวลาที่ใช้โดยเฉลี่ยส่วนเท่ากับ 4.09 นาที ส่วน GA ได้คำตอบที่ดีที่สุด 181500 บาท ค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากับ 45766.7 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เท่ากับ 4086.84 เวลาที่ใช้โดยเฉลี่ยส่วนเท่ากับ 1.14 นาที

ปัญหาขนาดใหญ่ SFL (AO) ได้คำตอบที่ดีที่สุด คือ 197500 บาท ค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากับ 201800 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เท่ากับ 2727.889 เวลาที่ใช้โดยเฉลี่ยส่วนเท่ากับ 10.12 นาที ส่วน GA ได้คำตอบที่ดีที่สุด 181500 บาท ค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากับ 190117 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เท่ากับ 4178.52 เวลาที่ใช้โดยเฉลี่ยส่วนเท่ากับ 2.43 นาที

ปัญหาขนาดใหญ่พิเศษ SFL (AO) ได้คำตอบที่ดีที่สุด คือ 9356500 บาท ค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากับ 10151867 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เท่ากับ 473034.8 เวลาที่ใช้โดยเฉลี่ยส่วนเท่ากับ 54.07 นาที ส่วน GA นั้นไม่มีข้อมูล

ตาราง 21 แสดงการเปรียบการค้นหาค่าคำตอบระหว่าง SFL กับ GA

วิธีการ (Method)	คำตอบที่ดีที่สุด (BSF)	ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	เวลา (Time: minute.)
ปัญหาขนาดเล็ก				
SFL(AO)	15000	16966.67	1467.659	1.920
GA	1500	15016.70	91.28	0.46
ปัญหาขนาดกลาง				
SFL(AO)	34500	46033.33	4852.72	4.09
GA	38000	45766.7	4086.84	1.14
ปัญหาขนาดใหญ่				
SFL(AO)	197500	201800	2727.889	10.12
GA	181500	190117	4178.52	2.43
ปัญหาขนาดใหญ่พิเศษ				
SFL(AO)	9356500	10151867	473034.8	54.07
GA	ไม่มีข้อมูล			

จากตาราง 21 จะเห็นได้ว่าการเปรียบเทียบค้นหาค่าคำตอบระหว่าง SFL กับ GA นั้น พบว่า SFL สามารถค้นหาค่าคำตอบที่ดีที่สุด ดีกว่า GA ในปัญหาขนาดกลางเท่านั้น