บทที่ 7

การทดสอบพารามิเตอร์ของวิธีการเจนเนติกอัลกอริทึม

วิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึม ที่ได้นำมาใช้กับการแก้ปัญหาการออกแบบผังโรงงานในงานวิจัยนั้น มีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องหลายตัว การกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสม จะช่วยทำให้ประสิทธิภาพของ GAs ดีขึ้น ดังนั้นจึงได้ทำการออกแบบการทดลอง (ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, 2537) และทำการทดลองตามวิธีของ Experimental Design (Montgomery, D.C., 1997) เพื่อหาพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องอย่างเหมาะสม โดยวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของ GAs ในด้านความสามารถในการหาคำตอบที่ดีที่สุด วิธีการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

1. การหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากความสามารถในการหาคำตอบที่ดี
2. การหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากความเร็วในการลู่เข้าหาคำตอบ
3. การหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของค่าฟิตเนสรวมและค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

7.1 การทดลองหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

7.1.1 การระบุปัญหา

การนำวิธีการของ GAs มาประยุกต์ใช้นั้น ต้องมีการกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องหลายตัวเช่น จำนวนประชากร วิธีการครอสโอเวอร์ วิธีการมิวเตชั่น เป็นต้น และแต่ละพารามิเตอร์ยังสามารถกำหนดระดับได้หลายระดับ ไม่ว่าจะเป็นจำนวนประชากรที่กำหนดได้หลายขนาด วิธีการครอสโอเวอร์ที่มีหลายแบบ ดังนั้นเพื่อให้วิธีการ GAs มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น จึงต้องมีการทำการทดลองเพื่อทดสอบว่าพารามิเตอร์ และระดับใดของพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการหาคำตอบที่ดีที่สุด

ในการทดลองได้นำวิธีการของ GAs มาประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหาการออกแบบผังโรงงานที่แผนกมีขนาดพื้นที่ไม่เท่ากันด้วยการกำหนดรูปร่างลักษณะแผนกที่แน่นอน ซึ่งแบ่งเป็นปัญหาใหญ่ๆได้ 3 ปัญหาตามจำนวนของแผนกในโรงงาน คือปัญหาขนาดเล็ก ปัญหาขนาดกลาง และปัญหาขนาดใหญ่ และเนื่องจากเป็นการแก้ปัญหาแบบหลายวัตถุประสงค์จึงแบ่งปัญหาทั้ง 3 ออกเป็นปัญหาย่อยๆได้อีกรวมทั้งหมดเป็น

9 ปัญหา ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดของปัญหาที่ใช้ในการทดลองดังในตารางที่ 7.1 และในภาคผนวก ค

ตารางที่ 7.1 สรุปลักษณะปัญหาการออกแบบผังโรงงานในงานวิจัย

ปัญหาที่	จำนวนแผนก	ขนาดโรงงาน (กว้างxยาว)	ข้อมูลเชิงปริมาณ (*W1*)	ข้อมูลเชิงคุณภาพ (*W2*)	ขนาดแผนกที่ผู้ออกแบบกำหนด
1	6	4x6	0.25	0.75	การสุ่ม
2	6	4x6	0.50	0.50	การสุ่ม
3	6	4x6	0.75	0.25	การสุ่ม
4	10	5x8	0.25	0.75	การสุ่ม
5	10	5x8	0.50	0.50	การสุ่ม
6	10	5x8	0.75	0.25	การสุ่ม
7	20	10x10	0.25	0.75	การสุ่ม
8	20	10x10	0.50	0.50	การสุ่ม
9	20	10x10	0.75	0.25	การสุ่ม

หมายเหตุ *w1 คือ น้ำหนักที่ให้ความสำคัญกับค่าใช้จ่ายของผังโรงงาน (Cost) มีค่าระหว่าง[0,1]*
w2 คือ น้ำหนักที่ให้ความสำคัญกับความสัมพันธ์ระหว่างแผนก (TCR) มีค่าระหว่าง[0,1]

7.1.2 การเลือกตัวแปรตอบสนอง

การทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากความสามารถในการหาคำตอบที่ดีที่สุด ตัวแปรตอบสนองที่ใช้นั้นควรเป็นค่าวัตถุประสงค์เป้าหมาย (Objective Value) แต่ในกรณีของปัญหาการออกแบบผังโรงงานที่พิจารณาข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ คือเป็นการแก้ปัญหาแบบหลายวัตถุประสงค์ เราสนใจที่จะหาคำตอบซึ่งให้ค่าวัตถุประสงค์ทั้ง 2 ตัวได้แก่ ค่า Cost และค่า TCR พิจารณาถึงระยะทางระหว่างแผนกที่มีค่าน้อยที่สุดพร้อมๆกัน ดังนั้นค่าตอบสนองที่นำมาใช้พิจารณาในการทดลองนี้คือค่าฟิตเนสรวม ที่สามารถคำนวณได้จากสมการ (6.10)

ถ้าหากว่าค่าฟิตเนสรวมไม่สามารถระบุได้ว่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมควรเป็นเท่าใด จะทำการพิจารณาลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นตัวแปรตอบสนองลำดับที่สอง ทั้งนี้เนื่องจากว่าประสิทธิภาพของ GAs ไม่ได้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการหาคำตอบเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ขึ้นอยู่กับความสามารถในการลู่เข้าหาคำตอบด้วย

7.1.3 การเลือกปัจจัยและระดับของปัจจัย

ตามวิธีการของ GAs นั้นมีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องหลายตัว จึงควรมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ดังกล่าว เพื่อให้เหมาะสมในการหาคำตอบดังนี้

1) จำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดและจำนวนครั้งที่ซ้ำกันของค่าตอบสนอง

จำนวนเจนเนอเรชั่นคือ จำนวนครั้งหรือจำนวนรอบในการคำนวณหาค่าตอบสนองหนึ่งค่า โดยที่ 1 เจนเนอเรชั่นก็คือการคำนวณตามอัลกอริทึมที่ใช้ตั้งแต่เริ่มต้นจนจบครบหนึ่งรอบ แล้วจึงจะเริ่มวนขึ้นรอบใหม่ ทั้งนี้ 1 เจนเนอเรชั่นก็คือการวนรอบคำนวณซ้ำ 1 รอบนั่นเอง ซึ่งจำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดเป็นจำนวนเจนเนอเรชั่นที่กำหนดให้กับปัญหา เพื่อให้มีจำนวนรอบในการคำนวณพอที่จะหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ ดังนั้นการกำหนดจำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดที่น้อยเกินไปอาจทำให้ไม่ได้คำตอบที่ดีที่สุด ในขณะที่การกำหนดจำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดมากเกินไป จะทำให้เสียเวลาในการคำนวณมากโดยไม่จำเป็น ส่วนจำนวนครั้งที่ซ้ำกันของค่าตอบสนอง คือจำนวนครั้งที่พบว่าค่าตอบสนองที่คำนวณได้ในแต่ละเจนเนอเรชั่นมีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง คือมีค่าซ้ำกันไปเรื่อยๆ การกำหนดจำนวนครั้งที่ซ้ำกันของค่าตอบสนองนั้น จะช่วยลดเวลาในการคำนวณตามจำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดที่ได้กำหนดไว้ เมื่อพบว่าค่าตอบสนองที่คำนวณได้ในแต่ละเจนเนอเรชั่น ไม่มีแนวโน้มที่ปรับปรุงค่าตอบสนองให้ดีขึ้นหรือคงที่ ฉะนั้นเมื่อเห็นว่าค่าตอบสนองคงที่เท่ากับจำนวนครั้งที่ซ้ำกันตามที่ได้กำหนดไว้ ก็สามารถที่หยุดขั้นตอนการทำงานของ GAs ไว้ เพื่อไม่ต้องเสียเวลาในการคำนวณต่อไปจนถึงจำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดที่กำหนดไว้ตั้งแต่เริ่มต้น

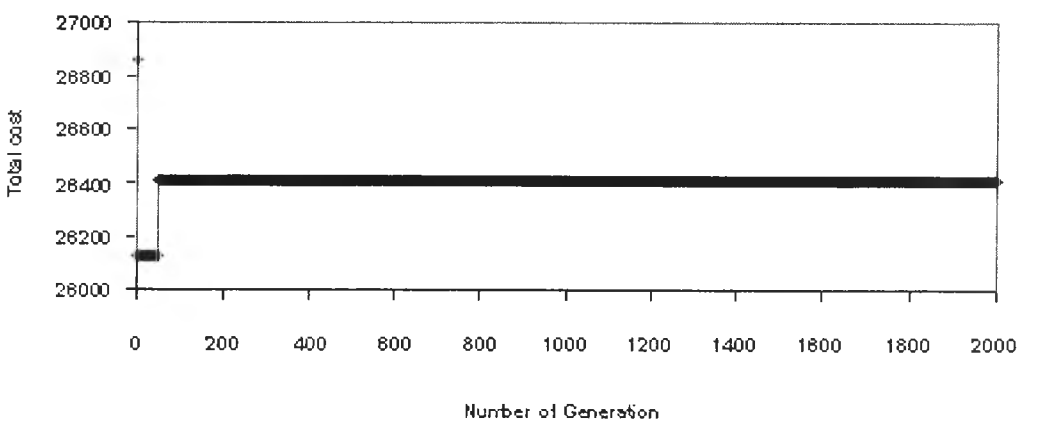
จำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดและจำนวนครั้งที่ซ้ำกันของค่าตอบสนอง ที่ใช้ในการทดลองนี้หาได้จากการทำ Pilot Run ซึ่งจะมีค่าแตกต่างกันตามขนาดของปัญหาจากตารางที่ 7.1 ดังนี้คือ

- การกำหนดจำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดและจำนวนครั้งที่ซ้ำกันของค่าตอบสนองของปัญหาผังโรงงานจำนวน 6 แผนก ได้แก่ ปัญหาที่ 1 ปัญหาที่ 2 และปัญหาที่ 3
- การกำหนดจำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดและจำนวนครั้งที่ซ้ำกันของค่าตอบสนองของปัญหาผังโรงงานจำนวน 10 แผนก ได้แก่ ปัญหาที่ 4 ปัญหาที่ 5 และปัญหาที่ 6

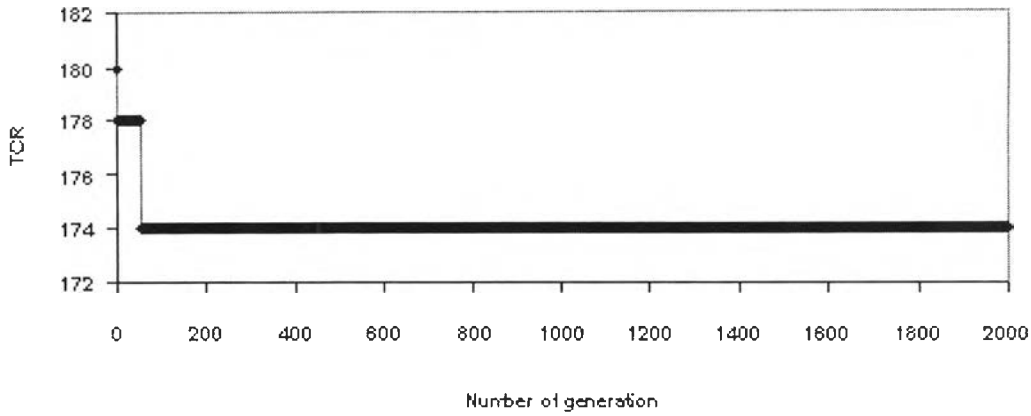
- การกำหนดจำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดและจำนวนครั้งที่ซ้ำกันของค่าตอบสนองของปัญหาผังโรงงานจำนวน 20 แผนก ได้แก่ ปัญหาที่ 7 ปัญหาที่ 8 และปัญหาที่ 9

โดยจำนวนเจนเนอเรชั่นที่ใช้ในการทำ Pilot Run ของปัญหาการวางผังโรงงานจำนวน 6 แผนก 10 แผนก และ 20 แผนก มีค่า 2000 5000 และ 10000 ตามลำดับ โดยจะดูว่าค่า Cost และค่า TCR ที่ส่งผลให้ค่าฟิตเนสรวมต่ำที่สุดและคงที่ที่จำนวนเจนเนอเรชั่นที่เท่าใด เพื่อใช้ในการกำหนดเจนเนอเรชั่นสูงสุด และดูค่า Cost และค่า TCR ที่ได้มีค่าซ้ำกันเป็นจำนวนกี่ครั้ง ในแต่ละช่วงที่เกิดการซ้ำกันของค่าตอบสนอง เพื่อใช้ในการกำหนดจำนวนครั้งที่ซ้ำกันของค่าตอบสนองให้กับแต่ละปัญหา

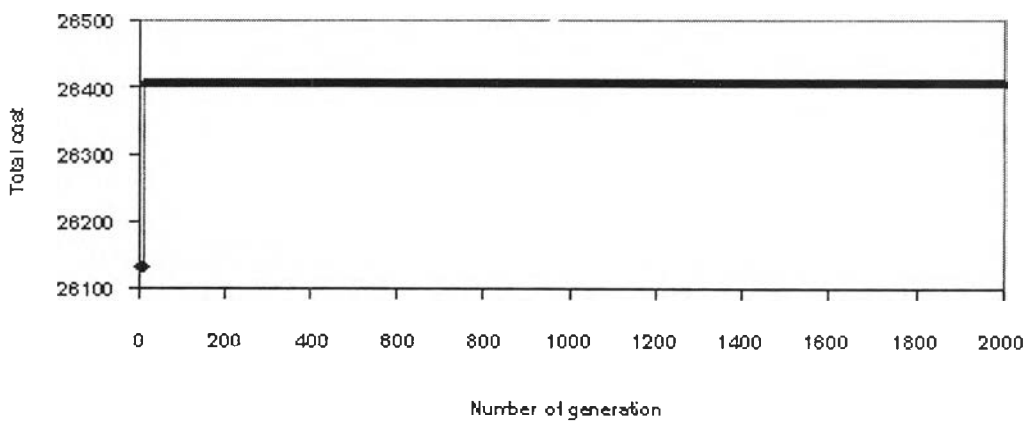
สำหรับผังโรงงานจำนวน 6 แผนก (ปัญหาที่ 1 ถึงปัญหาที่ 3) พารามิเตอร์ที่กำหนดในการทำ Pilot Run ได้มาจากการสุ่มคือ จำนวนประชากรเท่ากับ 6 วิธีการคัดเลือกสตริงแบบวิธีการของวงล้อรูลเล็ท วิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.7 วิธีการมิวเตชั่นแบบ Insertion ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเท่ากับ 0.1 และกำหนดแผนกที่ผู้ออกแบบกำหนดเป็นแผนก 6 มีความยาวตามแนวนอนเท่ากับ 2 หน่วย ซึ่งผลจากการทำ Pilot Run ของปัญหาผังโรงงานจำนวน 6 แผนกแสดงได้ดังรูป 7.1-7.3



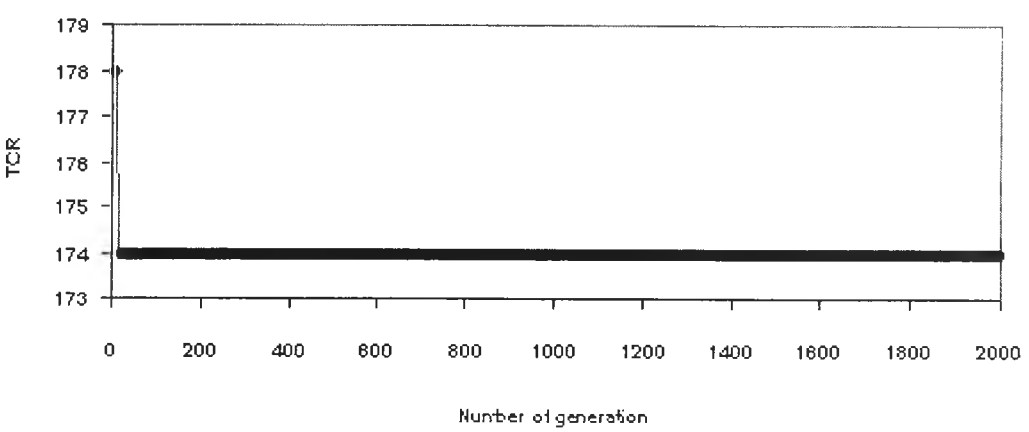
รูปที่ 7.1 ผลการทำ Pilot Run สำหรับปัญหาที่ 1 จำนวน 6 แผนก W1=0.25 W2=0.75 โดยมีค่าวัตถุประสงค์เป็นค่า Cost



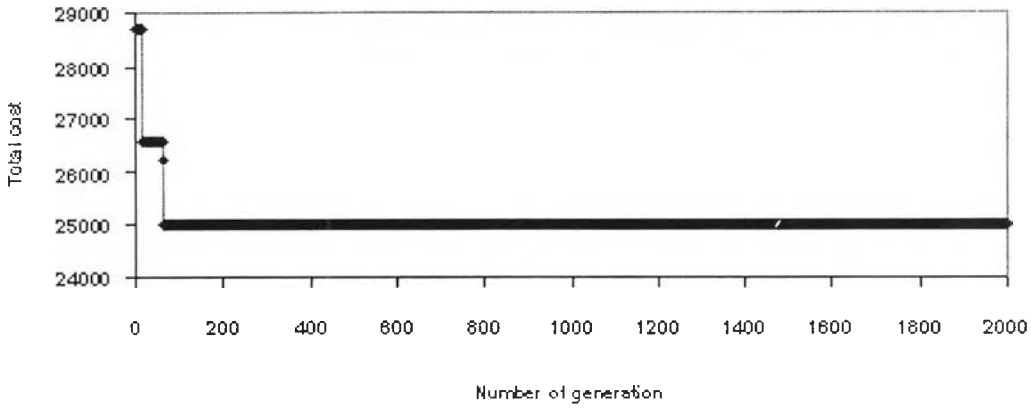
รูปที่ 7.2 ผลการทำ Pilot Run สำหรับปัญหาที่ 1 จำนวน 6 แผนก W1=0.25 W2=0.75 โดยมีค่าวัตถุประสงค์เป็นค่า TCR



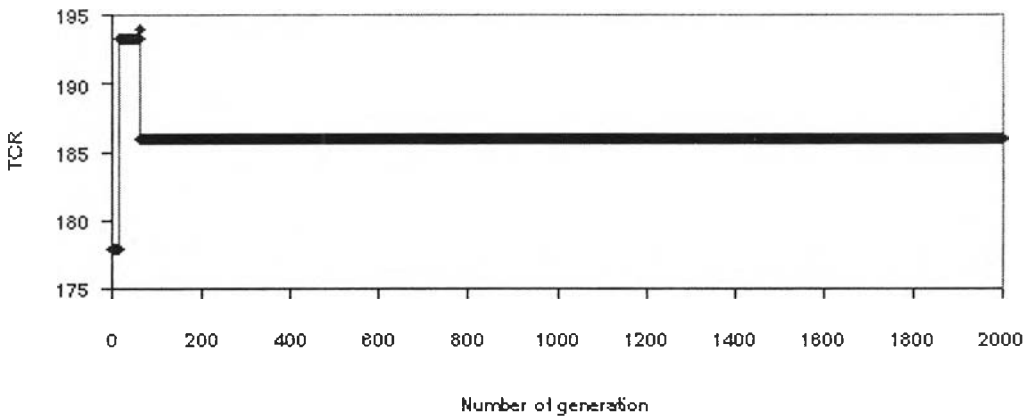
รูปที่ 7.3 ผลการทำ Pilot Run สำหรับปัญหาที่ 2 จำนวน 6 แผนก W1=0.50 W2=0.50 โดยมีค่าวัตถุประสงค์เป็นค่า Cost



รูปที่ 7.4 ผลการทำ Pilot Run สำหรับปัญหาที่ 2 จำนวน 6 แผนก W1=0.50 W2=0.50 โดยมีค่าวัตถุประสงค์เป็นค่า TCR



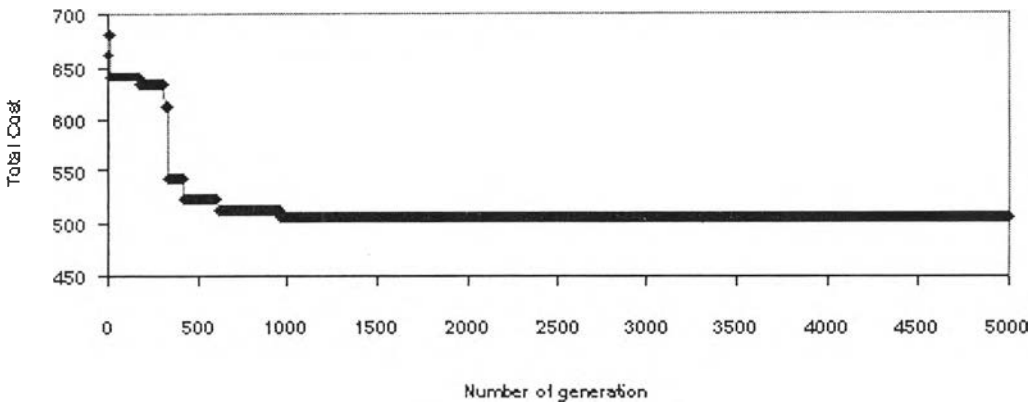
รูปที่ 7.5 ผลการทำ Pilot Run สำหรับปัญหาที่ 3 จำนวน 6 แผนก W1=0.75 W2=0.25 โดยมีค่าวัตถุประสงค์เป็นค่า Cost



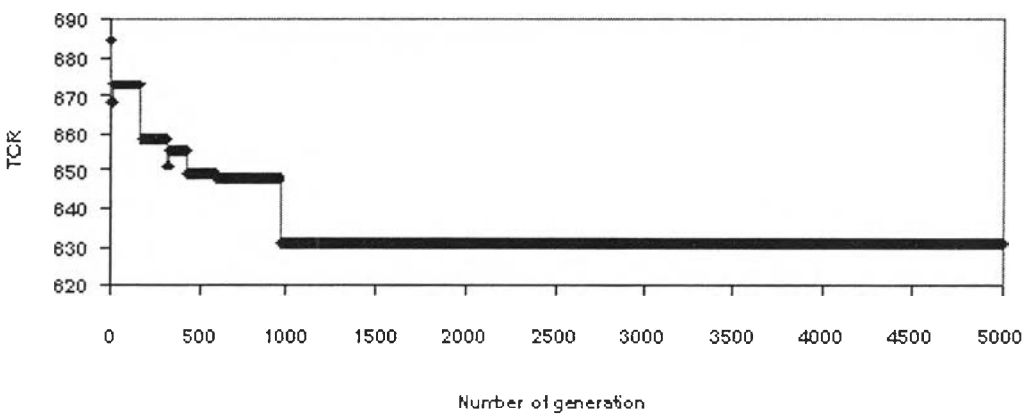
รูปที่ 7.6 ผลการทำ Pilot Run สำหรับปัญหาที่ 3 จำนวน 6 แผนก W1=0.75 W2=0.25 โดยมีค่าวัตถุประสงค์เป็นค่า TCR

เมื่อพิจารณาจากรูปผลการทำ Pilot Run ของปัญหาที่ 1 ปัญหาที่ 2 และปัญหาที่ 3 จะให้ค่าดอบสนอง (ค่าฟิตเนสรวม) ต่ำที่สุดและคงที่ในเจนเนอเรชั่นที่ 52 13 และ 62 ตามลำดับของปัญหา ดังนั้นจึงกำหนดให้จำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดสำหรับปัญหาผังโรงงานจำนวน 6 แผนกเท่ากับ 2000 เจนเนอเรชั่น และเมื่อพิจารณาถึงช่วงการคงที่ของค่าตอบสนองของปัญหาที่ 1 มีการคงที่ 1 ช่วง โดยมีการซ้ำกันเป็นจำนวน 51 ครั้ง ของปัญหาที่ 2 มีการคงที่ 1 ช่วง โดยมีการซ้ำกันเป็นจำนวน 12 ครั้ง ของปัญหาที่ 3 มีการคงที่ 3 ช่วง โดยมีการซ้ำกันในแต่ละช่วงเป็นจำนวน 14 45 และ 2 ครั้ง ดังนั้นจึงกำหนดจำนวนครั้งที่ซ้ำกันของค่าตอบสนองเท่ากับ 100 ครั้ง

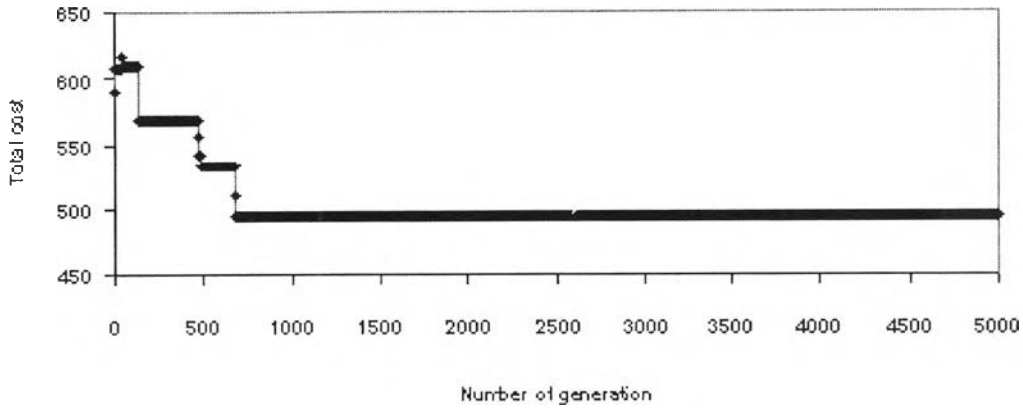
สำหรับผังโรงงานจำนวน 10 แผนก (ปัญหาที่ 4 ถึงปัญหาที่ 6) พารามิเตอร์ที่กำหนดในการทำ Pilot Run คือ จำนวนประชากรเท่ากับ 10 วิธีการคัดเลือกสตริงแบบวิธีการของวงล้อรูลเล็ท วิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.7 วิธีการมิวเตชั่นแบบ Insertion ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเท่ากับ 0.1 และกำหนดแผนกที่ผู้ออกแบบกำหนดเป็นแผนก 7 มีความยาวตามแนวนอนเท่ากับ 3 หน่วย ซึ่งผลจากการทำ Pilot Run ของปัญหาผังโรงงานจำนวน 10 แผนกแสดงได้ดังรูป 7.7-7.12



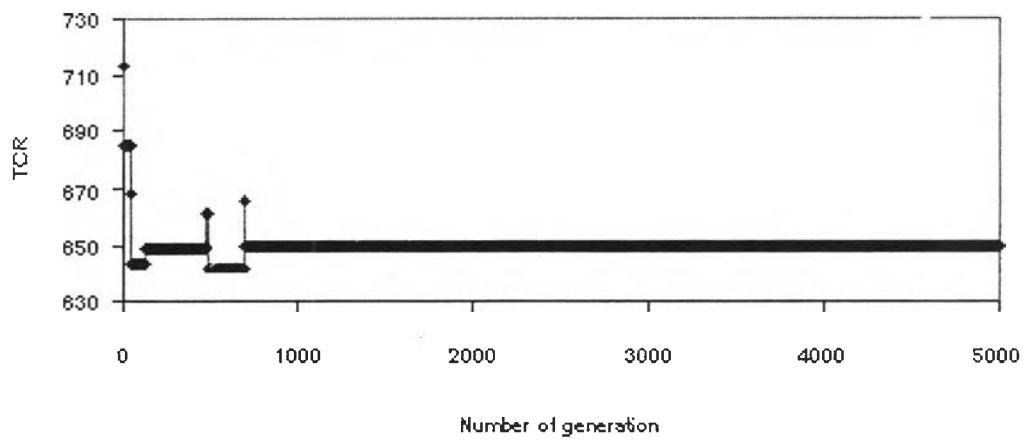
รูปที่ 7.7 *ผลการทำ Pilot Run สำหรับปัญหาที่ 4 จำนวน 10 แผนก W1=0.25 W2=0.75 โดยมีค่าวัตถุประสงค์เป็นค่า Cost*



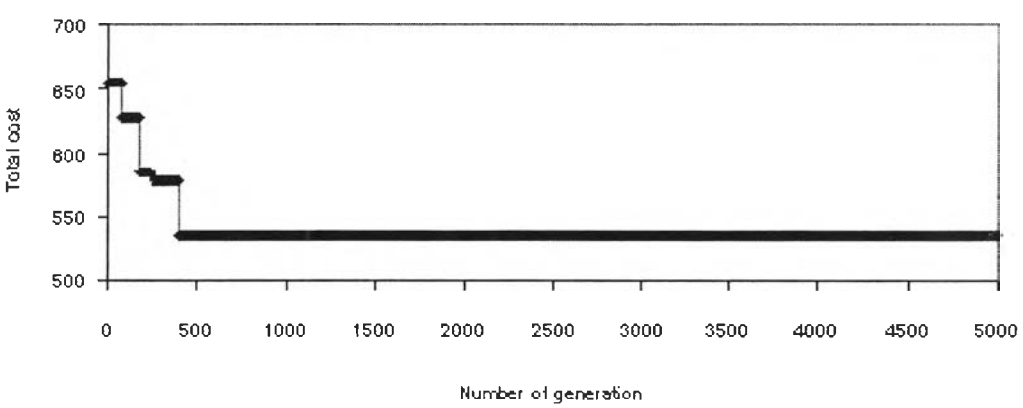
รูปที่ 7.8 *ผลการทำ Pilot Run สำหรับปัญหาที่ 4 จำนวน 10 แผนก W1=0.25 W2=0.75 โดยมีค่าวัตถุประสงค์เป็นค่า TCR*



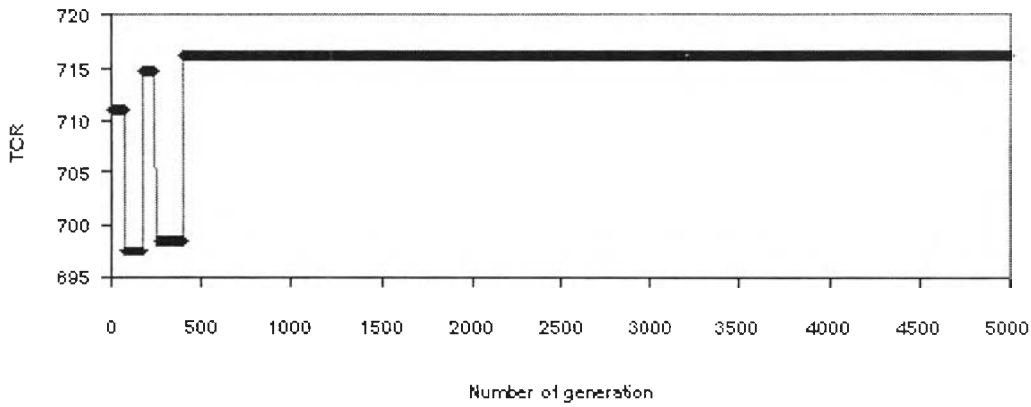
รูปที่ 7.9 ผลการทำ Pilot Run สำหรับปัญหาที่ 5 จำนวน 10 แผนก W1=0.50 W2=0.50 โดยมีค่าวัตถุประสงค์เป็นค่า Cost



รูปที่ 7.10 ผลการทำ Pilot Run สำหรับปัญหาที่ 5 จำนวน 10 แผนก W1=0.50 W2=0.50 โดยมีค่าวัตถุประสงค์เป็นค่า TCR



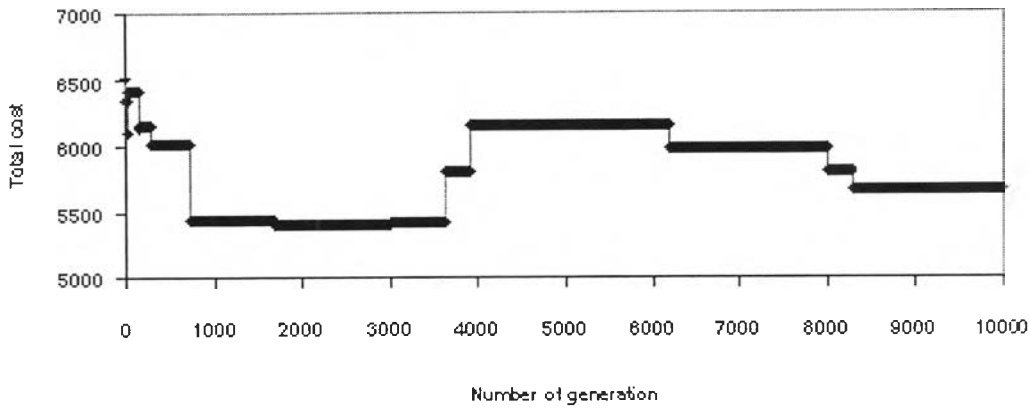
รูปที่ 7.11 ผลการทำ Pilot Run สำหรับปัญหาที่ 6 จำนวน 10 แผนก W1=0.75 W2=0.25 โดยมีค่าวัตถุประสงค์เป็นค่า Cost



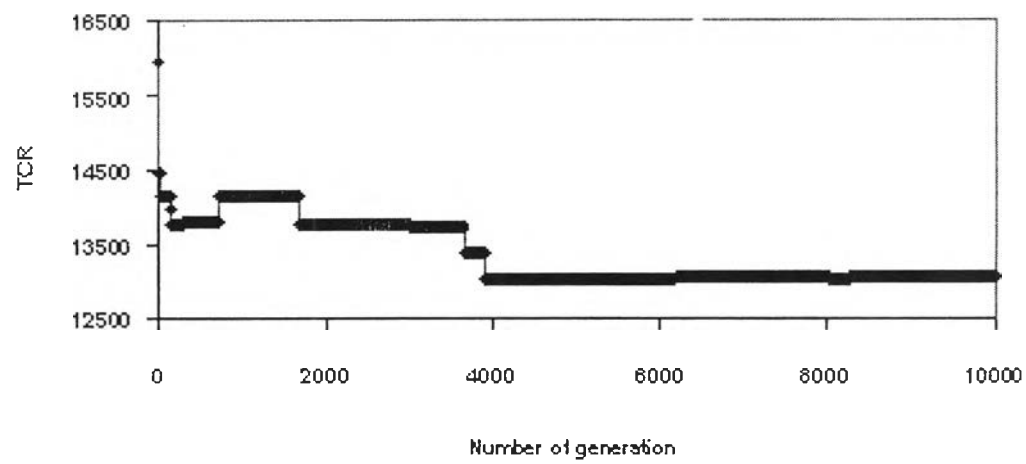
รูปที่ 7.12 ผลการทำ Pilot Run สำหรับปัญหาที่ 6 จำนวน 10 แผนก W1=0.75 W2=0.25 โดยมีค่าวัตถุประสงค์เป็นค่า TCR

เมื่อพิจารณาจากรูปผลการทำ Pilot Run ของปัญหาที่ 4 ปัญหาที่ 5 และปัญหาที่ 6 จะให้ค่าตอบสนองต่ำที่สุดและคงที่ในเจนเนอเรชั่นที่ 955 688 และ 405 ตามลำดับของปัญหา ดังนั้นจึงกำหนดให้จำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดสำหรับปัญหาผังโรงงานจำนวน 10 แผนกเท่ากับ 5000 เจนเนอเรชั่น และเมื่อพิจารณาถึงช่วงการคงที่ของค่าตอบสนองของปัญหาที่ 4 มีการคงที่ 7 ช่วง โดยมีการซ้ำกันในแต่ละช่วงเป็นจำนวน 14 153 150 13 94 181 และ 349 ครั้ง ของปัญหาที่ 5 มีการคงที่ 8 ช่วง โดยมีการซ้ำกันในแต่ละช่วงเป็นจำนวน 35 91 100 242 7 4 205 และ 2 ครั้ง ของปัญหาที่ 6 มีการคงที่ 4 ช่วง โดยมีการซ้ำกันในแต่ละช่วงเป็นจำนวน 68 100 79 และ 156 ครั้ง ดังนั้นจึงกำหนดจำนวนครั้งที่ซ้ำกันของค่าตอบสนองเท่ากับ 1000 ครั้ง

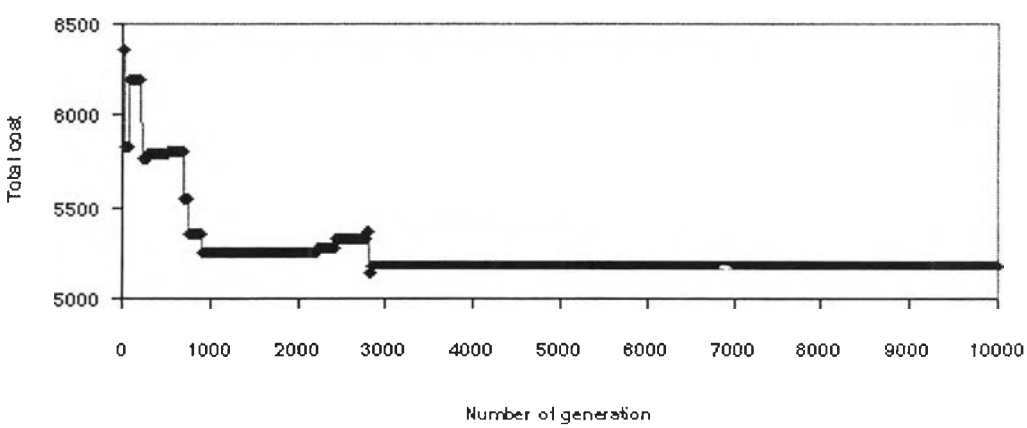
สำหรับผังโรงงานจำนวน 20 แผนก (ปัญหาที่ 7 ถึงปัญหาที่ 9) พารามิเตอร์ที่กำหนดในการทำ Pilot Run คือ จำนวนประชากรเท่ากับ 10 วิธีการคัดเลือกสตริงแบบวิธีการของวงล้อรูลเล็ท วิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.7 วิธีการมิวเตชั่นแบบ Insertion ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเท่ากับ 0.1 และกำหนดแผนกที่ผู้ออกแบบกำหนดเป็นแผนก 14 มีความยาวตามแนวนอนเท่ากับ 2 หน่วย ซึ่งผลจากการทำ Pilot Run ของปัญหาผังโรงงานจำนวน 20 แผนกแสดงได้ดังรูป 7.13-7.18



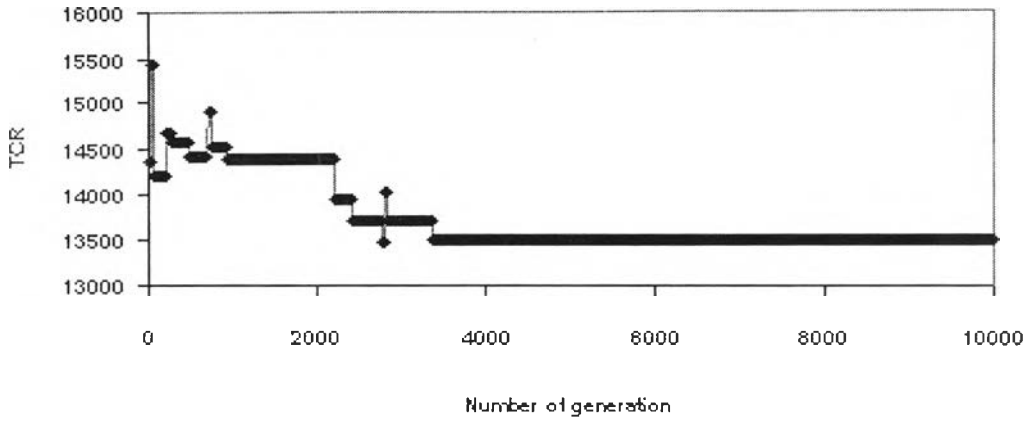
รูปที่ 7.13 ผลการทำ Pilot Run สำหรับปัญหาที่ 7 จำนวน 20 แผนก W1=0.25 W2=0.75 โดยมีค่าวัตถุประสงค์เป็นค่า Cost



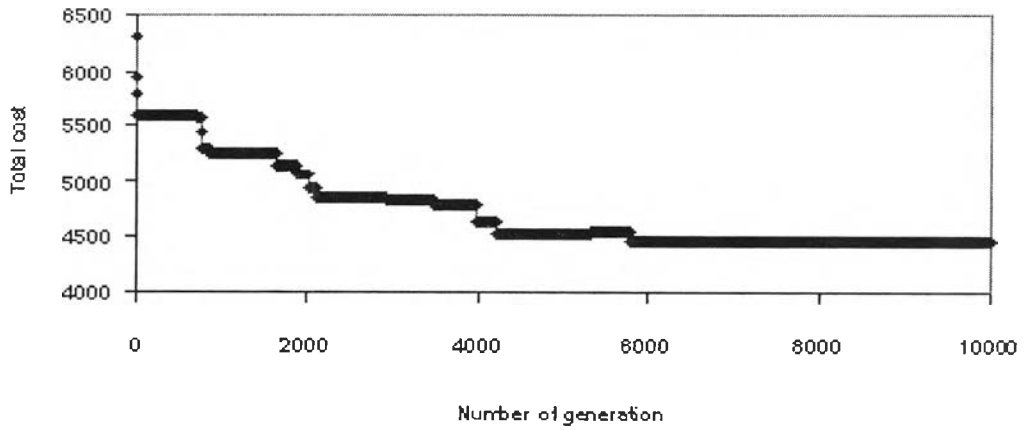
รูปที่ 7.14 ผลการทำ Pilot Run สำหรับปัญหาที่ 7 จำนวน 20 แผนก W1=0.25 W2=0.75 โดยมีค่าวัตถุประสงค์เป็นค่า TCR



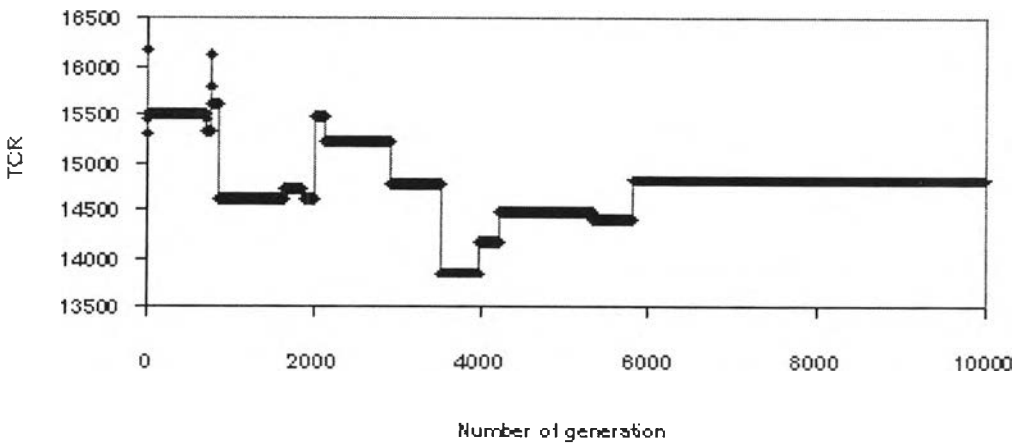
รูปที่ 7.15 ผลการทำ Pilot Run สำหรับปัญหาที่ 8 จำนวน 20 แผนก W1=0.50 W2=0.50 โดยมีค่าวัตถุประสงค์เป็นค่า Cost



รูปที่ 7.16 ผลการทำ Pilot Run สำหรับปัญหาที่ 8 จำนวน 20 แผนก W1=0.50 W2=0.50 โดยมีค่าวัตถุประสงค์เป็นค่า TCR



รูปที่ 7.17 ผลการทำ Pilot Run สำหรับปัญหาที่ 9 จำนวน 20 แผนก W1=0.75 W2=0.25 โดยมีค่าวัตถุประสงค์เป็นค่า Cost



รูปที่ 7.18 ผลการทำ Pilot Run สำหรับปัญหาที่ 9 จำนวน 20 แผนก W1=0.75 W2=0.25 โดยมีค่าวัตถุประสงค์เป็นค่า TCR

เมื่อพิจารณาจากรูปผลการทำ Pilot Run ของปัญหาที่ 7 ปัญหาที่ 8 และปัญหาที่ 9 จะให้ค่าดอบสนองต่ำที่สุดและคงที่ในเจนเนอเรชั่นที่ 8276 3352 และ 5796 ตามลำดับของปัญหา ดังนั้นจึงกำหนดให้จำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดสำหรับปัญหาผังโรงงานจำนวน 20 แผนกเท่ากับ 10000 เจนเนอเรชั่น และเมื่อพิจารณาถึงช่วงการคงที่ของค่าดอบสนองของปัญหาที่ 7 มีการคงที่ 13 ช่วง โดยมีการซ้ำกันในแต่ละช่วงเป็นจำนวน 29 2 111 4 143 440 954 1317 634 260 2292 1814 และ 266 ครั้ง ของปัญหาที่ 8 มีการคงที่ 14 ช่วง โดยมีการซ้ำกันในแต่ละช่วงเป็นจำนวน 16 50 147 54 228 213 54 150 1293 201 375 22 29 และ 519 ครั้ง ของปัญหาที่ 9 มีการคงที่ 15 ช่วง โดยมีการซ้ำกันในแต่ละช่วงเป็นจำนวน 4 2 700 49 5 90 804 212 146 822 561 486 232 1111 และ 480 ครั้ง ดังนั้นจึงกำหนดจำนวนครั้งที่ซ้ำกันของค่าดอบสนองเท่ากับ 2500 ครั้ง

2) จำนวนประชากร (Population Size)

จำนวนประชากรที่ใช้ในการทดลองนี้ หมายถึงจำนวนคำตอบทั้งหมดที่มีอยู่ในแต่ละเจนเนอเรชั่น เช่นถ้ากำหนดให้จำนวนประชากรมีขนาด 10 หมายความว่าในแต่ละเจนเนอเรชั่นจะมีคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด 10 คำตอบซึ่งอาจเป็นคำตอบที่เหมือนกันหรือแตกต่างกันก็ได้ การกำหนดจำนวนประชากรน้อยเกินไปจะทำให้คำตอบติดอยู่ใน Local Optimum ได้ง่าย ในขณะเดียวกันการกำหนดประชากรมากเกินไปก็จะทำให้ต้องใช้เวลาในการหาคำตอบนาน ดังนั้นจึงต้องมีการทดสอบหาค่าจำนวนประชากรที่เหมาะสมในการใช้งาน ซึ่งในการทดลองจะกำหนดระดับจำนวนประชากรที่แตกต่างกันตามขนาดของปัญหาหรือตามจำนวนแผนกในโรงงานดังตารางที่ 7.2

ตารางที่ 7.2 *การกำหนดระดับของปัจจัยจำนวนประชากรในการทดลอง*

ปัญหาที่	จำนวนแผนก	*W1*	*W2*	ระดับของปัจจัยจำนวนประชากร
1	6	0.25	0.75	3 ระดับ คือ 6 10 และ 15
2		0.50	0.50	
3		0.75	0.25	
4	10	0.25	0.75	3 ระดับ คือ 10 15 และ 20
5		0.50	0.50	
6		0.75	0.25	
7	20	0.25	0.75	3 ระดับ คือ 10 15 และ 20
8		0.50	0.50	
9		0.75	0.25	

3) วิธีการคัดเลือกสตริง (Selection Method)

ในอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นได้เสนอวิธีการคัดเลือกสตริงไว้เพียงวิธีเดียวคือ วิธีการของวงล้อรูลเล็ท ดังนั้นจึงไม่พิจารณาวิธีการคัดเลือกสตริงเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทดลองนี้

4) วิธีการครอสโอเวอร์ (Crossover Method)

ในอัลกอริทึมที่ได้พัฒนามาใช้ในปัญหาการออกแบบผังโรงงานนี้ มีทั้งหมด 5 วิธี ซึ่งวิธีการครอสโอเวอร์ก็น่าจะเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าตอบสนอง ดังนั้นจึงกำหนดให้วิธีการครอสโอเวอร์เป็นปัจจัยที่ใช้ในการทดลองอีกปัจจัยหนึ่ง โดยมีระดับปัจจัยทั้งหมด 5 ระดับดังนี้คือ

- ระดับที่ 1 วิธี PMX
- ระดับที่ 2 วิธี CX
- ระดับที่ 3 วิธี OX
- ระดับที่ 4 วิธี PBX
- ระดับที่ 5 วิธี OBX

5) ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (Crossover Probability: Pc)

สำหรับความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์นั้น สามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 0-1.00 แต่การกำหนดให้มีค่ามากจะทำให้ประสิทธิภาพของ GAs ดีขึ้น (De Jong's, 1975) สำหรับการทดลองนี้กำหนดให้ใช้ระดับปัจจัยของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ทั้งหมด 3 ระดับคือ 0.5 0.7 และ 0.9

6) วิธีการมิวเตชั่น (Mutation Method)

ในอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้น ได้เสนอวิธีการมิวเตชั่นทั้งหมด 3 วิธี ซึ่งวิธีการมิวเตชั่นก็น่าจะเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าตอบสนอง ดังนั้นจึงกำหนดให้วิธีการมิวเตชั่นเป็นปัจจัยที่ใช้ในการทดลองอีกปัจจัยหนึ่ง โดยมีระดับปัจจัยทั้งหมด 3 ระดับดังนี้คือ

- ระดับที่ 1 วิธี Reciprocal Exchange Mutation
- ระดับที่ 2 วิธี Insertion Mutation
- ระดับที่ 3 วิธี Random Sequence Mutation

7) ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (Mutation Probability: Pm)

ค่าที่สามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 0-1.00 เช่นเดียวกับความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ แต่การกำหนดให้ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นต่ำจะทำให้ประ

สิทธิภาพของ GAs ดีขึ้น (De Jong's, 1975) สำหรับการทดลองนี้กำหนดให้ใช้ระดับปัจจัยของความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นทั้งหมด 3 ระดับคือ 0.1 0.2 และ 0.3

7.1.4 การพิจารณาผลกระทบร่วมกันระหว่างระดับปัจจัย

ในการทดลองนี้มีการพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องมากกว่า 1 ปัจจัย ซึ่งจะส่งผลให้เกิดผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย (Interaction) ขึ้นได้

ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย (Interaction) เกิดขึ้นเมื่อความแตกต่างระหว่างผลค่าตอบสนองที่หลายๆระดับของปัจจัยหนึ่งไม่เท่ากันที่ทุกระดับของอีกปัจจัยหนึ่ง (Montgomery,1997) การเกิดผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย ชี้ให้เห็นถึงผลของปัจจัยหนึ่งที่มีต่ออีกปัจจัยหนึ่ง

ยกตัวอย่างเช่น ถ้าในการทดลองพบว่าจำนวนประชากรที่ทำให้ได้ค่าตอบสนองดีที่สุดคือ จำนวนประชากรเท่ากับ 10 และพบว่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่เหมาะสมคือ 0.7 ในกรณีที่ไม่มีผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย เราสามารถสรุปได้ทันทีว่า ควรใช้จำนวนประชากรเป็น 10 และใช้ Pc เป็น 0.7 แต่ถ้ามีผลกระทบร่วมระหว่างทั้ง 2 ปัจจัยนี้ หมายความว่าถ้ากำหนดจำนวนประชากรเป็น 10 ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์อาจเป็น 0.7 หรือไม่ใช่ก็ได้ ในขณะเดียวกัน ถ้ากำหนดให้ Pc เป็น 0.7 แล้วจำนวนประชากรที่ทำให้ได้คำตอบที่ดีที่สุดก็อาจเป็น 10 หรือไม่ใช่ก็ได้เช่นกัน การพิจารณาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างมากในการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่จะทำต่อไป

ผลกระทบที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งได้หลายระดับ คือ

1) 1^{st} Level Interaction คือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย 2 ปัจจัย เช่น จำนวนประชากร*วิธีการครอสโอเวอร์ หรือ วิธีการครอสโอเวอร์*Pc
2) 2^{nd} Level Interaction คือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย 3 ปัจจัย เช่น วิธีการครอสโอเวอร์*Pc*วิธีการมิวเตชั่น
3) 3^{rd} Level Interaction คือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย 4 ปัจจัย เช่น จำนวนประชากร*วิธีการครอสโอเวอร์* Pc *วิธีการมิวเตชั่น
4) 4^{th} Level Interaction เป็นผลกระทบร่วมขั้นสูงสุดสำหรับการทดลองนี้ โดยหมายถึงผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยทั้ง 5 ปัจจัย

ถึงแม้ว่าในการทดลองนี้สามารถเกิดผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยได้ถึงระดับที่ 4 แต่เนื่องจากผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยในระดับสูงๆ ไม่ค่อยนิยมนำมาพิจารณา

(Montgomery, DC.,1997) ดังนั้นในการทดลองนี้จึงพิจารณาเฉพาะผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยในระดับหนึ่งเท่านั้น ซึ่งได้แก่

- ผลกระทบร่วมระหว่างจำนวนประชากรกับวิธีการครอสโอเวอร์
- ผลกระทบร่วมระหว่างจำนวนประชากรกับความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์
- ผลกระทบร่วมระหว่างจำนวนประชากรกับวิธีการมิวเตชั่น
- ผลกระทบร่วมระหว่างจำนวนประชากรกับความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น
- ผลกระทบร่วมระหว่างวิธีการครอสโอเวอร์กับความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์
- ผลกระทบร่วมระหว่างวิธีการครอสโอเวอร์กับวิธีการมิวเตชั่น
- ผลกระทบร่วมระหว่างวิธีการครอสโอเวอร์กับความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น
- ผลกระทบร่วมระหว่างความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์กับวิธีการมิวเตชั่น
- ผลกระทบร่วมระหว่างความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์กับความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น
- ผลกระทบร่วมระหว่างวิธีการมิวเตชั่นกับความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

7.2 การออกแบบการทดลอง

7.2.1 การกำหนดจำนวนข้อมูลที่ต้องการจากการทดลองแต่ละระดับปัจจัย

การทดลองในแต่ละระดับปัจจัย (แต่ละ Treatment Combination) ต้องการข้อมูลซึ่งได้แก่ ค่าใช้จ่ายของผังโรงงานและค่า TCR อย่างละ 2 ค่า นอกจากนี้ต้องการเก็บลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบอีก 2 ข้อมูล

7.2.2 การกำหนดรูปแบบการทดลอง

การทดลองที่ใช้เป็นแบบ Full Factorial Design ซึ่งมีปัจจัยในการพิจารณาทั้งหมด 5 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมีระดับปัจจัยไม่เท่ากัน โดยมีตัวแปรตอบสนองในทุก Treatment Combination ของการทดลองขั้นที่หนึ่งเป็นค่าฟิตเนสรวม ซึ่งหาได้จากสมการ (6.10) และมีลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนองของการทดลองในขั้นที่สอง สำหรับปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณามี 5 ปัจจัย รายละเอียดต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 7.3

ตารางที่ 7.3 ปัจจัยและระดับปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณา

ปัจจัย	จำนวนระดับปัจจัย (ระดับ)	ระดับปัจจัย
1. จำนวนประชากร	3	ปัญหาที่ 1-3 จำนวน 6 แผนกใช้ 6 10 15 ประชากร ปัญหาที่ 4-6 จำนวน 10 แผนกใช้ 10 15 20 ประชากร ปัญหาที่ 7-9 จำนวน 20 แผนกใช้ 10 15 20 ประชากร
2. วิธีการครอสโอเวอร์	5	1) วิธี PMX 2) วิธี CX 3) วิธี OX 4) วิธี PBX 5) วิธี OBX
3. ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (Pc)	3	1) 0.5 2) 0.7 3) 0.9
4. วิธีการมิวเตชั่น	3	1) วิธี Reciprocal Exchange 2) วิธี Insertion 3) วิธี Random Sequence
5. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (Pm)	3	1) 0.1 2) 0.2 3) 0.3

หมายเหตุ *วิธีการครอสโอเวอร์และวิธีการมิวเตชั่นแต่ละวิธีจะแทนด้วยหมายเลขตามที่แสดงในตาราง*

การทดลองจะแบ่งออกเป็น 9 การทดลอง โดยกำหนดจำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดและจำนวนครั้งที่ซ้ำกันของค่าตอบสนองของแต่ละการทดลอง แสดงได้ดังตารางที่ 7.4

ตารางที่ 7.4 รูปแบบการทดลองทั้งหมดในงานวิจัย

การทดลองที่	จำนวนแผนก	W1	W2	จำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุด	จำนวนครั้งที่ซ้ำกันของค่าตอบสนอง
1	6	0.25	0.75	2000	100
2		0.50	0.50		
3		0.75	0.25		
4	10	0.25	0.75	5000	1000
5		0.50	0.50		
6		0.75	0.25		
7	20	0.25	0.75	10000	2500
8		0.50	0.50		
9		0.75	0.25		

ในแต่ละปัญหามีลักษณะทำซ้ำของการทดลอง (Replication) เท่ากับ 2 และแต่ละการทดลองมี Treatment Combination เท่ากับ 3x5x3x3x3=405 ดังนั้นจำนวนข้อมูลทั้งหมดในแต่ละการทดลองเท่ากับ 405x2=810 ข้อมูล

7.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ผลการทดลองจะแยกออกเป็น 9 ส่วนตามจำนวนของปัญหา โดยในแต่ละปัญหาจะมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ 3 ขั้นตอนคือ

1. การวิเคราะห์โดยพิจารณาค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง ในการทดสอบพารามิเตอร์เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม จะใช้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนองหลัก หากปัจจัยใดที่ทดสอบแล้วพบระดับปัจจัยที่เหมาะสม คือให้ค่าตอบสนองที่ดีที่สุดเพียงระดับเดียว ก็จะกำหนดระดับปัจจัยนั้นเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ แต่ถ้าปัจจัยใดที่มีระดับปัจจัยที่เหมาะสมหลายระดับ ก็จะนำปัจจัยนั้นไปทำการวิเคราะห์ต่อในขั้นตอนที่ 2
2. การวิเคราะห์โดยพิจารณาลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง เป็นการวิเคราะห์ที่ทำต่อจากขั้นตอนที่หนึ่ง เมื่อการวิเคราะห์ขั้นตอนแรกไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้
3. การวิเคราะห์โดยดูจากค่าเฉลี่ยของค่าฟิตเนสรวม และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ เป็นการวิเคราะห์ที่ใช้ในกรณีที่ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่ได้มีหลายค่า แต่จำเป็นที่จะต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพียงค่าเดียวเพื่อนำไปใช้ในการหาคำตอบในบทต่อไป

ในขั้นตอนที่ 1 และ 2 จะมีวิธีการวิเคราะห์ที่เหมือนกัน ต่างกันแต่เพียงค่าตอบสนองที่ใช้ โดยวิธีการวิเคราะห์มี 2 ขั้น (ดู Montagomery,D.C) คือ

1) การวิเคราะห์ ANOVA เป็นการวิเคราะห์เพื่อดูว่าปัจจัยใดที่มีผลต่อการหาคำตอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยจะใช้โปรแกรม JMP เป็นโปรแกรมช่วยในการวิเคราะห์
2) การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test เป็นการวิเคราะห์เพื่อดูว่าระดับปัจจัยใดที่มีความแตกต่างกับระดับปัจจัยอื่นๆที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (รายละเอียดของการวิเคราะห์ ดูในภาคผนวก ง)

7.3.1 ปัญหาที่ 1 ผังโรงงานจำนวน 6 แผนก กำหนด W1=0.25 W2=0.75

7.3.1.1 ใช้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม JMP จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 7.5

ตารางที่ 7.5 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 1 โดยโปรแกรม JMP เมื่อใช้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง*

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	404	3.4561e-13	8.55e-16	1.3611
Error	405	2.5456e-13	6.29e-16	Prob>F
C Total	809	6.0017e-13		0.0010

Effect Test

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
Pop	2	2	2.3781e-14	18.9179	<.0001
Ctype	4	4	1.5031e-14	5.9786	0.0001
Pc	2	2	3.0172e-15	2.4002	0.0920
Mtype	2	2	2.6648e-14	21.1985	<.0001
Pm	2	2	4.7997e-15	3.8181	0.0228
Pop*Ctype	8	8	3.2965e-15	0.6556	0.7306
Pop*Pc	4	4	2.9224e-15	1.1624	0.3269
Ctype*Pc	8	8	6.8934e-15	1.3709	0.2074
Pop*Mtype	4	4	6.42e-15	2.5535	0.0386
Ctype*Mtype	8	8	6.5464e-15	1.3019	0.2407
Pc*Mtype	4	4	3.6572e-15	1.4546	0.2153
Pop*Pm	4	4	2.2441e-15	0.8926	0.4683
Ctype*Pm	8	8	2.1888e-15	0.4353	0.8997
Pc*Pm	4	4	4.5114e-15	1.7944	0.1291
Mtype*Pm	4	4	1.6057e-15	0.6387	0.6352
Pop*Ctype*Pc	16	16	8.4947e-15	0.8447	0.6342
Pop*Ctype*Mtype	16	16	7.7156e-15	0.7672	0.7230
Pop*Pc*Mtype	8	8	1.3265e-16	0.0264	1.0000
Ctype*Pc*Mtype	16	16	9.253e-15	0.9201	0.5461
Pop*Ctype*Pm	16	16	4.8217e-15	0.4795	0.9565
Pop*Pc*Pm	8	8	4.2013e-15	0.8355	0.5717
Ctype*Pc*Pm	16	16	2.0716e-14	2.0599	0.0093
Pop*Mtype*Pm	8	8	6.4055e-15	1.2739	0.2554
Ctype*Mtype*Pm	16	16	1.641e-14	1.6318	0.0579
Pc*Mtype*Pm	8	8	4.7305e-15	0.9408	0.4825
Pop*Ctype*Pc*Mtype	32	32	1.5136e-14	0.7525	0.8353
Pop*Ctype*Pc*Pm	32	32	2.4756e-14	1.2309	0.1851
Pop*Ctype*Mtype*Pm	32	32	2.107e-14	1.0476	0.3998
Pop*Pc*Mtype*Pm	16	16	1.2815e-14	1.2743	0.2099
Ctype*Pc*Mtype*Pm	32	32	2.1809e-14	1.0843	0.3488
Pop*Ctype*Pc*Mtype*Pm	64	64	5.3581e-14	1.3320	0.0544

จากผลการวิเคราะห์พบว่า จำนวนประชากร วิธีการครอสโอเวอร์ วิธีการมิวเตชั่น ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น มีผลต่อค่าฟิตเนสรวมที่ได้อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ α=0.05 และมีผลเนื่องจาก Interaction ของ Population Size*Mutation Type

2) การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

ก. จำนวนประชากร

จากการวิเคราะห์พบว่าจำนวนประชากร 6 จะให้ค่าฟิตเนสรวมที่ต่ำกว่าจำนวนประชากรขนาดอื่นอย่างมีนัยสำคัญ จึงตัดทิ้ง

ข. วิธีการครอสโอเวอร์

จากการวิเคราะห์พบว่าวิธีการครอสโอเวอร์วิธีที่ 3 4 และ 5 ให้ค่าฟิตเนสรวมที่ไม่แตกต่างกัน แต่วิธีการครอสโอเวอร์ทั้ง 3 วิธีนี้ ให้ค่าที่สูงกว่าวิธีที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญ

ค. วิธีการมิวเตชั่น

จากการวิเคราะห์พบว่าค่าฟิตเนสรวมที่ได้จากทั้ง 3 วิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยวิธีการมิวเตชั่นวิธีที่ 3 จะให้ค่าฟิตเนสรวมสูงที่สุด

ง. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

จากการวิเคราะห์พบว่า Pm 0.1 ให้ค่าฟิตเนสรวมที่ต่ำกว่าค่า Pm อื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ จึงตัดทิ้ง

จ. Interaction ระหว่าง Population Size กับ Mutation Type

เนื่องจากวิธีการมิวเตชั่นวิธีที่ 3 เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด จึงทำการทดสอบความแตกต่างของค่าฟิตเนสรวมที่ได้จากจำนวนประชากรที่แตกต่างกัน ที่ระดับวิธีการมิวเตชั่นวิธีที่ 3 และจากการวิเคราะห์เมื่อกำหนดวิธีการมิวเตชั่นเป็นวิธีที่ 3 พบว่า จำนวนประชากรทั้ง 3 ระดับให้ผลไม่แตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's Multiple Range Test โดยให้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง จะได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาที่ 1 คือ

จำนวนประชากร	: ขนาด 10 15 ประชากร
วิธีการครอสโอเวอร์	: วิธี 3 4 5
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	: ทุกค่าไม่ต่างกัน

วิธีการมิวเตชั่น : วิธี 3
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น : 0.2 0.3

7.3.1.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

เนื่องจากในการวิเคราะห์ขั้นแรกได้ว่า วิธีการมิวเตชั่นควรใช้วิธีที่ 3 ดังนั้นในการวิเคราะห์ขั้นที่สองนี้จึงตัดปัจจัยวิธีการมิวเตชั่นออกจากการวิเคราะห์ และใช้ค่าตอบสนองที่ได้จากวิธีการมิวเตชั่นวิธีที่ 3 ที่ระดับต่างๆของปัจจัยที่เหลือ ดังนี้

จำนวนประชากร มี 2 ระดับคือ 10 15
วิธีการครอสโอเวอร์ มี 3 ระดับคือวิธี 3 4 5
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ มี 3 ระดับคือ 0.5 0.7 0.9
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น มี 2 ระดับคือ 0.2 0.3
ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 7.6

***ตารางที่ 7.6** ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 1 โดยโปรแกรม JMP เมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง*

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	35	13868.819	396.252	2.3383
Error	36	6100.500	169.458	Prob>F
C Total	71	19969.319		0.0065

Effect Test

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
Pop	1	1	806.6806	4.7603	0.0357
Ctype	2	2	65.8611	0.1943	0.8242
Pc	2	2	1005.8611	2.9679	0.0641
Pm	1	1	1225.1250	7.2297	0.0108
Pop*Ctype	2	2	114.5278	0.3379	0.7155
Pop*Pc	2	2	493.5278	1.4562	0.2465
Ctype*Pc	4	4	2149.2222	3.1707	0.0249
Pop*Pm	1	1	378.1250	2.2314	0.1439
Ctype*Pm	2	2	354.0833	1.0448	0.3622
Pc*Pm	2	2	963.0833	2.8417	0.0715
Pop*Ctype*Pc	4	4	698.8889	1.0311	0.4046
Pop*Ctype*Pm	2	2	1160.0833	3.4229	0.0436
Pop*Pc*Pm	2	2	792.7500	2.3391	0.1109
Ctype*Pc*Pm	4	4	1380.8333	2.0371	0.1098
Pop*Ctype*Pc*Pm	4	4	2280.1667	3.3639	0.0194

จากตารางพบว่า จำนวนประชากร ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วในการหาคำตอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และมีผลเนื่องจาก Interaction ของ Crossover Type*Pm

2) การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

ก. จำนวนประชากร

จากการวิเคราะห์พบว่าจำนวนประชากร 15 ทำให้พบคำตอบเร็วกว่าจำนวนประชากร 10 จึงเลือกใช้จำนวนประชากร 15

ข. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

จากการวิเคราะห์พบว่า Pm 0.3 ทำให้พบคำตอบเร็วกว่า Pm 0.2 จึงเลือกใช้ Pm 0.3

ค. Interaction ระหว่าง Crossover Type กับ Pc

แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. ทดสอบผลของ Crossover Type ที่ต่างกัน โดย Fixed Pc

เนื่องจากการวิเคราะห์ในขั้นแรกพบว่า Crossover วิธีที่ 3 4 และ 5 ให้ค่าตอบสนองที่สูง จึงทำการ Fixed Pc เพื่อดูผลของ Crossover Type 3 ครั้ง

- Fixed Pc ที่ 0.5

จะได้ว่าวิธี Crossover ทั้ง 3 วิธีให้ผลไม่แตกต่างกัน

- Fixed Pc ที่ 0.7

จะได้ว่าวิธี Crossover วิธีที่ 4 และ 5 ให้ผลที่ไม่ต่างกัน แต่ทำให้พบคำตอบได้เร็วกว่าวิธี Crossover วิธีที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญ

- Fixed Pc ที่ 0.9

จะได้ว่าวิธี Crossover วิธีที่ 3 และ 4 ให้ผลที่ไม่ต่างกัน แต่ทำให้พบคำตอบได้เร็วกว่าวิธี Crossover วิธีที่ 5 อย่างมีนัยสำคัญ

2. ทดสอบผลของ Pc ที่ต่างกัน โดย Fixed Crossover Type

เนื่องจากการวิเคราะห์ในขั้นแรก วิธีการครอสโอเวอร์วิธีที่ 3 4 และ 5 ให้ค่าตอบสนองที่สูงกว่าวิธีอื่น จึงทำการ Fixed Crossover Type เพื่อดูผลของ Pc 3 ครั้ง

- Fixed Crossover Type วิธีที่ 3

จะได้ว่า Pm 0.5 และ 0.9 ให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน แต่ทำให้พบคำตอบได้เร็วกว่า Pm 0.7 อย่างมีนัยสำคัญ

- Fixed Crossover Type วิธีที่ 4
  จะได้ว่า Pm ทั้ง 3 ค่า ให้ผลไม่แตกต่างกัน
- Fixed Crossover Type วิธีที่ 5
  จะได้ว่า Pm ทั้ง 3 ค่า ให้ผลไม่แตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's Multiple Range Test โดยให้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง จะได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาที่ 1 คือ

จำนวนประชากร	: ขนาด 15 ประชากร
วิธีการครอสโอเวอร์	: วิธี 3 4 5
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	: ทุกค่าไม่ต่างกัน
วิธีการมิวเตชั่น	: วิธี 3
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	: 0.3

7.3.1.3 วิเคราะห์โดยดูจากค่าเฉลี่ยของค่าฟิตเนสรวมและค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

จากการพิจารณาค่าเฉลี่ยทั้งค่าฟิตเนสรวม และลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ สรุปได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาที่ 1 คือ

จำนวนประชากร	: ขนาด 15 ประชากร
วิธีการครอสโอเวอร์	: วิธี 5
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	: 0.5 หรือ 0.9
วิธีการมิวเตชั่น	: วิธี 3
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	: 0.3

7.3.2 ปัญหาที่ 2 ผังโรงงานจำนวน 6 แผนก กำหนด W1=0.50 W2=0.50

7.3.2.1ใช้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA
   จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม JMP จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 7.7

ตารางที่ 7.7 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 2 โดยโปรแกรม JMP เมื่อใช้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	404	2.5285e-13	6.26e-16	1.1294
Error	405	2.2442e-13	5.54e-16	Prob>F
C Total	809	4.7727e-13		0.1107

Effect Test

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
Pop	2	2	2.0465e-14	18.4654	<.0001
Ctype	4	4	4.85e-15	2.1881	0.0696
Pc	2	2	2.5108e-16	0.2266	0.7974
Mtype	2	2	2.6804e-15	2.4186	0.0903
Pm	2	2	5.2878e-15	4.7712	0.0090
Pop*Ctype	8	8	8.6359e-15	1.9481	0.0517
Pop*Pc	4	4	4.0125e-16	0.1810	0.9482
Ctype*Pc	8	8	3.4824e-15	0.7856	0.6157
Pop*Mtype	4	4	4.1625e-15	1.8779	0.1134
Ctype*Mtype	8	8	2.2578e-15	0.5093	0.8495
Pc*Mtype	4	4	2.6625e-15	1.2012	0.3097
Pop*Pm	4	4	1.2873e-15	0.5808	0.6767
Ctype*Pm	8	8	5.3486e-15	1.2065	0.2935
Pc*Pm	4	4	4.6157e-15	2.0824	0.0823
Mtype*Pm	4	4	2.0398e-15	0.9202	0.4520
Pop*Ctype*Pc	16	16	6.4875e-15	0.7317	0.7617
Pop*Ctype*Mtype	16	16	4.2683e-15	0.4814	0.9557
Pop*Pc*Mtype	8	8	6.2658e-15	1.4134	0.1888
Ctype*Pc*Mtype	16	16	1.1876e-14	1.3395	0.1694
Pop*Ctype*Pm	16	16	4.2715e-15	0.4818	0.9555
Pop*Pc*Pm	8	8	8.8457e-15	1.9954	0.0458
Ctype*Pc*Pm	16	16	9.3745e-15	1.0573	0.3948
Pop*Mtype*Pm	8	8	3.0529e-15	0.6887	0.7016
Ctype*Mtype*Pm	16	16	9.9897e-15	1.1267	0.3274
Pc*Mtype*Pm	8	8	2.959e-15	0.6675	0.7202
Pop*Ctype*Pc*Mtype	32	32	1.802e-14	1.0162	0.4459
Pop*Ctype*Pc*Pm	32	32	2.8457e-14	1.6048	0.0218
Pop*Ctype*Mtype*Pm	32	32	1.1062e-14	0.6239	0.9477
Pop*Pc*Mtype*Pm	16	16	6.8157e-15	0.7687	0.7213
Ctype*Pc*Mtype*Pm	32	32	1.7052e-14	0.9616	0.5300
Pop*Ctype*Pc*Mtype*Pm	64	64	3.5622e-14	1.0044	0.4723

จากผลการวิเคราะห์พบว่า จำนวนประชากร ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น มีผลต่อค่าฟิตเนสรวมที่ได้อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ α=0.05

2) การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

ก. จำนวนประชากร

จากการวิเคราะห์พบว่าค่าฟิตเนสรวมที่ได้จากทั้ง 3 ระดับปัจจัยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่จำนวนประชากรขนาด 15 ประชากรจะให้ค่าฟิตเนสรวมสูงที่สุด

ข. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

จากการวิเคราะห์พบว่า Pm ทั้ง 3 ค่า ให้ค่าฟิตเนสรวมที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ 0.3 จะให้ค่าฟิตเนสรวมสูงที่สุด

จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's Multiple Range Test โดยให้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง จะได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาที่ 2 คือ

จำนวนประชากร	: ขนาด 15 ประชากร
วิธีการครอสโอเวอร์	: ทุกวิธีไม่ต่างกัน
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	: ทุกค่าไม่ต่างกัน
วิธีการมิวเตชั่น	: ทุกวิธีไม่ต่างกัน
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	: 0.3

7.3.2.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

เนื่องจากในการวิเคราะห์ขั้นแรกได้ว่า จำนวนประชากรควรใช้ขนาด 15 ประชากร และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นควรใช้ 0.3 ดังนั้นในการวิเคราะห์ขั้นที่สองนี้จึงตัดปัจจัยจำนวนประชากรและความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นออกจากการวิเคราะห์ และใช้ค่าตอบสนองที่ได้จากจำนวนประชากร 15 และ Pm 0.3 ที่ระดับต่างๆของปัจจัยที่เหลือ ดังนี้

วิธีการครอสโอเวอร์	มี 5 ระดับคือวิธี 1 2 3 4 5
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	มี 3 ระดับคือ 0.5 0.7 0.9
วิธีการมิวเตชั่น	มี 3 ระดับคือวิธี 1 2 3

ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 7.8

ตารางที่ 7.8 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 2 โดยโปรแกรม JMP เมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	44	8379.000	190.432	0.9065
Error	45	9453.000	210.067	Prob>F
C Total	89	17832.000		0.6271

Effect Test

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
Ctype	4	4	520.5556	0.6195	0.6509
Pc	2	2	1326.2000	3.1566	0.0521
Mtype	2	2	130.2000	0.3099	0.7351
Ctype*Pc	8	8	1756.2444	1.0451	0.4177
Ctype*Mtype	8	8	1552.5778	0.9239	0.5061
Pc*Mtype	4	4	1635.2000	1.9460	0.1192
Ctype*Pc*Mtype	16	16	1458.0222	0.4338	0.9643

จากตารางพบว่าไม่มีปัจจัยใดที่มีผลต่อค่าตอบสนอง

2) การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

เนื่องจากไม่มีปัจจัยใดที่มีผล จึงไม่ต้องทำการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

7.3.2.3 วิเคราะห์โดยดูจากค่าเฉลี่ยของค่าฟิตเนสรวมและค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

จากการพิจารณาค่าเฉลี่ยทั้งค่าฟิตเนสรวม และลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ สรุปได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาที่ 2 คือ

จำนวนประชากร : ขนาด 15 ประชากร
วิธีการครอสโอเวอร์ : วิธี 2
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ : 0.9
วิธีการมิวเตชั่น : วิธี 2
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น : 0.3

7.3.3 ปัญหาที่ 3 ผังโรงงานจำนวน 6 แผนก กำหนด W1=0.75 W2=0.25

7.3.3.1ใช้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม JMP จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 7.9

ตารางที่ 7.9 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 3 โดยโปรแกรม JMP เมื่อใช้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง*

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	404	4.2308e-13	1.05e-15	1.1283
Error	405	3.7591e-13	9.28e-16	Prob>F
C Total	809	7.9898e-13		0.1126

Effect Test

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
Pop	2	2	4.4622e-14	24.0378	<.0001
Ctype	4	4	1.9215e-14	5.1757	0.0004
Pc	2	2	3.1469e-17	0.0170	0.9832
Mtype	2	2	1.2569e-14	6.7708	0.0013
Pm	2	2	5.1508e-15	2.7747	0.0636
Pop*Ctype	8	8	3.7198e-15	0.5010	0.8555
Pop*Pc	4	4	4.6995e-15	1.2658	0.2828
Ctype*Pc	8	8	1.1186e-14	1.5065	0.1528
Pop*Mtype	4	4	2.7382e-15	0.7375	0.5668
Ctype*Mtype	8	8	5.9742e-15	0.8046	0.5988
Pc*Mtype	4	4	4.3503e-15	1.1718	0.3227
Pop*Pm	4	4	3.0693e-15	0.8267	0.5087
Ctype*Pm	8	8	2.1274e-15	0.2865	0.9703
Pc*Pm	4	4	1.0159e-14	2.7363	0.0286
Mtype*Pm	4	4	1.7881e-15	0.4816	0.7493
Pop*Ctype*Pc	16	16	1.2435e-14	0.8373	0.6428
Pop*Ctype*Mtype	16	16	9.2104e-15	0.6202	0.8681
Pop*Pc*Mtype	8	8	1.2023e-14	1.6192	0.1173
Ctype*Pc*Mtype	16	16	1.4522e-14	0.9779	0.4801
Pop*Ctype*Pm	16	16	1.1684e-14	0.7867	0.7011
Pop*Pc*Pm	8	8	5.2893e-15	0.7123	0.6807
Ctype*Pc*Pm	16	16	1.2214e-14	0.8224	0.6601
Pop*Mtype*Pm	8	8	1.1003e-14	1.4818	0.1618
Ctype*Mtype*Pm	16	16	1.4666e-14	0.9876	0.4694
Pc*Mtype*Pm	8	8	1.0443e-14	1.4064	0.1917
Pop*Ctype*Pc*Mtype	32	32	4.2312e-14	1.4246	0.0663
Pop*Ctype*Pc*Pm	32	32	2.6307e-14	0.8857	0.6496
Pop*Ctype*Mtype*Pm	32	32	2.7615e-14	0.9298	0.5804
Pop*Pc*Mtype*Pm	16	16	1.6777e-14	1.1297	0.3246
Ctype*Pc*Mtype*Pm	32	32	2.5508e-14	0.8588	0.6908
Pop*Ctype*Pc*Mtype*Pm	64	64	3.9669e-14	0.6678	0.9757

จากการวิเคราะห์พบว่า จำนวนประชากร วิธีการครอสโอเวอร์ วิธีการมิวเตชั่น มีผลต่อค่าฟิตเนสรวมที่ได้อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ α=0.05 และมีผลเนื่องจาก Interaction ของ $Pc*Pm$

2) การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

ก. จำนวนประชากร

จากการวิเคราะห์พบว่าค่าฟิตเนสรวมที่ได้จากทั้ง 3 ระดับปัจจัยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่จำนวนประชากร 15 จะให้ค่าฟิตเนสรวมสูงที่สุด

ข. วิธีการครอสโอเวอร์

จากการวิเคราะห์พบว่าวิธีการครอสโอเวอร์ทั้ง 5 วิธีให้ค่าฟิตเนสรวมที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่วิธีการครอสโอเวอร์วิธีที่ 3 จะให้ค่าฟิตเนสรวมสูงที่สุด

ค. วิธีการมิวเตชั่น

จากการวิเคราะห์พบว่า วิธีการมิวเตชั่นวิธีที่ 2 จะให้ค่าฟิตเนสรวมที่ต่ำกว่าวิธีการมิวเตชั่นวิธีอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ จึงตัดทิ้ง

ง. Interaction ระหว่าง Pc กับ Pm

แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. ทดสอบผลของ Pm ที่ต่างกัน โดย Fixed Pc

- Fixed Pc ที่ 0.5

จะได้ว่า Pm ทั้ง 3 ค่า ให้ค่าตอบสนองที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ Pm 0.3 จะทำให้พบคำตอบได้เร็วที่สุด

- Fixed Pc ที่ 0.7

จะได้ว่า Pm 0.2 และ 0.3 ให้ผลที่ไม่ต่างกัน แต่ทำให้พบคำตอบเร็วกว่า Pm 0.1 อย่างมีนัยสำคัญ

- Fixed Pc ที่ 0.9

จะได้ว่า Pm ทั้ง 3 ค่า ให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน

2. ทดสอบผลของ Pc ที่ต่างกัน โดย Fixed Pm

- Fixed Pm ที่ 0.1

จะได้ว่า Pc ทั้ง 3 ค่า ให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน

- Fixed Pm ที่ 0.2

จะได้ว่า Pc 0.7 และ 0.9 ให้ผลที่ไม่ต่างกัน แต่ทำให้พบคำตอบเร็วกว่า Pc 0.5 อย่างมีนัยสำคัญ

- Fixed Pm ที่ 0.3

จะได้ว่า Pc ทั้ง 3 ค่า ให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's Multiple Range Test โดยให้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง จะได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาที่ 3 คือ

จำนวนประชากร	: ขนาด 15 ประชากร
วิธีการครอสโอเวอร์	: วิธี 3
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	: 0.5 0.7 0.9
วิธีการมิวเตชั่น	: วิธี 1 3
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	: 0.1 0.2 0.3

7.3.3.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

เนื่องจากในการวิเคราะห์ขั้นแรกได้ว่า จำนวนประชากรควรใช้ขนาด 15 ประชากร และวิธีการครอสโอเวอร์ควรใช้วิธีที่ 3 ดังนั้นในการวิเคราะห์ขั้นที่สองนี้จึงตัดปัจจัยจำนวนประชากรและวิธีการครอสโอเวอร์ออกจากการวิเคราะห์ และใช้ค่าตอบสนองที่ได้จากจำนวนประชากร 15 และ วิธีการครอสโอเวอร์วิธีที่ 3 ที่ระดับต่างๆของปัจจัยที่เหลือ ดังนี้

ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	มี 3 ระดับคือ 0.5 0.7 0.9
วิธีการมิวเตชั่น	มี 2 ระดับคือวิธี 1 3
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	มี 3 ระดับคือ 0.1 0.2 0.3

ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 7.10

ตารางที่ 7.10 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 3 โดยโปรแกรม JMP เมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	
Model	17	3061.2222	180.072	0.9852	
Error	18	3290.0000	182.778	Prob>F	
C Total	35	6351.2222		0.5104	
Effect Test					
Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
Pc	2	2	439.05556	1.2011	0.3239
Mtype	1	1	560.11111	3.0644	0.0970
Pm	2	2	0.72222	0.0020	0.9980
Pc*Mtype	2	2	405.38889	1.1090	0.3514
Pc*Pm	4	4	642.44444	0.8787	0.4961
Mtype*Pm	2	2	94.05556	0.2573	0.7759
Pc*Mtype*Pm	4	4	919.44444	1.2576	0.3228

จากตารางพบว่าไม่มีปัจจัยใดที่มีผลต่อค่าตอบสนอง

2) การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

เนื่องจากไม่มีปัจจัยใดที่มีผล จึงไม่ต้องทำการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

7.3.3.3 วิเคราะห์โดยดูจากค่าเฉลี่ยของค่าฟิตเนสรวมและค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

จากการพิจารณาค่าเฉลี่ยทั้งค่าฟิตเนสรวม และลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ สรุปได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาที่ 3 คือ

จำนวนประชากร : ขนาด 15 ประชากร
วิธีการครอสโอเวอร์ : วิธี 3
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ : 0.7
วิธีการมิวเตชั่น : วิธี 3
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น : 0.3

7.3.4 ปัญหาที่ 4 ผังโรงงานจำนวน 10 แผนก กำหนด W1=0.25 W2=0.75

7.3.4.1ใช้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมJMP จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 7.11

ตารางที่ 7.11 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 4 โดยโปรแกรม JMP เมื่อใช้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง*

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	404	1.0604e-12	2.62e-15	1.6138
Error	405	6.5871e-13	1.63e-15	Prob>F
C Total	809	1.7191e-12		<.0001

Effect Test

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
Pop	2	2	5.1539e-14	15.8441	<.0001
Ctype	4	4	9.9945e-15	1.5362	0.1908
Pc	2	2	5.0811e-16	0.1562	0.8554
Mtype	2	2	2.9941e-13	92.0447	<.0001
Pm	2	2	3.388e-15	1.0415	0.3539
Pop*Ctype	8	8	1.0807e-14	0.8306	0.5760
Pop*Pc	4	4	3.5748e-15	0.5495	0.6995
Ctype*Pc	8	8	1.3398e-14	1.0297	0.4127
Pop*Mtype	4	4	2.3044e-14	3.5420	0.0074
Ctype*Mtype	8	8	1.7267e-14	1.3270	0.2281
Pc*Mtype	4	4	5.1407e-15	0.7902	0.5320
Pop*Pm	4	4	1.1369e-15	0.1748	0.9513
Ctype*Pm	8	8	8.7331e-15	0.6712	0.7170
Pc*Pm	4	4	2.2836e-15	0.3510	0.8433
Mtype*Pm	4	4	1.5564e-14	2.3923	0.0501
Pop*Ctype*Pc	16	16	4.6013e-14	1.7681	0.0333
Pop*Ctype*Mtype	16	16	1.63e-14	0.6264	0.8629
Pop*Pc*Mtype	8	8	7.3369e-15	0.5639	0.8075
Ctype*Pc*Mtype	16	16	2.9131e-14	1.1194	0.3342
Pop*Ctype*Pm	16	16	2.2963e-14	0.8824	0.5901
Pop*Pc*Pm	8	8	4.4571e-15	0.3425	0.9490
Ctype*Pc*Pm	16	16	2.6254e-14	1.0089	0.4460
Pop*Mtype*Pm	8	8	1.7568e-14	1.3502	0.2170
Ctype*Mtype*Pm	16	16	2.6233e-14	1.0081	0.4469
Pc*Mtype*Pm	8	8	1.6862e-14	1.2959	0.2438
Pop*Ctype*Pc*Mtype	32	32	3.7607e-14	0.7226	0.8683
Pop*Ctype*Pc*Pm	32	32	7.4353e-14	1.4286	0.0648
Pop*Ctype*Mtype*Pm	32	32	6.0989e-14	1.1718	0.2429
Pop*Pc*Mtype*Pm	16	16	2.7135e-14	1.0427	0.4099
Ctype*Pc*Mtype*Pm	32	32	7.6676e-14	1.4732	0.0497
Pop*Ctype*Pc*Mtype*Pm	64	64	1.0477e-13	1.0065	0.4681

จากการวิเคราะห์พบว่า จำนวนประชากร วิธีการมิวเตชั่น มีผลต่อค่าฟิตเนสรวมที่ได้อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ α=0.05 และมีผลเนื่องจาก Interaction ของ Population Size*Mutation Type

2) การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

ก. จำนวนประชากร

จากการวิเคราะห์พบว่าค่าฟิตเนสรวมที่ได้จากทั้ง 3 ระดับปัจจัยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยจำนวนประชากร 20 จะให้ค่าฟิตเนสรวมสูงที่สุด

ข. วิธีการมิวเตชั่น

จากการวิเคราะห์พบว่า วิธีการมิวเตชั่นทั้ง 3 วิธี ให้ค่าฟิตเนสรวมที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่วิธีการมิวเตชั่นวิธีที่ 3 จะให้ค่าฟิตเนสรวมสูงที่สุด

ค. Interaction ระหว่าง Population Size กับ Mutation Type

เนื่องจากผลการวิเคราะห์ที่ผ่านมาพบว่าจำนวนประชากรขนาด 20 ประชากรเป็นจำนวนที่เหมาะสมที่สุด จึงทำการทดสอบความแตกต่างของค่าฟิตเนสรวมที่ได้จากวิธีการมิวเตชั่นที่แตกต่างกันที่ระดับจำนวนประชากร 20 และจากการวิเคราะห์เมื่อกำหนดจำนวนประชากรเป็น 20 พบว่า วิธีการมิวเตชั่นทั้ง 3 วิธีให้ค่าฟิตเนสรวมที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่วิธีการมิวเตชั่นวิธีที่ 3 จะให้ค่าฟิตเนสรวมสูงที่สุด

จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's Multiple Range Test โดยให้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง จะได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาที่ 4 คือ

จำนวนประชากร	: ขนาด 20 ประชากร
วิธีการครอสโอเวอร์	: ทุกวิธีไม่ต่างกัน
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	: ทุกค่าไม่ต่างกัน
วิธีการมิวเตชั่น	: วิธี 3
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	: ทุกค่าไม่ต่างกัน

7.3.4.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

เนื่องจากในการวิเคราะห์ขั้นแรกได้ว่า จำนวนประชากรควรใช้ขนาด 20 ประชากร และวิธีการมิวเตชั่นควรใช้วิธีที่ 3 ดังนั้นในการวิเคราะห์ขั้นที่สองนี้จึงตัดปัจจัยจำนวนประชากรและวิธีการมิวเตชั่นออกจากการวิเคราะห์ และใช้ค่าตอบสนองที่ได้จากจำนวนประชากร 20 และ วิธีการมิวเตชั่นวิธีที่ 3 ที่ระดับต่างๆของปัจจัยที่เหลือ ดังนี้

วิธีการครอสโอเวอร์ มี 5 ระดับคือวิธี 1 2 3 4 5
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ มี 3 ระดับคือ 0.5 0.7 0.9
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น มี 3 ระดับคือ 0.1 0.2 0.3
ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 7.12

ตารางที่ 7.12 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 4 โดยโปรแกรม JMP เมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง*

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	44	1388626.4	31559.7	0.7282
Error	45	1950154.5	43336.8	Prob>F
C Total	89	3338780.9		0.8526

Effect Test

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
Ctype	4	4	249730.07	1.4406	0.2362
Pc	2	2	17129.40	0.1976	0.8214
Pm	2	2	212677.27	2.4538	0.0974
Ctype*Pc	8	8	49399.27	0.1425	0.9966
Ctype*Pm	8	8	377739.73	1.0895	0.3879
Pc*Pm	4	4	142854.13	0.8241	0.5168
Ctype*Pc*Pm	16	16	339096.53	0.4890	0.9398

จากตารางพบว่าไม่มีปัจจัยใดที่มีผลต่อค่าตอบสนอง

2) การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

เนื่องจากไม่มีปัจจัยใดที่มีผล จึงไม่ต้องทำการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

7.3.4.3 วิเคราะห์โดยดูจากค่าเฉลี่ยของค่าฟิตเนสรวมและค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

จากการพิจารณาค่าเฉลี่ยทั้งค่าฟิตเนสรวม และลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ สรุปได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาที่ 4 คือ

จำนวนประชากร	: ขนาด 20 ประชากร
วิธีการครอสโอเวอร์	: วิธี 5
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	: 0.5
วิธีการมิวเตชั่น	: วิธี 3
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	: 0.1

7.3.5 ปัญหาที่ 5 ผังโรงงานจำนวน 10 แผนก กำหนด W1=0.50 W2=0.50

7.3.5.1ใช้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมJMP จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 7.13

ตารางที่ 7.13 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 5 โดยโปรแกรม JMP เมื่อใช้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง*

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	404	1.7735e-12	4.39e-15	1.2848
Error	405	1.3838e-12	3.42e-15	Prob>F
C Total	809	3.1573e-12		0.0059

Effect Test

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
Pop	2	2	6.9263e-14	10.1359	<.0001
Ctype	4	4	2.3606e-14	1.7272	0.1431
Pc	2	2	5.9167e-16	0.0866	0.9171
Mtype	2	2	2.1798e-13	31.8986	<.0001
Pm	2	2	5.3739e-14	7.8641	0.0004
Pop*Ctype	8	8	2.1451e-14	0.7848	0.6163
Pop*Pc	4	4	8.4708e-15	0.6198	0.6486
Ctype*Pc	8	8	1.5831e-14	0.5792	0.7952
Pop*Mtype	4	4	1.0093e-14	0.7385	0.5662
Ctype*Mtype	8	8	4.1028e-14	1.5010	0.1548
Pc*Mtype	4	4	1.1815e-14	0.8645	0.4853
Pop*Pm	4	4	2.5443e-14	1.8616	0.1163
Ctype*Pm	8	8	1.4301e-14	0.5232	0.8391
Pc*Pm	4	4	3.2957e-15	0.2411	0.9149

ตารางที่ 7.13 (ต่อ) *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 5 โดยโปรแกรม JMP เมื่อใช้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง*

Mtype*Pm	4	4	3.4498e-14	2.5242	0.0405
Pop*Ctype*Pc	16	16	2.3134e-14	0.4232	0.9764
Pop*Ctype*Mtype	16	16	7.1984e-14	1.3168	0.1828
Pop*Pc*Mtype	8	8	3.1137e-14	1.1392	0.3357
Ctype*Pc*Mtype	16	16	2.4421e-14	0.4467	0.9691
Pop*Ctype*Pm	16	16	7.2006e-14	1.3172	0.1825
Pop*Pc*Pm	8	8	1.4434e-14	0.5281	0.8354
Ctype*Pc*Pm	16	16	7.5684e-14	1.3844	0.1453
Pop*Mtype*Pm	8	8	1.3945e-14	0.5102	0.8488
Ctype*Mtype*Pm	16	16	7.7771e-14	1.4226	0.1270
Pc*Mtype*Pm	8	8	2.276e-14	0.8327	0.5742
Pop*Ctype*Pc*Mtype	32	32	9.2214e-14	0.8434	0.7138
Pop*Ctype*Pc*Pm	32	32	1.2165e-13	1.1126	0.3120
Pop*Ctype*Mtype*Pm	32	32	1.1967e-13	1.0945	0.3352
Pop*Pc*Mtype*Pm	16	16	5.9638e-14	1.0909	0.3613
Ctype*Pc*Mtype*Pm	32	32	1.6505e-13	1.5096	0.0399
Pop*Ctype*Pc*Mtype*Pm	64	64	2.366e-13	1.0820	0.3215

จากผลการวิเคราะห์พบว่า จำนวนประชากร วิธีการมิวเตชั่น ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น มีผลต่อค่าฟิตเนสรวมที่ได้อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ α=0.05 และมีผลเนื่องจาก Interaction ของ Mutation Type*Pm

2) การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

ก. จำนวนประชากร

จากการวิเคราะห์พบว่าค่าฟิตเนสรวมที่ได้จากทั้ง 3 ระดับปัจจัยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่จำนวนประชากรขนาด 20 ประชากร จะให้ค่าฟิตเนสรวมสูงที่สุด

ข. วิธีการมิวเตชั่น

จากการวิเคราะห์พบว่า วิธีการมิวเตชั่นวิธีที่ 1 จะให้ค่าฟิตเนสรวมที่ต่ำกว่าวิธีการมิวเตชั่นวิธีอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ จึงตัดทิ้ง

ค. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

จากการวิเคราะห์พบว่า Pm 0.1 จะให้ค่าฟิตเนสรวมที่ต่ำกว่าค่า Pm อื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ จึงตัดทิ้ง

ง. Interaction ระหว่าง Mutation Type กับ Pm

แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. ทดสอบผลของ Pm ที่ต่างกัน โดย Fixed Mutation Type

เนื่องจากการวิเคราะห์ที่ผ่านมาพบว่า Mutation วิธีที่ 2 และ 3 ให้ค่าตอบสนองที่สูง จึงทำการ Fixed Mutation Type เพื่อดูผลของ Pm 3 ครั้ง

- Fixed Mutation Type วิธีที่ 2

  จะได้ว่า Pm ทั้ง 3 ค่าให้ผลไม่แตกต่างกัน

- Fixed Mutation Type วิธีที่ 3

  จะได้ว่า Pm ทั้ง 3 ค่าให้ผลไม่แตกต่างกัน

2. ทดสอบผลของ Mutation Type ที่ต่างกัน โดย Fixed Pm

เนื่องจากการวิเคราะห์ที่ผ่านมาพบว่า Pm 0.2 และ 0.3 ให้ค่าตอบสนองที่สูงกว่า จึงทำการ Fixed Pm เพื่อดูผลของ Mutation Type 3 ครั้ง

- Fixed Pm ที่ 0.2

  จะได้ว่าวิธีการมิวเตชั่นวิธีที่ 2 และ 3 ให้ผลไม่แตกต่างกัน แต่ให้ค่าฟิตเนสรวมที่สูงกว่าวิธีการมิวเตชั่นวิธีที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ

- Fixed Pm ที่ 0.3

  จะไดว่าวิธีการมิวเตชั่นทั้ง 3 วิธีให้ผลไม่แตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's Multiple Range Test โดยให้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง จะได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาที่ 5 คือ

จำนวนประชากร	: ขนาด 20 ประชากร
วิธีการครอสโอเวอร์	: ทุกวิธีไม่ต่างกัน
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	: ทุกค่าไม่ต่างกัน
วิธีการมิวเตชั่น	: วิธี 2 3
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	: 0.2 0.3

7.3.5.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

เนื่องจากในการวิเคราะห์ขั้นแรกได้ว่า จำนวนประชากรควรใช้ขนาด 20 ประชากร ดังนั้นในการวิเคราะห์ขั้นที่สองนี้จึงตัดปัจจัยจำนวนประชากรออก

จากการวิเคราะห์ และใช้ค่าตอบสนองที่ได้จากจำนวนประชากร 20 ที่ระดับต่างๆของปัจจัยที่เหลือ ดังนี้

วิธีการครอสโอเวอร์	มี 5 ระดับคือวิธี 1 2 3 4 5
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	มี 3 ระดับคือ 0.5 0.7 0.9
วิธีการมิวเตชั่น	มี 2 ระดับคือวิธี 2 3
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	มี 2 ระดับคือ 0.2 0.3

ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 7.14

*ตารางที่ **7.14** ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 5 โดยโปรแกรม JMP เมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง*

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	59	4857631.1	82332.7	1.9883
Error	60	2484481.5	41408.0	Prob>F
C Total	119	7342112.6		0.0044

Effect Test

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
Ctype	4	4	152719.1	0.9220	0.4572
Pc	2	2	272022.9	3.2847	0.0443
Mtype	1	1	550943.0	13.3052	0.0006
Pm	1	1	106386.1	2.5692	0.1142
Ctype*Pc	8	8	459692.7	1.3877	0.2204
Ctype*Mtype	4	4	169290.5	1.0221	0.4033
Pc*Mtype	2	2	188868.5	2.2806	0.1110
Ctype*Pm	4	4	583490.3	3.5228	0.0120
Pc*Pm	2	2	2139.8	0.0258	0.9745
Mtype*Pm	1	1	2851.9	0.0689	0.7939
Ctype*Pc*Mtype	8	8	374235.1	1.1297	0.3569
Ctype*Pc*Pm	8	8	1049005.5	3.1667	0.0047
Ctype*Mtype*Pm	4	4	382730.2	2.3107	0.0680
Pc*Mtype*Pm	2	2	33276.8	0.4018	0.6709
Ctype*Pc*Mtype*Pm	8	8	529978.8	1.5999	0.1440

จากตารางพบว่า ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ วิธีการมิวเตชั่น เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วในการหาคำตอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และมีผลเนื่องจาก Interaction ของ Crossover Type*Pm

2) การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

ก. ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์

จากการวิเคราะห์พบว่า Pc 0.5 จะทำให้พบคำตอบได้ช้ากว่า Pc ที่ค่าอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ จึงตัดออก

ข. วิธีการมิวเตชั่น

จากการวิเคราะห์พบว่าวิธีการมิวเตชั่นวิธีที่ 3 ทำให้พบคำตอบเร็วกว่าวิธีการมิวเตชั่นวิธีที่ 2 จึงเลือกใช้วิธีการมิวเตชั่นวิธีที่ 3

ค. Interaction ระหว่าง Crossover Type กับ Pm

แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. ทดสอบผลของ Pm ที่ต่างกัน โดย Fixed Crossover Type

เนื่องจากการวิเคราะห์ในขั้นแรกพบว่า Crossover Type ให้ค่าตอบสนองที่ไม่แตกต่างกัน จึงทำการ Fixed Crossover Type เพื่อดูผลของ Pm 5 ครั้ง

- Fixed Crossover Type ที่วิธีที่ 1

  จะได้ว่า Pm ทั้ง 2 ค่า ให้ผลไม่แตกต่างกัน

- Fixed Crossover Type ที่วิธีที่ 2

  จะได้ว่า Pm 0.3 ทำให้พบคำตอบได้เร็วกว่า Pm 0.2 อย่างมีนัยสำคัญ

- Fixed Crossover Type ที่วิธีที่ 3

  จะได้ว่า Pm ทั้ง 2 ค่า ให้ผลไม่แตกต่างกัน

- Fixed Crossover Type ที่วิธีที่ 4

  จะได้ว่า Pm 0.3 ทำให้พบคำตอบได้เร็วกว่า Pm 0.2 อย่างมีนัยสำคัญ

- Fixed Crossover Type ที่วิธีที่ 5

  จะได้ว่า Pm ทั้ง 2 ค่า ให้ผลไม่แตกต่างกัน

2. ทดสอบผลของ Crossover Type ที่ต่างกัน โดย Fixed Pm

เนื่องจากการวิเคราะห์ในขั้นแรก Pm 0.2 และ 0.3 ให้ค่าตอบสนองที่สูงกว่าวิธีอื่น จึงทำการ Fixed Pm เพื่อดูผลของ Crossover Type 2 ครั้ง

- Fixed Pm ที่ 0.2

  จะได้ว่า Crossover วิธีที่ 1 3 และ 5 ให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน แต่ทำให้พบคำตอบได้เร็วกว่า Crossover วิธีที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญ

- Fixed Pm ที่ 0.3

  จะได้ว่า Crossover Type ทั้ง 5 วิธี ให้ผลไม่ต่างกัน

จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's Multiple Range Test โดยให้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง จะได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาที่ 5 คือ

จำนวนประชากร	: ขนาด 20 ประชากร
วิธีการครอสโอเวอร์	: วิธี 1 2 3 4 5
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	: 0.7 0.9
วิธีการมิวเตชั่น	: วิธี 3
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	: 0.2 0.3

7.3.5.3 วิเคราะห์โดยดูจากค่าเฉลี่ยของค่าฟิตเนสรวมและค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

จากการพิจารณาค่าเฉลี่ยทั้งค่าฟิตเนสรวม และลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ สรุปได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาที่ 5 คือ

จำนวนประชากร	: ขนาด 20 ประชากร
วิธีการครอสโอเวอร์	: วิธี 4
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	: 0.7
วิธีการมิวเตชั่น	: วิธี 3
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	: 0.2

7.3.6 ปัญหาที่ 6 ผังโรงงานจำนวน 10 แผนก กำหนด W1=0.75 W2=0.25

7.3.6.1ใช้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมJMP จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 7.15

ตารางที่ 7.15 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 6 โดยโปรแกรม JMP เมื่อใช้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	404	2.5622e-12	6.34e-15	1.2565
Error	405	2.0443e-12	5.05e-15	Prob>F
C Total	809	4.6065e-12		0.0109

Effect Test

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
Pop	2	2	7.6648e-14	7.5926	0.0006
Ctype	4	4	4.6064e-14	2.2815	0.0599
Pc	2	2	2.0881e-14	2.0685	0.1277
Mtype	2	2	3.2833e-13	32.5239	<.0001
Pm	2	2	1.7601e-14	1.7435	0.1762
Pop*Ctype	8	8	4.2569e-14	1.0542	0.3946
Pop*Pc	4	4	2.492e-14	1.2343	0.2957
Ctype*Pc	8	8	1.8232e-14	0.4515	0.8895
Pop*Mtype	4	4	7.6364e-14	3.7822	0.0049
Ctype*Mtype	8	8	5.9066e-14	1.4627	0.1689
Pc*Mtype	4	4	1.5726e-15	0.0779	0.9890
Pop*Pm	4	4	1.2037e-14	0.5962	0.6656
Ctype*Pm	8	8	3.3455e-14	0.8285	0.5778
Pc*Pm	4	4	2.4297e-14	1.2034	0.3088
Mtype*Pm	4	4	4.549e-14	2.2531	0.0627
Pop*Ctype*Pc	16	16	1.0067e-13	1.2466	0.2292
Pop*Ctype*Mtype	16	16	1.1675e-13	1.4457	0.1170
Pop*Pc*Mtype	8	8	1.7464e-14	0.4325	0.9015
Ctype*Pc*Mtype	16	16	9.5847e-14	1.1868	0.2752
Pop*Ctype*Pm	16	16	3.838e-14	0.4752	0.9583
Pop*Pc*Pm	8	8	2.6261e-14	0.6503	0.7352
Ctype*Pc*Pm	16	16	8.1643e-14	1.0109	0.4438
Pop*Mtype*Pm	8	8	9.6785e-14	2.3968	0.0156
Ctype*Mtype*Pm	16	16	7.2294e-14	0.8952	0.5751
Pc*Mtype*Pm	8	8	5.119e-14	1.2677	0.2587
Pop*Ctype*Pc*Mtype	32	32	1.5835e-13	0.9803	0.5008
Pop*Ctype*Pc*Pm	32	32	2.6325e-13	1.6298	0.0184
Pop*Ctype*Mtype*Pm	32	32	1.5666e-13	0.9699	0.5171
Pop*Pc*Mtype*Pm	16	16	4.8515e-14	0.6007	0.8836
Ctype*Pc*Mtype*Pm	32	32	1.0561e-13	0.6539	0.9284
Pop*Ctype*Pc*Mtype*Pm	64	64	3.0504e-13	0.9443	0.5997

จากผลการวิเคราะห์พบว่า จำนวนประชากร วิธีการมิวเตชั่น มีผลต่อค่าฟิตเนสรวมที่ได้อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ α=0.05 และมีผลเนื่องจาก Interaction ของ Population Size*Mutation Type

2) การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

ก. จำนวนประชากร

จากการวิเคราะห์พบว่าค่าฟิตเนสรวมที่ได้จากทั้ง 3 ระดับปัจจัยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่จำนวนประชากรขนาด 20 ประชากร จะให้ค่าฟิตเนสรวมสูงที่สุด

ข. วิธีการมิวเตชั่น

จากการวิเคราะห์พบว่า วิธีการมิวเตชั่นวิธีที่ 1 จะให้ค่าฟิตเนสรวมที่ต่ำกว่าวิธีการมิวเตชั่นวิธีอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ จึงตัดทิ้ง

ค. Interaction ระหว่าง Population Size กับ Mutation Type

เนื่องจากการวิเคราะห์ที่ผ่านมาพบว่าจำนวนประชากรขนาด 20 ประชากรเป็นจำนวนที่เหมาะสมที่สุด จึงทำการทดสอบความแตกต่างของค่าฟิตเนสรวมที่ได้จากวิธีการมิวเตชั่นที่แตกต่างกันที่ระดับจำนวนประชากรขนาด 20

จากการวิเคราะห์เมื่อกำหนดจำนวนประชากรเป็น 20 พบว่าวิธีการมิวเตชั่นวิธีที่ 2 และ 3 ให้ผลไม่แตกต่างกัน แต่ให้ค่าตอบสนองที่สูงกว่าวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ

จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's Multiple Range Test โดยให้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง จะได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาที่ 6 คือ

จำนวนประชากร	: ขนาด 20 ประชากร
วิธีการครอสโอเวอร์	: ทุกวิธีไม่ต่างกัน
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	: ทุกค่าไม่ต่างกัน
วิธีการมิวเตชั่น	: วิธี 2 3
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	: ทุกค่าไม่ต่างกัน

7.3.6.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

เนื่องจากในการวิเคราะห์ขั้นแรกได้ว่า จำนวนประชากรควรใช้ขนาด 20 ประชากร ดังนั้นในการวิเคราะห์ขั้นที่สองนี้จึงตัดปัจจัยจำนวนประชากรออกจากการวิเคราะห์ และใช้ค่าตอบสนองที่ได้จากจำนวนประชากร 20 ที่ระดับต่างๆของปัจจัยที่เหลือ ดังนี้

วิธีการครอสโอเวอร์	มี 5 ระดับคือวิธี 1 2 3 4 5
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	มี 3 ระดับคือ 0.5 0.7 0.9
วิธีการมิวเตชั่น	มี 2 ระดับคือวิธี 2 3
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	มี 3 ระดับคือ 0.1 0.2 0.3

ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 7.16

*ตารางที่ **7.16** ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 6 โดยโปรแกรม JMP เมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง*

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	89	15005630	168603	1.2814
Error	90	11842079	131579	Prob>F
C Total	179	26847710		0.1213

Effect Test

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
Ctype	4	4	1052546.5	1.9998	0.1013
Pc	2	2	429205.9	1.6310	0.2015
Mtype	1	1	2337684.3	17.7664	<.0001
Pm	2	2	357401.6	1.3581	0.2624
Ctype*Pc	8	8	942919.2	0.8958	0.5236
Ctype*Mtype	4	4	853911.1	1.6224	0.1755
Pc*Mtype	2	2	360222.4	1.3688	0.2596
Ctype*Pm	8	8	493497.4	0.4688	0.8751
Pc*Pm	4	4	229140.1	0.4354	0.7827
Mtype*Pm	2	2	480728.7	1.8268	0.1668
Ctype*Pc*Mtype	8	8	1676871.4	1.5930	0.1380
Ctype*Pc*Pm	16	16	2089875.7	0.9927	0.4718
Ctype*Mtype*Pm	8	8	1051999.5	0.9994	0.4422
Pc*Mtype*Pm	4	4	221848.8	0.4215	0.7927
Ctype*Pc*Mtype*Pm	16	16	2427777.6	1.1532	0.3210

จากตารางพบว่า วิธีการมิวเตชั่น เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วในการหาคำตอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2) การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

ก. วิธีการมิวเตชั่น

จากการวิเคราะห์พบว่าวิธีการมิวเตชั่นวิธีที่ 3 ทำให้พบคำตอบเร็วกว่าวิธีการมิวเตชั่นวิธีที่ 2 จึงเลือกใช้วิธีการมิวเตชั่นวิธีที่ 3

จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's Multiple Range Test โดยให้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง จะได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาที่ 6 คือ

จำนวนประชากร	: ขนาด 20 ประชากร
วิธีการครอสโอเวอร์	: วิธี 1 2 3 4 5
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	: 0.5 0.7 0.9
วิธีการมิวเตชั่น	: วิธี 3
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	: 0.1 0.2 0.3

7.3.6.3 วิเคราะห์โดยดูจากค่าเฉลี่ยของค่าฟิตเนสรวมและค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

จากการพิจารณาค่าเฉลี่ยทั้งค่าฟิตเนสรวม และลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ สรุปได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาที่ 6 คือ

จำนวนประชากร	: ขนาด 20 ประชากร
วิธีการครอสโอเวอร์	: วิธี 5
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	: 0.7
วิธีการมิวเตชั่น	: วิธี 3
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	: 0.3

หลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองของปัญหาทั้ง 6 ปัญหามาแล้ว พบว่าในส่วนของการวิเคราะห์โดยพิจารณาค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ซึ่งเป็นขั้นตอนแรกของการวิเคราะห์ผลการทดลองนั้น จะเห็นได้ว่าปัจจัยความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ไม่มีผลต่อค่าตอบสนองในทุกระดับของปัจจัย และให้ผลเช่นเดียวกันนี้กับทุกปัญหาที่ได้ทำการวิเคราะห์มา ดังนั้นสำหรับการทดลองของปัญหาที่เหลือจึงจะตัดปัจจัยความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์นี้ออกจากการพิจารณา โดยกำหนดความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ไว้เพียงค่าเดียวคือ 0.5 เพื่อช่วยลดเวลาในการทดลองและเก็บข้อมูล สรุปได้ว่าปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาสำหรับปัญหาที่ 7 ปัญหาที่ 8 และ ปัญหาที่ 9 จะมีทั้งหมด 4 ปัจจัย รายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 7.17

ตารางที่ 7.17 ปัจจัยและระดับปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาสำหรับปัญหาที่ 7ถึง 9

ปัจจัย	จำนวนระดับปัจจัย (ระดับ)	ระดับปัจจัย
1. จำนวนประชากร	3	ปัญหาที่ 7-9 จำนวน 20 แผนกใช้ 10 15 20 ประชากร
2. วิธีการครอสโอเวอร์	5	1) วิธี PMX 2) วิธี CX 3) วิธี OX 4) วิธี PBX 5) วิธี OBX
3. วิธีการมิวเตชั่น	3	1) วิธี Reciprocal Exchange 2) วิธี Insertion 3) วิธี Random Sequence
4. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (Pm)	3	1) 0.1 2) 0.2 3) 0.3

หมายเหตุ *วิธีการครอสโอเวอร์และวิธีการมิวเตชั่นแต่ละวิธีจะแทนด้วยหมายเลขตามที่แสดงในตาราง*

7.3.7 ปัญหาที่ 7 ผังโรงงานจำนวน 20 แผนก กำหนด W1=0.25 W2=0.75

7.3.7.1ใช้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมJMP จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 7.18

ตารางที่ 7.18 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 7 โดยโปรแกรม JMP เมื่อใช้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง*

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	134	8.6843e-11	6.48e-13	5.8657
Error	135	1.4916e-11	1.1e-13	Prob>F
C Total	269	1.0176e-10		<.0001

Effect Test

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
Pop	2	2	1.027e-12	4.6474	0.0112
Ctype	4	4	2.3896e-12	5.4069	0.0005
Mtype	2	2	6.4438e-11	291.6096	<.0001
Pm	2	2	3.0886e-12	13.9771	<.0001
Pop*Ctype	8	8	7.2681e-13	0.8223	0.5843
Pop*Mtype	4	4	2.4779e-13	0.5607	0.6916

ตารางที่ 7.18 (ต่อ) *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 7 โดยโปรแกรม JMP เมื่อใช้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง*

Ctype*Mtype	8	8	1.6824e-12	1.9033	0.0643
Pop*Pm	4	4	1.4509e-13	0.3283	0.8586
Ctype*Pm	8	8	1.379e-12	1.5601	0.1426
Mtype*Pm	4	4	7.2448e-13	1.6393	0.1680
Pop*Ctype*Mtype	16	16	1.086e-12	0.6143	0.8681
Pop*Ctype*Pm	16	16	1.6983e-12	0.9607	0.5030
Pop*Mtype*Pm	8	8	2.7545e-12	3.1163	0.0029
Ctype*Mtype*Pm	16	16	8.3452e-13	0.4721	0.9566
Pop*Ctype*Mtype*Pm	32	32	4.6209e-12	1.3070	0.1486

จากผลการวิเคราะห์พบว่า จำนวนประชากร วิธีการครอสโอเวอร์ วิธีการมิวเตชั่น และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น มีผลต่อค่าฟิตเนสรวมที่ได้อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ α=0.05

2) การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

ก. จำนวนประชากร

จากการวิเคราะห์พบว่าจำนวนประชากร 10 จะให้ค่าฟิตเนสรวมที่ต่ำกว่าจำนวนประชากรขนาดอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ จึงตัดทิ้ง

ข. วิธีการครอสโอเวอร์

จากการวิเคราะห์พบว่าค่าฟิตเนสรวมที่ได้จากทั้ง 3 ระดับปัจจัยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่วิธีการครอสโอเวอร์วิธีที่ 3 จะให้ค่าฟิตเนสรวมสูงที่สุด

ค. วิธีการมิวเตชั่น

จากการวิเคราะห์พบว่าวิธีการมิวเตชั่นทั้ง 3 วิธี จะให้ค่าฟิตเนสรวมที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่วิธีการมิวเตชั่นวิธีที่ 3 จะให้ค่าฟิตเนสรวมสูงที่สุด

ง. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

จากการวิเคราะห์พบว่า Pm ทั้ง 3 ค่า จะให้ค่าฟิตเนสรวมที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ Pm 0.3 จะให้ค่าฟิตเนสรวมสูงที่สุด

จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's Multiple Range Test โดยให้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง จะได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาที่ 7 คือ

จำนวนประชากร : ขนาด 15 20 ประชากร
วิธีการครอสโอเวอร์ : วิธี 3
วิธีการมิวเตชั่น : วิธี 3
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น : 0.3

7.3.7.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

เนื่องจากในการวิเคราะห์ขั้นแรกได้ว่า วิธีการครอสโอเวอร์ควรใช้วิธีที่ 3 วิธีการมิวเตชั่นควรใช้วิธีที่ 3 และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นควรใช้ค่า 0.3 ดังนั้นในการวิเคราะห์ขั้นที่สองนี้จึงตัดปัจจัยวิธีการครอสโอเวอร์ วิธีการมิวเตชั่น ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นออกจากการวิเคราะห์ และใช้ค่าตอบสนองที่ได้จากวิธีการครอสโอเวอร์วิธีที่ 3 วิธีการมิวเตชั่นวิธีที่ 3 และค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น 0.3 ที่ระดับต่างๆของปัจจัยที่เหลือ ดังนี้

จำนวนประชากร มี 2 ระดับคือ 15 20

ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 7.19

ตารางที่ 7.19 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 7 โดยโปรแกรม JMP เมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง*

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	469225.00	469225	5.0587
Error	2	185513.00	92757	Prob>F
C Total	3	654738.00		0.1534

Effect Test

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
Pop	1	1	469225.00	5.0587	0.1534

จากตารางพบว่าปัจจัยจำนวนประชากรไม่มีผลต่อค่าตอบสนอง

2) การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

เนื่องจากไม่มีปัจจัยใดที่มีผล จึงไม่ต้องทำการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

7.3.7.3 วิเคราะห์โดยดูจากค่าเฉลี่ยของค่าฟิตเนสรวมและค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

จากการพิจารณาค่าเฉลี่ยทั้งค่าฟิตเนสรวม และลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ สรุปได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาที่ 7 คือ

จำนวนประชากร	: ขนาด 20 ประชากร
วิธีการครอสโอเวอร์	: วิธี 3
วิธีการมิวเตชั่น	: วิธี 3
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	: 0.3

7.3.8 ปัญหาที่ 8 ผังโรงงานจำนวน 20 แผนก กำหนด W1=0.50 W2=0.50

7.3.8.1ใช้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมJMP จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 7.20

ตารางที่ 7.20 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 8 โดยโปรแกรม JMP เมื่อใช้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	134	9.3108e-11	6.95e-13	5.0908
Error	135	1.8426e-11	1.36e-13	Prob>F
C Total	269	1.1153e-10		<.0001

Effect Test

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
Pop	2	2	5.4946e-13	2.0129	0.1376
Ctype	4	4	1.0321e-12	1.8904	0.1157
Mtype	2	2	7.8385e-11	287.1481	<.0001
Pm	2	2	7.714e-13	2.8259	0.0628
Pop*Ctype	8	8	8.9658e-13	0.8211	0.5853
Pop*Mtype	4	4	3.881e-13	0.7109	0.5859
Ctype*Mtype	8	8	1.0564e-12	0.9674	0.4642
Pop*Pm	4	4	3.1112e-13	0.5699	0.6849
Ctype*Pm	8	8	6.5545e-13	0.6003	0.7763
Mtype*Pm	4	4	1.5282e-13	0.2799	0.8906
Pop*Ctype*Mtype	16	16	1.2903e-12	0.5908	0.8865
Pop*Ctype*Pm	16	16	2.272e-12	1.0404	0.4190
Pop*Mtype*Pm	8	8	6.836e-13	0.6261	0.7548
Ctype*Mtype*Pm	16	16	1.5914e-12	0.7287	0.7608
Pop*Ctype*Mtype*Pm	32	32	3.0724e-12	0.7035	0.8764

จากผลการวิเคราะห์พบว่า วิธีการมิวเตชั่น มีผลต่อค่าฟิตเนสรวมที่ได้อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ α=0.05

2) การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

ก. วิธีการมิวเตชั่น

จากการวิเคราะห์พบว่าวิธีการมิวเตชั่นทั้ง 3 วิธี จะให้ค่าฟิตเนสรวมที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่วิธีการมิวเตชั่นวิธีที่ 3 จะให้ค่าฟิตเนสรวมสูงที่สุด

จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's Multiple Range Test โดยให้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง จะได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาที่ 8 คือ

จำนวนประชากร	: ทุกค่าไม่ต่างกัน
วิธีการครอสโอเวอร์	: ทุกวิธีไม่ต่างกัน
วิธีการมิวเตชั่น	: วิธี 3
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	: ทุกค่าไม่ต่างกัน

7.3.8.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

เนื่องจากในการวิเคราะห์ขั้นแรกได้ว่า วิธีการมิวเตชั่นควรใช้วิธีที่ 3 ดังนั้นในการวิเคราะห์ขั้นที่สองนี้จึงตัดปัจจัยวิธีการมิวเตชั่นออกจากการวิเคราะห์ และใช้ค่าตอบสนองที่ได้จากวิธีการมิวเตชั่นวิธีที่ 3 ที่ระดับต่างๆของปัจจัยที่เหลือ ดังนี้

จำนวนประชากร	มี 3 ระดับคือ 10 15 20
วิธีการครอสโอเวอร์	มี 5 ระดับคือ 1 2 3 4 5
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	มี 3 ระดับคือ 0.1 0.2 0.3

ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 7.21

ตารางที่ 7.21 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 8 โดยโปรแกรม JMP เมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	44	189333245	4303028	1.2301
Error	45	157409434	3497987	Prob>F
C Total	89	346742679		0.2458

Effect Test

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
Pop	2	2	1849380	0.2643	0.7689
Ctype	4	4	6788749	0.4852	0.7465
Pm	2	2	80934920	11.5688	<.0001
Pop*Ctype	8	8	25261578	0.9027	0.5226
Pop*Pm	4	4	5662475	0.4047	0.8043
Ctype*Pm	8	8	22857822	0.8168	0.5918
Pop*Ctype*Pm	16	16	45978321	0.8215	0.6555

จากตารางพบว่า ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วในการหาคำตอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2) การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

ก. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

จากการวิเคราะห์พบว่า *Pm* 0.1 ทำให้พบคำตอบได้ช้ากว่า *Pm* ค่าอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ จึงตัดทิ้ง

จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's Multiple Range Test โดยให้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง จะได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาที่ 8 คือ

จำนวนประชากร	: ทุกค่าไม่ต่างกัน
วิธีการครอสโอเวอร์	: ทุกวิธีไม่ต่างกัน
วิธีการมิวเตชั่น	: วิธี 3
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	: 0.2 0.3

7.3.8.3 วิเคราะห์โดยดูจากค่าเฉลี่ยของค่าฟิตเนสรวมและค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

จากการพิจารณาค่าเฉลี่ยทั้งค่าฟิตเนสรวม และลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ สรุปได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาที่ 8 คือ

จำนวนประชากร : ขนาด 15 ประชากร
วิธีการครอสโอเวอร์ : วิธี 5
วิธีการมิวเตชั่น : วิธี 3
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น : 0.3

7.3.9 ปัญหาที่ 9 ผังโรงงานจำนวน 20 แผนก กำหนด W1=0.75 W2=0.25

7.3.9.1ใช้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมJMP จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 7.22

ตารางที่ 7.22 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 9 โดยโปรแกรม JMP เมื่อใช้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง*

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	134	1.2248e-10	9.14e-13	4.6592
Error	135	2.6483e-11	1.96e-13	Prob>F
C Total	269	1.4896e-10		<.0001

Effect Test

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
Pop	2	2	3.9209e-12	9.9936	<.0001
Ctype	4	4	7.5569e-13	0.9631	0.4300
Mtype	2	2	9.2151e-11	234.8744	<.0001
Pm	2	2	2.8532e-12	7.2723	0.0010
Pop*Ctype	8	8	5.2527e-13	0.3347	0.9512
Pop*Mtype	4	4	4.7089e-13	0.6001	0.6632
Ctype*Mtype	8	8	2.5322e-12	1.6135	0.1265
Pop*Pm	4	4	1.5339e-12	1.9548	0.1050
Ctype*Pm	8	8	1.4972e-12	0.9540	0.4748
Mtype*Pm	4	4	4.819e-13	0.6141	0.6532
Pop*Ctype*Mtype	16	16	2.5528e-12	0.8133	0.6687
Pop*Ctype*Pm	16	16	3.7421e-12	1.1922	0.2820
Pop*Mtype*Pm	8	8	6.6486e-13	0.4236	0.9052
Ctype*Mtype*Pm	16	16	1.8667e-12	0.5947	0.8836
Pop*Ctype*Mtype*Pm	32	32	6.9284e-12	1.1037	0.3393

จากผลการวิเคราะห์พบว่า จำนวนประชากร วิธีการมิวเตชั่น และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น มีผลต่อค่าฟิตเนสรวมที่ได้อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ α=0.05

2) การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

ก. จำนวนประชากร

จากการวิเคราะห์พบว่าค่าฟิตเนสรวมที่ได้จากทั้ง 3 ระดับปัจจัยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่จำนวนประชากรขนาด 20 ประชากร จะให้ค่าฟิตเนสรวมสูงที่สุด

ข. วิธีการมิวเตชั่น

จากการวิเคราะห์พบว่าวิธีการมิวเตชั่นทั้ง 3 วิธี จะให้ค่าฟิตเนสรวมที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่วิธีการมิวเตชั่นวิธีที่ 3 จะให้ค่าฟิตเนสรวมสูงที่สุด

ค. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

จากการวิเคราะห์พบว่า *Pm* 0.1 จะให้ค่าฟิตเนสรวมที่ต่ำกว่า *Pm* ค่าอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ จึงตัดทิ้ง

จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's Multiple Range Test โดยให้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง จะได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาที่ 9 คือ

จำนวนประชากร	: ขนาด 20 ประชากร
วิธีการครอสโอเวอร์	: ทุกวิธีไม่ต่างกัน
วิธีการมิวเตชั่น	: วิธี 3
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	: 0.2 0.3

7.3.9.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

เนื่องจากในการวิเคราะห์ขั้นแรกได้ว่า จำนวนประชากรควรใช้ขนาด 20 และวิธีการมิวเตชั่นควรใช้วิธีที่ 3 ดังนั้นในการวิเคราะห์ขั้นที่สองนี้จึงตัดปัจจัยจำนวนประชากร วิธีการมิวเตชั่น ออกจากการวิเคราะห์ และใช้ค่าตอบสนองที่ได้จากจำนวนประชากรขนาด 20 และวิธีการมิวเตชั่นวิธีที่ 3 ที่ระดับต่างๆของปัจจัยที่เหลือ ดังนี้

วิธีการครอสโอเวอร์ มี 5 ระดับคือ 1 2 3 4 5
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น มี 2 ระดับคือ 0.2 0.3
ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 7.23

ตารางที่ 7.23 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 9 โดยโปรแกรม JMP เมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง*

Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	
Model	9	12258461	1362051	0.5212	
Error	10	26131066	2613107	Prob>F	
C Total	19	38389527		0.8294	
Effect Test					
Source		Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
Ctype		4	4	2723513.2	0.2606	0.8966
Pm		1	1	1772505.8	0.6783	0.4294
Ctype*Pm		4	4	7762442.2	0.7426	0.5843

จากตารางพบว่าไม่มีปัจจัยใดที่มีผลต่อค่าตอบสนอง

2) การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

เนื่องจากไม่มีปัจจัยใดที่มีผล จึงไม่ต้องทำการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

7.3.9.3 วิเคราะห์โดยดูจากค่าเฉลี่ยของค่าฟิตเนสรวมและค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

จากการพิจารณาค่าเฉลี่ยทั้งค่าฟิตเนสรวม และลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ สรุปได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาที่ 9 คือ

จำนวนประชากร : ขนาด 20 ประชากร
วิธีการครอสโอเวอร์ : วิธี 1
วิธีการมิวเตชั่น : วิธี 3
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น : 0.3

7.4 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองและทำการวิเคราะห์ผลการทดลองทั้ง 9 การทดลอง ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และ Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95 แสดงผลได้ดังตารางที่ 7.24

ตารางที่ 7.24 ผลการทดสอบพารามิเตอร์ของ GAs

จำนวนแผนก	W1	W2	พารามิเตอร์	ค่าที่เหมาะสม		
				ใช้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง	ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง	พิจารณาค่าเฉลี่ย
6	0.25	0.75	Population Size:	10, 15	15	15
			Crossover Type:	วิธี 3, 4, 5	วิธี 3, 4, 5	วิธี 5
			Pc:	ไม่มีผล	ไม่มีผล	0.5 หรือ 0.9
			Mutation Type:	วิธี 3	วิธี 3	วิธี 3
			Pm:	0.2, 0.3	0.3	0.3
6	0.50	0.50	Population Size:	15	15	15
			Crossover Type:	ไม่มีผล	ไม่มีผล	วิธี 2
			Pc:	ไม่มีผล	ไม่มีผล	0.9
			Mutation Type:	ไม่มีผล	ไม่มีผล	วิธี 2
			Pm:	0.3	0.3	0.3
6	0.75	0.25	Population Size:	15	15	15
			Crossover Type:	วิธี 3	วิธี 3	วิธี 3
			Pc:	ไม่มีผล	ไม่มีผล	0.7
			Mutation Type:	วิธี 1, 3	วิธี 1, 3	วิธี 3
			Pm:	ไม่มีผล	ไม่มีผล	0.3
10	0.25	0.75	Population Size:	20	20	20
			Crossover Type:	ไม่มีผล	ไม่มีผล	วิธี 5
			Pc:	ไม่มีผล	ไม่มีผล	0.5
			Mutation Type:	วิธี 3	วิธี 3	วิธี 3
			Pm:	ไม่มีผล	ไม่มีผล	0.1
10	0.50	0.50	Population Size:	20	20	20
			Crossover Type:	ไม่มีผล	ไม่มีผล	วิธี 4
			Pc:	ไม่มีผล	0.7, 0.9	0.7
			Mutation Type:	วิธี 2, 3	วิธี 3	วิธี 3
			Pm:	0.2, 0.3	0.2, 0.3	0.2
10	0.75	0.25	Population Size:	20	20	20
			Crossover Type:	ไม่มีผล	ไม่มีผล	5
			Pc:	ไม่มีผล	ไม่มีผล	0.7
			Mutation Type:	วิธี 2, 3	วิธี 3	วิธี 3
			Pm:	ไม่มีผล	ไม่มีผล	0.3

ตารางที่ 7.24 (ต่อ) ผลการทดสอบพารามิเตอร์ของ GAs

จำนวนแผนก	W1	W2	พารามิเตอร์	ค่าที่เหมาะสม		
				ใช้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง	ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง	พิจารณาค่าเฉลี่ย
20	0.25	0.75	Population Size:	15, 20	15, 20	20
			Crossover Type:	วิธี 3	วิธี 3	วิธี 3
			Mutation Type:	วิธี 3	วิธี 3	วิธี 3
			Pm:	0.3	0.3	0.3
20	0.50	0.50	Population Size:	ไม่มีผล	ไม่มีผล	15
			Crossover Type:	ไม่มีผล	ไม่มีผล	วิธี 5
			Mutation Type:	วิธี 3	วิธี 3	วิธี 3
			Pm:	ไม่มีผล	0.2, 0.3	0.3
20	0.75	0.25	Population Size:	20	20	20
			Crossover Type:	ไม่มีผล	ไม่มีผล	วิธี 1
			Mutation Type:	วิธี 3	วิธี 3	วิธี 3
			Pm:	0.2, 0.3	0.2, 0.3	0.3

หมายเหตุ

- ค่าที่เหมาะสมที่นำไปใช้เป็นแนวทางในการใช้งานจริงคือค่าเหมาะสมที่ได้ภายหลังการวิเคราะห์โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นค่าตอบสนอง ส่วนการพิจารณาค่าที่เหมาะสมจากค่าเฉลี่ยก็เพื่อนำไปใช้ในบทต่อไปเท่านั้น
- Crossover Type : วิธี 1 คือ PMX วิธี 2 คือ CX วิธี 3 คือ OX
  วิธี 4 คือ PBX วิธี 5 คือ OBX
- Mutation Type : วิธี 1 คือ Reciprocal Exchange วิธี 2 คือ Insertion
  วิธี 3 คือ Random Sequence

จากตารางที่ 7.24 ผลการทดสอบพารามิเตอร์ของ GAs พบว่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของ GAs นั้นแตกต่างกันไปตามแต่ละรูปแบบของปัญหาโดย

ปัญหาผังโรงงานจำนวน 6 แผนก พารามิเตอร์ที่มีผลและระดับที่เหมาะสมคือ จำนวนประชากรขนาด 15 ประชากร วิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX PBX และ OBX วิธีการมิวเตชั่นแบบ Reciprocal Exchange และ Random Sequence ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น 0.3

ปัญหาผังโรงงานจำนวน 10 แผนก พารามิเตอร์ที่มีผลและระดับที่เหมาะสมคือ จำนวนประชากรขนาด 20 ประชากร ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ 0.7 หรือ 0.9 วิธีการมิวเตชั่นแบบ Random Sequence ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น 0.2 หรือ 0.3

ปัญหาผังโรงงานจำนวน 20 แผนก พารามิเตอร์ที่มีผลและระดับที่เหมาะสมคือ จำนวนประชากรขนาด 15 และ 20 ประชากร วิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX วิธีการมิวเตชั่นแบบ Random Sequence ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น 0.2 หรือ 0.3

และจะเห็นได้ว่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์จะไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของ GAs ในด้านความสามารถในการหาคำตอบที่ดีที่สุดกับทุกปัญหา ส่วนด้านความสามารถในการลู่เข้าหาคำตอบนั้นพบว่ามีผลกับเพียงปัญหาเดียวเท่านั้นและมีระดับที่เหมาะสม 2 ระดับ

7.5 สรุปท้ายบท

การทดสอบพารามิเตอร์ของวิธีการเจนเนติกอัลกอริทึม ทำขึ้นเพื่อตรวจสอบดูว่าพารามิเตอร์ตัวใดที่มีผลต่อความสามารถในการหาคำตอบ และเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นแนวทางในการนำวิธีเจนเนติกอัลกอริทึมไปใช้แก้ปัญหาจริง รูปแบบปัญหาที่ทำการทดลองมีทั้งหมด 9 ปัญหา โดยใช้การทดลองแบบ Full Factorial Design ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และ Duncan's Multiple Range Test โดยใช้ค่าฟิตเนสรวมเป็นค่าตอบสนอง แล้วถ้าพบว่าไม่สามารถหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ จะทำการทดสอบอีกครั้งโดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนองแทน ปัจจัยที่พิจารณามีทั้งหมด 5 ปัจจัย คือ จำนวนประชากร วิธีการครอสโอเวอร์ ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ วิธีการมิวเตชั่น และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น จึงมี Treatment Combination ในแต่ละการทดลองเท่ากับ 405 และจำนวนทำซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2 ดังนั้นจะมีจำนวนข้อมูลทั้งหมดในแต่ละการทดลอง 810 ข้อมูล

ผลการทดสอบและวิเคราะห์ด้วย ANOVA และ Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95 จะได้ว่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อค่าตอบสนองนั้นแตกต่างกันไปตามแต่ละรูปแบบปัญหา ในการทดสอบจะได้ค่าพารามิเตอร์หลายตัวที่ให้คำตอบที่ดีพอๆกันและเป็นคำตอบที่ดีที่สุด แสดงให้เห็นว่าช่วงของค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นช่วงที่ยอมรับได้และสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการกำหนดพารามิเตอร์ในการใช้งานจริงได้