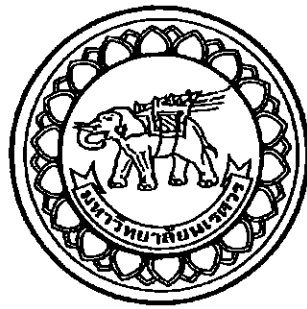


ฉบับพิมพ์แรก



การวางแผนเส้นทางการขนถ่ายวัสดุ
สำหรับการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว

PLANNING OF MATERIAL HANDLING ROUTE FOR MULTI-ROW
MACHINE LAYOUT



นางสาวพิชฎะภรณ์ ไชยสิทธิ์ปัญญา รหัส 55366019
นายณพพร ไชยะ รหัส 55366194

1723834

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
วันที่ลงทะเบียน 17 ส.ค. 2561
เลขทะเบียน 17238344
เลขเรียกหนังสือ 55

พ 639 ก
2558

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
ปีการศึกษา 2558




ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

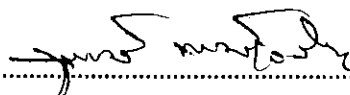
ชื่อหัวข้อโครงการ การวางแผนเส้นทางการขนถ่ายวัสดุสำหรับการจัดเรียงเครื่องจักรแบบ
หลายแถว

ผู้ดำเนินโครงการ นางสาวพิชฎะภรณ์ ไชยสิทธิ์ปัญญา รหัส 55366019
นายนพพร ไชยะ รหัส 55366194

ที่ปรึกษาโครงการ ผศ.ศรีสัจจา วิทยศักดิ์
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม
ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2558

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม


.....ที่ปรึกษาโครงการ
(ผศ.ศรีสัจจา วิทยศักดิ์)


.....กรรมการ
(ผศ.ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ)


.....กรรมการ
(ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง)

ชื่อหัวข้อโครงการ	การวางแผนเส้นทางการขนถ่ายวัสดุสำหรับการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว		
ผู้ดำเนินโครงการ	นางสาวพิชญะภรณ์	ไชยสิทธิ์ปัญญา	รหัส 55366019
	นายนพพร	ไชยะ	รหัส 55366194
ที่ปรึกษาโครงการ	ผศ.ศรีสัจจา วิทยศักดิ์		
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ปีการศึกษา	2558		

บทคัดย่อ

การวางแผนเส้นทางการขนถ่ายวัสดุให้เหมาะสมกับผังการจัดเรียงเครื่องจักร จะช่วยลดระยะทางการขนถ่ายวัสดุ และเวลาการผลิต ซึ่งจะนำไปสู่การผลิตที่มีประสิทธิภาพ ต้นทุนการขนถ่ายวัสดุเป็นส่วนหนึ่งของต้นทุนการผลิต ระยะเวลาการขนถ่ายวัสดุที่ลดลงจึงส่งผลให้ต้นทุนการผลิตลดลง เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรจะเพิ่มขึ้นแบบเอ็กโพเนนเชียลตามขนาดของปัญหา ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรจึงเป็น Non-Deterministic Polynomial-Time Hard Problem โครงการนี้จึงทำการประยุกต์ใช้วิธีเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm: GA) ในการการวางแผนเส้นทางการขนถ่ายวัสดุ ให้มีระยะทางการขนถ่ายวัสดุที่สั้นที่สุด (Minimize Total Material Handling Distance) และทำการศึกษาค่าพารามิเตอร์ GA ที่เหมาะสมสำหรับปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักร ในการดำเนินโครงการนี้ใช้ชุดปัญหาทดสอบจำนวน 4 ชุด ที่มีความแตกต่างกันด้านข้อมูลของเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ จำนวนประเภทของผลิตภัณฑ์ และลำดับการผลิต

ผลจากการดำเนินโครงการพบว่า การเปลี่ยนแปลงรูปแบบเส้นทางการขนถ่ายวัสดุ มีผลต่อระยะทางการขนถ่ายวัสดุ การเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ GA ซึ่งประกอบด้วย ค่าของจำนวนประชากร/จำนวนรุ่น การสลับสายพันธุ์และการกลายพันธุ์ ซึ่งมีผลต่อระยะทางการขนถ่ายวัสดุ ค่าพารามิเตอร์ GA ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละชุดข้อมูลจึงมีความแตกต่างกัน การค้นหาเส้นทางการขนถ่ายวัสดุที่เหมาะสมจึงควรใช้ค่าพารามิเตอร์ GA ให้เหมาะสมกับชุดปัญหาทดสอบ

Project title PLANNING OF MATERIAL HANDLING ROUTE FOR MULTI – ROW
MACHINE LAYOUT

Name Ms. Pitchayaporn Chaisitpanya ID. 55366019
Mr. Nopporn Chaiya ID. 55366194

Project advisor Miss Srisatja Vitayasak

Major Industrial Engineering

Department Industrial Engineering

Academic year 2015

Abstract

Planning of material handling route for machine layout can reduce material handling distance and production time that has resulted in effective production. Material handling cost is a part of production cost. Shorter material handling distances lead to lower production cost. The computational time required to produce solutions of machine layout increases exponentially with problem size. The machine layout problem is a non-deterministic polynomial-time hard problem. The objectives of this work are to apply the Genetic Algorithm (GA) for planning material handling route aiming to minimize total material handling distances, and to investigate the appropriate GA parameter setting for machine layout problems. Experiments were conducted using four benchmark datasets obtained from the literature.

The computational results showed that the material handling routes affected material handling distances. The GA parameters including a combination of population size and number of generations, crossover probability, and mutation probability had effected to material handling distances. The appropriate GA parameter setting for each dataset were different, so the effective solution was obtained from the optimized GA parameters.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ดำเนินโครงการขอกราบขอบพระคุณท่าน ผศ.ศรีสัจจา วิทยศักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปริญญานิพนธ์ที่ได้สละเวลาให้ความรู้ คำปรึกษาและคำแนะนำที่ดี ตลอดจนตรวจแก้ไข
ข้อบกพร่องของปริญญานิพนธ์นี้จนเสร็จสมบูรณ์ลงด้วยดี

ขอขอบพระคุณหัวหน้าภาควิชา คณาจารย์ และบุคลากรภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุก
ท่านที่เสียสละเวลา เอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในการทำ
ปริญญานิพนธ์ครั้งนี้จนลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ ที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ
ลุล่วงไปได้ด้วยดี

ท้ายสุดนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาที่ให้โอกาสทางการศึกษาคอยสนับสนุนทั้งด้าน
กำลังทรัพย์ และเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมาจนประสบความสำเร็จ



คณะผู้ดำเนินโครงการ
พิชฎะภรณ์ ไชยสิทธิ์ปัญญา
นพพร ไชยยะ
เมษายน 2559

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อ.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (Abstract).....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ซ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output).....	1
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome).....	2
1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงการ.....	2
1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงการ.....	3
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ.....	3
1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงการ.....	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น.....	4
2.1 ความหมายและวัตถุประสงค์ของการวางแผนโรงงาน.....	4
2.2 ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น (Flexible Manufacturing System : FMS).....	4
2.3 วิธีการแก้ปัญหาในการหาค่าคำตอบที่ดีที่สุด (Optimization Algorithms).....	7
2.4 เจนเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms).....	8
2.5 การตั้งค่าพารามิเตอร์ (Parameter Setting).....	13
2.6 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DOE).....	13
2.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA).....	14
2.8 โปรแกรมภาษา Tcl / Tk.....	15
2.9 โครงการที่เกี่ยวข้อง.....	16
บทที่ 3 วิธีดำเนินการ.....	17
3.1 ขั้นตอนการดำเนินการ.....	17

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.1.1 ศึกษาปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักร.....	18
3.1.2 รูปแบบการจัดเรียงเครื่องจักรที่นำมาเป็นกรณีศึกษา	20
3.1.3 ศึกษาโครงสร้างการทำงานของ GA	24
3.1.4 ศึกษาวิธีการสลับสายพันซ์และค่าพารามิเตอร์.....	24
3.1.5 การประยุกต์ใช้เงินเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักร ในระบบผลิตแบบยืดหยุ่น	25
3.1.6 การพัฒนาโปรแกรมเพื่อนำ GA มาใช้หาลำดับการจัดเรียงเครื่องจักร	28
3.1.7 การทดสอบและแก้ไขโปรแกรม	29
3.1.8 การทดสอบโปรแกรมเพื่อศึกษาผลของการสลับสายพันซ์ (Crossover) และการกำหนดค่าพารามิเตอร์	29
3.1.9 การสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	30
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์	31
4.1 ผลการพัฒนาโปรแกรมเพื่อนำ GA มาใช้หาลำดับการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบ การผลิตแบบยืดหยุ่น (Flexible Manufacturing System : FMS).....	31
4.2 ผลการเปรียบเทียบระยะเวลาทางการขนถ่ายวัสดุ.....	35
4.3 ผลการออกแบบการทดลองเพื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์	35
4.4 อภิปรายต้นทุนของเส้นทางการเดินรถ AGV	61
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	62
5.1 สรุปผลการทดลอง	62
5.2 ข้อเสนอแนะ	63
เอกสารอ้างอิง.....	64
ภาคผนวก.....	65
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ	76

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน.....	3
2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 3 ตัวแปร แบบ Fixed Effect Model.....	15
3.1 แสดงข้อมูลจำนวนเครื่องจักร และจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในโรงงาน	18
3.2 แสดงลำดับความต้องการของเครื่องจักรในการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท	19
3.3 แสดงปัจจัยและระดับของการทดลอง	28
4.1 แสดงระยะทางเวลาที่ใช้ในการรันโปรแกรมแต่ละชุดข้อมูล	35
4.2 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลชุดที่ 1 การวิ่ง AGV กรณีที่ 1	36
4.3 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลชุดที่ 2 การวิ่ง AGV กรณีที่ 1	39
4.4 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลชุดที่ 3 การวิ่ง AGV กรณีที่ 1	42
4.5 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลชุดที่ 4 การวิ่ง AGV กรณีที่ 1	45
4.6 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลชุดที่ 1 การวิ่ง AGV กรณีที่ 2	48
4.7 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลชุดที่ 2 การวิ่ง AGV กรณีที่ 2	51
4.8 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลชุดที่ 3 การวิ่ง AGV กรณีที่ 2	54
4.9 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลชุดที่ 4 การวิ่ง AGV กรณีที่ 2	57
4.10 แสดงผลการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม	60
4.11 แสดงค่าเฉลี่ยระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV	61

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 แสดงการเคลื่อนของรถ AGV ในกรณีที่ 1	2
1.2 แสดงการเคลื่อนของรถ AGV ในกรณีที่ 2	2
2.1 ขอบเขตการใช้งานของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น.....	5
2.2 รูปแบบการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบ FMS ทั้ง 5 รูปแบบ.....	6
2.3 แผนภูมิสายงานแสดงกระบวนการเงินเนติกอัลกอริทึม	8
2.4 แสดงวิธีการสลับสายพันธุ์แบบ Enhance Edge Recombination (EERX).....	10
2.5 แสดงวิธีการกลายพันธุ์แบบ Two Operation Adjacent Swap Mutation (2OAS).....	10
2.6 กลไกการทำงานของ Elitist Selection	12
3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินโครงการ	18
3.2 เส้นทางการวิ่งของ AGV ที่วิ่งผ่านเครื่องจักรแบบ 2 แถว ในการศึกษากรณีที่ 1.....	20
3.3 เส้นทางการวิ่งของ AGV ที่วิ่งผ่านเครื่องจักรแบบ 3 แถว ในการศึกษากรณีที่ 1.....	20
3.4 เส้นทางการวิ่งของ AGV ที่วิ่งผ่านเครื่องจักรแบบ 4 แถว ในการศึกษากรณีที่ 1.....	20
3.5 เส้นทางการวิ่งของ AGV ที่วิ่งผ่านเครื่องจักรแบบ 5 แถว ในการศึกษากรณีที่ 1.....	21
3.6 เส้นทางการวิ่งของ AGV ที่วิ่งผ่านเครื่องจักรแบบ 6 แถว ในการศึกษากรณีที่ 1.....	21
3.7 เส้นทางการวิ่งของ AGV ที่วิ่งผ่านเครื่องจักรแบบ 2 แถว ในการศึกษากรณีที่ 2.....	22
3.8 เส้นทางการวิ่งของ AGV ที่วิ่งผ่านเครื่องจักรแบบ 3 แถว ในการศึกษากรณีที่ 2.....	22
3.9 เส้นทางการวิ่งของ AGV ที่วิ่งผ่านเครื่องจักรแบบ 4 แถว ในการศึกษากรณีที่ 2.....	23
3.10 เส้นทางการวิ่งของ AGV ที่วิ่งผ่านเครื่องจักรแบบ 5 แถว ในการศึกษากรณีที่ 2	23
3.11 เส้นทางการวิ่งของ AGV ที่วิ่งผ่านเครื่องจักรแบบ 6 แถว ในการศึกษากรณีที่ 2	24
3.12 แสดงรูปแบบโครโมโซม.....	25
3.13 แสดงลำดับการทำงานของโปรแกรม	27
4.1 แสดงหน้าจอหลักของโปรแกรม.....	31
4.2 แสดงการนำเข้าข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม.....	31
4.3 แสดงการเลือก Genetic Algorithm	32
4.4 แสดงหน้าต่างการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ	33
4.5 แสดงหน้าจอแสดงผล.....	34
4.6 แสดงผลการจัดเรียงเครื่องจักรแบบกราฟฟิค	34
4.7 แสดงกราฟการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) 3 แบบ ของข้อมูลชุดที่ 1 การวิ่งของ AGV กรณีที่ 1	37
4.8 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก ของข้อมูลชุดที่ 1 การวิ่งของ AGV กรณีที่ 1	38

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.9 แสดงกราฟการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) 3 แบบ ของข้อมูลชุดที่ 2 การวิ่งของ AGV กรณีที่ 1	40
4.10 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก ของข้อมูลชุดที่ 2 การวิ่งของ AGV กรณีที่ 1	41
4.11 แสดงกราฟการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) 3 แบบ ของข้อมูลชุดที่ 3 การวิ่งของ AGV กรณีที่ 1	43
4.12 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก ของข้อมูลชุดที่ 3 การวิ่งของ AGV ที่ กรณี 1	44
4.13 แสดงกราฟการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) 3 แบบ ของข้อมูลชุดที่ 4 การวิ่งของ AGV กรณีที่ 1	46
4.14 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก ของข้อมูลชุดที่ 4 การวิ่งของ AGV ที่ กรณี 1	47
4.15 แสดงกราฟการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) 3 แบบ ของข้อมูลชุดที่ 1 การวิ่งของ AGV กรณีที่ 2	49
4.16 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก ของข้อมูลชุดที่ 1 การวิ่งของ AGV กรณีที่ 2	50
4.17 แสดงกราฟการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) 3 แบบ ของข้อมูลชุดที่ 2 การวิ่งของ AGV กรณีที่ 2	52
4.18 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก ของข้อมูลชุดที่ 2 การวิ่งของ AGV กรณีที่ 2	53
4.19 แสดงกราฟการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) 3 แบบ ของข้อมูลชุดที่ 3 การวิ่งของ AGV กรณีที่ 2	55
4.20 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก ของข้อมูลชุดที่ 3 การวิ่งของ AGV กรณีที่ 2	56
4.21 แสดงกราฟการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) 3 แบบ ของข้อมูลชุดที่ 4 การวิ่งของ AGV กรณีที่ 2	58
4.22 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก ของข้อมูลชุดที่ 4 การวิ่งของ AGV กรณีที่ 2	59

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบันนี้โรงงานอุตสาหกรรมมีการเติบโตขึ้นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น เนื่องด้วยประเภทของอุตสาหกรรมที่มีสินค้าที่แตกต่างกันออกไปเป็นจำนวนมาก จึงทำให้การแข่งขันทางด้านการผลิตมีความสูงมากเช่นกัน และกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันออกไปตามลักษณะทางด้านความต้องการของลูกค้าทั้งด้านชนิดและปริมาณของสินค้าจึงทำให้โรงงานต้องมีการจัดวางผังโรงงานที่ดี ด้วยปัญหานี้จึงเลือกการผลิตแบบยืดหยุ่น (Flexible Manufacturing System) เข้ามาใช้เพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อให้ระบบแผนงานการผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากการผลิตแบบยืดหยุ่นจะเป็นตัวการที่ทำให้ระบบสามารถดัดแปลงตัวเองให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้ เช่น การเปลี่ยนแปลงปริมาณการผลิต การเปลี่ยนแปลงในด้านวิศวกรรมและการออกแบบ เป็นต้น ดังนั้นโรงงานจึงควรมีการจัดวางเครื่องจักรให้ดี เพื่อลดระยะทางในการขนส่ง ลดต้นทุนต่างๆที่จะเกิดขึ้นเกี่ยวกับการผลิต ใช้พื้นที่ที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุดเพื่อสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้า

ด้วยเหตุผลดังกล่าว เพื่อเป็นการตอบสนองวัตถุประสงค์ทางด้านกระบวนการผลิตจึงเป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้ผู้ศึกษามุ่งเน้นศึกษาถึงปัญหาเกี่ยวกับการจัดวางเครื่องจักรด้วยวิธีการผลิตแบบยืดหยุ่น และใช้รถขนส่งอัตโนมัติ (Automated Guided Vehicles : AGV) ที่เป็นเทคโนโลยีช่วยในการขนส่งเข้ามาแก้ปัญหา โดยใช้ศาสตร์หนึ่งทางวิทยาการคอมพิวเตอร์ประยุกต์เข้ากับความรู้ด้านวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อหารูปแบบการจัดวางเครื่องจักรให้มีระยะการขนถ่ายชิ้นงานระหว่างเครื่องจักรสั้นที่สุด ง่ายต่อการขนส่งชิ้นงานภายในโรงงานโดยใช้รถขนส่ง AGV

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อจัดวางเครื่องจักรให้มีระยะทางการขนส่งชิ้นงานภายในโรงงานให้สั้นที่สุด โดยใช้รถ AGV ในการขนส่ง

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

โปรแกรมช่วยที่พิจารณาการจัดวางเครื่องจักร

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

สามารถแสดงผลการจัดวางเครื่องจักรที่เหมาะสม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาระยะการขนถ่ายชิ้นงานที่สั้นที่สุด

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงการ

1.5.1 ข้อมูลจากการทดลองอ้างอิง Nearchou, (2005)

1.5.2 ไม่พิจารณาลำดับการใช้เครื่องจักร

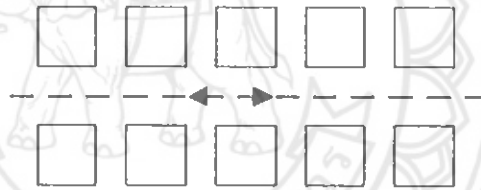
1.5.3 ไม่พิจารณาเวลาที่ใช้ในการขนส่งชิ้นงาน

1.5.4 การขนถ่ายวัสดุเป็นการขนถ่ายแบบอัตโนมัติ (Automated Guided Vehicles : AGV) เดินทางเป็นเส้นตรง จากซ้ายไปขวาหรือจากขวาไปซ้าย และจากบนลงล่างหรือจากล่างขึ้นบน

1.5.5 เครื่องจักรทุกเครื่องมีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก (Rectangular Shapes)

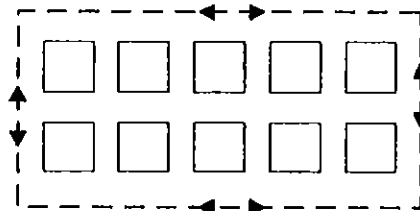
1.5.6 เครื่องจักรมีการจัดเรียงแบบหลายแถว (Multiple Rows Layout)

1.5.7 กรณีที่ 1 กำหนดให้เส้นทางการเคลื่อนของรถ AGV อยู่ระหว่างเครื่องจักรที่สามารถทำงานได้ทั้งสองข้าง ดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แสดงการเคลื่อนของรถ AGV ในกรณีที่ 1

1.5.8 กรณีที่ 2 กำหนดให้เส้นทางการเคลื่อนของรถ AGV อยู่เส้นรอบนอกของเครื่องจักรและมีเส้นทางข้างในเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่สมบูรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 แสดงการเคลื่อนของรถ AGV ในกรณีที่ 2

1.5.9 ใช้เงินเนติกอัลกอริทึม การสลับสายพันธุ์ คือ EERX และการกลายพันธุ์ คือ 2OAX

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงการ

1.6.1 ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.6.2 หอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ

ตั้งแต่เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2558 ถึง เมษายน พ.ศ. 2559

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงการ

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงการ

	การดำเนินโครงการ	ช่วงเวลา								
		ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	ท.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1.8.1	ศึกษาปัญหาเพื่อนำมาใช้เป็นกรณีศึกษา	←→								
1.8.2	ศึกษาและรวบรวมข้อมูลการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบผลิตแบบยืดหยุ่น		←→							
1.8.3	ศึกษากระบวนการทำงาน เจนเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm : GA)			←→						
1.8.4	พัฒนาโปรแกรมเพื่อนำ GA มาหาวิธีการจัดวางเครื่องจักร				←→					
1.8.5	ทดสอบและแก้ไขโปรแกรม					←→				
1.8.6	สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ							←→		

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

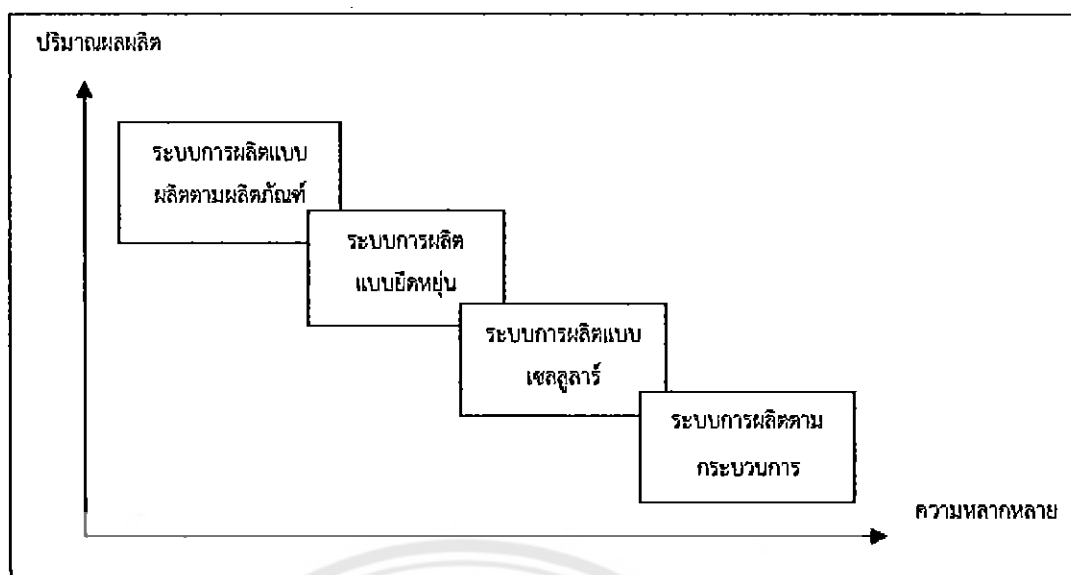
ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการและทฤษฎีการจัดเรียงเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นด้วยวิธีอัลกอริทึม

2.1 ความหมายและวัตถุประสงค์ของการวางผังโรงงาน

ผังโรงงานที่ดี คือ ผังโรงงานที่จะก่อให้เกิดการประสานงานระหว่างคน วัสดุ เครื่องจักร และองค์ประกอบส่งเสริมทางการผลิตต่างๆ ในโรงงาน โดยมีผลทำให้เกิดการประนีประนอมในระบบการผลิตที่ดีที่สุด ซึ่งการวางผังที่ดีจะต้องคำนึงถึง การเคลื่อนที่ระยะทางที่สั้นที่สุด การไหลของวัสดุสามารถผ่านเข้าไปในโรงงาน ส่งผ่านกระบวนการผลิตต่างๆ จนเป็นผลิตภัณฑ์โดยใช้เวลาน้อยที่สุด การใช้พื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ จัดการพื้นที่ตามหลักเศรษฐศาสตร์ควรจะต้องยึดหลักการใช้พื้นที่แนวราบและแนวตั้งให้มากที่สุด ผังโรงงานมีความยืดหยุ่น สามารถปรับและจัดใหม่โดยเพิ่มค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด และสะดวกต่อการเปลี่ยนแปลง สุดท้ายนี้คือจะต้องมีความปลอดภัยและมีสภาพแวดล้อมที่ดี

2.2 ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น (Flexible Manufacturing System : FMS)

ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น คือ การออกแบบระบบการผลิตแบบบูรณาการ การไหลของวัสดุ และการควบคุมตลอดจนการสื่อสารทางคอมพิวเตอร์ เพื่อพัฒนาการควบคุมการปฏิบัติงาน, ลดต้นทุน, ลดเวลา ลดค่าอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ รวมถึงค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์ด้วย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานของเครื่องจักร ลดพัสดุคงคลัง มีการพิจารณาเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงได้ ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นสามารถถูกนำมาใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจะเน้นการผลิตในระดับกลางและมีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ไม่มากนัก ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ขอบเขตการใช้งานของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น

ที่มา : ปารเมศ ชุตินา, (2554)

2.2.1 การจัดเรียงเครื่องจักรในระบบ FMS มี 5 รูปแบบดังนี้

2.2.1.1 จัดเรียงเครื่องจักรแบบแถวเดี่ยว (Single – Row Layout) ในแนวเส้นตรงที่มีระนาบของเครื่องจักรตรงกันตามแนวความยาวของโรงงาน

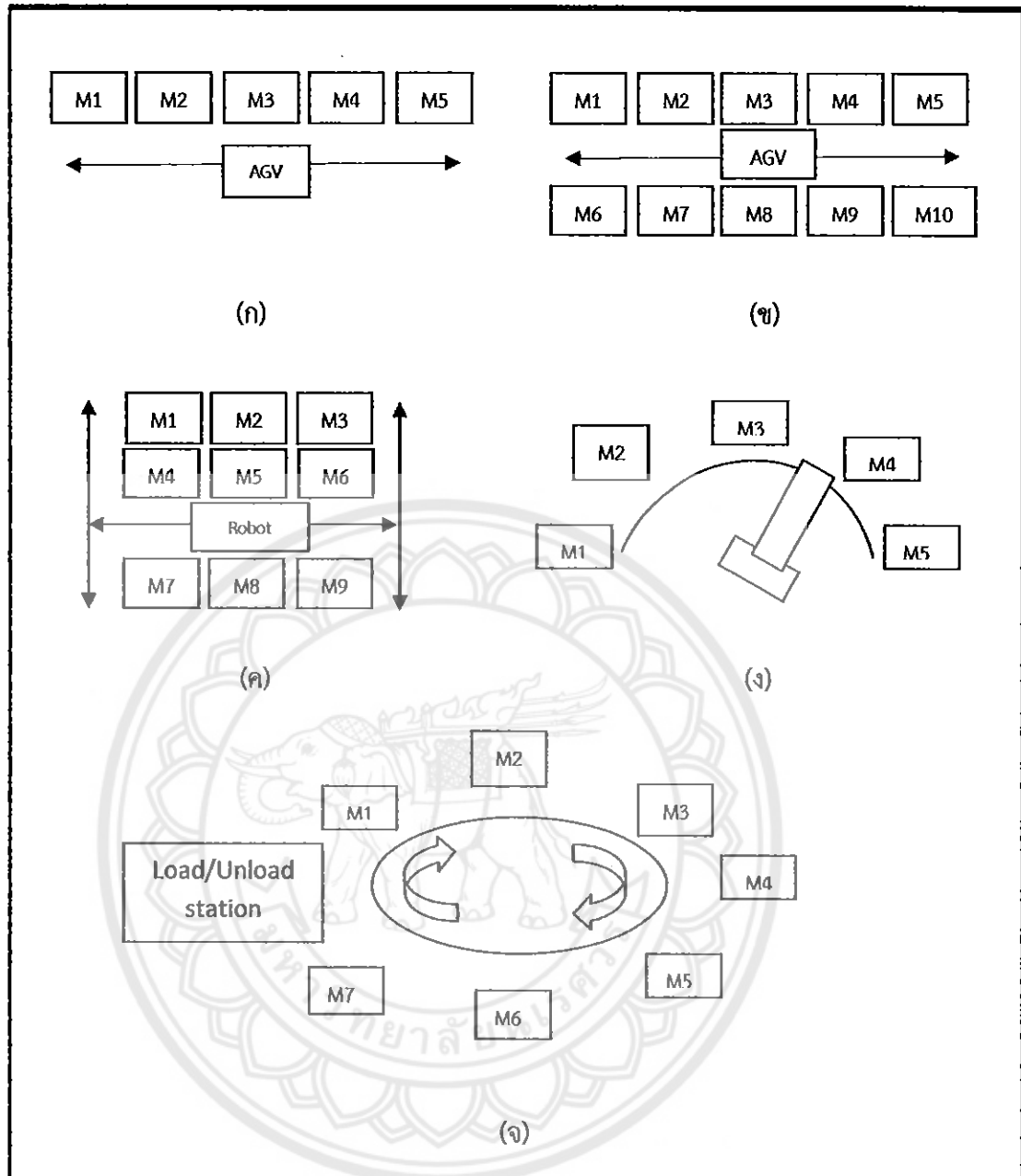
2.2.1.2 การจัดเรียงเครื่องจักรแบบสองแถว (Double – Row Layout)

2.2.1.3 การจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว (Multiple – Row Layout)

2.2.1.4 การจัดเรียงเครื่องจักรแบบครึ่งวงกลม (Semi – Circular)

2.2.1.5 การจัดเรียงเครื่องจักรแบบวงกลม (Closed Unidirectional Loop Layout)

ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 รูปแบบการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบ FMS ทั้ง 5 รูปแบบ

- (ก) Single – Row Layout
- (ข) Double – Row Layout
- (ค) Multiple – Row Layout
- (ง) Semi – Circular
- (จ) Closed Unidirectional Loop Layout

ที่มา : Nearchou, (2006)

2.2.2 ประโยชน์ของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น

2.2.2.1 ลดเวลาในการติดตั้งเครื่องจักร

2.2.2.2 ลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการเก็บวัสดุและสินค้าคงคลัง

2.2.2.3 ลดต้นทุนเนื่องจากการผลิตที่ผิดพลาด งานแก้ไข ซ่อมแซมหรือผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้

มาตรฐาน

2.2.2.4 ลดพื้นที่ใช้สอยและเวลานำในการผลิต

2.2.2.5 มีระบบคอมพิวเตอร์ช่วยในการตัดสินใจ มีระบบการตรวจจัดการซำชุด ทำให้ผลิตชิ้นงานได้มีคุณภาพสูง

2.3 วิธีการแก้ปัญหาในการหาคำคำตอบที่ดีที่สุด (Optimization Algorithms)

วิธีการที่จะนำมาใช้แก้ปัญหาในการหาคำคำตอบที่ดีที่สุด (Optimization Algorithms) สามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.3.1 วิธีการหาคำคำตอบที่ดีที่สุดโดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์ (Conventional Optimization Algorithms : COAs)

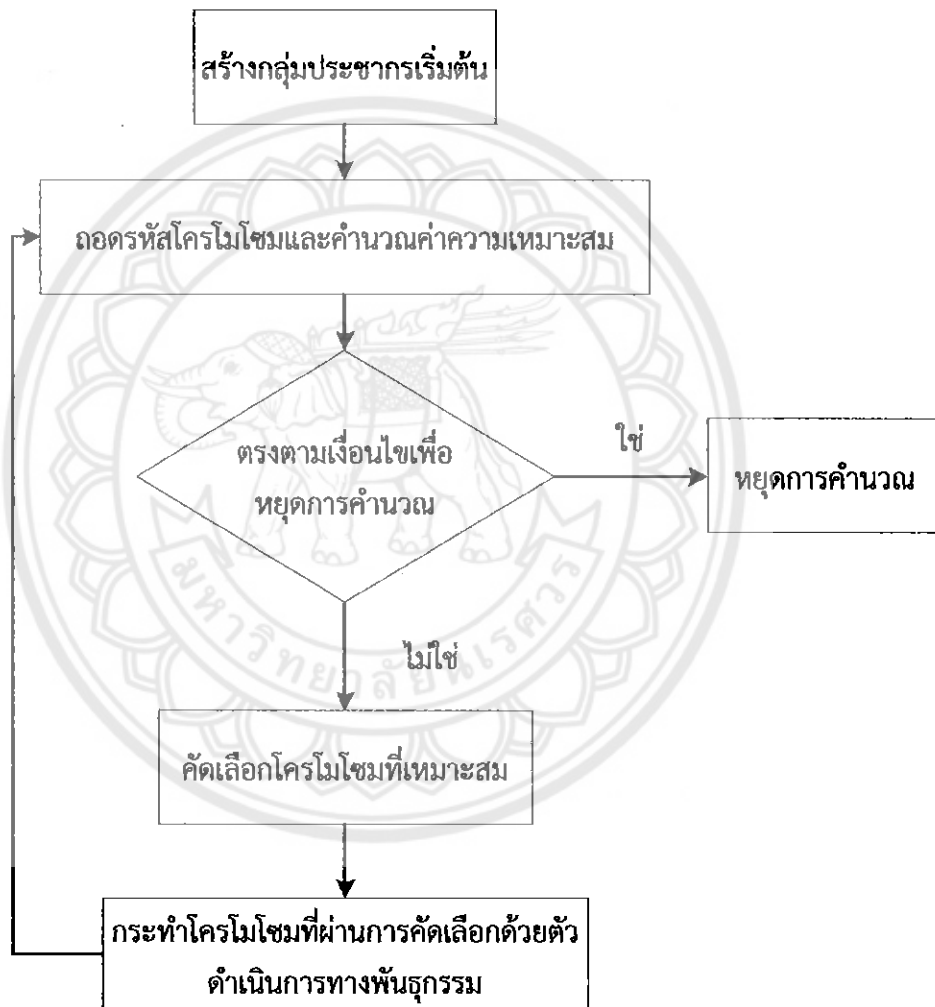
วิธีการหาคำคำตอบที่ดีที่สุดโดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์ ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้แก้ปัญหาทางด้านการทหารที่มีความซับซ้อน ต่อมาได้มีการนำวิธีการเหล่านี้ไปใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ เช่น ปัญหาด้านการจัดตาราง ปัญหาด้านการเดินทางของพนักงานขาย เมื่อศึกษางานวิจัยทำให้ทราบว่าวิธีการหาคำคำตอบนั้นมีหลายวิธี ไม่ว่าจะเป็นวิธีโปรแกรมเชิงเส้น วิธีโปรแกรมเชิงพลวัต เป็นต้น ซึ่งนักวิจัยหลายท่านได้นำวิธีการในกลุ่มหลักการทางคณิตศาสตร์นี้ไปใช้ในการแก้ปัญหา

2.3.2 วิธีการหาคำคำตอบที่ดีที่สุดโดยอาศัยหลักการประมาณค่า (Approximation Optimization Algorithms)

วิธีการหาคำคำตอบที่ดีที่สุดโดยอาศัยหลักการประมาณค่านี้มีรูปแบบการค้นหาแบบสุ่ม ซึ่งเหมาะที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อนสูง วิธีการนี้ถึงแม้ค่าที่ได้ อาจจะไม่ดีที่สุดใน แต่เป็นคำตอบที่ใกล้เคียงความจริงมากที่สุด (Near Optimum Solution) และใช้เวลาในการหาคำคำตอบไม่นาน ลักษณะการทำงานของวิธีนี้จะค้นหาและหลีกเลี่ยงการติดอยู่ในผลเฉลยที่ไม่ใช่ผลเฉลยที่ดีที่สุด โดยมีการทำงานแบบวนซ้ำแล้วจะหยุดการทำงานเมื่อถึงเงื่อนไขที่กำหนดไว้

2.4 เจนเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms)

เจนเนติกอัลกอริทึมเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการค้นหาและแก้ปัญหาเพื่อให้ได้จุดที่เหมาะสมที่สุด ได้รับการพัฒนาโดยการจำลองวิธีการมาจากกระบวนการทางพันธุกรรม (Holland, 1975) สำหรับหลักการของวิธีการนี้ คือ สิ่งมีชีวิตทั้งหลายมีทั้งส่วนที่ดีและไม่ดี ซึ่งลักษณะที่ดีจะได้รับการสนับสนุนให้มีการถ่ายทอดพันธุกรรมจากบรรพบุรุษสู่รุ่นลูกหลาน ซึ่งจะถูกพิจารณาในรูปแบบของการเข้ารหัสที่เรียกว่าโครโมโซม โดยใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) ที่สอดคล้องกับปัญหาในการพิจารณาหาค่าความเหมาะสมของโครโมโซมที่มีต่อปัญหา ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แผนภูมิสายงานแสดงกระบวนการเจนเนติกอัลกอริทึม

ที่มา : http://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2553/2049/7/265633_ch3.pdf

2.4.1 ขั้นตอนการทำงานของ GA

2.4.1.1 ขั้นตอนที่ 1 การสร้างโครโมโซม (Encoding Chromosome)

เริ่มด้วยการสุ่มค่าคำตอบมาจำนวนหนึ่งแล้วแปลงค่าคำตอบ (Encoding) เหล่านั้นให้เป็น “โครโมโซม (Chromosome)” และเรียกกลุ่มของโครโมโซมเหล่านี้ว่า “ประชากร (Population)” ส่วนวิธีการ Encoding เป็นการนำโครโมโซมแต่ละตัวที่ประกอบไปด้วยยีนจำนวนหนึ่งมาเรียงกัน ซึ่งสามารถแทนยีนเหล่านี้ได้ 2 แบบ ดังนี้ แบบที่ 1 คือ แบบตัวเลขมี 2 ลักษณะ คือ Binary และ Real รูปแบบที่เป็น Binary จะแทนแต่ละยีนด้วย 0 และ 1 ส่วนรูปแบบโครโมโซมที่เป็นแบบ Real String จะแทนค่าแต่ละยีนด้วยเลขจำนวนจริง และแบบที่สอง คือ แบบตัวอักษรผสมตัวเลข (Alphanumeric)

2.4.1.2 ขั้นตอนที่ 2 กระบวนการทางพันธุกรรม (Genetic Operation)

เป็นการนำโครโมโซมทั้งหมดจากขั้นตอนที่ 1 มาเข้าสู่กระบวนการทางพันธุกรรม ซึ่งมี 2 ขั้นตอน คือ การสลับสายพันธุ (Crossover) และการกลายพันธุ์ (Mutation)

ก. การสลับสายพันธุ (Crossover)

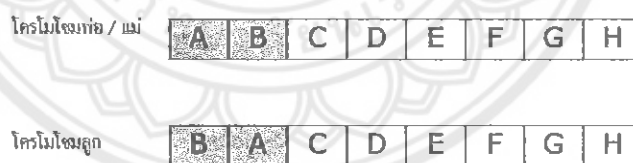
การสลับสายพันธุเป็นวิธีการรวมตัวใหม่ของโครโมโซม (Recombination Operator) โดยทำการรวมส่วนย่อยระหว่างโครโมโซมต้นกำเนิดสายพันธุตั้งแต่ 2 โครโมโซมขึ้นไป เพื่อให้กลายเป็นโครโมโซมลูกหลานที่ได้จากการครอสโอเวอร์นี้จะมีพันธุกรรมจากต้นกำเนิดสายพันธุอยู่ในตัว โดยปกติทั่วไปแล้วจะมีตัวกำหนดอัตราการทำเอาไว้ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ความน่าจะเป็นเป็นตัวกำหนดอัตราดังกล่าว วิธีการสลับสายพันธุมีหลายวิธีแต่โครงการนี้ใช้วิธีการ Crossover แบบ Enhanced Edge Recombination ซึ่งจะมี Edge List เอาไว้เก็บยีนข้างเคียงของแต่ละยีนในโครโมโซมพ่อและแม่ จากตัวอย่าง Edge List ของยีน 1 คือ 2, 6, 8 เป็นต้น แต่ถ้ามียีนที่ซ้ำกันก็ให้ลบออก 1 ตัว เช่น Edge List ของยีน 2 นั้นต้องลบยีนข้างเคียง 2 ออก 1 ตัว จึงเหลือเพียง 1, 3, 5 เป็นต้น และในการสืบทอดนั้นจะเริ่มจากการสุ่มเลือกยีนในโครโมโซมพ่อขึ้นมา แล้วสืบทอดไปยังโครโมโซมลูกตัวแรกโดยตรง จากนั้นในดูว่ายีนดังกล่าวนี้อ้างถึงค่าใด ก็ให้ลบค่านั้นออกไปจาก Edge List ทั้งหมด ซึ่งในกรณีนี้คือ ยีน 1 ในขั้นตอนต่อมา คือ การหายีนที่จะนำมาวางเรียงลำดับต่อไป โดยจะพิจารณาจากข้อมูลใน Edge List แถวที่มียีนในลำดับปัจจุบันอ้างถึง ซึ่งจากตัวอย่างนี้ คือ การพิจารณาแถวของยีน 1 พบว่ามีสมาชิกอยู่ 3 ตัว คือ 2, 6, 8 โดยเลือกที่จะให้ความสำคัญกับยีนที่ซ้ำกัน ซึ่งจะสังเกตได้จากเครื่องหมาย () ที่ครอบยีนนั้นเอาไว้ ดังนั้น เมื่อพบยีนดังกล่าวนี้ก็ให้สิทธิ์ในการนำไปสืบทอดให้กับโครโมโซมลูกได้เลย ถ้าค่าตัวนั้นถูกเลือกไปแล้ว ให้พิจารณาสมาชิกที่เหลือ สมาชิกใน Edge List น้อยที่สุดจะถูกนำไปวางไว้ในลำดับถัดไป ถ้ามีสมาชิก 2 ตัวขึ้นไปที่เหลือสมาชิกใน Edge List น้อยที่สุดเท่ากัน ก็ให้ใช้การสุ่มเป็นตัวตัดสิน และทำซ้ำจนได้โครโมโซมลูกตัวแรกครบทุกยีน แล้วจึงเปลี่ยนไปทำโครโมโซมลูกตัวที่สอบต่อไป (Murata et al,1996) ดังแสดงในรูปที่ 2.4

Edge List		Gene								
Parent 1	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	7	8	1. (2), 6, 8
1	2	3	4	5	6	7	8			
Child 1	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>8</td><td>7</td><td>6</td><td>5</td></tr></table>	1	2	3	4	8	7	6	5	2. (1), 3, 5
1	2	3	4	8	7	6	5			
Child 2	<table border="1"><tr><td>2</td><td>1</td><td>3</td><td>4</td><td>8</td><td>7</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>	2	1	3	4	8	7	5	6	3. 2, (4), 6
2	1	3	4	8	7	5	6			
Parent 2	<table border="1"><tr><td>2</td><td>1</td><td>6</td><td>3</td><td>4</td><td>8</td><td>7</td><td>5</td></tr></table>	2	1	6	3	4	8	7	5	4. (3), 5, 8
2	1	6	3	4	8	7	5			
		5. 2, 4, 6, 7								
		6. 1, 3, 5, 7								
		7. 6, 5, (8)								
		8. 1, 4, (7)								

รูปที่ 2.4 แสดงการสลับสายพันธุ์ด้วยวิธี EERX

ข. การกลายพันธุ์ (Mutation)

การเปลี่ยนแปลงสารพันธุกรรม ที่ก่อให้เกิดลักษณะใหม่ซึ่งต่างไปจากลักษณะเดิมที่มีอยู่และลักษณะดังกล่าวสามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อไปได้สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะแตกต่างไปจากเดิมเมื่อเกิดการกลายพันธุ์ ดังวิธีการกลายพันธุ์แบบ Two Operation Adjacent Swap Mutation (2OAX) เป็นการสุ่มเลือกโครโมโซมจาก Pop_size โดยนำโครโมโซมที่สุ่มเลือกได้นั้นมาทำการสุ่มเลือกยีนใดยีนหนึ่ง เพื่อใช้เป็นยีนตั้งต้น จากนั้นทำการเลือกยีนที่อยู่ติดกันแล้วทำการสลับตำแหน่งของยีนทั้งสอง (Murata et al,1996) ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงการกลายพันธุ์แบบ Two Operation Adjacent Swap Mutation

2.4.1.3 ขั้นตอนที่ 3 การคำนวณค่าความเหมาะสม (Fitness Computation)

โครโมโซมทั้งหมดที่ผ่านกระบวนการทางพันธุกรรมแล้วจะถูกประเมินค่าความเหมาะสมที่จะกลายเป็นโอกาสในการอยู่รอดของแต่ละโครโมโซม โดยกระบวนการคำนวณค่าความเหมาะสมจะอ้างอิงจากการศึกษาของ Gen & Cheng, 1997 ซึ่งจะมี 3 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นการถอดรหัสโครงสร้างโครโมโซมให้กลายเป็นโครงสร้างคำตอบ (Decoding Chromosome) การถอดรหัสโครโมโซมในแต่ละปัญหาจะมีวิธีที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับฟังก์ชันเป้าหมายที่กำหนดขึ้น

ขั้นตอนที่ 2 นำแต่ละโครโมโซมไปคำนวณในฟังก์ชันเป้าหมาย $f(x)$ เพื่อหาค่าคำตอบ

ขั้นตอนที่ 3 เปลี่ยนผลลัพธ์ของสมการเป้าหมาย เป็นค่าความเหมาะสม ซึ่งขึ้นอยู่กับเป้าหมายของปัญหาว่าต้องการหาค่าคำตอบที่มากที่สุด (Maximize Problem) หรือต้องการหาค่าปัญหาที่น้อยที่สุด (Minimize Problem) ซึ่งมีวิธีการดังนี้

การหาค่าคำตอบที่มากที่สุด ค่าความเหมาะสมจะเท่ากับ ค่าผลลัพธ์ของสมการเป้าหมาย สามารถเขียนค่าสมการ ดังแสดงในสมการที่ 2.1

$$\text{eval}(V_k) = f(f_k), \dots, \text{pop_size} \quad (2.1)$$

เมื่อ $\text{eval}(v_k)$ คือ ค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม

$f(f_k)$ คือ ฟังก์ชันเป้าหมาย

Pop_size คือ ขนาดของประชากรหรือจำนวนโครโมโซม

ส่วนปัญหาที่ต้องการหาค่าที่น้อยที่สุด ในกรณีนี้จำเป็นต้องมีการปรับค่าจากค่าคำตอบที่น้อยซึ่งเป็นคำตอบที่ดี ให้มีค่าความเหมาะสมมาก และค่าคำตอบมากซึ่งเป็นคำตอบที่ไม่ดี ให้มีค่าความเหมาะสมน้อย ซึ่งในที่นี้จะใช้วิธีการกลับค่า จะสามารถเขียนสมการ ดังแสดงในสมการที่ 2.2

$$\text{eval}(V_k) = (x_w - x_k) + 1 \quad (2.2)$$

เมื่อ x_w คือ โครโมโซมที่มีค่าคำตอบแย่ที่สุด

x_k คือ ค่าคำตอบของโครโมโซมที่ k โดย $k = 1, 2, \dots, \text{popsize}$

2.4.1.4 ขั้นตอนที่ 4 การคัดสรร (Selection)

ในโครงงานนี้เลือกวิธีการคัดสรรแบบ Stochastic Sampling คือ วิธีการคัดสรรที่มีรูปแบบที่ไม่แน่นอน รูปแบบประเภทนี้ ได้แก่ รูปแบบการคัดสรรด้วยวงล้อเสี่ยงทาย (Roulette Wheel Selection) และวิธีการคัดสรรแบบที่มีรูปแบบแน่นอน (Deterministic Sampling) ซึ่งรูปแบบคัดสรรประเภทนี้ ได้แก่ Elitist Selection

ก. รูปแบบการคัดสรรด้วยวงล้อเสี่ยงทาย (Roulette Wheel Selection)

โครโมโซมทุกตัวจะถูกจัดสรรบนวงล้อเสี่ยงทายโดย 1 โครโมโซมจะแทน 1 ช่อง ซึ่งจะมีจำนวนช่องบนวงล้อเท่ากับจำนวนโครโมโซมทั้งหมด และความกว้างของแต่ละช่องก็จะถูกกำหนดโดยความน่าจะเป็นในการถูกเลือกสำหรับแต่ละโครโมโซมตามสัดส่วนค่าความเหมาะสม

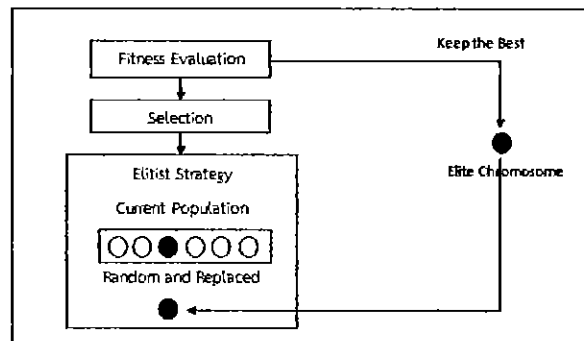
ของโครโมโซมนั้น หากการปั่นของวงล้อเสี่ยงทายตกที่ช่องใด โครโมโซมที่ช่องนั้นก็จะถูกเลือกให้อยู่รอดในรุ่นถัดไป สำหรับโครโมโซม k แทนค่าความเหมาะสมด้วย f_k และแทนความน่าจะเป็นในการถูกเลือกของโครโมโซม k ด้วย p_k สามารถหาความน่าจะเป็นในการถูกเลือก อ้างอิงจากการศึกษาของ Gen & Cheng, 1997 และเขียนสมการได้ดังแสดงในสมการที่ 2.3

$$p_k = \frac{f_k}{\sum_{j=1}^{pop_size} f_j} \quad (2.3)$$

การทำงานของวงล้อเสี่ยงทายเพื่อคัดสรรโครโมโซมที่จะผ่านไปรุ่นถัดไปนั้น จะเกิดขึ้นจากการหมุนวงล้อเสี่ยงทายเท่ากับจำนวนของโครโมโซมหรือค่า Pop_Size โดยแต่ละครั้งของการหมุนนั้น หากมาร์คเกอร์ (Marker : ▼) ชี้ไปที่ช่องโครโมโซมใดโครโมโซมนั้นจะผ่านไปรุ่นถัดไป แล้วจึงหมุนในครั้งต่อไปจนได้ครบทุกโครโมโซม

ข. รูปแบบการคัดสรรด้วย Elitist Selection

การรักษาเผ่าพันธุ์ชั้นดีในแต่ละรอบในการทำงานของ GA จะมีโครโมโซมตัวที่ดีที่สุดที่จะได้รับโอกาสในการอยู่รอด แต่ก็อาจจะมีกรณีที่ดีที่สุดไม่สามารถผ่านไปรุ่นถัดไปได้ ทำให้วิวัฒนาการของโครโมโซมเกิดไม่ต่อเนื่อง ด้วยเหตุนี้ Murata, 1996 จึงเสนอกลยุทธ์การป้องกันโครโมโซมที่ดีที่สุดให้สามารถอยู่รอดต่อไปได้ เรียกว่า กลยุทธ์การรักษาเผ่าพันธุ์ชั้นดี (Elitist Selection) โดยหลังจากโครโมโซมทั้งหมดผ่านขั้นตอนของการประเมินค่าความเหมาะสมแล้ว จะเลือกเก็บโครโมโซมที่ดีที่สุดเอาไว้ เพื่อนำไปแทนในโครโมโซมรุ่นถัดไป ซึ่งกลยุทธ์นี้จะสุ่มเลือกโครโมโซมจากประชากรในรุ่นปัจจุบัน (Current Population) มา 1 ตัว แล้วแทนโครโมโซมดังกล่าวนี้ด้วยโครโมโซมที่ดีที่สุดที่ได้จากการเก็บเอาไว้ ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 กลไกการทำงานของ Elitist Selection

ที่มา : Murata, 1996

2.4.1.4 ขั้นตอนที่ 5 การตรวจสอบเงื่อนไขหยุดการทำงาน (Termination)

GA จะหยุดทำงานเมื่อมีการทำงานครบจำนวนรุ่น (Number of Generation) ที่กำหนดเอาไว้ ถ้าหากทำงานไม่ครบก็จะวนกลับไปทำกระบวนการทางพันธุกรรม (Genetic Operation) ต่อไป

2.5 การตั้งค่าพารามิเตอร์ (Parameter Setting)

2.5.1 การกำหนดค่าพารามิเตอร์แบบคงที่ (Static) ค่าพารามิเตอร์จะถูกกำหนดเป็นค่าคงที่ไว้ตลอดขณะทำการค้นหาคำตอบจนได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวจะได้มาจากการทดลองหลายๆ ครั้ง เพื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อคุณภาพของคำตอบ

2.5.2 การกำหนดค่าพารามิเตอร์แบบเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ได้ระหว่างการประมวลผล (Dynamic) อย่างมีรูปแบบ ตัวอย่างเช่น การปรับขบวนการค้นหาคำตอบให้มีการกระจายมากขึ้นตามเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของวิธีการหาคำตอบจะส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบ 2 องค์ประกอบ ดังนี้

2.5.2.1 Intensification (Exploitation) การนำคำตอบที่มีอยู่ไปใช้ให้เกิดประโยชน์

2.5.2.2 Diversification (Exploration) การกระจายพื้นที่การค้นหาคำตอบ

ดังนั้น การกำหนดค่าพารามิเตอร์จึงจำเป็นต้องอาศัยความเข้าใจอย่างลึกซึ้งถึงวิธีการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของแต่ละวิธีการหาคำตอบ ที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของวิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมกับลักษณะของปัญหา

2.6 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DOE)

การออกแบบการทดลอง คือ กระบวนการวางแผนล่วงหน้าเกี่ยวกับการทดลองเพื่อให้ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ตรงกับเป้าหมายที่ต้องการทดสอบ และสามารถนำข้อมูลนั้นมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติเพื่อให้ผลถูกต้องตรงกับจุดมุ่งหมายในการทดลอง นอกจากนี้การออกแบบการทดลองยังถูกใช้เพื่อทำการศึกษาเกี่ยวกับการค้นหาผลกระทบของปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของผลตอบสนอง และยังรวมไปถึงการกรองปัจจัย (Screening of Factor) เพื่อค้นหาค่าของปัจจัยหรือพารามิเตอร์ที่เหมาะสมมากที่สุดของกระบวนการ โดยการทดลองส่วนมากจะเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายตัวและวัตถุประสงค์ของผู้ทำการทดลองก็คือ หาผลกระทบของปัจจัยเหล่านี้กับผลตอบสนองของระบบซึ่งเรียกการวางแผนและดำเนินการทดลองว่า กลยุทธ์ของการทดลองซึ่งมีวิธีการที่หลากหลายซึ่งผู้ทดลองสามารถเลือกนำไปใช้ได้ ดังนั้น ในการวางแผนและการทดลองใดๆ จึงจำเป็นต้องมีการเลือกใช้กลยุทธ์ของการทดลองที่เหมาะสม ซึ่งในการศึกษานี้จะขอกล่าวเฉพาะกลยุทธ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เท่านั้น

2.6.1 การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล (Factorial Designs)

คือ การทดลองที่สมบูรณ์ซึ่งพิจารณาถึงผลที่เกิดจากการรวมกันของระดับ (Levels) ของปัจจัย (Factors) ทั้งหมดที่เป็นไปได้นั้นโดยการทดลองจะศึกษาถึงผลของปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป ในกรณีนี้การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลจะเป็นวิธีการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด

2.6.2 การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 3 ระดับ (3^k Factorial Designs)

การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลกรณีที่มีปัจจัยที่ต้องพิจารณา k ปัจจัย และแต่ละปัจจัยมีอยู่ 3 ระดับ คือ สูง กลาง ต่ำ โดยจำนวนของการทำซ้ำในการทดลองนี้เป็น $3 \times 3 \times 3 \times \dots \times 3 = 3^k$ ซึ่งจะเหมาะสมกับผลของคำตอบที่มีลักษณะเป็นส่วนโค้ง และจะเห็นได้ว่าขนาดของการออกแบบจะมีค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็วตามขนาดของ k

2.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA)

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนจะเป็นการวิเคราะห์อัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (Between - Group Variance) และความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Within - Group Variance) ความแปรปรวนระหว่างกลุ่มเป็นค่าที่เกิดจากความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มต่างๆ ถ้าค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มต่างๆ แตกต่างกันมาก ค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่มก็จะมากตามไปด้วย สำหรับความแปรปรวนภายในกลุ่มเป็นค่าที่แสดงให้เห็นว่าคะแนนแต่ละตัวที่รวบรวมมานั้นภายในแต่ละกลุ่มมีการกระจายมากหรือน้อย ค่าที่คำนวณได้เรียกว่าค่าความคลาดเคลื่อน การตรวจสอบสมมติฐานขั้นต้นและความถูกต้องของแบบจำลองทำได้โดยการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) ซึ่งมีการตรวจสอบสมมติฐานของความเป็นปกติโดยการทำการกราฟความน่าจะเป็นแบบปกติของส่วนตกค้าง (Normal Probability Plot of the Residual) ถ้าหากการแจกแจงของความผิดพลาดเป็นแบบปกติรูปกราฟที่ได้จะเป็นเส้นตรง ทำการตรวจสอบสมมติฐานค่าความแปรปรวน σ^2 มีค่าคงตัวโดยการทำการกราฟส่วนตกค้างกับค่าที่ถุกฟิต (Plot of the Residual Versus Fitted Valued) ถ้าหากแบบจำลองถูกต้องและสมมติฐานที่ความเหมาะสมแล้วกราฟที่ได้ไม่จะมีรูปแบบหรือรูปร่างเฉพาะแต่อย่างใดทั้งสิ้น แล้วสุดท้ายทำการตรวจสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระโดยการทำการกราฟส่วนตกค้างตามลำดับเวลาของการเก็บข้อมูล (Plot of the Residual Versus the Order of the Data) ถ้าส่วนตกค้างมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามลำดับเวลาการเก็บข้อมูล หรือกราฟที่ได้มีการกระจายที่ปลายข้างหนึ่งมากกว่าปลายอีกข้างหนึ่ง แสดงว่าสมมติฐานความเป็นอิสระถูกวิธีการทดสอบจะทำโดยอาศัยตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงดังตารางที่ 2.1 โดยที่

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c \sum_{l=1}^n y_{ijkl}^2 - \frac{y^2 \dots}{abcn}$$

$$SS_A = \sum_{i=1}^a \frac{y_i^2 \dots}{bcn} - \frac{y^2 \dots}{abcn}$$

$$SS_B = \sum_{j=1}^b \frac{y_j^2 \dots}{acn} - \frac{y^2 \dots}{abcn}$$

$$SS_c = \sum_{k=1}^c \frac{y_k^2 \dots}{abn} - \frac{y^2 \dots}{abcn}$$

$$SS_{AB} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{y_{ij}^2 \dots}{cn} - \frac{y^2 \dots}{abcn} - SS_A - SS_B$$

$$SS_{AC} = \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^c \frac{y_{ik}^2 \dots}{bn} - \frac{y^2 \dots}{abcn} - SS_A - SS_C$$

$$SS_{BC} = \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c \frac{y_{jk}^2 \dots}{an} - \frac{y^2 \dots}{abcn} - SS_B - SS_C$$

$$SS_{ABC} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c \frac{y_{ijk}^2 \dots}{n} - \frac{y^2 \dots}{abcn} - SS_A - SS_B - SS_C - SS_{AC} - SS_{BC}$$

$$SS_E = SS_T - SS_{subtotals(ABC)}$$

$$SS_{subtotals(ABC)} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c \frac{y_{ijk}^2 \dots}{n} - \frac{y^2 \dots}{abcn}$$

ตารางที่ 2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 3 ตัวแปร
แบบ Fixed Effect Model

แหล่งที่มา (Source of Variation)	ผลรวมกำลังสอง (Sum of Squares)	องศาเสรี (d.f.)	ผลเฉลี่ยกำลังสอง (Mean Squares)	ค่าสถิติ F ₀
A	SS _A	a-1	MS _A	$\frac{MS_A}{MS_E}$
B	SS _B	b-1	MS _B	$\frac{MS_B}{MS_E}$
C	SS _C	c-1	MS _C	$\frac{MS_C}{MS_E}$
AB	SS _{AB}	(a-1)(b-1)	MS _{AB}	$\frac{MS_{AB}}{MS_E}$
AC	SS _{AC}	(a-1)(c-1)	MS _{AC}	$\frac{MS_{AC}}{MS_E}$
BC	SS _{BC}	(b-1)(c-1)	MS _{BC}	$\frac{MS_{BC}}{MS_E}$
ABC	SS _{ABC}	(a-1)(b-1)(c-1)	MS _{ABC}	$\frac{MS_{ABC}}{MS_E}$
ค่าความผิดพลาด	SS _E	abc(n-1)	MS _E	
ทั้งหมดที่ปรับแล้ว	SS _T	Abcn-1	MS _T	

2.8 โปรแกรมภาษา Tcl / Tk

โปรแกรมภาษา Tcl / Tk เป็นภาษาสคริปที่ต้องใช้ตัวแปรภาษา หรืออินเตอร์พรีเตอร์ในการทำงานคล้ายกับภาษา Perl หรือ Unix Shell ดังนั้นการใช้งานจึงต้องมีการใช้ Tcl Shell (Tclsh) และยังมี Tk เป็น Associated Toolkit สำหรับสร้างกราฟิกยูสเซอร์อินเตอร์เฟซบน X Windows System โปรแกรม Tcl / Tk มีข้อดีดังนี้

2.8.1 เป็นภาษาที่มีความเสถียรสูง เหมาะสำหรับแอปพลิเคชันขนาดใหญ่

2.8.2 เป็นโปรแกรมที่สามารถดาวน์โหลดได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย และสามารถทำการแก้ไขให้เหมาะสมกับความต้องการของนักพัฒนาได้

2.8.3 ด้วยการ ใช้ TdI จะเป็นการง่ายที่จะประสานกับองค์ประกอบและโปรแกรมอื่นที่มีอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.9 โครงการที่เกี่ยวข้อง

2.9.1 พัทธการณ, 2007 ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นด้วยเงินเนติกอัลกอริทึม ซึ่งศึกษาการทำงานกรณีการสลับสายพันธุ์แบบ EERX และการกลายพันธุ์แบบ 2OAS เพื่อการจัดเรียงเครื่องจักรให้มีระยะทางการขนถ่ายที่น้อยที่สุด ด้านข้อมูลความต้องการของเครื่องจักรในการผลิตแต่ละประเภทจะใช้ทั้งหมด 4 ชุด โดยมีทั้งขนาดเล็กและขนาดกลาง

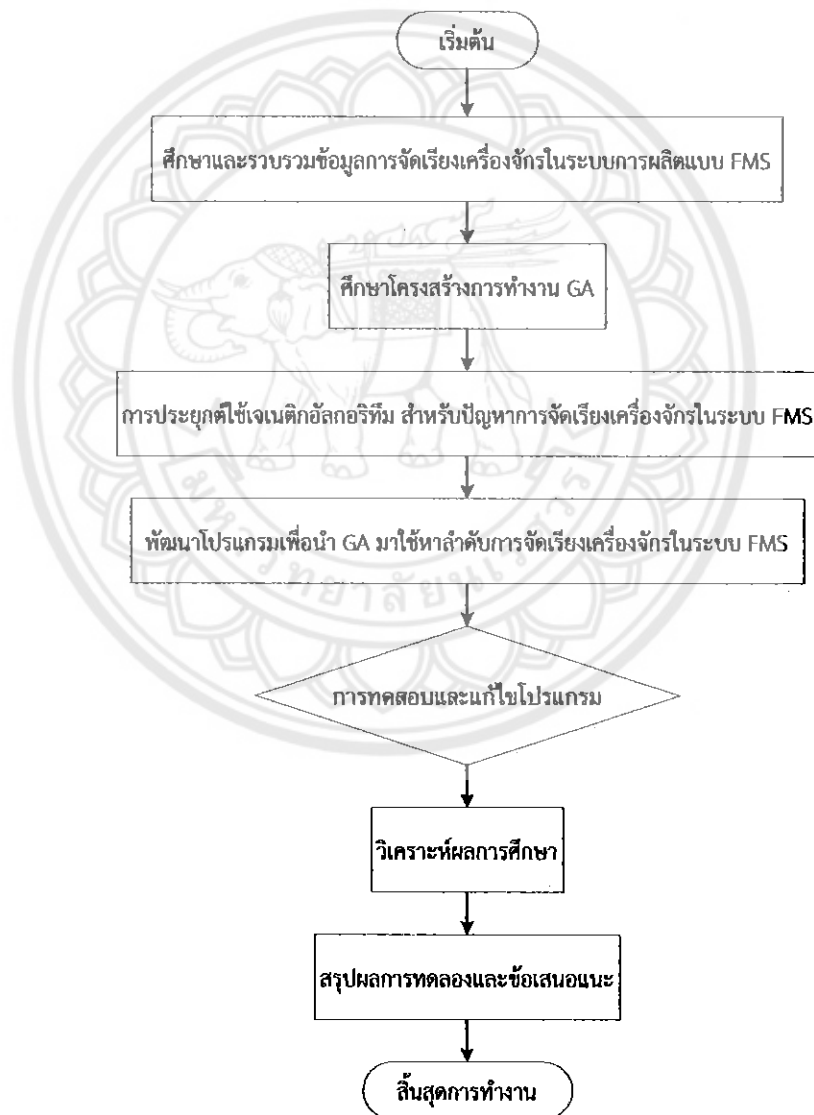
2.9.2 M.Ficko, M.Brezocnik and J.Balic, 2004 ได้ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบระบบผลิตแบบยืดหยุ่นในการจัดเรียงเครื่องจักรแบบแถวเดี่ยวและแบบหลายแถว โดยใช้เงินเนติกอัลกอริทึม และเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุดคือ การสลับสายพันธุ์ 3 แบบ คือ PMX, CX, OX และใช้รถ AGV ในการเคลื่อนที่



บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงการ

โครงการนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการจัดวางเครื่องจักรให้มีระยะทางการขนส่งชิ้นงานภายในโรงงานให้สั้นที่สุดโดยใช้รถ AGV ในการขนส่ง ขั้นแรกจึงทำการศึกษาปัญหาและหลักการจัดเรียงเครื่องจักร

3.1 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ



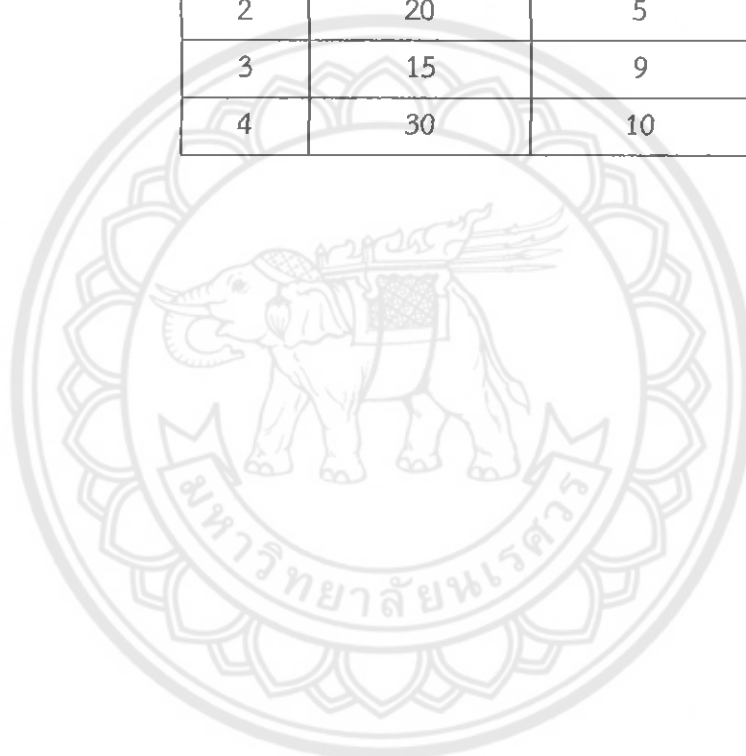
รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินโครงการ

3.1.1 ศึกษาปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักร

โครงการนี้ได้นำเอาปัญหาการออกแบบการจัดเรียงเครื่องจักรมาตรฐานที่ได้ตีพิมพ์ในระดับนานาชาติ มาประยุกต์ใช้ศึกษาโครงการ โดย Nearchou, (2005) ซึ่งข้อมูลจะระบุจำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต, จำนวนประเภทของผลิตภัณฑ์ แสดงดังตาราง 3.1 และความต้องการในการใช้เครื่องจักรแต่ละเครื่อง แสดงดังตาราง 3.1 ซึ่งมีข้อมูล 4 ชุดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลจำนวนเครื่องจักร และจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในโครงการ

ชุดข้อมูล	จำนวนเครื่องจักร	จำนวนผลิตภัณฑ์
1	10	3
2	20	5
3	15	9
4	30	10



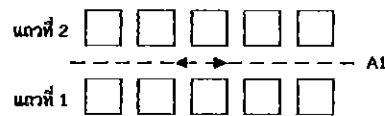
ตารางที่ 3.2 แสดงลำดับความต้องการของเครื่องจักรในการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท

Part	Required machine sequence
	(a) 10-machine, 3-part
1	2-1-6-5-8-9-3-4
2	10-8-7-5-9-6-1
3	9-2-7-4
	(b) 20-machine, 5-part
1	4-2-3-12-1-9-16-18-5-8-20-15-14-6-11
2	10-9-1-3-18-17-5-6-2-11-4
3	17-11-6-8-7-15-6-2-11-4
4	14-17-11-3-16-5-13-18-20-19-12-10-6-8-15
5	6-18-8-4-2-7-5-9-14-19-1-20-10-16-11-15-13-12
	(c) 15-machine, 9-part
1	4-2-5-1-6-8-14-9-11-3-15-12
2	3-2-15-14-11-1-7-10-4-5-13-6-9
3	5-6-11-15-2-12-3-4
4	10-9-4-14-2-3-15-8
5	11-2-4-14-5-3-15
6	8-10-12-11-15-13-1-14-4-5-3
7	5-11-10-3-7-13-8
8	7-3-2-8-4-10-6-15-13-9-1
9	11-13-3-1-12-14-4-8-9-2
	(d) 30-machine, 10-part
1	6-3-4-18-5-1-14-24-26-7-11-30-23-11-13-27-9-16-17-2-25-8-15
2	17-9-11-8-10-22-24-13-2-29-23-21-25-16-4-20-26-18-15-12-27-6-3-7-28
3	13-2-6-29-21-3-14-24-12-15-17-8-1-22-28-10-7-30-20-19
4	7-2-6-11-21-8-16-30-1
5	3-17-12-20-22-8-6-26-19-14-11-15-12-7-16-21-10-28-23-18-4-27-24-25-13-30-9-5
6	30-9-2.
7	15-9-30-19-12-3-6-5-8-14-7-28-23-1-29-24-27-2-13-4-26-16-11-10-25-21-22-20-18
8	7-19-5-4-9-16-3-14-28-13-11-2-21-10-17-22-26-23-29-30
9	21-4-1-6-11-22
10	12-6-17-15-13-30-26-18-14-9-7-11-23-2-4-25-2

3.1.2 รูปแบบการจัดเรียงเครื่องจักรที่นำมาเป็นกรณีศึกษา

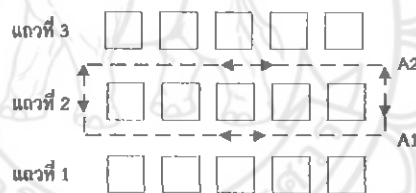
3.1.2.1 เส้นทางการวิ่งของรถ AGV กรณีที่ 1

กำหนดให้ A1 เป็นเส้นทางการวิ่งของรถ AGV ในกรณีที่ 1 ของการจัดเรียงเครื่องจักรที่มี 2 แถว เส้นทาง A1 อยู่ระหว่างแถวที่ 1 และแถวที่ 2 การขนถ่ายวัสดุจะใช้รถ AGV ที่วิ่งอยู่บนเส้นทาง A1 ดังแสดงในรูปที่ 3.2



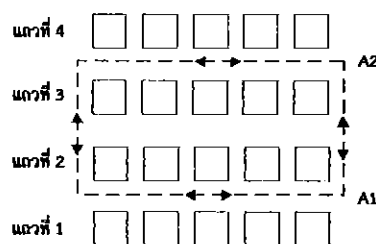
รูปที่ 3.2 เส้นทางการวิ่งของรถ AGV ที่วิ่งผ่านเครื่องจักรแบบ 2 แถว ในการศึกษากรณีที่ 1

กำหนดให้ A1 และ A2 เป็นเส้นทางการวิ่งของรถ AGV ในกรณีที่ 1 ของการจัดเรียงเครื่องจักรที่มี 3 แถว เส้นทาง A1 อยู่ระหว่างแถวที่ 1 และแถวที่ 2 เส้นทาง A2 อยู่ระหว่างแถวที่ 2 และแถวที่ 3 การขนถ่ายวัสดุจะใช้รถ AGV ที่วิ่งอยู่บนเส้นทาง A1 และ A2 ดังแสดงในรูปที่ 3.3



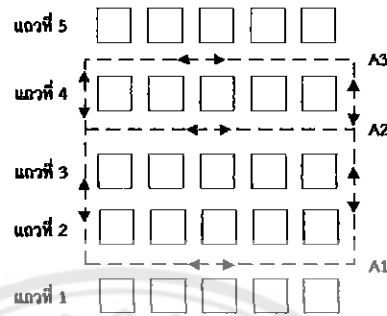
รูปที่ 3.3 เส้นทางการวิ่งของรถ AGV ที่วิ่งผ่านเครื่องจักรแบบ 3 แถว ในการศึกษากรณีที่ 1

กำหนดให้ A1 และ A2 เป็นเส้นทางการวิ่งของรถ AGV ในกรณีที่ 1 ของการจัดเรียงเครื่องจักรที่มี 4 แถว เส้นทาง A1 อยู่ระหว่างแถวที่ 1 และแถวที่ 2 เส้นทาง A2 อยู่ระหว่างแถวที่ 3 และแถวที่ 4 การขนถ่ายวัสดุจะใช้รถ AGV ที่วิ่งอยู่บนเส้นทาง A1 และ A2 ดังแสดงในรูปที่ 3.4



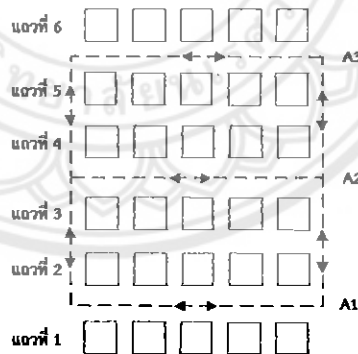
รูปที่ 3.4 เส้นทางการวิ่งของรถ AGV ที่วิ่งผ่านเครื่องจักรแบบ 4 แถว ในการศึกษากรณีที่ 1

กำหนดให้ A1 A2 และ A3 เป็นเส้นทางการวิ่งของรถ AGV ในกรณีนี้ 1 ของการจัดเรียงเครื่องจักรที่มี 5 แถว เส้นทาง A1 อยู่ระหว่างแถวที่ 1 และแถวที่ 2 เส้นทาง A2 อยู่ระหว่างแถวที่ 3 และแถวที่ 4 แถวที่ 5 หันหน้าเครื่องจักรเข้าหาเส้นทาง A3 การขนถ่ายวัสดุจะใช้รถ AGV ที่วิ่งอยู่บนเส้นทาง A1 A2 และ A3 ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 เส้นทางการวิ่งของรถ AGV ที่วิ่งผ่านเครื่องจักรแบบ 5 แถว ในการศึกษากรณีที่ 1

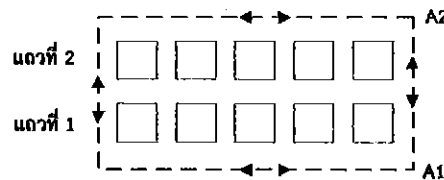
กำหนดให้ A1 A2 และ A3 เป็นเส้นทางการวิ่งของรถ AGV ในกรณีนี้ 1 ของการจัดเรียงเครื่องจักรที่มี 6 แถว เส้นทาง A1 อยู่ระหว่างแถวที่ 1 และแถวที่ 2 เส้นทาง A2 อยู่ระหว่างแถวที่ 3 และแถวที่ 4 เส้นทาง A3 อยู่ระหว่างแถวที่ 5 และแถวที่ 6 การขนถ่ายวัสดุจะใช้รถ AGV ที่วิ่งอยู่บนเส้นทาง A1 A2 และ A3 ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 เส้นทางการวิ่งของรถ AGV ที่วิ่งผ่านเครื่องจักรแบบ 6 แถว ในการศึกษากรณีที่ 1

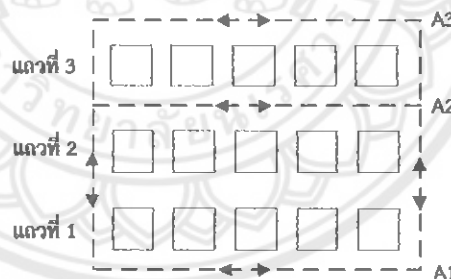
3.1.2.2 เส้นทางกรวิ้งของรถ AGV กรณีที่ 2

กำหนดให้ A1 และ A2 เป็นเส้นทางกรวิ้งของรถ AGV ในกรณีที่ 2 ของการจ้ดเรียงเครื่องจักรที่มี 2 แถว เส้นทาง A1 และ A2 อยู่รอบนอกของแถวเครื่องจักร การขนถ่ายวัสดุจะใช้รถ AGV ที่วิ้งอยู่บนเส้นทาง A1 และ A2 ดังแสดงในรูปที่ 3.7



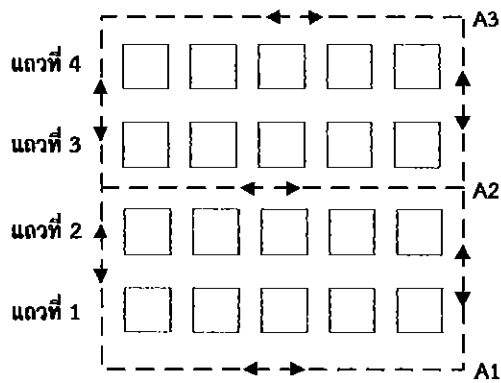
รูปที่ 3.7 เส้นทางกรวิ้งของรถ AGV ที่วิ้งผ่านเครื่องจักรแบบ 2 แถว ในการศึกษากรณีที่ 2

กำหนดให้ A1 A2 และ A3 เป็นเส้นทางกรวิ้งของรถ AGV ในกรณีที่ 2 ของการจ้ดเรียงเครื่องจักรที่มี 3 แถว เส้นทาง A1 และ A3 อยู่รอบนอกของแถวเครื่องจักร และให้แถวเครื่องจักรที่ 2 หันหน้าเข้าหาเส้นทาง A2 การขนถ่ายวัสดุจะใช้รถ AGV ที่วิ้งอยู่บนเส้นทาง A1 A2 และ A3 ดังแสดงในรูปที่ 3.8



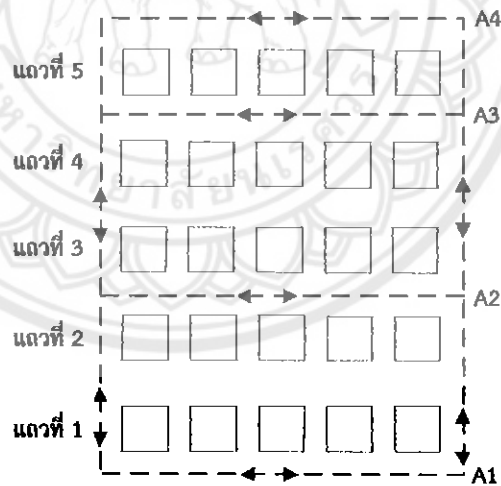
รูปที่ 3.8 เส้นทางกรวิ้งของรถ AGV ที่วิ้งผ่านเครื่องจักรแบบ 3 แถว ในการศึกษากรณีที่ 2

กำหนดให้ A1 A2 และ A3 เป็นเส้นทางกรวิ้งของรถ AGV ในกรณีที่ 2 ของการจ้ดเรียงเครื่องจักรที่มี 4 แถว เส้นทาง A1 และ A3 อยู่รอบนอกของแถวเครื่องจักร เส้นทาง A2 อยู่ระหว่างแถวที่ 2 และแถวที่ 3 การขนถ่ายวัสดุจะใช้รถ AGV ที่วิ้งอยู่บนเส้นทาง A1 A2 และ A3 ดังแสดงในรูปที่ 3.9



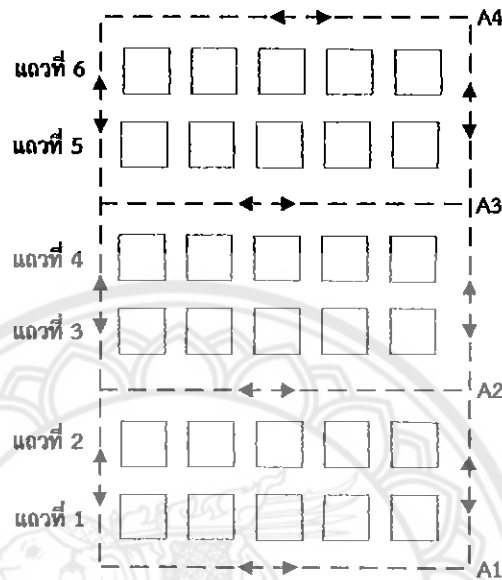
รูปที่ 3.9 เส้นทางกรวิ้งของรถ AGV ที่วิ้งผ่านเครื่องจักรแบบ 4 แถว ในการศึกษากรณีที่ 2

กำหนดให้ A1 A2 A3 และ A4 เป็นเส้นทางกรวิ้งของรถ AGV ในกรณีที่ 2 ของการจัดเรียงเครื่องจักรที่มี 5 แถว เส้นทาง A1 และ A4 อยู่รอบนอกของแถวเครื่องจักร เส้นทาง A2 อยู่ระหว่างแถวที่ 2 และแถวที่ 3 และให้แถวเครื่องจักรที่ 4 หันหน้าเข้าหาเส้นทาง A3 การขนถ่ายวัสดุจะใช้รถ AGV ที่วิ้งอยู่บนเส้นทาง A1 A2 A3 และ A4 ดังแสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 เส้นทางกรวิ้งของรถ AGV ที่วิ้งผ่านเครื่องจักรแบบ 5 แถว ในการศึกษากรณีที่ 2

กำหนดให้ A1 A2 A3 และ A4 เป็นเส้นทางการวิ่งของรถ AGV ในกรณีที่มี 2 ของ การจัดเรียงเครื่องจักรที่มี 6 แถว เส้นทาง A1 และ A4 อยู่รอบนอกของแถวเครื่องจักร เส้นทาง A2 อยู่ระหว่างแถวที่ 2 และแถวที่ 3 เส้นทาง A3 อยู่ระหว่างแถวที่ 4 และแถวที่ 5 การขนถ่ายวัสดุจะใช้ รถ AGV ที่วิ่งอยู่บนเส้นทาง A1 A2 และ A3 A4 ดังแสดงในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 เส้นทางการวิ่งของรถ AGV ที่วิ่งผ่านเครื่องจักรแบบ 6 แถว ในการศึกษากรณีที่ 2

3.1.3 ศึกษาโครงสร้างการทำงานของ GA

ขั้นตอนการทำงานของ GA มี 5 ขั้นตอน ดังนี้

3.1.3.1 การสร้างโครโมโซม

3.1.3.2 กระบวนการทางพันธุกรรม

3.1.3.3 การคำนวณค่าความเหมาะสม

3.1.3.4 การคัดสรร

3.1.3.5 การตรวจสอบเงื่อนไขหยุดการทำงาน

ซึ่งรายละเอียดได้อธิบายไว้ในบทที่ 2 แล้ว

3.1.4 ศึกษาวิธีการสลับสายพันธุ์และค่าพารามิเตอร์

การศึกษาวิธีการสลับสายพันธุ์ ทำการศึกษาวิธีการสลับสายพันธุ์แบบ EERX ซึ่งจะอ้างอิง ค่าพารามิเตอร์จากการศึกษาของ พัชรภรณ์ อริยวงษ์ เพื่อหาวิธีการสลับสายพันธุ์ที่ดีที่สุด โดยมี ระยะทางการเคลื่อนที่ของการขนถ่ายวัสดุให้น้อยที่สุด (Minimize Total Material Handling Distance) แล้วนำวิธีการสลับสายพันธุ์ดังกล่าวมาทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

19238344



3.1.5 การประยุกต์ใช้เงินเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบผลิตแบบยืดหยุ่น

สำนักหอสมุด

27 ส.ค. 2561

แนวคิดของโปรแกรมที่ประยุกต์ใช้เงินเนติกอัลกอริทึมช่วยออกแบบการหารูปแบบของการจัดเรียงเครื่องจักรที่เหมาะสม (Minimize Total Material Handling Distance) ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักโดยในแต่ละส่วนของโปรแกรมจะถูกควบคุมโดยผู้ใช้โปรแกรมผ่านทางหน้าจอควบคุมโปรแกรม สามารถอธิบายถึงส่วนต่างๆ ได้ ดังนี้

3.1.5.1 วิเคราะห์และออกแบบเพิ่มข้อมูลนำเข้า ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

ก. เพิ่มนำเข้าข้อมูลเครื่องจักร เก็บรายละเอียดพื้นฐานของแต่ละเครื่องจักร

ก.1 จำนวนเครื่องจักรทั้งหมดที่ใช้ในระบบ FMS (Total Machine)

ก.2 หมายเลขเครื่องจักร

ก.3 ความกว้างของเครื่องจักร | มีหน่วยเป็นเมตร

ก.4 ความยาวเครื่องจักร | มีหน่วยเป็นเมตร

ข. เพิ่มนำเข้าข้อมูลผลิตภัณฑ์และลำดับการทำงาน เก็บรายละเอียดพื้นฐานของแต่ละผลิตภัณฑ์ ดังนี้

ข.1 จำนวนผลิตภัณฑ์ทั้งหมดในระบบ FMS (Total Machine)

ข.2 ประเภทของผลิตภัณฑ์ (Product ID)

ข.3 ลำดับการทำงานของเครื่องจักรแต่ละผลิตภัณฑ์ (Sequence)

3.1.5.2 การประมวลผล มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

ก. เริ่มกระบวนการทำงาน

ข. ใส่เพิ่มข้อมูลนำเข้า ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานของเครื่องจักรและผลิตภัณฑ์

ค. กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ต้องการใช้ในการหาคำตอบ

ง. กำหนดค่าปัญหาที่ต้องการใช้หาคำตอบของการจัดเรียงเครื่องจักรแต่ละครั้ง

จ. การสร้างประชากรเริ่มต้น จะเริ่มจากการสุ่มคำตอบมาจำนวนหนึ่งแล้วแปลงค่าคำตอบเหล่านั้นให้เป็นโครโมโซม ซึ่งจะเรียกโครโมโซมเหล่านั้นว่า ประชากร และแต่ละยีนจะใช้เป็นเลขจำนวนเต็มและแทนด้วยเลขจำนวนเต็ม 1 ค่า คือ หมายเลขเครื่องจักร ดังแสดงในรูปที่ 3.12

2	1	3	4	6
---	---	---	---	---

รูปที่ 3.12 แสดงรูปแบบโครโมโซม

ฉ. กระบวนการทางพันธุกรรม จะทำการสลับสายพันธุ๋ก่อนแล้วจึงทำการกลายพันธุ๋ และการจัดเก็บโครโมโซมลูกจะใช้การจัดเก็บแบบแทนที่ ซึ่งโครงการนี้จะทดสอบการสลับสายพันธุ๋แบบ EERX และทดสอบการกลายพันธุ๋อีก 1 แบบ คือ 2OAS

ช. การประเมินค่าความเหมาะสม เป็นการคำนวณหาค่าที่น้อยที่สุดของระยะทางในการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรขณะทำการผลิต อ้างอิงสมการจากการศึกษาของ พัทธราภรณ์, 2007 ดังแสดงในสมการที่ 3.1

$$\text{Minimize Total Distance} = \sum_{j=1}^{M-1} \sum_{i=1}^M f_{ij} d_{ij} \quad (3.1)$$

M = จำนวนของเครื่องจักร ($m = 1, 2, 3, \dots, M$)

f_{ij} = จำนวนรอบของการเคลื่อนที่จากเครื่องจักร i ไปเครื่องจักร j ($f_{ij} = 0$)

d_{ij} = ระยะทางระหว่างจุดกึ่งกลางของเครื่องจักร i ถึงจุดกึ่งกลางของเครื่องจักร j

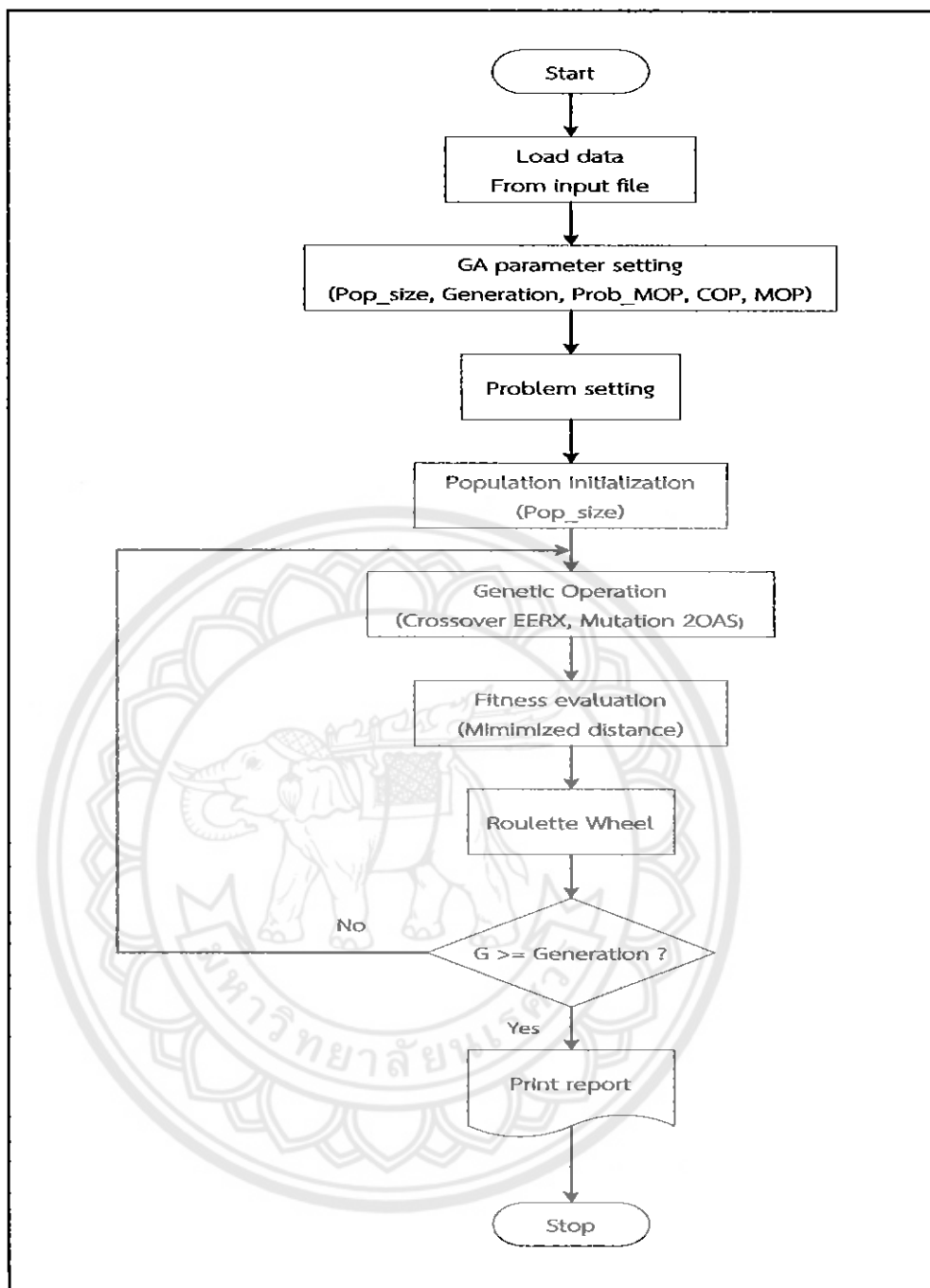
i, j = เครื่องจักร ($i, j = 1, 2, 3, \dots, N$)

แล้วนำค่าที่คำนวณได้ไปประเมินค่าความเหมาะสมหาค่าที่น้อยที่สุด จึงเป็นฟังก์ชันเป้าหมายจากค่าคำตอบซึ่งเป็นคำตอบที่ดีมีความเหมาะสมมาก

ช. การคัดสรร จะใช้รูปแบบการคัดสรรด้วยวงล้อเสี่ยงทาย

ฉ. การตรวจสอบเงื่อนไขการหยุดทำงาน จะกำหนดให้ GA หยุดการทำงานเมื่อมีการทำงานครบจำนวนรุ่นที่กำหนดไว้ ถ้าไม่ครบก็จะวนกลับไปทำงานตามกระบวนการ GA ต่อไป ในประชากรรุ่นถัดไป

ญ. หยุดกระบวนการทำงาน



รูปที่ 3.13 แสดงลำดับการทำงานของโปรแกรม

ที่มา : พิชราภรณ์, 2007

3.1.5.3 วิเคราะห์และออกแบบแฟ้มข้อมูลนำออก ประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

ก. แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

- ก.1 จำนวนประชากร
- ก.2 จำนวนรุ่น
- ก.3 ค่าอัตราสุ่ม
- ก.4 ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์
- ก.5 ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์
- ก.6 ชนิดของการสลับสายพันธุ์
- ก.7 ชนิดของการกลายพันธุ์
- ก.8 เปอร์เซนต์ของการเก็บโครโมโซมพันธุ์ดีเทียบขนาดประชากร
- ก.9 จำนวนเครื่องจักร
- ก.10 จำนวนผลิตภัณฑ์

ข. แสดงการกำหนดค่าของปัญหา

- ข.1 ความกว้างของพื้นที่
- ข.2 ความยาวของพื้นที่
- ข.3 พื้นที่ว่างสำหรับขนส่ง

ค. แสดงส่วนของผลลัพธ์ที่ได้

- ค.1 เลขในแต่ละเจนเนอเรชัน
- ค.2 ค่าที่ดีที่สุดของเจนเนอเรชันนั้นๆ
- ค.3 ค่าที่ดีที่สุดของทุกๆ เจนเนอเรชัน
- ค.4 ค่าเฉลี่ยของระยะทางที่ได้ในเจนเนอเรชันนั้นๆ
- ค.5 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ค.6 แสดงลำดับการจัดเรียงเครื่องจักรของโรงงาน
- ค.7 เวลาที่ใช้ในการคำนวณ
- ค.8 จำนวนผลิตภัณฑ์
- ค.9 ลำดับการจัดเรียงเครื่องจักรในผลิตภัณฑ์
- ค.10 ระยะทางที่ใช้ในการเคลื่อนที่ในการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์
- ค.11 ระยะทางรวมที่สั้นที่สุดที่ได้จากการเคลื่อนที่ในการผลิตของทุก

ผลิตภัณฑ์

3.1.6 การพัฒนาโปรแกรมเพื่อนำ GA มาใช้หาลำดับการจัดเรียงเครื่องจักร

โปรแกรมจะถูกพัฒนาขึ้นมาด้วยโปรแกรม Tcl and the Tk ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สามารถจัดการในส่วนของการติดต่อสำหรับผู้ใช้ได้ดี

3.1.7 การทดสอบและแก้ไขโปรแกรม

จากการที่ได้พัฒนาโปรแกรมเพื่อนำ GA มาใช้หาลำดับการจัดเรียงเครื่องจักร แล้วนำโปรแกรมที่ถูกพัฒนาไปทำการทดสอบเพื่อตรวจความถูกต้องของขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม ซึ่งจะรันโปรแกรมกับปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรของข้อมูลทั้ง 4 ชุดที่กล่าวได้ในข้างต้น โดยโปรแกรมจะต้องแสดงผลที่มีระยะทางการขนถ่ายสั้นที่สุด

3.1.8 การทดสอบโปรแกรมเพื่อศึกษาผลของการสลับสายพันธุ (Crossover) และการกำหนดค่าพารามิเตอร์

3.1.8.1 การศึกษาวิธีการสลับสายพันธุ เมื่อพัฒนาโปรแกรมเพื่อนำ GA มาใช้หาลำดับการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบ FMS เรียบร้อยแล้ว จึงทำการทดสอบโปรแกรมเพื่อศึกษาผลของวิธีการสลับสายพันธุ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบแบบยืดหยุ่น

3.1.8.2 การศึกษาการกำหนดค่าพารามิเตอร์มี 2 ลักษณะ คือ

ก. กำหนดค่าพารามิเตอร์โดยการออกแบบการทดลอง ในการศึกษาวิธีการสลับสายพันธุ จะอ้างอิงค่าพารามิเตอร์จากการศึกษาของ พัชรภรณ์ อริยะวงศ์ ที่ได้จากการทดลอง คือ $Pop/Gen = 25/100$, $P_c = 0.5$, $P_m = 0.9$ และค่า Seed ที่แตกต่างกันไป ซึ่งจะทำการทดสอบโดยการรันโปรแกรมกับปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรของข้อมูลทั้งหมด 4 ชุด เพื่อหาระยะทางการขนถ่ายวัสดุที่สั้นที่สุดในการออกแบบการทดลองครั้งนี้ได้กำหนดปัจจัยไว้ 3 ปัจจัย คือ ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่น (Pop/Gen), ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ (Probability of Crossover : P_c) และความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ (Probability of Mutation : P_m) โดยแต่ละปัจจัยจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ซึ่งจะทำการทดลองกับข้อมูลทั้งหมด 4 ชุด และแต่ละชุดมีการทำซ้ำ 5 ครั้ง โดยใช้หมายเลขในการสุ่มที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 แสดงปัจจัยและระดับของการทดลอง

ปัจจัย	ระดับ (Levels)	ค่า (Values)		
		ต่ำ (-1)	กลาง (0)	สูง (1)
ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่น (Pop/Gen)	3	25/100	50/50	100/25
ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ P_c	3	0.1	0.5	0.9
ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ P_m	3	0.1	0.5	0.9

จากปัจจัยและระดับของการทดลอง จะใช้การออกแบบเชิงแฟคทอเรียล สมบูรณ์ (Full Factorial Design : FFD) โดยจะทำการรัน $3 \times 3 \times 3 = 27$ รัน มีการทำซ้ำ 5 ครั้ง

ดังนั้น จำนวนการรันทดสอบทั้งหมดคือ $27 \times 5 = 135$ รัน ซึ่งเรียกการออกแบบการทดลองนี้ว่าการออกแบบเชิงแฟคทอเรียลแบบสามระดับ

ข. การกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่สามารถปรับเปลี่ยนค่าได้ ในการศึกษาวิธี Adaptive Parameter นั้นได้ทำการศึกษาโดยออกแบบให้โปรแกรมสามารถปรับเปลี่ยนค่าได้ทั้งหมด 3 วิธี คือ

ข.1 ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ P_c

ข.2 ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ P_m

ข.3 ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์และการกลายพันธุ์ (Adaptive P_c & P_m)

โดยจะปรับค่าพารามิเตอร์ตามความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) ที่ได้ในแต่ละรุ่น คือ ถ้าค่า S.D. ปัจจุบันน้อยกว่า S.D. ในอดีต ค่าพารามิเตอร์จะปรับขึ้น 0.05 แต่ถ้าวค่า S.D. ปัจจุบันมากกว่า S.D. ในอดีต ค่าพารามิเตอร์จะลงขึ้น 0.05

3.1.9 การสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

3.1.9.1 เพื่อศึกษากระบวนการทำงานของ GA และนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักร

3.1.9.2 เพื่อศึกษาผลของเส้นทางการวิ่งของรถ AGV ที่มีผลต่อคุณภาพของคำตอบ

3.1.9.3 พัฒนาโปรแกรมช่วยออกแบบการหารูปแบบของการจัดเรียงเครื่องจักรที่เหมาะสม ซึ่งมีระยะทางของการเคลื่อนที่ของการขนถ่ายวัสดุน้อยที่สุด (Minimize Total Material handling Distance)

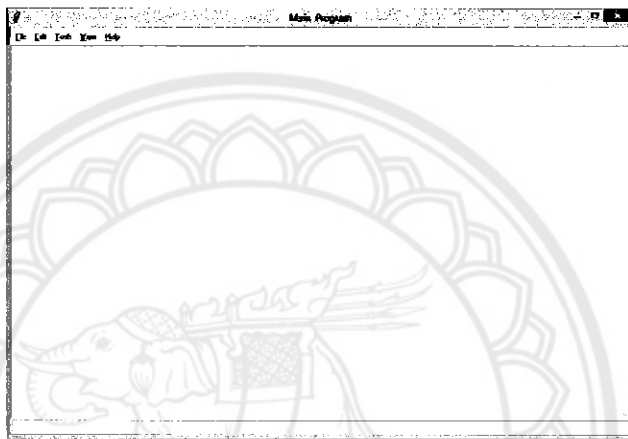
บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์

4.1 ผลการพัฒนาโปรแกรมเพื่อนำ GA มาใช้หาลำดับการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบ FMS

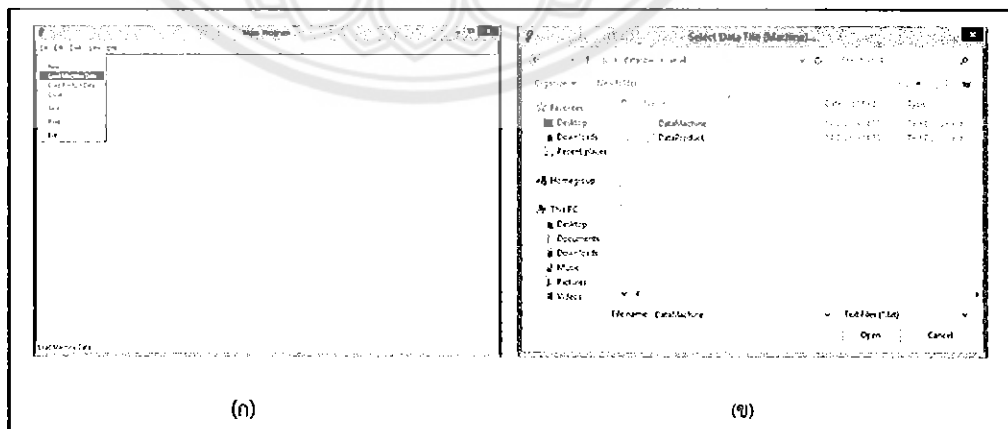
โปรแกรม Tcl and Tk เป็นโปรแกรมที่สามารถจัดการในส่วนของการติดต่อสำหรับผู้ใช้ (Graphic User Interface) ได้ดี โดยลักษณะต่างๆ ของโปรแกรมมีลักษณะ ดังนี้

4.1.1 หน้าจอหลัก



รูปที่ 4.1 แสดงหน้าจอหลักของโปรแกรม

ซึ่งในการนำแฟ้มข้อมูลนำเข้า เข้ามาสู่โปรแกรมนั้น สามารถทำได้ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 (ก) แสดงการเลือกนำเข้าข้อมูล นำเข้าสู่โปรแกรม

(ข) แสดงการนำเข้าข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม

4.1.2 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

หน้าต่างของการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จะแสดงเมื่อมีการโหลดเพิ่มข้อมูลนำเข้าเรียบร้อยแล้ว และทำการเลือก Genetic Algorithm ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงการเลือก Genetic Algorithm

ซึ่งหน้าต่างของการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

4.1.2.1 ส่วนของพารามิเตอร์ จะเป็นการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ผู้ใช้ต้องการ และสามารถเลือกรันข้อมูลเส้นทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV ได้ว่าจะให้รถ AGV วิ่งในเส้นทางแบบใด

4.1.2.2 ส่วนของ Layout Area จะเป็นการกำหนดขนาดของปัญหา ซึ่งจะเกี่ยวกับขนาดพื้นที่ และระยะห่างระหว่างเครื่องจักร เมื่อกำหนดค่าต่างๆ เรียบร้อยแล้วจะต้องกด Run Genetic Algorithm ทุกครั้งเพื่อให้โปรแกรมเริ่มทำงาน

Genetic Algorithm for Modelling Layout Problem Program

Genetic Algorithm

Parameters

Population size: 100 4.1.2.1

Number of generation: 25

Probability of crossover: 0.50

Probability of mutation: 0.90

Crossover operation: EERX

Mutation operation: 20AX

Random seed value: 555

Percent of elitist : 10 %

Type of AGV path : Previous Work Current Work Current2 Work

Problem Size

Layout Area

Width of area: 30 meters 4.1.2.2

Length of area: 30 meters

Gap between machines: 1 meter(s)

Run Genetic Algorithm Reset Exit

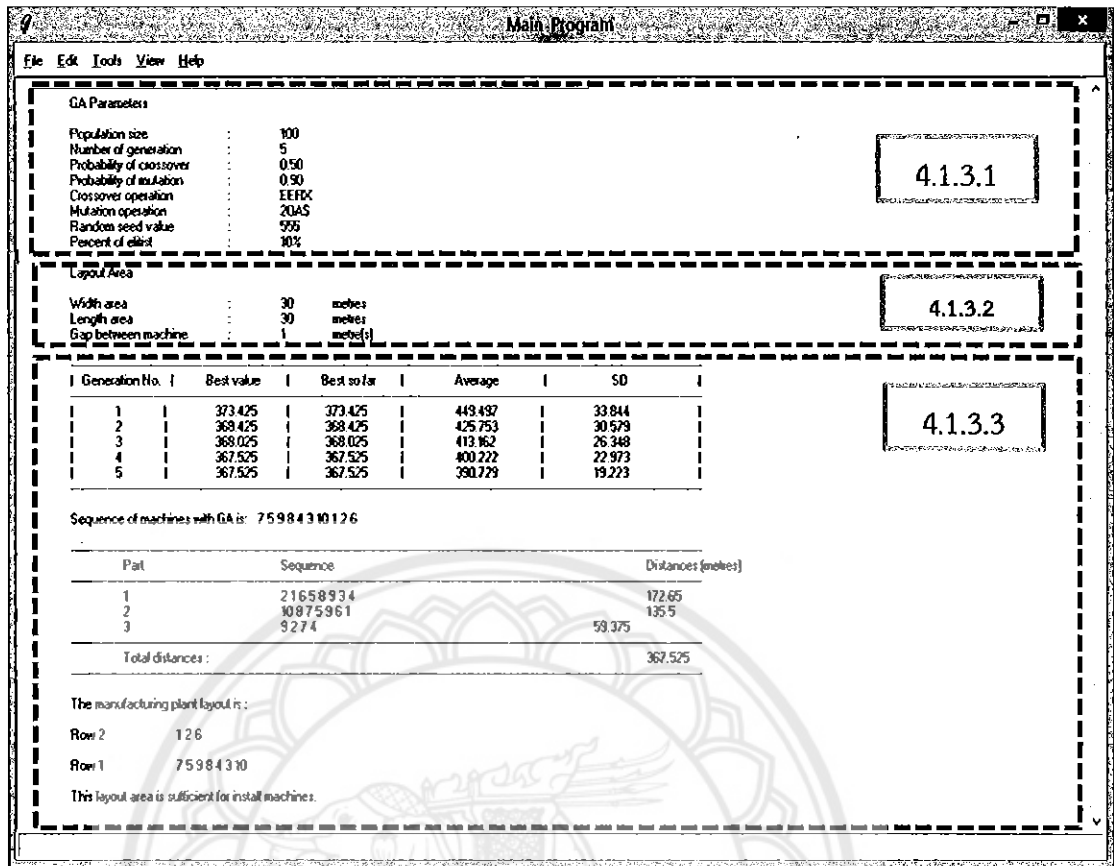
รูปที่ 4.4 แสดงหน้าต่างการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

4.1.3 หน้าจอแสดงผล แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

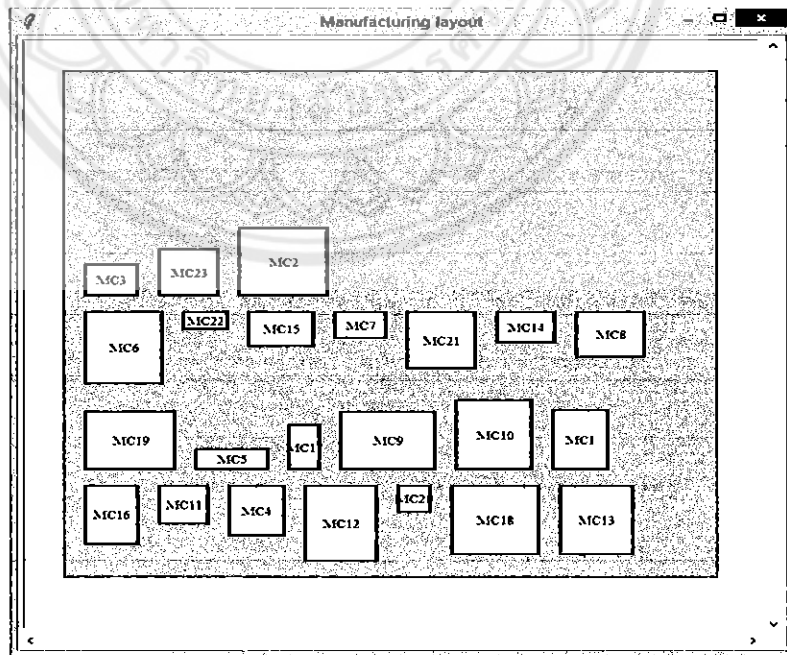
4.1.3.1 แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

4.1.3.2 แสดงการกำหนดค่าของปัญหา

4.1.3.3 แสดงส่วนของผลลัพธ์ที่ได้ ซึ่งทั้ง 3 ส่วน มีลักษณะดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แสดงหน้าจอแสดงผล



รูปที่ 4.6 แสดงผลการจัดเรียงเครื่องจักรแบบกราฟฟิก

4.2 ผลการเปรียบเทียบระยะทางการขนถ่ายวัสดุ

4.2.1 เส้นทางกรวิ้งของรถ AGV

จากการศึกษาเส้นทางกรวิ้งของรถ AGV ทั้ง 3 แบบ โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ ซึ่งอ้างอิงมาจาก พัชรภรณ์ อริยะวงษ์, 2007 ดังต่อไปนี้ ขนาดประชากรต่อจำนวนรุ่น (Pop/Gen) = 25/100, การสลับสายพันธุ์ (P_c) = 0.5, การกลายพันธุ์ (P_m) = 0.9 พบว่า ลักษณะของเส้นทางกรวิ้ง กรณีที่ 1 มีระยะทางที่สั้นที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 4.1

4.2.4 เวลาที่ใช้ในการรันโปรแกรม

ในการรันโปรแกรมแต่ละชุดข้อมูลจะใช้เวลาในการหาคำตอบไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับขนาดของปัญหา โดยจะใช้ค่าพารามิเตอร์เหมือนกับหัวข้อ 4.2.1 ซึ่งสำหรับโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นนี้จะใช้เวลาในการรันโปรแกรม ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงระยะทางและเวลาที่ใช้ในการรันโปรแกรมแต่ละชุดข้อมูล

ชุดข้อมูล	1		2		3		4	
	เวลา (s)	ระยะทาง (m)	เวลา (s)	ระยะทาง (m)	เวลา (s)	ระยะทาง (m)	เวลา (s)	ระยะทาง (m)
เวลาที่ใช้กรณีเปรียบเทียบของ พัชรภรณ์ อริยะวงษ์ (2550)	8.63	198.60	28.96	1333.44	29.36	1461.25	70.75	5030.07
เวลาที่ใช้กรณีที่ 1	10.13	134.64	32.35	1032.47	33.66	1000.39	84.95	3367.77
เวลาที่ใช้กรณีที่ 2	10.38	206.13	43.68	1143.51	35.13	1432.15	95.31	3891.12

4.3 ผลการออกแบบการทดลองเพื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์

จากการศึกษาได้นำวิธีการสลับสายพันธุ์แบบ EERX และการกลายพันธุ์แบบ 2OAS มาออกแบบการทดลอง เพื่อศึกษาการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในแต่ละชุดข้อมูล และทำการวิเคราะห์ผลของพารามิเตอร์ที่มีผลต่อระยะทางการขนถ่ายวัสดุด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

4.3.1 ผลการทดลอง

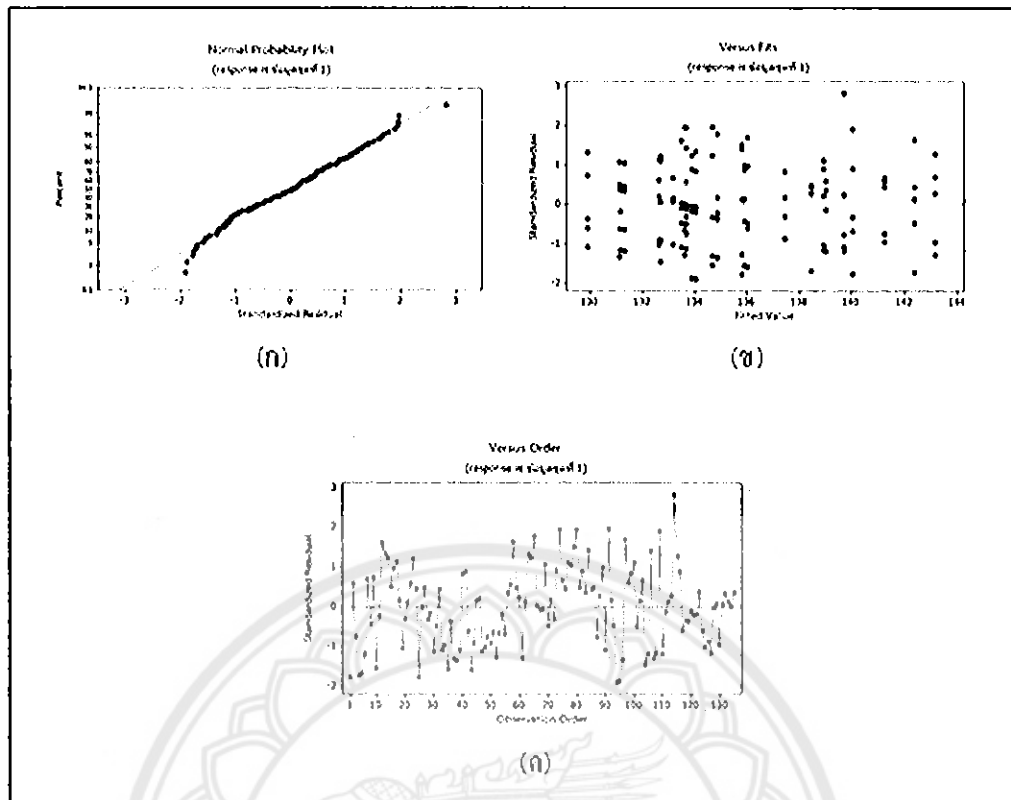
ในการวิเคราะห์ผลการทดลองจะใช้โปรแกรมประยุกต์ทางด้านสถิติ คือ โปรแกรม Minitab 16 และใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ในรูปแบบจำลองเชิงเส้นทั่วไป (ANOVA : General Linear Model) โดยพิจารณาให้ผลเฉลยที่ดีที่สุดที่พบ (ระยะทางการวิ่งของรถ AGV ที่สั้นที่สุด) เป็นตัวแปรตาม ซึ่งได้ผลการทดลองจากข้อมูล ดังนี้

4.3.1.1 ผลการทดลองข้อมูลชุดที่ 1 การวิ่งรถ AGV กรณีที่ 1

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลชุดที่ 1 การวิ่งรถ AGV กรณีที่ 1

Source	Degree of Freedom	Sum of Square	Mean Square	F	P
Pop/Gen	2	390.50	195.25	6.12	0.003
P_c	2	24.10	12.05	0.38	0.686
P_m	2	599.58	299.79	9.40	0.000
(Pop/Gen)(P_c)	4	160.14	40.03	1.26	0.292
(Pop/Gen)(P_m)	4	208.23	52.06	1.63	0.171
(P_c)(P_m)	4	25.13	6.28	0.20	0.939
(Pop/Gen)(P_c)(P_m)	8	301.62	37.70	1.18	0.316
Error	108	3442.85	31.88		
Total	134	5152.15			

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ได้แสดงในตารางที่ 4.2 เมื่อพิจารณาค่า P ที่ได้ของแต่ละปัจจัย พบว่า ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่น (Pop/Gen) และความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (P_m) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 ซึ่งหมายความว่าปัจจัยต่างๆ เหล่านี้มีผลกระทบต่อค่าตอบของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น ส่วนความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ์ (P_c), (Pop/Gen)(P_c), (Pop/Gen)(P_m), (P_c)(P_m) และ (Pop/Gen)(P_c)(P_m) นั้นพบว่า ค่า P มีค่าสูงกว่า 0.05 ดังนั้น ปัจจัยเหล่านี้จึงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงกราฟการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แสดงกราฟการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) 3 แบบ คือ

(ก) แสดงกราฟค่าผิดพลาดที่มีการแจกแจงปกติ

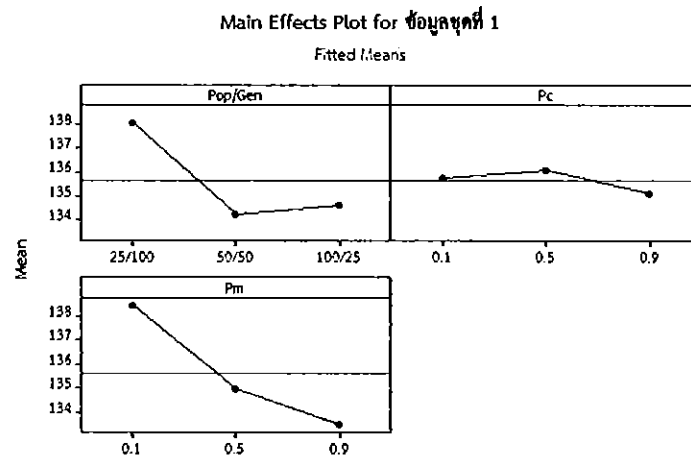
(ข) แสดงกราฟความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดคงที่

(ค) แสดงกราฟความผิดพลาดเป็นอิสระต่อกัน

จากการตรวจสอบค่าผิดพลาดที่มีการแจกแจงปกติดังรูปที่ 4.7 (ก) พบว่า กราฟมีลักษณะคล้ายเส้นตรง แต่จะมีบางช่วงที่ไม่เป็นเส้นตรงก็สามารถที่จะยอมรับได้ จึงถือได้ว่าไม่ละเมิดสมมติฐานความเป็นปกติ แสดงว่า ข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีการแจกแจงแบบปกติ

จากการตรวจสอบความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดคงที่ดังรูปที่ 4.7 (ข) พบว่า กราฟที่มีการเรียงตัวของข้อมูลอยู่ในแถวแนวนอนรอบๆ ค่าศูนย์ ข้อมูลมีการกระจายสม่ำเสมอ และกราฟที่ได้ไม่มีรูปแบบ หรือรูปร่างเฉพาะแต่อย่างใด จึงถือได้ว่าไม่ละเมิดค่าความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดคงที่ แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดคงที่

จากการตรวจสอบความผิดพลาดเป็นอิสระต่อกันดังรูปที่ 4.7 (ค) พบว่า กราฟได้มีการกระจายตัวอยู่รอบๆ เส้นศูนย์ และส่วนตกค้างที่ได้ไม่มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น หรือลดลงตามลำดับเวลาของการเก็บข้อมูล จึงถือได้ว่าไม่ละเมิดสมมติฐานความเป็นอิสระต่อกัน แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีความเป็นอิสระ แสดงกราฟผลกระทบปัจจัยหลัก ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก

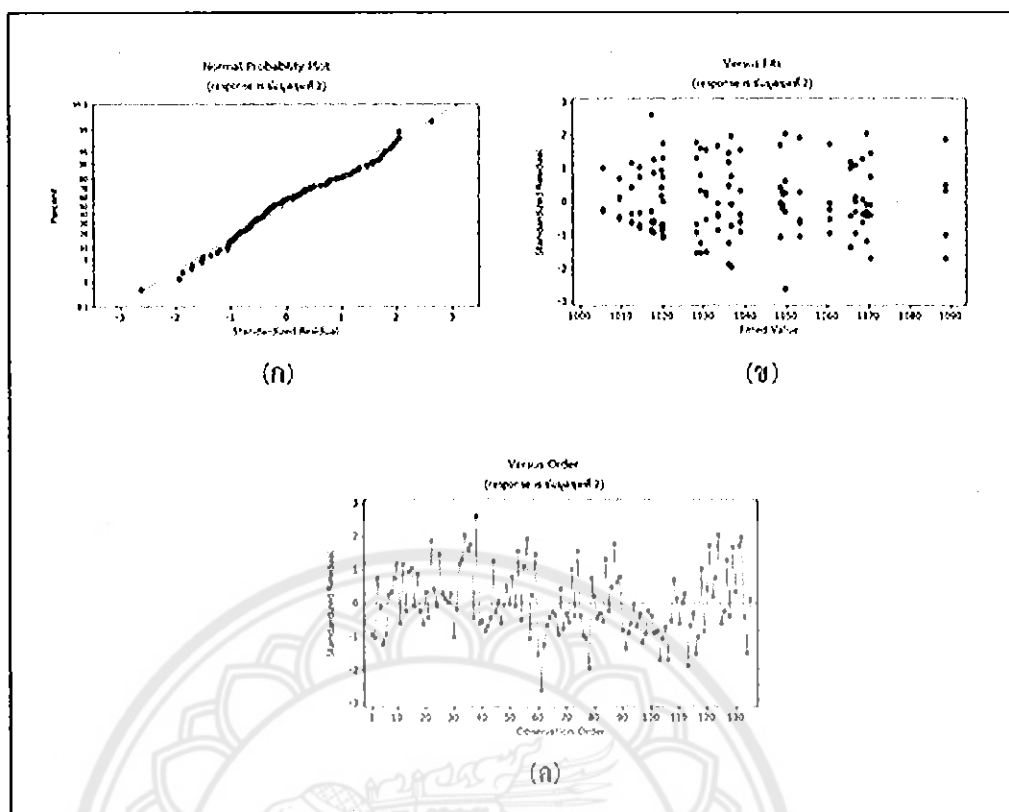
จากรูปที่ 4.8 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) เพื่อช่วยกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดในการศึกษา ได้ผลการศึกษา ดังนี้ ขนาดของประชากรต่อจำนวนรุ่น (Pop/Gen) ที่ระดับกลาง คือ 50/50, ความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ์ (P_c) ที่ระดับสูง คือ 0.9 และความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (P_m) ที่ระดับสูง คือ 0.9

4.3.1.2 ผลการทดลองข้อมูลชุดที่ 2 การวิ่งรถ AGV กรณีที่ 1

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลชุดที่ 2 การวิ่งรถ AGV กรณีที่ 1

Source	Degree of Freedom	Sum of Square	Mean Square	F	P
Pop/Gen	2	5609.3	2804.7	6.63	0.002
P_c	2	2164.0	1082.0	2.56	0.082
P_m	2	49368.6	24684.3	58.39	0.000
(Pop/Gen)(P_c)	4	2587.1	646.8	1.53	0.199
(Pop/Gen)(P_m)	4	4102.1	1025.5	2.43	0.052
(P_c)(P_m)	4	608.6	152.1	0.36	0.837
(Pop/Gen)(P_c)(P_m)	8	2033.8	254.2	0.60	0.775
Error	108	45655.7	422.7		
Total	134	112129.2			

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ได้แสดงในตารางที่ 4.3 เมื่อพิจารณาค่า P ที่ได้ของแต่ละปัจจัย พบว่า ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่น (Pop/Gen) และความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (P_m) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 ซึ่งหมายความว่าปัจจัยต่างๆ เหล่านี้มีผลกระทบต่อค่าตอบของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น ความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ์ (P_c), (Pop/Gen)(P_c), (Pop/Gen)(P_m), (P_c)(P_m) และ (Pop/Gen)(P_c)(P_m) นั้นพบว่า ค่า P มีค่าสูงกว่า 0.05 ดังนั้น ปัจจัยเหล่านี้จึงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงกราฟการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง ดังรูปที่ 4.9



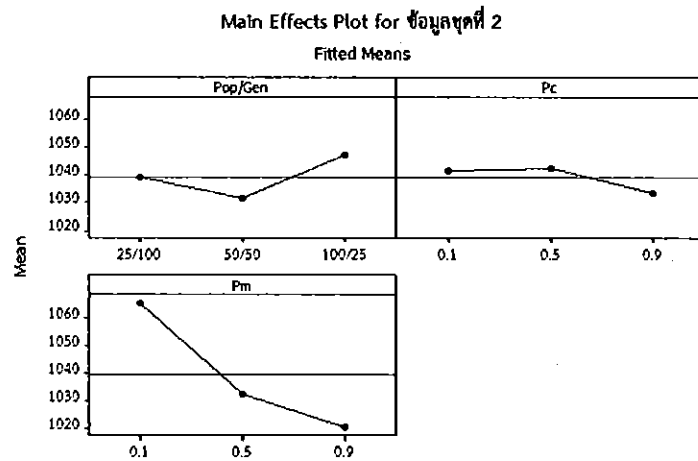
รูปที่ 4.9 แสดงกราฟการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) 3 แบบ คือ

- (ก) แสดงกราฟค่าผิดพลาดมีการแจกแจงปกติ
- (ข) แสดงกราฟความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดคงที่
- (ค) แสดงกราฟความผิดพลาดเป็นอิสระต่อกัน

จากการตรวจสอบค่าผิดพลาดมีการแจกแจงปกติดังรูปที่ 4.9 (ก) พบว่า กราฟมีลักษณะคล้ายเส้นตรง แต่จะมีบางช่วงที่ไม่เป็นเส้นตรงก็สามารถที่จะยอมรับได้ จึงถือได้ว่าไม่ละเมิดสมมติฐานความเป็นปกติ แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีการแจกแจงแบบปกติ

จากการตรวจสอบความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดคงที่ดังรูปที่ 4.9 (ข) พบว่า กราฟที่มีการเรียงตัวของข้อมูลอยู่ในแถวแนวนอนรอบๆ ค่าศูนย์ ข้อมูลมีการกระจายสม่ำเสมอ และกราฟที่ได้ไม่มีรูปแบบ หรือรูปร่างเฉพาะแต่อย่างใด จึงถือได้ว่าไม่ละเมิดค่าความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดคงที่ แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดคงที่

จากการตรวจสอบความผิดพลาดเป็นอิสระต่อกันดังรูปที่ 4.9 (ค) พบว่า กราฟได้มีการกระจายตัวอยู่รอบๆ เส้นศูนย์ และส่วนตกค้างที่ได้ไม่มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น หรือลดลงตามลำดับเวลาของการเก็บข้อมูล จึงถือได้ว่าไม่ละเมิดสมมติฐานความเป็นอิสระต่อกัน แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีความเป็นอิสระ แสดงกราฟผลกระทบปัจจัยหลัก ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก

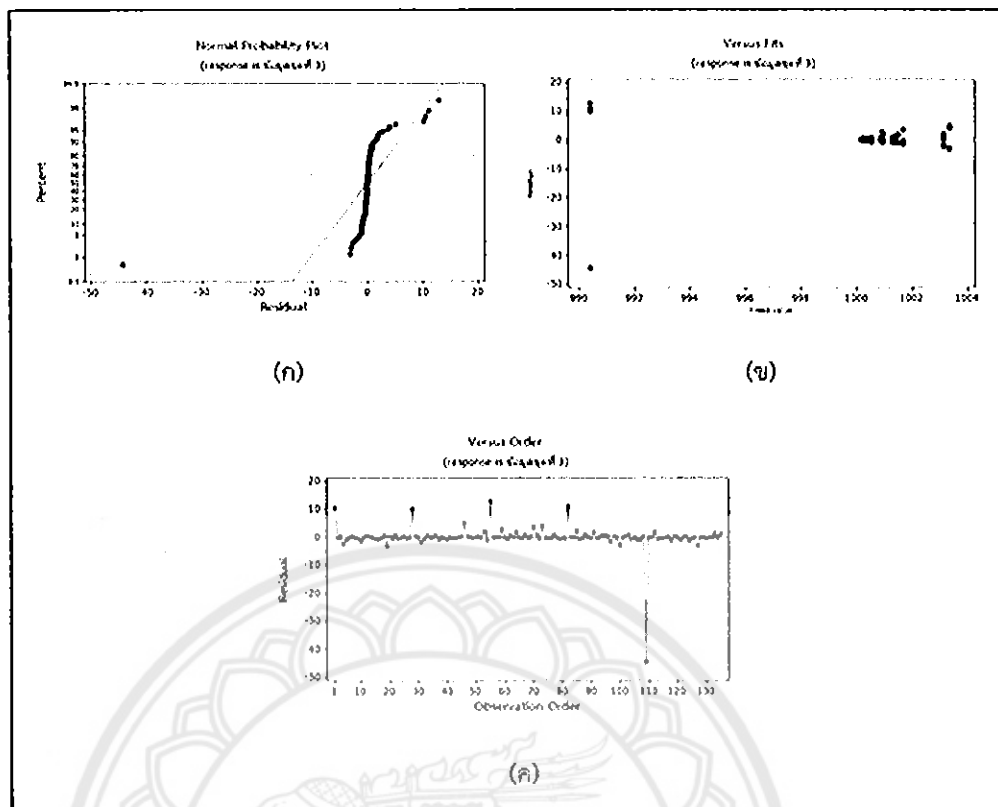
จากรูปที่ 4.10 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) เพื่อช่วยกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดในการศึกษา ได้ผลการศึกษาดังนี้ ขนาดของประชากรต่อจำนวนรุ่น (Pop/Gen) ที่ระดับกลาง คือ 50/50, ความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ์ (P_c) ที่ระดับสูง คือ 0.9 และความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (P_m) ที่ระดับสูง คือ 0.9

4.3.1.3 ผลการทดลองข้อมูลชุดที่ 3 การวิ่งรถ AGV กรณีที่ 1

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลชุดที่ 3 การวิ่งรถ AGV กรณีที่ 1

Source	Degree of Freedom	Sum of Square	Mean Square	F	P
Pop/Gen	2	53.11	26.55	1.10	0.337
P_c	2	41.78	20.89	0.87	0.424
P_m	2	0.55	0.27	0.01	0.989
(Pop/Gen)(P_c)	4	132.42	33.10	1.37	0.249
(Pop/Gen)(P_m)	4	83.82	20.95	0.87	0.486
(P_c)(P_m)	4	56.64	14.16	0.59	0.673
(Pop/Gen)(P_c)(P_m)	8	246.14	30.77	1.27	0.265
Error	108	2607.87	24.15		
Total	134	3222.31			

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ได้แสดงในตารางที่ 4.4 เมื่อพิจารณาค่า P ที่ได้ของแต่ละปัจจัย พบว่า ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่น (Pop/Gen), ความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ์ (P_c), ความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (P_m), (Pop/Gen)(P_c), (Pop/Gen)(P_m), (P_c)(P_m) และ (Pop/Gen)(P_c)(P_m) นั้นพบว่าค่า P มีค่าสูงกว่า 0.05 ดังนั้น ปัจจัยเหล่านี้จึงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงกราฟการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 แสดงกราฟการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) 3 แบบ คือ

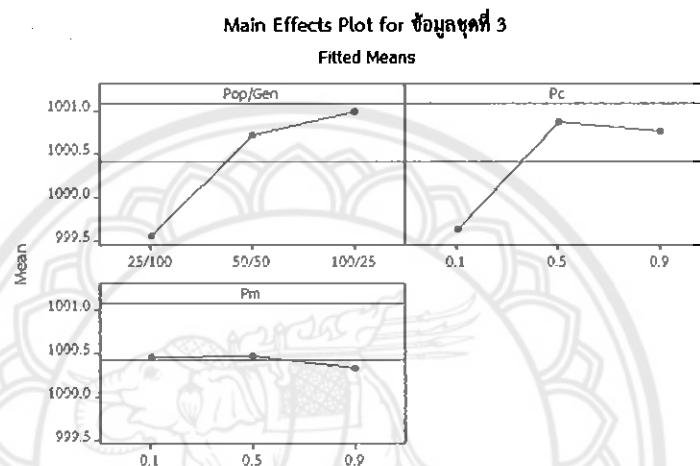
- (ก) แสดงกราฟค่าผิดพลาดที่มีการแจกแจงปกติ
- (ข) แสดงกราฟความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดคงที่
- (ค) แสดงกราฟความผิดพลาดเป็นอิสระต่อกัน

จากการตรวจสอบค่าผิดพลาดที่มีการแจกแจงปกติดังรูปที่ 4.11 (ก) พบว่า กราฟมีลักษณะไม่เรียงตัวตามเส้นตรง จึงถือได้ว่าละเมิดสมมติฐานความเป็นปกติ แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ

จากการตรวจสอบความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดคงที่ดังรูปที่ 4.11 (ข) พบว่า กราฟที่มีการเรียงตัวของข้อมูลอยู่ในแฉกแนวนอนรอบๆ ค่าศูนย์ ข้อมูลมีการกระจายสม่ำเสมอ และกราฟที่ได้ไม่มีรูปแบบ หรือรูปร่างเฉพาะแต่อย่างใด จึงถือได้ว่าละเมิดค่าความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดคงที่ แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดไม่คงที่

จากการตรวจสอบความผิดพลาดเป็นอิสระต่อกันดังรูปที่ 4.11 (ค) พบว่า กราฟไม่มีการกระจายตัวอยู่รอบๆ เส้นศูนย์ และส่วนตกค้างที่ได้ไม่มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น หรือลดลงตามลำดับเวลาของการเก็บข้อมูล จึงถือได้ว่าละเมิดสมมติฐานความเป็นอิสระต่อกัน แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองไม่เป็นอิสระ

เนื่องจาก ชุดข้อมูลที่ $Pop/Gen = 25/100$, $P_c = 0.1$, $P_m = 0.1$ และ $Seed = 555$ มีค่าพารามิเตอร์ เท่ากับ 946.00 จึงทำให้กราฟ Normal Probability Plot ดังแสดงในรูปที่ 4.11 (ก) เกิดความแปรปรวนที่ผิดปกติ, กราฟ Versus Fits ดังแสดงในรูปที่รูป 4.11 (ข) เกิดความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดไม่คงที่ และกราฟ Versus Order ดังแสดงในรูปที่ 4.11 (ค) ไม่เป็นอิสระต่อกัน ซึ่งเกิดจากความถี่ของเครื่องจักรใน Data Product มีความไม่สม่ำเสมอในการเรียกใช้เครื่องจักรในการทำงาน หรือ จำนวนการทดลองซ้ำที่มีผลต่อกราฟการแจกแจงปกติ แสดงกราฟผลกระทบปัจจัยหลัก ดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก

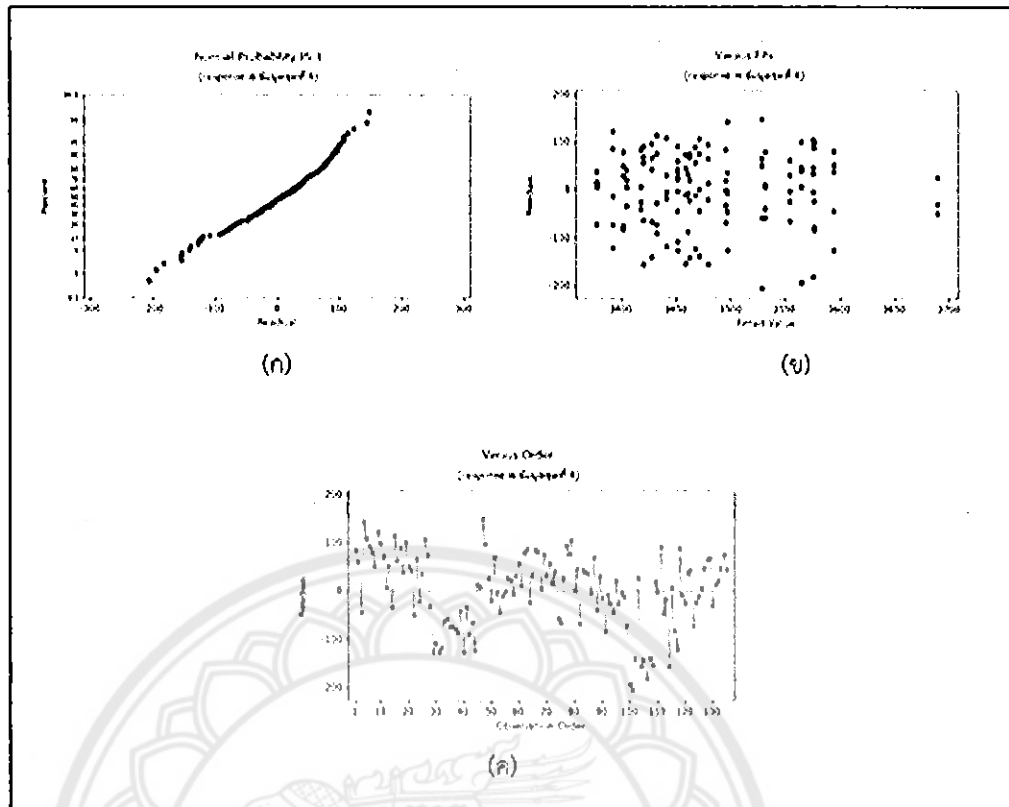
จากรูปที่ 4.12 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) เพื่อช่วยกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดในการศึกษา ได้ผลการศึกษาดังนี้ ขนาดของประชากรต่อจำนวนรุ่น (Pop/Gen) ที่ระดับต่ำ คือ 25/100, ความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ์ (P_c) ที่ระดับต่ำ คือ 0.1 และความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (P_m) ที่ระดับสูง คือ 0.9

4.3.1.4 ผลการทดลองข้อมูลชุดที่ 4 การวิ่งรถ AGV กรณีที่ 1

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลชุดที่ 4 การวิ่งรถ AGV กรณีที่ 1

Source	Degree of Freedom	Sum of Square	Mean Square	F	P
Pop/Gen	2	95373	47686	6.62	0.002
P_c	2	10803	5402	0.75	0.475
P_m	2	473876	236938	32.91	0.000
(Pop/Gen)(P_c)	4	11846	2961	0.41	0.800
(Pop/Gen)(P_m)	4	30381	7595	1.05	0.383
(P_c)(P_m)	4	28882	7221	1.00	0.409
(Pop/Gen)(P_c)(P_m)	8	52915	6614	0.92	0.504
Error	108	777671	7201		
Total	134	1481747			

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ได้แสดงในตารางที่ 4.5 เมื่อพิจารณาค่า P ที่ได้ของแต่ละปัจจัย พบว่า ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่น (Pop/Gen) และความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (P_m) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 ซึ่งหมายความว่าปัจจัยต่างๆ เหล่านี้มีผลกระทบต่อการหาคำตอบของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น ความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ์ (P_c), (Pop/Gen)(P_c), (Pop/Gen)(P_m), (P_c)(P_m) และ (Pop/Gen)(P_c)(P_m) นั้นพบว่า ค่า P มีค่าสูงกว่า 0.05 ดังนั้น ปัจจัยเหล่านี้จึงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงกราฟการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง ดังรูปที่ 4.13



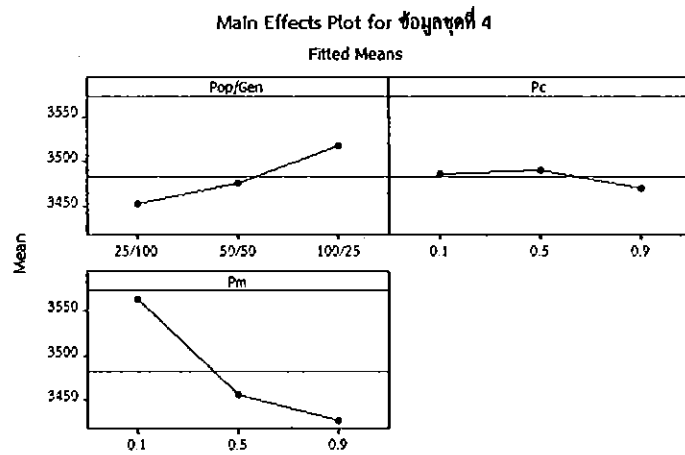
รูปที่ 4.13 แสดงกราฟการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) 3 แบบ คือ

- (ก) แสดงกราฟค่าผิดพลาดที่มีการแจกแจงปกติ
- (ข) แสดงกราฟความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดคงที่
- (ค) แสดงกราฟความผิดพลาดเป็นอิสระต่อกัน

จากการตรวจสอบค่าผิดพลาดที่มีการแจกแจงปกติดังรูปที่ 4.13 (ก) พบว่า กราฟมีลักษณะคล้ายเส้นตรง แต่จะมีบางช่วงที่ไม่เป็นเส้นตรงก็สามารถที่จะยอมรับได้ จึงถือได้ว่าไม่ละเมิดสมมติฐานความเป็นปกติ แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีการแจกแจงแบบปกติ

จากการตรวจสอบความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดคงที่ดังรูปที่ 4.13 (ข) พบว่า กราฟที่มีการเรียงตัวของข้อมูลอยู่ในแถวแนวนอนรอบๆ ค่าศูนย์ ข้อมูลมีการกระจายสม่ำเสมอ และกราฟที่ได้ไม่มีรูปแบบ หรือรูปร่างเฉพาะแต่อย่างใด จึงถือได้ว่าไม่ละเมิดค่าความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดคงที่ แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดคงที่

จากการตรวจสอบความผิดพลาดเป็นอิสระต่อกันดังรูปที่ 4.13 (ค) พบว่า กราฟได้มีการกระจายตัวอยู่รอบๆ เส้นศูนย์ และส่วนตกค้างที่ได้ไม่มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น หรือลดลงตามลำดับเวลาของการเก็บข้อมูล จึงถือได้ว่าไม่ละเมิดสมมติฐานความเป็นอิสระต่อกัน แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีความเป็นอิสระ แสดงกราฟผลกระทบปัจจัยหลัก ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก

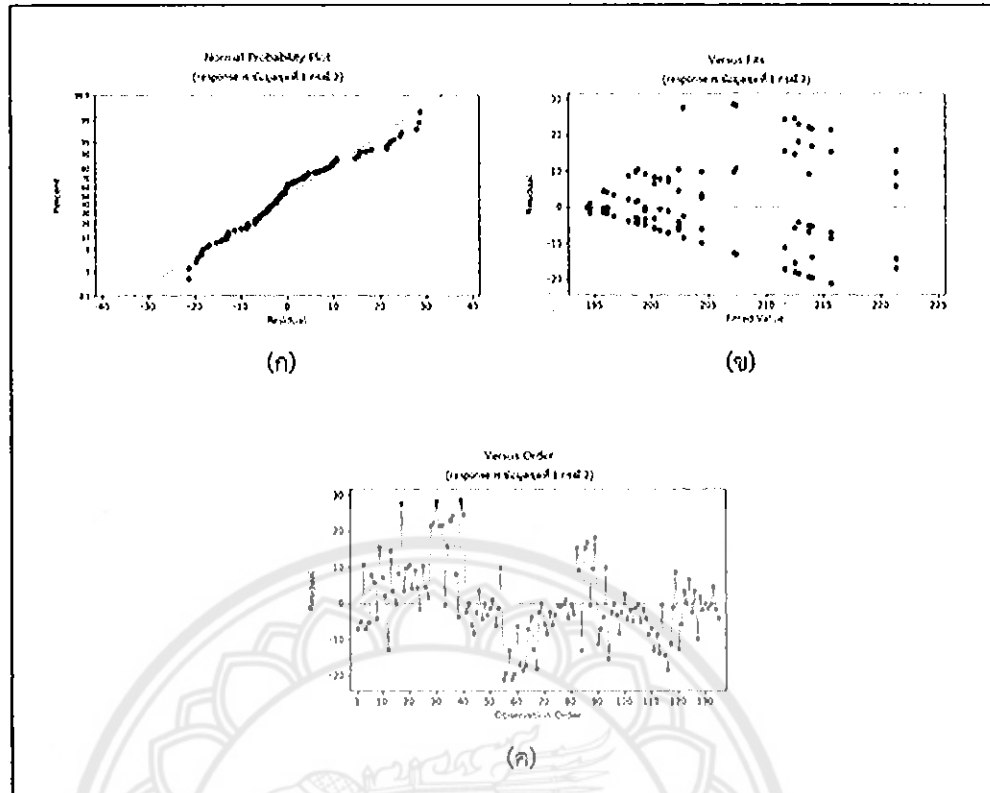
จากรูปที่ 4.14 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) เพื่อช่วยกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดในการศึกษา ได้ผลการศึกษาดังนี้ ขนาดของประชากรต่อจำนวนรุ่น (Pop/Gen) ที่ระดับต่ำ คือ 25/100, ความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ์ (P_c) ที่ระดับสูง คือ 0.9 และความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (P_m) ที่ระดับสูง คือ 0.9

4.3.1.5 ผลการทดลองข้อมูลชุดที่ 1 การวิ่งรถ AGV กรณีที่ 2

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลชุดที่ 1 การวิ่งรถ AGV กรณีที่ 2

Source	Degree of Freedom	Sum of Square	Mean Square	F	P
Pop/Gen	2	5062.3	2531.2	17.31	0.000
P_c	2	131.3	65.7	0.45	0.639
P_m	2	1245.5	622.8	4.26	0.017
$(Pop/Gen)(P_c)$	4	189.7	47.4	0.32	0.861
$(Pop/Gen)(P_m)$	4	268.3	67.1	0.46	0.766
$(P_c)(P_m)$	4	345.0	86.2	0.59	0.671
$(Pop/Gen)(P_c)(P_m)$	8	912.5	114.1	0.78	0.621
Error	108	15793.2	146.2		
Total	134	23947.8			

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ได้แสดงในตารางที่ 4.6 เมื่อพิจารณาค่า P ที่ได้ของแต่ละปัจจัย พบว่า ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่น (Pop/Gen) และความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (P_m) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 ซึ่งหมายความว่าปัจจัยต่างๆ เหล่านี้มีผลกระทบต่อการหาคำตอบของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น ความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ์ (P_c), $(Pop/Gen)(P_c)$, $(Pop/Gen)(P_m)$, $(P_c)(P_m)$ และ $(Pop/Gen)(P_c)(P_m)$ นั้นพบว่า ค่า P มีค่าสูงกว่า 0.05 ดังนั้น ปัจจัยเหล่านี้จึงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงกราฟการวิเคราะห์ส่วนตลก้าง ดังรูปที่ 4.15



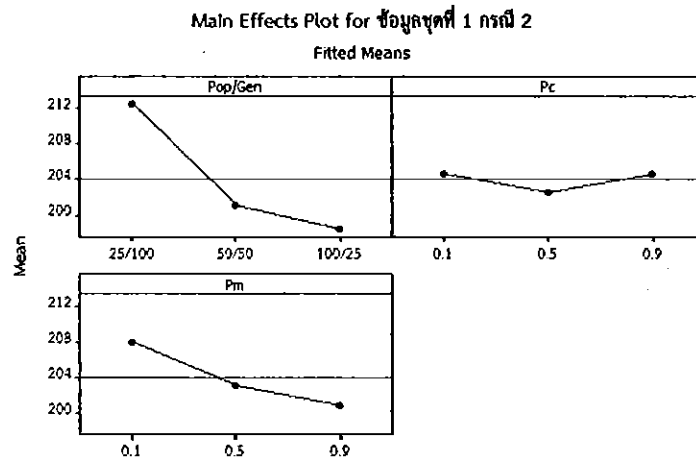
รูปที่ 4.15 แสดงกราฟการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) 3 แบบ คือ

- (ก) แสดงกราฟค่าผิดพลาดที่มีการแจกแจงปกติ
- (ข) แสดงกราฟความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดคงที่
- (ค) แสดงกราฟความผิดพลาดเป็นอิสระต่อกัน

จากการตรวจสอบค่าผิดพลาดที่มีการแจกแจงปกติดังรูปที่ 4.15 (ก) พบว่า กราฟมีลักษณะคล้ายเส้นตรง แต่จะมีบางช่วงที่ไม่เป็นเส้นตรงก็สามารถที่จะยอมรับได้ จึงถือได้ว่าไม่ละเมิดสมมติฐานความเป็นปกติ แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีการแจกแจงแบบปกติ

จากการตรวจสอบความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดคงที่ดังรูปที่ 4.15 (ข) พบว่า กราฟที่มีการเรียงตัวของข้อมูลอยู่ในแถวแนวนอนรอบๆ ค่าศูนย์ ข้อมูลมีการกระจายสม่ำเสมอ และกราฟที่ได้ไม่มีรูปแบบ หรือรูปร่างเฉพาะแต่อย่างใด จึงถือได้ว่าไม่ละเมิดค่าความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดคงที่ แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดคงที่

จากการตรวจสอบความผิดพลาดเป็นอิสระต่อกันดังรูปที่ 4.15 (ค) พบว่า กราฟได้มีการกระจายตัวอยู่รอบๆ เส้นศูนย์ และส่วนตกค้างที่ได้ไม่มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น หรือลดลงตามลำดับเวลาของการเก็บข้อมูล จึงถือได้ว่าไม่ละเมิดสมมติฐานความเป็นอิสระต่อกัน แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีความเป็นอิสระ แสดงกราฟผลกระทบปัจจัยหลัก ดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก

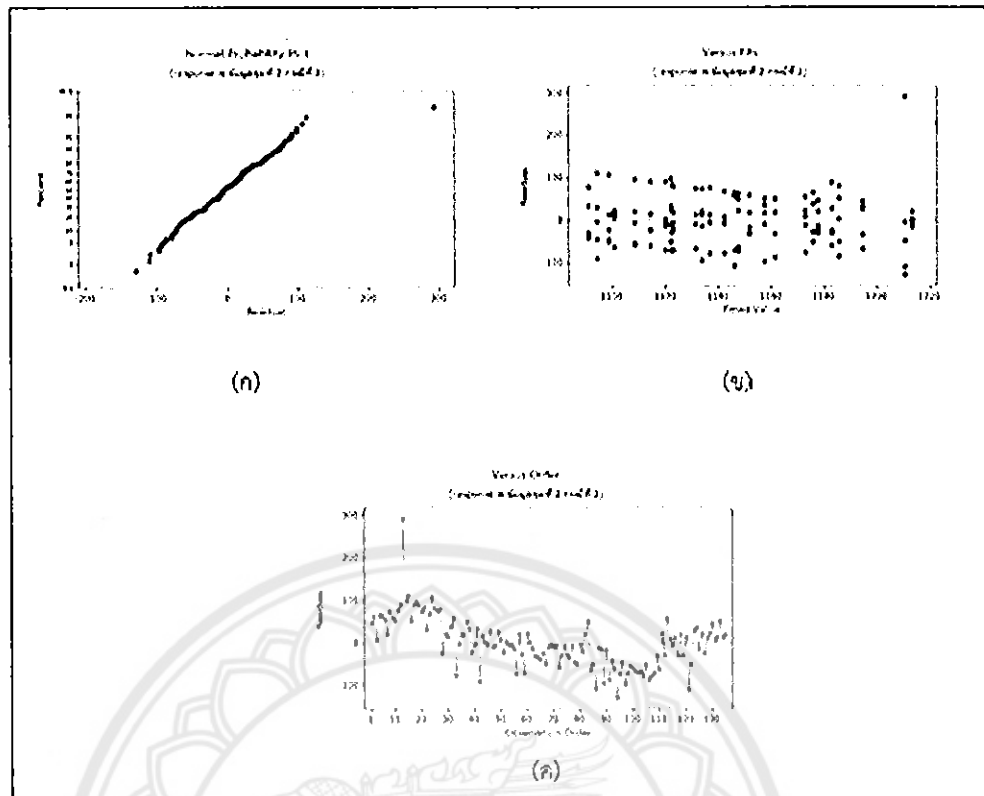
จากรูปที่ 4.16 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) เพื่อช่วยกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดในการศึกษา ได้ผลการศึกษาดังนี้ ขนาดของประชากรต่อจำนวนรุ่น (Pop/Gen) ที่ระดับสูง คือ 100/25, ความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ์ (P_c) ที่ระดับกลาง คือ 0.5 และความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (P_m) ที่ระดับสูง คือ 0.9

4.3.1.6 ผลการทดลองข้อมูลชุดที่ 2 การวิ่งรถ AGV กรณีที่ 2

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลชุดที่ 2 การวิ่งรถ AGV กรณีที่ 2

Source	Degree of Freedom	Sum of Square	Mean Square	F	P
Pop/Gen	2	16269	8134	1.93	0.150
P_c	2	5043	2521	0.60	0.552
P_m	2	106362	53181	12.61	0.000
(Pop/Gen) \times (P_c)	4	3794	949	0.22	0.924
(Pop/Gen) \times (P_m)	4	4350	1088	0.26	0.904
(P_c) \times (P_m)	4	1061	265	0.06	0.993
(Pop/Gen) \times (P_c) \times (P_m)	8	24499	3062	0.73	0.668
Error	108	455415	4217		
Total	134	616793			

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ได้แสดงในตารางที่ 4.7 เมื่อพิจารณาค่า P ที่ได้ของแต่ละปัจจัย พบว่า ความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (P_m) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 ซึ่งหมายความว่าปัจจัยต่างๆ เหล่านี้มีผลกระทบต่อการทำคำตอบของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น ส่วนขนาดของประชากร/จำนวนรุ่น (Pop/Gen), ความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ์ (P_c), (Pop/Gen) \times (P_c), (Pop/Gen) \times (P_m), (P_c) \times (P_m) และ (Pop/Gen) \times (P_c) \times (P_m) นั้นพบว่า ค่า P มีค่าสูงกว่า 0.05 ดังนั้น ปัจจัยเหล่านี้จึงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงกราฟการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง ดังรูปที่ 4.17



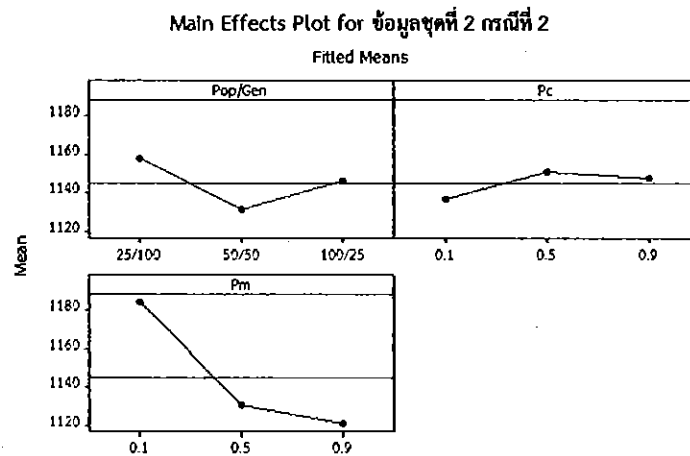
รูปที่ 4.17 แสดงกราฟการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) 3 แบบ คือ

- (ก) แสดงกราฟค่าผิดพลาดที่มีการแจกแจงปกติ
- (ข) แสดงกราฟความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดคงที่
- (ค) แสดงกราฟความผิดพลาดเป็นอิสระต่อกัน

จากการตรวจสอบค่าผิดพลาดที่มีการแจกแจงปกติดังรูปที่ 4.17 (ก) พบว่า กราฟมีลักษณะคล้ายเส้นตรง แต่จะมีบางช่วงที่ไม่เป็นเส้นตรงก็สามารถที่จะยอมรับได้ จึงถือได้ว่าไม่ละเมิดสมมติฐานความเป็นปกติ แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีการแจกแจงแบบปกติ

จากการตรวจสอบความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดคงที่ดังรูปที่ 4.17 (ข) พบว่า กราฟที่มีการเรียงตัวของข้อมูลอยู่ในแถวแนวนอนรอบๆ ค่าศูนย์ ข้อมูลมีการกระจายสม่ำเสมอ และกราฟที่ได้ไม่มีรูปแบบ หรือรูปร่างเฉพาะแต่อย่างใด จึงถือได้ว่าไม่ละเมิดค่าความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดคงที่ แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดคงที่

จากการตรวจสอบความผิดพลาดเป็นอิสระต่อกันดังรูปที่ 4.17 (ค) พบว่า กราฟได้มีการกระจายตัวอยู่รอบๆ เส้นศูนย์ และส่วนตกค้างที่ได้ไม่มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น หรือลดลงตามลำดับเวลาของการเก็บข้อมูล จึงถือได้ว่าไม่ละเมิดสมมติฐานความเป็นอิสระต่อกัน แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีความเป็นอิสระ แสดงกราฟผลกระทบปัจจัยหลัก ดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก

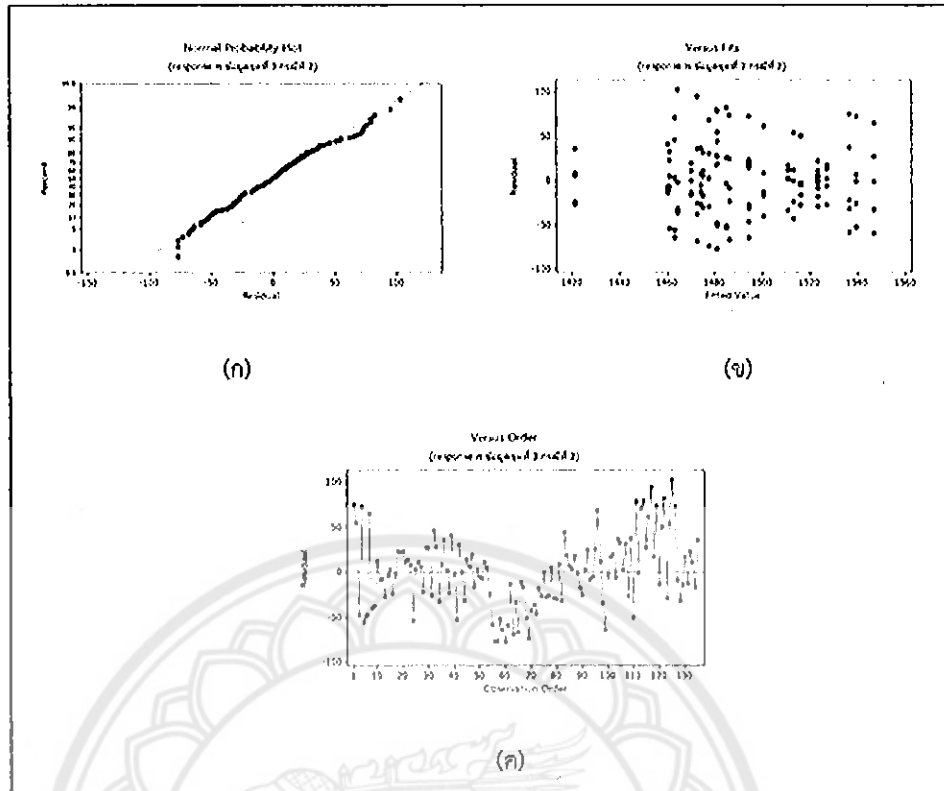
จากรูปที่ 4.18 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) เพื่อช่วยกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดในการศึกษา ได้ผลการศึกษาดังนี้ ขนาดของประชากรต่อจำนวนรุ่น (Pop/Gen) ที่ระดับกลาง คือ 50/50, ความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ์ (P_c) ที่ระดับต่ำ คือ 0.1 และความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (P_m) ที่ระดับสูง คือ 0.9

4.3.1.7 ผลการทดลองข้อมูลชุดที่ 3 การวิ่งรถ AGV กรณีที่ 2

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลชุดที่ 3 การวิ่งรถ AGV กรณีที่ 2

Source	Degree of Freedom	Sum of Square	Mean Square	F	P
Pop/Gen	2	5237	2618	1.36	0.260
P_c	2	308	154	0.08	0.923
P_m	2	83606	41803	21.77	0.000
(Pop/Gen)(P_c)	4	5198	1300	0.68	0.609
(Pop/Gen)(P_m)	4	7953	1988	1.04	0.392
(P_c)(P_m)	4	2033	508	0.26	0.900
(Pop/Gen)(P_c)(P_m)	8	9095	1137	0.59	0.783
Error	108	207371	1920		
Total	134	320801			

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ได้แสดงในตารางที่ 4.8 เมื่อพิจารณาค่า P ที่ได้ของแต่ละปัจจัย พบว่า ความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (P_m) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 ซึ่งหมายความว่าปัจจัยต่างๆ เหล่านี้มีผลกระทบต่อการทำคำตอบของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น ส่วนขนาดของประชากร/จำนวนรุ่น (Pop/Gen), ความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ์ (P_c), (Pop/Gen)(P_c), (Pop/Gen)(P_m), (P_c)(P_m) และ (Pop/Gen)(P_c)(P_m) นั้น พบว่า ค่า P มีค่าสูงกว่า 0.05 ดังนั้น ปัจจัยเหล่านี้จึงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงกราฟการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง ดังรูปที่ 4.19



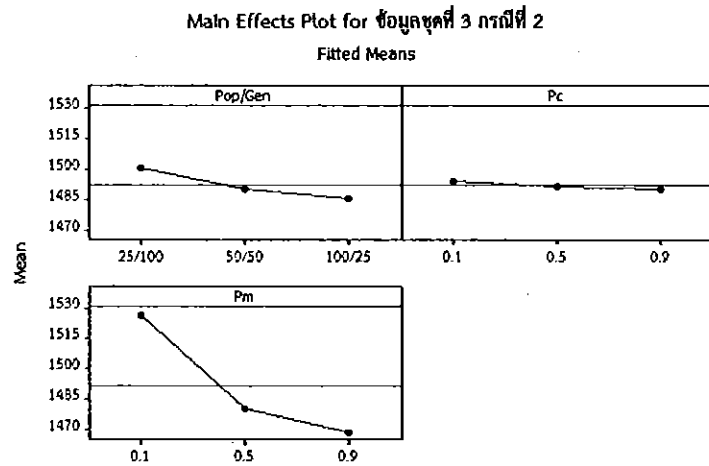
รูปที่ 4.19 แสดงกราฟการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) 3 แบบ คือ

- (ก) แสดงกราฟค่าผิดพลาดมีการแจกแจงปกติ
- (ข) แสดงกราฟความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดคงที่
- (ค) แสดงกราฟความผิดพลาดเป็นอิสระต่อกัน

จากการตรวจสอบค่าผิดพลาดมีการแจกแจงปกติดังรูปที่ 4.19 (ก) พบว่า กราฟมีลักษณะคล้ายเส้นตรง แต่จะมีบางช่วงที่ไม่เป็นเส้นตรงก็สามารถที่จะยอมรับได้ จึงถือได้ว่าไม่ละเมิดสมมติฐานความเป็นปกติ แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีการแจกแจงแบบปกติ

จากการตรวจสอบความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดคงที่ดังรูปที่ 4.19 (ข) พบว่า กราฟที่มีการเรียงตัวของข้อมูลอยู่ในแถวแนวนอนรอบๆ ค่าศูนย์ ข้อมูลมีการกระจายสม่ำเสมอ และกราฟที่ได้ไม่มีรูปแบบ หรือรูปร่างเฉพาะแต่อย่างใด จึงถือได้ว่าไม่ละเมิดค่าความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดคงที่ แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดคงที่

จากการตรวจสอบความผิดพลาดเป็นอิสระต่อกันดังรูปที่ 4.19 (ค) พบว่า กราฟได้มีการกระจายตัวอยู่รอบๆ เส้นศูนย์ และส่วนตกค้างที่ได้ไม่มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น หรือลดลงตามลำดับเวลาของการเก็บข้อมูล จึงถือได้ว่าไม่ละเมิดสมมติฐานความเป็นอิสระต่อกัน แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีความเป็นอิสระ แสดงกราฟผลกระทบปัจจัยหลัก ดังรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก

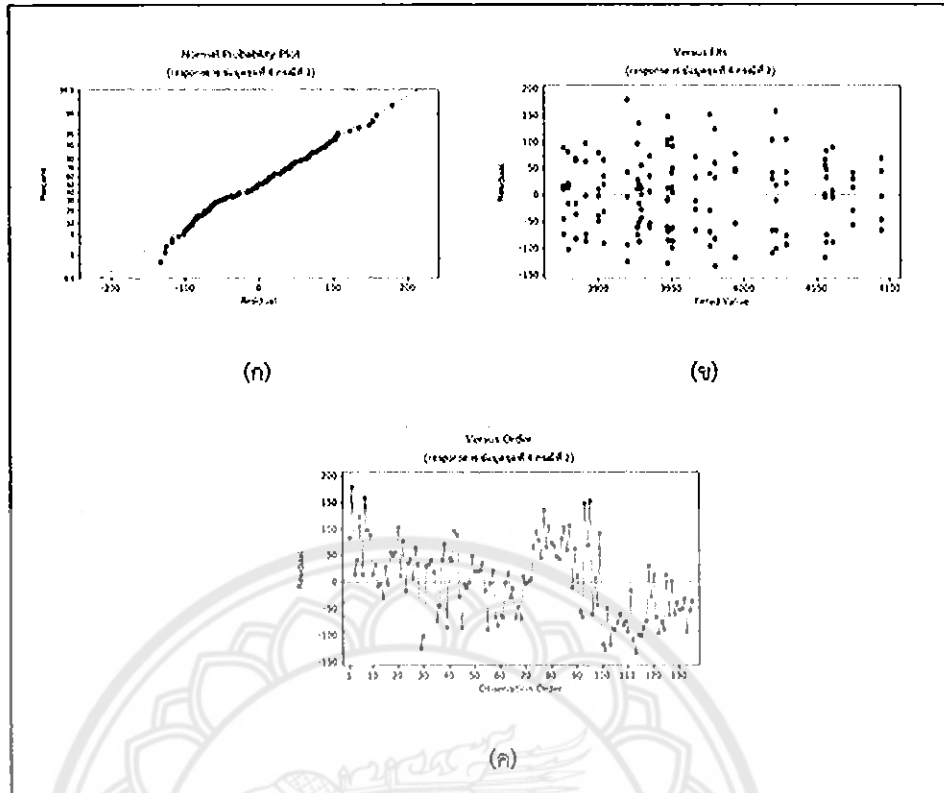
จากรูปที่ 4.20 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) เพื่อช่วยกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดในการศึกษา ได้ผลการศึกษาดังนี้ ขนาดของประชากรต่อจำนวนรุ่น (Pop/Gen) ที่ระดับสูง คือ 100/25, ความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ์ (P_c) ที่ระดับสูง คือ 0.9 และความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (P_m) ที่ระดับสูง คือ 0.9

4.3.1.8 ผลการทดลองข้อมูลชุดที่ 4 การวิ่งรถ AGV กรณีที่ 2

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลชุดที่ 4 การวิ่งรถ AGV กรณีที่ 2

Source	Degree of Freedom	Sum of Square	Mean Square	F	P
Pop/Gen	2	43415	21708	3.61	0.030
P_c	2	12349	6174	1.03	0.362
P_m	2	435257	217628	36.19	0.000
(Pop/Gen)(P_c)	4	17584	4396	0.73	0.573
(Pop/Gen)(P_m)	4	3927	982	0.16	0.957
(P_c)(P_m)	4	12857	3214	0.53	0.711
(Pop/Gen)(P_c)(P_m)	8	22069	2759	0.46	0.882
Error	108	649542	6014		
Total	134	1197000			

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ได้แสดงในตารางที่ 4.9 เมื่อพิจารณาค่า P ที่ได้ของแต่ละปัจจัย พบว่า ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่น (Pop/Gen) และความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (P_m) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 ซึ่งหมายความว่าปัจจัยต่างๆ เหล่านี้มีผลกระทบต่อการหาคำตอบของปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น ส่วนความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ์ (P_c), (Pop/Gen)(P_c), (Pop/Gen)(P_m), (P_c)(P_m) และ (Pop/Gen)(P_c)(P_m) นั้น พบว่า ค่า P มีค่าสูงกว่า 0.05 ดังนั้น ปัจจัยเหล่านี้จึงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงกราฟการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง ดังรูปที่ 4.21



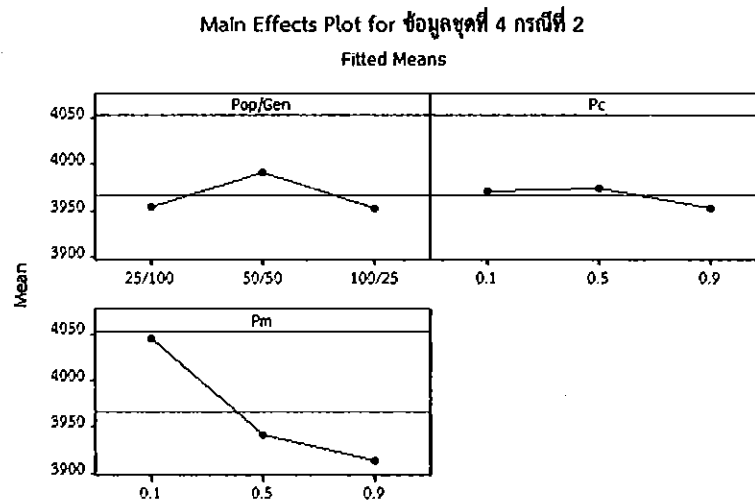
รูปที่ 4.21 แสดงกราฟการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) 3 แบบ คือ

- (ก) แสดงกราฟค่าผิดพลาดมีการแจกแจงปกติ
- (ข) แสดงกราฟความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดคงที่
- (ค) แสดงกราฟความผิดพลาดเป็นอิสระต่อกัน

จากการตรวจสอบค่าผิดพลาดมีการแจกแจงปกติดังรูปที่ 4.21 (ก) พบว่า กราฟมีลักษณะคล้ายเส้นตรง แต่จะมีบางช่วงที่ไม่เป็นเส้นตรงก็สามารถที่จะยอมรับได้ จึงถือได้ว่าไม่ละเมิดสมมติฐานความเป็นปกติ แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีการแจกแจงแบบปกติ

จากการตรวจสอบความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดคงที่ดังรูปที่ 4.21 (ข) พบว่า กราฟที่มีการเรียงตัวของข้อมูลอยู่ในแถวแนวนอนรอบๆ ค่าศูนย์ ข้อมูลมีการกระจายสม่ำเสมอ และกราฟที่ได้ไม่มีรูปแบบ หรือรูปร่างเฉพาะแต่อย่างใด จึงถือได้ว่าไม่ละเมิดค่าความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดคงที่ แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดคงที่

จากการตรวจสอบความผิดพลาดเป็นอิสระต่อกันดังรูปที่ 4.21 (ค) พบว่า กราฟได้มีการกระจายตัวอยู่รอบๆ เส้นศูนย์ และส่วนตกค้างที่ได้ไม่มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น หรือลดลงตามลำดับเวลาของการเก็บข้อมูล จึงถือได้ว่าไม่ละเมิดสมมติฐานความเป็นอิสระต่อกัน แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีความเป็นอิสระ แสดงกราฟผลกระทบปัจจัยหลัก ดังรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก

จากรูปที่ 4.22 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) เพื่อช่วยกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดในการศึกษา ได้ผลการศึกษาดังนี้ ขนาดของประชากรต่อจำนวนรุ่น (Pop/Gen) ที่ระดับสูง คือ 100/25, ความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ์ (P_c) ที่ระดับสูง คือ 0.9 และความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (P_m) ที่ระดับสูง คือ 0.9

จากผลการศึกษาการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิธีการสลับสายพันธุ์แบบ EERX ด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง พบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในแต่ละชุดข้อมูลมีความแตกต่างกัน ซึ่งสามารถสรุปค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับ 4 ชุดข้อมูลได้ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

วิธี	การออกแบบการทดลอง			
	ข้อมูลชุดที่ 1	ข้อมูลชุดที่ 2	ข้อมูลชุดที่ 3	ข้อมูลชุดที่ 4
Parameter setting กรณีของ พัชราภรณ์ อริยวงษ์ (2550)	Pop/Gen = 100/25 $P_c = 0.9$ $P_m = 0.9$	Pop/Gen = 25/100 $P_c = 0.5$ $P_m = 0.9$	Pop/Gen = 100/25 $P_c = 0.1$ $P_m = 0.9$	Pop/Gen = 25/100 $P_c = 0.9$ $P_m = 0.9$
ค่าเฉลี่ย ระยะทาง (m)	187.455	1420.230	1463.690	4923.600
Parameter setting กรณีที่ 1	Pop/Gen = 50/50 $P_c = 0.9$ $P_m = 0.9$	Pop/Gen = 50/50 $P_c = 0.9$ $P_m = 0.9$	Pop/Gen = 25/100 $P_c = 0.1$ $P_m = 0.9$	Pop/Gen = 25/100 $P_c = 0.9$ $P_m = 0.9$
ค่าเฉลี่ย ระยะทาง (m)	137.212	1005.690	1000.05	3392.125
Parameter setting กรณีที่ 2	Pop/Gen = 100/25 $P_c = 0.5$ $P_m = 0.9$	Pop/Gen = 50/50 $P_c = 0.1$ $P_m = 0.9$	Pop/Gen = 100/25 $P_c = 0.9$ $P_m = 0.9$	Pop/Gen = 100/25 $P_c = 0.9$ $P_m = 0.9$
ค่าเฉลี่ย ระยะทาง (m)	200.725	1114.240	1421.070	3884.255

4.4 อภิปรายต้นทุนของเส้นทางการเดินรถ AGV

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าเฉลี่ยระยะทางการเคลื่อนที่ของรถ AGV

ชุดข้อมูล	กรณีศึกษาเส้นทาง		
	ค่าเฉลี่ยระยะทาง (m) กรณีของ พัชรภรณ์ อริยะวงษ์	ค่าเฉลี่ยระยะทาง (m) กรณีที่ 1	ค่าเฉลี่ยระยะทาง (m) กรณีที่ 2
1	187.45	137.212	200.725
2	1420.23	1005.69	1114.24
3	1463.69	1000.05	1421.07
4	4923.6	3392.125	3884.255

เมื่อทำการวิเคราะห์ต้นทุนด้านเส้นทางการวิ่งของรถ AGV พบว่า การกำหนดเส้นทางในกรณีที่ 1 มีค่าต่ำกว่าเส้นทางการวิ่งของรถ AGV ในกรณีของ พัชรภรณ์ อริยะวงษ์ และเส้นทางในกรณีที่ 1 มีค่าต่ำกว่าเส้นทางการวิ่งของรถ AGV ในกรณีที่ 2 อีกทั้งการวิ่งของรถ AGV ในกรณีที่ 2 มีค่าต่ำกว่าเส้นทางการวิ่งของรถ AGV ในกรณีของ พัชรภรณ์ อริยะวงษ์ เนื่องจากกรณีที่ 2 มีเส้นทางการวิ่งของรถ AGV รอบนอกก่อน ซึ่งเป็นเหตุให้มีระยะทางมากกว่ากรณีที่ 1 ทำให้การวิ่งของรถ AGV กรณีที่ 2 ยังมีจำนวนเส้นทางการวิ่งภายในมากกว่าการวิ่งของรถ AGV ในกรณีที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 3.2 – 3.11 ในบทที่ 3 ในกรณีการจัดวางเครื่องจักรของ พัชรภรณ์ อริยะวงษ์ มีการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว โดยเส้นทางการวิ่งของรถ AGV จะรองรับการขนถ่ายวัสดุได้เพียง 1 แถว จึงทำให้เส้นทางของรถ AGV มีค่ามากกว่า

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงสรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาครั้งต่อไป โดยจะทำการสรุปผลการทดลองตามวัตถุประสงค์ของโครงการที่ได้กำหนดไว้ คือ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 กระบวนการทำงานของ GA นำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นได้จริง

5.1.2 จากการศึกษาผลของวิธีการสลับสายพันธุ (Crossover) สามารถสรุปได้ว่า รูปแบบการวิ่งของรถ AGV ในกรณีที่ 1 มีระยะทางการขนถ่ายวัสดุที่สั้นที่สุด จากการทดสอบข้อมูลทั้ง 4 ชุด

5.1.3 การพัฒนาโปรแกรมช่วยออกแบบการหารูปแบบการจัดเรียงเครื่องจักรที่เหมาะสม ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อหาระยะทางการเคลื่อนที่ในการขนถ่ายวัสดุที่สั้นที่สุด สามารถพัฒนาโปรแกรมช่วยออกแบบการหารูปแบบของการจัดเรียงเครื่องจักรขึ้นมาด้วยโปรแกรม Tcl and the TK เวอร์ชัน 8.4 ได้

5.1.4 พารามิเตอร์ GA ที่มีผลต่อคุณภาพของคำตอบในแต่ละชุดข้อมูลของปัญหามีความแตกต่างกัน ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของคำตอบอย่างมีนัยสำคัญ

	ข้อมูลชุดที่ 1	ข้อมูลชุดที่ 2	ข้อมูลชุดที่ 3	ข้อมูลชุดที่ 4
กรณีที่ 1	Pop/Gen P_m	Pop/Gen P_m	-	Pop/Gen P_m
กรณีที่ 2	Pop/Gen P_m	P_m	P_m	Pop/Gen P_m

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้วิธีการสลับสายพันธุ์แบบ EERX และการกลายพันธุ์แบบ 2OAS ซึ่งยังเหลือวิธีการกลายพันธุ์และการสลับสายพันธุ์ที่น่าศึกษาอีก เช่น Sub Tour Chunk Crossover, Alternating Edges Crossover, Centre Inverse Mutation เป็นต้น

5.2.2 ในการศึกษาครั้งนี้เครื่องจักรแต่ละเครื่องไม่สามารถหมุนได้ ซึ่งการหมุนของเครื่องจักรก็สามารถนำมาศึกษาต่อได้

5.2.3 รูปแบบการจัดเรียงเครื่องจักรยังมีอีกหลายแบบ เช่น การจัดเรียงเครื่องจักรแบบครึ่งวงกลม การจัดเรียงเครื่องจักรแบบวงกลม เป็นต้น



เอกสารอ้างอิง

ปารเมศ ชูติมา. (2554). ระบบผลิตแบบยืดหยุ่น (Flexible Manufacturing System).

กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พัชรภรณ์ อริยะวงษ์. (2550). การจัดเรียงเครื่องจักรในระบบผลิตแบบยืดหยุ่นด้วยวิธีเจเนติก

อัลกอริทึม. วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร

สายชล วินสมบูรณ์ทอง. (2547). สถิติวิศวกรรม (Engineering Statistics). กรุงเทพฯ : จามจุรี

โปรดักส์.

สุธาสินี สิงห์พระยา และ สุรชิต ดัดกลั่น. (2554). การศึกษารูปแบบการสลับสายพันธุ์และวิธีการ

เจเนติกอัลกอริทึมแบบปรับตัวได้สำหรับจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถวในระบบผลิต

แบบยืดหยุ่น. วิทยานิพนธ์ วศ.บ.,มหาวิทยาลัยนเรศวร

Murata, T., Ishibuchi, H. & Tanaka, H. (1996). Genetic Algorithms for Flowshop

Scheduling Problems. Computer ind. Engng, 30(4), 1061-1071

Nearchou, A. C. (2006) Meta-Heuristics from Nature for The Loop Layout Design

Problem. International Journal of Production Economic 101(2): 312-328



ตารางที่ 1 แสดงผลการทดลองเพื่อเปรียบเทียบระยะทางการขนถ่ายวัสดุของข้อมูลชุดที่ 1

Seed	Pop/Gen	Pc	Pm	Set 1		
				Previous	Current Work	Current2 Work
11	25/100	0.5	0.9	202.525	133.625	209.275
22	25/100	0.5	0.9	218.925	140.075	200.225
33	25/100	0.5	0.9	204.175	125.875	227.225
101	25/100	0.5	0.9	187.575	127.025	209.275
102	25/100	0.5	0.9	197.775	129.275	208.625
103	25/100	0.5	0.9	210.325	149.025	218.525
111	25/100	0.5	0.9	197.775	133.675	208.625
200	25/100	0.5	0.9	187.575	125.775	194.325
222	25/100	0.5	0.9	193.475	134.225	200.225
300	25/100	0.5	0.9	197.775	128.675	194.325
333	25/100	0.5	0.9	187.575	140.875	194.325
1010	25/100	0.5	0.9	197.775	141.625	208.625
ค่าเฉลี่ย				198.604	134.643	206.133

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดลองเพื่อเปรียบเทียบระยะทางการขนถ่ายวัสดุของข้อมูลชุดที่ 2

Seed	Pop/Gen	Pc	Pm	Set 2		
				Previous	Current Work	Current2 Work
11	25/100	0.5	0.9	1123.175	1085.275	1119.900
22	25/100	0.5	0.9	1116.000	1067.850	1132.050
33	25/100	0.5	0.9	1043.600	1056.925	1151.600
101	25/100	0.5	0.9	1339.500	1011.950	1089.075
102	25/100	0.5	0.9	1414.400	1000.175	1142.000
103	25/100	0.5	0.9	1388.200	1000.400	1047.750
111	25/100	0.5	0.9	1369.150	1011.475	1229.100
200	25/100	0.5	0.9	1396.350	1054.300	1198.925
222	25/100	0.5	0.9	1504.100	1052.550	1096.750
300	25/100	0.5	0.9	1473.900	1048.600	1089.900
333	25/100	0.5	0.9	1346.450	1000.250	1195.350
1010	25/100	0.5	0.9	1486.550	1000.000	1229.800
ค่าเฉลี่ย				1333.448	1032.479	1143.517

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดลองเพื่อเปรียบเทียบระยะทางการขนถ่ายวัสดุของข้อมูลชุดที่ 3

Seed	Pop/Gen	Pc	Pm	Set 3		
				Previous	Current Work	Current2 Work
11	25/100	0.5	0.9	1445.150	1000.500	1424.050
22	25/100	0.5	0.9	1541.150	1000.050	1472.300
33	25/100	0.5	0.9	1450.650	1000.000	1536.050
101	25/100	0.5	0.9	1432.850	1002.000	1559.500
102	25/100	0.5	0.9	1364.650	1000.000	1416.550
103	25/100	0.5	0.9	1554.450	1000.550	1554.250
111	25/100	0.5	0.9	1504.050	1000.100	1432.800
200	25/100	0.5	0.9	1391.250	1000.05	1368.450
222	25/100	0.5	0.9	1465.550	1000.650	1508.750
300	25/100	0.5	0.9	1443.250	1000.450	1509.000
333	25/100	0.5	0.9	1393.450	1000.300	1404.000
1010	25/100	0.5	0.9	1548.650	1000.100	1000.100
ค่าเฉลี่ย				1461.258	1000.396	1432.150

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดลองเพื่อเปรียบเทียบระยะทางการขนถ่ายวัสดุของข้อมูลชุดที่ 4

Seed	Pop/Gen	Pc	Pm	Set 4		
				Previous	Current Work	Current2 Work
11	25/100	0.5	0.9	4965.725	3474.625	3948.625
22	25/100	0.5	0.9	4687.225	3250.675	3985.775
33	25/100	0.5	0.9	5175.675	3250.675	3899.525
101	25/100	0.5	0.9	5217.375	3381.175	3733.875
102	25/100	0.5	0.9	5312.275	3350.275	3815.925
103	25/100	0.5	0.9	4924.475	3436.225	3940.925
111	25/100	0.5	0.9	4872.075	3511.575	3963.825
200	25/100	0.5	0.9	5155.325	3399.275	3894.025
222	25/100	0.5	0.9	4988.675	3357.075	3992.025
300	25/100	0.5	0.9	4743.325	3125.125	3686.925
333	25/100	0.5	0.9	5152.675	3476.975	3887.075
1010	25/100	0.5	0.9	5166.025	3399.625	3945.025
ค่าเฉลี่ย				5030.071	3367.775	3891.129

ตารางที่ 5 แสดงผลการทดลองจากการออกแบบการทดลองของข้อมูลชุดที่ 1 กรณีที่ 1

Run	Parameter Setting			seed	seed	seed	seed	seed
				111	222	333	444	555
	Pop/Gen	Pc	Pm	meters	meters	meters	meters	meters
1	25/100	0.1	0.1	131.125	138.325	136.575	144.575	149.625
2	25/100	0.1	0.5	141.975	138.325	140.875	140.875	133.025
3	25/100	0.1	0.9	129.925	128.025	136.575	140.875	133.025
4	25/100	0.5	0.1	133.675	139.975	150.675	144.575	143.025
5	25/100	0.5	0.5	129.925	140.675	140.875	140.875	139.875
6	25/100	0.5	0.9	133.675	134.225	140.875	135.775	154.025
7	25/100	0.9	0.1	146.675	138.325	136.575	144.575	149.625
8	25/100	0.9	0.5	133.675	128.025	136.575	140.875	140.375
9	25/100	0.9	0.9	133.675	128.025	136.575	124.425	126.875
10	50/50	0.1	0.1	126.875	128.025	140.875	144.575	133.025
11	50/50	0.1	0.5	133.675	128.025	143.825	135.775	133.025
12	50/50	0.1	0.9	141.625	128.025	133.625	131.125	133.025
13	50/50	0.5	0.1	140.875	138.325	133.625	124.425	133.025
14	50/50	0.5	0.5	140.125	138.325	133.625	124.425	133.025
15	50/50	0.5	0.9	133.675	128.025	136.575	124.425	133.025
16	50/50	0.9	0.1	140.875	128.025	133.625	144.575	133.025
17	50/50	0.9	0.5	138.325	128.025	133.625	135.775	127.525
18	50/50	0.9	0.9	138.325	138.325	135.875	141.625	133.025
19	100/25	0.1	0.1	133.625	139.975	143.475	144.575	133.025
20	100/25	0.1	0.5	132.125	128.025	143.475	131.125	133.625
21	100/25	0.1	0.9	133.675	128.025	136.575	133.925	133.625
22	100/25	0.5	0.1	144.175	137.475	143.475	144.625	136.425
23	100/25	0.5	0.5	138.825	128.025	138.325	125.275	133.025
24	100/25	0.5	0.9	133.625	128.025	136.575	125.275	133.025
25	100/25	0.9	0.1	126.875	129.375	143.475	142.925	136.425
26	100/25	0.9	0.5	133.625	130.275	143.475	127.075	133.625
27	100/25	0.9	0.9	133.625	130.275	133.625	125.275	133.025

ตารางที่ 6 แสดงผลการทดลองจากการออกแบบการทดลองของข้อมูลชุดที่ 2 กรณีที่ 1

Run	Parameter Setting			seed	seed	seed	seed	seed
				111	222	333	444	555
	Pop/Gen	Pc	Pm	meters	meters	meters	meters	meters
1	25/100	0.1	0.1	1049.450	1066.900	1086.675	1061.250	1069.100
2	25/100	0.1	0.5	1034.050	1058.500	1088.875	1043.300	1041.700
3	25/100	0.1	0.9	1034.050	1001.300	1000.600	1044.200	1020.600
4	25/100	0.5	0.1	1047.250	1045.750	1053.225	1044.850	1054.350
5	25/100	0.5	0.5	1013.050	1057.900	1062.875	1044.850	1001.350
6	25/100	0.5	0.9	1011.475	1052.550	1000.250	1061.250	1016.125
7	25/100	0.9	0.1	1054.450	1087.300	1001.425	1061.250	1044.175
8	25/100	0.9	0.5	1035.750	1059.050	1006.825	1044.200	1001.350
9	25/100	0.9	0.9	1034.050	1052.550	1007.850	1005.100	1001.350
10	50/50	0.1	0.1	1087.650	1057.800	1057.825	1040.450	1084.175
11	50/50	0.1	0.5	1006.050	1065.550	1012.025	1001.000	1001.900
12	50/50	0.1	0.9	1034.050	1001.500	1006.025	1000.900	1020.600
13	50/50	0.5	0.1	1056.350	1050.900	1043.325	1060.100	1092.575
14	50/50	0.5	0.5	1036.950	1004.15	1027.725	1006.600	1023.000
15	50/50	0.5	0.9	1034.050	1001.700	1000.575	1008.600	1028.300
16	50/50	0.9	0.1	1067.750	1061.400	1063.675	1047.450	1107.125
17	50/50	0.9	0.5	1034.050	1040.950	1007.225	1001.100	1006.175
18	50/50	0.9	0.9	1001.425	1000.300	1024.525	1001.400	1000.800
19	100/25	0.1	0.1	1057.275	1069.775	1061.800	1061.650	1092.400
20	100/25	0.1	0.5	1044.950	1027.900	1067.475	1022.350	1031.750
21	100/25	0.1	0.9	1025.750	1032.775	1026.825	1018.100	1064.550
22	100/25	0.5	0.1	1123.200	1097.975	1070.150	1057.250	1094.650
23	100/25	0.5	0.5	1056.700	1047.750	1029.475	1028.950	1080.000
24	100/25	0.5	0.9	1035.150	1050.850	1000.850	1023.150	1073.000
25	100/25	0.9	0.1	1097.300	1068.950	1084.225	1039.000	1063.000
26	100/25	0.9	0.5	1035.775	1059.350	1034.400	1021.050	1003.100
27	100/25	0.9	0.9	1011.875	1000.475	1000.975	1022.600	1011.700

ตารางที่ 7 แสดงผลการทดลองจากการออกแบบการทดลองของข้อมูลชุดที่ 3 กรณีที่ 1

Run	Parameter Setting			seed	seed	seed	seed	seed
				111	222	333	444	555
	Pop/Gen	Pc	Pm	meters	meters	meters	meters	Meters
1	25/100	0.1	0.1	1000.850	1000.450	1003.200	1001.350	946.000
2	25/100	0.1	0.5	1000.250	1000.350	1000.000	1000.000	1000.200
3	25/100	0.1	0.9	1000.450	1000.050	1000.050	1000.000	1000.100
4	25/100	0.5	0.1	1000.850	1001.450	1003.200	1005.300	1004.800
5	25/100	0.5	0.5	1000.050	1000.450	1003.700	1000.300	1000.200
6	25/100	0.5	0.9	1000.100	1000.650	1000.300	1000.000	1000.000
7	25/100	0.9	0.1	1000.850	1000.450	1000.000	1001.350	1000.100
8	25/100	0.9	0.5	1000.050	1000.250	1000.700	1000.100	1000.100
9	25/100	0.9	0.9	1000.000	1000.650	1000.250	1000.000	1000.100
10	50/50	0.1	0.1	1000.350	1000.450	1003.300	1003.050	1000.350
11	50/50	0.1	0.5	1000.250	1000.250	1000.100	1000.000	1000.550
12	50/50	0.1	0.9	1000.700	1000.000	1000.000	1000.300	1000.150
13	50/50	0.5	0.1	1001.550	1000.550	1002.100	1001.950	1000.350
14	50/50	0.5	0.5	1000.150	1000.150	1000.100	1000.750	1000.350
15	50/50	0.5	0.9	1000.050	1000.050	1000.700	1000.650	1000.550
16	50/50	0.9	0.1	1000.900	1001.450	1005.300	1000.150	1000.550
17	50/50	0.9	0.5	1000.250	1000.450	1001.200	1000.650	1000.050
18	50/50	0.9	0.9	1000.850	1000.450	1000.000	1000.200	1000.150
19	100/25	0.1	0.1	1000.150	1008.450	1007.350	1000.300	1000.550
20	100/25	0.1	0.5	1000.700	1000.650	1000.100	1000.200	1000.200
21	100/25	0.1	0.9	1000.100	1000.60	1000.100	1000.700	1000.350
22	100/25	0.5	0.1	1001.550	1000.450	1000.400	1001.550	1000.400
23	100/25	0.5	0.5	1000.200	1000.550	1001.400	1000.000	1000.350
24	100/25	0.5	0.9	1000.150	1000.350	1000.100	1000.000	1000.250
25	100/25	0.9	0.1	1001.550	1001.450	1000.850	1000.350	1002.750
26	100/25	0.9	0.5	1000.500	1002.850	1000.500	1000.000	1001.000
27	100/25	0.9	0.9	1001.000	1000.050	1000.450	1001.100	1002.050

ตารางที่ 8 แสดงผลการทดลองจากการออกแบบการทดลองของข้อมูลชุดที่ 4 กรณีที่ 1

Run	Parameter Setting			seed	seed	seed	seed	seed
	Pop/Gen	Pc	Pm	111	222	333	444	555
				meters	meters	meters	meters	meters
1	25/100	0.1	0.1	3580.675	3463.075	3493.325	3426.025	3513.975
2	25/100	0.1	0.5	3512.925	3323.975	3478.425	3494.225	3447.975
3	25/100	0.1	0.9	3405.725	3342.275	3473.925	3489.625	3542.575
4	25/100	0.5	0.1	3640.325	3368.975	3490.025	3533.775	3450.775
5	25/100	0.5	0.5	3548.575	3321.575	3472.475	3435.425	3424.175
6	25/100	0.5	0.9	3511.575	3357.075	3476.975	3490.075	3264.225
7	25/100	0.9	0.1	3611.125	3472.625	3542.925	3493.025	3538.475
8	25/100	0.9	0.5	3451.025	3325.825	3481.425	3430.375	3319.125
9	25/100	0.9	0.9	3514.825	3317.675	3478.425	3379.175	3270.525
10	50/50	0.1	0.1	3675.325	3496.575	3552.375	3492.625	3663.775
11	50/50	0.1	0.5	3532.675	3372.775	3493.675	3452.825	3452.475
12	50/50	0.1	0.9	3425.125	3376.125	3501.925	3392.625	3392.625
13	50/50	0.5	0.1	3646.575	3467.625	3675.575	3549.175	3633.025
14	50/50	0.5	0.5	3370.825	3370.825	3409.875	3425.375	3446.275
15	50/50	0.5	0.9	3546.225	3340.875	3507.775	3405.275	3360.225
16	50/50	0.9	0.1	3615.975	3488.975	3585.625	3550.675	3529.975
17	50/50	0.9	0.5	3557.525	3344.325	3524.275	3456.225	3456.225
18	50/50	0.9	0.9	3415.625	3389.525	3392.925	3305.075	3382.025
19	100/25	0.1	0.1	3665.325	3573.125	3605.525	3370.225	3611.775
20	100/25	0.1	0.5	3577.625	3676.325	3470.675	3322.325	3594.025
21	100/25	0.1	0.9	3470.525	3523.475	3360.375	3286.325	3495.325
22	100/25	0.5	0.1	3640.425	3716.025	3716.025	3716.025	3658.525
23	100/25	0.5	0.5	3546.175	3459.925	3575.075	3323.425	3494.025
24	100/25	0.5	0.9	3439.475	3531.725	3538.075	3318.975	3482.925
25	100/25	0.9	0.1	3611.025	3570.725	3681.275	3393.475	3623.075
26	100/25	0.9	0.5	3578.725	3426.575	3471.475	3331.625	3547.825
27	100/25	0.9	0.9	3533.725	3449.025	3503.975	3304.575	3503.425

ตารางที่ 9 แสดงผลการทดลองจากการออกแบบการทดลองของข้อมูลชุดที่ 1 กรณีที่ 2

Run	Parameter Setting			seed 111	seed 222	seed 333	seed 444	seed 555
	Pop/Gen	Pc	Pm	meters	meters	meters	meters	meters
1	25/100	0.1	0.1	208.625	237.125	194.325	231.075	206.875
2	25/100	0.1	0.5	208.625	235.925	194.325	223.025	206.875
3	25/100	0.1	0.9	218.125	235.925	194.325	194.325	194.325
4	25/100	0.5	0.1	208.625	237.125	194.325	231.075	206.875
5	25/100	0.5	0.5	208.625	235.925	194.325	231.075	200.225
6	25/100	0.5	0.9	208.625	200.225	194.325	200.225	200.225
7	25/100	0.9	0.1	227.225	237.125	204.275	231.075	206.875
8	25/100	0.9	0.5	208.625	235.925	194.325	231.075	194.325
9	25/100	0.9	0.9	227.225	235.925	194.325	200.225	200.225
10	50/50	0.1	0.1	208.625	209.625	194.325	194.325	200.225
11	50/50	0.1	0.5	200.225	194.325	194.325	194.325	206.775
12	50/50	0.1	0.9	194.325	235.925	194.325	217.125	194.325
13	50/50	0.5	0.1	227.225	237.125	194.325	197.125	206.875
14	50/50	0.5	0.5	200.225	194.325	194.325	194.325	200.225
15	50/50	0.5	0.9	194.325	194.325	194.325	194.325	194.325
16	50/50	0.9	0.1	208.625	194.325	194.425	197.125	206.875
17	50/50	0.9	0.5	230.625	194.325	194.325	194.325	200.225
18	50/50	0.9	0.9	200.225	194.325	194.325	194.325	200.225
19	100/25	0.1	0.1	214.175	207.875	198.425	207.075	194.325
20	100/25	0.1	0.5	209.275	194.325	195.625	194.325	200.475
21	100/25	0.1	0.9	200.225	196.125	195.625	194.325	194.325
22	100/25	0.5	0.1	208.675	196.125	198.425	194.425	199.325
23	100/25	0.5	0.5	200.225	194.325	195.625	194.325	194.325
24	100/25	0.5	0.9	192.975	195.625	195.625	194.325	194.325
25	100/25	0.9	0.1	212.925	196.125	198.425	197.225	206.975
26	100/25	0.9	0.5	200.325	194.425	195.625	194.325	194.325
27	100/25	0.9	0.9	200.225	208.625	195.625	194.325	194.325

ตารางที่ 10 แสดงผลการทดลองจากการออกแบบการทดลองของข้อมูลชุดที่ 2 กรณีที่ 2

Run	Parameter Setting			seed 111	seed 222	seed 333	seed 444	seed 555
	Pop/Gen	Pc	Pm	meters	meters	meters	meters	meters
1	25/100	0.1	0.1	1224.150	1153.575	1164.500	1198.675	1148.475
2	25/100	0.1	0.5	1211.350	1170.400	1074.475	1198.675	1083.950
3	25/100	0.1	0.9	1107.625	1114.725	1120.500	1037.175	1122.775
4	25/100	0.5	0.1	1241.650	1214.550	1149.475	1125.975	1148.475
5	25/100	0.5	0.5	1211.350	1205.000	1074.475	1037.175	1202.800
6	25/100	0.5	0.9	1229.100	1096.750	1195.350	1161.825	1181.850
7	25/100	0.9	0.1	1233.450	1211.800	1215.050	1198.675	1206.400
8	25/100	0.9	0.5	1208.300	1154.525	1120.500	1038.075	1146.950
9	25/100	0.9	0.9	1211.350	1170.600	1120.500	1134.850	1122.525
10	50/50	0.1	0.1	1213.125	1211.250	1129.200	1073.300	1179.525
11	50/50	0.1	0.5	1169.175	1123.450	1052.025	1048.750	1060.275
12	50/50	0.1	0.9	1205.625	1092.600	1090.300	1054.150	1128.525
13	50/50	0.5	0.1	1503.350	1206.125	1162.400	1081.350	1100.100
14	50/50	0.5	0.5	1220.475	1155.750	1113.100	1048.750	1072.375
15	50/50	0.5	0.9	1205.625	1001.700	1090.900	1048.850	1122.775
16	50/50	0.9	0.1	1210.425	1174.300	1149.000	1060.750	1193.675
17	50/50	0.9	0.5	1210.375	1121.650	1113.100	1048.850	1106.075
18	50/50	0.9	0.9	1205.625	1102.500	1050.525	1054.150	1128.775
19	100/25	0.1	0.1	1271.675	1210.000	1152.000	1122.250	1158.150
20	100/25	0.1	0.5	1205.625	1122.250	1121.550	1064.450	1143.475
21	100/25	0.1	0.9	1205.625	1115.225	1093.500	1054.150	1143.875
22	100/25	0.5	0.1	1226.625	1220.200	1159.900	1126.600	1238.625
23	100/25	0.5	0.5	1211.575	1150.200	1135.450	1064.550	1150.075
24	100/25	0.5	0.9	1205.625	1075.200	1052.025	1047.600	1111.825
25	100/25	0.9	0.1	1266.925	1188.625	1135.875	1098.800	1237.375
26	100/25	0.9	0.5	1212.175	1131.650	1132.500	1058.450	1148.975
27	100/25	0.9	0.9	1201.925	1117.225	1102.700	1051.650	1141.375

ตารางที่ 11 แสดงผลการทดลองจากการออกแบบการทดลองของข้อมูลชุดที่ 3 กรณีที่ 2

Run	Parameter Setting			seed 111	seed 222	seed 333	seed 444	seed 555
	Pop/Gen	Pc	Pm	meters	meters	meters	meters	meters
1	25/100	0.1	0.1	1612.050	1513.950	1478.100	1504.900	1574.000
2	25/100	0.1	0.5	1536.250	1508.750	1404.300	1525.950	1430.650
3	25/100	0.1	0.9	1433.000	1508.750	1404.000	1499.600	1560.200
4	25/100	0.5	0.1	1612.050	1513.650	1487.500	1546.050	1538.800
5	25/100	0.5	0.5	1407.100	1508.750	1398.300	1466.550	1534.000
6	25/100	0.5	0.9	1432.800	1508.750	1404.000	1498.850	1560.200
7	25/100	0.9	0.1	1612.050	1513.950	1487.800	1546.050	1574.000
8	25/100	0.9	0.5	1460.400	1508.750	1487.500	1483.750	1562.600
9	25/100	0.9	0.9	1435.300	1508.750	1404.300	1447.350	1567.750
10	50/50	0.1	0.1	1523.300	1512.450	1478.100	1513.250	1528.300
11	50/50	0.1	0.5	1477.800	1463.250	1419.200	1510.950	1560.200
12	50/50	0.1	0.9	1452.900	1501.650	1448.800	1451.550	1446.050
13	50/50	0.5	0.1	1489.150	1513.950	1500.300	1511.250	1567.150
14	50/50	0.5	0.5	1481.350	1432.150	1433.900	1510.950	1567.150
15	50/50	0.5	0.9	1481.350	1508.750	1404.000	1546.050	1448.150
16	50/50	0.9	0.1	1489.500	1513.650	1470.900	1525.750	1567.150
17	50/50	0.9	0.5	1462.400	1432.450	1428.400	1430.200	1567.150
18	50/50	0.9	0.9	1517.100	1508.750	1447.500	1430.200	1567.150
19	100/25	0.1	0.1	1545.800	1529.750	1505.700	1520.650	1515.000
20	100/25	0.1	0.5	1517.100	1513.650	1466.600	1510.950	1462.600
21	100/25	0.1	0.9	1481.100	1453.900	1469.800	1489.350	1456.100
22	100/25	0.5	0.1	1540.600	1529.850	1499.900	1520.650	1544.300
23	100/25	0.5	0.5	1481.750	1469.000	1448.100	1510.950	1461.600
24	100/25	0.5	0.9	1407.100	1453.900	1465.900	1492.850	1483.400
25	100/25	0.9	0.1	1526.800	1534.150	1494.300	1526.050	1534.300
26	100/25	0.9	0.5	1485.700	1480.100	1444.700	1506.850	1457.700
27	100/25	0.9	0.9	1427.400	1397.450	1429.500	1394.100	1456.900

ประวัติผู้ดำเนินโครงการ



ชื่อ นางสาวพิชฎะภรณ์ ไชยสิทธิ์ปัญญา
ภูมิลำเนา 158/415 ม.3 ต.บึง อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี
ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนจ่านกร้อง
จ.พิษณุโลก
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: Kittika_oum@hotmail.com



ชื่อ นายนพพร ไชยะ
ภูมิลำเนา 196/2 ม.3 ต.ป่าซาง อ.ป่าซาง จ.ลำพูน
ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนป่าซาง
จ.ลำพูน
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: nopporn.chaiya@gmail.com