

การประยุกต์ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับการจัดสถานีงาน
ในกระบวนการผลิต



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2558

**APPLICATION OF GENETIC ALGORITHM IN
MANUFACTURING PROCESS FOR SOLVING
MACHINE LAYOUT**

Suphatra Kritwattanakorn



**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the
Degree of Master of Engineering in Manufacturing Engineering**

Suranaree University of Technology

Academic Year 2015

การประยุกต์ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับการจัดสถานีงานในกระบวนการผลิต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(อ. ดร.สมศักดิ์ สีวงศ์)

ประธานกรรมการ

(อ. ดร.วรรณวิษ คุ้ม)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

กรรมการ

(อ. ดร.กัญชลา สดดาชาติ)

กรรมการ

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิ้มปิจำนงค์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

สุพัตรา กฤษวัฒนาภรณ์ : การประยุกต์ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับการจัดสถานีงาน
ในกระบวนการผลิต (APPLICATION OF GENETIC ALGORITHM IN
MANUFACTURING PROCESS FOR SOLVING MACHINE LAYOUT)

อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.วรรณวัช บุ่งสุด, 94 หน้า

การจัดสถานีงานของระบบการผลิตอย่างเหมาะสม จำเป็นอย่างยิ่งต่อประสิทธิภาพของระบบการผลิตที่ประกอบด้วยสินค้าหรือชิ้นส่วนหลากหลายชนิด ซึ่งสินค้าหรือชิ้นส่วนแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันทั้งด้านวัสดุที่ใช้ ขั้นตอนการผลิต และสถานีงานในการผลิต งานวิจัยนี้จึงการประยุกต์ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในการแก้ปัญหาการจัดเรียงสถานีงาน ซึ่งนำเสนอแนวคิดใหม่ในการสลับสายพันธุ์ และได้ทำการทดลองกับปัญหาคณิตตัวอย่างในกระบวนการผลิตของภาคอุตสาหกรรม ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าสามารถหาค่ารูปแบบของการจัดเรียงสถานีงานที่เหมาะสมได้ แนวคิดที่นำเสนอในงานวิจัยนี้จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการนำไปใช้เพื่อแก้ปัญหาในกระบวนการผลิตต่อไป



SUPHATRA KRITWATTANAKORN : APPLICATION OF GENETIC
ALGORITHM IN MANUFACTURING PROCESS FOR SOLVING
MACHINE LAYOUT. THESIS ADVISOR : WANWANUT BOONGSOOD,
Ph.D., 94 PP.

GENETIC ALGORITHM/ CROSSOVER/ MUTATION/ MACHINE LAYOUT/
FACILITY LAYOUT

The arrangement of machine layout for suitable manufacturing processes affect to efficiency of the manufacturing system involved with various types of products or parts. Each product may have different materials or processing routes. This thesis presented an applied Genetic algorithm (GA) for solving machine layout problem. An alternative crossover process was presented. The case studies of problems in machine layout were solved and compared. The machines were appropriately arranged and displayed. This thesis is an alternative to be applied in manufacturing system.

School of Manufacturing Engineering

Academic Year 2015

Student's Signature_____

Advisor's Signature_____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงด้วยดี ทั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบุคคลและหน่วยงานต่างๆ ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำ ชี้แนะแนวทาง และให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่งเสมอมา

รองศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์ คณบดีสำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์ มอบโอกาสทางการศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษา อีกทั้งยังให้ความรู้ด้านวิชาการที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินงานวิจัย

อาจารย์ ดร.วรรณัช บุ่งสุต หัวหน้าสาขาวิศวกรรมการผลิต และเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ที่ได้ถ่ายทอดความรู้ อบรมสั่งสอนให้คำปรึกษา ชี้แนะข้อมูลต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ในการทำโครงการวิจัย และแนวทางการแก้ปัญหาต่างๆ ด้วยความเมตตากรุณาเสมอมา

อาจารย์ ดร.สมศักดิ์ ศิวคำรพวงศ์ และคณาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตทุกท่าน รวมถึงบุคลากรประจำสาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต วิศวกรรมเครื่องกล และบุคลากรประจำสำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์ ตลอดจนบุคลากรประจำศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีสุรนารี ที่ได้อำนวยความสะดวกในการทำวิจัยทั้งทางด้านเอกสาร ข้อมูล และอุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆที่ใช้ในงานวิจัย

สุดท้ายนี้ คุณงามความดีอันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพยิ่ง และคณาจารย์ผู้ประสพวิชาความรู้ ตลอดจนทุก ๆ ท่านที่ให้อำนาจใจช่วยเหลือ จนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงด้วยดี

สุพัตรา กฤษวัฒนาภรณ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญตาราง	ณ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 วิธีดำเนินการศึกษาวิจัย.....	3
1.5 สถานที่ทำงานวิจัย.....	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2 ปรัชญาบรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ประวัติความเป็นมาของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม.....	4
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม	5
2.2.1 ขั้นตอนการทำงานของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม.....	6
2.2.2 โครโมโซมประชากรและการเข้ารหัส.....	8
2.2.3 การประเมินค่าความเหมาะสม	10
2.2.4 การคัดเลือกสายพันธุ์.....	12
2.2.5 ปฏิบัติการทางสายพันธุ์.....	16
2.2.6 การแทนที่.....	19

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดเรียงเครื่องจักรและการวางผังโรงงาน	20
2.3.1	การจัดวางผัง.....	21
2.3.2	การวางผังตามชนิดผลิตภัณฑ์.....	21
2.3.3	การวางผังตามกระบวนการผลิต.....	23
2.3.4	การวางผังแบบงานอยู่กับที่.....	24
2.4	โครงสร้างโปรแกรม Visual Basic for Applications	26
2.4.1	ความสามารถของ Visual Basic for Applications	26
2.4.2	พื้นฐานการเขียนโปรแกรม Visual Basic for Applications	27
2.5	ปริทรรศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	30
2.6	กรอบแนวคิด.....	33
3	วิธีดำเนินการวิจัย	37
3.1	การออกแบบและประยุกต์ขั้นตอนนเชิงพันธุกรรมในการจัดเรียงสถานีงาน	39
3.1.1	การเข้ารหัสโครโมโซม	39
3.1.2	การประเมินค่าความเหมาะสม.....	40
3.1.3	การคัดเลือกสายพันธุ์	40
3.1.4	ปฏิบัติการทางสายพันธุ์.....	42
3.1.5	การแทนที่.....	43
3.2	การออกแบบและจัดเรียงสถานีงาน.....	43
3.2.1	ข้อกำหนดในการออกแบบการจัดเรียงสถานีงาน	43
3.2.2	ขั้นตอนการวัดระยะทางระหว่างสถานีงาน	44
3.2.3	การออกแบบและการวิเคราะห์ โปรแกรมการจัดเรียงสถานีงาน	45
3.2.4	การป้อนข้อมูลและการกำหนดเงื่อนไขการจัดเรียงสถานีงาน	46
4	ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผล.....	50
4.1	การประมวลผลการจัดเรียงสถานีงาน.....	50
4.1.1	การคำนวณและประมวลผล.....	51

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1.2 การหาจุดศูนย์กลางของสถานีงาน	51
4.1.3 การวิเคราะห์ทางการขนถ่ายวัสดุระหว่างสถานีงาน	52
4.2 การค้นหาคำตอบโดยประยุกต์ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่	53
4.2.1 การแสดงผลการคัดเลือกสายพันธุ์	54
4.2.2 การแสดงผลปฏิบัติการทางสายพันธุ์	57
4.2.3 การแสดงผลการแทนที่	62
4.3 การแสดงผลการจัดเรียงสถานีงาน	63
4.4 กรณีศึกษา.....	67
4.4.1 กรณีศึกษาที่ 1	68
4.4.2 กรณีศึกษาที่ 2	71
4.4.3 กรณีศึกษาที่ 3	74
4.4.4 กรณีศึกษาที่ 4	78
4.4.5 กรณีศึกษาที่ 5	81
4.5 วิเคราะห์ผล	83
5 สรุปงานวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	86
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	86
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	86
รายการอ้างอิง	88
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. บททความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่	90
ประวัติผู้เขียน	94

สารบัญตาราง

ตารางที่

หน้า

2.1	แสดงชนิดของข้อมูลในการเขียนโปแกรม	
	Visual Basic for Applications	28
2.2	แสดงผลการรวบรวมปริทัศน์วรรณกรรม	33
2.3	ตัวอย่างงานวิจัยที่มีการแก้ไขปัญหาการจัดเรียงสถานงาน	35
2.4	การเปรียบเทียบการทำงานของขั้นตอนเชิงพันธุกรรม	
	แบบดั้งเดิมและแบบใหม่.....	36
3.1	ตารางแสดงชื่อเครื่องจักร	47
4.1	แสดงรายละเอียดของกระบวนการผลิตในโรงงานแห่งหนึ่ง	55
4.2	แสดงผลรวมคำตอบของปัญหา.....	55
4.3	แสดงค่าฟังก์ชันความเหมาะสมของปัญหา	56
4.4	แสดงผลการคำนวณการสลับสายพันธุของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่.....	61
4.5	เส้นทางการผลิตของกรณีศึกษาที่ 1 ประกอบด้วยเครื่องจักร	68
4.6	แสดงขนาดของเครื่องจักรและลำดับการผลิตของกรณีศึกษาที่ 1	68
4.7	การเปรียบเทียบผลระหว่างขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม	
	และแบบใหม่ของกรณีศึกษาที่ 1	69
4.8	แสดงขนาดของสถานงานของกรณีศึกษาที่ 2.....	71
4.9	การเปรียบเทียบผลระหว่างขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม	
	และแบบใหม่ของกรณีศึกษาที่ 2	73
4.10	เส้นทางการผลิตของกรณีศึกษาที่ 3.....	74
4.11	การเปรียบเทียบผลระหว่าง ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม	
	และแบบใหม่ของกรณีศึกษาที่ 3	77
4.12	แสดงขนาดของสถานงานของกรณีศึกษาที่ 4.....	78
4.13	เส้นทางการผลิตของกรณีศึกษาที่ 4.....	78
4.14	การเปรียบเทียบผลระหว่าง ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม	
	และแบบใหม่ของกรณีศึกษาที่ 4	80

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.15 แสดงขนาดของสถานีนงานของกรณีศึกษาที่ 5	81
4.16 การเปรียบเทียบผลระหว่างขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม และแบบใหม่ของกรณีศึกษาที่ 5	82
4.17 แสดงผลการคำนวณกรณีศึกษาที่มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุน.....	84
4.17 แสดงผลการคำนวณกรณีศึกษาที่มีวัตถุประสงค์เพื่อระยะทาง	85



สารบัญรูป

รูปที่

หน้า

2.1	วัฏจักรของ Genetic Algorithm	5
2.2	ขั้นตอนทั่วไปของวิธีเชิงพันธุกรรมกับการเชื่อมโยงเข้ากับระบบ	6
2.3	คำตอบในมุมมองของวิธีเชิงพันธุกรรมและโลกจริง.....	8
2.4	โครโมโซมที่ถูกเข้ารหัสแบบฐานสองจากคำตอบในระบบ	8
2.5	ฟังก์ชันวัตถุประสงค์กับการเชื่อมโยงวิธีเชิงพันธุกรรมเข้ากับระบบ.....	11
2.6	ฟังก์ชันวัตถุประสงค์และฟังก์ชันกำหนดค่าความเหมาะสม	12
2.7	วงล้อสุ่มจากค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม	14
2.8	วงล้อสุ่มจากวิธีการจัดอันดับ.....	15
2.9	วงล้อสุ่มจากกระบวนการเฟ้นสุ่มครอบจักรวาล	16
2.10	แสดงตัวอย่างของการสลับสายพันธุ์แบบจุดเดียว	18
2.11	แสดงตัวอย่างของการสลับสายพันธุ์แบบหลายจุด	18
2.12	การแปรผันยีนในการกลายพันธุ์.....	19
2.13	ลักษณะการวางผังโรงงานแบบผลิตภัณฑ์ลักษณะเป็นเส้นโค้ง.....	22
2.14	ลักษณะการวางผังโรงงานแบบผลิตภัณฑ์ลักษณะเป็นรูปแบบ U	22
2.15	ลักษณะการวางผังโรงงานตามกระบวนการผลิต	23
2.16	ลักษณะการจัดสายการผลิตแบบงานอยู่กับที่ (Fixed-Position Layout).....	24
3.1	แผนผังแสดงการดำเนินงานวิจัย.....	38
3.2	(a) แสดงกระบวนการทำงาน และ (b) การเข้ารหัสโครโมโซม	40
3.3	วงล้อเสี่ยงทาย (Roulette-wheel Selection)	41
3.4	แผนผังอธิบายขั้นตอนการสลับสายพันธุ์ของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่	42
3.5	ตัวอย่างการออกแบบและจัดเรียงสถานีงาน	45
3.6	แผนการดำเนินงานของโปรแกรมการจัดเรียงสถานีงาน	46
3.7	รูปตารางแสดงจำนวนเครื่องจักร.....	47
3.8	รูปตารางแสดงลำดับการผลิตของผลิตภัณฑ์	48
3.9	รูปตารางแสดงเงื่อนไขการจัดเรียงสถานีงาน	49

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.10 หน้าจอแสดงผล.....	49
4.1 แสดงจุดศูนย์กลางของพื้นที่ A	52
4.2 แสดงการวัดระยะแบบเรคตานิเยร์.....	53
4.3 วงล้อเสี่ยงทาย (Roulette-wheel Selection).....	57
4.4 กระบวนการทำงานของขั้นตอนการสลับสายพันธุ	58
4.5 การแสดงวิธีการสลับสายพันธุ	59
4.6 กระบวนการจัดแถวและหลักของเครื่องจักร	60
4.7 การแสดงวิธีการจัดเรียงเครื่องจักร.....	60
4.8 แผนผังที่เหมาะสมที่สุดของการจัดเรียงเครื่องจักร	62
4.9 แสดงผลการคำนวณจากเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม	64
4.10 แสดงผลการคำนวณจากโปรแกรมของงานวิจัยนี้	64
4.11 หน้าโปรแกรมบน Excel Spreadsheet	65
4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบในการทดสอบ กับต้นทุนโดยรวมของการขนถ่ายวัสดุ.....	66
4.13 การจัดเรียงเครื่องจักรของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม และแบบใหม่ของกรณีศึกษาที่ 1.....	69
4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบในการทดสอบ กับระยะทางโดยรวมของการขนถ่ายวัสดุของกรณีศึกษาที่ 1.....	70
4.15 แสดงผลการคำนวณเพื่อลดต้นทุนของกรณีศึกษาที่ 2	72
4.16 การจัดเรียงเครื่องจักรของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม และแบบใหม่ของกรณีศึกษาที่ 2.....	73
4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบในการทดสอบ กับต้นทุนโดยรวมของการขนถ่ายวัสดุของกรณีศึกษาที่ 2.....	74
4.18 การจัดเส้นทางการเดินของเครื่องจักรของกรณีศึกษาที่ 3	75
4.19 การจัดเรียงเครื่องจักรของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม และแบบใหม่ของกรณีศึกษาที่ 3.....	76

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบในการทดสอบ กับต้นทุนโดยรวมของการขนถ่ายวัสดุของกรณีศึกษาที่ 3.....	77
4.21 การจัดเรียงเครื่องจักรของขั้นตอนเชิงฟังก์ชันรูปแบบดั้งเดิม และแบบใหม่ของกรณีศึกษาที่ 4.....	79
4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบในการทดสอบ กับต้นทุนโดยรวมของการขนถ่ายวัสดุของกรณีศึกษาที่ 4.....	80
4.23 การจัดเรียงเครื่องจักรของขั้นตอนเชิงฟังก์ชันรูปแบบดั้งเดิม และแบบใหม่ของกรณีศึกษาที่ 5.....	79
4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบในการทดสอบ กับต้นทุนโดยรวมของการขนถ่ายวัสดุของกรณีศึกษาที่ 5.....	83



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การพัฒนาอุตสาหกรรมให้มีความยั่งยืนจะต้องเริ่มต้นจากโครงสร้างพื้นฐานของอุตสาหกรรม การวางแผนในพื้นที่การทำงานนับว่าเป็นโครงสร้างพื้นฐานของระบบการผลิตซึ่งสามารถจัดได้ 2 กลุ่มคือ การวางแผนในอุตสาหกรรมการผลิต เช่น การวางแผนเครื่องจักร การวางแผนในการขนส่งสินค้า เป็นต้น และการวางแผนในการบริการ เช่น การจัดแผนกต่างๆในห้างสรรพสินค้า โต๊ะอาหารในภัตตาคาร เป็นต้น ซึ่งการวางแผนที่ดีช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและงานบริการ ในพื้นที่การทำงานของอุตสาหกรรมประกอบด้วยปัจจัยการผลิต และสิ่งอำนวยความสะดวกหลายอย่าง เช่น เครื่องจักร อุปกรณ์ และแผนกต่างๆ เป็นต้น การจัดเรียงเครื่องลงบนพื้นที่การผลิตที่กำจัดเป็น สิ่งหนึ่งที่สำคัญในการออกแบบวางแผนการผลิต เพื่อต้องการลดต้นทุนของทางการเคลื่อนที่ของวัสดุ ซึ่งต้นทุนของการเคลื่อนทางการเคลื่อนที่ของวัสดุเป็นตัวชี้วัดที่แสดงถึงประสิทธิภาพของกิจกรรม โลจิสติกส์ภายใน (Srisatja & Pupong, 2012)

อุตสาหกรรมการผลิตโดยทั่วไปนั้นมีระบบการผลิตเป็นสายการประกอบ และทำการผลิตสินค้าที่หลากหลายชนิด ซึ่งสินค้าแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันในด้านรายการวัสดุที่ใช้ ขั้นตอนการผลิต สถานที่งานที่ใช้ในการผลิต และเงื่อนไขในการเรียงลำดับก่อนหลัง บางขั้นตอนการผลิตสามารถเลือกทำงานบนสถานีนงานได้ทั้งสถานีนงานหลักและสถานีนงานรอง ในขณะที่บางขั้นตอนการผลิตต้องทำบนสถานีนงานหลักเท่านั้น หากต้องการจัดการระบบการผลิตในการทำงาน และการใช้ทรัพยากรปัจจัยด้านแรงงานให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดของสายการผลิต โดยมุ่งเน้นการจัดการสถานีนงานให้มีความต่อเนื่องและเหมาะสมกับการปฏิบัติงาน จึงจำเป็นต้องคำนึงถึงเครื่องจักรอุปกรณ์ และวิธีการปฏิบัติงานของแต่ละขั้นตอนในการผลิต ซึ่งในแต่ละขั้นตอนอาจจะสามารถแบ่งการปฏิบัติงานออกเป็นงานย่อยหลายๆ งานขึ้นอยู่กับลักษณะของงานนั้นว่าจะสามารถแบ่งย่อยออกไปอีกได้หรือไม่ บางงานอาจจะไม่สามารถแยกย่อยได้ ปัญหาที่เกิดขึ้นจึงกลายเป็นเรื่องที่ยุ่งยาก ซึ่งการแก้ไขปัญหาล่าช้าได้มีการนำวิชาทางด้านพันธุศาสตร์อันได้แก่ ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm : GA) หรือเรียกย่อๆ ว่า “GA” เป็นขบวนการทางคณิตศาสตร์อย่างหนึ่งซึ่งจะให้ผลลัพธ์ในเชิงปริมาณ (Quantity) เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นจำนวน หรือค่าทางตัวเลข

ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาสำหรับการจัดสถานีงานในกระบวนการผลิต โดยฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function) และมีการกำหนดเงื่อนไขที่เรียกว่า (Constraints) รวมอยู่ด้วย

การนำขั้นตอนเชิงพันธุกรรมมาช่วยในการจัดสถานีงานในกระบวนการผลิตเพื่อช่วยลดระยะทางการเคลื่อนที่ของวัสดุ โดยใช้หลักการคัดเลือกแบบธรรมชาติจากการจำลองแนวคิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต และใช้กระบวนการคัดเลือกทางพันธุศาสตร์ ซึ่งเป็นวิธีแก้ปัญหาที่นิยมนำมาใช้แก้ปัญหการจัดวางผังพื้นที่ทำงาน การกระจายการค้นหาคำตอบของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมหลายทิศทางจากกลุ่มของประชากร ทำให้ได้คำตอบที่เป็นไปได้หลายคำตอบ และใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุดมีมากขึ้น นอกจากนี้การวนซ้ำทำให้มีการนำคำตอบที่ดีที่สุดภายในกลุ่มประชากรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการหาคำตอบในรุ่นถัดไปผ่านกระบวนการสลับสายพันธุ์ (Crossover) ทำการกระจายการค้นหาคำตอบในพื้นที่ของปัญหา (Pongcharoen et al., 2002)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเสนอการประยุกต์ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมรวมกับการออกแบบการจัดเรียงเครื่องจักรตามขั้นตอนในการผลิต และคำนึงถึงพื้นที่ของเครื่องจักรแต่ละชนิด เพื่อให้การทำงานมีความต่อเนื่องและเหมาะสมกับการปฏิบัติงาน โดยเขียน Visual Basic for Applications (VBA) ใน Microsoft Excel ในการแก้ปัญหการจัดเรียงเครื่องจักร เพื่อลดต้นทุนของทางการเคลื่อนที่ของวัสดุ การทำงานบน Excel spreadsheet จะสามารถช่วยให้เข้าใจและเห็นภาพได้ โดยง่ายกว่าการเขียนโปรแกรมแบบอื่นๆ แสดงให้เห็นว่าเทคนิคนี้สามารถหาคำคำตอบและนำไปประยุกต์ใช้งานได้ง่ายขึ้น อีกทั้งสามารถประยุกต์ใช้ได้กับระบบการทำงานภายในองค์กรต่างๆ ได้เป็นอย่างดี

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

ประยุกต์ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในการจัดสถานีงานของกระบวนการผลิตเพื่อลดต้นทุนการเคลื่อนที่ของวัสดุ

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาการทำงานของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่มีวิวัฒนาการทำงานร่วมกันในการจัดสถานีงานในระบบการผลิต ซึ่งมีขอบเขตการวิจัยดังนี้

1.3.1 จำลองสถานีงานมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก ไม่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดทั้งด้านกว้างและด้านยาว รวมทั้งเครื่องจักรไม่สามารถหมุนได้

1.3.2 ชิ้นงานสามารถเข้าถึงเครื่องจักรได้ทุกทิศทาง

1.3.3 การจัดเรียงเครื่องจักรตามแนวแกน X แลวนบนสุดโดยเริ่มจากด้านซ้ายไปขวา และเมื่อสุดแกน X แล้วให้เลื่อนแถวลงมาตามแนวแกน Y โดยเริ่มเรียงเครื่องจักรจากด้านซ้ายไปขวา เช่นเดิม

1.3.4 จัดเรียงเครื่องจักรตามลำดับการทำงาน โดยไม่มีการสลับขั้นตอนการทำงาน

1.3.5 คำนวณเฉพาะระยะทาง และต้นทุนของเครื่องจักร ไม่พิจารณาถึงเวลาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการการผลิตรวมทั้งเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของการขนถ่ายวัสดุ และเวลาในการรอคอยการใช้งานของเครื่องจักรจะไม่ถูกนำมาพิจารณาด้วยเช่นกัน

1.3.6 ใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ในการแก้ไขปัญหา

1.4 วิธีดำเนินการศึกษาวิจัย

1.4.1 ทบทวนปริทัศน์วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นสำหรับการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

1.4.3 ออกแบบโปรแกรมสำหรับการวิจัย

1.4.4 ทดสอบแบบจำลองเพื่อการหาค่าที่เหมาะสม

1.4.5 รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และสรุปผล

1.4.6 จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.5 สถานที่ทำงานวิจัย

อาคารเครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 สามารถประยุกต์ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในการแก้ไขปัญหาการจัดการลำดับการทำงานเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิต

1.6.2 สามารถช่วยลดระยะทาง และต้นทุนการขนถ่ายวัสดุในการกระบวนการผลิตได้

1.6.3 สามารถนำไปประยุกต์กับระบบการทำงานภายในองค์กรต่างๆ ทั้งด้านการลดต้นทุนการเพิ่มประสิทธิภาพ และการปรับปรุงระบบต่างๆ ภายในอนาคต

บทที่ 2

ปรัทศน์วรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงปรัทศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยฉบับนี้ และความเป็นมาของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม การค้นคว้าเอกสาร รายงานการวิจัย วิทยานิพนธ์ ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย รวมทั้งทฤษฎีของหลักการทำงานของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม และการวางแผนการจัดการ โรงงาน ซึ่งจะแสดงเนื้อหาที่สามารถนำไปประยุกต์กับการแก้ปัญหาการจัดการเรียงเครื่องจักรเพื่อระยะทางการขนถ่ายวัสดุในกระบวนการผลิต

2.1 ประวัติความเป็นมาของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) เป็นวิธีการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยใช้หลักการคัดเลือกแบบธรรมชาติและหลักการทางสายพันธุ์ เป็นการคำนวณอย่างหนึ่งที่สามารถกล่าวได้ว่ามี“วิวัฒนาการ” อยู่ในขั้นตอนของการค้นหาคำตอบ และได้รับการจัดให้เป็นวิธีหนึ่งในกลุ่มของการคำนวณเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary Computing) ซึ่งปัจจุบันเป็นที่ยอมรับในประสิทธิภาพ และมีการนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุด Genetic Algorithm หรือเรียกโดยย่อว่า “ Genetic Algorithm ” ถูกพัฒนาขึ้นในช่วงทศวรรษที่ 60 โดยจำลองเอาแนวคิดของ การวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตในระบบชีววิทยามาใช้ในการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ซึ่งได้รับความนิยมและเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางโดยการเผยแพร่ของ John Holland [Holland,1975] ในหนังสือชื่อ "Adaptation in Natural and Artificial Systems" หนังสือดังกล่าวได้ตีพิมพ์เป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1975 หลังจากนั้นจึงมีการประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ กันอย่างแพร่หลายพร้อมๆ กับการศึกษาและพัฒนาองค์ประกอบต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นและเป็นวิธีการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดเชิงผสมผสาน (Combinatorial Optimization) แบบปัญหาเชิงคำนวณที่สามารถในการค้นหาคำตอบอย่างชาญฉลาด และลดความยุ่งยากในขั้นตอนต่างๆ ของการค้นหาลงไปซึ่งวิธีการค้นหาคำตอบดังกล่าวนี้มีข้อได้เปรียบและความแตกต่างไปจากวิธีดั้งเดิม เช่น การโปรแกรมเชิงเส้น วิธีการค้นหาผลเฉลย ปัจจุบันจึงเห็นได้ว่ามีการนำเอาไปประยุกต์ในเกือบจะทุกสาขาวิชา

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

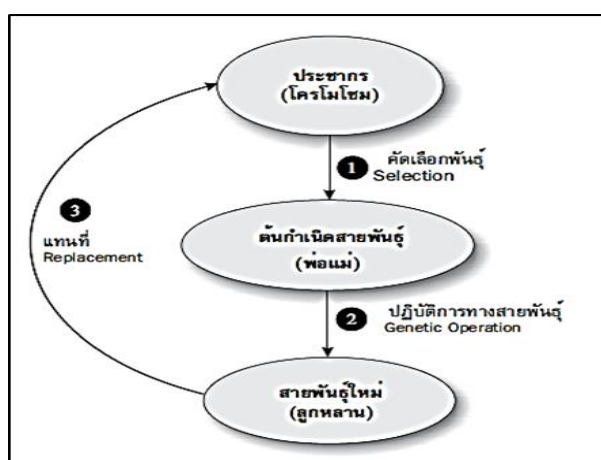
ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) เป็นขั้นตอนในการค้นหาคำตอบให้กับระบบ [Holland,1975] และเป็นเครื่องมือในการช่วยคำนวณประเภทหนึ่ง โดยธรรมชาติวัฏจักรของ Genetic Algorithm ประกอบไปด้วย 3 กระบวนการที่สำคัญ ดังแสดงในรูปที่ 2.1

1) การคัดเลือกสายพันธุ์ (Selection) คือขั้นตอนในการคัดเลือกประชากรที่ดีในระบบ เป็นต้นกำเนิดสายพันธุ์เพื่อให้กำเนิดลูกหลานในรุ่นถัดไป

2) ปฏิบัติการทางสายพันธุ์ (Genetic Operation) คือกรรมวิธีการเปลี่ยนแปลงโครโมโซมด้วยวิธีการทางสายพันธุ์ เป็นขั้นตอนการสร้างลูกหลาน ซึ่งได้จากการรวมพันธุ์ของต้นกำเนิดสายพันธุ์ เพื่อให้ได้ลูกหลานที่มีส่วนผสมมาจากพ่อแม่หรือได้จากการแปรผันยีนของพ่อแม่เพื่อให้ได้ลูกหลานสายพันธุ์ใหม่เกิดขึ้น

3) การแทนที่ (Replacement) คือขั้นตอนการนำเอาลูกหลานกำเนิดใหม่ไปแทนที่ประชากรเก่าในรุ่นก่อน เป็นขบวนการในการคัดเลือกกว่าควรจะมีลูกหลานในกลุ่มใด จำนวนเท่าไร ไปแทนประชากรเก่าในกลุ่ม จะแสดงให้เห็นถึงความเหมือนกับการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติ สิ่งมีชีวิตที่มีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าจะสามารถอยู่รอดได้ในขณะที่สิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่ไม่สามารถปรับตัวเองได้จะต้องสูญพันธุ์ไปการปรับตัวดังกล่าวแสดงว่าสิ่งมีชีวิตนั้นมีวิวัฒนาการเกิดขึ้น

ปัจจุบันได้มีการจำลองวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตในระบบธรรมชาติกล่าวคือกระบวนการภายในของ Genetic Algorithm ทำให้คำตอบของระบบที่มีอยู่เกิดวิวัฒนาการในตัวเองอันจะนำไปสู่การปรับตัวให้กลายเป็นคำตอบที่ดีกว่าและรายละเอียดต่างๆ ขององค์ประกอบในวัฏจักร Genetic Algorithm มีดังนี้

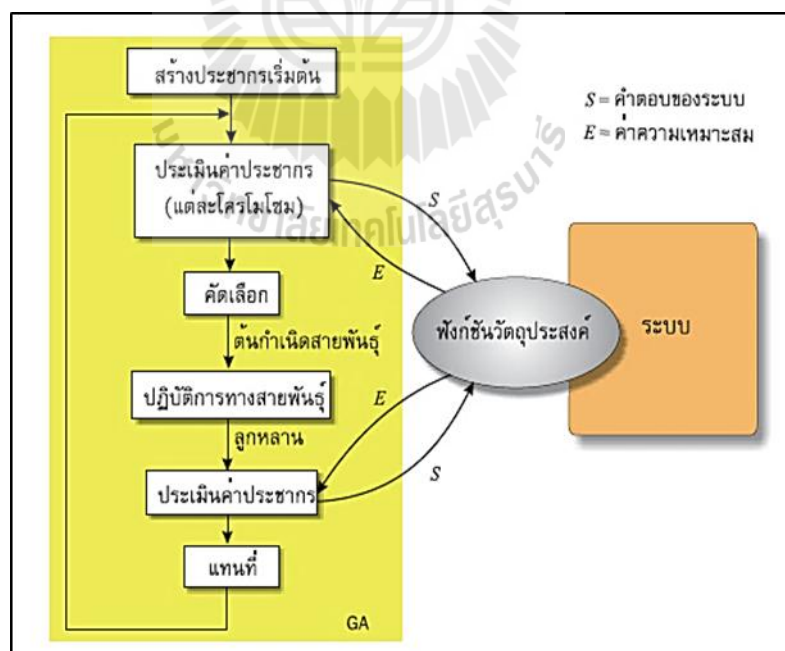


รูปที่ 2.1 วัฏจักรของ Genetic Algorithm

- ประชากร (Population) ประกอบไปด้วยกลุ่มของโครโมโซม (Chromosome) ซึ่งเป็นตัวแทนของ คำตอบในระบบที่ต้องการค้นหา
- ต้นกำเนิดสายพันธุ์ (Parents) กลุ่มประชากรที่ถูกคัดเลือกเพื่อเป็นตัวแทนในการให้กำเนิดสายพันธุ์ใหม่ในรุ่นถัดไป (Next Generation) ประชากรกลุ่มนี้จะเปรียบเสมือนกับเป็นพ่อแม่ สำหรับใช้ ในการสืบทอดสายพันธุ์ให้ลูกหลานต่อไป
- สายพันธุ์ใหม่ (Offspring) หรือลูกหลาน เป็นประชากรกลุ่มใหม่ที่ได้รับการถ่ายทอดสายพันธุ์มา จากพ่อแม่โดยคาดหวังที่จะได้รับสายพันธุ์ที่ดีที่สุดเพื่อถ่ายทอดต่อไป กันในประชากรรุ่นถัดไป

2.2.1 ขั้นตอนการทำงานของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

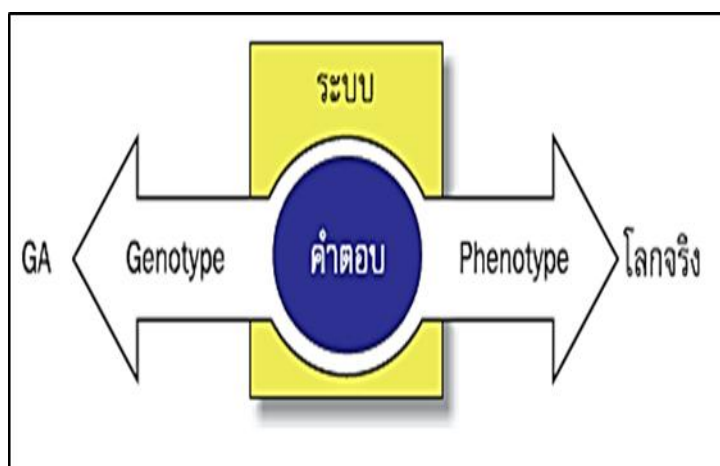
แผนภาพในรูปที่ 2.2 แสดงขั้นตอนทั่วไปของวิธีเชิงพันธุกรรม และการเชื่อมโยงเข้ากับระบบจริงเพื่อทำการค้นหาคำตอบที่ต้องการ คำตอบของระบบที่ต้องการ โดยจะทำการค้นหาในรูปของโครโมโซม ในกลุ่มของประชากร และจะเห็นได้ว่าคำตอบที่ต้องการจะเป็นโครโมโซมที่ดีที่สุดในกลุ่ม ดังนั้นระบบจะสามารถรู้ได้ว่าคำตอบที่มีอยู่ในวิธีเชิงพันธุกรรม ณ เวลานั้นๆ นั้นดีหรือไม่ด้วยการประเมินค่าของโครโมโซม ระบบวิธีเชิงพันธุกรรม จะมีการเชื่อมโยงกับฟังก์ชันวัตถุประสงค์สำหรับการประเมินค่าของโครโมโซม



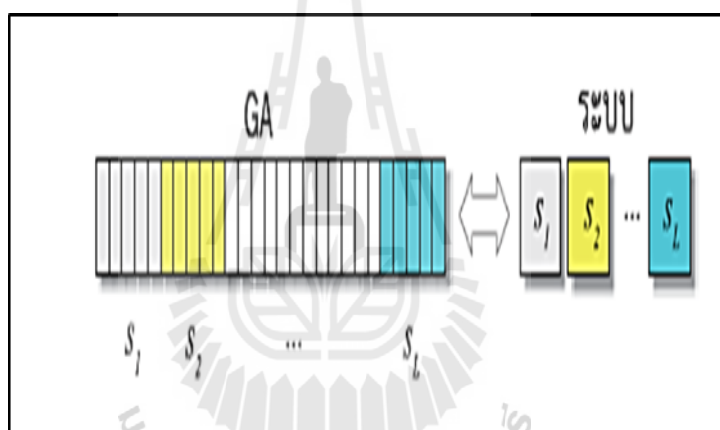
รูปที่ 2.2 ขั้นตอนทั่วไปของวิธีเชิงพันธุกรรมกับการเชื่อมโยงเข้ากับระบบ

ขั้นตอนการทำงานทั่วไปของวิธีเชิงพันธุกรรม

- 1) สร้างประชากร โดยปกติจะใช้การสุ่ม (Random)
- 2) ประเมินค่าโครโมโซมของกลุ่มประชากรทั้งหมดด้วยฟังก์ชันวัตถุประสงค์เนื่องจาก
ระบบไม่สามารถเข้าใจค่าของโครโมโซมภายในได้ ดังนั้นโครโมโซมจะต้องผ่านการถอดรหัส
ก่อนที่จะนำไปทำการคำนวณด้วยฟังก์ชันวัตถุประสงค์
- 3) คำนวณค่าความเหมาะสมแล้วส่งกลับไปยัง Genetic Algorithm
- 4) ใช้ค่าความเหมาะสมทำการคัดเลือกโครโมโซมบางกลุ่ม เพื่อนำมาเป็นต้นกำเนิดสาย
พันธุ์ ซึ่งจะถูกใช้เป็นตัวแทนในการถ่ายทอดสายพันธุ์ให้กับรุ่นถัดไป
- 5) นำต้นกำเนิดสายพันธุ์มาทำการสร้างลูกหลาน ด้วยปฏิบัติการทางสายพันธุ์ โครโมโซม
ที่ได้ในขั้นตอนนี้ก็คือโครโมโซมลูกหลาน
- 6) คำนวณค่าความเหมาะสมของโครโมโซมลูกหลาน โดยใช้ขั้นตอนเดียวกับ
ข้อ 3)
- 7) โครโมโซมในประชากรเดิมจะถูกแทนที่ด้วยลูกหลานที่ได้จากข้อ 5) ประชากรเพียง
บางส่วนเท่านั้นที่จะถูกแทนที่ด้วยกลวิธีเฉพาะสำหรับขั้นตอนของการแทนที่โดยใช้ค่าความ
เหมาะสมในการตัดสินใจ
- 8) เริ่มต้นทำซ้ำจากขั้นตอนในข้อ 2) ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้คำตอบที่ต้องการ คำตอบที่
ได้จะมาจากโครโมโซมที่ดีที่สุดในกลุ่มประชากร โดยที่สามารถใช้ค่าจากฟังก์ชันวัตถุประสงค์เพื่อ
เป็นการประเมินว่าคำตอบที่ได้เป็นที่ต้องการแล้วหรือไม่จากกระบวนการ จะเห็นได้ว่าสิ่งที่จำเป็น
จะต้องทำการออกแบบเพื่อนำมาใช้ได้แก่
 - โครโมโซมประชากรและการเข้ารหัส
 - การประเมินค่าความเหมาะสม
 - การคัดเลือกต้นกำเนิดสายพันธุ์
 - ปฏิบัติการทางสายพันธุ์
 - การแทนที่



รูปที่ 2.3 คำตอบในมุมมองของวิธีเชิงพันธุกรรมและโลกจริง



รูปที่ 2.4 โครโมโซมที่ถูกเข้ารหัสแบบฐานสองจากคำตอบในระบบ

2.2.2 โครโมโซมประชากรและการเข้ารหัส (Population & Encoding Scheme)

พิจารณาคำตอบของปัญหาจากกลุ่มของคำตอบหรือประชากร (Population) ของคำตอบ แต่ละคำตอบจะมีคุณลักษณะเฉพาะตัวซึ่งแสดงอยู่ในรูปของโครโมโซม (Chromosome) หรือใน Genome การเข้ารหัสประชากรเป็นขั้นตอนแรกและเป็นขั้นตอนที่สำคัญ เพราะเป็นการออกแบบให้โครโมโซมเป็นตัวแทนของคำตอบจากระบบ ในการทำงาน ทั่วๆ ไปรูปแบบที่ง่ายที่สุดคือการกำหนดให้โครโมโซมอยู่ในรูปของตัวแปรแบบสตริง (String Of Variables)

$$S = [s_1, s_2, s_L] \quad (2.1)$$

โดยที่ S คือโครโมโซมหนึ่งๆ และแต่ละ $s_i, i = 1, 2, \dots$ และ L คือแต่ละตัวแปรในชุดคำตอบของระบบ (แต่ละระบบจะมีจำนวนตัวแปรไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหา ความซับซ้อนและการออกแบบการแก้ปัญหาระบบนั้นๆ)

เมื่อพิจารณาโครโมโซมหนึ่งๆ เราสามารถมองได้ว่าเป็นการนำเอาคำตอบทั้งชุดของระบบมาวางเรียงต่อกันเป็นสายโครโมโซมเป็นหนึ่งคำตอบประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่เรียกว่า ยีน (Gene) ซึ่งในทางชีววิทยาถือว่าเป็นส่วนที่เก็บคุณลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตเอาไว้เช่น สีของตาหรือผม เป็นต้น ดังนั้นโครโมโซมจึงเป็นที่เก็บคุณลักษณะของคำตอบของระบบเอาไว้เพื่อใช้ในการสืบทอดสายพันธุ์กรรมให้ประชากรรุ่นถัดไปกระบวนการภายในของ Genetic Algorithm จะมองคำตอบของระบบอยู่ในรูปของโครโมโซมที่เรียกว่า ‘จีโนไทป์’ (Genotype) รูปแบบดังกล่าวมีความแตกต่างจากรูปของตัวแปรที่เราสามารถเข้าใจได้ในระบบปกติที่เรียกว่า ‘ฟีโนไทป์’ (Phenotype) เช่น ตัวแปรชนิดจำนวนจริงหรือจำนวนเต็มดังแสดงในรูปที่ 2.3 ที่ซึ่งเรามองเห็นแล้วเข้าใจ การเข้ารหัสจึงเป็นการจัดวางรูปแบบคำตอบของระบบให้อยู่ในรูปที่สามารถเข้าใจ ตัวอย่างวิธีการเข้ารหัสวิธีหนึ่งก็คือแบบสายอักขระเลขฐานสองดังแสดงในรูปที่ 3.4 โครโมโซมจะได้มาจากการเรียงกันด้วยคำตอบของระบบโดยการเข้ารหัสแบบนี้เป็นวิธีที่ง่ายและเป็นวิธีที่นิยมใช้กันทั่วไปวิธีหนึ่ง วิธีเข้ารหัสอื่นๆ ก็มีเช่น การเข้ารหัสแบบจำนวนเต็ม (Wright, 1991) และการเข้ารหัสแบบค่าจริง มีข้อดีคือ สามารถเข้าใจและตรวจดูค่าได้ทันทีโดยไม่ต้องถอดรหัส วิธีการเข้ารหัสแบบค่าจริงเป็นอีกวิธีที่มีข้อดีเหนือกว่าวิธีอื่นๆ ในแง่ของการคำนวณเชิงตัวเลข อันเนื่องมาจากวิธีดังกล่าวสามารถใช้ตัวแปรแบบจำนวนจริงในการคำนวณโดยตรง จึงไม่มีการสูญเสียความละเอียดของตัวเลขแต่อย่างใด

นอกจากนั้นยังสามารถใช้วิธีคำนวณที่หลากหลายกว่าโครโมโซมได้โดยตรงอีกด้วย วิธีการเข้ารหัสแต่ละวิธีจะมีคุณสมบัติที่ไม่เหมือนกันซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆ อย่าง เช่น ชนิดของคำตอบหรือวิธีการคำนวณในระบบ โดยปกติแล้วถ้าใช้โครโมโซมที่อยู่ในรูปของฟีโนไทป์การเข้ารหัสก็เป็นขั้นตอนที่ไม่จำเป็น เนื่องจากโครโมโซมที่เป็นฟีโนไทป์จะอยู่ในรูปเดียวกันกับคำตอบของระบบซึ่งสามารถเข้าใจได้ทันทีปกติแล้วใน Genetic Algorithm จะใช้โครโมโซมหลายๆ ชุดแทนคำตอบของระบบ คือ $S_i, i = 1, 2, \dots, N$ (N โครโมโซม)

วัฏจักรหนึ่งๆ ของวิธีเชิงพันธุกรรมจะมีคำตอบอยู่หลายๆ ชุดคำตอบ ปกติขนาดของประชากรจะมีจำนวนอยู่ระหว่าง 30-100 โครโมโซม ในระบบที่เป็นเวลาจริง (Real-Time System) มีการใช้ไมโคร Micro - Genetic Algorithm ซึ่งมีขนาดของประชากรเพียงประมาณ 10 โครโมโซม เพื่อเพิ่มความเร็วในการคำนวณ ขนาดของประชากรอาจจะกล่าวได้ว่าเป็นสิ่งแรกที่ต้องทำการกำหนดก่อน คำตอบของระบบควรจะเป็นคำตอบที่ดีที่สุดจากประชากรที่มีอยู่ ดังนั้นจำนวนของโครโมโซมที่เหมาะสมนั้นจะขึ้นอยู่กับระบบและการออกแบบ จึงไม่มีกฎเกณฑ์ที่แน่นอนในการ

ระบุจำนวนที่เหมาะสมของโครโมโซมในแต่ละครั้งได้ หากจำนวนโครโมโซมที่น้อยเกินไปอาจจะ
มีผลให้ประชากรที่มีอยู่ทั้งหมดไม่สามารถขยายพันธุ์ครอบคลุมไปถึงคำตอบของระบบได้ตามที่
ต้องการ ในขณะที่จำนวนโครโมโซมที่มากเกินไปก็จะก่อให้เกิดความล่าช้าในการคำนวณ และทำ
ให้เกิดความซ้ำซ้อนกันของโครโมโซมซึ่งอาจจะมีผลให้วิธีเชิงพันธุกรรมไม่สามารถลู่เข้าหา
คำตอบได้อย่างที่คาดคิด

2.2.3 การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Evaluation)

การประเมินค่าความเหมาะสมเป็นขั้นตอนในการประเมินว่าโครโมโซมหนึ่งว่าดี
หรือไม่ดีอย่างไร เมื่อเทียบกับโครโมโซมอื่นๆ ที่มีอยู่ในกลุ่มประชากรนั้นๆ โดยปกติแล้วการ
ประเมินค่าความเหมาะสมของโครโมโซมจะประกอบไปด้วยการคำนวณค่าของสองฟังก์ชันดังนี้

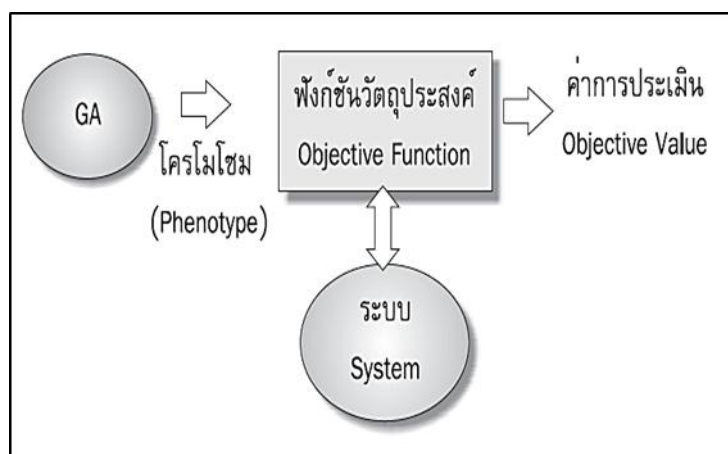
1) ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective / Evaluation Function)

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็นส่วนสำคัญในกระบวนการของ Genetic Algorithm ที่ใช้ในการประเมินผล
คำตอบของระบบว่าดีหรือไม่ ซึ่งฟังก์ชันวัตถุประสงค์ทำการประเมินคำตอบจากโครโมโซมโดย
เทียบกับเป้าหมายของระบบ ในกรณีที่ระบบเป็นปัญหาของการค้นหาค่าน้อยที่สุด (Minimization
Problem) โครโมโซมที่เป็นคำตอบที่ดีที่สุดของระบบ ตัวอย่างของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ได้แก่ฟังก์
ชันต่างๆ ไปที่ใช้คำนวณค่าความผิดพลาดของระบบ (Error) เช่น MSE (Mean-Squared Error) SSE
(Sum-Squared Error - Ror) หรือ RMSE (Root-Mean-Squared Error) เป็นต้น

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของระบบดังกล่าวก็คือต้องการให้ค่าความผิดพลาดของระบบ
มีค่าน้อยที่สุด ค่าการประเมิน (Evaluation Value) ที่ได้จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์จะสามารถอธิบาย
คำตอบของระบบขณะนั้นได้ว่าดีหรือไม่ ในกรณีนี้สำหรับคำตอบหนึ่งๆ แล้วค่าความผิดพลาดที่
น้อยกว่าหมายถึงคำตอบนั้นจะเป็นคำตอบที่ดีกว่าค่าการประเมินที่ได้จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์บาง
ครั้งจะเรียกว่าค่าวัตถุประสงค์ (Objective Value) จึงถือเป็นส่วนสำคัญในการเชื่อมโยงวิธีเชิง
พันธุกรรม เข้ากับระบบในโลกจริงดังแสดงในรูปที่ 2.5 สังเกตว่าโครโมโซมที่นำไปประเมินค่า
ด้วยฟังก์ชันวัตถุประสงค์จะต้องอยู่ในรูปแบบฟีโนไทป์ ดังนั้นถ้ากำหนดให้โครโมโซม S ที่เวลา
 t ใดๆ คือ $S(t)$ เราสามารถเขียนความสัมพันธ์ของค่าการประเมินของโครโมโซมนี้กับฟังก์ชัน
วัตถุประสงค์ได้ดังนี้

$$F(S(t)) = f(s_1(t), s_2(t), \dots, s_L(t)) \quad (2.2)$$

โดยที่ $s_1(t), s_2(t), \dots, s_L(t)$ คือคำตอบของระบบที่ผ่านการถอดรหัสในรูปของ
ฟีโนไทป์แล้ว



รูปที่ 2.5 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์กับการเชื่อมโยงวิธีเชิงพันธุกรรมเข้ากับระบบ

2) ฟังก์ชันกำหนดค่าความเหมาะสม (Fitness Function)

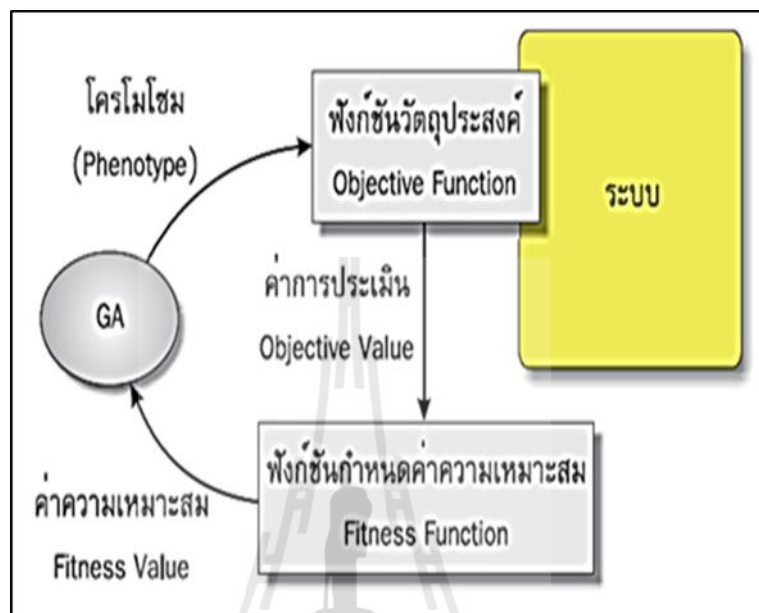
ฟังก์ชันกำหนดค่าความเหมาะสมเป็นฟังก์ชันที่ทำการจับคู่ค่าการประเมินที่ได้จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ไปเป็นค่าความเหมาะสม (Fitness Value) จุดประสงค์ของฟังก์ชันนี้ก็คือเพื่อทำการกำหนดค่าความเหมาะสมให้กับโครโมโซมแต่ละตัว โดยทำการเปรียบเทียบกันเองภายในกลุ่มประชากร ค่าความเหมาะสมเหล่านี้จะถูกนำมาใช้เป็นมาตรวัด เพื่อตัดสินคัดเลือกโครโมโซมที่จะใช้ในการสืบสายพันธุ์ในรุ่นถัดไป

สาเหตุที่วิธีเชิงพันธุกรรมไม่ใช้ค่าการประเมินในการคัดเลือกโครโมโซมเพราะค่าการประเมินที่ได้จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์นั้นจะมีค่าขึ้นอยู่กับระบบ จึงทำให้ตัวเลขที่ได้มีความหลากหลายและแตกต่างกันเกินไป ยกตัวอย่าง เช่น ขนาดค่าความผิดพลาดของระบบสามารถมีค่าน้อยที่สุดคือศูนย์ และมากที่สุดที่ไม่จำกัดขนาดและเครื่องหมาย จะเห็นได้ชัดว่าไม่เหมาะสมในการนำมาคัดเลือกโครโมโซม เนื่องจากค่าเหล่านั้นอาจมีความแตกต่างกันเกินไป โดยเฉพาะในแต่ละรอบของการทำวิธีเชิงพันธุกรรมที่มีการประเมินโครโมโซม ค่าความผิดพลาดอาจจะแตกต่างกันโดยสิ้นเชิงได้ ดังนั้นฟังก์ชันกำหนดค่าความเหมาะสมจึงเป็นการคำนวณค่าการประเมินของโครโมโซมทั้งหมด เทียบกับโครโมโซมด้วยตัวเอง และปรับให้มีค่าที่อยู่บนบรรทัดฐานเดียวกันกล่าวคือ

$$E(F_i) = [E_{min}, E_{max}], i = 1, 2, \dots, N \quad (2.3)$$

โดยที่ $E(F_i)$ คือฟังก์ชันกำหนดค่าความเหมาะสมจากค่าการประเมิน F_i (ของโครโมโซมตัวที่ i) E_{min} และ E_{max} เป็นค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของค่าความเหมาะสม

โดยปกติจะมีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาการทำงานของวิธีเชิงพันธุกรรม ซึ่งต่างกับการประเมินที่สามารถเปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะของคำตอบที่คำนวณได้ในแต่ละรอบของการทำวิธีเชิงพันธุกรรม ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์และฟังก์ชันกำหนดค่าความเหมาะสม

2.2.4 การคัดเลือกสายพันธุ์ (Selection)

การคัดเลือกสายพันธุ์เป็นขั้นตอนในการคัดเลือกโครโมโซม ที่ดีที่สุดจากภายในกลุ่มประชากรทั้งหมด ซึ่งโครโมโซมที่ได้จะถูกนำไปใช้เป็นตัวกำเนิดสายพันธุ์หรือ ‘พ่อแม่’ เพื่อใช้ในการให้กำเนิดลูกหลานในรุ่นถัดไป โดยปกติแล้วเพื่อให้ได้สายพันธุ์ที่ดี ตัวกำเนิดของสายพันธุ์จะต้องดีด้วย จึงกลายเป็นปัญหา ซึ่งการคัดเลือกสายพันธุ์เป็นการจำลองการคัดเลือกโครโมโซมที่จะสามารถอยู่รอดได้ในแต่ละรุ่น สำหรับวิธีเชิงพันธุกรรมนั้นจะทำการคัดเลือกโครโมโซมโดยการพิจารณาที่ค่าความเหมาะสมของโครโมโซม ดังนั้นโครโมโซมไหนมีค่าความเหมาะสมที่ดีย่อมหมายถึงการมีโอกาสที่จะให้ลูกหลาน (Off-Spring) ในจำนวนที่มากกว่าได้ ซึ่งย่อมเป็นการบ่งบอกว่าโอกาสในการอยู่รอดในรุ่นถัดไปก็จะมีเพิ่มมากขึ้นด้วย และได้มีการนำเสนอเทคนิควิธีการคัดเลือกสายพันธุ์อย่างหลากหลาย ซึ่งทั้งหมดสามารถแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่มหลักคือ

1) ใช้ค่าความเหมาะสมโดยตรง วิธีนี้จะใช้ค่าความเหมาะสม (Fitness Value) ของแต่ละโครโมโซมสำหรับการคัดเลือกสายพันธุ์

2) ใช้ค่าความเหมาะสมโดยอ้อม วิธีนี้จะมีการแปลงค่าความเหมาะสมให้อยู่ในช่วงที่ต้องการเช่น การทำให้เป็นบรรทัดฐานอยู่ในช่วง (0, 1) แล้วใช้สำหรับการคัดเลือกสายพันธุ์ต่อไป ขั้นตอนในการคัดเลือกสายพันธุ์ประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอนใหญ่ๆ ได้แก่

3) การกำหนดค่าโอกาส P ในการถูกคัดเลือกเพื่อเป็นต้นกำเนิดสายพันธุ์ให้กับโครโมโซม

4) การแปลงค่าโอกาส P ไปเป็นจำนวนของโครโมโซมลูกหลาน

ในขั้นตอนการคัดเลือกดังกล่าว วิธีเชิงพันธุกรรมจะใช้ค่าโอกาส P แทนค่าความเหมาะสม ผลลัพธ์จากการคัดเลือกคือจำนวนลูกหลานที่จะได้จากโครโมโซมนั้นๆ โครโมโซมที่มีโอกาสในการถูกคัดเลือกสูงจะให้จำนวนของโครโมโซมลูกหลานที่สูงด้วย ดังนั้นสิ่งที่เราต้องพิจารณาคือการกำหนดค่า P ที่เหมาะสม

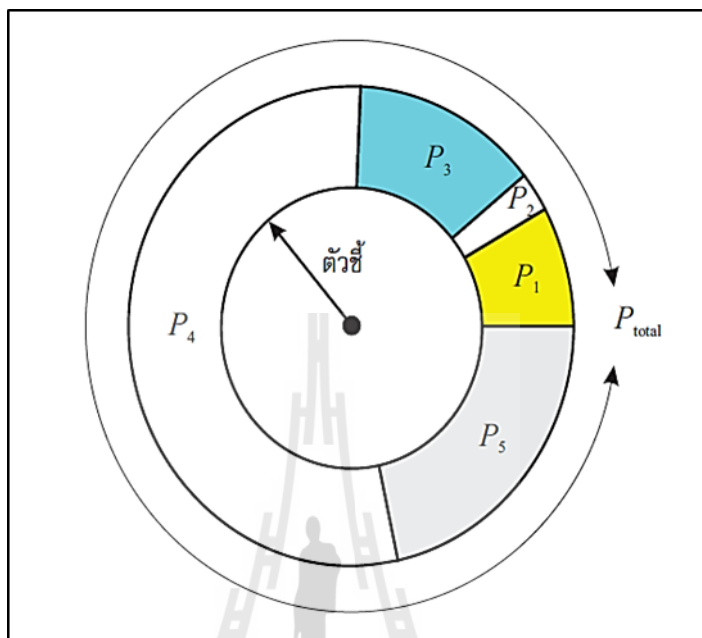
วิธีการกำหนดค่าโอกาส P ในการถูกคัดเลือกที่ใช้กันแพร่หลายต่างๆ ไป เช่น วิธีการแบ่งเป็นสัดส่วน (Pro-Portionate) วิธีของ Boltzmann วิธีการจัดอันดับ (Ranking) และวิธีการจัดการแข่งขัน (Tournament) เป็นต้น ส่วนการแปลงค่าโอกาส P ไปเป็นจำนวนโครโมโซมลูกหลาน หรือที่เรียกว่า Sampling จะใช้วิธีของวงล้อรูเล็ต (Roulette Wheel Sampling) หรือวิธีกระบวนการสุ่มครอบจักรวาล (Stochastic Universal Sampling หรือ SUS)

หลังจากที่ได้ทำการกำหนดค่าโอกาส P ในการถูกคัดเลือกให้กับแต่ละโครโมโซมจนหมดแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็คือ นำเอาค่าโอกาสนั้นไปทำการแปลงให้เป็นค่าตัวเลข ตัวเลขดังกล่าวจะแสดงถึงจำนวนของลูกหลานที่โครโมโซมนั้นๆ ที่สามารถให้กำเนิดในขั้นตอนต่อไปได้ วิธีการแปลงค่าโอกาสให้เป็นจำนวนโครโมโซมลูกหลานที่นิยมใช้มีดังต่อไปนี้

1) วิธีการแบบวงล้อรูเล็ต

ในขั้นตอนแรกจะทำการสร้างวงล้อรูเล็ตขึ้นมาก่อน โดยกำหนดให้ P_{total} คือผลรวมของค่าโอกาสในการถูกคัดเลือกของโครโมโซมในประชากรทั้งกลุ่ม ค่านี้จะมีค่าเทียบเท่ากับเส้นรอบวงของวงล้อรูเล็ต หลังจากนั้นค่า P ของโครโมโซมแต่ละตัวจะถูกแปลงไปยังบนวงล้อรูเล็ตภายในช่วง $[0, P_{total}]$ โดยที่ขนาดบนวงล้อรูเล็ตสำหรับแต่ละโครโมโซมจะสัมพันธ์กับค่า P ของโครโมโซมนั้นๆ รูปที่ 2.7 แสดงตัวอย่างของวงล้อรูเล็ตสำหรับกลุ่มประชากร S ยกตัวอย่างเช่นค่าความเหมาะสม $E = \{3, 1, 5, 20, 8\}$ ค่า P_i คือค่าโอกาสในการถูกคัดเลือกของโครโมโซมตัวที่ i ซึ่งได้มาจากการแบ่งเป็นสัดส่วน สังเกตว่าค่า P ของโครโมโซมจะสัมพันธ์โดยตรงกับค่าความเหมาะสมของโครโมโซม จากรูปดังกล่าวโครโมโซม S_4 ซึ่งมีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 20 เป็นค่าสูงที่สุดในกลุ่มจะมีขนาดบนวงล้อรูเล็ตมากที่สุดและมีโอกาสในการถูกคัดเลือกสูงที่สุด (แทนด้วยค่า P_4) ในขณะที่โครโมโซม S_2 ซึ่งมีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 1 เป็นค่าต่ำที่สุดในกลุ่มจะมีขนาดบนวงล้อรูเล็ตที่เล็กที่สุดและมีโอกาสในการถูกคัดเลือกต่ำที่สุด (แทนด้วยค่า P_2) ขั้นตอนใน

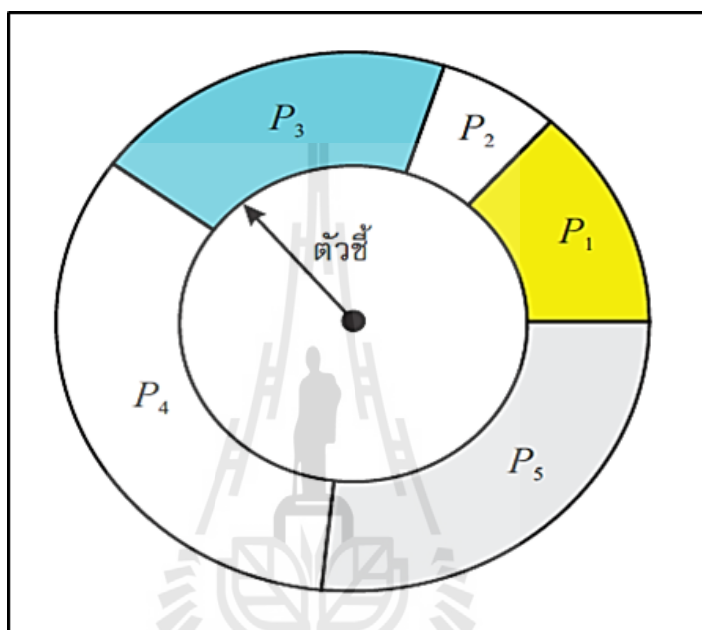
การคัดเลือกโครโมโซมจะเริ่มจากการสุ่มค่าตัวชี้ซึ่งเป็นตัวเลขระหว่าง 0 ถึง P_{total} และถ้าตัวเลขดังกล่าวตรงกับโครโมโซมใดบนวงล้อรูเล็ต โครโมโซมนั้นจะถูกเลือก



รูปที่ 2.7 วงล้อรูเล็ตจากค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม

ในแต่ละครั้งของการหมุนวงล้อก็จะได้โครโมโซมที่จะเป็นต้นกำเนิดสายพันธุ์มาหนึ่งตัว การสุ่มตัวเลขเพื่อคัดเลือกโครโมโซมจะดำเนินไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้ต้นกำเนิดสายพันธุ์เท่ากับจำนวนที่ต้องการ ดังนั้นสำหรับการคัดเลือกต้นกำเนิดสายพันธุ์จำนวน N โครโมโซมจะต้องทำการหมุนวงล้อรูเล็ตทั้งหมด N ครั้ง แสดงให้เห็นว่าโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมที่สูง และจะมีโอกาสถูกคัดเลือกมากกว่าโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมที่ต่ำกว่า ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ปกติในธรรมชาติทั่วไป ซึ่งค่า P จากตัวอย่างในรูปที่ 2.7 มาจากวิธีการแบ่งเป็นสัดส่วน เราจะได้ชัดเจนว่าโอกาสของโครโมโซมตัวที่สองที่จะถูกเลือกนั้นอาจมีค่าน้อยมากอาจจะทำให้เกิดความเหลื่อมล้ำในการคัดเลือกขึ้น ซึ่งวิธีอื่นๆ ที่มีประสิทธิภาพดีกว่าจึงเป็นที่นิยมใช้มากกว่า ยกตัวอย่างเช่น วิธีการจัดอันดับ ซึ่งจะให้ค่าของโอกาสในการถูกคัดเลือกที่ไม่แปรผันไปตามขนาดของค่าความเหมาะสม ดังแสดงในรูปที่ 2.8 เราจะเห็นได้ว่าโอกาสการถูกคัดเลือกของ P_2 เพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนที่เหมาะสม ในขณะที่ P_4 และ P_5 มีค่าโอกาสในการถูกคัดเลือกที่ใกล้เคียงกัน อันเนื่องมาจากมีอันดับที่ติดกัน วิธีวงล้อรูเล็ตเป็นขบวนการสุ่มคัดเลือกโครโมโซม ในบางโอกาสอาจจะมีโครโมโซมใดโครโมโซมหนึ่งเท่านั้นที่บังเอิญถูกสุ่มในการคัดเลือกทุกครั้ง ถ้าเกิดกรณีดังกล่าวขึ้น ประชากรในรุ่นถัดไปจะประกอบไปด้วยโครโมโซมชนิดเดียวกันหมดทั้งกลุ่ม ซึ่งไม่

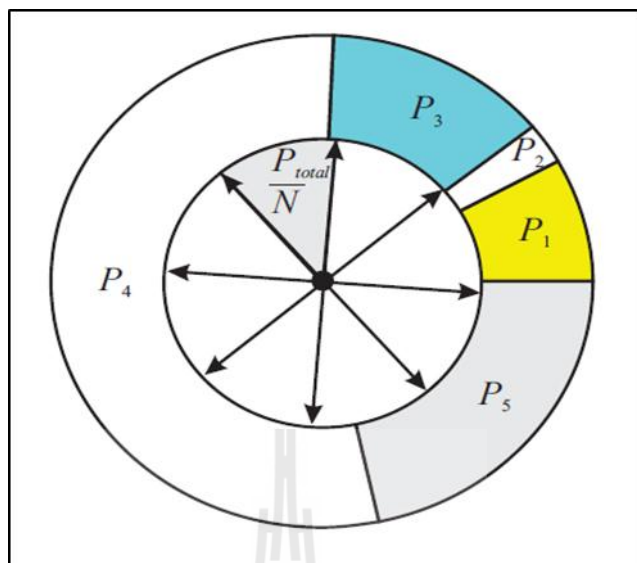
เป็นประโยชน์ต่อการค้นหาคำตอบแต่อย่างใด วิธีวงล้อรูเล็ตสามารถปรับปรุงได้หลายวิธี วิธีหนึ่งที่ง่ายและมีประสิทธิภาพคือ กำหนดให้ในแต่ละครั้งที่โครโมโซมถูกคัดเลือก ขนาดของโครโมโซมนั้นๆ บนวงล้อรูเล็ตจะมีค่าลดลงจนกระทั่งมีขนาดเป็นศูนย์วิธีนี้ทำให้แต่ละโครโมโซมที่เหลืออยู่มีขอบเขตในการถูกเลือกที่เท่าเทียมกัน ในขณะเดียวกัน ก็ช่วยลดโอกาสความเป็นใหญ่ในหมู่ประชากรของโครโมโซมตัวใดตัวหนึ่งลงได้



รูปที่ 2.8 วงล้อรูเล็ตจากการจัดอันดับ

2) วิธีการแบบกระบวนการเฟ้นสุ่มครอบจักรวาล

วิธีการแบบกระบวนการเฟ้นสุ่มครอบจักรวาลเป็นวิธีการที่ถูกเรียกใช้เพียงครั้งเดียวก็สามารถคัดเลือกโครโมโซมตามจำนวนที่ต้องการได้ ซึ่งตัวอย่างของวิธีนี้มีข้อแตกต่างไปจากแบบวงล้อรูเล็ตตรงที่มีการใช้ตัวชี้มากกว่าหนึ่งตัว สำหรับการคัดเลือก N โครโมโซมจะมีตัวชี้ทั้งหมด N ตัว โดยที่ตัวชี้แต่ละตัวจะมีระยะห่างเท่ากันและมีค่าเท่ากับ (P_{total} / N) ดังแสดงในรูปที่ 2.9 โดยจะเริ่มจากการสุ่มสลับที่โครโมโซบบนวงล้อรูเล็ต ถัดมาตัวชี้ซึ่งเป็นตัวชี้เริ่มต้นจะถูกสุ่มขึ้นมาในช่วง $[0, P_{total}]$ ตัวชี้ที่เหลือจำนวน $N - 1$ ตัวถัดจากตัวชี้จะถูกคำนวณโดยมีระยะห่างระหว่างตัวชี้ที่ติดกันเท่ากับ (P_{total} / N) โครโมโซมที่จะถูกคัดเลือกได้แก่โครโมโซมจำนวนทั้งสิ้น N โครโมโซมวิธีนี้ช่วยลดความเหลื่อมล้ำในแต่ละโครโมโซมสำหรับการคัดเลือกเมื่อเทียบกับวิธีดั้งเดิมของวงล้อรูเล็ต ถ้าโครโมโซมที่มีค่า P สูงจะถูกชี้ด้วยจำนวนครั้งที่มีมากกว่าโครโมโซมที่มีค่า P ที่ต่ำกว่า



รูปที่ 2.9 วงล้อรูเล็ตจากการคำนวณการเฟ้นสุ่มรอบจักรวาล

2.2.5 ปฏิบัติการทางสายพันธุ์ (Genetic Operation)

หลังจากกระบวนการคัดเลือกได้ดำเนินไปจนเสร็จสมบูรณ์โครโมโซมลูกหลานจะถูกสร้างขึ้นใหม่จากโครโมโซมที่ถูกคัดเลือกมาเป็นต้นกำเนิดสายพันธุ์ นั้นมาทำการเปลี่ยนแปลงให้เกิดโครโมโซมใหม่ขึ้นมากลายเป็นโครโมโซมลูกหลานดังแสดงในรูปที่ 2.10 ขั้นตอนดังกล่าวนี้เป็นขั้นตอนสำคัญอีกขั้นตอนหนึ่งในวัฏจักรของวิธีเชิงพันธุกรรม ซึ่งมีการคาดหวังว่าโครโมโซมลูกหลานที่เกิดขึ้นมานั้น จะได้รับโครโมโซมดีจากต้นกำเนิดสายพันธุ์โดยผ่านปฏิบัติการทางสายพันธุ์นี้ถ้าพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากปฏิบัติการทางสายพันธุ์ที่เกิดขึ้นกับประชากร

ซึ่งเป็นคำตอบของระบบแล้ว โดยปกติทั่วไปปฏิบัติการทางสายพันธุ์ของวิธีเชิงพันธุกรรมจะมีอยู่ 2 วิธีหลักๆ คือการสลับสายพันธุ์ และการกลายพันธุ์ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.2.5.1 การสลับสายพันธุ์ (Crossover)

การสลับสายพันธุ์เป็นวิธีการรวมตัวใหม่ของโครโมโซม (Recombination Operator) โดยทำการรวมส่วนย่อยระหว่างโครโมโซมต้นกำเนิดสายพันธุ์ตั้งแต่สองโครโมโซมขึ้นไป เพื่อให้กลายเป็นโครโมโซมลูกหลาน ซึ่งโครโมโซมลูกหลานที่ได้จากการสลับสายพันธุ์นี้จะมีพันธุกรรมจากต้นกำเนิดสายพันธุ์อยู่ในตัว โดยปกติทั่วไปแล้วจะมีการกำหนดอัตราการสลับสายพันธุ์ไว้ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ค่าความน่าจะเป็นในการเกิดการสลับสายพันธุ์ (P_c) เป็นตัวกำหนดอัตราดังกล่าว วิธีการสลับสายพันธุ์มีได้หลายแบบดังรายละเอียดในตัวอย่างต่อไปนี้

- การสลับสายพันธุ์แบบจุดเดียว (Single-Point Crossover)

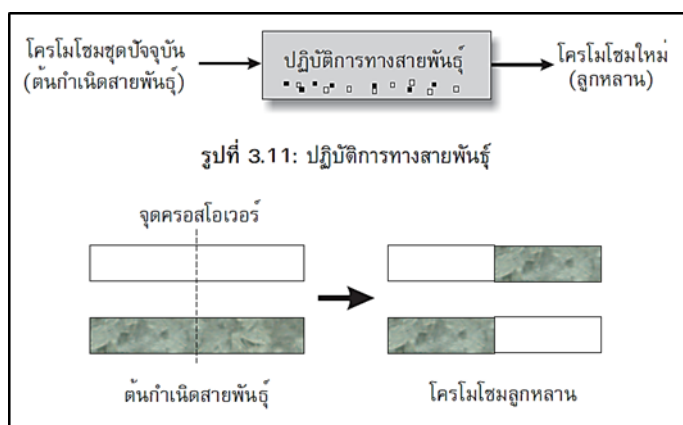
การสลับสายพันธุ์แบบจุดเดียวนี้ โครโมโซมลูกหลานจะมีสายพันธุ์ของแต่ละต้นกำเนิดอยู่อย่างละหนึ่งส่วนจุดตัดในการสลับสายพันธุ์นั้นโดยปกติจะได้มาจากการสุ่มเลือก แสดงดังตัวอย่างของการสลับสายพันธุ์แบบจุดเดียว ในรูปที่ 2.10

- การสลับสายพันธุ์แบบหลายจุด (Multiple-Point Crossover)

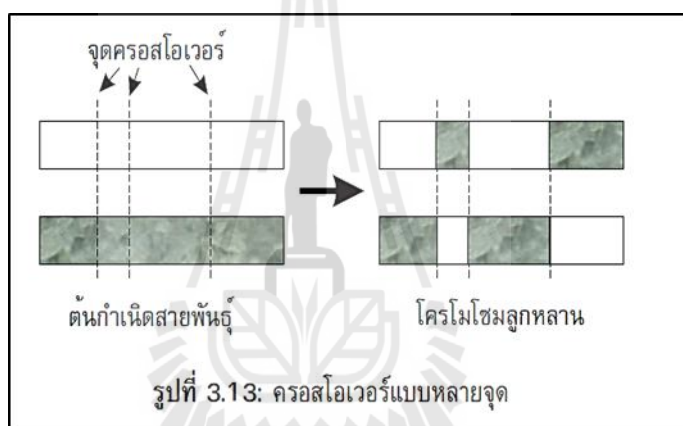
พิจารณาตัวอย่างการสลับสายพันธุ์แบบหลายจุด ดังแสดงในรูปที่ 2.11 ที่ซึ่งมีการใช้จุดตัดทั้งหมด 3 จุด ดังนั้นโครโมโซมลูกหลานจะมีสายพันธุ์ของต้นกำเนิดอยู่มากกว่าหนึ่งส่วน หลักการเลือกจุดสลับสายพันธุ์นั้นมีอยู่หลายแบบ แต่ละแบบจะให้ผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสายพันธุ์ในโครโมโซมลูกหลานที่แตกต่างกันออกไปด้วย ซึ่งวิธีที่ง่ายและเป็นที่ยอมรับทั่วไปคือการสุ่มเลือกจุดการสลับสายพันธุ์ ซึ่งการสลับสายพันธุ์แบบหลายจุดจะให้ผลของลูกหลานที่มีความหลากหลายกว่าการสลับสายพันธุ์แบบจุดเดียว อันจะมีผลให้การเข้าสู่คำตอบของระบบสามารถครอบคลุมพื้นที่ของคำตอบได้มากยิ่งขึ้น และการสลับสายพันธุ์แบบหลายจุดยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมลูกหลานได้มากกว่าการสลับสายพันธุ์แบบจุดเดียวนั้น ซึ่งอาจจะส่งผลให้มีโอกาสเบี่ยงเบนของคำตอบที่มีอยู่ในโครโมโซมลูกหลานได้ในอัตราที่สูงกว่าเช่นกัน

การสลับสายพันธุ์เป็นผลจากปฏิบัติการทางสายพันธุ์ที่ใช้โครโมโซมต้นกำเนิดสายพันธุ์มากกว่าหนึ่งโครโมโซมขึ้นไป ซึ่งการปฏิบัติการทางสายพันธุ์หลักการต่อไปคือการกลายพันธุ์ซึ่งเกิดขึ้นกับโครโมโซมตัวเดียวเท่านั้น





รูปที่ 2.10 แสดงตัวอย่างของการสลับสายพันธุ์แบบจุดเดียว



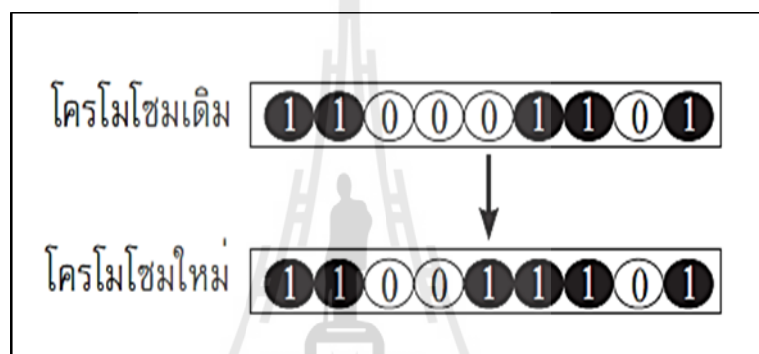
รูปที่ 2.11 แสดงตัวอย่างของการสลับสายพันธุ์แบบหลายจุด

2.2.5.2 การกลายพันธุ์ (Mutation)

การกลายพันธุ์เป็นวิธีการแปรผันยีนหรือส่วนของโครโมโซมซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้กับการกลายพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตในทางชีววิทยา ปกติแล้วอัตราการกลายพันธุ์จะมีค่าค่อนข้างต่ำ หรืออาจจะกล่าวได้ว่าความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (P_m) นั้นมีค่าน้อย ถ้าการกลายพันธุ์คือการเปลี่ยนแปลงยีนในโครโมโซมแล้วการกลายพันธุ์จะเป็นการเปลี่ยนแปลงเชิงตัวเลขของโครโมโซมนั้นเอง เพราะในทางปฏิบัติแล้ว ยีนของโครโมโซมก็คือบิตในระบบตัวเลขของคอมพิวเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 2.12

การกลายพันธุ์เปรียบเสมือนกับหาคำตอบของระบบ เช่นเดียวกับการสลับสายพันธุ์นอกเหนือไปจากนั้นแล้ว การกลายพันธุ์ยังสามารถถูกพิจารณาเป็นการทำให้เกิดความหลากหลายขึ้นในกลุ่มประชากร มีผลให้คำตอบที่เกิดขึ้นในขบวนการของวิธีเชิงพันธุกรรม

ครอบคลุมพื้นที่การค้นหาคำตอบทั่วถึงยิ่งขึ้นแต่อัตราในการกลายพันธุ์เป็นปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่ต้องคำนึงถึง เพราะจะมีผลต่อพฤติกรรมการทำงานของวิธีเชิงพันธุกรรม มีผลการค้นคว้ารายงานว่า อัตราการกลายพันธุ์จะขึ้นอยู่กับขนาดของประชากร เพื่อให้การสำรวจพื้นที่ในการค้นหาคำตอบเป็นไปอย่างทั่วถึง ดังนั้นการกำหนดอัตราการกลายพันธุ์จึงจำเป็นต้องมีความเหมาะสมที่สุดต่อระบบ เพื่อก่อให้เกิดผลในการค้นหาคำตอบที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น จากที่กล่าวมาทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่าจุดประสงค์หลักๆ ของการการกลายพันธุ์ก็คือเพื่อให้วิธีเชิงพันธุกรรม สามารถหลุดพ้นออกจากคำตอบที่เหมาะสมที่สุดแบบวงแคบเฉพาะถิ่นได้ (Local Optimum) โดยการป้องกันไม่ให้โครโมโซมประชากรเกิดการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่มีความคล้ายคลึงกันไปหมด



รูปที่ 2.12 การแปรผันยีนในการกลายพันธุ์

การสลับสายพันธุ์และการกลายพันธุ์เป็นการสร้างและการเปลี่ยนแปลงของต้นกำเนิดสายพันธุ์ ซึ่งให้ผลเป็นโครโมโซมลูกหลาน การสลับสายพันธุ์มีผลให้โครโมโซมลูกหลานได้รับสายพันธุ์จากต้นกำเนิด โดยโครโมโซมลูกหลานจะได้รับส่วนที่ดีจากต้นกำเนิดสายพันธุ์ไป ในขณะที่การกลายพันธุ์เป็นการสร้างความแปรผันขึ้นในโครโมโซมลูกหลาน เพื่อให้เกิดประชากรใหม่ที่ดีกว่าขึ้น ปฏิบัติการทางสายพันธุ์ทั้งสองถูกใช้ในกระบวนการ Genetic Algorithm โดยหวังว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น จะมีผลทำให้โครโมโซมลูกหลานมีสายพันธุ์ที่ดีขึ้น อันจะนำไปสู่คำตอบที่ดีที่สุดต่อไป

2.2.6 การแทนที่ (Replacement)

การแทนที่เป็นขั้นตอนหลังจากที่ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมได้โครโมโซมลูกหลานแล้ว และจะนำโครโมโซมลูกหลานใหม่นี้ไปแทนที่ประชากรรุ่นเก่า ซึ่งการนำโครโมโซมลูกหลานมาแทนที่ประชากรรุ่นก่อน จะทำให้ประชากรรุ่นใหม่ประกอบไปด้วยโครโมโซมใหม่ซึ่งเป็นโครโมโซมที่ดีกว่าเพราะได้สืบทอดสายพันธุ์ที่ดีจากต้นกำเนิดสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกแล้ว กลยุทธ์ในการคัดเลือกกว่าโครโมโซมไหนจะถูกแทนที่นั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธีคือ

- การแทนที่ประชากรทั้งรุ่น (Generational Genetic Algorithm)

เป็นการนำประชากรลูกหลานไปแทนที่ประชากรเก่าทั้งหมด ดังนั้นถ้าในระบบหนึ่งมีจำนวนประชากรเท่ากับ N จำนวนของโครโมโซมลูกหลานที่จะมาแทนที่จะต้องมีขนาด N เช่นกัน วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายเนื่องจากไม่จำเป็นจะต้องมีขั้นตอนของการคัดเลือก ว่าประชากรส่วนไหนจะถูกแทนที่ แต่การที่ไม่มีขั้นตอนดังกล่าวกลายเป็นข้อเสีย เพราะโครโมโซมที่ดี ๆ ในรุ่นก่อนจะถูกแทนที่ไปด้วย วิธีแก้ที่ง่าย ๆ คือ ก่อนที่จะทำการแทนที่ให้คัดเลือกเก็บโครโมโซมที่ดีที่สุด 2-3 ตัวแรกเอาไว้โดยอาจจะใช้วิธีการคัดเลือกดังที่อธิบายมาแล้วก่อนหน้านี้ วิธีดังกล่าวอาจเรียกได้ว่าเป็นกลยุทธ์คัดเลือกหัวกระทิ (Elitist Strategy) ประชากรที่เหลืออยู่อาจจะถูกรอบ้างด้วยโครโมโซมหัวกระทินี้ได้โดยง่าย ถ้าไม่มีโครโมโซมใหม่ที่ดีกว่าเกิดขึ้น โครโมโซมที่ดีที่สุดจากรุ่นก่อนก็จะถูกเก็บไว้อยู่ตลอดไป และไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆ ขึ้น ทำให้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมไม่สามารถสร้างวิวัฒนาการโครโมโซมใหม่ๆ ขึ้นมาได้ถึงแม้ว่าผลของโครโมโซมหัวกระทิจะมีโอกาสเกิดขึ้นได้ แต่วิธีนี้ก็ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าทำให้ระบบโดยรวมดีขึ้น

- การแทนที่ประชากรแบบบางส่วน (Partial Genetic Algorithm)

เป็นการนำเอาประชากรลูกหลานไปแทนที่ประชากรเดิมเพียงบางส่วนเท่านั้น ดังนั้นจะต้องมีการคัดเลือกประชากรที่จะถูกแทนที่ ซึ่งโดยปกติจะพิจารณาจากค่าความเหมาะสมของโครโมโซม ซึ่งค่าโครโมโซมเก่าจะถูกแทนที่ด้วยโครโมโซมใหม่เพียง 1 หรือ 2 ตำแหน่งเท่านั้น กลวิธีในการแทนที่มีอยู่หลายวิธี เช่นการแทนที่ประชากรที่ด้อยที่สุดหรือการแทนที่ประชากรโดยการสุ่มเลือก เป็นต้น

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดเรียงเครื่องจักรและการวางแผนโรงงาน

การออกแบบวางแผนโรงงานหรือการจัดสถานงาน เพื่อให้เหมาะสมกับการทำงานในด้านการผลิต เครื่องจักร อุปกรณ์การทำงาน หรือหน้าร้านในการให้บริการ จำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ เช่น คน เครื่องจักร วัตถุดิบ พลังงาน การออกแบบการวางแผนที่ดีจะช่วยลดต้นทุน รวมทั้งการทำงานมีความสะดวกและมีประสิทธิภาพ การกำหนดตำแหน่งของคน เครื่องจักร วัตถุดิบและสิ่งสนับสนุนการผลิตอันเป็นปัจจัยสำคัญของระบบการผลิตให้เหมาะสม เกิดเวลาว่างเปล่าในสายการผลิตที่น้อยกว่า และใช้เวลาการผลิตให้สั้นที่สุดจะช่วยส่งผลให้เกิดประโยชน์สูงสุด อีกทั้งยังช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งทางตรงและทางอ้อม พื้นที่การทำงานถูกใช้อย่างคุ้มค่าได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นข้อได้เปรียบในเชิงเศรษฐศาสตร์

ในอดีตหลายๆ ปัญหาในการให้บริการที่มีการจัดวางผังไม่ดีเช่นการวางแผนของโรงพยาบาลในอดีตการตรวจร่างกายครบทุกอย่างใช้เวลามากกว่าครึ่งวัน ผู้ใช้บริการต้องเดินไปมาเข้าออกห้อง

ต่างๆ จำเป็นต้องกดลิฟต์ขึ้นลงบ่อยครั้ง แต่ในปัจจุบันถ้าเข้าไปใช้บริการจะใช้เวลาน้อยกว่ามาก ซึ่งการจัดวางหน่วยให้บริการอยู่ในพื้นที่เดียวกันหรือใกล้เคียงกัน

2.3.1 การจัดวางผัง (Layout)

หมายถึงการจัดวางเครื่องจักร วัสดุอุปกรณ์ คนงาน สิ่งอำนวยความสะดวกและสนับสนุนการผลิตให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม เพื่อให้การปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพมากที่สุดตรงตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ การวางผังโรงงานมีเป้าหมายพื้นฐาน 6 ประการ

1) หลักการเกี่ยวกับการรวมกิจกรรมทั้งหมด ผังโรงงานที่ดีจะต้องรวม คน วัสดุ เครื่องจักร กิจกรรมสนับสนุนการผลิตและข้อพิจารณาอื่นๆเข้าด้วยกันเพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพสูงสุด

2) หลักการเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในระยะสั้นที่สุดผังโรงงานที่ดีจะต้องมีระยะทางการเคลื่อนที่ของการขนถ่ายวัสดุระหว่างกิจกรรมหรือระหว่างหน่วยงานน้อยที่สุด

3) หลักการเกี่ยวกับการไหลของวัสดุแผนผังโรงงานที่ดีจะต้องจัดสถานที่ทำงานของแต่ละหน่วยงานหรือแต่ละขบวนการผลิตตามลำดับขั้นตอนของผลิตภัณฑ์เพื่อให้การไหลของวัสดุไม่วกวน หรือหยุดชะงัก

4) หลักการเกี่ยวกับการใช้พื้นที่ของผังโรงงานที่ดีจะต้องใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดทั้งในแนวนอน และแนวตั้ง

5) หลักการเกี่ยวกับการทำให้คนงานมีความพอใจและความปลอดภัย ผังโรงงานที่ดีจะต้องเป็นผังโรงงานที่มีสถานที่ทำงานที่เป็นที่พอใจ และสร้างขวัญกำลังใจแก่คนงาน อีกทั้งสร้างความปลอดภัยให้คนงานและทรัพย์สินของโรงงานได้

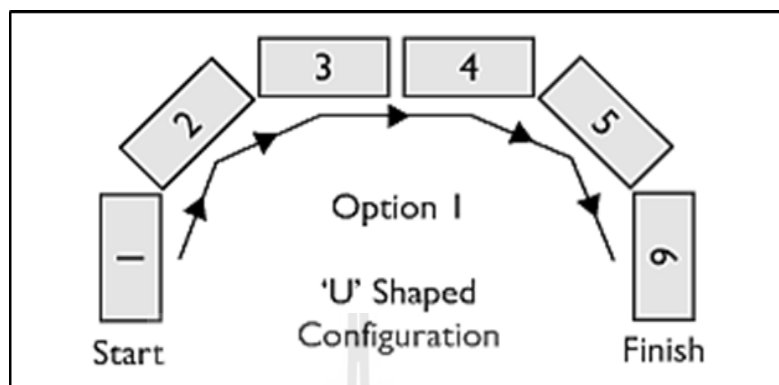
6) หลักการเกี่ยวกับความยืดหยุ่นผังโรงงานที่ดี จะสามารถปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงโดยเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดและทำได้สะดวก

ในหน่วยงานหรือองค์กรจะมีความสัมพันธ์ของปัจจัยการผลิตหลักคือ วัสดุ คนงาน และเครื่องจักรทั้ง 3 ปัจจัย มีการเคลื่อนไหวในระบบ เช่นในบางกระบวนการผลิตเครื่องจักรมีขนาดใหญ่จะต้องเคลื่อนวัตถุดิบ และอุปกรณ์เข้าไปหาส่วนเครื่องจักรอุปกรณ์ขนาดเล็กจะต้องเคลื่อนอุปกรณ์เข้าหาชิ้นงานโดยไม่ย้ายการทำงานของคณงานซึ่งขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของสถานการณ์

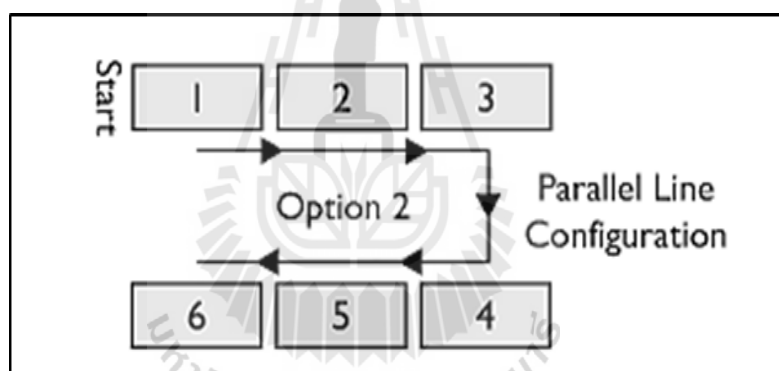
2.3.2 การวางผังตามชนิดผลิตภัณฑ์ (Product Layout)

การวางผังตามชนิดผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมสำหรับการผลิตที่มีผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวหรือน้อยชนิด และมีการผลิตที่มีจำนวนมาก (Mass Production) และเป็นการผลิตแบบต่อเนื่อง เช่นการผลิตน้ำอัดลม การผลิตปูนซีเมนต์ การผลิตโทรศัพท์ การผลิตอาหารกระป๋อง เป็นต้น การ

จัดวางสายการผลิตแบบนี้เป็นการผลิตที่มีปริมาณที่มาก ๆ มีการใช้สายการผลิตลักษณะแบบสายพานมีการผลิตตลอดเวลาการเตรียมการผลิตจะใช้เวลานาน



รูปที่ 2.13 ลักษณะการวางผังโรงงานแบบผลิตกันซ์ลักษณะเป็นเส้นโค้ง

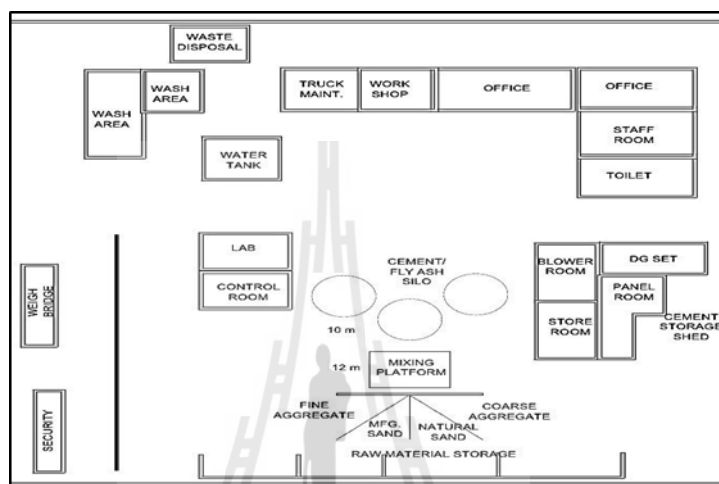


รูปที่ 2.14 ลักษณะการวางผังโรงงานแบบผลิตกันซ์ลักษณะเป็นรูปแบบ U

การวางแผนผังการผลิตในลักษณะดังกล่าว มีการประยุกต์ให้มีลักษณะการจัดวางที่สั้นลง และรวบรวมขั้นตอนการผลิตบางประเภทเข้าด้วยกัน รวมถึงลักษณะการทำงานที่เป็นทีมมากขึ้นให้มีลักษณะเป็น U-Shaped Layout ในบางผลิตภัณฑ์สามารถจัดสายการผลิตแบบรูปตัว U และใช้คนงานเพียงคนเดียวในการปฏิบัติงาน ซึ่งมีจุดเด่นของการจัดสายการผลิตแบบ U คือบริเวณงานเข้าและบริเวณงานออกใกล้กันคนงานมีการทำงานที่หลายทักษะทำให้ไม่เกิดความเบื่อและเมื่อยล้า สามารถปรับเปลี่ยนและรองรับได้หลายผลิตภัณฑ์หรือรุ่นการผลิตสามารถลดพื้นที่ คนและการขนถ่ายได้มากเนื่องจากการส่งได้โดยตรง เป็นต้น

2.3.3 การวางผังตามกระบวนการผลิต (Process Layout)

การวางผังตามชนิดผลิตภัณฑ์จะทำการวางผังตามกลุ่มของเครื่องจักร หรือตามหน้าที่ของงาน (Functional Layout) เช่น โรงงานในการขึ้นรูป-กลึง-ตัด-เจาะ-เชื่อม-ประกอบ มีการแยกแผนกในการทำงานอย่างชัดเจน ตัวอย่างเช่น โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ หรือโรงพยาบาลที่มีการจัดวางผังการผลิตและการบริการแบบกระบวนการผลิต



รูปที่ 2.15 ลักษณะการวางผังโรงงานตามกระบวนการผลิต

การวางผังการผลิตแบบนี้มีความยืดหยุ่นสามารถใช้เครื่องจักรได้หลากหลายประเภท โดยการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์นั้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนผังโรงงานมากนัก ซึ่งสามารถใช้เครื่องจักรทดแทนกันได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการผลิต รวมทั้งการเพิ่มกำลังผลิตและการควบคุมสิ่งบกพร่องสามารถควบคุมได้เฉพาะหน่วยผลิตนั้นๆ ได้อย่างรวดเร็ว

สามารถประยุกต์ในส่วนของงานบริการค่อนข้างมาก เช่นการให้บริการในโรงพยาบาลจะมีการแบ่งเป็นแผนกต่างๆ ของการให้บริการ เช่น แผนกสูตินารี แผนกผู้ป่วยใน แผนกทันตกรรม แผนกห้องฉุกเฉิน แผนก X-Ray ห้องปฏิบัติการทดสอบ ห้องอาหาร ห้องจ่ายยา เป็นต้น หรือกรณีของการบริการในมหาวิทยาลัยที่แบ่งเป็นคณะและสำนักต่างๆ รวมทั้งการบริการของธนาคารในปัจจุบันได้ดำเนินการที่เปลี่ยนไปโดยในอดีต จะแยกแยกประเภทการบริการอย่างชัดเจนเหมือนการจัดผังแบบผลิตภัณฑ์ แต่ในปัจจุบันธนาคารได้ปรับเปลี่ยนรูปแบบเป็นลักษณะครบวงจรในครั้งเดียวโดยสามารถให้บริการได้โดยใช้พนักงานเพียงคนเดียว แต่ยังคงแยกแผนกที่เฉพาะและมีความจำเป็น เช่น แผนกสินเชื่อ แผนกแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ เป็นต้น

2.3.4 การวางผังแบบงานอยู่กับที่ (Fixed-Position Layout)

การวางผังการผลิตลักษณะแบบอยู่กับที่ จะมีกำลังการผลิตทันทีที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ และไม่สะดวกในการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ เช่น การต่อเครื่องบิน การก่อสร้างเขื่อน การก่อสร้างอาคาร ภายหลังการผลิตแล้วเสร็จผลิตภัณฑ์ส่วนมากมักจะอยู่กับที่ หรือถ้ามีการเคลื่อนย้ายจะค่อนข้างลำบาก การวางผังลักษณะนี้จำเป็นต้องการวางผังโดยการให้ชิ้นงานที่จะผลิตอยู่กับที่หรือผลิตชิ้นส่วนงานย่อยๆ เป็นลักษณะชิ้นส่วนที่สำคัญจากภายนอกนำเข้ามาประกอบ โดยมีการเคลื่อนที่ของแรงงาน วัตถุดิบ อุปกรณ์ เครื่องจักร พลังงาน และกรรมวิธี ตัวอย่างเช่น ในอดีตการก่อสร้างสะพานลอยเพื่อใช้ข้ามถนน หรือสะพานลอยกัลปพฤกษ์จะมีการนำเอาปัจจัยการผลิตต่างๆ จำพวกวัตถุดิบ เครื่องผสมปูนซีเมนต์ เหล็กเส้น ปูนซีเมนต์ รถขุดเจาะ เสาค้ำเข้าไปในพื้นที่การทำงาน โดยใช้เวลาในการดำเนินการอย่างยาวนาน ในขณะที่ปัจจุบันจะเป็นลักษณะที่ใช้เทคโนโลยีการผลิตคาน หรือเสาค้ำแบบสำเร็จรูปแล้วนำมาประกอบได้ผลิตภัณฑ์เหมือนเดิมและมีความรวดเร็วในการผลิตการมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด



รูปที่ 2.16 ลักษณะการจัดสายการผลิตแบบงานอยู่กับที่ (Fixed-Position Layout)

การออกแบบผังโรงงานมีการพัฒนาออกไปอีกมากมาย โดยไม่จำเป็นต้องใช้การออกแบบแบบใดแบบหนึ่ง ซึ่งในหนึ่งโรงงานอาจใช้รูปแบบการวางผังแบบผสม เช่น การวางผังแบบเซลล์ (Cellular Layout) โดยใช้หลักการจัดวางชิ้นงานที่มีลักษณะการผลิตที่ใกล้เคียงกันมาอยู่ในสายการผลิตได้เพียงเล็กน้อย ส่งผลให้ลดเวลาในการเตรียมเครื่องจักร ลดพื้นที่การผลิต ลดการขนถ่ายลำเลียงได้มาก ในปัจจุบันหลายโรงงานจะนิยมใช้การวางผังการผลิตแบบผสม

การวางแผนโรงงานที่เหมาะสมจะต้องประกอบด้วยขั้นตอนหลายๆ ขั้นตอนด้วยกันซึ่งสามารถแบ่งแต่ละขั้นตอนออกตามลำดับดังนี้

1. ศึกษารายละเอียดและรวบรวมข้อมูลพื้นฐานขั้นต้นในขั้นนี้จะต้องระบุไปให้ชัดเจนว่าจะทำการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดใดและจำนวนเท่าไรเป็นต้น

2. กำหนดกิจกรรมขั้นพื้นฐานต่างๆ ที่จำเป็นต่อการผลิตโดยตรงกิจกรรมเหล่านี้จะเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตที่จะต้องใช้ในการผลิตและการจัดหาชนิดและจำนวนของเครื่องจักร อุปกรณ์ที่เพียงพอกับความต้องการผลิตรวมทั้งการกำหนดหน้าที่ต่างๆ ให้กับเครื่องจักรและอุปกรณ์เหล่านั้นในแผนการผลิตหรือแผนบริการให้แน่นอน

3. กำหนดกิจกรรมอื่นๆ กิจกรรมที่มีความจำเป็นต่อการสนับสนุนการผลิต ซึ่งก็คือกิจกรรมที่สนับสนุนกิจกรรมพื้นฐานที่กล่าวถึงในขั้นตอนที่ 2 กิจกรรมส่วนสนับสนุนการผลิตนี้เป็นสิ่งที่จะต้องหาเสียมิได้ทั้งนี้เพื่อให้การผลิตดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพตัวอย่างของกิจกรรมสนับสนุนการผลิตต่างๆ เป็นกิจกรรมที่สามารถจะพบได้ในแผนกส่งของ แผนกรับรอง แผนกของสินค้าคงคลังและแผนกซ่อมบำรุงรวมทั้งแผนกอื่นๆ ภายในโรงงาน

4. กำหนดหาความต้องการพื้นที่ของแต่ละแผนกหรือของกิจกรรมต่างๆ

5. หาความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมต่างๆ ทั้งหมดภายในผังโรงงาน โดยจะพิจารณาความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้ บนพื้นฐานของความคล่องตัวในการทำงานของคน การไหลของวัสดุ หรือข้อมูลระหว่างแผนกต่างๆ

6. ประเมินผังโรงงานทุกๆ ผังโรงงานที่ได้ออกแบบไว้

7. ดำเนินการตามผังโรงงานที่ได้คัดเลือกไว้

หลักสำคัญขั้นพื้นฐานสำหรับการออกแบบและวางแผนผังโรงงาน แบ่งออกเป็น 3 ประการคือ

1) ความสัมพันธ์ (Relationships) เป็นการจัดการความสัมพันธ์ของกิจกรรมต่างๆ โดยเริ่มจากกิจกรรมที่มีความสัมพันธ์จากมากมาไปหาน้อย กิจกรรมใดมีความสัมพันธ์มากให้อยู่ใกล้ๆ กัน

2) พื้นที่ (Space) เป็นการพิจารณาเกี่ยวกับพื้นที่ต่างๆ ทั้งจำนวน ชนิด และรูปร่างหรือรูปทรงของพื้นที่ของกิจกรรมต่างๆ ที่ได้กำหนดในผังงาน

3) การปรับจัดตำแหน่งที่ตั้ง (Adjustment) เป็นการปรับหรือปรับตำแหน่งของกิจกรรมต่างๆ ให้ได้อย่างเหมาะสมภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ

จากหลักสำคัญ 3 ประการดังกล่าวเป็นหัวใจของการวางแผนผังโรงงานแบบต่างๆ โดยได้คำนึงถึงชนิดของผลิตภัณฑ์ ขบวนการผลิตหรือขนาดของโรงงานแต่อย่างใด ซึ่งแผนการเชิงปฏิบัติ ในการวางแผนโรงงานนั้นสามารถประยุกต์จากหลัก 3 ประการดังกล่าวมาข้างต้น

กระบวนการที่นำมาแสดงในส่วนนี้จะช่วยให้ สามารถประเมินเลือกผังโรงงานที่เหมาะสมได้โดยอยู่บนพื้นฐานของการไหลที่เกิดขึ้นระหว่างแผนกต่างๆ การวัดการไหลนี้สามารถวัดได้ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ การวิเคราะห์เชิงปริมาณจะมีความเหมาะสมที่สุดในสถานการณ์ที่เกี่ยวกับการไหลที่มีปริมาณมากๆ ของวัสดุของคน หรือของข่าวสารข้อมูลระหว่างแผนกต่างๆ ส่วนการวิเคราะห์เชิงคุณภาพจะมีความเหมาะสมที่สุดเมื่อปริมาณการไหลมีความสำคัญน้อย แต่การพิจารณาถึงความปลอดภัยและความใกล้ชิดของแผนกมีความสำคัญมากที่สุด ในการวิเคราะห์ความใกล้ชิดจะยอมให้ผู้ใช้งานกำหนดค่าความใกล้ชิดของแผนกต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กับแผนกต่างๆ ตามความต้องการได้ ยกตัวอย่างเช่น ในระบบการผลิต (Manufacturing System) แผนกเชื่อมและแผนกพ่นสีไม่ควรวางให้อยู่ติดกันเนื่องจากจะทำให้เกิดอันตรายจากการระเบิดได้

2.4 โครงสร้างโปรแกรม Visual Basic for Applications (VBA)

Visual Basic for Applications เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ (Programming Language) ที่พัฒนาโดยบริษัทไมโครซอฟท์ ซึ่งเป็นบริษัทที่สร้างระบบปฏิบัติการ Windows ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยมีรากฐานมาจากภาษา Basic ที่ย่อมาจาก Beginner's All Purpose Symbolic Instruction หมายถึง ชุดคำสั่งหรือภาษาคอมพิวเตอร์ โดยมีจุดเด่นคือผู้ที่ไม่มีพื้นฐานเรื่องการเขียนโปรแกรมสามารถเรียนรู้และนำไปใช้งานได้อย่างง่ายและรวดเร็ว โดยเวอร์ชันแรกถูกสร้างขึ้นในปี ในปี 1991 ช่วงแรกยังไม่มีความสามารถต่างจากภาษา QBASIC มากนัก และเป็นเพียงเครื่องมือที่ช่วยในการเขียนโปรแกรมบน Windows ซึ่งปรากฏว่าได้รับความนิยมและประสบความสำเร็จเป็นอย่างมาก จึงมีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นในด้านต่างๆ เช่น เป็นเครื่องมือตรวจสอบแก้ไข การเขียนโปรแกรมแบบย่อ (MDI) และอื่นๆ อีกมากมาย

Visual Basic for Applications จึงเป็นเครื่องมือในการสร้างโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการ windows ที่ใช้งานง่าย โดยการเลือกเครื่องมือต่างๆ เพื่อออกแบบหน้าจอของโปรแกรมที่จะสร้าง การเขียนโปรแกรมลักษณะนี้เรียกว่า Visual Programming ซึ่งไม่จำเป็นต้องเขียนคำสั่งต่าง ๆ มากนักแต่สามารถสร้างโปรแกรมได้อย่างรวดเร็ว

2.4.1 ความสามารถของ Visual Basic for Applications

- 1) มีโครงสร้างทางภาษาใกล้เคียงภาษาของมนุษย์ เรียนรู้และเข้าใจได้โดยง่าย
- 2) สร้างโปรแกรมทางด้านกราฟฟิก โปรแกรมจัดการไฟล์ โปรแกรมคำนวณเลขพื้นฐานทั่วไปที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows
- 3) สร้างโปรแกรมฐานข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว เพราะมีเครื่องมือเกี่ยวกับฐานข้อมูลอย่างครบถ้วนและสามารถเรียกใช้งานได้ทันที

4) มีส่วนประกอบตามแนวแกน X ได้แก่ Active X Component , Active X Control และ Active X Document ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สามารถนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหาต่างๆได้

5) สร้างโปรแกรมที่รันบนอินเทอร์เน็ตได้อย่างง่าย โดยไม่ต้องเรียนรู้คำสั่งด้วยภาษา HTML หรือภาษาสคริปต์ที่ใช้งานบนอินเทอร์เน็ต

6) สามารถสร้างไฟล์ .EXE ที่สามารถทำงานได้ด้วยตนเอง

7) ออกแบบในส่วนหน้าจอที่สามารถใช้งานได้อย่างสะดวก โดยไม่ต้องเขียนรหัสโปรแกรม

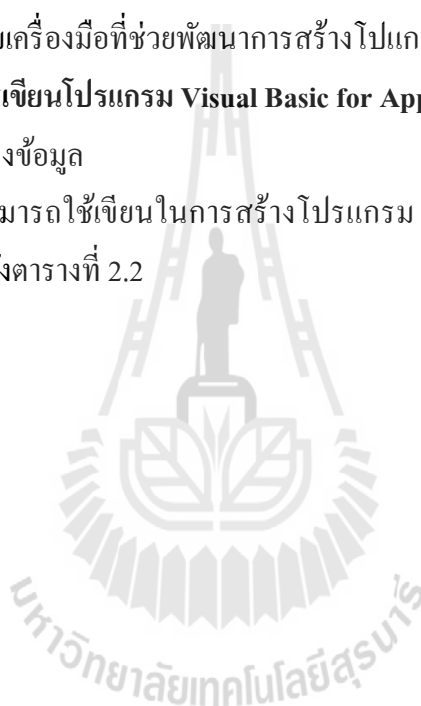
8) สามารถพัฒนา Application ได้หลายแบบ

9) รวบรวมเครื่องมือที่ช่วยพัฒนาการสร้างโปรแกรมต่างๆ

2.4.2 พื้นฐานการเขียนโปรแกรม Visual Basic for Applications

1) ชนิดของข้อมูล

ข้อมูลที่สามารถใช้เขียนในการสร้างโปรแกรม Visual Basic for Applications เพื่อแก้ไขปัญหาต่างๆ แสดงดังตารางที่ 2.2



ตารางที่ 2.1 แสดงชนิดของข้อมูลในการเขียนโปรแกรม Visual Basic for Applications

ชนิดตัวแปร	สัญลักษณ์	ขนาดความจำ	ขอบเขตค่ารับได้
Byte	ไม่มี	1 Byte	0 ถึง 255
Boolean	ไม่มี	2 Byte	True หรือ False
String	\$	64 KB หรือ 2 MB	1 ถึง 65,400 ตัวอักษร
Integer	%	2 Byte	- 32,768 ถึง 32,767
Long	&	4 Byte	- 2,147,483,648 ถึง 2,147,483,674
Single	!	4 Byte	- 3.402E+38 ถึง -1.404E และ + 1.404E-45 ถึง 3.402E+38
Double	#	8 Byte	- 1.7977E308 ถึง - 4.906E-324 สำหรับค่าลบ 4.906E-324 ถึง 1.7977E308 สำหรับค่าบวก
Currency	@	8 Byte	- 922,337,203,685,477.5808 ถึง 922,337,203,685,477.5808
Variant	-	16 Byte	ถ้าเป็นตัวเลขจะเท่ากับ Double ถ้าเป็นข้อความจะเหมือนกับ String แบบ ไม่กำหนดความยาว
Date	-	8 Byte	วันที่ 1 มกราคม ค.ศ.100 ถึง 31 ธันวาคม ค.ศ.9999
Object	-	4 Byte	เป็นการอ้างอิงถึง Object ใดๆ

2) การแทนค่าข้อมูล

- Byte สำหรับเก็บข้อมูลจำนวนเต็ม 0 ถึง 255 นิยมใช้เก็บค่าตัวเลขที่มีค่าไม่มาก เช่น อายุ หรือ ตัวแปรที่ใช้ในการนับค่าการวนรอบที่จำนวนรอบไม่มาก
- Boolean เก็บค่าทางตรรกะมี 2 ค่า คือ True (จริง) หรือ False (เท็จ) นิยมใช้ในการเก็บค่าการทดสอบเงื่อนไขการทำงานต่างๆ
- String เก็บข้อมูลประเภทข้อความหรือสัญลักษณ์ นิยมใช้เก็บ ชื่อ-สกุล, ที่อยู่ หรือ ข้อมูลใดๆ ที่มีลักษณะเป็นข้อความ ใช้เก็บค่าตัวเลขได้ในลักษณะสัญลักษณ์ เช่น ข้อมูล 1234 คือ

‘หนึ่ง สอง สาม สี่’ เป็นต้น ไม่ใช่หนึ่งพันสองร้อยสามสิบสี่ แต่ถ้าต้องการนำไปประมวลผลแบบตัวเลขจะต้องใช้ผ่านฟังก์ชันแปลงข้อมูลก่อน เช่น ฟังก์ชัน Cint () เป็นต้น

- Integer เก็บข้อมูลตัวเลขที่อยู่ในช่วง $-32,768$ ถึง $+32,768$ นิยมใช้เก็บค่าตัวเลขจำนวนเต็ม ไม่สามารถเก็บค่าที่มีจุดทศนิยมและมีค่าเป็นลบได้

- Long เก็บค่าตัวเลขจำนวนเต็มในช่วง $-2,147,483,648$ ถึง $+2,147,483,647$ นิยมใช้เก็บค่าตัวเลขที่มีค่ามาก ๆ เช่น จำนวนประชากร เป็นต้น

- Single เก็บค่าตัวเลขทศนิยมที่อยู่ในช่วง $-3.402E+38$ ถึง $+3.402E+38$ เช่น เงินเดือน, เงินงบประมาณ หรือค่าตัวเลขทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์

- Double เก็บค่าตัวเลขทศนิยมที่มีค่ามาก

- Currency เก็บข้อมูลที่เป็นจำนวนเงินที่อยู่ในช่วง $-922,337,203,685,477.5808$ ถึง $+922,337,203,685,477.5807$

- Variant เก็บข้อมูลได้ทุกรูปแบบ นิยมใช้ในการเก็บค่าที่ไม่ทราบล่วงหน้าว่าเป็นข้อมูลชนิดใด เป็นการเก็บข้อมูลที่ไม่นิยมนำมาใช้เพราะเนื่องจากโปรแกรมจะทำงานช้า และการตรวจสอบข้อผิดพลาดอาจทำได้ยาก

- Date เก็บข้อมูลประเภทวันที่

- Object สำหรับใช้อ้างอิงถึง Object ใด ๆ

3) การประกาศตัวแปร

ตัวแปรหมายถึงชื่ออ้างอิงที่ตั้งขึ้นเพื่อเก็บข้อมูลชั่วคราว โดยมีการกำหนดชนิดให้เหมาะสมกับข้อมูลที่เก็บ ซึ่งการบันทึกข้อมูลเพื่อนำมาประมวลผลต่างๆ ในโปรแกรมต้องเก็บข้อมูลไว้ในตัวแปรใดๆ ซึ่งตัวแปรเหล่านั้นจะต้องมีการประกาศค่าก่อนการใช้งาน โดยใช้คำสั่ง Dim

- ตัวอย่างเช่น

รูปแบบ Dim ชื่อตัวแปร As ชนิดตัวแปร, ชื่อตัวแปร As ชนิดตัวแปร

ตัวอย่าง Dim FName As string , Number As Integer , Lname As String

4) ค่าคงที่ (Constant Type)

ในการเขียนโปรแกรมบางครั้งมีความจำเป็นต้องใช้ค่าของข้อมูลที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดทั้งโปรแกรม ค่านั้นโปรแกรมภาษาเบสิกกำหนดเป็นค่าคงที่ ซึ่งได้แบ่งค่าคงที่ออกเป็น 2 ประเภทได้แก่

- ค่าคงที่แบบกำหนดเอง (User Defined Constant) เป็นค่าคงที่ที่ผู้เขียนโปรแกรมเป็นผู้กำหนดขึ้นมาเองโดยใช้คำสั่ง Const ในการประกาศค่า

- ค่าคงที่แบบเรียกใช้ได้ทันที (Pre-Defined Constant) ค่าคงที่ที่ถูกติดตั้งไว้พร้อม กับ Visual Basic for Applications

5) ตัวดำเนินการ (Operator)

ตัวดำเนินการ หมายถึง เครื่องหมายต่างๆ ที่ใช้เป็นตัวดำเนินการระหว่างนิพจน์เพื่อ การประมวลผลโปรแกรม ซึ่งตัวดำเนินการในการประมวลผลคอมพิวเตอร์นี้โดยทั่วไปสามารถแบ่ง ได้ดังนี้

1. เครื่องหมายทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญได้แก่ $+$ $-$ $*$ $/$ เป็นต้น
2. เครื่องหมายเปรียบเทียบที่นิยมใช้กันอย่างมากได้แก่ $<$ $>$ $=$ $<=$ $>=$ $<>$
3. เครื่องหมายตรรกะมี 3 ตัวได้แก่ NOT AND OR

2.5 ปิทธิรสนัวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่ามิงงานวิจัยหลายงานที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิต เช่น

M. Adel (2004) นำเสนอขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม (GA) ในการแก้ปัญหาการจัดเรียง เครื่องจักรในกระบวนการผลิต โดยเน้นการออกแบบระบบเพื่อให้ต้นทุนในการจัดการด้านวัสดุ ลดลง มีการพิจารณาเกี่ยวกับการไหลของวัสดุ รูปแบบของสภาพแวดล้อมการผลิต รูปแบบการ จัดเรียงเครื่องจักรแบบแถวเดียวและหลายแถว ที่มีการผลิตจำนวนหลากหลายผลิตภัณฑ์ ผลที่ได้จะ ถูกเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม วิธีการเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรได้

Nittaya (2009) นำเสนอการออกแบบและวางผังโรงงานผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด ฟิล์ม โดยการจัดเรียงสถานงานตามผลิตภัณฑ์ มีศึกษาการจำลองการเพิ่มประสิทธิภาพแบบบูรณา การในการตรวจสอบการทำงานสายการผลิต และได้ทำการศึกษาสถานการณ์ในปัจจุบันและ สถานการณ์ในอนาคตผลการจำลองแสดงให้เห็นว่ารูปแบบกระบวนการใหม่มีการใช้ประโยชน์ที่ สูงขึ้นและความยืดหยุ่นมากขึ้นกว่าที่มีอยู่นอกจากนั้นยังมีการนำขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมาแก้ไข ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดของวัตถุประสงค์ต่างๆ

Datta, Amaral et al. (2011) นำเสนอขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในการแก้ไขปัญหในการ จัดการรูปแบบปัญหาที่แก้ไขยาก (NP-Hard) เพื่อเสนอการแก้ไขปัญหของสถานที่ทำงานแบบจัด แถวเดียว (Single Row Facility Layout Problem: SRFLP) เพื่อให้มีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด โดยเทคนิคนี้ เริ่มต้นจากการแก้ไขปัญหแบบสลัปลายพันธุ์และการกลายพันธุ์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพแบบไม่มี ข้อจำกัด และทำการทดลองกับกรณีศึกษา 14 ตัวอย่างพบว่าค่าที่เหมาะสมของแต่ละตัวอย่างจะ

เกิดขึ้นทุกๆ 30 รอบในขั้นตอนเชิงพันธุกรรม หากกรณีศึกษาที่มีขนาดใหญ่ขึ้นประสิทธิภาพของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมขึ้นกับค่าพารามิเตอร์ที่กำหนด

Janjarassuk (2011) มีการประยุกต์ใช้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในด้านการจัดเส้นทางการเดินทางรถรับส่งพนักงาน เพื่อศึกษาปัญหาการลดค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการเดินทางน้อยที่สุด ปัญหาการจัดเส้นทางเดินทางรถเป็นปัญหาที่มีความสำคัญในระบบการขนส่งและลอจิสติกส์ ซึ่งถูกจัดอยู่ในปัญหาประเภทปัญหาที่แก้ยาก (NP-Hard) ในงานวิจัยนี้ได้นำขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินทางรถโดยใช้วิธีสลับสายพันธุ์วิธีและใช้วิธีกลายพันธุ์โดยการสลับคู่แบบสุ่ม

Khadwilard (2011) นำเสนอวิธีเชิงพันธุกรรมในการประยุกต์กับการแก้ปัญหาการหาค่าสูงสุดของฟังก์ชันแบบหนึ่งตัวแปร โดยหลักการที่สำคัญของวิธีเชิงพันธุกรรม คือการพัฒนาค่าของคำตอบและการรักษาค่าคำตอบที่ดีไว้ สำหรับขั้นตอนการพัฒนาค่าคำตอบนั้นจะอยู่ในขั้นตอนกระบวนการทางพันธุกรรมที่ประกอบไปด้วยตัวกระทำสองตัวกระทำ คือ ตัวกระทำการสลับสายพันธุ์ ซึ่งจะทำให้การพัฒนาค่าคำตอบโดยอาศัยข้อมูลจากกลุ่มของประชากร และตัวกระทำการกลายพันธุ์ จะใช้หลักการสุ่มเปลี่ยนค่า ส่วนการรักษาค่าคำตอบที่ดีไว้ คือขั้นตอนการคัดเลือกโดยจะทำการคัดเลือค่าคำตอบที่ดีไว้ และกำจัดค่าคำตอบที่ไม่ดีออกไป ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการประยุกต์วิธีเชิงพันธุกรรมกับฟังก์ชันหนึ่งตัวแปร ซึ่งจากการศึกษาพบว่าขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมีความง่ายต่อการประยุกต์ใช้ และสามารถหาค่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้ และมีการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมวัตถุประสงค์หลายอย่าง

Morad (2011) นำเสนอขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการแก้ปัญหา การจัดเรียงเส้นทาง 6 เส้นทางเพื่อหาระยะโดยรวมที่น้อยที่สุด กล่าวว่าขั้นตอนวิธีพันธุกรรมแบบผสมสำหรับการเลือกคุณลักษณะที่เหมาะสมกับการลดจำนวนของการประเมินผล แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการทำงานของอัลกอริทึมโดยใช้ข้อมูลเทียมในการกำจัดตัวแปรเพื่อให้การค้นหามีประสิทธิภาพ โดยจะใช้การจัดการความหลากหลายโดยปริยายและสามารถที่จะกลับมาการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดหลายถ้าปัจจุบันซึ่งอาจจะเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการแปลผล และแสดงให้เห็นว่าอัลกอริทึมให้ผลที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพมากในจัดเส้นทาง

Preramin (2011) ทำการศึกษาปัญหาการวางแผนโรงงานแบบพลวัต ในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น โดยรูปแบบของปัญหาประกอบด้วยสถานียานหลายสถานียาน ซึ่งแต่ละสถานียานมีพื้นที่เท่ากัน มีรูปร่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงความกว้าง และความยาวของสถานียานได้ อีกทั้งยังมีข้อจำกัดเรื่องพื้นที่รวม มีการกำหนดจุดโคออดิเนตของแต่ละสถานียาน ทำให้วัฏระยะทางระหว่างสถานียานนี้ได้ใกล้เคียงกับเส้นทางเดินทางจริง โดยมีวัตถุประสงค์ในการตัดสินใจเพื่อหาผลรวมของระยะทางที่สั้นที่สุดและต้นทุนรวมต่ำที่สุดในการขนถ่ายวัสดุระหว่าง

แผนก ซึ่งในการแก้ปัญหาจะใช้วิธีการฮิวริสติก เป็นการหาค่าความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหาเพื่อค้นหาทางเลือกที่เหมาะสมในการจัดผังโรงงานแบบพลวัต

Sadrzadeh (2012) ที่นำเสนอขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธี meta-heuristic เป็นวิธีการที่ออกแบบเพื่อหาคำตอบที่ดีในการแก้ปัญหาการจัดวางสิ่งอำนวยความสะดวก (Facility Layout Problem: FLP) ในระบบการผลิต สำหรับการแก้ไขหลายปัญหารูปแบบและผลิตภัณฑ์หลายที่ หลากหลาย โดยเน้นการลดค่าใช้จ่ายในการจัดการวัสดุทั้งหมด โดยทำการสร้างตารางขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมจากค่ามากไปน้อยจากนั้นสร้างประชากรเริ่มต้นของโครโมโซมโดยใช้การวาดภาพ ซึ่งทำการศึกษาสองตัวอย่างผลปรากฏว่าอัลกอริทึมที่นำเสนอมีประสิทธิภาพสามารถแก้ปัญหาได้

Srisatja & Pupong (2012) นำเสนอการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเพื่อแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะทางการขนถ่ายวัสดุให้น้อยที่สุด ปัญหาที่ใช้ในการศึกษามีความแตกต่างกันด้านอัตราส่วนระหว่าง จำนวนเครื่องจักรที่มีรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าต่อจำนวนเครื่องจักรที่มีรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส (R/S ratio) การเปลี่ยนทิศทางการจัดวางเครื่องจักรหรือหมุนเครื่องจักรจะส่งผลต่อตำแหน่งของจุดนำเข้าและออกของชิ้นส่วนที่ผลิต พบว่าระยะทางการขนถ่ายวัสดุลดลงจากการที่เครื่องจักรสามารถหมุนได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับค่า R/S ratio และวิธีการเลือกจัดวางเครื่องจักรด้วย

Boonsanpol and Keeratipranon (2014) ที่นำเสนอเป็นการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในการกำหนดกำลังทางเรือสำหรับภารกิจช่วยเหลือด้านมนุษยธรรมและการบรรเทาภัยพิบัติ โดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในการวิเคราะห์ขีดความสามารถของเรือ และสามารถค้นหาคำตอบหรือกองกำลังทางเรือที่เหมาะสมได้ และอีกทั้งยังสามารถให้คำตอบได้หลากหลายคำตอบ เพื่อเป็นการประกอบการพิจารณาการตัดสินใจในการเลือกชุดกองกำลังทางเรือได้อีกด้วย

Kraithong (2014) นำเสนอเทคนิคในการสร้างกลยุทธ์ในการซื้อขายหลักทรัพย์โดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่มีวิวัฒนาการทำงานร่วมกันเทคนิคได้รับการประเมินโดยใช้ราคาและปริมาณข้อมูลจาก 10 หุ้น ที่สุ่มเลือกในขนาดต่างๆกัน และอุตสาหกรรมต่างกันจากตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย และ ตลาดสำหรับลงทุนทางเลือก ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสร้างกลยุทธ์การซื้อขายที่มีประสิทธิภาพดีกว่าเทคนิคอื่นๆ ในทุกสามปี ที่ผ่านมา

Srinivas, Reddy et al. (2014) ศึกษาค่าของพารามิเตอร์ในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในกระบวนการผลิต ซึ่งการแก้ไขปัญหาคงต้องมีการระบุค่าพารามิเตอร์สำหรับการวิเคราะห์การแก้ไขปัญหาการจัดวางเครื่อง โดยขั้นตอนวิธีพันธุกรรมจะถูกนำไปใช้กับการจัดวางรูปแบบเครื่องจักรตัวอย่าง 15 เครื่องจักร พบว่าพารามิเตอร์ สำหรับรูปแบบเครื่องแถวเดียวความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธ์ ($P_c = 0.7$) และความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ ($P_m = 0.4$) และในรูปแบบเครื่อง

หลายแถว $P_c = 0.8$ และ $P_m = 0.4$ เป็นต้น ทั้งสองบทความนี้มุ่งเน้นการจัดสถานงานเพื่อการลดต้นทุนรวมในกระบวนการผลิต

บทความและงานวิจัยแสดงให้เห็นขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมีสามารถประยุกต์ใช้กับงานด้านต่างๆอย่างกว้างขวาง และสามารถแสดงผลการศึกษางานวิจัยทั้งหมดดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.2 แสดงผลการรวบรวมปริทัศน์วรรณกรรม

งานวิจัย	ปี	ชื่อเรื่อง	วิธีการแก้ไขปัญห		วัตถุประสงค์	
			GA	อื่นๆ	ระยะ	ต้นทุน
El – Baz M. Adel	2004	A genetic algorithm for facility layout problems of different manufacturing environments	✓	-	-	✓
Nittaya Bumrungrad	2009	NSTDA's Pilot Plant	-	SLP	-	✓
Dilip Datta	2011	Proposed for solving the single row facility layout problem	✓	-	-	✓
Udom Janjarassuk	2011	Minimum transportation cost	✓	-	✓	-
Aphirak Khadwilard	2011	Develop the initial solutions	✓	-	✓	-
Norhashimah Morad,	2011	Genetic Algorithms Optimization For The Machine Layout Problem	✓	-	✓	-
Preramin Jiemjitpolchai	2011	A Heuristic algorithm for Dynamic Plant Layout Problem for Flexible Manufacturing System	-	Heuristic	✓	✓
Amir Sadrzadeh	2012	Solve the multi-line layout problem	✓	-	✓	-
Srisatja Vitayasak	2012	Designing rectangular rotatable machine layout in multi-row environment using Genetic Algorithm with adaptive parameter setting	✓	-	✓	-
Thanapon Boonsanpol	2014	Applied a genetic algorithm to the maritime force composition	✓	-	-	✓
Runee Kraithong	2014	Technique for automatically generating trading strategies using a cooperative coevolution genetic algorithm	-	✓	-	✓
C. Srinivas	2014	Guideline to select the GENETIC ALGORITHM parameters	✓	-	✓	-

2.6 กรอบแนวคิด

การวางแผนเครื่องจักรหรือการจัดเรียงสถานีนงานนั้นเป็นโครงสร้างพื้นฐานของระบบการผลิต ซึ่งการวางแผนที่ดีช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและงานบริการ ในพื้นที่การทำงานของอุตสาหกรรมประกอบด้วยปัจจัยการผลิต และสิ่งอำนวยความสะดวกหลายอย่าง เช่น เครื่องจักร อุปกรณ์ และแผนกต่างๆ เป็นต้น การจัดเรียงเครื่องลงบนพื้นที่การผลิตที่กำหนดเป็นสิ่งหนึ่งที่สำคัญในการออกแบบวางแผนการผลิต เพื่อต้องการลดต้นทุนของทางการเคลื่อนที่ของวัสดุ ซึ่งต้นทุนการเคลื่อนที่ของวัสดุเป็นตัวชี้วัดที่แสดงถึงประสิทธิภาพของกิจกรรมโลจิสติกส์ภายใน

แต่การจัดเรียงกระบวนการผลิตนั้นมีปัจจัยหลายอย่างเข้ามาเกี่ยวข้อง ได้แก่พื้นที่ที่กำหนดเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต ขนาดของเครื่องจักรและวิธีการดำเนินงานภายในกระบวนการนั้นๆ เพื่อให้สามารถหาตำแหน่งการวาง หรือการจัดเรียงเครื่องจักรที่เหมาะสมได้ งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการประยุกต์ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมแบบใหม่รวมกับการออกแบบการจัดเรียงเครื่องจักรตามขั้นตอนในการผลิต และคำนึงถึงพื้นที่ของเครื่องจักรแต่ละชนิด เพื่อให้การทำงานมีความต่อเนื่องและเหมาะสมกับการปฏิบัติงาน โดยเขียน Visual Basic for Applications (VBA) ใน Microsoft Excel ในการแก้ปัญหาการจัดการเรียงเครื่องจักร เพื่อลดต้นทุนของทางการเคลื่อนที่ของวัสดุ การทำงานบน Excel spreadsheet จะสามารถช่วยให้เข้าใจและเห็นภาพได้โดยง่ายกว่าการเขียนโปรแกรมแบบอื่นๆ แสดงให้เห็นว่าเทคนิคนี้สามารถหาคำตอบและนำไปประยุกต์ใช้งานได้ง่ายขึ้น อีกทั้งสามารถประยุกต์ใช้ได้กับระบบการทำงานภายในองค์กรต่างๆ ได้เป็นอย่างดี และนอกจากนี้จะได้รับประโยชน์ในแง่ของเพิ่มประสิทธิภาพ และการปรับปรุงระบบต่างๆ ได้ในอนาคตอีกด้วย

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่า มีงานวิจัยที่ใช้แนวคิดในการแก้ปัญหาลักษณะเดียวกันยกตัวอย่างดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างงานวิจัยที่มีการแก้ปัญหาการจัดเรียงสถานงาน

งานวิจัย	วิธีการแก้ปัญหา	วัตถุประสงค์
1. C. Srinivas et al., 2014	ใช้วิธีเชิงพันธุกรรม ในการแก้ปัญหาการจัดเรียงสถานงานที่มีกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ 1 ชนิด แต่ใช้เครื่องจักรหลากหลายชนิด	เพื่อลดต้นทุนการเคลื่อนย้ายวัสดุ
2. SLP of Nittaya.,2009	ใช้หลักการจัดวางอาศัยทฤษฎีการวางแผนผังอย่างเป็นลำดับ (Systematic Layout Planning ; SLP) ในการแก้ปัญหาการจัดเรียงสถานงานในการจัดวางสถานงานทั้งหมดของกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ 1 ชนิด	เพื่อลดต้นทุนการเคลื่อนย้ายวัสดุ
3. Francis, White, J. A., 1992	เป็นการจัดเส้นทางการเดินทั้งหมด 6 เส้นทาง มีการจัดวางผังด้วยรูปแบบเซลล์การผลิต และใช้วิธีเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิมในการแก้ปัญหาการจัดเรียงสถานงานโดยจัดวางเครื่องจักรตามลำดับกระบวนการและจัดวางชิ้นงาน	เพื่อลดระยะการเคลื่อนย้ายวัสดุ

จากการยกตัวอย่างของงานวิจัยอื่นๆ ดังตารางที่ 2.3 พบว่าจะมีวิธีการใช้วิธีเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิมในการแก้ปัญหาการจัดเรียงสถานงาน ร่วมกับวิธีการจัดเรียงประเภทอื่นๆ เพื่อแก้ไขปัญหาเหล่านั้น

จากการศึกษาพบว่าวิธีเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิมนั้นเป็นวิธีการค้นหาคำตอบโดยการเลียนแบบวิธทางชีววิทยา กล่าวคือจะทำการสุ่มคำตอบ หรือสุ่มตำแหน่งการจัดวางเครื่องจักรก่อนจะนำมาประเมินผลว่าเหมาะสมหรือไม่อย่างไร โดยไม่ได้คำนึงถึงขั้นตอนการทำงานก่อนที่จะสุ่มหาคำตอบ จึงทำให้การค้นหาคำตอบเป็นไปได้หลายคำตอบและไม่คำนึงถึงหลักการการทำงานที่ต่อเนื่องกันของเครื่องจักรในกระบวนการผลิต

งานวิจัยนี้จึงนำเสนอเทคนิค และเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจ คือการประยุกต์ใช้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่ กล่าวคือการปรับปรุงขั้นตอนการดำเนินงานภายในของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม คือกระบวนการสลับสายพันธุ์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญในการค้นหาคำตอบของปัญหา ซึ่งขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่นั้นมีเงื่อนไขการตรวจสอบ 2 เงื่อนไขได้แก่

1) ระยะทางโดยรวมหลังจากการจัดเรียงสถานงาน (d) ต้องมีค่าน้อยกว่า ระยะทางโดยรวมเริ่มต้น (D)

2) พิจารณาลำดับการทำงาน กล่าวคือเครื่องจักรใดทำงานต่อเนื่องกัน เครื่องจักรนั้นๆ ต้องอยู่ติดกัน 1 คู่ขึ้นไปจากกระบวนการผลิตทั้งหมด

การกำหนดเงื่อนไขดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อให้การค้นหาคำตอบเป็นไปในทิศทางเดียวกัน และคำนึงถึงหลักการทำงานที่ต่อเนื่องกันของเครื่องจักรในกระบวนการผลิต พื้นที่ที่ใช้ในการจัดวางเครื่องจักร เป็นต้น ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 การเปรียบเทียบการทำงานของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิมและแบบใหม่

กระบวนการทำงาน	ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม	ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่
1. Create Chromosomes	กำหนดตำแหน่งของการวางเครื่องจักรเป็นโครโมโซม	วิธีเดียวกัน
2. Evaluate Chromosomes	ใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ลดต้นทุน	วิธีเดียวกัน
3. Selection	ใช้วงล้อเสี่ยงทาย	วิธีเดียวกัน
4. Crossover	แบบสุ่ม	จัดตามลำดับการทำงานของเครื่องจักร
5. Mutatiom	แบบสุ่ม	ไม่ใช่
6. Replacement	แทนที่ในโครโมโซม	วิธีเดียวกัน
7. Termination	ได้คำตอบซ้ำเดิม มากกว่า 1,000 รอบ	วิธีเดียวกัน

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

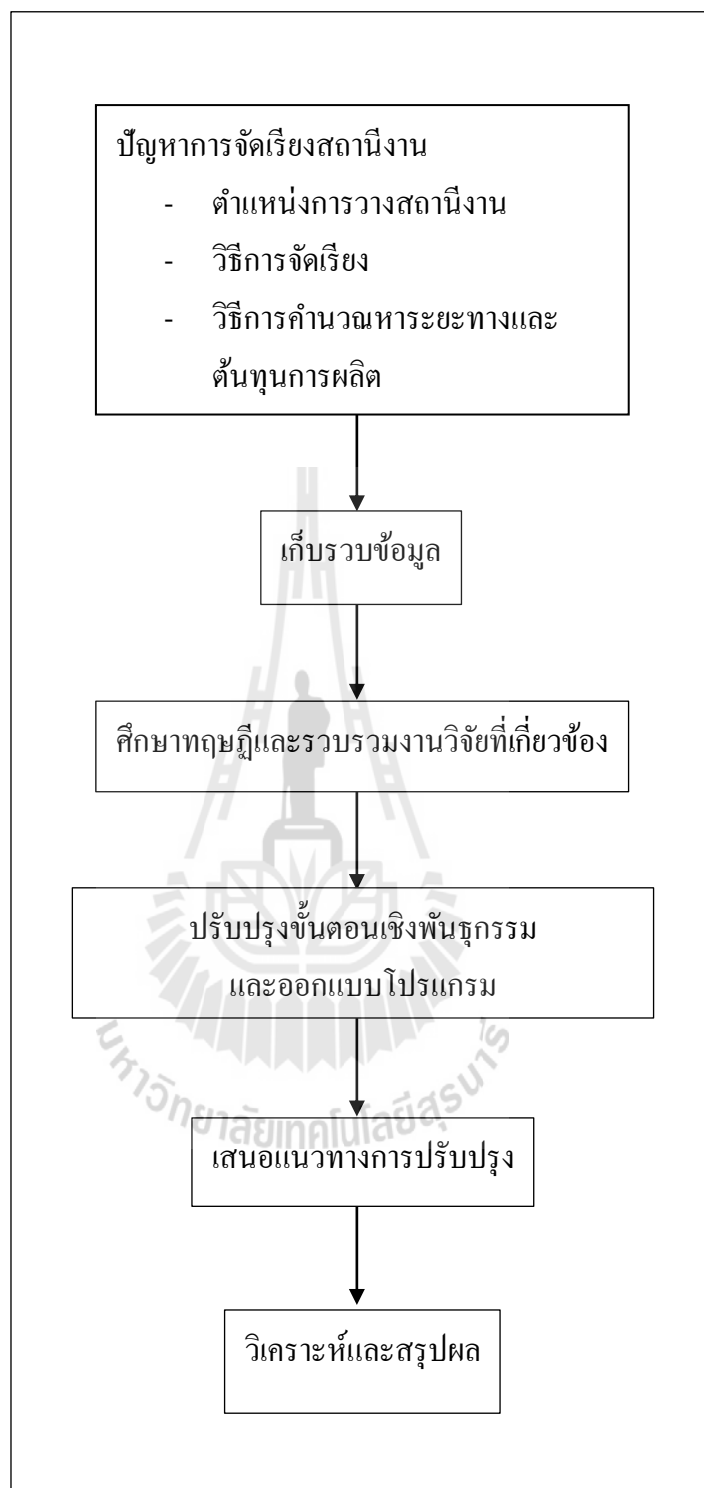
งานวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมแบบใหม่รวมกับการออกแบบการจัดเรียงสถานีงานตามขั้นตอนการผลิตในการแก้ปัญหาการจัดการเรียงเครื่องจักร เมื่อสามารถลดระยะทางการเคลื่อนที่ของวัสดุได้และส่งผลให้ต้นทุนโดยรวมของการผลิตนั้นลดลงอีกด้วย ซึ่งระยะทางการเคลื่อนที่ของวัสดุเป็นตัวชี้วัดที่แสดงถึงประสิทธิภาพของกิจกรรมโลจิสติกส์ภายใน รวมทั้งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและงานบริการ ในพื้นที่การทำงานของอุตสาหกรรม ซึ่งในการแก้ปัญหาประยุกต์ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการสลับสายพันธุ์ และได้ทำการทดลองกับปัญหากรณีตัวอย่างในกระบวนการผลิต โดยใช้กระบวนการคัดเลือกทางพันธุศาสตร์ จนกระทั่งพบคำตอบที่เหมาะสมที่สุด โดยมี 5 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ ขั้นตอนการสร้างประชากรต้นแบบ กระบวนการทางพันธุกรรม การคำนวณค่าความเหมาะสม การคัดเลือกและการตรวจสอบเงื่อนไขหยุดการทำงาน ซึ่งขั้นตอนดำเนินการที่สำคัญของวิธีเชิงพันธุกรรม คือ การคัดเลือกประชากร (Selection) ที่เหมาะสมที่จะอยู่รอดในรุ่นถัดไป และการตัดต่อโครโมโซม (Chromosome) ดำเนินการโดยกระบวนการสลับสายพันธุ์ (Crossover) และกระบวนการกลายพันธุ์ (Mutation)

นอกจากนี้จำเป็นต้องศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม และงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนโรงงานและการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จากเอกสาร ตำรา วารสาร ผลงานทางวิชาการ และงานวิจัยต่างๆ โดยสืบค้นจากห้องสมุด อินเทอร์เน็ต และทำการสรุปเรียบเรียงเพื่อให้สอดคล้องกับงานวิจัยที่ทำการศึกษา โดยกล่าวมาแล้วในบทที่ 2

จากการศึกษาและดำเนินการทำวิจัยนี้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนได้แก่

- 3.1 การออกแบบและประยุกต์ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมแบบใหม่ในการจัดเรียงสถานี
- 3.2 การออกแบบและวิธีการจัดเรียงสถานีงาน
- 3.3 การออกแบบโปรแกรม

จากกระบวนการทั้งหมดที่กล่าวมานั้นสามารถขั้นตอนการดำเนินได้ดังแผนภาพต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงการดำเนินงานวิจัย

3.1 การออกแบบและประยุกต์ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการจัดเรียงสถานี

การจัดเรียงสถานีงานลงบนพื้นที่ที่กำหนดเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการออกแบบพื้นที่การทำงาน เพื่อลดระยะทางการเคลื่อนที่ของวัสดุ ซึ่งระยะการขนถ่ายวัสดุเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญที่ส่งผลต่อต้นทุนการผลิต

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับการจัดสถานีเพื่อลดระยะทางโดยรวมในการขนถ่ายวัสดุ ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตลดลงด้วย สามารถพิจารณาได้จากสมการที่ (3.1)

$$\text{Minimize } C = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1, i \neq j}^N f_{ij} c_{ij} d_{ij} \quad (3.1)$$

เมื่อ C_{ij} คือต้นทุนค่าขนส่งต่อหน่วยจากสถานีงาน i ถึง j โดยค่า C_{ij} ไม่ขึ้นอยู่กับระยะทาง

f_{ij} คือความถี่ของงานจากสถานีงาน i ถึง j

d_{ij} คือระยะทางจากสถานีงาน i ถึง j

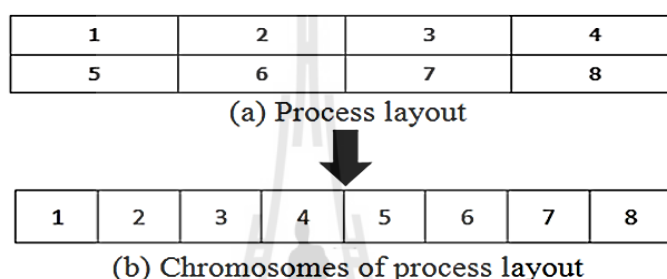
(ที่มา : Facilities Planning (4th Edition), 2010)

การคำนวณหาต้นทุนต่ำที่สุด (Minimize C) จะต้องพิจารณาตัวแปรที่เกี่ยวข้องทั้งหมดสามตัว ได้แก่ ความถี่ของปริมาณงานจากสถานีหนึ่งไปยังสถานีงานหนึ่ง (f_{ij}) ค่าขนส่งต่อหน่วยจากสถานีงาน i ถึง j (C_{ij}) โดยค่า f_{ij} และ C_{ij} จะไม่ขึ้นอยู่กับระยะทางระยะ (d_{ij}) ยกตัวอย่างเช่น จากสถานีงาน i มีการขนส่งวัสดุเพื่อทำการผลิตต่อไปยังสถานีงาน j มีระยะประมาณ 1 เมตร มีความถี่ของงานที่ต้องขนถ่าย (f_{ij}) คือ 100 รอบ และต้นทุนจากสถานีรวมจากสถานีงาน i ไปยังสถานีงาน j คือ 500 บาท ค่าใช้จ่ายโดยรวมประมาณ 5000 บาท หากเกิดการปรับเปลี่ยนหรือเคลื่อนย้ายตำแหน่งของสถานีงานใดสถานีงานหนึ่ง จะไม่ส่งผลต่อความถี่และต้นทุนระหว่างสถานีงาน

3.1.1 การเข้ารหัสโครโมโซม (Create Chromosomes)

การเข้ารหัสโครโมโซมคือคำตอบของปัญหา จากกลุ่มคำตอบหรือประชากร (Population) ของคำตอบ แต่ละคำตอบจะมีคุณลักษณะเฉพาะตัวซึ่งแสดงอยู่ในรูปของโครโมโซม (Chromosome) การเข้ารหัสประชากรเป็นขั้นตอนแรกและเป็นขั้นตอนที่สำคัญ เพราะเป็นการออกแบบให้โครโมโซมเป็นตัวแทนของคำตอบจากระบบ ในการทำงาน ทั่วๆ ไปรูปแบบที่ง่ายที่สุดคือการกำหนดให้โครโมโซมอยู่ในรูปของตัวแปรแบบสตริง (String Of Variables) ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 2.2.1

ในงานวิจัยนี้กำหนดให้จัดเรียงสถานงาน หรือการจัดเรียงเครื่องจักร เป็นโครโมโซม ซึ่งสามารถมองได้ว่าเป็นการนำเอาคำตอบทั้งชุดของระบบมาวางเรียงต่อกันเป็นสายโครโมโซมเป็นหนึ่งคำตอบประกอบไปด้วยยีนที่เรียกว่ายีน (Gene) ซึ่งในทางชีววิทยาคือเป็นส่วนที่เก็บคุณลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตเอาไว้เช่น สีของตาหรือผม เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้โครโมโซมจึงเป็นที่เก็บคุณลักษณะของคำตอบของปัญหาการจัดเรียงสถานงานเอาไว้เพื่อใช้ในการสืบทอดสายพันธุ์กรรมให้ประชากรรุ่นถัดไปกระบวนการภายในของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 (a) แสดงกระบวนการทำงาน และ (b) การเข้ารหัสโครโมโซม

3.1.2 การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Evaluation)

การประเมินค่าความเหมาะสมเป็นขั้นตอนในการประเมินว่าโครโมโซมหนึ่งว่าดีหรือไม่คืออย่างไร เมื่อเทียบกับโครโมโซมอื่นๆ ที่มีอยู่ในกลุ่มประชากรนั้น โดยปกติแล้วการประเมินค่าความเหมาะสมของโครโมโซมจะประกอบไปด้วย การคำนวณค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) พิจารณาได้จากสมการที่ (3.1) ดังที่กล่าวมาแล้ว

3.1.3 การคัดเลือกสายพันธุ์ (Selection)

การคัดเลือกสายพันธุ์ในงานวิจัยนี้เป็นขั้นตอนในการคัดเลือกโครโมโซมที่ดีที่สุดจากภายในกลุ่มประชากรทั้งหมด ซึ่งโครโมโซมที่ได้รับการคัดเลือกจะถูกนำไปใช้เป็นต้นกำเนิดสายพันธุ์หรือ ‘พ่อแม่’ เพื่อใช้ในการให้กำเนิดลูกหลานในรุ่นถัดไป การคัดเลือกสายพันธุ์ใช้วิธีวงล้อรูเล็ต (Roulette-wheel Selection) ในขั้นตอนนี้มีการสร้างวงล้อเสี่ยงทายขึ้น หลังจากทำการประเมินโครโมโซมมาเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนประกอบด้วย

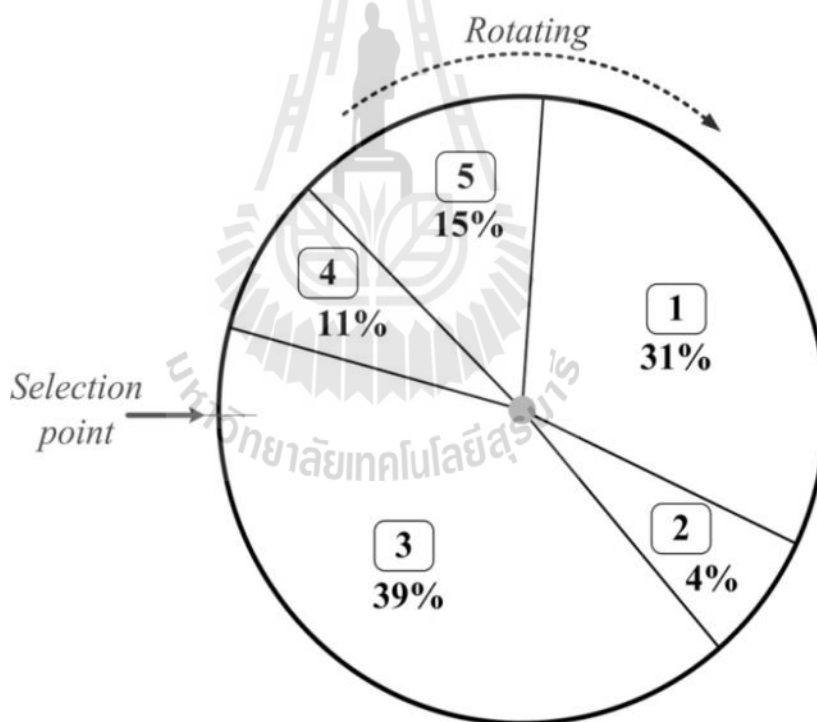
- 1) กำหนดช่องในวงล้อเสี่ยงทายให้มีจำนวนเท่ากับจำนวนประชากร
- 2) คำนวณค่าความเหมาะสมจากสมการที่ (3.1) คือฟังก์ชันวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนโดยรวมของการผลิต

3) สร้างวงล้อรูเล็ต โดยการนำค่าที่ได้มาวัดเป็นวงกลม
 4) กำหนดจุดเสี่ยงทาย จากนั้นทำการหมุนวงล้อหรือสุ่มให้เกิดการเคลื่อนที่ไปเรื่อยๆจนกระทั่งวงล้อหยุด

5) บันทึกค่าที่ได้ จากนั้นนำไปประเมินผลด้วยฟังก์ชันวัตถุประสงค์อีกครั้ง

ตัวอย่างที่ 3.1 มีจำนวนประชากรทั้งหมด 5 ชุด หรือ 5 โครโมโซม ซึ่งแต่ละโครโมโซมมีค่าความเหมาะสมดังนี้

- โครโมโซมที่ 1 มีค่าความเหมาะสม 31%
- โครโมโซมที่ 2 มีค่าความเหมาะสม 4%
- โครโมโซมที่ 3 มีค่าความเหมาะสม 39%
- โครโมโซมที่ 4 มีค่าความเหมาะสม 11%
- โครโมโซมที่ 5 มีค่าความเหมาะสม 15%



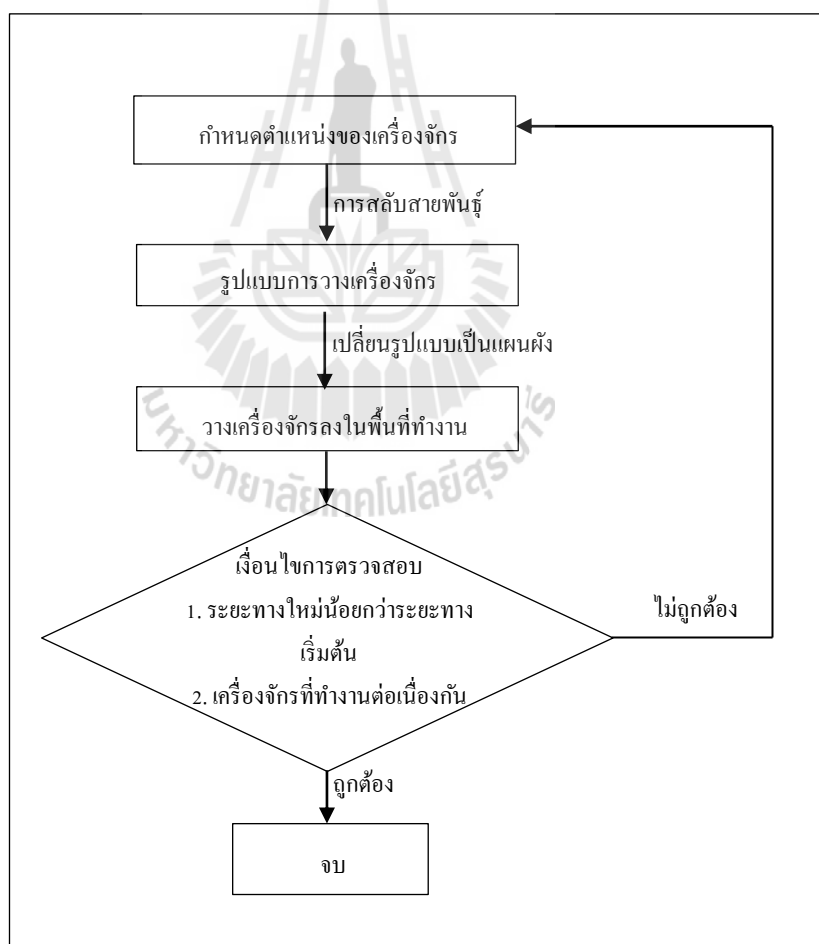
รูปที่ 3.3 วงล้อรูเล็ต (Roulette-wheel Selection)

3.1.4 ปฏิบัติการทางสายพันธุ์ (Genetic Operation)

ในงานวิจัยนี้นำเสนอปฏิบัติการทางสายพันธุ์ (Genetic Operation) ที่เป็นกระบวนการหาคำตอบของปัญหาได้แก่

การสลับสายพันธุ์ (Crossover)

ในการแก้ไขปัญหการจัดเรียงสถานีงานของงานวิจัยนี้มีการนำเสนอขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่ ถูกพัฒนาขึ้นมาจากแบบดั้งเดิม เพื่อแก้ไขปัญหาด้านการจัดเรียงสถานีงาน ร่วมกับการกำหนดเงื่อนไขการจัดวางเพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสม โดยพิจารณาลำดับการทำงานของเครื่องจักร กล่าวคือเครื่องจักรใดทำงานต่อเนื่องกันเครื่องจักรนั้นๆ ติดกันมากกว่า 1 คู่ขึ้นไปจากกระบวนการผลิตทั้งหมดของทุกผลิตภัณฑ์ และพื้นที่การจัดวางที่จำนวนแถว จำนวนหลักมีค่าใกล้เคียงกัน อธิบายขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมแบบใหม่ได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.4 แผนผังอธิบายขั้นตอนการสลับสายพันธุ์ของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่

จากขั้นตอนดังกล่าว สามารถอธิบายได้ว่าเมื่อโครโมโซมที่ได้รับการคัดเลือกแล้ว เข้าสู่กระบวนการ สลับสายพันธุ์แบบใหม่ โดยเริ่มจากการลู่จุดจากนั้นทำการสลับสายพันธุ์ ระหว่างโครโมโซมต้นแบบทั้งสอง จากนั้นเข้าสู่กระบวนการประเมินผลเพื่อหา โครโมโซมที่ดี เพียง 1 ชุด ทำการแปลงโครโมโซมเป็นแผนผังการจัดเรียงเครื่องจักร จากนั้นเข้าสู่เงื่อนไขการตรวจ ซึ่งเงื่อนไขการตรวจสอบในงานวิจัยนี้นำเสนอ 2 เงื่อนไขได้แก่

1) ระยะทางโดยรวมภายหลังจากการจัดเรียงสถานีงาน (d) ต้องมีค่าน้อยกว่า ระยะทางโดยรวมเริ่มต้น (D)

2) พิจารณาลำดับการทำงาน กล่าวคือเครื่องจักรใดทำงานต่อกันในเครื่องจักรนั้นอยู่ ติดกัน โดยจำเป็นต้องมีเครื่องจักรที่ทำงานทำติดต่อกัน แล้วอยู่ติดกันมากกว่า 1 คู่ขึ้นไปจาก กระบวนการผลิตทั้งหมดของทุกผลิตภัณฑ์

หากไม่ผ่านเงื่อนไขใด เงื่อนไขหนึ่งก็จะต้องกลับไปยังขั้นตอนแรกซึ่งคือการสร้าง โครโมโซม แต่หากพบว่าเงื่อนไขเป็นจริงหยุดทำงาน

3.1.5 การแทนที่ (Replacement)

การแทนที่เป็นขั้นตอนหลังจากที่ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่ได้โครโมโซม ลูกหลานแล้ว และจะนำโครโมโซมลูกหลานใหม่นี้ไปแทนที่ประชากรรุ่นเก่า ซึ่งการนำโครโมโซม ลูกหลานมาแทนที่ประชากรรุ่นก่อน จะทำให้ประชากรรุ่นใหม่ประกอบไปด้วยโครโมโซมใหม่ ๆ ซึ่งเป็นโครโมโซมที่ดีกว่าเพราะได้สับสายพันธุ์ที่ดีจากต้นกำเนิดสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกแล้ว

3.2 การออกแบบและจัดเรียงสถานีงาน

การจัดวางเครื่องจักร วัสดุอุปกรณ์ คน สิ่งอำนวยความสะดวกและสนับสนุนการผลิตให้อยู่ ในตำแหน่งที่เหมาะสม เพื่อให้การปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพมากที่สุดตรงตามเป้าหมายที่กำหนด ซึ่งในหน่วยงานหรือองค์กรจะมีความสัมพันธ์ของปัจจัยการผลิตหลักที่ต้องคำนึงถึงได้แก่ วัสดุ คนงาน และเครื่องจักร โดยทั้ง 3 ปัจจัยมีการเคลื่อนไหวในระบบ เช่นในบางกระบวนการผลิต เครื่องจักรมีขนาดใหญ่จะต้องเคลื่อนคน วัสดุดิบ และอุปกรณ์เข้าไป ส่วนเครื่องจักรอุปกรณ์ขนาดเล็กจะต้องเคลื่อนอุปกรณ์เข้าหาชิ้นงานโดยที่คนอยู่กับที่ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและสถานการณ์ ในการผลิต

3.2.1 ข้อกำหนดในการออกแบบการจัดเรียงสถานีงาน

การออกแบบการจัดเรียงสถานีงานในงานวิจัยนี้ เป็นการวางผังตามชนิดผลิตภัณฑ์ (Product Layout) ซึ่งการวางผังตามชนิดผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมสำหรับการผลิตที่มีผลิตภัณฑ์

ชนิดเดียวหรือน้อยชนิด ที่มีการผลิตที่มีจำนวนมากซึ่งเป็นการผลิตแบบต่อเนื่อง และข้อกำหนดในการออกแบบการจัดเรียงสถานีงานประกอบด้วย

1) จำลองสถานีงานมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก ไม่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดทั้งด้านกว้าง ด้านยาว และเครื่องจักรไม่สามารถหมุนได้

2) มีการจัดการอยู่บริเวณกึ่งกลางของรูปทรงสี่เหลี่ยม และชิ้นงานสามารถเข้าถึงได้ทุกด้านของเครื่องจักร

3) การจัดเรียงเครื่องจักรตามแนวแกน X โดยเริ่มจากด้านซ้ายไปขวา และเมื่อสุดแกน X แล้วให้ขึ้นเลื่อนแถวลงตามแนวแกน Y โดยเริ่มเรียงเครื่องจักรจากด้านซ้ายไปขวาเช่นเดิม

4) จัดเรียงเครื่องจักรตามลำดับการทำงาน โดยไม่มีการสลับขั้นตอนการทำงาน

5) คำนวณเฉพาะระยะทางของเครื่องจักร ไม่พิจารณาถึงเวลาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการการผลิตรวมทั้งเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของการขนถ่ายวัสดุ และเวลาในการรอคอยการใช้งานของเครื่องจักรจะไม่ถูกนำมาพิจารณาด้วยเช่นกัน

3.2.2 ขั้นตอนการวัดระยะทางระหว่างสถานีงาน

การจัดเรียงสถานีงาน เริ่มจากการจัดวางสถานีงานตามแนวแกน X จากด้านซ้ายไปขวา และเมื่อสุดแกน X แล้วให้ขึ้นแถวใหม่ตามแนวแกน Y โดยเริ่มเรียงเครื่องจักรจากด้านซ้ายไปขวาเช่นเดิมโดยมีการวัดระยะทางแบบเรคติลีนีเยร์ (Rectilinear) คือระยะทางระหว่างสถานีงานตามแนวแกน X และแกน Y แสดงตัวอย่างได้ดังรูปที่ 3.5

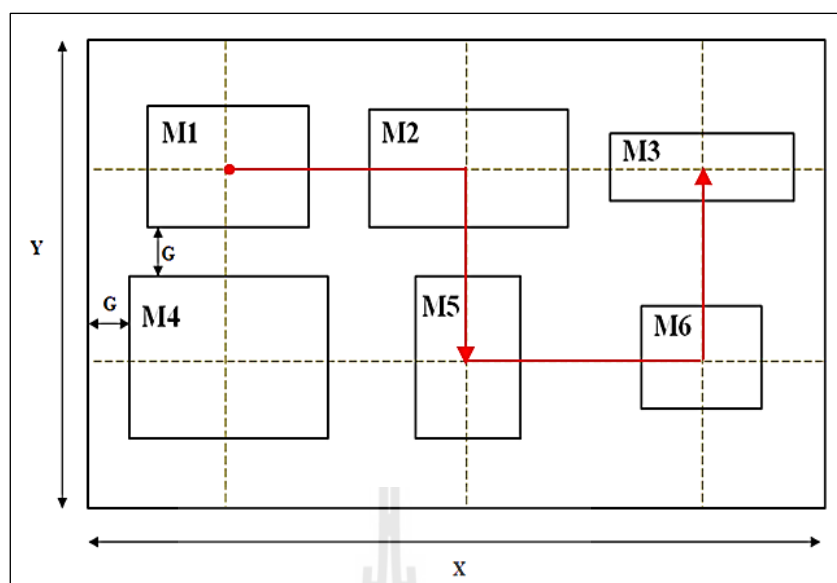
ตัวอย่างที่ 3.2 การวัดระยะทางระหว่างสถานีงาน

- ผลิตภัณฑ์ A ประกอบด้วยเครื่องจักรทั้งหมด 3 เครื่องจักรได้แก่ M1 - M5 - M3
- จัดเรียงเครื่องจักรตามหัวข้อที่ 3.2.1 ข้อกำหนดในการออกแบบการจัดเรียงสถานีงาน

ได้รูปแบบเป็นการจัดเรียงแบบหลายแถว (Multiple Layouts)

- วัดระยะทางแบบเรคติลีนีเยร์แสดงดังรูปที่ 3.5

การวัดระยะทางระหว่างสถานีงานของผลิตภัณฑ์ A นั้นเริ่มจากกำหนดจุดศูนย์กลางของเครื่องจักรโดยมีระยะห่างระหว่างเครื่องจักร (G) เท่ากับ 1 เมตร จากนั้นทำการวัดระยะจากจุดศูนย์กลางของเครื่องจักร M1 โดยเริ่มจากตามแนวแกน X รวมกับระยะตามแกน Y ไปยังจุดศูนย์กลางของเครื่องจักร M2 M5 และ M3 ตามลำดับแสดงดังรูปที่ 3.5

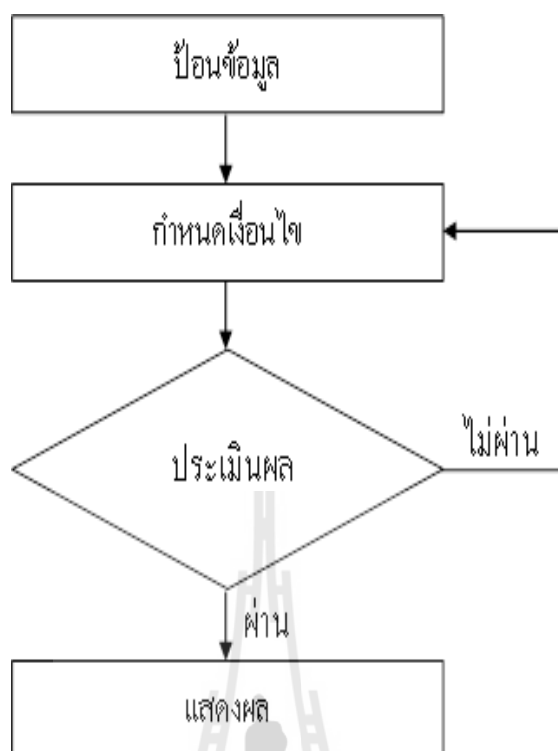


รูปที่ 3.5 ตัวอย่างการออกแบบและจัดเรียงสถานีนงาน

3.2.3 การออกแบบและการวิเคราะห์ โปรแกรมการจัดเรียงสถานีนงาน

ทำการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel สร้างหน้าจอสำหรับผู้ใช้งาน (User Interface) ในการรับข้อมูลที่สำคัญต่างๆ เพื่อคำนวณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากผังโรงงาน และสามารถหาคำตอบโดยใช้หลักการขั้นตอนเชิงพันธุกรรม เพื่อหาคำตอบโดยกำหนดรูปร่างของผังโรงงานด้วยตัวเอง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ถูกประเมินผลลัพธ์พร้อมกับการวิเคราะห์ผลผ่านหน้าจออัตโนมัติ

การออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อให้ใช้ได้สะดวกและรวดเร็วนี้ต้องอาศัยความเข้าใจ และความคิดสร้างสรรค์พอสมควรจึงจำเป็นต้องมีการใช้ข้อมูลของกรณีศึกษาเพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของโปรแกรมการจัดเรียงเครื่องจักร เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานจริงได้



รูปที่ 3.6 แผนการดำเนินงานของโปรแกรมการจัดเรียงสถานีงาน

3.2.4 การป้อนข้อมูลและการกำหนดเงื่อนไขการจัดเรียงสถานีงาน

การป้อนข้อมูลในโปรแกรมการจัดเรียงสถานีงานนี้ประกอบไปด้วย ตารางการรับข้อมูลของโปรแกรมดังนี้

1) ตารางแสดงจำนวนเครื่องจักร คือตารางรับข้อมูลเริ่มต้นของโปรแกรมประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังรูปที่ 3.7 ประกอบด้วยข้อมูลต่อไปนี้

- จำนวนของเครื่องจักร (Numbers of Machines)

เป็นส่วนกำหนดจำนวนของเครื่องจักรตั้งแต่ 1 ถึง 30 เครื่องจักร

- ชื่อของเครื่องจักร (Name)

เป็นส่วนสำหรับการป้อนชื่อเครื่องจักรโดยใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษทั้งหมด 30 ตัวอักษรที่ไม่ซ้ำกันแสดงดังตารางที่ 3.1

- ขนาดด้านกว้างและด้านยาวของเครื่องจักร (Width, Length)

เป็นส่วนสำหรับการป้อนขนาดด้านกว้างและด้านยาวของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงชื่อเครื่องจักร

เครื่องจักรที่	ชื่อ	เครื่องจักรที่	ชื่อ	เครื่องจักรที่	ชื่อ
1	A	11	K	21	U
2	B	12	L	22	V
3	C	13	M	23	W
4	D	14	N	24	X
5	E	15	O	25	Y
6	F	16	P	26	Z
7	G	17	Q	27	AA
8	H	18	R	28	AB
9	I	19	S	29	AC
10	J	20	T	30	AD

Numbers of Machines	Name	Width (m)	Lenght (m)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			

รูปที่ 3.7 ตารางแสดงจำนวนเครื่องจักร

2) ตารางแสดงลำดับการผลิตของผลิตภัณฑ์แสดงดังรูปที่ 3.8ประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

- จำนวนของผลิตภัณฑ์ (Numbers of Products)

เป็นส่วนกำหนดจำนวนของเครื่องจักรตั้งแต่ 1 ถึง 20 ผลิตภัณฑ์

- ลำดับการทำงานของเครื่องจักร

เป็นส่วนของการกำหนดลำดับการทำงานของเครื่องจักรแต่ละผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดให้ไม่เกิน 10 ลำดับ โดยแต่ละลำดับต้องไม่กำหนดชื่อเครื่องจักรซ้ำ

Number of Product	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th
1	A	B	C	D	E	F	G	H		
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										

รูปที่ 3.8 ตารางแสดงลำดับการผลิตของผลิตภัณฑ์

3) ตารางแสดงแสดงเงื่อนไขการจัดเรียงสถานีนงาน แสดงดังรูปที่ 3.9ประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

- กรอกจำนวนแถว และหลักที่ต้องการจัดเรียง
- กำหนดขนาดความกว้าง และความยาวทั้งหมดของพื้นที่ ในช่อง “Total width”

และ “Total Length” ตามลำดับ

Data	
Numbers of Machines	
Numbers of Products	
Numbers of Rows	
Numbers of Columes	
Total Width(m)	
TotalLenght (m)	
The frequency of trips	
The transport cost	

รูปที่ 3.9 ตารางแสดงเงื่อนไขการจัดเรียงสถานีงาน

เมื่อผู้ใช้งานกรอกข้อมูลที่จำเป็นทั้ง 3 ตารางดังที่กล่าวมาแล้วสามารถกดปุ่ม “RUN” เพื่อทำการคำนวณหาแผนผังการจัดเรียงที่ต้องการได้ ซึ่งโปรแกรมของงานวิจัยนี้จะนำเสนอทั้งสองวิธีได้แก่ ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม และขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่ออกทางหน้าจอ Excel Spreadsheet หากผู้ใช้งานต้องการทำการแก้ไขปัญหาลักษณะอื่นๆสามารถกดปุ่ม “Reset” เพื่อทำการล้างข้อมูล และรองรับการกรอกค่ารอบใหม่อีกครั้ง สามารถทำให้ผู้ใช้งานเข้าใจได้โดยง่ายและใช้งานได้อย่างรวดเร็วดังรูปที่ 3.10

Machine Layout (By Traditinal GA)						New Machine Layout		
D	A	F	B	E	C	C	F	B
G	H					E	A	H
						D	G	

RUN	Minimize Cost	Minimize Cost
Reset	22.64	19.68

รูปที่ 3.10 หน้าจอแสดงผล

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผล

งานวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยมีการพัฒนาระบบการจัดเรียงสถานีงาน เพื่อแก้ปัญหา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะทางการขนถ่ายวัสดุให้น้อยที่สุด ปัญหาที่ใช้ในการศึกษามีความแตกต่างกันทั้งในด้านของจำนวนเครื่องจักร จำนวนผลิตภัณฑ์ ซึ่งบทนี้เป็นกรกล่าวถึงผลการวิจัย และการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการจัดเรียงสถานีงาน และสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

4.1 การประมวลผลการจัดเรียงสถานีงาน

การประมวลผลประยุกต์ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม และใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการคำนวณซึ่งมีการเขียนโปรแกรมโดยใช้ Visual Basic for Applications เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ (Programming Language) ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการ Windows ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยมีรากฐานมาจากภาษา Basic ที่ย่อมาจาก Beginner's All Purpose Symbolic Instruction หมายถึง ชุดคำสั่งหรือภาษาคอมพิวเตอร์ โดยมีจุดเด่นคือผู้ที่ไม่มีพื้นฐานเรื่องการเขียนโปรแกรมสามารถเรียนรู้และนำไปใช้งานได้อย่างง่ายดายและรวดเร็ว

จากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.4 โครงสร้างโปรแกรม Visual Basic for Applications เป็นเครื่องมือในการสร้างโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการ windows ที่ใช้งานง่ายโดยการเลือกเครื่องมือต่างๆ เพื่อออกแบบหน้าจอของโปรแกรมที่จะสร้าง การเขียนโปรแกรมลักษณะนี้เรียกว่า Visual Programming ซึ่งไม่จำเป็นต้องเขียนคำสั่งต่างๆ มากนักแต่สามารถสร้างโปรแกรมได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งโปรแกรมมีลักษณะเด่นดังนี้

- 1) มีฟังก์ชันคณิตศาสตร์ให้เลือกใช้ในการคำนวณมากมายตลอดจนสามารถสร้างฟังก์ชันขึ้นมาใช้งานได้เองในสาขาที่ต้องการ
- 2) อัลกอริทึม (Algorithm) พัฒนาได้ง่ายไม่ยุ่งยาก สามารถแก้ไขปัญหาทางด้านคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนได้ง่ายและรวดเร็วกว่าโปรแกรมอื่นๆ
- 3) มีโครงสร้างทางภาษาใกล้เคียงภาษาของมนุษย์ สามารถเรียนรู้และเข้าใจได้โดยง่าย
- 4) สร้างโปรแกรมฐานข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว เพราะมีเครื่องมือเกี่ยวกับฐานข้อมูลอย่างครบถ้วนและสามารถเรียกใช้งานได้ทันที

5) สามารถวิเคราะห์และตรวจสอบข้อมูลได้ง่ายและรวดเร็ว

4.1.1 การคำนวณและประมวลผล

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการจัดเรียงสถานีงานร่วมกับประยุกต์วิธีเชิงพันธุกรรมในการกระบวนการผลิตของภาคอุตสาหกรรม รวมทั้งกระบวนการทำงานด้านอื่นๆ และมีการประยุกต์ใช้โปรแกรม Excel ในการคำนวณโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนของการขนถ่ายวัสดุให้น้อยที่สุดของการจัดเรียงสถานี ซึ่งจะกล่าวถึงระยะทางโดยรวมต่อไปอย่างละเอียด

ซึ่งระยะทางโดยรวมของการจัดเรียงสถานีงาน (Total Distance) คือผลรวมทั้งหมดของระยะทางการผลิตตั้งแต่สถานีงานแรกจนถึงสถานีงานสุดท้ายของทุกผลิตภัณฑ์ โดยมีการจัดเรียงสถานีงานตามลำดับการทำงานและไม่มีการสลับขั้นตอนการทำงาน ซึ่งสามารถแสดงในรูปแบบของสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าที่ต่ำที่สุด ดังสมการที่ (3.1)

4.1.2 การหาจุดศูนย์กลางของสถานีงาน

การจัดเรียงสถานีงานของงานวิจัยนี้ทำการจำลองสถานีงานที่มีลักษณะเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมมุมฉาก ไม่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดทั้งด้านกว้างและด้านยาว ซึ่งขนาดด้านกว้างและด้านยาวของสถานีงานนั้นได้มาจากการป้อนค่าของผู้ใช้งาน รวมทั้งมีการจัดการอยู่บริเวณจุดศูนย์กลางของพื้นที่สี่เหลี่ยม

การหาจุดศูนย์กลางของสถานีงานนั้นเพื่อที่จะสามารถคำนวณหาระยะทางของแต่ละสถานีงานได้ โดยวิธีการหาจุดศูนย์กลางของพื้นที่สี่เหลี่ยมมุมฉากนั้นสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4.1) และ (4.2) ตามลำดับและสามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 4.1

$$X = \frac{1}{A} \int_{y_1}^{y_2} \int_{x_1}^{x_2} x \, dx \, dy = \frac{1}{2A} (x_2^2 - x_1^2) \times (y_2 - y_1) \quad (4.1)$$

$$Y = \frac{1}{A} \int_{x_1}^{x_2} \int_{y_1}^{y_2} y \, dy \, dx = \frac{1}{2A} (y_2^2 - y_1^2) \times (x_2 - x_1) \quad (4.2)$$

เมื่อ (X,Y) คือ จุดศูนย์กลางของสถานีงาน

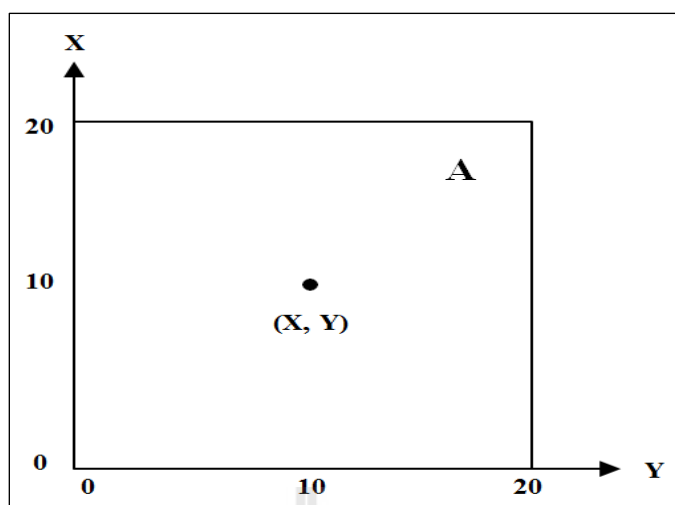
A คือ พื้นที่ของสถานีงานที่ต้องการหา

x_1 คือ จุด x – coordinate ซ้ายสุดของพื้นที่สี่เหลี่ยมมุมฉาก

x_2 คือ จุด x – coordinate ขวาสุดของพื้นที่สี่เหลี่ยมมุมฉาก

y_1 คือ จุด y – coordinate ต่ำสุดของพื้นที่สี่เหลี่ยมมุมฉาก

y_2 คือ จุด y – coordinate สูงสุดของพื้นที่สี่เหลี่ยมมุมฉาก



รูปที่ 4.1 แสดงจุดศูนย์กลางของพื้นที่ A

4.1.3 การวัดระยะทางการขนถ่ายวัสดุระหว่างสถานีงาน

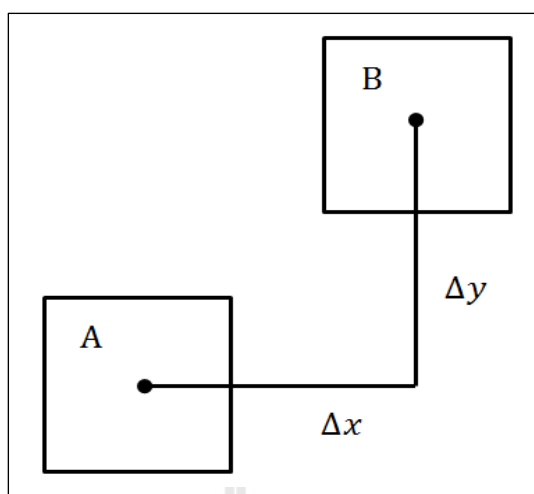
การจัดเรียงสถานีงาน เริ่มจากการจัดวางสถานีงานตามแนวแกน X จากด้านซ้ายไปขวา และเมื่อสุดแกน X แล้วให้ขึ้นแถวใหม่ตามแนวแกน Y โดยเริ่มเรียงเครื่องจักรจากด้านซ้ายไปขวาเช่นเดิมโดยมีการวัดระยะทางแบบเรคติลีนีร์ (Rectilinear) คือระยะทางระหว่างสถานีงานตามแนวแกน x และแกน y ดังที่กล่าวมาข้างต้น สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4.3) และการวัดระยะทางแบบ Rectilinear สามารถแสดงตัวอย่างได้ดังรูปที่ 4.2

$$d_{ij} = |\Delta x| + |\Delta y| \quad (4.3)$$

เมื่อ d_{ij} คือระยะทางระหว่างสถานีงาน i ไป j

Δx คือผลรวมของระยะทางตามแนวแกน x

Δy คือผลรวมของระยะทางตามแนวแกน y



รูปที่ 4.2 แสดงการวัดระยะแบบเรคตินีเยร์

4.2 การค้นหาคำตอบโดยประยุกต์ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่

งานวิจัยนี้สามารถค้นหาคำตอบได้ โดยทำการจัดวางตำแหน่งของสถานีงานในกระบวนการผลิตของโรงงาน หรือกระบวนการอื่นๆ ให้เหมาะสมที่สุดโดยพิจารณาระยะทางโดยรวมของการขนถ่ายวัสดุที่น้อยที่สุด และส่งผลให้ต้นทุนการผลิตลดลงด้วย โดยทำการค้นหาคำตอบโดยวิธีของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) ประกอบไปด้วย 3 กระบวนการที่สำคัญ

1) การคัดเลือกสายพันธุ์ (Selection) คือขั้นตอนในการคัดเลือกประชากรที่ดี (คำตอบของปัญหา) ในระบบเป็นต้นกำเนิดสายพันธุ์เพื่อให้กำเนิดลูกหลานในรุ่นถัดไป

2) ปฏิบัติการทางสายพันธุ์ (Genetic Operation) คือกรรมวิธีการเปลี่ยนแปลงโครโมโซมด้วยวิธีการทางสายพันธุ์ เป็นขั้นตอนการสร้างลูกหลาน ซึ่งได้จากการรวมพันธุ์ของต้นกำเนิดสายพันธุ์ เพื่อให้ได้ลูกหลานที่มีส่วนผสมมาจากพ่อแม่หรือได้จากการแปรผกผันของพ่อแม่เพื่อให้ได้ลูกหลานสายพันธุ์ใหม่เกิดขึ้น

3) การแทนที่ (Replacement) คือขั้นตอนการนำเอาลูกหลานกำเนิดใหม่ไปแทนที่ประชากรเก่าในรุ่นก่อน เป็นขบวนการในการคัดเลือกกว่าควรจะเอาลูกหลานในกลุ่มใด จำนวนเท่าไร ไปแทนประชากรเก่าในกลุ่ม ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเหมือนกับการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติ สิ่งมีชีวิตที่มีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าจะสามารถอยู่รอดได้ในขณะที่สิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่ไม่สามารถปรับตัวเองได้จะต้องสูญพันธุ์ไปการปรับตัวดังกล่าวแสดงว่าสิ่งมีชีวิตนั้นมีวิวัฒนาการเกิดขึ้น

4.2.1 การแสดงผลการคัดเลือกสายพันธุ์ (Selection)

การคัดเลือก (Selection) คือกระบวนการเลือกตำแหน่งของการจัดวางเครื่องจักรที่เหมาะสม เพื่อใช้ในการสร้างตำแหน่งของการจัดวางรุ่นถัดไป โดยงานวิจัยนี้ใช้วิธีการคัดเลือกแบบวงล้อเสี่ยงทาย (Roulette-wheel Selection) ตำแหน่งของการจัดวางเครื่องจักรทั้งหมดอยู่ในขนาดพื้นที่ของวงล้อเสี่ยงทาย แสดงดังรูปที่ 4.4 โดยพิจารณาจากสัดส่วนของค่าฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness Proportionate Selection) โครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมมากกว่าจะมีความน่าจะเป็นในการถูกเลือกมากกว่า โดยสามารถคำนวณค่าได้จากสมการที่ (1) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อหาระยะทางการเคลื่อนที่ของวัสดุที่น้อยที่สุด

4.2.1.1 การหาค่าฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness value)

การหาค่าฟังก์ชันความเหมาะสมสามารถหาได้จากการรวบรวมผลเฉลยของคำตอบจากสมการที่ (3.1) จากนั้นนำชุดคำตอบที่ได้มาคำนวณตามค่าฟังก์ชันความเหมาะสมที่ได้จากสมการ (4.4)

$$P_i(X_i) = \frac{F_i}{\sum_{i=1}^{Popsize} F_i} \quad (4.4)$$

เมื่อ i มีค่าตั้งแต่ 1 ไปจนถึงจำนวนประชากร

$P_i(X_i)$ คือค่าความน่าจะเป็นในการถูกเลือก

F_i คือค่าฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness value)

Pop size คือจำนวนประชากร

ตัวอย่างที่ 4.1 การคัดเลือกสายพันธุ์ (Selection)

จากการจัดเรียงสถานีงานของกระบวนการผลิตในโรงงานแห่งหนึ่ง ที่มีสถานีงานทั้งหมด 8 สถานีงานและจำนวนผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 3 ชนิดดังตารางที่ 4.1 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนซึ่งแสดงผลคำตอบดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 แสดงรายละเอียดของกระบวนการผลิตในโรงงานแห่งหนึ่ง

พื้นที่	ขนาด (เมตร)	
	กว้าง (W)	ยาว (L)
A	2.00	2.00
B	1.35	1.30
C	1.30	1.25
D	1.35	1.30
E	1.22	1.25
F	1.00	1.00
G	1.22	1.25
H	1.20	1.22

ตารางที่ 4.2 แสดงผลรวมคำตอบของปัญหา

คำตอบ	ผลรวมของคำตอบ (บาท)	ค่าฟังก์ชันความเหมาะสม
v1	21,601.31	0.1238
v2	14,814.48	0.0849
v3	17,603.16	0.1009
v4	20,181.91	0.1157
v5	20,507.78	0.1175
v6	15,441.15	0.0885
v7	16,309.09	0.0935
v8	20,447.78	0.1172
v9	15,441.15	0.0885
v10	12,119.80	0.0695
รวมทั้งหมด	174,467.61	1.0000

เมื่อ v1 ถึง v10 คือผลรวมคำตอบของปัญหานั้นเข้าสู่การคัดเลือกสายพันธุ์ โดยเริ่มจากขั้นตอนการหาค่าความเหมาะสมสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4.4)

ตัวอย่างที่ 4.2 การคำนวณหาค่าฟังก์ชันความเหมาะสม ของคำตอบที่ v1 ดังนี้

จากสมการที่ (4.4)
$$P_i(X_i) = \frac{F_i}{\sum_{i=1}^{Popsiz} F_i}$$

แทนค่า
$$P_i(X_i) = \frac{21,601.31}{174,467.61} = 0.1238$$

4.2.1.2 การสร้างวงล้อ (Roulette-wheel Selection)

การสร้างวงล้อที่มีจำนวนช่องเท่ากับจำนวนประชากร และขนาดช่องมาจากการสะสมค่าฟังก์ชันความเหมาะสมจากตารางที่ 4.2 และแสดงตารางการสะสมความถี่ของค่าฟังก์ชันความเหมาะสมของปัญหาดังตารางที่ 4.3 ตามลำดับ

ตัวอย่างที่ 4.3 การสะสมความถี่ของค่าความเหมาะสม คือผลรวมของแต่ละคำตอบ เช่น การสะสมความถี่ของคำตอบ v2

การสะสมความถี่ v1 รวมกับค่าฟังก์ชันความเหมาะสม v2

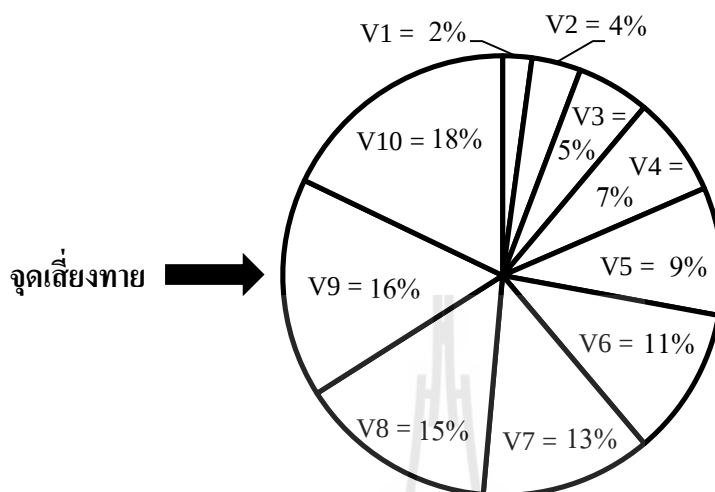
แทนค่า
$$= 0.1238 + 0.0849$$

$$= 0.2087$$

ตารางที่ 4.3 แสดงการสะสมความถี่ของค่าฟังก์ชันความเหมาะสมของปัญหา

คำตอบ	ผลรวมของคำตอบ (บาท)	ค่าฟังก์ชันความเหมาะสม	การสะสมความถี่
v1	21,601.31	0.1238	0.1238
v2	14,814.48	0.0849	0.2087
v3	17,603.16	0.1009	0.3096
v4	20,181.91	0.1157	0.4253
v5	20,507.78	0.1175	0.5428
v6	15,441.15	0.0885	0.6313
v7	16,309.09	0.0935	0.7248
v8	20,447.78	0.1172	0.8420
v9	15,441.15	0.0885	0.9305
v10	12,119.80	0.0695	1.0000
รวมทั้งหมด	174,467.61	1.0000	-

ค่าที่ได้จากการคำนวณแสดงดังตารางที่ 4.3 ดังที่กล่าวมาข้างต้น และจากผลการคำนวณการสะสมค่าความถี่ทำให้สามารถการสร้างวงล้อเสี่ยงทายได้จากการวาดกราฟวงกลม ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 วงล้อรูเล็ต (Roulette-wheel Selection)

จากการสร้างวงล้อรูเล็ต (Roulette-wheel Selection) แสดงดังจากรูปที่ 4.3 สามารถอธิบายได้ว่าชุดคำตอบทั้งหมด 10 คำตอบถูกจัดให้อยู่ในรูปของวงล้อเสี่ยงทายโดยขนาดของช่องที่แบ่งแต่ละคำตอบขึ้นอยู่กับการสะสมค่าความเหมาะสมจากตารางที่ 4.3 ซึ่งหมายความว่ายิ่งคำตอบใดมีค่าการสะสมมาก ขนาดของช่องในวงล้อเสี่ยงทายก็จะมากขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งจะเป็นผลทำให้เมื่อมีการหมุนวงล้อเพื่อเสี่ยงทายช่องขนาดใหญ่ก็อาจจะมีโอกาสได้รับการคัดเลือกมากกว่าช่องที่มีขนาดเล็ก ยกตัวอย่างเช่น คำตอบ v10 ที่มีขนาดช่องในวงล้อเสี่ยงทายมากที่สุดคือ 18% หมายความว่า คำตอบที่ v10 ผลรวมของคำตอบคือ 12,119.80 บาทนั้นมีโอกาสที่จะได้รับการคัดเลือกเป็นคำตอบที่ดีเพื่อใช้ในการสร้างโครโมโซมรุ่นถัดไป

4.2.2 การแสดงผลการปฏิบัติการทางสายพันธุ์ (Genetic Operation)

หลังจากขบวนการคัดเลือกได้ดำเนินไปจนเสร็จสมบูรณ์ตำแหน่งของการจัดเรียงเครื่องจักรจะถูกสร้างขึ้นใหม่จากกระบวนการคัดเลือก โดยเปลี่ยนแผนผังกระบวนการผลิตให้กลายเป็นชุดคำตอบ เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสายพันธุ์ ซึ่งเกิดชุดคำตอบใหม่ขึ้นนี้เป็นขั้นตอนสำคัญอีกขั้นตอนหนึ่งในวัฏจักรของวิธีเชิงพันธุกรรม มีการคาดหวังว่าชุดคำตอบใหม่นี้จะเป็นคำตอบที่เหมาะสมของระบบ

ในงานวิจัยนี้มีการปฏิบัติการทางสายพันธุ์ของวิธีเชิงพันธุกรรมคือการสลับสายพันธุ์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

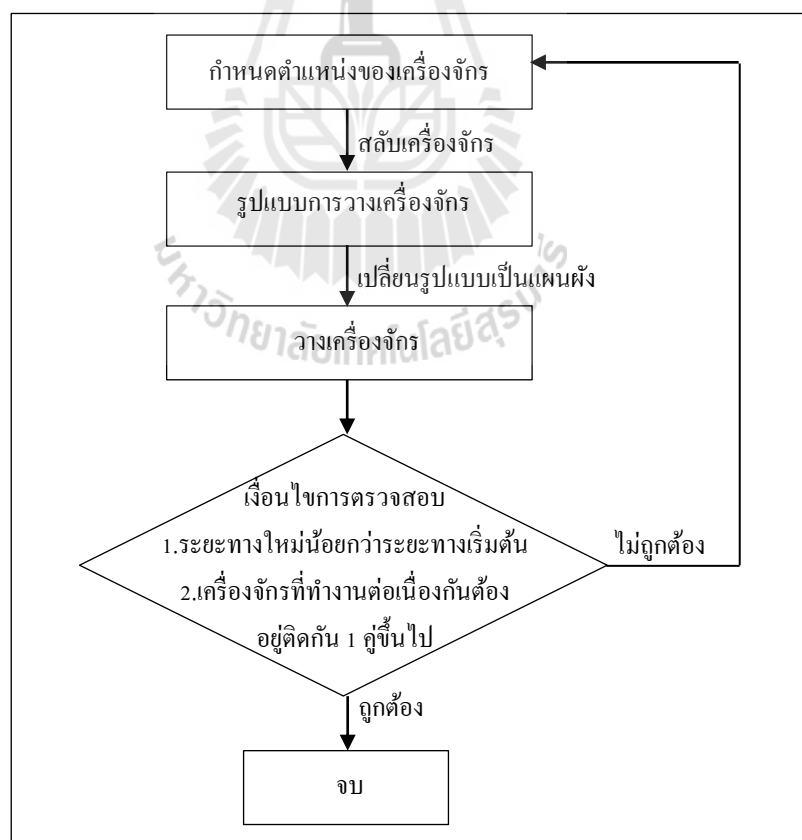
การสลับสายพันธุ

ในงานวิจัยนี้นำเสนอขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่ โดยมีการปรับปรุงการสลับสายพันธุ (Crossover) คือทำการสุมตำแหน่งของการจัดเรียงเครื่องจักรมาสองชุดคำตอบ จากนั้นทำการสลับเครื่องจักรระหว่างสองชุดคำตอบนั้น ซึ่งขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่นี้มีเงื่อนไขการตรวจสอบ 2 เงื่อนไขได้แก่

1) ระยะทางโดยรวมหลังจากการจัดเรียงสถานีงาน (d) ต้องมีค่าน้อยกว่าระยะทางโดยรวมเริ่มต้น (D)

2) พิจารณาลำดับการทำงาน กล่าวคือเครื่องจักรใดทำงานต่อกันในเครื่องจักรนั้นอยู่ติดกันโดยจำเป็นต้องมีเครื่องจักรที่ทำงานทำดับต่อกัน แล้วอยู่ติดกันมากกว่า 1 คู่ขึ้นไปจากกระบวนการผลิตทั้งหมด

หากไม่ผ่านเงื่อนไขใด เงื่อนไขหนึ่งก็จะต้องกลับไปยังขั้นตอนแรกซึ่งคือกำหนดตำแหน่งของการวางเครื่องจักร แต่หากพบว่าเงื่อนไขเป็นจริงหยุดทำงาน ขั้นตอนการทำงานแสดงดังแผนภาพที่ 4.4



รูปที่ 4.4 กระบวนการทำงานของขั้นตอนการสลับสายพันธุ

การคำนวณจากตัวอย่างที่ 4.3

1) เมื่อตำแหน่งของเครื่องจักรผ่านการคัดเลือกเป็นคำตอบต้นแบบ จากนั้นเข้าสู่กระบวนการสลับสายพันธุ์

	Crossover							
Parent 1:	F	C	B	A	E	H	D	G
Parent 2:	C	F	B	E	A	D	H	G
↓								
Offspring 1:	F	C	B	A	E	D	H	G
Offspring 2:	C	F	B	E	A	H	D	G

รูปที่ 4.5 การแสดงวิธีการสลับสายพันธุ์

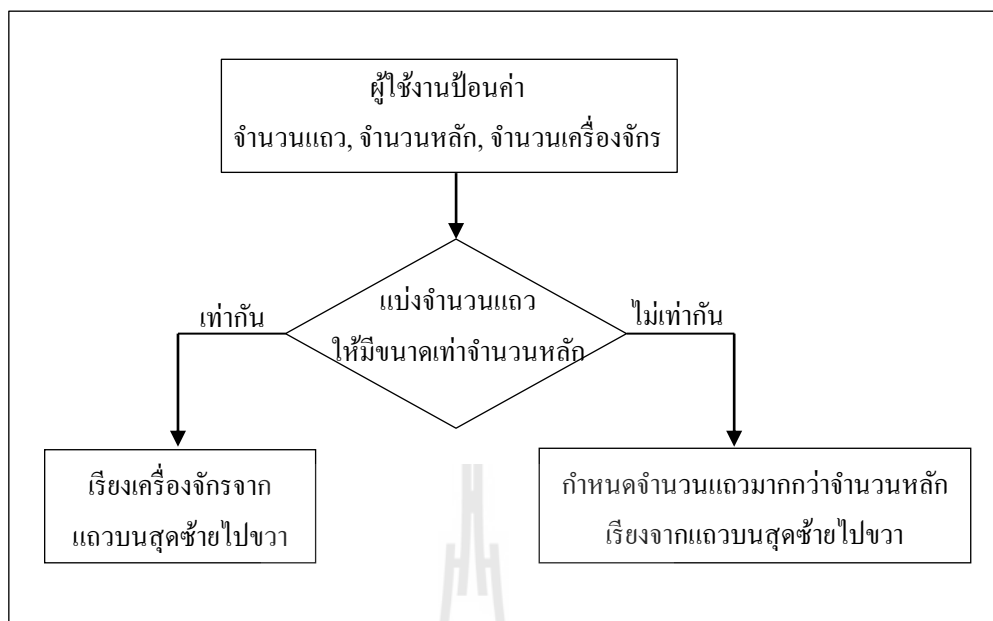
2.) รับข้อมูลจากผู้ใช้งาน

ข้อมูลจากผู้ใช้งานประกอบด้วย 8 เครื่องจักร, 3 ผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วยลำดับการทำงานของเครื่องจักรดังนี้

- ผลิตภัณฑ์ที่ 1. ประกอบด้วย A – B – C – D
- ผลิตภัณฑ์ที่ 2. ประกอบด้วย A – E – F – G
- ผลิตภัณฑ์ที่ 3. ประกอบด้วย A – H

จากทั้งสามผลิตภัณฑ์ได้ระยะทางขนส่งโดยรวมเริ่มต้นเท่ากับ 39 เมตร ($D = 39 \text{ m.}$) และพื้นที่จัดวางเครื่องจักร 5 หลักคูณ 5 แถว

3) ทำการแปลงโครโมโซมเป็นรูปแบบของแผนผังการจัดเรียงเครื่องจักร โดยจัดวางลงในพื้นการผู้กำหนดมาให้ แต่จะจัดวางในตำแหน่งที่จำนวนแถวและจำนวนมีขนาดใกล้เคียงกันเพื่อให้วางเครื่องจักรนั้นมีการทำงานต่อเนื่องกันมากที่สุดและยังทำให้ผลรวมของระยะทั้งหมดลดลง ขั้นตอนการทำงานแสดงดังภาพที่ 4.6



รูปที่ 4.6 กระบวนการจัดแถวและหลักของเครื่องจักร

ตัวอย่างเช่น มีเครื่องจักร 8 เครื่องสามารถจัดวางได้ประมาณ 3 หลักและ 3 แถวเพื่อประหยัดพื้นที่และระยะทางการขนส่งซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตนั้นลดลงด้วยเช่นกัน ยกตัวอย่างเช่น [5x5] เป็น [3x3]

4) ทำการเปลี่ยนแปลงคำตอบจากรูปแบบของโครโมโซมเป็นแผนผังการจัดเรียงเครื่องจักร โดยเรียงตามลำดับอักษรตัวแรกถูกกำหนดเป็นตำแหน่งที่ 1 ของแผนผัง [$A = 1$] จากนั้นจัดเรียงตามลำดับถัดมาจนครบทุกตำแหน่งแสดงดังรูปที่ 4.7

Offspring 2: [C F B E A H D G]



C	F	B
E	A	H
D	G	

รูปที่ 4.7 การแสดงวิธีการจัดเรียงเครื่องจักร

5) จากนั้นทำการประเมินผลโครโมโซมจาก Offspring 2: [C F B E A H D G]
ทำการประเมินผลจากสมการที่ (3.1) โดยเริ่มจากการหาระยะทาง และหาต้นทุนการขนย้ายวัสดุตามลำดับ

- ปริมาณความถี่ของงาน ในการขนส่ง = 8 ชิ้น/รอบ
- ราคาต้นทุนในการขนย้ายวัสดุ = 77 บาท

เมื่อทำการวัดระยะทางระหว่างสถานีงานแบบเรกติเนียร์แล้วจากนั้นทำการคำนวณหาต้นทุนการขนย้ายวัสดุจากสมการที่ (3.1) แสดงผลการคำนวณดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการคำนวณการสลับสายพันธุ์ของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่

ผลิตภัณฑ์	เส้นทางการผลิต	ระยะทางระหว่าง เครื่องจักร (เมตร)	ระยะทางรวม (d) (เมตร)	ต้นทุนการ ขนส่ง (บาท)
ผลิตภัณฑ์ที่ 1	A-B	2.675	10.68	6,575.80
	B-C	5.350		
	C-D	2.650		
ผลิตภัณฑ์ที่ 2	A-E	1.000	8.00	4,928.00
	E-F	4.350		
	F-G	2.650		
ผลิตภัณฑ์ที่ 3	A-H	1.000	1.00	616.00
	รวม		19.86	12,119.80

6) เมื่อทำการประเมินผลแล้ว โครโมโซมที่ได้รับการคัดเลือกจะเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบเงื่อนไขเพื่อหาคำตอบที่คี่น้อยที่สุดของปัญหานี้

- เงื่อนไขที่ 1 : ผลเฉลยหรือคำตอบที่จากการประมวลผลในข้อที่ 5 (d) จะต้องมีความถี่ของระยะทางที่น้อยกว่าระยะทางขนส่งโดยรวมเริ่มต้น (D) เสมอ ($d < D$)
- เงื่อนไขที่ 2 การจับคู่เครื่องจักรที่ลำดับการทำงานต่อเนื่องกัน มากกว่า 1 คู่ขึ้นไปจากกระบวนการผลิตทั้งหมด ซึ่งลำดับการทำงานของเครื่องจักรทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย
 - ผลิตภัณฑ์ที่ 1. ประกอบด้วย A – B – C – D
 - ผลิตภัณฑ์ที่ 2. ประกอบด้วย A – E – F – G
 - ผลิตภัณฑ์ที่ 3. ประกอบด้วย A – H

เมื่อตรวจสอบแล้วพบว่าเงื่อนไข เป็นจริงตำแหน่งการจัดวางเครื่องจักรจะกลายเป็นคำตอบของปัญหา ซึ่งตำแหน่งการจัดเรียงเครื่องจักรชุดที่ดีที่สุดได้แก่ Offspring 2: [C F B E A H D G] สามารถจัดวางได้ดังรูปที่ 4.8

C	F	B
E	A	H
D	G	

รูปที่ 4.8 แผนผังที่เหมาะสมที่สุดของการจัดเรียงเครื่องจักร

เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างลำดับการผลิตกับแผนผังที่เป็นคำตอบของปัญหาพบว่ามีทั้งหมด 2 คู่จากกระบวนการผลิตทั้งหมด ได้แก่ $[E - A]$ และ $[A - H]$ และต้นทุนของการเคลื่อนที่ของวัสดุมีค่าเท่ากับ 12,119.80 บาท

เมื่อเงื่อนไขนั้นเป็นจริงก็ทำการวนลูปซ้ำ จนกระทั่งแผนผังไม่มีการเปลี่ยนแปลง ได้ชุดคำตอบเดินซ้ำๆเกิน 1000 รอบ ซึ่งกลายเป็นคำตอบของปัญหาแสดงดังรูปที่ 4.8 หากไม่ตรงตามเงื่อนไขข้อใดข้อหนึ่ง ต้องกลับไปยังการกระบวนการหาคำตอบกระบวนการแรกคือการกำหนดตำแหน่งการวางเครื่องจักรนั่นเอง

หากพิจารณาจากตำแหน่งการวางเครื่องจักรพบว่าคำตอบที่ได้จากการวิชันเชิงพันธุกรรมแบบใหม่มีค่าลดลง หมายความว่าต้นทุนโดยรวมของการขนถ่ายวัสดุลงซึ่งส่งผลให้กิจกรรมภายในกระบวนการผลิตนั้นเกิดความคล่องตัวและสามารถผลิตได้มากขึ้น

จากงานวิจัยนี้พบว่าการกลายพันธุ์ไม่ส่งต่อคำตอบของการแก้ไขปัญหการจัดเรียงสถานงาน ซึ่งมีอัตราการการกลายพันธุ์จะมีค่าค่อนข้างต่ำ หรืออาจจะกล่าวได้ว่าความน่าจะเป็นในการการกลายพันธุ์ (Pm) นั้นมีค่าน้อย เมื่อเปรียบเทียบคำตอบที่ได้กับโครโมโซมรุ่นก่อนหน้าเพื่อหาคำตอบของปัญหาที่ดีที่สุด

4.2.3 การแสดงวิธีการแทนที่ (Replacement)

การแทนที่ (Replacement) คือขั้นตอนการนำเอาตำแหน่งการวางเครื่องจักรใหม่ (ชุดคำตอบใหม่) ที่ได้จากกระบวนการสลับสายพันธุ์เป็นแทนที่การวางเครื่องจักรแบบเดิม เพื่อเป็นการคัดเลือกกว่าควรที่จะเลือกชุดคำตอบกลุ่มใด จำนวนเท่าไร ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเหมือนกับการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติสิ่งมีชีวิตที่มีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าจะ

สามารถอยู่รอดได้ในขณะที่สิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่ไม่สามารถปรับตัวเองได้จะต้องสูญพันธุ์ไป การปรับตัวดังกล่าวแสดงว่าสิ่งมีชีวิตนั้นมีวิวัฒนาการเกิดขึ้น เมื่อเกิดการแทนที่ในกลุ่มคำตอบเดิมจะส่งผลให้คำตอบของปัญหาเข้าสู่และมีโอกาสที่จะพบค่าที่ดีที่สุดของคำตอบของปัญหาได้ในที่สุด

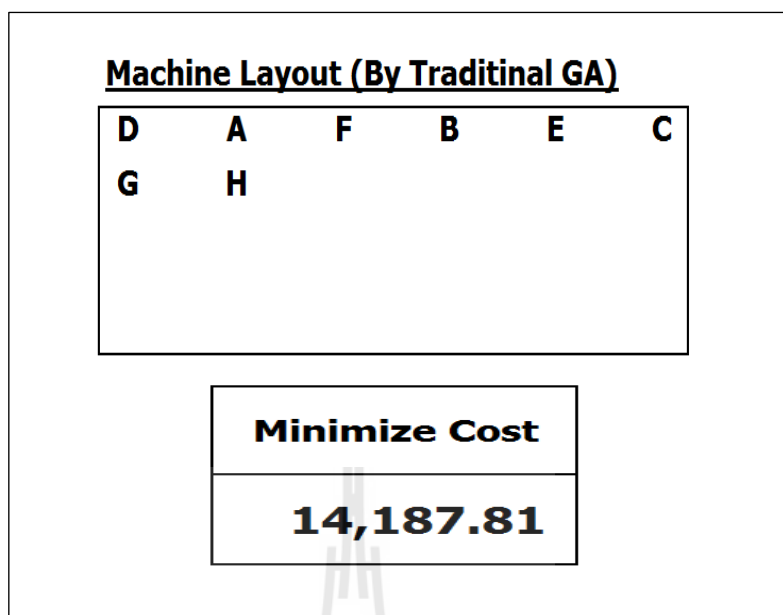
จากตัวอย่างที่ 4.1 เมื่อผ่านขั้นตอนการคัดเลือก และเข้าสู่การปฏิบัติการทางพันธุกรรมคือ การสลับสายพันธุ์ จากนั้นทำการประเมินผลโดยใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เมื่อพบว่าโครโมโซมรุ่นลูกดีกว่าโครโมโซมรุ่นก่อนทำการแทนค่าและยังคงเก็บโครโมโซมส่วนที่ดีไว้ และการตรวจสอบเพื่อหยุดเงื่อนไขการทำงาน

กระบวนการของวิธีเชิงพันธุกรรมนั้นจะทำการวนรอบ ผ่านขั้นตอนต่างๆ จนกระทั่งพบกับเงื่อนไขในการจบการทำงาน ซึ่งกำหนดโดยพิจารณาจากผลของคำตอบ เช่น ถ้าพบคำตอบที่ซ้ำกันมากกว่า 1000 รอบให้หยุดทำงานเป็นต้น

4.3 การแสดงผลการจัดเรียงสถานีงาน

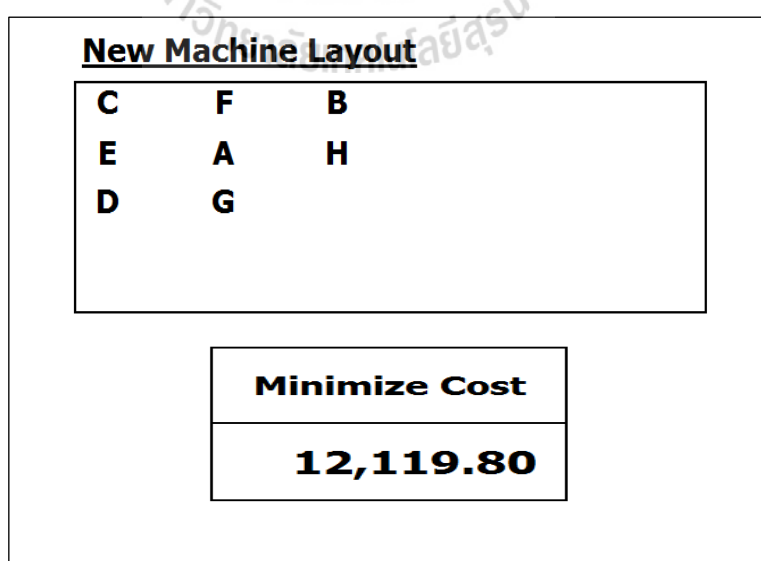
เมื่อผู้ใช้งานกรอกข้อมูลเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมจะทำการคำนวณหาระยะทางโดยรวมของการขนถ่ายวัสดุที่น้อยที่สุด โดยแสดงผลลัพธ์ของการจัดเรียงสถานีงานออกมาในรูปแบบของพื้นที่การทำงานเป็นแบบบล็อกเพลน

โปรแกรมจะเริ่มจากการจัดวางสถานีงานตามขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่ได้กล่าวไปข้างต้น โดยคิดระยะทางจากจุดศูนย์กลางของแต่ละสถานีงาน โดยพิจารณาจากการหาต้นทุนโดยรวมของการขนถ่ายวัสดุที่น้อยที่สุด โดยที่ผู้ใช้งานสามารถเลือกกำหนดจำนวนแถว จำนวนหลัก และพื้นที่การทำงานทั้งหมดได้ด้วยตนเอง จากผลการคำนวณขั้นพื้นฐานและการค้นหาคำตอบโดยวิธีเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม และสามารถประเมินแผนผังการจัดเรียงสถานีงานได้โดยอาศัยหน้า Excel Spreadsheet จึงทำให้ผู้ใช้อื่นเข้าใจได้โดยง่ายดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 แสดงผลการคำนวณจากเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม

นอกจากแสดงผลการคำนวณหาต้นทุนโดยรวมของการขนถ่ายวัสดุที่น้อยที่สุดด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิมที่ผู้ใช้งานกำหนดค่าเองได้แล้ว โปรแกรมนี้ยังเสนอผลคำตอบของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่อีกหนึ่งคำตอบเพื่อเพิ่มความหลากหลาย ช่วยให้เกิดความสมดุล และยังได้คำตอบที่ดีกว่าเดิมอีกด้วย ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แสดงผลการคำนวณจากโปรแกรมของงานวิจัยนี้

หลักการทํางานของทั้งสองวิธีนี้จะเกิดขึ้นพร้อมกัน โดยอาศัยชุดข้อมูลเดียวกัน เมื่อผู้ใช้งานกดปุ่มทํางาน โปรแกรมจะประมวลคำตอบบนหน้า Excel Spreadsheet ออกมาให้ทั้งสองวิธีซึ่งหลักการของวิธีที่สองที่งานวิจัยนี้นำเสนอ นั้น จะอาศัยหลักการทํางานของวิธีการเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิมมาปรับปรุงแก้ไข โดยการเปรียบเทียบระยะทางของแต่ละผลิตภัณฑ์กับระยะทางต้นแบบที่ผู้ใช้งานกรอกค่าไว้ตั้งแต่ต้น และทํากการจัดเรียงใหม่จนกว่าจะได้คำตอบที่น้อยกว่าระยะจากวิธีเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม เมื่อได้คำตอบของระยะ โดยรวมของการขนส่งวัสดุแล้ว จากนั้นนำเข้าสู่กระบวนการทางพันธุกรรมอีกครั้ง กระบวนการสำคัญคือ การสลับสายพันธุ์ ซึ่งการสลับสายพันธุ์จะทํากการเปลี่ยนตำแหน่งของเครื่องจักรโดยให้ลำดับการทํางานของแต่ละผลิตภัณฑ์มีความต่อเนื่องและอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กันที่สุด ซึ่งอ้างอิงมาจากข้อมูลที่ผู้ใช้งานกำหนดมาให้ (ข้อมูลจากรูปที่ 3.9) จากนั้นเข้าสู่กระบวนการประเมินผลเช่นเดียวกันกับวิธีเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม

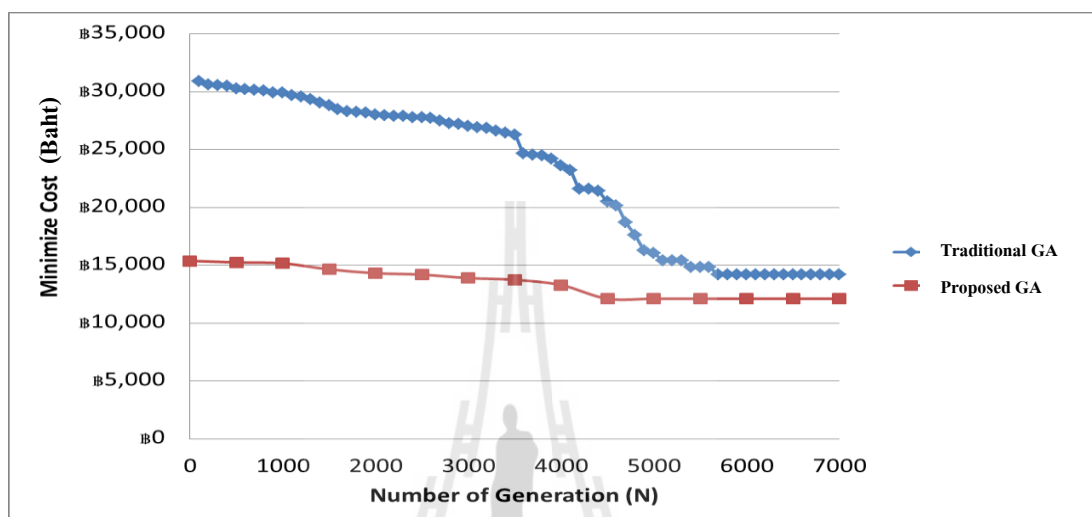
คำตอบที่ดีที่สุดที่ได้จากกระบวนการนี้จะถูกเก็บไว้และนำเข้าสู่กระบวนการค้นหาคำตอบแบบเดิมโดยจะทํากการวนรอบผ่านขั้นตอนต่าง ๆ แล้วแสดงผลที่ได้บนหน้า Excel Spreadsheet ดังรูปที่ 4.11 โดยภาพรวมของหน้าโปรแกรมนั้นสามารถเข้าใจได้และปรับเปลี่ยนข้อมูลได้โดยง่ายไม่ยุ่งยากและซับซ้อน โดยมีปุ่มควบคุมการทํางาน 2 ปุ่ม ได้แก่ปุ่มด้านบน “RUN” จะเป็นปุ่มประมวลผลเพื่อหาคำตอบของทั้งสองวิธีที่ได้กล่าวไปข้างต้น และปุ่มด้านล่าง “Reset” คือปุ่มที่ทํากการรีเซ็ตข้อมูล เพื่อให้ผู้ใช้งานได้นำปัญหาอื่นๆ มาทดสอบเพื่อหาคำตอบต่อไปได้แสดงดังรูปที่ 4.11

Machine Layout (By Traditinal GA)						New Machine Layout		
D	A	F	B	E	C	C	F	B
G	H					E	A	H
						D	G	

RUN	Minimize Cost	Minimize Cost
Reset	14,187.81	12,119.80

รูปที่ 4.11 หน้าโปรแกรมบน Excel Spreadsheet

การประมวลผลเพื่อหาคำตอบจะทำไปเรื่อยๆ จนกระทั่งพบกับเงื่อนไขในการจบการทำงาน ซึ่งกำหนดโดยพิจารณาจากผลของค่าคำตอบ ในงานวิจัยนี้กำหนดเงื่อนไขการจบโปรแกรมการหาคำตอบของวิธีการนี้ว่าถ้าพบคำตอบที่ซ้ำกันมากกว่า 1000 รอบให้หยุดทำงานพิจารณาได้จากรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบในการทดสอบกับต้นทุนโดยรวมของการขนถ่ายวัสดุ

ซึ่งกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบในการทดสอบ (N) กับต้นทุนโดยรวม จะมีการปรับเปลี่ยนไปตามผลที่แสดงจากหน้าโปรแกรมของวิธีเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม และจากหน้าโปรแกรมของวิธีที่งานวิจัยนี้นำเสนอ จึงแสดงให้เห็นว่ากราฟทั้งสองเส้นมีลักษณะคู่เข้า โดยกราฟเส้นสีน้ำเงินที่แทนคำตอบของวิธีเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม ซึ่งมีคำตอบของปัญหาที่สูงกว่าอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับคำตอบที่ได้จากวิธีที่งานวิจัยนี้ซึ่งนำเสนอแทนด้วยกราฟเส้นสีแดง เมื่อทำการประมวลผลและวนซ้ำไปเรื่อยๆ ทั้งสองวิธี จะพบวิธีที่งานวิจัยนี้เสนอนั้นได้คำตอบที่คงที่เร็วกว่าวิธีการแบบดั้งเดิมตั้งแต่การประมวลผลที่ 6000 รอบ ในขณะที่วิธีการดั้งเดิมมีคำตอบคงที่ที่ 7000 รอบ

นอกจากหน้าโปรแกรมที่สามารถเข้าใจได้โดยง่ายแล้ว กราฟที่แสดงผลออกมายังใช้เพิ่มความมั่นใจว่าคำตอบที่ได้มีลักษณะคู่เข้าหาคำตอบและคงที่ จึงพิจารณาได้ว่าคำตอบเหล่านี้เป็นคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาการจราจรสถานีงาน

4.4 กรณีศึกษา

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาปัญหาการจัดเรียงสถานีงานของโรงงานอุตสาหกรรมในระบบการผลิต โดยรูปแบบของปัญหาประกอบด้วยสถานีงานหลายสถานีงาน แต่ละสถานีงานมีพื้นที่เป็นที่เหลื่อมมุมฉากไม่มีการเปลี่ยนแปลงขนาด มีการกำหนดจุดศูนย์กลางเพื่อวัดระยะทางการขนส่งระหว่างสถานีงานให้ใกล้เคียงกับเส้นทางขนถ่ายวัสดุจริงมากที่สุด ทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการงานวิจัยทั้งสองวิธีนี้กับงานวิจัยในลักษณะเดียวกัน

งานวิจัยนี้ทำการทดสอบและประมวลผลเพื่อแก้ไขปัญหาดังทั้งหมด 5 ตัวอย่างจากกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมจากงานวิจัยอื่นๆ ได้แก่

- 1) กรณีศึกษาที่1. ข้อมูลจากการประกอบหน้าบานตู้โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์แห่งหนึ่ง
- 2) กรณีศึกษาที่2. Sensitivity Analysis to Determine the Parameters of Genetic (C. Srinivas et al. ,2014)
- 3) กรณีศึกษาที่3. Genetic Algorithms Optimization For The Machine Layout Problem (Norhashimah Morad, 2011)
- 4) กรณีศึกษาที่4. Facility layout and location an analytical approach (Francis, White, J. A.,1992)
- 5) กรณีศึกษาที่5. การออกแบบและวางผังโรงงานผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์ม (นิตยา บำรุงราษฎร์,2552)

งานวิจัยนี้นำเสนอเทคนิคในการจัดเรียงเครื่องจักร โดยการประยุกต์ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่มาช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าว ผลจากการทดลองทั้งหมดสองวิธีได้แก่ การประยุกต์ใช้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม และการประยุกต์ใช้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่ จากนั้นนำผลการทดลองทั้งสองวิธีเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากกรณีศึกษาทั้ง 5 กรณีศึกษาดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งเป็นงานวิจัยในลักษณะเดียวกัน เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของวิธีเชิงพันธุกรรม

ในการทดลองทางตัวเลขนั้นใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการคำนวณซึ่งมีการเขียนโปรแกรมโดยใช้ Visual Basic for Applications ประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ Intel(R) Core(TM) i5-4500 U CPU @ 2.0 GHz RAM 4.0 GB ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Window 7

4.4.1 กรณีศึกษาที่ 1: ข้อมูลจากกระบวนการประกอบหน้าบานตู้ จากโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์แห่งหนึ่ง ข้อมูลของกรณีศึกษาที่ 1 แสดงดังตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.5 เส้นทางการผลิตของกรณีศึกษาที่ 1 ประกอบด้วยเครื่องจักร

ผลิตภัณฑ์	ลำดับเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต			
ผลิตภัณฑ์ 1	A	B	C	D
ผลิตภัณฑ์ 2	A	E	F	G
ผลิตภัณฑ์ 3	A	H		

ตารางที่ 4.6 แสดงขนาดของเครื่องจักรและลำดับการผลิตของกรณีศึกษาที่ 1

พื้นที่	ขนาด (เมตร)		ระยะระหว่างเครื่องจักร(เมตร)
	กว้าง (W)	ยาว (L)	
A	2.00	2.00	1.00
B	1.35	1.30	1.00
C	1.30	1.25	1.00
D	1.35	1.30	1.00
E	1.22	1.25	1.00
F	1.00	1.00	1.00
G	1.22	1.25	1.00
H	1.20	1.22	1.00

การดำเนินงานเพื่อแก้ไขปัญหา

จากกรณีศึกษาที่ 1 เป็นการแก้ไขปัญหาของการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว ประกอบด้วย 8 เครื่องจักร, 3 ผลิตภัณฑ์ จากกระบวนการประกอบหน้าบานตู้ของโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์แห่งหนึ่ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะทางการเคลื่อนย้ายวัสดุ กิจกรรมที่ดำเนินการในกระบวนการนี้ประกอบด้วย

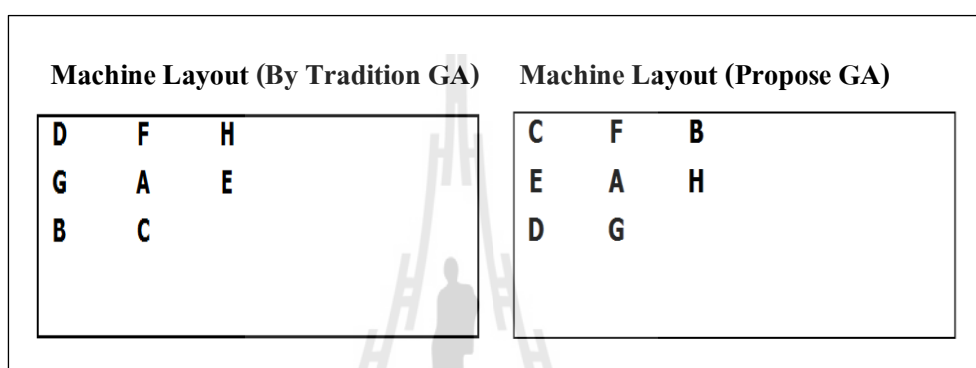
- 1) รับไม้แปดเหลี่ยมมาจากกระบวนการตัด
- 2) ประกอบมุมทั้ง 3 มุม
- 3) ใส่กระจกหรือบานไม้

4) ปิดด้านบนด้วยไม้แปดเหลี่ยม

งานวิจัยนี้ทำเสนอวิธีการจัดเรียงเครื่องจักร โดยประยุกต์ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่เพื่อแก้ไขปัญหานี้ในพื้นที่การทำงานเดิม แต่ปรับเปลี่ยนตำแหน่งการวางของเครื่องจักรโดยอาศัยแนวคิดจากขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่ ตัวอย่างของขั้นตอนการดำเนินงานนี้ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 4.2

ผลการดำเนินงาน

จากการเสนอวิธีเชิงพันธุกรรมแบบใหม่สามารถให้คำตอบของการจัดเรียงสถานีนงานใหม่ได้ดังรูป

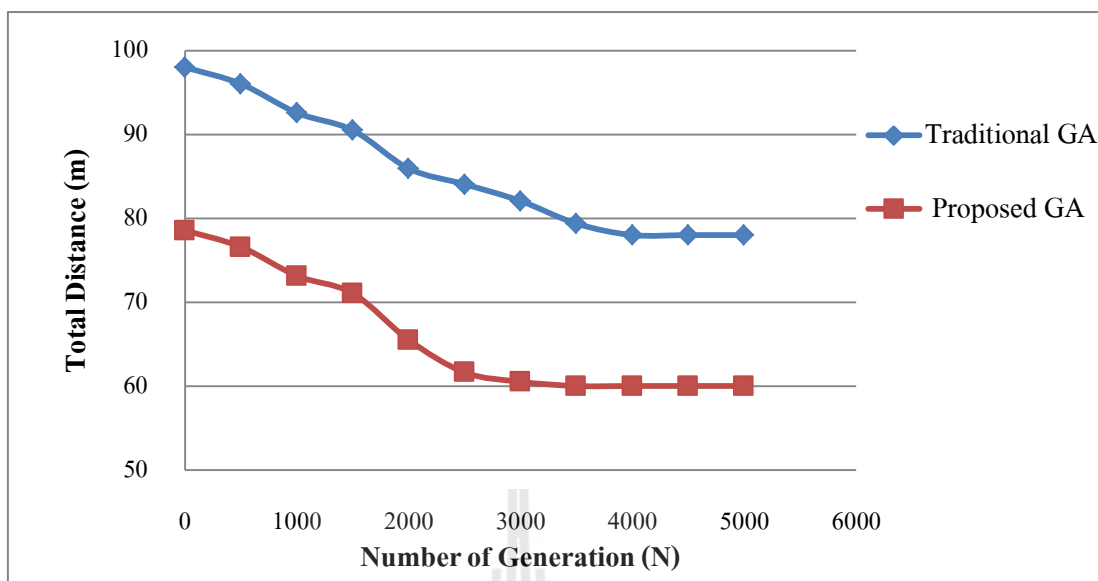


รูปที่ 4.13 การจัดเรียงเครื่องจักรของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิมและแบบใหม่

เมื่อได้รูปแบบการวางเครื่องจักรที่เหมาะสมจากนั้นทำการคำนวณระยะทางการเคลื่อนย้ายวัสดุที่น้อยที่สุดจากสมการที่ (3.1) ผลการคำนวณระยะที่สามารถลดลงได้ แสดงดังตารางที่ 4.7 และยังสามารถแสดงให้เห็นถึงคำตอบของระยะทางการเคลื่อนย้ายวัสดุที่น้อยที่ได้ดังรูปที่ 4.14

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบผลระหว่าง ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิมและแบบใหม่

Method	Distance
Before Arranging	39.00
Traditional GA	34.34
Proposed GA	31.95



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบในการทดสอบ
กับระยะทางโดยรวมของการขนถ่ายวัสดุ

4.4.2 กรณีศึกษาที่ 2: ข้อมูลจากงานวิจัย “Sensitivity Analysis to Determine the Parameters of Genetic” (C. Srinivas et al., 2014) ข้อมูลของกรณีศึกษาที่ 2 แสดงดังตารางที่ 4.8

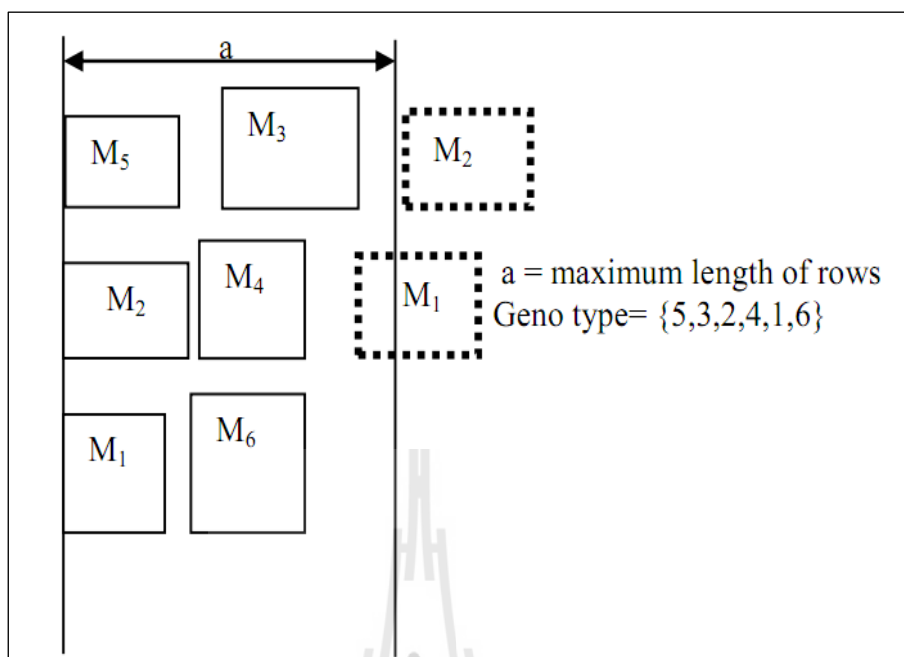
ตารางที่ 4.8 แสดงขนาดของสถานีงานของกรณีศึกษาที่ 2

Machine	Width (m)	Length(m)	Machine	Width (m)	Length(m)
A	5.00	3.00	I	3.50	3.00
B	2.00	2.00	J	4.50	4.00
C	2.50	2.00	K	2.50	2.00
D	6.00	3.50	L	5.50	3.00
E	3.00	1.50	M	3.00	2.50
F	4.00	4.00	N	2.00	1.50
G	2.00	2.00	O	4.00	3.00
H	6.00	3.50			

การดำเนินงานเพื่อแก้ไขปัญหา

จากกรณีศึกษาที่ 2 เป็นการแก้ไขปัญหามาจากการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว (15 เครื่องจักร, 1 ผลิตภัณฑ์) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการเคลื่อนย้ายวัสดุ โดยประยุกต์ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบในแก้ไขปัญหามาจากกรณีศึกษาที่ 2 นี้

จากข้อมูลของกรณีศึกษาที่ 2 (C. Srinivas et al., 2014) เป็นเส้นทางการผลิตของผลิตภัณฑ์ชนิดเดียว โดยเริ่มจากเครื่องจักร A ไปจนถึง O ตามลำดับ ซึ่งการจัดเรียงเครื่องจักรของกรณีศึกษาที่ 2 นี้ใช้แนวคิดขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม โดยการสุ่มตำแหน่งเครื่องจักรแล้วทำการจัดวางลงในพื้นที่การทำงาน โดยเริ่มเรียงจากแถวด้านบนสุด จากฝั่งซ้ายไปขวามีขนาดของเครื่องจักรเกินพื้นที่ทำงานที่กำหนดให้ ก็จะเริ่มเรียงในแถวถัดลงมาดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.15 ผลการคำนวณเพื่อลดต้นทุนของกรณีศึกษาที่ 2

จากรูปที่ 4.15 สังเกตได้ว่า a คือระยะของพื้นที่การทำงานทั้งหมด และเครื่องจักร [M1, M2, M3, M4, M5, M6] เป็นเครื่องจักร

นอกจากนี้ยังมีการปรับค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับการแก้ไขปัญหานี้คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ (Probability of Crossover : P_c) = 0.7 และค่าความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (Probability of Mutation : P_m) = 0.3 ได้ต้นทุนที่ต่ำที่สุดจากการดำเนินงานครั้งนี้คือ 274,148 รูปี

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการจัดเรียงเครื่องจักร โดยประยุกต์ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่เพื่อแก้ไขปัญหานี้ในพื้นที่การทำงานเดียวกันกับกรณีศึกษาที่ 2 แต่ปรับเปลี่ยนตำแหน่งการวางของเครื่องจักรโดยอาศัยแนวคิดจากขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่ ซึ่งตัวอย่างของขั้นตอนการดำเนินงานนี้ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 4.2 จากนั้นทำการเปรียบเทียบคำตอบที่ได้กับกรณีศึกษาที่ 2 นี้โดยใช้ข้อมูลชุดเดียวกันดังที่กล่าวมาแล้วจากตารางที่ 4.8

ผลการดำเนินงาน

จากการเสนอวิธีเชิงพันธุกรรมแบบใหม่สามารถให้คำตอบของการจัดเรียงสถานีงานใหม่ได้ดังรูป

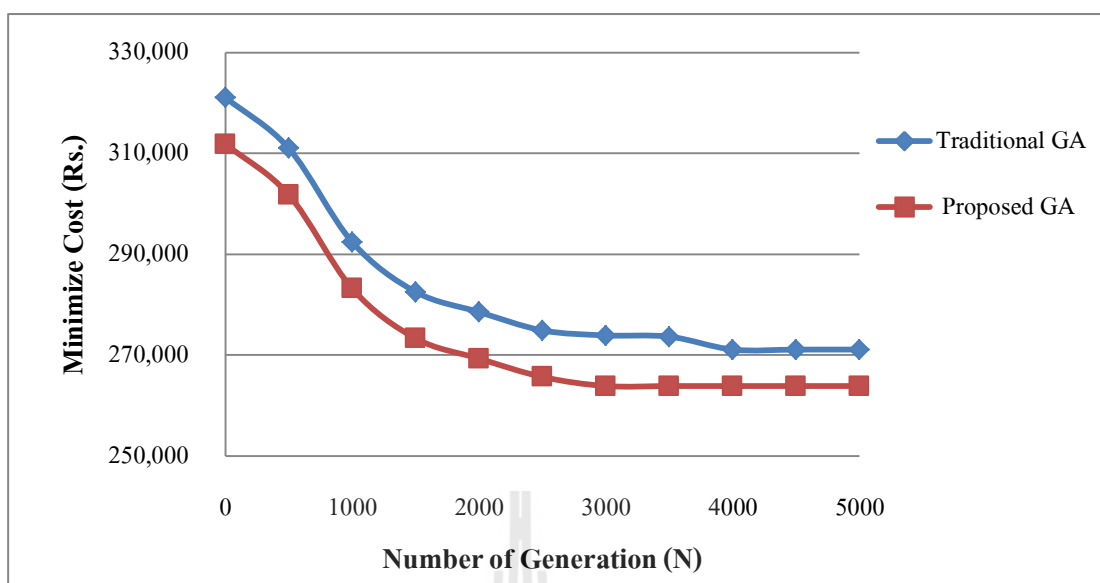
Machine Layout (By Tradition GA)				Machine Layout (By Proposed GA)			
E	A	I	F	L	B	J	A
J	G	L	M	N	O	K	F
B	O	C	N	H	D	I	E
D	K	H		C	M	G	

รูปที่ 4.16 การจัดเรียงเครื่องจักรของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิมและแบบใหม่

เมื่อได้รูปแบบการวางเครื่องจักรที่เหมาะสมจากนั้นทำการคำนวณต้นทุนของการเคลื่อนย้ายวัสดุที่น้อยที่สุดจากสมการที่ (3.1) ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 4.9 และยังสามารถแสดงให้เห็นถึงคำตอบของต้นทุนของการเคลื่อนย้ายวัสดุที่น้อยที่ได้ดังรูปที่ 4.17

ตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบผลระหว่าง ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิมและแบบใหม่

Method	Best Cost
C. Srinivas et al., 2014	274,148
Traditional GA	271,080
Proposed GA	263,851



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบในการทดสอบ
กับต้นทุนโดยรวมของการขนถ่ายวัสดุ

4.4.3 กรณีศึกษาที่ 3: ข้อมูลจากงานวิจัย “Genetic Algorithms Optimization for the Machine Layout Problem” (Norhashimah Morad, 2009) ข้อมูลของกรณีศึกษาที่ 3 แสดงดังตารางที่ 4.10

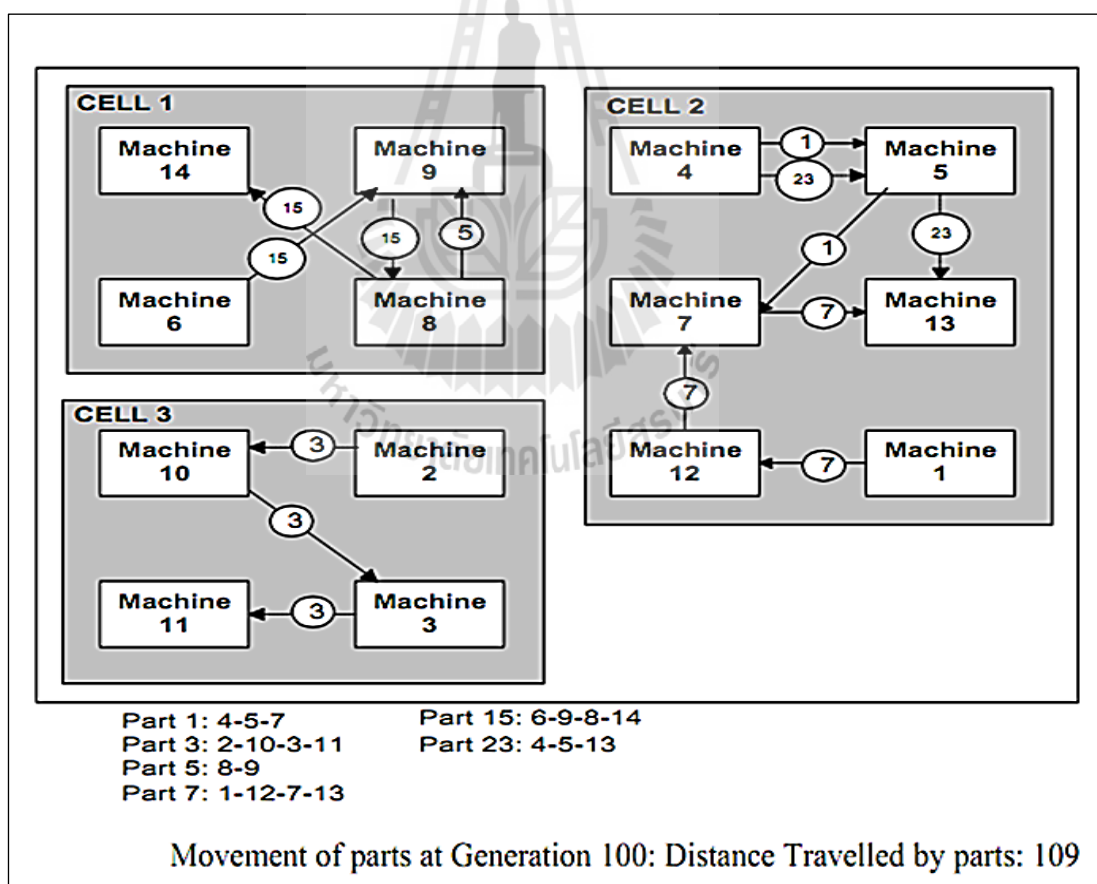
ตารางที่ 4.10 เส้นทางการผลิตของกรณีศึกษาที่ 3

เส้นทาง	ลำดับการทำงานของเครื่องจักร			
Path 1	D	E	G	
Path 2	B	J	C	K
Path 3	H	I		
Path 4	A	L	G	M
Path 5	F	I	H	N
Path 6	D	E	M	

การดำเนินงานเพื่อแก้ไขปัญหา

จากกรณีศึกษาที่ 3 เป็นการแก้ไขปัญหาของการเส้นทางการเคลื่อนย้ายของวัสดุจากเครื่องจักรหนึ่งไปยังเครื่องจักรหนึ่ง ซึ่งประกอบไปด้วย (14 เครื่องจักร, 6 เส้นทาง) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะทางการเคลื่อนย้ายวัสดุ โดยประยุกต์ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่ในแก้ไขปัญหาของกรณีศึกษาที่ 3 นี้

จากข้อมูลของกรณีศึกษาที่ 3 (Norhashimah Morad, 2009) เป็นการจัดเส้นทางการเดินทั้งหมด 6 เส้นทาง ซึ่งการจัดเรียงเครื่องจักรของกรณีศึกษาที่ 3 นี้ใช้แนวคิดขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม โดยการจัดเส้นทางการเคลื่อนย้ายของวัสดุและจะมีการจัดวางผังด้วยรูปแบบเซลล์การผลิตเป็นการจัดวางลงในกลุ่มพื้นที่การทำงานเดียวกัน โดยจัดวางเครื่องจักรตามลำดับการผลิต ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม จากนั้นทำการสุ่มตำแหน่งของเครื่องจักรแล้วทำการจัดเรียงใหม่แสดงดังได้จากรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 ผลการจัดเส้นทางการเดินของเครื่องจักรการกรณีศึกษาที่ 3

จากรูปที่ 4.18 พบว่าเส้นทางการเคลื่อนที่วัสดุทั้งหมด 6 เส้นทางนั้นมีระยะ โดยรวมเท่ากับ 109 หน่วย

งานวิจัยนี้ทำเสนอวิธีการจัดเรียงเครื่องจักร โดยประยุกต์ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่เพื่อแก้ไขปัญหานี้ในพื้นที่การทำงานเดิม แต่ปรับเปลี่ยนตำแหน่งการวางของเครื่องจักรโดยอาศัยแนวคิดจากขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่ ซึ่งตัวอย่างของขั้นตอนการดำเนินงานนี้ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 4.2 จากนั้นทำการเปรียบเทียบคำตอบที่ได้กับกรณีศึกษาที่ 3 ที่มีการจัดวางเครื่องจักรด้วยวิธีที่แตกต่างกัน

ผลการดำเนินงาน

จากการเสนอวิธีเชิงพันธุกรรมแบบใหม่สามารถให้คำตอบของการจัดเรียงสถานีนงานใหม่ได้ดังรูป

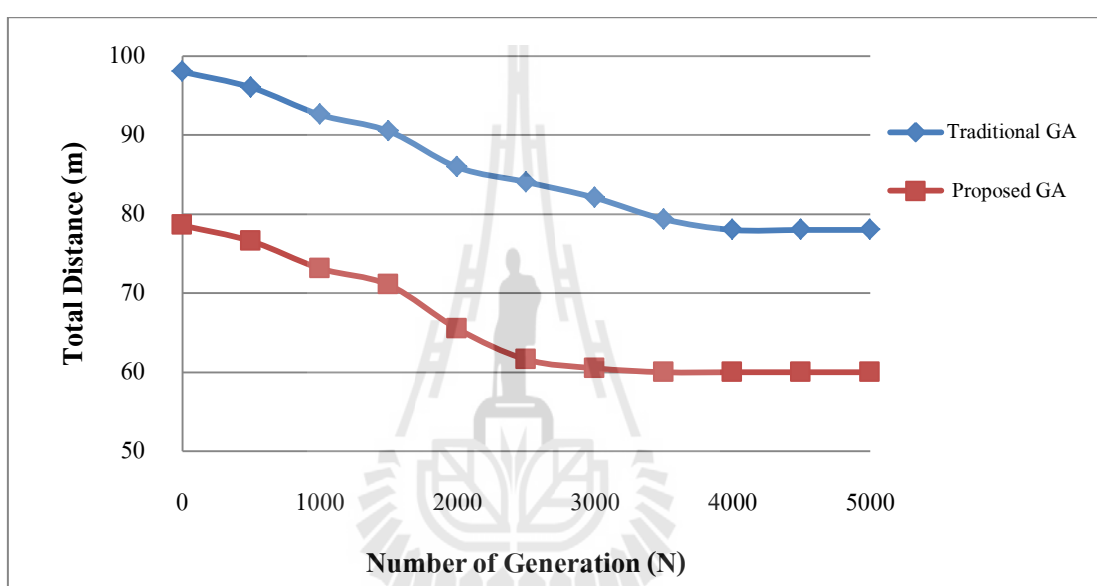
Machine Layout (By Tradition GA)				Machine Layout (By Proposed GA)			
11	2	10	13	7	11	13	5
4	3	6	8	1	2	4	3
9	7	5	1	6	8	9	10
14	12			14	12		

รูปที่ 4.19 การจัดเรียงเครื่องจักรของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิมและแบบใหม่

เมื่อได้รูปแบบการวางเครื่องจักรที่เหมาะสมจากนั้นทำการคำนวณระยะทางของการเคลื่อนย้ายวัสดุที่น้อยที่สุดจากสมการที่ (3.1) ผลการคำนวณแสดง ดังตารางที่ 4.11 และยังสามารถแสดงให้เห็นถึงคำตอบของระยะทางของการเคลื่อนย้ายวัสดุที่น้อยที่ได้ดังรูปที่ 4.20

ตารางที่ 4.11 การเปรียบเทียบผลระหว่าง ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิมและแบบใหม่

Method	Distance
GA of Morad	109.00
Traditional GA	78.00
Proposed GA	60.00



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบในการทดสอบ กับต้นทุนโดยรวมของการขนถ่ายวัสดุ

4.4.4 กรณีศึกษาที่ 4: ตัวอย่างการจัดเรียงสถานีนงานจากหนังสือเรื่อง “Facility layout and location an analytical approach” (Francis, White, J. A., 1992) ข้อมูลของกรณีศึกษาที่ 4 แสดงดังตารางที่ 4.12 และตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.12 แสดงขนาดของสถานีนงานของกรณีศึกษาที่ 4

Machine	Width (m)	Length (m)
A	92.90	9.64
B	111.48	10.56
C	74.32	8.62
D	139.35	11.80
E	232.26	15.24
F	139.35	11.80

ตารางที่ 4.13 เส้นทางการผลิตของกรณีศึกษาที่ 4

ผลิตภัณฑ์	ลำดับของเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต							
P 1	A	B	C	D	E	F		
P 2	A	B	C	B	E	D	C	F
P 3	A	B	E	F				
P 4	A	B	C	E	B	C	F	
P5	A	C	E	F				
P6	A	B	C	D	E	F		
P 7	A	B	D	E	C	B	F	
P8	A	B	C	B	D	B	E	B F
P9	A	B	C	D	F			
P 10	A	B	D	E	F			

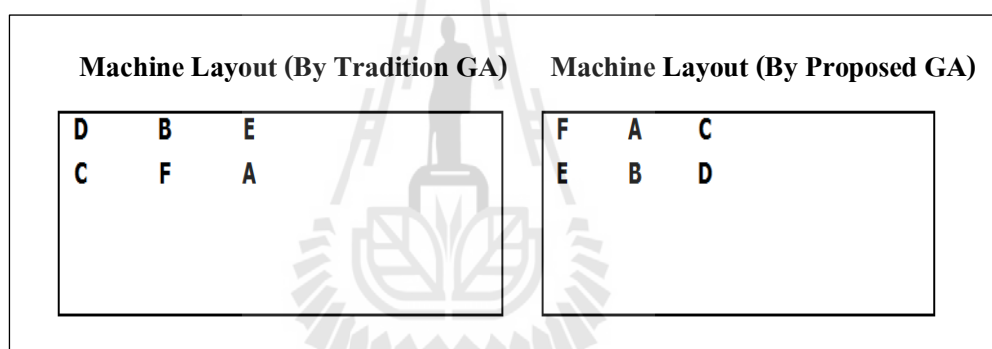
การดำเนินงานเพื่อแก้ไขปัญหา

จากกรณีศึกษาที่ 4 เป็นการแก้ไขปัญหาของการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว (6 เครื่องจักร, 10 ผลิตภัณฑ์) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนของการเคลื่อนย้ายวัสดุ โดยประยุกต์ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบในแก้ไขปัญหาของกระบวนการนี้

งานวิจัยนี้ทำเสนอวิธีการจัดเรียงเครื่องจักร โดยประยุกต์ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่เพื่อแก้ไขปัญหาในพื้นที่การทำงานเดิม แต่ปรับเปลี่ยนตำแหน่งการวางของเครื่องจักรโดยอาศัยแนวคิดจากขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่ ซึ่งตัวอย่างของขั้นตอนการดำเนินงานนี้ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 4.2

ผลการดำเนินงาน

จากการเสนอวิธีเชิงพันธุกรรมแบบใหม่สามารถให้คำตอบของการจัดเรียงสถานีนางใหม่ได้ดังรูป

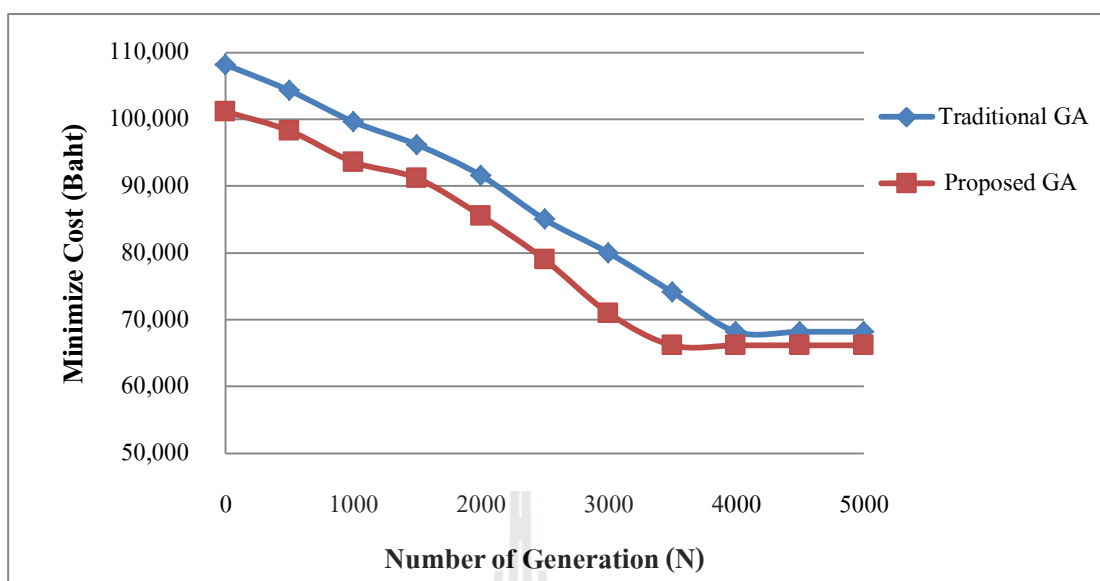


รูปที่ 4.21 การจัดเรียงเครื่องจักรของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิมและแบบใหม่

ได้รูปแบบการวางเครื่องจักรที่เหมาะสมจากนั้นทำการคำนวณต้นทุนของการเคลื่อนย้ายวัสดุที่น้อยที่สุดจากสมการที่ (3.1) ผลการคำนวณแสดง ดังตารางที่ 4.14 และยังสามารถแสดงให้เห็นถึงคำตอบของต้นทุนของการเคลื่อนย้ายวัสดุที่น้อยที่ได้ดังรูปที่ 4.22

ตารางที่ 4.14 การเปรียบเทียบผลระหว่าง ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิมและแบบใหม่

Method	Best Cost
Traditional GA	68,183.51
Proposed GA	66,152.96



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบในการทดสอบ
กับต้นทุนโดยรวมของการขนถ่ายวัสดุ

4.4.5 กรณีศึกษาที่ 5: ข้อมูลจากงานวิจัยเรื่อง “การออกแบบและวางผังโรงงานผลิต
แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์ม” (NSTDA’s Pilot Plant, Nittaya, 2009) ข้อมูลของกรณีศึกษาที่ 5
แสดงดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 แสดงขนาดของสถานีงานของกรณีศึกษาที่ 5

Machine	Width (m)	Length (m)
A	1.20	2.00
B	2.20	3.50
C	2.50	3.40
D	1.20	1.50
E	1.20	1.50
F	4.00	6.00
G	3.50	9.50
H	2.25	3.25

การดำเนินงานเพื่อแก้ไข้ปัญหา

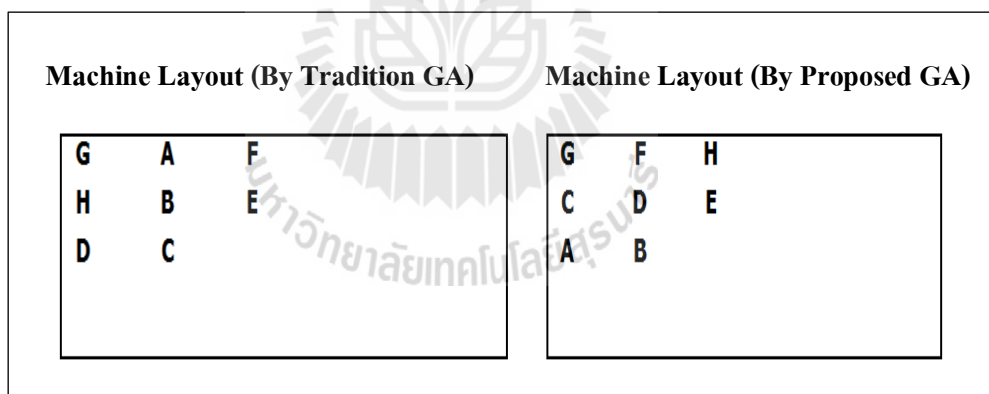
กรณีศึกษาที่ 5 เป็นการแก้ไข้ปัญหาของการจัดเรียงเครื่องจักร ซึ่งประกอบไปด้วย (8 เครื่องจักร, 1 ผลิตภัณฑ์) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนของการเคลื่อนย้ายวัสดุ โดยประยุกต์ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบในแก้ไข้ปัญหาของกรณีศึกษาที่ 5 นี้

จากข้อมูลของกรณีศึกษาที่ 5 (NSTDA's Pilot Plant, Nittaya, 2009) เป็นการจัดเรียงเครื่องจักรเพื่อผลิตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์ม โดยเริ่มจากเครื่องจักร A ไปจนถึง H ตามลำดับ โดยอาศัยหลักการจัดวางอาศัยทฤษฎีการวางแผนผังอย่างเป็นลำดับ (Systematic Layout Planning ; SLP) ในการจัดวางสถานีนงานทั้งหมด ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 2.5

งานวิจัยนี้ทำเสนอวิธีการจัดเรียงเครื่องจักร โดยประยุกต์ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่เพื่อแก้ไข้ปัญหานี้ในพื้นที่การทำงานเดิม แต่ปรับเปลี่ยนตำแหน่งการวางของเครื่องจักรโดยอาศัยแนวคิดจากขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่ ซึ่งตัวอย่างของขั้นตอนการดำเนินงานนี้ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 4.2

ผลการดำเนินงาน

จากการเสนอวิธีเชิงพันธุกรรมแบบใหม่สามารถให้คำตอบของการจัดเรียงสถานีนงานใหม่ได้ดังรูป

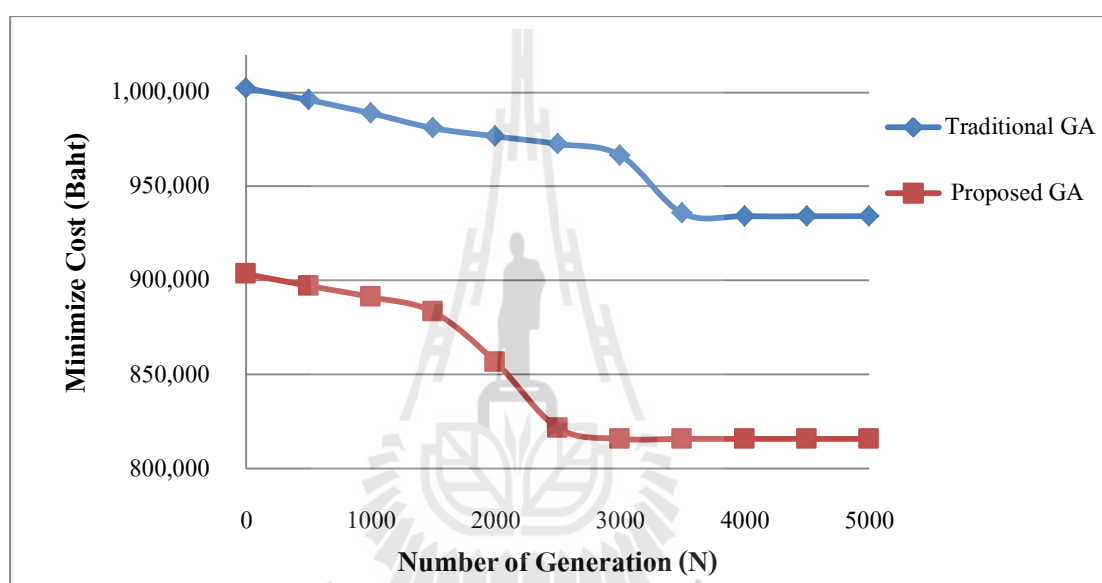


รูปที่ 4.23 การจัดเรียงเครื่องจักรของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิมและแบบใหม่

เมื่อได้รูปแบบการวางเครื่องจักรที่เหมาะสมจากนั้นทำการคำนวณต้นทุนของการเคลื่อนย้ายวัสดุที่น้อยที่สุดจากสมการที่ (3.1) ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 4.16 และยังสามารถแสดงให้เห็นถึงคำตอบของต้นทุนของการเคลื่อนย้ายวัสดุที่น้อยที่สุดได้ดังรูปที่ 4.24

ตารางที่ 4.16 การเปรียบเทียบผลระหว่าง ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิมและแบบใหม่

Method	Best Cost
SLP of Nittaya	941,850
Traditional GA	934,200
Proposed GA	815,850



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบในการทดสอบ กับต้นทุนโดยรวมของการขนถ่ายวัสดุ

4.5 วิเคราะห์ผล

ผลการวิจัยมาจากตัวอย่างของกระบวนการผลิตต่างๆในงานวิจัยอื่นๆประกอบด้วย 5 กรณีศึกษา

- กรณีศึกษาที่1. ข้อมูลจากการประกอบหน้าบานตู้โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์แห่งหนึ่ง
- กรณีศึกษาที่2. Sensitivity Analysis to Determine the Parameters of Genetic (C.

Srinivas et al. ,2014)

- กรณีศึกษาที่3. Genetic Algorithms Optimization For The Machine Layout Problem (Norhashimah Morad, 2011)

- กรณีศึกษาที่ 4. Facility layout and location an analytical approach (Francis, White, J. A., 1992)

- กรณีศึกษาที่ 5. การออกแบบและวางผังโรงงานผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์ม (นิตยา บำรุงราษฎร์, 2552)

สามารถแบ่งออกเป็นสองกลุ่มตัวอย่างตามวัตถุประสงค์ได้แก่

- 1) ลดต้นทุนการเคลื่อนย้ายวัสดุ
- 2) ลดระยะทางโดยรวมของการเคลื่อนย้ายวัสดุ

จากข้อมูลดังกล่าวสามารถแสดงผลการคำนวณการลดต้นทุนการเคลื่อนย้ายวัสดุจากผลการดำเนินงานของกรณีศึกษาที่ 2 งานวิจัยของ C. Srinivas et al., 2014 กรณีศึกษาที่ 4 Facility layouts and location an analytical approach (Francis, White, J. A., 1992) และกรณีศึกษาที่ 5 การออกแบบและวางผังโรงงานผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์ม (นิตยา บำรุงราษฎร์, 2552) แสดงตามลำดับดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 แสดงผลการคำนวณกรณีศึกษาที่มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการขนส่งวัสดุ

งานวิจัย	จำนวน เครื่องจักร	จำนวน ผลิตภัณฑ์	ต้นทุนการ ขนย้ายวัสดุ	อัตราร้อยละ ที่ลดลง
C. Srinivas et al., 2014	15	1	274,148	
Traditional GA	15	1	271,080	
Proposed GA	15	1	263,851	3.76
Francis, et al., 1992*	6	10	-	
Traditional GA	6	10	68,138.51	
Proposed GA	6	10	66,125.96	2.95
SLP of Nittaya, 2009	8	1	941,850	
Traditional GA	8	1	934,200	
Proposed GA	8	1	815,850	13.38

*

จากตารางที่ 4.18 สามารถระบุได้ว่าขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอมาขึ้น สามารถช่วยลดต้นทุนของการเคลื่อนย้ายวัสดุได้ตั้งแต่ร้อยละ 2.95 ไปจนถึงร้อยละ 13.38 เมื่อเทียบกับผลที่ได้จากกรณีศึกษาทั้ง 3 ตัวอย่างแสดงดังตารางข้างต้น

นอกจากนี้ยังสามารถคำนวณหาระยะทางที่น้อยที่สุดของการเคลื่อนย้ายวัสดุได้เช่นเดียวกัน จากผลการดำเนินงานของกรณีศึกษาที่ 1 ข้อมูลจากการประกอบหน้าบานตู้โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์แห่งหนึ่ง และจากกรณีศึกษาที่ 3 Genetic Algorithms Optimization For The Machine Layout Problem (Norhashimah Morad, 2011) แสดงตามลำดับดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.18 แสดงผลการคำนวณกรณีศึกษาที่มีวัตถุประสงค์เพื่อระยะการขนส่งวัสดุ

งานวิจัย	จำนวนเครื่องจักร	จำนวนผลิตภัณฑ์	ระยะที่ลดลง	อัตราร้อยละที่ลดลง
Before Arranging	8	3	39.00	
Traditional GA	8	3	34.43	
Proposed GA	8	3	31.95	18.08
Morad, 2011	14	6	109	
Traditional GA	14	6	78	
Proposed GA	14	6	60	44.95

จากตารางที่ 4.18 สามารถอธิบายได้ว่าผลการการคำนวณการจัดเรียงเครื่องจักรเรียงเครื่องจักรด้วยวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่ สามารถช่วยลดระยะทางการเคลื่อนย้ายวัสดุได้เมื่อเทียบกับขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม ซึ่งสามารถได้ตั้งแต่ร้อยละ 18.08 และร้อยละ 44.95 เมื่อเทียบกับผลที่ได้จากกรณีศึกษาทั้ง 2 ตัวอย่างแสดงดังตารางข้างต้น

จากผลการศึกษาทั้งหมดในการจัดเรียงเครื่องจักรภายใต้พื้นที่ที่จำกัด พบว่าการประยุกต์ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่ในงานวิจัยนี้ได้แนะนำให้ได้นั้น สามารถช่วยการแก้ปัญหาและหาคำตอบได้เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม พบว่าได้คำตอบที่ดีกว่า นอกจากนี้การเขียนโปรแกรม VBA ร่วมกับการคำนวณบน Excel spreadsheet ที่เห็นภาพและเข้าใจได้ง่ายเหมาะกับการใช้งานในปัจจุบัน อีกทั้งยังสามารถนำไปปรับใช้ให้กับงานบริการ งานด้านการจัดการตารางเวลาได้อีกด้วย

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผล

งานวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยมีการพัฒนาระบบการจัดเรียงสถานีงาน เพื่อแก้ปัญหา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะทางการขนถ่ายวัสดุให้น้อยที่สุด ปัญหาที่ใช้ในการศึกษามีความแตกต่างกันทั้งในด้านของจำนวนเครื่องจักร จำนวนผลิตภัณฑ์ ซึ่งบทนี้เป็นกรกล่าวถึงผลการวิจัย และการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการจัดเรียงสถานีงาน และสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

4.1 การประมวลผลการจัดเรียงสถานีงาน

การประมวลผลประยุกต์ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม และใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการคำนวณซึ่งมีการเขียนโปรแกรมโดยใช้ Visual Basic for Applications เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ (Programming Language) ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการ Windows ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยมีรากฐานมาจากภาษา Basic ที่ย่อมาจาก Beginner's All Purpose Symbolic Instruction หมายถึง ชุดคำสั่งหรือภาษาคอมพิวเตอร์ โดยมีจุดเด่นคือผู้ที่ไม่มีพื้นฐานเรื่องการเขียนโปรแกรมสามารถเรียนรู้และนำไปใช้งานได้อย่างง่ายดายและรวดเร็ว

จากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.4 โครงสร้างโปรแกรม Visual Basic for Applications เป็นเครื่องมือในการสร้างโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการ windows ที่ใช้งานง่ายโดยการเลือกเครื่องมือต่างๆ เพื่อออกแบบหน้าจอของโปรแกรมที่จะสร้าง การเขียนโปรแกรมลักษณะนี้เรียกว่า Visual Programming ซึ่งไม่จำเป็นต้องเขียนคำสั่งต่างๆ มากนักแต่สามารถสร้างโปรแกรมได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งโปรแกรมมีลักษณะเด่นดังนี้

- 1) มีฟังก์ชันคณิตศาสตร์ให้เลือกใช้ในการคำนวณมากมายตลอดจนสามารถสร้างฟังก์ชันขึ้นมาใช้งานได้เองในสาขาที่ต้องการ
- 2) อัลกอริทึม (Algorithm) พัฒนาได้ง่ายไม่ยุ่งยาก สามารถแก้ไขปัญหาทางด้านคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนได้ง่ายและรวดเร็วกว่าโปรแกรมอื่นๆ
- 3) มีโครงสร้างทางภาษาใกล้เคียงภาษาของมนุษย์ สามารถเรียนรู้และเข้าใจได้โดยง่าย
- 4) สร้างโปรแกรมฐานข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว เพราะมีเครื่องมือเกี่ยวกับฐานข้อมูลอย่างครบถ้วนและสามารถเรียกใช้งานได้ทันที

5) สามารถวิเคราะห์และตรวจสอบข้อมูลได้ง่ายและรวดเร็ว

4.1.1 การคำนวณและประมวลผล

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการจัดเรียงสถานีงานร่วมกับประยุกต์วิธีเชิงพันธุกรรมในการกระบวนการผลิตของภาคอุตสาหกรรม รวมทั้งกระบวนการทำงานด้านอื่นๆ และมีการประยุกต์ใช้โปรแกรม Excel ในการคำนวณโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนของการขนถ่ายวัสดุให้น้อยที่สุดของการจัดเรียงสถานี ซึ่งจะกล่าวถึงระยะทางโดยรวมต่อไปอย่างละเอียด

ซึ่งระยะทางโดยรวมของการจัดเรียงสถานีงาน (Total Distance) คือผลรวมทั้งหมดของระยะทางการผลิตตั้งแต่สถานีงานแรกจนถึงสถานีงานสุดท้ายของทุกผลิตภัณฑ์ โดยมีการจัดเรียงสถานีงานตามลำดับการทำงานและไม่มีการสลับขั้นตอนการทำงาน ซึ่งสามารถแสดงในรูปแบบของสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าที่ต่ำที่สุด ดังสมการที่ (3.1)

4.1.2 การหาจุดศูนย์กลางของสถานีงาน

การจัดเรียงสถานีงานของงานวิจัยนี้ทำการจำลองสถานีงานที่มีลักษณะเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมมุมฉาก ไม่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดทั้งด้านกว้างและด้านยาว ซึ่งขนาดด้านกว้างและด้านยาวของสถานีงานนั้นได้มาจากการป้อนค่าของผู้ใช้งาน รวมทั้งมีการจัดการอยู่บริเวณจุดศูนย์กลางของพื้นที่สี่เหลี่ยม

การหาจุดศูนย์กลางของสถานีงานนั้นเพื่อที่จะสามารถคำนวณหาระยะทางของแต่ละสถานีงานได้ โดยวิธีการหาจุดศูนย์กลางของพื้นที่สี่เหลี่ยมมุมฉากนั้นสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4.1) และ (4.2) ตามลำดับและสามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 4.1

$$X = \frac{1}{A} \int_{y_1}^{y_2} \int_{x_1}^{x_2} x \, dx \, dy = \frac{1}{2A} (x_2^2 - x_1^2) \times (y_2 - y_1) \quad (4.1)$$

$$Y = \frac{1}{A} \int_{x_1}^{x_2} \int_{y_1}^{y_2} y \, dy \, dx = \frac{1}{2A} (y_2^2 - y_1^2) \times (x_2 - x_1) \quad (4.2)$$

เมื่อ (X,Y) คือ จุดศูนย์กลางของสถานีงาน

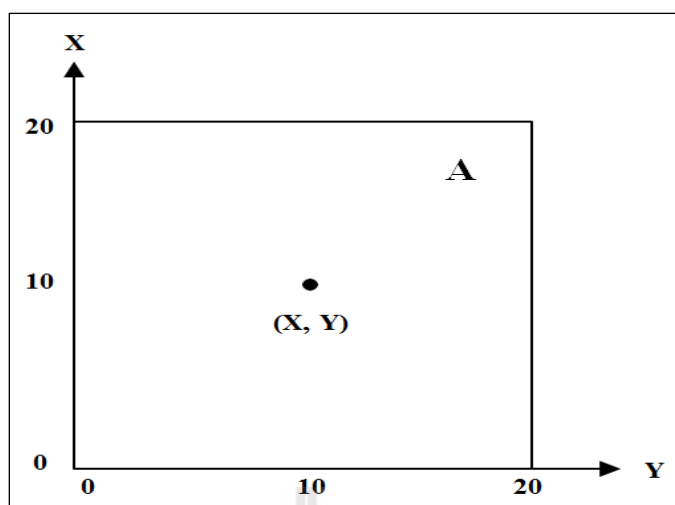
A คือ พื้นที่ของสถานีงานที่ต้องการหา

x_1 คือ จุด x – coordinate ซ้ายสุดของพื้นที่สี่เหลี่ยมมุมฉาก

x_2 คือ จุด x – coordinate ขวาสุดของพื้นที่สี่เหลี่ยมมุมฉาก

y_1 คือ จุด y – coordinate ต่ำสุดของพื้นที่สี่เหลี่ยมมุมฉาก

y_2 คือ จุด y – coordinate สูงสุดของพื้นที่สี่เหลี่ยมมุมฉาก



รูปที่ 4.1 แสดงจุดศูนย์กลางของพื้นที่ A

4.1.3 การวัดระยะทางการขนถ่ายวัสดุระหว่างสถานีงาน

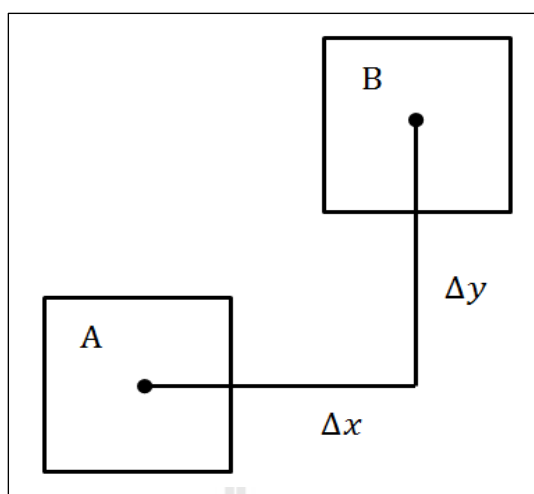
การจัดเรียงสถานีงาน เริ่มจากการจัดวางสถานีงานตามแนวแกน X จากด้านซ้ายไปขวา และเมื่อสุดแกน X แล้วให้ขึ้นแถวใหม่ตามแนวแกน Y โดยเริ่มเรียงเครื่องจักรจากด้านซ้ายไปขวาเช่นเดิมโดยมีการวัดระยะทางแบบเรคติลีนีร์ (Rectilinear) คือระยะทางระหว่างสถานีงานตามแนวแกน x และแกน y ดังที่กล่าวมาข้างต้น สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4.3) และการวัดระยะทางแบบ Rectilinear สามารถแสดงตัวอย่างได้ดังรูปที่ 4.2

$$d_{ij} = |\Delta x| + |\Delta y| \quad (4.3)$$

เมื่อ d_{ij} คือระยะทางระหว่างสถานีงาน i ไป j

Δx คือผลรวมของระยะทางตามแนวแกน x

Δy คือผลรวมของระยะทางตามแนวแกน y



รูปที่ 4.2 แสดงการวัดระยะแบบเรคตินีเยร์

4.2 การค้นหาคำตอบโดยประยุกต์ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่

งานวิจัยนี้สามารถค้นหาคำตอบได้ โดยทำการจัดวางตำแหน่งของสถานีงานในกระบวนการผลิตของโรงงาน หรือกระบวนการอื่นๆ ให้เหมาะสมที่สุดโดยพิจารณาระยะทางโดยรวมของการขนถ่ายวัสดุที่น้อยที่สุด และส่งผลให้ต้นทุนการผลิตลดลงด้วย โดยทำการค้นหาคำตอบโดยวิธีของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) ประกอบไปด้วย 3 กระบวนการที่สำคัญ

1) การคัดเลือกสายพันธุ์ (Selection) คือขั้นตอนในการคัดเลือกประชากรที่ดี (คำตอบของปัญหา) ในระบบเป็นต้นกำเนิดสายพันธุ์เพื่อให้กำเนิดลูกหลานในรุ่นถัดไป

2) ปฏิบัติการทางสายพันธุ์ (Genetic Operation) คือกรรมวิธีการเปลี่ยนแปลงโครโมโซมด้วยวิธีการทางสายพันธุ์ เป็นขั้นตอนการสร้างลูกหลาน ซึ่งได้จากการรวมพันธุ์ของต้นกำเนิดสายพันธุ์ เพื่อให้ได้ลูกหลานที่มีส่วนผสมมาจากพ่อแม่หรือได้จากการแปรผกผันของพ่อแม่เพื่อให้ได้ลูกหลานสายพันธุ์ใหม่เกิดขึ้น

3) การแทนที่ (Replacement) คือขั้นตอนการนำเอาลูกหลานกำเนิดใหม่ไปแทนที่ประชากรเก่าในรุ่นก่อน เป็นขบวนการในการคัดเลือกกว่าควรจะเอาลูกหลานในกลุ่มใด จำนวนเท่าไร ไปแทนประชากรเก่าในกลุ่ม ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเหมือนกับการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติ สิ่งมีชีวิตที่มีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าจะสามารถอยู่รอดได้ในขณะที่สิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่ไม่สามารถปรับตัวเองได้จะต้องสูญพันธุ์ไปการปรับตัวดังกล่าวแสดงว่าสิ่งมีชีวิตนั้นมีวิวัฒนาการเกิดขึ้น

4.2.1 การแสดงผลการคัดเลือกสายพันธุ์ (Selection)

การคัดเลือก (Selection) คือกระบวนการเลือกตำแหน่งของการจัดวางเครื่องจักรที่เหมาะสม เพื่อใช้ในการสร้างตำแหน่งของการจัดวางรุ่นถัดไป โดยงานวิจัยนี้ใช้วิธีการคัดเลือกแบบวงล้อเสี่ยงทาย (Roulette-wheel Selection) ตำแหน่งของการจัดวางเครื่องจักรทั้งหมดอยู่ในขนาดพื้นที่ของวงล้อเสี่ยงทาย แสดงดังรูปที่ 4.4 โดยพิจารณาจากสัดส่วนของค่าฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness Proportionate Selection) โครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมมากกว่าจะมีความน่าจะเป็นในการถูกเลือกมากกว่า โดยสามารถคำนวณค่าได้จากสมการที่ (1) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อหาระยะทางการเคลื่อนที่ของวัสดุที่น้อยที่สุด

4.2.1.1 การหาค่าฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness value)

การหาค่าฟังก์ชันความเหมาะสมสามารถหาได้จากการรวบรวมผลเฉลยของคำตอบจากสมการที่ (3.1) จากนั้นนำชุดคำตอบที่ได้มาคำนวณตามค่าฟังก์ชันความเหมาะสมที่ได้จากสมการ (4.4)

$$P_i(X_i) = \frac{F_i}{\sum_{i=1}^{Popsize} F_i} \quad (4.4)$$

เมื่อ i มีค่าตั้งแต่ 1 ไปจนถึงจำนวนประชากร

$P_i(X_i)$ คือค่าความน่าจะเป็นในการถูกเลือก

F_i คือค่าฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness value)

Pop size คือจำนวนประชากร

ตัวอย่างที่ 4.1 การคัดเลือกสายพันธุ์ (Selection)

จากการจัดเรียงสถานีงานของกระบวนการผลิตในโรงงานแห่งหนึ่ง ที่มีสถานีงานทั้งหมด 8 สถานีงานและจำนวนผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 3 ชนิดดังตารางที่ 4.1 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนซึ่งแสดงผลคำตอบดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 แสดงรายละเอียดของกระบวนการผลิตในโรงงานแห่งหนึ่ง

พื้นที่	ขนาด (เมตร)	
	กว้าง (W)	ยาว (L)
A	2.00	2.00
B	1.35	1.30
C	1.30	1.25
D	1.35	1.30
E	1.22	1.25
F	1.00	1.00
G	1.22	1.25
H	1.20	1.22

ตารางที่ 4.2 แสดงผลรวมคำตอบของปัญหา

คำตอบ	ผลรวมของคำตอบ (บาท)	ค่าฟังก์ชันความเหมาะสม
v1	21,601.31	0.1238
v2	14,814.48	0.0849
v3	17,603.16	0.1009
v4	20,181.91	0.1157
v5	20,507.78	0.1175
v6	15,441.15	0.0885
v7	16,309.09	0.0935
v8	20,447.78	0.1172
v9	15,441.15	0.0885
v10	12,119.80	0.0695
รวมทั้งหมด	174,467.61	1.0000

เมื่อ v1 ถึง v10 คือผลรวมคำตอบของปัญหานั้นเข้าสู่การคัดเลือกสายพันธุ์ โดยเริ่มจากขั้นตอนการหาค่าความเหมาะสมสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4.4)

ตัวอย่างที่ 4.2 การคำนวณหาค่าฟังก์ชันความเหมาะสม ของคำตอบที่ v1 ดังนี้

จากสมการที่ (4.4)
$$P_i(X_i) = \frac{F_i}{\sum_{i=1}^{Popsiz} F_i}$$

แทนค่า
$$P_i(X_i) = \frac{21,601.31}{174,467.61} = 0.1238$$

4.2.1.2 การสร้างวงล้อ (Roulette-wheel Selection)

การสร้างวงล้อที่มีจำนวนช่องเท่ากับจำนวนประชากร และขนาดช่องมาจากการสะสมค่าฟังก์ชันความเหมาะสมจากตารางที่ 4.2 และแสดงตารางการสะสมความถี่ของค่าฟังก์ชันความเหมาะสมของปัญหาดังตารางที่ 4.3 ตามลำดับ

ตัวอย่างที่ 4.3 การสะสมความถี่ของค่าความเหมาะสม คือผลรวมของแต่ละคำตอบ เช่น การสะสมความถี่ของคำตอบ v2

การสะสมความถี่ v1 รวมกับค่าฟังก์ชันความเหมาะสม v2

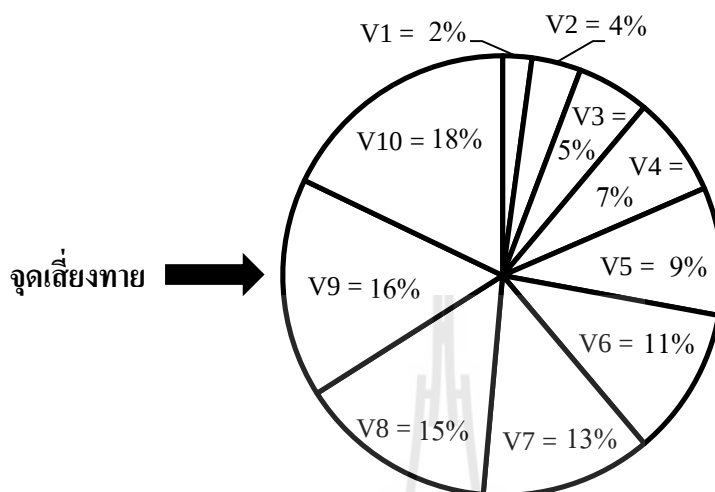
แทนค่า
$$= 0.1238 + 0.0849$$

$$= 0.2087$$

ตารางที่ 4.3 แสดงการสะสมความถี่ของค่าฟังก์ชันความเหมาะสมของปัญหา

คำตอบ	ผลรวมของคำตอบ (บาท)	ค่าฟังก์ชันความเหมาะสม	การสะสมความถี่
v1	21,601.31	0.1238	0.1238
v2	14,814.48	0.0849	0.2087
v3	17,603.16	0.1009	0.3096
v4	20,181.91	0.1157	0.4253
v5	20,507.78	0.1175	0.5428
v6	15,441.15	0.0885	0.6313
v7	16,309.09	0.0935	0.7248
v8	20,447.78	0.1172	0.8420
v9	15,441.15	0.0885	0.9305
v10	12,119.80	0.0695	1.0000
รวมทั้งหมด	174,467.61	1.0000	-

ค่าที่ได้จากการคำนวณแสดงดังตารางที่ 4.3 ดังที่กล่าวมาข้างต้น และจากผลการคำนวณการสะสมค่าความถี่ทำให้สามารถการสร้างวงล้อเสี่ยงทายได้จากการวาดกราฟวงกลม ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 วงล้อรูเล็ต (Roulette-wheel Selection)

จากการสร้างวงล้อรูเล็ต (Roulette-wheel Selection) แสดงดังจากรูปที่ 4.3 สามารถอธิบายได้ว่าชุดคำตอบทั้งหมด 10 คำตอบถูกจัดให้อยู่ในรูปของวงล้อเสี่ยงทายโดยขนาดของช่องที่แบ่งแต่ละคำตอบขึ้นอยู่กับการสะสมค่าความเหมาะสมจากตารางที่ 4.3 ซึ่งหมายความว่ายิ่งคำตอบใดมีค่าการสะสมมาก ขนาดของช่องในวงล้อเสี่ยงทายก็จะมากขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งจะเป็นผลทำให้เมื่อมีการหมุนวงล้อเพื่อเสี่ยงทายช่องขนาดใหญ่ก็อาจจะมีโอกาสได้รับการคัดเลือกมากกว่าช่องที่มีขนาดเล็ก ยกตัวอย่างเช่น คำตอบ v10 ที่มีขนาดช่องในวงล้อเสี่ยงทายมากที่สุดคือ 18% หมายความว่าคำตอบที่ v10 ผลรวมของคำตอบคือ 12,119.80 บาทนั้นมีโอกาสที่จะได้รับการคัดเลือกเป็นคำตอบที่ดีเพื่อใช้ในการสร้างโครโมโซมรุ่นถัดไป

4.2.2 การแสดงผลการปฏิบัติการทางสายพันธุ์ (Genetic Operation)

หลังจากขบวนการคัดเลือกได้ดำเนินไปจนเสร็จสมบูรณ์ตำแหน่งของการจัดเรียงเครื่องจักรจะถูกสร้างขึ้นใหม่จากกระบวนการคัดเลือก โดยเปลี่ยนแผนผังกระบวนการผลิตให้กลายเป็นชุดคำตอบ เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสายพันธุ์ ซึ่งเกิดชุดคำตอบใหม่ขึ้นนี้เป็นขั้นตอนสำคัญอีกขั้นตอนหนึ่งในวัฏจักรของวิธีเชิงพันธุกรรม มีการคาดหวังว่าชุดคำตอบใหม่นี้จะเป็นคำตอบที่เหมาะสมของระบบ

ในงานวิจัยนี้มีการปฏิบัติการทางสายพันธุ์ของวิธีเชิงพันธุกรรมคือการสลับสายพันธุ์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

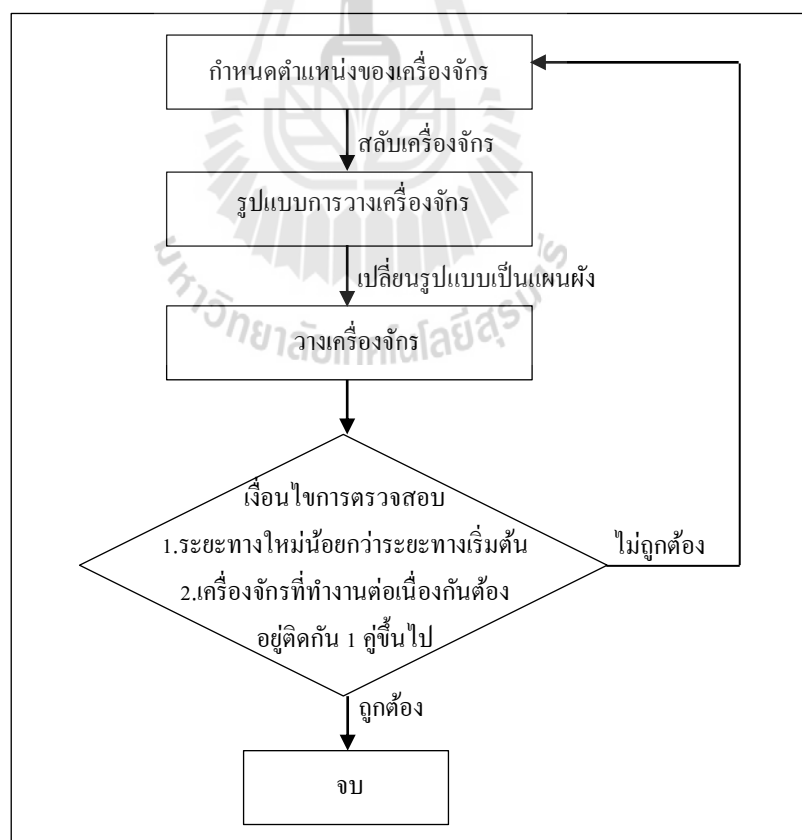
การสลับสายพันธุ

ในงานวิจัยนี้นำเสนอขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่ โดยมีการปรับปรุงการสลับสายพันธุ (Crossover) คือทำการสุมตำแหน่งของการจัดเรียงเครื่องจักรมาสองชุดคำตอบ จากนั้นทำการสลับเครื่องจักรระหว่างสองชุดคำตอบนั้น ซึ่งขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่นี้มีเงื่อนไขการตรวจสอบ 2 เงื่อนไขได้แก่

1) ระยะทางโดยรวมภายหลังจากการจัดเรียงสถานีงาน (d) ต้องมีค่าน้อยกว่าระยะทางโดยรวมเริ่มต้น (D)

2) พิจารณาลำดับการทำงาน กล่าวคือเครื่องจักรใดทำงานต่อกันในเครื่องจักรนั้นอยู่ติดกันโดยจำเป็นต้องมีเครื่องจักรที่ทำงานทำดับต่อกัน แล้วอยู่ติดกันมากกว่า 1 คู่ขึ้นไปจากกระบวนการผลิตทั้งหมด

หากไม่ผ่านเงื่อนไขใด เงื่อนไขหนึ่งก็จะต้องกลับไปยังขั้นตอนแรกซึ่งคือกำหนดตำแหน่งของการวางเครื่องจักร แต่หากพบว่าเงื่อนไขเป็นจริงหยุดทำงาน ขั้นตอนการทำงานแสดงดังแผนภาพที่ 4.4



รูปที่ 4.4 กระบวนการทำงานของขั้นตอนการสลับสายพันธุ

การคำนวณจากตัวอย่างที่ 4.3

1) เมื่อตำแหน่งของเครื่องจักรผ่านการคัดเลือกเป็นคำตอบต้นแบบ จากนั้นเข้าสู่กระบวนการสลับสายพันธุ์

	Crossover							
Parent 1:	F	C	B	A	E	H	D	G
Parent 2:	C	F	B	E	A	D	H	G
↓								
Offspring 1:	F	C	B	A	E	D	H	G
Offspring 2:	C	F	B	E	A	H	D	G

รูปที่ 4.5 การแสดงวิธีการสลับสายพันธุ์

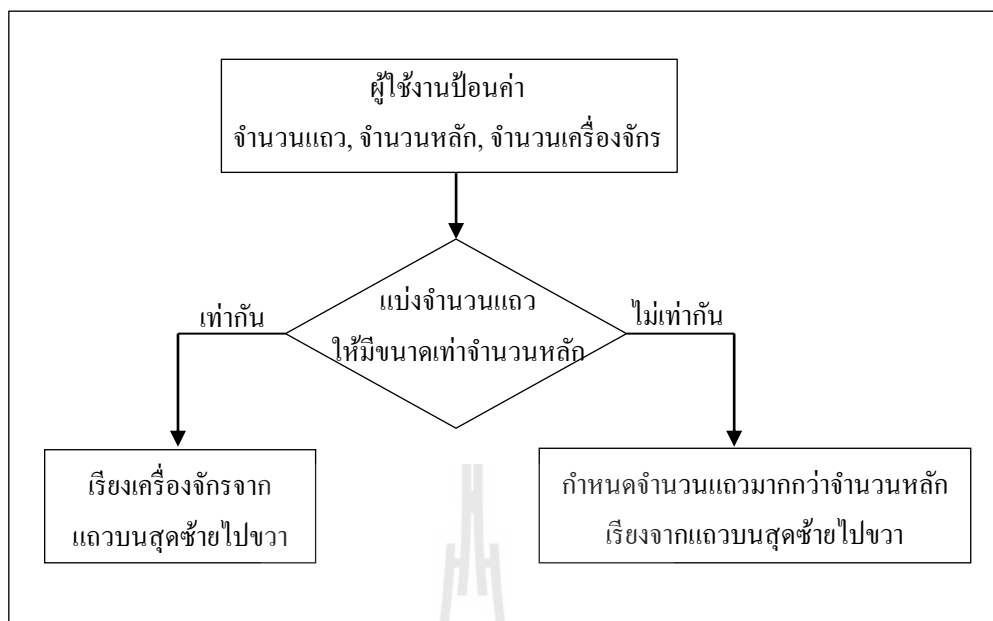
2.) รับข้อมูลจากผู้ใช้งาน

ข้อมูลจากผู้ใช้งานประกอบด้วย 8 เครื่องจักร, 3 ผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วยลำดับการทำงานของเครื่องจักรดังนี้

- ผลิตภัณฑ์ที่ 1. ประกอบด้วย A – B – C – D
- ผลิตภัณฑ์ที่ 2. ประกอบด้วย A – E – F – G
- ผลิตภัณฑ์ที่ 3. ประกอบด้วย A – H

จากทั้งสามผลิตภัณฑ์ได้ระยะทางขนส่งโดยรวมเริ่มต้นเท่ากับ 39 เมตร ($D = 39$ m.) และพื้นที่จัดวางเครื่องจักร 5 หลักคูณ 5 แถว

3) ทำการแปลงโครโมโซมเป็นรูปแบบของแผนผังการจัดเรียงเครื่องจักร โดยจัดวางลงในพื้นการผู้กำหนดมาให้ แต่จะจัดวางในตำแหน่งที่จำนวนแถวและจำนวนมีขนาดใกล้เคียงกันเพื่อให้วางเครื่องจักรนั้นมีการทำงานต่อเนื่องกันมากที่สุดและยังทำให้ผลรวมของระยะทั้งหมดลดลง ขั้นตอนการทำงานแสดงดังภาพที่ 4.6



รูปที่ 4.6 กระบวนการจัดแถวและหลักของเครื่องจักร

ตัวอย่างเช่น มีเครื่องจักร 8 เครื่องสามารถจัดวางได้ประมาณ 3 หลักและ 3 แถวเพื่อประหยัดพื้นที่และระยะทางการขนส่งซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตนั้นลดลงด้วยเช่นกัน ยกตัวอย่างเช่น [5x5] เป็น [3x3]

4) ทำการเปลี่ยนแปลงคำตอบจากรูปแบบของโครโมโซมเป็นแผนผังการจัดเรียงเครื่องจักร โดยเรียงตามลำดับอักษรตัวแรกถูกกำหนดเป็นตำแหน่งที่ 1 ของแผนผัง [$A = 1$] จากนั้นจัดเรียงตามลำดับถัดมาจนครบทุกตำแหน่งแสดงดังรูปที่ 4.7

Offspring 2: [C F B E A H D G]



C	F	B
E	A	H
D	G	

รูปที่ 4.7 การแสดงวิธีการจัดเรียงเครื่องจักร

5) จากนั้นทำการประเมินผลโครโมโซมจาก Offspring 2: [C F B E A H D G]
ทำการประเมินผลจากสมการที่ (3.1) โดยเริ่มจากการหาระยะทาง และหาต้นทุนการขนย้ายวัสดุตามลำดับ

- ปริมาณความถี่ของงาน ในการขนส่ง = 8 ชิ้น/รอบ
- ราคาต้นทุนในการขนย้ายวัสดุ = 77 บาท

เมื่อทำการวัดระยะทางระหว่างสถานีงานแบบเรกติเนียร์แล้วจากนั้นทำการคำนวณหาต้นทุนการขนย้ายวัสดุจากสมการที่ (3.1) แสดงผลการคำนวณดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการคำนวณการสลับสายพันธุ์ของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่

ผลิตภัณฑ์	เส้นทางการผลิต	ระยะทางระหว่าง เครื่องจักร (เมตร)	ระยะทางรวม (d) (เมตร)	ต้นทุนการ ขนส่ง (บาท)
ผลิตภัณฑ์ที่ 1	A-B	2.675	10.68	6,575.80
	B-C	5.350		
	C-D	2.650		
ผลิตภัณฑ์ที่ 2	A-E	1.000	8.00	4,928.00
	E-F	4.350		
	F-G	2.650		
ผลิตภัณฑ์ที่ 3	A-H	1.000	1.00	616.00
	รวม		19.86	12,119.80

6) เมื่อทำการประเมินผลแล้ว โครโมโซมที่ได้รับการคัดเลือกจะเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบเงื่อนไขเพื่อหาคำตอบที่คี่น้อยที่สุดของปัญหานี้

- เงื่อนไขที่ 1 : ผลเฉลยหรือคำตอบที่จากการประมวลผลในข้อที่ 5 (d) จะต้องมีความถี่ของระยะทางที่น้อยกว่าระยะทางขนส่งโดยรวมเริ่มต้น (D) เสมอ ($d < D$)
- เงื่อนไขที่ 2 การจับคู่เครื่องจักรที่ลำดับการทำงานต่อเนื่องกัน มากกว่า 1 คู่ขึ้นไปจากกระบวนการผลิตทั้งหมด ซึ่งลำดับการทำงานของเครื่องจักรทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย
 - ผลิตภัณฑ์ที่ 1. ประกอบด้วย A – B – C – D
 - ผลิตภัณฑ์ที่ 2. ประกอบด้วย A – E – F – G
 - ผลิตภัณฑ์ที่ 3. ประกอบด้วย A – H

เมื่อตรวจสอบแล้วพบว่าเงื่อนไข เป็นจริงตำแหน่งการจัดวางเครื่องจักรจะกลายเป็นคำตอบของปัญหา ซึ่งตำแหน่งการจัดเรียงเครื่องจักรชุดที่ดีที่สุดได้แก่ Offspring 2: [C F B E A H D G] สามารถจัดวางได้ดังรูปที่ 4.8

C	F	B
E	A	H
D	G	

รูปที่ 4.8 แผนผังที่เหมาะสมที่สุดของการจัดเรียงเครื่องจักร

เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างลำดับการผลิตกับแผนผังที่เป็นคำตอบของปัญหาพบว่า มีทั้งหมด 2 คู่จากกระบวนการผลิตทั้งหมด ได้แก่ $[E - A]$ และ $[A - H]$ และต้นทุนของการเคลื่อนที่ของวัสดุมีค่าเท่ากับ 12,119.80 บาท

เมื่อเงื่อนไขนั้นเป็นจริงก็ทำการวนลูปซ้ำ จนกระทั่งแผนผังไม่มีการเปลี่ยนแปลง ได้ชุดคำตอบเดินซ้ำๆเกิน 1000 รอบ ซึ่งกลายเป็นคำตอบของปัญหาแสดงดังรูปที่ 4.8 หากไม่ตรงตามเงื่อนไขข้อใดข้อหนึ่ง ต้องกลับไปยังการกระบวนการหาคำตอบกระบวนการแรกคือการกำหนดตำแหน่งการวางเครื่องจักรนั่นเอง

หากพิจารณาจากตำแหน่งการวางเครื่องจักรพบว่าคำตอบที่ได้จากการวิเชิงพันธุกรรมแบบใหม่มีค่าลดลง หมายความว่าต้นทุนโดยรวมของการขนถ่ายวัสดุลงซึ่งส่งผลให้กิจกรรมภายในกระบวนการผลิตนั้นเกิดความคล่องตัวและสามารถผลิตได้มากขึ้น

จากงานวิจัยนี้พบว่าการกลายพันธุ์ไม่ส่งต่อคำตอบของการแก้ไขปัญหการจัดเรียงสถานงาน ซึ่งมีอัตราการการกลายพันธุ์จะมีค่าค่อนข้างต่ำ หรืออาจจะกล่าวได้ว่าความน่าจะเป็นในการการกลายพันธุ์ (Pm) นั้นมีค่าน้อย เมื่อเปรียบเทียบคำตอบที่ได้กับโครโมโซมรุ่นก่อนหน้าเพื่อหาคำตอบของปัญหาที่ดีที่สุด

4.2.3 การแสดงวิธีการแทนที่ (Replacement)

การแทนที่ (Replacement) คือขั้นตอนการนำเอาตำแหน่งการวางเครื่องจักรใหม่ (ชุดคำตอบใหม่) ที่ได้จากกระบวนการสลับสายพันธุ์เป็นแทนที่การวางเครื่องจักรแบบเดิม เพื่อเป็นการคัดเลือกกว่าควรที่จะเลือกชุดคำตอบกลุ่มใด จำนวนเท่าไร ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเหมือนกับการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติสิ่งมีชีวิตที่มีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าจะ

สามารถอยู่รอดได้ในขณะที่สิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่ไม่สามารถปรับตัวเองได้จะต้องสูญพันธุ์ไป การปรับตัวดังกล่าวแสดงว่าสิ่งมีชีวิตนั้นมีวิวัฒนาการเกิดขึ้น เมื่อเกิดการแทนที่ในกลุ่มคำตอบเดิมจะส่งผลให้คำตอบของปัญหาเข้าสู่และมีโอกาสที่จะพบค่าที่ดีที่สุดของคำตอบของปัญหาได้ในที่สุด

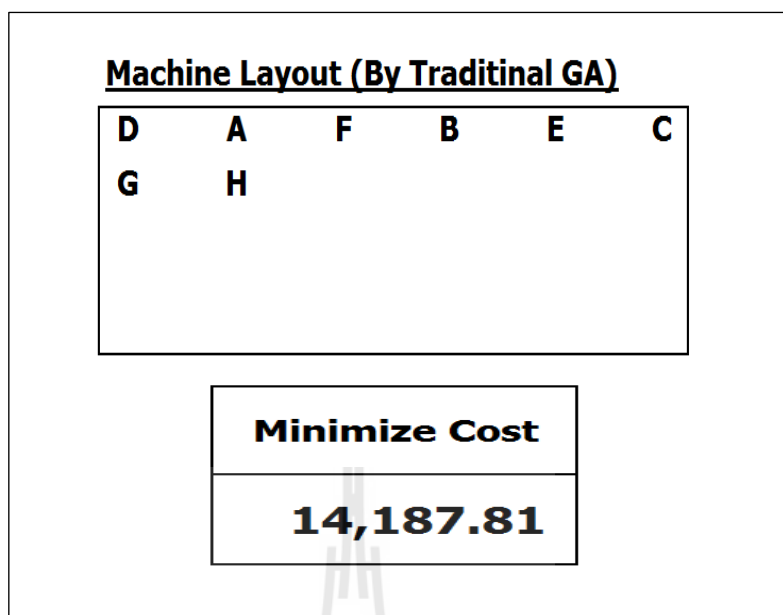
จากตัวอย่างที่ 4.1 เมื่อผ่านขั้นตอนการคัดเลือก และเข้าสู่การปฏิบัติการทางพันธุกรรมคือ การสลับสายพันธุ์ จากนั้นทำการประเมินผลโดยใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เมื่อพบว่าโครโมโซมรุ่นลูกดีกว่าโครโมโซมรุ่นก่อนทำการแทนค่าและยังคงเก็บโครโมโซมส่วนที่ดีไว้ และการตรวจสอบเพื่อหยุดเงื่อนไขการทำงาน

กระบวนการของวิธีเชิงพันธุกรรมนั้นจะทำการวนรอบ ผ่านขั้นตอนต่างๆ จนกระทั่งพบกับเงื่อนไขในการจบการทำงาน ซึ่งกำหนดโดยพิจารณาจากผลของคำตอบ เช่น ถ้าพบคำตอบที่ซ้ำกันมากกว่า 1000 รอบให้หยุดทำงานเป็นต้น

4.3 การแสดงผลการจัดเรียงสถานีงาน

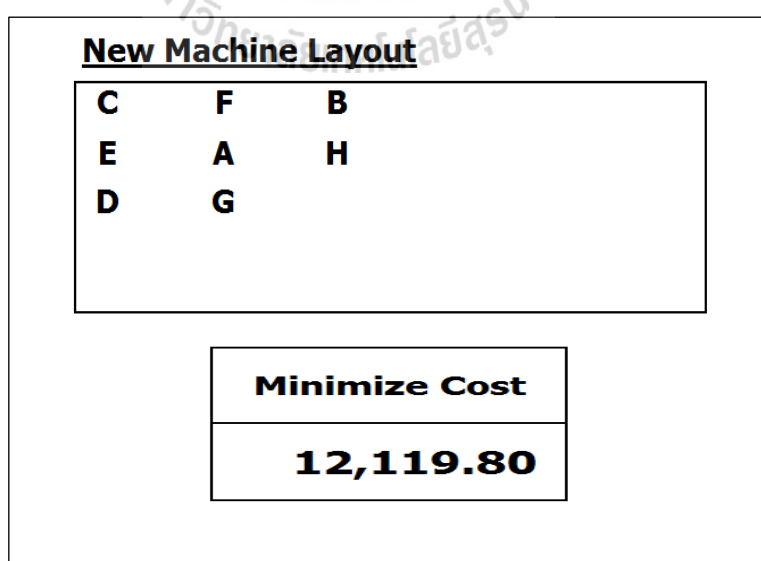
เมื่อผู้ใช้งานกรอกข้อมูลเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมจะทำการคำนวณหาระยะทางโดยรวมของการขนถ่ายวัสดุที่น้อยที่สุด โดยแสดงผลลัพธ์ของการจัดเรียงสถานีงานออกมาในรูปแบบของพื้นที่การทำงานเป็นแบบบล็อกเพลน

โปรแกรมจะเริ่มจากการจัดวางสถานีงานตามขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่ได้กล่าวไปข้างต้น โดยคิดระยะทางจากจุดศูนย์กลางของแต่ละสถานีงาน โดยพิจารณาจากการหาต้นทุนโดยรวมของการขนถ่ายวัสดุที่น้อยที่สุด โดยที่ผู้ใช้งานสามารถเลือกกำหนดจำนวนแถว จำนวนหลัก และพื้นที่การทำงานทั้งหมดได้ด้วยตนเอง จากผลการคำนวณขั้นพื้นฐานและการค้นหาคำตอบโดยวิธีเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม และสามารถประเมินแผนผังการจัดเรียงสถานีงานได้โดยอาศัยหน้า Excel Spreadsheet จึงทำให้ผู้ใช้อื่นเข้าใจได้โดยง่ายดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 แสดงผลการคำนวณจากเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม

นอกจากแสดงผลการคำนวณหาต้นทุนโดยรวมของการขนถ่ายวัสดุที่น้อยที่สุดด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิมที่ผู้ใช้งานกำหนดค่าเองได้แล้ว โปรแกรมนี้ยังเสนอผลคำตอบของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่อีกหนึ่งคำตอบเพื่อเพิ่มความหลากหลาย ช่วยให้เกิดความสมดุล และยังได้คำตอบที่ดีกว่าเดิมอีกด้วย ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แสดงผลการคำนวณจากโปรแกรมของงานวิจัยนี้

หลักการทํางานของทั้งสองวิธีนี้จะเกิดขึ้นพร้อมกัน โดยอาศัยชุดข้อมูลเดียวกัน เมื่อผู้ใช้งานกดปุ่มทํางาน โปรแกรมจะประมวลคำตอบบนหน้า Excel Spreadsheet ออกมาให้ทั้งสองวิธีซึ่งหลักการของวิธีที่สองที่งานวิจัยนี้นำเสนอ นั้น จะอาศัยหลักการทํางานของวิธีการเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิมมาปรับปรุงแก้ไข โดยการเปรียบเทียบระยะทางของแต่ละผลิตภัณฑ์กับระยะทางต้นแบบที่ผู้ใช้งานกรอกค่าไว้ตั้งแต่ต้น และทํากการจัดเรียงใหม่จนกว่าจะได้คำตอบที่น้อยกว่าระยะจากวิธีเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม เมื่อได้คำตอบของระยะ โดยรวมของการขนส่งวัสดุแล้ว จากนั้นนำเข้าสู่กระบวนการทางพันธุกรรมอีกครั้ง กระบวนการสำคัญคือ การสลับสายพันธุ์ ซึ่งการสลับสายพันธุ์จะทํากการเปลี่ยนตำแหน่งของเครื่องจักรโดยให้ลำดับการทํางานของแต่ละผลิตภัณฑ์มีความต่อเนื่องและอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กันที่สุด ซึ่งอ้างอิงมาจากข้อมูลที่ผู้ใช้งานกำหนดมาให้ (ข้อมูลจากรูปที่ 3.9) จากนั้นเข้าสู่กระบวนการประเมินผลเช่นเดียวกันกับวิธีเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม

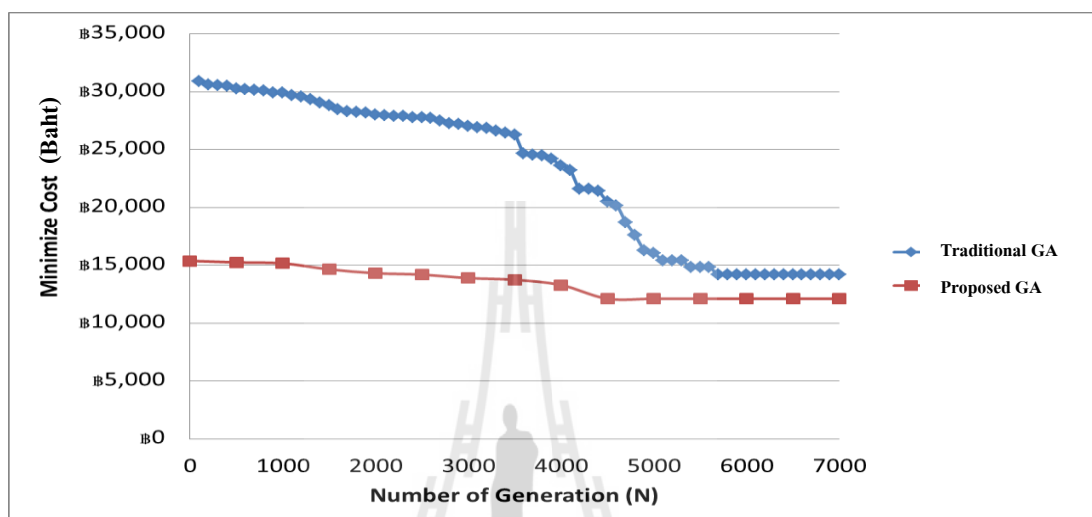
คำตอบที่ดีที่สุดที่ได้จากกระบวนการนี้จะถูกเก็บไว้และนำเข้าสู่กระบวนการค้นหาคำตอบแบบเดิมโดยจะทํากการวนรอบผ่านขั้นตอนต่าง ๆ แล้วแสดงผลที่ได้บนหน้า Excel Spreadsheet ดังรูปที่ 4.11 โดยภาพรวมของหน้าโปรแกรมนั้นสามารถเข้าใจได้และปรับเปลี่ยนข้อมูลได้โดยง่ายไม่ยุ่งยากและซับซ้อน โดยมีปุ่มควบคุมการทํางาน 2 ปุ่ม ได้แก่ปุ่มด้านบน “RUN” จะเป็นปุ่มประมวลผลเพื่อหาคำตอบของทั้งสองวิธีที่ได้กล่าวไปข้างต้น และปุ่มด้านล่าง “Reset” คือปุ่มที่ทํากการรีเซ็ตข้อมูล เพื่อให้ผู้ใช้งานได้นำปัญหาอื่นๆ มาทดสอบเพื่อหาคำตอบต่อไปได้แสดงดังรูปที่ 4.11

Machine Layout (By Traditinal GA)						New Machine Layout		
D	A	F	B	E	C	C	F	B
G	H					E	A	H
						D	G	

RUN	Minimize Cost	Minimize Cost
Reset	14,187.81	12,119.80

รูปที่ 4.11 หน้าโปรแกรมบน Excel Spreadsheet

การประมวลผลเพื่อหาคำตอบจะทำไปเรื่อยๆ จนกระทั่งพบกับเงื่อนไขในการจบการทำงาน ซึ่งกำหนดโดยพิจารณาจากผลของค่าคำตอบ ในงานวิจัยนี้กำหนดเงื่อนไขการจบโปรแกรมการหาคำตอบของวิธีการนี้ว่าถ้าพบคำตอบที่ซ้ำกันมากกว่า 1000 รอบให้หยุดทำงานพิจารณาได้จากรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบในการทดสอบ กับต้นทุนโดยรวมของการขนถ่ายวัสดุ

ซึ่งกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบในการทดสอบ (N) กับต้นทุนโดยรวม จะมีการปรับเปลี่ยนไปตามผลที่แสดงจากหน้าโปรแกรมของวิธีเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม และจากหน้าโปรแกรมของวิธีที่งานวิจัยนี้นำเสนอ จึงแสดงให้เห็นว่ากราฟทั้งสองเส้นมีลักษณะคู่เข้า โดยกราฟเส้นสีน้ำเงินที่แทนคำตอบของวิธีเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม ซึ่งมีคำตอบของปัญหาที่สูงกว่าอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับคำตอบที่ได้จากวิธีที่งานวิจัยนี้ซึ่งนำเสนอแทนด้วยกราฟเส้นสีแดง เมื่อทำการประมวลผลและวนซ้ำไปเรื่อยๆ ทั้งสองวิธี จะพบวิธีที่งานวิจัยนี้เสนอนั้นได้คำตอบที่คงที่เร็วกว่าวิธีการแบบดั้งเดิมตั้งแต่การประมวลผลที่ 6000 รอบ ในขณะที่วิธีการดั้งเดิมมีคำตอบคงที่ที่ 7000 รอบ

นอกจากหน้าโปรแกรมที่สามารถเข้าใจได้โดยง่ายแล้ว กราฟที่แสดงผลออกมายังใช้เพิ่มความมั่นใจว่าคำตอบที่ได้มีลักษณะคู่เข้าหาคำตอบและคงที่ จึงพิจารณาได้ว่าคำตอบเหล่านี้เป็นคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาการจราจรสถานีงาน

4.4 กรณีศึกษา

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาปัญหาการจัดเรียงสถานีงานของโรงงานอุตสาหกรรมในระบบการผลิต โดยรูปแบบของปัญหาประกอบด้วยสถานีงานหลายสถานีงาน แต่ละสถานีงานมีพื้นที่เป็นที่เหลื่อมมุมฉากไม่มีการเปลี่ยนแปลงขนาด มีการกำหนดจุดศูนย์กลางเพื่อวัดระยะทางการขนส่งระหว่างสถานีงานให้ใกล้เคียงกับเส้นทางขนถ่ายวัสดุจริงมากที่สุด ทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการงานวิจัยทั้งสองวิธีนี้กับงานวิจัยในลักษณะเดียวกัน

งานวิจัยนี้ทำการทดสอบและประมวลผลเพื่อแก้ไขปัญหาดังทั้งหมด 5 ตัวอย่างจากกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมจากงานวิจัยอื่นๆ ได้แก่

- 1) กรณีศึกษาที่1. ข้อมูลจากการประกอบหน้าบานตู้โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์แห่งหนึ่ง
- 2) กรณีศึกษาที่2. Sensitivity Analysis to Determine the Parameters of Genetic (C. Srinivas et al. ,2014)
- 3) กรณีศึกษาที่3. Genetic Algorithms Optimization For The Machine Layout Problem (Norhashimah Morad, 2011)
- 4) กรณีศึกษาที่4. Facility layout and location an analytical approach (Francis, White, J. A.,1992)
- 5) กรณีศึกษาที่5. การออกแบบและวางผังโรงงานผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์ม (นิตยา บำรุงราษฎร์,2552)

งานวิจัยนี้นำเสนอเทคนิคในการจัดเรียงเครื่องจักร โดยการประยุกต์ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่มาช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าว ผลจากการทดลองทั้งหมดสองวิธีได้แก่ การประยุกต์ใช้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม และการประยุกต์ใช้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่ จากนั้นนำผลการทดลองทั้งสองวิธีเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากกรณีศึกษาทั้ง 5 กรณีศึกษาดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งเป็นงานวิจัยในลักษณะเดียวกัน เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของวิธีเชิงพันธุกรรม

ในการทดลองทางตัวเลขนั้นใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการคำนวณซึ่งมีการเขียนโปรแกรมโดยใช้ Visual Basic for Applications ประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ Intel(R) Core(TM) i5-4500 U CPU @ 2.0 GHz RAM 4.0 GB ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Window 7

4.4.1 กรณีศึกษาที่ 1: ข้อมูลจากกระบวนการประกอบหน้าบานตู้ จากโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์แห่งหนึ่ง ข้อมูลของกรณีศึกษาที่ 1 แสดงดังตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.5 เส้นทางการผลิตของกรณีศึกษาที่ 1 ประกอบด้วยเครื่องจักร

ผลิตภัณฑ์	ลำดับเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต			
ผลิตภัณฑ์ 1	A	B	C	D
ผลิตภัณฑ์ 2	A	E	F	G
ผลิตภัณฑ์ 3	A	H		

ตารางที่ 4.6 แสดงขนาดของเครื่องจักรและลำดับการผลิตของกรณีศึกษาที่ 1

พื้นที่	ขนาด (เมตร)		ระยะระหว่างเครื่องจักร(เมตร)
	กว้าง (W)	ยาว (L)	
A	2.00	2.00	1.00
B	1.35	1.30	1.00
C	1.30	1.25	1.00
D	1.35	1.30	1.00
E	1.22	1.25	1.00
F	1.00	1.00	1.00
G	1.22	1.25	1.00
H	1.20	1.22	1.00

การดำเนินงานเพื่อแก้ไขปัญหา

จากกรณีศึกษาที่ 1 เป็นการแก้ไขปัญหาของการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว ประกอบด้วย 8 เครื่องจักร, 3 ผลิตภัณฑ์ จากกระบวนการประกอบหน้าบานตู้ของโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์แห่งหนึ่ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะทางการเคลื่อนย้ายวัสดุ กิจกรรมที่ดำเนินการในกระบวนการนี้ประกอบด้วย

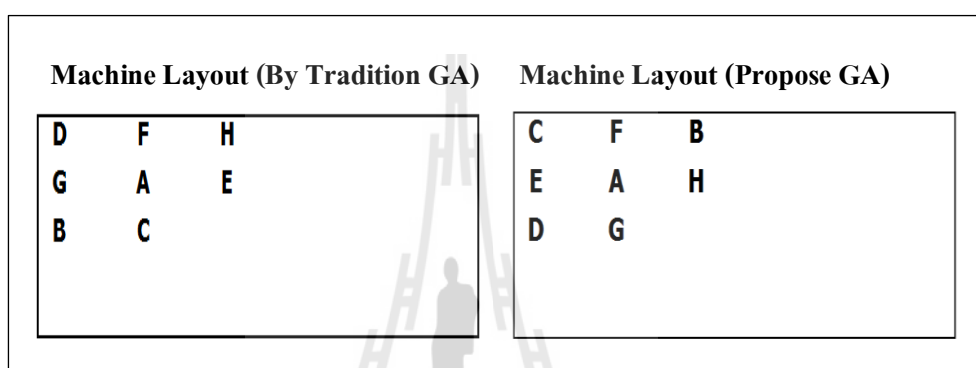
- 1) รับไม้แปดเหลี่ยมมาจากกระบวนการตัด
- 2) ประกอบมุมทั้ง 3 มุม
- 3) ใส่กระจกหรือบานไม้

4) ปิดด้านบนด้วยไม้แปดเหลี่ยม

งานวิจัยนี้ทำเสนอวิธีการจัดเรียงเครื่องจักร โดยประยุกต์ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่เพื่อแก้ไขปัญหานี้ในพื้นที่การทำงานเดิม แต่ปรับเปลี่ยนตำแหน่งการวางของเครื่องจักรโดยอาศัยแนวคิดจากขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่ ตัวอย่างของขั้นตอนการดำเนินงานนี้ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 4.2

ผลการดำเนินงาน

จากการเสนอวิธีเชิงพันธุกรรมแบบใหม่สามารถให้คำตอบของการจัดเรียงสถานีนงานใหม่ได้ดังรูป

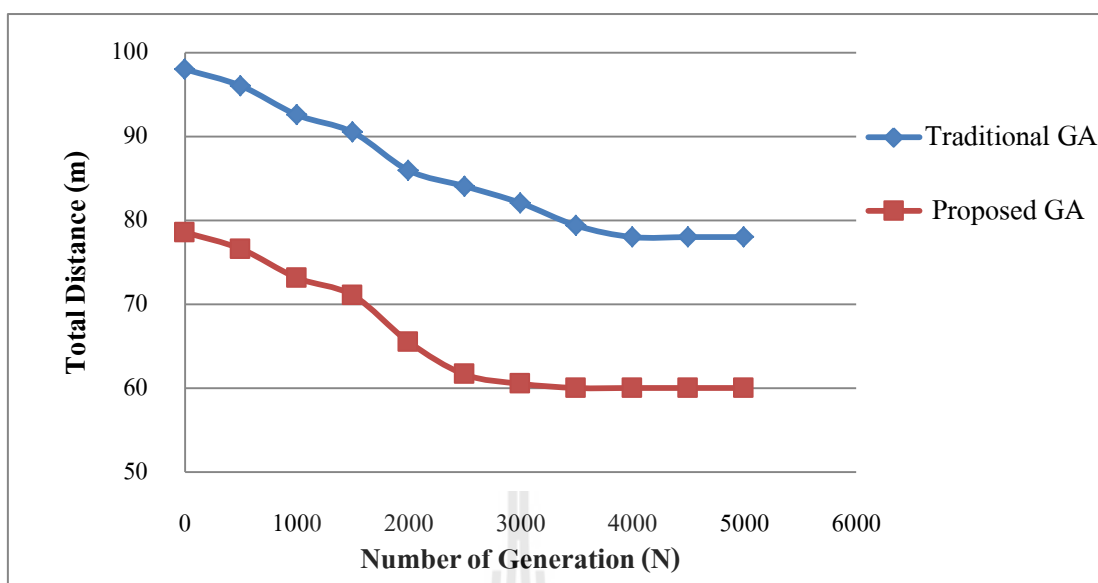


รูปที่ 4.13 การจัดเรียงเครื่องจักรของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิมและแบบใหม่

เมื่อได้รูปแบบการวางเครื่องจักรที่เหมาะสมจากนั้นทำการคำนวณระยะทางการเคลื่อนย้ายวัสดุที่น้อยที่สุดจากสมการที่ (3.1) ผลการคำนวณระยะที่สามารถลดลงได้ แสดงดังตารางที่ 4.7 และยังสามารถแสดงให้เห็นถึงคำตอบของระยะทางการเคลื่อนย้ายวัสดุที่น้อยที่ได้ดังรูปที่ 4.14

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบผลระหว่าง ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิมและแบบใหม่

Method	Distance
Before Arranging	39.00
Traditional GA	34.34
Proposed GA	31.95



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบในการทดสอบ
กับระยะทางโดยรวมของการขนถ่ายวัสดุ

4.4.2 กรณีศึกษาที่ 2: ข้อมูลจากงานวิจัย “Sensitivity Analysis to Determine the Parameters of Genetic” (C. Srinivas et al., 2014) ข้อมูลของกรณีศึกษาที่ 2 แสดงดังตารางที่ 4.8

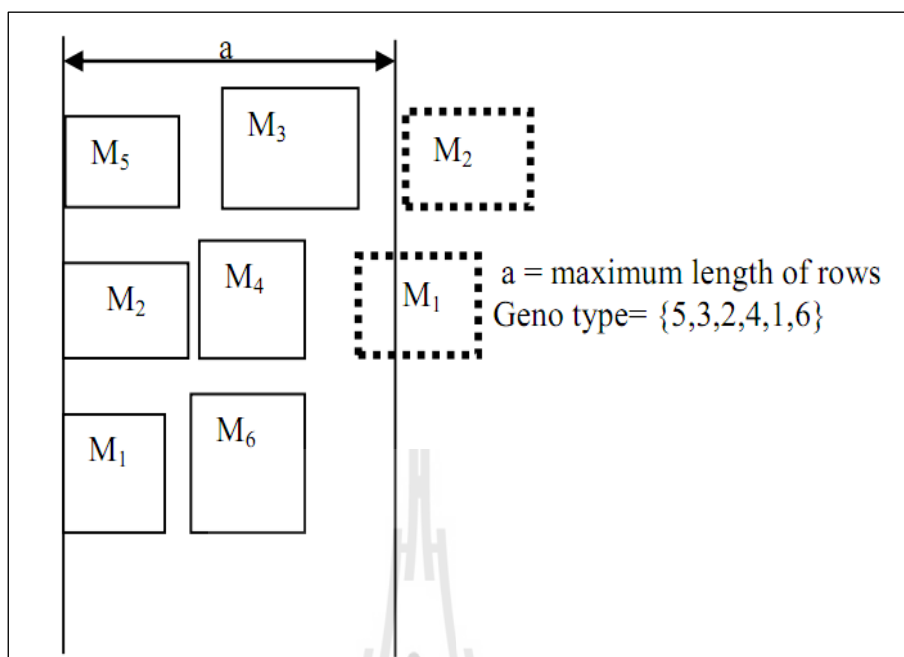
ตารางที่ 4.8 แสดงขนาดของสถานีงานของกรณีศึกษาที่ 2

Machine	Width (m)	Length(m)	Machine	Width (m)	Length(m)
A	5.00	3.00	I	3.50	3.00
B	2.00	2.00	J	4.50	4.00
C	2.50	2.00	K	2.50	2.00
D	6.00	3.50	L	5.50	3.00
E	3.00	1.50	M	3.00	2.50
F	4.00	4.00	N	2.00	1.50
G	2.00	2.00	O	4.00	3.00
H	6.00	3.50			

การดำเนินงานเพื่อแก้ไขปัญหา

จากกรณีศึกษาที่ 2 เป็นการแก้ไขปัญหาของการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว (15 เครื่องจักร, 1 ผลิตภัณฑ์) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการเคลื่อนย้ายวัสดุ โดยประยุกต์ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบในแก้ไขปัญหามาของกรณีศึกษาที่ 2 นี้

จากข้อมูลของกรณีศึกษาที่ 2 (C. Srinivas et al., 2014) เป็นเส้นทางการผลิตของผลิตภัณฑ์ชนิดเดียว โดยเริ่มจากเครื่องจักร A ไปจนถึง O ตามลำดับ ซึ่งการจัดเรียงเครื่องจักรของกรณีศึกษาที่ 2 นี้ใช้แนวคิดขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม โดยการสุ่มตำแหน่งเครื่องจักรแล้วทำการจัดวางลงในพื้นที่การทำงาน โดยเริ่มเรียงจากแถวด้านบนสุด จากฝั่งซ้ายไปขวามือขนาดของเครื่องจักรเกินพื้นที่ทำงานที่กำหนดให้ ก็จะเริ่มเรียงในแถวถัดลงมาดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.15 ผลการคำนวณเพื่อลดต้นทุนของกรณีศึกษาที่ 2

จากรูปที่ 4.15 สังเกตได้ว่า a คือระยะของพื้นที่การทำงานทั้งหมด และเครื่องจักร [M1, M2, M3, M4, M5, M6] เป็นเครื่องจักร

นอกจากนี้ยังมีการปรับค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับการแก้ไขปัญหานี้คือ ค่าความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ (Probability of Crossover : P_c) = 0.7 และค่าความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (Probability of Mutation : P_m) = 0.3 ได้ต้นทุนที่ต่ำที่สุดจากการดำเนินงานครั้งนี้คือ 274,148 รูปี

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการจัดเรียงเครื่องจักร โดยประยุกต์ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่เพื่อแก้ไขปัญหานี้ในพื้นที่การทำงานเดียวกันกับกรณีศึกษาที่ 2 แต่ปรับเปลี่ยนตำแหน่งการวางของเครื่องจักรโดยอาศัยแนวคิดจากขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่ ซึ่งตัวอย่างของขั้นตอนการดำเนินงานนี้ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 4.2 จากนั้นทำการเปรียบเทียบคำตอบที่ได้กับกรณีศึกษาที่ 2 นี้โดยใช้ข้อมูลชุดเดียวกันดังที่กล่าวมาแล้วจากตารางที่ 4.8

ผลการดำเนินงาน

จากการเสนอวิธีเชิงพันธุกรรมแบบใหม่สามารถให้คำตอบของการจัดเรียงสถานีงานใหม่ได้ดังรูป

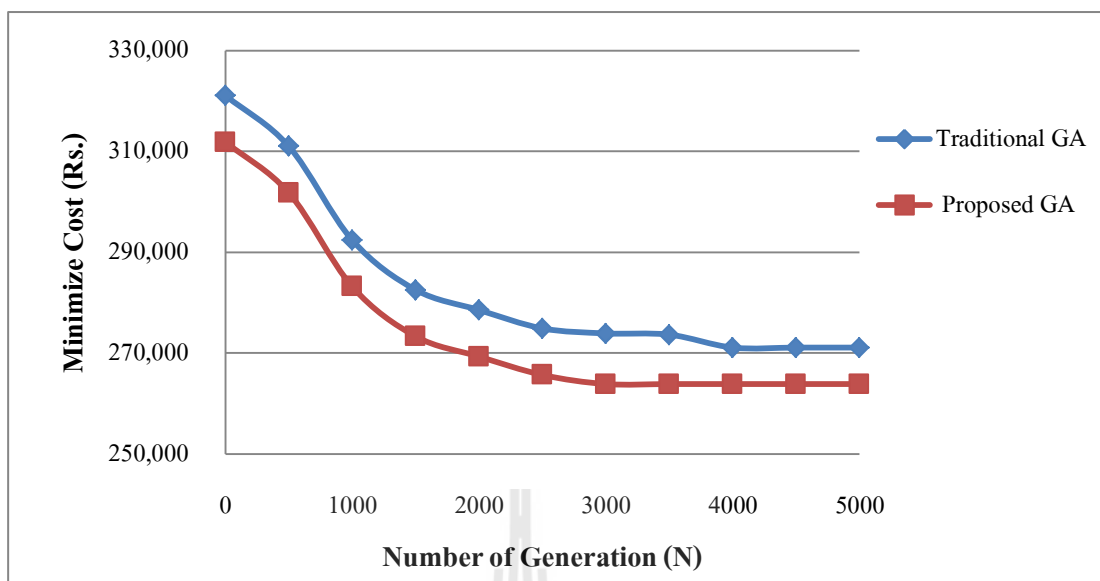
Machine Layout (By Tradition GA)				Machine Layout (By Proposed GA)			
E	A	I	F	L	B	J	A
J	G	L	M	N	O	K	F
B	O	C	N	H	D	I	E
D	K	H		C	M	G	

รูปที่ 4.16 การจัดเรียงเครื่องจักรของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิมและแบบใหม่

เมื่อได้รูปแบบการวางเครื่องจักรที่เหมาะสมจากนั้นทำการคำนวณต้นทุนของการเคลื่อนย้ายวัสดุที่น้อยที่สุดจากสมการที่ (3.1) ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 4.9 และยังสามารถแสดงให้เห็นถึงคำตอบของต้นทุนของการเคลื่อนย้ายวัสดุที่น้อยที่ได้ดังรูปที่ 4.17

ตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบผลระหว่าง ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิมและแบบใหม่

Method	Best Cost
C. Srinivas et al., 2014	274,148
Traditional GA	271,080
Proposed GA	263,851



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบในการทดสอบ
กับต้นทุนโดยรวมของการขนถ่ายวัสดุ

4.4.3 กรณีศึกษาที่ 3: ข้อมูลจากงานวิจัย “Genetic Algorithms Optimization for the Machine Layout Problem” (Norhashimah Morad, 2009) ข้อมูลของกรณีศึกษาที่ 3 แสดงดังตารางที่ 4.10

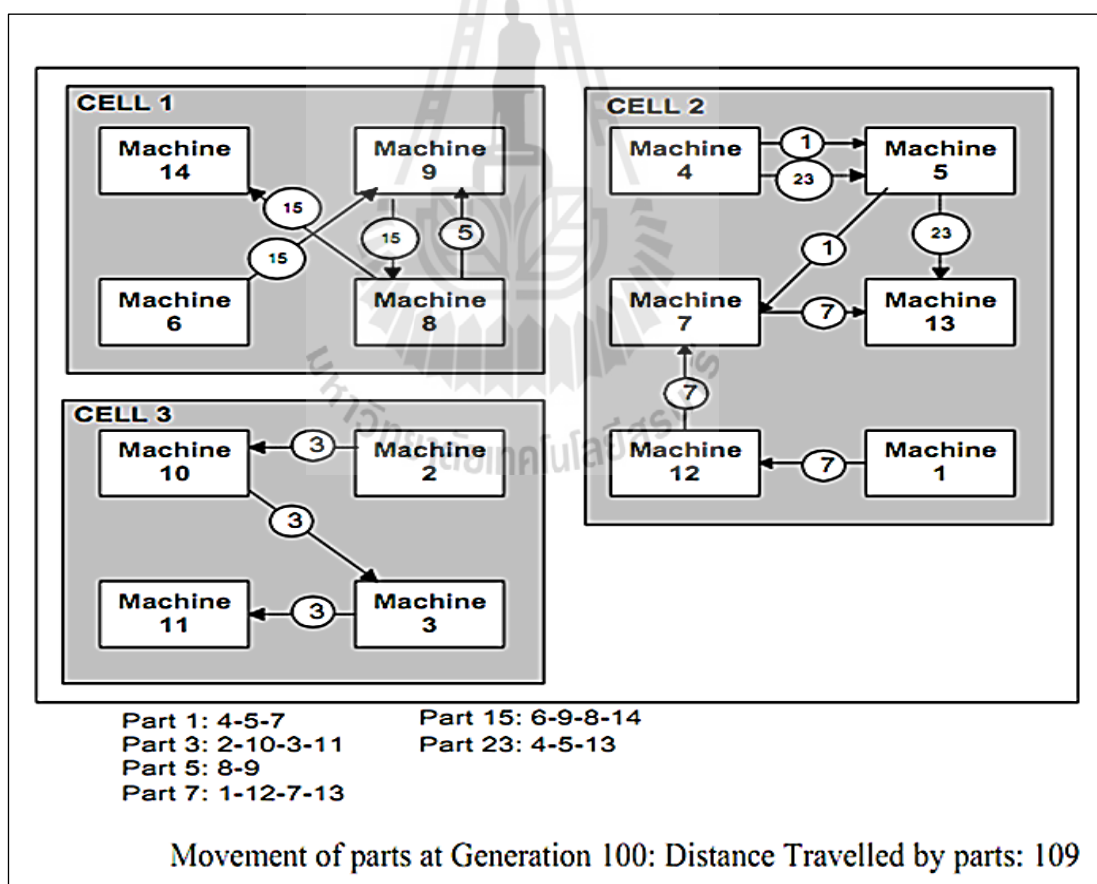
ตารางที่ 4.10 เส้นทางการผลิตของกรณีศึกษาที่ 3

เส้นทาง	ลำดับการทำงานของเครื่องจักร			
Path 1	D	E	G	
Path 2	B	J	C	K
Path 3	H	I		
Path 4	A	L	G	M
Path 5	F	I	H	N
Path 6	D	E	M	

การดำเนินงานเพื่อแก้ไขปัญหา

จากกรณีศึกษาที่ 3 เป็นการแก้ไขปัญหาของการเส้นทางการเคลื่อนย้ายของวัสดุจากเครื่องจักรหนึ่งไปยังเครื่องจักรหนึ่ง ซึ่งประกอบไปด้วย (14 เครื่องจักร, 6 เส้นทาง) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะทางการเคลื่อนย้ายวัสดุ โดยประยุกต์ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่ในแก้ไขปัญหาของกรณีศึกษาที่ 3 นี้

จากข้อมูลของกรณีศึกษาที่ 3 (Norhashimah Morad, 2009) เป็นการจัดเส้นทางการเดินทั้งหมด 6 เส้นทาง ซึ่งการจัดเรียงเครื่องจักรของกรณีศึกษาที่ 3 นี้ใช้แนวคิดขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม โดยการจัดเส้นทางการเคลื่อนย้ายของวัสดุและจะมีการจัดวางผังด้วยรูปแบบเซลล์การผลิตเป็นการจัดวางลงในกลุ่มพื้นที่การทำงานเดียวกัน โดยจัดวางเครื่องจักรตามลำดับการผลิต ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม จากนั้นทำการสุ่มตำแหน่งของเครื่องจักรแล้วทำการจัดเรียงใหม่แสดงดังได้จากรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 ผลการจัดเส้นทางการเดินของเครื่องจักรการกรณีศึกษาที่ 3

จากรูปที่ 4.18 พบว่าเส้นทางการเคลื่อนที่วัสดุทั้งหมด 6 เส้นทางนั้นมีระยะ โดยรวมเท่ากับ 109 หน่วย

งานวิจัยนี้ทำเสนอวิธีการจัดเรียงเครื่องจักร โดยประยุกต์ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่เพื่อแก้ไขปัญหานี้ในพื้นที่การทำงานเดิม แต่ปรับเปลี่ยนตำแหน่งการวางของเครื่องจักรโดยอาศัยแนวคิดจากขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่ ซึ่งตัวอย่างของขั้นตอนการดำเนินงานนี้ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 4.2 จากนั้นทำการเปรียบเทียบคำตอบที่ได้กับกรณีศึกษาที่ 3 ที่มีการจัดวางเครื่องจักรด้วยวิธีที่แตกต่างกัน

ผลการดำเนินงาน

จากการเสนอวิธีเชิงพันธุกรรมแบบใหม่สามารถให้คำตอบของการจัดเรียงสถานีนงานใหม่ได้ดังรูป

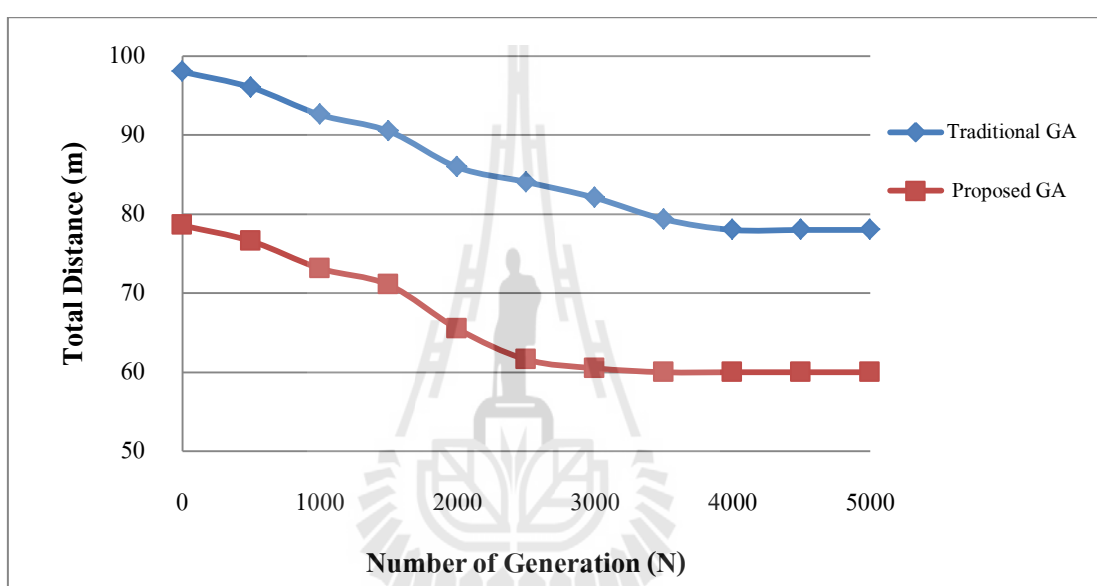
Machine Layout (By Tradition GA)				Machine Layout (By Proposed GA)			
11	2	10	13	7	11	13	5
4	3	6	8	1	2	4	3
9	7	5	1	6	8	9	10
14	12			14	12		

รูปที่ 4.19 การจัดเรียงเครื่องจักรของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิมและแบบใหม่

เมื่อได้รูปแบบการวางเครื่องจักรที่เหมาะสมจากนั้นทำการคำนวณระยะทางของการเคลื่อนย้ายวัสดุที่น้อยที่สุดจากสมการที่ (3.1) ผลการคำนวณแสดง ดังตารางที่ 4.11 และยังสามารถแสดงให้เห็นถึงคำตอบของระยะทางของการเคลื่อนย้ายวัสดุที่น้อยที่ได้ดังรูปที่ 4.20

ตารางที่ 4.11 การเปรียบเทียบผลระหว่าง ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิมและแบบใหม่

Method	Distance
GA of Morad	109.00
Traditional GA	78.00
Proposed GA	60.00



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบในการทดสอบ กับต้นทุนโดยรวมของการขนถ่ายวัสดุ

4.4.4 กรณีศึกษาที่ 4: ตัวอย่างการจัดเรียงสถานีนงานจากหนังสือเรื่อง “Facility layout and location an analytical approach” (Francis, White, J. A., 1992) ข้อมูลของกรณีศึกษาที่ 4 แสดงดังตารางที่ 4.12 และตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.12 แสดงขนาดของสถานีนงานของกรณีศึกษาที่ 4

Machine	Width (m)	Length (m)
A	92.90	9.64
B	111.48	10.56
C	74.32	8.62
D	139.35	11.80
E	232.26	15.24
F	139.35	11.80

ตารางที่ 4.13 เส้นทางการผลิตของกรณีศึกษาที่ 4

ผลิตภัณฑ์	ลำดับของเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต							
P 1	A	B	C	D	E	F		
P 2	A	B	C	B	E	D	C	F
P 3	A	B	E	F				
P 4	A	B	C	E	B	C	F	
P5	A	C	E	F				
P6	A	B	C	D	E	F		
P 7	A	B	D	E	C	B	F	
P8	A	B	C	B	D	B	E	B F
P9	A	B	C	D	F			
P 10	A	B	D	E	F			

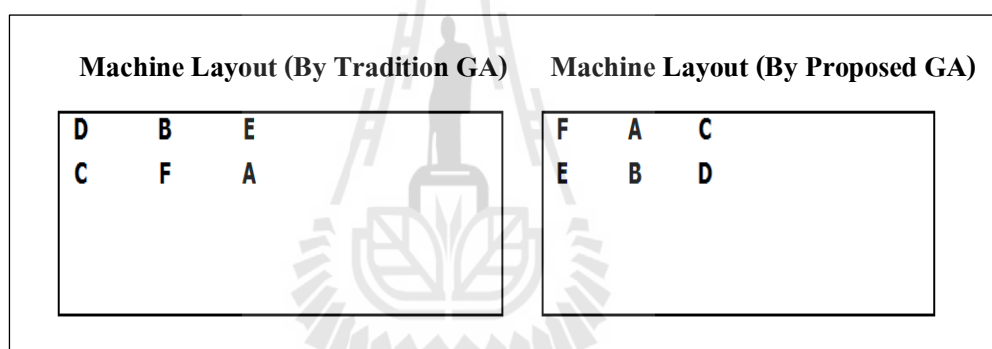
การดำเนินงานเพื่อแก้ไขปัญหา

จากกรณีศึกษาที่ 4 เป็นการแก้ไขปัญหาของการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลายแถว (6 เครื่องจักร, 10 ผลิตภัณฑ์) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนของการเคลื่อนย้ายวัสดุ โดยประยุกต์ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบในแก้ไขปัญหาของกระบวนการนี้

งานวิจัยนี้ทำเสนอวิธีการจัดเรียงเครื่องจักร โดยประยุกต์ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่เพื่อแก้ไขปัญหาในพื้นที่การทำงานเดิม แต่ปรับเปลี่ยนตำแหน่งการวางของเครื่องจักรโดยอาศัยแนวคิดจากขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่ ซึ่งตัวอย่างของขั้นตอนการดำเนินงานนี้ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 4.2

ผลการดำเนินงาน

จากการเสนอวิธีเชิงพันธุกรรมแบบใหม่สามารถให้คำตอบของการจัดเรียงสถานีนางใหม่ได้ดังรูป

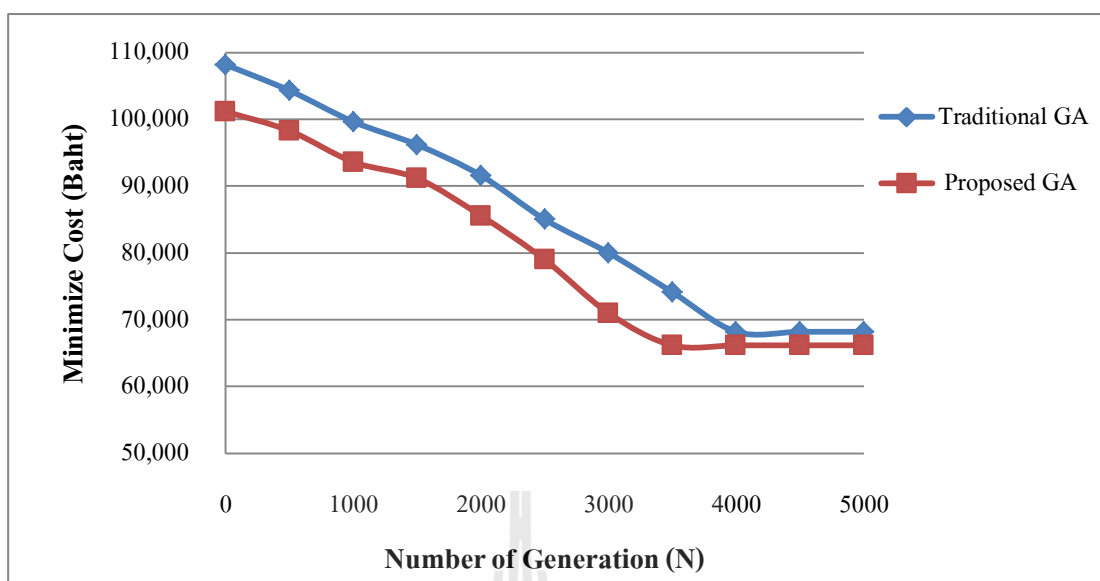


รูปที่ 4.21 การจัดเรียงเครื่องจักรของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิมและแบบใหม่

ได้รูปแบบการวางเครื่องจักรที่เหมาะสมจากนั้นทำการคำนวณต้นทุนของการเคลื่อนย้ายวัสดุที่น้อยที่สุดจากสมการที่ (3.1) ผลการคำนวณแสดง ดังตารางที่ 4.14 และยังสามารถแสดงให้เห็นถึงคำตอบของต้นทุนของการเคลื่อนย้ายวัสดุที่น้อยที่ได้ดังรูปที่ 4.22

ตารางที่ 4.14 การเปรียบเทียบผลระหว่าง ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิมและแบบใหม่

Method	Best Cost
Traditional GA	68,183.51
Proposed GA	66,152.96



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบในการทดสอบ
กับต้นทุนโดยรวมของการขนถ่ายวัสดุ

4.4.5 กรณีศึกษาที่ 5: ข้อมูลจากงานวิจัยเรื่อง “การออกแบบและวางผังโรงงานผลิต
แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์ม” (NSTDA’s Pilot Plant, Nittaya, 2009) ข้อมูลของกรณีศึกษาที่ 5
แสดงดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 แสดงขนาดของสถานีงานของกรณีศึกษาที่ 5

Machine	Width (m)	Length (m)
A	1.20	2.00
B	2.20	3.50
C	2.50	3.40
D	1.20	1.50
E	1.20	1.50
F	4.00	6.00
G	3.50	9.50
H	2.25	3.25

การดำเนินงานเพื่อแก้ไข้ปัญหา

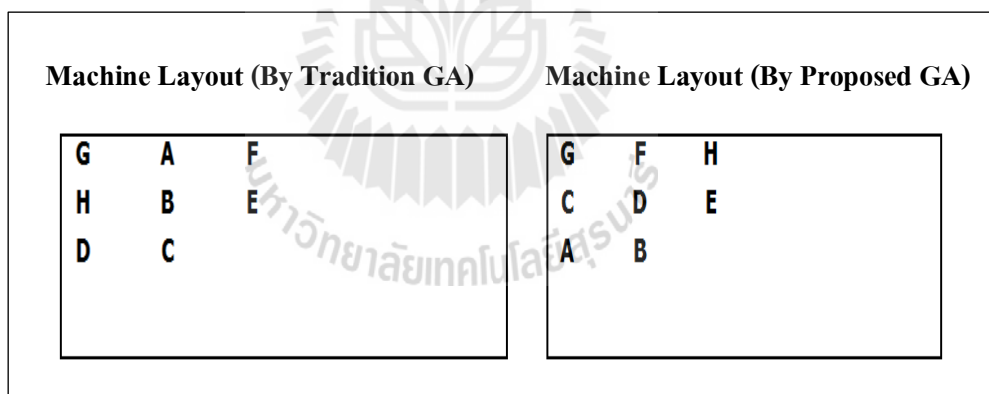
กรณีศึกษาที่ 5 เป็นการแก้ไข้ปัญหาของการจัดเรียงเครื่องจักร ซึ่งประกอบไปด้วย (8 เครื่องจักร, 1 ผลิตภัณฑ์) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนของการเคลื่อนย้ายวัสดุ โดยประยุกต์ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบในแก้ไข้ปัญหาของกรณีศึกษาที่ 5 นี้

จากข้อมูลของกรณีศึกษาที่ 5 (NSTDA's Pilot Plant, Nittaya, 2009) เป็นการจัดเรียงเครื่องจักรเพื่อผลิตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์ม โดยเริ่มจากเครื่องจักร A ไปจนถึง H ตามลำดับ โดยอาศัยหลักการจัดวางอาศัยทฤษฎีการวางแผนผังอย่างเป็นลำดับ (Systematic Layout Planning ; SLP) ในการจัดวางสถานีนงานทั้งหมด ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 2.5

งานวิจัยนี้ทำเสนอวิธีการจัดเรียงเครื่องจักร โดยประยุกต์ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่เพื่อแก้ไข้ปัญหานี้ในพื้นที่การทำงานเดิม แต่ปรับเปลี่ยนตำแหน่งการวางของเครื่องจักรโดยอาศัยแนวคิดจากขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่ ซึ่งตัวอย่างของขั้นตอนการดำเนินงานนี้ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 4.2

ผลการดำเนินงาน

จากการเสนอวิธีเชิงพันธุกรรมแบบใหม่สามารถให้คำตอบของการจัดเรียงสถานีนงานใหม่ได้ดังรูป

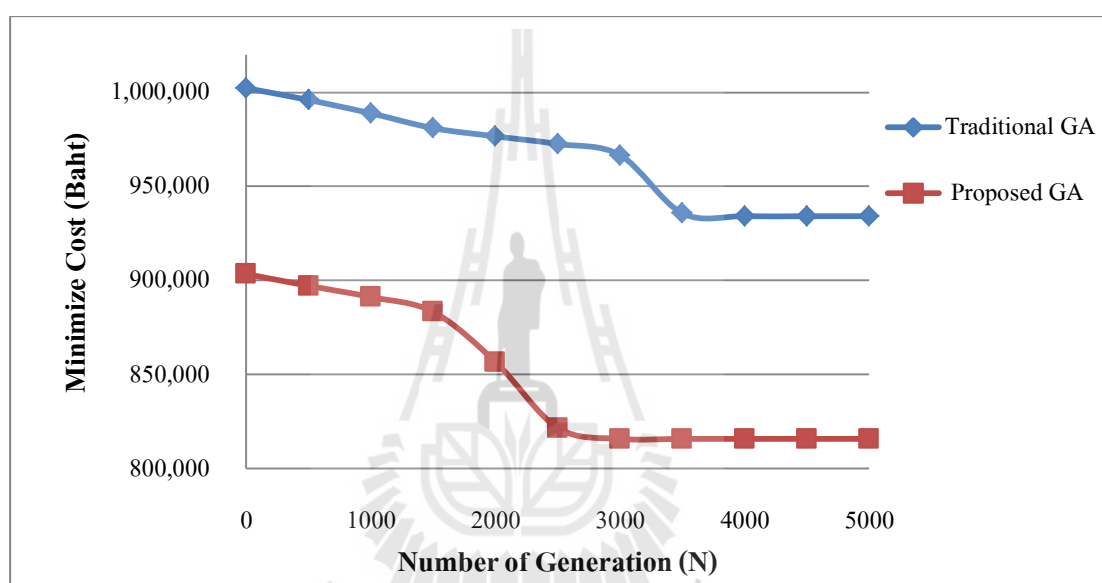


รูปที่ 4.23 การจัดเรียงเครื่องจักรของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิมและแบบใหม่

เมื่อได้รูปแบบการวางเครื่องจักรที่เหมาะสมจากนั้นทำการคำนวณต้นทุนของการเคลื่อนย้ายวัสดุที่น้อยที่สุดจากสมการที่ (3.1) ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 4.16 และยังสามารถแสดงให้เห็นถึงคำตอบของต้นทุนของการเคลื่อนย้ายวัสดุที่น้อยที่ได้ดังรูปที่ 4.24

ตารางที่ 4.16 การเปรียบเทียบผลระหว่าง ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิมและแบบใหม่

Method	Best Cost
SLP of Nittaya	941,850
Traditional GA	934,200
Proposed GA	815,850



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบในการทดสอบ กับต้นทุนโดยรวมของการขนถ่ายวัสดุ

4.5 วิเคราะห์ผล

ผลการวิจัยมาจากตัวอย่างของกระบวนการผลิตต่างๆในงานวิจัยอื่นๆประกอบด้วย 5 กรณีศึกษา

- กรณีศึกษาที่1. ข้อมูลจากการประกอบหน้าบานตู้โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์แห่งหนึ่ง
- กรณีศึกษาที่2. Sensitivity Analysis to Determine the Parameters of Genetic (C.

Srinivas et al. ,2014)

- กรณีศึกษาที่3. Genetic Algorithms Optimization For The Machine Layout Problem (Norhashimah Morad, 2011)

- กรณีศึกษาที่ 4. Facility layout and location an analytical approach (Francis, White, J. A., 1992)

- กรณีศึกษาที่ 5. การออกแบบและวางผังโรงงานผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์ม (นิตยา บำรุงราษฎร์, 2552)

สามารถแบ่งออกเป็นสองกลุ่มตัวอย่างตามวัตถุประสงค์ได้แก่

- 1) ลดต้นทุนการเคลื่อนย้ายวัสดุ
- 2) ลดระยะทางโดยรวมของการเคลื่อนย้ายวัสดุ

จากข้อมูลดังกล่าวสามารถแสดงผลการคำนวณการลดต้นทุนการเคลื่อนย้ายวัสดุจากผลการดำเนินงานของกรณีศึกษาที่ 2 งานวิจัยของ C. Srinivas et al., 2014 กรณีศึกษาที่ 4 Facility layouts and location an analytical approach (Francis, White, J. A., 1992) และกรณีศึกษาที่ 5 การออกแบบและวางผังโรงงานผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์ม (นิตยา บำรุงราษฎร์, 2552) แสดงตามลำดับดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 แสดงผลการคำนวณกรณีศึกษาที่มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการขนส่งวัสดุ

งานวิจัย	จำนวน เครื่องจักร	จำนวน ผลิตภัณฑ์	ต้นทุนการ ขนย้ายวัสดุ	อัตราร้อยละ ที่ลดลง
C. Srinivas et al., 2014	15	1	274,148	
Traditional GA	15	1	271,080	
Proposed GA	15	1	263,851	3.76
Francis, et al., 1992*	6	10	-	
Traditional GA	6	10	68,138.51	
Proposed GA	6	10	66,125.96	2.95
SLP of Nittaya, 2009	8	1	941,850	
Traditional GA	8	1	934,200	
Proposed GA	8	1	815,850	13.38

*

จากตารางที่ 4.18 สามารถระบุได้ว่าขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอมาขึ้น สามารถช่วยลดต้นทุนของการเคลื่อนย้ายวัสดุได้ตั้งแต่ร้อยละ 2.95 ไปจนถึงร้อยละ 13.38 เมื่อเทียบกับผลที่ได้จากกรณีศึกษาทั้ง 3 ตัวอย่างแสดงดังตารางข้างต้น

นอกจากนี้ยังสามารถคำนวณหาระยะทางที่น้อยที่สุดของการเคลื่อนย้ายวัสดุได้เช่นเดียวกัน จากผลการดำเนินงานของกรณีศึกษาที่ 1 ข้อมูลจากการประกอบหน้าบานตู้โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์แห่งหนึ่ง และจากกรณีศึกษาที่ 3 Genetic Algorithms Optimization For The Machine Layout Problem (Norhashimah Morad, 2011) แสดงตามลำดับดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.18 แสดงผลการคำนวณกรณีศึกษาที่มีวัตถุประสงค์เพื่อระยะการขนส่งวัสดุ

งานวิจัย	จำนวนเครื่องจักร	จำนวนผลิตภัณฑ์	ระยะที่ลดลง	อัตราร้อยละที่ลดลง
Before Arranging	8	3	39.00	
Traditional GA	8	3	34.43	
Proposed GA	8	3	31.95	18.08
Morad, 2011	14	6	109	
Traditional GA	14	6	78	
Proposed GA	14	6	60	44.95

จากตารางที่ 4.18 สามารถอธิบายได้ว่าผลการการคำนวณการจัดเรียงเครื่องจักรเรียงเครื่องจักรด้วยวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่ สามารถช่วยลดระยะทางการเคลื่อนย้ายวัสดุได้เมื่อเทียบกับขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม ซึ่งสามารถได้ตั้งแต่ร้อยละ 18.08 และร้อยละ 44.95 เมื่อเทียบกับผลที่ได้จากกรณีศึกษาทั้ง 2 ตัวอย่างแสดงดังตารางข้างต้น

จากผลการศึกษาทั้งหมดในการจัดเรียงเครื่องจักรภายใต้พื้นที่ที่จำกัด พบว่าการประยุกต์ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่ในงานวิจัยนี้ได้แนะนำให้ได้นั้น สามารถช่วยการแก้ปัญหาและหาคำตอบได้เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม พบว่าได้คำตอบที่ดีกว่า นอกจากนี้การเขียนโปรแกรม VBA ร่วมกับการคำนวณบน Excel spreadsheet ที่เห็นภาพและเข้าใจได้ง่ายเหมาะกับการใช้งานในปัจจุบัน อีกทั้งยังสามารถนำไปปรับใช้ให้กับงานบริการ งานด้านการจัดการตารางเวลาได้อีกด้วย

บทที่ 5

สรุปงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการนำเสนอวิธีการแก้ไขปัญหการจัดเรียงสถานีงานและการจัดเรียงเครื่องจักรในพื้นที่จำกัดได้อย่างเหมาะสม โดยนำเสนอขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่ที่ได้รับการพัฒนามาจากขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม ทำการปรับเปลี่ยนกระบวนการทางพันธุกรรม ได้แก่ การสลับสายพันธุ์ (Crossover operation) จากเดิมกระบวนการนี้จะทำการสุ่มตำแหน่งที่ต้องการสลับยีน เมื่อยีนคือตำแหน่งของการวางเครื่องจักร จากโครโมโซมต้นแบบสองแล้วทำการสลับ แต่ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่จะปรับเปลี่ยนวิธีการสลับยีน ร่วมกับการกำหนดเงื่อนไข โดยพิจารณาลำดับการทำงานของเครื่องจักร กล่าวคือเครื่องจักรใดทำงานต่อเนื่องกัน เครื่องจักรนั้นควรอยู่ติดกัน ภายใต้พื้นที่การจัดวางที่จำนวนแถวและจำนวนหลักเท่ากัน

จากผลการศึกษาทั้งหมดในการจัดเรียงเครื่องจักรภายใต้พื้นที่ที่จำกัด พบว่าการประยุกต์ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่ในการแก้ปัญหาและหารูปแบบของการจัดเรียงสถานีงาน เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม พบว่าได้คำตอบที่ดีกว่าอธิบายได้ดังนี้

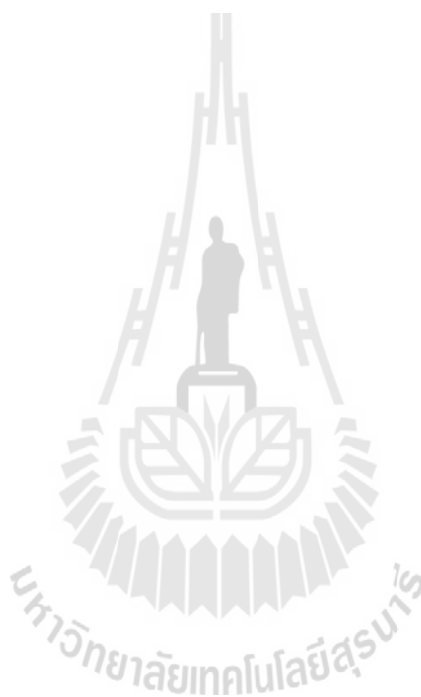
- 1) สามารถประยุกต์ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมเพื่อให้เหมาะสมกับการแก้ไขปัญหการจัดเรียงเครื่องจักรแบบหลากหลายเครื่องจักร และหลากหลายผลิตภัณฑ์ได้
- 2) สามารถแก้ไขปัญหการจัดเรียงเครื่องจักรที่ขนาดแตกต่างกันได้
- 3) สามารถลดต้นทุนการเคลื่อนย้ายวัสดุได้ตั้งแต่ 2.95% ไปจนถึง 13.38% จากกรณีศึกษาดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 4
- 4) สามารถลดระยะทางการเคลื่อนที่ของวัสดุได้ตั้งแต่ 18.08% และ 44.95% จากกรณีศึกษาดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 4
- 5) สามารถนำไปปรับใช้กับงานด้านอื่นๆได้ เช่น การวางแผนผังการให้บริการ การจัดสถานีทำงานเพื่อการบริการลูกค้า ต่างๆ เป็นต้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

นอกเหนือจากการออกแบบการจัดเรียงสถานีงาน หรือการจัดเรียงเครื่องจักรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในด้านของการลดต้นทุนการขนถ่ายวัสดุและลดระยะทางการขนถ่ายวัสดุได้

อาจจะมีการพิจารณาถึงวัตถุประสงค์อื่นๆ เพิ่มเติม ยกตัวอย่างเช่น

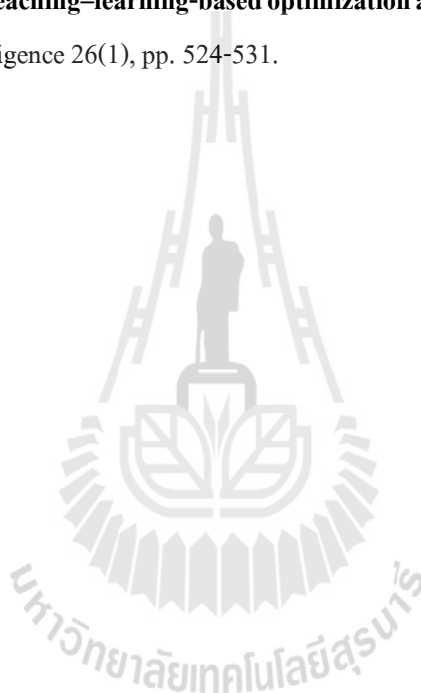
- 1) พิจารณาชนิดของอุปกรณ์เคลื่อนย้ายและขนถ่ายวัสดุ
- 2) ลักษณะของเส้นทางการขนถ่ายวัสดุแบบยืดหยุ่น
- 3) การคำนึงเวลาและตารางในการผลิต
- 4) การเพิ่มเงื่อนไขหรือปัจจัยต่างๆ เพื่อกำหนดระยะเวลาในการทดสอบที่แน่นอน



รายการอ้างอิง

- นิตยา บำรุงราษฎร์ (2552). การออกแบบและวางผังโรงงานผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์ม.
วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรม. มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต
เปรมินทร์ เจริญจิตพลชัย (2555). วิธีการฮิวริสติกสำหรับปัญหาการวางผังโรงงานแบบพลวัตในระบบการ
ผลิตแบบยืดหยุ่น. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมประจำปี พ.ศ. 2555.
หน้า 464-469
- ศรีสัจจา วิทยศักดิ์ (2555). การออกแบบการจัดเรียงเครื่องจักรทรงสี่เหลี่ยมที่หมุนได้แบบหลายแถวด้วย
วิธีเจเนติกอัลกอริทึมที่ปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ได้ยืดหยุ่น. การประชุมวิชาการด้านการวิจัย
ดำเนินงานแห่งชาติ ครั้งที่ 9 ประจำปี 2555. หน้า 1-21
- Boonlong, K. (2011). **Genetic Algorithms for Multi-objective Optimization**. Burapha Science
Journal 16(1): 107-114.
- Boonsanpol, T. and N. Keeratipranon (2014). **Application of Genetic Algorithm in Maritime Force
Composition: Case Study in Humanitarian Assistance and Disaster Relief Operations** the
Tenth National Conference on Computing and Information Technology, pp. 638-644.
- Datta, D., A. R. S. Amaral and J. R. Figueira (2011). **Single row facility layout problem using a
permutation-based genetic algorithm**. European Journal of Operational Research 213(2),
pp. 388-394.
- El-Baz M. Adel. (2004). **A genetic algorithm for facility layout problems of different
manufacturing environments**. Computers and Industrial Engineering 47, pp. 233-246.
- Holland, H. (1975). **Adaptation in Natural and Artificial Systems**. the University of Michigan Press,
Michigan.
- Jung, M. and J. Zscheischler (2013). **A Guided Hybrid Genetic Algorithm for Feature Selection with
Expensive Cost Functions**. Procedia Computer Science 18, pp. 2337-2346.
- Khadwilard, A. (2011). **Application of Genetic Algorithm for Optimisation Problems**. RMUTP
Research Journal 5(2), pp. 153-163.
- Kraithong, R. (2014). **A Cooperative Coevolution Genetic Algorithm for Generating Trading
Strategies**. Master of Science, National Institute of Development Administration.
- Morad, N. (2009). **Genetic Algorithms optimization for The machine layout problem**. School of
Industrial Technology University Sains Malaysia Research Journal, pp. 205-220.

- Pongcharoen, P., D. J. Stewardson, C. Hicks and P. M. Braiden (2001). Journal of Applied Statistics 28(3-4), pp. 441-455.
- Sadrzadeh, A. (2012). **A genetic algorithm with the heuristic procedure to solve the multi-line layout problem.** Computers & Industrial Engineering 62(4), pp.1055-1064.
- Srinivas, C., B. R. Reddy, K. Ramji and R. Naveen (2014). Sensitivity Analysis to Determine the Parameters of Genetic Algorithm for Machine Layout. Procedia Materials Science 6, pp. 866-876.
- Venkata Rao, R. and V. D. Kalyankar (2013). **Parameter optimization of modern machining processes using teaching-learning-based optimization algorithm.** Engineering Applications of Artificial Intelligence 26(1), pp. 524-531.



The logo of Sakon Nakhon Rajabhat University is a circular emblem. It features a central figure of a person standing on a pedestal, surrounded by a sunburst or gear-like pattern. The text "มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี" (Mahavithayalai Technology Suranari) is written in a circular path around the central figure.

ภาคผนวก ก

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา

A PERMUTATION-BASED GENETIC ALGORITHM FOR SOLVING THE MACHINE LAYOUT OF MANUFACTURING SYSTEM

Suphatra Kritwattanakorn, Kontorn Chamniprasart, Wanwanut Boongsod*
School of Manufacturing Engineering, Suranaree University of Technology
 * E-mail: wanwanut@sut.ac.th

ABSTRACT

In the manufacturing industry are several parameters that influence to products due to complexity of parts or components, materials, fabricating methods, etc. The popular technique used to improving manufacturing competitiveness is layout management. Therefore, this study will propose for solving the machine layout in order to minimize total distances and the assembly line in manufacturing process. Genetic algorithm is developed for permutation on Windows-based software that capable of solution general genetic algorithm within the Microsoft Excel spreadsheet and limited area is a constraint of machine layouts. The method of genetic algorithm is created initial populations by Roulette wheel selection (RWS). The new individual representation is created by crossover process from parts of population. Mutation process is changed structure of a gene in population. New population is evaluated result by objective function. The performance of the genetic algorithm is analyzed by comparing the result with general solution such as critical path method (CPM). The effective result of machine layout by genetic algorithm method is shown. The minimized total distance is considered by the key performance index of internal logistic activity in manufacturing process.

1. INTRODUCTION

In order to develop an industry sustainably, the first must be having suitable infrastructure. Layout management is one important setup which can be divided to 2 types: manufacturing layout (such as machine layout and material transportation layout) and management layout (such as department stores, the dining table in restaurant). A proper layout helps improving effectiveness of manufacturing and service. There usually have many machines or work stations in an operational area of a factory. Arranging those machines or work stations properly is essential. Minimizing material handling distance means ensuring

successful internal logistics activity (Srisatja & Pupong, 2012). To have such a short distance between machines is not a stress-free task. The machines must be positioned pondering manufacturing steps in order that operations can run smooth. In some situations, there are numerous products built in the same time and each product has its own steps. Therefore, solving machine layout problem is frequently complicate. Techniques motivated by nature imitation are used for countering these complicating problems. Genetic Algorithm (GA) is one method often applied for solving machine layout (Chaudhry & Luo, 2005). GA helps generating possible solutions called population. Results calculated from each member of population are compared in order to find potential answers leading to optimization. Furthermore, iteration in GA creates new generation of population through crossover and mutation. The best answers of initial population and latter population are also equated (Pongcharoen et al., 2002). The idea of using a window based software, anyone who is interested in this can easily access to the proposed program.

2. EXPERIMENT

2.1 Machine Layout design conditions

- 2.1.1 Machines are rectangular in shape. The size can be determined initially but must stay constant throughout the GA process.
- 2.1.2 Machines can be accessed from any direction. The distance between each pair of machines is calculated from their centroids.
- 2.1.3 Machines are arranged from X-axis first, then new row along Y-axis.
- 2.1.4 Machines are arranged considering manufacturing steps.
- 2.1.5 Sizes of machines are smaller than working area.
- 2.1.6 The purpose of this study is to arrange machines not consider production time.

2.2 Genetic algorithm

Principle of GA is a stochastic search technique that imitates the process of natural selection. That can survive and be transmitted to the next generation. The remarkable result obtained by using GA process is a group of possible solutions whereas other method is individual solution (Goldberg, 1989). In a recent time, GA has been studied broadly. There are different details based on researchers' interests, applications, and fields of engineering works. The proposed study was adapted from Simple Genetic Algorithms (SGA). It starts with an initial set of random solutions for the problem under consideration. The set of these solutions is called the population (P). The individuals of the population are called chromosomes. The results of this approach are evaluated by Fitness Function. Then, the most suitable result is transferred to the new population. Chromosome is selected into crossover process and mutation process to create next generation of possible solutions.

2.2.1 String representation

The initial population is P. In this paper, the numbers of genes in chromosome were machines as shown in Fig. 1.

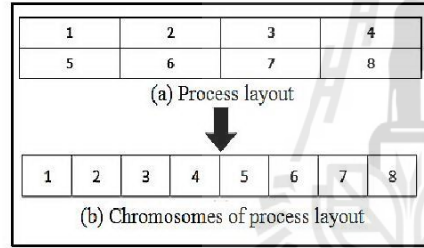


Figure.1 Chromosomes representation

2.2.2 Selection

The method of selection for reproduction used was roulette-wheel selection (Kumar, 2012). All chromosomes were within the Roulette wheel. By considering Fitness Proportionate Selection value, the chromosome having higher probability of being selected would have been chosen for reproduction process. To minimize total distances in machine layout problem, the objective function by Fitness Function can be defined as follow:

$$\text{Minimize } Z = \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^M f_{ij} d_{ij} \quad (1)$$

Where Z is total distances of material handling system.

m is the number of rows

d_{ij} is the distance between machines i and j

f_{ij} is the frequency of trips between machines i and j

2.2.3 Crossover

Crossover process creates the new generation of solutions. In the proposed study, the cut section (the area between two genes in the string) and the crossover point were selected randomly. This process obtained both parents alternate between chromosomes. Program user specified crossover probability (P_c) of genes.

In this example, In this example, the cut section was four central numbers of both parents $P1 = \{8, 4, 2, 5\}$ and $P2 = \{1, 3, 7, 6\}$, and the string was exchanged at the point shown in Fig. 2. (Mihajlovi, et al., 2007). New generations P1 should be lined as $\{2, 5, 8, 4\}$ and P2 as $\{7, 6, 1, 3\}$ as shown in Fig. 2.

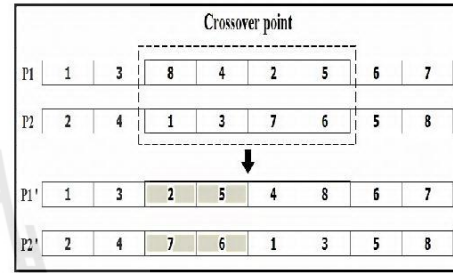


Figure.2 Crossover process

2.2.4 Mutation

Mutation process was change structure of a gene in chromosomes. It was simply selecting two genes at random and swapping their contents. The probability of mutating a single gene is usually a small number. This process prevents convergence of solution in machine layout problem as shown in Fig. 3.

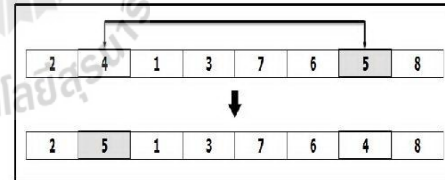


Figure.3 Mutation process

3. ANALYSIS

3.1 Mathematical Model

This paper describes a permutation-based genetic algorithm to minimize total distances in machine layout problem considering initially defined manufacturing steps and machine sizes. To minimize total distances

calculated by Fitness Function (Eq. 1) of all population members. The distance between a pair of machines was determined according to the Eq. 2.

$$d_{ij} = x_{ij} + y_{ij} \quad (2)$$

When d_{ij} is distances of machine i to j

x_{ij} is distances according to the X axis from center of machine i to j

y_{ij} is distances according to the Y axis from center of machine i to j

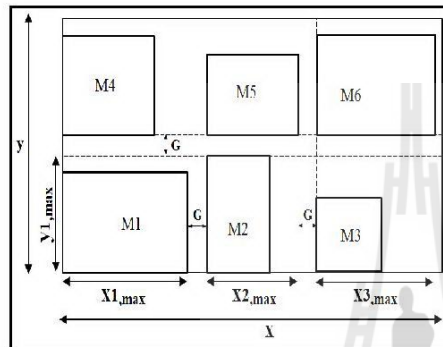


Figure.4 The arrangement of machine layout

See Fig.4, x_{ij} is summation of maximum distances according to the X axis from center of machine i to j with available space (G) that are located in the same row. Likewise, y_{ij} is the summation of maximum distances according to the Y axis by using the two formulas (Eq. 3) and (Eq. 4), respectively.

$$x_{ij} = \frac{x_{i,max}}{2} + x_{i+1,max} + \dots + \frac{x_{j,max}}{2} + (n-1)G \quad (3)$$

$$y_{ij} = \frac{y_{i,max}}{2} + y_{i+1,max} + \dots + \frac{y_{j,max}}{2} + (n-1)G \quad (4)$$

When n is number of machine i to j

G is available space between machines i to j (assume 1 m, in this example)

3.2 Example

In this case study, the proposed permutation-based genetic algorithm use to minimize total distances in Furniture production was the case. There were 3 products, 8 machines. Production routing of each product was presented in Table 1. The sizes of machines were in Table 2.

The values of the GA parameters that produce quality solutions have to be identified. This approach proposed here used initial population size (P) as 10, crossover probability (P_c) as 0.9 and mutation probability (P_m) as 0.1 (El-Baz, 2004).

Table 1. Part list and production data

Product	Production routing
1	A-B-C-D
2	A-E-F-G
3	A-H

Table 2. Dimensions of the machines layout

Machine layouts	Dimensions	
	Length (m)	Width (m)
A	2.00	2.00
B	1.35	1.30
C	1.35	1.25
D	1.35	1.30
E	1.22	1.25
F	1.00	1.00
G	1.22	1.25
H	1.20	1.22

The results obtained by using the proposed method were compared with initial setup, Critical Path Method (CPM), and traditional GA. The machine layout achieved by the proposed GA had shortest distance (19.62 m). The distance was same as obtained by using traditional GA but shorter in calculating time (4 sec), see Table 3. The best layout obtained by the proposed approach was shown in Fig.5.

Table 3. Comparison between the different approaches for example

Method	Successful hits	No. of trials	Time to run (s)
Current layouts	38.45	-	-
Critical Path Method (CPM)	21.88	-	-
Genetic algorithm	19.62	5000	373.8
Proposed approach	19.62	88	4.00

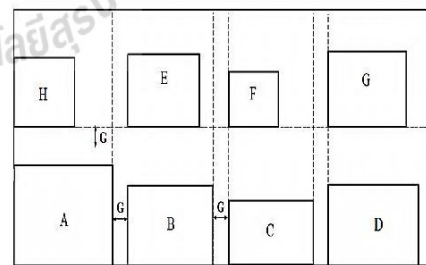


Figure.5 Best layout in the previous approaches for example

CONCLUSION

This study proposes an approach using a permutation-based genetic algorithm to minimize total distances in manufacturing system. This approach has shown better result for machine layout problem than other approaches including CPM and traditional GA.

Moreover, visual basic for applications (VBA) can be applied to calculation in Microsoft Excel spreadsheet that resulted in easy to understand and apply to other problems in the same field.

REFERENCES

- Chaudhry, s., and Luo. w., Application of genetic algorithms in production and operations management, *international journal of production research*, Vol. 43, no. 19, pp. 4083-4101, 2005.
- El-Baz M. Adel, A genetic algorithm for facility layout problems of different manufacturing environments. *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 47, pp. 233-246, 2004.
- Goldberg, D., *Genetic algorithms in search optimization and machine learning*, Addison-Wesley, New York, 1989.
- Kumar, R., Blending Roulette Wheel Selection & Rank Selection in Genetic Algorithms, *Journal of Machine Learning and Computing*, Vol. 2, no. 4, pp. 365-371, 2012.
- Mihajlovi. I., et al., Using genetic algorithms to resolve Facility layout problem, *Serbian Journal of Management*, Vol. 2, no. 1, pp. 35 – 46, 2007.
- Pongcharoen, P., et al., Scheduling Mixed-Model Production on Multiple Assembly Lines with Shared Resources Using Genetic Algorithms, *International Journal of Production Economics*, Vol. 78, no. 3, pp. 311-322, 2002.
- Vitayasak. S., and Pongcharoen. P., Designing rotatable machine layout in multiple row environment, *International Conference on Applied Operational Research in Thailand*, Bangkok, 2012.



Suphatra Kritwattanakorn
received the B.E. (2012) degree in Manufacturing Engineering from Suranaree University of Technology.



Kontorn Chamniprasart
received the B.S. (1980) degree in Mechanical Engineering from (First Class Honors) from Royal Thai Air Force Academy, Thailand, M.Sc. (1987) degree in Mechanical Engineering from University of Pittsburgh, and Ph.D. (1992) degree in Mechanical Engineering from University of Pittsburgh, USA



Wanwanut Boongsod
received the B.E. (1999) degree in Industrial Engineering from Khon Kaen University, M.E. (2006) degree in Industrial Engineering from Thammasat university, Thailand, and Ph.D. (2012) degree in Manufacturing Engineering from University of Liverpool, UK

ประวัติผู้เขียน

ข้าพเจ้านางสาวสุพัตรา กฤษวัฒนากรณ์ เกิดวันที่ 16 มิถุนายน 2533 เริ่มศึกษาชั้นประถมศึกษาที่โรงเรียนประชารัฐสามัคคี ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นวิทยาลัยนาฏศิลปนครราชสีมา ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย จังหวัดนครราชสีมา และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีจากสาขาวิศวกรรมการผลิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี 2555 หลังจากการสำเร็จการศึกษาต่อมาในปี 2556 ได้เข้าศึกษาในระดับปริญญาโทสาขาวิศวกรรมการผลิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้เริ่มทำงานในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในตำแหน่งวิศวกรผู้ประสานงาน และโครงการสนับสนุนการให้คำปรึกษาเพื่อลดต้นทุนพลังงาน ในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็ก โครงการพัฒนาช่างยั่งยืนจังหวัดนครราชสีมา โครงการเพิ่มผลิตภาพแรงงานตามความต้องการของสถานประกอบการ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน

ขณะที่ศึกษาต่อในระดับมหาบัณฑิตนั้น ได้มีประสบการณ์โดยเป็นผู้สอนในรายวิชาดังนี้

- (1) ปฏิบัติการวิศวกรรมการผลิต
- (2) ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล
- (3) ปฏิบัติการวิศวกรรมอากาศยาน
- (4) ปฏิบัติการวิศวกรรมยานยนต์
- (5) ปฏิบัติการวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

ในระหว่างการศึกษาปริญญาโทได้นำเสนอผลงานทางวิชาการ ตามที่ได้นำเสนอแสดง
ในภาคผนวก ก