บทที่ 7

การทดสอบพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึม

ในขั้นตอนของเจนเนติกอัลกอริทึมจะมีพารามิเตอร์ต่างๆมากมายที่เกี่ยวข้อง ในปัญหาบางปัญหาจะมีการใช้พารามิเตอร์ที่ไม่เหมือนกัน การเลือกใช้พารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหา จะทำให้วิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึมมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงทำการออกแบบการทดลอง (ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, 2537) และทำการทดลองตามวิธีของ Experimental Design (Montgomery, 1997) เพื่อที่จะทำการหาพารามิเตอร์ดังกล่าวที่เหมาะสมสำหรับการแก้ปัญหา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของเจนเนติกอัลกอริทึมในด้านความสามารถในการหาคำตอบที่ดีที่สุด

7.1 การทดลองหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

เนื่องจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึมจะมีความไวต่อพารามิเตอร์ต่างๆเป็นอย่างมาก ดังนั้นการใช้พารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับปัญหาต่างๆ ก็จะทำให้เจนเนติกอัลกอริทึมมีประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบที่ดียิ่งขึ้น แต่ปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาในการปรับตั้งแบบฟัซซี่ซึ่งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้าในงานวิจัยนี้ ยังไม่เคยมีผู้ใดทำการวิจัยหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับปัญหาขนาดต่างๆมาก่อน จึงจำเป็นที่จะต้องทำการทดลองหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับปัญหาในขนาดที่ต่างๆกัน ในงานวิจัยนี้ ซึ่งจะมีขั้นตอนในการทดลองหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่เหมาะสมดังนี้

7.1.1 การระบุปัญหา

วิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึมที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นมา ต้องมีการกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องหลายตัว เช่น จำนวนประชากร ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ เป็นต้น นอกจากนี้ในขั้นตอนของการครอสโอเวอร์และการมิวเตชัน ได้มีการเสนอวิธีการครอสโอเวอร์และการมิวเตชันไว้หลายแบบ ดังนั้นเพื่อให้วิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึมมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น จึงต้องมีการทดสอบดูว่าพารามิเตอร์ตัวใด ที่จะมีผลทำให้สามารถหาค่าของคำตอบได้ดีที่สุด

ในการทดลอง จะนำเอาวิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึม ที่ได้มาทดลองใช้กับปัญหาตัวอย่างจำนวน 3 ปัญหาซึ่งเป็นปัญหาที่มีขนาดต่างๆกันทั้งปัญหาขนาดเล็กและปัญหาที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งจะมีความซับซ้อนมากขึ้นตามลำดับ เนื่องมาจากค่าของคำตอบที่ได้จะมีค่าแตกต่างกันไปตามการจัดเรียงลำดับของผลิตภัณฑ์และขนาดของปัญหานั้นๆด้วย โดยทั่วไปแล้วมักจะถือว่าปัญหาขนาดเล็กจะมีขนาดไม่เกิน 10 ผลิตภัณฑ์ และปัญหาที่มีขนาดมากกว่า 30 ผลิตภัณฑ์จะถือว่าเป็นปัญหาขนาดใหญ่

รายละเอียดและข้อกำหนดเบื้องต้นของปัญหาตัวอย่างที่ใช้แสดงไว้ในตารางที่ 7.1 และภาคผนวก ข

ตารางที่ 7.1 *ลักษณะของปัญหาตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง*

ปัญหาที่	จำนวนผลิตภัณฑ์	ลักษณะปัญหา	ลักษณะเครื่องจักร	ช่วงของเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร
1	10	Fuzzy dependence setup time	Single machine	สุ่มโดยคอมพิวเตอร์
2	20	Fuzzy dependence setup time	Single machine	สุ่มโดยคอมพิวเตอร์
3	30	Fuzzy dependence setup time	Single machine	สุ่มโดยคอมพิวเตอร์

จากการระบุปัญหาทำให้สามารถที่จะทราบลักษณะของปัญหา ที่จะนำเจนเนติกอัลกอริทึมมาประยุกต์ใช้มา ซึ่งจะนำไปสู่การเลือกตัวแปรตอบสนองและพารามิเตอร์ที่นำมาใช้ในการทดลองในขั้นตอนต่อไป

7.1.2 การเลือกตัวแปรตอบสนอง

เนื่องจากเป็นการทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยดูจากความสามารถในการหาคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นตัวแปรตอบสนองที่ใช้ ควรเป็นค่าวัตถุประสงค์เป้าหมาย (Objective Value) ของปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาปรับตั้งเครื่องจักรแบบฟัซซี่ซึ่งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้า ในที่นี้เป็นการจัดตารางการผลิตโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าของเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมที่น้อยที่สุด เนื่องมาจากปัญหาตัวอย่างมีลักษณะแบบฟัซซี่ ทำให้ไม่สามารถบอกได้แน่ชัดว่าเวลาในการทำงานแต่ละรอบการผลิต (Cyclic) ใช้เวลาเท่าใด การใช้เวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรจึงเป็นการบอกเวลาที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตคร่าวๆ เพื่อเปรียบเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรที่มีลำดับของการจัดตารางการผลิตที่ต่างหากได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ในกรณีที่ลำดับของการจัดตารางการผลิตไม่เหมือนกัน แต่มีเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรที่เท่ากัน จะใช้ช่วงเวลาในการปรับตั้ง

(Range) ของเครื่องจักรเป็นตัวช่วยพิจารณาการจัดตารางการผลิตที่ดีกว่า โดยช่วงเวลาในการปรับตั้งที่น้อยที่สุดเป็นคำตอบที่ดีที่สุด เหตุที่กำหนดให้ใช้ช่วงเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร เป็นค่าวัตถุประสงค์รองลงมาในกรณีของเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรเท่ากัน แต่ไม่ได้เป็นการจัดตารางการผลิตที่มีลำดับการผลิตเหมือนกันนั้นเนื่องมาจาก ส่วนมากช่วงเวลาในการปรับตั้งจะเป็นการบอกถึงความเบี่ยงเบนของเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรว่ามีความเบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ยเท่าใด เพราะฉะนั้นหากทำการจัดตารางการผลิตแล้วช่วงเวลาในการปรับตั้งที่ได้มีค่าน้อยก็ย่อมแสดงว่ามีโอกาสที่จะใช้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรใกล้เคียงกับเวลาเฉลี่ยมากกว่า หรือเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรจะมีความคาดเคลื่อนจากค่าเฉลี่ยน้อยกว่า หรืออีกนัยหนึ่งคือ สามารถระบุเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

แต่อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่ใช้ค่าของเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักร แล้วยังไม่สามารถวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ ก็จะเปลี่ยนตัวแปรตอบสนองเป็นลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบ แล้วทำวิเคราะห์เช่นเดียวกับที่ใช้เวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรเป็นค่าตอบสนองอีกครั้ง ทั้งนี้เนื่องจากว่าประสิทธิภาพของเจนเนติกอัลกอริทึมไม่ได้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการหาคำตอบเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ขึ้นอยู่กับความสามารถในการลู่เข้าหาคำตอบด้วย ในที่นี้จะพิจารณาความสามารถในการลู่เข้าหาคำตอบจากลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบที่ดีที่สุดซึ่งถูกใช้เป็นค่าตอบสนองในลำดับที่สองนั่นเอง

7.1.3 การเลือกปัจจัยและระดับของปัจจัย

ตามวิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึม ต้องมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์และวิธีการหลายๆอย่าง ซึ่งเป็นปัจจัยในการทดลอง คือ

1) **จำนวนประชากร (Population Size : *popsize*)** จำนวนประชากรคือ จำนวน คำตอบทั้งหมดที่มีอยู่ในแต่ละเจนเนอเรชัน เช่นถ้ากำหนดให้จำนวนประชากรเป็น 10 หมายความว่าในแต่ละเจนเนอเรชันจะมีคำตอบที่เป็นไปได้สำหรับปัญหาทั้งหมด 10 คำตอบ ซึ่งอาจจะเป็นคำตอบที่แตกต่างกันหรือคำตอบที่เหมือนกันก็ได้ การกำหนดประชากรน้อยเกินไปและการกำหนดประชากรเริ่มต้นที่มีคำตอบที่เหมือนกันมากๆอาจจะทำให้คำตอบติดอยู่ใน Local Optimum ได้ง่าย ในขณะเดียวกันการกำหนดประชากรมากเกินไปก็จะทำให้ต้องใช้เวลาในการหาคำตอบนาน ดังนั้นจึงต้องมีการทดสอบว่าจำนวนประชากรที่ใช้ควรเป็นเท่าใด

2) **จำนวนเจนเนอเรชัน (Generation : *Gen.*)** จำนวนเจนเนอเรชันคือจำนวนรอบทั้งหมดในการคำนวณหาค่าตอบสนอง 1 ค่า โดยที่ 1 เจนเนอเรชันคือการคำนวณตามอัลกอริทึมตั้งแต่เริ่มต้นจนจบ (ก่อนจะเริ่มวนขึ้นรอบใหม่) ครบ 1 รอบ (หรือ 1 เจนเนอเรชันก็คือ การวนรอบคำนวณซ้ำ 1 รอบนั่นเอง) การกำหนดเจนเนอเรชันที่น้อยเกินไปอาจทำให้ยังไม่ได้คำตอบที่ดีที่สุด ในขณะที่การกำหนดจำนวนเจนเนอเรชันมากเกินไปจะทำให้เสียเวลาในการคำนวณมากโดยไม่จำเป็น

3) **วิธีการคัดเลือกสตริง (Selection Method : *Stype*)** ในอัลกอริทึมที่ได้พัฒนาขึ้นเสนอวิธีการคัดเลือกสตริงไว้ 2 วิธีคือ วิธี Roulette Wheel Selection และวิธี Tournament Selection จึงต้องกำหนดให้เป็นปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง โดยมีระดับของปัจจัย 2 ระดับ

4) **วิธีการครอสโอเวอร์ (Crossover Method : *Ctype*)** ในอัลกอริทึมที่ได้พัฒนาขึ้นมา เสนอวิธีการครอสโอเวอร์เอาไว้ทั้งหมด 5 วิธีซึ่งวิธีการครอสโอเวอร์นี้ก็น่าที่จะเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการหาคำตอบ ดังนั้นจึงกำหนดให้วิธีการครอสโอเวอร์เป็นปัจจัยที่ใช้ในการทดลองอีกปัจจัยหนึ่ง โดยมีระดับปัจจัยทั้งหมด 5 ระดับตามวิธีแต่ละวิธี กล่าวคือ

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

5) **วิธีการมิวเตชัน (Mutation Method : *Mtype*)** ในอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นได้เสนอวิธีการมิวเตชัน 4 วิธี ซึ่งวิธีการมิวเตชั่นนี้น่าจะเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการหาคำตอบ จึงกำหนดให้เป็นปัจจัยที่ใช้ในการทดลองโดยมีระดับของปัจจัยทั้งสิ้น 4 ระดับ คือ

   - Inversion
   - Insertion
   - Displacement
   - Reciprocal Exchange

6) **ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (Crossover Probability: *Pc*)** ค่านี้สามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 0 –1.00 แต่การกำหนดให้ค่าความน่าจะเป็นในการครอส

โอเวอร์ให้มีค่ามาก จะทำให้ประสิทธิภาพของเจนเนติกอัลกอริทึมดีขึ้น (De Jong's,1975)

7) **ความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน (Mutation Probability: *Pm*)** ค่านี้สามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 0 –1.00 เช่นเดียวกับความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ แต่การกำหนดให้ความน่าจะเป็นในการมิวเตชันต่ำ จะทำให้ประสิทธิภาพของเจนเนติกอัลกอริทึมดีขึ้น (De Jong's,1975) แต่อย่างไรก็ตาม ในกรณีของปัญหา TSP การนำเอาเจนเนติกอัลกอริทึมแก้ปัญหาไม่ควรใช้ค่า Mutation ที่ต่ำจนเกินไป เนื่องจาก Mutation เป็น Operator ที่สำคัญในการหาคำตอบของปัญหา TSP

ปัจจัยต่างๆที่ได้กล่าวมาข้างต้น เป็นปัจจัยทั้งหมดที่น่าจะมีผลต่อประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดของเจนเนติกอัลกอริทึม ซึ่งในการเลือกค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจำเป็นที่จะต้องทดสอบว่าปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดของเจนเนติกอัลกอริทึม และควรจะเป็นระดับปัจจัยที่เท่าใด นอกจากปัจจัยต่างๆ เหล่านี้แล้ว ผลกระทบร่วมของปัจจัยต่างๆ ก็อาจจะมีผลต่อประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบที่ดีทีสุดของเจนเนติกอัลกอริทึมได้เช่นเดียวกัน

7.1.4 การพิจารณาผลกระทบร่วมกันของระดับปัจจัย

เนื่องจากปัจจัยที่พิจารณาในการทดลองมีมากกว่า 1 ปัจจัย ดังนั้นอาจเกิดผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย (Interaction) ขึ้นได้

ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย (Interaction) เกิดขึ้นเมื่อความแตกต่างระหว่างผลตอบ (Response) ที่หลายๆระดับของปัจจัยหนึ่งไม่เท่ากันที่ทุกระดับของอีกปัจจัยหนึ่ง (Montgomery, 1997) การเกิดผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย ชี้ให้เห็นถึงผลของปัจจัยหนึ่งที่มีต่ออีกปัจจัยหนึ่ง

ยกตัวอย่างเช่น ถ้าในการทดลองพบว่าจำนวนประชากรที่ทำให้ได้ค่า Response ดีที่สุดคือ จำนวนประชากรเท่ากับ 10 และพบว่าความน่าจะเป็นในการ ครอสโอเวอร์ที่เหมาะสมคือ 0.7 ในกรณีที่ไม่มีผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย จะสามารถสรุปได้ทันทีว่า ควรใช้จำนวนประชากรเป็น 10 และใช้ Pc เป็น 0.7 แต่ถ้ามีผลกระทบร่วมระหว่างทั้ง 2 ปัจจัยนี้ หมายความว่าถ้ากำหนดจำนวนประชากรเป็น 10 ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์อาจเป็น 0.7 หรือไม่ใช่ก็ได้ ในขณะเดียวกัน ถ้ากำหนดให้ Pc เป็น 0.7 แล้วจำนวนประชากรที่ทำให้ได้คำตอบที่ดีที่สุดก็อาจเป็น 10 หรือไม่ใช่ก็ได้เช่นกัน การพิจารณาผล

กระทบร่วมระหว่างปัจจัยเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างมากในการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่จะทำต่อไป

ผลกระทบที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งได้หลายระดับ คือ

1) 1^{st} Level Interaction คือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย 2 ปัจจัย เช่น จำนวนประชากร*วิธีการครอสโอเวอร์ หรือ วิธีการครอสโอเวอร์*Pc
2) 2^{nd} Level Interaction คือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย 3 ปัจจัย เช่น วิธีการครอสโอเวอร์*Pc*Pm
3) 3^{rd} Level คือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย เช่น จำนวนประชากร*วิธีการคัดเลือกสตริงคำตอบ*วิธีการครอสโอเวอร์*วิธีการมิวเตชัน

นอกจากนี้ ในการทดลองสำหรับงานวิจัยนี้สามารถเกิดผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยได้ถึงระดับที่ 5 แต่ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยในระดับสูงๆ (ปัจจัยในระดับที่ 2-5) ไม่ค่อยนิยมนำมาพิจารณา (Montgomery, 1997) เนื่องจากผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยที่ระดับสูงๆ มักจะไม่ค่อยมีผลต่อค่าตอบสนองมากนัก ดังนั้นในการทดลองนี้จึงพิจารณาเฉพาะผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยในระดับที่หนึ่งเท่านั้น ซึ่งได้แก่

- ผลกระทบร่วมระหว่าง จำนวนประชากร กับ วิธีการคัดเลือกสตริงคำตอบ
- ผลกระทบร่วมระหว่าง จำนวนประชากร กับ วิธีการครอสโอเวอร์
- ผลกระทบร่วมระหว่าง จำนวนประชากร กับ วิธีการมิวเตชัน
- ผลกระทบร่วมระหว่าง จำนวนประชากร กับ ความน่าจะเป็นในการ ครอสโอเวอร์
- ผลกระทบร่วมระหว่าง จำนวนประชากร กับ ความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน
- ผลกระทบร่วมระหว่าง วิธีการคัดเลือกสตริงคำตอบ กับ วิธีการครอสโอเวอร์
- ผลกระทบร่วมระหว่าง วิธีการคัดเลือกสตริงคำตอบ กับ วิธีการมิวเตชัน
- ผลกระทบร่วมระหว่าง วิธีการคัดเลือกสตริงคำตอบ กับ ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์
- ผลกระทบร่วมระหว่าง วิธีการคัดเลือกสตริงคำตอบ กับ ความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน
- ผลกระทบร่วมระหว่าง วิธีการครอสโอเวอร์ กับ วิธีการมิวเตชัน
- ผลกระทบร่วมระหว่าง วิธีการครอสโอเวอร์ กับ ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์
- ผลกระทบร่วมระหว่าง วิธีการครอสโอเวอร์ กับ ความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน
- ผลกระทบร่วมระหว่าง วิธีการมิวเตชัน กับ ความน่าจะเป็นในการ ครอสโอเวอร์

- ผลกระทบร่วมระหว่าง วิธีการมิวเตชัน กับ ความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน
- ผลกระทบร่วมระหว่าง ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ กับ ความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน

7.2 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง

เมื่อทำการระบุปัญหา เลือกปัจจัยและระดับปัจจัย พร้อมทั้งกำหนดการพิจารณาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย ขั้นตอนต่อไปจึงเป็นขั้นตอนของการออกแบบการทดลอง ซึ่งขั้นตอนของการออกแบบการทดลองสามารถทำได้ดังต่อไปนี้

7.2.1 การกำหนดจำนวนข้อมูลที่ต้องการจากการทดลองแต่ละระดับปัจจัย

การทดลองในแต่ละระดับปัจจัย (Treatment Combination) ต้องการข้อมูลซึ่งได้แก่ ค่าวัตถุประสงค์ของคำตอบ หรือเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวม นอกจากนี้ยังต้องการเก็บลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบ โดยจะเก็บไปพร้อมๆกับการเก็บค่าของเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวม ดังนั้นในการเก็บข้อมูลของแต่ละการทดลอง ในแต่ละระดับปัจจัยจึงต้องทำการเก็บ 2 ค่า คือ ค่าของเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวม และลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบ

7.2.2 การกำหนดรูปแบบการทดลอง

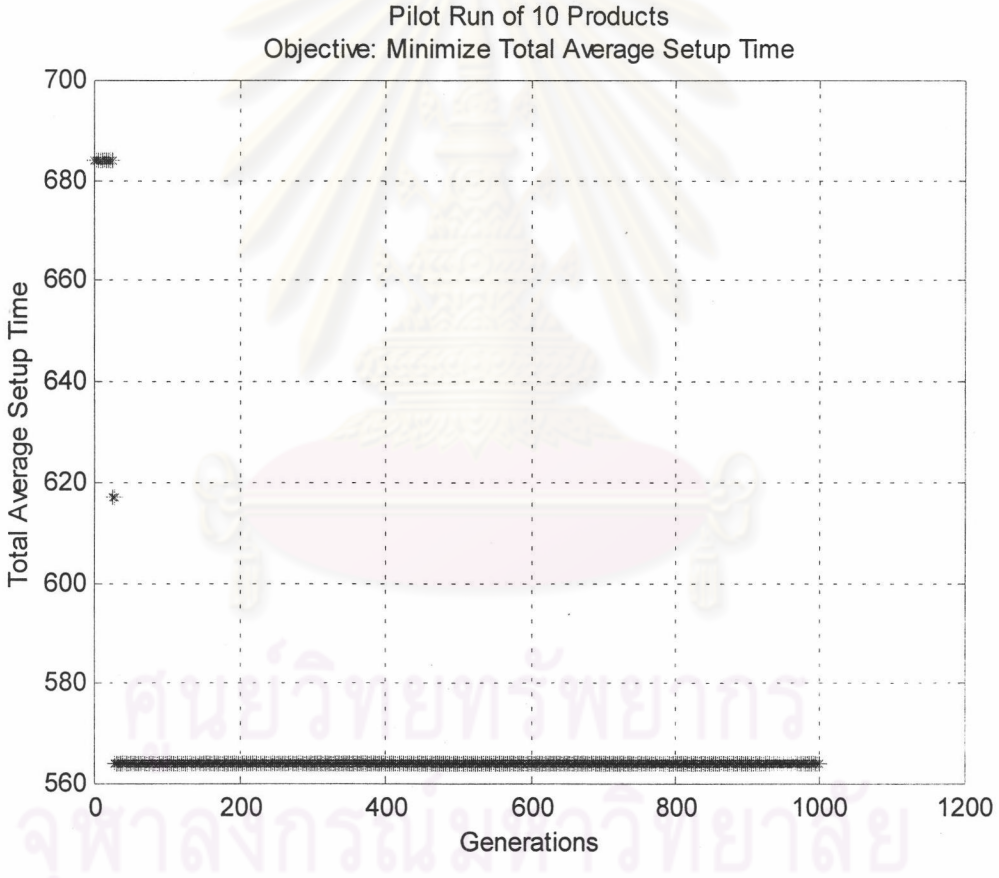
เนื่องจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึมมีความไวต่อพารามิเตอร์ที่ใช้มาก อีกทั้งพารามิเตอร์ที่ใช้ก็มีจำนวนมาก หากทำการทดลองทดลองทุกพารามิเตอร์ที่ทุกระดับปัจจัยจะทำให้เสียเวลาในการทดลองมาก ดังนั้นจึงกำหนดรูปแบบของการทำการทดลองโดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ การทำ Pilot Run การทดสอบทีละระดับปัจจัย (One-Factor-at-a-Time) และการทดสอบทุกระดับปัจจัย (Full Factorial Design)

7.2.2.1 การทำ Pilot Run

การทำ Pilot Run คือการหาจำนวนในการรันโปรแกรมที่เหมาะสมสำหรับปัญหาต่างๆอย่างคร่าวๆ โดยการรันโปรแกรมจะใช้จำนวนในการรันโปรแกรมมากๆ แล้วพิจารณาจากค่าวัตถุประสงค์ว่าเริ่มคงที่เมื่อใด จากนั้นจึงกำหนดจำนวนในการ

รันโปรแกรมที่เหมาะสมจากจำนวนของการรันโปรแกรมที่ทำให้ค่าวัตถุประสงค์คงที่ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับประสบการณ์และวิจารณญาณของผู้กำหนดด้วย

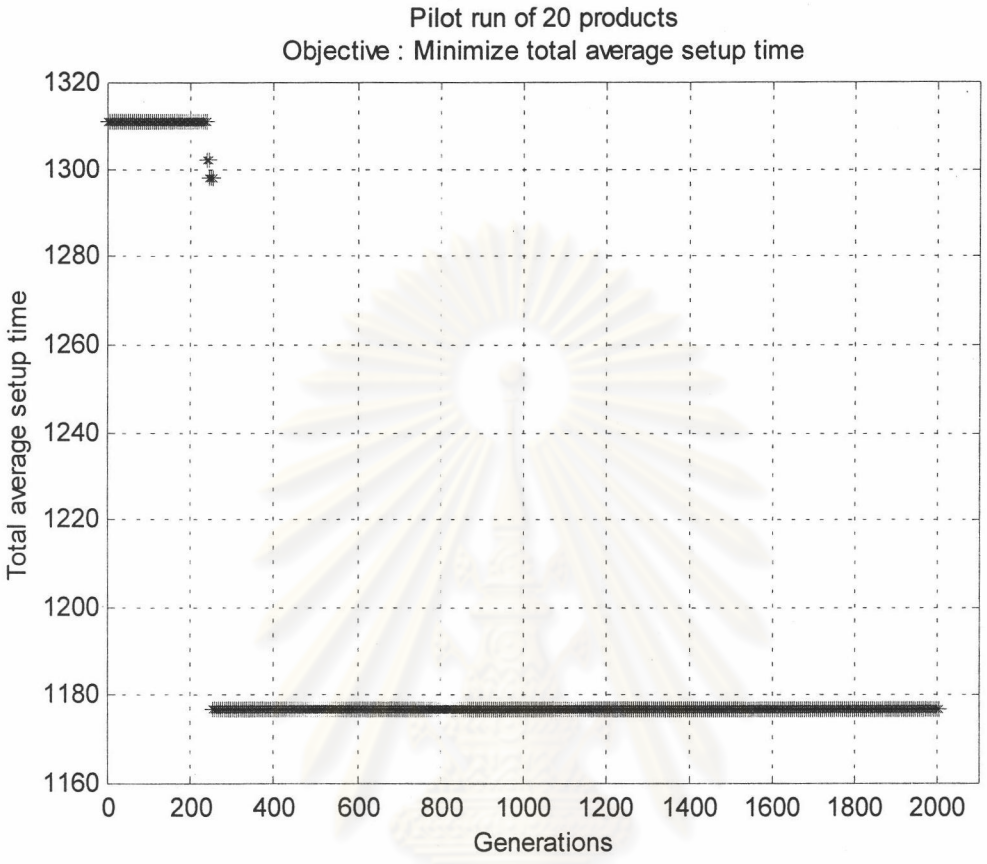
ในการทดลองนี้ จึงได้นำการทำ Pilot Run เพื่อมากำหนดจำนวนเจนเนอเรชันที่เหมาะสมในการทำการทดลอง โดยเมื่อทราบระดับของปัจจัยในแต่ละปัจจัยแล้ว จะทำการเลือกพารามิเตอร์โดยการสุ่มมาทำ Pilot Run โดยให้จำนวนของเจนเนอเรชันในการทำ Pilot Run ของปัญหาผลิตภัณฑ์ 10 20 และ 30 ผลิตภัณฑ์ มีจำนวนเจนเนอเรชันเท่ากับ 1,000 2,000 และ 3,000 เจนเนอเรชันตามลำดับ แล้วดูว่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมที่ต่ำที่สุดเริ่มคงที่ที่เจนเนอเรชันเท่าใด ผลของการทำ Pilot Run จะสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7.1-7.3



รูปที่ 7.1 *แสดงผลการทำ Pilot Run สำหรับผลิตภัณฑ์ 10 ผลิตภัณฑ์*

จากรูปที่ 7.1 จะได้ว่าค่าเวลาเฉลี่ยของการปรับตั้งเครื่องจักรรวมที่มีค่าน้อยที่สุดที่เจนเนอเรชันที่ 23 แต่อย่างไรก็ตามได้เผื่อจำนวนเจนเนอเรชันสูงสุดในการหาคำตอบเป็น 300 เจนเนอเรชัน

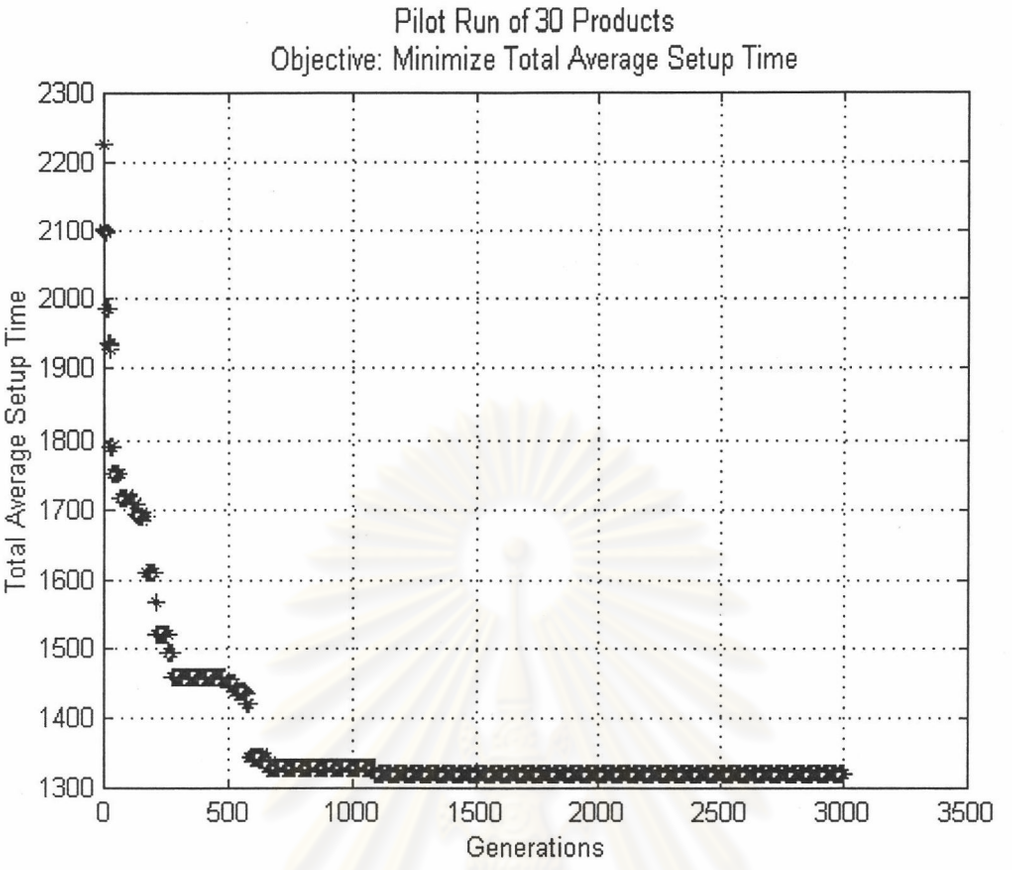
และเมื่อพิจารณาการทำ Pilot Run ของปัญหาตัวอย่าง 20 ผลิตภัณฑ์ ดังรูปที่ 7.2 จะพบว่า



รูปที่ 7.2 *แสดงผลการทำ Pilot Run สำหรับผลิตภัณฑ์ 20 ผลิตภัณฑ์*

จากรูปที่ 7.2 จะได้ว่าค่าเวลาเฉลี่ยของการปรับตั้งเครื่องจักรรวมที่มีค่าน้อยที่สุดที่เจนเนอเรชันที่ 238 แต่อย่างไรก็ตามได้เผื่อจำนวนเจนเนอเรชันสูงสุดในการหาคำตอบเป็น 500 เจนเนอเรชัน

และเมื่อพิจารณาการทำ Pilot Run ของปัญหาตัวอย่าง 30 ผลิตภัณฑ์ ดังรูปที่ 7.3 จะพบว่า



รูปที่ 7.3 แสดงผลการทำ Pilot Run สำหรับผลิตภัณฑ์ 30 ผลิตภัณฑ์

สำหรับรูปที่ 7.3 จะได้ว่าค่าเวลาเฉลี่ยของการปรับตั้งเครื่องจักรรวมที่มีค่าเริ่มคงที่และมีค่าน้อยที่สุดที่เจนเนอเรชันที่ 1137 แต่เนื่องจากค่าที่ได้นี้มีค่าใกล้เคียงกับค่าเวลาเฉลี่ยของการปรับตั้งเครื่องจักรรวมซึ่งคงที่ที่เจนเนอเรชัน 614 จากข้อจำกัดด้านเวลาและค่าทั้งสองนี้ไม่แตกต่างกันมากนัก ดังนั้นจึงใช้จำนวนเจนเนอเรชันสูงสุดในการหาคำตอบเป็น 1000 เจนเนอเรชัน

ในการทดลองแต่ละปัญหา สามารถกำหนดค่าจำนวนเจนเนอเรชันซึ่งเป็นพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึม จากการทำ Pilot Run ของผลิตภัณฑ์ 10 20 และ 30 ผลิตภัณฑ์ ได้ที่จำนวนเจนเนอเรชัน 300 500 และ 1,000 ตามลำดับ ทำให้พารามิเตอร์ตัวนี้ไม่ต้องนำมาพิจารณา เพราะมีเพียงระดับปัจจัยเดียว

7.2.2.2 การทดสอบทีละระดับปัจจัย

เนื่องจากพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึมมีหลายตัว ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ พารามิเตอร์ที่มีระดับของปัจจัยไม่คงที่และพารามิเตอร์ที่มีระดับ

ของปัจจัยคงที่ ในพารามิเตอร์ที่มีระดับของปัจจัยไม่คงที่นั้นก็จะประกอบไปด้วย จำนวนประชากร จำนวนเจนเนอเรชัน ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน ในการหาระดับของจำนวนเจนเนอเรชันสามารถหาได้จากการทำ Pilot Run จากหัวข้อที่แล้ว ส่วนพารามิเตอร์ที่เหลืออีก 3 ตัวนั้น มีจำนวนของระดับปัจจัยมากมาย การที่จะนำระดับปัจจัยทุกระดับปัจจัยมาใช้ในการทดสอบทุกระดับปัจจัย (Full Factorial Design) จะเป็นไปได้ยากและใช้เวลานาน ดังนั้นจึงได้นำเอาวิธีการทดสอบทีละระดับปัจจัย (One-Factor-at-a-Time) มาช่วยในการพิจารณาเลือกระดับของปัจจัยดังกล่าว

การทำการทดลอง One-Factor-at-a-Time (Montgomery, 1997) คือการปรับระดับของปัจจัยทีละปัจจัยโดยคงค่าของระดับของปัจจัยอื่นๆไว้ เพื่อดูผลกระทบของแต่ละปัจจัยและเป็นการคัดเลือกปัจจัยอย่างคร่าวๆ ซึ่งจะทำ One-Factor-at-a-Time 3 ปัจจัยคือ

1) จำนวนของประชากร
2) ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์
3) ความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน

โดยในปัจจัยทั้ง 3 นี้จะทำการกำหนดค่าของพารามิเตอร์ตัวที่ไม่ได้พิจารณาจากการสุ่ม แล้วจึงเปลี่ยนปัจจัยที่สนใจทีละระดับ แล้วนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และความแตกต่างของระดับของปัจจัย (Fisher's Least Significant Difference) เพื่อหาระดับที่เหมาะสมในการนำไปทดลอง Full Factorial Design โดยพิจารณาจากค่าของวัตถุประสงค์ ซึ่งในที่นี้คือ เวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักร ยกตัวอย่างเช่น การหาจำนวนของประชากร ก็จะทำการสุ่มพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึมตัวอื่นที่ไม่ใช่จำนวนประชากร แล้วใช้ค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ตลอดการทำ One-Factor-at-a-Time ของการหาจำนวนประชากรในปัญหานั้นๆ จากนั้นทำการเปลี่ยนค่าของจำนวนประชากรไปเรื่อยๆ แล้วนำเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมไปวิเคราะห์เพื่อหาระดับของจำนวนประชากรที่เหมาะสม

ในการทำ One-Factor-at-a-Time จะสามารถแบ่งการทดลองออกเป็น 9 การทดลอง คือ

1) การทดลองหาจำนวนประชากรที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ 10 ผลิตภัณฑ์ โดยจะใช้ ระดับของจำนวนประชากร 5 ระดับ คือ 10 15 20 25 และ 30 และทำการทดลองจำนวน 4 ซ้ำ รวมทำการทดลอง 5x4= 20 ข้อมูล
2) การทดลองหาจำนวนประชากรที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ 20 ผลิตภัณฑ์ โดยจะใช้ ระดับของจำนวนประชากร 5 ระดับ คือ 10 20 30 40 และ 50 และทำการทดลองจำนวน 4 ซ้ำ รวมทำการทดลอง 5x4= 20 ข้อมูล
3) การทดลองหาจำนวนประชากรที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ 30 ผลิตภัณฑ์ โดยจะใช้ ระดับของจำนวนประชากร 5 ระดับ คือ 10 20 30 40 และ 50 และทำการทดลองจำนวน 4 ซ้ำ รวมทำการทดลอง 5x4= 20 ข้อมูล
4) การทดลองหาความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ 10 ผลิตภัณฑ์ โดยจะใช้ ระดับของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ 10 ระดับ คือ 0.1-1.0 และทำการทดลองจำนวน 4 ซ้ำ รวมทำการทดลอง 5x4= 20 ข้อมูล
5) การทดลองหาความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ 20 ผลิตภัณฑ์ โดยจะใช้ ระดับของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ 10 ระดับ คือ 0.1-1.0 และทำการทดลองจำนวน 4 ซ้ำ รวมทำการทดลอง 5x4= 20 ข้อมูล
6) การทดลองหาความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ 30 ผลิตภัณฑ์ โดยจะใช้ ระดับของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ 10 ระดับ คือ 0.1-1.0 และทำการทดลองจำนวน 4 ซ้ำ รวมทำการทดลอง 5x4= 20 ข้อมูล
7) การทดลองหาความน่าจะเป็นในมิวเตชันที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ 10 ผลิตภัณฑ์ โดยจะใช้ ระดับของความน่าจะเป็นในมิวเตชัน 10 ระดับ คือ 0.1-1.0 และทำการทดลองจำนวน 4 ซ้ำ รวมทำการทดลอง 5x4= 20 ข้อมูล
8) การทดลองหาความน่าจะเป็นในมิวเตชันที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ 20 ผลิตภัณฑ์ โดยจะใช้ ระดับของความน่าจะเป็นในมิวเตชัน 10 ระดับ คือ 0.1-1.0 และทำการทดลองจำนวน 4 ซ้ำ รวมทำการทดลอง 5x4= 20 ข้อมูล
9) การทดลองหาความน่าจะเป็นในมิวเตชันที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ 30 ผลิตภัณฑ์ โดยจะใช้ ระดับของความน่าจะเป็นในมิวเตชัน 10 ระดับ คือ 0.1-1.0 และทำการทดลองจำนวน 4 ซ้ำ รวมทำการทดลอง 5x4= 20 ข้อมูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากผลการทดลองและผลการวิเคราะห์ระดับของปัจจัยโดยวิธี One-Factor-at-a-Time (ดูรายละเอียดของผลการทดลองและผลการวิเคราะห์ได้จากภาคผนวก ง และ จ ตามลำดับ) จะสามารถแยกความแตกต่างของระดับปัจจัยต่างๆ เพื่อหาระดับที่เหมาะสมในการนำไปทดลอง Full Factorial Design ได้ดังนี้

1) ปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 10 ผลิตภัณฑ์

ในปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 10 ผลิตภัณฑ์ มีการหาระดับของปัจจัย 3 ปัจจัยโดยวิธี One-Factor-at-a-Time คือ

1.1) จำนวนประชากร

จำนวนประชากรสำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 10 ผลิตภัณฑ์ จะมีการออกแบบการทดลองโดยการสุ่มระดับของปัจจัยตัวอื่น ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้จะปรากฏในตารางที่ ง.1 (ภาคผนวก ง) เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปทำการวิเคราะห์ ANOVA ดังตารางที่ 7.2 จะพบว่า

ตารางที่ 7.2 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของระดับจำนวนประชากร จากการทดลอง One-Factor-at-a-Time สำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 10 ผลิตภัณฑ์*

Analysis of Variance for Time

Source	DF	SS	MS	F	P
Pop size	**4**	**766.0**	**191.5**	**11.22**	**0.000**
Error	15	256.0	17.1		
Total	19	1022.0			

จากตารางที่ 7.2 ระดับปัจจัยของจำนวนประชากรจะมีผลต่อเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.95 และเมื่อนำไปหาความแตกต่างระหว่างระดับของปัจจัยด้วยวิธี Fisher's Least Significant Difference (LSD) ในภาคผนวก จ จะพบว่าระดับปัจจัยของจำนวนประชากรสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ (10) (15) และ (20 25 30) (ระดับของปัจจัยที่อยู่ในวงเล็บเดียวกันถือว่าเป็นกลุ่มเดียวกัน)

ในระดับปัจจัยของจำนวนประชากรกลุ่มสุดท้าย (20 25 30) จะมีระดับปัจจัยอยู่ 3 ระดับ ซึ่งถือว่าระดับปัจจัยของจำนวนประชากรภายในกลุ่มเดียวกันจะไม่มีความแตกต่างกันระหว่างระดับปัจจัยภายในกลุ่ม

เดียวกัน ดังนั้นจึงต้องเลือกระดับใดระดับหนึ่งเพื่อมาเป็นตัวแทนของกลุ่มในการนำไปทำการทดลอง Full Factorial Design ซึ่งในกลุ่มระดับปัจจัยของจำนวนประชากร (20 25 30) ได้เลือกระดับปัจจัยของจำนวนประชากรเท่ากับ 20 เพื่อนำไปทำการทดลอง Full Factorial Design เนื่องจากมีค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งโดยเฉลี่ยต่ำคือ 530.25 และจำนวนของประชากรที่น้อยจะทำให้ใช้เวลาในการค้นหาคำตอบที่สั้นกว่าจำนวนของประชากรที่มาก

ดังนั้นในการทดลอง One-Factor-at-a-Time ของจำนวนประชากรสำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 10 ผลิตภัณฑ์นี้ จะได้ระดับปัจจัยของจำนวนประชากรในการนำไปทำการทดลอง Full Factorial Design 3 ระดับคือ 10 15 และ 20

1.2) ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์

สำหรับความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ในปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 10 ผลิตภัณฑ์ จะมีการออกแบบการทดลองโดยการสุ่มระดับของปัจจัยตัวอื่น ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้จะปรากฏในตารางที่ ง.2 เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปทำการวิเคราะห์ ANOVA ดังในตารางที่ 7.3 จะพบว่า

ตารางที่ 7.3 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของระดับค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ จากการทดลอง One-Factor-at-a-Time สำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 10 ผลิตภัณฑ์*

Analysis of Variance for Time

Source	DF	SS	MS	F	P
Pc	**9**	**1664.2**	**184.9**	**4.52**	**0.001**
Error	30	1226.8	40.9		
Total	39	2891.0			

จากตารางที่ 7.3 ระดับปัจจัยของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์จะมีผลต่อเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.95 และเมื่อนำไปหาความแตกต่างระหว่างระดับของปัจจัยด้วยวิธี LSD จะพบว่าระดับปัจจัยของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ (0.2 0.3 0.5 0.7) (0.8) และ (0.9) ส่วน 0.1 0.4 0.6 และ 1.0 อยู่ระหว่าง (0.2 0.3 0.5 0.7) กับ (0.8)

ในกลุ่มของระดับปัจจัยของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (0.2 0.3 0.5 0.7) ถือว่าระดับปัจจัยของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ภายในกลุ่มเดียวกันจะไม่มีความแตกต่างกันระหว่างระดับปัจจัยภายในกลุ่มเดียวกัน ดังนั้นจึงต้องเลือกระดับใดระดับหนึ่งเพื่อมาเป็นตัวแทนของกลุ่มในการนำไปทำการทดลอง Full Factorial Design ต่อไป

จากการวิจัยของ De Jong's (1975) การกำหนดให้ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์สูง จะทำให้ประสิทธิภาพของเจนเนติกอัลกอริทึมดีขึ้น นอกจากนี้ระดับปัจจัยของค่าของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่ 0.7 ยังให้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งโดยเฉลี่ยต่ำเท่ากับ 552.00 จึงเลือกระดับปัจจัยของค่าของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่ 0.7 เป็นตัวแทนของกลุ่มระดับปัจจัยของค่าของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (0.2 0.3 0.5 0.7)

ดังนั้นในการทดลอง One-Factor-at-a-Time ของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์สำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 10 ผลิตภัณฑ์จึงเลือกความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่ระดับ 0.7 0.8 และ 0.9 เพื่อนำไปทำการทดลอง Full Factorial Design

1.3) ความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน

สำหรับความน่าจะเป็นในการมิวเตชันในปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 10 ผลิตภัณฑ์ จะมีการออกแบบการทดลองโดยการสุ่มระดับของปัจจัยตัวอื่น ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้จะปรากฏในตารางที่ ง.3 เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปทำการวิเคราะห์ ANOVA ดังในตารางที่ 7.4 จะพบว่า

ตารางที่ 7.4 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของระดับค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน จากการทดลอง One-Factor-at-a-Time สำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 10 ผลิตภัณฑ์*

Analysis of Variance for Time

Source	DF	SS	MS	F	P
Pm	**9**	**3270.9**	**363.4**	**10.41**	**0.000**
Error	30	1047.5	34.9		
Total	39	4318.4			

จากตารางที่ 7.4 ระดับปัจจัยของความน่าจะเป็นในการมิวเตชันจะมีผลต่อเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.95 และเมื่อนำไปหาความแตกต่างระหว่างระดับของปัจจัยด้วยวิธี LSD จะพบว่าระดับปัจจัยของความน่าจะเป็นในการมิวเตชันสามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ (0.1) (0.2) (0.3 0.9 1.0) และ (0.4 0.5 0.7) ส่วน 0.6 และ 0.8 อยู่ระหว่าง 0.3 กับ 0.4

ซึ่งจะเห็นได้ว่ากลุ่มระดับปัจจัย ของความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน (0.3 0.9 1.0) และ (0.4 0.5 0.7) ถือได้ว่าระดับปัจจัยของค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชันภายในกลุ่มเดียวกันจะไม่มีความแตกต่างกันระหว่างระดับปัจจัยภายในกลุ่มเดียวกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชันกลุ่มละ 1 ค่า เพื่อนำมาเป็นตัวแทนในการนำไปทดลอง Full Factorial Design

จากการวิจัยของ De Jong's (1975) การกำหนดให้ความน่าจะเป็นของการมิวเตชันมีค่าต่ำ จะทำให้ประสิทธิภาพของเจนเนติกอัลกอริทึมดีขึ้น นอกจากนี้ระดับปัจจัยของค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชันที่ระดับ 0.3 และ 0.4 ยังให้ค่าเฉลี่ยในการปรับตั้งโดยเฉลี่ยต่ำกว่าระดับปัจจัยของค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชันอื่นๆภายในกลุ่มเดียวกัน โดยจะมีเฉลี่ยในการปรับตั้งโดยเฉลี่ยเท่ากับ 542.50 และ 532.25 ตามลำดับ จึงเลือกระดับปัจจัยของค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชันที่ระดับ 0.3 และ 0.4 เป็นตัวแทนของกลุ่มระดับปัจจัยของความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน (0.3 0.9 1.0) และ (0.4 0.5 0.7) ตามลำดับ

ดังนั้นในการทดลอง One-Factor-at-a-Time ของความน่าจะเป็นในการมิวเตชันสำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 10 ผลิตภัณฑ์ เพื่อเลือกระดับปัจจัยที่เหมาะสมไปทำการทดลอง Full Factorial Design จึงเลือกระดับของความน่าจะเป็นในการมิวเตชันที่เหมาะที่ระดับ 0.1 0.2 0.3 และ 0.4

2) ปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 20 ผลิตภัณฑ์

สำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 20 ผลิตภัณฑ์ มีการหาระดับของปัจจัย 3 ปัจจัยโดยวิธี One-Factor-at-a-Time คือ

2.1) จำนวนประชากร

จำนวนประชากรสำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 20 ผลิตภัณฑ์ จะมีการออกแบบการทดลองโดยการสุ่มระดับของปัจจัยตัวอื่น ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้จะปรากฏในตารางที่ ง.4 เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปทำการวิเคราะห์ ANOVA ดังตารางที่ 7.5 จะพบว่า

ตารางที่ 7.5 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของระดับจำนวนประชากร จากการทดลอง One-Factor-at-a-Time สำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 20 ผลิตภัณฑ์*

Analysis of Variance for Time

Source	DF	SS	MS	F	P
Pop size	**4**	**13604**	**3401**	**11.30**	**0.000**
Error	15	4516	301		
Total	19	18120			

จากตารางที่ 7.5 ระดับปัจจัยของจำนวนประชากรจะมีผลต่อเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.95 และเมื่อนำไปหาความแตกต่างระหว่างระดับของปัจจัยด้วยวิธี LSD จะพบว่าระดับปัจจัยของจำนวนประชากรสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ (10) (20) และ (30 40 50)

ในกลุ่มระดับปัจจัยของจำนวนประชากร (30 40 50) ถือได้ว่าระดับปัจจัยของจำนวนประชากรภายในกลุ่มเดียวกัน จะไม่มีความแตกต่างกันระหว่างระดับปัจจัยภายในกลุ่มเดียวกัน ดังนั้นจึงต้องเลือกระดับใดระดับหนึ่งเพื่อมาเป็นตัวแทนของกลุ่มในการนำไปทำการทดลอง Full Factorial Design ต่อไป

เนื่องจากที่ระดับปัจจัยของจำนวนประชากรเท่ากับ 30 จะมีค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งโดยเฉลี่ยต่ำกว่าระดับปัจจัยอื่นภายในกลุ่มเดียวกัน โดยมีค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งโดยเฉลี่ยเท่ากับ 929.3 และจำนวนของประชากรที่น้อยจะทำให้ใช้เวลาในการค้นหาคำตอบที่สั้นกว่าจำนวนของประชากรที่มาก จึงเลือกระดับของจำนวนประชากรเท่ากับ 30 เป็นตัวแทนของกลุ่มระดับของประชากร (30 40 50)

ดังนั้นในการทดลอง One-Factor-at-a-Time ของจำนวนประชากรสำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 20 ผลิตภัณฑ์นี้ จะได้ระดับ

ปัจจัยของจำนวนประชากรในการนำไปทำการทดลอง Full Factorial Design 3 ระดับคือ 10 20 และ 30

2.2) ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์

สำหรับความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ในปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 20 ผลิตภัณฑ์ จะมีการออกแบบการทดลองโดยการสุ่มระดับของปัจจัยตัวอื่น ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้จะปรากฏในตารางที่ ง.5 เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปทำการวิเคราะห์ ANOVA ดังตารางที่ 7.6 จะพบว่า

ตารางที่ 7.6 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของระดับค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ จากการทดลอง One-Factor-at-a-Time สำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 20 ผลิตภัณฑ์*

Analysis of Variance for Time

Source	DF	SS	MS	F	P
Pc	**9**	**17889**	**1988**	**8.46**	**0.000**
Error	30	7048	235		
Total	39	24937			

จากตารางที่ 7.6 ระดับปัจจัยของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์จะมีผลต่อเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.95 และเมื่อนำไปหาความแตกต่างระหว่างระดับของปัจจัยด้วยวิธี LSD จะพบว่าระดับปัจจัยของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ (0.3 0.7) (0.8) และ (0.5 0.6 0.9 1.0) ส่วน 0.1 0.4 อยู่ระหว่าง (0.3 0.7) กับ (0.8) และ 0.2 อยู่ระหว่าง (0.8) กับ (0.5 0.6 0.9 1.0)

ในกลุ่มระดับปัจจัยของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (0.3 0.7) และ (0.5 0.6 0.9 1.0) ถือว่าระดับปัจจัยของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ภายในกลุ่มเดียวกัน จะไม่มีความแตกต่างกันระหว่างระดับปัจจัยภายในกลุ่มเดียวกัน ดังนั้นจึงต้องเลือกระดับใดระดับหนึ่งเพื่อมาเป็นตัวแทนของกลุ่มในการนำไปทำการทดลอง Full Factorial Design

เนื่องจากการกำหนดให้ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์สูงจะทำให้ประสิทธิภาพของเจนเนติกอัลกอริทึมดีขึ้น และระดับปัจจัยของ

ค่าของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่ 0.7 และ 0.9 ยังให้ค่าเฉลี่ยในการปรับตั้งโดยเฉลี่ยต่ำ เมื่อเทียบกับระดับปัจจัยอื่นภายในกลุ่มเดียวกัน โดยให้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งโดยเฉลี่ยเท่ากับ 948.50 และ 892.50 ตามลำดับ จึงเลือกความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่ระดับ 0.7 และ 0.9 เป็นตัวแทนกลุ่มระดับปัจจัยของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (0.3 0.7) และ (0.5 0.6 0.9 1.0) ตามลำดับ

ดังนั้นในการทดลอง One-Factor-at-a-Time ของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์สำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 20 ผลิตภัณฑ์จึงเลือกความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่ระดับ 0.7 0.8 และ 0.9 เพื่อนำไปทำการทดลอง Full Factorial Design

2.3) ความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน

สำหรับความน่าจะเป็นในการมิวเตชันในปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 20 ผลิตภัณฑ์ จะมีการออกแบบการทดลองโดยการสุ่มระดับของปัจจัยตัวอื่น ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้จะปรากฏในตารางที่ ง.6 เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปทำการวิเคราะห์ ANOVA ดังตารางที่ 7.7 จะพบว่า

ตารางที่ 7.7 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของระดับค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน จากการทดลอง One-Factor-at-a-Time สำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 20 ผลิตภัณฑ์

Analysis of Variance for Time

Source	DF	SS	MS	F	P
Pm	**9**	**19813.5**	**2201.5**	**24.40**	**0.000**
Error	30	2706.2	90.2		
Total	39	22519.8			

จากตารางที่ 7.7 ระดับปัจจัยของความน่าจะเป็นในการมิวเตชันจะมีผลต่อเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.95 และเมื่อนำไปหาความแตกต่างระหว่างระดับของปัจจัยด้วยวิธี LSD จะพบว่าระดับปัจจัยของความน่าจะเป็นในการมิวเตชันสามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ (0.1 0.8) (0.2 0.9) (0.3 0.7 1.0) และ (0.4 0.6) ส่วน 0.5 จะอยู่ระหว่าง (0.3 0.7 1.0) กับ (0.4 0.6)

ในกลุ่มระดับปัจจัยของความน่าจะเป็นในการมิวเตชันทั้ง 4 กลุ่มนี้ ถือว่าระดับปัจจัยของค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชันภายในกลุ่มเดียวกัน จะไม่มีความแตกต่างกันระหว่างระดับปัจจัยภายในกลุ่มเดียวกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชันกลุ่มละ 1 ค่า เพื่อนำมาเป็นตัวแทนในการนำไปทดลอง Full Factorial Design

เนื่องจากการกำหนดให้ความน่าจะเป็นของการมิวเตชันมีค่าต่ำจะทำให้ประสิทธิภาพของเจนเนติกอัลกอริทึมดีขึ้น นอกจากนี้ระดับปัจจัยของค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชันที่ระดับ 0.1 0.2 0.3 และ 0.4 ยังให้ค่าเฉลี่ยในการปรับตั้งโดยเฉลี่ยต่ำกว่าระดับปัจจัยของค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชันอื่นๆภายในกลุ่มเดียวกัน โดยจะมีเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งโดยเฉลี่ยเท่ากับ 967.75 940.50 922.75 และ 906.50 ตามลำดับ

ดังนั้นในการทดลอง One-Factor-at-a-Time ของความน่าจะเป็นในการมิวเตชันสำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 20 ผลิตภัณฑ์ เพื่อเลือกระดับปัจจัยที่เหมาะสมไปทำการทดลอง Full Factorial Design จึงเลือกระดับของความน่าจะเป็นในการมิวเตชันที่เหมาะที่ระดับ 0.1 0.2 0.3 และ 0.4 ตามลำดับ

3) ปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 30 ผลิตภัณฑ์

สำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 30 ผลิตภัณฑ์ มีการหาระดับของปัจจัย 3 ปัจจัยโดยวิธี One-Factor-at-a-Time คือ

3.1) จำนวนประชากร

จำนวนประชากรสำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 30 ผลิตภัณฑ์ จะมีการออกแบบการทดลองโดยการสุ่มระดับของปัจจัยตัวอื่น ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้จะปรากฏในตารางที่ ง.7 เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปทำการวิเคราะห์ ANOVA ดังตารางที่ 7.8 จะพบว่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.8 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของระดับจำนวนประชากร จากการทดลอง One-Factor-at-a-Time สำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 30 ผลิตภัณฑ์

Analysis of Variance for Time

Source	DF	SS	MS	F	P
Pop size	**4**	**14357**	**3589**	**8.63**	**0.001**
Error	15	6242	416		
Total	19	20598			

จากตารางที่ 7.8 ระดับปัจจัยของจำนวนประชากรจะมีผลต่อเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.95 และเมื่อนำไปหาความแตกต่างระหว่างระดับของปัจจัยด้วยวิธี LSD จะพบว่าระดับปัจจัยของจำนวนประชากรสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ (10) (20) และ (30 40 50)

ในกลุ่มของระดับปัจจัยของจำนวนประชากร (30 40 50) จะถือได้ว่าระดับปัจจัยของจำนวนประชากรภายในกลุ่มเดียวกัน จะไม่มีความแตกต่างกันระหว่างระดับปัจจัยภายในกลุ่มเดียวกัน ดังนั้นจึงต้องเลือกระดับใดระดับหนึ่งเพื่อมาเป็นตัวแทนของกลุ่มในการนำไปทำการทดลอง Full Factorial Design

เนื่องจากที่ระดับปัจจัยของจำนวนประชากรเท่ากับ 30 จะมีค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งโดยเฉลี่ยต่ำกว่าระดับปัจจัยอื่นภายในกลุ่มเดียวกัน โดยจะมีค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1330.8 และจำนวนของประชากรที่น้อยจะทำให้ใช้เวลาในการค้นหาคำตอบที่สั้นกว่าจำนวนของประชากรที่มาก จึงเลือกระดับของจำนวนประชากรเท่ากับ 30 เป็นตัวแทนของกลุ่มระดับของประชากร (30 40 50)

ดังนั้นในการทดลอง One-Factor-at-a-Time ของจำนวนประชากรสำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 30 ผลิตภัณฑ์นี้ จะได้ระดับปัจจัยของจำนวนประชากรในการนำไปทำการทดลอง Full Factorial Design 3 ระดับคือ 10 20 และ 30

3.2) ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์

สำหรับความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ในปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 30 ผลิตภัณฑ์ จะมีการออกแบบการทดลองโดยการสุ่มระดับ

ของปัจจัยตัวอื่น ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้จะปรากฏในตารางที่ ง.8 เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปทำการวิเคราะห์ ANOVA ดังตารางที่ 7.9 จะพบว่า

ตารางที่ 7.9 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของระดับค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ จากการทดลอง One-Factor-at-a-Time สำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 30 ผลิตภัณฑ์*

Analysis of Variance for Time

Source	DF	SS	MS	F	P
Pc	**9**	**16825**	**1869**	**10.58**	**0.000**
Error	30	5303	177		
Total	39	22128			

จากตารางที่ 7.9 ระดับปัจจัยของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์จะมีผลต่อเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.95 และเมื่อนำไปหาความแตกต่างระหว่างระดับของปัจจัยด้วยวิธี LSD จะพบว่าระดับปัจจัยของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ (0.1 0.2 0.5 0.7) (0.3 0.4 0.8) และ (0.6 0.9 1.0)

ในกลุ่มของระดับปัจจัยของค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ทั้ง 3 กลุ่มนี้ ถือได้ว่าระดับปัจจัยของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ภายในกลุ่มเดียวกัน จะไม่มีความแตกต่างกันระหว่างระดับปัจจัยภายในกลุ่มเดียวกัน ดังนั้นจึงต้องเลือกระดับใดระดับหนึ่งเพื่อมาเป็นตัวแทนของกลุ่มในการนำไปทำการทดลอง Full Factorial Design

เนื่องจากการกำหนดให้ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์สูงจะทำให้ประสิทธิภาพของเจนเนติกอัลกอริทึมดีขึ้น และระดับปัจจัยของค่าของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่ 0.7 0.8 และ 0.9 ยังให้ค่าเฉลี่ยในการปรับตั้งโดยเฉลี่ยต่ำเมื่อเทียบกับระดับปัจจัยอื่นภายในกลุ่มเดียวกัน โดยให้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1313.5 1288.3 และ 1263.3

ดังนั้นในการทดลอง One-Factor-at-a-Time ของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์สำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 30 ผลิตภัณฑ์จึงเลือกความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่ระดับ 0.7 0.8 และ 0.9 เพื่อนำไปทำการทดลอง Full Factorial Design

3.3) ความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน

สำหรับความน่าจะเป็นในการมิวเตชันในปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 30 ผลิตภัณฑ์ จะมีการออกแบบการทดลองโดยการสุ่มระดับของปัจจัยตัวอื่น ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้จะปรากฏในตารางที่ ง.9 เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปทำการวิเคราะห์ ANOVA ดังตารางที่ 7.10 จะพบว่า

*ตารางที่ **7.10** ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของระดับค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน จากการทดลอง One-Factor-at-a-Time สำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 30 ผลิตภัณฑ์*

Analysis of Variance for Time

Source	DF	SS	MS	F	P
Pm	**9**	**52680**	**5853**	**42.15**	**0.000**
Error	30	4166	139		
Total	39	56846			

จากตารางที่ 7.10 ระดับปัจจัยของความน่าจะเป็นในการมิวเตชันจะมีผลต่อเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.95 และเมื่อนำไปหาความแตกต่างระหว่างระดับของปัจจัยด้วยวิธี LSD จะพบว่าระดับปัจจัยของความน่าจะเป็นในการมิวเตชันสามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ (0.1 0.8 0.9) (0.2) (0.3 0.5 0.6) และ (0.4 0.7 1.0)

ในกลุ่มของระดับของปัจจัย (0.1 0.8 0.9) (0.3 0.5 0.6) และ (0.4 0.7 1.0) ถือว่าระดับปัจจัยของค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชันภายในกลุ่มเดียวกัน จะไม่มีความแตกต่างกันระหว่างระดับปัจจัยภายในกลุ่มเดียวกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชันกลุ่มละ 1 ค่า เพื่อนำมาเป็นตัวแทนในการนำไปทดลอง Full Factorial Design เนื่องจากการกำหนดให้ความน่าจะเป็นของการมิวเตชันมีค่าต่ำจะทำให้ประสิทธิภาพของเจนเนติกอัลกอริทึมดีขึ้น นอกจากนี้ระดับปัจจัยของค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชันที่ระดับ 0.1 0.3 และ 0.4 ยังให้ค่าเฉลี่ยในการปรับตั้งโดยเฉลี่ยต่ำกว่าระดับปัจจัยของค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นอื่นๆภายในกลุ่มเดียวกัน โดยจะมีเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1477.0 1445.8 1425.3 และ 1377.8 ตามลำดับ จึงเลือกระดับปัจจัยของค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นที่ระดับ 0.1 0.3

และ 0.4 เป็นตัวแทนของกลุ่มระดับปัจจัยของค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (0.1 0.8 0.9) (0.3 0.5 0.6) และ (0.4 0.7 1.0)

ดังนั้นในการทดลอง *One-Factor-at-a-Time* ของความน่าจะเป็นในการมิวเตชันสำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 30 ผลิตภัณฑ์ เพื่อเลือกระดับปัจจัยที่เหมาะสมไปทำการทดลอง Full Factorial Design จึงเลือกระดับของความน่าจะเป็นในการมิวเตชันที่เหมาะที่ระดับ 0.1 0.2 0.3 และ 0.4

ผลจากการทำการทดลอง *One-Factor-at-a-Time* ของปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยคือ จำนวนประชากร ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 7.11

ตารางที่ 7.11 *ระดับของปัจจัยต่าง ๆที่ได้จากการทดลอง One-Factor-at-a-Time*

ปัญหาตัวอย่าง	ระดับของปัจจัย		
	จำนวนประชากร	ค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	ค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น
ผลิตภัณฑ์ 10 ผลิตภัณฑ์	10 15 และ 20	0.7 0.8 และ 0.9	0.1 0.2 0.3 และ 0.4
ผลิตภัณฑ์ 20 ผลิตภัณฑ์	10 20 และ 30	0.7 0.8 และ 0.9	0.1 0.2 0.3 และ 0.4
ผลิตภัณฑ์ 30 ผลิตภัณฑ์	10 20 และ 30	0.7 0.8 และ 0.9	0.1 0.2 0.3 และ 0.4

จากการทดลอง One-Factor-at-a-Time สำหรับพารามิเตอร์ที่ระดับของปัจจัยไม่คงที่จะได้ระดับของปัจจัยดังกล่าวคือ จำนวนประชากรสำหรับแต่ละปัญหาจะมีระดับของปัจจัยที่ไม่เท่ากัน โดยปัญหาผลิตภัณฑ์ 10 ผลิตภัณฑ์จะใช้ระดับปัจจัย 3 ระดับคือ 10 15 และ 20 ประชากร ส่วนปัญหาผลิตภัณฑ์ 20 และ 30 ผลิตภัณฑ์จะใช้ระดับปัจจัย 3 ระดับเท่ากับปัญหาผลิตภัณฑ์ 10 ผลิตภัณฑ์แต่จะใช้ระดับปัจจัยที่ 10 20 และ 30 ประชากร สำหรับความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์และทั้ง 3 ปัญหาจะใช้ระดับปัจจัยที่เท่ากัน 3 ระดับ คือ 0.7 0.8 และ 0.9 ส่วนความน่าจะเป็นในการมิวเตชันทั้ง 3 ปัญหาก็จะใช้ระดับปัจจัยที่เท่ากัน 4 ระดับ คือ 0.1 0.2 0.3 และ 0.4

เนื่องจากการ One-Factor-at-a-Time เป็นเพียงการตัดระดับของปัจจัยบางส่วนเพื่อลดระดับของปัจจัยอย่างคร่าวๆ แต่ไม่ได้หมายความว่าจะสามารถเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้เลย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการทำ Full Factorial Design

7.2.2.3 การทดสอบทุกระดับปัจจัย

สำหรับพารามิเตอร์ที่มีระดับของปัจจัยคงที่ซึ่งได้แก่ วิธีการในการคัดเลือกสตริงคำตอบ วิธีการในการครอสโอเวอร์ และวิธีการมิวเตชัน และพารามิเตอร์ที่มีระดับของปัจจัยไม่คงที่ที่ได้ทำ One-Factor-at-a-Time เรียบร้อยแล้ว จะนำระดับของแต่ละปัจจัยมาทำการทดสอบทุกระดับปัจจัย (Full Factorial Design) เพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับในการใช้เจนเนติกอัลกอริทึมค้นหาคำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาจะมีทั้งสิ้น 6 ปัจจัย ซึ่งในแต่ละปัจจัยจะมีระดับของปัจจัยที่ไม่เท่ากัน โดยมีตัวแปรตอบสนองในทุก Treatment Combination ของการทดลองเป็นเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวม หากไม่สามารถหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับปัญหานั้นๆได้ จะทำการทดลองอีกครั้งโดยเปลี่ยนค่าตัวแปรตอบสนองเป็นลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบ เนื่องจากพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะทำให้ใช้เวลาในการหาคำตอบได้รวดเร็ว ปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณามี 6 ปัจจัย รายละเอียดต่างๆแสดงไว้ในตารางที่ 7.12

ตารางที่ 7.12 *รายละเอียดของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง Full Factorial Design*

ปัจจัย	จำนวนระดับปัจจัย (ระดับ)	ระดับปัจจัย
1. จำนวนประชากร (*Pop size*)	3	■ ปัญหา 10 งาน ใช้ 10 15 20 ประชากร ■ ปัญหา 20 งาน ใช้ 10 20 30 ประชากร ■ ปัญหา 30 งาน ใช้ 10 20 30 ประชากร
2. วิธีการคัดเลือกสตริงคำตอบ (*Stype*)	2	1) Roulette Wheel Selection 2) Tournament Selection
3. วิธีการครอสโอเวอร์ (*Ctype*)	5	1) วิธี MOX 4) วิธี CX 2) วิธี PMX 5) วิธี PBX 3) วิธี OX
4.วิธีการมิวเตชัน (*Mtype*)	4	1) Inversion 3) Displacement 2) Insertion 4) Reciprocal Exchange

ตารางที่ 7.12 *รายละเอียดของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง Full Factorial Design (ต่อ)*

ปัจจัย	จำนวนระดับปัจจัย (ระดับ)	ระดับปัจจัย
1. ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (*Pc*)	3	1) *Pc* 0.7 2) *Pc* 0.8 3) *Pc* 0.9
2. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน (*Pm*)	4	1) *Pm* 0.1 3) *Pm* 0.3 2) *Pm* 0.2 4) *Pm* 0.4

การทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 การทดลองใหญ่ตามขนาดของปัญหา แต่ละปัญหามีจำนวนวนซ้ำของการทดลอง (Replication) เท่ากับ 2 ดังนี้

การทดลองที่ 1 : การทดลองจัดตารางการผลิตที่มีเวลาปรับตั้งเครื่องแบบฟัซซี่ซึ่งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้าสำหรับผลิตภัณฑ์ 10 ผลิตภัณฑ์ โดยใช้จำนวนเจนเนอเรชัน 300 เจนเนอเรชัน

การทดลองที่ 2 : การทดลองจัดตารางการผลิตที่มีเวลาปรับตั้งเครื่องแบบฟัซซี่ซึ่งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้าสำหรับผลิตภัณฑ์ 20 ผลิตภัณฑ์ โดยใช้จำนวนเจนเนอเรชัน 500 เจนเนอเรชัน

การทดลองที่ 3 : การทดลองจัดตารางการผลิตที่มีเวลาปรับตั้งเครื่องแบบฟัซซี่ซึ่งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้าสำหรับผลิตภัณฑ์ 30 ผลิตภัณฑ์ โดยใช้จำนวนเจนเนอเรชัน 1000 เจนเนอเรชัน

ซึ่งในการทดลองแบบ Full Factorial Design นี้แต่ละการทดลองมี Treatment Combination = 3x2x5x4x3x4 =1440 และ จำนวนข้อมูลทั้งหมดในแต่ละการทดลองเท่ากับ 1440x2=2880 ข้อมูล

7.2.3 การเก็บและจัดระบบข้อมูล

จากการทดลองที่ระดับปัจจัยต่างๆ จะทำการเก็บค่าตัวแปรตอบสนอง ซึ่งได้แก่ เวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวม ช่วงเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร และ เจนเนอเรชันที่พบคำตอบ โดยจะเก็บไว้ในตารางแสดงผลการรันโปรแกรมในภาคผนวก ฉ

7.3 การวิเคราะห์การทดลอง

การวิเคราะห์การทดลองจะแยกออกเป็น 3 ส่วนตามขนาดของปัญหา โดยในแต่ละปัญหาจะมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ 2 ขั้นตอนคือ

1. การวิเคราะห์โดยพิจารณาเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมเป็นค่าตอบสนอง ซึ่งในการทดลองเพื่อหาค่าของพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในแต่ละปัญหานี้ จะใช้ค่าของเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมเป็นค่าตอบสนองหลัก หากปัจจัยใดที่ทดสอบแล้วพบระดับปัจจัยที่เหมาะสม ก็จะกำหนดระดับปัจจัยนั้นเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ แต่ถ้าปัจจัยใดที่มีระดับปัจจัยที่เหมาะสมหลายระดับ ก็จะนำปัจจัยนั้นไปทำการวิเคราะห์ต่อในขั้นตอนที่ 2
2. การวิเคราะห์โดยพิจารณาลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง เป็นการวิเคราะห์ที่ทำต่อจากขั้นตอนแรก จะทำการวิเคราะห์เฉพาะระดับปัจจัยที่ไม่สามารถวิเคราะห์โดยขั้นตอนแรกเท่านั้น หากการวิเคราะห์โดยขั้นตอนที่ 2 สามารถระบุค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมได้ จะใช้ระดับปัจจัยนั้นเป็นค่าพารามิเตอร์
3. การวิเคราะห์โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบ เมื่อขั้นตอนที่ 1 และ 2 ไม่สามารถแยกความแตกต่างของระดับปัจจัยต่างๆได้ การเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจึงต้องเลือกจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรและลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบ

ในขั้นตอนที่ 1 และ 2 จะมีวิธีการวิเคราะห์ที่เหมือนกัน แต่ต่างกันตรงค่าตอบสนองที่ใช้ โดยวิธีการวิเคราะห์มี 2 ขั้นตอน คือ

1) การวิเคราะห์ ANOVA เป็นการวิเคราะห์เพื่อดูว่าปัจจัยใดที่มีผลต่อการหาคำตอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยจะใช้โปรแกรม MiniTab เป็นโปรแกรมช่วยในการวิเคราะห์
2) การวิเคราะห์ Least Significant Difference Method (LSD) เป็นการวิเคราะห์เพื่อดูว่าระดับปัจจัยใดที่มีความแตกต่างกับระดับปัจจัยอื่นๆที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรม MiniTab (รายละเอียดของการวิเคราะห์ ดูในภาคผนวก ช) ในกรณีที่มีผลกระทบร่วม หรือ Interaction ระหว่างปัจจัยจะใช้ กราฟอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย หรือ Interaction Plot เป็นตัวช่วยวิเคราะห์ค่าของพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในแต่ละปัญหา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.3.1 การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 10 ผลิตภัณฑ์

ในการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับปัญหาตัวอย่าง 10 ผลิตภัณฑ์ ในขั้นตอนแรกจะทำการวิเคราะห์ว่าปัจจัยใดที่มีผลต่อการหาคำตอบของวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม โดยใช้โปรแกรม MiniTab ในการทดสอบ ANOVA แล้วจึงทำการวิเคราะห์ว่าระดับปัจจัยใดที่มีความแตกต่างกับระดับปัจจัยอื่นๆ จากการวิเคราะห์ LSD โดยใช้โปรแกรม MiniTab เช่นเดียวกัน และจะทำการเลือกค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากระดับปัจจัย และผลกระทบระหว่างปัจจัยร่วม ตามที่ได้กล่าวข้างต้น ซึ่งมีรายละเอียดในการวิเคราะห์ดังนี้

7.3.1.1 ใช้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมเป็นค่าตอบสนอง

ในขั้นแรกจะใช้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวม เป็นค่าตอบสนองในการวิเคราะห์เลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสม หากในขั้นตอนนี้ยังไม่สามารถหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมทั้งหมดได้ ก็จะนำลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบมาเป็นค่าตอบสนองในการวิเคราะห์ขั้นต่อไป

1) การวิเคราะห์ด้วย ANOVA

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MiniTab จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 7.13

จากตารางที่ 7.13 ผลการวิเคราะห์ANOVA พบว่าจำนวนประชากร วิธีการคัดเลือกสตริงคำตอบ วิธีการครอสโอเวอร์ วิธีการมิวเตชัน ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์และความน่าจะเป็นในการมิวเตชันมีผลต่อค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรที่ได้อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ α=0.05 และมีผลเนื่องจาก Interaction ของ *Pop size*Ctype Pop size*Mtype Pop size*Pm Stype*Ctype Stype*Mtype Ctype*Mtype Pc*Ctype Pm*Stype* และ *Pm*Ctype*

ตารางที่ 7.13 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 10 ผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวม เป็นค่าตอบสนอง*

Analysis of Variance for Time, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Pop size	**2**	**116741**	**116741**	**58371**	**122.31**	**0.000**
Pc	**2**	**7462**	**7462**	**3731**	**7.82**	**0.000**
Pm	**3**	**244877**	**244877**	**81626**	**171.04**	**0.000**
Stype	**1**	**4510838**	**4510838**	**4510838**	**9452.11**	**0.000**
Ctype	**4**	**363077**	**363077**	**90769**	**190.20**	**0.000**
Mtype	**3**	**60893**	**60893**	**20298**	**42.53**	**0.000**
Pop size*Pc	4	1355	1355	339	0.71	0.585
Pop size*Pm	**6**	**9294**	**9294**	**1549**	**3.25**	**0.004**
Pop size*Stype	2	2144	2144	1072	2.25	0.106
Pop size*Ctype	**8**	**11783**	**11783**	**1473**	**3.09**	**0.002**
Pop size*Mtype	**6**	**7046**	**7046**	**1174**	**2.46**	**0.022**
Pc*Pm	6	1936	1936	323	0.68	0.669
Pc*Stype	2	939	939	469	0.98	0.374
Pc*Ctype	**8**	**7792**	**7792**	**974**	**2.04**	**0.038**
Pc*Mtype	6	2044	2044	341	0.71	0.639
Pm*Stype	**3**	**46692**	**46692**	**15564**	**32.61**	**0.000**
Pm*Ctype	**12**	**13712**	**13712**	**1143**	**2.39**	**0.004**
Pm*Mtype	9	5619	5619	624	1.31	0.227
Stype*Ctype	**4**	**139870**	**139870**	**34968**	**73.27**	**0.000**
Stype*Mtype	**3**	**33651**	**33651**	**11217**	**23.50**	**0.000**
Ctype*Mtype	**12**	**20982**	**20982**	**1749**	**3.66**	**0.000**
Error	2773	1323361	1323361	477		
Total	2879	6932106				

2) การวิเคราะห์ Least Significant Difference

จากการวิเคราะห์ด้วย ANOVA จะได้ปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการค้นหาคำตอบของวิธีการเจนเนติกอัลกอริทึม ซึ่งจะนำปัจจัยต่างๆเหล่านี้มาทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD เพื่อหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่จะเป็นพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึมโดยจะได้พารามิเตอร์ต่างๆดังนี้

ก. จำนวนประชากร

จำนวนประชากรของทั้ง 3 ระดับ จะมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยที่จำนวนประชากร 20 ประชากร จะให้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมต่ำกว่าจำนวนประชากรขนาดอื่นอย่างมีนัยสำคัญ จึงเลือกจำนวนประชากร 20 ประชากร เป็นพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึมในปัญหาตัวอย่างนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. วิธีการคัดเลือกสตริงคำตอบ

วิธีการคัดเลือกคำตอบทั้ง 2 วิธี มีความแตกต่างอย่างชัดเจน โดยที่วิธีการคัดเลือกสตริงคำตอบแบบ Roulette Wheel Selection จะให้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมต่ำกว่าวิธีการคัดเลือกคำตอบแบบ Tournament Selection อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงเลือกวิธีการคัดเลือกคัดเลือกสตริงคำตอบแบบ Roulette Wheel Selection เป็นพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึมในปัญหาตัวอย่างนี้

ค. วิธีการครอสโอเวอร์

วิธีการครอสโอเวอร์ทั้ง 5 วิธี มีความแตกต่างอย่างชัดเจน โดยที่วิธีการการครอสโอเวอร์แบบ Order Crossover (OX) จะให้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมต่ำกว่าวิธีการครอสโอเวอร์แบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงเลือกวิธีการการครอสโอเวอร์แบบ OX เป็นพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาตัวอย่างนี้

ง. วิธีการมิวเตชัน

วิธีการมิวเตชันทั้ง 4 วิธี มีความแตกต่างอย่างชัดเจน โดยที่วิธีการมิวเตชันแบบ Inversion จะให้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมต่ำกว่าวิธีการมิวเตชันแบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงเลือกวิธีการมิวเตชันแบบ Inversion เป็นพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาตัวอย่างนี้

จ. ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์

ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ทั้ง 3 ระดับ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่เนื่องจาก Pc มีผลกระทบร่วมกับปัจจัยอื่นๆ (Interaction) คือ $Pc*Ctype$ จึงจำเป็นต้องพิจารณาเลือกความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์จาก Interaction ของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ในข้อ ช.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฉ. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน

ความน่าจะเป็นในการมิวเตชันทั้ง 4 ระดับ มีความแตกต่างอย่างชัดเจน โดยที่ Pm = 0.4 จะให้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมต่ำกว่า Pm ที่ระดับอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงเลือกความน่าจะเป็นในการมิวเตชันเท่ากับ 0.4 เป็นพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาตัวอย่างนี้

ช. Interaction ของวิธีการครอสโอเวอร์

เนื่องจากวิธีการครอสโอเวอร์มี Interaction กับปัจจัยอื่นคือ Pc*$Ctype$ ดังนั้นจึงใช้กราฟผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย (Interaction Plot) ต่อเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้ง (รูปที่ ช.2 ภาคผนวก ช) ของ Pc*$Ctype$ เป็นตัวช่วยในการตัดสินใจเลือก Pc

- Pc*$Ctype$ จาก ข้อ ค. ได้เลือกวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX เมื่อ Fixed วิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX และดูจาก Interaction Plot ปรากฏว่า Pc ที่ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมต่ำที่สุดคือ Pc = 0.9

ดังนั้นจึงเลือกความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.9 เป็นพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาตัวอย่างนี้

7.3.1.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

การวิเคราะห์ ANOVA ที่ผ่านมาสามารถเลือกพารามิเตอร์ต่างๆสำหรับปัญหาตัวอย่างนี้ได้ครบเรียบร้อยแล้วจึงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องทำการวิเคราะห์ผลโดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

7.3.1.3 พิจารณาจากค่าเฉลี่ยของเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบ

ในขั้นตอนการวิเคราะห์ขั้นที่ 1 จะสามารถเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับปัญหานี้ได้ครบทุกพารามิเตอร์แล้ว จึงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องทำการ

วิเคราะห์โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบ

จากการวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการค้นหาคำตอบของวิธีเจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาตัวอย่าง 10 ผลิตภัณฑ์ สามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับปัญหาตัวอย่างนี้ได้คือ

1) ประชากร ใช้จำนวนประชากร 20 ประชากร
2) จำนวนเจนเนอเรชัน ใช้จำนวนเจนเนอเรชัน 300 เจนเนอเรชัน
3) วิธีการคัดเลือกสตริงคำตอบ ใช้วิธีการแบบ Roulette Wheel Selection
4) วิธีการครอสโอเวอร์ ใช้วิธีการแบบ Order Crossover (OX)
5) วิธีการมิวเตชัน ใช้วิธีการแบบ Inversion Mutation
6) ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ ใช้ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.9
7) ความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน ใช้ความน่าจะเป็นในการมิวเตชันเท่ากับ 0.4

7.3.2 การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 20 ผลิตภัณฑ์

ในการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับปัญหาตัวอย่าง 20 ผลิตภัณฑ์ ในขั้นตอนแรกจะทำการวิเคราะห์ว่าปัจจัยใดที่มีผลต่อการหาคำตอบของวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม โดยใช้โปรแกรม MiniTab ในการทดสอบ ANOVA แล้วจึงทำการวิเคราะห์ว่าระดับปัจจัยใดที่มีความแตกต่างกับระดับปัจจัยอื่นๆ จากการวิเคราะห์ LSD โดยใช้โปรแกรม MiniTab เช่นเดียวกัน และจะทำการเลือกค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากระดับปัจจัย และผลกระทบระหว่างปัจจัยร่วม ตามที่ได้กล่าวข้างต้น ซึ่งมีรายละเอียดในการวิเคราะห์ดังนี้

7.3.2.1 ใช้ค่า เวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวม เป็นค่าตอบสนอง

ในขั้นแรกจะใช้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวม เป็นค่าตอบสนองในการวิเคราะห์เลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสม หากในขั้นตอนนี้ยังไม่สามารถหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมทั้งหมดได้ ก็จะนำลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบมาเป็นค่าตอบสนองในการวิเคราะห์ขั้นต่อไป

1) *การวิเคราะห์ด้วย ANOVA*

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MiniTab จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 7.14

ตารางที่ 7.14 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 20 ผลิตภัณฑ์ โดยโปรแกรม MiniTab เมื่อใช้ค่า เวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวม เป็นค่าตอบสนอง*

Analysis of Variance for Time, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Pop size	**2**	**1179428**	**1179428**	**589714**	**328.24**	**0.000**
Pc	**2**	**68768**	**68768**	**34384**	**19.14**	**0.000**
Pm	**3**	**571119**	**571119**	**190373**	**105.96**	**0.000**
Stype	**1**	**29528955**	**29528955**	**29528955**	**1.6E+04**	**0.000**
Ctype	**4**	**954844**	**954844**	**238711**	**132.87**	**0.000**
Mtype	**3**	**484464**	**484464**	**161488**	**89.88**	**0.000**
Pop size*Pc	4	8558	8558	2139	1.19	0.313
Pop size*Pm	**6**	**54130**	**54130**	**9022**	**5.02**	**0.000**
Pop size*Stype	**2**	**24448**	**24448**	**12224**	**6.80**	**0.001**
Pop size*Ctype	**8**	**71436**	**71436**	**8930**	**4.97**	**0.000**
Pop size*Mtype	6	21185	21185	3531	1.97	0.067
Pc*Pm	6	10814	10814	1802	1.00	0.421
Pc*Stype	**2**	**36791**	**36791**	**18395**	**10.24**	**0.000**
Pc*Ctype	**8**	**37042**	**37042**	**4630**	**2.58**	**0.008**
Pc*Mtype	6	8659	8659	1443	0.80	0.567
Pm*Stype	**3**	**88004**	**88004**	**29335**	**16.33**	**0.000**
Pm*Ctype	**12**	**52847**	**52847**	**4404**	**2.45**	**0.004**
Pm*Mtype	**9**	**30988**	**30988**	**3443**	**1.92**	**0.045**
Stype*Ctype	**4**	**358927**	**358927**	**89732**	**49.95**	**0.000**
Stype*Mtype	**3**	**216898**	**216898**	**72299**	**40.24**	**0.000**
Ctype*Mtype	**12**	**192951**	**192951**	**16079**	**8.95**	**0.000**
Error	2773	4981992	4981992	1797		
Total	2879	38983246				

จากตารางที่ 7.14 ผลการวิเคราะห์ANOVA พบว่าจำนวนประชากร วิธีการคัดเลือกสตริงคำตอบ วิธีการครอสโอเวอร์ วิธีการมิวเตชัน ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์และความน่าจะเป็นในการมิวเตชันมีผลต่อค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรที่ได้อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ α=0.05 และมีผลเนื่องจาก Interaction ของ *Pop size*Stype Pop size*Ctype Pop size*Pm Pc*Stype Pc*Ctype Pm*Stype Pm*Ctype Pm*Mtype Stype*Ctype Stype*Mtype* และ *Ctype*Mtype*

2) การวิเคราะห์ Least Significant Difference

จากการวิเคราะห์ด้วย ANOVA จะได้ปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการค้นหาคำตอบของวิธีการเจนเนติกอัลกอริทึม ซึ่งจะนำปัจจัยต่างๆเหล่านี้มาทำ

การวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD เพื่อหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่จะเป็นพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึมโดยจะได้พารามิเตอร์ต่างๆดังนี้

ก. จำนวนประชากร

จำนวนประชากรของทั้ง 3 ระดับ จะมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยที่จำนวนประชากร 30 ประชากร จะให้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมต่ำกว่าจำนวนประชากรขนาดอื่นอย่างมีนัยสำคัญ จึงเลือกจำนวนประชากร 30 ประชากร เป็นพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึมในปัญหาตัวอย่างนี้

ข. วิธีการคัดเลือกสตริง

วิธีการคัดเลือกคำตอบทั้ง 2 วิธี มีความแตกต่างอย่างชัดเจน โดยที่วิธีการคัดเลือกสตริงคำตอบแบบ Roulette Wheel Selection จะให้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมต่ำกว่าวิธีการคัดเลือกคำตอบแบบ Tournament Selection อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงเลือกวิธีการคัดเลือกคัดเลือกสตริงคำตอบแบบ Roulette Wheel Selection เป็นพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาตัวอย่างนี้

ค. วิธีการครอสโอเวอร์

วิธีการครอสโอเวอร์ทั้ง 5 วิธี โดยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ Order Crossover (OX) และ Position-Base Method (PBX) จะให้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมต่ำกว่าวิธีการครอสโอเวอร์แบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญ แต่เนื่องจาก วิธีการครอสโอเวอร์ มี Interaction กับปัจจัยอื่นๆ จึงพิจารณาเลือกวิธีการครอสโอเวอร์จาก Interaction ของวิธีการครอสโอเวอร์ในข้อ ช.

ง. วิธีการมิวเตชัน

วิธีการมิวเตชันทั้ง 4 วิธี มีความแตกต่างอย่างชัดเจน โดยที่วิธีการมิวเตชันแบบ Inversion จะให้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมต่ำกว่าวิธีการมิวเตชันแบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงเลือกวิธีการ

มิวเตชันแบบ Inversion เป็นพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาตัวอย่างนี้

จ. ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์

ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ทั้ง 3 ระดับ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่เนื่องจาก *Pc* มี Interaction กับปัจจัยอื่นๆ คือ *Pc*Stype* และ *Pc*Ctype* จึงจำเป็นต้องพิจารณาเลือกความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์จาก Interaction ของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ในข้อ ช.

ฉ. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน

ความน่าจะเป็นในการมิวเตชันทั้ง 4 ระดับ มีความแตกต่างอย่างชัดเจน โดยที่ *Pm* = 0.4 จะให้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมต่ำกว่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชันแบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงเลือก *Pm* = 0.4 เป็นพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาตัวอย่างนี้

ช. Interaction ของวิธีการครอสโอเวอร์

เนื่องจากวิธีการครอสโอเวอร์มี Interaction กับปัจจัยอื่นๆ ซึ่งได้แก่ *Pop size*Ctype, Stype*Ctype, Ctype*Mtype, Pc*Ctype* และ *Pm*Ctype* ดังนั้นจึงใช้ Interaction Plot ของ *Pop size*Ctype Stype*Ctype Ctype*Mtype Pc*Ctype* และ *Pm*Ctype* เป็นตัวช่วยในการตัดสินใจเลือกวิธีการครอสโอเวอร์ ดังรูปที่ ช.4 ในภาคผนวก ช

- *Pop size*Ctype* จาก ข้อ ก. ได้เลือกจำนวนของประชากรเท่ากับ 30 ประชากร เมื่อ Fixed จำนวนของประชากรเท่ากับ 30 ประชากร และดูจาก Interaction Plot วิธีการครอสโอเวอร์ที่ให้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมต่ำที่สุดคือ วิธีการครอสโอเวอร์แบบ PBX
- *Stype*Ctype* จาก ข้อ ข. ได้เลือกวิธีการคัดเลือกสตริงคำตอบคือ วิธีคัดเลือกสตริงคำตอบแบบ Roulette Wheel

Selection เมื่อ Fixed วิธีคัดเลือกสตริงคำตอบแบบ Roulette Wheel Selection และดูจาก Interaction Plot วิธีการครอสโอเวอร์ที่ให้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมต่ำที่สุดคือ วิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX

- *Ctype*Mtype* จาก ข้อ ง. ได้เลือกวิธีการมิวเตชันคือ Inversion เมื่อ Fixed วิธีการมิวเตชันแบบ Inversion และดูจาก Interaction Plot จะพบว่า วิธีการครอสโอเวอร์ที่ให้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมต่ำที่สุดคือ วิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX
- *Pc*Ctype* จาก Interaction Plot เมื่อค่าของ *Pc* มีค่าเท่ากับ 0.7 และ 0.8 วิธีการครอสโอเวอร์ที่ให้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมต่ำที่สุดคือ วิธีการครอสโอเวอร์แบบ PBX แต่เมื่อค่าของ ของ *Pc* มีค่าเท่ากับ 0.9 วิธีการครอสโอเวอร์ที่ให้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมต่ำที่สุดคือวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX และ PBX
- *Pm*Ctype* จาก ข้อ จ. ได้เลือกความน่าจะเป็นในการมิวเตชันเท่ากับ 0.4 เมื่อ Fixed ความน่าจะเป็นในการมิวเตชันให้เท่ากับ 0.4 และดูจาก Interaction Plot จะพบว่า วิธีการครอสโอเวอร์ที่ให้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมต่ำที่สุดคือวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PBX

จาก Interaction Plot ของ Interaction ต่างๆ ไม่สามารถบอกได้แน่ชัดว่าวิธีการใดดีกว่ากัน ดังนั้นจึงนำวิธีการทั้ง 2 วิธี ไปวิเคราะห์ผลโดยใช้ค่าของลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

ซ. Interaction ของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์

เนื่องจากความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์มี Interaction กับปัจจัยอื่นๆ ซึ่งได้แก่ *Pc*Stype* และ *Pc*Ctype* ดังนั้นจึงใช้ Interaction Plot ของ *Pc*Stype* และ *Pc*Ctype* เป็นตัวช่วยในการตัดสินใจเลือก *Pc* ดังรูปที่ ซ.4 ในภาคผนวก ซ

- *Pc*Stype* จาก ข้อ ข. ได้เลือกวิธีการคัดเลือกสตริงคำตอบคือ วิธีคัดเลือกสตริงคำตอบแบบ Roulette Wheel Selection เมื่อ

Fixed วิธีคัดเลือกสตริงคำตอบแบบ Roulette Wheel Selection และดูจาก Interaction Plot ปรากฏว่าไม่สามารถบอกได้ว่า Pc ที่ให้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมต่ำที่สุดอยู่ที่ระดับใด เนื่องจากทั้ง 3 ระดับให้ค่าที่เท่ากัน

- $Pc*Ctype$ จาก ข้อ ค. ได้เลือกวิธีการครอสโอเวอร์ไว้ 2 วิธี คือ วิธีการการครอสโอเวอร์แบบ Order Crossover (OX) และ Position-Base Method (PBX) เมื่อ Fixed วิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX และ PBX และดูจาก Interaction Plot ปรากฏว่า ค่า Pc ที่ให้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมต่ำที่สุดคือ Pc = 0.9

จาก Interaction Plot ของ Interaction ต่างๆ ไม่สามารถสรุปได้ว่าค่า Pc ที่เหมาะสมสำหรับปัญหานี้จะเป็น Pc ที่ระดับเท่าใด ดังนั้นจึงนำ Pc ทุกระดับปัจจัย ไปวิเคราะห์ผลโดยใช้ค่าของลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

7.3.2.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

จากในขั้นแรกที่ใช้ค่าเวลาเฉลี่ยของการปรับตั้งเครื่องจักรรวมเป็นค่าตอบสนองในการวิเคราะห์เลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ปรากฏว่าได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากการพิจารณาระดับของปัจจัยต่างๆ และผลกระทบระหว่างปัจจัยร่วม ได้แก่

1. จำนวนประชากรเท่ากับ 30 ประชากร
2. วิธีการคัดเลือกสตริงคำตอบใช้ Roulette
3. วิธีการครอสโอเวอร์ใช้ OX หรือ PBX
4. วิธีการมิวเตชันใช้ Inversion
5. ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่ทุกระดับปัจจัย (0.7 0.8 0.9)
6. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชันเท่ากับ 0.4

เนื่องจากไม่สามารถหาพารามิเตอร์เหมาะสมเพียงค่าเดียวของวิธีการครอสโอเวอร์และความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ได้จากการใช้เวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งรวมเป็นค่าตอบสนอง จึงได้นำวิธีการครอสโอเวอร์และความน่าจะเป็นในการครอส

โอเวอร์มาวิเคราะห์ขั้นที่ 2 โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบมาเป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ ANOVA

ในการวิเคราะห์ขั้นแรก สามารถเลือกพารามิเตอร์สำหรับปัญหาตัวอย่างนี้ได้ครบทุกตัว ยกเว้น วิธีการในการครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ เนื่องจากในการวิเคราะห์ขั้นแรกมีวิธีการครอสโอเวอร์ 2 วิธี คือ วิธีการครอสโอเวอร์แบบ Order Crossover (OX) และ Position-Base Method (PBX) เป็นวิธีที่เหมาะสม และความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ก็เหมาะสมทุกระดับปัจจัย ดังนั้นจึงต้องทำการเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพียงพารามิเตอร์เดียว เพื่อใช้ในวิธีเจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหานี้ โดยจะใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง ซึ่งจะพิจารณาเพียงแต่ลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนองของระดับปัจจัยที่ยังไม่สามารถหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ ดังนั้นจึงตัดระดับปัจจัยอื่นออกและใช้ข้อมูลจากระดับปัจจัยข้างต้นมาพิจารณา

ตารางที่ 7.15 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 20 ผลิต เมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง*

```
Analysis of Variance for Gen., using Adjusted SS for Tests

Source      DF      Seq SS      Adj SS      Adj MS        F       P
Pc           2        5151        5151        2576     0.20   0.826
Ctype        1          30          30          30     0.00   0.963
Pc*Ctype     2      204346      204346      102173     7.85   0.021
Error        6       78124       78124       13021
Total       11      287651
```

จากตารางที่ 7.15 พบว่าระดับปัจจัยของวิธีการครอสโอเวอร์และความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ไม่มีผลต่อลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ α=0.05 จึงจำเป็นต้องหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมการพิจารณาค่าเฉลี่ยของเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบ ในขั้นตอนที่ 3

2) การวิเคราะห์ Least Significant Difference

เนื่องจากในการวิเคราะห์ ANOVA ไม่มีปัจจัยหลักใดเลยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญจึงไม่จำเป็นที่ต้องมีการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้

7.3.2.3 พิจารณาจากค่าเฉลี่ยของเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบ

ในขั้นตอนการวิเคราะห์ขั้นที่ 1 และ 2 จะไม่สามารถเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับปัญหานี้ได้ครบทุกพารามิเตอร์แล้ว จึงจะต้องทำการวิเคราะห์โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบ ดังในรูปที่ ช.3 (ภาคผนวก ช) โดยจากการพิจารณาพบว่า วิธีการ ครอสโอเวอร์แบบ PBX และความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่ 0.9 จะให้ค่าเฉลี่ยของเวลาในการปรับตั้งต่ำกว่าระดับปัจจัยอื่น ดังนั้นจึงเลือกวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PBX และความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่ 0.9 เป็นพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับปัญหาตัวอย่างนี้

จากการวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการค้นหาคำตอบของวิธีเจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาตัวอย่าง 20 ผลิตภัณฑ์ สามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับปัญหาตัวอย่างนี้ได้คือ

1) ประชากร ใช้จำนวนประชากร 30 ประชากร
2) จำนวนเจนเนอเรชัน ใช้จำนวนเจนเนอเรชัน 500 เจนเนอเรชัน
3) วิธีการคัดเลือกสตริงคำตอบ ใช้วิธีการแบบ Roulette Wheel Selection
4) วิธีการครอสโอเวอร์ ใช้วิธีการครอสโอเวอร์แบบ Position-Base Crossover (PBX)
5) วิธีการมิวเตชัน ใช้วิธีการแบบ Inversion Mutation
6) ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ ใช้ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.9
7) ความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน ใช้ความน่าจะเป็นในการมิวเตชันเท่ากับ 0.4

7.3.3 การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 30 ผลิตภัณฑ์

ในการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับปัญหาตัวอย่าง 30 ผลิตภัณฑ์ ในขั้นตอนแรกจะทำการวิเคราะห์ว่าปัจจัยใดที่มีผลต่อการหาคำตอบของวิธีเจนเนติกอัลกอริ

ทีม โดยใช้โปรแกรม MiniTab ในการทดสอบ ANOVA แล้วจึงทำการวิเคราะห์ว่าระดับปัจจัยใดที่มีความแตกต่างกับระดับปัจจัยอื่นๆ จากการวิเคราะห์ LSD โดยใช้โปรแกรม MiniTab เช่นเดียวกัน และจะทำการเลือกค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากระดับปัจจัย และผลกระทบระหว่างปัจจัยร่วม ตามที่ได้กล่าวข้างต้น ซึ่งมีรายละเอียดในการวิเคราะห์ดังนี้

7.3.3.1 ใช้ค่า เวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวม เป็นค่าตอบสนอง

ในขั้นแรกจะใช้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวม เป็นค่าตอบสนองในการวิเคราะห์เลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสม หากในขั้นตอนนี้ยังไม่สามารถหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมทั้งหมดได้ ก็จะนำลำดับที่ของเจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบมาเป็นค่าตอบสนองในการวิเคราะห์ขั้นต่อไป

1) *การวิเคราะห์ด้วย ANOVA*

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MiniTab จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 7.16

ตารางที่ 7.16 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 30 ผลิต เมื่อใช้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวม เป็นค่าตอบสนอง*

Analysis of Variance for Time, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Pop size	**2**	**2290691**	**2290691**	**1145346**	**592.79**	**0.000**
Pc	**2**	**57450**	**57450**	**28725**	**14.87**	**0.000**
Pm	**3**	**329719**	**329719**	**109906**	**56.88**	**0.000**
Stype	**1**	**44158224**	**44158224**	**44158224**	**2.3E+04**	**0.000**
Ctype	**4**	**509029**	**509029**	**127257**	**65.86**	**0.000**
Mtype	**3**	**414829**	**414829**	**138276**	**71.57**	**0.000**
Pop size*Pc	4	16204	16204	4051	2.10	0.079
Pop size*Pm	**6**	**32620**	**32620**	**5437**	**2.81**	**0.010**
Pop size*Stype	**2**	**159420**	**159420**	**79710**	**41.25**	**0.000**
Pop size*Ctype	**8**	**72733**	**72733**	**9092**	**4.71**	**0.000**
Pop size*Mtype	**6**	**32078**	**32078**	**5346**	**2.77**	**0.011**
Pc*Pm	6	10552	10552	1759	0.91	0.486
Pc*Stype	2	718	718	359	0.19	0.830
Pc*Ctype	8	8790	8790	1099	0.57	0.804
Pc*Mtype	6	13028	13028	2171	1.12	0.346
Pm*Stype	**3**	**27900**	**27900**	**9300**	**4.81**	**0.002**
Pm*Ctype	**12**	**93783**	**93783**	**7815**	**4.04**	**0.000**
Pm*Mtype	9	12613	12613	1401	0.73	0.686
Stype*Ctype	**4**	**158695**	**158695**	**39674**	**20.53**	**0.000**
Stype*Mtype	**3**	**52422**	**52422**	**17474**	**9.04**	**0.000**
Ctype*Mtype	**12**	**142256**	**142256**	**11855**	**6.14**	**0.000**
Error	2773	5357831	5357831	1932		
Total	2879	53951585				

จากตารางที่ 7.16 ผลการวิเคราะห์ ANOVA พบว่าจำนวนประชากร วิธีการคัดเลือกสตริงคำตอบ วิธีการครอสโอเวอร์ วิธีการมิวเตชัน ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์และความน่าจะเป็นในการมิวเตชันมีผลต่อค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรที่ได้อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ α=0.05 และมีผลเนื่องจาก Interaction ของ *Pop size*Stype Pop size*Ctype Pop size*Mtype Pop size*Pm Stype*Ctype Stype*Mtype Ctype*Mtype Pm*Stype* และ *Pm*Ctype*

2) *การวิเคราะห์ Least Significant Difference*

จากการวิเคราะห์ด้วย ANOVA จะได้ปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการค้นหาคำตอบของวิธีการเจนเนติกอัลกอริทึม จากปัจจัยต่างๆเหล่านี้ จะนำมาทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD เพื่อหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่จะเป็นพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึมโดยจะได้พารามิเตอร์ต่างๆดังนี้

ก. จำนวนประชากร

จำนวนประชากรของทั้ง 3 ระดับ จะมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยที่จำนวนประชากร 30 ประชากร จะให้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมต่ำกว่าจำนวนประชากรขนาดอื่นอย่างมีนัยสำคัญ จึงเลือกจำนวนประชากร 30 ประชากร เป็นพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัล กอริทึมในปัญหาตัวอย่างนี้

ข. วิธีการคัดเลือกสตริงคำตอบ

วิธีการคัดเลือกสตริงคำตอบทั้ง 2 วิธี จะมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยที่วิธีการคัดเลือกสตริงคำตอบแบบ Roulette Wheel Selection จะให้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมต่ำกว่าวิธีการคัดเลือกสตริงคำตอบแบบ Tournament Selection อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงเลือกวิธีการคัดเลือกสตริงคำตอบแบบ Roulette Wheel Selection เป็นพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาตัวอย่างนี้

ค. วิธีการครอสโอเวอร์

วิธีการครอสโอเวอร์ทั้ง 5 วิธี โดยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ Order Crossover (OX) และ Position-Base Method (PBX) จะให้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมต่ำกว่าวิธีการครอสโอเวอร์แบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญ แต่เนื่องจาก วิธีการครอสโอเวอร์ มี Interaction กับปัจจัยอื่นๆ จึงพิจารณาเลือกวิธีการครอสโอเวอร์จาก Interaction ของวิธีการครอสโอเวอร์ในข้อ ช.

ง. วิธีการมิวเตชัน

วิธีการมิวเตชันทั้ง 4 วิธี มีความแตกต่างอย่างชัดเจน โดยที่วิธีการมิวเตชันแบบ Inversion จะให้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมต่ำกว่าวิธีการมิวเตชันแบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงเลือกวิธีการมิวเตชันแบบ Inversion เป็นพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาตัวอย่างนี้

จ. ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์

ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ทั้ง 3 ระดับ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และเนื่องจาก Pc ไม่มี Interaction กับปัจจัยอื่นๆ จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าค่า Pc ที่เหมาะสมสำหรับปัญหานี้จะเป็น Pc ที่ระดับเท่าใด ดังนั้นจึงนำ Pc ทุกระดับปัจจัย ไปวิเคราะห์ผลโดยใช้ค่าของลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

ฉ. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน

ความน่าจะเป็นในการมิวเตชันทั้ง 4 ระดับ มีความแตกต่างอย่างชัดเจน โดยที่ Pm = 0.4 จะให้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมต่ำกว่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชันแบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงเลือก Pm = 0.4 เป็นพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาตัวอย่างนี้

ช. Interaction ของวิธีการครอสโอเวอร์

เนื่องจากวิธีการครอสโอเวอร์มี Interaction กับปัจจัยอื่นๆ ซึ่งได้แก่ *Pop size*Ctype, Stype*Ctype, Ctype*Mtype* และ *Pm*Ctype* ดังนั้นจึงใช้ Interaction Plot ของ *Pop size*Ctype, Stype*Ctype, Ctype*Mtype* และ *Pm*Ctype* เป็นตัวช่วยในการตัดสินใจเลือกวิธีการครอสโอเวอร์ ดังรูปที่ ช.6 ในภาคผนวก ช

- *Pop size*Ctype* จาก ข้อ ก. ได้เลือกจำนวนของประชากรเท่ากับ 30 ประชากร เมื่อ Fixed จำนวนของประชากรเท่ากับ 30 ประชากร และดูจาก Interaction Plot วิธีการครอสโอเวอร์ที่ให้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมต่ำที่สุดคือ วิธีการครอสโอเวอร์แบบ PBX
- *Stype*Ctype* จาก ข้อ ข. ได้เลือกวิธีการคัดเลือกสตริงคำตอบแบบ Roulette Wheel Selection เมื่อ Fixed วิธีการคัดเลือกสตริงคำตอบเป็น Roulette Wheel Selection และดูจาก Interaction Plot วิธีการครอสโอเวอร์ที่ให้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมต่ำที่สุดคือ วิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX
- *Ctype*Mtype* จาก ข้อ ง. ได้เลือกวิธีการมิวเตชันคือ Inversion เมื่อ Fixed วิธีการมิวเตชันแบบ Inversion และดูจาก Interaction Plot จะพบว่า วิธีการครอสโอเวอร์ที่ให้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมต่ำที่สุดคือ วิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX
- *Pm*Ctype* จาก ข้อ จ. ได้เลือกความน่าจะเป็นในการมิวเตชันเท่ากับ 0.4 เมื่อ Fixed ความน่าจะเป็นในการมิวเตชันให้เท่ากับ 0.4 และดูจาก Interaction Plot จะพบว่า วิธีการครอสโอเวอร์ที่ให้ค่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมต่ำที่สุดวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PBX

จาก Interaction Plot ของ Interaction ต่างๆ ไม่สามารถบอกได้แน่ชัดว่าวิธีการใดดีกว่ากัน ดังนั้นจึงนำวิธีการทั้ง 2 วิธี ไปวิเคราะห์ผลโดยใช้ค่าของลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.3.3.2 ใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง

จากในขั้นแรกที่ใช้ค่าเวลาเฉลี่ยของการปรับตั้งเครื่องจักรรวมเป็นค่าตอบสนองในการวิเคราะห์เลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ปรากฏว่าได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากการพิจารณาระดับของปัจจัยต่างๆ และผลกระทบระหว่างปัจจัยร่วม ได้แก่

1. จำนวนประชากรเท่ากับ 30 ประชากร
2. วิธีการคัดเลือกสตริงคำตอบใช้ Roulette
3. วิธีการครอสโอเวอร์ใช้ OX หรือ PBX
4. วิธีการมิวเตชันใช้ Inversion
5. ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่ทุกระดับปัจจัย (0.7 0.8 0.9)
6. ความน่าจะเป็นในการมิวเตชันเท่ากับ 0.4

เนื่องจากไม่สามารถหาพารามิเตอร์เหมาะสมเพียงค่าเดียวของวิธีการครอสโอเวอร์และความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ได้จากการใช้เวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งรวมเป็นค่าตอบสนอง จึงได้นำวิธีการครอสโอเวอร์และความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์มาวิเคราะห์ขั้นที่ 2 โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบมาเป็นค่าตอบสนอง

1) การวิเคราะห์ ANOVA

ในการวิเคราะห์ขั้นแรก สามารถเลือกพารามิเตอร์สำหรับปัญหาตัวอย่างนี้ได้ครบทุกตัว ยกเว้น วิธีการในการครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ เนื่องจากในการวิเคราะห์ขั้นแรกมีวิธีการครอสโอเวอร์ 2 วิธี คือ วิธีการครอสโอเวอร์แบบ Order Crossover (OX) และ Position-Base Method (PBX) เป็นวิธีที่เหมาะสม และความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ก็เหมาะสมทุกระดับปัจจัย ดังนั้นจึงต้องทำการเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพียงพารามิเตอร์เดียว เพื่อใช้ในวิธีเจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหานี้ โดยจะใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง ซึ่งจะพิจารณาเพียงแต่ลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนองของระดับปัจจัยที่ยังไม่สามารถหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ ดังนั้นจึงตัดระดับปัจจัยอื่นออกและใช้ข้อมูลจากระดับปัจจัยข้างต้นมาพิจารณา

ตารางที่ 7.17 *ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 30 ผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง*

Analysis of Variance for Gen., using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Pc	2	31650	31650	15825	0.32	0.736
Ctype	1	418880	418880	418880	8.54	0.027
Pc*Ctype	2	480021	480021	240010	4.89	0.055
Error	6	294356	294356	49059		
Total	11	1224907				

จากตารางที่ 7.17 พบว่าวิธีการครอสโอเวอร์มีผลต่อลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ α=0.05 จึงนำไปทำการวิเคราะห์ LSD เพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมต่อไป ส่วนความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ไม่มีผลต่อลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ α=0.05 จึงไม่จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ LSD เพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

2) การวิเคราะห์ Least Significant Difference

จากการวิเคราะห์ด้วย ANOVA ของวิธีการครอสโอเวอร์โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง ดังตารางที่ 7.18

ตารางที่ 7.18 *ผลการวิเคราะห์ LSD ของปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 30 ผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง*

Analysis of Variance for Gen.

Source	DF	SS	MS	F	P
Ctype	1	418880	418880	5.20	0.046
Error	10	806027	80603		
Total	11	1224907			

จากตารางที่ 7.18 จะได้ว่าวิธีการครอสโอเวอร์มีผลต่อลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญ จากนั้นนำมาทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี LSD เพื่อหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่จะเป็นพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึมโดยจะได้พารามิเตอร์ดังนี้

ก. วิธีการครอสโอเวอร์

จากการวิเคราะห์ในขั้นแรกจะได้วิธีการครอสโอเวอร์ 2 วิธีคือ OX และ PBX ซึ่งวิธีการครอสโอเวอร์ทั้ง 2 โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง จะมีความแตกต่างอย่างชัดเจน โดยที่วิธีการครอสโอเวอร์แบบ PBX จะให้ลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบน้อยกว่าวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงเลือกวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PBX เป็นพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาตัวอย่างนี้ ดังรูปที่ 7.4

รูปที่ 7.4 การวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธี LSD

```
Individual 95% CIs For Mean
                                    Based on Pooled StDev
Level       N      Mean     StDev  ------+---------+---------+---------+
OX          6     750.3     276.1                  (---------*---------)
PBX         6     376.7     291.5   (---------*---------)
                                    ------+---------+---------+---------+
Pooled StDev =    283.9               250       500       750      1000

Fisher's pairwise comparisons

    Family error rate = 0.0500
Individual error rate = 0.0500

Critical value = 2.228

Intervals for (column level mean) - (row level mean)

                  OX

       PBX         8
                 739
```

7.3.3.3 พิจารณาจากค่าเฉลี่ยของเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร และค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบ

จากขั้นตอนในการวิเคราะห์ทั้ง 2 ขั้นตอน ไม่สามารถที่จะสรุปค่าของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่เหมาะสมสำหรับปัญหานี้ได้ ดังนั้นจึงเลือกพารามิเตอร์นี้โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรและค่าเฉลี่ยของลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบ ดังในรูปที่ ช.5 (ภาคผนวก ช) ซึ่งจะพบว่าที่ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์มีค่าเท่ากับ 0.9 เป็นความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่สามารถให้เวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมน้อยที่สุด

จากการวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการค้นหาคำตอบของวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม สำหรับปัญหาตัวอย่าง 30 ผลิตภัณฑ์ สามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับปัญหาตัวอย่างนี้ได้คือ

1) ประชากร ใช้จำนวนประชากร 30 ประชากร
2) จำนวนเจนเนอเรชัน ใช้จำนวนเจนเนอเรชัน 1000 เจนเนอเรชัน
3) วิธีการคัดเลือกสตริงคำตอบ ใช้วิธีการแบบ Roulette Wheel Selection
4) วิธีการครอสโอเวอร์ ใช้วิธีการครอสโอเวอร์แบบ Position-Base Crossover (PBX)
5) วิธีการมิวเตชัน ใช้วิธีการแบบ Inversion Mutation
6) ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ ใช้ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.9
7) ความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน ใช้ความน่าจะเป็นในการมิวเตชันเท่ากับ 0.4

จากขั้นตอนของการวิเคราะห์การทดลอง จะสามารถหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการแก้ไขปัญหาในลักษณะนี้ได้อย่างคร่าวๆ ตามขนาดของปัญหาต่างๆ ดังหัวข้อต่อไป

7.4 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองและวิเคราะห์ผลด้วย ANOVA และ Least Significant Difference (LSD) ที่ช่วงความเชื่อมั่น 0.95 ได้ผลดังตารางที่ 7.19 ปัญหาตัวอย่างแต่ละปัญหาจะมีพารามิเตอร์ที่เหมาะสมแตกต่างกันโดยที่ปัญหาผลิตภัณฑ์ 10 20 และ 30 ผลิตภัณฑ์จะมีพารามิเตอร์ต่างๆ คือ จำนวนประชากร 20 30 และ 30 จำนวนเจนเนอเรชันสูงสุดที่ใช้ 300 500 และ 1,000 เจนเนอเรชันและวิธีการครอสโอเวอร์ OX PBX และ PBX ตามลำดับ ส่วนพารามิเตอร์ที่เหมือนกันคือ วิธีการคัดเลือกสตริงคำตอบคือ Roulette Wheel Selection วิธีการมิวเตชันคือ Inversion ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์คือ 0.9 และความน่าจะเป็นในการมิวเตชันคือ 0.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.19 ผลการทดสอบพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึม

ขนาดของปัญหา	ปัจจัยมีผล (จากANOVA)	ค่าที่เหมาะสมอย่างมีนัยสำคัญ (จาก LSD)		วิเคราะห์โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ย
		เมื่อใช้ค่าวัตถุประสงค์เป็นค่าตอบสนอง	เมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง	
10 ผลิตภัณฑ์	Pop size	20	-	-
	P_c	ไม่มีความแตกต่าง	ไม่มีความแตกต่าง	-
	P_m	0.4	-	-
	Select types	Roulette wheel	-	-
	Crossover types	OX	-	-
	Mutation types	Inversion	-	-
20 ผลิตภัณฑ์	Pop size	30	-	-
	P_c	ไม่มีความแตกต่าง	ไม่มีความแตกต่าง	0.9
	P_m	0.4	-	-
	Select types	Roulette wheel	-	-
	Crossover types	OX และ PBX	ไม่มีความแตกต่าง	PBX
	Mutation types	Inversion	-	-
30 ผลิตภัณฑ์	Pop size	30	-	-
	P_c	ไม่มีความแตกต่าง	ไม่มีความแตกต่าง	0.9
	P_m	0.4	-	-
	Select types	Roulette wheel	-	-
	Crossover types	OX และ PBX	PBX	-
	Mutation types	Inversion	-	-

หมายเหตุ - คือไม่มีความจำเป็นที่จะต้องวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้

7.5 สรุปท้ายบท

การทดสอบพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องของวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม ทำขึ้นเพื่อตรวจสอบดูว่าพารามิเตอร์ตัวใดที่มีผลต่อความสามารถในการหาคำตอบ และเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นแนวทางในการนำวิธีการเจนเนติกอัลกอริทึมไปใช้แก้ปัญหาจริง การทดลองทั้งหมดแบ่งเป็น 3 การทดลองตามขนาดของปัญหาตัวอย่างที่นำมาใช้ ซึ่งประกอบด้วยปัญหาตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ 10 20 และ 30 ผลิตภัณฑ์ การทดลองที่ใช้เป็นแบบ Full Factorial Design ซึ่งใช้ค่าวัตถุประสงค์ที่สนใจอันได้แก่ ค่าของเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวม แต่ในกรณีที่ไม่สามารถหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ ให้ทำการทดสอบอีกครั้งโดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนองแทน หากยังไม่สามารถที่จะหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับปัญหานั้นๆได้อีก ก็จะใช้ค่าเฉลี่ยของเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรรวม

และลำดับของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบของแต่ระดับปัจจัยเป็นส่วนช่วยในการพิจารณาเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ปัจจัยที่พิจารณาในการทำ Full Factorial Design คือ จำนวนประชากร วิธีการคัดเลือกสตริงคำตอบ วิธีการครอสโอเวอร์ วิธีการมิวเตชัน ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน จำนวนทำซ้ำของการทดลองเท่ากับ 2 ดังนั้นในแต่ละการทดลองจะมีทั้งหมด 2,880 Treatment Combination

ผลการทดสอบและวิเคราะห์ด้วย ANOVA และ Least Significant Difference (LSD) ที่ช่วงความเชื่อมั่น 0.95 จะได้ว่าพารามิเตอร์ที่มีผลคือ จำนวนประชากร วิธีการคัดเลือกสตริงคำตอบ วิธีการครอสโอเวอร์ วิธีการมิวเตชัน ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน ในการทดสอบจะได้ค่าพารามิเตอร์หลายตัวที่ให้คำตอบที่ดีพอๆกันและเป็นคำตอบที่ดีที่สุด แสดงให้เห็นว่าช่วงของค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นช่วงที่ยอมรับได้ และสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการกำหนดพารามิเตอร์ในการใช้งานจริงได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย