บทที่ 7

การทดสอบพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึม

เนื่องจากวิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึมมีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องมากมาย การกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะทำให้ประสิทธิภาพของเจนเนติกอัลกอริทึมดีขึ้น ดังนั้นเนื้อหาในบทนี้จึงกล่าวถึง การหาค่าพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึมเบื้องต้น การออกแบบการทดลอง และการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึมที่เหมาะสมสำหรับแต่ละปัญหาในงานวิจัย ที่ประกอบด้วยปัญหาที่ใช้ข้อมูลการไหลของวัสดุเป็นค่าคงที่จำนวน 9 ปัญหา และปัญหาที่ใช้ข้อมูลการไหลของวัสดุเป็นแบบฟัซซี่จำนวน 5 ปัญหา

7.1 การเลือกตัวแปรตอบสนอง

ในการรันโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหาการออกแบบผังโรงงานที่ไม่เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า จะได้ตัวแปรต่างๆที่สามารถใช้เป็นตัวแปรตอบสนองสำหรับการทดลองมากมาย แต่การที่จะเลือกตัวแปรใดๆก็ตาม จำเป็นต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมของตัวแปรนั้นๆด้วย เช่น ถ้าเลือกเวลาที่ใช้ในการรันโปรแกรมเป็นตัวแปรตอบสนอง แต่การทดลองแต่ละการทดลองไม่ได้ใช้คอมพิวเตอร์เครื่องเดียวกัน ก็อาจจะทำให้การวิเคราะห์คลาดเคลื่อนได้ เนื่องมาจากความสามารถ และประสิทธิภาพการประมวลผลของคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องไม่เท่ากันนั่นเอง

เนื่องมาจาก ปัญหาการออกแบบผังโรงงานที่ผังไม่เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีข้อจำกัดมากมาย (ดู 5.2.1.2 ข้อมูลเกี่ยวกับข้อจำกัดการออกแบบ) การทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึมแต่ละครั้งจึงต้องใช้เวลานาน ทำให้การทดลองภายใต้สภาวะควบคุม คือ คอมพิวเตอร์หนึ่งเครื่องสำหรับการทดลองหนึ่งปัญหา (แต่ละปัญหามีหลายการทดลอง) ไม่สามารถทำได้ เนื่องจากข้อจำกัดด้านเวลานั่นเอง ดังนั้นการทดลองต่างๆในแต่ละปัญหาจึงใช้คอมพิวเตอร์ที่มีคุณลักษณะแตกต่างกัน การเลือกตัวแปรตอบสนองจึงต้องคำนึงถึงความเหมาะสมดังกล่าว โดยตัวแปรตอบสนองที่ใช้ในงานวิจัยมีดังนี้

- ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม (สมการที่ 6.7) เพราะเป็นค่าที่รวมฟังก์ชันวัตถุประสงค์ทั้ง 3 ฟังก์ชัน (ค่าใช้จ่ายโดยรวม ความสัมพันธ์ระหว่างแผนก และค่าความสัมพันธ์ของทางเดิน) ซึ่งสามารถบ่งบอกถึงความสามารถในการหาคำตอบที่ดีของเจนเนติกอัลกอริทึมได้
- ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ หมายถึง เจนเนอเรชั่นที่พบค่าฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์รวมต่ำที่สุด ซึ่งสามารถบ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการหาคำตอบของเจนเนติกอัลกอริทึมได้

7.2 การทดลองเบื้องต้น

การทดลองเบื้องตัน เป็นการหาค่าพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึมเบื้องตัน เพื่อเป็นตัวแปรตั้งตันในการออกแบบการทดลองในขั้นตอนถัดไป

ดังที่ได้กล่าวในหัวข้อตัวแปรตอบสนอง การทดลองแต่ละการทดลองต้องใช้ระยะเวลาในการทดลองนาน ซึ่งบางปัญหาที่มีแผนกจำนวนมาก เช่น จำนวนแผนก 20 แผนก ต้องใช้เวลาในการทดลองถึงประมาณ 36 ชั่วโมงเป็นอย่างต่ำ (ภายใต้คุณลักษณะของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดลองที่มีประสิทธิภาพในการประมวลผลสูงที่สุดคือ Pentium IV 2.4C GHz) เนื่องมาจากปัญหาการออกแบบผังโรงงานเป็นปัญหาแบบ NP-hard (ดู ภาคผนวก ข) ซึ่งเวลาในการหาคำตอบจะเพิ่มขึ้นแบบเอ็กซ์โปเนนเชี่ยลเมื่อขนาดของปัญหาเพิ่มขึ้น ทำให้การทดลองเบื้องตันต้องจำกัดจำนวนการทดลองในการหาค่าพารามิเตอร์ และควบคุมพารามิเตอร์ที่ใช้บางส่วน โดยวิธีการรีโปรดักชันจะใช้แบบวงล้อรูลเล็ต ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

1. ทำการคงที่ จำนวนเจนเนอเรชั่น วิธีการครอสโอเวอร์ ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ วิธีการมิวเตชั่น ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ และจำนวนสตริงที่สร้างใหม่ จากนั้นทดลองโดยใช้จำนวนประชากร 3 ระดับ เพื่อหาจำนวนประชากร รวมใช้การทดลองทั้งหมด 3 การทดลอง
2. ใช้ประชากรที่ได้จากข้อ 1 และเปลี่ยนจำนวนเจนเนอเรชั่นไป 1 ระดับ พร้อมกับการเปลี่ยนจำนวนรอบในการสร้างสตริงใหม่ 1 ระดับ (เพื่อควบคุมให้จำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมดเท่าเดิม) ส่วนวิธีการครอสโอเวอร์ ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ วิธีการมิวเตชั่น ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น และจำนวนสตริงที่สร้างใหม่เหมือนเดิม เพื่อหาจำนวนเจนเนอเรชั่น และจำนวนรอบในการสร้างสตริงใหม่ รวมใช้การทดลองทั้งหมด 1 การทดลอง

3. ใช้จำนวนประชากรที่ได้จากข้อ 1 จำนวนเจนเนอเรชั่น และจำนวนรอบในการสร้างสตริงใหม่ ที่ได้จากข้อ 2 แต่เปลี่ยนจำนวนสตริงที่สร้างใหม่ไป 1 ระดับ ส่วนวิธีการครอสโอเวอร์ ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ วิธีการมิวเตชั่น และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเหมือนเดิม เพื่อหาจำนวนสตริงที่สร้างใหม่ รวมใช้การทดลองทั้งหมด 1 การทดลอง
4. ใช้จำนวนประชากรที่ได้จากข้อ 1 จำนวนเจนเนอเรชั่น และจำนวนรอบในการสร้างสตริงใหม่ที่ได้จากข้อ 2 และจำนวนสตริงที่สร้างใหม่ที่ได้จากข้อ 3 แต่เปลี่ยนวิธีการครอสโอเวอร์ไปอีก 4 ระดับ ส่วนความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ วิธีการมิวเตชั่น และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเหมือนเดิม เพื่อหาวิธีการครอสโอเวอร์ รวมใช้การทดลองทั้งหมด 4 การทดลอง

การทดลองเบื้องต้นจะใช้การทดลองทั้งหมด 9 การทดลอง เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ การพิจารณาว่าพารามิเตอร์ที่ระดับใดดีกว่ากัน ทำการพิจารณาจากค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมพร้อมกับการพิจารณาลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบ ดังนั้นค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองเบื้องต้นประกอบด้วย

- จำนวนประชากร 1 ระดับ
- จำนวนเจนเนอเรชั่น 1 ระดับ
- จำนวนรอบในการสร้างสตริงใหม่ 1 ระดับ
- จำนวนสตริงที่สร้างใหม่ 1 ระดับ
- วิธีการครอสโอเวอร์ 2 ระดับ (คัดเลือกจากวิธีการครอสโอเวอร์ 5 วิธี)

พารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองเบื้องต้น จะนำไปใช้เป็นค่าพารามิเตอร์ตั้งต้นสำหรับการออกแบบการทดลองในหัวข้อ 7.3 ซึ่งในการทดลองเบื้องต้นจะทำทุกปัญหาที่ใช้ในการวิจัย โดยปัญหาที่มีข้อมูลการไหลของวัสดุเป็นค่าคงที่แสดงในตารางที่ 7.1 และปัญหาที่มีข้อมูลการไหลของวัสดุเป็นแบบฟัซซี่แสดงในตารางที่ 7.2 โดยมีรายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก ค

***ตารางที่ 7.1** ปัญหาที่มีข้อมูลการไหลของวัสดุเป็นค่าคงที่*

ปัญหาที่	จำนวนแผนก	ขนาดโรงงาน (ตารางหน่วย)	น้ำหนักค่าวัตถุประสงค์ของค่าใช้จ่าย (w1)	น้ำหนักค่าวัตถุประสงค์ของความสัมพันธ์ (w2)	น้ำหนักค่าวัตถุประสงค์ของทางเดิน (w3)	จำนวนแผนกที่รูปร่างคงที่	จำนวนแผนกที่ที่ตั้งคงที่	จำนวนพื้นที่ตายตัว
1	6	258	0.25	0.25	0.50	1	1	2
2	6	258	0.50	0.25	0.25	1	1	2

***ตารางที่ 7.1** (ต่อ)*

ปัญหาที่	จำนวนแผนก	ขนาดโรงงาน (ตารางหน่วย)	น้ำหนักค่าวัตถุประสงค์ของค่าใช้จ่าย (w1)	น้ำหนักค่าวัตถุประสงค์ของความสัมพันธ์ (w2)	น้ำหนักค่าวัตถุประสงค์ของทางเดิน (w3)	จำนวนแผนกที่รูปร่างคงที่	จำนวนแผนกที่ที่ตั้งคงที่	จำนวนพื้นที่ตายตัว
3	6	258	0.25	0.50	0.25	1	1	2
4	10	435	0.25	0.25	0.50	2	2	2
5	10	435	0.50	0.25	0.25	2	2	2
6	10	435	0.25	0.50	0.25	2	2	2
7	20	1085	0.25	0.25	0.50	2	2	4
8	20	1085	0.50	0.25	0.25	2	2	4
9	20	1085	0.25	0.50	0.25	2	2	4

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

w2 คือ น้ำหนักที่ให้ความสำคัญกับความสัมพันธ์ระหว่างแผนก (TCR) มีค่าระหว่าง[0,1]

w3 คือ น้ำหนักที่ให้ความสำคัญกับความสัมพันธ์ของทางเดิน (Aisle) มีค่าระหว่าง[0,1]

***ตารางที่ 7.2** ปัญหาที่มีข้อมูลการไหลของวัสดุเป็นแบบฟัซซี่*

ปัญหาที่	จำนวนแผนก	ขนาดโรงงาน (ตารางหน่วย)	น้ำหนักค่าวัตถุประสงค์ของค่าใช้จ่าย (w1)	น้ำหนักค่าวัตถุประสงค์ของความสัมพันธ์ (w2)	น้ำหนักค่าวัตถุประสงค์ของทางเดิน (w3)	จำนวนแผนกที่รูปร่างคงที่	จำนวนแผนกที่ที่ตั้งคงที่	จำนวนพื้นที่ตายตัว
10 กรณีดีที่สุด	15	960	0.50	0.25	0.25	2	1	4
11 กรณีใกล้เคียงดีที่สุด	15	960	0.50	0.25	0.25	2	1	4
12 กรณีใกล้เคียงแย่ที่สุด	15	960	0.50	0.25	0.25	2	1	4
13 กรณีแย่ที่สุด	15	960	0.50	0.25	0.25	2	1	4
14 กรณีค่าเฉลี่ย	15	960	0.50	0.25	0.25	2	1	4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.2.1 ปัญหาที่ 1

ปัญหาที่ 1 (รายละเอียดแสดงใน ภาคผนวก ค.1) มีจำนวนแผนก 6 แผนก ทำการทดลองเบื้องต้นได้ดังตารางที่ 7.3

ตารางที่ 7.3 *การทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 1*

การทดลองที่	จำนวนประชากร	จำนวนเจนเนอเรชั่น	จำนวนรอบการของการสร้างสตริงใหม่	จำนวนสตริงที่สร้างใหม่	ประเภทของครอสโอเวอร์	Pc	ประเภทของมิวเตชั่น	Pm	ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม ($*10^7$)	เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ
1	6	200	5	3	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	1.3396	4
2	10	200	5	3	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	1.3396	604
3	15	200	5	3	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	1.3396	60
4	6	100	10	3	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	1.3396	60
5	6	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	1.3396	405
6	6	200	5	3	OX	0.7	Reciprocal X	0.1	1.3396	6
7	6	200	5	3	CX	0.7	Reciprocal X	0.1	1.3396	295
8	6	200	5	3	PBX	0.7	Reciprocal X	0.1	1.4061	4
9	6	200	5	3	OBX	0.7	Reciprocal X	0.1	1.4061	293

จากตารางที่ 7.3 มีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้

กำหนดวิธีการครอสโอเวอร์ที่ใช้ในการทดลองที่ 1 ถึง 5 คือ PMX ส่วนความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.7 วิธีการมิวเตชั่นคือ Reciprocal Exchange ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเท่ากับ 0.1 และจำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมดเท่ากับ 1000 คงตัวทุกการทดลอง

1. การทดลองที่ 1 ถึง 3 เป็นการหาจำนวนประชากรจาก 3 ระดับคือ 6 10 และ 15 โดยคงค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ เมื่อพิจารณาจากค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม พบว่าเท่ากัน จึงพิจารณาเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ พบว่าจำนวนประชากรเท่ากับ 6 สามารถหาคำตอบได้เร็วที่สุด จึงเลือกจำนวนประชากรเท่ากับ 6
2. การทดลองที่ 4 เป็นการหาจำนวนเจนเนอเรชั่น พร้อมกับการหาจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ โดยการเปลี่ยนจำนวนเจนเนอเรชั่นจาก 200 เป็น 100 และจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ จาก 5 เป็น 10 (สังเกต จำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมด คือ จำนวนเจนเนอเรชั่นคูณด้วยจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ เท่ากับ 1000 เท่าเดิม) และจำนวนประชากรเท่ากับ 6 ค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ โดยพิจารณาการทดลองที่ 4 เปรียบเทียบกับการทดลองที่ 1 พบว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเท่ากัน แต่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบของการทดลองที่ 1 น้อยกว่า จึงเลือกจำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 และจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5
3. การทดลองที่ 5 เป็นการหาจำนวนสตริงที่สร้างใหม่ โดยการเปลี่ยนจำนวนสตริงที่สร้างใหม่จาก 3 เป็น 5 จำนวนประชากรเท่ากับ 6 จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5 และค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ จากนั้นทำการเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 1 พบว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเท่ากัน แต่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบของการทดลองที่ 1 น้อยกว่า จึงเลือกจำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 3
4. การทดลองที่ 6 ถึง 9 เป็นการหาวิธีการครอสโอเวอร์ โดยเปลี่ยนวิธีการครอสโอเวอร์จาก PMX เป็น OX (การทดลองที่ 6) CX (การทดลองที่ 7) PBX (การทดลองที่ 8) และ OBX (การทดลองที่ 9) ทำการเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 1 ที่ใช้วิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX โดยมีค่าพารามิเตอร์อื่นเหมือนกัน พบว่าการทดลองที่ 1 ยังคงให้ค่าฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ต่ำสุด และสามารถหาคำตอบได้เร็วที่สุดด้วย รองลงมาคือ การทดลองที่ 6 จึงเลือกวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX และ OX
5. พารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 1 คือ
   - จำนวนประชากรเท่ากับ 6
   - จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200
   - จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5
   - จำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 3
   - วิธีการครอสโอเวอร์คือ PMX และ OX

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.2.2 ปัญหาที่ 2

ปัญหาที่ 2 (รายละเอียดแสดงใน ภาคผนวก ค.1) มีจำนวนแผนก 6 แผนก ทำการทดลองเบื้องต้นได้ดังตารางที่ 7.4

ตารางที่ 7.4 *การทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 2*

การทดลองที่	จำนวนประชากร	จำนวนเจนเนอเรชั่น	จำนวนรอบการของการสร้างสตริงใหม่	จำนวนสตริงที่สร้างใหม่	ประเภทของครอสโอเวอร์	Pc	ประเภทของมิวเตชั่น	Pm	ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม ($*10^7$)	เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ
1	6	200	5	3	PMX	0.7	Reciprox	0.1	1.3053	58
2	10	200	5	3	PMX	0.7	Reciprox	0.1	1.3053	611
3	15	200	5	3	PMX	0.7	Reciprox	0.1	1.3053	60
4	6	100	10	3	PMX	0.7	Reciprox	0.1	1.3053	401
5	6	200	5	5	PMX	0.7	Reciprox	0.1	1.3053	324
6	6	200	5	3	OX	0.7	Reciprox	0.1	1.3053	662
7	6	200	5	3	CX	0.7	Reciprox	0.1	1.3312	1
8	6	200	5	3	PBX	0.7	Reciprox	0.1	1.3053	401
9	6	200	5	3	OBX	0.7	Reciprox	0.1	1.3053	586

จากตารางที่ 7.4 มีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้

กำหนดวิธีการครอสโอเวอร์ที่ใช้ในการทดลองที่ 1 ถึง 5 คือ PMX ส่วนความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.7 วิธีการมิวเตชั่นคือ Reciprocal Exchange ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเท่ากับ 0.1 และจำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมดเท่ากับ 1000 คงตัวทุกการทดลอง

1. การทดลองที่ 1 ถึง 3 เป็นการหาจำนวนประชากรจาก 3 ระดับคือ 6 10 และ 15 โดยคงค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ เมื่อพิจารณาจากค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม พบว่าเท่ากัน จึงพิจารณาเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ พบว่าจำนวนประชากรเท่ากับ 6 สามารถหาคำตอบได้เร็วที่สุด จึงเลือกจำนวนประชากรเท่ากับ 6
2. การทดลองที่ 4 เป็นการหาจำนวนเจนเนอเรชั่น พร้อมกับการหาจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ โดยการเปลี่ยนจำนวนเจนเนอเรชั่นจาก 200 เป็น 100 และจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ จาก 5 เป็น 10 (สังเกต จำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมด คือ จำนวนเจนเนอเรชั่นคูณด้วยจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ เท่ากับ 1000 เท่าเดิม) และจำนวนประชากรเท่ากับ 6 ค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ โดยพิจารณาการทดลองที่ 4 เปรียบเทียบกับการทดลองที่ 1 พบว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเท่ากัน แต่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบของการทดลองที่ 1 น้อยกว่า จึงเลือกจำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 และจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5
3. การทดลองที่ 5 เป็นการหาจำนวนสตริงที่สร้างใหม่ โดยการเปลี่ยนจำนวนสตริงที่สร้างใหม่จาก 3 เป็น 5 จำนวนประชากรเท่ากับ 6 จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5 และค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ จากนั้นทำการเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 1 พบว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเท่ากัน แต่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบของการทดลองที่ 1 น้อยกว่า จึงเลือกจำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 3
4. การทดลองที่ 6 ถึง 9 เป็นการหาวิธีการครอสโอเวอร์ โดยเปลี่ยนวิธีการครอสโอเวอร์จาก PMX เป็น OX (การทดลองที่ 6) CX (การทดลองที่ 7) PBX (การทดลองที่ 8) และ OBX (การทดลองที่ 9) ทำการเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 1 ที่ใช้วิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX โดยมีค่าพารามิเตอร์อื่นเหมือนกัน พบว่าการทดลองที่ 1 ยังคงให้ค่าฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ต่ำสุด และสามารถหาคำตอบได้เร็วที่สุดด้วย รองลงมาคือ การทดลองที่ 8 จึงเลือกวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX และ PBX
5. พารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 2 คือ
   - จำนวนประชากรเท่ากับ 6
   - จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200
   - จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5
   - จำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 3
   - วิธีการครอสโอเวอร์คือ PMX และ PBX

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.2.3 ปัญหาที่ 3

ปัญหาที่ 3 (รายละเอียดแสดงใน ภาคผนวก ค.1) มีจำนวนแผนก 6 แผนก ทำการทดลองเบื้องต้นได้ดังตารางที่ 7.5

ตารางที่ 7.5 *การทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 3*

การทดลองที่	จำนวนประชากร	จำนวนเจนเนอเรชั่น	จำนวนรอบการของการสร้างสตริงใหม่	จำนวนสตริงที่สร้างใหม่	ประเภทของครอสโอเวอร์	Pc	ประเภทของมิวเตชั่น	Pm	ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม ($*10^7$)	เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ
1	6	200	5	3	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	2.5714	202
2	10	200	5	3	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	2.5714	663
3	15	200	5	3	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	2.5714	210
4	6	100	10	3	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	2.5714	503
5	6	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	2.5714	336
6	6	200	5	3	OX	0.7	Reciprocal X	0.1	2.5714	644
7	6	200	5	3	CX	0.7	Reciprocal X	0.1	2.5714	96
8	6	200	5	3	PBX	0.7	Reciprocal X	0.1	2.5714	401
9	6	200	5	3	OBX	0.7	Reciprocal X	0.1	2.5714	611

จากตารางที่ 7.5 มีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้

กำหนดวิธีการครอสโอเวอร์ที่ใช้ในการทดลองที่ 1 ถึง 5 คือ PMX ส่วนความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.7 วิธีการมิวเตชั่นคือ Reciprocal Exchange ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเท่ากับ 0.1 และจำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมดเท่ากับ 1000 คงตัวทุกการทดลอง

1. การทดลองที่ 1 ถึง 3 เป็นการหาจำนวนประชากรจาก 3 ระดับคือ 6 10 และ 15 โดยคงค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ เมื่อพิจารณาจากค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม พบว่าเท่ากัน จึงพิจารณาเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ พบว่าจำนวนประชากรเท่ากับ 6 สามารถหาคำตอบได้เร็วที่สุด จึงเลือกจำนวนประชากรเท่ากับ 6
2. การทดลองที่ 4 เป็นการหาจำนวนเจนเนอเรชั่น พร้อมกับการหาจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ โดยการเปลี่ยนจำนวนเจนเนอเรชั่นจาก 200 เป็น 100 และจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ จาก 5 เป็น 10 (สังเกต จำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมด คือ จำนวนเจนเนอเรชั่นคูณด้วยจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ เท่ากับ 1000 เท่าเดิม) และจำนวนประชากรเท่ากับ 6 ค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ โดยพิจารณาการทดลองที่ 4 เปรียบเทียบกับการทดลองที่ 1 พบว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเท่ากัน แต่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบของการทดลองที่ 1 น้อยกว่า จึงเลือกจำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 และจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5
3. การทดลองที่ 5 เป็นการหาจำนวนสตริงที่สร้างใหม่ โดยการเปลี่ยนจำนวนสตริงที่สร้างใหม่จาก 3 เป็น 5 จำนวนประชากรเท่ากับ 6 จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5 และค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ จากนั้นทำการเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 1 พบว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเท่ากัน แต่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบของการทดลองที่ 1 น้อยกว่า จึงเลือกจำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 3
4. การทดลองที่ 6 ถึง 9 เป็นการหาวิธีการครอสโอเวอร์ โดยเปลี่ยนวิธีการครอสโอเวอร์จาก PMX เป็น OX (การทดลองที่ 6) CX (การทดลองที่ 7) PBX (การทดลองที่ 8) และ OBX (การทดลองที่ 9) ทำการเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 1 ที่ใช้วิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX โดยมีค่าพารามิเตอร์อื่นเหมือนกัน พบว่าการทดลองที่ 1 ยังคงให้ค่าฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ต่ำสุด และสามารถหาคำตอบได้เร็วที่สุดด้วย รองลงมาคือ การทดลองที่ 7 จึงเลือกวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX และ CX
5. พารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 3 คือ
   - จำนวนประชากรเท่ากับ 6
   - จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200
   - จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5
   - จำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 3
   - วิธีการครอสโอเวอร์คือ PMX และ CX

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.2.4 ปัญหาที่ 4

ปัญหาที่ 4 (รายละเอียดแสดงใน ภาคผนวก ค.2) มีจำนวนแผนก 10 แผนก ทำการทดลองเบื้องต้นได้ดังตารางที่ 7.6

ตารางที่ 7.6 *การทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 4*

การทดลองที่	จำนวนประชากร	จำนวนเจนเนอเรชั่น	จำนวนรอบการของการสร้างสตริงใหม่	จำนวนสตริงที่สร้างใหม่	ประเภทของครอสโอเวอร์	Pc	ประเภทของมิวเตชั่น	Pm	ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม ($*10^6$)	เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ
1	10	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	2.1341	804
2	15	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	2.1341	176
3	20	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	2.1341	83
4	15	100	10	5	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	2.1341	189
5	15	200	5	10	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	2.1341	104
6	15	200	5	10	OX	0.7	Reciprocal X	0.1	2.1341	204
7	15	200	5	10	CX	0.7	Reciprocal X	0.1	2.1341	754
8	15	200	5	10	PBX	0.7	Reciprocal X	0.1	2.1341	38
9	15	200	5	10	OBX	0.7	Reciprocal X	0.1	2.1341	556

จากตารางที่ 7.6 มีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้

กำหนดวิธีการครอสโอเวอร์ที่ใช้ในการทดลองที่ 1 ถึง 5 คือ PMX ส่วนความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.7 วิธีการมิวเตชั่นคือ Reciprocal Exchange ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเท่ากับ 0.1 และจำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมดเท่ากับ 1000 คงตัวทุกการทดลอง

1. การทดลองที่ 1 ถึง 3 เป็นการหาจำนวนประชากรจาก 3 ระดับคือ 10 15 และ 20 โดยคงค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ เมื่อพิจารณาจากค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม พบว่าเท่ากัน จึงพิจารณาเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ พบว่าจำนวนประชากรเท่ากับ 20 สามารถหาคำตอบได้เร็วที่สุด แต่สังเกตได้ว่าที่จำนวนประชากรเท่ากับ 15 ก็มีความสามารถในการหาคำตอบที่เท่ากันกับประชากรเท่ากับ 20 เพื่อความเหมาะสมจึงเลือกจำนวนประชากรเท่ากับ 15 เพราะเพียงพอต่อการหาคำตอบ
2. การทดลองที่ 4 เป็นการหาจำนวนเจนเนอเรชั่น พร้อมกับการหาจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ โดยการเปลี่ยนจำนวนเจนเนอเรชั่นจาก 200 เป็น 100 และจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ จาก 5 เป็น 10 (สังเกต จำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมด คือ จำนวนเจนเนอเรชั่นคูณด้วยจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ เท่ากับ 1000 เท่าเดิม) และจำนวนประชากรเท่ากับ 15 ค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ โดยพิจารณาการทดลองที่ 4 เปรียบเทียบกับการทดลองที่ 2 พบว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเท่ากัน แต่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบของการทดลองที่ 2 น้อยกว่า จึงเลือกจำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 และจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5
3. การทดลองที่ 5 เป็นการหาจำนวนสตริงที่สร้างใหม่ โดยการเปลี่ยนจำนวนสตริงที่สร้างใหม่จาก 5 เป็น 10 จำนวนประชากรเท่ากับ 15 จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5 และค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ จากนั้นทำการเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 2 พบว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเท่ากัน แต่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบของการทดลองที่ 5 น้อยกว่า จึงเลือกจำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 10
4. การทดลองที่ 6 ถึง 9 เป็นการหาวิธีการครอสโอเวอร์ โดยเปลี่ยนวิธีการครอสโอเวอร์จาก PMX เป็น OX (การทดลองที่ 6) CX (การทดลองที่ 7) PBX (การทดลองที่ 8) และ OBX (การทดลองที่ 9) จำนวนประชากรเท่ากับ 15 จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5 และจำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 10 โดยมีค่าพารามิเตอร์อื่นเหมือนเดิม โดยเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 5 พบว่าได้ค่าวัตถุประสงค์รวมเท่ากันหมด เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบน้อยคือการทดลองที่ 5 และ 8 จึงเลือกวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX และ PBX
5. พารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 4 คือ
   - จำนวนประชากรเท่ากับ 15
   - จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200
   - จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5
   - จำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 10
   - วิธีการครอสโอเวอร์คือ PMX และ PBX

7.2.5 ปัญหาที่ 5

ปัญหาที่ 5 (รายละเอียดแสดงใน ภาคผนวก ค.2) มีจำนวนแผนก 10 แผนก ทำการทดลองเบื้องต้นได้ดังตารางที่ 7.7

ตารางที่ 7.7 *การทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 5*

การทดลองที่	จำนวนประชากร	จำนวนเจนเนอเรชั่น	จำนวนรอบการของการสร้างสตริงใหม่	จำนวนสตริงที่สร้างใหม่	ประเภทของครอสโอเวอร์	Pc	ประเภทของมิวเตชั่น	Pm	ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม ($*10^6$)	เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ
1	10	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	2.1213	80
2	15	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	2.1213	4
3	20	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	2.1213	74
4	15	100	10	5	PMX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	2.1213	60
5	15	200	5	10	PMX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	2.1213	102
6	15	200	5	5	OX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	2.1213	97
7	15	200	5	5	CX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	2.2124	5
8	15	200	5	5	PBX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	2.1213	21
9	15	200	5	5	OBX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	2.1213	333

จากตารางที่ 7.7 มีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้

กำหนดวิธีการครอสโอเวอร์ที่ใช้ในการทดลองที่ 1 ถึง 5 คือ PMX ส่วนความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.7 วิธีการมิวเตชั่นคือ Reciprocal Exchange ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเท่ากับ 0.1 และจำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมดเท่ากับ 1000 คงตัวทุกการทดลอง

1. การทดลองที่ 1 ถึง 3 เป็นการหาจำนวนประชากรจาก 3 ระดับคือ 10 15 และ 20 โดยคงค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ เมื่อพิจารณาจากค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม พบว่าเท่ากัน จึงพิจารณาเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ พบว่าจำนวนประชากรเท่ากับ 15 สามารถหาคำตอบได้เร็วที่สุด จึงเลือกจำนวนประชากรเท่ากับ 15
2. การทดลองที่ 4 เป็นการหาจำนวนเจนเนอเรชั่น พร้อมกับการหาจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ โดยการเปลี่ยนจำนวนเจนเนอเรชั่นจาก 200 เป็น 100 และจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ จาก 5 เป็น 10 (สังเกต จำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมด คือ จำนวนเจนเนอเรชั่นคูณด้วยจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ เท่ากับ 1000 เท่าเดิม) และจำนวนประชากรเท่ากับ 15 ค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ โดยพิจารณาการทดลองที่ 4 เปรียบเทียบกับการทดลองที่ 2 พบว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเท่ากัน แต่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบของการทดลองที่ 2 น้อยกว่า จึงเลือกจำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 และจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5
3. การทดลองที่ 5 เป็นการหาจำนวนสตริงที่สร้างใหม่ โดยการเปลี่ยนจำนวนสตริงที่สร้างใหม่จาก 5 เป็น 10 จำนวนประชากรเท่ากับ 15 จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5 และค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ จากนั้นทำการเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 2 พบว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเท่ากัน แต่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบของการทดลองที่ 2 น้อยกว่า จึงเลือกจำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 5
4. การทดลองที่ 6 ถึง 9 เป็นการหาวิธีการครอสโอเวอร์ โดยเปลี่ยนวิธีการครอสโอเวอร์จาก PMX เป็น OX (การทดลองที่ 6) CX (การทดลองที่ 7) PBX (การทดลองที่ 8) และ OBX (การทดลองที่ 9) จำนวนประชากรเท่ากับ 15 จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5 และจำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 5 โดยมีค่าพารามิเตอร์อื่นเหมือนเดิม โดยเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 2 พบว่าค่าวัตถุประสงค์รวมของการครอสโอเวอร์แบบ PMX OX PBX และ OBX เท่ากัน และเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบน้อยที่สุดคือการทดลองที่ 2 และ 8 ตามลำดับ จึงเลือกวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX และ PBX
5. พารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 5 คือ
   - จำนวนประชากรเท่ากับ 15
   - จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200
   - จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5
   - จำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 5
   - วิธีการครอสโอเวอร์คือ PMX และ PBX

7.2.6 ปัญหาที่ 6

ปัญหาที่ 6 (รายละเอียดแสดงใน ภาคผนวก ค.2) มีจำนวนแผนก 10 แผนก ทำการทดลองเบื้องต้นได้ดังตารางที่ 7.8

ตารางที่ 7.8 *การทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 6*

การทดลองที่	จำนวนประชากร	จำนวนเจนเนอเรชั่น	จำนวนรอบการของการสร้างสตริงใหม่	จำนวนสตริงที่สร้างใหม่	ประเภทของครอสโอเวอร์	Pc	ประเภทของมิวเตชั่น	Pm	ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม ($*10^6$)	เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ
1	10	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	4.2286	193
2	15	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	4.2286	176
3	20	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	4.2286	145
4	15	100	10	5	PMX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	4.2286	506
5	15	200	5	10	PMX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	4.2286	187
6	15	200	5	5	OX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	4.8320	16
7	15	200	5	5	CX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	4.4979	131
8	15	200	5	5	PBX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	4.2286	38
9	15	200	5	5	OBX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	4.2286	356

จากตารางที่ 7.8 มีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้

กำหนดวิธีการครอสโอเวอร์ที่ใช้ในการทดลองที่ 1 ถึง 5 คือ PMX ส่วนความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.7 วิธีการมิวเตชั่นคือ Reciprocal Exchange ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเท่ากับ 0.1 และจำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมดเท่ากับ 1000 คงตัวทุกการทดลอง

1. การทดลองที่ 1 ถึง 3 เป็นการหาจำนวนประชากรจาก 3 ระดับคือ 10 15 และ 20 โดยคงค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ เมื่อพิจารณาจากค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม พบว่าเท่ากัน จึงพิจารณาเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ พบว่าจำนวนประชากรเท่ากับ 15 สามารถหาคำตอบได้เร็วที่สุด จึงเลือกจำนวนประชากรเท่ากับ 15
2. การทดลองที่ 4 เป็นการหาจำนวนเจนเนอเรชั่น พร้อมกับการหาจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ โดยการเปลี่ยนจำนวนเจนเนอเรชั่นจาก 200 เป็น 100 และจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ จาก 5 เป็น 10 (สังเกต จำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมด คือ จำนวนเจนเนอเรชั่นคูณด้วยจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ เท่ากับ 1000 เท่าเดิม) และจำนวนประชากรเท่ากับ 15 ค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ โดยพิจารณาการทดลองที่ 4 เปรียบเทียบกับการทดลองที่ 2 พบว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเท่ากัน แต่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบของการทดลองที่ 2 น้อยกว่า จึงเลือกจำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 และจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5
3. การทดลองที่ 5 เป็นการหาจำนวนสตริงที่สร้างใหม่ โดยการเปลี่ยนจำนวนสตริงที่สร้างใหม่จาก 5 เป็น 10 จำนวนประชากรเท่ากับ 15 จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5 และค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ จากนั้นทำการเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 2 พบว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเท่ากัน แต่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบของการทดลองที่ 2 น้อยกว่า จึงเลือกจำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 5
4. การทดลองที่ 6 ถึง 9 เป็นการหาวิธีการครอสโอเวอร์ โดยเปลี่ยนวิธีการครอสโอเวอร์จาก PMX เป็น OX (การทดลองที่ 6) CX (การทดลองที่ 7) PBX (การทดลองที่ 8) และ OBX (การทดลองที่ 9) จำนวนประชากรเท่ากับ 15 จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5 และจำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 5 โดยมีค่าพารามิเตอร์อื่นเหมือนเดิม โดยเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 2 พบว่าค่าวัตถุประสงค์รวมของการครอสโอเวอร์แบบ PMX PBX และ OBX เท่ากัน และเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบน้อยที่สุดคือการทดลองที่ 2 และ 8 ตามลำดับ จึงเลือกวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX และ PBX
5. พารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 6 คือ
   - จำนวนประชากรเท่ากับ 15
   - จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200
   - จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5
   - จำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 5
   - วิธีการครอสโอเวอร์คือ PMX และ PBX

7.2.7 ปัญหาที่ 7

ปัญหาที่ 7 (รายละเอียดแสดงใน ภาคผนวก ค.3) มีจำนวนแผนก 20 แผนก ทำการทดลองเบื้องต้นได้ดังตารางที่ 7.9

ตารางที่ 7.9 *การทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 7*

การทดลองที่	จำนวนประชากร	จำนวนเจนเนอเรชั่น	จำนวนรอบการของการสร้างสตริงใหม่	จำนวนสตริงที่สร้างใหม่	ประเภทของครอสโอเวอร์	Pc	ประเภทของมิวเตชั่น	Pm	ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม ($*10^8$)	เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ
1	10	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	1.2790	711
2	15	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	1.2043	750
3	20	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	0.94505	976
4	20	100	10	5	PMX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	1.2043	789
5	20	200	5	10	PMX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	1.2975	802
6	20	200	5	5	OX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	1.4177	625
7	20	200	5	5	CX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	1.1668	398
8	20	200	5	5	PBX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	1.0622	250
9	20	200	5	5	OBX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	1.7158	645

จากตารางที่ 7.9 มีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้

กำหนดวิธีการครอสโอเวอร์ที่ใช้ในการทดลองที่ 1 ถึง 5 คือ PMX ส่วนความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.7 วิธีการมิวเตชั่นคือ Reciprocal Exchange ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเท่ากับ 0.1 และจำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมดเท่ากับ 1000 คงตัวทุกการทดลอง

1. การทดลองที่ 1 ถึง 3 เป็นการหาจำนวนประชากรจาก 3 ระดับคือ 10 15 และ 20 โดยคงค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ เมื่อพิจารณาจากค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม พบว่าไม่เท่ากัน จึงพิจารณาเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ พบว่าจำนวนประชากรเท่ากับ 20 สามารถหาค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมต่ำที่สุด จึงเลือกจำนวนประชากรเท่ากับ 20
2. การทดลองที่ 4 เป็นการหาจำนวนเจนเนอเรชั่น พร้อมกับการหาจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ โดยการเปลี่ยนจำนวนเจนเนอเรชั่นจาก 200 เป็น 100 และจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ จาก 5 เป็น 10 (สังเกต จำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมด คือ จำนวนเจนเนอเรชั่นคูณด้วยจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ เท่ากับ 1000 เท่าเดิม) และจำนวนประชากรเท่ากับ 20 ค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ โดยพิจารณาการทดลองที่ 4 เปรียบเทียบกับการทดลองที่ 3 พบว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมของการทดลองที่ 3 ต่ำกว่า จึงเลือกจำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 และจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5
3. การทดลองที่ 5 เป็นการหาจำนวนสตริงที่สร้างใหม่ โดยการเปลี่ยนจำนวนสตริงที่สร้างใหม่จาก 5 เป็น 10 จำนวนประชากรเท่ากับ 20 จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5 และค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ จากนั้นทำการเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 3 พบว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมของการทดลองที่ 3 ต่ำกว่า จึงเลือกจำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 5
4. การทดลองที่ 6 ถึง 9 เป็นการหาวิธีการครอสโอเวอร์ โดยเปลี่ยนวิธีการครอสโอเวอร์จาก PMX เป็น OX (การทดลองที่ 6) CX (การทดลองที่ 7) PBX (การทดลองที่ 8) และ OBX (การทดลองที่ 9) จำนวนประชากรเท่ากับ 20 จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5 และจำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 5 โดยมีค่าพารามิเตอร์อื่นเหมือนเดิม โดยเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 3 พบว่าค่าวัตถุประสงค์รวมของ การทดลองที่ 3 ต่ำที่สุด รองลงมาคือการทดลองที่ 8 จึงเลือกวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX และ PBX
5. พารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 7 คือ
   - จำนวนประชากรเท่ากับ 20
   - จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200
   - จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5
   - จำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 5
   - วิธีการครอสโอเวอร์คือ PMX และ PBX

7.2.8 ปัญหาที่ 8

ปัญหาที่ 8 (รายละเอียดแสดงใน ภาคผนวก ค.3) มีจำนวนแผนก 20 แผนก ทำการทดลองเบื้องต้นได้ดังตารางที่ 7.10

ตารางที่ 7.10 *การทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 8*

การทดลองที่	จำนวนประชากร	จำนวนเจนเนอเรชั่น	จำนวนรอบการของการสร้างสตริงใหม่	จำนวนสตริงที่สร้างใหม่	ประเภทของครอสโอเวอร์	Pc	ประเภทของมิวเตชั่น	Pm	ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม ($*10^8$)	เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ
1	10	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	1.9318	221
2	15	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	1.0088	658
3	20	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	9.8329	855
4	20	100	10	5	PMX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	1.0279	489
5	20	200	5	10	PMX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	1.1363	328
6	20	200	5	5	OX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	1.0088	12
7	20	200	5	5	CX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	1.0279	89
8	20	200	5	5	PBX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	1.0044	564
9	20	200	5	5	OBX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	1.0279	843

จากตารางที่ 7.10 มีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้

กำหนดวิธีการครอสโอเวอร์ที่ใช้ในการทดลองที่ 1 ถึง 5 คือ PMX ส่วนความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.7 วิธีการมิวเตชั่นคือ Reciprocal Exchange ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเท่ากับ 0.1 และจำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมดเท่ากับ 1000 คงตัวทุกการทดลอง

1. การทดลองที่ 1 ถึง 3 เป็นการหาจำนวนประชากรจาก 3 ระดับคือ 10 15 และ 20 โดยคงค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ เมื่อพิจารณาจากค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม พบว่าไม่เท่ากัน จึงพิจารณาเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ พบว่าจำนวนประชากรเท่ากับ 20 สามารถหาค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมต่ำที่สุด จึงเลือกจำนวนประชากรเท่ากับ 20
2. การทดลองที่ 4 เป็นการหาจำนวนเจนเนอเรชั่น พร้อมกับการหาจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ โดยการเปลี่ยนจำนวนเจนเนอเรชั่นจาก 200 เป็น 100 และจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ จาก 5 เป็น 10 (สังเกต จำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมด คือ จำนวนเจนเนอเรชั่นคูณด้วยจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ เท่ากับ 1000 เท่าเดิม) และจำนวนประชากรเท่ากับ 20 ค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ โดยพิจารณาการทดลองที่ 4 เปรียบเทียบกับการทดลองที่ 3 พบว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมของการทดลองที่ 3 ต่ำกว่า จึงเลือกจำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 และจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5
3. การทดลองที่ 5 เป็นการหาจำนวนสตริงที่สร้างใหม่ โดยการเปลี่ยนจำนวนสตริงที่สร้างใหม่จาก 5 เป็น 10 จำนวนประชากรเท่ากับ 20 จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5 และค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ จากนั้นทำการเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 3 พบว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมของการทดลองที่ 3 ต่ำกว่า จึงเลือกจำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 5
4. การทดลองที่ 6 ถึง 9 เป็นการหาวิธีการครอสโอเวอร์ โดยเปลี่ยนวิธีการครอสโอเวอร์จาก PMX เป็น OX (การทดลองที่ 6) CX (การทดลองที่ 7) PBX (การทดลองที่ 8) และ OBX (การทดลองที่ 9) จำนวนประชากรเท่ากับ 20 จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5 และจำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 5 โดยมีค่าพารามิเตอร์อื่นเหมือนเดิม โดยเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 3 พบว่าค่าวัตถุประสงค์รวมของ การทดลองที่ 3 ต่ำที่สุด รองลงมาคือการทดลองที่ 8 จึงเลือกวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX และ PBX
5. พารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 8 คือ
   - จำนวนประชากรเท่ากับ 20
   - จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200
   - จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5
   - จำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 5
   - วิธีการครอสโอเวอร์คือ PMX และ PBX

7.2.9 ปัญหาที่ 9

ปัญหาที่ 9 (รายละเอียดแสดงใน ภาคผนวก ค.3) มีจำนวนแผนก 20 แผนก ทำการทดลองเบื้องต้นได้ดังตารางที่ 7.11

ตารางที่ 7.11 *การทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 9*

การทดลองที่	จำนวนประชากร	จำนวนเจนเนอเรชั่น	จำนวนรอบการของการสร้างสตริงใหม่	จำนวนสตริงที่สร้างใหม่	ประเภทของครอสโอเวอร์	Pc	ประเภทของมิวเตชั่น	Pm	ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม ($*10^8$)	เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ
1	10	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	3.0971	631
2	15	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	2.5252	587
3	20	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	1.8127	593
4	20	100	10	5	PMX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	2.4243	758
5	20	200	5	10	PMX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	2.1841	984
6	20	200	5	5	OX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	2.9096	224
7	20	200	5	5	CX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	2.5252	219
8	20	200	5	5	PBX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	1.8420	225
9	20	200	5	5	OBX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	2.7922	862

จากตารางที่ 7.11 มีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้

กำหนดวิธีการครอสโอเวอร์ที่ใช้ในการทดลองที่ 1 ถึง 5 คือ PMX ส่วนความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.7 วิธีการมิวเตชั่นคือ Reciprocal Exchange ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเท่ากับ 0.1 และจำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมดเท่ากับ 1000 คงตัวทุกการทดลอง

1. การทดลองที่ 1 ถึง 3 เป็นการหาจำนวนประชากรจาก 3 ระดับคือ 10 15 และ 20 โดยคงค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ เมื่อพิจารณาจากค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม พบว่าไม่เท่ากัน จึงพิจารณาเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ พบว่าจำนวนประชากรเท่ากับ 20 สามารถหาค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมต่ำที่สุด จึงเลือกจำนวนประชากรเท่ากับ 20
2. การทดลองที่ 4 เป็นการหาจำนวนเจนเนอเรชั่น พร้อมกับการหาจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ โดยการเปลี่ยนจำนวนเจนเนอเรชั่นจาก 200 เป็น 100 และจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ จาก 5 เป็น 10 (สังเกต จำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมด คือ จำนวนเจนเนอเรชั่นคูณด้วยจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ เท่ากับ 1000 เท่าเดิม) และจำนวนประชากรเท่ากับ 20 ค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ โดยพิจารณาการทดลองที่ 4 เปรียบเทียบกับการทดลองที่ 3 พบว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมของการทดลองที่ 3 ต่ำกว่า จึงเลือกจำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 และจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5
3. การทดลองที่ 5 เป็นการหาจำนวนสตริงที่สร้างใหม่ โดยการเปลี่ยนจำนวนสตริงที่สร้างใหม่จาก 5 เป็น 10 จำนวนประชากรเท่ากับ 20 จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5 และค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ จากนั้นทำการเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 3 พบว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมของการทดลองที่ 3 ต่ำกว่า จึงเลือกจำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 5
4. การทดลองที่ 6 ถึง 9 เป็นการหาวิธีการครอสโอเวอร์ โดยเปลี่ยนวิธีการครอสโอเวอร์จาก PMX เป็น OX (การทดลองที่ 6) CX (การทดลองที่ 7) PBX (การทดลองที่ 8) และ OBX (การทดลองที่ 9) จำนวนประชากรเท่ากับ 20 จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5 และจำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 5 โดยมีค่าพารามิเตอร์อื่นเหมือนเดิม โดยเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 3 พบว่าค่าวัตถุประสงค์รวมของ การทดลองที่ 3 ต่ำที่สุด รองลงมาคือการทดลองที่ 8 จึงเลือกวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX และ PBX
5. พารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 9 คือ
   - จำนวนประชากรเท่ากับ 20
   - จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200
   - จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5
   - จำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 5
   - วิธีการครอสโอเวอร์คือ PMX และ PBX

7.2.10 ปัญหาที่ 10

ปัญหาที่ 10 (รายละเอียดแสดงใน ภาคผนวก ค.4) มีจำนวนแผนก 15 แผนก ทำการทดลองเบื้องต้นได้ดังตารางที่ 7.12

ตารางที่ 7.12 *การทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 10*

การทดลองที่	จำนวนประชากร	จำนวนเจนเนอเรชั่น	จำนวนรอบการของการสร้างสตริงใหม่	จำนวนสตริงที่สร้างใหม่	ประเภทของครอสโอเวอร์	Pc	ประเภทของมิวเตชั่น	Pm	ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม ($*10^7$)	เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ
1	10	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	1.8976	620
2	15	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	1.8914	637
3	20	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	1.8914	442
4	20	100	10	5	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	1.9556	691
5	20	200	5	10	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	2.0843	702
6	20	200	5	5	OX	0.7	Reciprocal X	0.1	2.2084	520
7	20	200	5	5	CX	0.7	Reciprocal X	0.1	2.3783	601
8	20	200	5	5	PBX	0.7	Reciprocal X	0.1	1.7869	681
9	20	200	5	5	OBX	0.7	Reciprocal X	0.1	2.1922	562

จากตารางที่ 7.12 มีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้

กำหนดวิธีการครอสโอเวอร์ที่ใช้ในการทดลองที่ 1 ถึง 5 คือ PMX ส่วนความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.7 วิธีการมิวเตชั่นคือ Reciprocal Exchange ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเท่ากับ 0.1 และจำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมดเท่ากับ 1000 คงตัวทุกการทดลอง

1. การทดลองที่ 1 ถึง 3 เป็นการหาจำนวนประชากรจาก 3 ระดับคือ 10 15 และ 20 โดยคงค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ เมื่อพิจารณาจากค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม พบว่าไม่เท่ากัน จึงพิจารณาเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ พบว่าจำนวนประชากรเท่ากับ 20 สามารถหาค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมต่ำที่สุด จึงเลือกจำนวนประชากรเท่ากับ 20
2. การทดลองที่ 4 เป็นการหาจำนวนเจนเนอเรชั่น พร้อมกับการหาจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ โดยการเปลี่ยนจำนวนเจนเนอเรชั่นจาก 200 เป็น 100 และจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ จาก 5 เป็น 10 (สังเกต จำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมด คือ จำนวนเจนเนอเรชั่นคูณด้วยจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ เท่ากับ 1000 เท่าเดิม) และจำนวนประชากรเท่ากับ 20 ค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ โดยพิจารณาการทดลองที่ 4 เปรียบเทียบกับการทดลองที่ 3 พบว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมของการทดลองที่ 3 ต่ำกว่า จึงเลือกจำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 และจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5
3. การทดลองที่ 5 เป็นการหาจำนวนสตริงที่สร้างใหม่ โดยการเปลี่ยนจำนวนสตริงที่สร้างใหม่จาก 5 เป็น 10 จำนวนประชากรเท่ากับ 20 จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5 และค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ จากนั้นทำการเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 3 พบว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมของการทดลองที่ 3 ต่ำกว่า จึงเลือกจำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 5
4. การทดลองที่ 6 ถึง 9 เป็นการหาวิธีการครอสโอเวอร์ โดยเปลี่ยนวิธีการครอสโอเวอร์จาก PMX เป็น OX (การทดลองที่ 6) CX (การทดลองที่ 7) PBX (การทดลองที่ 8) และ OBX (การทดลองที่ 9) จำนวนประชากรเท่ากับ 20 จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5 และจำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 5 โดยมีค่าพารามิเตอร์อื่นเหมือนเดิม โดยเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 3 พบว่าค่าวัตถุประสงค์รวมของ การทดลองที่ 8 ต่ำที่สุด รองลงมาคือการทดลองที่ 3 จึงเลือกวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX และ PBX
5. พารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 9 คือ
   - จำนวนประชากรเท่ากับ 20
   - จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200
   - จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5
   - จำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 5
   - วิธีการครอสโอเวอร์คือ PMX และ PBX

7.2.11 ปัญหาที่ 11

ปัญหาที่ 11 (รายละเอียดแสดงใน ภาคผนวก ค.4) มีจำนวนแผนก 15 แผนก ทำการทดลองเบื้องต้นได้ดังตารางที่ 7.13

ตารางที่ 7.13 *การทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 11*

การทดลองที่	จำนวนประชากร	จำนวนเจนเนอเรชั่น	จำนวนรอบการของการสร้างสตริงใหม่	จำนวนสตริงที่สร้างใหม่	ประเภทของครอสโอเวอร์	Pc	ประเภทของมิวเตชั่น	Pm	ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม ($*10^7$)	เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ
1	10	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	5.0393	754
2	15	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	4.6553	832
3	20	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	3.6125	664
4	20	100	10	5	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	4.8463	485
5	20	200	5	10	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	4.8173	694
6	20	200	5	5	OX	0.7	Reciprocal X	0.1	4.9717	752
7	20	200	5	5	CX	0.7	Reciprocal X	0.1	4.6403	109
8	20	200	5	5	PBX	0.7	Reciprocal X	0.1	4.8173	694
9	20	200	5	5	OBX	0.7	Reciprocal X	0.1	5.0393	366

จากตารางที่ 7.13 มีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้

กำหนดวิธีการครอสโอเวอร์ที่ใช้ในการทดลองที่ 1 ถึง 5 คือ PMX ส่วนความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.7 วิธีการมิวเตชั่นคือ Reciprocal Exchange ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเท่ากับ 0.1 และจำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมดเท่ากับ 1000 คงตัวทุกการทดลอง

1. การทดลองที่ 1 ถึง 3 เป็นการหาจำนวนประชากรจาก 3 ระดับคือ 10 15 และ 20 โดยคงค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ เมื่อพิจารณาจากค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม พบว่าไม่เท่ากัน จึงพิจารณาเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ พบว่าจำนวนประชากรเท่ากับ 20 สามารถหาค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมต่ำที่สุด จึงเลือกจำนวนประชากรเท่ากับ 20
2. การทดลองที่ 4 เป็นการหาจำนวนเจนเนอเรชั่น พร้อมกับการหาจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ โดยการเปลี่ยนจำนวนเจนเนอเรชั่นจาก 200 เป็น 100 และจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ จาก 5 เป็น 10 (สังเกต จำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมด คือ จำนวนเจนเนอเรชั่นคูณด้วยจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ เท่ากับ 1000 เท่าเดิม) และจำนวนประชากรเท่ากับ 20 ค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ โดยพิจารณาการทดลองที่ 4 เปรียบเทียบกับการทดลองที่ 3 พบว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมของการทดลองที่ 3 ต่ำกว่า จึงเลือกจำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 และจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5
3. การทดลองที่ 5 เป็นการหาจำนวนสตริงที่สร้างใหม่ โดยการเปลี่ยนจำนวนสตริงที่สร้างใหม่จาก 5 เป็น 10 จำนวนประชากรเท่ากับ 20 จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5 และค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ จากนั้นทำการเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 3 พบว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมของการทดลองที่ 3 ต่ำกว่า จึงเลือกจำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 5
4. การทดลองที่ 6 ถึง 9 เป็นการหาวิธีการครอสโอเวอร์ โดยเปลี่ยนวิธีการครอสโอเวอร์จาก PMX เป็น OX (การทดลองที่ 6) CX (การทดลองที่ 7) PBX (การทดลองที่ 8) และ OBX (การทดลองที่ 9) จำนวนประชากรเท่ากับ 20 จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5 และจำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 5 โดยมีค่าพารามิเตอร์อื่นเหมือนเดิม โดยเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 3 พบว่าค่าวัตถุประสงค์รวมของ การทดลองที่ 3 ต่ำที่สุด รองลงมาคือการทดลองที่ 7 จึงเลือกวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX และ CX
5. พารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 9 คือ
   - จำนวนประชากรเท่ากับ 20
   - จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200
   - จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5
   - จำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 5
   - วิธีการครอสโอเวอร์คือ PMX และ CX

7.2.12 ปัญหาที่ 12

ปัญหาที่ 12 (รายละเอียดแสดงใน ภาคผนวก ค.4) มีจำนวนแผนก 15 แผนก ทำการทดลองเบื้องต้นได้ดังตารางที่ 7.14

ตารางที่ 7.14 *การทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 12*

การทดลองที่	จำนวนประชากร	จำนวนเจนเนอเรชั่น	จำนวนรอบการของการสร้างสตริงใหม่	จำนวนสตริงที่สร้างใหม่	ประเภทของครอสโอเวอร์	Pc	ประเภทของมิวเตชั่น	Pm	ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม ($*10^7$)	เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ
1	10	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	8.8324	598
2	15	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	8.8324	156
3	20	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	8.2214	58
4	20	100	10	5	PMX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	8.3010	546
5	20	200	5	10	PMX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	8.2864	448
6	20	200	5	5	OX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	9.2446	655
7	20	200	5	5	CX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	8.8381	286
8	20	200	5	5	PBX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	0.8945	726
9	20	200	5	5	OBX	0.7	Reciprocal Exchange	0.1	92.446	127

จากตารางที่ 7.14 มีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้

กำหนดวิธีการครอสโอเวอร์ที่ใช้ในการทดลองที่ 1 ถึง 5 คือ PMX ส่วนความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.7 วิธีการมิวเตชั่นคือ Reciprocal Exchange ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเท่ากับ 0.1 และจำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมดเท่ากับ 1000 คงตัวทุกการทดลอง

1. การทดลองที่ 1 ถึง 3 เป็นการหาจำนวนประชากรจาก 3 ระดับคือ 10 15 และ 20 โดยคงค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ เมื่อพิจารณาจากค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม พบว่าไม่เท่ากัน จึงพิจารณาเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ พบว่าจำนวนประชากรเท่ากับ 20 สามารถหาค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมต่ำที่สุด จึงเลือกจำนวนประชากรเท่ากับ 20
2. การทดลองที่ 4 เป็นการหาจำนวนเจนเนอเรชั่น พร้อมกับการหาจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ โดยการเปลี่ยนจำนวนเจนเนอเรชั่นจาก 200 เป็น 100 และจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ จาก 5 เป็น 10 (สังเกต จำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมด คือ จำนวนเจนเนอเรชั่นคูณด้วยจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ เท่ากับ 1000 เท่าเดิม) และจำนวนประชากรเท่ากับ 20 ค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ โดยพิจารณาการทดลองที่ 4 เปรียบเทียบกับการทดลองที่ 3 พบว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมของการทดลองที่ 3 ต่ำกว่า จึงเลือกจำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 และจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5
3. การทดลองที่ 5 เป็นการหาจำนวนสตริงที่สร้างใหม่ โดยการเปลี่ยนจำนวนสตริงที่สร้างใหม่จาก 5 เป็น 10 จำนวนประชากรเท่ากับ 20 จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5 และค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ จากนั้นทำการเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 3 พบว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมของการทดลองที่ 3 ต่ำกว่า จึงเลือกจำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 5
4. การทดลองที่ 6 ถึง 9 เป็นการหาวิธีการครอสโอเวอร์ โดยเปลี่ยนวิธีการครอสโอเวอร์จาก PMX เป็น OX (การทดลองที่ 6) CX (การทดลองที่ 7) PBX (การทดลองที่ 8) และ OBX (การทดลองที่ 9) จำนวนประชากรเท่ากับ 20 จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5 และจำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 5 โดยมีค่าพารามิเตอร์อื่นเหมือนเดิม โดยเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 3 พบว่าค่าวัตถุประสงค์รวมของ การทดลองที่ 3 ต่ำที่สุด รองลงมาคือการทดลองที่ 7 จึงเลือกวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX และ CX
5. พารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 9 คือ
   - จำนวนประชากรเท่ากับ 20
   - จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200
   - จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5
   - จำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 5
   - วิธีการครอสโอเวอร์คือ PMX และ CX

7.2.13 ปัญหาที่ 13

ปัญหาที่ 13 (รายละเอียดแสดงใน ภาคผนวก ค.4) มีจำนวนแผนก 15 แผนก ทำการทดลองเบื้องต้นได้ดังตารางที่ 7.15

ตารางที่ 7.15 *การทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 13*

การทดลองที่	จำนวนประชากร	จำนวนเจนเนอเรชั่น	จำนวนรอบการของการสร้างสตริงใหม่	จำนวนสตริงที่สร้างใหม่	ประเภทของครอสโอเวอร์	Pc	ประเภทของมิวเตชั่น	Pm	ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม ($*10^8$)	เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ
1	10	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	1.1796	20
2	15	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	1.1681	442
3	20	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	1.0539	815
4	20	100	10	5	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	1.0906	511
5	20	200	5	10	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	1.1022	639
6	20	200	5	5	OX	0.7	Reciprocal X	0.1	1.1148	825
7	20	200	5	5	CX	0.7	Reciprocal X	0.1	1.0988	571
8	20	200	5	5	PBX	0.7	Reciprocal X	0.1	1.0726	678
9	20	200	5	5	OBX	0.7	Reciprocal X	0.1	1.1681	145

จากตารางที่ 7.15 มีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้

กำหนดวิธีการครอสโอเวอร์ที่ใช้ในการทดลองที่ 1 ถึง 5 คือ PMX ส่วนความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.7 วิธีการมิวเตชั่นคือ Reciprocal Exchange ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเท่ากับ 0.1 และจำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมดเท่ากับ 1000 คงตัวทุกการทดลอง

1. การทดลองที่ 1 ถึง 3 เป็นการหาจำนวนประชากรจาก 3 ระดับคือ 10 15 และ 20 โดยคงค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ เมื่อพิจารณาจากค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม พบว่าไม่เท่ากัน จึงพิจารณาเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ พบว่าจำนวนประชากรเท่ากับ 20 สามารถหาค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมต่ำที่สุด จึงเลือกจำนวนประชากรเท่ากับ 20
2. การทดลองที่ 4 เป็นการหาจำนวนเจนเนอเรชั่น พร้อมกับการหาจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ โดยการเปลี่ยนจำนวนเจนเนอเรชั่นจาก 200 เป็น 100 และจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ จาก 5 เป็น 10 (สังเกต จำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมด คือ จำนวนเจนเนอเรชั่นคูณด้วยจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ เท่ากับ 1000 เท่าเดิม) และจำนวนประชากรเท่ากับ 20 ค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ โดยพิจารณาการทดลองที่ 4 เปรียบเทียบกับการทดลองที่ 3 พบว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมของการทดลองที่ 3 ต่ำกว่า จึงเลือกจำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 และจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5
3. การทดลองที่ 5 เป็นการหาจำนวนสตริงที่สร้างใหม่ โดยการเปลี่ยนจำนวนสตริงที่สร้างใหม่จาก 5 เป็น 10 จำนวนประชากรเท่ากับ 20 จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5 และค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ จากนั้นทำการเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 3 พบว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมของการทดลองที่ 3 ต่ำกว่า จึงเลือกจำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 5
4. การทดลองที่ 6 ถึง 9 เป็นการหาวิธีการครอสโอเวอร์ โดยเปลี่ยนวิธีการครอสโอเวอร์จาก PMX เป็น OX (การทดลองที่ 6) CX (การทดลองที่ 7) PBX (การทดลองที่ 8) และ OBX (การทดลองที่ 9) จำนวนประชากรเท่ากับ 20 จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5 และจำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 5 โดยมีค่าพารามิเตอร์อื่นเหมือนเดิม โดยเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 3 พบว่าค่าวัตถุประสงค์รวมของ การทดลองที่ 3 ต่ำที่สุด รองลงมาคือการทดลองที่ 8 จึงเลือกวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX และ PBX
5. พารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 9 คือ
   - จำนวนประชากรเท่ากับ 20
   - จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200
   - จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5
   - จำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 5
   - วิธีการครอสโอเวอร์คือ PMX และ PBX

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.2.14 ปัญหาที่ 14

ปัญหาที่ 14 (รายละเอียดแสดงใน ภาคผนวก ค.4) มีจำนวนแผนก 15 แผนก ทำการทดลองเบื้องต้นได้ดังตารางที่ 7.16

ตารางที่ 7.16 *การทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 14*

การทดลองที่	จำนวนประชากร	จำนวนเจนเนอเรชั่น	จำนวนรอบการของการสร้างสตริงใหม่	จำนวนสตริงที่สร้างใหม่	ประเภทของครอสโอเวอร์	Pc	ประเภทของมิวเตชั่น	Pm	ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม ($*10^8$)	เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ
1	10	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	2.7244	458
2	15	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	2.0816	620
3	20	200	5	5	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	1.5634	993
4	20	100	10	5	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	1.7686	982
5	20	200	5	10	PMX	0.7	Reciprocal X	0.1	1.9311	847
6	20	200	5	5	OX	0.7	Reciprocal X	0.1	1.9579	331
7	20	200	5	5	CX	0.7	Reciprocal X	0.1	2.1125	258
8	20	200	5	5	PBX	0.7	Reciprocal X	0.1	1.9238	883
9	20	200	5	5	OBX	0.7	Reciprocal X	0.1	2.0196	769

จากตารางที่ 7.16 มีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้

กำหนดวิธีการครอสโอเวอร์ที่ใช้ในการทดลองที่ 1 ถึง 5 คือ PMX ส่วนความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.7 วิธีการมิวเตชั่นคือ Reciprocal Exchange ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเท่ากับ 0.1 และจำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมดเท่ากับ 1000 คงตัวทุกการทดลอง

1. การทดลองที่ 1 ถึง 3 เป็นการหาจำนวนประชากรจาก 3 ระดับคือ 10 15 และ 20 โดยคงค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ เมื่อพิจารณาจากค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม พบว่าไม่เท่ากัน จึงพิจารณาเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ พบว่าจำนวนประชากรเท่ากับ 20 สามารถหาค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมต่ำที่สุด จึงเลือกจำนวนประชากรเท่ากับ 20
2. การทดลองที่ 4 เป็นการหาจำนวนเจนเนอเรชั่น พร้อมกับการหาจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ โดยการเปลี่ยนจำนวนเจนเนอเรชั่นจาก 200 เป็น 100 และจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ จาก 5 เป็น 10 (สังเกต จำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมด คือ จำนวนเจนเนอเรชั่นคูณด้วยจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ เท่ากับ 1000 เท่าเดิม) และจำนวนประชากรเท่ากับ 20 ค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ โดยพิจารณาการทดลองที่ 4 เปรียบเทียบกับการทดลองที่ 3 พบว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมของการทดลองที่ 3 ต่ำกว่า จึงเลือกจำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 และจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5
3. การทดลองที่ 5 เป็นการหาจำนวนสตริงที่สร้างใหม่ โดยการเปลี่ยนจำนวนสตริงที่สร้างใหม่จาก 5 เป็น 10 จำนวนประชากรเท่ากับ 20 จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5 และค่าพารามิเตอร์อื่นคงที่ จากนั้นทำการเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 3 พบว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมของการทดลองที่ 3 ต่ำกว่า จึงเลือกจำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 5
4. การทดลองที่ 6 ถึง 9 เป็นการหาวิธีการครอสโอเวอร์ โดยเปลี่ยนวิธีการครอสโอเวอร์จาก PMX เป็น OX (การทดลองที่ 6) CX (การทดลองที่ 7) PBX (การทดลองที่ 8) และ OBX (การทดลองที่ 9) จำนวนประชากรเท่ากับ 20 จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200 จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5 และจำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 5 โดยมีค่าพารามิเตอร์อื่นเหมือนเดิม โดยเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 3 พบว่าค่าวัตถุประสงค์รวมของ การทดลองที่ 3 ต่ำที่สุด รองลงมาคือการทดลองที่ 8 จึงเลือกวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX และ PBX
5. พารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 9 คือ
   - จำนวนประชากรเท่ากับ 20
   - จำนวนเจนเนอเรชั่นเท่ากับ 200
   - จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่เท่ากับ 5
   - จำนวนสตริงที่สร้างใหม่เท่ากับ 5
   - วิธีการครอสโอเวอร์คือ PMX และ PBX

7.2.15 สรุปค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองเบื้องต้น

จากการทดลองเบื้องต้นของปัญหาทั้ง 14 ปัญหาสามารถสรุปค่าพารามิเตอร์ดังแสดงในตารางที่ 7.17

***ตารางที่ 7.17** สรุปค่าพารามิเตอร์ของการทดลองเบื้องต้น*

ปัญหาที่	จำนวนประชากร	จำนวนเจเนอเรชั่น	จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่	จำนวนสตริงที่สร้างใหม่	วิธีการครอสโอเวอร์
1	6	200	5	3	1) PMX 2) OX
2	6	200	5	3	1) PMX 2) PBX
3	6	200	5	3	1) PMX 2) CX
4	15	200	5	10	1) PMX 2) PBX
5	15	200	5	5	1) PMX 2) PBX
6	15	200	5	5	1) PMX 2) PBX
7	20	200	5	5	1) PMX 2) PBX
8	20	200	5	5	1) PMX 2) PBX
9	20	200	5	5	1) PMX 2) PBX
10	20	200	5	5	1) PMX 2) PBX
11	20	200	5	5	1) PMX 2) CX
12	20	200	5	5	1) PMX 2) CX
13	20	200	5	5	1) PMX 2) PBX
14	20	200	5	5	1) PMX 2) PBX

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.2.16 การให้เหตุผลของจำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมด

จากตารางที่ 7.12 จะเห็นได้ว่าจำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมด (จำนวนเจนเนอเรชั่นคูณกับจำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่) ของแต่ละปัญหามีค่าเท่ากันคือเท่ากับ 1000 เมื่อพิจารณาจากปัญหาที่มีจำนวนแผนก 6 แผนก (ปัญหาที่ 1 – 3) พบว่า การกำหนดจำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมดเท่ากับ 1000 สามารถยอมรับได้

กล่าวคือ ความสามารถในการหาคำตอบของเจนเนติกอัลกอริทึมของแต่ละการทดลองสามารถพบคำตอบที่เป็นค่าเดียวกัน หรือบางการทดลองใกล้เคียงกัน จนอาจกล่าวได้ว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมดังกล่าวเป็นคำตอบของปัญหาแล้วนั่นเอง เช่น จากตารางที่ 7.3 (ปัญหาที่ 1) จะเห็นได้ว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมซ้ำกันตั้งแต่การทดลองที่ 1 จนถึงการทดลองที่ 7 แต่การทดลองที่ 8 และการทดลองที่ 9 พบค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมที่ต่างออกไป ซึ่งเมื่อพิจารณาลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ จะเห็นได้ว่าทุกการทดลองมีความสามารถหาคำตอบจนเจอคำตอบในลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นไม่เกิน 80 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมด (1000) ซึ่งสามารถยอมรับได้ จึงอาจกล่าวได้ว่าจำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมดเท่ากับ 1000 เพียงพอต่อการหาคำตอบแล้วนั่นเอง

เช่นเดียวกับปัญหาที่มีจำนวนแผนก 10 แผนก (ปัญหาที่ 4 – 6) เหตุผลของการยอมรับจำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมดเท่ากับ 1000 เหมือนกับปัญหาที่มีจำนวนแผนก 6 แผนก

สำหรับปัญหาที่มีจำนวนมากกว่า 15 แผนกขึ้นไป (ปัญหาที่ 7 – 14) เมื่อพิจารณาจากตารางการทดลองเบื้องต้นของแต่ละปัญหา (ตารางที่ 7.9 – ตารางที่ 7.16) จะสังเกตได้ว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมไม่ซ้ำกัน หรือมีค่าไม่แน่นอน เนื่องมาจากผังโรงงานมีขนาดใหญ่ขึ้น จำนวนแผนกมีมากขึ้น ส่งผลให้จำนวนคำตอบที่เป็นไปได้มีมากขึ้น จำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมดเท่ากับ 1000 จึงไม่เพียงพอต่อการหาคำตอบ และจากที่กล่าวมาแล้วในตอนต้นว่า ปัญหาการวางผังโรงงานเป็นปัญหาแบบ NP-hard ดังนั้นเมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้นเวลาในการทดลองจะมากขึ้นเป็นเอ็กซ์โปเนนเชียล เช่น การทดลองที่มีจำนวนแผนก 20 แผนกต้องใช้เวลาในการทดลองถึง 36 ชั่วโมงขึ้นไป (จำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมดเท่ากับ 1000) ต่างกับการทดลองที่มีจำนวนแผนก 6 แผนกใช้เวลาในการทดลองเพียง 2 ชั่วโมงเท่านั้น ทำให้เกิดข้อจำกัดด้านเวลาในการทดลอง เพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าว การทดลองเบื้องต้น และการออกแบบการทดลอง (จะกล่าวในหัวข้อถัดไป) ของปัญหาที่มีจำนวนแผนกมากกว่า 10 แผนก จะกำหนดให้จำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมดเพียง 1000 เท่านั้น และเมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมทั้งหมดแล้ว การแก้ปัญหาจะใช้เวลาเป็นตัวควบคุมแทนจำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมด ดังจะอธิบายอย่างละเอียดในบทถัดไป

7.3 การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองกระทำเพื่อดำเนินการทดลอง และหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่เหลือของเจนเนติกอัลกอริทึมของปัญหาการออกแบบผังโรงงาน โดยการนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองเบื้องต้นเป็นพารามิเตอร์ตั้งต้น และหาค่าพารามิเตอร์อื่นที่เหลือ

จากที่กล่าวมาแล้ว การทดลองแต่ละการทดลองนั้นต้องใช้ระยะเวลาในการทดลองเป็นระยะเวลานาน ดังนั้นการออกแบบการทดลองที่ใช้ในงานวิจัย จึงออกแบบให้การทดลองต่างๆ ใช้จำนวนการทดลองให้น้อยที่สุด โดยการควบคุมระดับของการทดลอง และจำนวนข้อมูลที่เก็บในแต่ละการทดลอง

7.3.1 ปัจจัยในการออกแบบการทดลอง

ปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบการทดลองมีทั้งหมด 4 ปัจจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. วิธีการครอสโอเวอร์ ในอัลกอริทึมที่ได้พัฒนามาใช้ในปัญหาการออกแบบผังโรงงานนี้ มีทั้งหมด 5 วิธี ซึ่งวิธีการครอสโอเวอร์ก็น่าจะเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อตัวแปรตอบสนอง ดังนั้นจึงกำหนดให้วิธีการครอสโอเวอร์เป็นปัจจัยที่ใช้ในการทดลองปัจจัยหนึ่ง แต่จากการทดลองเบื้องต้นได้ตัดวิธีการครอสโอเวอร์ออกไปจนเหลือวิธีการครอสโอเวอร์ที่จะนำมาใช้ในการออกแบบการทดลอง 2 วิธี (2 ระดับในการออกแบบการทดลอง) ดังแสดงในตารางที่ 7.17 ของแต่ละรูปแบบปัญหา

2. ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ สำหรับความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์นั้น สามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 0-1.00 แต่การกำหนดให้มีค่ามากจะทำให้ประสิทธิภาพของเจนเนติกอัลกอริทึมดีขึ้น (De Jong's, 1975) สำหรับการทดลองนี้กำหนดให้ใช้ระดับปัจจัยของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ทั้งหมด 2 ระดับคือ 0.7 และ 0.9

3. วิธีการมิวเตชั่น ในอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้น ได้เสนอวิธีการมิวเตชั่นทั้งหมด 2 วิธี ซึ่งวิธีการมิวเตชั่นก็น่าจะเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อตัวแปรตอบสนอง ดังนั้นจึงกำหนดให้วิธีการมิวเตชั่นเป็นปัจจัยที่ใช้ในการทดลองอีกปัจจัยหนึ่ง โดยมีระดับปัจจัยทั้งหมด 2 ระดับดังนี้คือ

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

4. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น ค่าที่สามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 0-1.00 เช่นเดียวกับความน่าจะเป็นในการ ครอสโอเวอร์ แต่การกำหนดให้ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นต่ำจะทำให้ประสิทธิภาพของเจนเนติกอัลกอริทึมดีขึ้น (De Jong's, 1975) สำหรับการทดลองนี้กำหนดให้ใช้ระดับปัจจัยของความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นทั้งหมด 2 ระดับคือ 0.1 และ 0.3

7.3.2 การกำหนดจำนวนข้อมูลที่ต้องการ

การทดลองแต่ละระดับปัจจัย (แต่ละ Treatment Combination) ต้องการข้อมูลของตัวแปรตอบสนองซึ่งได้แก่ ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และลำดับที่ของเจนเนอรชั่นที่พบคำตอบอย่างละ 1 ค่า

7.3.3 การกำหนดรูปแบบการทดลอง

การทดลองที่ใช้เป็นแบบ Full Factorial Design ซึ่งมีปัจจัยในการทดลองทั้งหมด 4 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ และมีตัวแปรตอบสนอง 2 ค่าจากหัวข้อที่ 7.3.2 และมีจำนวนการทำซ้ำของการทดลองทั้งหมด 1 ครั้ง ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 7.18

ตารางที่ 7.18 *การออกแบบการทดลองของแต่ละปัจจัย*

ปัจจัย	จำนวนระดับของปัจจัย	ระดับของปัจจัย
วิธีการครอสโอเวอร์	2	1) วิธีการครอสโอเวอร์วิธีที่ 1 จากการทดลองเบื้องต้น 2) วิธีการครอสโอเวอร์วิธีที่ 2 จากการทดลองเบื้องต้น
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	2	1) 0.7 2) 0.9
วิธีการมิวเตชั่น	2	1) Reciprocal Exchange 2) Rand Sequence
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	2	1) 0.1 2) 0.3

ในแต่ละปัญหามีจำนวนการทำซ้ำ (Replication) ของการทดลองเท่ากับ 1 เนื่องจากการทดลองในปัญหาบางปัญหาต้องใช้เวลานานมาก โดยเฉพาะปัญหาขนาดใหญ่ การใช้จำนวนการทำซ้ำเท่ากับ 1 จึงเป็นการควบคุม และลดจำนวนการทดลองให้น้อยลง เพราะเหตุผลของ

ข้อจำกัดด้านเวลา ดังนั้นแต่ละปัญหาจะทำการทดลองทั้งหมด 16 การทดลอง และมีข้อมูลที่ต้องเก็บทั้งหมด 16 ข้อมูลของแต่ละตัวแปรตอบสนอง รวมทำการทดลองทั้งหมด 224 การทดลอง จาก 14 ปัญหา ส่วนการดำเนินการทดลองจะใช้ค่าพารามิเตอร์ในตารางที่ 7.17 และ 7.18 ตามแต่ละปัญหา

7.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในการทดลองนี้มีการพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องมากกว่า 1 ปัจจัย ซึ่งจะส่งผลให้เกิดผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย (Interaction) ขึ้นได้ โดยผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย (Interaction) เกิดขึ้น เมื่อความแตกต่างระหว่างผลของตัวแปรตอบสนองที่หลายๆระดับของปัจจัยหนึ่ง ไม่เท่ากันที่ทุกระดับของอีกปัจจัยหนึ่ง การเกิดผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย ชี้ให้เห็นถึงผลของปัจจัยหนึ่งที่มีต่ออีกปัจจัยหนึ่ง ในการวิเคราะห์ผลการทดลองถ้าพบว่าผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องวิเคราะห์ผลตอบสนองที่เกิดขึ้นที่ระดับต่างๆของปัจจัยหลัก โดยให้ระดับของปัจจัยอื่นคงตัว เพราะผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยอาจบดบัง (Mask) ผลตอบสนองจากปัจจัยหลักได้ (Montgomery,1997)

ยกตัวอย่างเช่น ถ้าในการทดลองพบว่าวิธีการครอสโอเวอร์ที่ทำให้ได้ค่าตอบสนองดีที่สุดคือ PMX และพบว่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่เหมาะสมคือ 0.7 ในกรณีที่ไม่มีผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย เราสามารถสรุปได้ทันทีว่า ควรใช้วิธีการครอสโอเวอร์เป็น PMX และใช้ *Pc* เป็น 0.7 แต่ถ้ามีผลกระทบร่วมระหว่างทั้ง 2 ปัจจัยนี้ หมายความว่าถ้ากำหนดวิธีการครอสโอเวอร์เป็น PMX ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์อาจเป็น 0.7 หรือไม่ใช่ก็ได้ ในขณะเดียวกัน ถ้ากำหนดให้ *Pc* เป็น 0.7 แล้ววิธีการครอสโอเวอร์ที่ทำให้ได้คำตอบที่ดีที่สุดก็อาจเป็น PMX หรือไม่ใช่ก็ได้เช่นกัน การพิจารณาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย เป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างมากในการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ซึ่งผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งได้หลายระดับ คือ

1) 1st Level Interaction คือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย 2 ปัจจัย เช่น วิธีการครอสโอเวอร์**Pc*
2) 2nd Level Interaction คือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย 3 ปัจจัย เช่น วิธีการครอสโอเวอร์**Pc**วิธีการมิวเตชั่น
3) 3rd Level Interaction คือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย 4 ปัจจัย เช่น วิธีการครอสโอเวอร์* *Pc* *วิธีการมิวเตชั่น**Pm*
4) 4th Level Interaction หมายถึง ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยทั้ง 5 ปัจจัย

ถึงแม้ว่าในการทดลองนี้สามารถเกิดผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยได้ถึงระดับที่ 3 แต่เนื่องจากผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยในระดับสูงๆ ไม่ค่อยนิยมนำมาพิจารณา (Montgomery, DC.,1997) ดังนั้นในการทดลองนี้จึงพิจารณาเฉพาะผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยในระดับหนึ่งเท่านั้น ซึ่งได้แก่

- ผลกระทบร่วมระหว่างวิธีการครอสโอเวอร์กับความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์
- ผลกระทบร่วมระหว่างวิธีการครอสโอเวอร์กับวิธีการมิวเตชั่น
- ผลกระทบร่วมระหว่างวิธีการครอสโอเวอร์กับความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น
- ผลกระทบร่วมระหว่างความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์กับวิธีการมิวเตชั่น
- ผลกระทบร่วมระหว่างความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์กับความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น
- ผลกระทบร่วมระหว่างวิธีการมิวเตชั่นกับความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

เนื่องจากการออกแบบการทดลอง (ดู หัวข้อ 7.3) ดำเนินการทดลองโดยใช้จำนวนการทำซ้ำ (Replication) ของการทดลองเท่ากับ 1 ดังนั้นการประมาณค่าของ Mean Square Error ของการทดสอบความแปรปรวน (ANOVA) จึงไม่มี ดังนั้นในการวิเคราะห์ผลการทดลองจึงประมาณค่าของผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยตั้งแต่อันดับ 2 ขึ้นไป เป็นค่า Mean Square Error เพราะผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยในอันดับสูงๆนั้นไม่นิยมนำมาพิจารณา

การวิเคราะห์ผลการทดลองมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ 3 ขั้นตอนคือ

1. การวิเคราะห์โดยพิจารณาค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง ในการทดสอบพารามิเตอร์เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม จะใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนองหลัก หากปัจจัยใดที่ทดสอบแล้วพบระดับปัจจัยที่เหมาะสม คือให้ค่าตอบสนองที่ดีที่สุดเพียงระดับเดียว ก็จะกำหนดระดับปัจจัยนั้นเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ แต่ถ้าปัจจัยใดที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ก็จะนำปัจจัยนั้นไปทำการวิเคราะห์ต่อในขั้นตอนที่ 2
2. การวิเคราะห์โดยพิจารณาลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ เป็นตัวแปรตอบสนอง เป็นการวิเคราะห์ที่ทำต่อจากขั้นตอนที่หนึ่ง เมื่อการวิเคราะห์ขั้นตอนแรกไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้
3. การวิเคราะห์โดยดูจากค่าเฉลี่ยของค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ เป็นการวิเคราะห์ที่ใช้ในกรณีที่ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่ได้มีหลายค่า แต่จำเป็นที่จะต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพียงค่าเดียวเพื่อนำไปใช้ในการหาคำตอบในบทต่อไป

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

1) การวิเคราะห์ ANOVA เป็นการวิเคราะห์เพื่อดูว่าปัจจัยใดที่มีผลต่อการหาคำตอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยจะใช้โปรแกรม **Minitab** เป็นโปรแกรมช่วยในการวิเคราะห์
2) การวิเคราะห์ด้วยการพิจารณากราฟผลของปัจจัยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

7.4.1 ปัญหาที่ 1

7.4.1.1 ใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังตารางที่ 7.19

ตารางที่ 7.19 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 1 โดยใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง*

Analysis of Variance for OBJ, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
CrossTyp	1	3080250000	3080250000	3080250000	1.00	0.363
Pc	1	3080250000	3080250000	3080250000	1.00	0.363
MutateTy	1	3080250000	3080250000	3080250000	1.00	0.363
Pm	1	3080250000	3080250000	3080250000	1.00	0.363
CrossTyp*Pc	1	3080250000	3080250000	3080250000	1.00	0.363
CrossTyp*MutateTy	1	3080250000	3080250000	3080250000	1.00	0.363
CrossTyp*Pm	1	3080250000	3080250000	3080250000	1.00	0.363
Pc*MutateTy	1	3080250000	3080250000	3080250000	1.00	0.363
Pc*Pm	1	3080250000	3080250000	3080250000	1.00	0.363
MutateTy*Pm	1	3080250000	3080250000	3080250000	1.00	0.363
Error	5	1.5401E+10	1.5401E+10	3080250000		
Total	15	4.6204E+10				

จากตารางที่ 7.19 พบว่า ไม่มีปัจจัยใดหรือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จึงวิเคราะห์ต่อไปโดยใช้ค่าพารามิเตอร์เดิม แต่เปลี่ยนตัวแปรตอบสนองเป็นลำดับของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบในหัวข้อที่ 7.4.1.2

7.4.1.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังตารางที่ 7.20

ตารางที่ 7.20 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 1 โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง*

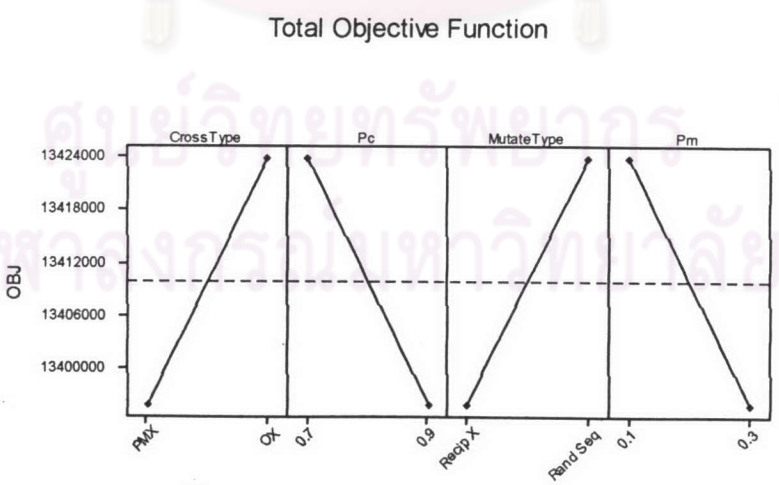
Analysis of Variance for GEN, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
CrossTyp	1	50850	50850	50850	1.40	0.290
Pc	1	90000	90000	90000	2.47	0.177
MutateTy	1	2916	2916	2916	0.08	0.789
Pm	1	131406	131406	131406	3.61	0.116
CrossTyp*Pc	1	49729	49729	49729	1.37	0.295
CrossTyp*MutateTy	1	1600	1600	1600	0.04	0.842
CrossTyp*Pm	1	104006	104006	104006	2.86	0.152
Pc*MutateTy	1	21170	21170	21170	0.58	0.480
Pc*Pm	1	2025	2025	2025	0.06	0.823
MutateTy*Pm	1	69696	69696	69696	1.91	0.225
Error	5	182071	182071	36414		
Total	15	705470				

จากตารางที่ 7.20 พบว่าไม่มีปัจจัยใดหรือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จึงวิเคราะห์ต่อโดยการใช้ค่าเฉลี่ยของค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ ในหัวข้อที่ 7.4.1.3

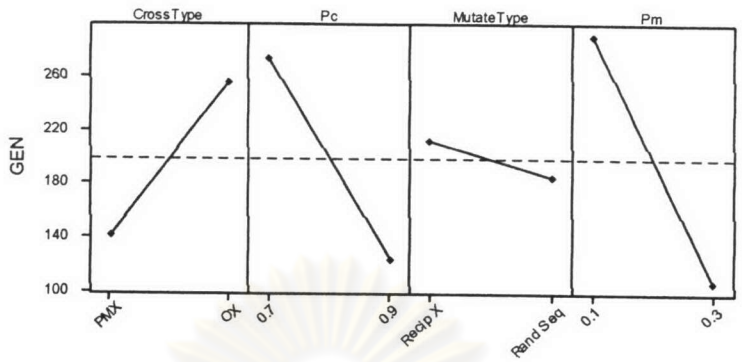
7.4.1.3 การวิเคราะห์จากค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ สามารถพิจารณาได้จากผลของปัจจัยหลัก ดังรูปที่ 7.1 และรูปที่ 7.2 ตามลำดับ



รูปที่ 7.1 *ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 1 ที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง*

Generation



***รูปที่ 7.2** ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 1*
ที่มีลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากรูปที่ 7.1 และ 7.2 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ พารามิเตอร์ที่เหมาะสม คือ

- วิธีการครอสโอเวอร์คือ PMX
- ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์คือ 0.9
- วิธีการมิวเตชั่นคือ Reciprocal Exchange
- ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นคือ 0.3

สามารถสรุปค่าพารามิเตอร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้ดังตารางที่ 7.21

***ตารางที่ 7.21** สรุปค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 1*

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
จำนวนประชากร	6
จำนวนเจนเนอเรชั่น	200
จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่	5
จำนวนสตริงที่ถูกสร้างใหม่	3
วิธีการครอสโอเวอร์	PMX
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	0.9
วิธีการมิวเตชั่น	Reciprocal Exchange
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	0.3

7.4.2 ปัญหาที่ 2

7.4.2.1 ใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังตารางที่ 7.22

ตารางที่ 7.22 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 2 โดยใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง*

Analysis of Variance for OBJ, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
CrossTyp	1	1.2600E+10	1.2600E+10	1.2600E+10	0.58	0.481
Pc	1	5.8443E+10	5.8443E+10	5.8443E+10	2.68	0.162
MutateTy	1	5.8443E+10	5.8443E+10	5.8443E+10	2.68	0.162
Pm	1	5.8443E+10	5.8443E+10	5.8443E+10	2.68	0.162
CrossTyp*Pc	1	1.2600E+10	1.2600E+10	1.2600E+10	0.58	0.481
CrossTyp*MutateTy	1	1.2600E+10	1.2600E+10	1.2600E+10	0.58	0.481
CrossTyp*Pm	1	1.2600E+10	1.2600E+10	1.2600E+10	0.58	0.481
Pc*MutateTy	1	5.8443E+10	5.8443E+10	5.8443E+10	2.68	0.162
Pc*Pm	1	5.8443E+10	5.8443E+10	5.8443E+10	2.68	0.162
MutateTy*Pm	1	5.8443E+10	5.8443E+10	5.8443E+10	2.68	0.162
Error	5	1.0884E+11	1.0884E+11	2.1769E+10		
Total	15	5.0990E+11				

จากตารางที่ 7.22 พบว่า ไม่มีปัจจัยใดหรือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จึงวิเคราะห์ต่อไปโดยใช้ค่าพารามิเตอร์เดิม แต่เปลี่ยนตัวแปรตอบสนองเป็นลำดับของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบในหัวข้อที่ 7.4.2.2

7.4.2.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังตารางที่ 7.23

ตารางที่ 7.23 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 2 โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง*

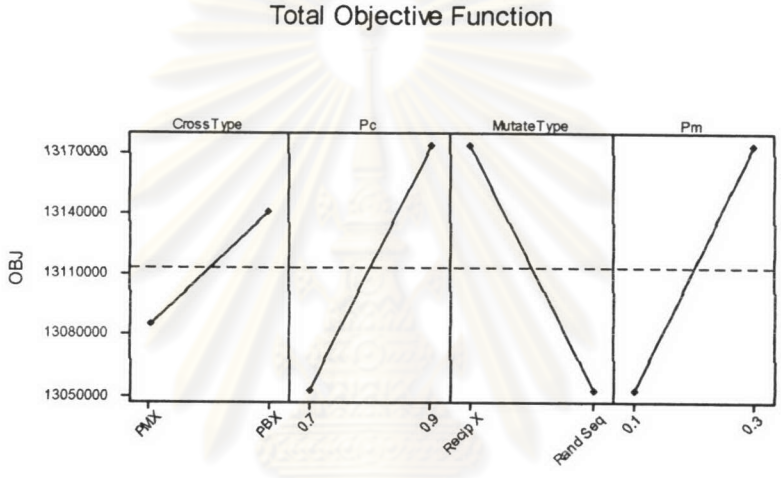
Analysis of Variance for GEN, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
CrossTyp	1	187489	187489	187489	2.22	0.197
Pc	1	6642	6642	6642	0.08	0.791
MutateTy	1	118680	118680	118680	1.40	0.289
Pm	1	345156	345156	345156	4.08	0.099
CrossTyp*Pc	1	49729	49729	49729	0.59	0.478
CrossTyp*MutateTy	1	3481	3481	3481	0.04	0.847
CrossTyp*Pm	1	4761	4761	4761	0.06	0.822
Pc*MutateTy	1	9506	9506	9506	0.11	0.751
Pc*Pm	1	274052	274052	274052	3.24	0.132
MutateTy*Pm	1	4692	4692	4692	0.06	0.823
Error	5	422944	422944	84589		
Total	15	1427134				

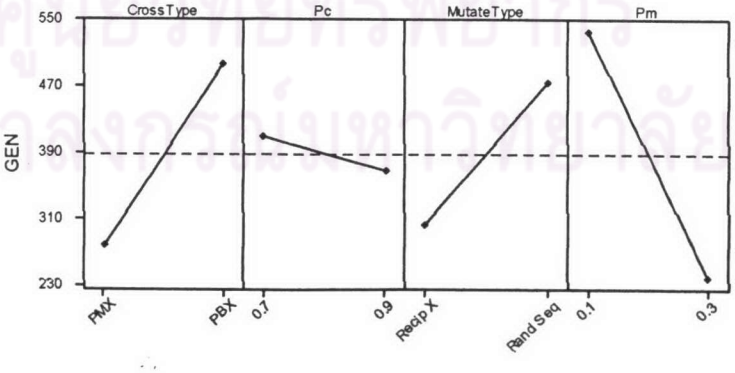
จากตารางที่ 7.23 พบว่าไม่มีปัจจัยใดหรือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จึงวิเคราะห์ต่อโดยการใช้ค่าเฉลี่ยของค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ ในหัวข้อที่ 7.4.2.3

7.4.2.3 การวิเคราะห์จากค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ สามารถพิจารณาได้จากผลของปัจจัยหลัก ดังรูปที่ 7.3 และรูปที่ 7.4 ตามลำดับ



***รูปที่ 7.3** ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 2 ที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง*



***รูปที่ 7.4** ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 2 ที่มีลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง*

จากรูปที่ 7.3 และ 7.4 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ พารามิเตอร์ที่เหมาะสม คือ

- วิธีการครอสโอเวอร์คือ PMX
- ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์คือ 0.7
- วิธีการมิวเตชั่นคือ Random Sequence
- ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นคือ 0.1

สามารถสรุปค่าพารามิเตอร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้ดังตารางที่ 7.24

ตารางที่ 7.24 *สรุปค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 2*

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
จำนวนประชากร	6
จำนวนเจนเนอเรชั่น	200
จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่	5
จำนวนสตริงที่ถูกสร้างใหม่	3
วิธีการครอสโอเวอร์	PMX
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	0.7
วิธีการมิวเตชั่น	Random Sequence
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	0.1

7.4.3 ปัญหาที่ 3

7.4.3.1 ใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังตารางที่ 7.25

ตารางที่ 7.25 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 3 โดยใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง*

Analysis of Variance for OBJ, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
CrossTyp	1	5.3729E+11	5.3729E+11	5.3729E+11	1.77	0.241
Pc	1	5.3729E+11	5.3729E+11	5.3729E+11	1.77	0.241
MutateTy	1	7.8680E+10	7.8680E+10	7.8680E+10	0.26	0.632
Pm	1	3.1472E+11	3.1472E+11	3.1472E+11	1.04	0.355
CrossTyp*Pc	1	5.3729E+11	5.3729E+11	5.3729E+11	1.77	0.241
CrossTyp*MutateTy	1	7.8680E+10	7.8680E+10	7.8680E+10	0.26	0.632
CrossTyp*Pm	1	0	0	0	0.00	1.000
Pc*MutateTy	1	7.8680E+10	7.8680E+10	7.8680E+10	0.26	0.632
Pc*Pm	1	0	0	0	0.00	1.000
MutateTy*Pm	1	2.0476E+11	2.0476E+11	2.0476E+11	0.68	0.449
Error	5	1.5154E+12	1.5154E+12	3.0308E+11		
Total	15	3.8828E+12				

จากตารางที่ 7.25 พบว่า ไม่มีปัจจัยใดหรือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จึงวิเคราะห์ต่อไปโดยใช้ค่าพารามิเตอร์เดิม แต่เปลี่ยนตัวแปรตอบสนองเป็นลำดับของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบในหัวข้อที่ 7.4.3.2

7.4.3.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังตารางที่ 7.26

ตารางที่ 7.26 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 3 โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง*

Analysis of Variance for GEN, using Adjusted SS for Tests

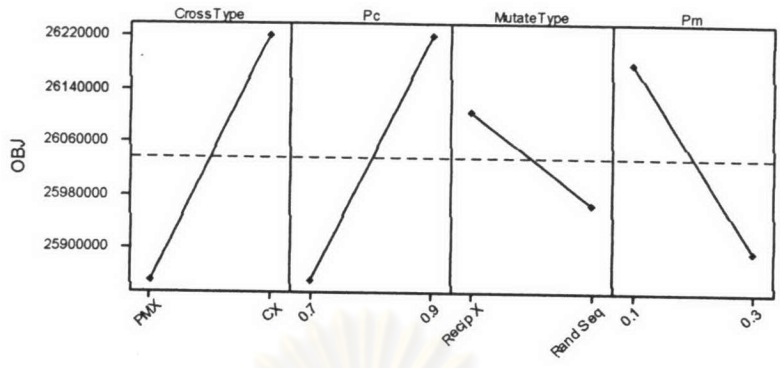
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
CrossTyp	1	173264	173264	173264	3.96	0.103
Pc	1	77702	77702	77702	1.77	0.240
MutateTy	1	11936	11936	11936	0.27	0.624
Pm	1	7183	7183	7183	0.16	0.702
CrossTyp*Pc	1	66178	66178	66178	1.51	0.274
CrossTyp*MutateTy	1	33033	33033	33033	0.75	0.425
CrossTyp*Pm	1	27308	27308	27308	0.62	0.465
Pc*MutateTy	1	7700	7700	7700	0.18	0.692
Pc*Pm	1	115430	115430	115430	2.64	0.165
MutateTy*Pm	1	15438	15438	15438	0.35	0.579
Error	5	218943	218943	43789		
Total	15	754113				

จากตารางที่ 7.26 พบว่าไม่มีปัจจัยใดหรือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จึงวิเคราะห์ต่อโดยการใช้ค่าเฉลี่ยของค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ ในหัวข้อที่ 7.4.3.3

7.4.3.3 การวิเคราะห์จากค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

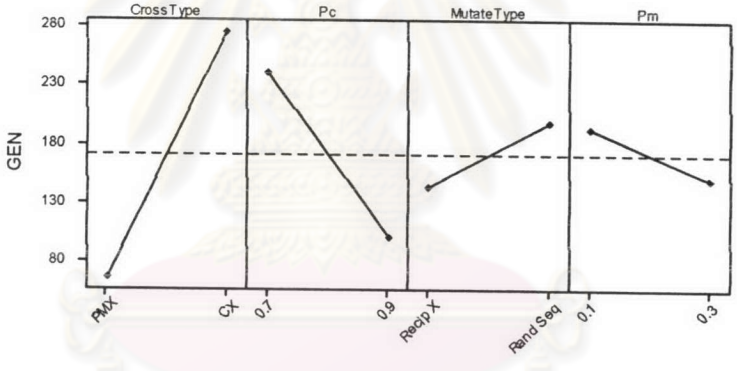
การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ สามารถพิจารณาได้จากผลของปัจจัยหลัก ดังรูปที่ 7.5 และรูปที่ 7.6 ตามลำดับ

Total Objective Function



***รูปที่ 7.5** ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 3*
ที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง

Generation



***รูปที่ 7.6** ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 3*
ที่มีลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากรูปที่ 7.5 และ 7.6 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ พารามิเตอร์ที่เหมาะสม คือ

- วิธีการครอสโอเวอร์คือ PMX
- ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์คือ 0.7
- วิธีการมิวเตชั่นคือ Random Sequence
- ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นคือ 0.3

สามารถสรุปค่าพารามิเตอร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้ดังตารางที่ 7.27

ตารางที่ 7.27 สรุปค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 3

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
จำนวนประชากร	6
จำนวนเจนเนอเรชั่น	200
จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่	5
จำนวนสตริงที่ถูกสร้างใหม่	3
วิธีการครอสโอเวอร์	PMX
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	0.7
วิธีการมิวเตชั่น	Random Sequence
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	0.3

7.4.4 ปัญหาที่ 4

7.4.4.1 ใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังตารางที่ 7.28

ตารางที่ 7.28 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 4 โดยใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง

Analysis of Variance for OBJ, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Cross Ty	1	0.0000000	0.0000000	0.0000000	**	
Pc	1	0.0000000	0.0000000	0.0000000	**	
Mutate T	1	0.0000000	0.0000000	0.0000000	**	
Pm	1	0.0000000	0.0000000	0.0000000	**	
Cross Ty*Pc	1	0.0000000	0.0000000	0.0000000	**	
Cross Ty*Mutate T	1	0.0000000	0.0000000	0.0000000	**	
Cross Ty*Pm	1	0.0000000	0.0000000	0.0000000	**	
Pc*Mutate T	1	0.0000000	0.0000000	0.0000000	**	
Pc*Pm	1	0.0000000	0.0000000	0.0000000	**	
Mutate T*Pm	1	0.0000000	0.0000000	0.0000000	**	
Error	5	0.0000000	0.0000000	0.0000000		
Total	15	0.0000000				

จากตารางที่ 7.28 พบว่า ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ เนื่องจากการทดลองได้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นค่าเดียวกันทั้งหมด 16 การทดลอง จึงวิเคราะห์ต่อไปโดยใช้ค่าพารามิเตอร์เดิม แต่เปลี่ยนตัวแปรตอบสนองเป็นลำดับของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบในหัวข้อที่ 7.4.4.2

7.4.4.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังตารางที่ 7.29

ตารางที่ 7.29 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 4 โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง

Analysis of Variance for GEN, using Adjusted SS for Tests

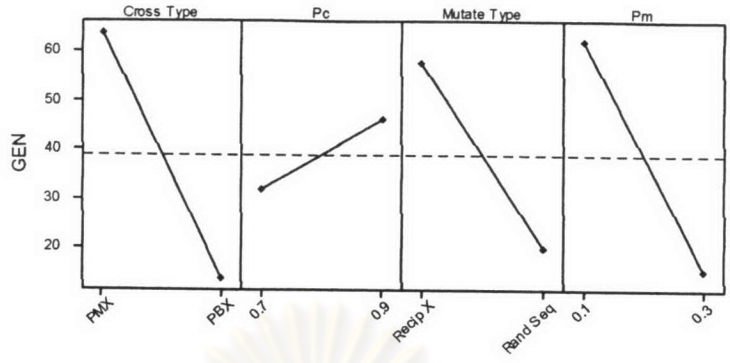
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Cross Ty	1	9851	9851	9851	3.29	0.129
Pc	1	827	827	827	0.28	0.622
Mutate T	1	5663	5663	5663	1.89	0.228
Pm	1	8603	8603	8603	2.87	0.151
Cross Ty*Pc	1	977	977	977	0.33	0.593
Cross Ty*Mutate T	1	9950	9950	9950	3.32	0.128
Cross Ty*Pm	1	11078	11078	11078	3.70	0.112
Pc*Mutate T	1	4796	4796	4796	1.60	0.261
Pc*Pm	1	827	827	827	0.28	0.622
Mutate T*Pm	1	7439	7439	7439	2.48	0.176
Error	5	14973	14973	2995		
Total	15	74981				

จากตารางที่ 7.29 พบว่าไม่มีปัจจัยใดหรือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จึงวิเคราะห์ต่อโดยการใช้ค่าเฉลี่ยของค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ ในหัวข้อที่ 7.4.4.3

7.4.4.3 การวิเคราะห์จากค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ สามารถพิจารณาได้จากผลของปัจจัยหลัก แต่การทดลองโดยใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนองได้ค่าซ้ำกันทุกการทดลอง จึงไม่สามารถหาผลของปัจจัยหลักได้ จึงพิจารณาเฉพาะค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ ดังรูปที่ 7.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



***รูปที่ 7.7** ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 4*
ที่มีลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากรูปที่ 7.7 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ พารามิเตอร์ที่เหมาะสม คือ

- วิธีการครอสโอเวอร์คือ PBX
- ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์คือ 0.7
- วิธีการมิวเตชั่นคือ Random Sequence
- ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นคือ 0.3

สามารถสรุปค่าพารามิเตอร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้ดังตารางที่ 7.30

***ตารางที่ 7.30** สรุปค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 4*

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
จำนวนประชากร	15
จำนวนเจนเนอเรชั่น	200
จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่	5
จำนวนสตริงที่ถูกสร้างใหม่	10
วิธีการครอสโอเวอร์	PBX
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	0.7
วิธีการมิวเตชั่น	Random Sequence
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	0.3

7.4.5 ปัญหาที่ 5

7.4.5.1 ใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังตารางที่ 7.31

ตารางที่ 7.31 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 5 โดยใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง*

Analysis of Variance for OBJ, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
CrossTyp	1	3.9246E+13	3.9246E+13	3.9246E+13	1.00	0.363
Pc	1	3.9246E+13	3.9246E+13	3.9246E+13	1.00	0.363
MutateTy	1	3.9246E+13	3.9246E+13	3.9246E+13	1.00	0.363
Pm	1	3.9246E+13	3.9246E+13	3.9246E+13	1.00	0.363
CrossTyp*Pc	1	3.9246E+13	3.9246E+13	3.9246E+13	1.00	0.363
CrossTyp*MutateTy	1	3.9246E+13	3.9246E+13	3.9246E+13	1.00	0.363
CrossTyp*Pm	1	3.9246E+13	3.9246E+13	3.9246E+13	1.00	0.363
Pc*MutateTy	1	3.9246E+13	3.9246E+13	3.9246E+13	1.00	0.363
Pc*Pm	1	3.9246E+13	3.9246E+13	3.9246E+13	1.00	0.363
MutateTy*Pm	1	3.9246E+13	3.9246E+13	3.9246E+13	1.00	0.363
Error	5	1.9623E+14	1.9623E+14	3.9246E+13		
Total	15	5.8869E+14				

จากตารางที่ 7.31 พบว่า ไม่มีปัจจัยใดหรือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จึงวิเคราะห์ต่อไปโดยใช้ค่าพารามิเตอร์เดิม แต่เปลี่ยนตัวแปรตอบสนองเป็นลำดับของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบในหัวข้อที่ 7.4.5.2

7.4.5.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังตารางที่ 7.32

ตารางที่ 7.32 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 5 โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง*

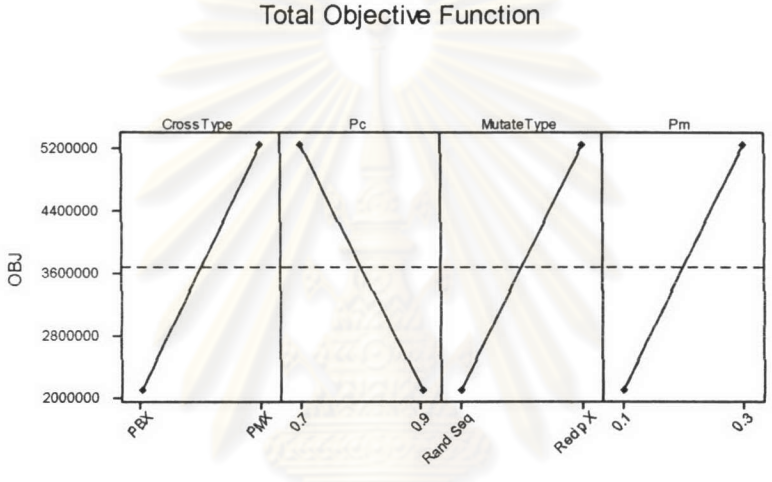
Analysis of Variance for GEN, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
CrossTyp	1	1722	1722	1722	0.54	0.497
Pc	1	2704	2704	2704	0.84	0.401
MutateTy	1	2070	2070	2070	0.64	0.458
Pm	1	2209	2209	2209	0.69	0.445
CrossTyp*Pc	1	1560	1560	1560	0.49	0.517
CrossTyp*MutateTy	1	1296	1296	1296	0.40	0.553
CrossTyp*Pm	1	210	210	210	0.07	0.808
Pc*MutateTy	1	272	272	272	0.08	0.783
Pc*Pm	1	2704	2704	2704	0.84	0.401
MutateTy*Pm	1	6642	6642	6642	2.07	0.210
Error	5	16056	16056	3211		
Total	15	37446				

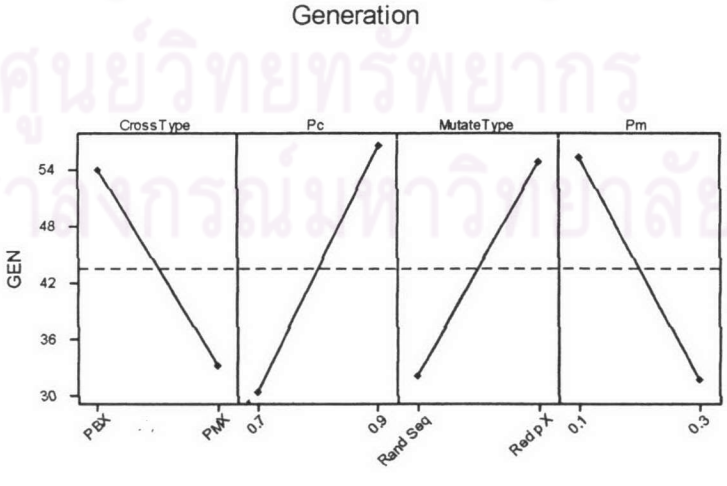
จากตารางที่ 7.32 พบว่าไม่มีปัจจัยใดหรือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จึงวิเคราะห์ต่อโดยการใช้ค่าเฉลี่ยของค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ ในหัวข้อที่ 7.4.5.3

7.4.5.3 การวิเคราะห์จากค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ สามารถพิจารณาได้จากผลของปัจจัยหลัก ดังรูปที่ 7.8 และรูปที่ 7.9 ตามลำดับ



รูปที่ 7.8 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 5 ที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง



รูปที่ 7.9 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 5 ที่มีลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากรูปที่ 7.8 และ 7.9 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ พารามิเตอร์ที่เหมาะสม คือ

- วิธีการครอสโอเวอร์คือ PBX
- ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์คือ 0.9
- วิธีการมิวเตชั่นคือ Random Sequence
- ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นคือ 0.1

สามารถสรุปค่าพารามิเตอร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้ดังตารางที่ 7.33

ตารางที่ 7.33 *สรุปค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 5*

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
จำนวนประชากร	15
จำนวนเจนเนอเรชั่น	200
จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่	5
จำนวนสตริงที่ถูกสร้างใหม่	5
วิธีการครอสโอเวอร์	PBX
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	0.9
วิธีการมิวเตชั่น	Random Sequence
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	0.1

7.4.6 ปัญหาที่ 6

7.4.6.1 ใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังตารางที่ 7.34

ตารางที่ 7.34 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 6 โดยใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง*

Analysis of Variance for OBJ, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
CrossTyp	1	2542680625	2542680625	2542680625	1.00	0.363
Pc	1	2542680625	2542680625	2542680625	1.00	0.363
MutateTy	1	2542680625	2542680625	2542680625	1.00	0.363
Pm	1	2542680625	2542680625	2542680625	1.00	0.363
CrossTyp*Pc	1	2542680625	2542680625	2542680625	1.00	0.363
CrossTyp*MutateTy	1	2542680625	2542680625	2542680625	1.00	0.363
CrossTyp*Pm	1	2542680625	2542680625	2542680625	1.00	0.363
Pc*MutateTy	1	2542680625	2542680625	2542680625	1.00	0.363
Pc*Pm	1	2542680625	2542680625	2542680625	1.00	0.363
MutateTy*Pm	1	2542680625	2542680625	2542680625	1.00	0.363
Error	5	1.2713E+10	1.2713E+10	2542680625		
Total	15	3.8140E+10				

จากตารางที่ 7.34 พบว่า ไม่มีปัจจัยใดหรือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จึงวิเคราะห์ต่อไปโดยใช้ค่าพารามิเตอร์เดิม แต่เปลี่ยนตัวแปรตอบสนองเป็นลำดับของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบในหัวข้อที่ 7.4.6.2

7.4.6.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง

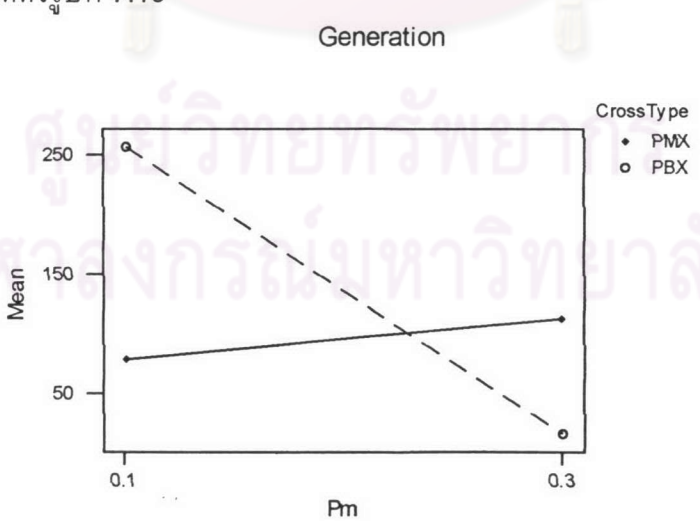
จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังตารางที่ 7.35

ตารางที่ 7.35 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 6 โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง*

Analysis of Variance for GEN, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
CrossTyp	1	6765	6765	6765	0.63	0.463
Pc	1	495	495	495	0.05	0.838
MutateTy	1	9264	9264	9264	0.86	0.395
Pm	1	42128	42128	42128	3.93	0.104
CrossTyp*Pc	1	298	298	298	0.03	0.874
CrossTyp*MutateTy	1	5588	5588	5588	0.52	0.503
CrossTyp*Pm	1	75213	75213	75213	7.02	0.045
Pc*MutateTy	1	77	77	77	0.01	0.936
Pc*Pm	1	2525	2525	2525	0.24	0.648
MutateTy*Pm	1	16835	16835	16835	1.57	0.266
Error	5	53599	53599	10720		
Total	15	212785				

จากตารางที่ 7.35 พบว่าไม่มีปัจจัยหลักใดที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีผลกระทบร่วมระหว่างวิธีการครอสโอเวอร์และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และได้กราฟความสัมพันธ์ของผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยได้ดังรูปที่ 7.10



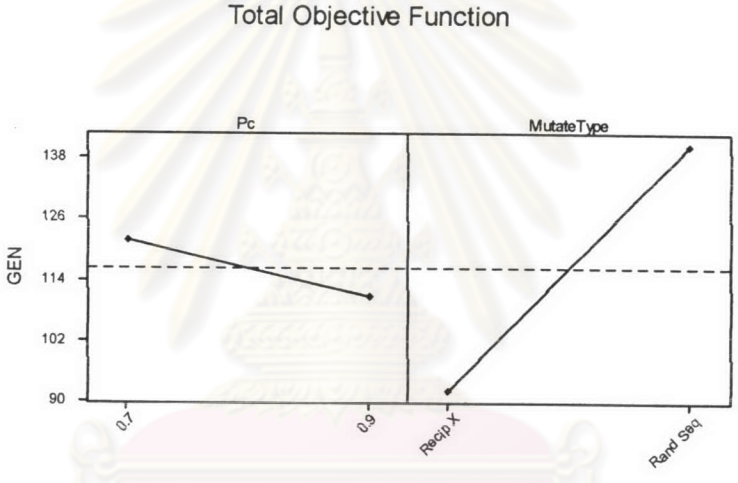
รูปที่ 7.10 *ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของวิธีการครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นของปัญหาที่ 6*

จากรูปที่ 7.10 พบว่าวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PBX และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเท่ากับ 0.3 ให้ค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นต่ำ จึงเลือกค่าพารามิเตอร์ทั้งสอง

จากนั้นวิเคราะห์ต่อโดยการใช้ค่าเฉลี่ยของค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ ของปัจจัยที่เหลือในหัวข้อที่ 7.4.6.3

7.4.6.3 การวิเคราะห์จากค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

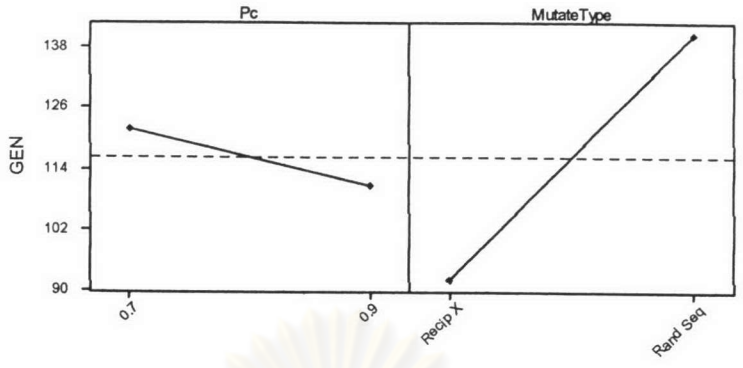
การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ สามารถพิจารณาได้จากผลของปัจจัยหลัก ดังรูปที่ 7.11 และรูปที่ 7.12 ตามลำดับ



รูปที่ 7.11 *ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 6 ที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง*

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Generation



รูปที่ 7.12 *ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 6*
ที่มีลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากรูปที่ 7.11 และ 7.12 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ พารามิเตอร์ที่เหมาะสม คือ

- ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์คือ 0.7
- วิธีการมิวเตชั่นคือ Reciprocal Exchange

สามารถสรุปค่าพารามิเตอร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้ดังตารางที่ 7.36

ตารางที่ 7.36 *สรุปค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 6*

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
จำนวนประชากร	15
จำนวนเจนเนอเรชั่น	200
จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่	5
จำนวนสตริงที่ถูกสร้างใหม่	5
วิธีการครอสโอเวอร์	PBX
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	0.7
วิธีการมิวเตชั่น	Reciprocal Exchange
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	0.3

7.4.7 ปัญหาที่ 7

7.4.7.1 ใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังตารางที่ 7.37

***ตารางที่ 7.37** ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 7 โดยใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง*

Analysis of Variance for OBJ, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
CrossTyp	1	1.6538E+13	1.6538E+13	1.6538E+13	0.03	0.867
Pc	1	6.4020E+13	6.4020E+13	6.4020E+13	0.12	0.743
MutateTy	1	6.5791E+14	6.5791E+14	6.5791E+14	1.23	0.317
Pm	1	1.8293E+15	1.8293E+15	1.8293E+15	3.43	0.123
CrossTyp*Pc	1	9.4211E+13	9.4211E+13	9.4211E+13	0.18	0.692
CrossTyp*MutateTy	1	7.9232E+14	7.9232E+14	7.9232E+14	1.48	0.277
CrossTyp*Pm	1	1.3692E+15	1.3692E+15	1.3692E+15	2.56	0.170
Pc*MutateTy	1	3.5890E+14	3.5890E+14	3.5890E+14	0.67	0.450
Pc*Pm	1	1.0519E+15	1.0519E+15	1.0519E+15	1.97	0.219
MutateTy*Pm	1	1.2892E+15	1.2892E+15	1.2892E+15	2.41	0.181
Error	5	2.6694E+15	2.6694E+15	5.3388E+14		
Total	15	1.0193E+16				

จากตารางที่ 7.37 พบว่า ไม่มีปัจจัยใดหรือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จึงวิเคราะห์ต่อไปโดยใช้ค่าพารามิเตอร์เดิม แต่เปลี่ยนตัวแปรตอบสนองเป็นลำดับของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบในหัวข้อที่ 7.4.7.2

7.4.7.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง

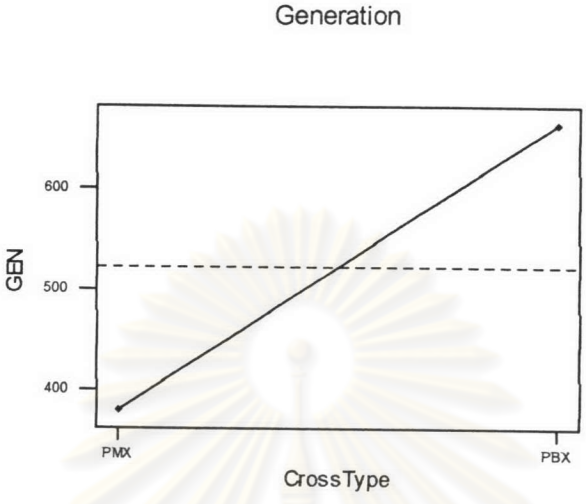
จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังตารางที่ 7.38

***ตารางที่ 7.38** ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 7 โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง*

Analysis of Variance for GEN, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
CrossTyp	1	316969	316969	316969	12.64	0.016
Pc	1	100172	100172	100172	3.99	0.102
MutateTy	1	441	441	441	0.02	0.900
Pm	1	66049	66049	66049	2.63	0.166
CrossTyp*Pc	1	8742	8742	8742	0.35	0.581
CrossTyp*MutateTy	1	9025	9025	9025	0.36	0.575
CrossTyp*Pm	1	4225	4225	4225	0.17	0.698
Pc*MutateTy	1	3906	3906	3906	0.16	0.709
Pc*Pm	1	600	600	600	0.02	0.883
MutateTy*Pm	1	2809	2809	2809	0.11	0.751
Error	5	125386	125386	25077		
Total	15	638325				

จากตารางที่ 7.38 พบว่าวิธีการครอสโอเวอร์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และไม่มีผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยใดที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และได้กราฟของวิธีการครอสโอเวอร์ดังรูปที่ 7.13

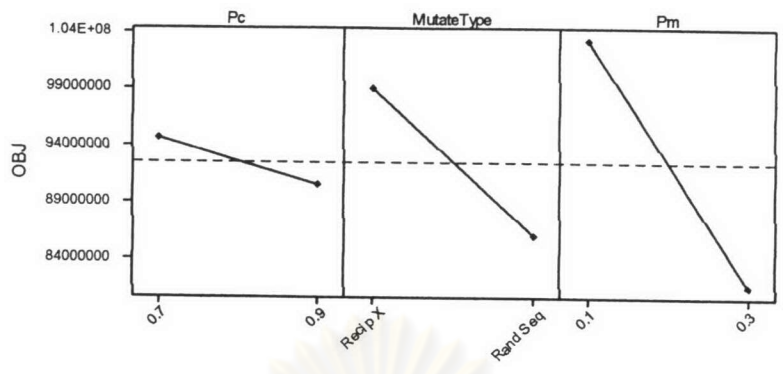


รูปที่ 7.13 ผลของวิธีการครอสโอเวอร์ของปัญหาที่ 7

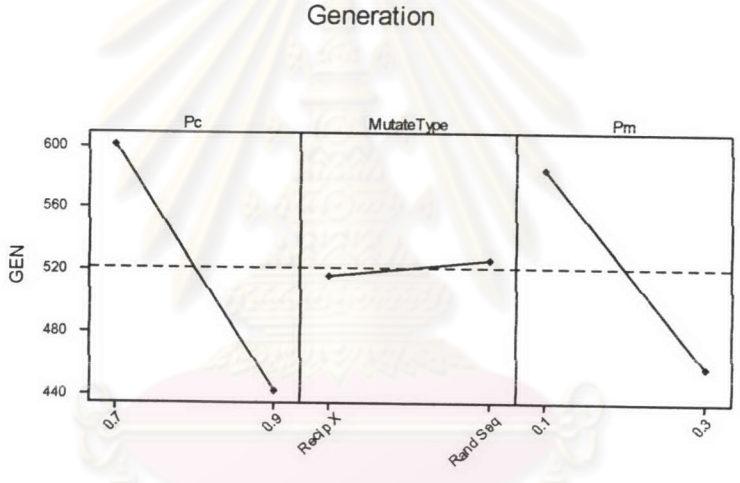
จากรูปที่ 7.13 พบว่าวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX ให้ค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นต่ำกว่าวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PBX จึงเลือกวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX จากนั้นวิเคราะห์ต่อโดยการใช้ค่าเฉลี่ยของค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ ในหัวข้อที่ 7.4.7.3

7.4.7.3 การวิเคราะห์จากค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ โดยตัดวิธีการครอสโอเวอร์ออก สามารถพิจารณาได้จากผลของปัจจัยหลัก ดังรูปที่ 7.14 และรูปที่ 7.15 ตามลำดับ



รูปที่ 7.14 *ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 7*
ที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง



รูปที่ 7.15 *ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 7*
ที่มีลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากรูปที่ 7.14 และ 7.15 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ พารามิเตอร์ที่เหมาะสม คือ

- ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์คือ 0.9
- วิธีการมิวเตชั่นคือ Random Sequence
- ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นคือ 0.3

สามารถสรุปค่าพารามิเตอร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้ดังตารางที่ 7.39

ตารางที่ 7.39 *สรุปค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 7*

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
จำนวนประชากร	20
จำนวนเจนเนอเรชั่น	200
จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่	5
จำนวนสตริงที่ถูกสร้างใหม่	5
วิธีการครอสโอเวอร์	PMX
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	0.9
วิธีการมิวเตชั่น	Random Sequence
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	0.3

7.4.8 ปัญหาที่ 8

7.4.8.1 ใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังตารางที่ 7.40

ตารางที่ 7.40 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 8 โดยใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง*

Analysis of Variance for OBJ, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
CrossTyp	1	1.5124E+13	1.5124E+13	1.5124E+13	0.58	0.482
Pc	1	8.5285E+13	8.5285E+13	8.5285E+13	3.25	0.131
MutateTy	1	6.8356E+12	6.8356E+12	6.8356E+12	0.26	0.632
Pm	1	1.4364E+12	1.4364E+12	1.4364E+12	0.05	0.824
CrossTyp*Pc	1	7.0728E+11	7.0728E+11	7.0728E+11	0.03	0.876
CrossTyp*MutateTy	1	5.2831E+12	5.2831E+12	5.2831E+12	0.20	0.672
CrossTyp*Pm	1	1.2460E+14	1.2460E+14	1.2460E+14	4.75	0.081
Pc*MutateTy	1	1.0989E+11	1.0989E+11	1.0989E+11	0.00	0.951
Pc*Pm	1	3.5664E+12	3.5664E+12	3.5664E+12	0.14	0.727
MutateTy*Pm	1	5.4850E+12	5.4850E+12	5.4850E+12	0.21	0.667
Error	5	1.3121E+14	1.3121E+14	2.6241E+13		
Total	15	3.7964E+14				

จากตารางที่ 7.40 พบว่า ไม่มีปัจจัยใดหรือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จึงวิเคราะห์ต่อไปโดยใช้ค่าพารามิเตอร์เดิม แต่เปลี่ยนตัวแปรตอบสนองเป็นลำดับของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบในหัวข้อที่ 7.4.8.2

7.4.8.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง

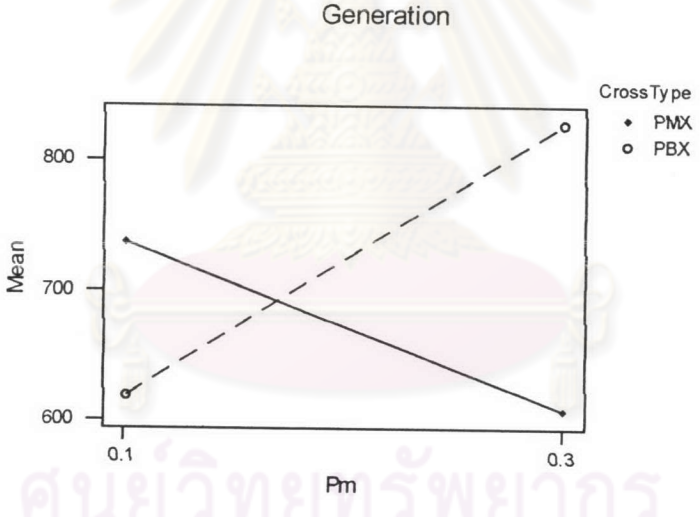
จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังตารางที่ 7.41

ตารางที่ 7.41 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 8 โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง*

Analysis of Variance for GEN, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
CrossTyp	1	10000	10000	10000	1.05	0.352
Pc	1	41616	41616	41616	4.38	0.091
MutateTy	1	25921	25921	25921	2.73	0.159
Pm	1	6561	6561	6561	0.69	0.444
CrossTyp*Pc	1	47742	47742	47742	5.03	0.075
CrossTyp*MutateTy	1	12	12	12	0.00	0.973
CrossTyp*Pm	1	113906	113906	113906	11.99	0.018
Pc*MutateTy	1	28056	28056	28056	2.95	0.146
Pc*Pm	1	6162	6162	6162	0.65	0.457
MutateTy*Pm	1	4830	4830	4830	0.51	0.508
Error	5	47496	47496	9499		
Total	15	332304				

จากตารางที่ 7.41 พบว่าไม่มีปัจจัยหลักใดที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีผลกระทบร่วมระหว่างวิธีการครอสโอเวอร์และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และได้กราฟความสัมพันธ์ของผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยได้ดังรูปที่ 7.16



รูปที่ 7.16 *ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของวิธีการครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นของปัญหาที่ 8*

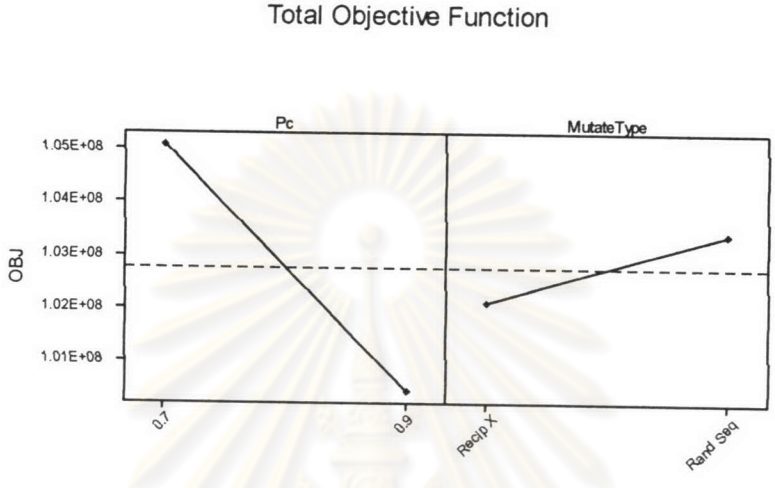
จากรูปที่ 7.16 พบว่าวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเท่ากับ 0.3 ให้ค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นต่ำ จึงเลือกค่าพารามิเตอร์ทั้งสอง

จากนั้นวิเคราะห์ต่อโดยการใช้ค่าเฉลี่ยของค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ ของปัจจัยที่เหลือในหัวข้อที่ 7.4.8.3

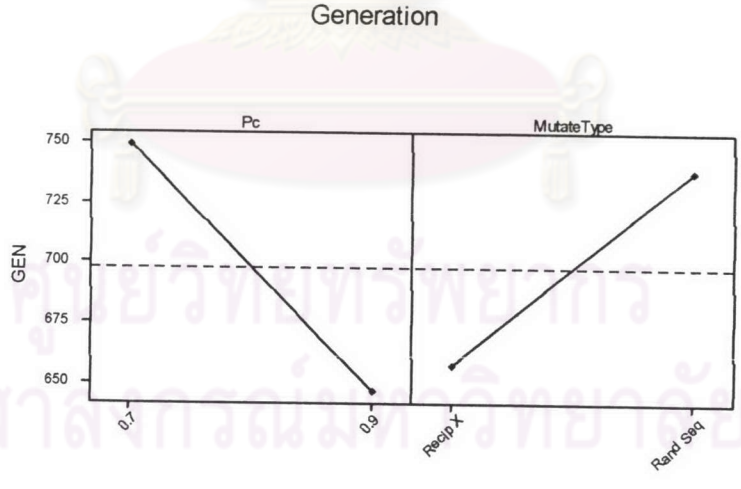
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.4.8.3 การวิเคราะห์จากค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ สามารถพิจารณาได้จากผลของปัจจัยหลัก ดังรูปที่ 7.17 และรูปที่ 7.18 ตามลำดับ



รูปที่ 7.17 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 8 ที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง



รูปที่ 7.18 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 8 ที่มีลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากรูปที่ 7.17 และ 7.18 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ พารามิเตอร์ที่เหมาะสม คือ

- ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์คือ 0.9
- วิธีการมิวเตชั่นคือ Reciprocal Exchange

สามารถสรุปค่าพารามิเตอร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้ดังตารางที่ 7.42

***ตารางที่ 7.42** สรุปค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 8*

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
จำนวนประชากร	20
จำนวนเจนเนอเรชั่น	200
จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่	5
จำนวนสตริงที่ถูกสร้างใหม่	5
วิธีการครอสโอเวอร์	PMX
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	0.9
วิธีการมิวเตชั่น	Reciprocal Exchange
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	0.3

7.4.9 ปัญหาที่ 9

7.4.9.1 ใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังตารางที่ 7.43

***ตารางที่ 7.43** ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 9 โดยใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง*

Analysis of Variance for OBJ, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
CrossTyp	1	5.0364E+15	5.0364E+15	5.0364E+15	2.14	0.204
Pc	1	2.5525E+15	2.5525E+15	2.5525E+15	1.08	0.346
MutateTy	1	2.6268E+15	2.6268E+15	2.6268E+15	1.12	0.339
Pm	1	2.3172E+15	2.3172E+15	2.3172E+15	0.98	0.367
CrossTyp*Pc	1	1.5688E+15	1.5688E+15	1.5688E+15	0.67	0.452
CrossTyp*MutateTy	1	1.8990E+15	1.8990E+15	1.8990E+15	0.81	0.410
CrossTyp*Pm	1	1.6591E+15	1.6591E+15	1.6591E+15	0.70	0.440
Pc*MutateTy	1	1.4042E+15	1.4042E+15	1.4042E+15	0.60	0.475
Pc*Pm	1	2.9406E+15	2.9406E+15	2.9406E+15	1.25	0.315
MutateTy*Pm	1	1.3496E+15	1.3496E+15	1.3496E+15	0.57	0.483
Error	5	1.1776E+16	1.1776E+16	2.3552E+15		
Total	15	3.5130E+16				

จากตารางที่ 7.43 พบว่า ไม่มีปัจจัยใดหรือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จึงวิเคราะห์ต่อไปโดยใช้ค่าพารามิเตอร์เดิม แต่เปลี่ยนตัวแปรตอบสนองเป็นลำดับของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบในหัวข้อที่ 7.4.9.2

7.4.9.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง

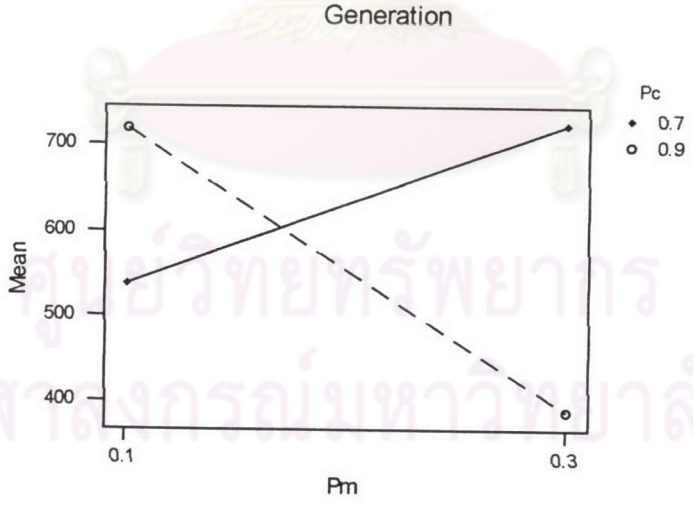
จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังตารางที่ 7.44

ตารางที่ 7.44 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 9 โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง*

Analysis of Variance for GEN, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
CrossTyp	1	2862	2862	2862	0.08	0.795
Pc	1	23104	23104	23104	0.61	0.470
MutateTy	1	3025	3025	3025	0.08	0.789
Pm	1	20736	20736	20736	0.55	0.493
CrossTyp*Pc	1	2550	2550	2550	0.07	0.806
CrossTyp*MutateTy	1	10712	10712	10712	0.28	0.618
CrossTyp*Pm	1	1640	1640	1640	0.04	0.843
Pc*MutateTy	1	47524	47524	47524	1.25	0.314
Pc*Pm	1	264196	264196	264196	6.96	0.046
MutateTy*Pm	1	19044	19044	19044	0.50	0.510
Error	5	189667	189667	37933		
Total	15	585061				

จากตารางที่ 7.44 พบว่าไม่มีปัจจัยหลักใดที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีผลกระทบร่วม ระหว่างความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และได้กราฟความสัมพันธ์ของผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยได้ดังรูปที่ 7.19



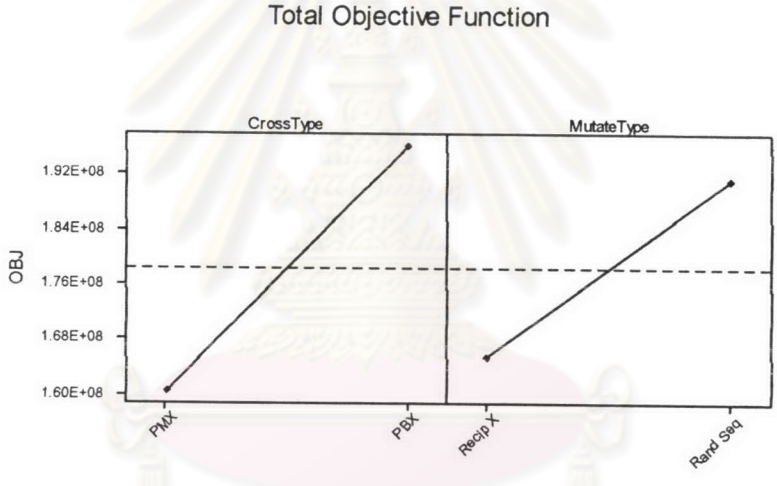
รูปที่ 7.19 *ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นของปัญหาที่ 9*

จากรูปที่ 7.19 พบว่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.9 และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเท่ากับ 0.3 ให้ค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นต่ำ จึงเลือกค่าพารามิเตอร์ทั้งสอง

จากนั้นวิเคราะห์ต่อโดยการใช้ค่าเฉลี่ยของค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ ของปัจจัยที่เหลือในหัวข้อที่ 7.4.9.3

7.4.9.3 การวิเคราะห์จากค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

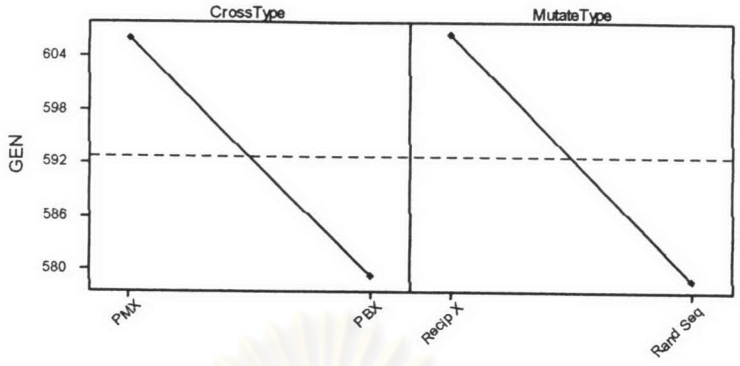
การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ สามารถพิจารณาได้จากผลของปัจจัยหลัก ดังรูปที่ 7.20 และรูปที่ 7.21 ตามลำดับ



รูปที่ 7.20 *ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 9*
ที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Generation



รูปที่ 7.21 *ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 9*
ที่มีลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากรูปที่ 7.20 และ 7.21 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ พารามิเตอร์ที่เหมาะสม คือ

- วิธีการครอสโอเวอร์คือ PMX
- วิธีการมิวเตชั่นคือ Reciprocal Exchange

สามารถสรุปค่าพารามิเตอร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้ดังตารางที่ 7.45

ตารางที่ 7.45 *สรุปค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 9*

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
จำนวนประชากร	20
จำนวนเจนเนอเรชั่น	200
จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่	5
จำนวนสตริงที่ถูกสร้างใหม่	5
วิธีการครอสโอเวอร์	PMX
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	0.9
วิธีการมิวเตชั่น	Reciprocal Exchange
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	0.3

7.4.10 ปัญหาที่ 10

7.4.10.1 ใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังตารางที่ 7.46

ตารางที่ 7.46 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 10 โดยใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง*

Analysis of Variance for OBJ, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
CorssTyp	1	9.8000E+12	9.8000E+12	9.8000E+12	0.90	0.386
Pc	1	1.4581E+12	1.4581E+12	1.4581E+12	0.13	0.729
MutateTy	1	3.0608E+12	3.0608E+12	3.0608E+12	0.28	0.619
Pm	1	6.9854E+12	6.9854E+12	6.9854E+12	0.64	0.459
CorssTyp*Pc	1	2.4025E+10	2.4025E+10	2.4025E+10	0.00	0.964
CorssTyp*MutateTy	1	5.1438E+12	5.1438E+12	5.1438E+12	0.47	0.522
CorssTyp*Pm	1	9.6814E+12	9.6814E+12	9.6814E+12	0.89	0.389
Pc*MutateTy	1	9.7417E+11	9.7417E+11	9.7417E+11	0.09	0.777
Pc*Pm	1	4.9952E+10	4.9952E+10	4.9952E+10	0.00	0.949
MutateTy*Pm	1	4.0784E+12	4.0784E+12	4.0784E+12	0.37	0.567
Error	5	5.4438E+13	5.4438E+13	1.0888E+13		
Total	15	9.5694E+13				

จากตารางที่ 7.46 พบว่า ไม่มีปัจจัยใดหรือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จึงวิเคราะห์ต่อไปโดยใช้ค่าพารามิเตอร์เดิม แต่เปลี่ยนตัวแปรตอบสนองเป็นลำดับของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบในหัวข้อที่ 7.4.10.2

7.4.10.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังตารางที่ 7.47

ตารางที่ 7.47 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 10 โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง*

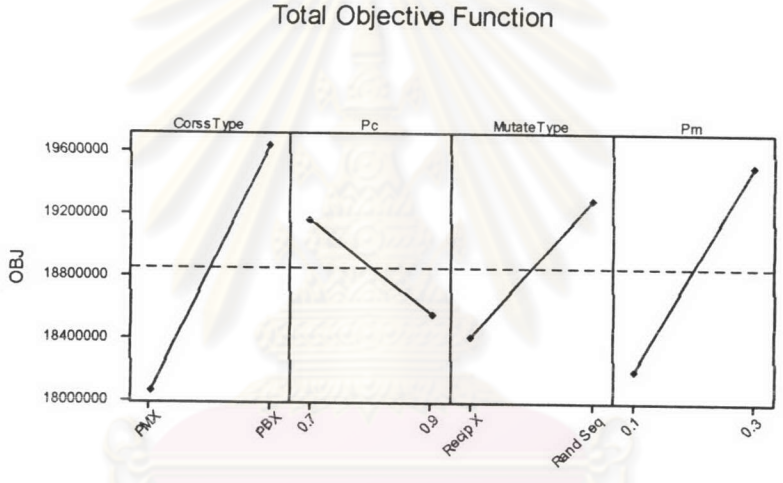
Analysis of Variance for GEN, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
CorssTyp	1	54289	54289	54289	0.66	0.454
Pc	1	18090	18090	18090	0.22	0.660
MutateTy	1	18225	18225	18225	0.22	0.658
Pm	1	4096	4096	4096	0.05	0.833
CorssTyp*Pc	1	4	4	4	0.00	0.995
CorssTyp*MutateTy	1	43890	43890	43890	0.53	0.499
CorssTyp*Pm	1	103362	103362	103362	1.25	0.314
Pc*MutateTy	1	18496	18496	18496	0.22	0.656
Pc*Pm	1	5329	5329	5329	0.06	0.810
MutateTy*Pm	1	114582	114582	114582	1.39	0.292
Error	5	413184	413184	82637		
Total	15	793548				

จากตารางที่ 7.47 พบว่าไม่มีปัจจัยหลักใดหรือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จึงวิเคราะห์ต่อโดยการใช้ค่าเฉลี่ยของค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ ในหัวข้อที่ 7.4.10.3

7.4.10.3 การวิเคราะห์จากค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

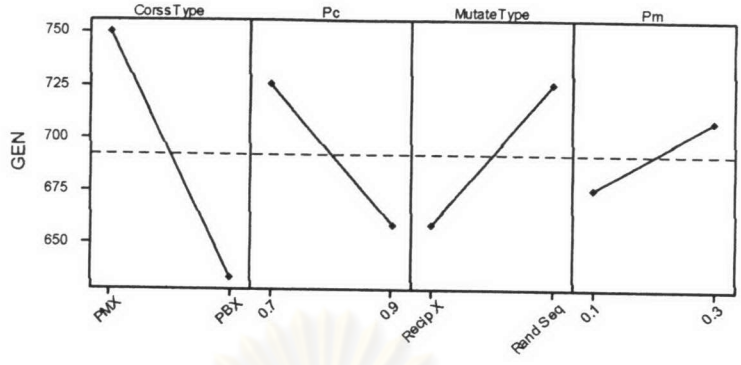
การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ สามารถพิจารณาได้จากผลของปัจจัยหลัก ดังรูปที่ 7.22 และรูปที่ 7.23 ตามลำดับ



รูปที่ 7.22 *ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 10 ที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง*

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Generation



***รูปที่ 7.23** ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 10 ที่มีลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง*

จากรูปที่ 7.22 และ 7.23 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ พารามิเตอร์ที่เหมาะสม คือ

- วิธีการครอสโอเวอร์คือ PMX
- ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์คือ 0.9
- วิธีการมิวเตชั่นคือ Reciprocal Exchange
- ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นคือ 0.1

สามารถสรุปค่าพารามิเตอร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้ดังตารางที่ 7.48

***ตารางที่ 7.48** สรุปค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 10*

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
จำนวนประชากร	20
จำนวนเจนเนอเรชั่น	200
จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่	5
จำนวนสตริงที่ถูกสร้างใหม่	5
วิธีการครอสโอเวอร์	PMX
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	0.9
วิธีการมิวเตชั่น	Reciprocal Exchange
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	0.1

7.4.11 ปัญหาที่ 11

7.4.11.1 ใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังตารางที่ 7.49

ตารางที่ 7.49 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 11 โดยใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง*

Analysis of Variance for OBJ, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
CrossTyp	1	4290	4290	4290	0.05	0.832
Pc	1	529	529	529	0.01	0.940
MutateTy	1	51984	51984	51984	0.61	0.471
Pm	1	19881	19881	19881	0.23	0.650
CrossTyp*Pc	1	135056	135056	135056	1.58	0.264
CrossTyp*MutateTy	1	37056	37056	37056	0.43	0.539
CrossTyp*Pm	1	73712	73712	73712	0.86	0.396
Pc*MutateTy	1	400	400	400	0.00	0.948
Pc*Pm	1	2916	2916	2916	0.03	0.861
MutateTy*Pm	1	71289	71289	71289	0.83	0.403
Error	5	427030	427030	85406		
Total	15	824144				

จากตารางที่ 7.49 พบว่า ไม่มีปัจจัยใดหรือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จึงวิเคราะห์ต่อไปโดยใช้ค่าพารามิเตอร์เดิม แต่เปลี่ยนตัวแปรตอบสนองเป็นลำดับของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบในหัวข้อที่ 7.4.11.2

7.4.11.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง

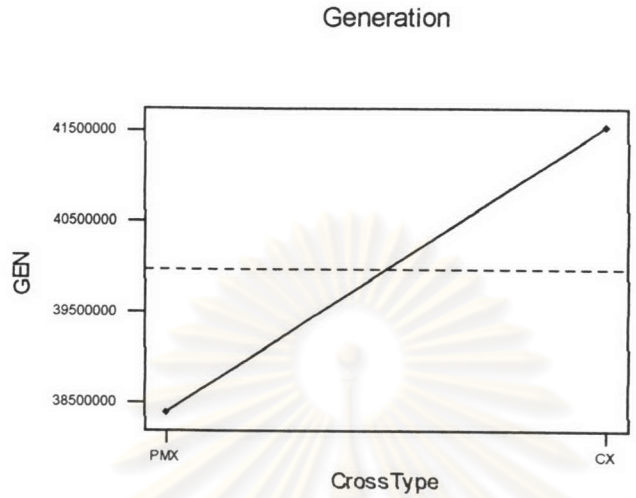
จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังตารางที่ 7.50

ตารางที่ 7.50 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 11 โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง*

Analysis of Variance for GEN, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
CrossTyp	1	3.9420E+13	3.9420E+13	3.9420E+13	9.16	0.029
Pc	1	1.6581E+13	1.6581E+13	1.6581E+13	3.85	0.107
MutateTy	1	3.5100E+12	3.5100E+12	3.5100E+12	0.82	0.408
Pm	1	1.7556E+12	1.7556E+12	1.7556E+12	0.41	0.551
CrossTyp*Pc	1	1.6900E+10	1.6900E+10	1.6900E+10	0.00	0.952
CrossTyp*MutateTy	1	4.2169E+12	4.2169E+12	4.2169E+12	0.98	0.368
CrossTyp*Pm	1	1.9349E+12	1.9349E+12	1.9349E+12	0.45	0.532
Pc*MutateTy	1	3.3293E+11	3.3293E+11	3.3293E+11	0.08	0.792
Pc*Pm	1	5.7193E+12	5.7193E+12	5.7193E+12	1.33	0.301
MutateTy*Pm	1	2401000000	2401000000	2401000000	0.00	0.982
Error	5	2.1517E+13	2.1517E+13	4.3034E+12		
Total	15	9.5006E+13				

จากตารางที่ 7.50 พบว่าไม่มีผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยใดที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่วิธีการครอสโอเวอร์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และได้กราฟของวิธีการครอสโอเวอร์ ดังรูปที่ 7.24

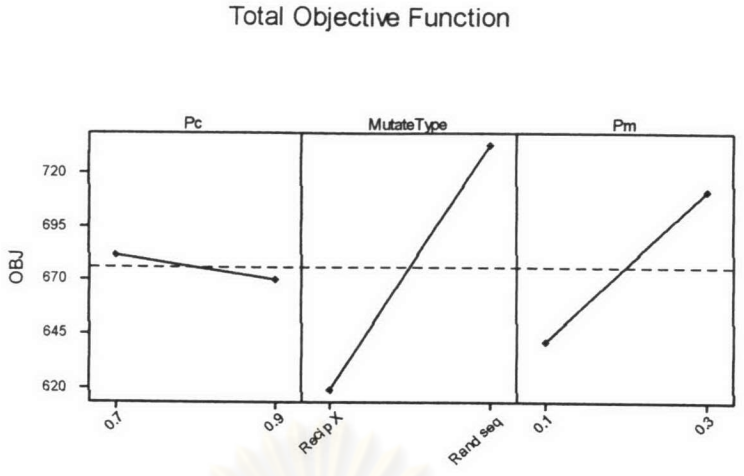


***รูปที่ 7.24** ผลของวิธีการครอสโอเวอร์ของปัญหาที่ 11*

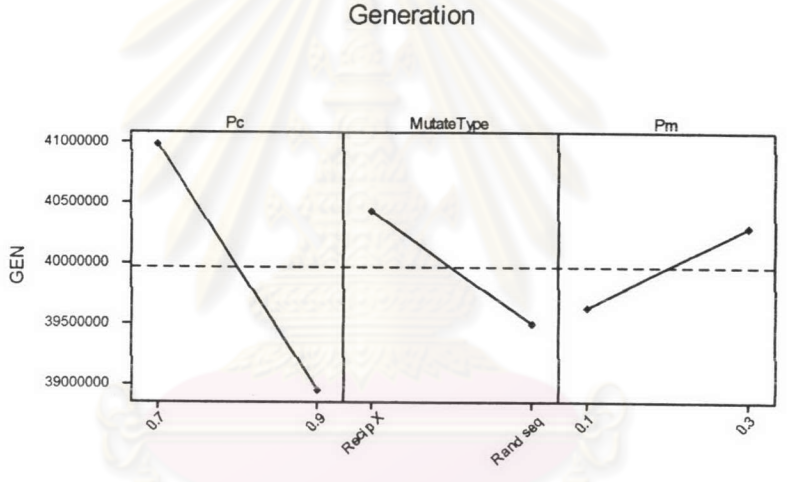
จากรูปที่ 7.24 พบว่าวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX ให้ค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นต่ำกว่าวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX จึงเลือกวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX จากนั้นวิเคราะห์ต่อโดยการใช้ค่าเฉลี่ยของค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหลือ ในหัวข้อที่ 7.4.11.3

7.4.11.3 การวิเคราะห์จากค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ สามารถพิจารณาได้จากผลของปัจจัยหลัก ดังรูปที่ 7.25 และรูปที่ 7.26 ตามลำดับ



รูปที่ 7.25 *ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 11*
ที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง



รูปที่ 7.26 *ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 11*
ที่มีลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากรูปที่ 7.25 และ 7.26 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ พารามิเตอร์ที่เหมาะสม คือ

- ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์คือ 0.9
- วิธีการมิวเตชั่นคือ Reciprocal Exchange
- ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นคือ 0.1

สามารถสรุปค่าพารามิเตอร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้ดังตารางที่ 7.51

ตารางที่ 7.51 สรุปค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 11

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
จำนวนประชากร	20
จำนวนเจนเนอเรชั่น	200
จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่	5
จำนวนสตริงที่ถูกสร้างใหม่	5
วิธีการครอสโอเวอร์	PMX
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	0.9
วิธีการมิวเตชั่น	Reciprocal Exchange
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	0.1

7.4.12 ปัญหาที่ 12

7.4.12.1 ใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังตารางที่ 7.52

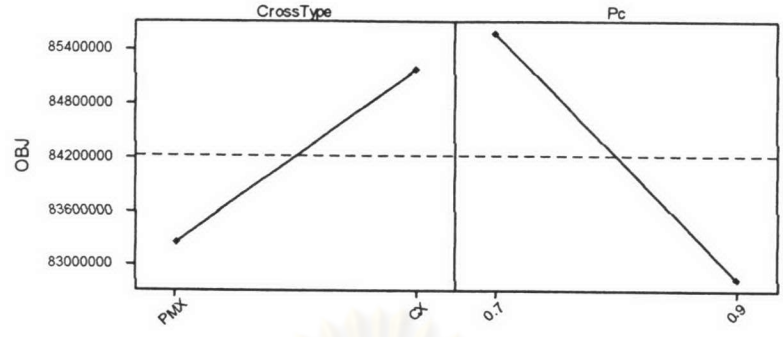
ตารางที่ 7.52 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 12 โดยใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง

Analysis of Variance for OBJ, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
CrossTyp	1	1.4963E+13	1.4963E+13	1.4963E+13	18.98	0.007
Pc	1	2.9450E+13	2.9450E+13	2.9450E+13	37.35	0.002
MutateTy	1	1.6320E+10	1.6320E+10	1.6320E+10	0.02	0.891
Pm	1	1.5933E+12	1.5933E+12	1.5933E+12	2.02	0.214
CrossTyp*Pc	1	1.2039E+13	1.2039E+13	1.2039E+13	15.27	0.011
CrossTyp*MutateTy	1	2.3180E+10	2.3180E+10	2.3180E+10	0.03	0.871
CrossTyp*Pm	1	3.5034E+12	3.5034E+12	3.5034E+12	4.44	0.089
Pc*MutateTy	1	4.0673E+11	4.0673E+11	4.0673E+11	0.52	0.505
Pc*Pm	1	1.0419E+12	1.0419E+12	1.0419E+12	1.32	0.302
MutateTy*Pm	1	2.2539E+11	2.2539E+11	2.2539E+11	0.29	0.616
Error	5	3.9419E+12	3.9419E+12	7.8838E+11		
Total	15	6.7204E+13				

จากตารางที่ 7.52 พบว่า วิธีการครอสโอเวอร์ ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ และผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของวิธีการครอสโอเวอร์และความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จะเห็นได้ว่าผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยที่มีนัยสำคัญ มีปัจจัยที่เหมือนกับปัจจัยหลัก ดังนั้นจึงพิจารณาเฉพาะผลของปัจจัยหลักเท่านั้น ดังรูปที่ 7.27

Total Objective Function



รูปที่ 7.27 ผลของวิธีการครอสโอเวอร์
และความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ของปัญหาที่ 12

จากรูปที่ 7.27 พบว่า วิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX มีค่าเฉลี่ยของค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมต่ำกว่าแบบ CX และความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.9 ให้ค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมต่ำกว่า 0.7 ดังนั้นจึงเลือกวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX และความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.9

จึงวิเคราะห์ต่อไปโดยใช้ค่าพารามิเตอร์เดิม แต่เปลี่ยนตัวแปรตอบสนองเป็นลำดับของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ และตัดปัจจัยวิธีการครอสโอเวอร์และความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ออกจากการวิเคราะห์ ในหัวข้อ 7.4.12.2

7.4.12.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง

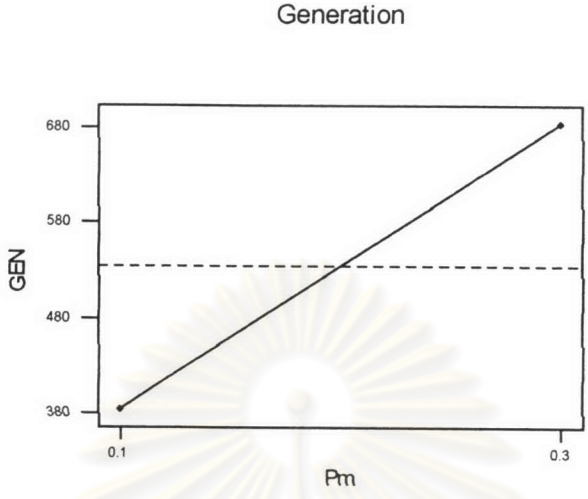
จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยการตัดวิธีการครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ออก ได้ผลดังตารางที่ 7.53

ตารางที่ 7.53 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 12
โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง

Analysis of Variance for GEN, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
MutateTy	1	13806	13806	13806	0.29	0.598
Pm	1	355216	355216	355216	7.53	0.018
MutateTy*Pm	1	113232	113232	113232	2.40	0.147
Error	12	566308	566308	47192		
Total	15	1048563				

จากตารางที่ 7.53 พบว่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และได้กราฟของความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น ดังรูปที่ 7.28



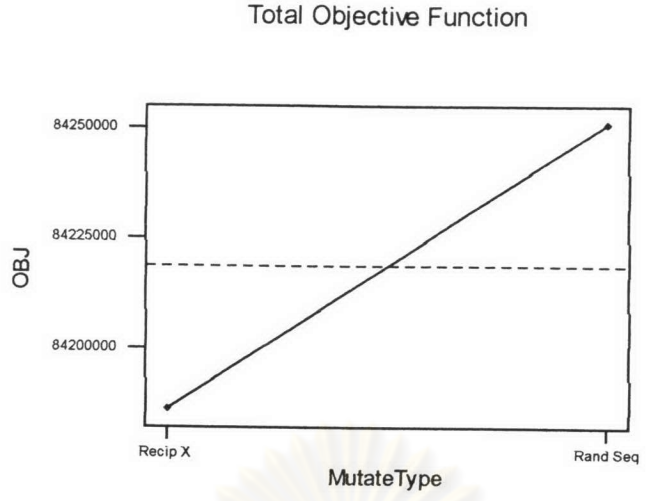
***รูปที่ 7.28** ผลของความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นของปัญหาที่ 12*

จากรูปที่ 7.28 พบว่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเท่ากับ 0.1 ให้ค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นต่ำกว่า 0.3 จึงเลือกความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเท่ากับ 0.1 จากนั้นวิเคราะห์ต่อโดยการใช้ค่าเฉลี่ยของค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหลือ ในหัวข้อที่ 7.4.12.3

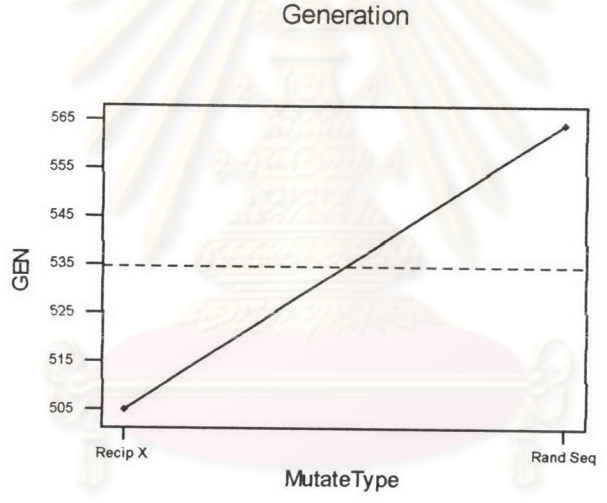
7.4.12.3 การวิเคราะห์จากค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ สามารถพิจารณาได้จากผลของปัจจัยหลัก ดังรูปที่ 7.29 และรูปที่ 7.30 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.29 *ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 12*
ที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง



รูปที่ 7.30 *ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 12*
ที่มีลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากรูปที่ 7.29 และ 7.30 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ จะได้วิธีการมิวเตชั่นแบบ Reciprocal Exchange

สามารถสรุปค่าพารามิเตอร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้ดังตารางที่ 7.54

ตารางที่ 7.54 สรุปค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 12

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
จำนวนประชากร	20
จำนวนเจนเนอเรชั่น	200
จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่	5
จำนวนสตริงที่ถูกสร้างใหม่	5
วิธีการครอสโอเวอร์	PMX
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	0.9
วิธีการมิวเตชั่น	Reciprocal Exchange
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	0.1

7.4.13 ปัญหาที่ 13

7.4.13.1 ใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง

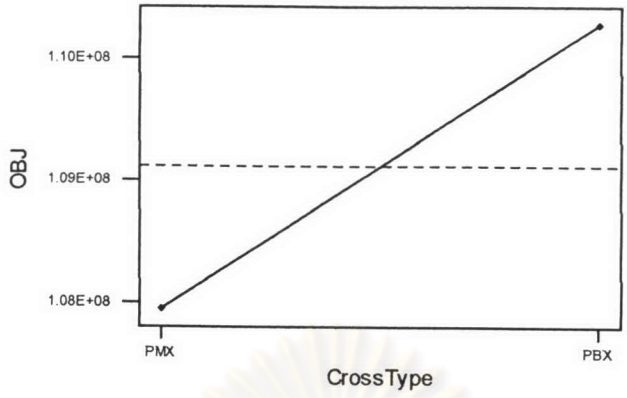
จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังตารางที่ 7.55

ตารางที่ 7.55 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 13 โดยใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง

Analysis of Variance for OBJ, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
CrossTyp	1	2.1646E+13	2.1646E+13	2.1646E+13	6.62	0.050
Pc	1	1.4919E+13	1.4919E+13	1.4919E+13	4.56	0.086
MutateTy	1	1.9514E+13	1.9514E+13	1.9514E+13	5.97	0.058
Pm	1	6.8252E+12	6.8252E+12	6.8252E+12	2.09	0.208
CrossTyp*Pc	1	1.2834E+13	1.2834E+13	1.2834E+13	3.92	0.104
CrossTyp*MutateTy	1	9.5945E+12	9.5945E+12	9.5945E+12	2.93	0.147
CrossTyp*Pm	1	7.2676E+11	7.2676E+11	7.2676E+11	0.22	0.657
Pc*MutateTy	1	1.2585E+13	1.2585E+13	1.2585E+13	3.85	0.107
Pc*Pm	1	3.2776E+11	3.2776E+11	3.2776E+11	0.10	0.764
MutateTy*Pm	1	2.6548E+13	2.6548E+13	2.6548E+13	8.12	0.036
Error	5	1.6355E+13	1.6355E+13	3.2709E+12		
Total	15	1.4188E+14				

จากตารางที่ 7.55 พบว่า วิธีการครอสโอเวอร์ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และได้กราฟ ดังรูปที่ 7.31



รูปที่ 7.31 ผลของวิธีการครอสโอเวอร์ของปัญหาที่ 13

จากรูปที่ 7.31 พบว่า วิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX มีค่าเฉลี่ยของค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมต่ำกว่าแบบ ดังนั้นจึงเลือกวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX จากนั้นวิเคราะห์ต่อไปโดยใช้ค่าพารามิเตอร์เดิม แต่เปลี่ยนตัวแปรตอบสนองเป็นลำดับของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ และตัดปัจจัยวิธีการครอสโอเวอร์ออกจากการวิเคราะห์ ในหัวข้อ 7.4.13.2

7.4.13.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยการตัดวิธีการครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ออก ได้ผลดังตารางที่ 7.56

ตารางที่ 7.56 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 13 โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง

Analysis of Variance for GEN, using Adjusted SS for Tests

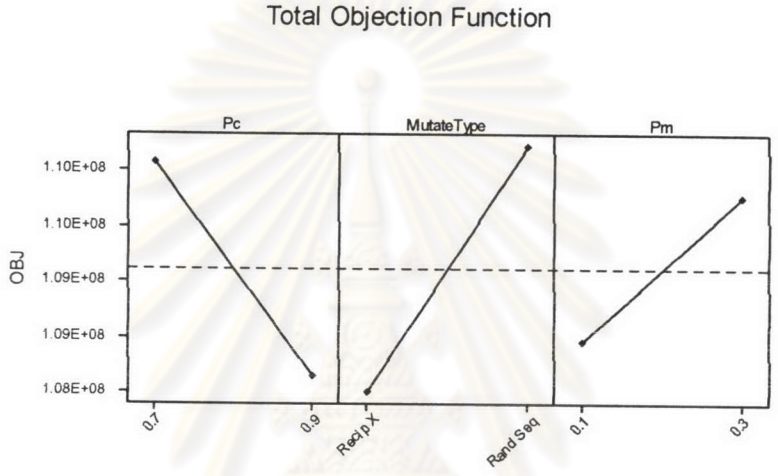
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Pc	1	2809	2809	2809	0.05	0.825
MutateTy	1	46010	46010	46010	0.84	0.382
Pm	1	2809	2809	2809	0.05	0.825
Pc*MutateTy	1	1980	1980	1980	0.04	0.853
Pc*Pm	1	81	81	81	0.00	0.970
MutateTy*Pm	1	106602	106602	106602	1.96	0.195
Error	9	490592	490592	54510		
Total	15	650884				

จากตารางที่ 7.56 ไม่มีปัจจัยหลักหรือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยใด ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากนั้นวิเคราะห์ต่อโดยการใช้ค่าเฉลี่ยของค่าฟังก์ชัน

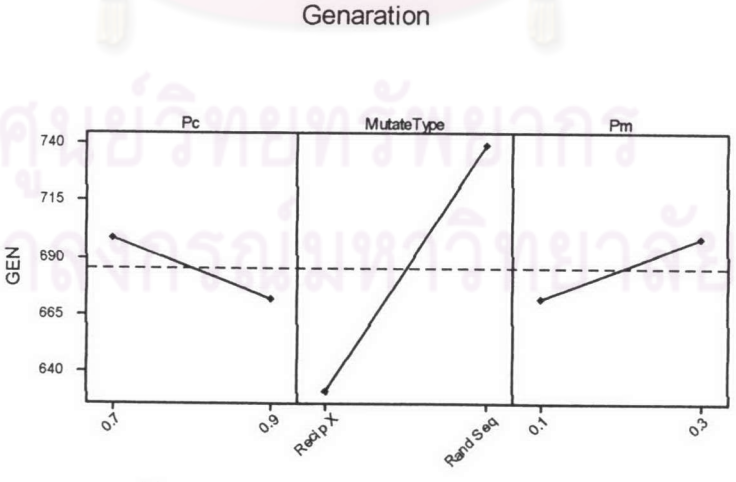
วัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหลือ ในหัวข้อที่ 7.4.13.3

7.4.13.3 การวิเคราะห์จากค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ สามารถพิจารณาได้จากผลของปัจจัยหลัก ดังรูปที่ 7.32 และรูปที่ 7.33 ตามลำดับ



รูปที่ 7.32 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 13 ที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง



รูปที่ 7.33 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 13 ที่มีลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากรูปที่ 7.32 และ 7.33 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์รวมและค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ จะได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม คือ

- ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์คือ 0.9
- วิธีการมิวเตชั่นแบบ Reciprocal Exchange
- ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นคือ 0.1

สามารถสรุปค่าพารามิเตอร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้ดังตารางที่ 7.57

***ตารางที่ 7.57** สรุปค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 13*

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
จำนวนประชากร	20
จำนวนเจนเนอเรชั่น	200
จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่	5
จำนวนสตริงที่ถูกสร้างใหม่	5
วิธีการครอสโอเวอร์	PMX
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	0.9
วิธีการมิวเตชั่น	Reciprocal Exchange
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	0.1

7.4.14 ปัญหาที่ 14

7.4.14.1 ใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังตารางที่ 7.58

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.58 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 14 โดยใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง

Analysis of Variance for OBJ, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
CrossTyp	1	2.4030E+15	2.4030E+15	2.4030E+15	6.43	0.052
Pc	1	6.5408E+14	6.5408E+14	6.5408E+14	1.75	0.243
MutateTy	1	1.0774E+14	1.0774E+14	1.0774E+14	0.29	0.614
Pm	1	1.8010E+14	1.8010E+14	1.8010E+14	0.48	0.518
CrossTyp*Pc	1	1.4784E+13	1.4784E+13	1.4784E+13	0.04	0.850
CrossTyp*MutateTy	1	2.5632E+14	2.5632E+14	2.5632E+14	0.69	0.445
CrossTyp*Pm	1	7.9032E+13	7.9032E+13	7.9032E+13	0.21	0.665
Pc*MutateTy	1	2.3578E+14	2.3578E+14	2.3578E+14	0.63	0.463
Pc*Pm	1	4.8466E+14	4.8466E+14	4.8466E+14	1.30	0.306
MutateTy*Pm	1	1.2461E+13	1.2461E+13	1.2461E+13	0.03	0.862
Error	5	1.8685E+15	1.8685E+15	3.7371E+14		
Total	15	6.2965E+15				

จากตารางที่ 7.58 พบว่า ไม่มีปัจจัยหลักหรือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยใดที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากนั้นวิเคราะห์ต่อไปโดยใช้ค่าพารามิเตอร์เดิม ในหัวข้อ 7.4.14.2

7.4.14.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง

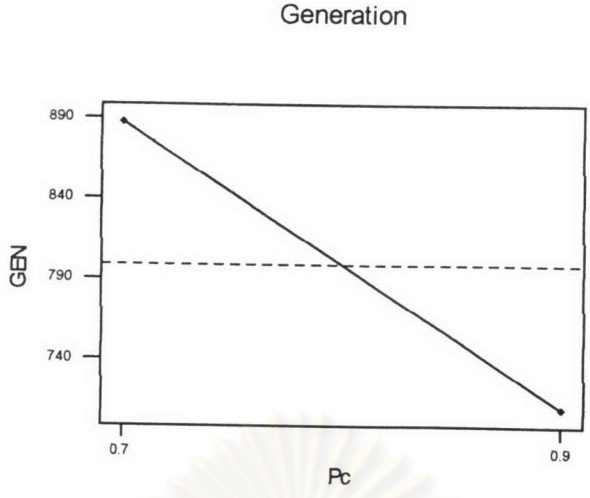
จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยการตัดวิธีการครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ออก ได้ผลดังตารางที่ 7.59

ตารางที่ 7.59 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 14 โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง

Analysis of Variance for GEN, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
CrossTyp	1	84100	84100	84100	5.59	0.064
Pc	1	123904	123904	123904	8.24	0.035
MutateTy	1	49506	49506	49506	3.29	0.129
Pm	1	26082	26082	26082	1.73	0.245
CrossTyp*Pc	1	1681	1681	1681	0.11	0.752
CrossTyp*MutateTy	1	10302	10302	10302	0.69	0.446
CrossTyp*Pm	1	4290	4290	4290	0.29	0.616
Pc*MutateTy	1	380	380	380	0.03	0.880
Pc*Pm	1	21756	21756	21756	1.45	0.283
MutateTy*Pm	1	56644	56644	56644	3.77	0.110
Error	5	75191	75191	15038		
Total	15	453837				

จากตารางที่ 7.59 พบว่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และได้ผลของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ ดังรูปที่ 7.34



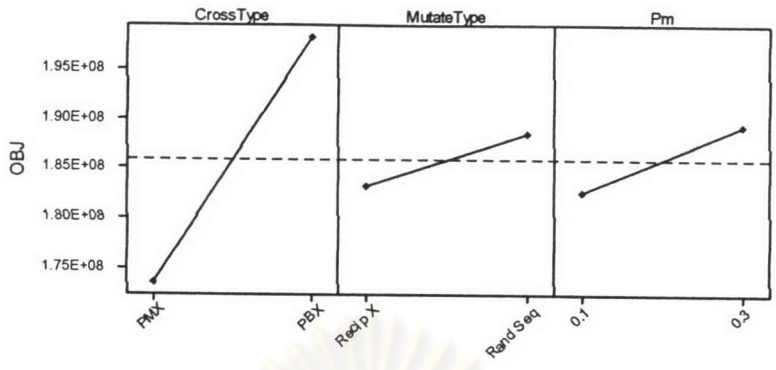
รูปที่ 7.34 ผลของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ของปัญหาที่ 14

จากรูปที่ 7.34 พบว่าค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.9 มีค่าต่ำกว่า 0.7 จึงเลือกความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.9 จากนั้นวิเคราะห์ต่อโดยการใช้ค่าเฉลี่ยของค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมและค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหลือ ในหัวข้อที่ 7.4.14.3

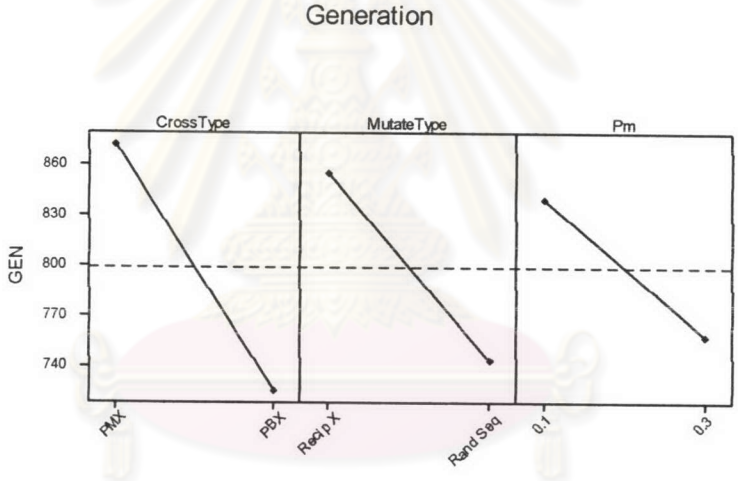
7.4.14.3 การวิเคราะห์จากค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ สามารถพิจารณาได้จากผลของปัจจัยหลัก ดังรูปที่ 7.35 และรูปที่ 7.36 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



***รูปที่ 7.35** ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 14*
ที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง



***รูปที่ 7.36** ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 14*
ที่มีลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง

จากรูปที่ 7.35 และ 7.36 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์รวม และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ จะได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม คือ

- วิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX
- วิธีการมิวเตชั่นแบบ Reciprocal Exchange
- ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นคือ 0.1

สามารถสรุปค่าพารามิเตอร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้ดังตารางที่ 7.60

ตารางที่ 7.60 *สรุปค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 13*

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
จำนวนประชากร	20
จำนวนเจนเนอเรชั่น	200
จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่	5
จำนวนสตริงที่ถูกสร้างใหม่	5
วิธีการครอสโอเวอร์	PMX
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	0.9
วิธีการมิวเตชั่น	Reciprocal Exchange
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	0.1

7.5 สรุปการทดลอง

จากการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมทั้ง 14 ปัญหา สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 7.61

ตารางที่ 7.61 *สรุปค่าพารามิเตอร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา*

ปัญหาที่	จำนวนประชากร	จำนวนเจนเนอเรชั่น	จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่	จำนวนสตริงที่ถูกสร้างใหม่	วิธีการครอสโอเวอร์	ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	วิธีการมิวเตชั่น	ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น
1	6	200	5	3	PMX	0.9	Recip X	0.3
2	6	200	5	3	PMX	0.7	Rand Seq	0.1
3	6	200	5	3	PMX	0.7	Rand Seq	0.3
4	15	200	5	10	PBX	0.7	Rand Seq	0.3
5	15	200	5	5	PBX	0.9	Rand Seq	0.1
6	15	200	5	5	PBX	0.7	Recip X	0.3
7	20	200	5	5	PMX	0.9	Rand Seq	0.3
8	20	200	5	5	PMX	0.9	Recip X	0.3
9	20	200	5	5	PMX	0.9	Recip X	0.3
10	20	200	5	5	PMX	0.9	Recip X	0.1
11	20	200	5	5	PMX	0.9	Recip X	0.1
12	20	200	5	5	PMX	0.9	Recip X	0.1
13	20	200	5	5	PMX	0.9	Recip X	0.1
14	20	200	5	5	PMX	0.9	Recip X	0.1

จากการทดลองของทุกปัญหา และค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในตารางที่ 7.61 สามารถวิเคราะห์ได้ ดังนี้

7.5.1 ปัญหาที่มีจำนวนแผนกเท่ากับ 6

การเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของปัญหาที่มีจำนวนแผนกเท่ากับ 6 ไม่ได้ทำให้ประสิทธิภาพของการหาคำตอบที่ดีของเจนเนติกอัลกอริทึมเปลี่ยนแปลง สังเกตได้จากการทดลองต่างๆได้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมไม่แตกต่างกัน หรือต่างกันเพียงบางการทดลองเท่านั้น เนื่องมาจากขนาดปัญหาเล็กและมีข้อจำกัดมาก จึงทำให้ชุดสตริงที่เป็นไปได้มีน้อย ประสิทธิภาพของการหาคำตอบจึงขึ้นกับความเร็วในการลู่เข้าหาคำตอบเท่านั้น โดยค่าพารามิเตอร์ใดก็ตามที่สามารถพบคำตอบได้เร็วจะถูกเลือกเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

7.5.2 ปัญหาที่มีจำนวนแผนกเท่ากับ 10

เช่นเดียวกับขนาดปัญหาที่มีจำนวนแผนกเท่ากับ 6 การเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของปัญหาที่มีจำนวนแผนกเท่ากับ 10 ไม่ได้ทำให้ประสิทธิภาพของการหาคำตอบที่ดีของเจนเนติกอัลกอริทึมเปลี่ยนแปลง สังเกตได้จากการทดลองต่างๆได้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมไม่แตกต่างกัน หรือต่างกันเพียงบางการทดลองเท่านั้น เนื่องมาจากขนาดปัญหาเล็กและมีข้อจำกัดมาก จึงทำให้ชุดสตริงที่เป็นไปได้มีน้อย ประสิทธิภาพของการหาคำตอบจึงขึ้นกับความเร็วในการลู่เข้าหาคำตอบเท่านั้น โดยค่าพารามิเตอร์ใดก็ตามที่สามารถพบคำตอบได้เร็วจะถูกเลือกเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

7.5.3 ปัญหาที่มีจำนวนแผนกเท่ากับ 15 ถึง 20

ค่าพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึมของปัญหาที่มีจำนวนแผนกมาก หรือเป็นปัญหาที่มีขนาดใหญ่ พบว่าจำนวนประชากรส่งผลต่อประสิทธิภาพในการหาคำตอบอย่างมาก โดยจำนวนประชากรมากมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าจำนวนประชากรที่น้อยกว่า ส่วนพารามิเตอร์วิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.9 และวิธีการมิวเตชั่นแบบ Reciprocal Exchange มีความโดดเด่นในการหาคำตอบที่สามารถหาค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมได้ต่ำ แต่เมื่อเทียบที่ความเร็วในการลู่เข้าหาคำตอบ พบว่ามีทั้งประสิทธิภาพที่เหนือกว่าและต่ำกว่า ทั้งนี้เนื่องจากวิธีการทำงานของเจนเนติกอัลกอริทึมที่เป็นการค้นหาแบบสุ่มนั่นเอง

7.5.4 ผลสรุปของการสร้างสตริงใหม่

เจนเนติกอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้เพิ่มเติมการสร้างสตริงใหม่ในแต่ละรอบเมื่อครบตามจำนวนเจนเนอเรชั่นที่กำหนด (ดู รูปที่ 6.1) ซึ่งต่างจากเจนเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย (ดู รูปที่ 3.2) เพื่อหลีกเลี่ยงการติดอยู่ใน Local optima

การสร้างสตริงใหม่ในการทดลองแต่ละการทดลอง จึงมุ่งหวังให้ชุดสตริงที่ถูกสร้างขึ้นใหม่ดังกล่าว มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ต่างไปจากชุดสตริงชุดอื่นที่อยู่ในประชากรเดียวกัน (ในเจนเนอเรชันใดใดอาจมีชุดสตริงที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ซ้ำกันหลายชุด) เพราะการสร้างชุดสตริงใหม่นี้จะเป็นชุดสตริงที่มีความเป็นไปได้ ต่างจากการครอสโอเวอร์ และการมิวเตชั่น ที่ถึงแม้มีการเปลี่ยนแปลงค่าภายในสตริงลำดับการเรียงของแผนก แต่สตริงลูกหลานที่ได้อาจจะไม่ใช่สตริงที่มีความเป็นไปได้ หรือไม่สามารถหาสตริงความกว้างของแถบได้นั่นเอง

แต่จากการทดลองเบื้องต้นในแต่ละปัญหาที่มีจำนวนแผนกต่างกัน พบว่าการสร้างสตริงใหม่ในแต่ละรอบเมื่อครบตามจำนวนเจนเนอเรชั่นที่กำหนด แทบไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการหาคำตอบของเจนเนติกอัลกอริทึม เนื่องมาจากชุดสตริงที่เป็นไปได้มีน้อยนั่นเอง การสร้างสตริงใหม่ในแต่ละรอบของการสร้างสตริงใหม่ จึงมีความเป็นไปได้ที่จะสร้างชุดสตริงที่เคยพบมาแล้ว และมีคุณสมบัติที่แย่กว่าเมื่อเปรียบเทียบกับประชากรในเจนเนอเรชั่นของการสร้างสตริงใหม่ เพราะว่าปัญหาในงานวิจัยนี้ทุกปัญหามีข้อจำกัดต่างๆมากมาย ชุดสตริงที่เป็นไปได้ที่ผ่านข้อจำกัดทั้งหมดจึงน้อยลง โดยเฉพาะปัญหาที่มีจำนวนแผนกน้อย เช่น 6 แผนก เป็นต้น ดังนั้นเมื่อถึงกระบวนการรีโปรดักชั่น ชุดสตริงที่สร้างขึ้นใหม่ดังกล่าวจึงไม่ถูกคัดเลือกไปยังกระบวนการถัดไปได้

ข้อดีของการสร้างสตริงใหม่ของการทดลองจึงมีเพียง การสร้างชุดสตริงตามจำนวนที่กำหนดให้มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ต่างจากประชากรตัวอื่น และสามารถอยู่รอดผ่านการรีโปรดักชั่นเพื่อเป็นชุดสตริงสำหรับการครอสโอเวอร์และมิวเตชั่น ซึ่งจะทำให้ชุดสตริงในประชากรมีความหลากหลายมากขึ้น จนเกิดการเปลี่ยนแปลงภายในสตริงที่นำไปสู่ชุดสตริงที่มีคุณสมบัติดีกว่าได้

7.6 สรุปท้ายบท

การทดสอบพารามิเตอร์ของวิธีการเจนเนติกอัลกอริทึม ทำขึ้นเพื่อตรวจสอบดูว่าพารามิเตอร์ตัวใดที่มีผลต่อความสามารถในการหาคำตอบ และเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่

เหมาะสมที่จะใช้เป็นแนวทางในการนำวิธีเจนเนติกอัลกอริทึมไปใช้แก้ปัญหาจริง รูปแบบปัญหาที่ทำการทดลองมีทั้งหมด 14 ปัญหา การทดลองกระทำ 2 ขั้นตอน คือ การทดลองเบื้องต้นเพื่อคัดเลือกพารามิเตอร์ตั้งต้นสำหรับการทดลองหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม และการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

การทดลองเบื้องต้น เป็นการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของ จำนวนประชากร จำนวนเจนเนอเรชั่น จำนวนรอบของการสร้างสตริงใหม่ จำนวนสตริงที่ถูกสตร้างใหม่ และวิธีการครอสโอเวอร์ 2 วิธี โดยพิจารณาจากค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม ร่วมกับเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

การทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมใช้การทดลองแบบ Full Factorial Design ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง ถ้าพบว่าไม่สามารถหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ จะทำการทดสอบอีกครั้งโดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นตัวแปรตอบสนองแทน และถ้าพบว่าไม่สามารถหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนจากตัวแปรตอบสนองทั้งสองได้ จะทำการวิเคราะห์จากค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม ร่วมกับค่าเฉลี่ยลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเพื่อหาค่าพารามอเตอร์ที่เหมาะสม โดยปัจจัยที่พิจารณามีทั้งหมด 4 ปัจจัยคือ วิธีการครอสโอเวอร์ ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ วิธีการมิวเตชั่น และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น จึงมี Treatment Combination ในแต่ละการทดลองเท่ากับ 16 และจำนวนทำซ้ำของการทดลองเท่ากับหนึ่ง ดังนั้นจะมีจำนวนข้อมูลทั้งหมดในแต่ละการทดลอง 16 ข้อมูล

ผลการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95 และการพิจารณาค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมร่วมกับค่าเฉลี่ยลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ จะได้ว่า พารามิเตอร์ที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองนั้นแตกต่างกันไปตามแต่ละรูปแบบปัญหา โดยเฉพาะปัญหาขนาดใหญ่ มีพารามิเตอร์บางตัวที่ให้ประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่โดดเด่น ซึ่งพารามิเตอร์ที่ได้จาการทดสอบสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการกำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้งานจริงได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย