บทที่ 7

การทดสอบพารามิเตอร์ของวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม

เนื้อหาในบทนี้จะเกี่ยวข้องกับการทดสอบพารามิเตอร์ของวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม เนื่องจากประสิทธิภาพในการหาคำตอบของวิธีการเจนเนติกอัลกอริทึม มีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการหาคำตอบหลายตัว การกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะทำให้วิธีการเจนเนติกอัลกอริทึมมีประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่ดีที่สุด โดยแต่ละโจทย์ปัญหาจะมีพารามิเตอร์ที่เหมาะสมแตกต่างกัน ดังนั้นในการหาคำตอบสำหรับการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ที่จะเข้าทำการประกอบในสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมจำเป็นต้องมีการทดสอบพารามิเตอร์เพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการหาคำตอบ

การหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของวิธีการเจนเนติกอัลกอริทึมสามารถทำได้โดยการออกแบบการทดลอง (ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, 2537) ดังนั้นจึงได้ทำการออกแบบการทดลองและทำการทดลองตามวิธีการของ Experimental Design (Mongomery, D.C.,1997) โดยมีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาเปรียบเทียบหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดดังนี้

1. พิจารณาจากวัตถุประสงค์เป้าหมาย (Objective Value) โดยพิจารณาจากค่าความพึงพอใจของผู้ทำการตัดสินใจในการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ โดยแสดงในรูปของค่า Fitness
2. พิจารณาจากความเร็วในการลู่เข้าหาคำตอบ โดยจะพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

7.1 การทดลองหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

7.1.1 การระบุปัญหา

กรณีศึกษาในการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าทำการประกอบในสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม มีรายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 7.1(รายละเอียดของจำนวนการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์ เวลาการทำงานแต่ละขั้นงานและขั้นงานในสถานีงานต่างๆ ดังแสดงในภาคผนวก ข)

ตารางที่ 7.1 แสดงรายละเอียดของกรณีศึกษา

กรณีศึกษา	จำนวนชนิดผลิตภัณฑ์	จำนวนสถานีงาน	สัดส่วนผลิตภัณฑ์ (MPS)	ความยาวสตริง	ความแปรปรวนของสัดส่วนผลิตภัณฑ์	จำนวนคำตอบที่เป็นไปได้	เวลาการประกอบ
1	3	25	6,4,5	15	0.79	630,630	Triangular Fuzzy
2	4	11	5,8,4,10	27	5.6	$2.58x10^{13}$	Triangular Fuzzy
3	10	3	2,3,5,6,3,2,5,5,6,3	40	2.2	$1.054x10^{33}$	Triangular Fuzzy

จากตารางที่ 7.1 แสดงรายละเอียดของกรณีศึกษาทั้ง 3 กรณี คือ จำนวนชนิดผลิตภัณฑ์ จำนวนสถานีงาน สัดส่วนผลิตภัณฑ์ (MPS) ซึ่งแสดงสัดส่วนของการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ความยาวสตริงซึ่งคำนวณได้จากการรวมค่า MPS (วิธีการหาค่า MPS และความยาวสตริง ดังแสดงในบทที่ 6) ความแปรปรวนของสัดส่วนผลิตภัณฑ์เป็นค่าแสดงความแตกต่างของสัดส่วนการผลิตของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด จำนวนคำตอบที่เป็นไปได้ คือ จำนวนรูปแบบของลำดับผลิตภัณฑ์ที่ทำการจัดที่เป็นไปได้โดยไม่ซ้ำกัน และส่วนสุดท้ายคือเวลาในการประกอบ ซึ่งทุกกรณีศึกษาจะมีเวลาการประกอบเป็นฟัซซี่ซึ่งมีค่าฟังก์ชันการเป็นสมาชิกเป็นรูปสามเหลี่ยม (Triangular Fuzzy)

7.1.2 การเลือกตัวแปรตอบสนอง

เนื่องจากเป็นการทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากความสามารถในการหาคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นตัวแปรตอบสนองที่ใช้ ควรเป็นค่าวัตถุประสงค์เป้าหมาย (Objective Value) ของปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าทำการประกอบในสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เวลาที่ใช้ในการประกอบทุกผลิตภัณฑ์เสร็จสิ้นน้อยที่สุด แต่เนื่องจากกรณีศึกษามีเวลาการทำงานเป็นแบบฟัซซี่ ไม่สามารถพิจารณาจากเวลาในการประกอบเสร็จสิ้นที่น้อยที่สุดได้โดยตรง ดังนั้นจึงพิจารณาวัตถุประสงค์เป้าหมายเป็นค่าความพึงพอใจของผู้ทำการตัดสินใจในการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ (Fitness) เป็นตัวแปรตอบสนอง

เนื่องจากประสิทธิภาพของ GAs ไม่ได้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการหาคำตอบที่ดีที่สุดเท่านั้นแต่ยังขึ้นกับความสามารถในการลู่เข้าหาคำตอบ ซึ่งหมายถึงระยะเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบ โดยพิจารณาได้จากลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ ดังนั้นหากในกรณีที่เมื่อพิจารณาจากค่า Fitness เป็นตัวแปรตอบสนองแล้วไม่สามารถวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ จะพิจารณาลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นตัวแปรตอบสนองลำดับที่สอง โดยจะทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกับการพิจารณาจากค่า Fitness เป็นตัวแปรตอบสนอง

7.1.3 การเลือกปัจจัยและระดับของปัจจัย

พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการหาคำตอบโดยวิธีการเจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับกรณีศึกษาตัวอย่างนี้ มีดังนี้

1. จำนวนประชากร (Population Size)

จำนวนประชากร คือ จำนวนคำตอบทั้งหมดที่มีอยู่ในแต่ละเจนเนอเรชั่น เช่น ถ้ากำหนดให้จำนวนประชากรเป็น 10 หมายความว่าในแต่ละเจนเนอเรชั่นจะมีคำตอบที่เป็นไปได้สำหรับปัญหาทั้งหมด 10 คำตอบ การกำหนดประชากรที่น้อยเกินไปอาจจะทำให้คำตอบติดอยู่ใน Local Optimum ในขณะเดียวกันการกำหนดประชากรที่มากเกินไปก็จะทำให้ต้องใช้เวลาในการหาคำตอบนาน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการทดสอบว่าจำนวนประชากรที่ใช้ควรเป็นเท่าใด จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา(จงกล, 2543) จึงได้กำหนดระดับของจำนวนประชากรที่แตกต่างกันในแต่ละกรณีศึกษาสำหรับงานวิจัยนี้ เป็นดังนี้

- กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด กำหนดระดับของจำนวนประชากรเป็น 5 ระดับคือ 5 10 15 20 และ 25
- กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด กำหนดระดับของจำนวนประชากรเป็น 5 ระดับคือ 5 15 25 35 และ 45
- กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด กำหนดระดับของจำนวนประชากรเป็น 5 ระดับคือ 5 15 25 35 และ 45

2. ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (Crossover Probability : Pc)

เนื่องจากค่าความน่าจะเป็นไปการครอสโอเวอร์ มีค่าได้ตั้งแต่ 0-1.0 ดังนี้งานวิจัยจึงกำหนดค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ เป็น 10 ระดับคือ 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 และ 1.0

3. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (Mutation Probability : Pm)

เนื่องจากค่าความน่าจะเป็นไปการมิวเตชั่นมีค่าได้ตั้งแต่ 0-1.0 ดังนี้งานวิจัยจึงกำหนดค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ เป็น 10 ระดับคือ 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 และ 1.0

4. วิธีการคัดเลือกสตริง (Selection Method)

เป็นวิธีการในการคัดเลือกสตริงที่มีความเหมาะสม เพื่อเข้าสู่กระบวนการครอสโอเวอร์ ในงานวิจัยได้เสนอวิธีการคัดเลือกสตริงไว้ 2 วิธี คือ วิธี Roulette Wheel และวิธี

Tournament Selection ดังนั้นวิธีการคัดเลือกสตริงจึงกำหนดเป็นปัจจัยที่ต้องทำการวิเคราะห์เพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมกับปัญหา

5. วิธีการครอสโอเวอร์ (Crossover Method)

การครอสโอเวอร์ถือเป็นกระบวนการที่สำคัญในการพัฒนาคำตอบ ดังนั้นการเลือกวิธีการครอสโอเวอร์ที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญ ในงานวิจัยได้เสนอวิธีการครอสโอเวอร์เอาไว้ทั้งหมด 4 วิธี ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้กับสตริงคำตอบแบบ Non-binary ที่มีตัวเลขซ้ำกัน ซึ่งเป็นรูปแบบสตริงคำตอบที่ใช้ในงานวิจัย ดังนั้นจึงกำหนดให้วิธีการครอสโอเวอร์เป็นปัจจัยที่ใช้ในการทดลองอีกปัจจัยหนึ่ง โดยมีระดับปัจจัยทั้งหมด 4 ระดับตามวิธีแต่ละวิธี ดังนี้

- ระดับที่ 1 วิธี Modified One Point Crossover (modMOX)
- ระดับที่ 2 วิธี Modified Partially Mapped Crossover (modPMX)
- ระดับที่ 3 วิธี Modified Order Crossover (modOX)
- ระดับที่ 4 วิธี Modified Position Base Crossover (modPBX)

6. วิธีการมิวเตชั่น (Mutation Method)

ในงานวิจัยได้เสนอวิธีการมิวเตชั่นเอาไว้ทั้งหมด 4 วิธีการ ซึ่งวิธีการมิวเตชั่นที่ใช้นี้คาดว่าน่าจะเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการหาคำตอบ ดังนั้นจึงกำหนดให้วิธีมิวเตชั่นเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทดลองอีกปัจจัยหนึ่ง โดยมีระดับปัจจัยทั้งหมด 4 ระดับตามวิธีแต่ละวิธี ดังนี้

- ระดับที่ 1 วิธี Inversion Mutation
- ระดับที่ 2 วิธี Insertion Mutation
- ระดับที่ 3 วิธี Reciprocal Exchange Mutation
- ระดับที่ 4 วิธี Displacement Mutation

7. จำนวนเจนเนอเรชั่น (No. of Generation)

จำนวนเจนเนอเรชั่น คือ จำนวนรอบทั้งหมดในการคำนวณหาค่าตอบสนอง 1 ค่า โดยที่ 1 เจนเนอเรชั่น คือ การคำนวณตามอัลกอริทึมตั้งแต่เริ่มต้นจนจบ (ก่อนจะเริ่มวนขึ้นรอบใหม่) ครบ 1 รอบ (หรือ 1 เจนเนอเรชั่นก็คือ การวนรอบคำนวณซ้ำ 1 รอบนั่นเอง) การกำหนดเจนเนอเรชั่นที่น้อยเกินไปอาจทำให้ยังไม่ได้คำตอบที่ดีที่สุด ในขณะที่การกำหนดจำนวนเจนเนอเรชั่นมากเกินไปจะทำให้เสียเวลาในการคำนวณมากโดยไม่จำเป็น การกำหนดจำนวนเจนเนอเรชั่นทำได้โดยการทดลองเบื้องต้น (Pilot run) เพื่อดูแนวโน้มของการลู่เข้าหาคำตอบ

จากพารามิเตอร์ทั้ง 7 ตัวที่ได้กล่าวข้างต้น จะเห็นว่าพารามิเตอร์แต่ละตัวจะมีหลายระดับ โดยแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ พารามิเตอร์ที่มีจำนวนระดับปัจจัยที่ไม่คงที่ และพารามิเตอร์ที่มีจำนวนระดับปัจจัยคงที่ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องออกแบบและทำการทดลองเพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการหาคำตอบ

- พารามิเตอร์ที่มีระดับปัจจัยไม่คงที่ ได้แก่
  - จำนวนประชากร มีค่าเป็นจำนวนเต็มในช่วง $[1,\infty]$
  - ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ มีค่าได้ในช่วง $[0,1]$
  - ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น มีค่าได้ในช่วง $[0,1]$
  - จำนวนเจนเนอเรชั่น มีค่าเป็นจำนวนเต็มในช่วง $[1,\infty]$
- พารามิเตอร์ที่มีระดับปัจจัยคงที่ ได้แก่
  - วิธีการคัดเลือกสตริง มี 2 ระดับ
  - วิธีการครอสโอเวอร์ มี 4 ระดับ
  - วิธีการมิวเตชั่น มี 4 ระดับ

7.1.4 การพิจารณาผลกระทบร่วมกันระหว่างระดับปัจจัย

ในการทดลองนี้มีการพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องมากกว่า 1 ปัจจัย ซึ่งจะส่งผลให้เกิดผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย (Interaction) ขึ้นได้

ในการทดลองใดๆ เมื่อความแตกต่างของค่าตอบสนองที่หลายๆระดับของปัจจัยหนึ่งมีค่าไม่เท่ากันที่ทุกระดับของอีกปัจจัยหนึ่ง เรียกว่าการเกิดผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย(Montgomery,1997) ซึ่งผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยนี้จะชี้ให้เห็นถึงผลของปัจจัยหนึ่งที่มีต่ออีกปัจจัยหนึ่ง

ยกตัวอย่างเช่น ถ้าในการทดลองพบว่าจำนวนประชากรที่ทำให้ได้ค่าตอบสนองที่ดีที่สุดคือ 15 และพบว่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่เหมาะสมคือ 0.7 ในกรณีที่ไม่มีผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย เราสามารถสรุปได้ทันทีว่าควรใช้จำนวนประชากรเป็น15 และเลือกใช้ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ Pc=0.7 แต่ถ้ามีผลกระทบร่วมระหว่างทั้ง 2 ปัจจัยนี้ หมายความว่าถ้ากำหนดจำนวนประชากรเป็น 15 ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่ทำให้เกิดค่าตอบสนองที่ดีที่สุดอาจมีค่าเป็น 0.7 หรือไม่ก็ได้ และในขณะเดียวกันหากกำหนดค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ Pc =0.7 แล้ว จำนวนประชากรที่ทำให้ค่าตอบสนองดีที่สุดอาจเป็น 15 หรือไม่ใช่ก็ได้ เช่นกัน ดังนั้นการพิจารณาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยจึงเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างมากในการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมต่อไป

ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยสามารถแบ่งได้หลายระดับคือ

1) 1st Level Interaction คือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย 2 ปัจจัย เช่น จำนวนประชากร*วิธีการครอสโอเวอร์ หรือ วิธีการครอสโอเวอร์*ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น
2) 2nd Level Interaction คือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย 3 ปัจจัย เช่น จำนวนประชากร*วิธีการครอสโอเวอร์*ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น
3) 3rd Level Interaction คือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย 4 ปัจจัย
4) 4th Level Interaction คือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย 5 ปัจจัย
5) 5th Level Interaction คือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย 6 ปัจจัย ซึ่งเป็นผลกระทบร่วมสูงสุดที่เกิดขึ้นสำหรับกรณีปัจจัยที่เกี่ยวข้องมี 6 ปัจจัย

และเนื่องจากผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยในระดับสูงๆ ไม่นิยมนำมาพิจารณา (Montgomery,DC., 1997) ดังนั้นในการทดลองนี้จึงพิจารณาเฉพาะผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยในระดับที่หนึ่งนั้น คือ

- ผลกระทบร่วมระหว่าง จำนวนประชากร กับ วิธีการคัดเลือกสตริง
- ผลกระทบร่วมระหว่าง จำนวนประชากร กับ วิธีการครอสโอเวอร์
- ผลกระทบร่วมระหว่าง จำนวนประชากร กับ วิธีการมิวเตชั่น
- ผลกระทบร่วมระหว่าง จำนวนประชากร กับ ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์
- ผลกระทบร่วมระหว่าง จำนวนประชากร กับ ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น
- ผลกระทบร่วมระหว่าง วิธีการคัดเลือกสตริง กับ วิธีการครอสโอเวอร์
- ผลกระทบร่วมระหว่าง วิธีการคัดเลือกสตริง กับ วิธีการมิวเตชั่น
- ผลกระทบร่วมระหว่าง วิธีการคัดเลือกสตริง กับความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์
- ผลกระทบร่วมระหว่าง วิธีการคัดเลือกสตริง กับ ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น
- ผลกระทบร่วมระหว่าง วิธีการครอสโอเวอร์ กับ วิธีการมิวเตชั่น
- ผลกระทบร่วมระหว่าง วิธีการครอสโอเวอร์ กับ ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์
- ผลกระทบร่วมระหว่าง วิธีการครอสโอเวอร์ กับ ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น
- ผลกระทบระหว่างวิธีการมิวเตชั่น กับ ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์
- ผลกระทบระหว่างวิธีการมิวเตชั่น กับ ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

7.2 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment)

7.2.1 การกำหนดจำนวนข้อมูลที่ต้องการจากการทดลองแต่ละระดับปัจจัย

การทดลองในแต่ละระดับปัจจัย (Treatment Combination) จะเก็บข้อมูลค่าวัตถุประสงค์ของคำตอบ ซึ่งได้แก่ ค่า Fitness และลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ โดยจะเก็บทั้ง 2 ค่าไปพร้อมๆกัน

7.2.2 การกำหนดรูปแบบการทดลอง

มีการกำหนดรูปแบบการทดลองในหลายขั้นตอน ดังนี้

1. การทดลองครั้งที่ 1 การทดสอบทีละปัจจัย (One-Factor- at- a-Time)

วัตถุประสงค์ : เพื่อคัดเลือกระดับปัจจัยของพารามิเตอร์ที่มีระดับปัจจัยไม่คงที่ ได้แก่ จำนวนประชากร ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น ซึ่งระดับปัจจัยของพารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัวนี้ที่ได้หลังจากการทดลองนี้จะนำไปกำหนดเป็นระดับปัจจัยในการทดสอบทุกระดับปัจจัย (Full Factorial Design)

การทดลอง : คัดเลือกค่าระดับปัจจัยต่างๆ ของพารามิเตอร์แต่ละตัว ทำการทดลองโดยการเปลี่ยนระดับของปัจจัยหนึ่ง โดยที่ระดับของปัจจัยอื่นๆ ยังคงที่ ทำการทดลองจนมีการเปลี่ยนทุกระดับของทุกปัจจัย (Mongomery, D.C.,1997) ผลการทดลองที่ได้จะประกอบด้วยค่าตัวแปรตอบสนองคือ ค่า Fitness ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ และเวลาที่พบคำตอบ

2. การทดลองที่ 2 การทดสอบทุกระดับปัจจัย (Full Factorial Design)

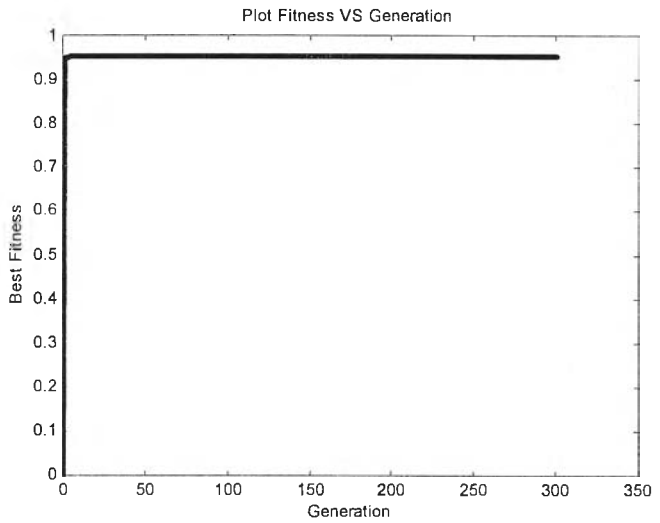
วัตถุประสงค์ : เพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการหาคำตอบที่ดีที่สุด

การทดลอง : ทำการทดสอบพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องต่างๆ ทั้งหมด 6 ตัว ได้แก่ จำนวนประชากร ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น วิธีการคัดเลือกสตริง วิธีการครอสโอเวอร์ และวิธีการมิวเตชั่น โดยพารามิเตอร์แต่ละตัวจะมีระดับปัจจัยที่ไม่เท่ากัน ทำการทดลองในทุกระดับปัจจัยของทุกพารามิเตอร์ เพื่อพิจารณาอิทธิพลของพารา

มิเตอร์แต่ละตัว และเลือกระดับของพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับปัญหา โดยมีค่า Fitness และลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ เป็นค่าตอบสนอง ซึ่งจะเหมือนกันในทุกๆ Treatment Combination

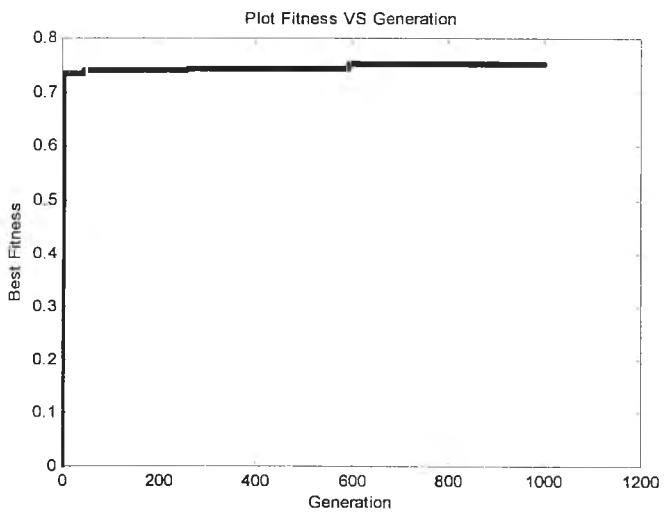
หมายเหตุ

จำนวนเจนเนอเรชั่นที่ใช้ทดลองครั้งนี้หาได้จากการทำการทดลองเบื้องต้นซึ่งจะมีค่าแตกต่างกันตามขนาดของปัญหา โดยจำนวนเจนเนอเรชั่นที่ได้จากการทดลองเบื้องต้นกรณีผลิตภัณฑ์ 3 4 และ 10 ชนิด มีค่า 200 800 และ 500 ตามลำดับ โดยจะพิจารณาลำดับเจนเนอเรชั่นที่ค่า Fitness มีค่าสูงสุดและเริ่มคงที่ โดยพารามิเตอร์ที่ใช้ได้มาจากการสุ่ม ซึ่งผลจากการทำ Pilot Run ของปัญหาต่างๆแสดงได้ดังรูปที่ 7.1-7.3



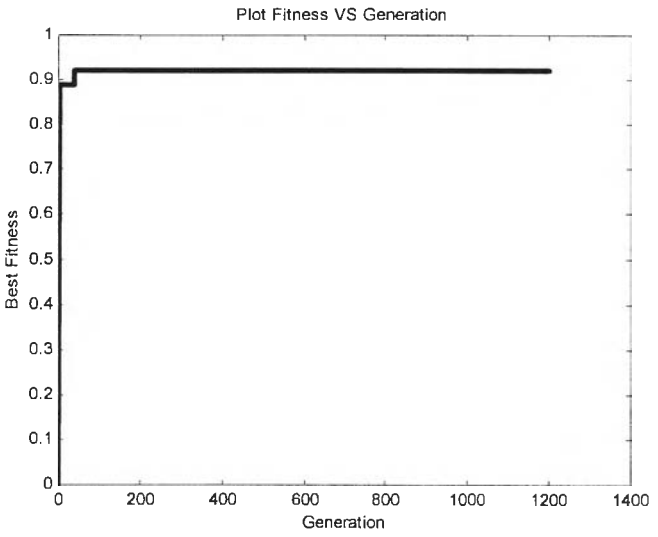
รูปที่ 7.1 กราฟแสดงผลการทดลองเบื้องต้นกรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด

จากรูปที่ 7.1 แสดงผลการทดลองเบื้องต้น ของกรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิดนั้น จะให้ค่า Fitness ซึ่งเป็นค่าตอบสนองสูงสุดและคงที่ที่เจนเนอเรชั่นที่ 2 ดังนั้นจึงกำหนดให้จำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดสำหรับกรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิดเท่ากับ 200 เจนเนอเรชั่น



รูปที่ 7.2 กราฟแสดงผลการทดลองเบื้องต้นกรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด

จากรูปที่ 7.2 แสดงผลการทดลองเบื้องต้น ของกรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด จะให้ค่า Fitness สูงสุดและคงที่ที่เจนเนอเรชั่นที่ 593 ดังนั้นจึงกำหนดให้จำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดสำหรับกรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิดเท่ากับ 800 เจนเนอเรชั่น



หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 7.3 กราฟแสดงผลการทดลองเบื้องต้นกรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด

จากรูปที่ 7.3 แสดงผลการทดลองเบื้องต้น ของกรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิดนั้น จะให้ค่า Fitness สูงสุดและคงที่ที่เจนเนอเรชั่นที่ 38 ดังนั้นจึงกำหนดให้จำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุดสำหรับกรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิดเท่ากับ 500 เจนเนอเรชั่น

การกำหนดเจนเนอเรชั่นสำหรับกรณีศึกษาทั้ง 3 นี้ เป็นการกำหนดเผื่อเนื่องจากในการทดลองเบื้องต้นมีการกำหนดพารามิเตอร์โดยการสุ่ม ดังนั้นผลจากการทดลองในขั้นตอนต่อไปซึ่งมีพารามิเตอร์ที่แตกต่างกัน อาจให้ผลที่แตกต่างกัน โดยอาจให้คำตอบที่ดีกว่าแต่ความเร็วในการลู่เข้าหาคำตอบอาจจะช้ากว่าการใช้พารามิเตอร์ที่ทำการสุ่มในการทดลองเบื้องต้น

7.2.3 การเก็บและจัดระบบข้อมูล

จากการทำการทดลองที่ระดับปัจจัยต่างๆ ผลการทดลองที่ได้จะเก็บไว้ในตารางแสดงผลการรันโปรแกรมในภาคผนวก ง ซึ่งประกอบด้วยค่าตัวแปรตอบสนองคือ ค่า Fitness และ ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ

7.3 การวิเคราะห์การทดลอง

การวิเคราะห์การทดลองจะแบ่งเป็น 3 ส่วนแยกตามกรณีศึกษาทั้ง 3 ตัวอย่าง โดยในแต่ละกรณีศึกษาจะมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ผล 3 ขั้นตอน คือ

1. การวิเคราะห์โดยพิจารณาค่า Fitness เป็นตัวแปรตอบสนอง เพื่อทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม หากปัจจัยที่ทดสอบแล้วพบระดับปัจจัยที่เหมาะสม คือให้ค่าตอบสนองที่ดีที่สุดเพียงระดับเดียว ก็จะกำหนดระดับปัจจัยนั้นเป็นพารามิเตอร์ที่นำไปใช้ในการหาคำตอบ แต่ถ้าปัจจัยใดที่มีระดับปัจจัยที่เหมาะสมหลายระดับ ก็จะนำปัจจัยนั้นไปทำการวิเคราะห์ต่อในขั้นตอนที่ 2

2. การวิเคราะห์โดยพิจารณาลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง ซึ่งจะเป็นการวิเคราะห์ต่อจากขั้นตอนแรก เมื่อไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้

3. การวิเคราะห์โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของค่า Fitness เป็นการวิเคราะห์ที่ใช้กรณีที่มีค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมมีหลายค่า แต่จำเป็นต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพียงค่าเดียวเพื่อนำไปใช้ในการหาคำตอบต่อไป

หมายเหตุ

สำหรับกรณีการทดสอบทีละปัจจัย(One-Factor-at-a-Time) หากไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ โดยการใช้ค่า Fitness และลำดับที่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง จะทำการวิเคราะห์โดยใช้เวลาที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

ในการวิเคราะห์ขั้นตอนที่ 1 และ 2 จะมีวิธีวิเคราะห์ที่เหมือนกัน ต่างกันเพียงค่าตัวแปรตอบสนองที่ใช้ โดยมีการวิเคราะห์ 2 ขั้นตอน (ดู Montgomery, D.C.) คือ

1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เป็นการวิเคราะห์เพื่อดูว่าปัจจัยใดที่มีผลต่อการหาคำตอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Minitab Version13

2. การวิเคราะห์เปรียบเทียบระดับปัจจัย (Fisher's Pairwise Comparisons) เป็นการวิเคราะห์เพื่อดูว่าระดับปัจจัยใดที่มีความแตกต่างกับระดับปัจจัยอื่นๆ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรม Minitab Version13 เป็นโปรแกรมช่วยในการวิเคราะห์

7.4 กรณีศึกษาตัวอย่าง

การทดลองแบ่งเป็น 3 กรณีศึกษา คือ

- กรณีศึกษาที่ 1 การทดลองจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสมกรณีมีจำนวนผลิตภัณฑ์3 ชนิด ใช้จำนวนเจนเนอเรชั่น 200 เจนเนอเรชั่น
- กรณีศึกษาที่ 2 การทดลองจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสมกรณีมีจำนวนผลิตภัณฑ์ 4 ชนิดใช้จำนวนเจนเนอเรชั่น 800 เจนเนอเรชั่น

- กรณีศึกษาที่ 3 การทดลองจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสมกรณีมีจำนวนผลิตภัณฑ์ 10ชนิด ใช้จำนวนเจนเนอเรชั่น 500 เจนเนอเรชั่น

ในแต่ละกรณีศึกษาจะทำการทดลองทั้ง 2 ขั้นตอน นั่นคือ การทดสอบทีละปัจจัย และการทดสอบทุกระดับปัจจัย โดยมีรายละเอียดการทดลองดังนี้

7.4.1 กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด

7.4.1.1 การทดลองครั้งที่ 1 การทดสอบทีละปัจจัย (One-factor-at-a-time)

รายละเอียดของปัจจัยในการรันเพื่อทดสอบทีละปัจจัยสำหรับกรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด แสดงได้ดังตารางที่ 7.2 โดยวิธีการคัดเลือกสตริง วิธีการครอสโอเวอร์ และวิธีการมิวเตชั่น ที่นำมาใช้เป็นวิธีการที่ได้จากการรันผลอย่างคร่าวๆ และพิจารณาเลือกวิธีที่ให้ค่าตอบสนองที่ดี เนื่องจากพารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัวนี้ ไม่ได้เป็นพารามิเตอร์ที่ต้องทำการทดสอบในการทดสอบทีละปัจจัย สำหรับจำนวนเจนเนอเรชั่น กำหนดจากการทำ Pilot Run ดังที่กล่าวข้างต้น

***ตารางที่ 7.2** รายละเอียดของปัจจัยที่ใช้ในการทดสอบทีละปัจจัยกรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด*

ปัจจัย	จำนวนระดับปัจจัย	ระดับปัจจัย
1. จำนวนประชากร (Population size)	5	5 10 15 20 25
2.ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (Pc)	10	1) 0.1 6) 0.6 2) 0.2 7) 0.7 3) 0.3 8) 0.8 4) 0.4 9) 0.9 5) 0.5 10) 1.0
3. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (Pm)	10	1) 0.1 6) 0.6 2) 0.2 7) 0.7 3) 0.3 8) 0.8 4) 0.4 9) 0.9 5) 0.5 10) 1.0
4. วิธีการคัดเลือกสตริง	1	Tournament Selection
5. วิธีการครอสโอเวอร์	1	Modified Position Base Crossover
6.วิธีการมิวเตชั่น	1	Displacement Mutation
7.จำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุด	1	200

ในแต่ละการทดลองมี Treatment Combination เท่ากับ 5+10+10 = 25 และมีจำนวนทำซ้ำของการทดลอง (Replication) เท่ากับ 4 ดังนั้นจำนวนข้อมูลทั้งหมดในการทดลองเท่า 25x4= 100 ข้อมูล

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

1) การวิเคราะห์โดยใช้ค่า Fitness เป็นค่าตอบสนอง

1.1) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

การวิเคราะห์ ANOVA โดยโปรแกรม Minitab Version13 จะได้ผลการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 7.3

ตารางที่ 7.3 ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด เมื่อใช้ค่า Fitness เป็นค่าตอบสนองในการทดสอบทีละปัจจัย

One-way ANOVA: Fitness versus Pop_size Analysis of Variance for Fitness					
Source	DF	SS	MS	F	P
Pop_size	4	0.0000000	0.0000000	*	*
Error	15	0.0000000	0.0000000		
Total	19				
One-way ANOVA: Fitness versus Pc Analysis of Variance for Fitness					
Source	DF	SS	MS	F	P
Pc	9	0.0000000	0.0000000	*	*
Error	30	0.0000000	0.0000000		
Total	39				
One-way ANOVA: Fitness versus Pm Analysis of Variance for Fitness					
Source	DF	SS	MS	F	P
Pm	9	0.0000056	0.0000006	1.00	0.461
Error	30	0.0000188	0.0000006		
Total	39	0.0000244			

จากตารางที่ 7.3 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของกรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด ในการทดลองทีละปัจจัย เมื่อใช้ค่า Fitness เป็นค่าตอบสนอง พบว่าระดับของจำนวนประชากร (*popsize*) และระดับของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (*Pc*) ที่แตกต่างกัน ทำให้ได้ค่า Fitness ที่เท่ากัน ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ค่า F-test และค่า p-value ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความมีอิทธิพลของปัจจัยอย่างมีนัยสำคัญ และผลการทดสอบค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (*Pm*) มีค่า p-value มากกว่า 0.05 ดังนั้นในการทดสอบทีละปัจจัย สรุปได้ว่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัว ได้แก่ จำนวนประชากร ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น ไม่มีผลต่อค่า Fitness อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

1.2) การวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons

ไม่มีการวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้เนื่องจาก ผลจากการวิเคราะห์ ANOVA พบว่าไม่พารามิเตอร์ที่ทำการทดสอบไม่มีอิทธิพลต่อ Fitness อย่างมีนัยสำคัญ จึงไม่จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ขั้นตอนนี้

2) การวิเคราะห์โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

2.1) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

จากผลการวิเคราะห์ ANOVA เมื่อใช้ค่า Fitness เป็นค่าตอบสนองไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ ดังนั้นจึงได้ทำการวิเคราะห์ โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ เป็นค่าตอบสนอง ได้ผลการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 7.4

ตารางที่ 7.4 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด เมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นค่าตอบสนองในการทดสอบทีละปัจจัย*

One-way ANOVA: No. Generation versus Pop_size Analysis of Variance for No. Generation					
Source	DF	SS	MS	F	P
Pop_size	4	28.30	7.07	1.08	0.401
Error	15	98.26	6.55		
Total	19	126.55			
One-way ANOVA: No. Generation versus Pc Analysis of Variance for No. Generation					
Source	DF	SS	MS	F	P
Pc	9	443.5	49.3	0.94	0.503
Error	30	1566.5	52.2		
Total	39	2010.0			
One-way ANOVA: No. Generation versus Pm Analysis of Variance for No. Generation					
Source	DF	SS	MS	F	P
Pm	9	88.0	9.8	0.86	0.567
Error	30	340.0	11.3		
Total	39	428.0			

จากตารางที่ 7.4 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของกรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด ในการทดสอบทีละปัจจัย เมื่อใช้ค่าลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง พบว่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัวได้แก่ จำนวนประชากร (*popsize*) ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (*Pc*) และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (*Pm*) มีค่า p-value มากกว่า 0.05 ดังนั้นสรุปได้ว่าในการทดสอบทีละ

ทดสอบทีละปัจจัย พารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัว ไม่มีอิทธิพลต่อลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.2) การวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparison

ไม่มีการวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้เนื่องจาก ผลจากการวิเคราะห์ ANOVA พบว่าไม่พารามิเตอร์ที่ทำการทดสอบไม่มีอิทธิพลต่อลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ อย่างมีนัยสำคัญ จึงไม่จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ขั้นตอนนี้

3) การวิเคราะห์โดยใช้เวลาที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

3.1) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

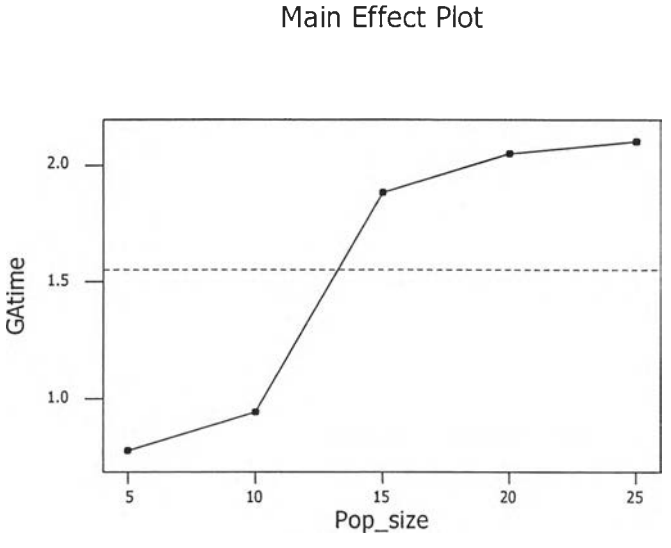
เนื่องจากวิเคราะห์โดยใช่ค่า Fitness และ ลำดับที่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง ไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ โดยใช้ค่าเวลาที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง ได้ผลการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 7.5

ตารางที่ 7.5 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด เมื่อใช้เวลาที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนองในการทดสอบทีละปัจจัย*

One-way ANOVA: GAtime versus Pop_size Analysis of Variance for GAtime					
Source	DF	SS	MS	F	P
Pop_size	4	6.501	1.625	3.24	**0.042**
Error	15	7.529	0.502		
Total	19	14.030			
One-way ANOVA: GAtime versus Pc Analysis of Variance for GAtime					
Source	DF	SS	MS	F	P
Pc	9	51.86	5.76	0.75	0.662
Error	30	230.81	7.69		
Total	39	282.68			
One-way ANOVA: GAtime versus Pm Analysis of Variance for GAtime					
Source	DF	SS	MS	F	P
Pm	9	13.26	1.47	0.60	0.787
Error	30	73.76	2.46		
Total	39	87.02			

จากตารางที่ 7.5 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของกรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด ในการทดสอบทีละปัจจัยเมื่อใช้ค่าเวลาที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง พบว่าจำนวนประชากร (*popsize*) มีค่า p-value น้อยกว่า 0.05 นั่นคือจำนวนประชากรมีอิทธิพลต่อค่าเวลาที่พบคำตอบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่ผลจากการทดสอบค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (Pc) และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (Pm) ได้ค่า p-value มากกว่า 0.05 ดังนั้นสรุปได้ว่าพารามิเตอร์ทั้ง 2 ตัวนี้ไม่มีอิทธิพลต่อค่าเวลาที่พบคำตอบ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการวิเคราะห์ ANOVA นำไปทำการ Plot กราฟ แสดงอิทธิพลของจำนวนประชากรที่มีต่อค่าเวลาที่พบคำตอบ ดังแสดงในรูปที่ 7.4



รูปที่ 7.4 *กราฟแสดงอิทธิพลของจำนวนประชากร ต่อเวลาที่พบคำตอบกรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด ในการทดสอบทีละปัจจัย*

จากรูปที่ 7.4 กราฟแสดงอิทธิพลของจำนวนประชากรต่อเวลาที่พบคำตอบกรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด จะเห็นว่าเมื่อจำนวนประชากรเพิ่มขึ้น เวลาที่พบคำตอบจะใช้เวลามากขึ้น แสดงว่าจำนวนประชากรเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเวลาที่พบคำตอบ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ ANOVA ในตารางที่ 7.5

3.2) การวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons

การวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons โดยใช้เวลาที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง เพื่อวิเคราะห์ว่าระดับปัจจัยใดบ้างที่มีความแตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในภาคผนวก จ. โดยสรุปผลได้ดังตารางที่ 7.6

ตารางที่ 7.6 *ผลการวิเคราะห์* Fisher's Pairwise Comparisons *กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด เมื่อใช้ ลำดับเวลาที่พบคำตอบ เป็นค่าตอบสนองในการทดสอบทีละปัจจัย*

ปัจจัย	ระดับของปัจจัย	ผลการวิเคราะห์
1.จำนวนประชากร	5 10 15 20 25	สามารถแบ่งกลุ่มระดับของปัจจัยที่ให้เวลาที่พบคำตอบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนี้ 1. ที่ระดับปัจจัย 5 และ 10 ใช้เวลาที่พบคำตอบ ที่ไม่แตกต่างกัน 2. ที่ระดับปัจจัย 15 20 และ 25 ใช้เวลาที่พบคำตอบที่ไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างกับระดับปัจจัย 5 และ 10

จากตารางที่ 7.6 สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons เพื่อคัดเลือกระดับพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ได้ดังนี้

- จำนวนประชากร

  ผลจากการวิเคราะห์จะเห็นว่าจำนวนประชากรที่ทำให้เวลาที่พบคำตอบมีค่าที่ไม่แตกต่างกัน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ (5 10) และ (15 20 25) ดังนั้นเลือกระดับของจำนวนประชากรที่ให้ค่าเวลาที่พบคำตอบมีค่าน้อยที่สุด จากทั้ง 2 กลุ่ม คือ จำนวนประชากร 5 และ 15 เป็นระดับปัจจัยที่จะนำไปทำการทดสอบทุกระดับปัจจัย

สำหรับความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น ซึ่งไม่สามารถระบุระดับปัจจัยได้จากการวิเคราะห์ ANOVA ดังนั้นจะพิจารณาเลือกจาก ระดับปัจจัยที่ให้ค่า Fitness ที่ต่ำที่สุดและสูงที่สุด ซึ่งเป็นระดับปัจจัยที่ให้ผลที่แตกต่างกัน เพื่อใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไป นั่นคือ

- ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์

  เลือกที่ระดับ 0.1 และ 0.7 ซึ่งเป็นระดับที่ให้ค่า Fitness ที่ต่ำและสูงตามลำดับ
- ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น

  เลือกที่ระดับ 0.3 และ 0.8 ซึ่งเป็นระดับที่ให้ค่า Fitness ที่ต่ำและสูงตามลำดับ

ดังนั้นสรุปได้ว่า ผลจากการทดสอบทีละปัจจัยสำหรับกรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด ได้ระดับปัจจัยที่จะนำไปทำการทดสอบในขั้นตอนต่อไป คือ

จำนวนประชากร	:	5 15
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	:	0.1 0.7
ความน่าจะเป็นในการในการมิวเตชั่น	:	0.3 0.8

7.4.1.2 การทดลองครั้งที่ 2 การทดสอบทุกระดับปัจจัย (Full Factorial Design)

รายละเอียดของปัจจัยในการทดสอบทุกระดับปัจจัย สำหรับกรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 7.7

ตารางที่ 7.7 *รายละเอียดของปัจจัยในการทดสอบทุกระดับปัจจัย กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด*

ปัจจัย	จำนวนระดับ	ระดับปัจจัย
1. จำนวนประชากร (Population size)	2	5 15
2.ความน่าจะเป็นในการ ครอสโอเวอร์ (Pc)	2	0.1 0.7
3. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (Pm)	2	0.3 0.8
4. วิธีการคัดเลือกสตริง	2	1) Roulette Wheel Selection 2) Tournament Selection
5. วิธีการครอสโอเวอร์	4	1) วิธี Modified One-point Crossover 2) วิธี Modified Partially Mapped Crossover 3) วิธี Modified Order Crossover 4) วิธี Modified Position Base Crossover
6. วิธีการมิวเตชั่น	4	1) วิธี Inversion Mutation 2) วิธี Insertion Mutation 3) วิธี Reciprocal Exchange Mutation 4) วิธี Displacement Mutation
7. จำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุด	1	200

ในแต่ละการทดลองมี Treatment Combination เท่ากับ 2x2x2x2x4x4 = 256 และมีจำนวนทำซ้ำของการทดลอง (Replication) เท่ากับ 2 ดังนั้นจำนวนข้อมูลทั้งหมดในแต่ละการทดลองเท่า 256x2= 512 ข้อมูล

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

1) การวิเคราะห์โดยใช้ค่า Fitness เป็นค่าตอบสนอง

1.1) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

การวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม Minitab Version13 จะได้ผลการวิเคราะห์ ANOVA ดังตารางที่ 7.8

ตารางที่ 7.8 ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิดเมื่อใช้ค่า Fitness เป็นค่าตอบสนองในการทดสอบทุกระดับปัจจัย

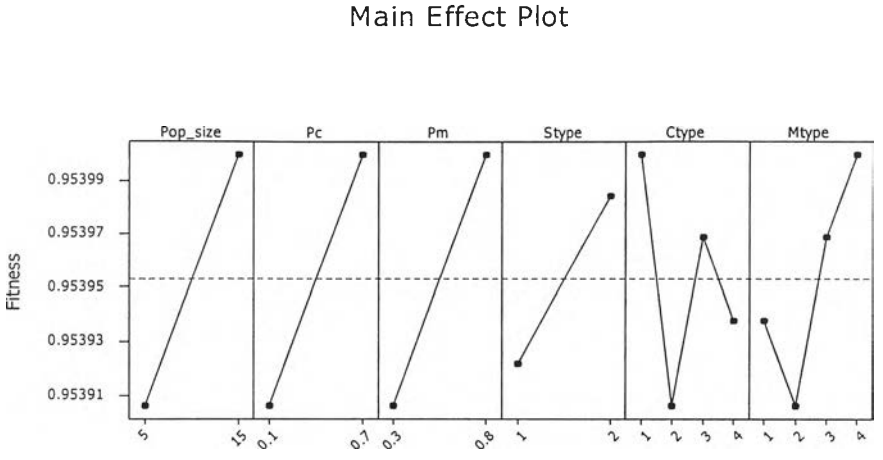
Analysis of Variance for Fitness, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Pop_size	**1**	**0.0000011**	**0.0000011**	**0.0000011**	**6.58**	**0.011**
Pc	**1**	**0.0000011**	**0.0000011**	**0.0000011**	**6.58**	**0.011**
Pm	**1**	**0.0000011**	**0.0000011**	**0.0000011**	**6.58**	**0.011**
Stype	1	0.0000005	0.0000005	0.0000005	2.92	0.088
Ctype	3	0.0000006	0.0000006	0.0000002	1.22	0.302
Mtype	3	0.0000006	0.0000006	0.0000002	1.22	0.302
Pop_size*Pc	**1**	**0.0000011**	**0.0000011**	**0.0000011**	**6.58**	**0.011**
Pop_size*Pm	**1**	**0.0000011**	**0.0000011**	**0.0000011**	**6.58**	**0.011**
Pop_size*Stype	1	0.0000005	0.0000005	0.0000005	2.92	0.088
Pop_size*Ctype	3	0.0000006	0.0000006	0.0000002	1.22	0.302
Pop_size*Mtype	3	0.0000006	0.0000006	0.0000002	1.22	0.302
Pc*Pm	**1**	**0.0000011**	**0.0000011**	**0.0000011**	**6.58**	**0.011**
Pc*Stype	1	0.0000005	0.0000005	0.0000005	2.92	0.088
Pc*Ctype	3	0.0000006	0.0000006	0.0000002	1.22	0.302
Pc*Mtype	3	0.0000006	0.0000006	0.0000002	1.22	0.302
Pm*Stype	1	0.0000005	0.0000005	0.0000005	2.92	0.088
Pm*Ctype	3	0.0000006	0.0000006	0.0000002	1.22	0.302
Pm*Mtype	3	0.0000006	0.0000006	0.0000002	1.22	0.302
Stype*Ctype	3	0.0000013	0.0000013	0.0000004	2.44	0.064
Stype*Mtype	3	0.0000002	0.0000002	0.0000001	0.49	0.691
Ctype*Mtype	9	0.0000006	0.0000006	0.0000001	0.41	0.932
Error	462	0.0000790	0.0000790	0.0000002		
Total	511	0.0000949				

จากตารางที่ 7.8 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของกรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด พบว่าปัจจัยและผลเนื่องจากความสัมพันธ์ร่วม (Interaction) ที่มีอิทธิพลต่อค่า Fitness อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้แก่

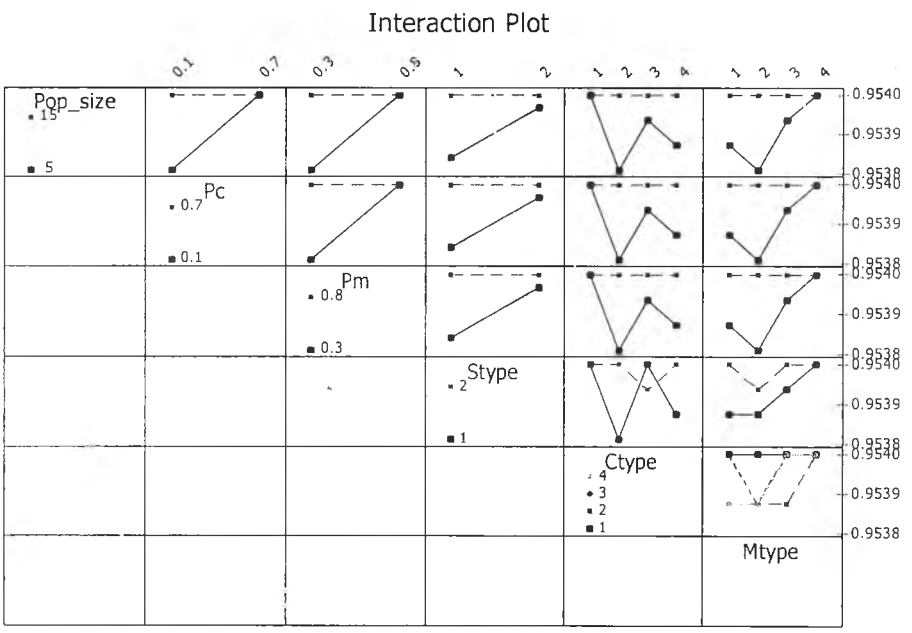
- จำนวนประชากร (*popsize*)
- ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (*Pc*)
- ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น(*Pm*)
- จำนวนประชากรและความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์(*popsize * Pc*)
- จำนวนประชากรและความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (*popsize * Pm*)
- ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (*Pc * Pm*)

จากผลการวิเคราะห์ ANOVA ที่ได้ นำไป Plot กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัย (Main Effect) และผลเนื่องจากความสัมพันธ์ร่วมของปัจจัย (Interaction) ที่มีอิทธิพลต่อค่าตอบสนองได้ดังรูปกราฟที่ 7.5 และ 7.6



รูปที่ 7.5 *กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยต่อค่า Fitness กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด ในการทดสอบทุกระดับปัจจัย*

จากรูปที่ 7.5 จะเห็นว่าเมื่อปัจจัยทั้ง 3 ตัว ได้แก่ จำนวนประชากร ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น มีค่าเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่า Fitness มีค่าที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ ANOVA ในตารางที่ 7.8



รูปที่ 7.6 *กราฟแสดงอิทธิพลจากความสัมพันธ์ร่วมของปัจจัยต่อค่า Fitness กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด ในการทดสอบทุกระดับ*

จากรูปที่ 7.6 สามารถอธิบายความสัมพันธ์ร่วมของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่า Fitness ได้ดังนี้

- ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างจำนวนประชากรและความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (*popsize* Pc*) จากกราฟที่ 6.6 พบว่า เมื่อกำหนดจำนวนประชากรเท่ากับ 5 ใช้ร่วมกับค่า *Pc* =0.7 จะทำให้ค่า Fitness มีค่าสูง แต่เมื่อใช้กับค่า *Pc* = 0.1 จะให้ค่า Fitness ที่ต่ำ ในขณะที่เมื่อจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นเป็น 15 พบว่าไม่ว่าจะกำหนดค่า *Pc* เท่ากับ 0.1 หรือ 0.7 ก็ให้ผลที่ไม่ต่างกัน
- ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างจำนวนประชากรและความน่าจะเป็นในมิวเตชั่น (*popsize* Pm*) จากกราฟที่ 6.6 พบว่า เมื่อกำหนดจำนวนประชากรเท่ากับ 5 หากใช้ร่วมกับค่า *Pm* =0.8 จะทำให้ค่า Fitness มีค่าสูง แต่เมื่อใช้กับค่า *Pm* =0.3 จะให้ค่า Fitness ที่ต่ำ ในขณะที่เมื่อจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นเป็น 15 พบว่าไม่ว่าจะกำหนดค่า *Pm* เท่ากับ 0.3 หรือ 0.8 ก็ให้ผลที่ไม่ต่างกัน
- ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (*Pc * Pm*) จากกราฟที่ 6.6 พบว่า เมื่อกำหนดค่า *Pc* =0.1 หากใช้ร่วมกับ ค่า *Pm* = 0.8 จะทำให้ค่า Fitness มีค่าสูง แต่เมื่อใช้กับค่า *Pm* = 0.3 จะให้ค่าที่ต่ำ ในขณะที่หากกำหนดค่า *Pc* =0.7 พบว่าเมื่อใช้ร่วมกับค่า *Pm* ที่มีค่าเท่ากับ 0.3 หรือ 0.8 ก็ให้ผลที่ไม่ต่างกัน

1.2) การวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons

ทำการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เพื่อเลือกระดับปัจจัยที่เหมาะสม ได้ผลดังนี้

- จำนวนประชากร
  ผลจากการวิเคราะห์พบว่าที่ระดับจำนวนประชากร 15 จะให้ค่า Fitness ที่สูงกว่า ที่ระดับจำนวนประชากร 5 อย่างมีนัยสำคัญ
- ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์
  ผลจากการวิเคราะห์พบว่า ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ เท่ากับ 0.7 จะให้ค่า Fitness ที่สูงกว่า ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.1 อย่างมีนัยสำคัญ
- ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น
  ผลจากการวิเคราะห์พบว่า ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น เท่ากับ 0.8 จะให้ค่า Fitness ที่สูงกว่า ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.3 อย่างมีนัยสำคัญ

จากการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons จะได้พารามิเตอร์ที่เหมาะสมทำให้ค่า Fitness มีค่าสูง สำหรับกรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด คือ

จำนวนประชากร : 15

ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	:	0.7
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	:	0.8
วิธีการคัดเลือกสตริง	:	1. Roulette Wheel 2. Tournament
วิธีการครอสโอเวอร์	:	1. modMOX 2. modPMX
		3. modOX 4. modPBX
วิธีการมิวเตชั่น	:	1. Inversion
		2.Insertion
		3. Reciprocal Exchange
		4. Displacement

2) การวิเคราะห์โดยใช้ลำดับที่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

2.1) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

เนื่องจากการวิเคราะห์โดยใช้ค่า Fitness เป็นค่าตอบสนอง ไม่สามารถระบุระดับพารามิเตอร์ของวิธีการคัดเลือกสตริง วิธีการครอสโอเวอร์ และวิธีการมิวเตชั่น ที่เหมาะสมได้ ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์โดยใช้ลำดับที่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง แล้ววิเคราะห์ผลได้ดังแสดงในตารางที่ 7.9

ตารางที่ 7.9 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด เมื่อใช้ลำดับที่เจนเนอเรชั่น เป็นค่าตอบสนอง ในการทดสอบทุกระดับปัจจัย*

Analysis of Variance for Generation, using Adjusted SS for Tests

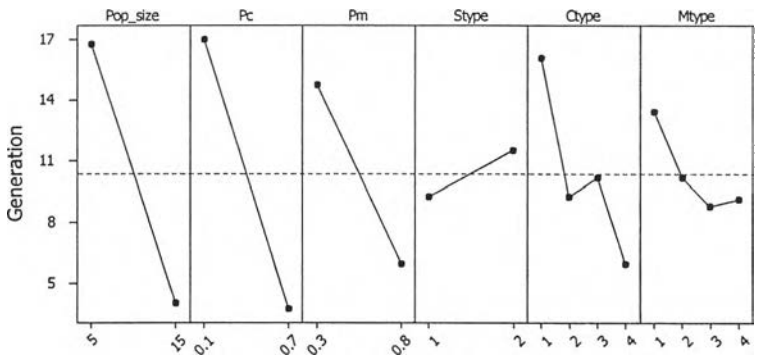
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Pop_size	**1**	**20935.7**	**20935.7**	**20935.7**	**50.47**	**0.000**
Pc	**1**	**22631.3**	**22631.3**	**22631.3**	**54.56**	**0.000**
Pm	**1**	**9800.0**	**9800.0**	**9800.0**	**23.63**	**0.000**
Stype	1	652.5	652.5	652.5	1.57	0.210
Ctype	**3**	**6835.5**	**6835.5**	**2278.5**	**5.49**	**0.001**
Mtype	3	1699.3	1699.3	566.4	1.37	0.253
Pop_size*Pc	**1**	**14133.0**	**14133.0**	**14133.0**	**34.07**	**0.000**
Pop_size*Pm	**1**	**5981.4**	**5981.4**	**5981.4**	**14.42**	**0.000**
Pop_size*Stype	1	760.5	760.5	760.5	1.83	0.176
Pop_size*Ctype	3	3251.2	3251.2	1083.7	2.61	0.051
Pop_size*Mtype	3	434.3	434.3	144.8	0.35	0.790
Pc*Pm	**1**	**9556.5**	**9556.5**	**9556.5**	**23.04**	**0.000**
Pc*Stype	**1**	**1603.2**	**1603.2**	**1603.2**	**3.86**	**0.050**
Pc*Ctype	3	2081.3	2081.3	693.8	1.67	0.172
Pc*Mtype	3	1529.0	1529.0	509.7	1.23	0.299
Pm*Stype	1	1345.5	1345.5	1345.5	3.24	0.072
Pm*Ctype	3	1807.8	1807.8	602.6	1.45	0.227
Pm*Mtype	3	3101.4	3101.4	1033.8	2.49	0.060
Stype*Ctype	3	503.8	503.8	167.9	0.40	0.750
Stype*Mtype	3	382.4	382.4	127.5	0.31	0.820
Ctype*Mtype	**9**	**10127.2**	**10127.2**	**1125.2**	**2.71**	**0.004**
Error	462	191641.7	191641.7	414.8		
Total	511	310794.7				

จากตารางที่ 7.9 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของกรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด เมื่อใช้ลำดับที่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง พบว่าปัจจัยและผลเนื่องจากความสัมพันธ์ร่วมที่มีอิทธิพลต่อลำดับที่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้แก่

- จำนวนประชากร (*popsize*)
- ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (*Pc*)
- ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น(*Pm*)
- วิธีการครอสโอเวอร์ (*Ctype*)
- ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างจำนวนประชากรและความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (*popsize * Pc*)
- ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างจำนวนประชากรและความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (*popsize * Pm*)
- ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (*Pc* Pm*)
- ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์และวิธีการคัดเลือกสตริง (*Pc*Stype*)
- ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างวิธีการครอสโอเวอร์และวิธีการมิวเตชั่น (*Ctype*Mtype*)

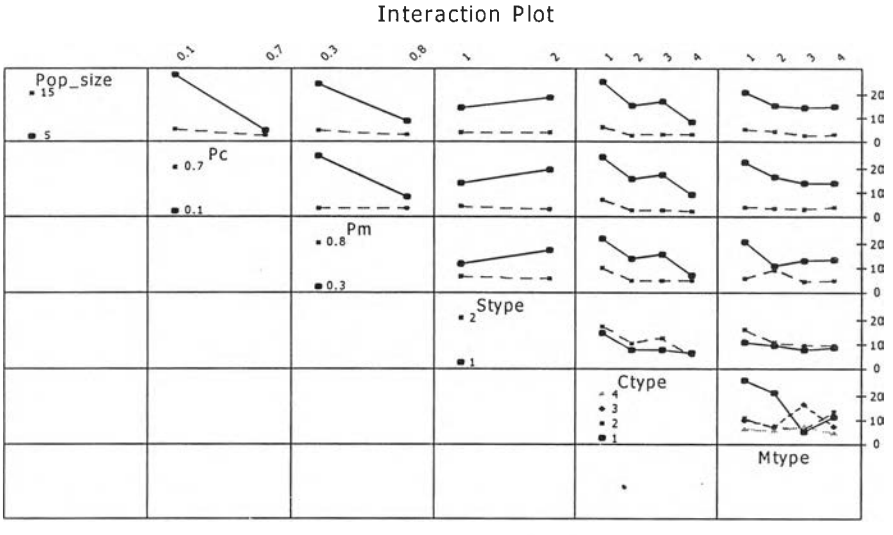
จากผลการวิเคราะห์ ANOVA ที่ได้ นำไป Plot กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัย (Main Effect) และผลเนื่องจากความสัมพันธ์ร่วมของปัจจัย (Interaction) ที่มีอิทธิพลต่อค่าตอบสนอง ได้ดังรูปกราฟที่ 7.7 และ 7.8

Main Effect Plot



รูปที่ 7.7 *กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยต่อลำดับที่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด การทดสอบทุกระดับปัจจัย*

จากรูปที่ 7.7 จะเห็นว่าเมื่อจำนวนประชากร ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น เพิ่มขึ้น จะทำให้ลำดับเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบมีค่าที่ลดลง และวิธีการครอสโอเวอร์ที่ต่างกันจะทำให้ลำดับเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ ANOVA ในตารางที่ 7.9



รูปที่ 7.8 กราฟแสดงอิทธิพลร่วมของปัจจัย ต่อลำดับเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด การทดสอบทุกระดับปัจจัย

จากรูปที่ 7.8 สามารถอธิบายความสัมพันธ์ร่วมของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลำดับเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ ดังนี้

- ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างจำนวนประชากรและความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (*popsize* * *Pc*) จากกราฟที่ 6.8 พบว่า เมื่อกำหนดจำนวนประชากรเท่ากับ 5 เมื่อใช้ร่วมกับค่า *Pc*=0.7 จะทำให้ลำดับเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบมีลำดับต่ำกว่าการใช้ร่วมกับค่า *Pc*=0.1 ในขณะที่เมื่อจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นเป็น 15 พบว่าไม่ว่าจะกำหนดค่า *Pc* เท่ากับ 0.1 หรือ 0.7 ก็ให้ผลที่ไม่ต่างกัน
- ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างจำนวนประชากรและความน่าจะเป็นในมิวเตชั่น (*popsize* * *Pm*) จากกราฟที่ 6.8 พบว่า เมื่อกำหนดจำนวนประชากรเท่ากับ 5 เมื่อใช้ร่วมกับค่า *Pm*=0.8 ทำให้ลำดับเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบมีลำดับต่ำกว่าการใช้ร่วมกับค่า *Pm*=0.3 ในขณะที่เมื่อจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นเป็น 15 พบว่าไม่ว่าจะกำหนดค่า *Pm* เท่ากับ 0.3 หรือ 0.8 ก็ให้ผลที่ไม่ต่างกัน
- ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (*Pc* * *Pm*) จากกราฟที่ 6.8 พบว่า เมื่อกำหนดค่า *Pc*=0.1 เมื่อใช้ร่วมกับค่า *Pm*=0.8 จะทำให้ลำดับเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบมีลำดับที่ต่ำกว่าการใช้ร่วม

กับค่า Pm=0.3 แต่เมื่อค่า Pc เพิ่มเป็น 0.7 พบว่าไม่ว่าจะกำหนดค่า Pm จะเท่ากับ 0.3 หรือ 0.8 ก็ให้ผลที่ไม่ต่างกัน

- ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์และวิธีการคัดเลือกสตริง ($Pc*Stype$) จากกราฟที่ 6.8 พบว่า เมื่อกำหนดค่า Pc=0.1 เมื่อใช้วิธีการคัดเลือกสตริงแบบที่ 2 คือ Tournament Selection จะทำให้ได้ลำดับเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบมีลำดับที่สูงกว่าการใช้ร่วมกับวิธีการคัดเลือกแบบที่ 1 คือ Roulette Selection แต่เมื่อค่า Pc=0.7 การใช้วิธีการ Tournament Selection จะทำให้ลำดับที่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบต่ำกว่ากว่า
- ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างวิธีการครอสโอเวอร์กับวิธีการมิวเตชั่น ($Ctype*Mtype$) จากกราฟที่ 6.8 พบว่า เมื่อมีการใช้วิธีการครอสโอเวอร์และวิธีการมิวเตชั่นที่แตกต่างกัน จะได้ค่าตอบสนองที่ต่างกัน นั่นคือ หากใช้วิธีการครอสโอเวอร์แบบที่ 1 คือ Modified One point Crossover ร่วมกับวิธีการมิวเตชั่นแบบ Inversion Mutation จะทำให้ค่าลำดับที่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบมีลำดับสูง แต่เมื่อใช้ร่วมกับวิธี Reciprocal Exchange Mutation จะให้ค่าที่ต่ำ ในขณะที่หากใช้วิธีการครอสโอเวอร์แบบที่ 2 คือ Modified Partially Mapped ร่วมกับวิธีการมิวเตชั่นแบบ Displacement Mutation จะทำให้ลำดับเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบมีลำดับสูง แต่เมื่อใช้ร่วมกับ Reciprocal Exchange Mutation จะทำให้เจอคำตอบที่ลำดับเจนเนอเรชั่นที่ต่ำ แต่เมื่อใช้วิธีการครอสโอเวอร์แบบที่ 3 คือ Modified Order Crossover จะทำให้ลำดับที่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบมีค่าสูง เมื่อใช้ร่วมกับวิธีการมิวเตชั่นแบบ Reciprocal Exchange Mutation และให้ค่าที่ต่ำเมื่อใช้ร่วมกับ Insertion Mutation และเมื่อใช้วิธีการครอสโอเวอร์แบบที่ 4 คือ Modified Position Base Crossover จะทำให้ลำดับที่เจเนอเรชั่นที่พบคำตอบไม่แตกต่างกันไม่ว่าจะใช้ร่วมกับวิธีการมิวเตชั่นแบบใด

2.2) การวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons

ทำการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons เพื่อเลือกระดับปัจจัยที่เหมาะสม ได้ผลดังนี้

- จำนวนประชากร

  ผลจากการวิเคราะห์พบว่า จำนวนประชากรเท่ากับ 15 จะทำให้ลำดับเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบมีลำดับต่ำกว่า เมื่อกำหนดจำนวนประชากรเท่ากับ 5 อย่างมีนัยสำคัญ

- ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์
  ผลจากการวิเคราะห์ ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ เท่ากับ 0.7 จะทำให้ลำดับเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบที่ลำดับต่ำกว่าการใช้ค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.1 อย่างมีนัยสำคัญ
- ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น
  ผลจากการวิเคราะห์ ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น เท่ากับ 0.8 จะทำให้ลำดับเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ มีค่าต่ำกว่า ที่ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.3 อย่างมีนัยสำคัญ
- วิธีการครอสโอเวอร์
  ผลจากการวิเคราะห์ วิธีการครอสโอเวอร์แบบที่ 2 3 และ 4 มีผลต่อลำดับเจนเนอเรชั่นซึ่งเป็นค่าตอบสนองที่ไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างและให้ผลที่ดีกว่าวิธีการครอสโอเวอร์แบบที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ โดยวิธีครอสโอเวอร์แบบที่ 4 Modified Position Base Crossover เป็นวิธีการที่ให้ทำให้ลำดับเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบที่ต่ำที่สุด

สำหรับวิธีการคัดเลือกสตริงและวิธีการมิวเตชั่น ไม่สามารถพิจารณาเลือกระดับปัจจัยที่เหมาะสมได้จากการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons ดังนั้นจึงพิจารณาจากความสัมพันธ์ร่วมกับปัจจัยอื่นๆ นั่นคือ

- วิธีการคัดเลือกสตริง
  พิจารณาจากความสัมพันธ์ร่วมความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ ได้ว่า ที่ระดับความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.7 วิธีการคัดเลือกสตริงที่ทำให้ลำดับเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบมีลำดับต่ำ คือ วิธีการคัดเลือกสตริงแบบ Tournament Selection
- วิธีการมิวเตชั่น
  พิจารณาจากความสัมพันธ์ร่วมกับวิธีการครอสโอเวอร์ พบว่า วิธีครอสโอเวอร์และวิธีมิวเตชั่นที่ใช้ร่วมกัน แล้วทำให้ได้ลำดับเจนเนอเรชั่นที่มีลำดับต่ำ ได้แก่ 1. modPMX ร่วมกับ Reciprocal Exchange 2. ModOX ร่วมกับ Insertion หรือ Displacement 3. ModPBX ร่วมกับ Displacement

จากการวิเคราะห์โดยใช้ลำดับที่เจนเนอเรชั่นเป็นค่าตอบสนอง จะได้พารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับกรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด คือ

จำนวนประชากร : 15

ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	:	0.7
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	:	0.8
วิธีการคัดเลือกสตริง	:	Tournament
วิธีการครอสโอเวอร์	:	1.modPMX 2.modOX 3.modPBX
วิธีการมิวเตชั่น	:	1.Insertion 2. Reciprocal Exchange 3. Displacement

3) การวิเคราะห์โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของ Fitness

เนื่องจากวิธีการครอสโอเวอร์ และวิธีการมิวเตชั่น ไม่สามารถพิจารณาเลือกระดับปัจจัยที่เหมาะสมได้ ดังนั้นจึงพิจารณาจากอิทธิพลของพารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัวที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของ Fitness โดยพิจารณาจากกราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัย และอิทธิพลของปัจจัยร่วม ดังแสดงในรูปที่ 7.5 และ 7.6 ได้ผลการพิจารณา ดังนี้

- วิธีการครอสโอเวอร์
  ผลจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ร่วมกับปัจจัยอื่นๆ คือ จำนวนประชากรเท่ากับ 15 ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.7 ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเท่ากับ 0.8 และวิธีการคัดเลือกสตริงแบบที่ 2 ได้ว่า วิธีการครอสโอเวอร์ที่เหมาะสมคือ วิธีการครอสโอเวอร์แบบที่ 4 modPBX
- วิธีการมิวเตชั่น
  พิจารณาจากความสัมพันธ์ร่วมกับปัจจัยอื่นๆ คือ จำนวนประชากร ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น วิธีการคัดเลือกสตริง และวิธีการครอสโอเวอร์ ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้างต้น พบว่าวิธีการมิวเตชั่นที่เหมาะสมคือ วิธีแบบที่ 4 Displacement Mutation

จากการวิเคราะห์ได้ว่าระดับพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อนำไปหาคำตอบสำหรับกรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด คือ

จำนวนประชากร	:	15
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	:	0.7
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	:	0.8
วิธีการคัดเลือกสตริง	:	Tournament Selection
วิธีการครอสโอเวอร์	:	Modified Position Base Crossover
วิธีการมิวเตชั่น	:	Displacement Mutation

7.4.2 กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด

7.4.2.1 การทดลองครั้งที่ 1 การทดสอบทีละปัจจัย (One-Factor- at- a-Time)

รายละเอียดของปัจจัยในการรันเพื่อทดสอบทีละปัจจัย สำหรับกรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด แสดงได้ดังตารางที่ 7.10 โดยวิธีการคัดเลือกสตริง วิธีการครอสโอเวอร์ และวิธีการมิวเตชั่น ที่นำมาใช้เป็นวิธีการที่ได้จากการรันผลอย่างคร่าวๆ และพิจารณาเลือกวิธีที่ให้ค่าตอบสนองที่ดี เนื่องจากพารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัวนี้ไม่ได้เป็นพารามิเตอร์ที่ต้องทำการทดสอบในการทดสอบทีละปัจจัย สำหรับจำนวนเจนเนอเรชั่นกำหนดจากการทำ Pilot Run ดังที่กล่าวข้างต้น

ตารางที่ 7.10 *รายละเอียดของปัจจัยที่ใช้ในการทดสอบทีละปัจจัย กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด*

ปัจจัย	จำนวนระดับปัจจัย	ระดับปัจจัย
1. จำนวนประชากร (Population size)	5	5 15 25 35 45
2.ความน่าจะเป็นในการ ครอสโอเวอร์ (Pc)	10	5) 0.1 6) 0.6 6) 0.2 7) 0.7 7) 0.3 8) 0.8 8) 0.4 9) 0.9 5) 0.5 10) 1.0
3. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (Pm)	10	1) 0.1 6) 0.6 2) 0.2 7) 0.7 3) 0.3 8) 0.8 4) 0.4 9) 0.9 5) 0.5 10) 1.0
4. วิธีการคัดเลือกสตริง	1	Tournament Select
5. วิธีการครอสโอเวอร์	1	Modified Order Crossover
6. วิธีการมิวเตชั่น	1	Displacement Mutation
7. จำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุด	1	800

ในแต่ละการทดลองมี Treatment Combination เท่ากับ 5+10+10 = 25 และมีจำนวนทำซ้ำของการทดลอง (Replication) เท่ากับ 4 ดังนั้นจำนวนข้อมูลทั้งหมดในแต่ละการทดลองเท่า 25x4= 100 ข้อมูล

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

1) การวิเคราะห์โดยใช้ค่า Fitness เป็นค่าตอบสนอง

1.1) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

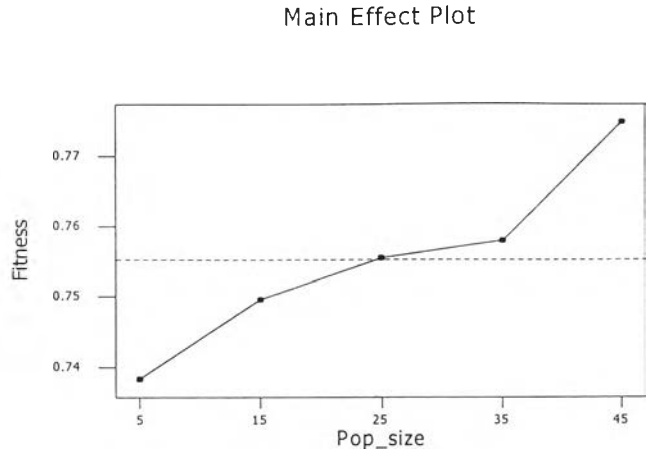
การวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม Minitab Version 13 จะได้ผลการวิเคราะห์ ANOVA ดังตารางที่ 7.11

ตารางที่ 7.11 ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด เมื่อใช้ค่า Fitness เป็นค่าตอบสนอง ในการทดสอบทีละปัจจัย

One-way ANOVA: Fitness versus Pop_size Analysis of Variance for Fitness					
Source	DF	SS	MS	F	P
Pop_size	4	0.002879	0.000720	5.39	**0.007**
Error	15	0.002005	0.000134		
Total	19	0.004884			
One-way ANOVA: Fitness versus Pc Analysis of Variance for Fitness					
Source	DF	SS	MS	F	P
Pc	9	0.004748	0.000528	2.81	**0.016**
Error	30	0.005631	0.000188		
Total	39	0.010378			
One-way ANOVA: Fitness versus Pm Analysis of Variance for Fitness					
Source	DF	SS	MS	F	P
Pm	9	0.005856	0.000651	1.99	0.076
Error	30	0.009798	0.000327		
Total	39	0.015654			

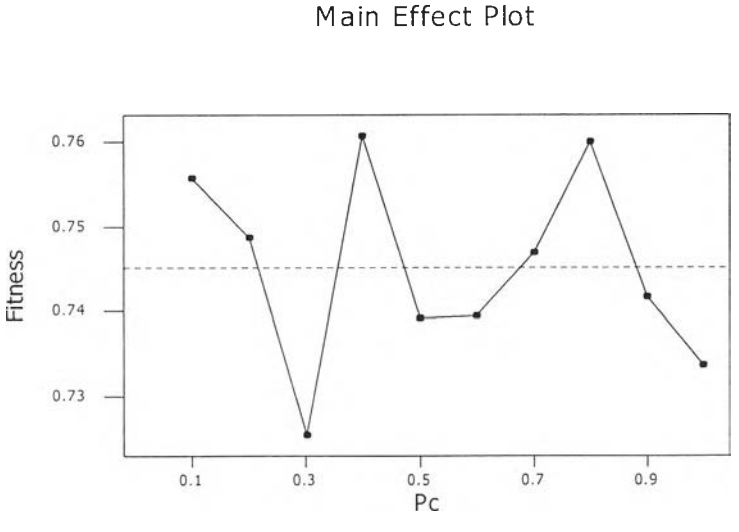
จากตารางที่ 7.11 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของกรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด ในการทดสอบทีละปัจจัย เมื่อใช้ค่า Fitness เป็นค่าตอบสนอง พบว่าจำนวนประชากร (*popsize*) และความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (*Pc*) มีค่า p-value น้อยกว่า 0.05 แต่ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (*Pm*) มีค่า *p-value* ที่มากกว่า 0.05 ดังนั้นสรุปได้ว่าจำนวนประชากรและความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ มีผลต่อค่า Fitness อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นไม่มีอิทธิพลต่อค่า Fitness ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการวิเคราะห์ ANOVA สามารถนำไป Plot กราฟ แสดงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าตัวแปรตอบสนองได้ดังรูปที่ 7.9-7.10



รูปที่ 7.9 กราฟแสดงอิทธิพลของจำนวนประชากร ต่อค่า Fitness กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด ในการทดสอบแบบทีละปัจจัย

จากกราฟที่ 7.9 จะเห็นว่าเมื่อจำนวนประชากรมีขนาดเพิ่มขึ้น ค่า Fitness จะมีค่าสูงขึ้น แสดงว่าจำนวนประชากรเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่า Fitness ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ ANOVA ในตารางที่ 7.11



รูปที่ 7.10 *กราฟแสดงอิทธิพลของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ ต่อค่า Fitness กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด ในการทดสอบทีละปัจจัย*

จากกราฟที่ 7.10 จะเห็นว่าเมื่อเปลี่ยนค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ จะทำให้ค่า Fitness มีค่าเปลี่ยนแปลง แสดงว่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่า Fitness ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ ANOVA ในตารางที่ 6.11

จากนั้นทำการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparison โดยจะวิเคราะห์เฉพาะปัจจัยที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญ นั่นคือ จำนวนประชากร และความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์

1.2) การวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons

การวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons โดยใช้โปรแกรม Minitab Version 13 เพื่อศึกษาว่าระดับปัจจัยใดบ้างที่ให้ผลที่แตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ โดยสามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 7.12

ตารางที่ 7.12 *ผลการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons ของกรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด เมื่อใช้ Fitness เป็นค่าตอบสนอง ในการทดสอบทีละปัจจัย*

ปัจจัย	ระดับของปัจจัย	ผลการวิเคราะห์
1.จำนวนประชากร	5 15 25 35 45	สามารถแบ่งกลุ่มระดับของปัจจัยที่ให้ค่า Fitness ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนี้ 1. ที่ระดับปัจจัย 5 15 25 และ 35 ให้ค่า Fitness ที่ไม่แตกต่างกัน 2. ที่ระดับปัจจัย 45 ให้ค่า Fitness ที่แตกต่างกับระดับปัจจัย 5 15 25 และ 35
2.ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	0.1,0.2,0.3,...,1.0	สามารถแบ่งกลุ่มระดับของปัจจัยที่ให้ค่า Fitness ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนี้ 1. ระดับปัจจัย 0.3 0.5 และ 0.6 ให้ค่าให้ค่า Fitness ที่ไม่แตกต่างกัน 2. ที่ระดับปัจจัย 0.4 0.7 และ 0.8 ให้ค่า Fitness ที่ไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างกับระดับปัจจัย 0.3 0.5 0.6

จากตารางที่ 7.12 สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons เพื่อคัดเลือกระดับพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ได้ดังนี้

- จำนวนประชากร

  ผลจากการวิเคราะห์จำนวนประชากร พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มระดับของปัจจัยที่ให้ค่า Fitness ที่ไม่แตกต่างกัน เป็น 2 กลุ่ม คือ (5 15 25 35) และ (45) ซึ่ง ทั้ง 2 กลุ่มนี้ให้ค่า Fitness ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จากนั้นเลือกระดับปัจจัยที่ให้ค่า Fitness ที่สูงจากทั้ง 2 กลุ่ม เป็นระดับปัจจัยที่จะนำไปทดลองในขั้นตอนต่อไป นั่นคือ เลือกจำนวนประชากรที่ระดับ 15 และ 45

- ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์

  ผลจากการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มระดับปัจจัยที่ให้ค่า Fitness ที่ไม่แตกต่างกัน เป็น 2 กลุ่ม คือ (0.3 0.5 0.6) และ (0.4 0.7 0.8) ซึ่งทั้ง 2 กลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เลือกเอาระดับปัจจัยจากทั้ง 2 กลุ่มที่ให้ค่า Fitness ที่สูงจากทั้ง 2 กลุ่ม ไปเป็นระดับปัจจัยที่จะนำไปทดลองในขั้นตอนต่อไป คือ 0.3 และ 0.8

จากการวิเคราะห์โดยใช้ค่า Fitness เป็นค่าตอบสนอง ไม่สามารถระบุค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น ดังนั้นจึงพิจารณาโดยใช้ลำดับที่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

2) การวิเคราะห์โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

2.1) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

จากผลการวิเคราะห์ ANOVA เมื่อใช้ค่า Fitness เป็นค่าตอบสนองไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ ดังนั้นจึงได้ทำการวิเคราะห์ โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ เป็นตัวแปรตอบสนอง ได้ผลการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 7.13

ตารางที่ 7.13 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด เมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่น เป็นค่าตอบสนอง ในการทดสอบทีละปัจจัย*

One-way ANOVA: No. Generation versus Pm

Analysis of Variance for No. Generation

Source	DF	SS	MS	F	P
Pm	9	88	9.8	0.86	.567
Error	30	340	11.3		
Total	39	428			

จากตารางที่ 7.13 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของกรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด ในทดสอบทีละปัจจัย เมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นค่าตอบสนอง พบว่ามีค่า p-value มากกว่า 0.05 ดังนั้นสรุปได้ว่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น ไม่มีอิทธิพลต่อลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.2) การวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons

ไม่มีการวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้เนื่องจาก ผลจากการวิเคราะห์ ANOVA พบว่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นไม่มีอิทธิพลต่อลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ อย่างมีนัยสำคัญ จึงไม่จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ขั้นตอนนี้

3) การวิเคราะห์โดยใช้เวลาที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

3.1) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

จากผลการวิเคราะห์ ANOVA เมื่อใช้ค่า Fitness และลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนองไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ ดังนั้นจึงได้ทำการวิเคราะห์ โดยใช้เวลาที่พบคำตอบ เป็นค่าตอบสนอง ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 7.14

ตารางที่ 7.14 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิดเมื่อใช้เวลาที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนองในการทดสอบทีละปัจจัย*

One-way ANOVA: GAtime versus Pm

Analysis of Variance for GAtime

Source	DF	SS	MS	F	P
Pm	9	188941	20993	1.7	0.132
Error	30	370174	12339		
Total	39	559115			

จากตารางที่ 7.14 การวิเคราะห์ ANOVA เมื่อใช้เวลาที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง พบว่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นมีค่า p-value มากกว่า 0.05 ดังนั้นสรุปได้ว่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นไม่มีอิทธิพลต่อเวลาที่พบคำตอบอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากการใช้ค่า Fitness ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่น และเวลาที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนองในการวิเคราะห์เลือกระดับปัจจัย ไม่สามารถระบุระดับของค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น ดังนั้นจึงพิจารณาเลือก 2 ระดับที่ให้ค่า Fitness ที่สูงที่สุดและต่ำที่สุดเป็นระดับที่จะนำไปทดสอบในขั้นตอนต่อไปนั่นคือเลือกความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นที่ระดับ 0.4 และ 0.7

ดังนั้นสรุปได้ว่า ผลจากการทดสอบทีละปัจจัยสำหรับกรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด จะได้ระดับปัจจัยที่จะนำไปทำการทดลองในขั้นตอนต่อไป คือ

จำนวนประชากร	: 15 45
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	: 0.3 0.8
ความน่าจะเป็นในการในการมิวเตชั่น	: 0.4 0.7

7.4.2.2 การทดลองครั้งที่ 2 การทดสอบทุกระดับปัจจัย (Full Factorial Design)

รายละเอียดของปัจจัยในการทดลองทุกระดับปัจจัย สำหรับกรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 7.15

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.15 *รายละเอียดของปัจจัยในการทดสอบทุกระดับปัจจัย กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด*

ปัจจัย	จำนวนระดับปัจจัย	ระดับปัจจัย
1. จำนวนประชากร (Population size)	2	15 45
2.ความน่าจะเป็นในการ ครอสโอเวอร์ (Pc)	2	0.3 0.8
3. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (Pm)	2	0.4 0.7
4. วิธีการคัดเลือกสตริง	2	1) Roulette Wheel Selection 2) Tournament Selection
5. วิธีการครอสโอเวอร์	4	1) วิธี Modified One-point Crossover 2) วิธี Modified Partially Mapped Crossover 3) วิธี Modified Order Crossover 4) วิธี Modified Position Base Crossover
6. วิธีการมิวเตชั่น	4	1) วิธี Inversion Mutation 2) วิธี Insertion Mutation 3) วิธี Reciprocal Exchange Mutation 4) วิธี Displacement Mutation
7. จำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุด	1	800

ในแต่ละการทดลองมี Treatment Combination เท่ากับ 2x2x2x2x4x4 = 256 และมีจำนวนทำซ้ำของการทดลอง (Replication) เท่ากับ 2 ดังนั้นจำนวนข้อมูลทั้งหมดในแต่ละการทดลองเท่า 256x2= 512 ข้อมูล

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

1) การวิเคราะห์โดยใช้ค่า Fitness เป็นค่าตอบสนอง

1.1) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

การวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม Minitab Version13 จะได้ผลการวิเคราะห์ ANOVA ดังตารางที่ 7.16

ตารางที่ 7.16 ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด เมื่อใช้ค่า Fitness เป็นค่าตอบสนอง ในการทดสอบทุกระดับปัจจัย

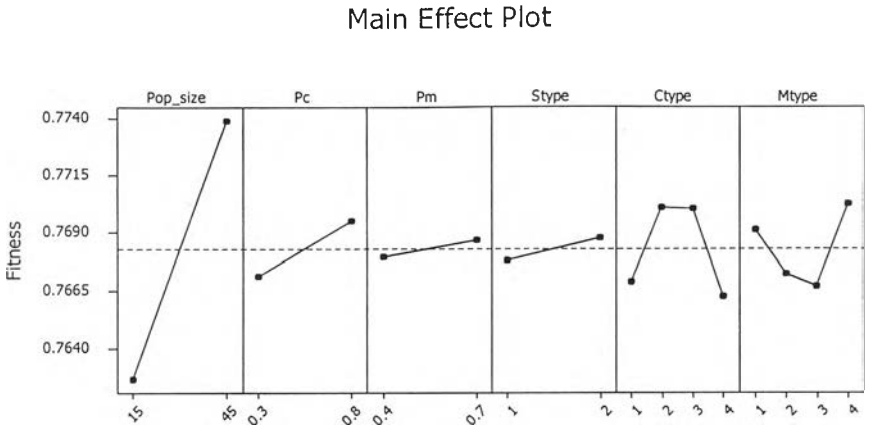
Analysis of Variance for Fitness, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Pop_size	**1**	**0.0160989**	**0.0160989**	**0.0160989**	**129.31**	**0.000**
Pc	**1**	**0.0007149**	**0.0007149**	**0.0007149**	**5.74**	**0.017**
Pm	1	0.0000698	0.0000698	0.0000698	0.56	0.454
Stype	1	0.0001192	0.0001192	0.0001192	0.96	0.328
Ctype	**3**	**0.0016123**	**0.0016123**	**0.0005374**	**4.32**	**0.005**
Mtype	**3**	**0.0010600**	**0.0010600**	**0.0003533**	**2.84**	**0.038**
Pop_size*Pc	1	0.0000457	0.0000457	0.0000457	0.37	0.545
Pop_size*Pm	1	0.0000494	0.0000494	0.0000494	0.40	0.529
Pop_size*Stype	1	0.0000021	0.0000021	0.0000021	0.02	0.896
Pop_size*Ctype	**3**	**0.0013890**	**0.0013890**	**0.0004630**	**3.72**	**0.012**
Pop_size*Mtype	3	0.0003896	0.0003896	0.0001299	1.04	0.373
Pc*Pm	1	0.0000377	0.0000377	0.0000377	0.30	0.582
Pc*Stype	1	0.0000267	0.0000267	0.0000267	0.21	0.643
Pc*Ctype	3	0.0003276	0.0003276	0.0001092	0.88	0.453
Pc*Mtype	3	0.0008571	0.0008571	0.0002857	2.29	0.077
Pm*Stype	1	0.0000434	0.0000434	0.0000434	0.35	0.555
Pm*Ctype	3	0.0003136	0.0003136	0.0001045	0.84	0.473
Pm*Mtype	3	0.0004919	0.0004919	0.0001640	1.32	0.268
Stype*Ctype	3	0.0003080	0.0003080	0.0001027	0.82	0.481
Stype*Mtype	3	0.0003277	0.0003277	0.0001092	0.88	0.453
Ctype*Mtype	9	0.0008950	0.0008950	0.0000994	0.80	0.618
Error	462	0.0575178	0.0575178	0.0001245		
Total	511	0.0826973				

จากตารางที่ 7.16 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของกรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด พบว่าปัจจัยและผลเนื่องจากความสัมพันธ์ร่วม (Interaction) ที่มีอิทธิพลต่อค่า Fitness อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้แก่

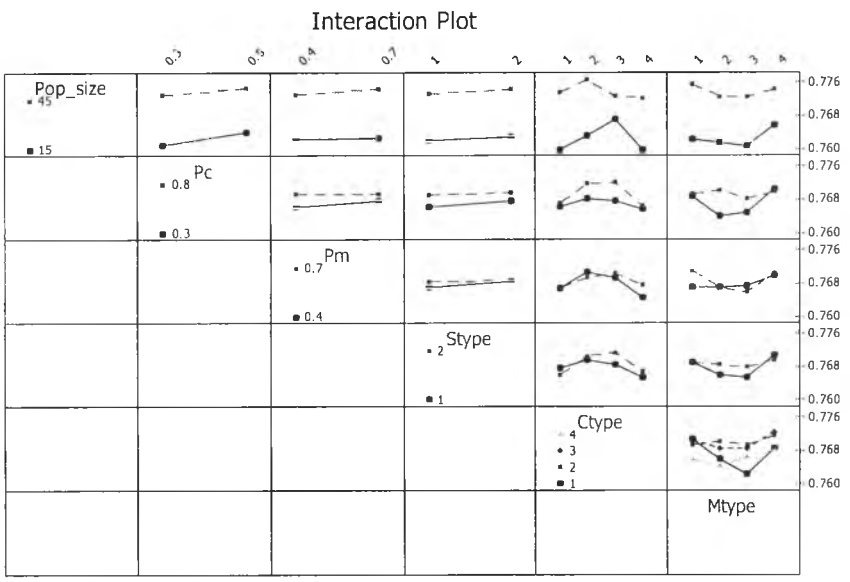
- จำนวนประชากร (*popsize*)
- ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (*Pc*)
- วิธีการครอสโอเวอร์ (*Ctype*)
- วิธีการมิวเตชั่น (*Mtype*)
- ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างจำนวนประชากรและวิธีการครอสโอเวอร์ (*popsiz* Ctype*)

จากผลการวิเคราะห์ ANOVA ที่ได้ นำไป Plot กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัย (Main Effect) และผลเนื่องจากความสัมพันธ์ร่วมของปัจจัย (Interaction) ที่มีอิทธิพลต่อค่าตอบสนอง ได้ดังรูปกราฟที่ 7.11 และ 7.12



รูปที่ 7.11 *กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยต่อค่า Fitness กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด ในการทดสอบทุกระดับปัจจัย*

จากรูปที่ 7.11 จะเห็นว่าจำนวนประชากรที่มีค่ามากและความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่มีค่าสูง จะทำให้ค่า Fitness สูงกว่าที่ระดับจำนวนประชากรน้อยและความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ต่ำ และเมื่อใช้วิธีการครอสโอเวอร์ และวิธีการมิวเตชั่นที่แตกต่างกัน จะทำให้ค่า Fitness มีค่าที่แตกต่างกันซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ ANOVA ในตารางที่ 7.16



รูปที่ 7.12 *กราฟแสดงอิทธิพลจากความสัมพันธ์ร่วมของปัจจัยต่อค่า Fitness กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด ในการทดสอบทุกระดับปัจจัย*

จากรูปที่ 7.12 สามารถอธิบายความสัมพันธ์ร่วมของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่า Fitness ได้ดังนี้

- ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างจำนวนประชากรและวิธีการครอสโอเวอร์(Popsize*Ctype) จากกราฟที่ 6.12 พบว่า เมื่อกำหนดจำนวนประชากรเท่ากับ 15 เมื่อใช้วิธีการครอสโอเวอร์ที่แตกต่างกัน จะทำให้ Fitness มีค่าต่างกัน ซึ่งค่า Fitness จะมีค่าสูงสุดเมื่อใช้ขนาดประชากร 15 ร่วมกับ วิธีครอสโอเวอร์แบบที่ 3 Modified Order Crossover แต่เมื่อจำนวนประชากรเพิ่มเป็น 45 ค่า Fitness จะมีค่าสูงสุดเมื่อใช้วิธีครอสโอเวอร์แบบที่ 2 Modified Partially Mapped และให้ค่า Fitness ที่ต่ำที่สุดเมื่อใช้ร่วมกับวิธีการครอสโอเวอร์แบบที่ 3 Modified Order Crossover

1.2) การวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons

ทำการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เพื่อเลือกระดับปัจจัยที่เหมาะสม สรุปผลได้ดังนี้

- จำนวนประชากร
  ผลจากการวิเคราะห์พบว่าที่ระดับจำนวนประชากร 45 จะให้ค่า Fitness ที่สูงกว่า ที่ระดับจำนวนประชากร 15 อย่างมีนัยสำคัญ
- ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์
  ผลจากการวิเคราะห์พบว่า ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ เท่ากับ 0.8 จะให้ค่า Fitness สูงกว่าที่ระดับความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.3อย่างมีนัยสำคัญ
- วิธีการครอสโอเวอร์
  ผลจากการวิเคราะห์วิธีการครอสโอเวอร์ พบว่าวิธีการครอสโอเวอร์แบบ Modified Partially Mapped Crossover และ Modified Over Crossover จะให้ค่า Fitness ที่ไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างและให้ค่าที่ดีกว่าวิธีการครอสโอเวอร์แบบ Modified One point Crossover และ Modified Position Base Crossover อย่างมีนัยสำคัญ
- วิธีการมิวเตชั่น
  ผลจากการวิเคราะห์วิธีการมิวเตชั่น พบว่าวิธีการมิวเตชั่นแบบที่ 1 2 และ 4 ให้ค่า Fitness ที่ไม่แตกต่างกันแต่ดีกว่าวิธีการมิวเตชั่นแบบที่ 3
- ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างจำนวนประชากรและวิธีการครอสโอเวอร์
  ผลจากการวิเคราะห์พบว่า ขนาดจำนวนประชากร 45 ร่วมกับวิธีการครอสโอเวอร์แบบ Modified Partially Mapped จะให้ค่า Fitness ที่สูงสุด

จากการวิเคราะห์โดยใช้ค่า Fitness เป็นค่าตอบสนองจะได้พารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับกรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด คือ

จำนวนประชากร	:	45
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	:	0.8
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	:	0.4 0.7
วิธีการคัดเลือกสตริง	:	Roulette Wheel หรือ Tournament
วิธีการครอสโอเวอร์	:	Modified Partially Mapped Crossover
วิธีการมิวเตชั่น	:	1. Inversion Mutation
		2. Insertion Mutation
		3 .Displacement Mutation

2) การวิเคราะห์โดยใช้ลำดับที่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

2.1) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

เนื่องจากการวิเคราะห์โดยใช้ค่า Fitness ไม่สามารถระบุความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น และวิธีการคัดเลือกสตริงที่เหมาะสมได้ ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์โดยใช้ลำดับที่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง ผลการวิเคราะห์ ANOVA ดังแสดงในตารางที่ 7.17

ตารางที่ 7.17 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด เมื่อใช้ลำดับที่เจนเนอเรชั่นเป็นค่าตอบสนองในการทดสอบทุกระดับปัจจัย*

Analysis of Variance for Generation, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Pop_size	1	3450	3450	3450	0.15	0.697
Pc	1	19098	19098	19098	0.84	0.359
Pm	1	1957	1957	1957	0.09	0.769
Stype	1	27	27	27	0.00	0.973
Ctype	3	96849	96849	32283	1.42	0.235
Mtype	3	63334	63334	21111	0.93	0.426
Pop_size*Pc	1	3725	3725	3725	0.16	0.686
Pop_size*Pm	1	363	363	363	0.02	0.899
Pop_size*Stype	1	37384	37384	37384	1.65	0.200
Pop_size*Ctype	3	81437	81437	27146	1.20	0.311
Pop_size*Mtype	3	7297	7297	2432	0.11	0.956
Pc*Pm	1	74233	74233	74233	3.27	0.071
Pc*Stype	1	2874	2874	2874	0.13	0.722
Pc*Ctype	3	62443	62443	20814	0.92	0.432
Pc*Mtype	3	9789	9789	3263	0.14	0.934
Pm*Stype	1	18757	18757	18757	0.83	0.364
Pm*Ctype	3	47086	47086	15695	0.69	0.557
Pm*Mtype	3	84917	84917	28306	1.25	0.292
Stype*Ctype	3	71477	71477	23826	1.05	0.370
Stype*Mtype	3	105609	105609	35203	1.55	0.200
Ctype*Mtype	9	96536	96536	10726	0.47	0.893
Error	462	10481454	10481454	22687		
Total	511	11370095				

จากตารางที่ 7.17 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของกรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด เมื่อใช้ลำดับที่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง พบว่าไม่มีปัจจัยใดที่มีผลต่อความเร็วในการลู่เข้าหาคำตอบเลย

3) การวิเคราะห์จากค่าเฉลี่ยของ Fitness

เนื่องจากความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น วิธีการคัดเลือกสตริง และวิธีการมิวเตชั่นไม่สามารถพิจารณาเลือกระดับปัจจัยที่เหมาะสมได้ ดังนั้นจึงพิจารณาจากอิทธิพลของพารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัวที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของ Fitness โดยพิจารณาจากกราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยและอิทธิพลของปัจจัยร่วม ดังแสดงในรูปที่ 7.11 และ 7.12 ได้ผลการพิจารณา ดังนี้

- ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น
  พิจารณาจากอิทธิพลร่วมกับปัจจัยอื่นๆ คือ จำนวนประชากรเท่ากับ 45 ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.8 และวิธีการครอสโอเวอร์แบบ modPMX ได้ว่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นที่ทำให้ค่า Fitness มีค่าสูง คือ ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.7
- วิธีการคัดเลือกสตริง
  พิจารณาอิทธิพลร่วมกับปัจจัยอื่นๆ คือ จำนวนประชากร ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น และวิธีการครอสโอเวอร์ ได้ว่าวิธีการคัดเลือกสตริงที่ทำให้ค่า Fitness มีค่าสูง คือ วิธี Tournament
- วิธีการมิวเตชั่น
  พิจารณาอิทธิพลร่วมกับปัจจัยอื่นๆ คือ จำนวนประชากร ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น วิธีการคัดเลือกสตริงและวิธีการครอสโอเวอร์ ตามที่ได้จากการวิเคราะห์ข้างต้น ได้ว่าวิธีการมิวเตชั่นที่ทำให้ค่า Fitness มีค่าสูง คือ วิธี Displacement

จากการวิเคราะห์ข้างต้นทำให้ได้ว่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม เพื่อนำไปหาคำตอบสำหรับกรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด คือ

จำนวนประชากร	:	45
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	:	0.8
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	:	0.7
วิธีการคัดเลือกสตริง	:	Tournament Selection
วิธีการครอสโอเวอร์	:	Modified Partially Mapped Crossover
วิธีการมิวเตชั่น	:	Displacement Mutation

7.4.3 กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด

7.4.3.1 การทดลองครั้งที่ 1 การทดสอบทีละปัจจัย (One-Factor- at-a-Time)

รายละเอียดของปัจจัยในการทดสอบทีละปัจจัย สำหรับกรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 7.18 โดยวิธีการคัดเลือกสตริง วิธีการครอสโอเวอร์ และวิธีการมิวเตชั่น ที่นำมาใช้เป็นวิธีการที่ได้จากการรันผลอย่างคร่าวๆ และพิจารณาเลือกวิธีที่ให้ค่าตอบสนองที่ดี เนื่องจากพารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัวนี้ ไม่ได้เป็นพารามิเตอร์ที่ต้องการทำการทดสอบในการทดสอบทีละปัจจัย และสำหรับจำนวนเจนเนอเรชั่นกำหนดจากผลการทำ Pilot Run ดังที่กล่าวข้างต้น

ตารางที่ 7.18 *แสดงรายละเอียดของปัจจัยที่ใช้ในการทดสอบทีละปัจจัย กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด*

ปัจจัย	จำนวนระดับปัจจัย	ระดับปัจจัย
1. จำนวนประชากร (*popsize*)	5	5 15 25 35 45
2.ความน่าจะเป็นในการ ครอสโอเวอร์ (*Pc*)	10	1) 0.1 6) 0.6 2) 0.2 7) 0.7 3) 0.3 8) 0.8 4) 0.4 9) 0.9 5) 0.5 10) 1.0
3. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (*Pm*)	10	1) 0.1 6) 0.6 2) 0.2 7) 0.7 3) 0.3 8) 0.8 4) 0.4 9) 0.9 5) 0.5 10) 1.0
4. วิธีการคัดเลือกสตริง	1	Tournament Select
5. วิธีการครอสโอเวอร์	1	Modified Order Crossover
6. วิธีการมิวเตชั่น	1	Displacement Mutation
7. จำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุด	1	500

ในแต่ละการทดลองมี Treatment Combination เท่ากับ 5+10+10 = 25 และมีจำนวนทำซ้ำของการทดลอง (Replication) เท่ากับ 2 ดังนั้นจำนวนข้อมูลทั้งหมดในแต่ละการทดลองเท่า 25x2= 50 ข้อมูล

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

1) การวิเคราะห์โดยใช้ค่า Fitness เป็นค่าตอบสนอง

1.1) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

การวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม Minitab Version 13 จะได้ผลการวิเคราะห์ ANOVA ดังตารางที่ 7.19

ตารางที่ 7.19 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด เมื่อใช้ค่า Fitness เป็นค่าตอบสนอง ในการทดสอบทีละปัจจัย*

One-way ANOVA: Fitness versus Pop_size					
Analysis of Variance for Fitness					
Source	DF	SS	MS	F	P
Pop_size	4	0.0003150	0.0000790	1.56	0.314
Error	5	0.0002525	0.0000505		
Total	9	0.0005685			
One-way ANOVA: Fitness versus Pc					
Analysis of Variance for Fitness					
Source	DF	SS	MS	F	P
Pc	9	0.0001152	0.0000128	0.89	0.565
Error	10	0.0001440	0.0000144		
Total	19	0.0002592			
One-way ANOVA: Fitness versus Pm					
Analysis of Variance for Fitness					
Source	DF	SS	MS	F	P
Pm	9	0.0000648	0.0000072	1.00	0.495
Error	10	0.0000720	0.0000072		
Total	19	0.0001368			

จากตารางที่ 7.19 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของกรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด ในการทดสอบทีละปัจจัย เมื่อใช้ค่า Fitness เป็นค่าตอบสนอง พบว่าจำนวนประชากร (*popsize*) ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (*Pc*) และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น(*Pm*) มีค่า *p-value* มากกว่า 0.05 ดังนั้นสรุปได้ว่า ในการทดสอบทีละปัจจัย พารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัวไม่มีผลต่อค่า Fitness อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

1.2) การวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons

ไม่มีการวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้เนื่องจาก ผลจากการวิเคราะห์ ANOVA พบว่าไม่พารามิเตอร์ที่ทำการทดสอบไม่มีอิทธิพลต่อ Fitness อย่างมีนัยสำคัญ จึงไม่จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ขั้นตอนนี้

2) การวิเคราะห์โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

2.1) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

จากผลการวิเคราะห์ ANOVA เมื่อใช้ค่า Fitness เป็นค่าตอบสนองไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ ดังนั้นจึงได้ทำการวิเคราะห์ โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ เป็นตัวแปรตอบสนอง ได้ผลการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 7.20

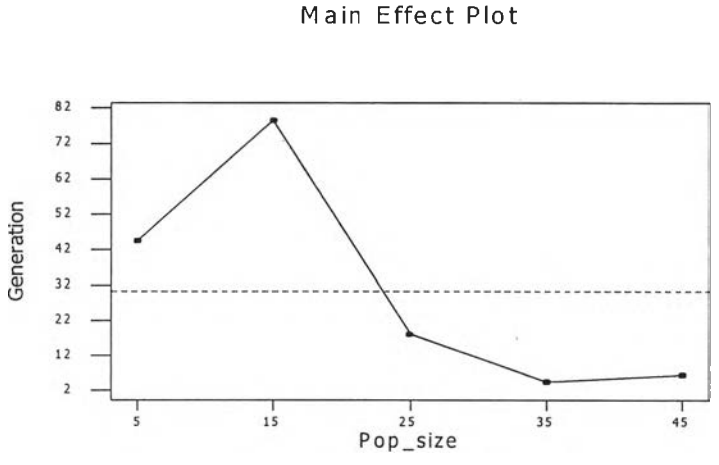
ตารางที่ 7.20 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด เมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นเป็นค่าตอบสนอง ในการทดสอบทีละปัจจัย*

One-way ANOVA: No. Generation versus Pop_size Analysis of Variance for No. Generation					
Source	DF	SS	MS	F	P
Pop_size	4	7816	1954	12.82	**0.008**
Error	5	762	152		
Total	9	8578			
One-way ANOVA: No. Generation versus Pc Analysis of Variance for No. Generation					
Source	DF	SS	MS	F	P
Pc	9	96820	10758	3.59	**0.029**
Error	10	29957	2996		
Total	19	126777			
One-way ANOVA: No. Generation versus Pm Analysis of Variance for No. Generation					
Source	DF	SS	MS	F	P
Pm	9	49279	5475	1.73	0.204
Error	10	31716	3172		
Total	19	80995			

จากตารางที่ 7.20 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของกรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด ในการทดสอบทีละปัจจัย เมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง พบว่าจำนวนประชากร (*popsize*) และความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ *Pc*) มีค่า *p-value* น้อยกว่า 0.05 แต่ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (*Pm*) มีค่า P-value มากกว่า 0.05 ดังนั้นสรุปได้ว่าจำนวน

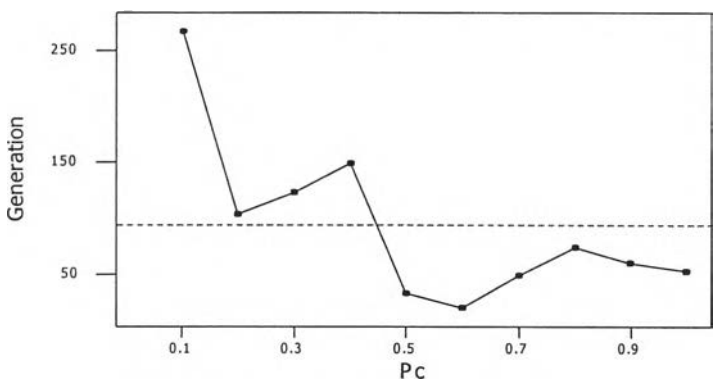
ประชากร และความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ มีอิทธิพลต่อลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น ไม่มีอิทธิพลต่อลำดับที่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการวิเคราะห์ ANOVA สามารถนำไป Plot กราฟ แสดงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าตัวแปรตอบสนองได้ดังรูปที่ 7.13-7.14



รูปที่ 7.13 กราฟแสดงอิทธิพลของจำนวนประชากร ต่อลำดับที่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด ในการทดสอบทีละปัจจัย

จากรูปที่ 7.13 จะเห็นว่าเมื่อจำนวนประชากรมีขนาดที่เปลี่ยนแปลงไป ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบจะมีค่าที่แตกต่างกัน แสดงว่าจำนวนประชากรเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ ANOVAในตารางที่ 7.20



รูปที่ 7.14 *กราฟแสดงอิทธิพลของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ ต่อลำดับที่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ กรณีผลิตภัณฑ์10 ชนิด ในการทดสอบทีละปัจจัย*

จากรูปที่ 7.14 จะเห็นว่าเมื่อความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่มีค่าต่างกัน ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบจะมีค่าที่แตกต่างกัน นั่นคือความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ ANOVA ในตารางที่ 7.20

2.2) การวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons

การวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง เพื่อวิเคราะห์ว่าระดับปัจจัยใดบ้างที่มีความแตกต่างกัน ได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในภาคผนวก จ. โดยสรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังตารางที่ 7.21

ตารางที่ 7.21 ผลการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด เมื่อใช้ ลำดับที่ของเจนเนอชั่น เป็นค่าตอบสนอง ในการทดสอบทีละปัจจัย

ปัจจัย	ระดับของปัจจัย	ผลการวิเคราะห์
1.จำนวนประชากร	5 15 25 35 45	สามารถแบ่งกลุ่มระดับของปัจจัยที่ให้ค่าลำดับที่เจนเนอเรชั่นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนี้ 1. ที่ระดับปัจจัย 15 2. ที่ระดับปัจจัย 5 25 35 และ 45 ให้ค่าลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบที่ไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างกับระดับปัจจัย 15
2.ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	0.1,0.2,0.3,...,1.0	สามารถแบ่งกลุ่มระดับของปัจจัยที่ให้ค่าลำดับที่เจนเนอเรชั่นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนี้ 1. ระดับปัจจัย 0.1 2. ที่ระดับปัจจัย 0.2 0.3 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 และ 1.0 ให้ค่าลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ ที่ไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างกับระดับปัจจัย 0.1

จากตารางที่ 7.21 สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons เพื่อคัดเลือกระดับพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ได้ดังนี้

- จำนวนประชากร

  ผลจากการวิเคราะห์จำนวนประชากร พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มระดับของปัจจัยที่ให้ค่าลำดับที่เจนเนอเรชั่นที่ไม่แตกต่างกัน เป็น 2 กลุ่ม คือ (15) และ (5 25 35 45) ซึ่ง ทั้ง 2 กลุ่มนี้ให้ค่าลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จากนั้นเลือกระดับปัจจัยที่ให้ค่าลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่ต่ำที่สุดจากทั้ง 2

กลุ่ม เป็นระดับปัจจัยที่จะนำไปทดลองในขั้นตอนต่อไป นั่นคือ เลือกจำนวนประชากรที่ระดับ 15 และ 35

- ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์

  ผลจากการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มระดับปัจจัยที่ให้ค่าลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบที่ไม่แตกต่างกัน เป็น 2 กลุ่ม คือ (0.1) และ (0.2 0.3 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 และ 1.0) ซึ่งทั้ง 2 กลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เลือกเอาระดับปัจจัยจากทั้ง 2 กลุ่มที่ให้ค่าลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่น้อยที่สุดจากทั้ง 2 กลุ่ม ไปเป็นระดับปัจจัยที่จะนำไปทดสอบในขั้นตอนต่อไป คือ 0.1 และ 0.6

จากการวิเคราะห์โดยใช้ค่าลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง ไม่สามารถระบุค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น ดังนั้นจึงพิจารณาโดยใช้เวลาที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

3) การวิเคราะห์โดยใช้เวลาที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

3.1) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

จากผลการวิเคราะห์ ANOVA เมื่อใช้ค่า Fitness และลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนองไม่สามารถระบุพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ ดังนั้นจึงได้ทำการวิเคราะห์ โดยใช้เวลาที่พบคำตอบ เป็นตัวแปรตอบสนอง ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 7.22

ตารางที่ 7.22 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด เมื่อใช้เวลาที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนองในการทดสอบทีละปัจจัย*

One-way ANOVA: GATime versus Pm

Analysis of Variance for GATime

Source	DF	SS	MS	F	P
Pm	9	32505	3612	1.67	0.217
Error	10	21595	2159		
Total	19	54100			

จากตารางที่ 7.22 การวิเคราะห์ ANOVA เมื่อใช้เวลาที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง พบว่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นมีค่า *p-value* มากกว่า 0.05 ดังนั้นสรุปได้ว่าในการทดสอบทีละปัจจัย ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นไม่มีอิทธิพลต่อเวลาที่พบคำตอบอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากการใช้ค่า Fitness ลำดับที่ของเจนเนอเรชั่น และเวลาที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนองในการวิเคราะห์เลือกระดับปัจจัย ไม่สามารถระบุระดับของค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น ดังนั้นจึงพิจารณาเลือก 2 ระดับที่ให้ค่า Fitness ที่สูงที่สุดและต่ำที่สุดเป็นระดับที่จะนำไปทดสอบในขั้นตอนต่อไป นั่นคือเลือกความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นที่ระดับ 0.2 และ 0.8

ดังนั้นสรุปได้ว่า ผลจากการทดสอบทีละปัจจัย สำหรับกรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด ได้ว่าระดับปัจจัยที่จะนำไปทำการทดสอบในขั้นตอนต่อไป คือ

จำนวนประชากร	:	15 35
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	:	0.1 0.6
ความน่าจะเป็นในการในการมิวเตชั่น		0.2 0.8

7.4.3.2 การทดลองครั้งที่ 2 การทดสอบทุกระดับปัจจัย (Full Factorial Design)

รายละเอียดของปัจจัยในการทดสอบทุกระดับปัจจัย สำหรับกรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 7.23

ตารางที่ 7.23 *รายละเอียดของปัจจัยในการทดสอบทุกระดับปัจจัย กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด*

ปัจจัย	จำนวนระดับ	ระดับปัจจัย
1. จำนวนประชากร (Population size)	2	15 35
2.ความน่าจะเป็นในการ ครอสโอเวอร์ (Pc)	2	0.1 0.6
3. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (Pm)	2	0.2 0.8
4. วิธีการคัดเลือกสตริง	2	1) Roulette Selection 2) Tournament Selection
5. วิธีการครอสโอเวอร์	4	1) วิธี Modified One-point Crossover 2) วิธี Modified Partially Mapped Crossover 3) วิธี Modified Order Crossover 4) วิธี Modified Position Base Crossover
6. วิธีการมิวเตชั่น	4	1) วิธี Inversion Mutation 2) วิธี Insertion Mutation 3) วิธี Reciprocal Exchange Mutation 4) วิธี Displacement Mutation
7. จำนวนเจนเนอเรชั่นสูงสุด	1	500

ในแต่ละการทดลองมี Treatment Combination เท่ากับ 2x2x2x2x4x4 = 256 และมีจำนวนทำซ้ำของการทดลอง (Replication) เท่ากับ 2 ดังนั้นจำนวนข้อมูลทั้งหมดในแต่ละการทดลองเท่า 256x2= 512 ข้อมูล

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

1) การวิเคราะห์โดยใช้ค่า Fitness เป็นค่าตอบสนอง

1.1) การวิเคราะห์ความแปรปรวน

การวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม Minitab Version13 จะได้ผลการวิเคราะห์ ANOVA ดังตารางที่ 7.24

ตารางที่ 7.24 ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด เมื่อใช้ค่า Fitness เป็นค่าตอบสนอง ในการทดสอบทุกระดับปัจจัย

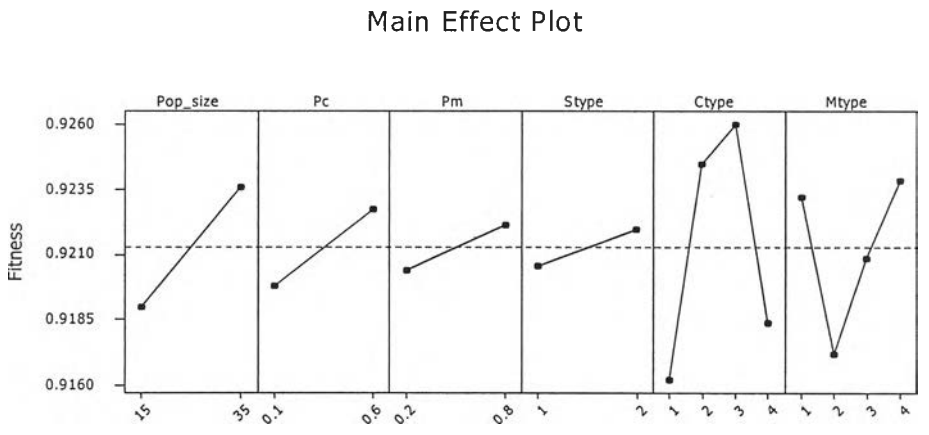
Analysis of Variance for Fitness, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Pop_size	**1**	**0.0027473**	**0.0027473**	**0.0027473**	**35.41**	**0.000**
Pc	**1**	**0.0010986**	**0.0010986**	**0.0010986**	**14.16**	**0.000**
Pm	**1**	**0.0003920**	**0.0003920**	**0.0003920**	**5.05**	**0.025**
Stype	1	0.0002559	0.0002559	0.0002559	3.30	0.070
Ctype	**3**	**0.0085979**	**0.0085979**	**0.0028660**	**36.94**	**0.000**
Mtype	**3**	**0.0034868**	**0.0034868**	**0.0011623**	**14.98**	**0.000**
Pop_size*Pc	1	0.0000188	0.0000188	0.0000188	0.24	0.623
Pop_size*Pm	1	0.0000165	0.0000165	0.0000165	0.21	0.645
Pop_size*Stype	1	0.0000538	0.0000538	0.0000538	0.69	0.405
Pop_size*Ctype	3	0.0005013	0.0005013	0.0001671	2.15	0.093
Pop_size*Mtype	3	0.0003015	0.0003015	0.0001005	1.30	0.275
Pc*Pm	1	0.0000045	0.0000045	0.0000045	0.06	0.810
Pc*Stype	1	0.0000131	0.0000131	0.0000131	0.17	0.681
Pc*Ctype	3	0.0004034	0.0004034	0.0001345	1.73	0.159
Pc*Mtype	3	0.0004838	0.0004838	0.0001613	2.08	0.102
Pm*Stype	1	0.0000053	0.0000053	0.0000053	0.07	0.794
Pm*Ctype	3	0.0002783	0.0002783	0.0000928	1.20	0.311
Pm*Mtype	3	0.0000924	0.0000924	0.0000308	0.40	0.755
Stype*Ctype	3	0.0002443	0.0002443	0.0000814	1.05	0.370
Stype*Mtype	3	0.0001880	0.0001880	0.0000627	0.81	0.490
Ctype*Mtype	**9**	**0.0035532**	**0.0035532**	**0.0003948**	**5.09**	**0.000**
Error	462	0.0358421	0.0358421	0.0000776		
Total	511	0.0585788				

จากตารางที่ 7.24 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของกรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด พบว่าปัจจัยและผลเนื่องจากความสัมพันธ์ร่วม (Interaction) ของปัจจัย ที่มีอิทธิพลต่อค่า Fitness อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้แก่

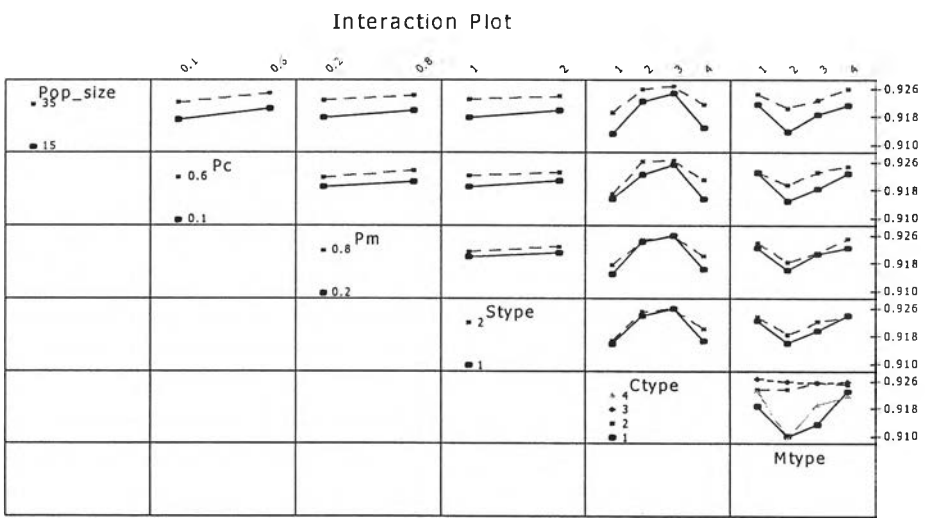
- จำนวนประชากร (*popsize*)
- ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (*Pc*)
- ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (*Pm*)
- วิธีการครอสโอเวอร์ *(Ctype)*
- วิธีการมิวเตชั่น *(Mtype)*
- ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างวิธีการครอสโอเวอร์และวิธีการมิวเตชั่น (*Ctype*Mtype*)

จากผลการวิเคราะห์ ANOVA ที่ได้ นำไป Plot กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัย (Main Effect) และผลเนื่องจากความสัมพันธ์ร่วมของปัจจัย (Interaction) ที่มีอิทธิพลต่อค่าตอบสนอง ได้ดังรูปกราฟที่ 7.15 และ 7.16



รูปที่ 7.15 กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยต่อค่า Fitness กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด ในการทดสอบทุกระดับปัจจัย

จากรูปที่ 7.15 จะเห็นว่าจำนวนประชากร ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นที่มีค่ามาก จะทำให้ค่า Fitness สูงกว่าที่ระดับจำนวนประชากร ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นที่มีค่าน้อย และเมื่อใช้วิธีการครอสโอเวอร์ และวิธีการมิวเตชั่นที่แตกต่างกัน จะทำให้ค่า Fitness มีค่าที่แตกต่างกันซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ ANOVA ในตารางที่ 6.24



รูปที่ 7.16 กราฟแสดงอิทธิพลจากความสัมพันธ์ร่วมของปัจจัยต่อค่า Fitness กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด ในการทดสอบทุกระดับ

จากรูปที่ 7.16 สามารถอธิบายความสัมพันธ์ร่วมของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่า Fitness ได้ดังนี้

- ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างวิธีการครอสโอเวอร์และวิธีการมิวเตชั่น (Ctype*Mtype) จากกราฟที่ 6.16 พบว่าการใช้วิธีการครอสโอเวอร์ร่วมกับวิธีการมิวเตชั่นที่แตกต่างกัน จะทำให้ค่า Fitness มีค่าที่แตกต่างกัน เช่น การใช้วิธีการครอสโอเวอร์แบบที่ 4 modPBX ร่วมกับวิธีการมิวเตชั่นแบบที่ 1 Inversion Mutation จะให้ค่า Fitness ที่สูงกว่าการใช้ร่วมกับวิธีมิวเตชั่นแบบที่ 2 Insertion Mutation

1.2) การวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons

ทำการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เพื่อเลือกระดับปัจจัยที่เหมาะสม ได้ผลดังนี้

- จำนวนประชากร
  ผลจากการวิเคราะห์พบว่าที่ระดับจำนวนประชากรเท่ากับ 35 จะให้ค่า Fitness สูงกว่า เมื่อจำนวนประชากรเท่ากับ 15 อย่างมีนัยสำคัญ
- ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์
  ผลจากการวิเคราะห์ พบว่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ เท่ากับ 0.6 ให้ค่า Fitness สูงกว่า ที่ระดับความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.1 อย่างมีนัยสำคัญ
- ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น
  ผลการวิเคราะห์พบว่า ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น เท่ากับ 0.8 ให้ค่า Fitness ที่สูงกว่า ที่ระดับความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.2 อย่างมีนัยสำคัญ
- วิธีการครอสโอเวอร์
  ผลจากการวิเคราะห์วิธีการครอสโอเวอร์ พบว่าวิธีการครอสโอเวอร์แบบ modPBX และ modOX จะให้ค่า Fitness ที่ไม่แตกต่างกัน แต่มีความแตกต่างและให้ค่าที่ดีกว่าวิธีการครอสโอเวอร์แบบ Modified One point Crossover และ Modified Position Base Crossover อย่างมีนัยสำคัญ
- วิธีการมิวเตชั่น
  ผลจากการวิเคราะห์วิธีการมิวเตชั่น พบว่าวิธีการมิวเตชั่นแบบ Inversion Mutation ให้ค่า Fitness ต่ำกว่าวิธีการมิวเตชั่นแบบอื่นๆ ดังนั้นจึงตัดวิธีนี้ไป
- ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างวิธีการครอสโอเวอร์และวิธีการมิวเตชั่น
  ผลจากการวิเคราะห์พบว่า การใช้วิธีการครอสโอเวอร์และวิธีการมิวเตชั่นร่วมกันแล้วทำให้ค่า Fitness มีค่าสูงคือ การใช้วิธีการครอสโอเวอร์แบบ

modPMX ร่วมกับวิธีการมิวเตชั่นแบบ Reciprocal Exchangeแต่เมื่อใช้วิธีการครอสโอเวอร์แบบ modOX ไม่ว่าจะใช่ร่วมกับวิธีการมิวเตชั่นแบบใดก็ให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์ โดยใช้ค่า Fitness เป็นค่าตอบสนองเพื่อหาระดับพารามิเตอร์ที่เหมาะสม สำหรับกรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด คือ

จำนวนประชากร	:	35
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	:	0.6
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	:	0.8
วิธีการคัดเลือกสตริง	:	Roulette หรือ Tournament Selection
วิธีการครอสโอเวอร์	:	modPMX หรือ modOX
วิธีการมิวเตชั่น	:	1. Inversion Mutation
		2. Reciprocal Exchange Mutation
		3. Displacement Mutation

2) การวิเคราะห์โดยใช้ลำดับที่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

2.1) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

เนื่องจากการวิเคราะห์โดยใช้ค่า Fitness ไม่สามารถระบุวิธีการคัดเลือกสตริง วิธีการครอสโอเวอร์ และวิธีการมิวเตชั่น ที่เหมาะสมได้ ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์โดยใช้ลำดับที่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง ผลการวิเคราะห์ ANOVA แสดงในตารางที่ 7.25

ตารางที่ 7.25 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด เมื่อใช้ลำดับที่เจนเนอเรชั่น เป็นค่าตอบสนอง ในการทดสอบทุกระดับปัจจัย*

Analysis of Variance for Generation, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Pop_size	1	25637	25637	25637	1.41	0.236
Pc	**1**	**259515**	**259515**	**259515**	**14.23**	**0.000**
Pm	1	1671	1671	1671	0.09	0.762
Stype	**1**	**174456**	**174456**	**174456**	**9.57**	**0.002**
Ctype	3	131441	131441	43814	2.40	0.067
Mtype	3	1464	1464	488	0.03	0.994
Pop_size*Pc	**1**	**184870**	**184870**	**184870**	**10.14**	**0.002**
Pop_size*Pm	1	14546	14546	14546	0.80	0.372
Pop_size*Stype	1	9427	9427	9427	0.52	0.472
Pop_size*Ctype	3	46597	46597	15532	0.85	0.466
Pop_size*Mtype	3	124773	124773	41591	2.28	0.079
Pc*Pm	1	21102	21102	21102	1.16	0.283
Pc*Stype	1	18276	18276	18276	1.00	0.317

ตารางที่ 7.25 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด เมื่อใช้ลำดับที่เจนเนอเรชั่น เป็นค่าตอบสนอง ในการทดสอบทุกระดับปัจจัย (ต่อ)*

Analysis of Variance for Generation, using Adjusted SS for Tests

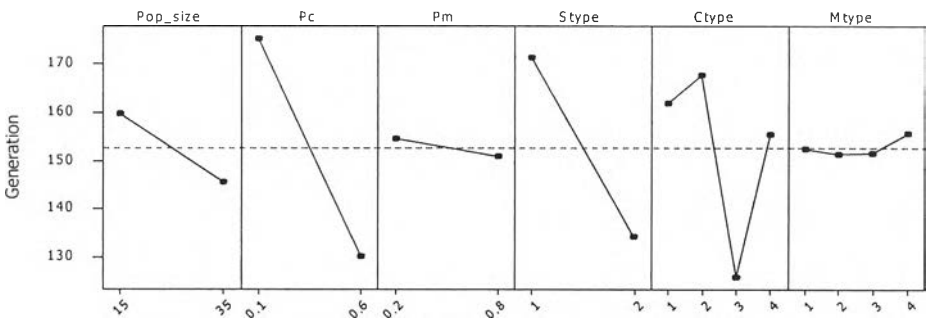
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Pc*Ctype	3	81461	81461	27154	1.49	0.217
Pc*Mtype	**3**	**194960**	**194960**	**64987**	**3.56**	**0.014**
Pm*Stype	1	12631	12631	12631	0.69	0.406
Pm*Ctype	3	64769	64769	21590	1.18	0.315
Pm*Mtype	3	99272	99272	33091	1.81	0.144
Stype*Ctype	3	100343	100343	33448	1.83	0.140
Stype*Mtype	3	144536	144536	48179	2.64	0.049
Ctype*Mtype	9	47891	47891	5321	0.29	0.977
Error	462	8424733	8424733	18235		
Total	511	10184371				

จากตารางที่ 7.25 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด เมื่อใช้ลำดับที่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง พบว่าปัจจัยและความสัมพันธ์ร่วมของปัจจัยที่มีผลต่อลำดับที่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ มีดังนี้

- ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์
- วิธีการคัดเลือกสตริง
- ความสัมพันธ์ร่วมของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์และวิธีการมิวเตชั่น

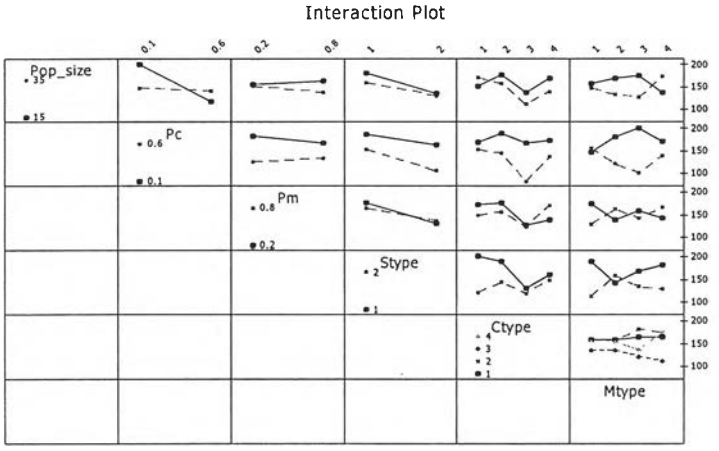
จากผลการวิเคราะห์ ANOVA ที่ได้ นำไป Plot กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัย (Main Effect) และผลเนื่องจากความสัมพันธ์ร่วมของปัจจัย (Interaction) ที่มีอิทธิพลต่อค่าตอบสนอง ได้ดังรูปกราฟที่ 7.17 และ 7.18

Main Effect Plot



รูปที่ 7.17 *กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยต่อลำดับที่ของเจนเนอเรชั่น กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด ในการทดสอบทุกระดับปัจจัย*

จากรูปที่ 7.17 ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่มีค่ามากจะทำให้พบคำตอบที่ลำดับที่เจนเนอเรชั่นต่ำกว่าเมื่อค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์น้อย และเมื่อใช้วิธีการคัดเลือกสตริงวิธีที่ 2 Tournament Selection จะทำให้ลำดับที่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบต่ำกว่าการใช้วิธีการที่ 1 Roulette Selection ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ ANOVA ในตารางที่ 7.25



รูปที่ 7.18 กราฟแสดงอิทธิพลจากความสัมพันธ์ร่วมของปัจจัยต่อต่อลำดับที่ของเจนเนอเรชั่น กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด ในการทดสอบทุกระดับปัจจัย

จากรูปที่ 7.18 สามารถอธิบายความสัมพันธ์ร่วมของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลำดับเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ ดังนี้

- ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์และวิธีการมิวเตชั่น (*Pc* Mtype*) จากกราฟที่ 7.18 พบว่า เมื่อกำหนดค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ร่วมกับวิธีการมิวเตชั่นที่ต่างกัน จะทำให้ได้ลำดับเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบต่างกัน เช่นการใช้วิธีการมิวเตชั่นแบบที่ 3 Reciprocal Exchange Mutation ร่วมกับความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ *Pc*=0.1 จะทำให้ได้ลำดับที่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบจะมีลำดับสูง แต่จะพบคำตอบที่ลำดับเจนเนอเรชั่นต่ำ เมื่อใช้ร่วมกับค่า *Pc* =0.6 ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ ANOVA ในตารางที่ 7.25

2.2) การวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons

ทำการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เพื่อเลือกระดับปัจจัยที่เหมาะสม ได้ผลดังนี้

- วิธีการคัดเลือกสตริง

  ผลจากการวิเคราะห์ ได้ว่า วิธีการคัดเลือกสตริงแบบ Tournament Selection จะทำให้ลำดับที่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบต่ำกว่าการใช้วิธีการคัดเลือกสตริงแบบ Roulette Selection อย่างมีนัยสำคัญ

- ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์

  ผลจากการวิเคราะห์ ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ เท่ากับ 0.6 จะให้ลำดับที่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบมีลำดับต่ำกว่าการใช้ระดับความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.1 อย่างมีนัยสำคัญ

สำหรับวิธีการมิวเตชั่นไม่สามารถหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้จากการวิเคราะห์ Pairwise Comparisons แต่สามารถพิจารณาได้จากความสัมพันธ์ร่วมระหว่างปัจจัย โดยมีผลการพิจารณาเป็นดังนี้

- ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์และวิธีการมิวเตชั่น

  ผลจากการวิเคราะห์พบว่า การใช้ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ Pc=0.6 ร่วมกับวิธีการมิวเตชั่นแบบที่ 3 Reciprocal Exchange Mutation จะทำให้ลำดับเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นลำดับที่ต่ำที่สุด

จากการวิเคราะห์โดยใช้ลำดับที่เจนเนอเรชั่นเป็นค่าตอบสนอง ได้พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการหาคำตอบของกรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด คือ

จำนวนประชากร	:	35
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	:	0.6
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	:	0.8
วิธีการคัดเลือกสตริง	:	Tournament Selection
วิธีการครอสโอเวอร์	:	modPMX หรือ modOX
วิธีการมิวเตชั่น	:	Reciprocal Exchange Mutation

3) การวิเคราะห์จากค่าเฉลี่ย Fitness

เนื่องจากวิธีการครอสโอเวอร์ ไม่สามารถพิจารณาเลือกระดับปัจจัยที่เหมาะสมได้ ดังนั้นจึงพิจารณาจากอิทธิพลของวิธีการครอสโอเวอร์ที่มีต่อค่าเฉลี่ยของ Fitness โดยพิจารณาจากกราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัย และอิทธิพลของปัจจัยร่วม ดังแสดงในรูปที่ 7.15 และ 7.16 ได้ผลการพิจารณา ดังนี้

- วิธีการครอสโอเวอร์

  พิจารณาจากอิทธิพลของวิธีการครอสโอเวอร์พบว่า วิธีการ modOX เป็นวิธีการที่ทำให้มีค่า Fitness สูงสุด และเมื่อพิจารณาร่วมกับปัจจัยอื่นๆ คือจำนวน

ประชากร ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น วิธีการคัดเลือกสตริง และวิธีการมิวเตชั่น พบว่า วิธีการครอสโอเวอร์ที่เหมาะสมคือ วิธี modOX

จากการวิเคราะห์ข้างต้น ทำให้ได้ว่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม เพื่อนำไปหาคำตอบสำหรับกรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด คือ

จำนวนประชากร	:	35
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	:	0.6
ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	:	0.8
วิธีการคัดเลือกสตริง	:	Tournament Selection
วิธีการครอสโอเวอร์	:	Modified Order Crossover
วิธีการมิวเตชั่น	:	Reciprocal Exchange Mutation

7.5 สรุปผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์

จากการทดลองและวิเคราะห์ผลด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และ การวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95 โดยใช้ค่า Fitness ลำดับที่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบ และค่าเฉลี่ยของค่า Fitness เป็นค่าตอบสนองในการวิเคราะห์เลือกพารามิเตอร์ ได้ผลการการทดสอบพารามิเตอร์ ได้แก่ จำนวนประชากร ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น วิธีการคัดเลือกสตริง วิธีการครอสโอเวอร์ และวิธีการมิวเตชั่น เพื่อเลือกระดับพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการนำไปแก้ปัญหาแต่ละกรณีศึกษา ได้ดังแสดงในตารางที่ 7.26

ตารางที่ 7.26 *ผลการทดสอบพารามิเตอร์ของวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม*

กรณีศึกษา	พารามิเตอร์	ผลการทดสอบพารามิเตอร์	
		การทดสอบ One-Factor-at-a-Time	การทดสอบ Full Factorial Design
ผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด	จำนวนประชากร	5 15	15
	ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	0.1 0.7	0.7
	ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	0.3 0.8	0.8
	วิธีการคัดเลือกสตริง	-	Tournament
	วิธีการครอสโอเวอร์	-	ModPBX
	วิธีการมิวเตชั่น	-	Displacement

ตารางที่ 7.26 ผลการทดสอบพารามิเตอร์ของวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม (ต่อ)

กรณีศึกษา	พารามิเตอร์	ผลการทดสอบพารามิเตอร์	
		การทดสอบ One-Factor-at-a-Time	การทดสอบ Full Factorial Design
ผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด	จำนวนประชากร	15 45	45
	ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	0.3 0.8	0.8
	ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	0.4 0.7	0.7
	วิธีการคัดเลือกสตริง	-	Tournament
	วิธีการครอสโอเวอร์	-	ModPMX
	วิธีการมิวเตชั่น	-	Displacement
ผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด	จำนวนประชากร	15 35	35
	ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	0.1 0.6	0.6
	ความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น	0.2 0.8	0.8
	วิธีการคัดเลือกสตริง	-	Tournament
	วิธีการครอสโอเวอร์	-	ModOX
	วิธีการมิวเตชั่น	-	Reciprocal Exchange

หมายเหตุ พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่จะนำไปหาคำตอบสำหรับกรณีศึกษา ทั้ง 3 คือ พารามิเตอร์ที่ได้จากการทดสอบ Full Factorial Design

จากตารางที่ 7.26 จะเห็นได้ว่าจากการทดสอบเพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของ ทั้ง 3 กรณีศึกษา พบว่า จำนวนประชากร ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ และค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นที่เหมาะสม คือ จำนวนประชากร ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ และค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นที่มีค่ามาก วิธีการคัดเลือกสตริงที่เหมาะสมกับทั้ง 3 กรณีคือ วิธี Tournament แต่สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์และวิธีการมิวเตชั่นที่เหมาะสมสำหรับแต่ละกรณีศึกษาจะมีความแตกต่างกัน

7.6 สรุปท้ายบท

ในการทดสอบพารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการหาคำตอบของเจนเนติกอัลกอริทึมเป็นการทดสอบเพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมทั้ง 3 กรณีศึกษา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการนำเจนเนติกอัลกอริทึมไปใช้แก้ปัญหาจริง โดยใช้การทดสอบทีละปัจจัย (One-Factor-at-a-Time) เพื่อเป็นการพิจารณาเลือกระดับของพารามิเตอร์ที่มีระดับปัจจัยไม่คงที่ ได้แก่ จำนวนประชากร ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น เพื่อนำไปกำหนดเป็นระดับปัจจัยในการทดสอบทุกระดับปัจจัย (Full Factorial Design) ซึ่งการทดสอบทุกระดับปัจจัย มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ระดับพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการหาคำตอบ โดยมีปัจจัยที่พิจารณาคือ จำนวนประชากร ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ ความน่าจะเป็นในการมิวเต

ชั่น วิธีการคัดเลือกสตริง วิธีการครอสโอเวอร์ และวิธีการมิวเตชั่น โดยมีจำนวนทำซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2 ดังนั้นในแต่ละการทดลองจะเก็บข้อมูลทั้งหมด 512 ข้อมูล วิเคราะห์ผลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons โดยใช้ค่า Fitness และลำดับที่เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง และในกรณีที่ไม่สามารถหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ จะทำการวิเคราะห์ผลโดยใช้ค่าเฉลี่ยของค่า Fitness

จากผลการทดสอบพบว่าระดับพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาแต่ละกรณีศึกษาจะมีค่าที่แตกต่างกัน โดยจำนวนประชากร ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ และค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นที่เหมาะสม คือ จำนวนประชากร ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ และค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นที่มีค่ามาก วิธีการคัดเลือกสตริงที่เหมาะสมกับทั้ง 3 กรณี คือ วิธี Tournament แต่สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์และวิธีการมิวเตชั่นที่เหมาะสมสำหรับแต่ละกรณีศึกษาจะมีความแตกต่างกัน