

การประยุกต์ข้อมูลินพุตที่ไม่ชัดเจนในการขนย้ายวัสดุร่วมกับขั้นตอนเชิง
พันธุกรรมในการจัดผังเครื่องจักร



นายชिरานูวัฒน์ เจ็ดรัมย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกลและระบบกระบวนการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2560

**APPLICATION OF FUZZY MATERIALS-HANDLING
INPUTS WITH THE GENETIC ALGORITHM FOR
MACHINE LAYOUT**



**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of Master of Engineering in Mechanical and Process**

System Engineering

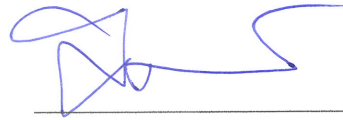
Suranaree University of Technology

Academic Year 20

การประยุกต์ข้อมูลอินพุตที่ไม่ชัดเจนในการขนย้ายวัสดุร่วมกับขั้นตอนเชิง
พันธกรรมในการจัดฝั่เครื่องจักร

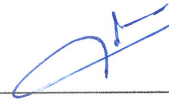
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นักวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



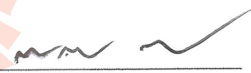
(ผศ. ดร.ศิวดล กัญญาคำ)

ประธานกรรมการ



(อ. ดร. วรรณนัช บุ่งสุต)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)



(อ. ดร. สมศักดิ์ สิวดำรงพงศ์)

กรรมการ



(อ. ดร. ประเสริฐ เอ่งฉ้วน)

กรรมการ



(ศ. ดร. สันติ แม่นศิริ)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาความเป็นสากล



(รศ. ร.อ. ดร. กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ชिरานูวัฒน์ เจ็ตรีรัมย์ : การประยุกต์ข้อมูลอินพุตที่ไม่ชัดเจนในการขนย้ายวัสดุร่วมกับ
ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการจัดผังเครื่องจักร (APPLICATION OF FUZZY
MATERIALS-HANDLING INPUTS WITH THE GENETIC ALGORITHM FOR
MACHINE LAYOUT) อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.วรรณนัช บุ่งสุด, 111 หน้า.

งานวิจัยนี้มีการนำเสนอการประยุกต์ข้อมูลอินพุตแบบตัวเลขฟัซซีร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม
ในการแก้ปัญหาจัดผังเครื่องจักร โดยกระบวนการทางพันธุกรรมใช้วิธีการคัดเลือกโครโมโซมแบบ
แข่งขัน พิจารณาข้อมูลอินพุตที่มีความไม่แน่นอนของควมถี่ของการไหลและปริมาณการขนย้าย
ของวัสดุของแต่ละเครื่องจักรที่มีความแตกต่างกันแบบตัวเลขฟัซซี ทดลองกับ 4 ปัญหาตัวอย่างใน
ระบบกระบวนการผลิต พบว่าถ้ามีความไม่แน่นอนของข้อมูล ระยะทางที่สั้นก็ไม่สามารถเป็น
ตัวชี้วัดได้ว่าจะส่งผลให้มีต้นทุนรวมที่ต่ำ ส่วนวิธีการคัดเลือกโครโมโซมแบบวิธีการแข่งขันมี
ประสิทธิภาพกว่าวิธีการคัดเลือกสุ่มแบบวงล้อรูเล็ต จะมีการลู่เข้าของคำตอบสามารถหาคำตอบ
ของปัญหาที่ต้นทุนต่ำสุดได้ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการนำไปใช้เพื่อแก้ปัญหการจัดผัง
เครื่องจักรในกระบวนการผลิต



สาขาวิชา วิศวกรรมการผลิต

ปีการศึกษา 2560

ลายมือชื่อนักศึกษา ชिरานูวัฒน์

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา [Signature]

CHIRANUWAT JEDRAM : APPLICATION OF FUZZY MATERIALS-
HANDLING INPUTS WITH THE GENETIC ALGORITHM FOR
MACHINE LAYOUT. THESIS ADVISOR : WANWANUT BOONGSOOD,
Ph. D., 111 PP.

MACHINE LAYOUT/FUZZY NUMBER/GENETIC ALGORITHM

This research presents the application of fuzzy set theory, with a genetic algorithm for the selection operator using tournament selection, to solving machine layout problems in order to manage vague information. Parameters including material flow frequency and material flow volume between machines, were considered as fuzzy numbers. The experimental results came from 4 case studies in a manufacturing system. It was found that having the uncertainty of data, it was not possible to shorten distances resulting in the minimization of material handling costs. The selection operator of tournament selection can compete effectively to converge to near the optimum solution. Thus, this can be an alternative method in manufacturing management.

School of Manufacturing Engineering

Academic Year 2017

Student's Signature 

Advisor's Signature 

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ทั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.วรรณนัช บุ่งสุด หัวหน้าสาขาวิศวกรรมการผลิต อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้โอกาสและคำปรึกษาในทุกกรณี เปิดโอกาสให้ศึกษาเรื่องงานวิจัยต่างๆ อย่างอิสระที่เกี่ยวข้องกับการจัดผังเครื่องจักร ให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทาง และข้อคิดเห็นต่างๆ ที่นำมาใช้ในการทำวิจัยด้วยดีตลอดมา

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ศิวดล กัญญาคำ คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อาจารย์ ดร.สมศักดิ์ ศิวดำรงพงศ์ รองคณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และอาจารย์ ดร.ประเสริฐ เอ่งฉ้วน สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่กรุณาเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ รวมทั้งให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นและเทคนิคต่างๆ ในกระบวนการทำวิทยานิพนธ์ที่ถูกต้อง

สุดท้ายนี้ คุณงามความดีอันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพยิ่ง และคณาจารย์ผู้ประสทาวิชาความรู้ ตลอดจนทุกๆ ท่านที่ให้กำลังใจช่วยเหลือจนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ชिरานูวัฒน์ เจ็ครัมย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูปภาพ.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....	4
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....	4
1.4 วิธีดำเนินการศึกษาวิจัย.....	5
1.5 สถานที่ทำงานวิจัย.....	5
1.6 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	5
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
2 ปรัชญาบรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 ข้อมูลทั่วไปของการจัดวางผังเครื่องจักร.....	7
2.1.1 การวางแผนเพื่อจัดวางเครื่องจักร.....	7
2.1.1.1 การจัดผังตามชนิดผลิตภัณฑ์.....	8
2.1.1.2 การจัดผังตามกระบวนการผลิต.....	8
2.1.1.3 การจัดผังตามแบบงานอยู่กับที่.....	9
2.1.2 การวิเคราะห์การไหลของวัสดุ.....	9
2.2 พีชชีกับการวางแผนการจัดวางเครื่องจักร.....	10
2.2.1 ทฤษฎีพีชชีเซต.....	10

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.2	ความแตกต่างระหว่างทฤษฎีพีชชีเซตกับทฤษฎีความน่าจะเป็น.....	12
2.2.3	ตัวเลขพีชชี.....	12
2.2.3.1	รูปแบบของพีชชีหรือพีชชีอินเทอร์โพล.....	12
2.2.3.2	ปฏิบัติการทางเลขคณิตของตัวเลขพีชชี.....	14
2.3	ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมกับการจัดวางผังเครื่องจักร.....	15
2.3.1	เริ่มต้นการทำงานของขั้นตอนเชิงพันธุกรรม.....	16
2.3.2	กระบวนการประเมินผล.....	17
2.3.3	การคัดเลือก.....	18
2.3.3.1	การคัดเลือกแบบวงล้อรูเล็ต.....	18
2.3.3.2	การคัดเลือกแบบการแข่งขัน.....	19
2.3.4	การสลับสายพันซ์.....	19
2.3.4.1	การสลับสายพันซ์แบบ 1 ตำแหน่ง.....	20
2.3.4.2	การสลับสายพันซ์แบบ 2 ตำแหน่ง.....	20
2.3.5	การกลายพันซ์.....	21
2.3.6	การตรวจสอบเงื่อนไขการหยุด.....	21
2.4	การทำงานของโปรแกรมประยุกต์.....	22
2.5	การวิเคราะห์ความแปรปรวน.....	23
2.6	ปริทัศน์วรรณกรรม.....	24
2.6.1	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้พีชชีเพื่อแก้ปัญหาการจัด ผังเครื่องจักร.....	24
2.6.2	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแก้ ปัญหาจัดวางผังเครื่องจักร.....	25
2.6.3	งานวิจัยที่เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้พีชชีร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม เพื่อแก้ปัญหาจัดผังเครื่องจักร.....	27
2.6.4	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิธีแบบพีชชีร่วมกับขั้นตอนเชิง พันธุกรรมเพื่อแก้ปัญหาอื่นๆ.....	27

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.7	สรุปการรวบรวมปริทัศน์วรรณกรรม.....	31
3	วิธีการดำเนินการวิจัย.....	34
3.1	การออกแบบและลักษณะของปัญหาการออกแบบวางผังเครื่องจักร.....	36
3.1.1	ขอบเขตของปัญหา.....	36
3.1.2	สมมติฐานที่ใช้ในการแก้ปัญหา.....	37
3.1.3	การออกแบบวางผังเครื่องจักร.....	37
3.1.3.1	ระยะทางแบบการวัดเชิงเส้นตรง.....	38
3.1.3.2	การหาจุดศูนย์กลางของเครื่องจักร.....	39
3.2	การออกแบบและขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีพีชชีในการ จัดผังเครื่องจักร.....	40
3.2.1	ขั้นตอนการประยุกต์ใช้วิธีตัวเลขพีชชี.....	41
3.2.1.1	รูปแบบของพีชชี.....	42
3.2.1.2	การคำนวณตัวเลขพีชชี.....	42
3.2.1.3	การแปลงตัวเลขพีชชีเป็นตัวเลขปกติ.....	43
3.2.2	ขั้นตอนการประยุกต์ใช้วิธีเชิงพันธุกรรม.....	43
3.2.2.1	ขั้นตอนเข้ารหัสโครโมโซม.....	44
3.2.2.2	ขั้นตอนการประเมินค่าความเหมาะสม.....	45
3.2.2.3	ขั้นตอนการคัดเลือก.....	46
3.2.2.4	ขั้นตอนการสลับสายพันธุ.....	47
3.2.2.5	ขั้นตอนการกลายพันธุ.....	48
3.2.2.6	การตรวจสอบเงื่อนไขการหยุด.....	49
3.3	โปรแกรมการประยุกต์ใช้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีพีชชีใน การจัดผังเครื่องจักร.....	52
3.3.1	Interface Page ส่วนที่ใช้สำหรับป้อนข้อมูลที่จะใช้ใน การวิเคราะห์.....	53
3.3.2	Output Page เป็นส่วนที่ใช้แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากกาประมวลผล.....	58

สารบัญ (ต่อ)

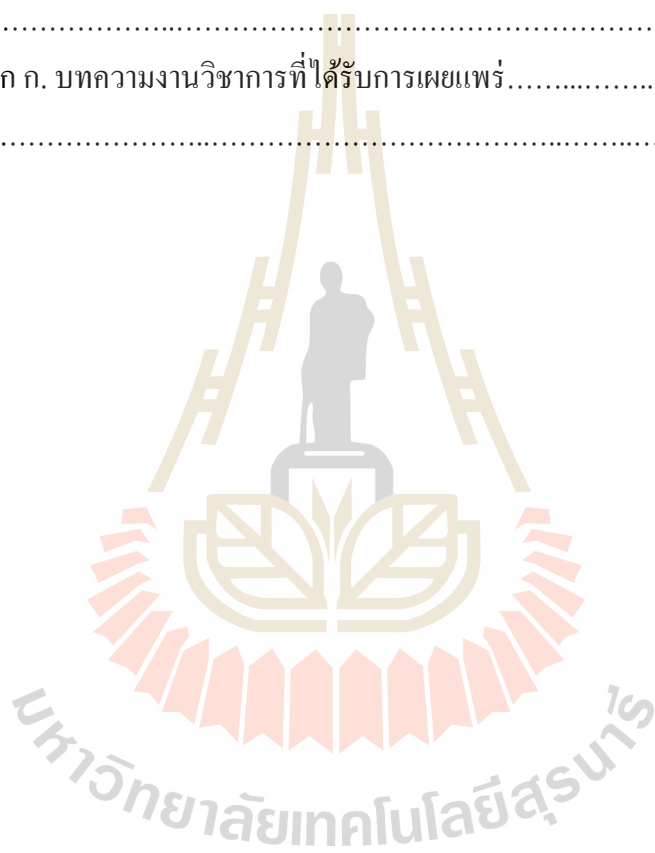
หน้า

3.4	วิธีการที่ใช้ในการศึกษา.....	58
4	ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผล.....	62
4.1	ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา.....	63
4.1.1	ปัญหาที่ 1.....	63
4.1.2	ปัญหาที่ 2.....	64
4.1.3	ปัญหาที่ 3.....	65
4.1.4	ปัญหาที่ 4.....	67
4.2	การเปรียบเทียบกรณีศึกษาของปัญหาที่เป็นตัวเลขพีชชี.....	68
4.2.1	กรณีศึกษาข้อมูลอินพุตตัวเลขพีชชีกับปัญหาในกระบวนการผลิตจากการทบทวนผลงานวิจัย.....	69
4.2.2	กรณีศึกษาข้อมูลอินพุตตัวเลขพีชชีกับปัญหาในกระบวนการผลิตในสถานการณ์จริง.....	80
4.2.3	สรุปผลการเปรียบเทียบของกรณีศึกษาของปัญหาที่เป็นตัวเลขพีชชี.....	82
4.3	การทดลองขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการจัดผังเครื่องจักร.....	83
4.3.1	เปรียบเทียบผลการทดลองของจำนวนประชากรเริ่มต้นและจำนวนรุ่นของปัญหาที่ 1.....	84
4.3.2	เปรียบเทียบผลการทดลองของจำนวนประชากรเริ่มต้นและจำนวนรุ่นของปัญหาที่ 2.....	88
4.3.3	เปรียบเทียบผลการทดลองของจำนวนประชากรเริ่มต้นและจำนวนรุ่นของปัญหาที่ 3.....	93
4.3.4	เปรียบเทียบผลการทดลองของจำนวนประชากรเริ่มต้นและจำนวนรุ่นของปัญหาที่ 4.....	97
4.3.5	สรุปผลการเปรียบเทียบของผลการทดลองในขั้นตอนเชิงพันธุกรรม.....	102
5	สรุปงานวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	103

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

สรุปการวิจัย.....	103
ข้อเสนอแนะ.....	104
รายการอ้างอิง.....	105
ภาคผนวก.....	109
ภาคผนวก ก. บทความงานวิชาการที่ได้รับการเผยแพร่.....	110
ประวัติผู้เขียน.....	111



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 การเปรียบเทียบค่าความเป็นไปได้และความน่าจะเป็น.....	2
2.1 แสดงผลการรวบรวมปริทัศน์วรรณกรรม.....	29
3.1 แสดงข้อมูลของผังเครื่องจักร.....	52
3.2 แสดงข้อมูลของพารามิเตอร์ของขั้นตอนเชิงพันธุกรรม.....	52
3.3 การกำหนดข้อมูลอินพุตความถี่และปริมาณการไหลของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง.....	60
3.4 การกำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองของขั้นตอนเชิงพันธุกรรม.....	61
4.1 เส้นทางการผลิตของปัญหาที่ 1 ประกอบด้วยเครื่องจักร.....	63
4.2 แสดงขนาดของเครื่องจักรของปัญหาที่ 1.....	63
4.3 เส้นทางการผลิตของปัญหาที่ 2 ประกอบด้วยเครื่องจักร.....	64
4.4 แสดงขนาดของเครื่องจักรของปัญหาที่ 2.....	64
4.5 แสดงขนาดของเครื่องจักรของปัญหาที่ 3.....	66
4.6 เส้นทางการผลิตของปัญหาที่ 4 ประกอบด้วยเครื่องจักร.....	67
4.7 แสดงขนาดของเครื่องจักรของปัญหาที่ 4.....	68
4.8 กรณีศึกษาของชุดข้อมูลพีชชีกับปัญหาที่ 1.....	70
4.9 การเปรียบเทียบผลจากการรัน 1 ครั้งในการแก้ปัญหาที่ 1.....	71
4.10 กรณีศึกษาของชุดข้อมูลพีชชีกับปัญหาที่ 2.....	73
4.11 การเปรียบเทียบผลจากการรัน 1 ครั้งในการแก้ปัญหาที่ 2.....	74
4.12 กรณีศึกษาของชุดข้อมูลพีชชีกับปัญหาที่ 3.....	77
4.13 การเปรียบเทียบผลจากการรัน 1 ครั้งในการแก้ปัญหาที่ 3.....	78
4.14 กรณีศึกษาของชุดข้อมูลพีชชีกับปัญหาที่ 4.....	80
4.15 การเปรียบเทียบผลจากการรัน 1 ครั้งในการแก้ปัญหาที่ 4.....	81
4.16 การกำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองของขั้นตอนเชิงพันธุกรรม.....	83
4.17 เปรียบเทียบผลการรัน 15 ครั้งกับวิธีการที่แตกต่างกันของปัญหาที่ 1.....	84

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.18 ผลลัพธ์ผลกระทบระหว่างปัจจัยของจำนวนประชากรเริ่มต้นกับจำนวนรุ่น ของวิธีการนำเสนอในงานวิจัยนี้ในปัญหาที่ 1.....	87
4.19 เปรียบเทียบผลการรัน 15 ครั้งกับวิธีการที่แตกต่างกันของปัญหาที่ 2.....	89
4.20 ผลลัพธ์ผลกระทบระหว่างปัจจัยของจำนวนประชากรเริ่มต้นกับจำนวนรุ่น ของวิธีการนำเสนอในงานวิจัยนี้ในปัญหาที่ 2.....	91
4.21 เปรียบเทียบผลการรัน 15 ครั้งกับวิธีการที่แตกต่างกันของปัญหาที่ 3.....	93
4.22 ผลลัพธ์ผลกระทบระหว่างปัจจัยของจำนวนประชากรเริ่มต้นกับจำนวนรุ่น ของวิธีการนำเสนอในงานวิจัยนี้ในปัญหาที่ 4.....	96
4.23 เปรียบเทียบผลการรัน 15 ครั้งกับวิธีการที่แตกต่างกันของปัญหาที่ 4.....	98
4.24 ผลลัพธ์ผลกระทบระหว่างปัจจัยของจำนวนประชากรเริ่มต้นกับจำนวนรุ่น ของวิธีการนำเสนอในงานวิจัยนี้ในปัญหาที่ 4.....	100

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
1.1	แสดงการจัดผังเครื่องจักร.....5
2.1	การจัดผังตามชนิดผลิตภัณฑ์ (Product Layout)8
2.2	การจัดผังตามกระบวนการผลิต (Process Layout)8
2.3	การจัดผังแบบงานอยู่กับที่ (Fixed-Position Layout)9
2.4	ฟังก์ชันแสดงความเป็นสมาชิกภาพของฟัซซี่เซตแบบสามเหลี่ยม.....10
2.5	ฟังก์ชันแสดงความเป็นสมาชิกภาพของเซตแบบปกติ.....11
2.6	Triangular Fuzzy number (TFN)13
2.7	แสดงตัวเลขฟัซซี่ของค่าประมาณ 5.....13
2.8	ปฏิบัติการทางเลขคณิตของตัวเลขฟัซซี่แบบสามเหลี่ยม.....14
2.9	ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมแบบง่าย.....15
2.10	รูปแบบต่างๆ ของการเข้ารหัสโครโมโซม.....16
2.11	ตัวอย่างการเข้ารหัสโครโมโซมแบบวิธี Array.....16
2.12	การสุ่มหาประชากรเริ่มต้นจำนวน 10 โครโมโซม.....17
2.13	ฟังก์ชันค่าเหมาะสม.....17
2.14	การคัดเลือกแบบวงล้อรูเล็ต.....18
2.15	การคัดเลือกแบบการแข่งขัน.....19
2.16	การสลับสายพันธุ.....20
2.17	การสลับสายพันธุแบบ 1 ตำแหน่ง.....20
2.18	การสลับสายพันธุแบบ 2 ตำแหน่ง.....21
2.19	การกลายพันธุ.....21
2.20	แสดงการรวบรวมของวิธีการแก้ปัญหาการจัดผัง.....30
3.1	แผนผังแสดงการดำเนินงานวิจัย.....35
3.2	แสดงการวัดระยะทางแบบเรคตินีเยร์.....39
3.3	แสดงจุดศูนย์กลางของพื้นที่ A_i40

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.4	แสดงขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีพีชชีในการจัดผังเครื่องจักร.....41
3.5	แสดงการเข้ารหัสโครโมโซม.....44
3.6	แสดงการสร้างประชากรเริ่มต้น.....45
3.7	แสดงการประเมินค่าความเหมาะสม.....46
3.8	แสดงการคัดเลือกแบบการแข่งขัน.....47
3.9	แสดงการสลัดสายพันธุ์.....48
3.10	แสดงการกลายพันธุ์.....49
3.11	โครงสร้างของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมาใช้ในการแก้ปัญหาจัดผังเครื่องจักร.....50
3.12	แสดงหน้าจอหลักของโปรแกรมประยุกต์.....53
3.13	แสดงหน้าจอส่วนป้อนข้อมูล Data.....53
3.14	Excel Spreadsheet เก็บข้อมูลเงื่อนไข.....54
3.15	แสดงส่วนป้อนข้อมูล Required Fuzzy Data.....54
3.16	แสดงส่วนของข้อมูลที่ถูกบันทึกของความถี่และปริมาณการไหลระหว่างเครื่องจักร.....55
3.17	แสดงส่วนป้อนข้อมูล Number of Machine.....56
3.18	หน้าจอแสดงของจำนวนเครื่องจักรที่ถูกบันทึก.....56
3.19	แสดงส่วนป้อนข้อมูลของลำดับผลิตภัณฑ์ในการผลิตของแต่ละเครื่องจักร.....57
3.20	หน้าจอแสดงลำดับการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่ถูกบันทึก.....57
3.21	แสดงส่วนที่เป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล.....58
3.22	กรณีศึกษาของชุดข้อมูลพีชชีแบบต่าง ๆ.....59
4.1	ผังของผลงานวิจัยของ (Norhashimah Morad, 2009) ที่จำนวนรุ่น $G = 1$65
4.2	ผังของผลงานวิจัยของ (Norhashimah Morad, 2009) ที่จำนวนรุ่น $G = 100$65
4.3	วิธีการจัดวางผังของ (C. Srinivas et al, 2011)66
4.4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกรณีปัญหาที่ 1 กับต้นทุนรวม.....71
4.5	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนกับจำนวนรุ่น ในปัญหาที่ 1.....71
4.6	ผังเครื่องจักรของวิธีที่แตกต่างกันของปัญหาที่ 1.....72

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกรณีปัญหาที่ 2 กับต้นทุนรวม.....	74
4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนกับจำนวนรุ่น ในปัญหาที่ 2.....	75
4.9 ผังเครื่องจักรของวิธีที่แตกต่างกันของปัญหาที่ 2.....	75
4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนกับจำนวนรุ่นในปัญหาที่ 3.....	79
4.11 ผังเครื่องจักรของวิธีที่แตกต่างกันของปัญหาที่ 3.....	79
4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนกับจำนวนรุ่นในปัญหาที่ 4.....	81
4.13 ผังเครื่องจักรของวิธีที่แตกต่างกันของปัญหาที่ 4.....	82
4.14 ค่าเฉลี่ยแสดงแนวโน้มการหาค่าตอบของประชากรเริ่มต้น 10 ที่มีจำนวนรุ่น แตกต่างกันของปัญหาที่ 1.....	85
4.15 ค่าเฉลี่ยแสดงแนวโน้มการหาค่าตอบของประชากรเริ่มต้น 30 ที่มีจำนวนรุ่น แตกต่างกันของปัญหาที่ 1.....	86
4.16 ค่าเฉลี่ยแสดงแนวโน้มการหาค่าตอบของประชากรเริ่มต้น 50 ที่มีจำนวนรุ่น แตกต่างกันของปัญหาที่ 1.....	86
4.17 แสดง Box Plot ของต้นทุนรวม ด้วยวิธีการนำเสนอในงานวิจัยนี้ของปัญหาที่ 1.....	88
4.18 ค่าเฉลี่ยแสดงแนวโน้มการหาค่าตอบของประชากรเริ่มต้น 10 ที่มีจำนวนรุ่น แตกต่างกันของปัญหาที่ 2.....	89
4.19 ค่าเฉลี่ยแสดงแนวโน้มการหาค่าตอบของประชากรเริ่มต้น 30 ที่มีจำนวนรุ่น แตกต่างกันของปัญหาที่ 2.....	90
4.20 ค่าเฉลี่ยแสดงแนวโน้มการหาค่าตอบของประชากรเริ่มต้น 50 ที่มีจำนวนรุ่น แตกต่างกันของปัญหาที่ 2.....	90
4.21 แสดง Box Plot ของต้นทุนรวม ด้วยวิธีการนำเสนอในงานวิจัยนี้ของปัญหาที่ 2.....	92
4.22 ค่าเฉลี่ยแสดงแนวโน้มการหาค่าตอบของประชากรเริ่มต้น 10 ที่มีจำนวนรุ่น แตกต่างกันของปัญหาที่ 3.....	94
4.23 ค่าเฉลี่ยแสดงแนวโน้มการหาค่าตอบของประชากรเริ่มต้น 30 ที่มีจำนวนรุ่น แตกต่างกันของปัญหาที่ 3.....	94

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.24 ค่าเฉลี่ยแสดงแนวโน้มการลู่หาคำตอบของประชากรเริ่มต้น 50 ที่มีจำนวนรุ่น แตกต่างกันของปัญหาที่ 3.....	95
4.25 แสดง Box Plot ของต้นทุนรวม ด้วยวิธีการนำเสนอในงานวิจัยนี้ของปัญหาที่ 3.....	97
4.26 ค่าเฉลี่ยแสดงแนวโน้มการลู่หาคำตอบของประชากรเริ่มต้น 10 ที่มีจำนวนรุ่น แตกต่างกันของปัญหาที่ 4.....	99
4.27 ค่าเฉลี่ยแสดงแนวโน้มการลู่หาคำตอบของประชากรเริ่มต้น 30 ที่มีจำนวนรุ่น แตกต่างกันของปัญหาที่ 4.....	99
4.28 ค่าเฉลี่ยแสดงแนวโน้มการลู่หาคำตอบของประชากรเริ่มต้น 50 ที่มีจำนวนรุ่น แตกต่างกันของปัญหาที่ 4.....	100
4.29 แสดง Box Plot ของต้นทุนรวม ด้วยวิธีการนำเสนอในงานวิจัยนี้ของปัญหาที่ 4.....	101

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมการผลิตส่วนใหญ่มีการผลิตสินค้าที่หลากหลายชนิด ซึ่งสินค้าแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันในด้านวัสดุที่ใช้ ขั้นตอนการผลิต และรูปแบบผังที่ใช้ในการผลิต ปัญหาเหล่านี้เป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งในการวางแผนการผลิตที่จะส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิต ไม่ว่าจะการวางผังเครื่องจักรใหม่หรือปรับปรุงการวางผังเครื่องจักร ซึ่งการออกแบบวางเครื่องจักรที่ดีควรวางเครื่องจักรที่มีความสัมพันธ์กันให้อยู่ติดกันมากที่สุด ในระหว่างผลิตจนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ซึ่งจำเป็นต้องมีการจัดการเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องจักร ถ้าการวางผังเครื่องจักรไม่ดีจะส่งผลต่อเวลาที่ใช้ และความยากลำบากในการขนย้ายวัสดุระหว่างกระบวนการผลิตส่งผลต่อค่าใช้จ่ายต้นทุนรวมการผลิต ซึ่งการจัดการในการวางเครื่องจักรควรให้ผลรวมของต้นทุนค่าใช้จ่ายในการขนย้ายวัสดุระหว่างเครื่องจักรมีค่าต่ำที่สุดในการออกแบบระบบการผลิตของอุตสาหกรรม

ปัจจุบันระบบการผลิตแบบสมัยใหม่นั้นในสถานการณ์จริงเป็นรูปแบบของปัญหาที่ไม่ชัดเจนของระบบการผลิต ทำให้มีความซับซ้อนของปัญหา หนึ่งในปัญหาการจัดเรียงผังเครื่องจักรที่ได้กล่าวมาข้างต้นที่ควรคำนึงถึงคือต้นทุนการขนย้ายวัสดุ เนื่องจากการไหลของวัสดุระหว่างเครื่องจักรนั้นมักเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา ขึ้นอยู่กับความต้องการของการผลิตสินค้า ความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ การเติบโตของสินค้า และความต้องการที่ไม่คงที่ จะเห็นได้ว่าปัญหาการวางผังเครื่องจักรนั้นมีปัจจัยที่ต้องนำมาพิจารณาถึงข้อจำกัดต่างๆ เช่นการไหลของวัสดุที่เกิดขึ้นต้องราบรื่น ไม่ติดขัด เส้นทางไหลไม่ควรเป็นทางอ้อม วกไปวนมา หรือเกิดการติดขัดของเส้นทางไหล การออกแบบนั้นควรให้ระยะทางสั้นที่สุด เพื่อใช้ในการประเมินเพื่อคัดเลือกวางเครื่องจักรที่ได้มาจากการออกแบบให้มีค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด

ซึ่งปัญหาเหล่านี้ในทางวิศวกรรมถือเป็นปัญหาขนาดใหญ่ในการแก้ปัญหาที่จะใช้ในการหาคำตอบของปัญหา ซึ่งความยากของปัญหาการจัดวางผังเครื่องจักรของระบบกระบวนการผลิตให้มีต้นทุนรวมในการขนย้ายวัสดุประกอบด้วย 2 สาเหตุหลัก สาเหตุแรกคือความเป็นไปได้ของผังเครื่องจักรหากมีเครื่องจักรจำนวนมากความเป็นไปได้จะมีจำนวนมหาศาล ตัวอย่างเช่น โรงงานมีเครื่องจักรเพียง 5 เครื่องหากนำเครื่องจักรมาจัดวางแบบแถวเดี่ยวจะสามารถมีรูปแบบที่แตกต่างกัน

ได้มากถึง $5! = 120$ รูปแบบ และหากมี 10 เครื่องจักร จะมีถึง $10! = 3,628,800$ และแน่นอนว่าแต่ละผังเครื่องจักรจะมีต้นทุนขนย้ายวัสดุที่แตกต่างกัน ส่วนสาเหตุที่สองคือข้อมูลป้อนอันประกอบด้วยความถี่และปริมาณของการขนย้ายวัสดุมีความไม่ชัดเจนไม่สามารถกำหนดเป็นตัวเลขค่าใดค่าหนึ่งได้อย่างมั่นใจ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงให้ความสำคัญกับ 2 ส่วนนี้ คือเทคนิคการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนและการจัดการกับข้อมูลที่ไม่ชัดเจน ซึ่งก่อนหน้านี้ได้มีนักวิจัยหลายท่านเช่น Defersha และ Hodiya, 2017, Murthy และคณะ, 2016, Ojaghi และคณะ, 2015 ได้นำเสนอวิธีการต่างๆ ที่มีลักษณะเด่นที่แตกต่างกันออกไปในการจัดการกับความซับซ้อนที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่เกิดขึ้น แต่ไม่คำนึงถึงชนิดของข้อมูลที่มีความไม่แน่นอน โดยความไม่แน่นอนของข้อมูลในที่นี้ก็คือความเป็นฟัซซี (Fuzzy) ของข้อมูล ซึ่งทฤษฎีฟัซซีนี้ได้มาจากแนวความคิดของ Zadeh ในปี ค.ศ. 1965 นำเสนอทฤษฎีฟัซซีเซต (Fuzzy Set Theory) เพื่อจัดการกับความเป็นไปได้ (Possibility) ของข้อมูล และความเป็นไปได้นี้แตกต่างจากความน่าจะเป็น (Probability) กล่าวคือ ความเป็นไปได้ตั้งอยู่บนพื้นฐานของข้อเท็จจริง (Fact) ในขณะที่ความน่าจะเป็นอยู่บนพื้นฐานแนวคิดของการทดลอง (Experiment) Zadeh (1999) ได้ยกตัวอย่างอย่างง่ายเพื่อเปรียบเทียบความเป็นไปได้และความน่าจะเป็น เมื่อพิจารณาข้อมูล “สถานรับประทานไข่จำนวน x ฟองเป็นอาหารเช้า” ดังแสดงในตารางที่ 1.1 เมื่อ $\pi_x(u)$ คือความเป็นไปได้ของจำนวน x และ $P_x(u)$ คือความน่าจะเป็นของจำนวน x จะเห็นได้ว่าข้อมูลที่มีความเป็นไปได้สูงจะมีความน่าจะเป็นสูง และข้อมูลที่เป็นไปไม่ได้ย่อมจะไม่มีค่าความน่าจะเป็น ซึ่งความเป็นไปได้คือค่าขอบเขตบนของค่าความน่าจะเป็นนั่นเอง

ตารางที่ 1.1 การเปรียบเทียบค่าความเป็นไปได้และความน่าจะเป็น

Universe	1	2	3	4	5	6	7	8
$\pi_x(u)$	1	1	1	1	0.8	0.6	0.4	0.2
$P_x(u)$	0.1	0.8	0.1	0	0	0	0	0

จากการรวบรวมวรรณกรรมหลายบทความ Drira และคณะ (2007) แสดงให้เห็นว่าปัญหาการจัดวางผังเครื่องจักรของระบบการผลิตซึ่งเป็นปัญหาที่ซับซ้อนนั้นสามารถใช้หลายเครื่องมือมาแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น โดย ในขณะที่ปัญหาของข้อมูลชนิดที่มีความไม่แน่นอนหรือคลุมเครือหรือที่เรียกว่าฟัซซีนั้น Wong และ Lai (2011) ได้ทำการรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคฟัซซีในปัญหาการผลิตแล้วพบว่ามิจำนวนงานวิจัยที่ใช้ฟัซซีอย่างหลากหลาย ในการค้นหาคำตอบของปัญหาการจัดวางผังเครื่องจักรนั้น โดยทั่วไปวิธีที่ได้รับความนิยมคือการแก้ไขปัญหแบบวิธีฮิวริสติก (Heuristic) หรือวิธีการประมาณค่า (Approximate Method) โดยวิธีการนี้จะสามารถหาคำตอบได้รวดเร็วเมื่อเทียบกับวิธีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Deterministic) โดยในปัจจุบันนี้ได้มีการ

พัฒนาระบบปัญญาประดิษฐ์ซึ่งมีการใช้งานในการพัฒนาในการประยุกต์ใช้เทคนิคปัญญาประดิษฐ์แบบต่าง ๆ เข้ามาร่วมกับวิธีของฟิชชี ในการออกแบบการจัดวางผังสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น การใช้วิธีเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary Algorithm) ร่วมกับเทคนิคฟิชชี, การใช้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) ร่วมกับฟิชชี, การใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) ร่วมกับฟิชชี, การใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) ร่วมกับฟิชชี และเทคนิควิธีอื่นๆ เป็นต้น แต่ศรีสัจจา Vitayasak (2010) พบว่าวิธีฟิชชีกับปัญหาการจัดวางผังเครื่องจักรยังมีไม่มากนัก งานวิจัยนี้จึงสนใจนำเอาทฤษฎีฟิชชีมาใช้กับข้อมูลป้อนเพื่อวางผังเครื่องจักร เนื่องจากข้อมูลป้อนเข้าอันได้แก่ความถี่และปริมาณการขนย้ายวัสดุมักจะมาจากการตัดสินใจบนความไม่แน่นอนและไม่ชัดเจนซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีความเป็นไปได้ของข้อมูลมากกว่าความน่าจะเป็นของข้อมูล

ดังนั้นจากการแก้ปัญหาในการระบบการผลิตดังกล่าว โดยมุ่งเน้นการจัดผังเครื่องจักรให้มีความต่อเนื่องและเหมาะสมกับการปฏิบัติงาน ซึ่งการแก้ไขปัญหาล่าช้ามีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการและมีค่าเหมาะสมที่สุด ปัญหาดังกล่าวจะต้องใช้วิธีการแก้ปัญหาโดยการใช้เทคนิคในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) ที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งวิธีที่นิยมที่สุดวิธีหนึ่งและมีการนำระบบปัญญาประดิษฐ์มาใช้ในการแก้ปัญหา โดยใช้เทคนิคขั้นตอนเชิงพันธุกรรมมาช่วยในการค้นหาคำตอบเพราะจะช่วยให้การแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ให้รวดเร็วยิ่งขึ้น (Tavakkoli-Moghaddain และ Shayan, 1998)

งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอแนวคิดวิธีการจัดวางผังเครื่องจักรที่ป้อนข้อมูลอินพุตของการไหลในการขนย้ายวัสดุ โดยพิจารณาทั้งความถี่ของการย้ายวัสดุและปริมาณการขนย้ายของวัสดุแต่ละเครื่องจักรแบบฟิชชี ร่วมกับการประยุกต์ใช้ขั้นตอนทางพันธุกรรมที่นำเสนอโดย Kritwattanakorn และคณะ (2013) ในการออกแบบการจัดผังเครื่องจักรตามขั้นตอนในการผลิตและคำนึงถึงความต่อเนื่องเหมาะสมในการปฏิบัติงาน ในการแก้ปัญหการจัดวางผังเครื่องจักร เพื่อลดต้นทุนของการขนย้ายวัสดุและความเหมาะสมในการไหลของการขนย้ายวัสดุระหว่างเครื่องจักร เพื่อสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายการลงทุนเริ่มต้นของการวางแผนด้วยการใช้แบบจำลองที่ได้พัฒนาโปรแกรมขึ้นในการวางแผนจัดผังหรือปรับปรุงผังเครื่องจักรเดิมนี้ โดยวิธีการที่เสนอโดยสามารถใช้กับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลในการใช้งานวางแผนออกแบบจัดผังเครื่องจักรได้

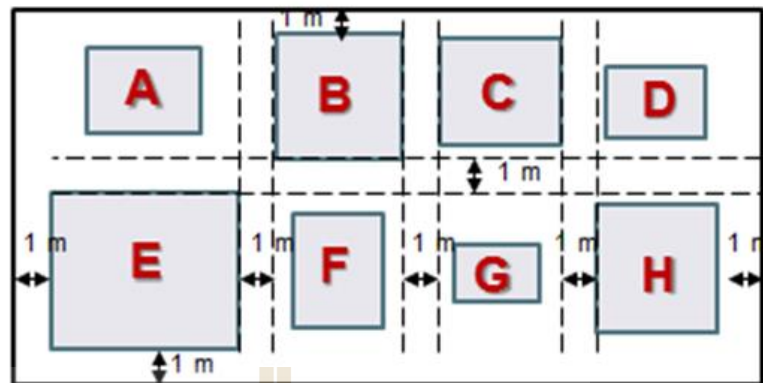
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1) เพื่อประยุกต์การใช้ข้อมูลของอินพุตในการขนย้ายวัสดุที่มีความไม่แน่นอนหรือคลุมเครือ (Fuzzy) ร่วมกับขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการแก้ปัญหาการจัดผังเครื่องจักร

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาการทำงานของการทำงานของการให้ข้อมูลของอินพุตแบบฟัซซีซึ่งร่วมกับการประยุกต์ใช้ทำงานของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการจัดผังเครื่องจักรของการผลิต ซึ่งมีขอบเขตการวิจัยดังนี้

- 1) ศึกษาเฉพาะปัญหาการจัดวางผังโรงงานแบบกระบวนการผลิต โดยผู้ออกแบบสามารถกำหนดพื้นที่วางเครื่องจักรและพื้นที่เครื่องจักรแต่ละเครื่อง เป็นพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ในขณะที่คำนวณจะไม่อนุญาตให้มีการเปลี่ยนแปลงขนาดทั้งด้านกว้างและด้านยาว
- 2) กำหนดช่องว่างระยะห่างระหว่างเครื่องจักรของแต่ละเครื่องจักรมีระยะห่างกัน 1 m
- 3) ปัญหาที่ใช้ในการวิจัยมีการกำหนดผังเครื่องจักรแต่ละเครื่องจักร ต้องอยู่ภายในพื้นที่ผังวางเครื่องจักรไม่มีเครื่องจักรใดๆ ในพื้นที่วางผังเครื่องจักรใช้พื้นที่เดียวกัน หรือสร้างทับซ้อนกัน
- 4) วางเครื่องจักรให้จุดศูนย์กลางเรียงในแนวเดียวกัน ดังแสดงรูปที่ 1.1
- 5) ผลิตภัณฑ์ (Product) แต่ละผลิตภัณฑ์มีลำดับการทำงานของแต่ละเครื่องจักร (Production Routing) โดยผู้ออกแบบสามารถกำหนดจำนวนสูงสุดของผลิตภัณฑ์และจำนวนของเครื่องจักรได้
- 6) ข้อมูลที่ใช้หาคำตอบเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ พื้นที่ของผังโรงงานความกว้างและความยาว พื้นที่ของแต่ละเครื่องจักรความกว้างและความยาว ต้นทุนการขนย้าย และข้อมูลของอินพุตในการไหลของปริมาณและความถี่ของการไหลวัสดุของแต่ละเครื่องจักร
- 7) ข้อมูลอินพุตของการไหลวัสดุ ถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน โดยพิจารณาเปรียบเทียบข้อมูลอินพุตแบบตัวเลขปกติและแบบตัวเลขฟัซซี
- 8) กำหนดเฉพาะต้นทุนของเครื่องจักรไม่พิจารณาถึงเวลาที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิต เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของการไหลวัสดุ เวลาในการรอคอยและเวลาในการทำงานของเครื่องจักร
- 9) กระบวนการทางพันธุกรรมใช้การคัดเลือกพิจารณา 2 แบบ ได้แก่ วิธี Roulette Wheel Selection และ วิธี Tournament Selection
- 10) ปฏิบัติการทางกระบวนการทางพันธุกรรมไม่มีการกลายพันธุ์
- 11) ใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ในการแก้ไขปัญหา



รูปที่ 1.1 แสดงการจัดผังเครื่องจักร

1.4 วิธีดำเนินการศึกษาวิจัย

- 1) ทบทวนการศึกษา รวบรวมข้อมูลรวมทั้งสำรวจบริษัทต้นวรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 2) ศึกษาวิธีการและเทคนิคการออกแบบวางผังเครื่องจักรในแบบต่างๆ เพื่อแก้ปัญหาในการจัดผังเครื่องจักร
- 3) ออกแบบและพัฒนาโปรแกรม ในการแก้ปัญหาการจัดผังเครื่องจักรด้วยวิธีพีซีร่วมกับขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการแก้ปัญหา
- 4) วิเคราะห์ผลที่ได้จากการพัฒนาโปรแกรมและแก้ไขความผิดพลาด
- 5) วิเคราะห์ผลและเปรียบเทียบผลการทดลอง
- 6) สรุปผลการศึกษาและจัดทำข้อเสนอแนะ
- 7) เผยแพร่งานวิจัยและจัดทำวิทยานิพนธ์
- 8) สอบวิทยานิพนธ์

1.5 สถานที่ทำงานวิจัย

- 1) บริษัท อู่เซ็ดชัยอุตสาหกรรม จำกัด
- 2) อาคารเครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.6 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

- 1) ประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ Intel(R) Core(TM) i7-4500U 1.8GHz CPU @3.0GHz
RAM 4 GB ระบบปฏิบัติการ Window 8

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) สามารถหาวิธีการจัดวางผังเครื่องจักรที่เหมาะสม โดยผ่านกระบวนการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น
- 2) สามารถประยุกต์ใช้วิธีการใช้เทคนิคตัวเลขพีชชี ร่วมกับเทคนิคขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในการแก้ไขปัญหาการจัดผังเครื่องจักรทำงานเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตที่มีข้อมูลอินพุตของการไหลวัสดุที่มีความไม่แน่นอนหรือคลุมเครือ และช่วยลดระยะทางการไหลวัสดุและต้นทุนการไหลวัสดุได้
- 3) สามารถนำโปรแกรมที่ประยุกต์ใช้เทคนิคตัวเลขพีชชีร่วมกับการค้นหาคำตอบด้วยขั้นตอนวิธีพันธุกรรมมาใช้กับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ในการใช้งานเพื่อการวางแผนออกแบบวางผังเครื่องจักรได้

บทที่ 2

ปรัทัศน์วรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงปรัทัศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยฉบับนี้ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดและเหตุผลที่สำคัญของงานวิจัยนี้ โดยมีการประยุกต์ใช้ข้อมูลความสัมพันธ์การเข้ามาของการขนย้ายวัสดุที่มีความไม่แน่นอนหรือคลุมเครือร่วมกับการค้นหาคำตอบด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมในการแก้ปัญหาการจัดวางผังเครื่องจักรของกระบวนการผลิต เพื่อแก้ไขปัญหาการจัดวางเครื่องจักร ซึ่งมีปรัทัศน์วรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 ข้อมูลทั่วไปของการจัดวางผังเครื่องจักร

ตรีสตัย (2537) กล่าวว่า การพัฒนาอุตสาหกรรมให้มีความยั่งยืนจะต้องเริ่มต้นจากโครงสร้างพื้นฐานของอุตสาหกรรม ซึ่งการวางสถานีงานเครื่องจักรในพื้นที่การทำงานนับว่าเป็นหนึ่งในโครงสร้างพื้นฐานของระบบการผลิต การวางผังที่ดีช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ซึ่งการที่ได้มาของประสิทธิภาพที่ดีนั้นจะนำสู่ผลกำไรสูงสุดตามมาเช่นกัน โดยตรีสตัย (2537) ได้อธิบายถึงลักษณะปัญหาในการจัดผังรูปแบบต่างๆดังต่อไปนี้

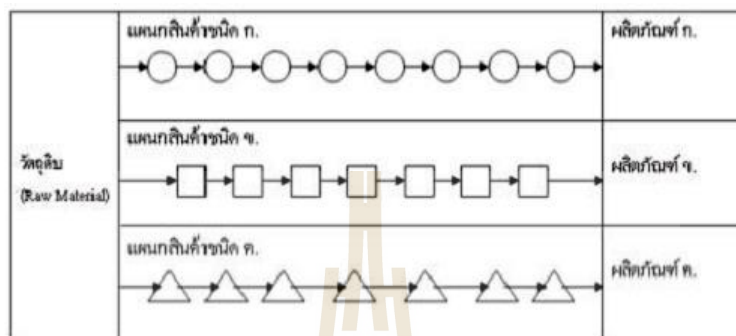
2.1.1 การวางแผนเพื่อจัดวางเครื่องจักร

การวางแผนเพื่อจัดวางเครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์ คนงาน วัสดุคิบ และสิ่งอำนวยความสะดวกในการผลิตของโรงงานในตำแหน่งที่เหมาะสม เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด ประเภทของการจัดวางเครื่องจักรแบ่งออกเป็น 3 ประเภทได้แก่

- 1) การจัดผังตามชนิดผลิตภัณฑ์ (Product Layout)
- 2) การจัดผังตามกระบวนการผลิต (Process Layout)
- 3) การจัดผังแบบงานอยู่กับที่ (Fixed-Position Lyout)

2.1.1.1 การผังตามชนิดผลิตภัณฑ์ (Product Layout)

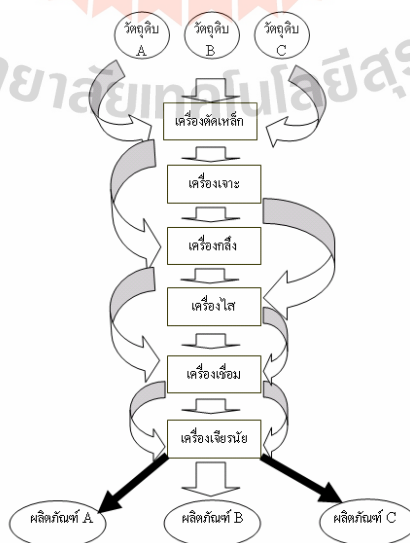
การวางผังตามชนิดผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมสำหรับการผลิตที่มีผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวหรือน้อยชนิด และมีการผลิตที่มีจำนวนมาก และเป็นการผลิตแบบต่อเนื่องดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การจัดผังตามชนิดผลิตภัณฑ์ (Product Layout)

2.1.1.2 การจัดผังตามกระบวนการผลิต (Process Layout)

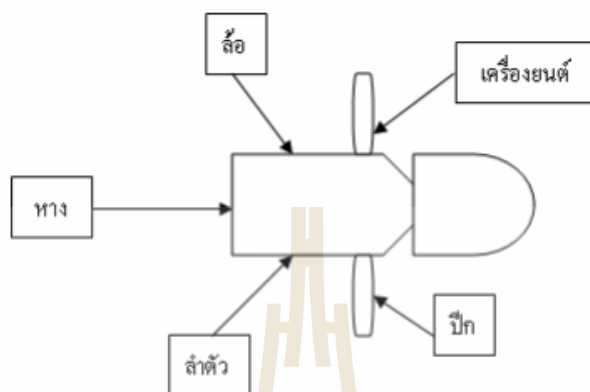
การจัดเรียงตามกลุ่มของเครื่องจักร มีการแยกแผนกในการทำงานอย่างชัดเจน สามารถใช้เครื่องจักรได้หลากหลายประเภท การเปลี่ยนผลิตภัณฑ์นั้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนผังโรงงานมากนัก ซึ่งสามารถใช้เครื่องจักรทดแทนกันได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการผลิตดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การจัดผังตามกระบวนการผลิต (Process Layout)

2.1.1.3 การจัดผังแบบงานอยู่กับที่ (Fixed-Position Layout)

การผลิตที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ และไม่สะดวกในการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์เช่น การต่อเครื่องบิน การก่อสร้างเขื่อน การก่อสร้างอาคาร ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การจัดผังแบบงานอยู่กับที่ (Fixed-Position Layout)

2.1.2 การวิเคราะห์การไหลของวัสดุ

การไหลของสิ่งต่างๆ ในโรงงานที่มีการไหลของงานที่ผลิต การไหลของวัสดุ และการไหลของเครื่องจักรอุปกรณ์และคน การไหลของสิ่งเหล่านี้ย่อมจะต้องเกิดขึ้นเมื่อมีการผลิต ถ้าไม่มีการไหลเกิดขึ้นในโรงงานหรือหน่วยงานแล้ว การผลิตก็ย่อมจะเกิดขึ้นไม่ได้ ในการจัดวางผังเครื่องจักรจึงไม่ต้องการให้มีการไหลเกิดขึ้นมากเกินไป เพราะจะเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิต และทำให้เกิดความสับสนในการทำงานได้ การไหลของวัสดุอย่างต่อเนื่องเป็นสิ่งที่ต้องการให้เกิด การขนย้ายหรือบริการเพื่อให้ระยะเวลาสั้นที่สุด ดังนั้นการไหลของวัสดุจะต่อเนื่องก็ต่อเมื่ออัตราความเร็วในการทำงานของสถานงานที่มีความสัมพันธ์กันหรือมีความสมดุลกัน จะให้การทำงานไม่มีการหยุดชะงักของงานระหว่างการผลิต ความสมดุลของการผลิตจะเพิ่มความสำคัญมากที่สุด เมื่อการจัดวางผังของเครื่องจักรในโรงงานผลิตเป็นการจัดวางตามสายการผลิต ก็ถือว่าการไหลของวัสดุนั้นนับเป็นหัวใจสำคัญของการวางผัง ที่ต้องการให้การไหลของวัสดุน้อยที่สุด ระยะทางสั้นที่สุด และระบบทางตรงไม่วกวนหรือไหลย้อนกลับ ไม่เกิดการล่าช้า เป็นหนทางนำไปสู่การเพิ่มผลผลิต ซึ่งรูปแบบเส้นทางการไหลได้แก่ การไหลแบบเส้นตรง การไหลแบบซิกแซก การไหลแบบตัวยู การไหลแบบวงกลม และการไหลไร้รูปแบบหรือการไหลแบบมูมไม่เท่ากัน โดยเส้นทางการไหลแต่ละแบบจะมีลักษณะจุดเด่นและจุดด้อยแตกต่างกันขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะต้องมีการไหลผ่านกระบวนการผลิตโดยการไหลของวัสดุที่สำคัญของกระบวนการแต่ละกระบวนการนั้นคือการไหลของการขนย้ายวัสดุระหว่างเครื่องจักรเป็นส่วนหนึ่งในระบบการ

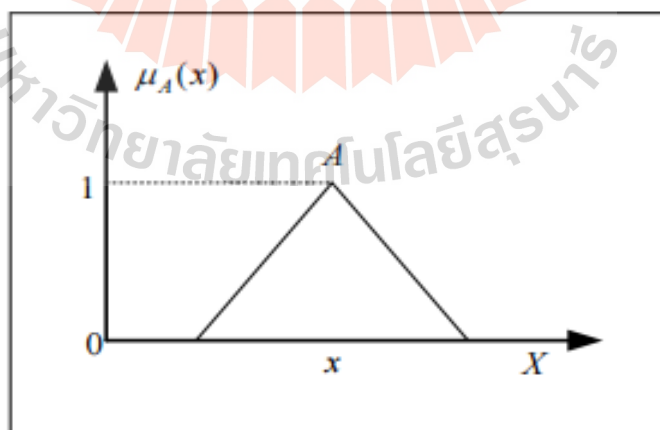
ผลิต ซึ่งจะส่งผลต่อต้นทุนการผลิต โดยการไหลของการขนย้ายวัสดุระหว่างเครื่องจักรจะขึ้นอยู่กับจำนวนการผลิตของผลิตภัณฑ์นั้นๆ โดยการไหลของการขนย้ายวัสดุของแต่ละเครื่องจักรขึ้นอยู่กับปริมาณของการไหลและความถี่ของการไหลที่มีการติดต่อกันระหว่างเครื่องจักร ถ้าปริมาณหรือความถี่ของการผลิตในการขนย้ายแต่ละครั้งนั้นมีจำนวนมากก็จะส่งผลให้ต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นจำนวนของปริมาณของการไหลแต่ละครั้งและความบ่อยของการไหลวัสดุหรือความถี่ของการไหลวัสดุ จะส่งผลต่อระบบการผลิต ซึ่งแสดงให้เห็นว่าจำเป็นต้องมีการวางแผนการจัดวางกระบวนการผลิตให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตในการจัดผังเครื่องจักร

2.2 ฟัซซีกับการวางแผนการจัดผังเครื่องจักร

ตรรกะแบบฟัซซีเซต เกิดขึ้นจากแนวความคิดของ Lotfi A. Zadeh เมื่อปี ค.ศ. (1965) เป็นวิธีการแบบชาตูลลาดที่อาศัยข้อมูลความรู้และประสบการณ์การทำงานของมนุษย์เป็นพื้นฐานในการควบคุม โดยไม่จำเป็นต้องพึ่งพาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่แม่นยำของระบบ เหมาะสำหรับระบบที่มีความซับซ้อน หรือคลุมเครือ

2.2.1 ทฤษฎีฟัซซีเซต

ฟัซซีเซต คือกลุ่มของสิ่งของหรือวัตถุที่มีการเปลี่ยนแปลงของสมาชิกในเซตอย่างค่อยเป็นค่อยไป ซึ่งจะใช้สัญลักษณ์ μ แทนค่าความเป็นสมาชิกภาพของเซตใดๆ ที่อยู่ในเอกภพสัมพัทธ์ในช่วง 0 - 1 ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ฟังก์ชันแสดงความเป็นสมาชิกภาพของฟัซซีเซตแบบสามเหลี่ยม

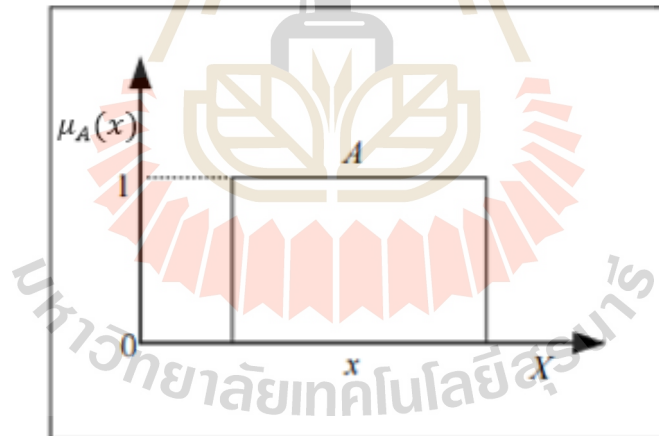
จากรูปที่ 2.4 จะเห็นได้ว่าค่าระดับความเป็นสมาชิกภาพ x จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจากค่า 0 จนกระทั่งระดับความเป็นสมาชิกภาพ x เท่ากับ 1 จากนั้นค่าระดับความเป็นสมาชิกภาพจะค่อยๆ

ลดลงเรื่อยๆ จนมีค่าเท่ากับ 0 โดยฟuzzyเซต A อยู่ในเอกภพสัมพัทธ์ B ซึ่งค่าความเป็นสมาชิกภาพของสมาชิก x ในเอกภพสัมพัทธ์ สามารถแทนได้ด้วย $\mu_A(x)$ ซึ่งเป็นฟังก์ชันแสดงสมาชิกภาพของเซต A ตามสมการที่ (2.1) ดังนี้

$$\mu_A(x) : B \rightarrow [0, 1] \quad (2.1)$$

โดยที่ $\mu_A(x) = 1$ เมื่อ X เป็นสมาชิกของ A อย่างสมบูรณ์
 $\mu_A(x) = 0$ เมื่อ ไม่เป็นสมาชิกของ A
 $0 < \mu_A(x) < 1$ เมื่อ X เป็นสมาชิกของ A เพียงบางส่วน

จากทฤษฎีฟuzzyเซตสังเกตได้ว่า ระดับความเป็นสมาชิกภาพของฟuzzyเซตจะมีลักษณะค่อยเป็นค่อยไปซึ่งมีความแตกต่างไปจากเซตปกติธรรมดาที่ให้ค่าเป็นสมาชิกภาพมีเพียงค่า 0 กับ 1 เท่านั้น ซึ่งค่า 0 หมายถึงการไม่เป็นสมาชิกในเซต A และ 1 หมายถึงการเป็นสมาชิกในเซต A โดยสามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 2.5 ดังนี้



รูปที่ 2.5 ฟังก์ชันแสดงความเป็นสมาชิกภาพของเซตแบบปกติ

จากรูปฟังก์ชันแสดงความเป็นสมาชิกภาพของเซตปกติ A สามารถแทนได้ด้วยค่า $\mu_A(x)$ ซึ่งเป็นฟังก์ชันแสดงสมาชิกภาพของเซต A ตามสมการที่ (2.2) ดังนี้

$$\mu_A(x) : B \rightarrow [0, 1] \quad (2.2)$$

โดยที่ $\mu_A(x) = 1$ เมื่อ X เป็นสมาชิกของ A อย่างสมบูรณ์
 $\mu_A(x) = 0$ เมื่อ ไม่เป็นสมาชิกของ A

2.2.2 ความแตกต่างระหว่างทฤษฎีฟัซซีเซตกับทฤษฎีความน่าจะเป็น

ความแตกต่างระหว่างทฤษฎีฟัซซีเซตกับทฤษฎีความน่าจะเป็น ในปัจจุบัน โดยทั่วไปแล้วทฤษฎีความน่าจะเป็นถือว่าเป็นทฤษฎีหนึ่งที่ยินยมนำมาใช้จัดการกับปัญหาความไม่แน่นอนของข้อมูล แต่ในเหตุการณ์จริงแล้ว ทฤษฎีความน่าจะเป็นไม่สามารถใช้ได้ทุกกรณีของลักษณะปัญหาความไม่แน่นอนของข้อมูล โดยทั่วไปแล้วทฤษฎีความน่าจะเป็นเป็นทฤษฎีที่ว่าด้วยความไม่แน่นอนของการคาดหมาย (Expectation) เหตุการณ์ในอนาคตโดยใช้พื้นฐานจากข้อมูลที่มีอยู่แล้ว ในผลงานของ โสภณ จัทรวัฒนาภรณ์ (2543) ได้ยกตัวอย่างของความแตกต่างระหว่างทฤษฎีฟัซซีเซตกับทฤษฎีความน่าจะเป็นไว้ว่า ความน่าจะเป็นนั้น เป็นเซตที่มีขอบเขต แต่ทฤษฎีฟัซซีเซตว่าด้วยเรื่องของเซตที่มีขอบเขตที่ไม่แน่นอนเช่นความน่าจะเป็นของคนถัดไปที่จะเดินเข้ามาในห้องที่มีน้ำหนักเกิน 80 กิโลกรัม ในทีมนักกีฬาเพาะกายทีมหนึ่ง ซึ่งเหตุการณ์นี้ที่เกิดขึ้นเป็นการใช้หลักการสุ่ม (Randomness) แต่ทฤษฎีฟัซซีเซตเป็นการกล่าวถึงความไม่แน่นอนที่เกิดจากการตีความหมายของคำนั้นๆ ตัวอย่างเช่นคนที่น้ำหนักหนักเกิน 80 กิโลกรัม จัดว่าเป็นคนที่มีน้ำหนักมากหรือไม่ จะเห็นได้ว่าถ้าพิจารณากับทีมนักกีฬาเพาะกายจะจัดอยู่ในเกณฑ์ปกติแต่ถ้าพิจารณากับบุคคลทั่วไปจะจัดอยู่ในเกณฑ์น้ำหนักมากซึ่งลักษณะนี้จัดได้ว่าเป็นความคลุมเครือที่เกิดจากการตีความหมายสิ่งที่ใช้ในการพิจารณาเพื่อนำข้อมูลไปใช้งานในการวิเคราะห์

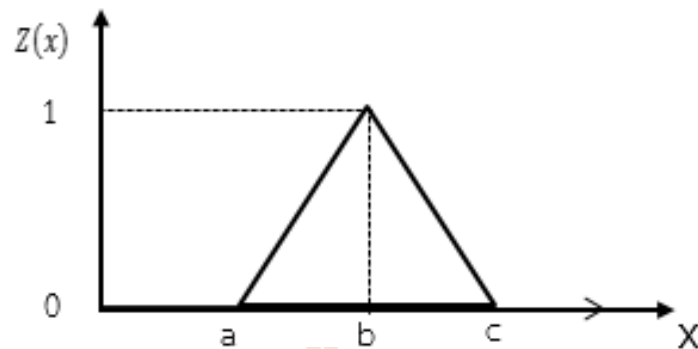
2.2.3 ตัวเลขฟัซซี (Fuzzy Number)

ตัวเลขฟัซซี (Fuzzy Number) Chen (1999) เป็นรูปแบบหนึ่งของการประยุกต์ใช้ทฤษฎีฟัซซีเซต โดยถูกนำมาใช้กับค่าที่ไม่แน่นอนที่จะระบุเป็นจำนวนที่ชัดเจนได้หรือข้อมูลนั้นมีความคลุมเครือของข้อมูลเช่นข้อมูลตัวเลขประมาณ 5 หรือ ราวๆ 11 เป็นต้น ดังนั้นตัวเลขฟัซซีจึงเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลของความไม่แน่นอนที่อาจจะเกิดขึ้นได้

2.2.3.1 รูปแบบของฟัซซีหรือฟัซซีอินเทอร์โฟล (Fuzzy Interflow)

รูปแบบของฟัซซีตัวเลขที่จะถูกแทนด้วยข้อมูลความไม่แน่นอนต่างๆจะอยู่ในรูปแบบตัวเลขคอนเวกฟัซซี (Convex Fuzzy Number) หรือที่เรียกอีกอย่างว่าฟัซซีอินเทอร์โฟล จะถูกแทนที่ด้วย ตัวเลขฟัซซีแบบสามเหลี่ยม (Triangular Fuzzy Number: TFN) ที่จะนำมา

พิจารณาข้อมูลของตัวเลขฟัซซี่ในรูปแบบปัญหา ซึ่งประกอบไปด้วยชุดตัวเลข 3 ตัว a , b และ c ดังแสดงในรูปที่ 2.6

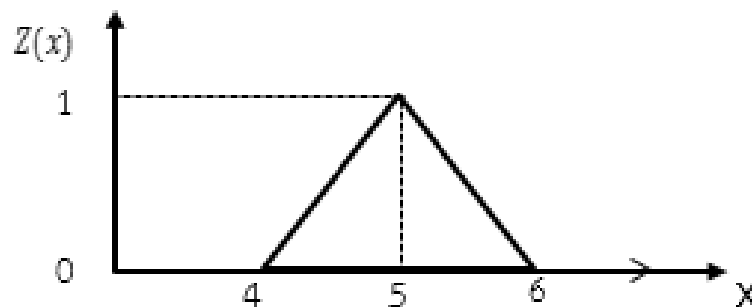


รูปที่ 2.6 Triangular Fuzzy number (TFN)

$Z(x)$ คือ ฟังก์ชันความเป็นฟัซซี่
 จะได้ $Z(x) > 0$ เมื่อ $a < x < c$
 $Z(x) = 0$ เมื่อ $x \leq a$ or $x \geq c$
 $Z(x) = 1$ เมื่อ $x = b$ (คือความเป็นฟังก์ชันความเป็นฟัซซี่สูงสุด)

โดยที่ a คือกรณีค่าน้อยที่สุด b คือกรณีค่ากลาง และ c คือกรณีค่าอย่างมากที่สุด ตัวอย่างเช่น ในรูปที่ 2.7 ของข้อมูลที่มีค่าประมาณ 5 จะสามารถสร้างฟังก์ชันของการเป็นสมาชิก

จะได้ $Z(x) > 0$ เมื่อ $4 < x < 6$
 $Z(x) = 0$ เมื่อ $x \leq 4$ or $x \geq 6$
 $Z(x) = 1$ เมื่อ $x = 5$



รูปที่ 2.7 แสดงตัวเลขฟัซซี่ของค่าประมาณ 5

การสร้างฟังก์ชันของการเป็นสมาชิกจะแตกต่างกันออกไปตามแต่ละการนำไปประยุกต์ใช้งานนั้นๆ ซึ่งปัญหาการสร้างฟังก์ชันไม่จำเป็นว่าเป็นปัญหาของทฤษฎีฟัซซี่เซต แต่จะจัดเป็นปัญหาเฉพาะทางที่ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ที่มีประสบการณ์ในการนำไปใช้วิเคราะห์ปัญหา

2.2.3.2 ปฏิบัติการทางเลขคณิตของตัวเลขฟัซซี่

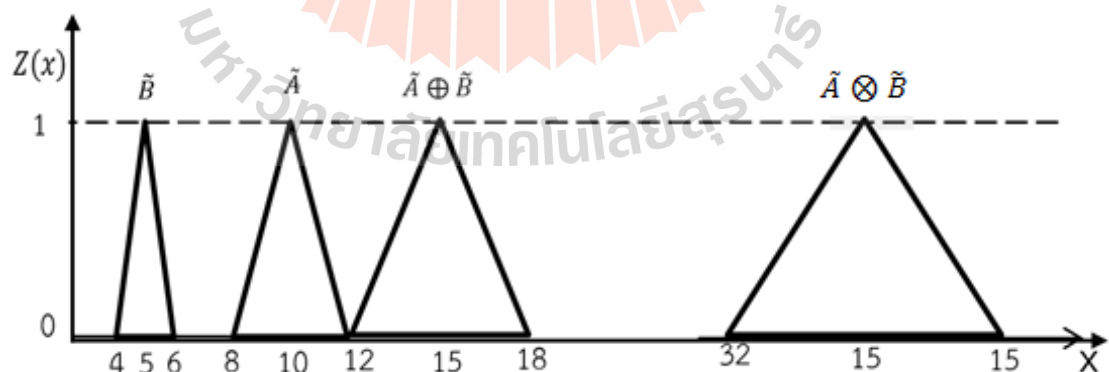
ปฏิบัติทางเลขคณิต (Arithmetic Operations) ในการคำนวณทางคณิตศาสตร์แบบคลุมเครือของตัวเลขฟัซซี่โดยมีทฤษฎีพื้นฐานในการคำนวณทางตัวเลขฟัซซี่ของ Arnold Kaufman และ Madan M. Gupta ในปี 1985 มีสมการในการคำนวณของรูปแบบฟัซซี่ที่เป็นแบบสามเหลี่ยมการบวกแบบตัวเลขฟัซซี่ดังสมการที่ (2.3) และการคูณแบบตัวเลขฟัซซี่ (2.4) ดังต่อไปนี้

การบวกแบบตัวเลขฟัซซี่ (Fuzzy Number Addition \oplus) :

$$(a_1, b_1, c_1) \oplus (a_2, b_2, c_2) = [a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2] \quad (2.3)$$

และการคูณแบบตัวเลขฟัซซี่ (Fuzzy Number Multiplication \otimes) :

$$(a_1, b_1, c_1) \otimes (a_2, b_2, c_2) = [\min(a_1 a_2, a_1 c_2, c_1 a_2, c_1 c_2)], [b_1 b_2], [\max(a_1 a_2, a_1 c_2, c_1 a_2, c_1 c_2)] \quad (2.4)$$



รูปที่ 2.8 ปฏิบัติการทางเลขคณิตของตัวเลขฟัซซี่แบบสามเหลี่ยม

จากรูปที่ 2.8 ตัวอย่างของการปฏิบัติการทางเลขคณิตของตัวเลขฟัซซี่แบบฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสามเหลี่ยม ซึ่งมีการคำนวณต่อไปนี้โดยกำหนดให้ \tilde{A} และ \tilde{B} คือสอง

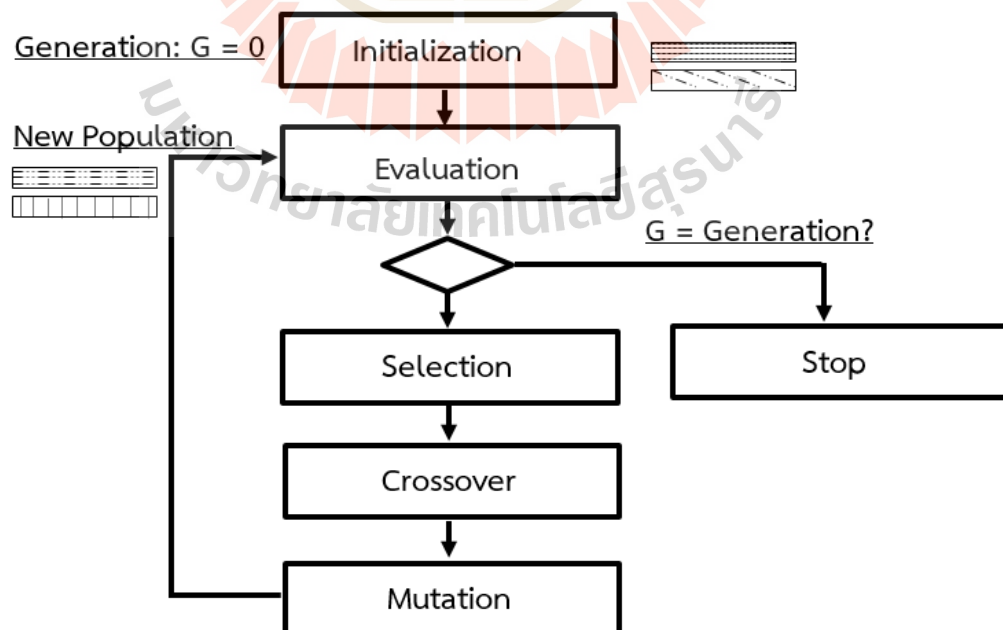
ฟังก์ชันสมาชิกของฟuzzyสามเหลี่ยม ดังนั้นจะได้ $\tilde{A} = (8, 10, 12)$ และ $\tilde{B} = (4, 5, 6)$ เมื่อใช้สมการที่ (2.3) และ (2.4) ในการคำนวณจะได้

$$\tilde{A} \oplus \tilde{B} = (8, 10, 12) \oplus (4, 5, 6) = (12, 15, 18)$$

$$\tilde{A} \otimes \tilde{B} = (8, 10, 12) \otimes (4, 5, 6) = (32, 50, 72)$$

2.3 ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมกับการจัดวางผังเครื่องจักร

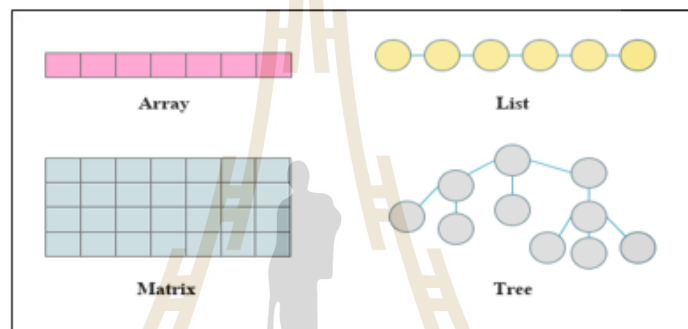
Mitsuo Gen (1997) เสนอว่าขั้นตอนเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithms; GA) เป็นวิธีการหาคำตอบ (Search) ที่ใช้หลักการคัดเลือกตามธรรมชาติ (Natural Selection) และหลักการคัดเลือกโครโมโซม (Chromosome) หรือที่เรียกว่าโครโมโซมพ่อและโครโมโซมแม่ (Parent) ที่เหมาะสมมาขยายพันธุ์ (Reproduction) เพื่อความอยู่รอดของประชากรไปจนถึงรุ่นลูกหลาน (Offspring) ต่อไป โดยโครโมโซมแต่ละตัวจะมีลักษณะเด่นที่แตกต่างกันออกไปซึ่งมาจากลักษณะของยีน (Genes) ของภายในโครโมโซมที่เป็นผลมาจากการถ่ายทอดทางพันธุกรรมจากประชากรรุ่นก่อน โดยโครโมโซมที่มีลักษณะเด่นย่อมมีแนวโน้มที่จะมีโอกาสในการขยายพันธุ์ต่อไป ในทางกลับกันโครโมโซมที่มีลักษณะด้อยย่อมมีแนวโน้มที่จะมีโอกาสในการสูญพันธุ์ ไปตามรุ่นประชากรที่เพิ่มขึ้น ซึ่งแนวความคิดนี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเป็นเครื่องมือในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimization Problem) ซึ่งมีขั้นตอนหลักๆ ดังนี้



รูปที่ 2.9 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมแบบง่าย

2.3.1 เริ่มต้นการทำงานของขั้นตอนเชิงพันธุกรรม (Initialization)

วิธีการทางพันธุกรรมศาสตร์เริ่มต้นโดยการสร้างกลุ่มโครโมโซม (คำตอบที่เป็นไปได้ของปัญหา) ขึ้นมาโดยวิธีการสุ่ม ซึ่งรูปแบบของการสร้างโครโมโซมจะมีลักษณะอย่างไรนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของรูปแบบปัญหา การกำหนดลักษณะของโครโมโซมจะมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อการแก้ปัญหา โดยการสุ่มสร้างโครโมโซมนี้จะส่งผลต่อการการแก้ปัญหาดังนั้นรูปแบบของการสร้างโครโมโซมจึงสำคัญและควรกำหนดรูปแบบในการสร้างโครโมโซมให้ตรงกับลักษณะของปัญหาที่ต้องการรูปแบบของการสร้างมีหลากหลายเช่นรูปแบบ Array, List, Tree, Matrix ฯลฯ ดังแสดงในรูปที่ 2.10



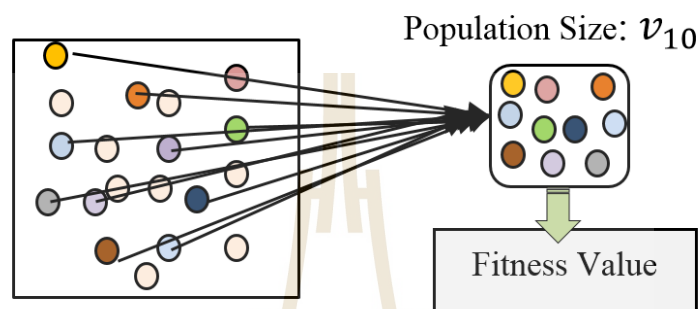
รูปที่ 2.10 รูปแบบต่างๆ ของการเข้ารหัสโครโมโซม

ตัวอย่างของการสร้างโครโมโซมแบบ Array ดังรูปที่ 2.11 โดยแต่ละตำแหน่งของยีนในโครโมโซมจะแทนด้วยค่าต่างๆ ซึ่งเป็นตัวแทนของค่าที่สามารถเชื่อมโยงค่าที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้ โดยมีรูปแบบต่างๆ เช่นตัวอักษร จำนวนจริง และคำสั่งต่างๆ เป็นต้น ซึ่งรูปแบบของโครโมโซมที่เหมาะสมกับปัญหาที่ซับซ้อน

Chromosome A :	A	B	C	D	E	F
Chromosome B :	left	back	back	left	right	right
Chromosome C :	1.4	1.9	2.2	5.5	6.8	7.3

รูปที่ 2.11 ตัวอย่างการเข้ารหัสโครโมโซมแบบวิธี Array

การสร้างประชากรเริ่มต้นเป็นขั้นถัดมาหลังจากกำหนดรูปแบบของลักษณะโครโมโซมได้แล้ว โดยการสร้างประชากรนี้จะเป็นกระบวนการก่อนที่จะเข้าสู่ขั้นตอนเชิงพันธุกรรม ซึ่งการสร้างประชากรกลุ่มแรกจะเกิดจากการสุ่ม (Random) ขึ้นมาจากกลุ่มข้อมูลที่เป็นไปได้ของปัญหา เพื่อนำประชากรเข้าสู่กระบวนการ ในการสุ่มจะต้องสุ่มประชากรให้ได้จำนวนเท่ากับขนาดประชากร (Population Size: v_n) ที่ได้กำหนดไว้ ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 การสุ่มหาประชากรเริ่มต้นจำนวน 10 โครโมโซม

2.3.2 กระบวนการประเมินผล (Evaluation)

เมื่อทำการสร้างโครโมโซมแล้วจะนำไปสู่การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Value) ของแต่ละโครโมโซม เพื่อให้คะแนนแต่ละโครโมโซม โดยโครโมโซมทุกตัวจะต้องมีค่าความเหมาะสมเพื่อใช้ในการพิจารณานำไปสืบสายพันธุ์ต่อ ซึ่งค่าความเหมาะสมในที่นี้คือตัวที่ใช้ประเมินว่าแต่ละโครโมโซมมีความเหมาะสม หรือสามารถใช้แก้ปัญหาได้ดีเพียงใด ตัวอย่างเช่นค่าความเหมาะสมต่ำสุด (Minimize) เมื่อเปรียบเทียบสองโครโมโซมระหว่าง Chromosome A มีค่าความเหมาะสม 15 และ Chromosome B ค่าความเหมาะสม 20 จะเห็นได้ว่า Chromosome A มีค่าความเหมาะสมมากกว่า Chromosome B ดังรูปที่ 2.13 เป็นต้น

ตัวอย่างของฟังก์ชันความเหมาะสม

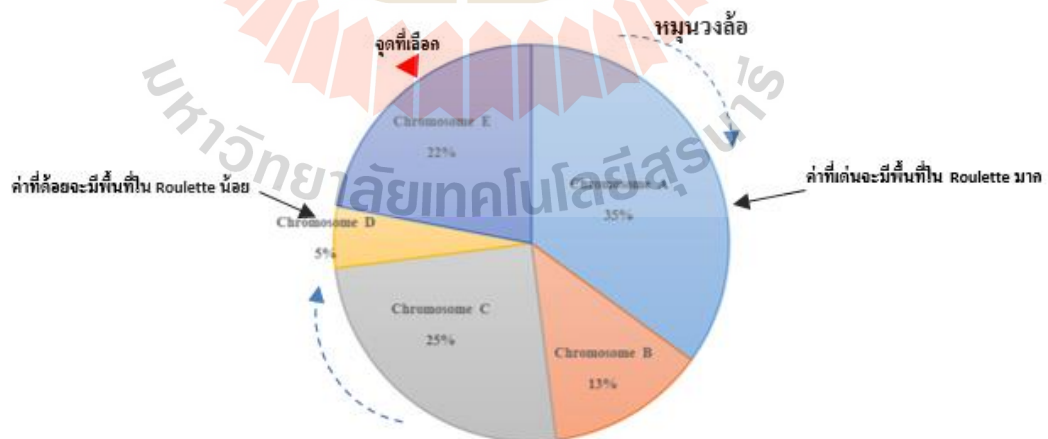
Chromosome A :	A	C	B	D	F	E
Chromosome A มีค่าความเหมาะสม = 15						
Chromosome B :	D	A	C	E	F	B
Chromosome B มีค่าความเหมาะสม = 20						

รูปที่ 2.13 ฟังก์ชันหาค่าความเหมาะสม

2.3.3 การคัดเลือก (Selection)

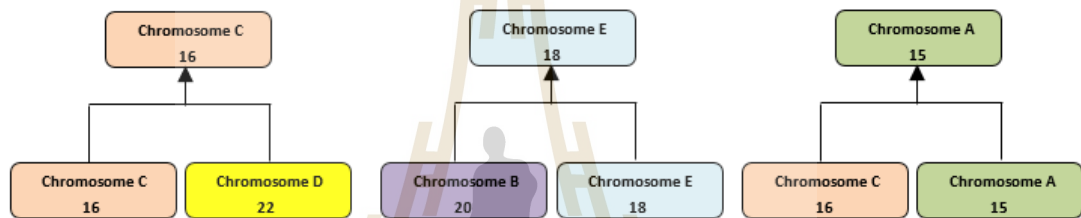
เป็นการคำนวณค่าความน่าจะเป็นของการถูกเลือก (ความน่าจะเป็นในการอยู่รอด) ของแต่ละโครโมโซม ซึ่งโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมสูงก็จะมีค่าความน่าจะเป็นของการถูกเลือกสูง โครโมโซมที่มีความเหมาะสมต่ำก็จะมีค่าความน่าจะเป็นในการถูกเลือกต่ำ จากนั้นสุ่มเลือกโครโมโซมจำนวนเท่ากับกลุ่มโครโมโซมเริ่มต้นเพื่อใช้เป็นโครโมโซมรุ่นต่อไป โดยการคัดเลือกมาเป็นโครโมโซมพ่อและโครโมโซมแม่ในการสืบสายพันธุ์ ทำให้เกิดปัญหาว่าจะอย่างไรให้เกิดจากการคัดเลือกโครโมโซมที่น่าพอใจ ซึ่งมีนักวิจัยหลายท่านได้นำเสนออยู่หลายวิธีเพื่อใช้ในการคัดเลือกที่เหมาะสมเช่น Roulette Wheel Selection (RWS), Stochastic Universal Sampling (SUS), Ranking Selection, Tournament Selection (TOS) และ Truncation Selection (TRS) และอื่นๆ อีกมากมายหลายวิธีเพื่อให้ได้มาซึ่งวิธีการคัดเลือกโครโมโซมที่ดี ในที่นี้จะกล่าวถึงเพียง 2 แบบเท่านั้น คือ

2.3.3.1 การคัดเลือกแบบวงล้อรูเล็ต (Roulette Wheel Selection) คือ โครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมที่ดีกว่ามีโอกาสถูกเลือกมากกว่าโครโมโซมที่ด้อยกว่าดังที่แสดงในรูปที่ 2.14 ซึ่งขนาดพื้นที่ของวงล้อเสี่ยงโชคหรือความกว้างของช่องแต่ละช่องของวงล้อรูเล็ตได้จากค่าความเหมาะสมของโครโมโซมแต่ละตัว ซึ่งพื้นที่ของวงล้อเสี่ยงโชคทั้งหมดเป็นโครโมโซมทั้งหมดที่อาศัยอยู่ในขนาดพื้นที่ของวงล้อเสี่ยงโชค โดยโครโมโซมที่มีพื้นที่ส่วนที่ใหญ่ที่สุด เมื่อมีการหมุนวงล้อ โครโมโซมที่มีค่าเหมาะสมมากจะมีโอกาสถูกเลือกได้บ่อย



รูปที่ 2.14 การคัดเลือกแบบวงล้อรูเล็ต

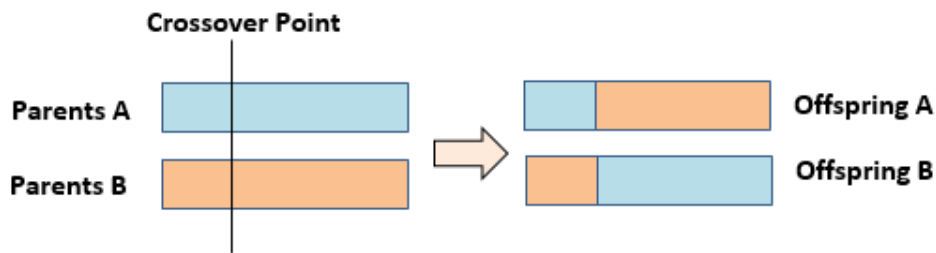
2.3.3.2 การคัดเลือกแบบการแข่งขัน (Tournament Selection) คือการคัดเลือกแบบการแข่งขันเป็นวิธีที่คัดเลือกโครโมโซมพ่อแม่พันธุ์ที่ดี เป็นวิธีการเหมือนแข่งขันกีฬาจะทำการสุ่มแบ่งกลุ่มคัดเลือกโครโมโซม แล้วเลือกเอาโครโมโซมที่ดีที่สุดในกลุ่มนั้นเพื่อหาโครโมโซมผู้ชนะเป็นต้นกำหนดสายพันธุ์ในรุ่นต่อไป ดังรูปที่ 2.15 สำหรับการแข่งขันขนาดจะทำการสุ่มเลือกโครโมโซมขนาด K (Tournament Size) โครโมโซมที่ชนะการแข่งขันหรือถูกคัดเลือกออกจากการแข่งขันแล้วจะสามารถอยู่ต่อเพื่อสามารถถูกเลือกได้อีกครั้ง ความเข้มข้นในการแข่งขันจะขึ้นอยู่กับค่า K กล่าวคือถ้า K มีขนาดใหญ่หรือการแข่งขันขนาดใหญ่โครโมโซมที่ไม่ดีมาก (ค่าการประเมินน้อย) ก็จะมีโอกาสในการถูกเลือกทำให้ปัญหาความเหลื่อมล้ำของค่าเหมาะสมของโครโมโซมหมดไปทำให้ช่วยลดปัญหาเรื่องความลำเอียง (Bias) ออกไป



รูปที่ 2.15 การคัดเลือกแบบการแข่งขัน

2.3.4 การสลับสายพันธุ์ (Crossover)

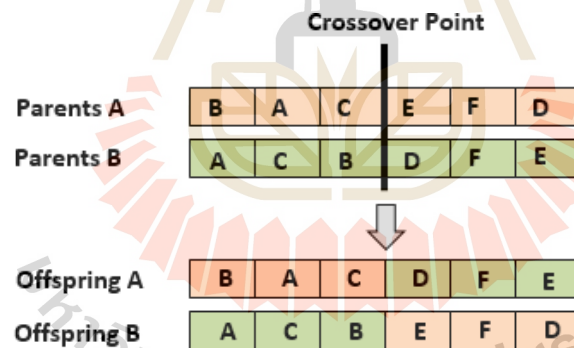
เป็นกระบวนการที่สุ่มเลือกโครโมโซม 2 โครโมโซมเพื่อใช้เป็นโครโมโซมพ่อและโครโมโซมแม่ทำการสร้างโครโมโซมรุ่นลูกด้วยกระบวนการผสมพันธุ์ (Crossover Process) เพื่อให้ได้โครโมโซมใหม่ขึ้นมาด้วยการปรับเปลี่ยนส่วนหนึ่งของโครโมโซมทั้งหมดระหว่างโครโมโซม 2 ตัวด้วยการตัดโครโมโซมแรกออกที่ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง โดยปกติจะใช้การสุ่มเป็นการกำหนดตำแหน่งที่จะตัด จากนั้นนำโครโมโซมย่อยที่ถูกตัดออกจากตัวแรกมาต่อสลับกันใหม่กับโครโมโซมย่อยตัวที่สองที่ถูกตัดออกที่ตำแหน่งเดียวกัน จะได้โครโมโซมใหม่เกิดขึ้นนำไปใช้สู่การหาคำตอบในประชากรรุ่นต่อไปตัวอย่างดังรูปที่ 2.16 ซึ่งวิธีการสลับสายพันธุ์ที่ใช้มีหลายวิธีโดยการทำให้ Crossover วิธีต่างๆ เช่น Partial-Mapped Crossover (PMX), Order Crossover (OX) และ Cycle Crossover (CX) และอื่นๆ อีกมากมาย



รูปที่ 2.16 การสลับสายพันธุ

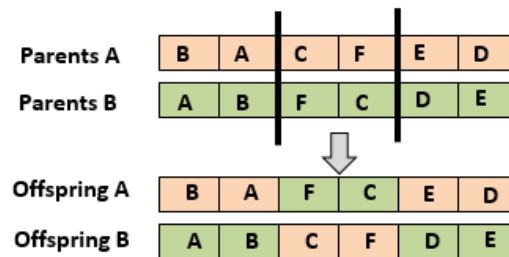
ส่วนตำแหน่งที่เกี่ยวข้องกับจำนวนจุดที่ใช้ในการทำ Crossover จำนวนจุดที่ใช้ขึ้นขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหาและความยาวของโครโมโซมที่ใช้ ซึ่งทั่วไปวิธีการสลับสายพันธุส่วนใหญ่แบบ One Point และ Two Point เป็นต้น

2.3.4.1 การสลับสายพันธุแบบ 1 ตำแหน่ง (One Point Crossover) คือมีการแลกเปลี่ยนแฉกของยีนระหว่างโครโมโซมพ่อแม่ที่มาจับคู่กัน ณ จุดใดจุดเดียวซึ่งเกิดจากการสุ่ม (Random) ดังในตัวอย่างของรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 การสลับสายพันธุแบบ 1 ตำแหน่ง

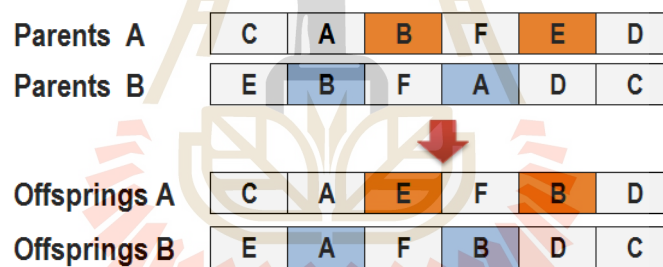
2.3.4.2 การสลับสายพันธุแบบ 2 ตำแหน่ง (Two Point Crossover) คือมีการแลกเปลี่ยนแฉกของยีนระหว่างโครโมโซมพ่อแม่ที่มาจับคู่กัน ณ จุดสุ่ม 2 จุดดังตัวอย่างในรูปที่ 2.18 วิธีนี้จะมีหลากหลายกว่าการสลับสายพันธุแบบ 1 ตำแหน่งจะมีผลให้การคู่เข้าสู่คำตอบครอบคลุมพื้นที่ของคำตอบได้มากยิ่งขึ้นแต่อย่างไรก็ตามการสลับสายพันธุแบบหลายจุดทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมลูกหลานได้มากกว่าการสลับสายพันธุแบบจุดเดียวอาจจะทำให้มีโอกาสเบี่ยงเบนของคำตอบที่มีอยู่ในโครโมโซมลูกหลานในอัตราที่สูงกว่าเช่นกัน



รูปที่ 2.18 การสลับสายพันธุ์แบบ 2 ตำแหน่ง

2.3.5 การกลายพันธุ์ (Mutation)

เป็นกระบวนการสุม่เลือกยีน (Gene) ของโครโมโซมและทำกระบวนการกลายพันธุ์ (Mutation Process) ด้วยการสุม่หาตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งภายในโครโมโซมเพื่อทำการสลับยีนดังอย่างในรูปที่ 2.19 ซึ่งวิธีการกลายพันธุ์มีใช้หลายวิธี เช่น Inversion Mutation, Insertion Mutation และ Displacement Mutation เป็นต้น



รูปที่ 2.19 การกลายพันธุ์

2.3.6 การตรวจสอบเงื่อนไขการหยุด (Stop)

ตรวจสอบเงื่อนไขการหยุด ตามที่กำหนดไว้ของจำนวนรุ่นประชากร เช่นมีการกำหนดการพัฒนา 10, 30, 100 หรือ 1000 รุ่น เป็นต้น ถ้าตรงตามเงื่อนไขให้หยุดและให้โครโมโซมที่เก็บไว้เป็นคำตอบ ถ้าไม่ตรงตามเงื่อนไขให้ย้อนกลับไปทำตั้งแต่ขั้นตอนการคัดเลือก (Selection)

2.4 การทำงานของโปรแกรมประยุกต์

ในผลงานของ ปะสิละเตสัง (2554) กล่าวว่าโปรแกรม Visual Basic for applications เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ (Programming Language) ที่พัฒนาโดยบริษัทไมโครซอฟท์ ซึ่งเป็นบริษัทที่สร้างระบบปฏิบัติการ Windows ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยมีรากฐานมาจากภาษา Basic ที่ย่อมาจาก Beginner's All Purpose Symbolic Instruction หมายถึง ชุดคำสั่งหรือภาษาคอมพิวเตอร์ โดยมีจุดเด่นคือผู้ที่ไม่มีพื้นฐานเรื่องการเขียนโปรแกรมสามารถเรียนรู้และนำไปใช้งานได้โดยง่ายและรวดเร็ว โดยเวอร์ชันแรกถูกสร้างขึ้นในปี 1996 ช่วงแรกยังไม่มีความสามารถต่างจากภาษา QBASIC มากนัก และเป็นเพียงเครื่องมือที่ช่วยในการเขียนโปรแกรมบน Windows ซึ่งปรากฏว่าได้รับความนิยมและประสบความสำเร็จเป็นอย่างมาก จึงมีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพดีทั้งในด้านต่างๆ เช่น เครื่องมือตรวจสอบแก้ไข การเขียนโปรแกรมแบบย่อ (MDI) และอื่นๆอีกมากมาย

Visual Basic for Applications จึงเป็นเครื่องมือในการสร้างโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการ windows ที่ใช้งานง่าย โดยการเลือกเครื่องมือต่างๆ เพื่อออกแบบหน้าจอของ โปรแกรมที่จะสร้าง การเขียนโปรแกรมในลักษณะนี้เรียกว่า Visual Programming ซึ่งไม่จำเป็นต้องเขียนคำสั่งต่างๆมากนักแต่สามารถสร้างโปรแกรมได้อย่างรวดเร็ว ความสามารถของ Visual Basic for Application มีดังนี้

- 1) มีโครงสร้างทางภาษาใกล้เคียงกับภาษาของมนุษย์ เรียนรู้และเข้าใจได้โดยง่าย
- 2) สร้างโปรแกรมทางด้านกราฟิก โปรแกรมจัดการไฟล์ โปรแกรมคำนวณเลขพื้นฐานทั่วไปที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows
- 3) สร้างโปรแกรมฐานข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว เพราะมีเครื่องมือเกี่ยวกับฐานข้อมูลอย่างครบถ้วนและสามารถเรียกใช้งานได้ทันที
- 4) สร้างโปรแกรมที่รันบนอินเทอร์เน็ตได้อย่างง่าย โดยไม่ต้องเรียนรู้คำสั่งด้วยภาษา HTML หรือภาษาสคริปต์ที่ใช้งานบนอินเทอร์เน็ต
- 5) สามารถสร้างไฟล์ .EXE ที่สามารถใช้งานได้ด้วยตนเอง
- 6) ออกแบบในส่วนหน้าจอที่ที่สามารถใช้งานได้สะดวก โดยไม่ต้องเขียนรหัสโปรแกรม
- 7) สามารถพัฒนา Application ได้หลายแบบ
- 8) รวบรวมเครื่องมือที่ช่วยพัฒนาการสร้างโปรแกรมต่างๆ

ซึ่งพื้นฐานการเขียนโปรแกรม Visual Basic for Applications จะประกอบได้ด้วย ชนิดของข้อมูล การแทนค่าของข้อมูล การประกาศตัวแปร การกำหนดค่าของทีของตัวแปร และตัวดำเนินการทางคณิตศาสตร์

2.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของประชากร 1 กลุ่มและ 2 กลุ่ม ตัวสถิติทดสอบที่ใช้คือ Z หรือ T โดยการเลือกใช้ตัวสถิติทดสอบใดขึ้นอยู่กับว่าทราบความแปรปรวนของข้อมูลในประชากรหรือไม่ ตัวอย่างมีขนาดใหญ่ หรือเล็ก ในกรณีที่ทำการศึกษาประชากรมากกว่า 2 กลุ่ม และต้องการทดสอบสมมติฐานว่าค่าเฉลี่ยของประชากรแต่ละกลุ่มนั้นแตกต่างกันหรือไม่ จะต้องทดสอบสมมติฐานทีละคู่ เช่นในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของประชากร 3 กลุ่มจะทำการทดสอบสมมติฐานทีละคู่ จำนวน 3 ครั้งดังนี้

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_0 : \mu_1 = \mu_3$$

$$H_0 : \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_3$$

$$H_1 : \mu_2 \neq \mu_3$$

ซึ่งจะทำให้เสียเวลาในการทดสอบสมมติฐานที่ซ้ำซ้อนเป็นอย่างมาก และประการสำคัญคือเป็นการทำค่าระดับนัยสำคัญมีค่ามากเกินไป ดังนั้นจึงมีการนำเทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ผู้ที่พัฒนาคือ R. A. Fisher (1920) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกรณีประชากรมากกว่า 2 กลุ่ม โดยทำการทดสอบเพียงครั้งเดียว เช่นกรณีประชากร 3 กลุ่ม สมมติฐานเชิงสถิติเป็นดังนี้

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \quad \text{อย่างน้อย 1 คู่}$$

ถ้าผลการทดสอบสมมติฐานปฏิเสธ H_0 หมายความว่ามีความอย่างน้อย 1 คู่ที่มีค่าแตกต่างกัน ซึ่งอาจจะเป็น $\mu_1 \neq \mu_2$ หรือ $\mu_1 \neq \mu_3$ หรือ $\mu_2 \neq \mu_3$ หรือ $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$ ก็ได้ การทดสอบว่าค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มใดไม่เท่ากันนั้นเรียกว่าการเปรียบเทียบเชิงพหุ (Multiple Comparison)

การตัดสินใจ พิจารณาจากค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบว่าตกอยู่ในเขตที่ยอมรับ H_0 หรือปฏิเสธ H_0 ณ ระดับนัยสำคัญ โดยส่วนมากจะกำหนดระดับนัยสำคัญเช่น $\alpha = 0.01$, $\alpha = 0.05$

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนมีด้วยกันหลายประเภท ในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพียง 2 แบบคือ

1. การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) เป็นการศึกษาปัจจัยหรือแฟกเตอร์ (Factor) ที่มีผลทำให้ข้อมูลแตกต่างกันเพียงปัจจัยเดียว โดยที่ปัจจัยนั้นอาจมีหลายๆ ระดับ เรียกระดับต่างๆ ของปัจจัยว่าทรีทเมนต์ (Treatment)

2. การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-way ANOVA) เป็นวิธีการทดสอบเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น ที่เป็นถึงทดลองจำนวน 2 ตัวกับตัวแปรตามเพียงตัวเดียว โดยที่ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นอาจมีลักษณะเชิงคุณภาพที่จำแนกออกเป็นระดับหรือประเภทต่างๆ ส่วนตัวแปรตามมีลักษณะเป็นเชิงปริมาณ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นว่าจะส่งผลอย่างไรกันตัวแปรตาม ตามสมมติฐานการวิจัยที่กำหนดไว้ โดยที่การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง นอกจากจะสามารถศึกษาผลของตัวแปรทั้งสองตัวได้ว่าตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นตัวหนึ่งนอกจากจะส่งผลต่อตัวแปรตามแล้วยังส่งผลใดๆ ต่อตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นอีกตัวหนึ่งหรือไม่

2.6 ปรัชษฐ์นัวรรณกรรม

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่าม้งงานวิจัยหลายงานที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้พีชชี่และขั้นตอนเชิงพันธุกรรมเพื่อแก้ปัญหาการออกแบบจัดวางผังเครื่องจักรด้วยวิธีการต่างๆ ที่ได้นำเสนอไว้เพื่อประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิต เช่น งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้พีชชี่เพื่อแก้ปัญหาการออกแบบจัดวางเครื่องจักร การประยุกต์ใช้วิธีเชิงพันธุกรรมในการแก้ปัญหาการจัดวางเครื่องจักร การประยุกต์ใช้พีชชี่ร่วมกับการค้นหาคำตอบด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมในการแก้ปัญหาในการจัดวางเครื่องจักร และการประยุกต์ใช้พีชชี่ร่วมกับขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการแก้ปัญหาอื่นๆ โดยนักวิจัยหลายท่านได้นำเสนอเทคนิควิธีการต่างๆ ที่มีลักษณะเด่นที่แตกต่างกันดังต่อไปนี้

2.6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้พีชชี่เพื่อแก้ปัญหาการจัดผังเครื่องจักร

ผลงานวิจัยของ Güngör และ Arıkan (2000) นำเสนอการแก้ปัญหาการจัดวางผังแบบกลุ่มเซลล์โดยใช้ทฤษฎีพีชชี่เซต (Fuzzy Set Theory, FST) โดยศึกษาปัจจัยลำดับการทำงานของการผลิต โดยเสนออัลกอริทึมช่วยในการตัดสินใจที่ไม่ชัดเจนคลุมเครือ (FDMS) โดยนำเสนอตัวแปรสามปัจจัยในการตัดสินใจได้แก่ (Analytical Hierarchy Process ; AHP), (Parts Relationship Chart ; PRC) และ (Consistency Ratio ; CR) เปรียบเทียบกับบทความอื่นพบว่า การตัดสินใจ โดยใช้พีชชี่มาช่วยในการออกแบบจะคำนึงถึงลักษณะเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณที่ใช้ในปัจจัยทั้งหมดมาช่วยในการตัดสินใจ โดยผู้ออกแบบสามารถสร้างปัจจัยเหล่านี้มาช่วยในการตัดสินใจและวิธีการนี้สามารถกำหนดขนาดของกลุ่มเซลล์การจ้ดเรียงของเครื่องจักรตามความจำเป็นในการจัดกลุ่มเซลล์ของเครื่องจักร ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการออกแบบกลุ่มเซลล์เครื่องจักรขนาดใหญ่และสามารถนำระบบการตัดสินใจแบบพีชชี่นั้นประยุกต์ใช้ได้หลากหลายกับงานประเภทอื่น

ผลงานวิจัยของ Deb และ Bhattacharyya (2005) นำเสนอการออกแบบโปรแกรมจำลองผังเครื่องจักร โดยการนำพีซีเข้ามาช่วยในการตัดสินใจในการให้ระดับความสัมพันธ์ของข้อมูลอินพุตแบบหลายปัจจัย โดยออกแบบจัดเรียงผังตามตำแหน่ง Pickup/Drop-off (P/D) พิจารณาความสัมพันธ์ของเครื่องจักร 6 เครื่องจักรกรณีมีความสัมพันธ์อินพุต 4 ปัจจัยพบว่าระบบสนับสนุนการตัดสินใจแบบพีซีที่ได้นำเสนอเป็นวิธีมีประสิทธิภาพในการจัดการเกี่ยวกับความไม่แน่นอนและความคลุมเครือของข้อมูล ซึ่งจะได้การจับวางผังที่มีความปลอดภัยของการทำงานที่มีประสิทธิภาพเพราะกำหนดความสัมพันธ์จากการให้น้ำหนักคะแนนความปลอดภัย และสามารถจำลองผังการจัดวางได้ซึ่งทำให้ทราบถึงต้นทุนการไหลของวัสดุ ช่องว่างของพื้นที่ไม่ได้ใช้งาน และการใช้งานของพื้นที่ในการวางผังโดยใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งวิธีการที่นำเสนอนี้ช่วยให้ประกอบการตัดสินใจในการวางผังให้ได้ประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น

2.6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแก้ปัญหาจัดผังเครื่องจักร

ผลงานวิจัยของ El-Baz (2004) เสนอขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในการแก้ปัญหาการจัดวางผังเครื่องจักรเพื่อที่จะลดต้นทุนการจัดการเกี่ยวกับการขนย้ายวัสดุให้ต่ำที่สุด โดยได้พิจารณาการไหลของวัสดุในสภาพแวดล้อมที่มีการไหลแบบ Flow Shop Layout, Flow-line Layout และ Multi-line Layout Closed-loop Layout ในการออกแบบโครโมโซมต่างๆ เกี่ยวกับปัญหาการสร้างโครโมโซมเริ่มต้นในการจัดผังเครื่องจักรในสถานการณ์ข้างต้น เพื่อประเมินประสิทธิภาพของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมกับวิธีการอื่นๆ เพื่อแสดงผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพของการใช้วิธีการแก้ไขปัญหาการจัดวางผังเครื่องจักรที่ใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมพบว่าขั้นตอนเชิงพันธุกรรมนั้นสามารถให้ต้นทุนวัสดุต่ำและเหมาะสมที่สุด

ผลงานวิจัยของ Ficko และคณะ (2004) นำเสนอแบบจำลองการออกแบบระบบการผลิตที่ยืดหยุ่น (FMS) โดยใช้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการออกแบบวางผังสำหรับลดเส้นทางของการขนย้ายวัสดุแบบ Automated Guided Vehicles (AGV) สำหรับการขนย้ายในแต่ละแถวของการจัดวางผังให้ดีที่สุดและเหมาะสม โดยใช้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการออกแบบโปรแกรมประยุกต์เพื่อการจำลองและวิเคราะห์ผล พบว่าต้นทุนการขนย้ายวัสดุของการจัดผังจะขึ้นอยู่กับการกำหนดออกแบบของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของต้นทุนและการกำหนดขนาดของพาคำมิเตอร์ที่ใช้ในกระบวนการขั้นตอนเชิงพันธุกรรม

ผลงานวิจัยของ Datta และคณะ (2011) เสนอขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมแก้ปัญหาในการจัดการรูปแบบ NP-Hard เพื่อเสนอการแก้ไขปัญหของสถานที่ทำงานแบบจัดแถวเดียว (Single Row Facility Layout Problem; SRFLP) เพื่อให้มีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด โดยเทคนิคนี้เริ่มต้นจากการแก้ไขปัญหาแบบสลับสายพันธุและการกลายพันธุเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพแบบไม่มี

ข้อจำกัด และทำการทดลองกับกรณีศึกษา 14 กรณี พบว่าค่าที่เหมาะสมของแต่ละกรณีจะเกิดขึ้น ทุกๆ 30 รอบ ในขั้นตอนเชิงพันธุกรรม หากกรณีศึกษามีขนาดใหญ่ขึ้นประสิทธิภาพของขั้นตอน เชิงพันธุกรรมจะขึ้นกับค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดให้

ผลงานวิจัยของ Sadrzadeh (2012) นำเสนอขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมโดยใช้วิธี Mata-Heuristic ในการแก้ปัญหาการจัดวางสิ่งอำนวยความสะดวก (Facility Layout Problem; FLP) ในระบบการผลิตสำหรับแก้ปัญหาผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย โดยการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการ จัดการวัสดุ ซึ่งทำการสร้างตารางขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมจากค่ามากไปน้อยจากนั้นในการสร้าง ประชากรเริ่มต้นของโครโมโซมและทำการศึกษาผลพบว่าอัลกอริทึมที่นำเสนอมีประสิทธิภาพ สามารถแก้ปัญหาได้

ผลงานวิจัยของ Vitayasak และ Pongcharoen (2013) นำเสนอการออกแบบการวาง เครื่องจักรที่พิจารณาเครื่องจักรที่หมุนได้ โดยเครื่องจักรที่หมุนได้มักจะส่งผลกระทบต่อสถานที่ตั้ง ของตำแหน่งจุด Pick Up/Drop Off Point ในความต้องการของพื้นที่และระยะทางการเคลื่อนที่ของ วัสดุนั้นขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการประยุกต์ใช้สำหรับการออกแบบการจัดเรียงเครื่องจักรที่หมุน ได้แบบหลายแถว ในการแก้ปัญหาเพื่อลดระยะทางการเคลื่อนที่ของวัสดุระหว่างเครื่องจักร ใน ระหว่างกระบวนการผลิตโดยได้ดำเนินการศึกษาทดลอง 5 อัตราส่วนที่มีรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าต่อ รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส (R/S) ที่แตกต่างกันซึ่งนำผลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์พบว่าระยะทาง ในการจัดการขนย้ายของวัสดุโดยเฉลี่ยจะลดลงขึ้นอยู่กับอัตราส่วนที่มีรูปทรงของความ เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าต่อรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส (R/S) และการกำหนดการเลือกเครื่องจักร นอกจากนี้ยัง พบว่าขั้นตอนเชิงพันธุกรรมที่ได้นำเสนอใช้ในการกำหนดการเลือกเครื่องจักรจะมีการจัดการระยะ เคลื่อนย้ายวัสดุต่ำกว่าแบบขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบธรรมดา

ผลงานวิจัยของ Srinivas และคณะ (2014) ศึกษาค่าพารามิเตอร์ของขั้นตอนเชิง พันธุกรรมในกระบวนการผลิตพบว่าคุณภาพของการแก้ปัญหาอาจได้รับอิทธิพลจากขนาดของ ประชากร จำนวนของรุ่น อัตราการผสมพันธุ์ อัตราการกลายพันธุ์และความยาวของโครโมโซมที่จะ แลกเปลี่ยนกันระหว่างพ่อแม่ในการสร้างลูกหลาน ดังนั้นจึงศึกษาแนวทางการวิเคราะห์ความไว ใน การเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ พบว่าค่าพารามิเตอร์ของวิธีเชิงพันธุกรรมจะต้องได้รับการกำหนดไว้ใ น การแก้ไขปัญหา สำหรับปัญหาการจัดวางเครื่องจักรตัวอย่าง 15 เครื่องจักร พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่ เหมาะสมสำหรับรูปแบบเครื่องจักรแถวเดียวความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ์ ($P_c = 0.7$) และ ความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ ($P_m = 0.4$) และสำหรับรูปแบบเครื่องจักรหลายแถวความน่าจะเป็น ในการสลับสายพันธุ์ ($P_c = 0.8$) และความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ ($P_m = 0.4$) โดยมุ่งเน้น การจัดสถานีงานเพื่อลดต้นทุนรวมในกระบวนการผลิต

ผลงานวิจัยของ Kritwattanakorn และคณะ (2013) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาการจัดเรียงสถานีงานและการจัดเรียงเครื่องจักรของพื้นที่จำกัด โดยใช้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใหม่ที่ได้รับการพัฒนามาจากขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบดั้งเดิม ทำการปรับเปลี่ยนกระบวนการทางพันธุกรรมได้แก่ การสลับสายพันธุ (Crossover Operation) จากเดิมกระบวนการนี้จะทำการสุ่มตำแหน่งที่ต้องการสลับยีน เมื่อยีนคือตำแหน่งของการวางเครื่องจักร จากโครโมโซมต้นแบบแล้วทำการสลับยีน ร่วมกับการกำหนดเงื่อนไขโดยพิจารณาลำดับการทำงานของเครื่องจักรคือเครื่องจักรใดทำงานต่อกันให้เครื่องจักรนั้นอยู่ติดกัน ในพื้นที่วางที่จำนวนแถวและจำนวนหลักใกล้เคียงกัน พบว่าสามารถแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรที่ขนาดแตกต่างกันได้ สามารถลดต้นทุนการเคลื่อนย้ายวัสดุได้ และสามารถระยะเวลาทางการเคลื่อนที่ของวัสดุได้

2.6.3 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ฟิชชีร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรมเพื่อแก้ปัญหาจัดผังเครื่องจักร

ผลงานวิจัยของ Gen และคณะ (1995) นำเสนอการจัดวางเครื่องจักรหลายแถวแบบคลุมเครือโดยการจัดวางผังแบบหลายแถวจะมีช่องว่างระหว่างสองเครื่องจักร โดยกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์เพื่อหาระดับความพึงพอใจของระยะทางช่องว่างระหว่างสองเครื่องจักรแบบคลุมเครือเพื่อลดต้นทุนการขนย้ายวัสดุของเครื่องจักรทั้งหมด โดยใช้ขั้นตอนทางพันธุกรรมเข้ามาแก้ไขปัญหาในการค้นหาคำตอบสำหรับแก้ไขปัญหโดยอัลกอริทึมที่นำเสนอจะแสดงให้เห็นแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพของการทำงาน

ผลงานวิจัยของ Karray และคณะ (2000) เสนอวิธีการคำนวณเพื่อทำการปรับปรุงกระบวนการวางผัง ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างผัง โดยใช้ฟิชชีเซตเข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาเพื่อหาน้ำหนักของปัจจัยต่างๆ และใช้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมที่มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ลดการไหลของวัสดุ และความสัมพันธ์การเชื่อมโยงแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างผังเครื่องจักร โดยเปรียบเทียบวิธีที่นำเสนอ โดยใช้การจัดวางผังแบบความสัมพันธ์ระหว่างผังเทียบกับวิธีที่ได้นำเสนอ เพื่อเป็นเครื่องมือในการเปรียบเทียบประเมินผังที่แตกต่างกัน

2.6.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิธีแบบฟิชชีร่วมกับขั้นตอนเชิงพันธุกรรมเพื่อแก้ปัญหาอื่นๆ

ผลงานวิจัยของ วันวิสาข์ (2544) นำเสนอการประยุกต์ใช้ฟิชชีร่วมกับขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมที่มีเวลาการทำงานแบบฟิชชี เพื่อให้ได้ลำดับผลิตภัณฑ์ที่ใช้เวลาในการประกอบเสร็จสิ้นน้อยที่สุด โดยวัดในรูปแบบของค่าความพึงพอใจของผู้จัดลำดับผลิตภัณฑ์ โดยมีการศึกษาแบ่งเป็น 3 กรณีศึกษา และเปรียบเทียบผลคำตอบกับวิธีฮิวริสติกของ CDS โดยพบว่าประสิทธิภาพในการหาคำตอบของกระบวนการฟิชชีร่วมกับขั้นตอนเชิงพันธุกรรมนั้นขึ้นกับพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ จำนวนประชากร

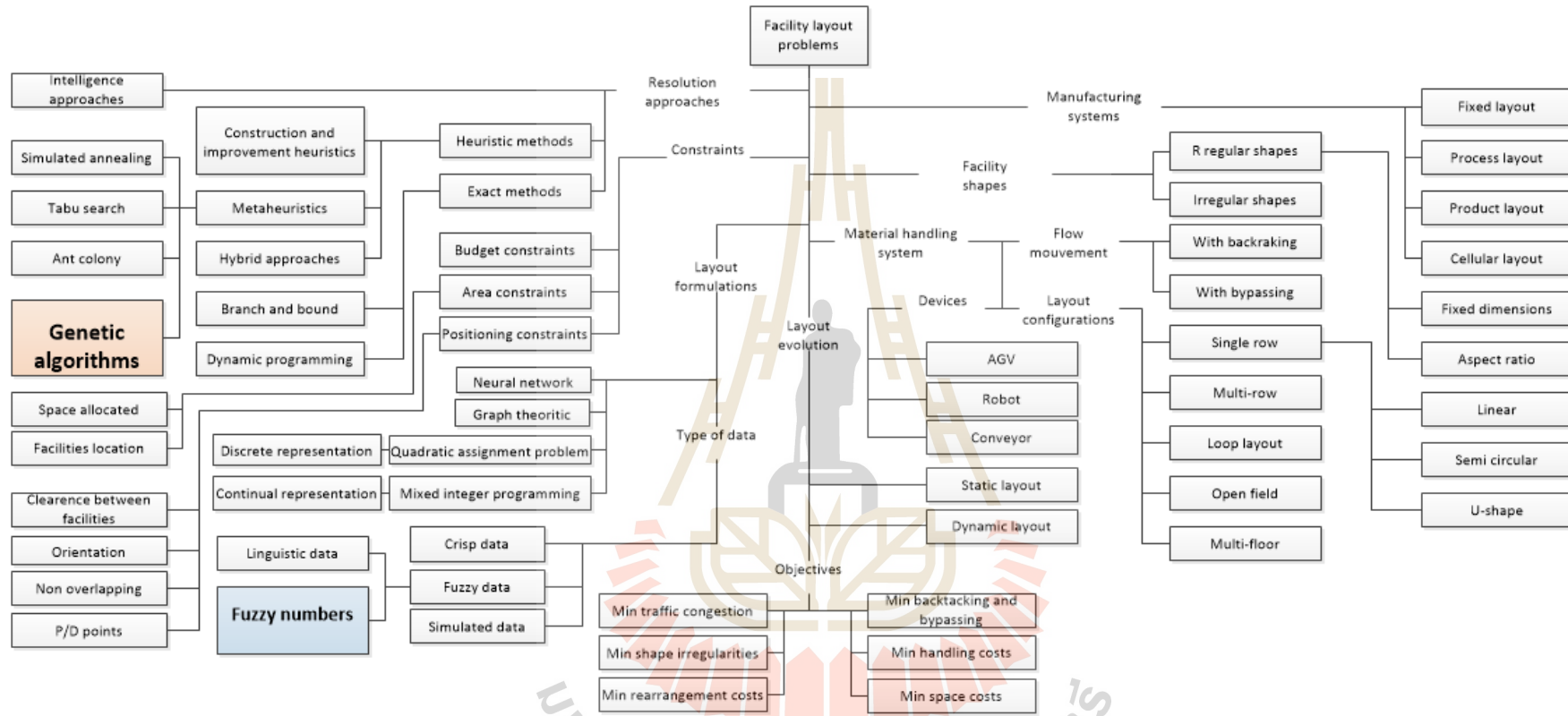
ความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ์ ความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ วิธีการคัดเลือกโครโมโซม วิธีการสลับสายพันธุ์ วิธีการกลายพันธุ์ และจำนวนของประชากรสูงสุด จึงต้องมีการทดลองเบื้องต้นเพื่อหาระดับพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการหาคำตอบ ผลจากการใช้วิธีการพีชชีร่วมกับขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ในกรณีศึกษาตัวอย่างทั้ง 3 กรณี พบว่าวิธีพีชชีร่วมกับขั้นตอนเชิงพันธุกรรมสามารถหาคำตอบที่ดีกว่าหรือเท่ากับวิธีการฮิวริสติกของ CDS สรุปได้ว่า วิธีการแบบพีชชีร่วมกับขั้นตอนเชิงพันธุกรรมเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมที่มีเวลาการทำงานแบบพีชชีหาคำตอบที่ดีภายในระยะเวลาที่รวดเร็วขึ้น

ผลงานวิจัยของ Balin (2011) นำเสนอเทคนิคการประยุกต์ใช้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับข้อมูลของเวลาแบบพีชชีในการจัดตารางเวลาของกระบวนการผลิตที่เครื่องจักร 4 เครื่องจักรมี 6 ผลิตภัณฑ์ เพื่อทดลองการหาเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตที่เหมาะสม พบว่าจากการทดลองสามารถจัดกระบวนการผลิตของเครื่องจักร 4 เครื่องจักรที่ผลิตชิ้นงาน 6 ผลิตภัณฑ์ในการหาเวลาในการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากผลการรวบรวมบทบทวนปริทัศน์วรรณกรรมที่นักวิจัยหลากหลายท่านได้นำเสนอไว้ข้างต้นจะเห็นได้ว่าแต่ละท่านมีความแตกต่างกันในเทคนิควิธีสำหรับการแก้ปัญหาการจัดวางผังเครื่องจักร โดยทั่วไปแล้วจะกำหนดวัตถุประสงค์เพื่อเป็นตัวดำเนินการในการตัดสินใจในการแก้ไขปัญหานั้นจะนำเทคนิควิธีที่นำเสนอเข้ามาเป็นเครื่องมือช่วยการแก้ปัญหาเพื่อทดลองกับกรณีศึกษาแบบต่างๆ เพื่อยืนยันผลของตัวอย่างในนำเสนอผลงานวิจัยที่ใช้กับการศึกษา โดยจากการรวบรวมปริทัศน์วรรณกรรมที่ได้กล่าวมาจากข้างต้นและนอกเหนือจากที่ไม่ได้กล่าวจากข้างต้นแสดงผลการรวบรวมปริทัศน์วรรณกรรมได้ในตารางที่ 2.1 เพื่อเป็นแนวทางการตัดสินใจและการอ้างอิงเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือในการเลือกที่จะดำเนินการทำงานวิจัย ซึ่งใช้ข้อมูลอินพุตของปริมาณการไหลและความถี่การไหลแบบพีชชีร่วมกับการประยุกต์ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมของ Kritwattanakorn และคณะ (2013) แต่ในขั้นตอนคัดเลือกใช้วิธี Tournament Selection เป็นการคัดเลือกโครโมโซมรุ่นถัดไป ซึ่งจากผลงานวิจัยของ Jinghui และคณะ (2005) ได้นำเสนองานวิจัยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการคัดเลือกโครโมโซมพบว่าวิธีการของ Tournament Selection มีประสิทธิภาพช่วยให้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมมีความหลากหลายในการคัดเลือกโครโมโซมและได้หาคำตอบที่มีความเหมาะสมได้เร็วกว่าวิธี Roulette Wheel Selection ซึ่งจะช่วยให้โปรแกรมที่มีการประยุกต์ใช้พีชชีร่วมกับขั้นตอนเชิงพันธุกรรมมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2.1 แสดงผลการรวบรวมปริทัศน์วรรณกรรม

ผู้วิจัย	ปี	ชื่อเรื่อง	Method			วัตถุประสงค์		การไหลของวัสดุ		สมการวัตถุประสงค์			ข้อมูลอินพุตของการไหลวัสดุ	
			GA	Fuzzy	อื่นๆ	ระยะ	ต้นทุน	loop layout	Multiple row	$C = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M f_{ij} c_{ij} d_{ij}$			ข้อมูลแบบปกติ	ข้อมูลแบบพีชซี
										f	c	d		
Attawit kooakachal	2003	APPLICATION OF GENETIC ALGORITHMS FOR NON-RECTANGULAR PLANT DESIGN	/	/		/	/		/	มีการเปลี่ยนแปลงตามการไหลของวัสดุ	มีการเปลี่ยนแปลงตามต้นทุนของระยะทาง	เปลี่ยนแปลงระยะทาง	/	/
M. Adel El-Baz	2004	A GENETIC ALGORITHM FOR FACILITY LAYOUT PROBLEMS OF DIFFERENT MANUFACTURING ENVIRONMENTS	/				/		/	มีการเปลี่ยนแปลงตามการไหลของวัสดุ	มีการเปลี่ยนแปลงตามต้นทุนของระยะทาง	เปลี่ยนแปลงระยะทาง	/	
M. Ficko	2004	DESIGNING THE LAYOUT OF SINGLE AND MULTIPLE ROWS FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEM BY GENETIC ALGORITHMS	/				/		/	คงที่ไม่เปลี่ยนแปลง	คงที่ไม่เปลี่ยนแปลง	เปลี่ยนแปลงระยะทาง	/	
Chana Yiangkamolsing	2005	AN APPLICATION OF GENETIC ALGORITHMS WITH CONSTRAINT-BASED FACILITY LAYOUT PROBLEM	/	/		/	/		/	คงที่ไม่เปลี่ยนแปลง	คงที่ไม่เปลี่ยนแปลง	เปลี่ยนแปลงระยะทาง	/	
I. Mihajlovi	2007	USING GENETIC ALGORITHMS TO RESOLVE FACILITY LAYOUT PROBLEM	/				/		/	มีการเปลี่ยนแปลงตามการไหลของวัสดุ	มีการเปลี่ยนแปลงตามต้นทุนของระยะทาง	เปลี่ยนแปลงระยะทาง	/	
Srisatja Vitayasak and Pupong Pongcharoen	2012	DESIGNING ROTATABLE MACHINE LAYOUT IN MULTIPLE ROW ENVIRONMENT	/			/			/	คงที่ไม่เปลี่ยนแปลง	-	เปลี่ยนแปลงระยะทาง	/	
Amir Sadrzadeh	2012	A GENETIC ALGORITHM WITH THE HEURISTIC PROCEDURE TO SOLVE THE MULTI-LINE LAYOUT PROBLEM	/			/	/		/	มีการเปลี่ยนแปลงตามการไหลของวัสดุ	มีการเปลี่ยนแปลงตามต้นทุนของระยะทาง	เปลี่ยนแปลงระยะทาง	/	
Suthasinee Singpraya	2013	ADAPTIVE PARAMETERS WITHIN GENETIC ALGORITHM FOR MACHINE LAYOUT DESIGN	/			/	/		/	คงที่ไม่เปลี่ยนแปลง	-	เปลี่ยนแปลงระยะทาง	/	
G., Manita and O., Korbbaa	2013	A HYBRID GENETIC ALGORITHM FOR SOLVING MACHINE LAYOUT PROBLEM WITH CONSIDERATION OF INDUSTRIAL CONSTRAINTS	/			/	/		/	มีการเปลี่ยนแปลงตามการไหลของวัสดุ	-	เปลี่ยนแปลงระยะทาง	/	
Maricar G. Misola	2013	OPTIMAL FACILITY LAYOUT PROBLEM SOLUTION USING GENETIC ALGORITHM	/			/	/		/	มีการเปลี่ยนแปลงตามการไหลของวัสดุ	มีการเปลี่ยนแปลงตามต้นทุนของระยะทาง	เปลี่ยนแปลงระยะทาง	/	
C. Srinivasa., B. Ramgopal Reddyb	2014	SENSITIVITY ANALYSIS TO DETERMINE THE PARAMETERS OF GENETIC ALGORITHM FOR MACHINE LAYOUT	/			/	/		/	มีการเปลี่ยนแปลงตามการไหลของวัสดุ	มีการเปลี่ยนแปลงตามต้นทุนของระยะทาง	เปลี่ยนแปลงระยะทาง	/	
Suphatra Kritwattanakorn	2014	A PERMUTATION-BASED GENETIC ALGORITHM FOR SOLVING THE MACHINE LAYOUT OF MANUFACTURING SYSTEM	/			/	/		/	คงที่ไม่เปลี่ยนแปลง	-	เปลี่ยนแปลงระยะทาง	/	
Srinivas C	2016	DESIGN OF MACHINE LAYOUT IN FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEMS	/			/	/		/	มีการเปลี่ยนแปลงตามการไหลของวัสดุ	มีการเปลี่ยนแปลงตามต้นทุนของระยะทาง	เปลี่ยนแปลงระยะทาง	/	
Proposed GA+Fuzzy	-	APPLY FUZZY MATERIAL HANDLING INPUTS WITH GENETIC ALGORITHM IN MACHINE LAYOUT DESIGN	/	/		/	/		/	มีการเปลี่ยนแปลงตามการไหลของวัสดุ	คงที่ไม่เปลี่ยนแปลง	เปลี่ยนแปลงระยะทาง	/	/



รูปที่ 2.20 แสดงการรวบรวมของวิธีการแก้ปัญหาการจัดผัง

2.7 รูปการรวบรวมปริทัศน์วรรณกรรม

รูปแบบของปัญหาการจัดฝักรองจักร มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายของการไหลวัสดุที่น้อยที่สุด หรือมีความสัมพันธ์ตามความต้องการของผู้ออกแบบสูงสุด มีแนวคิดในการออกแบบเกี่ยวกับการแก้ปัญหาของการจัดฝักรองจักรที่มีลักษณะปัญหาทางวิศวกรรมขนาดใหญ่ นั้นมีการแก้ปัญหาแบบซับซ้อน จากที่ได้กล่าวมาในส่วนของบทนำข้างต้น การที่จะหาคำตอบของปัญหานี้ในปัจจุบันมีเครื่องมือที่เข้ามาช่วยในการหาคำตอบของความซับซ้อนมีหลากหลายวิธีเข้ามาช่วยในการแก้ปัญหา ดังนั้นในการเลือกใช้วิธีในการแก้ปัญหาควให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดและในส่วนของการคำนวณสามารถหาคำตอบที่ได้เหมาะสมที่สุด ควรเป็นวิธีการที่ง่ายในการหาคำตอบ โดยที่ Anine Drira และคณะ ก็ได้รวบรวมเทคนิคและวิธีการของปัญหาการจัดฝักรองจักรแก้ไขซึ่งมีหลายวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหาดังรูปที่ 2.20 จึงเป็นแนวทางในการมองภาพรวมแต่ละเทคนิควิธีมีจุดเด่นและจุดด้อยอะไรในการนำมาใช้งานเพื่อช่วยในการประกอบการตัดสินใจเพื่อเลือกใช้เทคนิควิธีที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหการจัดฝักรองจักรนี้ โดยได้รวบรวมวิธีการต่างๆในการแก้ปัญหการจัดฝักรองจักรของนักวิจัยท่านอื่นๆ และพูดถึงข้อดีและข้อเสียการนำไปใช้เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหานักวิจัยนี้

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหการจัดฝักรองจักร สามารถหาคำตอบได้หลากหลายวิธี เช่นวิธี โปรแกรมเชิงเส้น วิธีการทางฮิวริสติก และวิธีการทางด้านปัญญาประดิษฐ์ (AI) เป็นต้น วิธีการในการหาคำตอบของปัญหาของโปรแกรมเชิงเส้น ไม่เหมาะกับการหาคำตอบของปัญหาลักษณะที่มีความซับซ้อนมาก เนื่องจากเวลาที่จะเสียไปในการหาคำตอบจะเพิ่มขึ้นเป็นแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential) เมื่อขนาดของปัญหาเพิ่มขึ้น ส่วนวิธีการทางฮิวริสติกแบบต่างๆ ถึงจะเป็นวิธีการที่ง่ายที่สุดตรงไปตรงมา ไม่จำเป็นต้องมีการกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆและมีความซับซ้อนน้อย แต่ได้คำตอบที่ไม่ดีมากนัก ยังไม่ใช้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากปัญหาของการจัดฝักรองจักรนั้นเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนมากจากที่ได้กล่าวมา

ได้มีนักวิจัยหลายท่านได้นำความรู้และทฤษฎีต่างๆ มาช่วยในการหาคำตอบหรือศึกษาวิจัยดังที่ได้กล่าวมาจากบทนำในข้างต้น ส่วนใหญ่หลักการที่นักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษา นั้นมีเป้าหมายเพื่อแก้ปัญหาและใช้ประโยชน์ของความคงทน (Robustness) ต่อความไม่เที่ยงตรงแม่นยำ (Accuracy) ความไม่แน่นอน (Uncertainty) หรือความคลุมเครือของปัญหา (Vague) จากปัญหาส่วนใหญ่ที่ได้ทำการศึกษา นั้นเป็นปัญหาที่ไม่เที่ยงตรงและคลุมเครือ ในการหาคำตอบของคำตอบที่เที่ยงตรงและมีความแน่นอนสูงมากก็ย่อมมีความซับซ้อนและค่าใช้จ่ายที่สูงมากขึ้นตามมาด้วย จึงเป็นที่มาของวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาที่คลุมเครือให้ได้คำตอบที่ใกล้เคียงสามารถยอมรับได้ ใช้เวลาในการหาคำตอบไม่มากและมีค่าใช้จ่ายไม่สูงมากนักนั้นดีกว่าวิธีการที่ได้ความเที่ยงตรงสูงแต่มีค่าใช้จ่ายที่สูง ซึ่งจากการรวบรวมงานวิจัยที่แก้ปัญหการจัดฝักรองจักรและได้การยอมรับวิธีการหนึ่ง

คือได้แก่วิธีการของขั้นตอนทางพันธุกรรมเป็นวิธีการสำหรับค้นหาคำตอบ (Solutions) หรือคำตอบ โดยประมาณของปัญหา โดยอาศัยหลักการจากทฤษฎีวิวัฒนาการจากชีววิทยา และการคัดเลือกตามธรรมชาติ (Natural Selection) กล่าวโดยรวมคือสิ่งมีชีวิตที่เหมาะสมที่สุดจึงจะอยู่รอด ในการถ่ายทอดลักษณะต่างๆทางกรรมพันธุ์ไปสู่ยังลูกหลานนำมาพัฒนาใช้ในการหาคำตอบที่ต้องการได้

การคำนวณหาคำคำตอบของขั้นตอนทางพันธุกรรมอย่างง่าย (Simple Genetic Algorithms) เป็นพื้นฐานในการแก้ปัญหาการทำ Optimization ซึ่งแนวโน้มของงานวิจัยในการปรับปรุงในการหาคำตอบของวิธีทางพันธุกรรม (GA) สามารถนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคนิคอื่นๆได้และมีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้นจากการได้สำรวจและรวบรวมศึกษางานวิจัยต่างๆ จากที่แสดงในตารางที่ 2.1 ดังนั้นจากการรวบรวมวิธีการของฟัซซี่เป็นที่น่าสนใจของผู้ศึกษาในงานวิจัยนี้จึงนำวิธีการของฟัซซี่เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์

แนวทางของฟัซซี่จะเข้ามาช่วยจัดการเกี่ยวกับความไม่แน่นอนซึ่งในทางปฏิบัติจริงมักจะมี ความไม่แน่นอนเกิดขึ้น อาจเกิดจากการขาดแคลนข้อมูล ข้อมูลไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้งานหรือ เป็นข้อมูลที่ยังไม่ได้เกิดขึ้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาความไม่แน่นอนนี้ โดยวิธีการฟัซซี่ คือการใช้เหตุผลแบบประมาณ หรือเป็นรูปแบบจำลองความรู้ ประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ ในการ ใช้เหตุผล หรือการตัดสินใจต่อสถานการณ์ต่างๆ ของมนุษย์ ที่จะเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์และ จัดการเกี่ยวกับความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้น ทฤษฎีฟัซซี่นี้เป็นทฤษฎีที่ว่าด้วยเรื่องที่ไม่ใช่ขอบเขตที่ไม่แน่นอน ซึ่งในปัจจุบันถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาที่ประกอบด้วยข้อมูลที่ไม่มีความแน่นอน กันอย่างแพร่หลาย

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจในการแก้ปัญหาการหาคำคำตอบของการจัดผังเครื่องจักรที่มี รูปแบบการจัดผังของเครื่องจักรและสนใจข้อมูลการป้อนของต้นทุนขนย้ายวัสดุที่มีความไม่ชัดเจน ไม่สามารถกำหนดเป็นตัวเลขค่าใดค่าหนึ่งได้อย่างมั่นใจ ซึ่งประกอบด้วยความถี่และปริมาณของ การขนย้ายวัสดุที่เกิดขึ้นจากความคลุมเครือ (Fuzzy) ของข้อมูล จึงเป็นที่มาในการแก้ปัญหาของการ จัดผังเครื่องจักรที่มีการประยุกต์ใช้ข้อมูลที่มีการขนถ่ายวัสดุไม่ชัดเจนร่วมกับการหาคำตอบของ ปัญหาการจัดผังเครื่องจักรด้วยวิธีการทางพันธุกรรม

แต่ในการจัดผังเครื่องจักรนั้นมีข้อจำกัดมากมาย ขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานต้องการแตกต่างกันไป ไม่ว่าจะเป็นข้อจำกัดทางด้านขนาดผังโรงงาน พื้นที่ในการวางผังเครื่องจักรหรือรวมถึงรูปร่างของ เครื่องจักรด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการออกแบบผังเพื่อให้สะดวกและเป็นไปในทิศทางเดียว ในข้อจำกัดต่างๆ ในการกำหนดเพื่อสามารถนำขั้นตอนเชิงพันธุกรรมและข้อมูลที่มีความคลุมเครือ นั้นนำมาประยุกต์ใช้กับการจัดผังเครื่องจักรให้มีความใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมากที่สุดและ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง มีการออกแบบการจัดผังให้มีความเหมาะสมและคำนึงถึงพื้นที่ ของเครื่องจักรแต่ละกระบวนการทำงาน เพื่อให้มีการทำงานของขั้นตอนการผลิตที่ต่อเนื่อง

เหมาะสมที่สุดและเป็นวิธีการที่ง่าย ซึ่งได้มีการทดลองผ่าน โปรแกรมด้วย Visual Basic for Applications (VBA) ใน Microsoft Excel ในการคำนวณและวางตำแหน่งผังเครื่องจักร เพื่อให้สามารถลดต้นทุนและแสดงให้เห็นว่าเทคนิคที่นำเสนอสามารถใช้งานและหาคำตอบของปัญหาการจัดผังเครื่องจักรได้อย่างง่าย สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดผังเครื่องจักรภายในองค์กรและได้รับประโยชน์สูงสุดในแง่ประสิทธิภาพ ในด้านการปรับปรุง



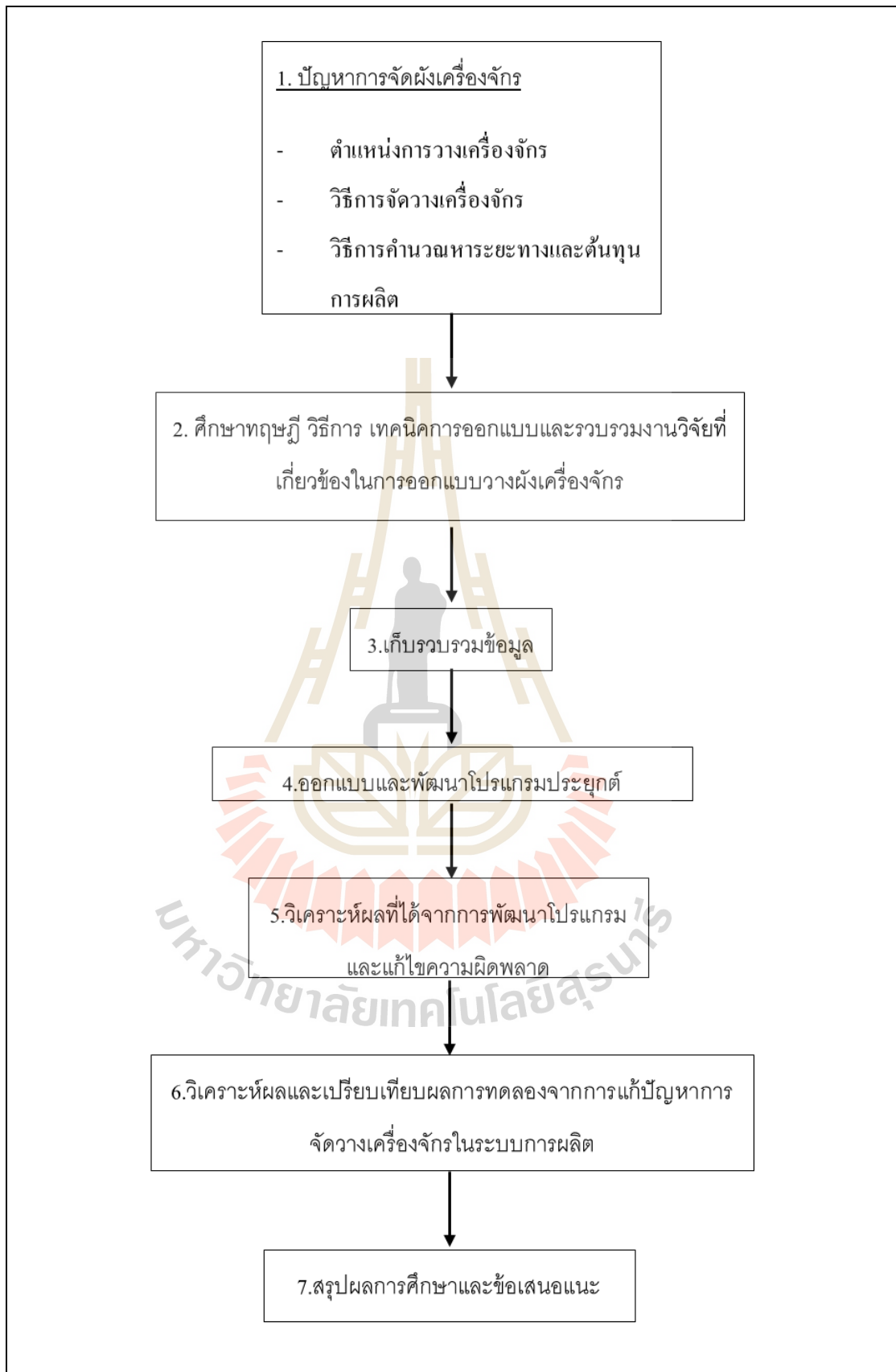
บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ปัญหาในอุตสาหกรรมจริงจะมีรายละเอียดค่อนข้างมากเกี่ยวกับการจัดผังเครื่องจักร ซึ่งไม่สามารถใช้เทคนิควิธีที่ได้นำเสนอได้โดยตรงไปตรงมา อาจต้องมีการปรับแต่งและเพิ่มรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรหรือปัจจัยด้านต่างๆ จึงได้มีการกำหนดขอบเขตและตั้งสมมติฐานบางอย่างเพื่อใช้ในการลดความซับซ้อนของปัญหาในสถานการณ์จริง ให้สามารถประยุกต์ใช้ในวิธีที่จะนำเสนอต่อไปนี้ใกล้เคียงกับสถานการณ์ผลิตจริงในอุตสาหกรรมซึ่งจะมีรายละเอียดในบทนี้

โดยในเนื้อหาของบทนี้จะได้กล่าวถึงการประยุกต์ใช้การค้นหาคำตอบด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมและนำข้อมูลที่มีการขยับย้ายวัสดุที่มีความไม่แน่นอนหรือคลุมเครือเข้ามาพิจารณาประกอบด้วยวิธีแบบฟัซซี่ โดยมีการพิจารณาตามวัตถุประสงค์ในการตัดสินใจด้วยต้นทุนรวมของการขนย้ายต่ำสุดหรือค่าที่เหมาะสมที่สุดในการพิจารณาตัดสินใจในการจัดวางตำแหน่งผังเครื่องจักร ซึ่งจะกล่าวถึงขั้นตอนต่างๆ ที่ได้ตั้งขอบเขตและสมมติฐานข้อกำหนดต่างๆ ในการค้นหาคำตอบด้วยขั้นตอนเชิงพันธุกรรม (GA) และการนำวิธีแบบฟัซซี่เข้ามาช่วยในการพิจารณาการป้อนข้อมูลที่มีความคลุมเครือ (Fuzzy) อย่างละเอียดโดยมีเนื้อหาดังต่อไปนี้

- 1) การออกแบบและลักษณะของปัญหาการออกแบบวางผังเครื่องจักร
 - 2) การออกแบบและขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีฟัซซี่ในการออกแบบผังเครื่องจักร
 - 3) โปรแกรมการประยุกต์ใช้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีฟัซซี่ในการจัดผังเครื่องจักร
- จากกระบวนการดังกล่าวทั้งหมดนั้น มีรายละเอียดการดำเนินการและทำการออกแบบในการการดำเนินงานดังแสดงในภาพต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงการดำเนินงานวิจัย

3.1 การออกแบบและลักษณะของปัญหาการออกแบบวางผังเครื่องจักร

ในงานวิจัยนี้ได้มีกระบวนการศึกษานำเสนอวิธีการของพีชชีร่วมกับขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการจัดผังเครื่องจักร โดยใช้ความเป็นข้อมูลของอินพุตแบบพีชชีเข้ามาช่วยในการจัดการเกี่ยวกับปัญหาความไม่แน่นอนของข้อมูล จากนั้นนำวิธีการของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมมาใช้ในการค้นหาคำตอบของปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบของปัญหาเหมาะสมที่สุด แต่ในการออกแบบการจัดวางผังเครื่องจักรจริงนั้นมีข้อจำกัดมากมาย ทำให้เกิดความซับซ้อน ดังนั้นจึงมีขอบเขตและสมมุติฐานบางอย่างเพื่อลดความซับซ้อนของงานจริงในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่จะนำเสนอต่อไปนี้ให้สามารถใช้วิธีการแบบพีชชีร่วมกับขั้นตอนเชิงพันธุกรรมได้ในการออกแบบผังเครื่องจักร เพื่อให้สะดวกต่อการใช้สำหรับการแก้ปัญหา โดยมียุทธศาสตร์ขอบเขตและสมมุติฐานดังต่อไปนี้

3.1.1 ขอบเขตของปัญหา

- (1) ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาเฉพาะปัญหาการจัดวางผังโรงงานแบบกระบวนการผลิต โดยผู้ออกแบบสามารถกำหนดพื้นที่วางเครื่องจักรและพื้นที่เครื่องจักรแต่ละเครื่อง เป็นพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ในขณะที่คำนวณจะไม่อนุญาตให้มีการเปลี่ยนแปลงขนาดทั้งด้านกว้างและด้านยาว
- (2) กำหนดช่องว่างระยะห่างระหว่างเครื่องจักรของแต่ละเครื่องจักรมีระยะห่างกัน 1 m
- (3) ปัญหาที่ใช้ในการวิจัยมีการกำหนดผังเครื่องจักรแต่ละเครื่องจักร ต้องอยู่ภายในพื้นที่วางผังเครื่องจักรไม่มีเครื่องจักรใดๆ ในพื้นที่วางผังเครื่องจักรใช้พื้นที่เดียวกัน หรือสร้างทับซ้อนกัน
- (4) วางเครื่องจักรให้จุดศูนย์กลางเรียงในแนวเดียวกัน ดังแสดงรูปที่ 1.1
- (5) ผลิตภัณฑ์ (Product) ผลิตภัณฑ์ แต่ละผลิตภัณฑ์ที่มีลำดับการทำงานของแต่ละเครื่องจักร (Production Routing) โดยผู้ออกแบบสามารถกำหนดจำนวนสูงสุดของผลิตภัณฑ์และจำนวนของเครื่องจักรได้
- (6) ข้อมูลที่ใช้หาคำตอบเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ พื้นที่ของผังโรงงาน ความกว้างและความยาว พื้นที่ของแต่ละเครื่องจักร ความกว้างและความยาว ต้นทุนการขนย้าย และข้อมูลของอินพุตในการไหลของปริมาณและความถี่ของการไหลวัสดุของแต่ละเครื่องจักร
- (7) ข้อมูลอินพุตของการไหลวัสดุ ถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน โดยพิจารณาข้อมูลอินพุตแบบตัวเลขปกติและแบบตัวเลขพีชชี

- (8) คำนวณเฉพาะต้นทุนของเครื่องจักร ไม่พิจารณาถึงเวลาที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิต เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของการไหลวัสดุ เวลาในการรอคอย และเวลาในการทำงานของเครื่องจักร
- (9) ใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ในการแก้ปัญหาด้วยโปรแกรม Visual Basic for Applications (VBA) ใน Microsoft Excel ในการคำนวณและวางตำแหน่งผังเครื่องจักร

3.1.2 สมมติฐานที่ใช้ในการแก้ปัญหา

- (1) ในการคำนวณการจัดวางผังเครื่องจักรจะทำงานของเครื่องจักรไม่พิจารณาถึงเวลาในการทำงานของเครื่องจักร, เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของการไหลวัสดุ, เวลาในการรอคอยและเวลาในการเปลี่ยนเครื่องมือ (Tool) ของเครื่องจักร
- (2) ในแต่ละผลิตภัณฑ์จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงลำดับขั้นตอนการทำงานของแต่ละเครื่องจักร
- (3) ไม่พิจารณาถึงผลผลิตในระหว่างดำเนินงานหรือผลของความผิดพลาดของการหยุดชะงักของเครื่องจักร แต่จะคำนึงถึงปริมาณและความถี่ในการไหลของผลิตภัณฑ์ของแต่ละเครื่องจักร

3.1.3 การออกแบบวางผังเครื่องจักร

การออกแบบวางผังเครื่องจักร จากการรวบรวมหลายงานวิจัยในตารางที่ 2.1 จึงนำวัตถุประสงค์ค่าใช้จ่ายโดยรวม (Total Cost) ของการไหลวัสดุน้อยที่สุด ใช้เป็นสมการวัตถุประสงค์ในการตัดสินใจแสดงในรูปแบบของสมการทางคณิตศาสตร์ ดังสมการ (3.1)

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

โดยที่	$\text{Minimize } C$	คือ	ต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด
	f_{ij}	คือ	ผลคูณของความถี่ของการไหลและปริมาณการไหลของงานจากสถานีงาน i ถึง j
	c_{ij}	คือ	ต้นทุนค่าขนส่งต่อหน่วยจากสถานีงาน i ถึง j หน่วยเป็นบาท ระยะทางจากสถานีงาน i ถึง j โดยมีการวัดจากเซ็นทรอยด์
	d_{ij}	คือ	(Centroid) ของแต่ละผังเครื่องจักรแบบเรคติลิเนียร์ (Rectilinear) (อธิบายในหัวข้อที่ 3.1.3.1) หน่วยเป็นเมตร
	M	คือ	จำนวนเครื่องจักรทั้งหมด

โดยในงานวิจัยนี้มีการกำหนด f_{ij} คือผลคูณของความถี่ของการไหล (Frequency Flow: F) และปริมาณการไหล (Volume Flow: V) ของงานจากสถานีงาน i ถึง j โดยวิธีการคำนวณทั่วไปคือ $f_{ij} = F_{ij} \times V_{ij}$ แต่ในงานวิจัยนี้มีการรับข้อมูลเป็นตัวเลขที่ไม่แน่นอนคั้งนั้น เพื่อสร้างเป็นตัวเลขฟัซซี่ จึงกำหนดให้ $f'_{ij} = F'_{ij} \otimes V'_{ij}$ เพื่อสร้างตัวเลขฟัซซี่ ก่อนที่จะมีการคำนวณแบบตัวเลขปกติ โดยมีการกำหนดฟังก์ชันดังสมการที่ (3.2) และ (3.3)

$$f'_{ij} = F'_{ij} \otimes V'_{ij} \quad (3.2)$$

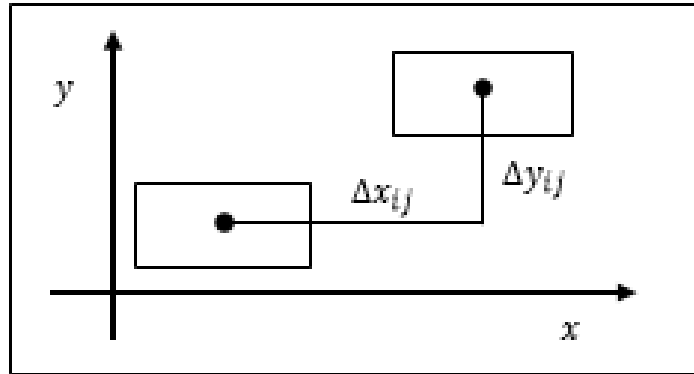
$$\text{Defuzzification}(f'_{ij}) = f_{ij} \quad (3.3)$$

ในการพิจารณาการคำนวณหาต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด (Minimize C) มีตัวแปรที่ใช้ในการพิจารณาในงานวิจัยนี้โดยกำหนดให้ส่วน c_{ij} และ d_{ij} เป็นตัวเลขปกติ ส่วน f_{ij} ซึ่งเป็นข้อมูลที่ไม่แน่นอนจึงต้องถูกเปลี่ยนเป็นตัวเลขฟัซซี่ เพื่อคำนวณผ่านกระบวนการทางฟัซซี่ หลังจากนั้นจะถูกแปลงกลับมาเป็นตัวเลขปกติเพื่อให้ผลลัพธ์ของ *Minimize C* เป็นตัวเลขปกติ หลังจากนั้นทำการจัดผังเครื่องจักรที่เหมาะสมที่สุดด้วยขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการจัดผังเครื่องจักร

3.1.3.1 ระยะทางแบบการวัดเชิงเส้นตรง (Rectilinear) จากผลงานของ Askin และ Strandridge (1993) กล่าวว่าระยะทางแบบการวัดเชิงเส้นตรงคือ ระยะทางระหว่างเครื่องจักรที่เป็นไปตามแนวแกน x และแกน y การวัดลักษณะนี้เหมาะสมกับการวัดระยะทางของทางเดินระหว่างเครื่องจักร สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3.4) และการวัดระยะทางแบบ Rectilinear ตามแกน x และ y และแสดงตัวอย่างดังในรูปที่ 3.2

$$d_{ij} = |\Delta x_{ij}| + |\Delta y_{ij}| \quad (3.4)$$

โดยที่ d_{ij} คือ ระยะทางระหว่างเครื่องจักร i ไป j
 $|\Delta x_{ij}|$ คือ ผลรวมของระยะทางตามแนวแกน x
 $|\Delta y_{ij}|$ คือ ผลรวมของระยะทางตามแนวแกน y



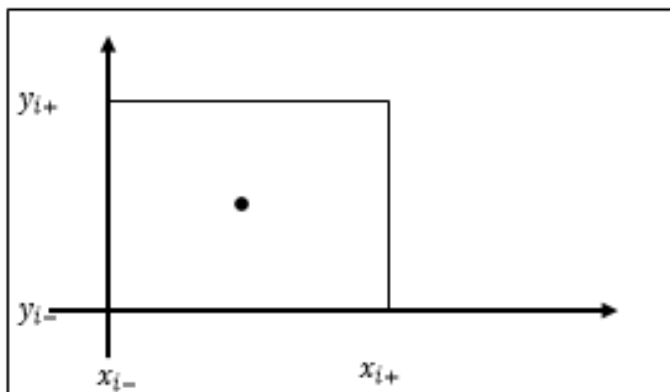
รูปที่ 3.2 แสดงการวัดระยะทางแบบเรคติเนียร์

3.1.3.2 การหาจุดศูนย์กลางของเครื่องจักร (Centroid) ในการหาจุดศูนย์กลางของเครื่องจักรนี้ได้มีการออกแบบผังในการคำนวณมีลักษณะเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมมุมฉาก ซึ่งได้ข้อมูลมาจากการป้อนค่าของผู้ใช้งาน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งด้านกว้างและด้านยาว มีวิธีการหาจุดศูนย์กลางของพื้นที่สี่เหลี่ยมมุมฉากได้จากสมการที่ (3.5) และ (3.6) ตามลำดับ สามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 3.3

$$X_i = \frac{1}{A_i} \int_{y_{i-}}^{y_{i+}} \int_{x_{i-}}^{x_{i+}} x dx dy = \frac{1}{2A_i} (x_{i+}^2 - x_{i-}^2) \times (y_{i+} - y_{i-}) \quad (3.5)$$

$$Y_i = \frac{1}{A_i} \int_{x_{i-}}^{x_{i+}} \int_{y_{i-}}^{y_{i+}} y dy dx = \frac{1}{2A_i} (y_{i+}^2 - y_{i-}^2) \times (x_{i+} - x_{i-}) \quad (3.6)$$

โดยที่	(X_i, Y_i)	คือ	จุดศูนย์กลางของผังเครื่องจักร
	A_i	คือ	พื้นที่ของเครื่องจักรที่ต้องการหา
	x_{i-}	คือ	จุด x-coordinate ซ้ายสุดของพื้นที่สี่เหลี่ยมมุมฉาก
	x_{i+}	คือ	จุด x-coordinate ขวาสุดของพื้นที่สี่เหลี่ยมมุมฉาก
	y_{i-}	คือ	จุด x-coordinate ต่ำสุดของพื้นที่สี่เหลี่ยมมุมฉาก
	y_{i+}	คือ	จุด x-coordinate สูงสุดของพื้นที่สี่เหลี่ยมมุมฉาก



รูปที่ 3.3 แสดงจุดศูนย์กลางของพื้นที่ A_i

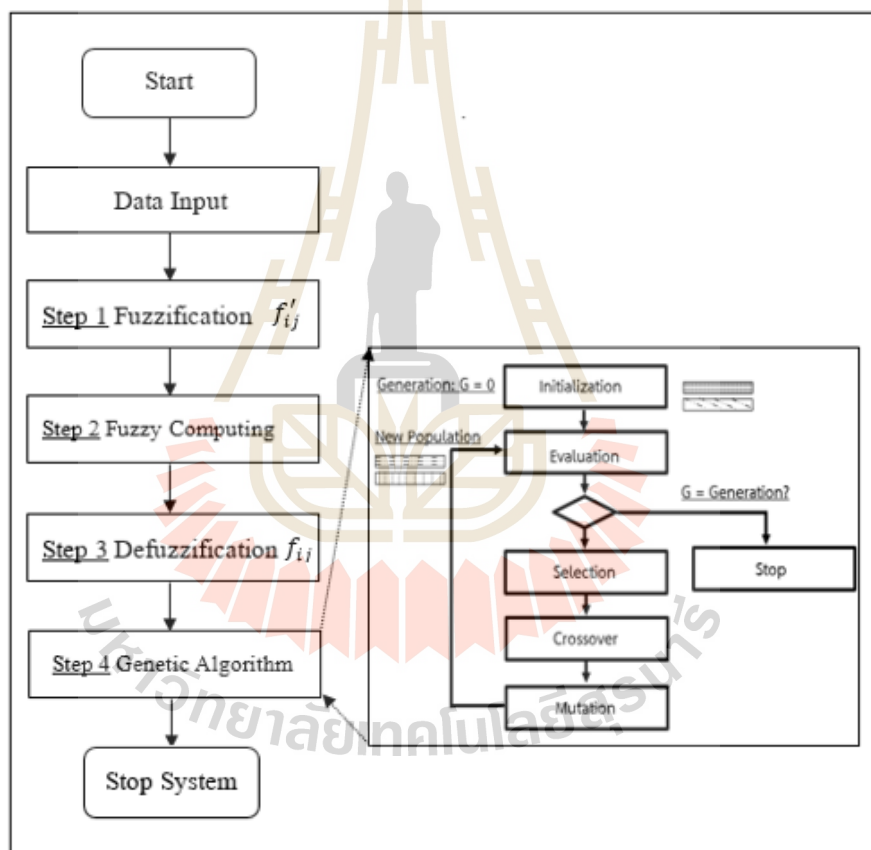
3.2 การออกแบบและขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีฟัซซีในการจัดผังเครื่องจักร

งานวิจัยนี้เป็นปัญหาการจัดผังเครื่องจักรที่มีการนำข้อมูลของอินพุตแบบฟัซซีร่วมกับการค้นหาคำตอบด้วยขั้นตอนเชิงพันธุกรรม โดยมีการพิจารณาค่าใช้จ่ายต้นทุนรวมต่ำสุด ตามการพิจารณาตัดสินใจจากสมการวัตถุประสงค์ (สมการที่ 3.1) จากที่ได้กล่าวมาในข้างต้น ได้มีการออกแบบขั้นตอนในการแก้ปัญหาดังรูปที่ 3.4

- (1) **Data input:** คือข้อมูลที่ผู้ใช้งานจำเป็นต้องมีการป้อนข้อมูลให้กับ โปรแกรมประยุกต์ได้แก่ ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน ($P_I, P_{II}, P_{III}, \dots$), ความกว้าง (W) และความยาว (L) ของพื้นที่วางเครื่องจักร, ความกว้าง (w_i) และความยาว (l_i) ของแต่ละเครื่องจักร, ปริมาณของการไหลวัสดุ (F'_{ij}) จากเครื่องจักร i ไป j , ความถี่ของการไหลวัสดุ (V'_{ij}) จากเครื่องจักร i ไป j , ต้นทุนค่าขนส่งต่อหน่วย (c_{ij}) จากเครื่องจักร i ไป j , จำนวนประชากรเริ่มต้น (n), จำนวนรุ่นของประชากร (G)
- (2) **Step 1) Fuzzification:** แปลง F'_{ij} และ V'_{ij} ให้เป็นตัวเลขฟัซซี เพราะ F'_{ij} และ V'_{ij} คือข้อมูลตัวเลขที่ไม่แน่นอนที่เป็นตัวเลขแบบสามเหลี่ยมฟัซซี แต่ถ้าหากต้องการวิเคราะห์ตัวเลขปกติ จะทำการให้ข้อมูลเป็นตัวเลขปกติอย่างต่ำ ค่ากลาง และค่ามากที่สุดเป็นตัวเลขเดียวกัน
- (3) **Step 2) Fuzzy Computing:** ขั้นตอนนี้จะเป็นการคำนวณ F'_{ij} และ V'_{ij} ด้วยวิธีตัวเลขฟัซซี
- (4) **Step 3) Defuzzification:** ในส่วนของขั้นตอนนี้จะเป็นการนำ f'_{ij} แปลงกลับมาเป็นตัวเลขแบบปกติ (f_{ij}) เก็บค่าไว้เพื่อถูกนำไปใช้ในกระบวนการขั้นตอนต่อไป

- (5) **Step 4) Genetic Algorithm:** ขั้นตอนต่อไปนี้จะเข้าสู่กระบวนการค้นหาของปัญหา ตำแหน่งของเครื่องจักรด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม ซึ่งมีความซับซ้อนได้มีการอธิบายรายละเอียดใน 3.2.2 ในลำดับต่อไป
- (6) **Stop System:** จบโปรแกรมเมื่อผ่านเงื่อนไขต่างๆ ที่ได้กำหนดของระบบและจะแสดงผลของตำแหน่งเครื่องจักรและผลของต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด

จากกระบวนการทำงานในข้างต้นนั้น จะสามารถแสดงเป็นแผนภาพกระบวนการทำงานของระบบโปรแกรมประยุกต์มีขั้นตอนดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.4 แสดงขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีฟัซซีในการจัดผังเครื่องจักร

3.2.1 ขั้นตอนการประยุกต์ใช้วิธีตัวเลขฟัซซี

โครงสร้างหลักของตัวเลขฟัซซีเป็นรูปแบบหนึ่งของการประยุกต์ใช้ฟัซซีเซต โดยมิให้ความเป็นสมาชิกฟัซซีแบบสามเหลี่ยม (Triangular Fuzzy: TFN) ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ไม่แน่นอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1.1 รูปแบบของฟัซซี่

ในงานวิจัยนี้จะเป็นการนำข้อมูลอินพุตที่ได้มาจากข้อมูลจากการผลิตที่ผ่านมาหรือจากผู้เชี่ยวชาญที่มีการกำหนดจากการคาดการณ์ในกระบวนการผลิตที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งข้อมูลที่ต้องการนี้ได้แก่ข้อมูลความถี่ในการไหลของวัสดุ (Frequency Flow: F) และปริมาณการไหลของวัสดุ (Volume Flow: V) โดยข้อมูลในที่นี้จะถูกนำมาทำให้เป็นข้อมูลชุดฟัซซี่เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกิดจากความไม่แน่นอนในกระบวนการผลิต โดยมีการใช้รูปแบบของการเป็นสมาชิกฟัซซี่แบบสามเหลี่ยมในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีความไม่แน่นอนของข้อมูล โดยในงานวิจัยของ S. Balin (2011) ได้กล่าวไว้ว่าการสร้างฟังก์ชันสมาชิกนี้จัดเป็นปัญหาเฉพาะที่ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในการวิเคราะห์ ซึ่งการเลือกรูปแบบสมาชิกนี้ไม่จัดว่าเป็นปัญหาของทฤษฎีฟัซซี่เซต แต่การประยุกต์ใช้ฟังก์ชันแบบสามเหลี่ยมนี้จะได้เปรียบในเชิงของการคำนวณแบบตัวเลขฟัซซี่และสามารถเขียน โปรแกรมได้ง่ายในการคำนวณ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ฟังก์ชันสมาชิกแบบสามเหลี่ยมในการพิจารณา โดยมีการให้รูปแบบสัญลักษณ์และสร้างเป็นเซตตัวเลขฟัซซี่ของการเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยมดังนี้

$$F'_{ij} = [F_L, F_M, F_H] \quad (3.5)$$

$$V'_{ij} = [V_L, V_M, V_H] \quad (3.6)$$

โดยที่ F_L, F_M, F_H คือค่าอย่างต่ำ ค่ากลาง และค่าอย่างสูงของความถี่การไหล และ V_L, V_M, V_H ค่าอย่างต่ำ ค่ากลาง และค่าอย่างสูงของปริมาณการไหล ตัวอย่างเช่น ความถี่ของการไหลรวมของสถานีงานประมาณ 20 รอบต่อช่วงเวลา และแต่ละรอบมีปริมาณการไหลของวัสดุรวมราวๆ 5 หน่วยต่อรอบ จะได้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยมคือ $F' = [18, 20, 22]$ และ $V' = [3, 5, 7]$ เป็นต้น

3.2.1.2 การคำนวณตัวเลขฟัซซี่

ในขั้นตอนนี้ใช้เป็นขั้นตอนปฏิบัติทางเลขคณิตของตัวเลขฟัซซี่ใช้ในการคำนวณแบบตัวเลขฟัซซี่เพื่อจะได้ใช้ในการวิเคราะห์ของความไม่แน่นอนของข้อมูล โดยคำนวณตัวเลขฟัซซี่จากสมการที่ (2.4) เช่นจากตัวอย่างข้อต้นของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสามเหลี่ยมของ F และ V จะสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 F' \otimes V' &= [18, 20, 22] \otimes [3, 5, 7] \\
 &= [\min(54, 126, 126, 154), 100, \max(54, 126, 126, 154)] \\
 &= [54, 100, 154]
 \end{aligned}$$

3.2.1.3 การแปลงตัวเลขฟัซซี่เป็นตัวเลขปกติ

หลังจากผ่านกระบวนการคำนวณทางตัวเลขฟัซซี่แล้วจะได้ผลรวมหรือผลคูณของฟัซซี่สามเหลี่ยมแล้วจะนำค่าดังกล่าวมาแปลงกลับเป็นตัวเลขปกติเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าวัตถุประสงค์ของค่า f_{ij} ในสมการที่ (3.1) ในลำดับกระบวนการค้นหาคำตอบของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในลำดับต่อไป โดยการแปลงจากตัวเลขฟัซซี่แบบสามเหลี่ยมเป็นตัวเลขปกติเป็นวิธีการ Fuzzy Weight ดังสมการต่อไปนี้

$$f_{ij} \cong f'_{ij} \quad (3.7)$$

$$f_{ij} \cong \{[(0.5 \times (a + c)) + b]/2\} \quad (3.8)$$

เช่นตัวอย่างก่อนหน้านี้จากผลคูณแบบฟัซซี่คือ $F \otimes V = [54, 100, 154]$ นำมา Fuzzy Weight ตามสมการ (3.7) จะได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 F' \otimes V' &\cong f'_{ij} = F \otimes V \\
 &\cong \{[(0.5 \times (54 + 154)) + 100]/2\} \\
 &\cong 102
 \end{aligned}$$

3.2.2 ขั้นตอนการประยุกต์ใช้วิธีเชิงพันธุกรรม

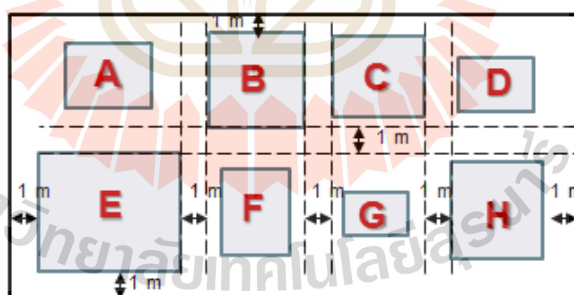
ขั้นตอนเชิงพันธุกรรม จะสามารถประมวลผลหาคำตอบของปัญหา โดยใช้หลักการของการสร้างวิวัฒนาการของกลุ่มรุ่นประชากรคำตอบในรุ่นต่อไปตามหลักการทำงานของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมซึ่งมีการดำเนินการในการแก้ไขปัญหของการจัดวางผังเครื่องจักรดังนี้

3.2.2.1 ขั้นตอนเข้ารหัสโครโมโซม

การสุ่มเลือกเพื่อสร้างประชากรต้นแบบขึ้นมา (Random Population) ซึ่งการสร้างโครโมโซมนี้ถือว่าเป็นสิ่งแรกที่ใช้ในการพิจารณาของกระบวนการทางขั้นตอนเชิงพันธุกรรม ในการออกแบบสร้างโครโมโซมนั้นต้องสัมพันธ์กับรูปแบบของปัญหาที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งกระบวนการสร้างโครโมโซมนี้จะนำไปสู่กระบวนการต่างๆ ของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในลำดับถัดไป ได้แก่ การสลับสายพันธุ และการกลายพันธุ์

โดยการสร้างโครโมโซมสร้างจากรูปแบบของปัญหาผังเครื่องจักร ให้เครื่องจักรแต่ละเครื่องจักรเป็นยีน (Gene) หลังจากนั้นนำยีนแต่ละตัวมาเรียงต่อกันเป็นโครโมโซม ซึ่งความยาวของยีนจะขึ้นอยู่กับจำนวนของเครื่องจักร

ตัวอย่างเช่นดังรูปที่ 3.5 เครื่องจักรแต่ละเครื่องบนพื้นที่ของการใช้งาน (Process Layout) ในรูปที่ 3.5 (A) คือสถานการณ์จริงของการผังเครื่องจักร โดยให้เครื่องจักรแต่ละเครื่องจักรแทนด้วยยีน จากนั้นนำยีนแต่ละตัวจัดเรียงเป็นโครโมโซมในรูปที่ 3.5 (B) จะได้โครโมโซมคือ A-B-C-D-E-F-G-H โดยมีโครงสร้างยีนตัวแรกจากล่างซ้ายสุดไปด้านขวาและขึ้นในแถวถัดไปจากด้านซ้ายไปขวาจนครบทุกเครื่องจักรในที่นี้นั้นหมายถึง ในพื้นที่ใช้งานจะประกอบด้วยจำนวนเครื่องจักรทั้งหมด 8 เครื่องจักร โดยโครโมโซมนี้จะถูกเรียกว่าประชากร 1 ตัว คือ 1 คำตอบของปัญหา



A) Process layout



B) Chromosomes of process layout

รูปที่ 3.5 แสดงการเข้ารหัสโครโมโซม

จากนั้นจะเป็นกระบวนการสร้างโครโมโซม สำหรับงานวิจัยนี้จะเป็นการสุ่มเพื่อสร้างโครโมโซมเริ่มต้นเพื่อจะเป็นต้นแบบใช้ในการค้นหาคำตอบของปัญหา ในการสร้างจำนวนประชากรเริ่มต้นจะกำหนดพารามิเตอร์ของจำนวนประชากรเริ่มต้นทั้งหมดเท่ากับ

Population Size: n ตัวของการสุ่มสร้างประชากรเริ่มต้นขึ้นมา เพื่อให้เกิดความหลากหลายของคำตอบ ในการสร้างประชากรนี้จะช่วยให้สามารถมาค้นหาคำตอบของปัญหาที่หลากหลายมากขึ้น ตัวอย่างเช่นกำหนดประชากรเริ่มต้นเท่ากับ 10 (n_{10}) ตัว ต้องทำการสุ่มสร้างประชากรเริ่มต้นขึ้นมา 10 ตัว หรือที่ถูกรเรียกว่า 10 โครโมโซมดังในรูปที่ 3.6

Population	Chromosome							
v1	H	E	A	C	D	B	F	G
v2	D	F	A	H	G	E	C	B
v3	C	G	B	E	F	A	D	H
v4	H	B	G	E	A	F	D	C
v5	D	E	F	B	H	F	C	A
v6	E	B	D	G	A	C	F	H
v7	G	B	D	A	H	C	E	F
v8	D	E	H	B	C	A	G	F
v9	E	A	C	B	H	D	F	G
v10	F	D	G	A	E	H	B	C

รูปที่ 3.6 แสดงการสร้างประชากรเริ่มต้น

3.2.2.2 ขั้นตอนการประเมินค่าความเหมาะสม

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการระบุว่าโครโมโซมดีหรือไม่คืออย่างไรนั้นวัดได้จากค่าความเหมาะสมที่ได้มาจากสมการวัตถุประสงค์ที่ (3.1) โดยงานวิจัยนี้ใช้ค่าความเหมาะสมของโครโมโซมคือต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมการไหลวัสดุต่ำสุดเป็นสมการวัตถุประสงค์ที่จะเข้าสู่กระบวนการคัดเลือกของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมมีการประเมินค่าประชากรแต่ละตัวว่ามีค่าความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ค่าความเหมาะสมนี้จะถูกวัดจากค่าความเหมาะสมของโครโมโซมแต่ละตัว โดยค่าความเหมาะสมในที่นี้คือ ค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ต้องการคือค่าใช้จ่ายต้นทุนรวมการไหลวัสดุต่ำสุด ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.7

Population	Chromosome								Fitness value
v1	H	E	A	C	D	B	F	G	29,350
v2	D	F	A	H	G	E	C	B	33,580
v3	C	G	B	E	F	A	D	H	32,980
v4	H	B	G	E	A	F	D	C	29,330
v5	D	E	F	B	H	F	C	A	33,550
v6	E	B	D	G	A	C	F	H	33,600
v7	G	B	D	A	H	C	E	F	28,280
v8	D	E	H	B	C	A	G	F	31,000
v9	E	A	C	B	H	D	F	G	29,280
v10	F	D	G	A	E	H	B	C	32,030

รูปที่ 3.7 แสดงการประเมินค่าความเหมาะสม

3.3.2.3 ขั้นตอนการคัดเลือก

การคัดเลือกเป็นการคัดเลือกโครโมโซมพ่อแม่พันธุ์ที่ดี เพื่อคัดเลือกโครโมโซมที่จะถูกคัดเลือกเพื่อให้กำเนิดประชากรรุ่นใหม่ต่อไป เพื่อใช้เป็นโครโมโซมรุ่นต่อไป ซึ่งจากงานวิจัยของ Jinghui Zhong และคณะ (2005) ได้นำเสนองานวิจัยที่เปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการคัดเลือกโครโมโซมรุ่นพ่อแม่ พบว่าวิธีการ Tournament Selection มีประสิทธิภาพช่วยให้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมเข้าสู่พบคำตอบที่มีความเหมาะสมได้เร็วกว่าวิธี Roulette Wheel Selection จากผลงานวิจัยของ D. E. Goldberg และ K. Deb (2013) ดังนั้นในงานวิจัยนี้ใช้วิธี Tournament Selection ในการคัดเลือกโครโมโซมรุ่นต่อไป และอีกเหตุผลหนึ่งในการเลือกใช้ Tournament Selection นี้หากใช้วิธี Roulette Wheel Selection จะทำให้การคัดเลือกไม่มีความหลากหลายส่งผลให้โครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมที่ด้อยไม่มีโอกาสได้รับการคัดเลือกแต่วิธี Tournament Selection จะเข้ามาช่วยลดปัญหาความเหลื่อมล้ำ ลดความลำเอียงของค่าความเหมาะสมของโครโมโซมหมดไป

สำหรับคัดเลือกโครโมโซมวิธี Tournament Selection จะจัดการแข่งขันขนาด K เพื่อแข่งขันกันภายในกลุ่มโดยมีการสุ่มเลือกโครโมโซมจากประชากรทั้งหมดมาจำนวน K โครโมโซมจะใช้ในการคัดเลือกรุ่นต่อไป ตัวอย่างเช่น $K = 3$ รูปที่ 3.8 จะทำการสุ่มโครโมโซมจากประชากรมาจำนวน 3 โครโมโซมในกลุ่มของโครโมโซมพ่อแม่ ซึ่งโครโมโซมที่สุ่มได้คือ V_4, V_6 และ V_8 ในกลุ่มนี้ เพื่อแข่งกันว่าโครโมโซมใดมีค่าความเหมาะสมที่สุดจะเป็นโครโมโซมที่อยู่รอด

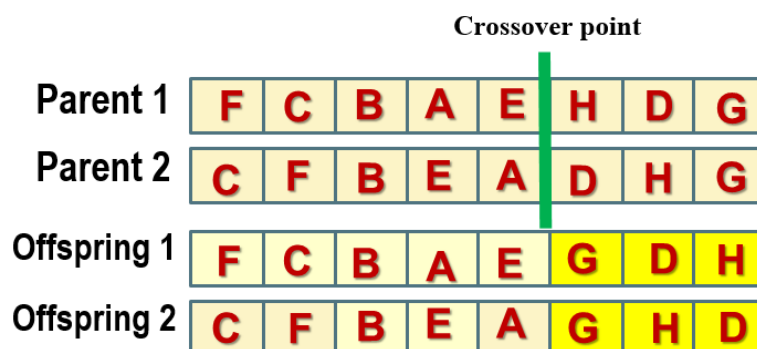
และจะได้รับคัดเลือกในการสร้างประชากรรุ่นต่อไป จะเห็นได้ว่าโครโมโซมกลุ่มพ่อที่ถูกเลือกคือ Chromosome V_4 ส่วนการแข่งขันของกลุ่มโครโมโซมแม่ก็เช่นเดียวกัน โครโมโซมที่สุ่มถูกเลือกคือ V_3, V_1 และ V_{10} จะเห็นว่าโครโมโซมกลุ่มแม่ที่ถูกเลือกคือ Chromosome V_1 ที่จะใช้ในการคัดเลือกรุ่นต่อไป เป็นต้น

Population	Chromosome								Fitness value	Randomly 3 Chromosome
v1	H	E	A	C	D	B	F	G	29,350	#v4 Fitness value = 29,330
v2	D	F	A	H	G	E	C	B	33,580	#v6 Fitness value = 33,600
v3	C	G	B	E	F	A	D	H	32,980	#v8 Fitness value = 31,000
v4	H	B	G	E	A	F	D	C	29,330	<u>Parent 1 is Chromosome v4</u>
v5	D	E	F	B	H	F	C	A	33,550	
v6	E	B	D	G	A	C	F	H	33,600	#v3 Fitness value = 32,980
v7	G	B	D	A	H	C	E	F	28,280	#v1 Fitness value = 29,350
v8	D	E	H	B	C	A	G	F	31,000	#v10 Fitness value = 32,030
v9	E	A	C	B	H	D	F	G	29,280	<u>Parent 2 is Chromosome v1</u>
v10	F	D	G	A	E	H	B	C	32,030	

รูปที่ 3.8 แสดงการคัดเลือกแบบการแข่งขัน

3.2.2.4 ขั้นตอนการสลับสายพันธุ

การสลับสายพันธุจะเป็นการสร้างโครโมโซมชุดใหม่ที่เรียกว่าโครโมโซมลูกของขั้นตอนเชิงพันธุกรรม โดยที่จะพยายามสร้างทางเลือกที่ดีขึ้น ด้วยกระบวนการที่สุ่มเลือกโครโมโซม 2 โครโมโซมเพื่อใช้เป็นพ่อแม่และสร้างโครโมโซมรุ่นลูกด้วยกระบวนการผสมพันธุ (Crossover Process) โดยทั่วไปวิธีการสลับสายพันธุส่วนใหญ่นิยมที่นิยมได้แก่ แบบ One Point และ Two Point เป็นต้น การสลับแบบ Two Point Crossover จะมีความหลากหลายกว่าการสลับสายพันธุแบบ One Point Crossover จะมีผลให้การเข้าสู่ค่าตอบครอบคลุมพื้นที่ของคำตอบได้มากยิ่งขึ้นแต่อย่างไรก็ตาม การสลับสายพันธุแบบหลายจุดทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมลูกหลานได้มากกว่าการสลับสายพันธุแบบจุดเดียวอาจจะทำให้มีโอกาสเบี่ยงเบนของคำตอบที่มีอยู่ในโครโมโซมลูกหลานในอัตราที่สูงกว่าเช่นกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้วิธีการสลับสายพันธุแบบตำแหน่งเดียว (Varun Kumar S G และ Dr. R. Panneerselvam., 2017)

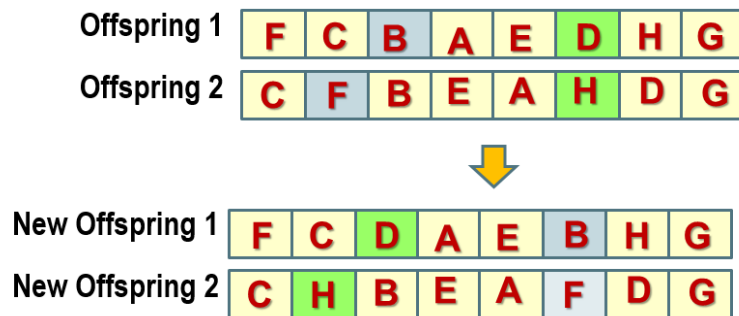


รูปที่ 3.9 แสดงการสลับสายพันธุ

โดยตำแหน่งที่จะถูกสลับมาจากการสุ่มเลือกตำแหน่ง ดังแสดงรูปที่ 3.9 ด้วยความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ โดยความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุจะมีค่าอยู่ในช่วง 0% - 100% จากการทดลองของนักวิทยาศาสตร์หลายท่านพบว่าความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุส่วนใหญ่อยู่ที่ 60% - 95% การกำหนดความน่าจะเป็นนี้จะขึ้นอยู่กับแต่ละลักษณะของปัญหาที่จะนำไปแก้ไข ถ้าหากไม่มีการสลับสายพันธุความน่าจะเป็นในที่นี้คือ 0% ผลที่ได้คือ โครโมโซมพ่อแม่ซึ่งไม่ดีมากนัก แต่ถ้ามีการสลับสายพันธุเกิดขึ้นบ่อยจะทำให้เกิดผลลัพธ์ที่หลากหลายดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงกำหนดความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุที่ 80% ($P_c = 0.8$) (Srinivas, Rceddy et al., 2014) หลังจากการสลับสายพันธุจะมีการตรวจสอบเงื่อนไขซึ่งพิจารณาเงื่อนไขที่ 1 ระยะเวลาใหม่ต้องน้อยกว่าระยะเวลาเดิม และเงื่อนไขที่ 2 พิจารณาลำดับการทำงานของเครื่อง เครื่องที่ทำงานต่อกันให้เครื่องจักรนั้นอยู่ติดกันอย่างน้อย 2 เครื่องจักรที่ทำงานต่อกันขณะที่อยู่ในโครโมโซม

3.2.2.5 ขั้นตอนการกลายพันธุ

เป็นกระบวนการสุ่มเลือกยีน (Gene) ของโครโมโซมและทำกระบวนการกลายพันธุ (Mutation Process) โดยการสุ่มสลับตำแหน่งยีนภายในโครโมโซม เพื่อให้เกิดความหลากหลายของคำตอบ ดังรูปที่ 3.10 แต่ในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้วิธีของ Kritwattanakorn และคณะ ที่เสนอให้ไม่พิจารณาขั้นตอนการกลายพันธุนี้เพราะทำให้เครื่องจักรที่ทำงานต่อเนื่องกันที่อยู่ใกล้กันอยู่แล้วห่างออกไปมากยิ่งขึ้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงไม่นำส่วนของขั้นตอนการกลายพันธุมาใช้ในการแก้ปัญหาของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมนี้



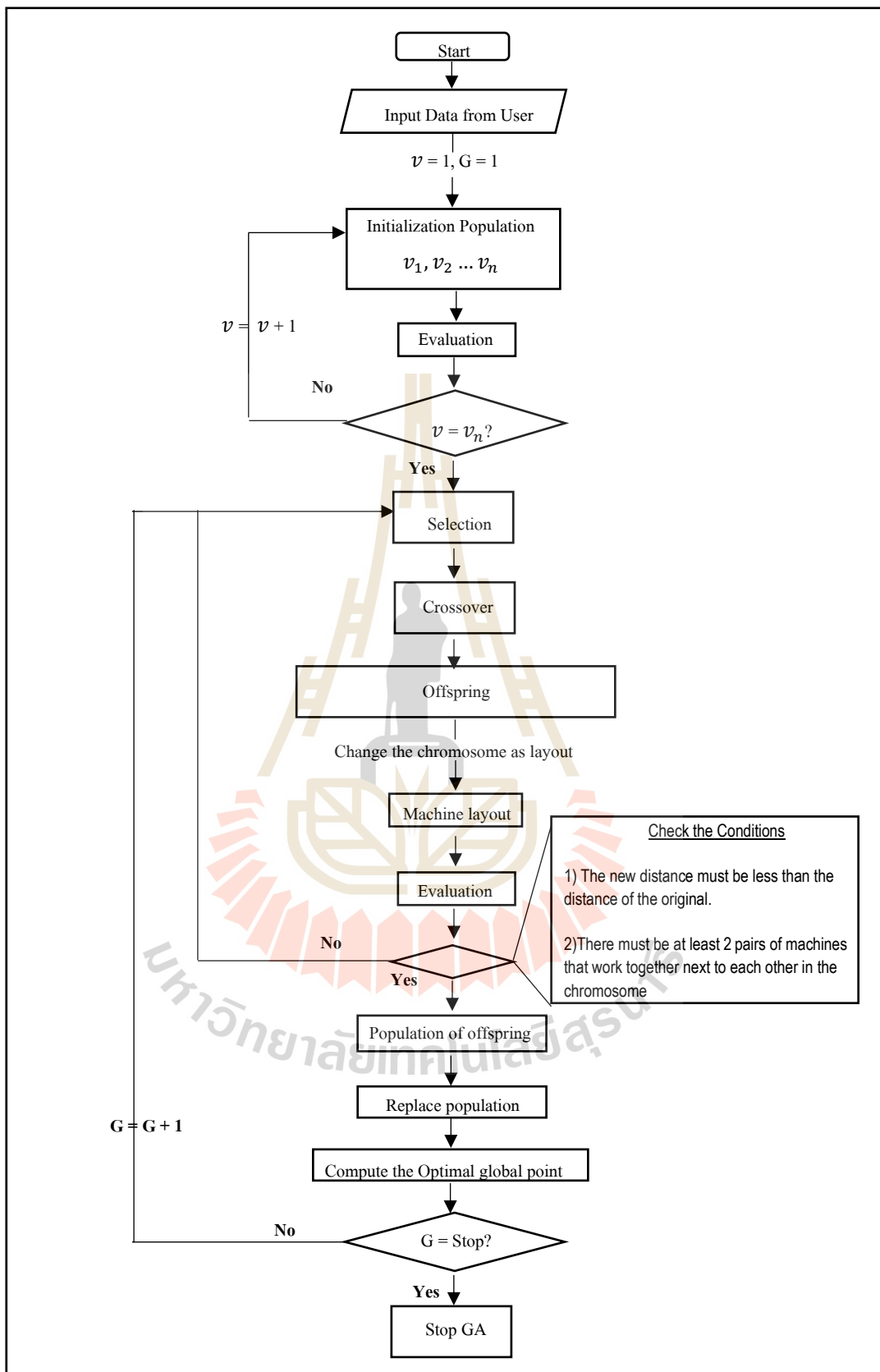
รูปที่ 3.10 แสดงการกลายพันธุ์

3.2.2.6 การตรวจสอบเงื่อนไขการหยุด

กระบวนการทำงานของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมนี้มีลักษณะเป็น วัฏจักร หมุนเวียนจนกระทั่งถึงเงื่อนไขการหยุดทำงานเป็นจริง โดยในงานวิจัยนี้จะใช้เงื่อนไข คือจำนวนรุ่น (Number of Generations: G)ในการทำงานของขั้นตอนเชิงพันธุกรรม โดยจะทำงานจนเท่ากับจำนวนรุ่น (G) ที่สามารถกำหนดจากผู้ใช้งานได้ สำหรับการรันทั้งหมดจะถูกทดลองการทำงานเป็นจำนวนทั้งหมด 15 ครั้งของการทำงาน จะได้ผลของคำตอบที่ดีที่สุด 15 คำตอบ

โครงสร้างและวิธีการของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแสดงได้ดังรูปที่ 3.11





รูปที่ 3.11 โครงสร้างของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมาใช้ในการแก้ปัญหาจัดผังเครื่องจักร

จากรูปที่ 3.11 เป็นขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมาใช้แก้ปัญหาโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. Start : กำหนดประชากรเริ่มต้นของโครโมโซม (n_n) และจำนวนรุ่น G จากผู้ใช้งาน ตัวอย่างเช่น กำหนดประชากรเริ่มต้น ($n_n = 10$) โครโมโซม, จำนวนรุ่น ($G = 10$) โครโมโซม
2. Initialization Population: สร้างประชากรและหาค่าความเหมาะสมแต่ละตัว ให้ครบตามจำนวนประชากรที่กำหนด
3. Selection: เข้าสู่กระบวนการคัดเลือกโครโมโซมเพื่อเป็นโครโมโซมรุ่นพ่อแม่ โดยใช้วิธีคัดเลือก Tournament Selection จากจำนวนโครโมโซมทั้งหมด n_n เพื่อจะได้โครโมโซมพ่อแม่มาจำนวน 2 โครโมโซม
4. Crossover: นำมาทำการสลับสายพันธุะนั้นจะได้โครโมโซมรุ่นใหม่ ด้วยความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ 80% ($P_c = 0.8$) หากสุ่มตัวเลขได้ค่าที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 80% จะเกิดการสลับสายพันธุ
5. Offspring: คือโครโมโซมรุ่นใหม่ที่ได้จากการสลับสายพันธุ
6. Machine Layout: นำ Offspring มาทำการแปลงเป็นตำแหน่งผังเครื่องจักรจะได้ระยะทางใหม่ขึ้นมา เพื่อนำไปคำนวณหาค่าวัตถุประสงค์
7. Evaluation: คำนวณหาค่าวัตถุประสงค์
8. Check the Conditions: โครโมโซมใหม่แต่ละตัวต้องตรวจสอบเงื่อนไขดังนี้
 - ระยะทางใหม่ต้องน้อยกว่าระยะทางเดิม เมื่อเทียบกับโครโมโซมพ่อแม่
 - พิจารณาลำดับการทำงานของเครื่อง เครื่องที่ทำงานต่อกันให้เครื่องจักรนั้นอยู่ติดกันอย่างน้อย 2 เครื่องจักร
 ถ้าไม่ผ่านเงื่อนไขจะวนกลับไปขั้นตอนที่ 3 (Selection) และทำตามขั้นตอนที่ 3 ถึง 7 ใหม่จนกว่าจะผ่านเงื่อนไข
9. Population of offspring: นับ offspring ที่ผ่านเงื่อนไขมาแล้วให้ครบ 2 โครโมโซม
10. Replace population: ทำการแทนประชากรรุ่นลูกที่ดีกว่าประชากรรุ่นพ่อแม่
11. Compute the Optimal global point: เก็บค่าวัตถุประสงค์ที่ต่ำที่สุดไว้เป็นคำตอบของปัญหา
12. Check the Conditions of Generation: ตรวจสอบจำนวนรุ่นโครโมโซมถ้าครบตามจำนวน G ที่กำหนดให้จบการทำงาน แต่ถ้าไม่ผ่านเงื่อนไขให้วนตามขั้นตอนที่ 3 ถึง 11 ใหม่จนกว่าจะผ่านเงื่อนไข

3.3 โปรแกรมการประยุกต์ใช้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีพีชชีในการจัดผังเครื่องจักร

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้นในการวิเคราะห์การจัดผังเครื่องจักรโดยประยุกต์ใช้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับตัวเลขพีชชีในงานวิจัยนี้เขียนด้วย Visual Basic of Applications ใน Microsoft Excel โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

1. Interface Page เป็นส่วนที่ใช้สำหรับป้อนข้อมูลที่จะใช้ในการวิเคราะห์
2. Output Page เป็นส่วนที่ใช้แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์

ลักษณะการใช้งานสามารถสรุปได้ตามตารางที่ 3.1 ในการใช้งานของโปรแกรมประยุกต์ที่ได้พัฒนาขึ้นจากการเขียนด้วย Visual Basic ใน Microsoft Excel เพื่อทดลองและนำไปใช้ในการแก้ปัญหา มีรายละเอียดของโปรแกรมต่างๆ ที่จะใช้ส่วนของที่ผู้ใช้งานจะต้องป้อนข้อมูลให้กับโปรแกรมและหน้าจอแสดงผลของโปรแกรม

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลของผังเครื่องจักร

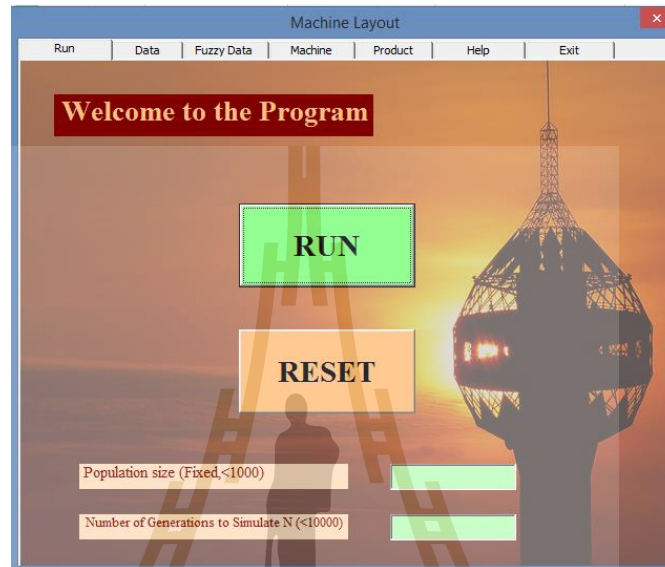
ข้อมูลป้อนเข้า (Input)	ผลลัพธ์ที่ได้ (Output)
1. พื้นที่วางเครื่องจักร (W, L)	1. ต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมของการไหลวัสดุ
2. ขนาดเครื่องจักรแต่ละเครื่อง (w_m, l_m)	2. ระยะทางรวมของผลิตภัณฑ์
3. ผลิตภัณฑ์และลำดับการทำงานแต่ละเครื่องจักร (P_n)	3. ตำแหน่งวางเครื่องจักร
4. ต้นทุนค่าขนส่งต่อหน่วย (c_{ij})	
5. ปริมาณของการไหลวัสดุ (V_{ij})	
6. ความถี่ของการไหลวัสดุ (F_{ij})	

ตารางที่ 3.2 แสดงข้อมูลของพารามิเตอร์ของขั้นตอนเชิงพันธุกรรม

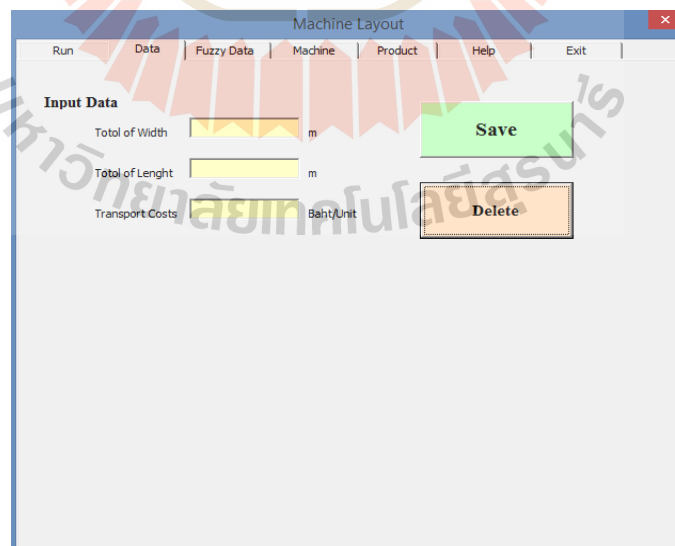
ข้อมูลป้อนเข้า (Input)	ผลลัพธ์ที่ได้ (Output)
1. จำนวนประชากรเริ่มต้น (n)	1. กราฟแสดงการลู่เข้าหาคำตอบ
2. จำนวนรุ่นของประชากร (G)	

3.3.1 Interface Page ส่วนที่ใช้สำหรับป้อนข้อมูลที่จะใช้ในการวิเคราะห์

ในส่วนของผู้ใช้งานสำหรับป้อนข้อมูล ผู้ใช้งานต้องทำการกรอกข้อมูลที่จะใช้ในการวิเคราะห์ให้ครบถ้วน โดยโปรแกรมจะเริ่มทำการคำนวณหาต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด โดยโปรแกรมจะขึ้น Instruction Page หน้าจอหลักในการใช้งาน



รูปที่ 3.12 แสดงหน้าจอหลักของโปรแกรมประยุกต์



รูปที่ 3.13 แสดงหน้าจอส่วนป้อนข้อมูล Data

รูปที่ 3.12 เป็นส่วนที่ให้ผู้ใช้งานกรอกข้อมูลจำนวนประชากรเริ่มต้น (n_0) จำนวนรุ่นของประชากร (G) ในช่องว่างที่ให้ทำการกรอกข้อมูลใน Module ใช้งานชื่อ Run

รูปที่ 3.13 เป็นส่วนที่ให้ผู้ใช้งานกรอกข้อมูลของพื้นที่วางเครื่องจักรความกว้างและความยาว (W, L) มี Module ใช้งานชื่อ Data เมื่อทำการบันทึกข้อมูลจะถูกบันทึกไปที่ Excel Spreadsheet ดังรูปที่ 3.14

Data	
Number of Machine	
Number of Product	
Number of Rows	
Number of Columns	
Total of Width(m)	
Total of Length (m)	
The frequency of trips	
The transport cost	

รูปที่ 3.14 Excel Spreadsheet เก็บข้อมูลเงื่อนไข

The screenshot shows a software window titled "Machine Layout" with a menu bar containing "Run", "Data", "Fuzzy Data", "Machine", "Product", "Help", and "Exit". The main content area is titled "Required Fuzzy Data" and includes the following elements:

- A "Machines" field with a range selector (two yellow boxes connected by "to").
- Two columns of input fields: "Material Flow Frequency" and "Material Flow Volume". Each column has three sub-fields: "Average Value", "Plus Value", and "Minus Value".
- Two buttons at the bottom: a green "Save" button and an orange "Delete" button.

รูปที่ 3.15 แสดงส่วนป้อนข้อมูล Required Fuzzy Data

รูปที่ 3.15 เป็นส่วนที่จะให้กรอกข้อมูลของปริมาณของการไหลวัสดุ (V_{ij}) และความถี่ของการไหลวัสดุ (F_{ij}) ของแต่ละเครื่องจักร i ไป j ซึ่ง Module การใช้งานชื่อ Fuzzy Data โดยวิธีการกรอกข้อมูล ถ้าเป็นตัวเลขปกติจะกรอกเป็นตัวเลขเดียวกันหมดของข้อมูลความถี่หรือปริมาณการไหลนั้น เช่น (4, 4, 4) จะกรอกในช่อง Average Value = 4, Plus Value = 4 และ Minus Value = 4 ของตัวเลขปกติ เป็นต้น ส่วนถ้าเป็นข้อมูลฟัซซี่ (4, 5, 6) จะกรอก Average Value = 5, Plus Value = 6 และ Minus Value = 4 เป็นต้น เมื่อทำการบันทึกข้อมูลเรียบร้อยแล้วจะถูกบันทึกไปที่ Excel Spreadsheet ดังรูปที่ 3.16

รูปที่ 3.17 เป็นส่วนที่แสดงแสดงส่วนป้อนข้อมูลของขนาดเครื่องจักรแต่ละเครื่องจักร มี Module การใช้งานชื่อ Machine เมื่อทำการบันทึกข้อมูลเรียบร้อยแล้วจะถูกบันทึกไปที่ Excel Spreadsheet ดังรูปที่ 3.18

Required Fuzzy Data

	Material Flow Frequency			Material Flow Volume		
I-G	8	10	12	22	24	28
I-E	6	8	12	32	34	36
J-G	9	10	14	18	22	24
J-E	3	6	8	8	10	11
L-G	4	6	8	6	9	11
L-E	4	5	6	5	7	9
I-L	2	4	5	8	10	12
J-L	5	7	8	6	8	10

รูปที่ 3.16 แสดงส่วนของข้อมูลที่ถูกบันทึกของความถี่และปริมาณการไหลระหว่างเครื่องจักร

รูปที่ 3.17 แสดงส่วนป้อนข้อมูล Number of Machine

Number of Machine	Name	Width (m)	Lenght (m)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

รูปที่ 3.18 หน้าจอแสดงของจำนวนเครื่องจักรที่ถูกบันทึก

รูปที่ 3.19 แสดงส่วนป้อนข้อมูลของลำดับผลิตภัณฑ์ในการผลิตของแต่ละเครื่องจักร

และรูปที่ 3.19 เป็นส่วนที่แสดงแสดงส่วนป้อนข้อมูลของขนาดเครื่องจักรแต่ละเครื่องจักร มี Module การใช้งานชื่อ Production Routing เมื่อทำการบันทึกข้อมูลเรียบร้อยแล้วจะถูกบันทึกไปที่ Excel Spreadsheet ดังรูปที่ 3.20

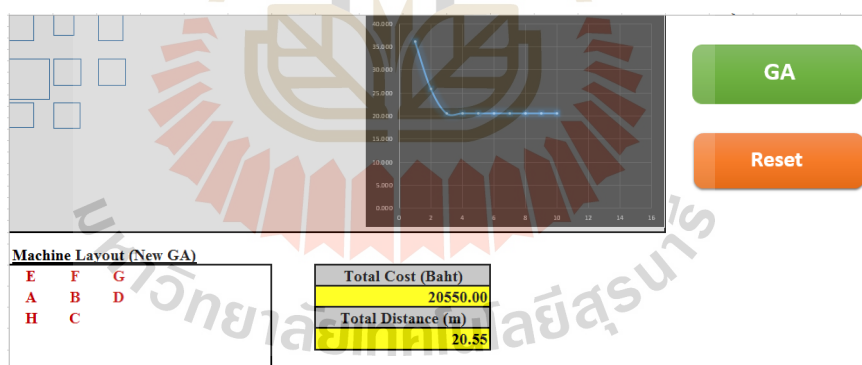
Number of Product	1st	2sd	3th	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

รูปที่ 3.20 หน้าจอแสดงลำดับการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่ถูกบันทึก

3.3.2 Output Page เป็นส่วนที่ใช้แสดงผลที่ได้จากการประมวลผล

เมื่อทำการกรอกข้อมูลที่โปรแกรมประยุกต์ครบถ้วนแล้ว เมื่อผู้ใช้งานทำการกดปุ่มทำงาน ของโปรแกรม จะเริ่มประมวลคำตอบบนหน้า Excel Spreadsheet ออกมาโดยผ่านกระบวนการดังรูปที่ 3.4 ข้างต้นที่มีการประยุกต์ใช้ตัวเลขพีชชีว์ร่วมกับขั้นตอนเชิงพันธุกรรม โดยการประมวลผลจะทำการจัดวางผังเครื่องจักรใหม่บนพื้นที่วางเครื่องจักรจนกว่าจะได้ตำแหน่งของเครื่องจักรแต่ละเครื่องใหม่และได้คำตอบที่ต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมของการไหลวัสดุต่ำกว่าเดิมและครบตามจำนวนรุ่นของ Generation ที่กำหนด โดยจะผ่านกระบวนการสำคัญคือการพิจารณาแบบตัวเลขพีชชีว์แล้วนำไปสู่กระบวนการทางขั้นตอนเชิงพันธุกรรม การสลับสายพันธุ์ โดยทำการเปลี่ยนตำแหน่งของแต่ละเครื่องจักร และมีเงื่อนไขในการตรวจสอบคือลำดับการทำงานของแต่ละผลิตภัณฑ์ให้มีความต่อเนื่องและอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกันที่สุด และระยะทางใหม่ต้องน้อยกว่าระยะทางเดิม

เมื่อได้คำตอบที่ดีที่สุดแล้วจะถูกเก็บไว้ และนำเข้าสู่กระบวนการค้นหาคำตอบแบบเดิมจนครบตาม Generation ที่กำหนด แล้วจะแสดงผลที่บนหน้า Excel Spreadsheet ดังรูปที่ 3.21 โดยจะให้ผลลัพธ์เป็นต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมของการไหลวัสดุต่ำสุด ระยะทางรวมของผลิตภัณฑ์ และตำแหน่งวางเครื่องจักรของแต่ละเครื่องจักร



รูปที่ 3.21 แสดงส่วนที่เป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล

3.4 วิธีการที่ใช้ในการศึกษา

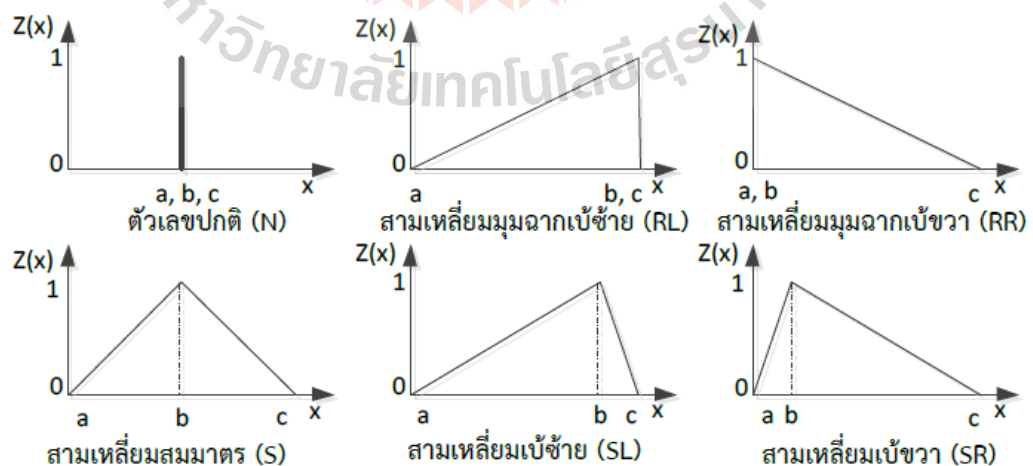
การศึกษาของงานวิจัยนี้แบ่งศึกษาเป็น 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่ศึกษาข้อมูลอินพุตแบบพีชชีว์ และศึกษาเปรียบเทียบวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมที่แตกต่างๆกัน โดยมีการเปรียบเทียบระหว่างวิธี SGA, วิธี Kritwattanakorn และคณะ และวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ โดยมีรายละเอียดในการศึกษาเปรียบเทียบดังต่อไปนี้

ตัวแปรที่ต้องใช้ในการเปรียบเทียบศึกษาของข้อมูลอินพุตแบบฟัซซี่ที่ใช้ในการพิจารณาแบบฟัซซี่มีรายละเอียดดังนี้

1. ข้อมูลอินพุตของการไหล แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลอินพุตแบบตัวเลขปกติและแบบตัวเลขฟัซซี่
2. ข้อมูลอินพุตแบบตัวเลขฟัซซี่ได้มาจากสถานการณ์จริงและจากสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตจากผู้เชี่ยวชาญระบบนั้น
3. ข้อมูลอินพุตแบบตัวเลขฟัซซี่ที่ถูกจำลองสถานการณ์ขึ้นในสร้างขึ้นเป็นฟัซซี่สามเหลี่ยมที่ไม่ได้มาจากสถานการณ์จริงหรือข้อมูลที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญในระบบนั้น จะแบ่งเป็นกรณีศึกษา 6 กรณีศึกษา ดังรูปที่ 3.22 โดยศึกษาค่าความแตกต่างระหว่างชุดข้อมูลฟัซซี่แต่ละกรณีที 15%, 30% และ 50% ของข้อมูลฟัซซี่ สามารถสร้างตัวเลขของฟัซซี่แบบสามเหลี่ยมดังแสดงในตัวอย่างที่ 3.1

ตัวอย่างที่ 3.1 การสร้างตัวเลขฟัซซี่เช่น การไหลวัสดุ 20 หน่วย (ตัวเลขปกติ) สร้างเป็นสามเหลี่ยมสมมาตร (S) ที่มีความแตกต่างระหว่างค่าต่ำสุดและมากที่สุด 15% ดังนี้

ตัวเลขปกติที่ 15% ของ 20 หน่วยคือ 3 หน่วยดังนั้นในการสร้างสามเหลี่ยมแบบสมมาตรจะได้ค่ากลางคือ 20 ส่วนค่าต่ำสุดและมากที่สุดต้องห่างกัน 3 หน่วย จะได้ [18.5, 20, 21.5] แต่ในทางปฏิบัติแล้วจำนวนของการไหลนั้นเป็นจำนวนเต็ม จึงมีการปัดทศนิยมลงและขึ้นเพื่อให้สามารถสร้างเป็นสามเหลี่ยมสมมาตรได้ ดังนั้นจะได้ การไหลที่ 20 หน่วยมีชุดรูปแบบของตัวเลขฟัซซี่แบบสามเหลี่ยมที่ระดับความแตกต่าง 15% คือ [18, 20, 22] เป็นต้น



รูปที่ 3.22 กรณีศึกษาของชุดข้อมูลฟัซซี่แบบต่าง ๆ

โดยมีการกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ ของข้อมูลอินพุตแบบตัวเลขปกติและตัวเลขฟัซซี่ที่ใช้ในการพิจารณามีรายละเอียดในการทดลองดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.3 การกำหนดข้อมูลอินพุตความถี่และปริมาณการไหลของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

ค่าพารามิเตอร์	SGA	Kritwattanakorn et al.	Proposed Fuzzy
ความถี่ของการไหลวัสดุ (F)	ตัวเลขปกติ	ตัวเลขปกติ	ตัวเลขฟัซซี่
ปริมาณการไหลวัสดุ (V)	ตัวเลขปกติ	ตัวเลขปกติ	ตัวเลขฟัซซี่

ส่วนตัวแปรในการเปรียบเทียบศึกษาของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมประกอบด้วยดังต่อไปนี้

1. การเปรียบเทียบวิธีระหว่างวิธี SGA วิธีของ Kritwattanakorn และคณะ และวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยนี้
2. จำนวนโครโมโซมที่ใช้ (Number of Chromosome) ที่ค่าอยู่ที่ 10, 30 และ 50 ตามลำดับ
3. จำนวนรุ่นประชากรที่ใช้ (Number of Generation) ที่ค่าอยู่ที่ 10, 30, 50 และ 100 ตามลำดับ

ค่าพารามิเตอร์อื่นๆ สำหรับขั้นตอนเชิงพันธุกรรมนั้นในงานวิจัยนี้จะกำหนดเป็นค่าคงที่ได้แก่ ความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ ($P_c = 0.8$) และความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ ($P_m = 0.4$) ได้มาจากผลงานวิจัยของ Srinivas. Rceddy และคณะ (2014) ศึกษาค่าพารามิเตอร์ของการสลับสายพันธุและการกลายพันธุสำหรับการจัดรูปแบบเครื่องจักรแบบหลายแถวพบว่าเป็นค่าที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานในกระบวนการของขั้นตอนเชิงพันธุกรรม

โดยในการเปรียบเทียบของประสิทธิภาพของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในวิธีการที่แตกต่างกันสามารถสรุปวิธีการที่ใช้ในการทดลองของวิธี SGA วิธีของ Kritwattanakorn และคณะ และวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.4 การกำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองของขั้นตอนเชิงพันธุกรรม

ค่าพารามิเตอร์	SGA	Kritwattanakorn et al.	Proposed Fuzzy
ประชากรเริ่มต้น	10, 30 และ 50	10, 30 และ 50	10, 30 และ 50
จำนวนรุ่น	10, 30, 50 และ 100	10, 30, 50 และ 100	10, 30, 50 และ 100
วิธีการคัดเลือก	Roulette Wheel Selection	Roulette Wheel Selection	Tournament Selection
วิธีการสลับสายพันธุ์	One Point Crossover	One Point Crossover	One Point Crossover
ความน่าจะเป็นในการสลับสายพันธุ์	$P_c = 0.8$	$P_c = 0.8$	$P_c = 0.8$
วิธีการกลายพันธุ์	สุ่มสลับตำแหน่งยีน	-	-
ความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์	$P_m = 0.1$	-	-

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผล

งานวิจัยนี้ได้นำโปรแกรม Visual Basic of Applications ใน Microsoft Excel ประมวลผลในระบบปฏิบัติการ Windows 8 OS on an Intel(R) core(TM) i7-4500U 1.8GHz Ram 4 GB device. มาใช้พัฒนาประยุกต์ใช้ข้อมูลที่มีอินพุตพีชซึ่งร่วมกับขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการจัดผังเครื่องจักร โดยได้พัฒนาทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากวิธี Simple Genetic Algorithm (SGA) วิธีผลงานวิจัยของ Kritwattanakorn และคณะ (2013) และวิธีที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้ เพื่อหาความแตกต่างของผลลัพธ์และลักษณะการหาคำตอบของแต่ละวิธี รายละเอียดต่างๆ จะกล่าวในบทนี้เป็นลำดับต่อไป

ในเบื้องต้นนี้ จะกล่าวถึงปัญหาตัวอย่างกรณีศึกษาในการทดสอบและประมวลผลเพื่อแก้ปัญหาทั้งหมด 4 ปัญหา ตัวอย่างจากระบบกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมและจากงานวิจัย ได้แก่

- (1) ปัญหาที่ 1. ข้อมูลจากการประกอบหน้าบานประตูโรงงานเฟอร์นิเจอร์แห่งหนึ่ง
- (2) ปัญหาที่ 2. Genetic Algorithms Optimization for the Machine Layout Problem. (Norhashimah Morad, 2009)
- (3) ปัญหาที่ 3. Sensitivity Analysis to Determine the Parameters of Genetic Algorithm for Machine Layout. (C. Srinivas et al, 2011)
- (4) ปัญหาที่ 4. ข้อมูลจากบริษัทผลิตรถบัสแห่งหนึ่งในกระบวนการผลิตส่วนของ Chassis ใน Line การผลิต

4.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

4.1.1 ปัญหาที่ 1. ข้อมูลจากกระบวนการประกอบหน้าบานประตู จากโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์แห่งหนึ่ง ข้อมูลของปัญหา แสดงดังตารางที่ 4.1 และ 4.2

ตารางที่ 4.1 เส้นทางการผลิตของปัญหาที่ 1 ประกอบด้วยเครื่องจักร

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

ตารางที่ 4.2 แสดงขนาดของเครื่องจักรของปัญหาที่ 1

เครื่องจักร	ขนาด (เมตร)		ระยะระหว่างเครื่องจักร (เมตร)
	กว้าง (w_i)	ยาว (l_i)	
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

จากกรณีศึกษาปัญหาที่ 1 เป็นการแก้ไขปัญหาของการจัดผังเครื่องจักรแบบหลายแถวประกอบด้วย 8 เครื่องจักร ของ 3 ผลิตภัณฑ์ จากกระบวนการประกอบหน้าบานประตูของโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์แห่งหนึ่ง กิจกรรมที่ดำเนินการในกระบวนการนี้ประกอบด้วย

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

4.1.2 ปัญหาที่ 2. Genetic Algorithms Optimization for the Machine Layout Problem.

(Norhashimah Morad, 2009) ข้อมูลของกรณีศึกษาปัญหา แสดงดังตารางที่ 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.3 เส้นทางการผลิตของปัญหาที่ 2 ประกอบด้วยเครื่องจักร

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

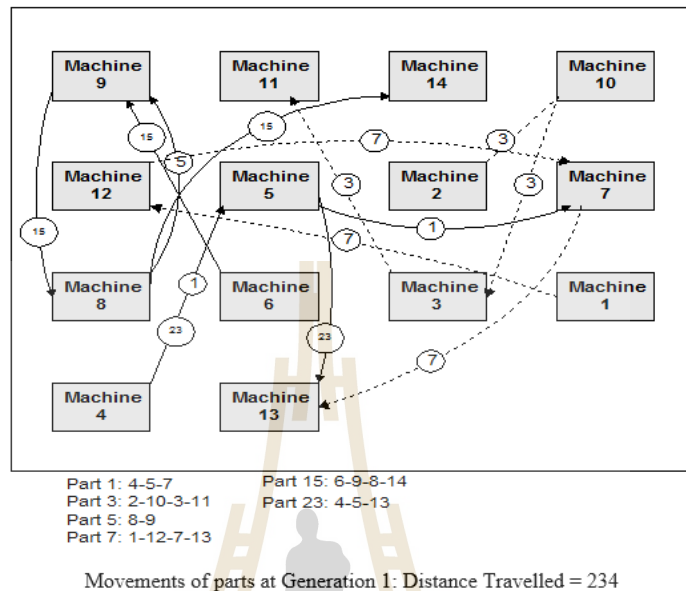
ตารางที่ 4.4 แสดงขนาดของเครื่องจักรของปัญหาที่ 2

เครื่องจักร	ขนาด (เมตร)		เครื่องจักร	ขนาด (เมตร)	
	กว้าง (w_i)	ยาว (l_i)		กว้าง (w_i)	ยาว (l_i)
A	1.00	1.00	H	1.00	1.00
B	1.00	1.00	I	1.00	1.00
C	1.00	1.00	J	1.00	1.00
D	1.00	1.00	K	1.00	1.00
E	1.00	1.00	L	1.00	1.00
F	1.00	1.00	M	1.00	1.00
G	1.00	1.00	N		

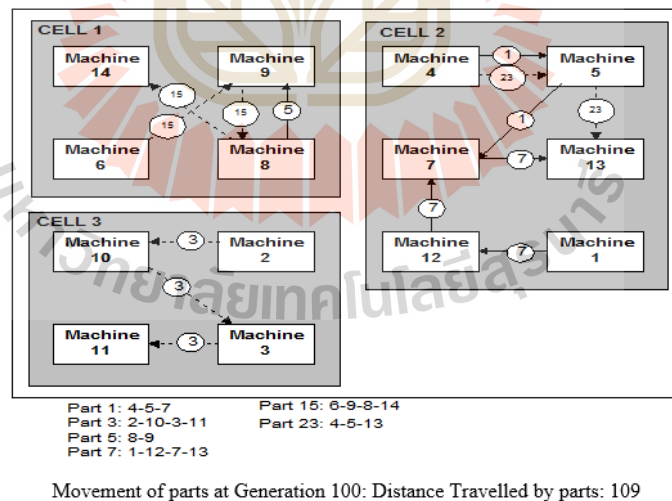
จากปัญหาที่ 2 ข้อมูลผลงานวิจัยของ (Norhashimah Morad, 2009) เป็นการแก้ไข ปัญหาของการจัดผังเครื่องจักรแบบหลายแถว ในการหาเส้นทางการเคลื่อนย้ายของวัสดุจาก เครื่องจักรหนึ่งไปยังเครื่องจักรหนึ่งซึ่งประกอบด้วย 14 เครื่องจักร ของ 6 เส้นทาง ในการขนย้าย ระหว่างเครื่องจักร

เส้นทางการเคลื่อนย้ายของวัสดุและมีการจัดวางผังด้วยรูปแบบเซลล์การผลิตเป็นการ จัดวางลงในกลุ่มพื้นที่การทำงานเดียวกัน โดยจัดวางเครื่องจักรตามลำดับการผลิต ซึ่งสามารถ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ทำการสุ่มตำแหน่งของเครื่องจักรแล้วทำการจัดเรียงผังเครื่องจักรใหม่ โดยผล

การรันของนักวิจัยท่านดังกล่าวพบว่าที่จำนวนรุ่น $G = 1$ และ จำนวนรุ่น $G = 100$ ได้ตำแหน่งผังดัง แสดงในรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 ตามลำดับ



รูปที่ 4.1 ผังของผลงานวิจัยของ (Norhashimah Morad, 2009) ที่จำนวนรุ่น $G = 1$



รูปที่ 4.2 ผังของผลงานวิจัยของ (Norhashimah Morad, 2009) ที่จำนวนรุ่น $G = 100$

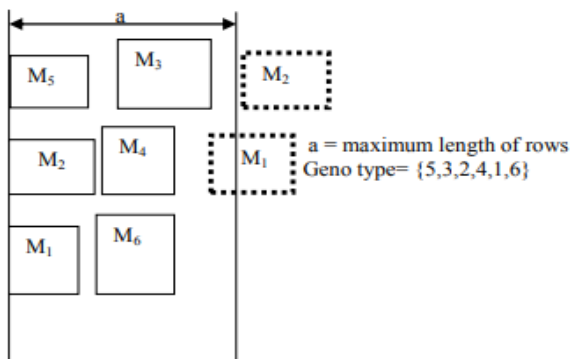
4.1.3 ปัญหาที่ 3. Sensitivity Analysis to Determine the Parameters of Genetic Algorithm for Machine Layout. (C. Srinivas et al, 2011) ข้อมูลของกรณีศึกษาปัญหา แสดงดังตารางที่ 4.5

จากปัญหาที่ 3 เป็นการแก้ไขปัญหาของการจัดผังเครื่องจักรแบบหลายแถว ปัญหา งานวิจัยของ C.Srinivas et al. (2014) เป็นปัญหาแบบ 15 เครื่องจักร, 1 ผลิตภัณฑ์ ที่มีเส้นทางการผลิตของผลิตภัณฑ์ชนิดเดียว โดยเริ่มจากเครื่องจักร A ไปจนถึง O ตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 แสดงขนาดของเครื่องจักรของปัญหาที่ 3

เครื่องจักร	ขนาด (เมตร)		เครื่องจักร	ขนาด (เมตร)	
	กว้าง (w_i)	ยาว (l_i)		กว้าง (w_i)	ยาว (l_i)
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			

จากข้อมูลผลงานวิจัยของ (C. Srinivas et al, 2011) ซึ่งเป็นการจัดผังโดยการสุ่ม ตำแหน่งเครื่องจักรแล้วจัดวางลงในพื้นที่การทำงาน โดยเริ่มจากแถวด้านบนสุด จากฝั่งซ้ายไป ขวามือขนาดของเครื่องจักรเกินพื้นที่ทำงานที่กำหนดให้ เริ่มมีการจัดเรียงในแถวถัดลงจะเห็นได้ว่า a คือระยะของพื้นที่การทำงานทั้งหมด โดยที่ M_1, M_2, M_3, M_4, M_5 และ M_6 เป็นเครื่องจักร ดังใน รูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 วิธีการจัดวางผังของ C. Srinivas และคณะ (2011)

4.1.4 ปัญหาที่ 4. ข้อมูลจากบริษัทผลิตรถบัสแห่งหนึ่ง ในกระบวนการผลิตส่วนของ Chassis ใน Line การผลิตของปัญหาแสดงดังตารางที่ 4.6 และ 4.7

จากข้อมูลปัญหาที่ 4 เป็นการแก้ไขปัญหาของการจัดผังเครื่องจักรแบบหลายแถว ประกอบด้วย 8 เครื่องจักร ของ 12 ผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิตส่วนของ Chassis ใน Line การผลิตที่ Line 1 และ Line 2 กิจกรรมที่ดำเนินการในกระบวนการนี้เป็นส่วนของ Body Model ของ Chassis ในการผลิตรถบัสแห่งหนึ่ง โดยมีแผนขยายกำลังในการผลิตที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ดังนั้นในส่วนรับผิดชอบของ Line การผลิตที่ Line 1 และ Line 2 จึงต้องมีการวางผังเครื่องจักรที่ดีเพื่อให้ตรงตามเป้าหมายการผลิตที่ได้ตั้งไว้

ตารางที่ 4.6 เส้นทางการผลิตของปัญหาที่ 4 ประกอบด้วยเครื่องจักร

ผลิตภัณฑ์	ลำดับเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต
ผลิตภัณฑ์ 1	Sawing Machine1 (A) Pipe Bender (F)
ผลิตภัณฑ์ 2	Sawing Machine2 (B) เครื่องพับ1 (C)
ผลิตภัณฑ์ 3	Sawing Machine1 (A) Pipe Bender (F)
ผลิตภัณฑ์ 4	Sawing Machine2 (B) เครื่องพับ2 (D)
ผลิตภัณฑ์ 5	Sawing Machine1 (A) Bending Machine1 (G)
ผลิตภัณฑ์ 6	Sawing Machine2 (B) Bending Machine1 (H)
ผลิตภัณฑ์ 7	Sawing Machine1 (A) Bending Machine1 (G) Bending Machine1 (H)
ผลิตภัณฑ์ 8	Sawing Machine2 (B) Bending Machine1 (G) Bending Machine1 (H)
ผลิตภัณฑ์ 9	Sawing Machine1 (A) Cellular Saw (E) Pipe Bender (F)
ผลิตภัณฑ์ 10	Sawing Machine2 (B) Cellular Saw (E) เครื่องพับ1 (C)
ผลิตภัณฑ์ 11	Sawing Machine1 (A) Cellular Saw (E) Pipe Bender (F)
ผลิตภัณฑ์ 12	Sawing Machine2 (B) Cellular Saw (E) เครื่องพับ2 (D)

ตารางที่ 4.7 แสดงขนาดของเครื่องจักรของปัญหาที่ 4

เครื่องจักร	ขนาด (เมตร)		ระยะระหว่างเครื่องจักร (เมตร)
	กว้าง (w_i)	ยาว (l_i)	
A	1.20	1.50	1.00
B	1.20	1.50	1.00
C	1.70	1.50	1.00
D	1.20	1.40	1.00
E	1.50	1.20	1.00
F	1.30	6.00	1.00
G	1.20	1.00	1.00
H	3.50	2.00	1.00

4.2 การเปรียบเทียบกรณีศึกษาของปัญหาที่เป็นตัวเลขพีชคณิต

จากการนำเสนอวิธีการนำข้อมูลอินพุตแบบตัวเลขพีชคณิตมาใช้ร่วมกับการค้นหาคำตอบด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม ได้ทำการทดลองและประมวลผล เปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิจัยในการแก้ปัญหา โดยผลการคำนวณคือต้นทุนค่าใช้จ่ายรวม มีการศึกษาเปรียบเทียบทั้งอินพุตแบบตัวเลขปกติและตัวเลขพีชคณิตโดยใช้วิธีของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้ มาใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อดูพฤติกรรมของลักษณะตัวเลขปกติและตัวเลขพีชคณิตจะส่งผลอย่างไรกับการค้นหาคำตอบของปัญหา โดยแบ่งเป็นปัญหาการได้มาของข้อมูลตัวเลขความถี่การไหลและปริมาณการไหลของวัสดุแบบพีชคณิตเป็น 2 รูปแบบคือ

1. ตัวเลขพีชคณิตที่ได้มาจากการกำหนดขึ้นของกรณีศึกษาทั้ง 6 กรณีศึกษา จากรูปที่ 3.22 (พิจารณาปัญหาที่ 1, ปัญหาที่ 2, ปัญหาที่ 3 เนื่องจากไม่มีข้อมูลจริง)
2. ตัวเลขพีชคณิตที่ได้มาจากการปฏิบัติงานจริงหรือจากผู้เชี่ยวชาญในกระบวนการผลิต (พิจารณาปัญหาที่ 4)

มีการศึกษาของลักษณะปัญหาของกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันทั้ง 4 ปัญหาของการศึกษาปัญหากระบวนการผลิต จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นโดยมีการศึกษาตัวเลขปกติและพีชคณิต โดยใช้ผลการรัน 1 ครั้งในการแสดงคำตอบของปัญหาที่ ประชากรเริ่มต้น $v = 10$ และจำนวนรุ่น $G = 10$ ส่วนค่าพารามิเตอร์อื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.3 นำผลของวัตถุประสงค์มาใช้ในการพิจารณาของพฤติกรรมของอินพุตตัวเลขปกติและอินพุตของตัวเลขพีชคณิตได้ผลดังต่อไปนี้

4.2.1 กรณีศึกษาข้อมูลอินพุตตัวเลขพีชชีกับปัญหาในกระบวนการผลิตจากการทบทวนผลงานวิจัย

ปัญหาที่ 1 จากกรณีศึกษาข้อมูลจากกระบวนการประกอบหน้าบานประตู จากโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์แห่งหนึ่ง

ปัญหานี้เป็นปัญหาจากข้อมูลจากกระบวนการประกอบหน้าบานประตู จากโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์แห่งหนึ่ง ของการจัดผังเครื่องจักรที่มีลักษณะการวางผัง 8 เครื่องจักร 4 ผลิตภัณฑ์ โดยมีความถี่ของการไหลวัสดุและปริมาณการไหลของวัสดุ ที่ได้สร้างขึ้นเนื่องจากไม่มีข้อมูลเหล่านี้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีการกำหนดสร้างรูปแบบของชุดตัวเลขขึ้นเพื่อเป็นกรณีใช้ในการศึกษาทั้งตัวเลขปกติและตัวเลขแบบพีชชีใช้ในการพิจารณา โดยตัวเลขที่สร้างขึ้นมีความถี่การไหลและปริมาณการไหล เพื่อกำหนดต้นทุนค่าใช้จ่ายรวม แบ่งเป็นกรณีศึกษาของชุดข้อมูลพีชชีเป็นกรณี 6 กรณีดังแสดงในรูปที่ 3.22 และมีค่าของความแตกต่างของกรณีที่มีค่าอย่างต่ำสุดและมากที่สุดแตกต่างกันที่ 15%, 30% และ 50% ของชุดข้อมูลพีชชี

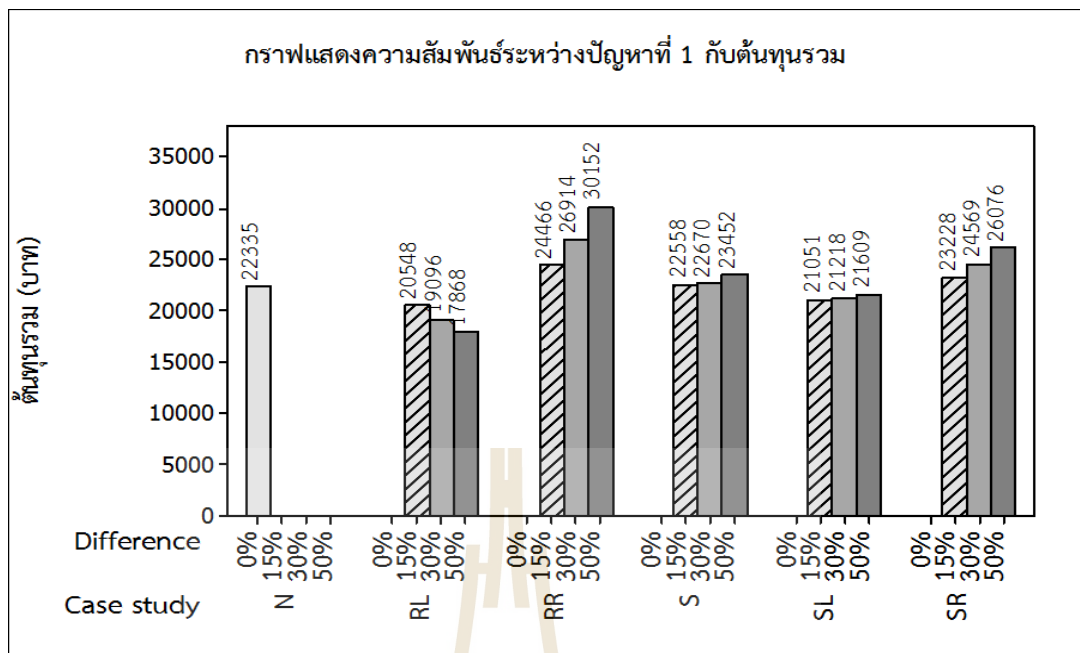
ดังนั้นในการสร้างของชุดตัวเลขพีชชีที่มีระดับความแตกต่างระหว่างค่าต่ำสุดและมากที่สุดที่ 15%, 30% และ 50% ของชุดข้อมูลพีชชีสามารถสร้างตัวเลขใช้ในการพิจารณาคำตอบของปัญหาได้ดังแสดงในตารางที่ 4.8

การสร้างรูปแบบของชุดตัวเลขพีชชีดังตารางที่ 4.8 เพื่อให้เห็นลักษณะของรูปแบบพีชชีที่เป็นสามเหลี่ยมแตกต่างกันออกไป เพื่อใช้ในการพิจารณาที่จะบอกลักษณะของรูปแบบสามเหลี่ยมที่มีชุดตัวเลขพีชชีที่ต่างกันนั้นจะส่งผลต่อต้นทุนรวมหรือไม่อย่างไร โดยนำผลที่ได้ระหว่างข้อมูลอินพุตตัวเลขปกติและตัวเลขพีชชีมาเปรียบเทียบในลำดับต่อไป

ตารางที่ 4.8 กรณีศึกษาของชุดข้อมูลพีชซึ่งกับปัญหาที่ 1

ความแตกต่าง	รูปแบบ	Fuzzy + GA		ต้นทุนรวม (บาท)
		ความถี่การไหล (F')	ปริมาณการไหล (V')	
ตัวเลขปกติ	N	[20, 20, 20]	[5, 5, 5]	22,335.00
15%	S	[18, 20, 22]	[4, 5, 6]	22,558.35
	RL	[17, 20, 20]	[4, 5, 5]	20,548.20
	RR	[20, 20, 23]	[5, 5, 6]	24,465.83
	SL	[18, 20, 21]	[4, 5, 5]	21,050.74
	SR	[19, 20, 22]	[5, 5, 6]	23,228.40
30%	S	[17, 20, 23]	[4, 5, 6]	22,670.03
	RL	[14, 20, 20]	[3, 5, 5]	19,096.43
	RR	[20, 20, 26]	[5, 5, 7]	26,913.68
	SL	[16, 20, 22]	[3, 5, 6]	21,218.25
	SR	[18, 20, 24]	[4, 5, 7]	24,568.50
50%	S	[15, 20, 25]	[3, 5, 7]	23,451.75
	RL	[10, 20, 20]	[2, 5, 5]	17,868.00
	RR	[20, 20, 30]	[5, 5, 8]	30,152.25
	SL	[13, 20, 23]	[2, 5, 7]	21,609.11
	SR	[17, 20, 27]	[3, 5, 8]	26,076.11

จากผลการศึกษาของข้อมูลในตารางที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าเมื่อชุดของข้อมูลอินพุตมีความไม่แน่นอนหรือที่เรียกว่าพีชซี ทำให้ต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมมีการเปลี่ยนแปลงไป ถ้าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าต่ำสุดกับค่ามากที่สุดมีความแตกต่างกันอย่างมากจะทำให้ต้นทุนเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างมากตามไปด้วยเช่น สามเหลี่ยมมุมฉากเบ้ขวา (RR) จะเห็นได้ว่าที่เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างน้อยต้นทุนรวมจะต่ำ แต่ถ้าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างมากขึ้นทำให้ต้นทุนมากขึ้นเช่นเดียวกัน ส่วนจะเพิ่มหรือลดลงขึ้นอยู่กับลักษณะของการเบ้ของข้อมูล ถ้าข้อมูลอินพุตเบ้ไปทางอย่างค่ามาก จะทำให้ต้นทุนรวมมีโอกาสเพิ่มขึ้น เช่น สามเหลี่ยม RR และ SR มีลักษณะการเบ้ของสามเหลี่ยมไปทิศทางมากก็จะส่งผลให้ต้นทุนมากขึ้นเช่นกัน แต่ถ้าเบ้ไปทางอย่างต่ำต้นทุนรวมก็จะมีโอกาสลดน้อยลง เช่นสามเหลี่ยม RL และ SL เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 4.4

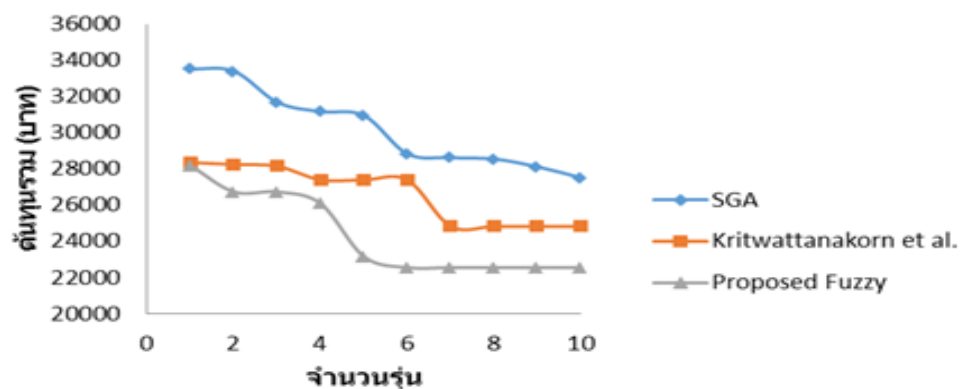


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกรณีปัญหาที่ 1 กับต้นทุนรวม

ตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบผลจากการรัน 1 ครั้งในการแก้ปัญหาที่ 1

เทคนิควิธีที่แตกต่าง	ต้นทุนรวม (บาท)	ระยะทางรวม (เมตร)
Initial Layout	38,450.00	38.45
SGA	27,520.00	27.52
Kritwattanakorn et al. (GA)	24,830.00	24.83
Proposed Fuzzy + GA*	22,558.35	22.34

*กรณีศึกษาที่ความแตกต่างค่าต่ำสุดกับค่ามากที่สุดที่ 15% ของข้อมูลความเป็นไซซ์ซีแบบสมมาตร

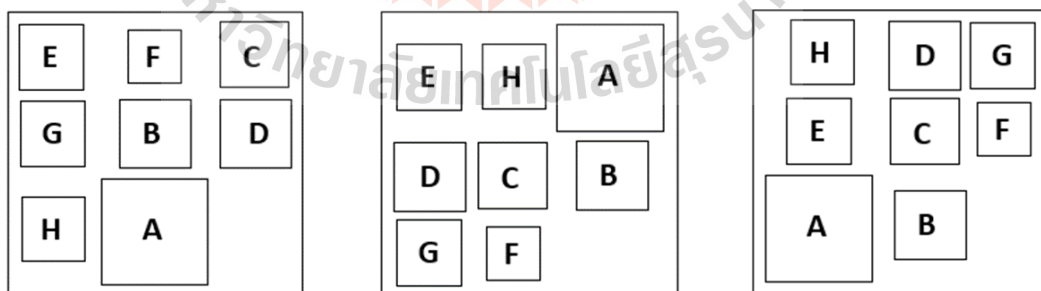


รูปที่ 4.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนกับจำนวนรุ่น ในปัญหาที่ 1

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าวิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยนี้สามารถแสดงต้นทุนรวมของค่าใช้จ่ายและระยะทางรวมในการการขนย้ายวัสดุของการผลิต ซึ่งจากตารางเปรียบเทียบผลวิธีที่แตกต่างกัน ในงานวิจัยนี้กับวิธี SGA และ Kritwattanakorn และคณะ พิจารณาเป็นแบบตัวเลขปกติ (ค่ากลางของข้อมูลตัวเลขฟัซซี่ F และ V) ส่วนวิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยนี้จะพิจารณาเป็นตัวเลขฟัซซี่ที่ความแตกต่างระหว่างค่าต่ำสุดกับค่ามากที่สุดที่ 15% ของข้อมูลชุดฟัซซี่แบบสมมาตร ด้วยการรัน 1 ครั้งที่จำนวนประชากรเริ่มต้น $v = 10$ และจำนวนรุ่น $G = 10$ จะเห็นว่าจากวิธีที่นำเสนอมีต้นทุนรวมน้อยกว่าวิธี SGA และ Kritwattanakorn และคณะ ดังแสดงผลในตารางที่ 4.9

เนื่องจากการปรับปรุงกระบวนการของขั้นตอนเชิงพันธุกรรม โดยวิธีการที่นำเสนอมีการคัดเลือกแบบวิธีการ Tournament Selection ทำให้มีประสิทธิภาพช่วยให้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมลู่เข้าพบคำตอบที่เหมาะสมในจำนวนรุ่นน้อยกว่าของวิธี SGA และวิธีของ Kritwattanakorn และคณะที่มีการคัดเลือกแบบวิธี Roulette Wheel Selection ดังแสดงในรูปที่ 4.5 ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยหลายท่านเช่น ผลงานวิจัยของ Noraini Mohd Razali และ John Geraghty (2011) และผลงานวิจัยของ Jinghui Zhong และคณะ (2005) ได้นำเสนอประสิทธิภาพของวิธีการคัดเลือกโครโมโซมด้วยวิธี Tournament Selection ดีกว่าวิธี Roulette Wheel Selection

ส่วนระยะทางรวมของวิธี SGA และ Kritwattanakorn และคณะ และวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ จากการเปรียบเทียบระยะทางรวมต่ำที่สุดจากตารางที่ 4.9 พบว่าวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยนี้มีระยะทางรวมที่ต่ำกว่าวิธี SGA และ Kritwattanakorn และคณะ ซึ่งมีผังการจัดวางเครื่องจักรที่มีการกำหนด 3 แถว 3 หลักดังแสดงในรูปที่ 4.6



a) SGA

b) Kritwattanakorn et al.

c) Proposed Fuzzy

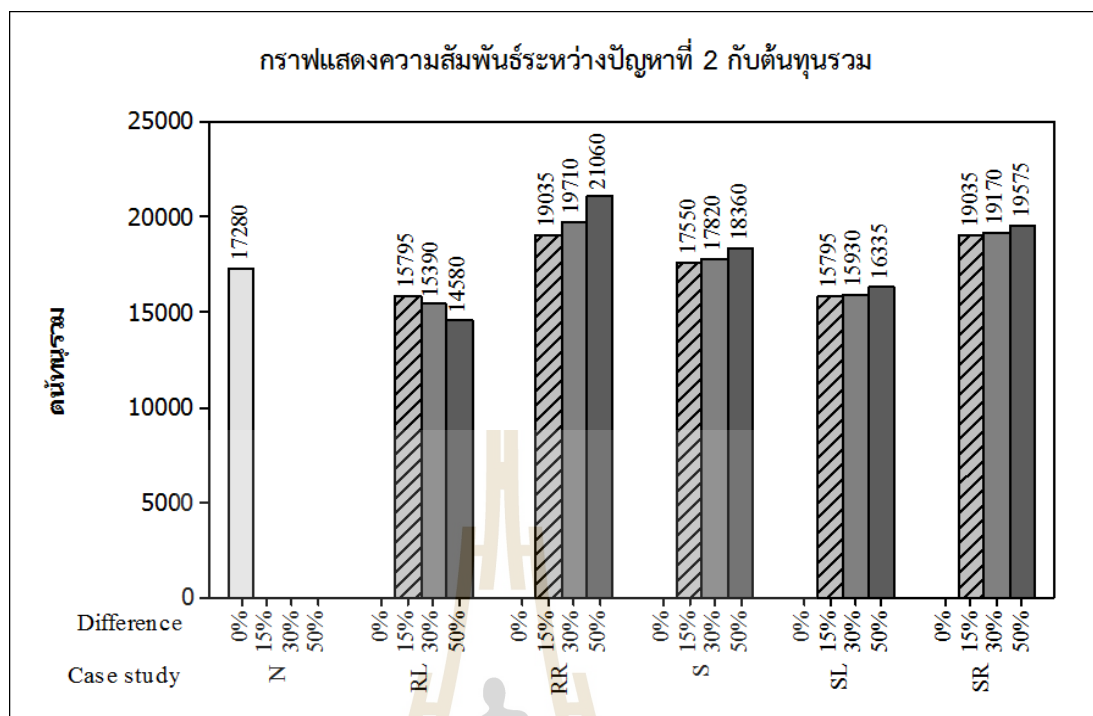
รูปที่ 4.6 ผังเครื่องจักรของวิธีที่แตกต่างกันของปัญหาที่ 1

ปัญหาที่ 2 จากกรณีศึกษาของผลงานวิจัย Genetic Algorithms Optimization for the Machine Layout Problem. (Norhashimah Morad, 2009)

ปัญหานี้เป็นปัญหาของการจัดผังเครื่องจักรที่มีลักษณะการวางผัง 15 เครื่องจักร 6 เส้นทางการผลิต โดยมีความถี่ของการไหลวัสดุและปริมาณการไหลของวัสดุ ที่ได้สร้างขึ้น เนื่องจากไม่มีข้อมูลให้จากการทบทวนงานวิจัยนี้ ดังนั้นจึงสร้างเป็นชุดข้อมูลฟัซซี่ กรณีศึกษาของชุดข้อมูลฟัซซี่เป็นกรณี 6 กรณีดังแสดงในรูปที่ 3.22 และมีค่าของความแตกต่างของกรณีที่มีค่าอย่างต่ำสุดและมากที่สุดแตกต่างกันที่ 15%, 30% และ 50% ของชุดข้อมูลฟัซซี่เช่นเดียวกับปัญหาที่ 1 สามารถสร้างตัวเลขปกติและตัวเลขฟัซซี่ได้ดังในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 กรณีศึกษาของชุดข้อมูลฟัซซี่กับปัญหาที่ 2

ความแตกต่าง	รูปแบบ	Fuzzy + GA		ต้นทุนรวม (บาท)
		ความถี่การไหล (F')	ปริมาณการไหล (V')	
ตัวเลขปกติ	N	[4, 4, 4]	[8, 8, 8]	17,280.00
15%	S	[3, 4, 5]	[7, 8, 9]	17,550.00
	RL	[3, 4, 4]	[7, 8, 8]	15,795.00
	RR	[4, 4, 5]	[8, 8, 9]	19,035.00
	SL	[3, 4, 4]	[7, 8, 8]	15,795.00
	SR	[4, 4, 5]	[8, 8, 9]	19,035.00
30%	S	[3, 4, 5]	[6, 8, 10]	17,820.00
	RL	[3, 4, 4]	[6, 8, 8]	15,390.00
	RR	[4, 4, 5]	[8, 8, 10]	19,710.00
	SL	[3, 4, 4]	[6, 8, 9]	15,930.00
	SR	[4, 4, 5]	[7, 8, 10]	19,170.00
50%	S	[2, 4, 6]	[6, 8, 10]	18,360.00
	RL	[2, 4, 4]	[6, 8, 8]	14,580.00
	RR	[4, 4, 6]	[8, 8, 10]	21,060.00
	SL	[2, 4, 5]	[6, 8, 9]	16,335.00
	SR	[3, 4, 6]	[7, 8, 10]	19,575.00



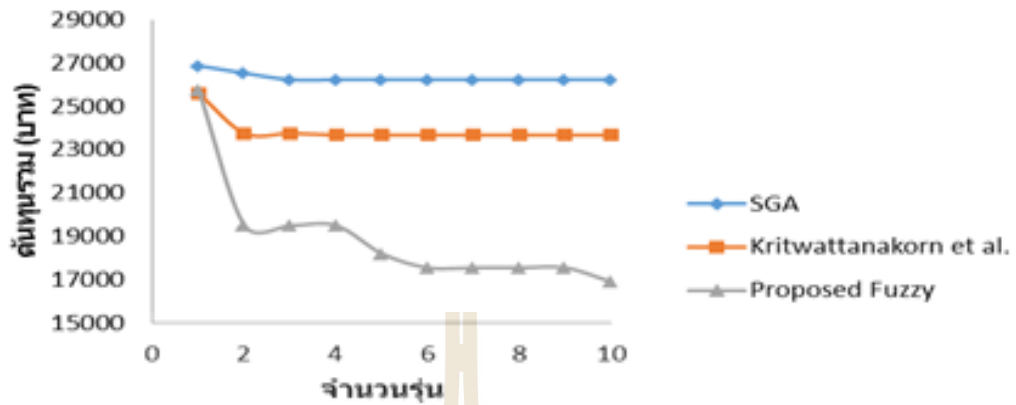
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกรณีปัญหาที่ 2 กับต้นทุนรวม

จากผลการศึกษาของข้อมูลในตารางที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าเมื่อชุดของข้อมูลอินพุตมีความไม่แน่นอนหรือที่เรียกว่าฟัซซี่ ทำให้ต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมมีการเปลี่ยนแปลงไป เป็นเช่นเดียวกับลักษณะของปัญหาที่ 1 จากกรณีศึกษา ดังในรูปที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าสอดคล้องกับปัญหาที่ 1 ถ้าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าต่ำสุดกับค่ามากที่สุดมีความแตกต่างกันอย่างมากจะทำให้ต้นทุนเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างมากตามไปด้วย ส่วนจะเพิ่มหรือลดลงขึ้นอยู่กับลักษณะของการเบี่ยงของข้อมูลถ้าข้อมูลอินพุตเบี่ยงไปทางอย่างค่ามากจะทำให้ต้นทุนรวมมีโอกาสเพิ่มขึ้น แต่ถ้าเบี่ยงไปทางอย่างต่ำต้นทุนรวมก็จะมีโอกาสลดน้อยลง

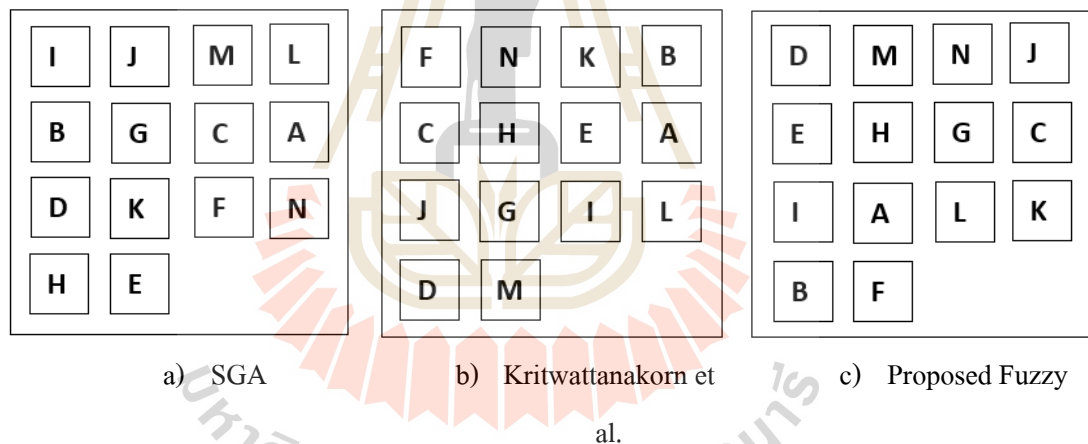
ตารางที่ 4.11 การเปรียบเทียบผลจากการรัน 1 ครั้งในการแก้ปัญหาที่ 2

เทคนิควิธี	ต้นทุนรวม (บาท)	ระยะทางรวม (เมตร)
Norhashimah Morad (2009)	-	109.00
SGA	26,240.00	82.00
Kritwattanakorn et al. (GA)	23,680.00	74.00
Proposed Fuzzy + GA*	17,550.00	54.00

*กรณีศึกษาที่ความแตกต่างค่าต่ำสุดกับค่ามากที่สุดที่ 15% ของข้อมูลความเป็นฟัซซี่แบบสมมาตร



รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนกับจำนวนรุ่น ในปัญหาที่ 2



รูปที่ 4.9 ฟังก์ชันการจกรของวิธีที่แตกต่างกันของปัญหาที่ 2

และสามารถหาต้นทุนรวมเปรียบเทียบวิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยนี้กับวิธีที่แตกต่างกัน ถูกพิจารณาเป็นแบบตัวเลขปกติ (ค่ากลางของข้อมูลตัวเลขฟัซซี่ F และ V) ส่วนวิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยนี้จะพิจารณาเป็นตัวเลขฟัซซี่ที่ความแตกต่างระหว่างค่าต่ำสุดกับค่ามากที่สุดที่ 15% ของข้อมูลชุดฟัซซี่แบบสมมาตร ที่จำนวนประชากรเริ่มต้น $v = 10$ และจำนวนรุ่น $G = 10$ ด้วยผลการรัน 1 ครั้งได้ผลดังในตารางที่ 4.11 จะเห็นได้ว่าวิธีที่นำเสนอมีต้นทุนรวมน้อยกว่าวิธี SGA และ Kritwattanakorn และคณะ ที่มีการปรับปรุงกระบวนการของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการคัดเลือก โดยวิธีการที่นำเสนอมีการคัดเลือกแบบวิธีการ Tournament Selection เช่นเดียวกับปัญหา

ที่ 1 ในการแก้ปัญหาทำให้มีประสิทธิภาพช่วยให้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมลู่เข้าพบค่าตอบต่ำสุดได้รวดเร็วกว่าในจำนวนรุ่นที่เท่ากันของวิธี SGA และวิธีของ Kritwattanakorn และคณะที่มีการคัดเลือกแบบวิธี Roulette Wheel Selection ดังแสดงในรูปที่ 4.8

ส่วนระยะทางรวมนั้น จากผลงานวิจัยของ Norhashimah Morad, (2009) ไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้เนื่องจากการกำหนดตำแหน่งการจัดผังที่ไม่เหมือนกัน จึงไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพกันได้ ซึ่งดูจากภาพที่ 4.1 และ 4.2 จะเห็นได้ที่มีการจัดเรียงแบบหลายเซลล์ ส่วนในงานวิจัยนี้มีการจัดเรียงตำแหน่งแบบหลายแถว ดังแสดงในรูปที่ 4.8

ซึ่งจากผลงานวิจัยเปรียบเทียบ 3 วิธีที่แตกต่างกันได้แก่ วิธี SGA และ Kritwattanakorn และคณะ และวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ ที่มีการกำหนดตำแหน่งลักษณะที่วางเหมือนกัน พบว่าวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยนี้มีระยะทางรวมที่ต่ำกว่าทั้งสองวิธี



ปัญหาที่ 3 จากกรณีศึกษาผลงานวิจัย Sensitivity Analysis to Determine the Parameters of Genetic Algorithm for Machine Layout (C. Srinivas et al, 2011)

ปัญหานี้เป็นปัญหางานวิจัยปัญหาของการจัดผังเครื่องจักรที่มีลักษณะการวางผัง 14 เครื่องจักร 1 ผลิตภัณฑ์ โดยมีข้อมูลความถี่ของการไหลวัสดุและปริมาณการไหลของวัสดุที่ 15% ของความแตกต่างระหว่างค่าอย่างต่ำและมากที่สุดดังในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 กรณีศึกษาของชุดข้อมูลพีชชีกับปัญหาที่ 3

เครื่องจักร \ ข้อมูลพีชชี	ความถี่การไหล (F')	ปริมาณการไหล (V')
M1 - M2	(1, 1, 2)	(18, 20, 22)
M2 - M3	(1, 1, 2)	(9, 10, 11)
M3 - M4	(1, 1, 2)	(18, 20, 22)
M4 - M5	(1, 1, 2)	(46, 50, 54)
M5 - M6	(1, 1, 2)	(74, 80, 86)
M6 - M7	(1, 1, 2)	(55, 60, 65)
M7 - M8	(1, 1, 2)	(18, 20, 22)
M8 - M9	(1, 1, 2)	(9, 10, 11)
M9 - M10	(1, 1, 2)	(28, 30, 32)
M10 - M11	(1, 1, 2)	(55, 60, 65)
M11 - M12	(1, 1, 2)	(18, 20, 22)
M12 - M13	(1, 1, 2)	(18, 20, 22)
M13 - M14	(1, 1, 2)	(87, 90, 93)
M14 - M15	(1, 1, 2)	(74, 80, 86)

จากตารางที่ 4.12 ข้อมูลที่ได้นำมาประมวลผลหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุดของกระบวนการผลิต 14 เครื่องจักร 1 ผลิตภัณฑ์ ของข้อมูลที่มีความแตกต่างระหว่างค่าต่ำสุดกับค่ามากที่สุดที่ 15% ของข้อมูลชุดพีชชี ด้วยการรันหาค่าตอบ 1 ครั้งที่จำนวนประชากรเริ่มต้น $v = 10$ และจำนวนรุ่น $G = 10$ เพื่อเปรียบเทียบวิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยนี้กับการวางผังเครื่องจักรด้วยวิธีการอื่นๆ โดยผลการรันวิธีการ SAG และ Kritwattanakorn และคณะ ถูกพิจารณาเป็นแบบตัวเลขปกติ (ค่ากลางของข้อมูลตัวเลขพีชชี F และ V) ส่วนวิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยนี้จะพิจารณาเป็นตัวเลข

ฟัซซี่ที่ ความแตกต่างระหว่างค่าต่ำสุดกับค่ามากที่สุดที่ 15% ของข้อมูลชุดฟัซซี่แบบสมมาตร ด้วยการรันหาคำตอบ 1 ครั้ง เพื่อหาต้นทุนรวมต่ำสุดผลเปรียบเทียบทั้งสามวิธี

จะเห็นได้ว่าข้อมูลของความเป็นฟัซซี่นั้นที่มีระดับความแตกต่างที่ 15% ของข้อมูล อินพุตความถี่การไหล (F') และปริมาณการไหล (V') แต่ละเครื่องจักรเมื่อนำมาพิจารณา เปรียบเทียบกับข้อมูลที่เป็นตัวเลขปกติ (ข้อมูลอินพุตความถี่การไหล F และ ปริมาณการไหล V) นั้นจะเห็นว่าข้อมูลการไหลของแต่ละเครื่องจักรจะส่งผลต่อต้นทุนรวม ซึ่งจากการนำเปรียบเทียบ ดังแสดงในตารางที่ 4.13 เห็นได้ว่าวิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยนี้สามารถแสดงต้นทุนรวมของ ค่าใช้จ่ายในการขนย้ายวัสดุของการผลิต เปรียบเทียบผลวิธีการ SAG และ Kritwattanakorn และ คณะ จะส่งผลต้นทุนรวมมากกว่าวิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยนี้

เนื่องจากการปรับปรุงกระบวนการของขั้นตอนเชิงพันธุกรรม โดยวิธีการที่ นำเสนอมีการคัดเลือกแบบวิธีการ Tournament Selection เช่นเดียวกับปัญหาที่ 1 และ 2 ในการ แก้ปัญหาให้มีประสิทธิภาพช่วยให้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมเข้าสู่หาคำตอบที่ต่ำสุดได้รวดเร็วใน จำนวนรุ่นเท่ากันของวิธี SGA และวิธีของ Kritwattanakorn และคณะที่มีการคัดเลือกแบบวิธี Roulette Wheel Selection ดังแสดงในรูปที่ 4.10

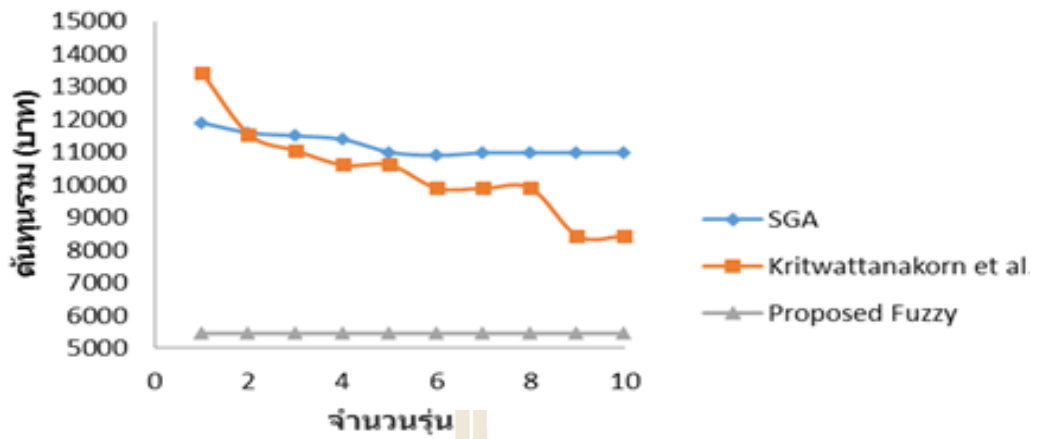
และเมื่อเปรียบเทียบระยะทางรวมพบว่าจากผลงานวิจัยของ C. Srinivas และคณะ (2011) นั้นไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้เนื่องจากการกำหนดตำแหน่งการจัดผังที่ไม่มีข้อมูล ของผังจึงไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพกันได้ ดูได้จากภาพที่ 4.3

ส่วนในงานวิจัยนี้มีการจัดวางผังเหมือนกันทั้งสามวิธี นำมาเปรียบเทียบพบว่า ระยะทางรวมของวิธี นำเสนอในงานวิจัยนี้มีระยะทางรวมที่ต่ำกว่าวิธีของ SAG และ Kritwattanakorn และคณะ ดังแสดงในตารางที่ 4.13 และผังการจัดวางแต่ละวิธีแสดงในรูปที่ 4.11

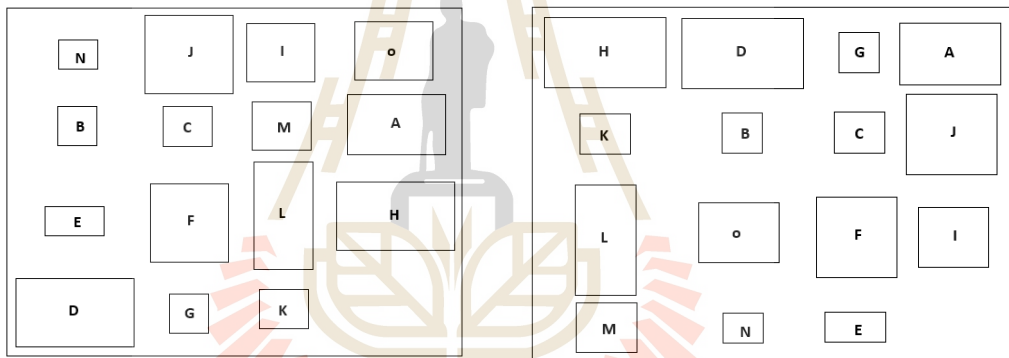
ตารางที่ 4.13 การเปรียบเทียบผลจากการรัน 1 ครั้งในการแก้ปัญหาที่ 3

เทคนิควิธี	ต้นทุนรวม (บาท)	ระยะทางรวม (เมตร)
C. Srinivas et al (2011)	-	-
SGA	10,970.00	140.75
Kritwattanakorn et al. (GA)	8,420.00	133.75
Proposed Fuzzy + GA*	5,441.89	113.75

*กรณีศึกษาที่ความแตกต่างค่าต่ำสุดกับค่ามากที่สุดที่ 15% ของข้อมูลความเป็นฟัซซี่แบบสมมาตร

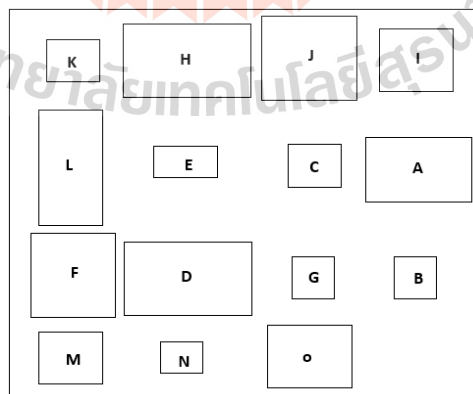


รูปที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนกับจำนวนรุ่น ในปัญหาที่ 3



a) SGA

b) Kritwattanakorn et al.



c) Proposed Fuzzy

รูปที่ 4.11 ผังเครื่องจักรของวิธีที่แตกต่างกันของปัญหาที่ 3

4.2.2 กรณีศึกษาข้อมูลอินพุตตัวเลขพีชชีกับปัญหาในกระบวนการผลิตในสถานการณ์จริง

ปัญหาที่ 4. จากกรณีศึกษาข้อมูลจากบริษัทผลิตรถบัสแห่งหนึ่ง ของกระบวนการผลิตส่วน Chassis ใน Line การผลิต

ปัญหานี้เป็นปัญหาทางานวิจัยปัญหาของการจัดฝั่งเครื่องจักรที่มีลักษณะการวางฝั่ง 8 เครื่องจักร 12 ผลิตภัณฑ์ โดยมีข้อมูลความถี่ของการไหลวัสดุและปริมาณการไหลของวัสดุที่จากการเก็บข้อมูลจริงและได้จากผู้เชี่ยวชาญของระบบการผลิต ที่ได้มาจากความชำนาญและประสบการณ์ในการคาดการณ์จากกระบวนการผลิตในการให้ข้อมูลของการผลิต ดังแสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 กรณีศึกษาของชุดข้อมูลพีชชีกับปัญหาที่ 4

เครื่องจักร	ความถี่การไหล (F')	ปริมาณการไหล (V')
M1-M5	(3, 10, 16)	(5, 16, 22)
M1-M6	(6, 8, 14)	(7, 10, 24)
M1-M7	(3, 4, 7)	(8, 12, 18)
M2-M3	(1, 1, 1)	(0, 2, 2)
M2-M4	(3, 6, 8)	(6, 8, 14)
M2-M5	(2, 2, 4)	(7, 8, 13)
M2-M8	(1, 3, 4)	(1, 2, 2)
M5-M3	(3, 6, 8)	(6, 8, 14)
M5-M6	(2, 2, 5)	(6, 11, 15)
M7-M8	(2, 2, 2)	(3, 4, 6)

ซึ่งจะสังเกตว่าในสถานการณ์ของกระบวนการผลิตจริง จะเห็นได้ว่ารูปแบบความถี่ของค่าความแตกต่างระหว่างค่าต่ำสุดกับค่ามากที่สุด จะไม่มีรูปแบบที่คงที่มีลักษณะของการเบี่ยงของแต่ละข้อมูลความเป็นพีชชีแตกต่างกันออกไปตามแต่ละกระบวนการผลิต ซึ่งในส่วนนี้คือความไม่แน่นอนของข้อมูลในแต่ละกระบวนการผลิตนั้นๆ

จากผลการทดลองนำข้อมูลที่นำมาประมวลผลหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุดของกระบวนการผลิต ด้วยการรันหาคำตอบ 1 ครั้ง ที่จำนวนประชากรเริ่มต้น $v = 10$ และ จำนวนรุ่น $G = 10$ เพื่อเปรียบเทียบวิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยนี้กับการวางฝั่งเครื่องจักรด้วยวิธีการอื่นๆ โดยผล

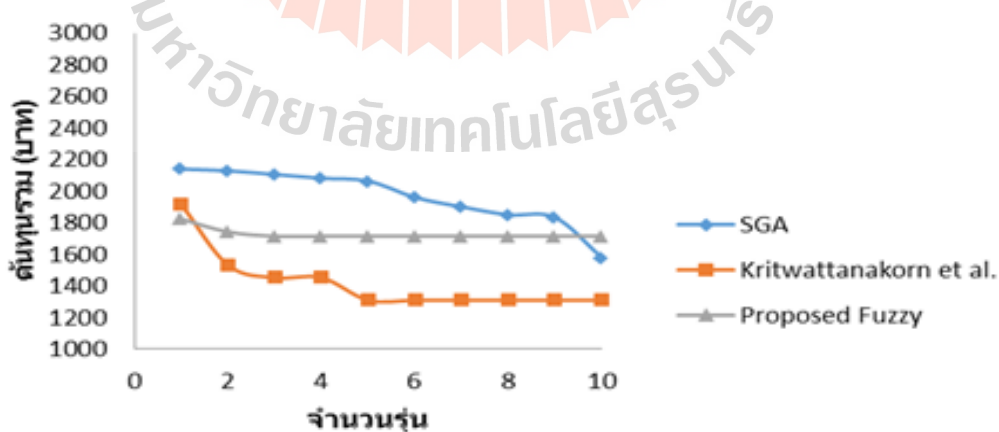
การรันวิธีการ SAG และ Kritwattanakorn และคณะ จะถูกพิจารณาเป็นแบบตัวเลขปกติ (ค่ากลางของข้อมูลตัวเลขฟัซซี่ F และ V) ส่วนวิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยนี้จะพิจารณาเป็นตัวเลขฟัซซี่ เพื่อหาต้นทุนรวมต่ำสุดผลเปรียบเทียบที่ได้แสดงดังในตารางที่ 4.15

ผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 4.15 เห็นได้ว่าสามารถลดต้นทุนรวมของค่าใช้จ่ายในการขนย้ายวัสดุได้ เมื่อเปรียบเทียบกับการจัดวางเครื่องจักรก่อนมีการปรับปรุง และเมื่อเปรียบเทียบทั้งสามวิธีการวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ ต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมมีค่ามากกว่าวิธี SAG และ Kritwattanakorn และคณะและมีการลู่เข้าหาค่าตอบดังแสดงในรูปที่ 4.12

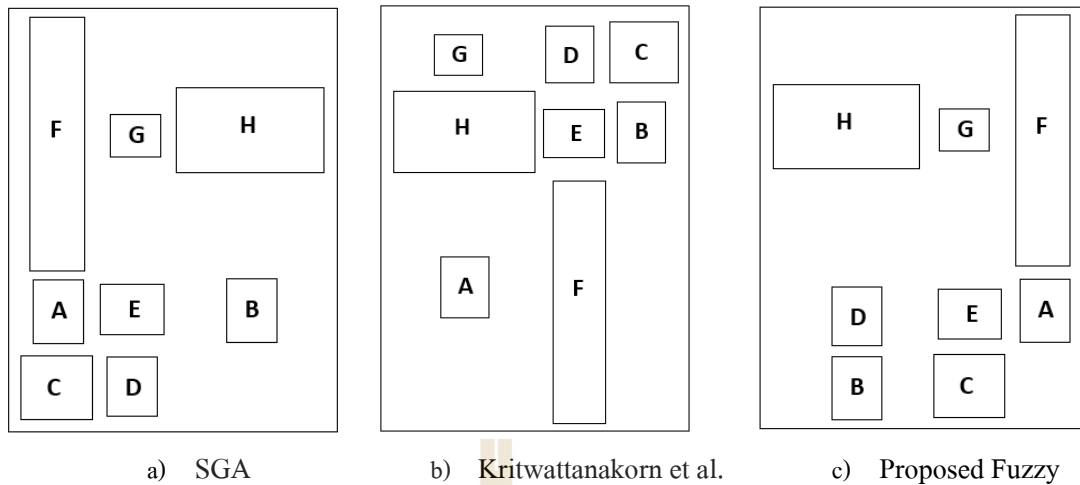
แต่เมื่อเปรียบเทียบระยะทางรวมของวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยมีค่าน้อยกว่าวิธี SAG และ Kritwattanakorn และคณะ แสดงให้เห็นว่าข้อมูลแบบฟัซซี่นั้นส่งผลต่อคำตอบของต้นทุนรวมค่าใช้จ่ายที่มีรูปแบบของความไม่คงที่นั้นส่งผลต่อต้นทุนและ สามารถแสดงการจัดผังเครื่องจักรดังในรูปที่ 4.13

ตารางที่ 4.15 การเปรียบเทียบผลจากการรัน 1 ครั้งในการแก้ปัญหาที่ 4

เทคนิควิธี	ต้นทุนรวม (บาท)	ระยะทางรวม (เมตร)
Initial Layout	2,737.80	103.10
SGA	1,578.35	92.40
Kritwattanakorn et al. (GA)	1,308.10	90.25
Proposed Fuzzy + GA	1,713.73	89.60



รูปที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนกับจำนวนรุ่น ในปัญหาที่ 4



รูปที่ 4.13 ฟังก์ชันของวิธีที่แตกต่างกันของปัญหาที่ 4

4.2.3 สรุปผลการเปรียบเทียบของกรณีศึกษาของปัญหาที่เป็นตัวเลขฟัซซี่

จากการศึกษาข้อมูลอินพุตที่เป็นตัวเลขฟัซซี่จากผลเปรียบเทียบจะเห็นได้ว่าข้อมูลที่เป็นฟัซซี่จะส่งผลต่อต้นทุนรวม ซึ่งข้อมูลความเป็นฟัซซี่นี้เป็นตัวเลขที่ไม่แน่นอน โดยต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมมีการเปลี่ยนแปลงไป ถ้าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าต่ำสุดกับค่ามากที่สุดมีความแตกต่างกันอย่างมากจะทำให้ต้นทุนเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างมากตามไปด้วย ดังเช่นในตัวอย่างปัญหาที่ 1 และปัญหาที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 4.4 และรูปที่ 4.7 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าที่สามเหลี่ยมมุมฉากเบ้ขวา (RR) เห็นได้ว่าที่เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างน้อยต้นทุนรวมจะต่ำ แต่ถ้าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างมากขึ้นทำให้ต้นทุนมากขึ้นเช่นเดียวกัน และส่วนจะเพิ่มหรือลดลงขึ้นอยู่กับลักษณะของการเบ้ของข้อมูล ถ้าข้อมูลอินพุตเบ้ไปทางอย่างค่ามาก จะทำให้ต้นทุนรวมมีโอกาสเพิ่มขึ้น เช่น สามเหลี่ยม RR และ SR มีลักษณะการเบ้ของสามเหลี่ยมไปทิศทางมากก็จะส่งผลให้ต้นทุนมากขึ้นเช่นกัน แต่ถ้าเบ้ไปทางอย่างต่ำต้นทุนรวมก็จะมีโอกาสลดน้อยลง เช่น สามเหลี่ยม RL และ SL เป็นต้น

แต่ในความเป็นจริงแล้วรูปแบบของตัวเลขฟัซซี่จะมีลักษณะการเบ้ที่ไม่แน่นอนหรือคงที่ โดยข้อมูลของตัวเลขฟัซซี่นั้นอาจได้มาจากกระบวนการผลิตเดิมหรือมาจากการคาดการณ์ในอนาคตผู้เชี่ยวชาญของระบบ ซึ่งทำให้ต้นทุนสามารถเพิ่มหรือลดได้ตามลักษณะของปัญหากระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมนั้นตัวอย่างเช่นจากการแก้ปัญหที่ 4 จะเห็นได้ว่าถึงระยะทางรวมของการผลิตจะสั้นที่สุด แต่ก็ไม่สามารถสรุปได้ว่าส่งผลต่อต้นทุนรวมต่ำสุด ดังนั้นในการแก้ปัญหานั้นมีความไม่แน่นอนมาเกี่ยวข้อง วิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยนี้จึงช่วยให้สามารถพิจารณาเปรียบเทียบความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นนี้ได้

โดยแนวทางของฟัซซี่จะเข้ามาช่วยจัดการเกี่ยวกับความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากการขาดแคลนข้อมูล ข้อมูลไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้งานหรือเป็นข้อมูลที่ยังไม่ได้เกิดขึ้น

สอดคล้องกับหลายๆ งานวิจัยที่ได้จากการทบทวนเช่นผลงานวิจัยของ Jerzy Grobelny (1985), M. Enea, G. Galante, E. Panascia. (2005), GüNGöR, Z. และ ARIKAN, F. (2000) วิธีการฟัซซี่คือการใช้เหตุผลแบบประมาณ หรือเป็นรูปแบบจำลองความรู้ ประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญทำให้สามารถวิเคราะห์คาดการณ์ข้อมูลประมาณการที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตได้ ช่วยในการตัดสินใจในการวางแผนจัดการกับปัญหา

4.3 การทดลองขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการจัดผังเครื่องจักร

การทดลองนี้เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทดสอบของการกำหนดประชากรเริ่มต้นและทดสอบจำนวนรุ่น เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดของการทำงานข้อมูลอินพุตตัวเลขฟัซซี่ร่วมกับขั้นตอนเชิงพันธุกรรม ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

โดยในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในวิธีการที่แตกต่างกัน สามารถสรุปวิธีการที่ใช้ในการทดลองของวิธี SGA วิธีของ Kritwattanakorn และคณะ และวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ ดังแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 การกำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองของขั้นตอนเชิงพันธุกรรม

ค่าพารามิเตอร์	SGA	Kritwattanakorn et al.	Proposed Fuzzy
ประชากรเริ่มต้น	10, 30 และ 50	10, 30 และ 50	10, 30 และ 50
จำนวนรุ่น	10, 30, 50 และ 100	10, 30, 50 และ 100	10, 30, 50 และ 100
วิธีการคัดเลือก	Roulette Wheel Selection	Roulette Wheel Selection	Tournament Selection
วิธีการสลับสายพันธุ	One Point Crossover ($P_c = 0.8$)	One Point Crossover ($P_c = 0.8$)	One Point Crossover ($P_c = 0.8$)
วิธีการกลายพันธุ	สุ่มสลับตำแหน่งยีน ($P_m = 0.1$)	-	-

4.3.1 เปรียบเทียบผลการทดลองของจำนวนประชากรเริ่มต้นและจำนวนรุ่นของปัญหาที่ 1

ปัญหาที่ 1 จากการทดลองพบว่าข้อมูลอินพุตตัวเลขพีชซึ่งร่วมกับขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการแก้ปัญหาจัดฝั่งเครื่องจักร ทำการทดลองที่มีการกำหนดจำนวนประชากรเริ่มต้นและจำนวนรุ่นเพื่อเปรียบเทียบวิธีระหว่างวิธี SGA, วิธี Kritwattanakorn et al. และวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยนี้

ในการคำนวณหาค่าวัตถุประสงค์จากผลการรัน ทำการทดลองในการให้ค่าพารามิเตอร์ จากตารางที่ 4.16 ได้ผลของการหาคำตอบของแต่ละวิธี โดยจะได้คำตอบที่ดีที่สุด 15 คำตอบ (รัน 15 ครั้ง) ในแต่ละระดับของตัวแปรที่ใช้ นำผลค่า Min และ Max จากการรันหาคำตอบของปัญหา มาแสดงในตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 เปรียบเทียบผลการรัน 15 ครั้งกับวิธีการที่แตกต่างกันของปัญหาที่ 1

ประชากรเริ่มต้น (v_n)	จำนวนรุ่น (G)	Average Objective Function (บาท)					
		$SGA^{R,M}$		<i>Kritwattanakorn et al.</i> ^R		<i>Proposed Fuzzy + GA</i> ^{T,15%}	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
10	10	20,095	30,550	19,970	27,285	20,793	29,738
	30	20,300	28,850	20,525	27,125	20,604	26,546
	50	22,450	30,060	20,200	27,305	20,793	29,738
	100	22,335	31,025	20,095	25,150	20,589	26,469
30	10	21,070	29,835	19,930	22,900	20,385	26,576
	30	20,650	28,225	20,195	24,710	20,497	26,556
	50	21,145	29,250	20,275	26,625	20,385	26,576
	100	20,560	31,650	20,510	26,410	20,706	24,205
50	10	21,195	29,125	19,915	22,395	20,313	20,920
	30	20,200	30,295	19,930	21,185	20,385	22,960
	50	22,335	30,500	19915*	22,800	20,313	21,517
	100	20,185	30,900	19,985	23,730	20,369	25,908

หมายเหตุ R คือวิธี Roulette Wheel Selection

M คือวิธี Mutation (Pm = 0.1) ร่วมกับการ Crossover (Pc = 0.8)

T คือ Tournament Selection

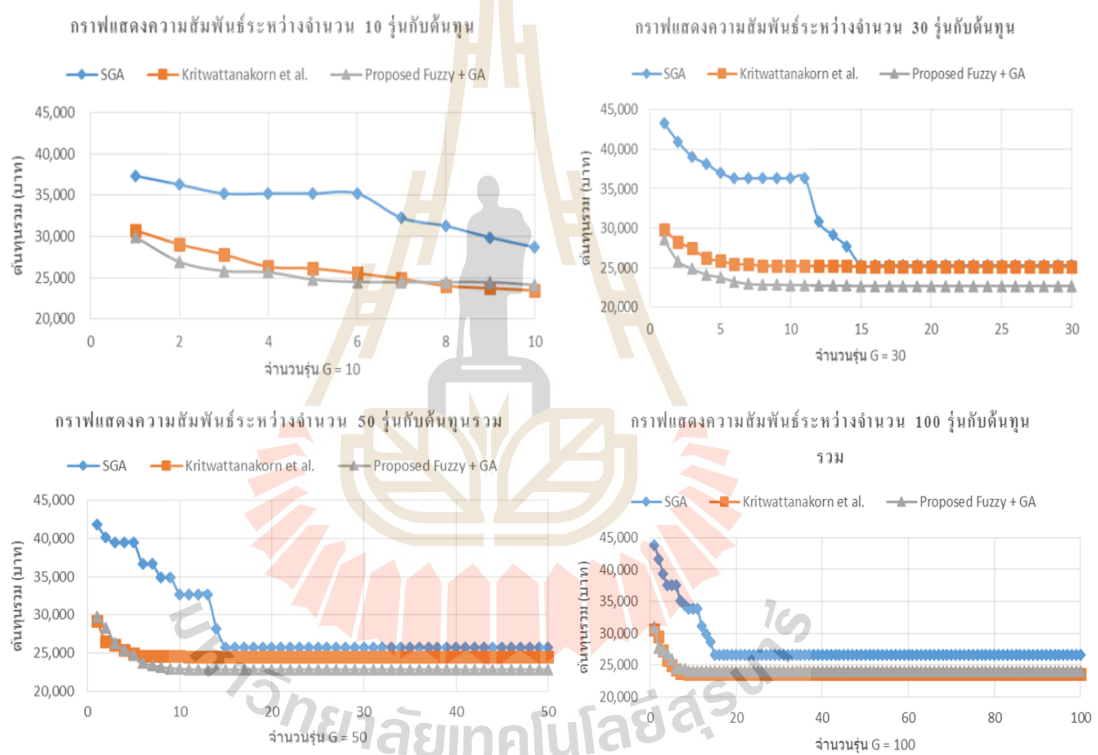
15% คือกรณีศึกษาที่ความแตกต่างค่าต่ำสุดกับค่ามากที่สุดที่ 15%

* คือ Best Machine Layout

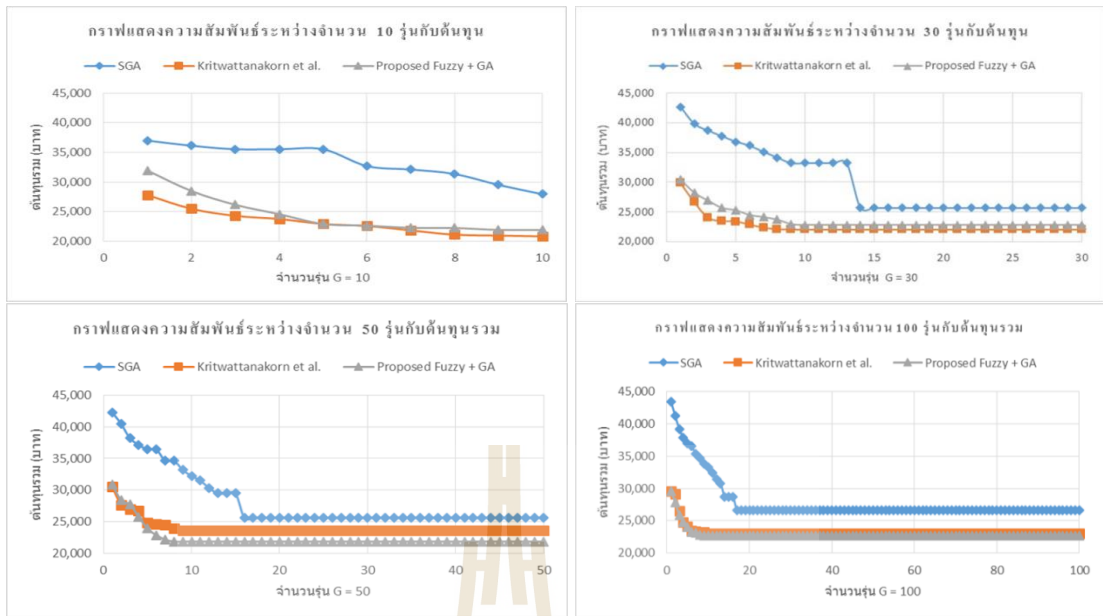
จากตารางที่ 4.17 จะเห็นได้ว่าการรันแต่ละครั้งจะได้คำตอบที่ดีที่สุดมา 1 คำตอบ แต่คำตอบที่ได้จะเข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุด (Global minimum) นั้นขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการขั้นตอนเชิงพันธุกรรม จะเห็นได้ว่าเมื่อนำผลที่ได้ไปสร้างกราฟค่าเฉลี่ยแนวโน้มของการการลู่เข้าหาคำตอบของปัญหาที่ 1 จะเห็นได้ว่าวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ จะมีค่าเฉลี่ยในการลู่เข้าหาคำตอบต่ำสุดได้เร็วกว่าในจำนวนรุ่นที่เท่ากัน เมื่อเทียบกับวิธีการของ วิธี SGA และ วิธี

Kritwattanakorn และคณะ ยกตัวอย่างเช่น ในรูปที่ 4.16 จะเห็นได้ว่าในจำนวนประชากรเริ่มต้นที่ 10 และจำนวนรุ่นที่ 30 แนวโน้มค่าเฉลี่ยของการลู่เข้าหาคำตอบวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ที่จำนวนรุ่นที่เท่ากันเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นจะสามารถลู่เข้าได้เร็วกว่า ส่วนที่จำนวนประชากรเริ่มต้นและจำนวนรุ่นอื่นๆ จะสามารถแสดงได้ดังในรูปที่ 4.14 – 4.16

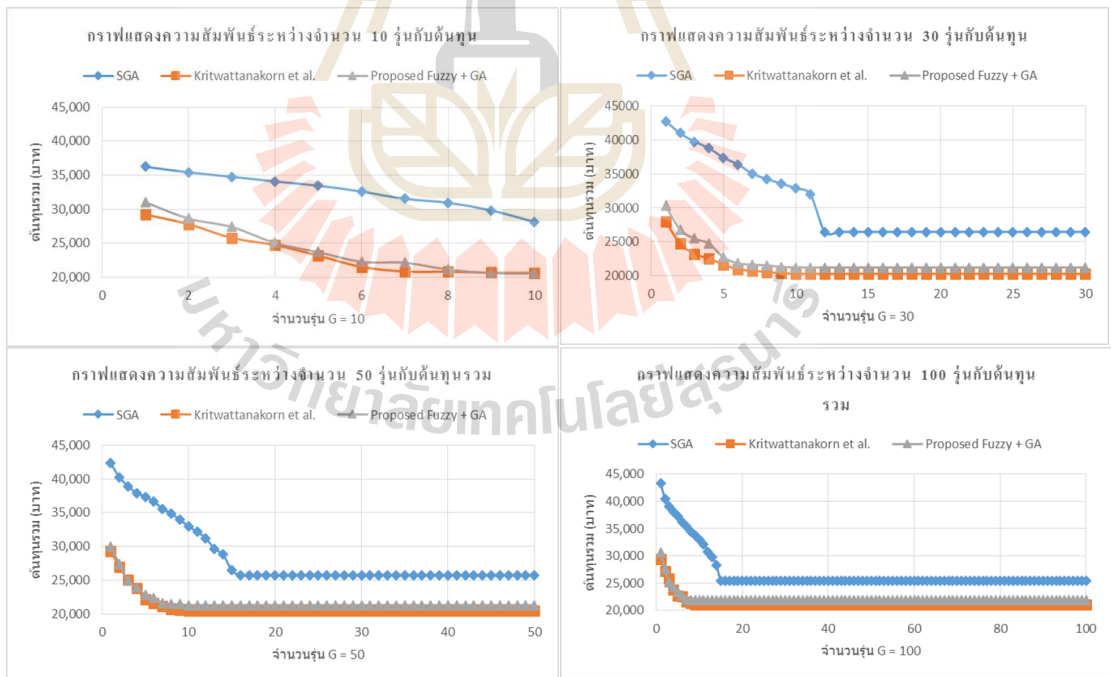
โดยจะเห็นว่าจำนวนรุ่นจะส่งผลต่อการลู่เข้าหาคำตอบ ที่มีลักษณะการลู่เข้าหาคำตอบของค่าเฉลี่ยมีแนวโน้มการลู่เข้าอย่างรวดเร็วในระยะหนึ่ง ดังตัวอย่างของวิธีการนำเสนอในรูปที่ 4.16 จำนวนประชากรเริ่มต้นที่ 10 และจำนวนรุ่นที่ 30 และจะคงที่ต่อมาจากจะครบจำนวนรุ่นเงื่อนไขที่กำหนด จะกลายเป็นคำตอบของปัญหานั้นๆ



รูปที่ 4.14 ค่าเฉลี่ยแสดงแนวโน้มการลู่เข้าหาคำตอบของประชากรเริ่มต้น 10 ที่มีจำนวนรุ่นแตกต่างกันของปัญหาที่ 1



รูปที่ 4.15 ค่าเฉลี่ยแสดงแนวโน้มการหาคำตอบของประชากรเริ่มต้น 30 ที่มีจำนวนรุ่นแตกต่างกันของปัญหาที่ 1



รูปที่ 4.16 ค่าเฉลี่ยแสดงแนวโน้มการหาคำตอบของประชากรเริ่มต้น 50 ที่มีจำนวนรุ่นแตกต่างกันของปัญหาที่ 1

และได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิเคราะห์ปัจจัยที่จะส่งผลให้เกิดผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย (Interaction) เมื่อมีผลของตัวแปรตอบสนองที่หลายๆ ระดับของปัจจัยหนึ่ง ของ

วิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ว่า จำนวนประชากรเริ่มต้นและจำนวนรุ่นมีอิทธิพลร่วมระหว่างกันหรือไม่ โดยทำการทดสอบ Two Way ANOVA ผลการทดลองที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ผลลัพธ์ผลกระทบระหว่างปัจจัยของจำนวนประชากรเริ่มต้นกับจำนวนรุ่นของวิธีการนำเสนอในงานวิจัยนี้ในปัญหาที่ 1

Source	DF	SS	MS	F	P
Initial Population	2	158467163	79233582	31.13	0.000
Generation	3	24810381	8270127	3.25	0.023
Interaction	6	32520639	5420107	2.13	0.052
Error	168	427656250	2545573		
Total	179	643454434			

S = 1595 R-Sq = 33.54% R-Sq(adj) = 29.19%

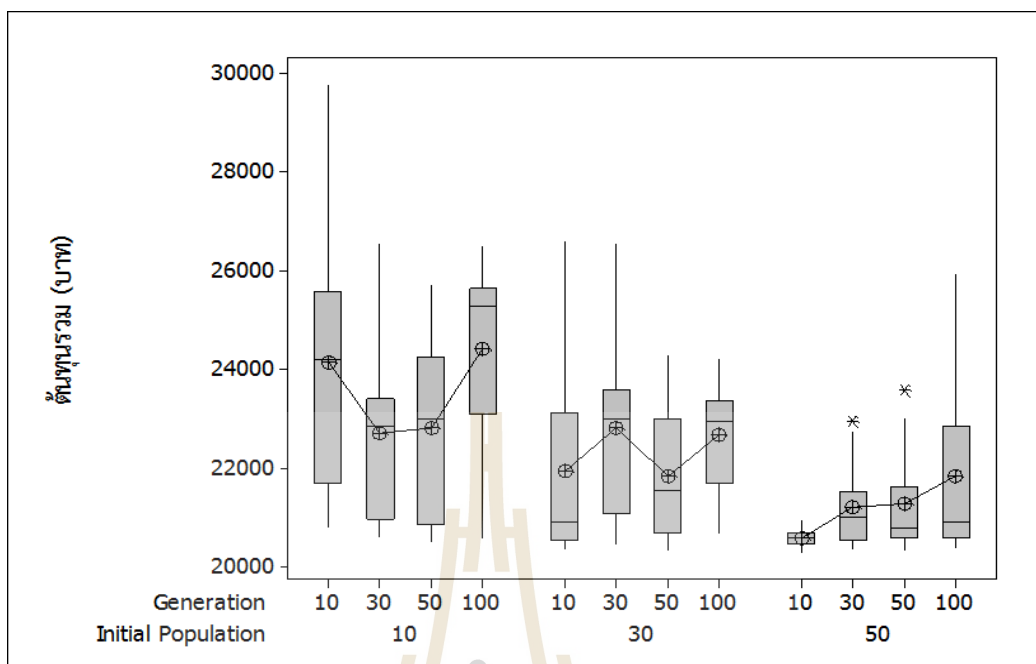
ผลลัพธ์จากตารางที่ 4.18 ผลลัพธ์ผลกระทบระหว่างปัจจัยของจำนวนประชากรเริ่มต้นกับจำนวนรุ่นของวิธีการนำเสนอในงานวิจัยนี้ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์

จากการศึกษาอิทธิพลของประชากรเริ่มต้นที่ 3 ระดับคือ 10, 30, และ 50 พบว่า $DF = 2$, $F = 31.13$ และ $P = 0.000$ (ค่า P-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ใช้ทดสอบ $\alpha = 0.05$) แสดงว่าจำนวนประชากรที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อต้นทุนรวมให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จากการศึกษาอิทธิพลของจำนวนรุ่นที่ 4 ระดับคือ 10, 30, 50 และ 100 พบว่า $DF = 3$, $F = 3.25$ และ $P = 0.023$ (ค่า P-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ใช้ทดสอบ $\alpha = 0.05$) แสดงว่าจำนวนรุ่นที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อต้นทุนรวมให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จากการศึกษาอิทธิพลร่วมระหว่างประชากรเริ่มต้นกับจำนวนรุ่น พบว่า $DF = 6$, $F = 2.13$ และ $P = 0.052$ (ค่า P-value มากกว่าระดับนัยสำคัญที่ใช้ทดสอบ $\alpha = 0.05$) แสดงว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างจำนวนประชากรเริ่มต้นกับจำนวนรุ่นต่อต้นทุนรวม

จากรูปที่ 4.17 จะเห็นได้ว่าในกระบวนการหาคำตอบของข้อมูลอินพุตพืชซึ่งรวมขั้นตอนเชิงพันธุกรรมนั้น พบว่าเมื่อระดับของปัจจัยแตกต่างกันออกไป จะส่งผลต่อการค้นหาคำตอบของปัญหาตัวอย่างเช่น จำนวนประชากรเริ่มต้นที่ระดับแตกต่างกัน 10, 30 และ 50 จะเห็นได้ว่าจากรูปที่ 4.17 ในการหาคำตอบนั้นเมื่อจำนวนของ ประชากรเริ่มต้น (Initial Population: $v = 50$) มากจะทำให้ช่วงคำตอบของต้นทุนต่ำสุดที่ได้แตกต่างกันไม่มาก (ช่วง 20,000 – 25,000 บาท) ของต้นทุน และค่าเฉลี่ย (ประมาณ 21000 บาท) ในการเข้าหาคำตอบต่ำสุด แต่ถ้าจำนวนประชากร



รูปที่ 4.17 แสดง Box Plot ของต้นทุนรวม ด้วยวิธีการนำเสนอในงานวิจัยนี้ของปัญหาที่ 1 น้อย ($v = 10$) ค่าตอบจะกว้างมาก (ช่วง 20,000 - 30,000 บาท) และค่าเฉลี่ย (ประมาณ 24,000 บาท) ในการเข้าหาคำตอบ ดังนั้นแสดงว่าเมื่อระดับของปัจจัยมากจะส่งผลที่ดีต่อการค้นหาคำตอบต่ำสุดของปัญหา

4.3.2 เปรียบเทียบผลการทดลองของจำนวนประชากรเริ่มต้นและจำนวนรุ่นของปัญหาที่ 2
ปัญหาที่ 2 จากการทดลองพบว่าข้อมูลอินพุตตัวเลขพีชซึ่งร่วมกับขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการแก้ปัญหาจัดฝั่งเครื่องจักร ทำการทดลองที่มีการกำหนดจำนวนประชากรเริ่มต้นและจำนวนรุ่น

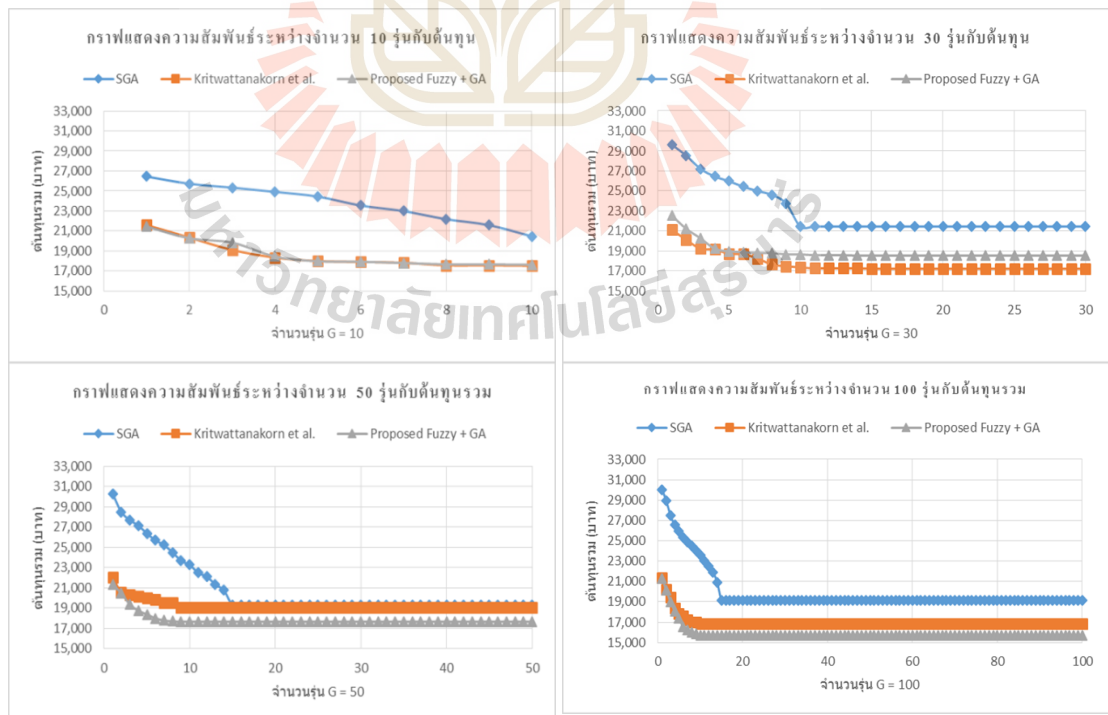
เปรียบเทียบวิธีระหว่างวิธี SGA, วิธี Kritwattanakorn และคณะ และวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ ค้นหาค่าวัตถุประสงค์จากผลการรัน ทำการทดลองในการให้ค่าพารามิเตอร์ จากตารางที่ 4.16 ได้ผลของการหาคำตอบของแต่ละวิธี โดยจะได้คำตอบที่ดีที่สุด 15 คำตอบ (รัน 15 ครั้ง) ในแต่ละระดับของตัวแปรที่ใช้ นำผลค่า Min และ Max จากการรันหาคำตอบค่าวัตถุประสงค์ แสดงผลที่ได้ดังในตารางที่ 4.19

จากตารางที่ 4.19 จะเห็นได้ว่าการรันแต่ละครั้งจะได้คำตอบที่ดีที่สุดมา 1 คำตอบ แต่คำตอบที่ได้จะเข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุด (Global minimum) นั้นขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมเช่นเดียวกับปัญหาที่ 1 และเมื่อนำผลที่ได้ไปสร้างกราฟการลู่เข้าหาคำตอบ แสดงในรูปที่ 4.18 - 4.20

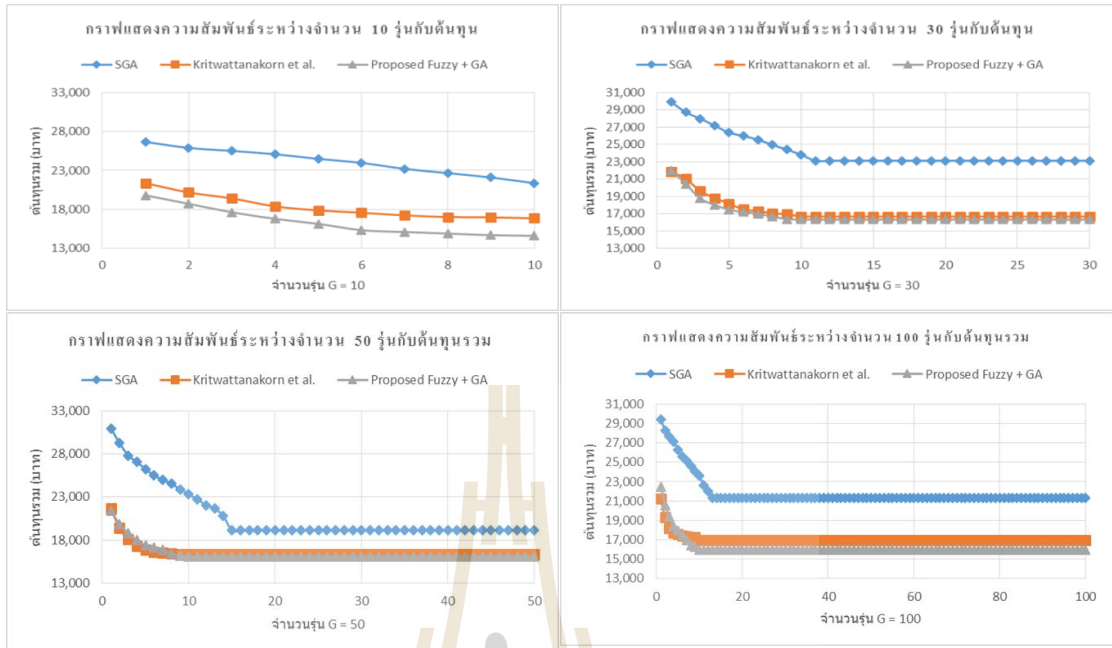
ตารางที่ 4.19 เปรียบเทียบผลการรัน 15 ครั้งกับวิธีการที่แตกต่างกันของปัญหาที่ 2

ประชากรเริ่มต้น (n)	จำนวนรุ่น (G)	Average Objective Function (บาท)					
		$SGA^{R,M}$		$Kritwattanakorn et al.^R$		$Proposed Fuzzy + GA^{T,15\%}$	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
10	10	13,440	21,760	14,080	19,840	16,250	20,150
	30	16,640	21,120	14,720	19,200	15,600	20,150
	50	16,640	22,400	15,360	21,120	14,300	20,150
	100	17,280	21,760	17,280	22,400	15,600	20,150
30	10	16,640	22,400	15,360	18,560	14,300	17,550
	30	15,360	21,760	15,360	17,920	13,650	19,500
	50	14,720	20,480	14,720	18,560	14,950	17,550
	100	17,280	21,760	14,720	18,560	13,650	18,200
50	10	17,280	21,120	14,720	17,920	14300*	17,550
	30	15,360	20,480	14,080	17,280	14,300	18,850
	50	17,280	21,120	14,080	18,560	13,000	18,200
	100	14,080	21,120	14,080	17,280	13,650	18,200

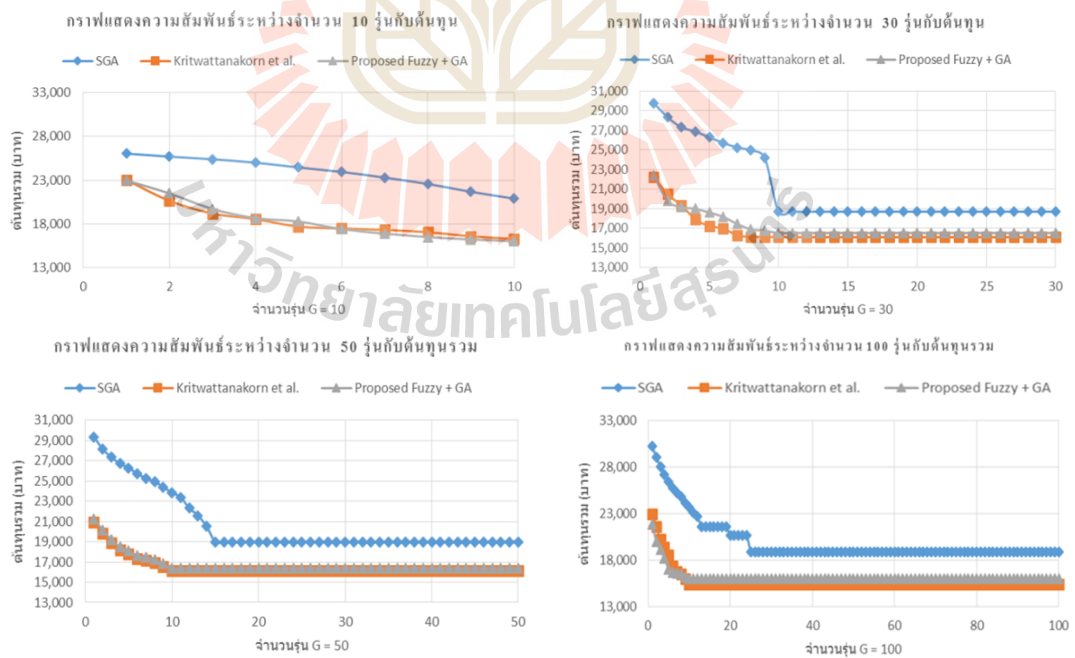
หมายเหตุ R คือวิธี Roulette Wheel Selection M คือวิธี Mutation ($P_m = 0.1$) ร่วมกับการ Crossover ($P_c = 0.8$)
 T คือ Tournament Selection 15% คือกรณีศึกษาที่ความแตกต่างค่าต่ำสุดกับค่ามากที่สุดที่ 15%
 * คือ Best Machine Layout



รูปที่ 4.18 ค่าเฉลี่ยแสดงแนวโน้มการหาคำตอบของประชากรเริ่มต้น 10 ที่มีจำนวนรุ่นแตกต่างกันของปัญหาที่ 2



รูปที่ 4.19 ค่าเฉลี่ยแสดงแนวโน้มการหาคำตอบของประชากรเริ่มต้น 30 ที่มีจำนวนรุ่นแตกต่างกันของปัญหาที่ 2



รูปที่ 4.20 ค่าเฉลี่ยแสดงแนวโน้มการหาคำตอบของประชากรเริ่มต้น 50 ที่มีจำนวนรุ่นแตกต่างกันของปัญหาที่ 2

โดยจากรูปที่ 4.18 - 4.20 จะเห็นว่าจำนวนรุ่นจะส่งผลต่อการเข้าสู่หาคำตอบ ที่มีลักษณะการเข้าสู่หาคำตอบของค่าเฉลี่ยมีแนวโน้มการเข้าสู่อย่างรวดเร็วในระยะหนึ่ง และจะคงที่ต่อมาจากจะครบจำนวนรุ่นเงื่อนไขที่กำหนด จะกลายเป็นคำตอบของปัญหานั้นๆ

ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบที่จำนวนรุ่นที่เท่ากันจะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของแนวโน้มการเข้าสู่หาคำตอบของต้นทุนรวมระหว่างวิธี Kritwattanakorn และคณะ และวิธีนำเสนอในงานวิจัยนี้จะมีค่าเฉลี่ยแนวโน้มการเข้าสู่ที่ใกล้เคียงกันเมื่อจำนวนรุ่นเพิ่มมากขึ้น ดังเช่นตัวอย่างในรูปที่ 4.20 โดยวิธีการนำเสนอในงานวิจัยจะเริ่มมีค่าเฉลี่ยแนวโน้มการเข้าสู่หาคำตอบที่จำนวนรุ่นประมาณรุ่นที่ 8 จะเริ่มคงที่ ส่วนวิธี Kritwattanakorn และคณะจะมีค่าเฉลี่ยแนวโน้มการเข้าสู่ที่รุ่นที่ 9 จะเริ่มคงที่แต่วิธีของ Kritwattanakorn และคณะจะสามารถเข้าสู่โดยเฉลี่ยหาคำตอบของต้นทุนที่ต่ำมากกว่า

และทำการศึกษาเปรียบเทียบวิเคราะห์ปัจจัยที่จะส่งผลให้เกิดผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย (Interaction) เมื่อมีผลของตัวแปรตอบสนองที่หลายๆ ระดับของปัจจัยหนึ่ง ของวิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ว่า จำนวนประชากรเริ่มต้นและจำนวนรุ่นมีอิทธิพลร่วมระหว่างกันหรือไม่ โดยทำการทดสอบ Two Way ANOVA ผลการทดลองที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ผลลัพธ์ผลกระทบระหว่างปัจจัยของจำนวนประชากรเริ่มต้นกับจำนวนรุ่นของวิธีการนำเสนอในงานวิจัยนี้ในปัญหาที่ 2

Source	DF	SS	MS	F	P
Initial Population	2	123201000	61600500	40.45	0.000
Generation	3	21885500	7295167	4.79	0.003
Interaction	6	5577000	929500	0.61	0.722
Error	168	255866000	1523012		
Total	179	406529500			

S = 1234 R-Sq = 37.06% R-Sq(adj) = 32.94%

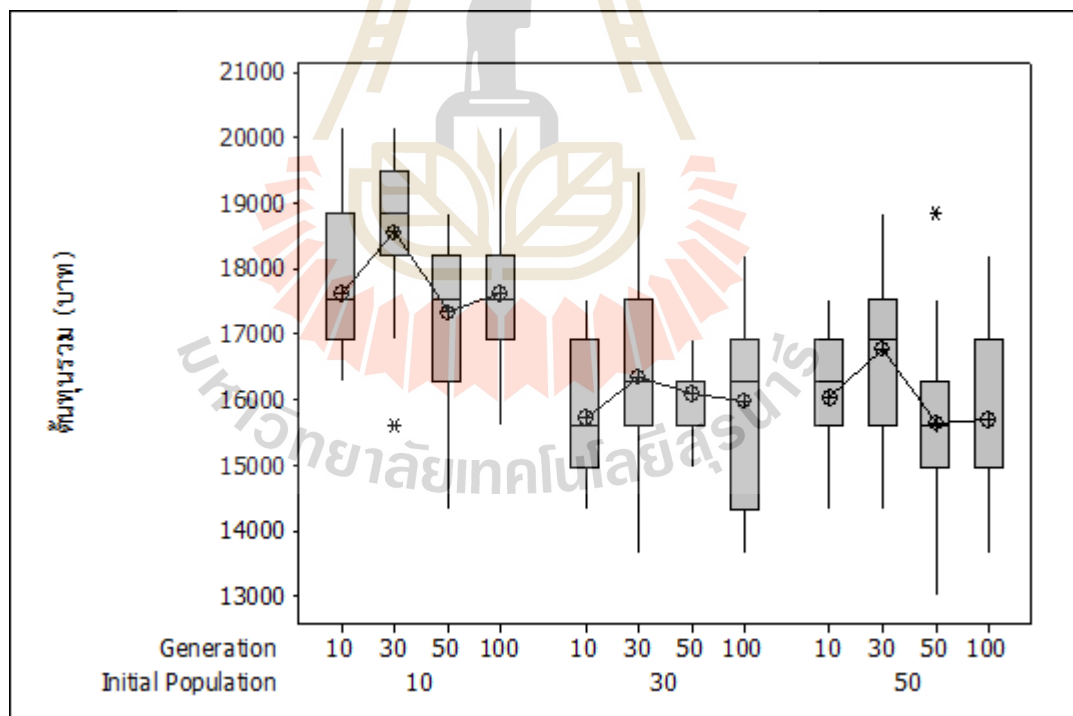
ผลลัพธ์จากตารางที่ 4.20 ผลลัพธ์ผลกระทบระหว่างปัจจัยของจำนวนประชากรเริ่มต้นกับจำนวนรุ่นของวิธีการนำเสนอในงานวิจัยนี้ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์

จากการศึกษาอิทธิพลของประชากรเริ่มต้นที่ 3 ระดับคือ 10, 30, และ 50 พบว่า DF = 2 , F = 40.45 และ P = 0.000 (ค่า P-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ใช้ทดสอบ alpha = 0.05) แสดงว่าจำนวนประชากรที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อต้นทุนรวมให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จากการศึกษาอิทธิพลของจำนวนรุ่นที่ 4 ระดับคือ 10, 30, 50 และ 100 พบว่า $DF = 3$, $F = 4.79$ และ $P = 0.003$ (ค่า P-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ใช้ทดสอบ $\alpha = 0.05$) แสดงว่าจำนวนรุ่นที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อต้นทุนรวมให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จากการศึกษาอิทธิพลร่วมระหว่างประชากรเริ่มต้นกับจำนวนรุ่น พบว่า $DF = 6$, $F = 0.61$ และ $P = 0.722$ (ค่า P-value มากกว่าระดับนัยสำคัญที่ใช้ทดสอบ $\alpha = 0.05$) แสดงว่า ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างจำนวนประชากรเริ่มต้นกับจำนวนรุ่นต่อต้นทุนรวม

จะเห็นได้ว่าในกระบวนการหาคำตอบของข้อมูลอินพุตพีชชีร่วมกับขั้นตอนเชิงพันธุกรรมพบว่าเมื่อระดับของปัจจัยหนึ่งๆ แตกต่างกันออกไปจะส่งผลต่อการค้นหาคำตอบของปัญหา ดังแสดงในรูปที่ 4.21 พบว่าค่าเฉลี่ยของการดูเข้าหาคำตอบของจำนวนประชากรเริ่มต้น $v = 50$ มีค่าเฉลี่ย (ประมาณ 16,000 บาท) ในการดูเข้าหาคำตอบต่ำสุดได้ดีกว่าจำนวนประชากรเริ่มต้น $v = 10$ ที่มีค่าเฉลี่ยมากกว่า (ประมาณ 18,000 บาท) ดังนั้นเมื่อระดับของจำนวนประชากรเริ่มที่มากจะส่งผลที่ดีต่อการค้นหาคำตอบที่ต่ำสุดของปัญหา



รูปที่ 4.21 แสดง Box Plot ของต้นทุนรวม ด้วยวิธีการนำเสนอในงานวิจัยนี้ของปัญหาที่ 2

4.3.3 เปรียบเทียบผลการทดลองของจำนวนประชากรเริ่มต้นและจำนวนรุ่นของปัญหาที่ 3

ปัญหาที่ 3 จากการทดลองพบว่าข้อมูลอินพุตตัวเลขฟัซซีร่วมกับขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการแก้ปัญหาจัดผังเครื่องจักร ทำการทดลองที่มีการกำหนดจำนวนประชากรเริ่มต้นและจำนวนรุ่น

เปรียบเทียบวิธีระหว่างวิธี SGA, วิธี Kritwattanakorn et al. และวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ คำนวณหาค่าวัตถุประสงค์จากผลการรัน ทำการทดลองในการให้ค่าพารามิเตอร์ ดังตารางที่ 4.16 ได้ผลของการหาคำตอบของแต่ละวิธี โดยจะได้คำตอบที่ดีที่สุด 15 คำตอบ (รัน 15 ครั้ง) ในแต่ละระดับของตัวแปรที่ใช้ นำผลค่า Min และ Max จากการรันหาคำตอบค่าวัตถุประสงค์แสดงผลที่ได้ดังในตารางที่ 4.21

จากตารางที่ 4.19 จะเห็นได้ว่าการรันแต่ละครั้งจะได้คำตอบที่ดีที่สุดมา 1 คำตอบ แต่คำตอบที่ได้จะเข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุด (Global minimum) นั้นขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมเช่นเดียวกับปัญหาที่ 1 และปัญหาที่ 2 เมื่อนำผลที่ได้ไปสร้างกราฟแนวโน้มของค่าเฉลี่ยการลู่เข้าหาคำตอบของปัญหาที่ 3 ดังแสดงในรูปที่ 4.22 – 4.24

ตารางที่ 4.21 เปรียบเทียบผลการรัน 15 ครั้งกับวิธีการที่แตกต่างกันของปัญหาที่ 3

ประชากรเริ่มต้น (n)	จำนวนรุ่น (G)	Average Objective Function (U _{AV})					
		$SGA^{R,M}$		<i>Kritwattanakorn et al.</i> ^R		<i>Proposed Fuzzy + GA</i> ^{T,15%}	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
10	10	8,047	11,769	7,444	10,010	5,502	7,164
	30	8,749	12,704	7,460	9,270	5,131	6,578
	50	10,035	13,191	6,846	9,081	5,502	7,164
	100	10,346	13,503	7,586	9,585	5,693	6,638
30	10	10,561	12,003	6,846	8,027	5,071	6,183
	30	8,729	12,353	5,477	8,389	4102*	5,956
	50	10,113	13,152	7,428	8,751	5,071	6,183
	100	10,541	12,802	6,705	8,451	4,641	6,243
50	10	9,119	13,464	6,594	8,247	4,342	5,789
	30	9,138	12,120	6,673	8,593	4,653	5,825
	50	9,411	13,094	6,390	9,301	4,342	5,825
	100	10,093	12,685	6,689	8,294	4,987	5,884

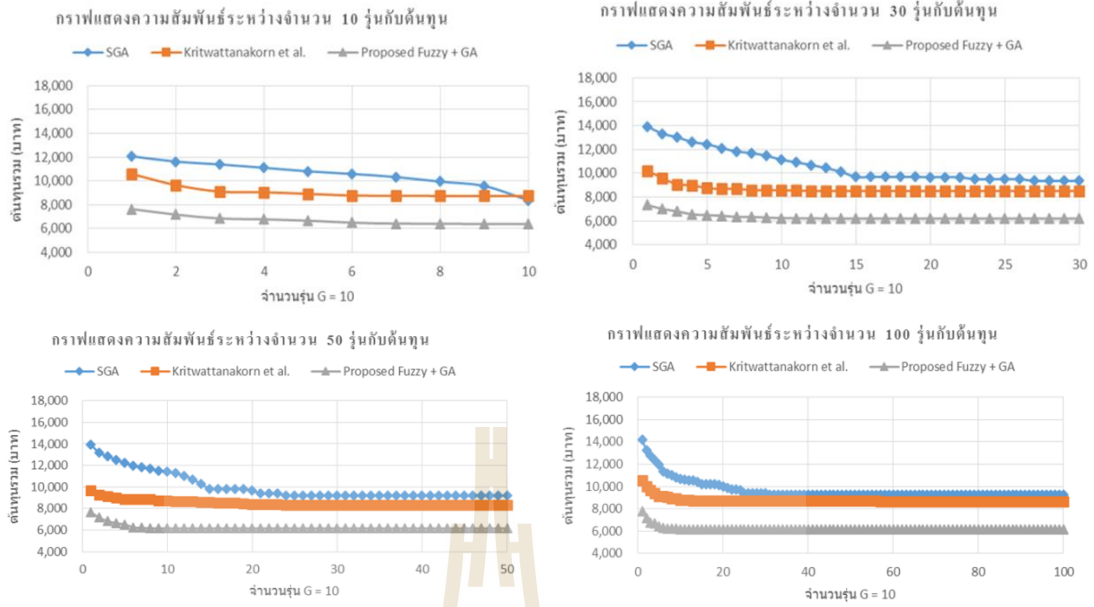
หมายเหตุ R คือวิธี Roulette Wheel Selection

M คือวิธี Mutation (P_m = 0.1) ร่วมกับการ Crossover (P_c = 0.8)

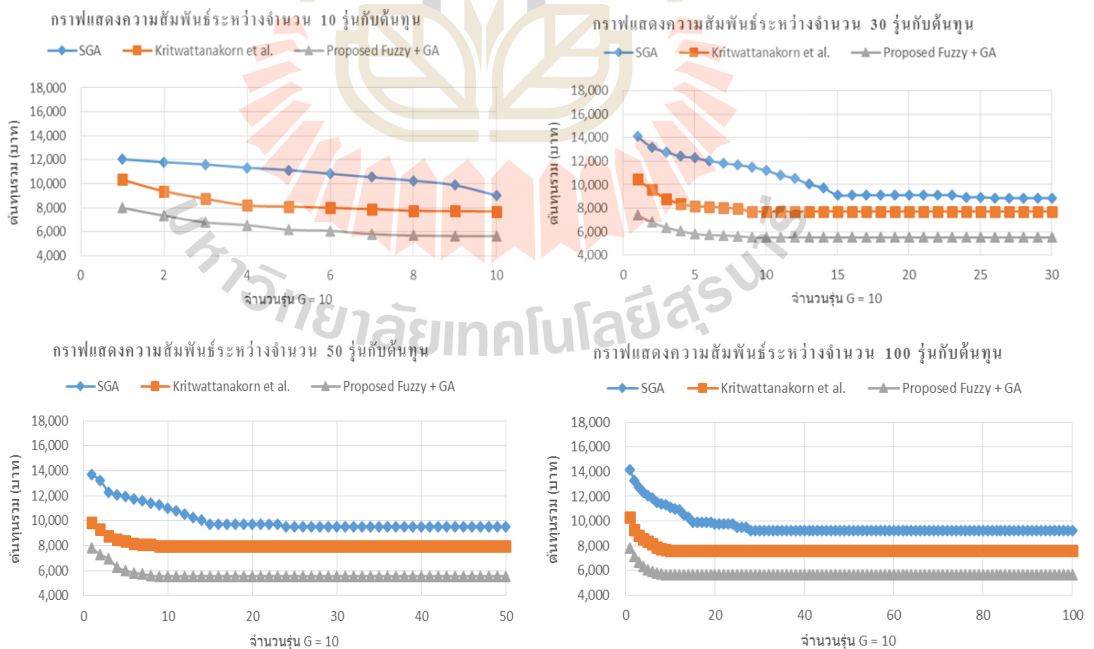
T คือ Tournament Selection

15% คือกรณีศึกษาที่ความแตกต่างค่าต่ำสุดกับค่ามากที่สุดที่ 15%

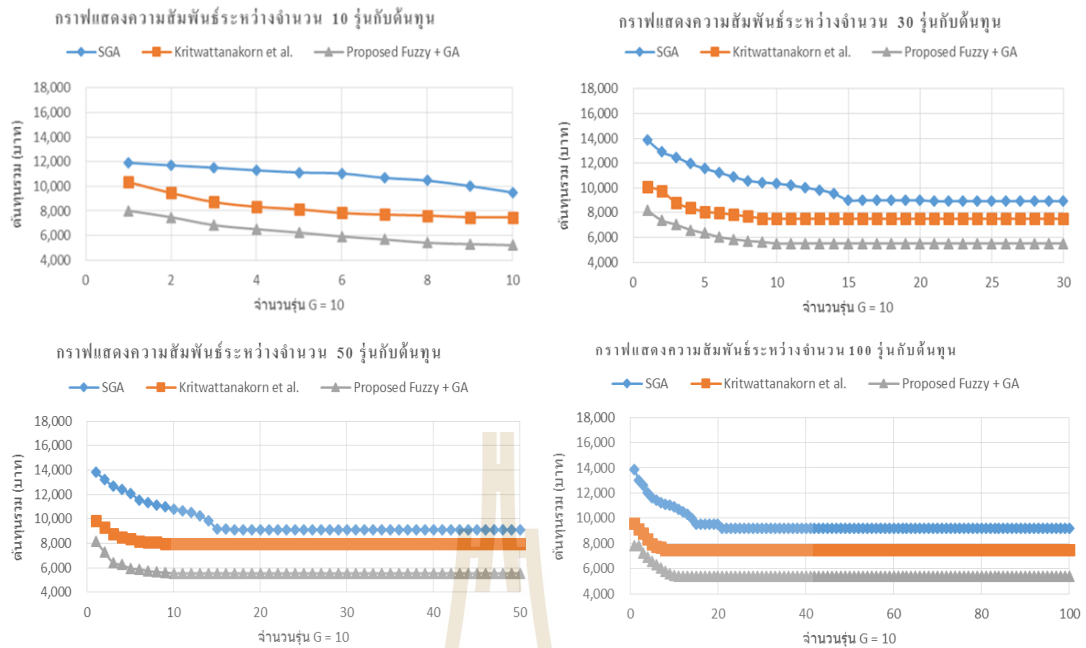
* คือ Best Machine Layout



รูปที่ 4.22 ค่าเฉลี่ยแสดงแนวโน้มการหาคำตอบของประชากรเริ่มต้น 10 ที่มีจำนวนรุ่นแตกต่างกันของปัญหาที่ 3



รูปที่ 4.23 ค่าเฉลี่ยแสดงแนวโน้มการหาคำตอบของประชากรเริ่มต้น 30 ที่มีจำนวนรุ่นแตกต่างกันของปัญหาที่ 3



รูปที่ 4.24 ค่าเฉลี่ยแสดงแนวโน้มการหาคำตอบของประชากรเริ่มต้น 50 ที่มีจำนวนรุ่นแตกต่างกันของปัญหาที่ 3

โดยจากรูปที่ 4.22 – 4.24 จะเห็นว่าจำนวนรุ่นจะส่งผลต่อการหาคำตอบ ที่มีลักษณะการหาคำตอบของค่าเฉลี่ยมีแนวโน้มการหาคำตอบอย่างรวดเร็วในระยะหนึ่ง และจะคงที่ต่อมากกว่าจะครบจำนวนรุ่นเงื่อนไขที่กำหนด จะกลายเป็นคำตอบของปัญหานั้นๆ

ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบที่จำนวนรุ่นที่เท่ากัน จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของแนวโน้มการหาคำตอบของต้นทุนรวมระหว่างวิธี Kritwattanakorn และคณะ และวิธีนำเสนอในงานวิจัยนี้จะมีค่าเฉลี่ยการหาคำตอบ โดยวิธีการนำเสนอในงานวิจัยจะเริ่มมีค่าเฉลี่ยแนวโน้มการหาคำตอบที่จำนวนรุ่นน้อยกว่าและสามารถเข้าหาต้นทุนที่ต่ำกว่าวิธี Kritwattanakorn และคณะ

และทำการศึกษาเปรียบเทียบวิเคราะห์ปัจจัยที่จะส่งผลให้เกิดผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย (Interaction) เมื่อมีผลของตัวแปรตอบสนองที่หลายๆ ระดับของปัจจัยหนึ่ง ของวิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ว่า จำนวนประชากรเริ่มต้นและจำนวนรุ่นมีอิทธิพลร่วมระหว่างกันหรือไม่ โดยทำการทดสอบ Two Way ANOVA ผลการทดลองที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 ผลลัพธ์ผลกระทบระหว่างปัจจัยของจำนวนประชากรเริ่มต้นกับจำนวนรุ่นของวิธีการนำเสนอในงานวิจัยนี้ในปัญหาที่ 4

Source	DF	SS	MS	F	P
Initial Population	2	1077705	538853	68.70	0.000
Generation	3	42876	14292	1.82	0.145
Interaction	6	100943	16824	2.14	0.051
Error	168	1317804	7844		
Total	179	2539327			

S = 88.57 R-Sq = 48.10% R-Sq(adj) = 44.71%

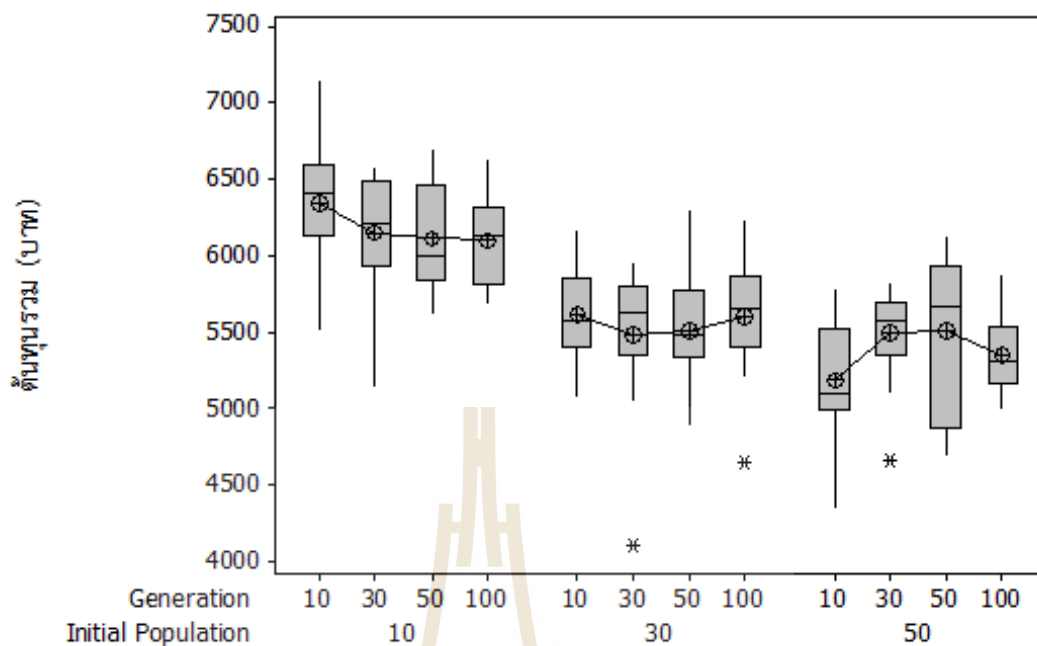
ผลลัพธ์จากตารางที่ 4.22 ผลลัพธ์ผลกระทบระหว่างปัจจัยของจำนวนประชากรเริ่มต้นกับจำนวนรุ่นของวิธีการนำเสนอในงานวิจัยนี้ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์

จากการศึกษาอิทธิพลของประชากรเริ่มต้นที่ 3 ระดับคือ 10, 30, และ 50 พบว่า $DF = 2$, $F = 68.70$ และ $P = 0.000$ (ค่า P-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ใช้ทดสอบ $\alpha = 0.05$) แสดงว่าจำนวนประชากรเริ่มต้นที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อต้นทุนรวมให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จากการศึกษาอิทธิพลของจำนวนรุ่นที่ 4 ระดับคือ 10, 30, 50 และ 100 พบว่า $DF = 3$, $F = 1.82$ และ $P = 0.145$ (ค่า P-value มากกว่าระดับนัยสำคัญที่ใช้ทดสอบ $\alpha = 0.05$) แสดงว่าจำนวนรุ่นแตกต่างกัน ไม่ส่งผลต่อต้นทุนรวมให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จากการศึกษาอิทธิพลร่วมระหว่างประชากรเริ่มต้นกับจำนวนรุ่น พบว่า $DF = 6$, $F = 2.14$ และ $P = 0.051$ (ค่า P-value มากกว่าระดับนัยสำคัญที่ใช้ทดสอบ $\alpha = 0.05$) แสดงว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างจำนวนประชากรเริ่มต้นกับจำนวนรุ่นต่อต้นทุนรวม

จากรูปที่ 4.25 จะเห็นได้ว่าในกระบวนการหาคำตอบของข้อมูลอินพุตพีชซีร่วมกับขั้นตอนเชิงพันธุกรรมนั้น เมื่อจำนวนของประชากรเริ่มต้นมาก จะทำให้ได้ผลของการรันคำตอบนั้น ใกล้เคียงกับค่า คำตอบที่ดีที่สุด (Global minimum) มากขึ้น ซึ่งดูได้จากจำนวนของประชากรเริ่มต้น $v = 50$ จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ย (ประมาณ 5,500 บาท) จะได้คำตอบของต้นทุนต่ำกว่าจำนวนรุ่นประชากรเริ่มต้นที่ $v = 10$ ที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า (ประมาณ 6,200 บาท) แสดงในรูปที่ 4.25 ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบ Two Way ANOVA ในตารางที่ 4.22 ว่าในระดับที่จำนวนประชากรที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อต้นทุนรวมให้มีความแตกต่าง



รูปที่ 4.25 แสดง Box Plot ของต้นทุนรวม ด้วยวิธีการนำเสนอในงานวิจัยนี้ของปัญหาที่ 3

4.3.4 เปรียบเทียบผลการทดลองของจำนวนประชากรเริ่มต้นและจำนวนรุ่นของปัญหาที่ 4

ปัญหาที่ 4 จากการทดลองพบว่าข้อมูลอินพุตตัวเลขพีชซึ่งร่วมกับขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการแก้ปัญหาจัดผังเครื่องจักร ทำการทดลองที่มีการกำหนดจำนวนประชากรเริ่มต้นและจำนวนรุ่น

เปรียบเทียบวิธีระหว่างวิธี SGA, วิธี Kritwattanakorn และคณะ และวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ จำนวนค่าวัตถุประสงค์จากผลการรัน ทำการทดลองในการให้ค่าพารามิเตอร์ จากตารางที่ 4.16 ได้ผลของการหาคำตอบของแต่ละวิธี โดยจะได้คำตอบที่ดีที่สุด 15 คำตอบ (รัน 15 ครั้ง) ในแต่ละระดับของตัวแปรที่ใช้ นำผลค่า Min และ Max จากการรันหาคำตอบค่าวัตถุประสงค์แสดงผลที่ได้ดังในตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 เปรียบเทียบผลการรัน 15 ครั้งกับวิธีการที่ต่างกันของปัญหาที่ 4

ประชากรเริ่มต้น (v_n)	จำนวนรุ่น (G)	Average Objective Function (JFM)					
		$SGA^{R,M}$		<i>Kritwattanakorn et al.^R</i>		<i>Proposed Fuzzy + GA^T</i>	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
10	10	1,714	2,019	1,275	1,532	1,619	1,921
	30	1,411	1,846	1,161	1,540	1,573	1,847
	50	1,426	1,924	1,256	1,553	1,573	1,921
	100	1,610	1,778	1,184	1,527	1,552	2,017
30	10	1,545	2,007	1,153	1,343	1,415	1,684
	30	1,493	1,946	1,128	1,344	1,484	1,693
	50	1,486	1,854	1,148	1,389	1,415	1,684
	100	1,541	1,863	1,115	1,344	1,455	1,773
50	10	1,393	1,816	1106*	1,539	1,467	1,837
	30	1,516	1,890	1,161	1,575	1,467	1,726
	50	1,361	1,859	1,075	1,354	1,467	1,837
	100	1,512	1,958	1,119	1,283	1,415	1,620

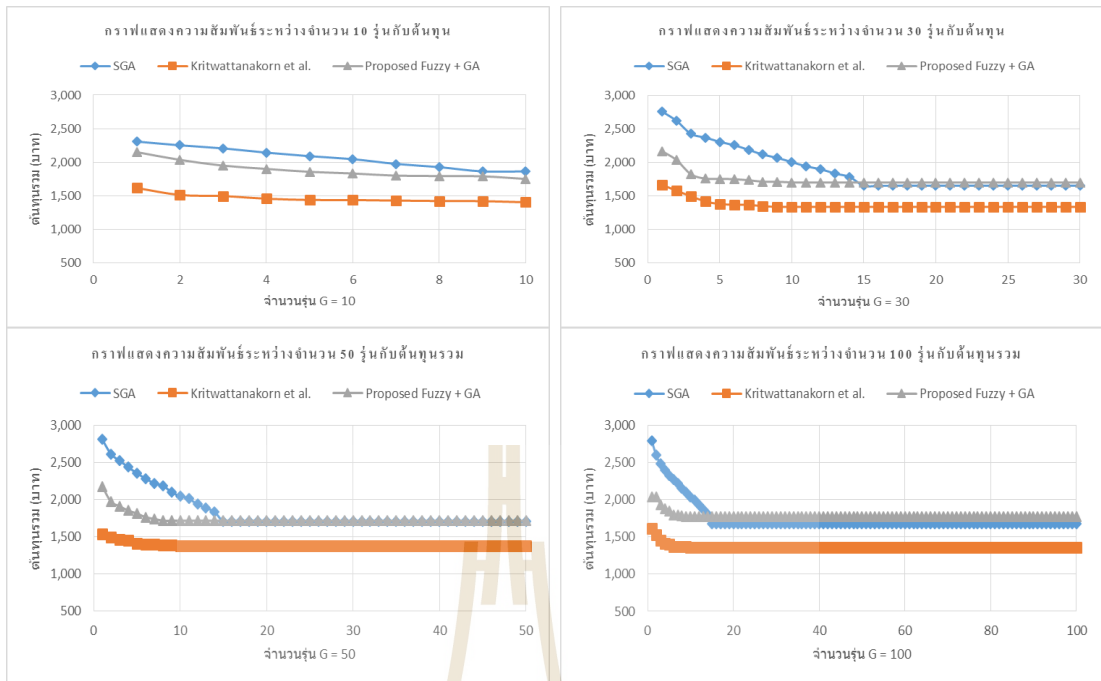
หมายเหตุ R คือวิธี Roulette Wheel Selection

M คือวิธี Mutation (Pm = 0.1) ร่วมกับการ Crossover (Pc = 0.8)

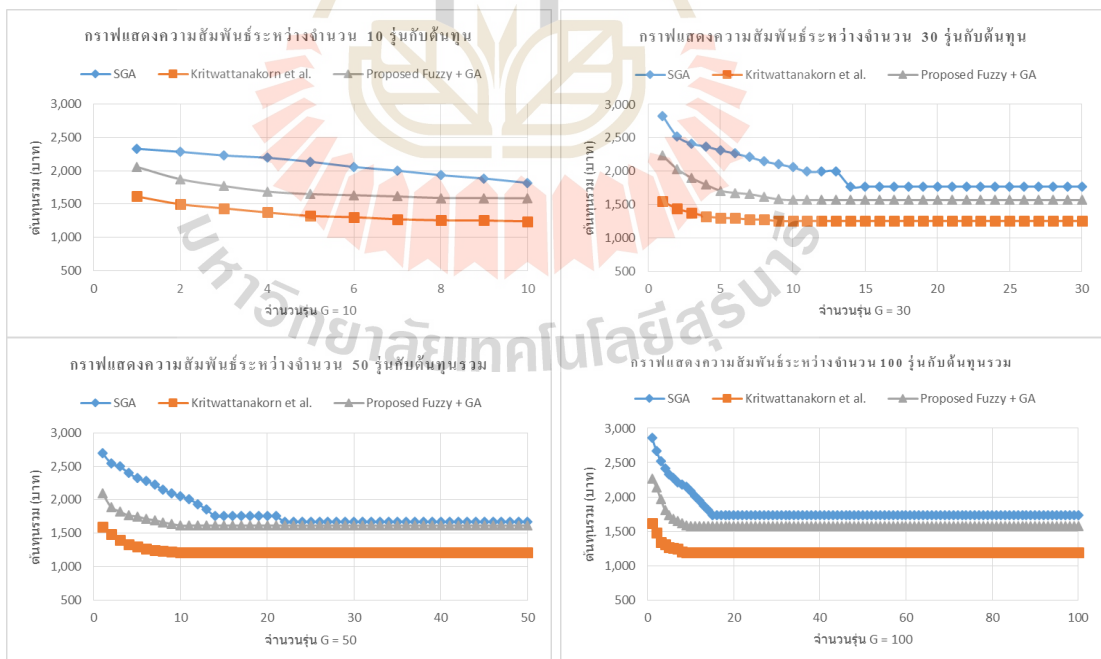
T คือ Tournament Selection

* คือ Best Machine Layout

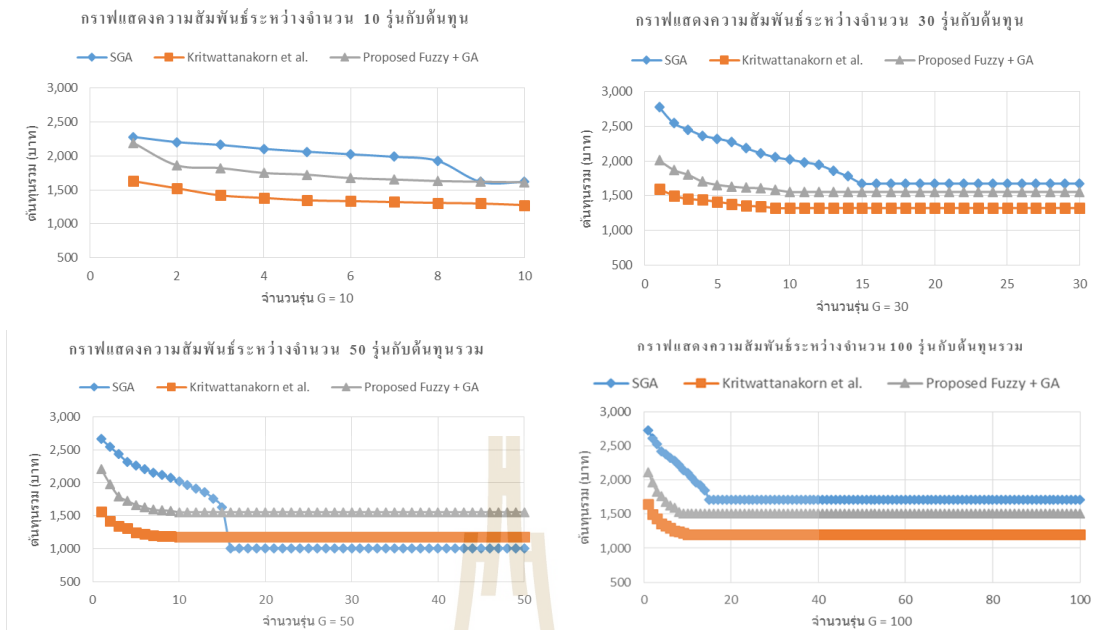
จากตารางที่ 4.23 จะเห็นได้ว่าในการรันแต่ละครั้งจะได้คำตอบที่ดีที่สุดมา 1 คำตอบ จากการรัน 15 ครั้ง (คำตอบที่ดีที่สุด 15 คำตอบ) และเมื่อนำผลที่ได้ไปสร้างกราฟการดูเข้าหาคำตอบ แสดงในรูปที่ 4.26 – 4.28



รูปที่ 4.26 ค่าเฉลี่ยแสดงแนวโน้มนำการรู้หาคำตอบของประชากรเริ่มต้น 10 ที่มีจำนวนรุ่นแตกต่างกันของปัญหาที่ 4



รูปที่ 4.27 ค่าเฉลี่ยแสดงแนวโน้มนำการรู้หาคำตอบของประชากรเริ่มต้น 30 ที่มีจำนวนรุ่นแตกต่างกันของปัญหาที่ 4



รูปที่ 4.28 ค่าเฉลี่ยแสดงแนวโน้มการหาคำตอบของประชากรเริ่มต้น 50 ที่มีจำนวนรุ่นแตกต่างกันของปัญหาที่ 4

โดยจากรูปที่ 4.26 – 4.28 จะเห็นว่าจำนวนรุ่นจะส่งผลต่อการหาคำตอบ ที่มีลักษณะการหาคำตอบของค่าเฉลี่ยมีแนวโน้มการหาคำตอบอย่างรวดเร็วในระยะหนึ่ง และจะคงที่ต่อมาจากกว่าจะครบจำนวนรุ่นเงื่อนไขที่กำหนด จะกลายเป็นคำตอบของปัญหานั้นๆ

และทำการทดสอบ Two Way ANOVA ผลการทดลองที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 ผลลัพธ์ผลกระทบระหว่างปัจจัยของจำนวนประชากรเริ่มต้นกับจำนวนรุ่นของวิธีการนำเสนอในงานวิจัยนี้ในปัญหาที่ 4

Source	DF	SS	MS	F	P
Initial Population	2	21148824	10574412	74.80	0.000
Generation	3	33040	11013	0.08	0.972
Interaction	6	1739507	289918	2.05	0.062
Error	168	23750178	141370		
Total	179	46671549			

S = 376.0 R-Sq = 49.11% R-Sq(adj) = 45.78%

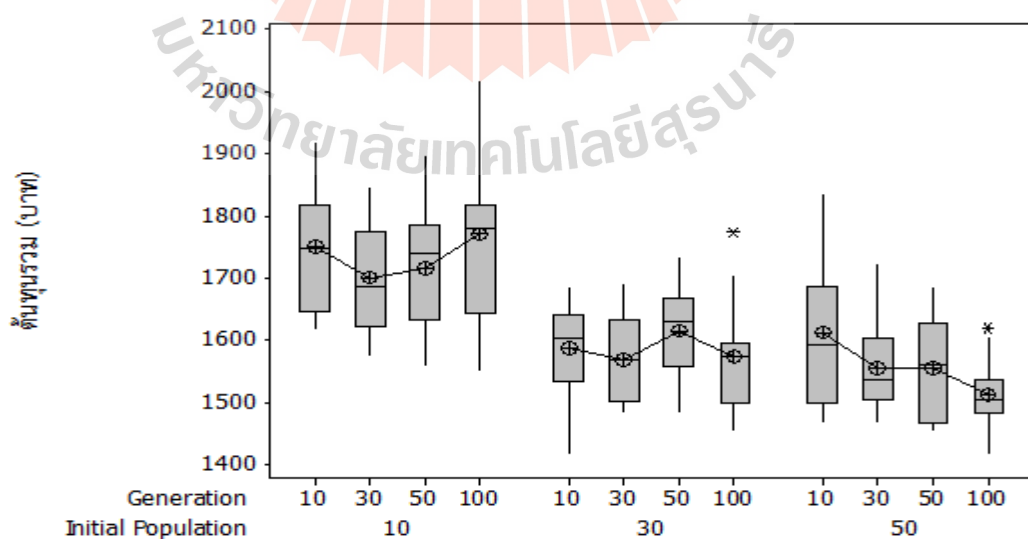
ผลลัพธ์จากตารางที่ 4.24 ผลลัพธ์ผลกระทบระหว่างปัจจัยของจำนวนประชากร เริ่มต้นกับจำนวนรุ่นของวิธีการนำเสนอในงานวิจัยนี้ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์

จากการศึกษาอิทธิพลของประชากรเริ่มต้นที่ 3 ระดับคือ 10, 30, และ 50 พบว่า $DF = 2$, $F = 74.80$ และ $P = 0.000$ (ค่า P-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ใช้ทดสอบ $\alpha = 0.05$) แสดงว่าจำนวนประชากรที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อต้นทุนรวมให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จากการศึกษาอิทธิพลของจำนวนรุ่นที่ 4 ระดับคือ 10, 30, 50 และ 100 พบว่า $DF = 3$, $F = 0.08$ และ $P = 0.972$ (ค่า P-value มากกว่าระดับนัยสำคัญที่ใช้ทดสอบ $\alpha = 0.05$) แสดงว่าจำนวนรุ่นที่แตกต่างกัน ไม่ส่งผลต่อต้นทุนรวมให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จากการศึกษาอิทธิพลร่วมระหว่างประชากรเริ่มต้นกับจำนวนรุ่น พบว่า $DF = 6$, $F = 2.05$ และ $P = 0.062$ (ค่า P-value มากกว่าระดับนัยสำคัญที่ใช้ทดสอบ $\alpha = 0.05$) แสดงว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างจำนวนประชากรเริ่มต้นกับจำนวนรุ่นต่อต้นทุนรวม

จากรูปที่ 4.29 จะเห็นได้ว่าในกระบวนการหาคำตอบของข้อมูลอินพุตพีชซี ร่วมกับขั้นตอนเชิงพันธุกรรมนั้น เมื่อจำนวนของประชากรเริ่มต้นมาก จะทำให้ได้ผลของการรันคำตอบนั้นใกล้เคียงกับค่า คำตอบที่ดีที่สุด (Global minimum) มากขึ้น ซึ่งดูได้จากจำนวนของประชากรเริ่มต้น $v = 50$ จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ย (ประมาณ 1,600 บาท) จะได้คำตอบของต้นทุนต่ำกว่าจำนวนรุ่นประชากรเริ่มต้นที่ $v = 10$ ที่ค่าเฉลี่ยสูงกว่า (ประมาณ 1,750 บาท) แสดงในรูปที่ 4.29 ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบ Two Way ANOVA ในตารางที่ 4.24 ว่าในระดับที่จำนวนประชากรที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อต้นทุนรวมให้มีความแตกต่าง



รูปที่ 4.29 แสดง Box Plot ของต้นทุนรวม ด้วยวิธีการนำเสนอในงานวิจัยนี้ของปัญหาที่ 4

4.2.5 สรุปผลการเปรียบเทียบของผลการทดลองในขั้นตอนเชิงพันธุกรรม

จากการทำการทดลองปรับปรุงวิธีของกระบวนการทางพันธุกรรมและปรับระดับความแตกต่างของปัจจัยเปรียบเทียบทั้ง 3 วิธี ได้แก่วิธี SGA, วิธี Kritwattanakorn และคณะ และวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ พบว่าสามารถหาคำตอบของปัญหาการจัดผังเครื่องจักรได้ สอดคล้องกับผลงานวิจัยของหลายๆ ท่านที่ได้จากทบทวนวรรณกรรม M. Ficko และคณะ (2004), J. A. Tompkins และคณะ (2010) เป็นต้น

ในการหาคำตอบนั้นขึ้นอยู่กับวิธีของกระบวนการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบมีการกำหนดเงื่อนไขเพิ่ม 2 เงื่อนไข ที่ไม่มีการกลายพันธุ์ในกระบวนการทางพันธุกรรม โดยจะพบว่าวิธี Kritwattanakorn และคณะ และวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ที่ใช้กระบวนการดังกล่าวนี้ จะมีค่าเฉลี่ยแนวโน้มนำแสดงการหาคำตอบได้ดีกว่าวิธี SGA จากการได้ทดลองแก้ปัญหาทั้ง 4 ปัญหา และวิธีการ Tournament Selection ทำให้มีประสิทธิภาพช่วยให้ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมหาคำตอบต่ำสุดที่มีความเหมาะสมได้เร็วในจำนวนรุ่นที่น้อยกว่าวิธี Roulette Wheel Selection ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยหลายท่านเช่น ผลงานวิจัยของ Noraini Mohd Razali และ John Geraghty (2011) และผลงานวิจัยของ Jinghui Zhong (2005) ได้นำเสนองานวิจัยที่เปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการคัดเลือกโครโมโซม

อีกส่วนที่มีผลต่อการหาคำตอบของปัญหาคือระดับปัจจัยที่แตกต่างกัน เช่น ในการทดลองเบื้องต้นได้ทำการปรับระดับปัจจัยที่แตกต่างกัน ได้แก่จำนวนประชากรเริ่มต้น และจำนวนรุ่น พบว่าถ้าจำนวนประชากรเริ่มต้นและจำนวนรุ่นมากขึ้นจะส่งผลให้สามารถเข้าใกล้ค่าที่ดีที่สุด (Global minimum) มากขึ้น K. C. Chan and H. Tansri (1993) ดังนั้นในการปรับระดับปัจจัยจึงมีผลต่อการค้นหาคำตอบของปัญหาตามไปด้วย

บทที่ 5

สรุปงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการนำข้อมูลอินพุตแบบตัวเลขพีชชีร่วมกับขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการแก้ปัญหาจัดฝั่งเครื่องจักร โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่ศึกษาข้อมูลอินพุตแบบพีชชีและศึกษาเปรียบเทียบวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมที่แตกต่างๆกัน มีการเปรียบเทียบระหว่างวิธี SGA, วิธี Kritwattanakorn และคณะ และวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ โดยมีค่าใช้จ่ายต้นทุนรวมต่ำสุด ในการตัดสินใจวางตำแหน่งฝั่งเครื่องจักร ของปัญหา 4 ปัญหาในการจัดฝั่งเครื่องจักร

พบว่าระยะทางรวมที่สั้นก็ไม่สามารถเป็นตัวชี้วัดได้ทั้งหมดว่าจะส่งผลต่อต้นทุนรวมที่ต่ำ ถ้ามีความไม่แน่นอนของข้อมูลเกิดขึ้น ก็สามารถส่งผลต่อต้นทุนรวมเพิ่มหรือลดได้ (เช่นในปัญหาที่ 4) ดังนั้นควรคำนึงถึงข้อมูลที่ไม่แน่นอนในการแก้ปัญหา ทำให้สามารถตัดสินใจจากความไม่แน่นอนของช่วงเวลาความต้องการผลิต การเติบโตของสินค้าได้ไกลสถานการณ์จริงยิ่งขึ้น

ส่วนวิธีการของกระบวนการทางพันธุกรรม มีผลต่อการหาค่าตอบของปัญหา จากการเปรียบเทียบทั้งสามวิธี พบว่าวิธีที่นำเสนอมีการปรับเปลี่ยนใช้การคัดเลือกวิธีการ Tournament Selection มีประสิทธิภาพช่วยให้หาค่าตอบที่มีความเหมาะสมได้เร็วกว่าวิธี SGA, วิธี Kritwattanakorn และคณะ ที่เลือกใช้การคัดเลือกวิธี Roulette Wheel Selection

ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของกระบวนการทางพันธุกรรมก็จะส่งผลต่อการหาค่าตอบเช่นกัน เห็นได้ว่าเมื่อจำนวนประชากรก่อนเริ่มต้นมากจะทำให้คำตอบที่ได้นั้นอยู่ใกล้เคียงกัน โดยการจากการวิเคราะห์ความแปรปรวน ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95 เห็นได้ปัจจัยที่ระดับความแตกต่างกันมีผลต่อขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแตกต่างกันไปตามแต่ละรูปแบบปัญหา

และจำนวนรุ่นก็จะส่งผลต่อลักษณะการหาค่าตอบ โดยพบว่าค่าที่ได้ในแต่ละจำนวนรุ่นมีแนวโน้มหาค่าที่ดีกว่าอย่างรวดเร็วในช่วงระยะหนึ่ง และจะเริ่มคงที่จนกว่าจะถึงเงื่อนไขในการหยุดซึ่งค่านี้คือคำตอบของปัญหา แต่คำตอบที่ได้อาจไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดของแต่ละปัญหานั้นๆ เนื่องจากอาจติดอยู่ในช่วง Local Optima ไม่สามารถเข้าสู่ Global Optima ได้ก่อนจำนวนรุ่นประชากรสุดท้ายที่จบเงื่อนไข

นอกจากนี้งานวิจัยนี้สามารถนำไปโปรแกรมที่ประยุกต์ขึ้นไปใช้งานแก้ปัญหาจัดวางฝั่งเครื่องจักรได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการพิจารณาในการจัดผังเครื่องจักรนั้นควรพิจารณาให้ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมากที่สุด ดังนั้นข้อมูลแบบพีชชีถือว่าเป็นข้อมูลที่สำคัญ เพราะในความเป็นจริงแล้วย่อมมีความไม่แน่นอนเกิดขึ้นเสมอ ดังนั้นความเป็นพีชชีจะเข้ามาช่วยจัดการเกี่ยวกับความไม่แน่นอนในส่วนนี้ได้
2. การสร้างประชากรเริ่มต้น ถือว่ามีความสำคัญมากเพราะกระบวนการเริ่มต้นของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมที่จะนำไปสู่การหาคำตอบที่ดีของปัญหา
3. กระบวนต่างๆ ของขั้นตอนเชิงพันธุกรรม นั้นมีส่วนสำคัญมากต่อการค้นหาคำตอบ การเลือกใช้งานควรมีลักษณะเฉพาะเจาะจงกับปัญหานั้นๆ โดยวิธีการแบบทั่วไป อาจจะไม่สามารถให้คำตอบที่ดีได้ ดังนั้นควรประยุกต์ใช้ให้ตรงกับปัญหา เพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด
4. ควรคำนึงถึงเวลา ตารางการผลิต และของเสียที่อาจเกิดขึ้นได้ ในการนำมาพิจารณาผังเครื่องจักรเพื่อให้ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมากที่สุด
5. ในการแก้ปัญหาคควรคำนึงถึงปัญหาแบบหลาย วัตถุประสงค์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบของปัญหา ให้ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมากยิ่งขึ้นส่งผลดียิ่งขึ้นในการนำไปใช้งานในระบบ

รายการอ้างอิง

- BALIN, S. (2011). **Parallel machine scheduling with fuzzy processing times using a robust genetic algorithm and simulation.** *Information Sciences*, 181, 3551-3569.
- CHEN, C. W. (1999). **A design approach to the multi-objective facility layout problem.** *International Journal of Production Research*, 37, 1175-1196.
- DATTA, D., AMARAL, A. R. S. & FIGUEIRA, J. R. 2011. **Single row facility layout problem using a permutation-based genetic algorithm.** *European Journal of Operational Research*, 213, 388-394.
- DEB, S. K. & BHATTACHARYYA, B. (2005). **Fuzzy decision support system for manufacturing facilities layout planning.** *Decision Support Systems*, 40, 305-314.
- DEFERSHA, F. M. & HODIYA, A. (2017). **A mathematical model and a parallel multiple search path simulated annealing for an integrated distributed layout design and machine cell formation.** *Journal of Manufacturing Systems*, 43, Part 1, 195-212.
- DRIRA, A., PIERREVAL, H. & HAJRI-GABOUJ, S. (2007). **Facility layout problems: A survey.** *Annual Reviews in Control*, 31, 255-267.
- EL-BAZ, M. A. (2004). **A genetic algorithm for facility layout problems of different manufacturing environments.** *Computers & Industrial Engineering*, 47, 233-246.
- FICKO, M., BREZOCNIK, M. & BALIC, J. (2004). **Designing the layout of single- and multiple-rows flexible manufacturing system by genetic algorithms.** *Journal of Materials Processing Technology*, 157, 150-158.
- GEN, M., IDA, K. & CHENG, C. (1995). **Multirow machine layout problem in fuzzy environment using genetic algorithms.** *Computers & Industrial Engineering*, 29, 519-523.
- GÜNGÖR, Z. & ARıKAN, F. (2000). **Application of fuzzy decision making in part-machine grouping.** *International Journal of Production Economics*, 63, 181-193.

- JINGHUI ZHONG, XIAOMIN HU, MIN GU AND JUN ZHANG. (2005) **Comparison of Performance between Different Selection Strategies on Simple Genetic Algorithms.** International Conference on Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation and International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce (CIMCA-IAWTIC'06), 28-30 Nov. 2005 2005. 1115-1121.
- KARRAY, F., ZANELDIN, E., HEGAZY, T., SHABEEB, A. & ELBELTAGI, E. (2000). **Computational intelligence tools for solving the facilities layout planning problem.** Proceedings of the 2000 American Control Conference. ACC (IEEE Cat. No.00CH36334), 2000 2000. 3954-3958 vol.6.
- KRITWATTANAKORN, S., CHAMNIPRASART, K. & BOONGSOOD, W. (2013). **A permutation-based genetic algorithm for solving the machine layout of manufacturing system.**
- MITSUO GEN, R. C. (1997). **Genetic Algorithms and Engineering Design.**
- MURTHY, P. B. G. S. N., RANGANAYAKULU, J., VIDHU, K. P. & RAO, K. V. 2016. **Heuristic Search Algorithm for the Single-row Machine Layout in an Automated Manufacturing System.** Procedia Technology, 25, 1088-1095.
- OJAGHI, Y., KHADEMI, A., YUSOF, N. M., RENANI, N. G. & HASSAN, S. A. H. B. S. (2015). **Production Layout Optimization for Small and Medium Scale Food Industry.** Procedia CIRP, 26, 247-251.
- SADRZADEH, A. (2012). **A genetic algorithm with the heuristic procedure to solve the multi-line layout problem.** Computers & Industrial Engineering, 62, 1055-1064.
- SRINIVAS, C., REDDY, B. R., RAMJI, K. & NAVEEN, R. (2014). **Sensitivity Analysis to Determine the Parameters of Genetic Algorithm for Machine Layout.** Procedia Materials Science, 6, 866-876.
- TAVAKKOLI-MOGHADDAIN, R. & SHAYAN, E. (1998). **Facilities layout design by genetic algorithms.** Computers & Industrial Engineering, 35, 527-530.
- VITAYASAK, S. & PONGCHAROEN, P. (2013). **Machine selection rules for designing multi-row rotatable machine layout considering rectangular-to-square ratio.** pp48-55.

- VITAYASAK, S. (2010). **Facility Layout Problem: a 10-year Review and Research Perspectives. 5.**
- WONG, B. K. & LAI, V. S. (2011). **A survey of the application of fuzzy set theory in production and operations management: 1998–2009.** International Journal of Production Economics, 129, 157-168.
- YIANGKAMOLSING, C. (2005). **AN APPLICATION OF GENETIC ALGORITHMS WITH CONSTRAINT-BASED FACILITY LAYOUT PROBLEM.** UTCC Engineering Research Papers.
- ZADEH, L. A. (1965). **Fuzzy sets.** Information and Control, 8, 338-353.
- ZHANG, S. G. A. Z. (2009). **Multiplication Operation on Fuzzy Numbers.**
- Varun Kumar S. G, and Dr. R.Panneerselvam (2017). **A Study of Crossover Operators for Genetic Algorithms to Solve VRP and its Variants and New Sinusoidal Motion Crossover Operator.** International Journal of Computational Intelligence Research ISSN 0973-1873 Volume 13, Number 7, pp. 1717-1733.
- M.ENEAL, G. GALANTE AND E. PANASCIA. (2003). **The facility layout problem approached using a fuzzy model and a genetic search.** Journal of Intelligent Manufacturing, 16, 303-316.
- CHEN, S.-M. (1996). **Evaluating weapon systems using fuzzy arithmetic operations.** Fuzzy Sets and Systems, 77, 265-276.
- DONG, W. M. & WONG, F. S. (1987). **Fuzzy Weighted Averages and Implementation of the Extension Principle.**
- LEE, K. Y., XIAOMIN, B. & YOUNG-MOON, P. (1995). **Optimization method for reactive power planning by using a modified simple genetic algorithm.** IEEE Transactions on Power Systems, 10, 1843-1850.
- R. G. ASKIN, C. R. STANDRIDGE. (1993). **Modeling and Analysis of Manufacturing Systems.** Wiley, New York.
- ตรีศักดิ์, ศ. (2537). **หนังสือการออกแบบและการวางผังโรงงาน.**
- ประสิทธิ์เต็ง, บ. (2554). **พัฒนาแอปพลิเคชันด้วย Visual Basic 2010.**

- วันวิสาข์, น. (2544). การประยุกต์ใช้พีชคณิตเชิงเส้นในกรณีการวิเคราะห์การไหลของข้อมูลในระบบการผลิตที่เข้าสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมที่มีเวลาการทำงานแบบพีชคณิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. บัณฑิตวิทยาลัย.
- โสภณ, จ. (2543). การประยุกต์ใช้ทฤษฎีพีชคณิตเชิงเส้นในการวิเคราะห์การทดแทนเครื่องจักร =: **The application of fuzzy set theory in theory in machine replacement analysis**, [ปทุมธานี], คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- อรรถวิทย์, ค. (2546). การประยุกต์ใช้เงื่อนไขการตัดสินใจในการออกแบบผังโรงงานที่ไม่เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. บัณฑิตวิทยาลัย.





ภาคนวค ก

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อบทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

ชิรานุวัฒน์ เจ็ดรัมย์ และ วรณวนัช บุ่งสุต. การประยุกต์ใช้ข้อมูลของอินพุตในการขนย้ายวัสดุที่ไม่ชัดเจนร่วมกับขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการจัดเรียงสถานีงานเครื่องจักร. การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2560 (IE-Net), โรงแรมดิเอ็มเพรสเชียงใหม่, เชียงใหม่, 12-15 กรกฎาคม 2560. (Best Paper Award)

Chiranuwat Jadram and Wanwanut Boongsod. **Application of Fuzzy Materials-Handling Inputs with the Genetic Algorithm for Machine Layout.** 2018 7th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM 2018), Oxford, United Kingdom, 7-9 March 2018.



ประวัติผู้เขียน

ข้าพเจ้านายชिरานูวัฒน์ เจ็ครัมย์ เกิดวันที่ 30 พฤศจิกายน 2536 เริ่มศึกษาชั้นประถมศึกษาที่โรงเรียนบ้านตลาดชัย ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่โรงเรียนบัวหลวงวิทยาคม ชั้นมัธยมตอนปลายที่โรงเรียนบัวหลวงวิทยาคม จังหวัดบุรีรัมย์ และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีจากสาขาวิศวกรรมการผลิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปีการศึกษา 2558 ภายหลังจากการสำเร็จการศึกษาต่อมาในปี 2558 ได้เข้าศึกษาในระดับปริญญาโทสาขาวิศวกรรมเครื่องกลและระบบกระบวนการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ขณะที่ศึกษาต่อในระดับมหาบัณฑิตนั้น ได้มีประสบการณ์โดยเป็นผู้สอนในรายวิชาดังนี้

1. ปฏิบัติการวิศวกรรมการผลิต
2. ปฏิบัติการวิศวกรรมออกแบบผลิตภัณฑ์
3. ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล

ระหว่างการศึกษาปริญญาโทได้นำเสนอผลงานทางวิชาการตามที่ได้นำเสนอแสดงในภาคผนวก ก



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี