บทที่ 9
การทดสอบพารามิเตอร์ของ MOGA

วิธีการของ MOGA ที่ได้เสนอไปก็เช่นเดียวกันกับ GAs ที่เสนอไปดอนแรกที่ต้องมีการทดลองเพื่อดูผลของพารามิเตอร์ต่างๆที่มีต่อการหาคำตอบของ MOGA และเพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่จะใช้ในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการดังกล่าว วิธีการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนตามลำดับเช่นเดิม คือ

1. การหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยดูจากความสามารถในการหาคำตอบที่ดีที่สุด
2. การหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยดูจากความเร็วในการลู่เข้าหาคำตอบ
3. การหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยดูจากค่าเฉลี่ยของวัตถุประสงค์รวมและค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

9.1 การทดลองหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

9.1.1 การระบุปัญหา

วิธีการของ MOGA ที่พัฒนาขึ้นมา มีพื้นฐานมาจาก GAs ดังนั้นจึงมีความไวต่อค่าพารามิเตอร์เช่นเดียวกันจึงต้องมีการปรับปรุงประสิทธิภาพของวิธีการโดยการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำไปกำหนดให้ แต่เนื่องจากมีวิธีการบางส่วนที่พัฒนาขึ้นมาใหม่จึงไม่สามารถระบุได้ว่าพารามิเตอร์ตัวใดมีผลโดยดูผลสรุปที่ได้จากบทที่ 6 ดังนั้นจึงต้องทำการทดลองเพื่อดูผลของพารามิเตอร์ที่มีต่อการหาคำตอบของ MOGA โดยมีรูปแบบของการทดลองคล้ายคลึงกับแบบเดิม คือจะนำเอาวิธีการของ MOGA ที่ได้มาใช้กับปัญหาตัวอย่างเดิมทั้ง 4 ปัญหา แล้วนำค่าที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์ต่อไป

9.1.2 การเลือกตัวแปรตอบสนอง

ในกรณีของ MOGA เราสนใจที่จะหาคำตอบซึ่งให้ค่าวัตถุประสงค์ทั้ง 3 ตัวซึ่งได้แก่จำนวนสถานีทำงาน รอบเวลาการผลิตจริง และความแปรปรวนของภาระงานที่มีค่าน้อยที่สุดพร้อมๆกัน ดังนั้นค่าตอบสนองจึงควรเป็นค่าโดยรวมของวัตถุประสงค์ทั้งสามซึ่งสามารถหาได้จาก การนำเอาค่าวัตถุประสงค์ทั้ง 3 ตัวมารวมกันแบบคิดน้ำหนักโดยอาศัย Fitness Function ดังสมการที่ 8.9

ถ้าหากค่าวัตถุประสงค์โดยรวมไม่สามารถระบุได้ว่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมควรเป็นเท่าใด การทดลองในขั้นที่สองจะเริ่มขึ้นโดยให้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นตัวแปรตอบสนองแทน ทั้งนี้เนื่องจากประสิทธิภาพของ MOGA ไม่ได้ขึ้นกับค่าคำตอบที่ได้เพียงอย่างเดียวแต่ขึ้นอยู่กับความสามารถในการลู่เข้าหาคำตอบด้วย

9.1.3 การเลือกปัจจัยและระดับของปัจจัย

การเลือกปัจจัยและระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลองจะเหมือนกับที่ใช้ในบทที่ 6

9.1.4 การพิจารณาผลกระทบร่วมกันของระดับปัจจัย

ในที่นี้จะพิจารณาผลกระทบร่วมกันของระดับปัจจัยเพียงแค่ระดับที่ 1 เท่านั้น

9.2 การออกแบบการทดลอง

9.2.1 การกำหนดจำนวนข้อมูลที่ต้องการจากการทดลองแต่ละระดับปัจจัย

การทดลองในแต่ละระดับปัจจัย(แต่ละ Treatment Combination) ต้องการข้อมูลซึ่งได้แก่จำนวนสถานีทำงาน รอบเวลาการผลิตจริงและค่า wv อย่างละ 2 ค่า นอกจากนี้ ยังต้องการเก็บลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ อีก 2 ข้อมูล

9.2.2 การกำหนดรูปแบบการทดลอง

การทดลองที่ใช้เป็นการทดลองแบบ Full Factorial Design ซึ่งมีปัจจัยในการพิจารณาทั้งหมด 4 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมีระดับปัจจัยไม่เท่ากัน โดยมีตัวแปรตอบสนองในทุก Treatment Combination ของการทดลองขั้นที่ 1 เป็นค่าวัตถุประสงค์รวมซึ่งหาได้จากการนำเอาวัตถุประสงค์ทั้ง 3 มารวมกันแบบคิดน้ำหนักตามสมการ 8.9 และมีลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนองของการทดลองในขั้นที่สอง ใช้มีจำนวนวนซ้ำของการทดลอง (Replication) เท่ากับ 2 สำหรับปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณามี 4 ปัจจัย รายละเอียดต่างๆแสดงไว้ในตารางที่ 9.1

ตารางที่ 9.1 ปัจจัยและระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลองของ MOGA

ปัจจัย	จำนวนระดับปัจจัย (ระดับ)	ระดับปัจจัย
1. จำนวนประชากร	3	▪ ปัญหา 11 งาน ใช้ 10 15 20 ประชากร ▪ ปัญหา 39 งาน ใช้ 20 30 40 ประชากร ▪ ปัญหา 39 งาน ใช้ 20 30 40 ประชากร ▪ ปัญหา 54 งาน ใช้ 20 40 60 ประชากร
2. วิธีการครอสโอเวอร์	6	1) วิธี MOX 2) วิธี PMX with Repair Method 3) วิธี OX with Repair Method 4) วิธี CX with Repair Meyhod 5) วิธี Position-Based with Repair Method 6) วิธี Order-Based with Repair Method
3. ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	4	1) Pc 0.7 2) Pc 0.8 3) Pc 0.9 4) Pc 1.0
4. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	4	1) Pm 0.1 2) Pm 0.2 3) Pm 0.3 4) Pm 0.4

การทดลองแบ่งออกเป็น 4 การทดลองตามขนาดของปัญหา ดังนี้

การทดลองที่ 1 : การทดลองจัดสมดุลของสายงานการประกอบที่มีขั้นงาน 11 งาน ใช้จำนวนเจนเนอเรชั่น 300 เจนเนอเรชั่น

การทดลองที่ 2 : การทดลองจัดสมดุลของสายงานการประกอบที่มีขั้นงาน 31 งาน ใช้จำนวนเจนเนอเรชั่น 500 เจนเนอเรชั่น

การทดลองที่ 3 : การทดลองจัดสมดุลของสายงานการประกอบที่มีขั้นงาน 39 งาน ใช้จำนวนเจนเนอเรชั่น 500 เจนเนอเรชั่น

การทดลองที่ 4: การทดลองจัดสมดุลของสายงานการประกอบที่มีขั้นงาน 54 งาน ใช้จำนวนเจนเนอเรชั่น 1000 เจนเนอเรชั่น

แต่ละการทดลองมี Treatment Combination = 3x6x4x4 =288 และ จำนวนข้อมูลทั้งหมดในแต่ละการทดลองเท่ากับ 288x2=576 ข้อมูล

9.2.3 การเก็บและจัดระบบข้อมูล

จากการทดลองที่ระดับปัจจัยต่างๆ จะทำการเก็บค่าจำนวนสถานีทำงาน รอบเวลาการผลิตจริง ค่า *wv* ค่าวัดถุประสงค์รวมที่ได้จากการคำนวณ และลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ โดยจะเก็บไว้ในตารางแสดงผลการรันโปรแกรมในภาคผนวก ง-2

9.3 การวิเคราะห์การทดลอง

การวิเคราะห์การทดลองจะแยกออกเป็น 4 ส่วนตามขนาดของปัญหา โดยในแต่ละปัญหาจะมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ 3 ขั้นคือ

1) การวิเคราะห์โดยพิจารณาค่าวัดถุประสงค์รวมเป็นค่าตอบสนอง ในการทดสอบพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่จะกระทำนี้ เราสนใจค่าวัดถุประสงค์รวมเป็นค่าตอบสนองหลัก หากปัจจัยใดที่ทดสอบแล้วพบระดับปัจจัยที่เหมาะสม (ระดับปัจจัยที่ให้ค่าตอบสนองที่ดีที่สุดเพียงระดับเดียว) ก็จะกำหนดระดับปัจจัยนั้นเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ แต่ถ้าปัจจัยใดที่มีระดับปัจจัยที่เหมาะสมหลายระดับ ก็จะนำปัจจัยนั้นไปทำการวิเคราะห์ต่อในขั้นตอนที่ 2
2) การวิเคราะห์โดยพิจารณาลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง เป็นการวิเคราะห์ที่ทำต่อจากขั้นที่หนึ่ง เมื่อการวิเคราะห์ขั้นแรกไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้
3) การวิเคราะห์โดยดูจากค่าเฉลี่ยของวัตถุประสงค์รวมและค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ เป็นการวิเคราะห์ที่ใช้ในกรณีที่ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่ได้มีหลายค่า แต่จำเป็นที่จะต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพียงค่าเดียวเพื่อนำไปใช้ในการหาคำตอบในบทต่อไป

ในขั้นตอนที่ 1 และ 2 จะใช้การวิเคราะห์ ANOVA ร่วมกับ Duncan's Multiple Range Test โดยใช้ช่วงความเชื่อมั่น 0.95

9.3.1 ปัญหาตัวอย่างขนาด 11 งาน

9.3.1.1 ใช้ค่าวัตถุประสงค์รวมเป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม JMP ให้ผลดังตารางที่ 9.2

ตารางที่ 9.2 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาด 11 งาน โดยโปรแกรม JMP เมื่อใช้ค่าวัตถุประสงค์รวม เป็นค่าตอบสนอง (MOGA)*

Effect Test

Source	Npar	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>
Population Size	2	2	1068.8198	9.7031	<.0001
Crosstype	5	5	3409.6507	12.3816	<.0001
Pc	3	3	68.8148	0.4165	0.7413
Pm	3	3	6390.3505	38.6759	<.0001
Population Size*Crosstype	10	10	1311.5829	2.3814	0.0100
Population Size*Pc	6	6	300.9489	0.9107	0.4875
Population Size*Pm	6	6	2602.5993	7.8758	<.0001
Crosstype*Pc	15	15	1000.9088	1.2115	0.2618
Crosstype*Pm	15	15	6173.7894	7.4730	<.0001
Pc*Pm	9	9	205.6553	0.4149	0.9268
Population Size*Crosstype*Pc	30	30	2075.9197	1.2564	0.1739
Population Size*Crosstype*Pm	30	30	3554.5565	2.1513	0.0007
Population Size*Pc*Pm	18	18	1724.0783	1.7391	0.0326
Crosstype*Pc*Pm	45	45	2675.0907	1.0794	0.3466
Population Size*Crosstype*Pc*Pm	90	90	7708.9628	1.5552	0.0034

จาก ANOVA จะได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อคำตอบคือจำนวนประชากร วิธีครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น นอกจากนี้ยังเกิดผลกระทบร่วมของ จำนวนประชากร-วิธีครอสโอเวอร์ จำนวนประชากร-ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น และวิธีครอสโอเวอร์-ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

2) การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

การวิเคราะห์ Duncan เพื่อดูว่าระดับปัจจัยใดที่มีความแตกต่างกัน ได้ผลดังตารางที่ 9.3

ตารางที่ 9.3 ผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของปัญหา 11 งาน (MOGA) เมื่อใช้ค่าวัตถุประสงค์รวมเป็นค่าตอบสนอง

Factor & Interaction	fix	Level	Result	Selected level
Population size	-	10	●●	15, 20
		15	●	
		20	●	
Crossover type	-	1	●●	type 2 4 5 6
		2	●	
		3	●●	
		4	●	
		5	●	
		6	●	
Pm	-	0.1	●●	0.2, 0.3 , 0.4
		0.2	●	
		0.3	●	
		0.4	●	
Population size – Crossover type	Pop_size 15	1	●●●	type 2 4 5 6
		2	●	
		3	●●	
		4	●	
		5	●	
		6	●	
	Pop_size 20	1	●	type 1 2 4 5 6
		2	●	
		3	●●	
		4	●	
		5	●	
		6	●	
Population size - *Pm*	Pop_size 15	0.1	●●	0.2, 0.3, 0.4
		0.2	●	
		0.3	●	
		0.4	●	
Crossover type - *Pm*	Cross_type 6	0.1	●●	0.2, 0.3, 0.4
		0.2	●	
		0.3	●	
		0.4	●	

จาก ANOVA และ Duncan's Multiple Range Test เมื่อค่าตอบสนองคือค่าวัตถุประสงค์รวมจะได้ว่า ปัญหา 11 งานควรใช้จำนวนประชากร 15 หรือ 20 ตัว ใช้วิธีครอสโอเวอร์แบบที่ 2 4 5 6 และใช้ *Pm* 0.2 0.3 0.4 สำหรับ *Pc* ใช้ได้ทั้ง 0.7 0.8 0.9 และ 1.0

9.3.1.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

การวิเคราะห์ในขั้นที่สอง จะนำปัจจัยและระดับปัจจัยที่ยังไม่สามารถวิเคราะห์ความแตกต่างได้จากขั้น 1 มาพิจารณาเท่านั้น ซึ่งในที่นี้ปัจจัยที่พิจารณาคือ

จำนวนประชากร	15 20
วิธีครอสโอเวอร์	แบบที่ 2 4 5 6
Pc	0.7 0.8 0.9 1.0
Pm	0.2 0.3 0.4

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม JMP ให้ผลดังตารางที่ 9.4

ตารางที่ 9.4 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาด 11 งาน โดยโปรแกรม JMPเมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง (MOGA)*

Effect Test

Source	Npar	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
population	1	1	453.255	0.6341	0.4278
Crossover type	3	3	11031.807	5.1449	**0.0024**
Pc	3	3	5301.766	2.4726	0.0663
Pm	2	2	16372.510	11.4534	**<.0001**
population size*Crossover	3	3	1566.391	0.7305	0.5363
population size*Pc	3	3	554.682	0.2587	0.8550
population size*Pm	2	2	1922.010	1.3445	0.2655
Crossover type*Pc	9	9	9644.089	1.4992	0.1592
Crossover type*Pm	6	6	5816.240	1.3563	0.2402
Pc*Pm	6	6	3232.406	0.7537	0.6080
population size*Crossover type*Pc	9	9	4229.422	0.6575	0.7451
population size*Crossover type*Pm	6	6	138.656	0.0323	0.9999
population size*Pc*Pm	6	6	3382.240	0.7887	0.5809
Crossover type*Pc*Pm	18	18	12314.177	0.9572	0.5144
population size*Crossover type*Pc*Pm	18	18	2325.094	0.1807	0.9999

การวิเคราะห์ ANOVA แสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วในการลู่เข้าหาคำตอบของปัญหา 11 งานคือ วิธีครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

2) การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

การวิเคราะห์ Duncan เพื่อดูว่าระดับปัจจัยใดที่มีความแตกต่างกัน ได้ผลดังตารางที่ 9.5

ตารางที่ 9.5 ผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของปัญหา 11 งาน (MOGA) เมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

Factor & Interaction	fix	Level	Result	Selected level
Crossover type	-	2	●●	Type 4
		4	●	
		5	●●	
		6	●●	
Pm	-	0.2	●●	0.3 0.4
		0.3	●	
		0.4	●	

การวิเคราะห์ ANOVA และ Duncan's Multiple Range Test แสดงให้เห็นว่า จำนวนประชากรที่เหมาะสมเป็น 15 และ 20 วิธีการครอสโอเวอร์ควรใช้แบบที่ 4 และ *Pm* ที่เหมาะสมคือ 0.3 0.4 ส่วนค่า *Pc* ไม่มีผลต่อความเร็วในการลู่เข้าหาคำตอบ

9.3.1.3 วิเคราะห์โดยดูจากค่าเฉลี่ยของค่าวัตถุประสงค์รวมและค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

หลังจากที่วิเคราะห์ผลของพารามิเตอร์ที่มีต่อความสามารถในการหาคำตอบและความเร็วในการลู่เข้าหาคำตอบจะเห็นได้ว่า จำนวนประชากร *Pc* และ *Pm* ที่เหมาะสมมีมากกว่า 1 ค่า เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพียงค่าเดียว จะได้ว่าจำนวนประชากรควรใช้ 15 ตัวเนื่องจากให้ค่าวัตถุประสงค์รวมใกล้เคียงกับ 20 ตัว แต่สามารถลู่เข้าหาคำตอบได้เร็วกว่าเล็กน้อย ค่า *Pc* ควรใช้ประมาณ 0.8 หรือ 0.9 และ *Pm* ใช้ 0.4 เนื่องจากสามารถลู่เข้าหาคำตอบได้เร็วกว่า

9.3.2 ปัญหาตัวอย่างขนาด 31 งาน

9.3.2.1 ใช้ค่าวัตถุประสงค์รวมเป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม JMP ให้ผลดังตารางที่ 9.6

ตารางที่ 9.6 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาด 31 งาน โดยโปรแกรม JMPเมื่อใช้ค่าวัดฤประสงค์รวม เป็นค่าตอบสนอง (MOGA)

Effect Test

Source	Npar	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob
poopulation size	2	2	1413.761	5.7894	0.0034
crossover type	5	5	36307.827	59.4724	<.0001
Pc	3	3	515.833	1.4082	0.2405
Pm	3	3	5945.702	16.2318	<.0001
population size*crossover type	10	10	1017.619	0.8334	0.5967
population size*Pc	6	6	397.045	0.5420	0.7761
population size*Pm	6	6	737.884	1.0072	0.4207
crossover type*Pc	15	15	6697.151	3.6567	<.0001
crossover type*Pm	15	15	5982.589	3.2665	<.0001
Pc*Pm	9	9	262.521	0.2389	0.9885
population size*crossover type*Pc	30	30	1442.539	0.3938	0.9984
population size*crossover type*Pm	30	30	1034.714	0.2825	0.9999
population size*Pc*Pm	18	18	1085.210	0.4938	0.9599
crossover type*Pc*Pm	45	45	4272.767	0.7776	0.8457
population size*crossover type*Pc*Pm	90	90	6712.024	0.6108	0.9968

จาก ANOVA จะได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อคำตอบคือจำนวนประชากร วิธีครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น นอกจากนี้ยังเกิดผลกระทบร่วมของวิธี ครอสโอเวอร์-ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์และวิธีครอสโอเวอร์-ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

2) การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

การวิเคราะห์ Duncan เพื่อดูว่าระดับปัจจัยใดที่มีความแตกต่างกัน ได้ผลดังตารางที่ 9.7

ตารางที่ 9.7 ผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของปัญหา 31 งาน (MOGA) เมื่อใช้ค่าวัดฤประสงค์รวมเป็นค่าตอบสนอง

Factor & Interaction	fix	Level	Result	Selected level
Population size	-	20	●●	30, 40
		30	●	
		40	●	
Crossover type	-	1	●●	Type 4 5
		2	●●	
		3	●●●	
		4	●	
		5	●	
		6	●●	

ตารางที่ 9.7 ผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของปัญหา 31 งาน (MOGA) เมื่อใช้ค่าวัตถุประสงค์รวมเป็นค่าตอบสนอง (ต่อ)

Factor & Interaction	fix	Level	Result	Selected level
Pm	-	0.1	●●●	0.3 0.4
		0.2	●●	
		0.3	●	
		0.4	●	
Crossover type - *Pc*	Cross_type	Not sig. in considering level		
Crossover type - *Pm*	Cross_type	Not sig. in considering level		

จาก ANOVA และ Duncan's Multiple Range Test เมื่อค่าตอบสนองคือค่าวัตถุประสงค์รวมจะได้ว่า ปัญหา 31 งานควรใช้จำนวนประชากร 30 หรือ 40 ตัว ใช้วิธีครอสโอเวอร์แบบที่ 4 5 และใช้ *Pm* 0.3 0.4 สำหรับ *Pc* ใช้ได้ทั้ง 0.7 0.8 0.9 และ 1.0

9.3.2.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

การวิเคราะห์ในขั้นที่สอง จะนำปัจจัยและระดับปัจจัยที่ยังไม่สามารถวิเคราะห์ความแตกต่างได้จากขั้น 1 มาพิจารณาเท่านั้น ซึ่งในที่นี้ปัจจัยที่พิจารณาคือ

จำนวนประชากร	30 40
วิธีครอสโอเวอร์	แบบที่ 4 5
Pc	0.7 0.8 0.9 1.0
Pm	0.3 0.4

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม JMP ให้ผลดังตารางที่ 9.8 ซึ่งจะได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วในการลู่เข้าหาคำตอบของปัญหา 31 งานคือจำนวนประชากร วิธีครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น ผลกระทบร่วมของปัจจัยที่มีผลคือ จำนวนประชากร-วิธีครอสโอเวอร์ และวิธีครอสโอเวอร์-ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

ตารางที่ 9.8 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาด 31 งาน โดยโปรแกรม JMPเมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง (MOGA)

Effect Test

Source	Npar	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
population	1	1	10868.06	5.7646	**0.0223**
Crossover type	1	1	8556.25	4.5384	0.0409
Pc	3	3	9085.06	1.6063	0.2072
Pm	1	1	101124.00	53.6378	**<.0001**
population size*Crossover	1	1	10201.00	5.4108	**0.0265**
population size*Pc	3	3	15799.31	2.7934	0.0561
population size*Pm	1	1	4900.00	2.5990	0.1167
Crossover type*Pc	3	3	5685.87	1.0053	0.4031
Crossover type*Pm	1	1	12825.56	6.8029	**0.0137**
Pc*Pm	3	3	20035.37	3.5424	0.0254
population size*Crossover type*Pc	3	3	7962.87	1.4079	0.2585
population size*Crossover type*Pm	1	1	4000.56	2.1220	0.1549
population size*Pc*Pm	3	3	19164.13	3.3883	0.0298
Crossover type*Pc*Pm	3	3	16834.81	2.9765	0.0461
population size*Crossover type*Pc*Pm	3	3	923.06	0.1632	0.9203

2) การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

เนื่องจากทุกปัจจัยที่มีผล มีระดับปัจจัยเพียง 2 ระดับ จึงไม่ต้องใช้ Duncan's Multiple Range Test ในการวิเคราะห์ความแตกต่าง

***ตารางที่ 9.9** ความแตกต่างของระดับปัจจัยของปัญหาขนาด 31 งาน เมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง(MOGA)*

Factor & Interaction	fix	Level	Result	Selected level
Population size	-	30	●●	40
		40	●	
Crossover type	-	4	●	Type 4
		5	●●	
Pm	-	0.3	●	0.3
		0.4	●●	
Population size – crossover type	Pop_size 40	4	●	Type 4
		5	●●	
Crossover type - *Pm*	Cross_type 4	0.3	●	0.3
		0.4	●●	

จาก ANOVA จะได้ว่าเมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นค่าตอบสนอง ปัจจัยที่มีผลคือจำนวนประชากร วิธีครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น ซึ่งสามารถกำหนดจำนวนประชากรเป็น 40 วิธีการ ครอสโอเวอร์ใช้แบบที่ 4 และ ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเป็น 0.3 ส่วนค่า *Pc* ใช้ได้ทั้ง 0.7 0.8 0.9 และ 1.0

9.3.2.3 วิเคราะห์โดยดูจากค่าเฉลี่ยของค่าวัตถุประสงค์รวมและค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

หลังจากวิเคราะห์ผลทั้ง 2 ขั้นเสร็จแล้ว จะได้ว่าสามารถใช้ค่า Pc ได้ทั้ง 0.7 0.8 0.9 และ 1.0 แต่เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยทั้งค่าวัตถุประสงค์รวมและลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบก็จะได้ว่า Pc 0.8 และ 0.9 จะให้ค่าใกล้เคียงกัน โดย Pc 0.9 จะให้มีความเร็วในการลู่เข้าหาคำตอบมากกว่าเล็กน้อย

9.3.3 ปัญหาตัวอย่างขนาด 39 งาน

9.3.3.1 ใช้ค่าวัตถุประสงค์รวมเป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม JMP ให้ผลดังตารางที่ 9.10

ตารางที่ 9.10 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาด 39 งาน โดยโปรแกรม JMPเมื่อใช้ค่าวัตถุประสงค์รวม เป็นค่าตอบสนอง (MOGA)

Effect Test

Source	Npar	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
Population	2	2	273167.0	12.5976	<.0001
Crossover	5	5	228452.9	4.2142	0.0010
Pc	3	3	37541.3	1.1542	0.3276
Pm	3	3	17325.5	0.5327	0.6602
Population Size*Crossover	10	10	119057.9	1.0981	0.3633
Population Size*Pc	6	6	119588.2	1.8384	0.0916
Population Size*Pm	6	6	34409.1	0.5289	0.7862
Crossover Type*Pc	15	15	170996.4	1.0514	0.4024
Crossover Type*Pm	15	15	143607.5	0.8830	0.5838
Pc*Pm	9	9	161483.6	1.6549	0.0996
Population Size*Crossover Type*Pc	30	30	214350.8	0.6590	0.9156
Population Size*Crossover Type*Pm	30	30	329361.7	1.0126	0.4524
Population Size*Pc*Pm	18	18	239807.4	1.2288	0.2367
Crossover Type*Pc*Pm	45	45	806544.7	1.6531	0.0081
Population Size*Crossover Type*Pc*Pm	90	90	1084791.0	1.1117	0.2563

จาก ANOVA จะได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อคำตอบคือจำนวนประชากร และวิธีครอสโอเวอร์

2) การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

การวิเคราะห์ Duncan เพื่อดูว่าระดับปัจจัยใดที่มีความแตกต่างกัน ได้ผลดังตารางที่ 9.11

ตารางที่ 9.11 ผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของปัญหา 39 งาน (MOGA) เมื่อใช้ ค่าวัตถุประสงค์รวมเป็นค่าตอบสนอง

Factor & Interaction	fix	Level	Result	Selected level
Population size	-	20	●●	30, 40
		30	●	
		40	●	
Crossover type	-	1	●●	Type 4
		2	●●	
		3	●●	
		4	●	
		5	●●	
		6	●●	

จาก ANOVA และ Duncan's Multiple Range Test เมื่อค่าตอบสนองคือค่าวัตถุประสงค์รวมจะได้ว่า ปัญหา 39 งานควรใช้จำนวนประชากร 30 หรือ 40 ตัว ใช้วิธีครอสโอเวอร์แบบที่ 4 Pc ใช้ได้ทั้ง 0.7 0.8 0.9 และ 1.0 และ Pm ใช้ 0.1 0.2 0.3 0.4

9.3.3.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

การวิเคราะห์ในขั้นที่สอง จะนำปัจจัยและระดับปัจจัยที่ยังไม่สามารถวิเคราะห์ความแตกต่างได้จากขั้น 1 มาพิจารณาเท่านั้น ซึ่งในที่นี้ปัจจัยที่พิจารณาคือ

จำนวนประชากร	30 40
วิธีครอสโอเวอร์	แบบที่ 4
Pc	0.7 0.8 0.9 1.0
Pm	0.1 0.2 0.3 0.4

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม JMP ให้ผลดังตารางที่ 9.12

ตารางที่ 9.12 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาด 39 งาน โดยโปรแกรม JMPเมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง (MOGA)

Effect Test

Source	Npar	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
population	1	1	58443.06	5.4486	0.0260
Pc	3	3	23555.13	0.7320	0.5406
Pm	3	3	176072.25	5.4717	0.0038
population size*Pc	3	3	10961.06	0.3406	0.7961
population size*Pm	3	3	47028.19	1.4615	0.2435
Pc*Pm	9	9	109796.37	1.1374	0.3665
population size*Pc*Pm	9	9	45688.69	0.4733	0.8816

จากตาราง ANOVA จะได้ว่าปัจจัยที่มีผลคือจำนวนประชากร และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

2) การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

การวิเคราะห์ Duncan เพื่อดูว่าระดับปัจจัยใดที่มีความแตกต่างกัน ได้ผลดังตารางที่ 9.13

ตารางที่ 9.13 ผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของปัญหา 39 งาน (MOGA) เมื่อใช้ ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

Factor & Interaction	fix	Level	Result	Selected level
Population size	-	30	●●	40
		40	●	
Pm	-	0.1	●●	0.3
		0.2	●●	
		0.3	●	
		0.4	●●	

จาก ANOVA และ Duncan's Multiple Range Test จะได้ว่าจำนวนประชากรที่เหมาะสมคือ 40 ตัว และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นที่ควรใช้คือ 0.3 ส่วน *Pc* ใช้ 0.7 0.8 0.9 หรือ1.0 ก็ให้ผลไม่ต่างกัน

9.3.3.3 วิเคราะห์โดยดูจากค่าเฉลี่ยของค่าวัตถุประสงค์รวมและค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

การวิเคราะห์โดยดูความสามารถในการหาคำตอบและความเร็วในการลู่เข้าหาคำตอบ จะสามารถกำหนดจำนวนประชากรที่เหมาะสมได้เป็น 40 ตัว วิธีการ ครอสโอ

เวอร์แบบที่ 4 Pm เท่ากับ 0.3 แต่ไม่สามารถหาค่า Pc ที่เหมาะสมที่สุดเพียงค่าเดียวได้ จึงต้องพิจารณาค่าเฉลี่ยของวัตถุประสงค์รวมและค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเพื่อดูว่าควรกำหนด Pc เท่าใดในการทดลองหาคำตอบในบทต่อไป ซึ่งจากค่าเฉลี่ยจะได้ว่า Pc 1.0 สามารถให้ค่าวัตถุประสงค์น้อยกว่าและพบคำตอบเร็วกว่า Pc ค่าอื่นๆ

9.3.4 ปัญหาตัวอย่างขนาด 54 งาน

9.3.4.1 ใช้ค่าวัตถุประสงค์รวมเป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม JMP ให้ผลดังตารางที่ 9.14

ตารางที่ 9.14 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาด 54 งาน โดยโปรแกรม JMPเมื่อใช้ค่าวัตถุประสงค์รวม เป็นค่าตอบสนอง (MOGA)*

Effect Test

Source	Npar	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
Population	2	2	151941.5	23.4615	**<.0001**
Crossover type	5	5	1413602.9	87.3106	**<.0001**
Pc	3	3	9016.6	0.9282	0.4275
Pm	3	3	861158.9	88.6486	**<.0001**
Population Size*Crossover	10	10	84972.0	2.6241	**0.0045**
Population Size*Pc	6	6	45890.3	2.3620	**0.0304**
Population Size*Pm	6	6	19830.1	1.0207	0.4119
Crossover type*Pc	15	15	48303.7	0.9945	0.4609
Crossover type*Pm	15	15	145661.7	2.9989	**0.0002**
Pc*Pm	9	9	21500.7	0.7378	0.6741
Population Size*Crossover type*Pc	30	30	199681.7	2.0555	0.0014
Population Size*Crossover type*Pm	30	30	56928.0	0.5860	0.9604
Population Size*Pc*Pm	18	18	31311.8	0.5372	0.9391
Crossover type*Pc*Pm	45	45	122583.5	0.8413	0.7548
Population Size*Crossover type*Pc*Pm	90	90	301804.2	1.0356	0.4071

จาก ANOVA จะได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อคำตอบคือจำนวนประชากร วิธีครอสโอเวอร์ ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น จำนวนประชากร*วิธีครอสโอเวอร์ จำนวนประชากร*ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ และ วิธีครอสโอเวอร์*ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

2) การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

การวิเคราะห์ Duncan เพื่อดูว่าระดับปัจจัยใดที่มีความแตกต่างกัน ได้ผลดังตารางที่ 9.15

ตารางที่ 9.15 *ผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของปัญหา 54 งาน (MOGA) เมื่อใช้ ค่าวัตถุประสงค์รวมเป็นค่าตอบสนอง*

Factor & Interaction	fix	Level	Result	Selected level
Population size	-	20	●●	40, 60
		40	●	
		60	●	
Crossover type	-	1	●●	type 4
		2	●●	
		3	●●	
		4	●	
		5	●●	
		6	●●	
Pm	-	0.1	●●●	0.3
		0.2	●●●	
		0.3	●	
		0.4	●●	
Population size – Crossover type	Cross_type 4	Not sig. in considering level		
Population size - *Pc*	Pop_size 40	0.7	●	0.7, 0.9, 1.0
		0.8	●●	
		0.9	●	
		1.0	●	
Crossover type - *Pm*	Cross_type 4	0.1	●●	0.3
		0.2	●●	
		0.3	●	
		0.4	●●	

จาก ANOVA และ Duncan's Multiple Range Test เมื่อค่าตอบสนองคือค่าวัตถุประสงค์รวมจะได้ว่า ปัญหา 54 งานควรใช้จำนวนประชากร 40 หรือ 60 ตัว ใช้วิธีครอสโอเวอร์แบบที่ 4 *Pm* ใช้ 0.3 และ *Pc* ใช้ได้ทั้ง 0.7 0.9 และ 1.0

9.3.4.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

การวิเคราะห์ในขั้นที่สอง จะนำปัจจัยและระดับปัจจัยที่ยังไม่สามารถวิเคราะห์ความแตกต่างได้จากขั้น 1 มาพิจารณาเท่านั้น ซึ่งในที่นี้ปัจจัยที่พิจารณาคือ

จำนวนประชากร	40 60
วิธีครอสโอเวอร์	แบบที่ 4
Pc	0.7 0.9 1.0

Pm	0.3

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม JMP ให้ผลดังตารางที่ 9.16

ตารางที่ 9.16 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาด 54 งาน โดยโปรแกรม JMPเมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง (MOGA)*

Effect Test

Source	Npar	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
population	1	1	800 333	0 4756	0 5162
Pc	2	2	21162 667	6 2878	0.0337
population size*Pc	2	2	1068 667	0 3175	0 7395

จาก ANOVA จะได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วในการลู่เข้าหาคำตอบคือ ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์

2) การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

การวิเคราะห์ Duncan เพื่อดูว่าระดับปัจจัยใดที่มีความแตกต่างกัน ได้ผลดังตารางที่ 9.17

ตารางที่ 9.17 *ผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของปัญหา 54 งาน (MOGA) เมื่อใช้ ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง*

Factor & Interaction	fix	Level	Result	Selected level
Pc	-	0.7	●●	0.9
		0.9	●	
		1.0	●●	

จาก ANOVA และ Duncan's Multiple Range Test จะได้ว่าเมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นค่าตอบสนอง ปัจจัยที่มีผลคือ ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ โดยค่าที่เหมาะสมคือ 0.9

9.3.4.3 วิเคราะห์โดยดูจากค่าเฉลี่ยของค่าวัตถุประสงค์รวมและค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

หลังการวิเคราะห์โดยใช้ค่าวัตถุประสงค์รวมและลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ จะได้จำนวนประชากรที่เหมาะสม 2 ขนาด คือ 40 และ 60 ตัว แต่ในการ

ทดลองหาคำตอบในบทต่อไปต้องเลือกกำหนดจำนวนประชากรขนาดเดียว จากการวิเคราะห์โดยดูค่าเฉลี่ย จะได้ว่าประชากร 60 ตัวจะให้ค่าวัตถุประสงค์รวมเท่าๆกับ 40 ตัว แต่จะพบคำตอบได้เร็วกว่า ดังนั้นจึงกำหนดให้จำนวนประชากรเป็น 60 ตัว

9.4 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองและวิเคราะห์ผลด้วย ANOVA และ Duncan's Multiple Range Test ที่ช่วงความเชื่อมั่น 0.95 ได้ผลดังตารางที่ 9.18

ตารางที่ 9.18 ผลการทดสอบพารามิเตอร์ของ MOGA

ขนาดปัญหา	พารามิเตอร์	ค่าที่เหมาะสม		
		เมื่อใช้ค่าวัตถุประสงค์เป็นค่าตอบสนอง	เมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง	เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ย
11 งาน	Pop_size	15 20	15 20	15
	Cross_type	2 4 5 6	4	4
	Pc	ไม่มีผล	ไม่มีผล	0.8 หรือ 0.9
	Pm	0.2 0.3 0.4	0.3 0.4	0.4
31 งาน	Pop_size	30 40	40	40
	Cross_type	4 5	4	4
	Pc	ไม่มีผล	ไม่มีผล	0.9
	Pm	0.3 0.4	0.3	0.3
39 งาน	Pop_size	30 40	40	40
	Cross_type	4	4	4
	Pc	ไม่มีผล	ไม่มีผล	1.0
	Pm	ไม่มีผล	0.3	0.3
54 งาน	Pop_size	40 60	40 60	60
	Cross_type	4	4	4
	Pc	0.7 0.9 1.0	0.9	0.9
	Pm	0.3	0.3	0.3

หมายเหตุ การพิจารณาค่าที่เหมาะสมจากค่าเฉลี่ยก็เพื่อนำไปใช้ในบทต่อไปเท่านั้น ค่าที่เหมาะสมที่สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการใช้งานจริงคือค่าเหมาะสมที่ได้ภายหลังการวิเคราะห์โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นค่าตอบสนอง

จากตารางที่ 9.18 จะเห็นได้ว่า พารามิเตอร์ที่มีผลคือ จำนวนประชากร วิธีครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น ซึ่งจำนวนประชากรที่เหมาะสมสำหรับปัญหาขนาด 11 งาน 31 งาน 39 งาน และ 54 งาน คือ 15 หรือ 20 40 40 และ 40 หรือ 60 ตามลำดับ วิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น 0.3 หรือ 0.4 สำหรับความน่าจะเป็นใน

การครอสโอเวอร์โดยส่วนมากจะไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของ GAs ทั้งในแง่ของความสามารถในการหาคำตอบที่ดีที่สุด และความสามารถในการลู่เข้าหาคำตอบ

9.5 สรุปท้ายบท

การทดสอบพารามิเตอร์ทำขึ้นเพื่อดูว่าพารามิเตอร์ใดที่มีผลต่อประสิทธิภาพของ MOGA และเพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นแนวทางในการใช้งานจริง โดยจะใช้การทดลองแบบ Full Factorial Design จำนวนทั้งสิ้น 4 การทดลองตามขนาดของปัญหาตัวอย่าง มีปัจจัยที่พิจารณาคือจำนวนประชากร วิธีครอสโอเวอร์ ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ และ ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น จำนวนการทำซ้ำของการทดลองเป็น 2 ในแต่ละการทดลองจะมีทั้งหมด 576 Treatment Combination การวิเคราะห์ผลทำโดย ANOVA และ Duncan's Multiple Range Test โดยให้ค่าวัดถุประสงค์รวมเป็นค่าตอบสนอง ในกรณีที่ไม่สามารถหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ จะทำการวิเคราะห์อีกครั้งโดยให้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนองแทน

ผลการวิเคราะห์ด้วย ANOVA และ Duncan's Multiple Range Test จะได้ว่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อ MOGA คือจำนวนประชากร วิธีครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น ส่วนความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์จะมีผลต่อ MOGA ในบางปัญหาเท่านั้นเพราะการสร้างสตริงใหม่ของปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบจะขึ้นอยู่กับกระบวนการมิวเตชั่นมากกว่ากระบวนการครอสโอเวอร์ (Mapfaira & Byrne, 1999) พารามิเตอร์ที่เหมาะสมบางตัวในบางขนาดปัญหาอาจมีได้หลายค่า ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการนำ MOGA ไปใช้งานจริงได้