บทที่ 6
การทดสอบพารามิเตอร์ของ GAs

วิธีการของ GAs ที่ได้เสนอไป มีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องหลายตัว การกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะช่วยให้ประสิทธิภาพของ GAs ดีขึ้น ดังนั้นจึงได้ออกแบบการทดลอง (ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, 2537) และทำการทดลองตามวิธีของ Experimental Design (Montgomery,D.C., 1997) เพื่อหาพารามิเตอร์ดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของ GAs ในด้านความสามารถในการหาคำตอบที่ดีที่สุด วิธีการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนตามลำดับ คือ

1. การหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยดูจากความสามารถในการหาคำตอบที่ดีที่สุด
2. การหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยดูจากความเร็วในการลู่เข้าหาคำตอบ
3. การหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยดูจากค่าเฉลี่ยของ wv และค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

6.1 การทดลองหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

6.1.1 การระบุปัญหา

วิธีการของ GAs ที่พัฒนาขึ้นมา ต้องมีการกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องหลายตัว เช่น จำนวนประชากร ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ เป็นต้น นอกจากนี้ในขั้นตอนของการครอสโอเวอร์ ได้มีการเสนอวิธีการครอสโอเวอร์ไว้หลายแบบ ดังนั้นเพื่อให้วิธีการ GAs มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น จึงต้องมีการทดสอบดูว่าพารามิเตอร์ตัวใด หรือวิธีครอสโอเวอร์แบบใดที่จะมีผลต่อคำตอบที่ดีที่สุด

ในการทดลอง จะนำเอาวิธีการของ GAs ที่ได้มาใช้กับปัญหาตัวอย่างจำนวน 4 ปัญหาซึ่งเป็นปัญหาที่มีขนาดต่างๆกันทั้งปัญหาขนาดเล็กและปัญหาที่มีขนาดใหญ่ขึ้น การกำหนดว่าปัญหาใดเป็นปัญหาขนาดใหญ่และปัญหาใดเป็นปัญหาขนาดเล็กนั้นไม่มีกฎเกณฑ์ระบุแน่ชัด เนื่องจากขนาดของปัญหาไม่เพียงแต่ขึ้นอยู่กับจำนวนขั้นงานของปัญหาเท่านั้น หากแต่ยังขึ้นอยู่กับจำนวนความสัมพันธ์ก่อนหลังระหว่างขั้นงานต่างๆด้วย แต่อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปแล้วมักจะถือว่าปัญหาขนาดเล็กจะมีขนาดไม่เกิน 15 งาน และปัญหาที่มีขนาดมากกว่า 30 งานจะถือว่าเป็นปัญหาขนาดใหญ่

รายละเอียดและข้อกำหนดเบื้องต้นของปัญหาตัวอย่างที่ใช้แสดงไว้ในตารางที่ 6.1 และภาคผนวก ข

ตารางที่ 6.1 รายละเอียดและข้อกำหนดเบื้องต้นของปัญหาตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

ปัญหาที่	จำนวนงาน	เวลาทำงาน	ความสัมพันธ์ก่อน-หลัง	รอบเวลาการผลิต	จำนวนสถานีสูงสุดที่ยอมรับได้
1[1]	11	กำหนด	กำหนด	10 นาที	7
2[2]	31	กำหนด	กำหนด	100 วินาที	12
3[2]	54	กำหนด	กำหนด	100 วินาที	15
4	สุ่มโดยคอมพิวเตอร์ ไม่เกิน 100 งาน	สุ่มโดย คอมพิวเตอร์	สุ่มโดย คอมพิวเตอร์	สุ่มโดย คอมพิวเตอร์	สุ่มโดย คอมพิวเตอร์

หมายเหตุ กำหนด หมายถึงเวลาทำงาน หรือความสัมพันธ์ก่อนหลังที่ของงานจะถูกกำหนดมาให้พร้อมกับปัญหานั้นๆอยู่แล้ว

6.1.2 การเลือกตัวแปรตอบสนอง

เนื่องจากเป็นการทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยดูจากความสามารถในการหาคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นตัวแปรตอบสนองที่ใช้ ควรเป็นค่าวัดฤประสงค์เป้าหมาย (Objective Value) ของปัญหาการจัดสมดุลสายงานการประกอบ ในที่นี้เป็นการจัดโดยมีวัดฤประสงค์เพื่อหาค่า Workload Variance ที่ต่ำที่สุด เหตุที่กำหนดให้ใช้ค่า Workload Variance เป็นค่าวัดฤประสงค์ที่ต้องการทำให้ต่ำสุดแทนการหาจำนวนสถานีทำงานที่น้อยที่สุดก็เนื่องมาจากว่า ตามหลักการของการจัดสมดุลของสายงานการประกอบที่มีวัดฤประสงค์เพื่อให้จำนวนสถานีทำงานต่ำที่สุดนั้น จะพยายามจัดงานให้กับสถานีทำงานลำดับต้นๆให้เต็มประสิทธิภาพก่อน เมื่อเต็มแล้วจึงนำไปจัดให้กับสถานีทำงานต่อไป หลักการเช่นนี้ทำให้ผลการจัดที่ได้ในแต่ละเจนเนอเรชั่นมีจำนวนสถานีงานที่ใกล้เคียงกันมาก และเป็นจำนวนสถานีทำงานที่ต่ำที่สุดอยู่แล้ว เพราะฉะนั้นจึงไม่จำเป็นต้องพิจารณาให้จำนวนสถานีทำงานเป็น Objective Function ของอัลกอริทึมที่ใช้ ดังนั้นในการทดลองนี้จึงใช้ค่า Workload Variance เป็นค่าตอบสนอง

แต่อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่ใช้ค่า Workload Variance แล้วยังไม่สามารถวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ ก็จะเปลี่ยนตัวแปรตอบสนองเป็นลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ แล้วทำวิเคราะห์เช่นเดียวกับที่ใช้ค่า Workload Variance เป็นค่าตอบสนองอีกครั้ง ทั้งนี้เนื่องจากว่าประสิทธิภาพของ GAs ไม่ได้ขึ้นอยู่กับความ

---

[1] พิภพ เล้าประจง (2541), ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

[2] ทวี รัตนวิไลวรรณ (1982) AIT Thesis No. IE-82-6

สามารถในการหาคำตอบเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ขึ้นอยู่กับความสามารถในการลู่เข้าหาคำตอบด้วย ในที่นี้จะพิจารณาความสามารถในการลู่เข้าหาคำตอบจากลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบที่ดีที่สุดซึ่งถูกใช้เป็นค่าตอบสนองในลำดับที่สองนั่นเอง

6.1.3 การเลือกปัจจัยและระดับของปัจจัย

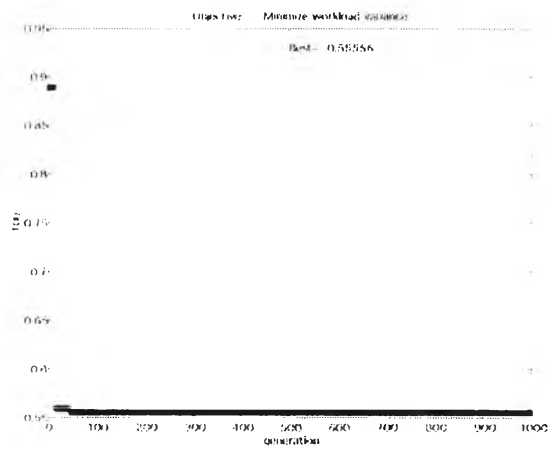
ตามวิธีการของ GAs ต้องมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์และวิธีการหลายๆอย่าง คือ

1) **จำนวนประชากร (Population Size)** จำนวนประชากรคือจำนวนคำตอบทั้งหมดที่มีอยู่ในแต่ละเจนเนอเรชั่น เช่นถ้ากำหนดให้จำนวนประชากรเป็น 10 หมายความว่าในแต่ละเจนเนอเรชั่นจะมีคำตอบที่เป็นไปได้สำหรับปัญหาทั้งหมด 10 คำตอบ ซึ่งอาจจะเป็นคำตอบที่แตกต่างกันหรือคำตอบที่เหมือนกันก็ได้ การกำหนดประชากรน้อยเกินไปจะทำให้คำตอบติดอยู่ใน Local Optimum ได้ง่าย ในขณะเดียวกันการกำหนดประชากรมากเกินไปก็จะทำให้ต้องใช้เวลาในการหาคำตอบนาน ดังนั้นจึงต้องมีการทดสอบว่าจำนวนประชากรที่ใช้ควรเป็นเท่าใด ในการทดลองจะกำหนดระดับจำนวนประชากรสำหรับปัญหาตัวอย่าง 4 ปัญหาแตกต่างกันตามขนาดของปัญหา กล่าวคือ

   ก. ปัญหาตัวอย่างขนาด 11 งาน จะกำหนดจำนวนประชากรทั้งหมด 3 ระดับ คือ 10 20 และ 30
   ข. ปัญหาตัวอย่างขนาด 31 งานจะกำหนดจำนวนประชากรทั้งหมด 3 ระดับ คือ 20 30 และ 40
   ค. ปัญหาตัวอย่างขนาด 39 งานจะกำหนดจำนวนประชากรทั้งหมด 3 ระดับ คือ 20 30 และ 40
   ง. ปัญหาตัวอย่างขนาด 54 งานจะกำหนดจำนวนประชากรทั้งหมด 3 ระดับ คือ 20 40 และ 60

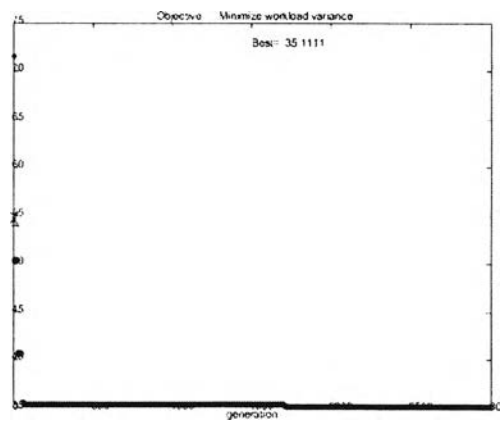
2) **จำนวนเจนเนอเรชั่น** จำนวนเจนเนอเรชั่นคือจำนวนรอบทั้งหมดในการคำนวณหาค่าตอบสนอง 1 ค่า โดยที่ 1 เจนเนอเรชั่นคือการคำนวณตามอัลกอริทึมตั้งแต่เริ่มต้นจนจบ (ก่อนจะเริ่มวนขึ้นรอบใหม่) ครบ 1 รอบ (หรือ 1 เจนเนอเรชั่นก็คือการวนรอบคำนวณซ้ำ 1 รอบนั่นเอง) การกำหนดเจนเนอเรชั่นที่น้อยเกินไปอาจทำให้ยังไม่ได้คำตอบที่ดีที่สุด ในขณะที่การกำหนดจำนวนเจนเนอเรชั่นมากเกินไปจะทำให้เสียเวลาในการคำนวณมากโดยไม่จำเป็น

ในการทดลองนี้ จะกำหนดให้จำนวนเจนเนอเรชั่นที่ใช้ในแต่ละปัญหาแตกต่างกัน โดยจำนวนเจนเนอเรชั่นที่กำหนดให้กับแต่ละปัญหา ได้มาจากการทดลองทำ Pilot Run โดยใช้จำนวนเจนเนอเรชั่น 1,000 3,000 3,000 และ 5,000 สำหรับปัญหาขนาด11งาน 31งาน 39งาน และ 54งาน ตามลำดับเพื่อที่จะดูว่าค่า Workload Variance ที่ได้จะต่ำที่สุดและคงที่ที่เจนเนอเรชั่นเท่าใด โดยพารามิเตอร์ที่ใช้ได้มาจากการสุ่ม ผลของการทำ Pilot Run แสดงได้ดังรูปที่ 6.1-6.4



รูปที่ 6.1 *ผลที่ได้จากการทำ Pilot Run สำหรับปัญหาขนาด 11 งาน*

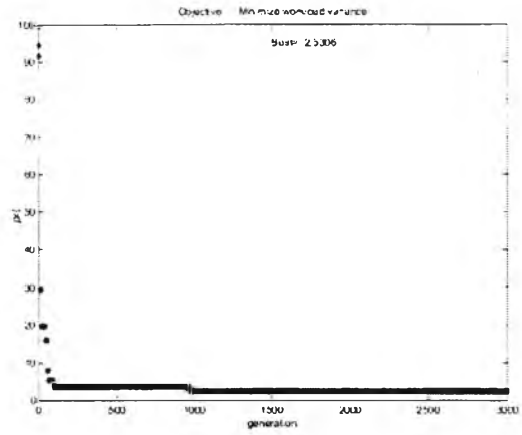
จากรูปจะได้ว่า ได้ค่าต่ำสุดที่เจนเนอเรชั่นที่ 42 แต่อย่างไรก็ตามให้เผื่อจำนวนเจนเนอเรชั่นเป็น 300 เจนเนอเรชั่น



รูปที่ 6.2 *ผลที่ได้จากการทำ Pilot Run สำหรับปัญหาขนาด 31 งาน*

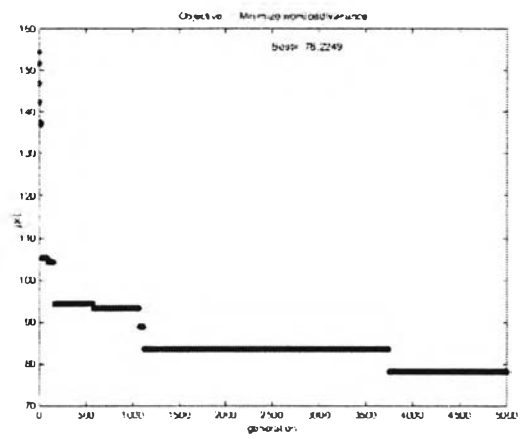
จากรูปจะได้ว่า ได้ค่าคงที่ 2 ช่วงคือ ค่า 35.11 ซึ่งเกิดขึ้นที่เจนเนอเรชั่นที่ 1618 และเป็นค่าที่ต่ำที่สุด กับอีกค่าคือ 35.33 ซึ่งเกิดขึ้นที่เจนเนอเรชั่นที่ 68 เนื่อง

จากข้อจำกัดด้านเวลาและเนื่องจากค่าทั้งสองนี้ต่างกันไม่มากนัก ดังนั้นจึงใช้จำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดสำหรับปัญหาขนาด 31 งานเป็น 500 เจนเนอเรชั่น



รูปที่ 6.3 ผลที่ได้จากการทำ Pilot Run สำหรับปัญหาขนาด 39 งาน

จากรูปจะได้ว่า ได้ค่าคงที่ 2 ช่วงคือ ค่า 2.5306 ซึ่งเกิดขึ้นที่เจนเนอเรชั่นที่ 923 และเป็นค่าที่ต่ำที่สุด กับอีกค่าคือ 3.38776 ซึ่งเกิดขึ้นที่เจนเนอเรชั่นที่ 95 เนื่องจากข้อจำกัดด้านเวลาและเนื่องจากค่าทั้งสองนี้ต่างกันไม่มากนัก ดังนั้นจึงใช้จำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดสำหรับปัญหาขนาด 39 งานเป็น 500 เจนเนอเรชั่น



รูปที่ 6.4 ผลที่ได้จากการทำ Pilot Run สำหรับปัญหาขนาด 54 งาน

สำหรับปัญหาขนาด 54 งานได้ผลจากการทำ Pilot Run ดังรูปที่ 6.4 ซึ่งจากรูปจะได้ว่า ได้ค่าคงที่ 2 ช่วงคือ ค่า 78.645 ซึ่งเกิดขึ้นที่เจนเนอเรชั่นที่ 3711 และเป็นค่าที่ต่ำที่สุด กับอีกค่าคือ 84.412 ซึ่งเกิดขึ้นที่เจนเนอเรชั่นที่ 1025 เนื่องจากข้อจำกัดด้านเวลาและเนื่องจากค่าทั้งสองนี้ต่างกันไม่มากนัก ดังนั้นจึงใช้จำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดสำหรับปัญหาขนาด 54 งานเป็น 1000 เจนเนอเรชั่น

เนื่องจากกำหนดให้ทำการทดลองแต่ละปัญหาโดยกำหนดจำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดเอาไว้ที่ค่าๆเดียว ดังนั้นจึงไม่ต้องพิจารณาจำนวนเจนเนอเรชั่นเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทดลอง

3) **วิธีการคัดเลือกสตริง (Selection Method)** ในอัลกอริทึมที่ได้พัฒนาขึ้น เสนอวิธีการคัดเลือกสตริงไว้เพียงวิธีการเดียว คือ วิธี Tournament Selection ดังนั้นจึงไม่ต้องนำวิธีการคัดเลือกสตริงมากำหนดเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทดลอง

4) **วิธีการครอสโอเวอร์ (Crossover Method)** ในอัลกอริทึมที่ได้พัฒนาขึ้นมา เสนอวิธีการครอสโอเวอร์เอาไว้ทั้งหมด 6 วิธีซึ่งวิธีการครอสโอเวอร์นี้ก็น่าที่จะเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการหาคำตอบ ดังนั้นจึงกำหนดให้วิธีการครอสโอเวอร์เป็นปัจจัยที่ใช้ในการทดลองอีกปัจจัยหนึ่ง โดยมีระดับปัจจัยทั้งหมด 6 ระดับตามวิธีแต่ละวิธี กล่าวคือ

- ระดับที่ 1 วิธี MOX
- ระดับที่ 2 วิธี *PM*X with Repair Method
- ระดับที่ 3 วิธี OX with Repair Method
- ระดับที่ 4 วิธี CX with Repair Method
- ระดับที่ 5 วิธี Position-Based with Repair Method
- ระดับที่ 6 วิธี Order-Based with Repair Method

5) **วิธีการมิวเตชั่น (Mutation Method)** ในอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นได้เสนอวิธีการมิวเตชั่นไว้เพียงวิธีการเดียว ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้สำหรับปัญหาการจัดสมดุลของสายงานการประกอบเท่านั้น ดังนั้นจึงไม่นำวิธีมิวเตชั่นมาเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทดลอง

6) **ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (Crossover Probability: *Pc*)** ค่านี้สามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 0 –1.00 แต่การกำหนดให้ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ให้มีค่ามาก จะทำให้ประสิทธิภาพของ GAs ดีขึ้น (De Jong's,1975)

ในการทดลองกำหนดให้ใช้ระดับปัจจัยของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ 4 ระดับคือ 0.7 0.8 0.9 และ 1.0

7) **ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (Mutation Probability: Pm)** ค่านี้สามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 0 –1.00 เช่นเดียวกับความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ แต่การกำหนดให้ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นต่ำ จะทำให้ประสิทธิภาพของ GAs ดีขึ้น (De Jong's,1975) แต่อย่างไรก็ตาม ในกรณีของการนำเอา GAs มาใช้กับปัญหา ALB ไม่ควรใช้ค่า Mutation ที่ต่ำจนเกินไป เนื่องจาก Mutation เป็น Operator ที่สำคัญในการหาคำตอบของปัญหา ALB โดยที่ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นควรอยู่ระหว่าง 0.1-0.4

ดังนั้นในการทดลองกำหนดให้ใช้ระดับปัจจัยของความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น 4 ระดับคือ 0.1 0.2 0.3 และ 0.4

6.1.4 การพิจารณาผลกระทบร่วมกันของระดับปัจจัย

เนื่องจากปัจจัยที่พิจารณาในการทดลองมีมากกว่า 1 ปัจจัย ดังนั้นอาจเกิดผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย (Interaction) ขึ้นได้

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

ยกตัวอย่างเช่น ถ้าในการทดลองพบว่าจำนวนประชากรที่ทำให้ได้ค่า Response ดีที่สุดคือ 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*Pm

3) 3rd Level Interaction เป็นผลกระทบร่วมขั้นสูงสุดสำหรับการทดลองนี้ โดยหมายถึงผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย

ถึงแม้ว่า ในการทดลองนี้สามารถเกิดผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยได้ถึงระดับที่ 3 แต่เนื่องจากผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยในระดับสูงๆไม่ค่อยนิยมนำมาพิจารณา (Montgomery,DC.,1997) ดังนั้นในการทดลองนี้จึงพิจารณาเฉพาะผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยในระดับที่หนึ่งเท่านั้น ซึ่งได้แก่

- ผลกระทบร่วมระหว่าง จำนวนประชากร กับ วิธีครอสโอเวอร์
- ผลกระทบร่วมระหว่าง จำนวนประชากร กับ ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์
- ผลกระทบร่วมระหว่าง จำนวนประชากร กับ ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น
- ผลกระทบร่วมระหว่าง วิธีครอสโอเวอร์ กับ ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์
- ผลกระทบร่วมระหว่าง วิธีครอสโอเวอร์ กับ ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น
- ผลกระทบร่วมระหว่าง ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ กับ ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

6.2 การออกแบบการทดลอง

6.2.1 การกำหนดจำนวนข้อมูลที่ต้องการจากการทดลองแต่ละระดับปัจจัย

การทดลองในแต่ละระดับปัจจัย(แต่ละ Treatment Combination) ต้องการข้อมูลซึ่งได้แก่ค่าวัตถุประสงค์ของคำตอบ หรือค่า Workload Variance จำนวน 2 ค่า นอกจากนี้ ยังต้องการเก็บลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบอีก 2 ข้อมูล โดยจะเก็บไปพร้อมๆกับการเก็บค่า Workload Variance

6.2.2 การกำหนดรูปแบบการทดลอง

การทดลองที่ใช้เป็นการทดลองแบบ Full Factorial Design ซึ่งมีปัจจัยในการพิจารณาทั้งหมด 4 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมีระดับปัจจัยไม่เท่ากัน โดยมีตัวแปรตอบสนองในทุก Treatment Combination ของการทดลองขั้นที่ 1 เป็นค่า Workload Variance และมีลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนองของการทดลองในขั้นที่สอง ปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณามี 4 ปัจจัย รายละเอียดต่างๆแสดงไว้ในตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 รายละเอียดของปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณา

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 Modified One-point Crossover 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

หมายเหตุ วิธีครอสโอเวอร์แบบ MOX PMX CX OX PBX และ OBX จะแทนด้วยหมายเลข 1-6 ตามลำดับ

การทดลองจะแบ่งออกเป็น 4 การทดลองใหญ่ตามขนาดของปัญหา แต่ละปัญหามีจำนวนวนซ้ำของการทดลอง (Replication) เท่ากับ 2 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

6.2.3 การเก็บและจัดระบบข้อมูล

จากการทดลองที่ระดับปัจจัยต่างๆ จะทำการเก็บค่าตัวแปรตอบสนอง ซึ่งได้แก่ ค่า Workload Variance และ เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ โดยจะเก็บไว้ในตารางแสดงผลการรันโปรแกรมในภาคผนวก ง-1

6.3 การวิเคราะห์การทดลอง

การวิเคราะห์การทดลองจะแยกออกเป็น 4 ส่วนตามขนาดของปัญหา โดยในแต่ละปัญหาจะมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ 3 ขั้นคือ

1. การวิเคราะห์โดยพิจารณาค่า Workload Variance เป็นค่าตอบสนอง ในการทดสอบพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่จะกระทำนี้ เราสนใจค่า Workload Variance เป็นค่าตอบสนองหลัก หากปัจจัยใดที่ทดสอบแล้วพบระดับปัจจัยที่เหมาะสม (ระดับปัจจัยที่ให้ค่าตอบสนองที่ดีที่สุดเพียงระดับเดียว) ก็จะกำหนดระดับปัจจัยนั้นเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ แต่ถ้าปัจจัยใดที่มีระดับปัจจัยที่เหมาะสมหลายระดับ ก็จะนำปัจจัยนั้นไปทำการวิเคราะห์ต่อในขั้นตอนที่ 2
2. การวิเคราะห์โดยพิจารณาลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง เป็นการวิเคราะห์ที่ทำต่อจากขั้นที่หนึ่ง เมื่อการวิเคราะห์ขั้นแรกไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้
3. การวิเคราะห์โดยดูจากค่าเฉลี่ยของ Workload Variance 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 จ-1)

6.3.1 ปัญหาตัวอย่างขนาด 11 งาน

6.3.1.1 ใช้ค่า Workload Variance เป็นค่าตอบสนอง

1) *การวิเคราะห์ด้วย ANOVA*

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม JMP จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาด 11 งาน โดยโปรแกรม JMPเมื่อใช้ค่า Workload Variance เป็นค่าตอบสนอง*

Effect Test

Source	Npar	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>
Population Size	2	2	0.01929480	7.1552	**0.0009**
Crosstype	5	5	0.02243170	3.3274	**0.0061**
Pc	3	3	0.00645209	1.5951	0.1907
Pm	3	3	0.02958117	7.3132	**<.0001**
Population Size*Crosstype	10	10	0.04381810	3.2499	**0.0005**
Population Size*Pc	6	6	0.01307989	1.6168	0.1422
Population Size*Pm	6	8	0.05631572	6.9613	**<.0001**
Crosstype*Pc	15	15	0.03128667	1.5470	0.0881
Crosstype*Pm	15	15	0.06617242	3.2719	**<.0001**
Pc*Pm	9	9	0.02002115	1.6499	0.1009
Population Size*Crosstype*Pc	30	30	0.06125214	1.5143	0.0458
Population Size*Crosstype*Pm	30	30	0.12999397	3.2138	< 0001
Population Size*Pc*Pm	18	18	0.04034210	1.6623	0.0455
Crosstype*Pc*Pm	45	45	0.09544179	1.5730	0.0154
Population Size*Crosstype*Pc*Pm	90	90	0.18605230	1.5332	0.0044

จากผลการวิเคราะห์ พบว่าจำนวนประชากร วิธีการครอสโอเวอร์และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นมีผลต่อค่า Workload Variance ที่ได้อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ α=0.05 และมีผลเนื่องจาก Interaction ของ Population*Crossover type, Population*Pm และ Crossover type* Pm

2) การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

ก. จำนวนประชากร

จะได้ว่าจำนวนประชากร 10 จะให้ค่าตอบสนองที่สูงกว่าจำนวนประชากรขนาดอื่นอย่างมีนัยสำคัญ จึงตัดทิ้ง

ข. วิธีการครอสโอเวอร์

วิธีการครอสโอเวอร์แบบที่ 3 จะให้ค่า wv สูงกว่าวิธีอื่น จึงตัดทิ้ง

ค. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

Pm 0.1 จะให้ค่า wv ที่ได้มีค่าสูง จึงควรตัดทิ้ง

6.3.1.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

การวิเคราะห์ ANOVA ที่ผ่านมาจะช่วยตัดระดับปัจจัยที่ทำให้ค่า *wv* สูงออกไป เหลือเพียง

จำนวนประชากร : 15, 20
วิธีการครอสโอเวอร์ : 1 2 4 5 6
Pc : ทุกระดับไม่ต่างกัน
Pm : 0.2 0.3 0.4

จากนั้นก็นำระดับปัจจัยที่เหลือมาพิจารณาโดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นค่าตอบสนองแทน

1) *การวิเคราะห์ด้วย ANOVA*

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม JMP จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.4 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาด 11 งาน โดยโปรแกรม JMP เมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง*

Effect Test

Source	Npar	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>
Population Size	1	1	3367.504	5.1687	0.0248
Crosstype	4	4	10911.692	4.1871	0.0033
Pc	3	3	3828.612	1.9588	0.1238
Pm	2	2	1260.758	0.9676	0.3830
Population Size*Crosstype	4	4	4517.892	1.7336	0.1470
Population Size*Pc	3	3	229.946	0.1176	0.9496
Population Size*Pm	2	2	579.308	0.4446	0.6421
Crosstype*Pc	12	12	3038.075	0.3886	0.9654
Crosstype*Pm	8	8	6787.033	1.3022	0.2488
Pc*Pm	6	6	292.775	0.0749	0.9983
Population Size*Crosstype*Pc	12	12	6665.075	0.8525	0.5967
Population Size*Crosstype*Pm	8	8	7455.733	1.4305	0.1906
Population Size*Pc*Pm	6	6	3608.092	0.9230	0.4810
Crosstype*Pc*Pm	24	24	16653.600	1.0651	0.3935
Population Size*Crosstype*Pc*Pm	24	24	12634.700	0.8080	0.7206

จากผลการวิเคราะห์ พบว่ามีปัจจัยที่มีผลต่อค่า Workload Variance ที่ได้อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ α=0.05 คือ Population Size และ Crossover Type

2) *การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test*

ก. จำนวนประชากร

จาก Duncan จะได้ว่าจำนวนประชากรขนาด 20 จะให้ค่าตอบสนองดีกว่าจำนวนประชากรขนาด 15 อย่างมีนัยสำคัญ

ข. วิธีการครอสโอเวอร์

วิธีการครอสโอเวอร์แบบที่ 5 จะทำให้พบคำตอบได้เร็วกว่าวิธีอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ

6.3.1.3 วิเคราะห์โดยดูจากค่าเฉลี่ยของ Workload Variance และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

การพิจารณาค่าเฉลี่ยของ Workload Variance ร่วมกับเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบจะได้ว่าจะได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุด สำหรับปัญหาขนาด 11 งาน คือ

จำนวนประชากร	:	ขนาด 20 ประชากร
วิธีการครอสโอเวอร์	:	วิธีที่ 5
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	:	0.8 หรือ 0.9
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	:	0.3

6.3.2 ปัญหาตัวอย่างขนาด 31 งาน

6.3.2.1 ใช้ค่า Workload Variance เป็นค่าตอบสนอง

1) *การวิเคราะห์ด้วย ANOVA*

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม JMP จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 6.5

ตารางที่ 6.5 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาด 31 งาน โดยโปรแกรม JMP เมื่อใช้ค่า wv เป็นค่าตอบสนอง*

Effect Test

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob
population size	2	2	404.3167	36.2796	<.0001
crossover type	5	5	1868.3499	67.0593	<.0001
Pc	3	3	37.5684	2.2474	0.0830
Pm	3	3	452.3702	27.0610	<.0001
population size*crossover type	10	10	186.0579	3.3390	0.0004
population size*Pc	6	6	69.4657	2.0777	0.0558
population size*Pm	6	6	66.8519	1.9996	0.0657
crossover type*Pc	15	15	112.8975	1.3507	0.1713
crossover type*Pm	15	15	158.5356	1.8967	0.0233
Pc*Pm	9	9	42.9349	0.8561	0.5651
population size*crossover type*Pc	30	30	435.6114	2.6058	<.0001
population size*crossover type*Pm	30	30	163.7873	0.9798	0.5005
population size*Pc*Pm	18	18	130.7794	1.3039	0.1837
population size*crossover type*Pc*Pm	90	90	766.8152	1.5290	0.0047
crossover type*Pc*Pm	45	45	176.0873	0.7022	0.9243

จากตารางจะเห็นว่า ปัจจัยที่ Significant คือ Population Size Crossover Type และ *Pm* นอกจากนี้ยังมีผลเนื่องจาก Interaction ระหว่าง Population Size กับ Crossover Type และ Crossover Type กับ *Pm* ด้วย

2) *การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test*

ก. จำนวนประชากร

จากการวิเคราะห์ Duncan พบว่าค่า Workload Variance ที่ได้จากทั้ง 3 ระดับปัจจัยมีความแตกต่างกัน โดยที่จำนวนประชากรขนาด 40 จะให้ค่า Workload Variance ที่ต่ำที่สุด

ข. วิธีการครอสโอเวอร์

จากการวิเคราะห์ Duncan พบว่าวิธีการครอสโอเวอร์ แบบที่ 4 5 และ 6 ให้ค่า *wv* ที่ไม่แตกต่างกัน แต่วิธีการครอสโอเวอร์ทั้ง 3 วิธีนี้จะให้ค่าที่ต่ำกว่าวิธีที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญ

ค. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

Pm 0.3 และ *Pm* 0.4 ให้ค่า *wv* ที่ไม่แตกต่างกัน แต่ต่างจาก *Pm* 0.1 และ *Pm* 0.2 อย่างมีนัยสำคัญ

ง. Interaction ระหว่าง Population Size กับ Crossover Type

เนื่องจาก Population Size ขนาด 40 เป็นขนาดที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้นในการทดสอบ Duncan ระหว่าง Interaction ของ Population Size กับ Crossover Type จึงกำหนดให้เป็นการทดสอบความแตกต่างของค่า *wv* ที่ได้จาก Crossover Type ที่แตกต่างกัน ที่ระดับ Population Size เป็น 40

จาก Duncan จะได้ว่า เมื่อกำหนด Population Size เป็น 40 พบว่าวิธีการครอสโอเวอร์แบบที่ 3 เป็นวิธีที่ทำให้ได้ค่า *wv* แตกต่างจากวิธีอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ แต่อย่างไรก็ตามค่า *wv* ที่ได้มีค่าสูงที่สุด ดังนั้นจึงไม่ควรใช้วิธีการครอสโอเวอร์ดังกล่าว

จ. Interaction ระหว่าง Crossover Type กับ *Pm*

1. ทดสอบผลของ Crossover Type ที่ต่างกัน โดย fixed *Pm*

เนื่องจากในการทดสอบ Duncan ที่ผ่านมา พบว่า *Pm* ที่ทำให้ค่า *wv* ต่ำมีถึง 2 ค่าคือ 0.3 และ 0.4 ดังนั้นจึงต้องทำการ fixed *Pm* เพื่อดูผลของ Crossover Type 2 ครั้ง

- Fixed *Pm* ที่ 0.3

จะได้ว่าวิธี Crossover ทุกวิธี ยกเว้นวิธีที่ 3 จะให้ค่า *wv* ไม่ต่างกัน แต่ Crossover Type วิธีที่ 3 จะให้ค่าที่สูงแตกต่างจากวิธีอื่นๆ

- Fixed Pm ที่ 0.4

  ให้ผลเหมือนกับการ fixed Pm ที่ 0.3

2. ทดสอบผลของ Pm ที่ต่างกัน โดย fixed Crossover Type

เนื่องจากในการทดสอบ Duncan ที่ผ่านมา พบว่า Crossover Type ที่ทำให้ค่า wv ต่ำมีถึง 3 วิธี คือ วิธีการครอสโอเวอร์แบบที่ 4 5 และ 6 ดังนั้นจึงต้องทำการ fixed Crossover Type เพื่อดูผลของ Pm 3 ครั้ง

- Fixed Crossover Type ที่วิธีที่ 4

  จะได้ว่า Pm ทั้ง 4 ระดับ ไม่แตกต่างกันเลย

- Fixed Crossover Type ที่วิธี 5

  จะได้ว่า Pm 0.2 0.3 และ 0.4 ให้ผลที่ไม่ต่างกัน แต่ Pm 0.1 จะให้ค่า wv ที่สูงที่สุด และแตกต่างจากค่าอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ

- Fixed Crossover Type ที่วิธี 6

  จะได้ว่า Pm 0.2 0.3 และ 0.4 ให้ผลที่ไม่ต่างกัน แต่ Pm 0.1 จะให้ค่า wv ที่สูงที่สุด และแตกต่างจากค่าอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ

จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's Multiple Range Test โดยให้ค่า wv เป็นค่าตอบสนอง จะได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุด สำหรับปัญหาขนาด 31 งาน คือ

จำนวนประชากร	:	ขนาด 40 ประชากร
วิธีการครอสโอเวอร์	:	วิธี 4 5 6
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	:	ทุกค่าไม่ต่างกัน
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	:	0.3 0.4

6.3.2.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ ANOVA

เนื่องจากในการวิเคราะห์ขั้นแรกได้ว่า จำนวนประชากรควรใช้ขนาด 40 ดังนั้นในการวิเคราะห์ในขั้นที่สองนี้จึงตัดปัจจัยจำนวนประชากรออกจากการวิเคราะห์ และค่าตอบสนองที่นำมาทดสอบ จะใช้ค่าตอบสนองที่ได้จากประชากรจำนวน 40 ที่ระดับปัจจัยต่างๆกันของ 3 ปัจจัยที่เหลือ ดังนี้

วิธีการครอสโอเวอร์	:	มี 3 ระดับคือ วิธี 4 5 6

ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ : มี 4 ระดับ คือ 0.7 0.8 0.9 และ 1.0
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น : มี 2 ระดับ คือ 0.3 0.4
ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 6.6

ตารางที่ 6.6 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาด 31 งาน โดยโปรแกรม JMP เมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

Effect Test

Source	Npar	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
crosstype	2	2	671.86	0.0178	0.9824
Pc	3	3	58196.11	1.0259	0.3926
Pm	2	2	41081.86	1.0863	0.3483
crosstype*Pc	6	6	46092.47	0.4063	0.8700
crosstype*Pm	4	4	80695.72	1.0669	0.3871
Pc*Pm	6	6	74279.81	0.6547	0.6861
crosstype*Pc*Pm	12	12	192124.61	0.8467	0.6044

จากตารางพบว่าไม่มีปัจจัยใดที่มีผลต่อค่าตอบสนองเลย

2) การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test
เนื่องจากไม่มีปัจจัยใดที่มีผล จึงไม่ต้องทำการวิเคราะห์ Duncan

6.3.2.3 วิเคราะห์โดยดูจากค่าเฉลี่ยของ Workload Variance และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

จากการวิเคราะห์ทั้ง 2 ขั้นตอน และการพิจารณาค่าเฉลี่ยของ Workload Variance จะได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุด สำหรับปัญหาขนาด 31 งาน คือ

จำนวนประชากร : ขนาด 40 ประชากร
วิธีการครอสโอเวอร์ : วิธี ที่ 4
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ : 0.9
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น : 0.4

6.3.3 ปัญหาตัวอย่างขนาด 39 งาน

6.3.3.1 ใช้ค่า Workload Variance เป็นค่าตอบสนอง

1) *การวิเคราะห์ด้วย ANOVA* จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม JMP จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 6.7

ตารางที่ 6.7 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาด 39 งาน โดยโปรแกรม JMP เมื่อใช้ค่า wv เป็นค่าตอบสนอง*

Effect Test

Source	Npar	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>
population size	2	2	900.2744	16.5815	<.0001
crossover type	5	5	1681.4599	12.3878	<.0001
Pc	3	3	159.7628	1.9617	0.1199
Pm	3	3	5104.7692	62.6807	<.0001
population size*crossover type	10	10	283.5496	1.0445	0.4060
population size*Pc	6	6	51.3650	0.3154	0.9288
population size*Pm	6	6	154.9464	0.9513	0.4587
crossover type*Pc	15	15	304.6051	0.7480	0.7344
crossover type*Pm	15	15	1355.0705	3.3277	<.0001
Pc*Pm	9	9	262.9212	1.0761	0.3803
population size*crossover type*Pc	30	30	912.2682	1.1202	0.3096
population size*crossover type*Pm	30	30	1286.3221	1.5795	0.0314
population size*Pc*Pm	18	18	566.3277	1.1590	0.2951
crossover type*Pc*Pm	45	45	1038.5964	0.8502	0.7406
population size*crossover type*Pc*Pm	90	90	2422.9155	0.9917	0.5075

จากตารางจะเห็นว่า ปัจจัยที่ Significant คือ Population Size Crossover Type และ *Pm* นอกจากนี้ยังมีผลเนื่องจาก Interaction ระหว่าง Crossover Type กับ *Pm* ด้วย

2) *การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test*

ก. จำนวนประชากร

จากการวิเคราะห์ Duncan พบว่าค่า Workload Variance ที่ได้จากทั้งจำนวนประชากรขนาด 30 และ 40 ไม่ต่างกัน แต่จะให้ค่าต่ำกว่าจำนวนประชากรขนาด 20 อย่างมีนัยสำคัญ

ข. วิธีการครอสโอเวอร์

จากการวิเคราะห์ Duncan พบว่าวิธีการครอสโอเวอร์ แบบที่ 4 จะให้ค่า *wv* ต่ำที่สุด และแตกต่างจากวิธีอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ

ค. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

Pm 0.3 และ *Pm* 0.4 ให้ค่า *wv* ที่ไม่แตกต่างกัน แต่ต่างจาก *Pm* 0.1 และ *Pm* 0.2 อย่างมีนัยสำคัญ

ง. Interaction ระหว่าง Crossover Type กับ *Pm*

เนื่องจาก Crossover Type แบบที่ 4 ให้ค่า wv ต่ำสุด ดังนั้นในการทดสอบ Duncan ระหว่าง Interaction ของ Crossover Type กับ Pm จึงกำหนดให้เป็นการทดสอบความแตกต่างของค่า wv ที่ได้จาก Pm ที่แตกต่างกัน เมื่อใช้วิธีการครอสโอเวอร์แบบที่ 4

จาก Duncan จะได้ว่า เมื่อใช้วิธีการครอสโอเวอร์แบบที่ 4 พบว่าการกำหนด Pm ค่าต่างๆกัน ไม่ทำให้ค่า wv แตกต่างกัน จึงอาจเป็นไปได้ว่าน่าจะมีผลระหว่าง Interaction ที่ระดับอื่นๆของปัจจัยทั้งสอง แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อเราเลือก Crossover Type เป็นแบบที่ 4 แล้ว จึงไม่ทำการวิเคราะห์ที่ระดับปัจจัยอื่นๆอีก

จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's Multiple Range Test จะได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหา wv ที่ต่ำที่สุด สำหรับปัญหาขนาด 39 งาน คือ

จำนวนประชากร	:	ขนาด 30 40 ประชากร
วิธีการครอสโอเวอร์	:	วิธี 4
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	:	ทุกค่าไม่ต่างกัน
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	:	0.3 0.4

6.3.3.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ ANOVA

จากการวิเคราะห์ในขั้นแรก ได้ว่าวิธีการครอสโอเวอร์ควรใช้วิธีที่ 4 ดังนั้นในการวิเคราะห์ขั้นที่สองจึงตัดวิธีการครอสโอเวอร์ออกจากปัจจัยที่พิจารณา และใช้ค่าตอบสนองที่ได้จากวิธีการครอสโอเวอร์แบบที่ 4 ที่ระดับต่างๆของปัจจัยที่เหลือ ซึ่งได้แก่

จำนวนประชากร	มี 2 ระดับ คือ 30 40
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	มี 4 ระดับ คือ 0.7 0.8 0.9 1.0
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	มี 2 ระดับ คือ 0.3 0.4

ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 6.8

ตารางที่ 6.8 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาด 39 งาน โดยโปรแกรม JMP เมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

Effect Test

Source	Npar	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
population size	1	1	17344.53	0.8040	0.3832
Pc	3	3	122496.84	1.8927	0.1715
Pm	1	1	11514.03	0.5337	0.4756
population size*Pc*Pm	3	3	41888.34	0.6472	0.5960
population size*Pc	3	3	149988.09	2.3175	0.1144
population size*Pm	1	1	1845.28	0.0855	0.7737
Pc*Pm	3	3	2420.59	0.0374	0.9900

จากตารางพบว่าไม่มีปัจจัยใดที่มีผลต่อค่าตอบสนองเลย

2) การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

เนื่องจากไม่มีปัจจัยใดที่มีผล จึงไม่ต้องทำการวิเคราะห์ Duncan

6.3.3.3 วิเคราะห์โดยดูจากค่าเฉลี่ยของ Workload Variance และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

จากการวิเคราะห์ทั้ง 2 ขั้นตอน และการพิจารณาค่าเฉลี่ยของ Workload Variance ร่วมกับเวลาในการหาคำตอบจะได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุด สำหรับปัญหาขนาด 39 งาน คือ

จำนวนประชากร	:	ขนาด 30 ประชากร
วิธีการครอสโอเวอร์	:	วิธี ที่ 4
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	:	0.9
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	:	0.4

6.3.4 ปัญหาตัวอย่างขนาด 54 งาน

6.3.4.1 ใช้ค่า Workload Variance เป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม JMP จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 6.10

ตารางที่ 6.9 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาด 54 งาน โดยโปรแกรม JMP เมื่อใช้ค่า wv เป็นค่าตอบสนอง

Effect Test

Source	Npar	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>
population size	2	2	7474.943	51.0285	**<.0001**
crossover type	5	5	56292.361	153.7144	**<.0001**
Pc	3	3	109.512	0.4984	0.6837
Pm	3	3	5600.344	25.4876	**<.0001**
population size*crossover type	10	10	2042.810	2.7891	**0.0026**
population size*Pc	6	6	307.965	0.7008	0.6492
population size*Pm	6	6	810.108	1.8434	0.0906
crossover type*Pc	15	15	1372.410	1.2492	0.2344
crossover type*Pm	15	15	3213.698	2.9252	**0.0002**
Pc*Pm	9	9	2314.447	3.5111	**0.0004**
population size*crossover type*Pc	30	30	2673.216	1.2166	0.2080
population size*crossover type*Pm	30	30	4904.371	2.2320	0.0004
population size*Pc*Pm	18	18	1978.913	1.5010	0.0882
crossover type*Pc*Pm	45	45	3757.034	1.1399	0.2608
population size*crossover type*Pc*Pm	90	90	10300.103	1.5626	0.0031

จากตารางจะเห็นว่า ปัจจัยที่ Significant คือ Population Size Crossover Type และ *Pm* นอกจากนี้ยังมีผลเนื่องจาก Interaction ระหว่าง Population Size กับ Crossover Type Crossover Type กับ *Pm* และ *Pc* กับ *Pm* ด้วย

6.3.4.2 การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

ก. จำนวนประชากร

จากการวิเคราะห์ Duncan พบว่าค่า Workload Variance ที่ได้จากทั้ง 3 ระดับปัจจัยมีความแตกต่างกัน โดยที่จำนวนประชากรขนาด 60 จะให้ค่า Workload Variance ที่ต่ำที่สุด

ข. วิธีการครอสโอเวอร์

จากการวิเคราะห์ Duncan พบว่าวิธีการครอสโอเวอร์ แบบที่ 4 จะให้ค่า *wv* ต่ำที่สุด และแตกต่างจากวิธีอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ

ง. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

Pm 0.3 และ *Pm* 0.4 ให้ค่า *wv* ที่ไม่แตกต่างกัน แต่ต่างจาก *Pm* 0.1 และ *Pm* 0.2 อย่างมีนัยสำคัญ

จ. Interaction ระหว่าง Population Size และ Crossover Type

จาก Duncan จะได้ว่า เมื่อกำหนด Population Size เป็น 60 พบว่าวิธีการครอสโอเวอร์แบบที่ 4 เป็นวิธีที่ทำให้ได้ค่า *wv* ต่ำกว่าวิธีอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ

ในขณะเดียวกัน ถ้ากำหนดให้วิธีครอสโอเวอร์เป็นแบบที่ 4 จะได้ว่า Population Size ขนาด 60 จะทำให้ได้ค่า *wv* ที่ต่ำกว่าขนาดอื่นๆ

อย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน ผลดังกล่าวเป็นตัวช่วยสนับสนุนว่าควรเลือกใช้ Population Size เป็น 60 และใช้วิธีการครอสโอเวอร์แบบที่ 4

ฉ. Interaction ระหว่าง Crossover Type กับ *Pm*

เนื่องจาก Crossover Type แบบที่ 4 ให้ค่า *wv* ต่ำสุด ดังนั้นในการทดสอบ Duncan ระหว่าง Interaction ของ Crossover Type กับ *Pm* จึงกำหนดให้เป็นการทดสอบความแตกต่างของค่า *wv* ที่ได้จาก *Pm* ที่แตกต่างกัน เมื่อใช้วิธีการครอสโอเวอร์แบบที่ 4

จาก Duncan จะได้ว่า เมื่อใช้วิธีการครอสโอเวอร์แบบที่ 4 พบว่าการกำหนด *Pm* ค่าต่างๆกัน ไม่ทำให้ค่า *wv* แตกต่างกัน จึงอาจเป็นไปได้ว่าน่าจะมีผลระหว่าง Interaction ที่ระดับอื่นๆของปัจจัยทั้งสอง แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อเราเลือก Crossover Type เป็นแบบที่ 4 แล้ว จึงไม่ทำการวิเคราะห์ที่ระดับปัจจัยอื่นๆอีก

ช. Interaction ระหว่าง *Pc* กับ *Pm*

เนื่องจากในการทดสอบ Duncan ที่ผ่านมา พบว่า *Pm* ที่ทำให้ค่า *wv* ต่ำมี 2 ค่าคือ 0.3 และ 0.4 ดังนั้นจึงต้องทำการ Fixed *Pm* เพื่อดูผลที่ทุกระดับปัจจัยของ *Pc*

- Fixed *Pm* ที่ 0.3

  จะได้ว่า *Pc* ทุกค่าให้ค่า *wv* ไม่แตกต่างกัน

- Fixed *Pm* 0.4

  จะได้ว่า *Pc*ทุกค่าให้ค่า *wv* ไม่แตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's Multiple Range Test จะได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหา *wv* ที่ต่ำที่สุด สำหรับปัญหาขนาด 54 งาน คือ

จำนวนประชากร	:	ขนาด 60 ประชากร
วิธีการครอสโอเวอร์	:	วิธี 4
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	:	ทุกค่าไม่ต่างกัน
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	:	0.3 0.4

6.3.4.3 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ ANOVA

จากการวิเคราะห์ในขั้นแรก ได้ว่าจำนวนประชากรเป็น 60 และวิธีการครอสโอเวอร์ควรใช้วิธีที่ 4 ดังนั้นในการวิเคราะห์ขั้นที่สอง จึงตัดจำนวนประชากรและวิธีการค

รอสโอเวอร์ออกจากปัจจัยที่พิจารณา และใช้ค่าตอบสนองที่ได้จากจำนวนประชากร 60 และวิธีการครอสโอเวอร์แบบที่ 4 ที่ระดับต่างๆของปัจจัยที่เหลือ ซึ่งได้แก่

ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ มี 4 ระดับ คือ 0.7 0.8 0.9 1.0
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น มี 2 ระดับ คือ 0.3 0.4

ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 6.10

ตารางที่ 6.10 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาด 54 งาน โดยโปรแกรม JMP เมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง*

Effect Test

Source	Npar	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
Pc	2	2	154334.00	2.1843	0.1938
Pm	1	1	371712.00	10.5219	0.0176
Pc*Pm	2	2	348234.00	4.9287	0.0542

จากตาราง จะได้ว่า *Pm* เป็นปัจจัยทีมีผลต่อความเร็วในการหาคำตอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2) การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test

การวิเคราะห์ Duncan เพื่อดูความแตกต่างระหว่าง *Pm* 0.3 และ 0.4 พบว่า ค่า *Pm* 0.4 ทำให้พบคำตอบเร็วกว่า *Pm* 0.3 ดังนั้นจึงเลือกใช้ *Pm* 0.4 นี้

6.3.4.3 วิเคราะห์โดยดูจากค่าเฉลี่ยของ Workload Variance และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

จากการพิจารณาค่าเฉลี่ยทั้ง *wv* และลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ สรุปได้ว่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุด สำหรับปัญหาขนาด 54 งาน คือ

จำนวนประชากร : ขนาด 60 ประชากร
วิธีการครอสโอเวอร์ : วิธี ที่ 4
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ : 0.9
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น : 0.4

6.4 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองและวิเคราะห์ผลด้วย ANOVA และ Duncan's Multiple Range Test ที่ช่วงความเชื่อมั่น 0.95 ได้ผลดังตารางที่ 6.11

ตารางที่ 6.11 ผลการทดสอบพารามิเตอร์ของ GAs

ขนาดปัญหา	พารามิเตอร์	ค่าที่เหมาะสม		
		เมื่อใช้ค่าวัตถุประสงค์เป็นค่าตอบสนอง	เมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง	เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ย
11 งาน	Pop_size	15 20	20	20
	Cross_type	1 2 4 5 6	5	5
	Pc	ไม่มีผล	ไม่มีผล	0.8 หรือ 0.9
	Pm	0.2 0.3 0.4	0.2 0.3 0.4	0.3
31 งาน	Pop_size	40	40	40
	Cross_type	4 5 6	4 5 6	4
	Pc	ไม่มีผล	ไม่มีผล	0.9
	Pm	0.3 0.4	0.3 0.4	0.4
39 งาน	Pop_size	30 40	30 40	30
	Cross_type	4	4	4
	Pc	ไม่มีผล	ไม่มีผล	0.9
	Pm	0.3 0.4	0.3 0.4	0.4
54 งาน	Pop_size	60	60	60
	Cross_type	4	4	4
	Pc	ไม่มีผล	ไม่มีผล	0.9
	Pm	0.3 0.4	0.4	0.4

หมายเหตุ การพิจารณาค่าที่เหมาะสมจากค่าเฉลี่ยก็เพื่อนำไปใช้ในบทต่อไปเท่านั้น ค่าที่เหมาะสมที่สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการใช้งานจริงคือค่าเหมาะสมที่ได้ภายหลังการวิเคราะห์โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นค่าตอบสนอง

จากตารางที่ 6.11 จะเห็นได้ว่า พารามิเตอร์ที่มีผลคือ จำนวนประชากร วิธีครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น ซึ่งจำนวนประชากรที่เหมาะสมสำหรับปัญหาขนาด 11 งาน 31 งาน 39 งาน และ 54 งาน คือ 20 30 30 หรือ 40 และ 60 ตามลำดับ วิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX PBX และ OBX ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น 0.3 หรือ 0.4 สำหรับความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของ GAs ทั้งในแง่ของความสามารถในการหาคำตอบที่ดีที่สุด และความสามารถในการลู่เข้าหาคำตอบ

6.5 สรุปท้ายบท

การทดสอบพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องของ GAs ทำขึ้นเพื่อตรวจสอบดูว่าพารามิเตอร์ตัวใดที่มีผลต่อความสามารถในการหาคำตอบ และเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นแนวทางในการนำ GAs ไปใช้แก้ปัญหาจริง การทดลองทั้งหมดแบ่งเป็น 4 การทดลองตามขนาดของปัญหาตัวอย่างที่นำมาใช้ ซึ่งประกอบด้วยปัญหาขนาด 11 31 39 และ 54 งาน การทดลองที่ใช้เป็นแบบ Full Factorial Design ซึ่งใช้ค่าวัดถุประสงค์ที่สนใจ อันได้แก่ค่าความแปรปรวนของภาระงานเป็นค่าตอบสนอง แต่ในกรณีที่ไม่สามารถหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ให้ทำการทดสอบอีกครั้งโดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนองแทน ปัจจัยที่พิจารณา คือ จำนวนประชากร วิธีการครอสโอเวอร์ ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น จำนวนทำซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2 ดังนั้นในแต่ละการทดลองจะมีทั้งหมด 576 Treatment Combination

ผลการทดสอบและวิเคราะห์ด้วย ANOVA และ Duncan's Multiple Range Test ที่ช่วงความเชื่อมั่น 0.95 จะได้ว่าพารามิเตอร์ที่มีผลคือ จำนวนประชากร วิธีการครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น สำหรับความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์จะไม่มีผล ในการทดสอบจะได้ค่าพารามิเตอร์หลายตัวที่ให้คำตอบที่ดีพอๆกันและเป็นคำตอบที่ดีที่สุด แสดงให้เห็นว่าช่วงของค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นช่วงที่ยอมรับได้ และสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการกำหนดพารามิเตอร์ในการใช้งานจริงได้