



ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับการจัดตารางการผลิตระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนผสม



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 1 ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2562

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับการจัดการตารางการผลิตระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนผสม



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 1 ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2562

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

A GENETIC ALGORITHM FOR HYBRID FLOW SHOP SCHEDULING



By

MISS Sunjita THONGKRD

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for Master of Engineering (ENGINEERING MANAGEMENT)

Department of INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2019

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

หัวข้อ	ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับการจัดตารางการผลิตระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนผสม
โดย	สัญญาจิตา ทองเกิด
สาขาวิชา	การจัดการงานวิศวกรรม แผนก ก แบบ ก 1 ปริญญาโทบริหารธุรกิจ
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชูศักดิ์ พรสิงห์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

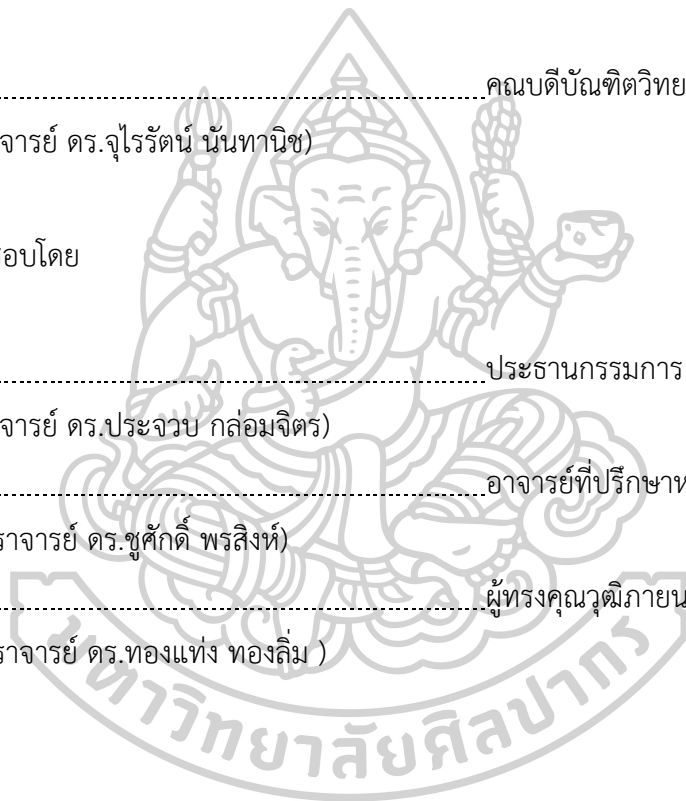
.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ กลุ่มจิตร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทองแท่ง ทองลั่น)



61405316 : การจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 1 ปริญญาโทบริหารธุรกิจ

คำสำคัญ : การจัดการตารางการผลิต, ระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนผสม, ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

นางสาว สัญจิตา ทองเกิด: ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับการจัดการตารางการผลิตระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนผสม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชูศักดิ์ พรสิงห์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่ช่วยในการจัดการตารางการผลิตให้กับระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนผสมของบริษัทจำหน่ายเหล็กแผ่น แต่ละคำสั่งซื้อจะต่างกันในเรื่องของขนาดและปริมาณตามความต้องการของลูกค้า ซึ่งมีกระบวนการผลิต 3 กระบวนการหลัก ได้แก่ กระบวนการตัดขอย กระบวนการตัดเฉือน กระบวนการตัดแผ่น โดยแต่ละกระบวนการมีจำนวนเครื่องจักร และเวลาในการผลิตที่ไม่เท่ากัน ภายใต้เงื่อนไขการผลิตที่ว่า ทุก ๆ คำสั่งซื้อ ต้องผ่านกระบวนการผลิตตามลำดับ แต่สามารถเลือกทำงานบนเครื่องจักรใดก็ได้ ในกระบวนการเดียวกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาเวลาในการดำเนินการผลิต ($Makespan: C_{max}$) และเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย (Average Flow Time) ต่ำที่สุด โดยทดลองนำขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมไปใช้ในการจัดการตารางการผลิตให้กับคำสั่งซื้อตัวอย่างจำนวน 5, 10, 15 และ 20 คำสั่งซื้อ เพื่อเปรียบเทียบกับวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และวิธีการหาค่าแม่นยำ ผลการทดลองพบว่าขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมีประสิทธิภาพดีที่สุด เมื่อทำการเปรียบเทียบกับวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ได้เวลาในการดำเนินการผลิตโดยเฉลี่ยลดลง 12.99% เวลาการไหลของงานเฉลี่ยโดยเฉลี่ยลดลง 26.48% และเวลาในการวางแผนการผลิตลดลง 58.74% สรุปแล้วขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมช่วยลดเวลาในการดำเนินการผลิต เวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย เวลาในการวางแผนการผลิต ได้อย่างมีนัยสำคัญ

61405316 : Major (ENGINEERING MANAGEMENT)

Keyword : Production Scheduling, Hybrid Flow Shop, Genetic Algorithm

MISS SUNJITA THONGKERD : A GENETIC ALGORITHM FOR HYBRID FLOW SHOP SCHEDULING THESIS ADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR CHOOSAK PORNSING, Ph.D.

The objective of this research is to apply a genetic algorithm for a hybrid flow shop scheduling problem in a steel plate production company. The manufacturing orders from customers are different in the characters of sizes and quantities. Besides, there are 3 main processes; slitter process, shear process, and squared shear process. Moreover, processes have unequal number of machines and production rates. The conditions are the products must go thru all processes sequentially and can select any machines in the process. The author applied a genetic algorithm with two objective functions; maximize makespan (C_{max}) and minimized mean flowtime. The algorithm was tested with the problem size of 5, 10, 15, and 20 orders in order to be compared with the current method of the company. The results showed that the genetic algorithm could decreased the average makespan by 12.99% and decreased the average mean flowtime by 26.48%. Moreover, it found that the production planning was decreased by 58.74% when compared with the current method. In conclusion, the genetic algorithm could reduce makespan, mean flowtime, and production planning time significantly.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับคำแนะนำ คำปรึกษา และข้อเสนอแนะตลอดจนแนวทางในการจัดทำวิทยานิพนธ์ จากอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์ ที่คอยควบคุมการดำเนินงาน และจัดทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ รวมถึง รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ กล่อมจิตร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทองแท่ง ทองลี้ม ที่ทำการตรวจสอบ และชี้แนะข้อบกพร่องเพื่อความสมบูรณ์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณบริษัทจำหน่ายเหล็กแผ่น ที่กรุณาให้ทางผู้วิจัยได้เข้าไปเก็บข้อมูลตัวอย่าง และให้คำแนะนำเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยศิลปากร และสำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ ที่สนับสนุนเงินทุนสำหรับงานวิจัยนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณครอบครัว และเพื่อน ๆ ผู้ซึ่งคอยสนับสนุนและให้กำลังใจเสมอมา จนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลง

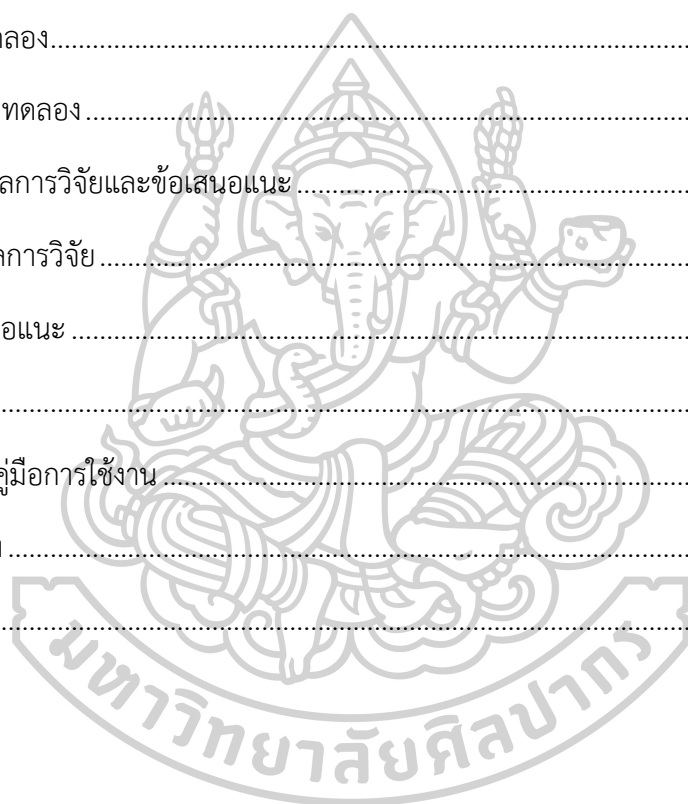
สัจจิตา ทองเกิด



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูปภาพ.....	ญ
สารบัญรูปภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 กรอบแนวคิดการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ประเภทของการผลิต	4
2.2 การผลิตแบบไหลเลื่อนผสม (Hybrid Flow Shop: HFS)	5
2.3 การจัดลำดับการผลิตและตารางการผลิต (Sequencing and Scheduling)	6
2.4 เทคนิคการหาคำตอบที่เหมาะสม (Optimization Algorithms).....	10
2.5 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA)	12
2.6 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE).....	17
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	19

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	23
3.1 ข้อมูลทั่วไปของบริษัทกรณีศึกษา	23
3.2 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม	26
3.3 ขั้นตอนและแผนการดำเนินการวิจัย	34
บทที่ 4 ผลการวิจัย	37
4.1 การออกแบบการทดลอง	37
4.2 การทดลอง	43
4.3 ผลการทดลอง	43
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	52
5.1 สรุปผลการวิจัย	52
5.2 ข้อเสนอแนะ	53
ภาคผนวก	54
ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งาน	55
รายการอ้างอิง	61
ประวัติผู้เขียน	63



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3-1 สรุปกระบวนการในการผลิต.....	25
ตารางที่ 3-2 ตัวอย่างคำสั่งซื้อ.....	25
ตารางที่ 3-3 ตัวอย่างประชากรเริ่มต้น.....	27
ตารางที่ 3-4 ความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือก.....	29
ตารางที่ 3-5 ตรวจสอบโครโมโซมลูก.....	33
ตารางที่ 3-6 การจัดเก็บโครโมโซมลูก.....	33
ตารางที่ 4-1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบการทดลอง.....	37
ตารางที่ 4-2 บันทึกผลการทดลอง ของคำสั่งซื้อตัวอย่างจำนวน 5 คำสั่งซื้อ.....	38
ตารางที่ 4-3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง.....	43
ตารางที่ 4-4 ผลการทดลองการหาค่าระยะทาง.....	48
ตารางที่ 4-5 เปรียบเทียบเวลาในการดำเนินการผลิตของวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน กับขั้นตอนวิธีเชิง พันธุกรรม.....	49
ตารางที่ 4-6 เปรียบเทียบเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยของวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน กับขั้นตอนวิธีเชิง พันธุกรรม.....	50
ตารางที่ 4-7 เปรียบเทียบเวลาในการวางแผนการผลิตของวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน กับขั้นตอนวิธีเชิง พันธุกรรม.....	50
ตารางที่ ก-1 ตัวอย่างคำสั่งซื้อนำมาใช้ในการทดลอง.....	60

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2-1 Pure Flow Shop [4]	4
รูปที่ 2-2 General Flow Shop [4]	5
รูปที่ 2-3 Job Shop [4].....	5
รูปที่ 2-4 Hybrid Flow Shop [5].....	6
รูปที่ 2-5 แผนภูมิแกนต์ [4]	7
รูปที่ 2-6 แผนภูมิแกนต์ การทำงานของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง [4].....	7
รูปที่ 2-7 แผนภูมิแกนต์ การทำงานของแต่ละงาน [4]	7
รูปที่ 2-8 ขั้นตอนการทำงานแบบพื้นฐานของวิธีเชิงพันธุกรรม [9]	13
รูปที่ 2-9 วงล้อรูเล็ต [8].....	15
รูปที่ 2-10 การไขว้สลับค่าของโครโมโซมตัวแทน (โครโมโซมพ่อแม่) เพื่อสร้างโครโมโซมลูก [9]	16
รูปที่ 2-11 การกลายพันธุ์แบบกลับบิต [10].....	16
รูปที่ 2-12 การกลายพันธุ์แบบผกผัน [10].....	16
รูปที่ 2-13 การกลายพันธุ์แบบแทรก [10].....	17
รูปที่ 2-14 การกลายพันธุ์แบบสลับตำแหน่ง [10]	17
รูปที่ 2-15 กระบวนการออกแบบการทดลอง [11].....	18
รูปที่ 3-1 เหล็กแผ่น.....	23
รูปที่ 3-2 กระบวนการผลิตเหล็กแผ่น.....	24
รูปที่ 3-3 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม.....	26
รูปที่ 3-4 ตัวอย่างการวางคำสั่งซื้อบนสถานีงานของโครโมโซมที่ 1.....	28
รูปที่ 3-5 วงล้อรูเล็ต.....	30
รูปที่ 3-6 วิธีการแลกเปลี่ยนพันธุกรรมแบบสองจุด.....	31
รูปที่ 3-7 วิธีการกลายพันธุ์แบบแทรก	32

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 3-8 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	34
รูปที่ 3-9 ออกแบบขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม	35
รูปที่ 3-10 Pseudo-code ของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม	36
รูปที่ 4-1 การทดลองสมมติฐานของค่าความน่าจะเป็น.....	41
รูปที่ 4-2 แผนภาพความน่าจะเป็นการแจกแจงแบบปกติ.....	42
รูปที่ 4-3 ค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสม.....	42
รูปที่ 4-4 การเปิด Excel Solver.....	45
รูปที่ 4-5 ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ	46
รูปที่ 4-6 ขั้นตอนการใช้งาน Excel Solver	46
รูปที่ 4-7 ผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้ Excel Solver.....	47
รูปที่ ก-1 GA for HFSS.....	56
รูปที่ ก-2 เริ่มต้นการใช้งาน	56
รูปที่ ก-3 การกรอกขนาดของชิ้นงาน และจำนวนที่ต้องการ.....	57
รูปที่ ก-4 กดปุ่ม RUN.....	58
รูปที่ ก-5 โปรแกรมแสดงลำดับการผลิตที่เหมาะสม และเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตของงานนั้น ๆ...	59

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันบริษัทที่ต้องการเป็นผู้นำในด้านการผลิต และต้องการมีส่วนแบ่งในตลาดสูงที่สุด มีความจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนความคิดจากเดิม พบว่าในอดีตบริษัทผู้ผลิตมักคิดว่าแผนการผลิตเป็นเพียงส่วนประกอบย่อยที่มีหน้าที่ผลิตสินค้าเพียงอย่างเดียว แต่เนื่องจากการแข่งขันในปัจจุบัน ทำให้การผลิตเป็นปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการต่อสู้เพื่อความอยู่รอดของบริษัท และสภาพแวดล้อมในการประกอบธุรกิจได้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยความต้องการของผู้บริโภคมีความหลากหลายขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้นตามลำดับ

จากปัญหาด้านต้นทุนที่สูงขึ้นทำให้ผู้ผลิตต้องพยายามหาแนวทางที่จะลดต้นทุนในการผลิตให้ลดลงหรือเท่าเดิม จึงได้มีการนำระบบการผลิตที่ชื่อว่า ระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนผสม (Hybrid Flow Shop: HFS) มาช่วยในการแก้ปัญหานี้ โดย Rubén Ruiz และ José Antonio Vázquez-Rodríguez [1], Imma Ribas และคณะ [2], Márcia de Fátima Morais และคณะ [3] ได้ให้นิยามว่าเป็นระบบการผลิตแบบไหลเลื่อน (Flow Shop) ที่มีเครื่องจักรหลาย ๆ เครื่องทำงานแบบคู่ขนาน (Multiple Parallel Machines) ซึ่งระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนผสมจะเน้นการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายในปริมาณมาก เพื่อช่วยให้ต้นทุนในการผลิตต่ำที่สุด และตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบัน

บริษัทการศึกษาเป็นบริษัทจำหน่ายเหล็กแผ่น โดยแต่ละคำสั่งซื้อของผู้บริโภค จะมีปริมาณและขนาดของเหล็กแผ่นที่ไม่เท่ากันขึ้นกับความต้องการของผู้บริโภค ส่งผลให้ระบบการผลิตมีความซับซ้อนมากขึ้น ทำให้บริษัทประสบปัญหาในเรื่องของการจัดตารางการผลิตให้มีความเหมาะสม เช่น การจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรที่มีการจัดเรียงแบบขนาน (Parallel Machine Scheduling: PMS) หรือ การจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อน (Flow Shop Scheduling: FSS) [2] เป็นต้น จากตัวอย่างปัญหาที่กล่าวมาถือเป็นปัญหาที่มีขนาดใหญ่และมีตัวแปรจำนวนมาก ส่งผลให้การแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ไม่เหมาะสมเนื่องจากใช้เวลาในการหาคำตอบที่ยาวนาน หรืออาจจะหาคำตอบไม่ได้เลย ดังนั้นการแก้ปัญหาลักษณะนี้หรือปัญหาที่มีตัวแปรจำนวนมาก นิยมใช้วิธีฮิวริสติก (Heuristic) หรือวิธีเมตาฮิวริสติก (Metaheuristic) เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหานี้

ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้จะทำการศึกษากระบวนการผลิตแบบไหลเลื่อนผสม เพื่อช่วยในการจัดตารางการผลิตให้กับระบบการผลิต โดยประยุกต์ใช้วิธีเมตาฮีริสติก ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) เพราะว่าวิธีนี้เป็นการเรียนรู้การสร้างคำตอบและพัฒนาคำตอบด้วยตัวเองผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ถึงแม้ว่าจะไม่ได้คำตอบที่ดีที่สุด แต่คำตอบที่ได้ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุดและใช้เวลาในการคำนวณไม่นานมากนัก

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

พัฒนาขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่ช่วยในการจัดตารางการผลิตให้กับระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนผสมของบริษัทจำหน่ายเหล็กแผ่น

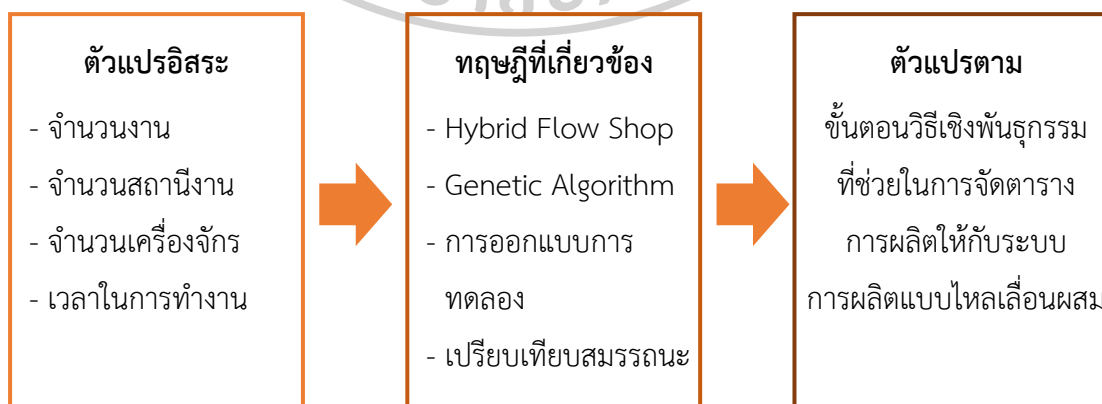
1.3 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่ช่วยในการจัดตารางการผลิตให้กับระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนผสมของบริษัทจำหน่ายเหล็กแผ่น โดยนำคำสั่งซื้อตัวอย่างของบริษัทมาใช้ในการออกแบบการทดลอง

โดยใช้โปรแกรม VBA (Visual Basic for Application) ในการจำลองขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่ได้ทำการคิดค้นและพัฒนาขึ้น

1.4 กรอบแนวคิดการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่ช่วยในการจัดตารางการผลิตให้กับระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนผสม



1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.5.1 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดตารางการผลิตของระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนผสม

1.5.2 ได้แนวทางในการพัฒนาการจัดตารางในการผลิตของระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนผสม



บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการวางแผนขั้นตอนการดำเนินงาน วิเคราะห์ปัญหา และพัฒนาวิธีการทำงาน โดยมีทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 ประเภทของการผลิต

ในอุตสาหกรรมการผลิต สามารถจำแนกประเภทการผลิตได้หลายประเภท ขึ้นอยู่กับระบบการผลิตและปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่

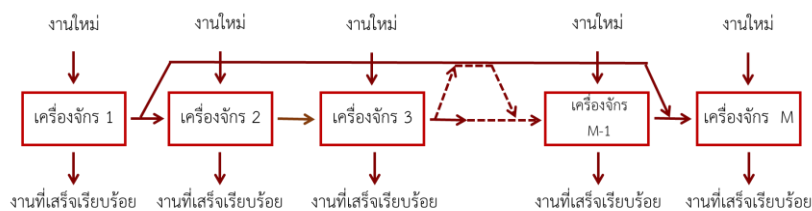
2.1.1 การจัดเรียงเครื่องจักรเดี่ยว (Single Machine) คือระบบการผลิตที่มีเครื่องจักรเพียงตัวเดียว หรือระบบมีหลายเครื่องจักร แต่จะมีเครื่องจักรหนึ่งที่ใช้เวลาในการผลิตนานกว่าเครื่องอื่น และมีการจัดลำดับงานที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้เกิดคอขวด และการรอคอย ทำให้เวลาในการผลิตรวมสูง ดังนั้นการจัดลำดับการผลิตที่เหมาะสมก็จะเป็นจุดเริ่มต้นของการแก้ปัญหา

2.1.2 การจัดเรียงเครื่องจักรขนาน (Parallel Machine) คือระบบการผลิตที่มีเครื่องจักรมากกว่า 1 เครื่อง ซึ่งแต่ละเครื่องจะทำงานเหมือนกัน โดยหลักในการจัดตารางการผลิตจะใช้หลักตัดสินใจ 2 อย่าง ได้แก่ การจัดสรรงาน และการจัดลำดับงาน

2.1.3 การผลิตแบบไหลตามเลื่อน (Flow Shop) จะมีสายการผลิตที่ค่อนข้างตายตัว และมีการจัดวางเครื่องจักรเรียงกันตามกระบวนการ โดยการทำงานจะมี 2 แบบ คือ งาน 1 งาน จำเป็นต้องผ่านเครื่องจักรทุกเครื่อง เรียกว่า Pure Flow Shop ดังรูปที่ 2-1 และ งาน 1 งาน ไม่จำเป็นต้องผ่านเครื่องจักรทุกเครื่อง เพียงแต่ต้องเรียงตามลำดับของเครื่องจักร เรียกว่า General Flow Shop ดังรูปที่ 2-2

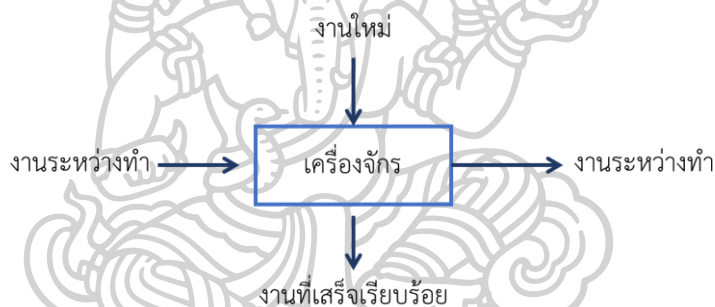


รูปที่ 2-1 Pure Flow Shop [4]



รูปที่ 2-2 General Flow Shop [4]

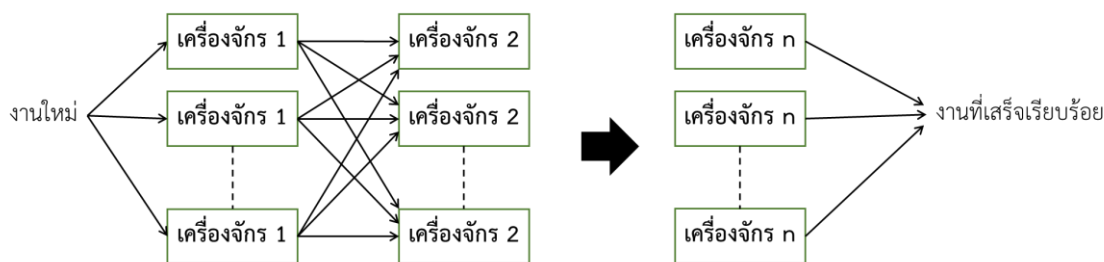
2.1.4 การผลิตตามสั่ง หรือการผลิตที่ไม่ต่อเนื่อง (Job Shop) มักมีความหลากหลายในตัวชิ้นงาน ปริมาณการผลิตต่อครั้งไม่แน่นอน และมีการเปลี่ยนรุ่นบ่อยครั้ง บ่อย โดยการผลิตตามสั่ง หรือการผลิตที่ไม่ต่อเนื่อง (Job Shop) จะประกอบไปด้วย กลุ่มของเครื่องจักร และกลุ่มของงาน ซึ่งแต่ละงานจะประกอบไปด้วยหลายกระบวนการ เรียงลำดับกันไป โดยรูปแบบของงานส่วนใหญ่ จะมีจำนวน m กระบวนการ แต่ละกระบวนการจะใช้เครื่องจักร 1 เครื่อง หรือ เครื่องจักร 1 เครื่องต้องทำงานมากกว่า 1 งาน ดังรูปที่ 2-3



รูปที่ 2-3 Job Shop [4]

2.2 การผลิตแบบไหลเลื่อนผสม (Hybrid Flow Shop: HFS)

ระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนผสม คือระบบการผลิตแบบไหลเลื่อน (Flow Shop) ที่มีเครื่องจักรอย่างน้อย 1 เครื่องที่ทำงานแบบคู่ขนาน (Multiple Parallel Machines) ซึ่งเครื่องจักรในสถานีเดียวกันจะทำงานเหมือนกัน ดังรูปที่ 2-4 โดยระบบจะมีสายการผลิตที่ค่อนข้างตายตัว หมายความว่า เมื่อมีงานเข้ามาในระบบ งานจำเป็นต้องผ่านกระบวนการทำงานบนเครื่องจักรทุกสถานี แต่จะสามารถเลือกได้ว่า จะทำงานบนเครื่องจักรตัวใดก็ได้ และเวลาในการทำงานของแต่ละสถานีงานจะไม่เท่ากันด้วย



รูปที่ 2-4 Hybrid Flow Shop [5]

การจัดเรียงเครื่องจักรที่ทำงานแบบคู่ขนาน แบ่งเป็น 3 ประเภท [3] ได้แก่

2.2.1 เครื่องจักรขนานที่เหมือนกัน (Identical Parallel Machines: P_m) มีเครื่องจักรที่ทำงานเหมือนกันในแบบของคู่ขนาน โดยงาน j จะต้องดำเนินการเพียงครั้งเดียวและจะถูกประมวลผลบนเครื่องจักร m หรือบนเครื่องจักรใด ๆ ก็ได้ที่ทำงานเหมือนกัน

2.2.2 เครื่องจักรขนานที่มีความเร็วในการผลิตต่างกัน (Uniform Parallel Machines: Q_m) มีเครื่องจักร m ทำงานแบบคู่ขนาน ด้วยความเร็วในการทำงานที่แตกต่างกัน โดยความเร็วของเครื่องจักร i แทนด้วย V_i และเวลา P_{ij} ที่งาน j ใช้ทำงานบนเครื่องจักร i เท่ากับ $\frac{P_j}{V_i}$

2.2.3 เครื่องจักรขนานกันที่ไม่สัมพันธ์กัน (Unrelated Parallel Machines: R_m) มีเครื่องจักรที่แตกต่างกัน m เครื่องทำงานแบบคู่ขนาน เครื่องที่สามารถประมวลผลงาน j ที่ความเร็ว V_i และเวลา P_{ij} ที่งาน j ใช้ทำงานบนเครื่องจักร i เท่ากับ $\frac{P_j}{V_{ij}}$

เนื่องจากระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนผสม มีระบบการผลิตที่ค่อนข้างซับซ้อน ทำให้พบปัญหาในเรื่องของการจัดตารางการผลิต เช่น การจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรที่มีการจัดเรียงแบบขนาน หรือ การจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อน เป็นต้น ถือเป็นปัญหาที่มีขนาดใหญ่และมีตัวแปรจำนวนมาก

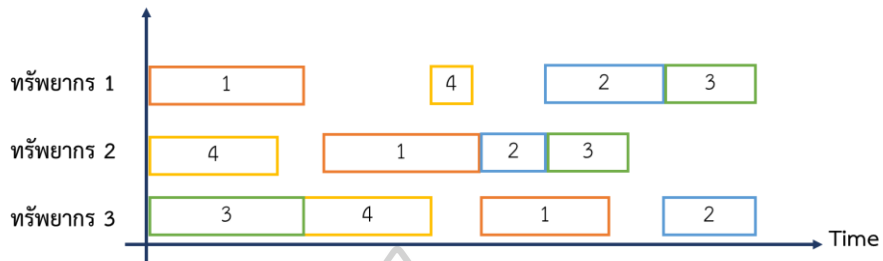
2.3 การจัดลำดับการผลิตและตารางการผลิต (Sequencing and Scheduling)

Kenneth R. Baker (1974) [6] ได้ให้คำนิยามของการจัดตารางการผลิต (Scheduling) ว่าเป็นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่เพื่อดำเนินงานที่ได้รับมอบหมายในสถานการณ์ต่าง ๆ

การจัดตารางการผลิต มักมีความยุ่งยากซับซ้อน ผู้ที่ทำการจัดตารางการผลิตจะต้องจัดตารางการผลิตให้เหมาะสม เนื่องจากตารางการผลิตจะเป็นตัวกำหนดว่าจะสามารถส่งงานได้ทันกำหนดหรือไม่ โดยการจัดลำดับการผลิตมักเริ่มหลังจากรับใบสั่งผลิต ซึ่งจะมีขั้นตอนต่อไป ดังนี้

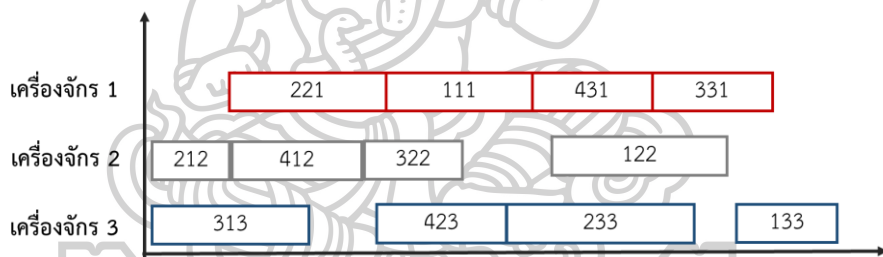
ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดงานให้กับหน่วยผลิต เป็นการกำหนดว่างานใด จะผลิตอะไรบ้าง ซึ่งจะมีเทคนิคที่นำมาช่วยในการกำหนดให้สะดวกขึ้น คือ แผนภูมิแกนต์ (Gantt Chart)

Henry Gantt ได้ทำการพัฒนาแผนภูมิแกนต์ขึ้น เพื่อช่วยแก้ปัญหาเกี่ยวกับการจัดลำดับงาน และการจัดตารางการผลิต แผนภูมิแกนต์เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการจัดสรรทรัพยากร กับเวลา ดังรูปที่ 2-5

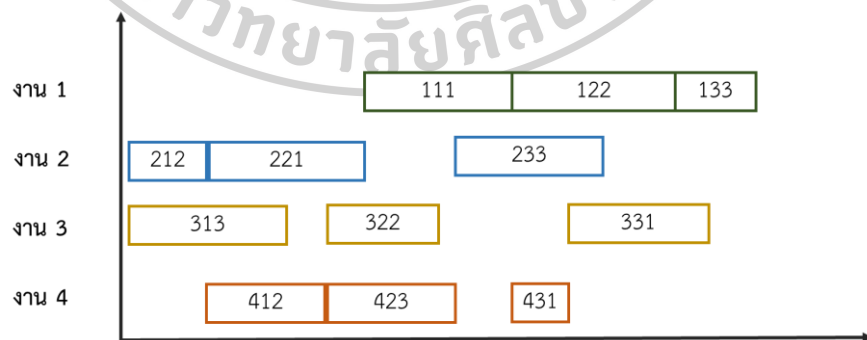


รูปที่ 2-5 แผนภูมิแกนต์ [4]

แผนภูมิแกนต์จะแสดงได้ 2 แบบ คือ แสดงการทำงานของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง ดังรูปที่ 2-6 และ แสดงการทำงานของแต่ละงาน ดังรูปที่ 2-7 โดยบนเครื่องจักรแต่ละเครื่องไม่สามารถทำงานได้พร้อมกันมากกว่า 1 งาน และการทำงานของแต่ละงานต้องไม่เหลื่อมล้ำกัน



รูปที่ 2-6 แผนภูมิแกนต์ การทำงานของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง [4]



รูปที่ 2-7 แผนภูมิแกนต์ การทำงานของแต่ละงาน [4]

ขั้นตอนที่ 2 การประเมินปริมาณของงาน หลังจากที่กำหนดว่าแต่ละหน่วยงานจำเป็นต้องผลิตเท่าไร จะต้องศึกษารายละเอียดอื่น ๆ ได้แก่ จำนวนแรงงานที่ต้องใช้ เวลาการทำงานของ

เครื่องจักร วัตถุดิบที่ต้องใช้ในการผลิต และข้อจำกัดต่าง ๆ จากนั้นทำการประเมินความสามารถของหน่วยงานว่าเพียงพอหรือไม่

ขั้นตอนที่ 3 การจัดลำดับการผลิต ต้องคำนึงว่างานใดควรจะทำก่อนและงานใดควรทำหลัง ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น กำหนดส่งงานก่อน อาจจะต้องทำการผลิตก่อน หรือ งานที่มีจำนวนมาก อาจจะต้องผลิตก่อน เป็นต้น โดยวัตถุประสงค์หลักของการจัดลำดับการผลิต คือ ลดการสะสมของงานระหว่างหน่วยงาน

2.3.1 ตัวแปรและพารามิเตอร์ของตัวแบบทางคณิตศาสตร์

ในการจัดตารางการผลิต จะมีตัวแปรพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

เวลางานเสร็จ (Complete Time) หมายถึง เวลาเสร็จสิ้นการทำงาน i นั้น ๆ ถูกแทนด้วยสัญลักษณ์ C_i

เวลาดำเนินงาน (Process Time) หมายถึง เวลาที่ใช้ในการทำงาน i นั้น ๆ ที่ทรัพยากร j ถูกแทนด้วยสัญลักษณ์ P_{ij}

เวลาพร้อมทำงาน (Readiness Time) หมายถึง เวลาที่พร้อมทำงาน i นั้น ๆ ถูกแทนด้วยสัญลักษณ์ r_i

กำหนดส่งงาน (Due Date) หมายถึง เวลาที่กำหนดเสร็จสิ้นการทำงาน i นั้น ๆ ถูกแทนด้วยสัญลักษณ์ D_i

2.3.2 วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิต

การจัดตารางการผลิต หมายถึง การกำหนดถึงสิ่งต่าง ๆ เช่น กำหนดเวลาการทำงาน เพื่อให้ส่งมอบทันตามกำหนด กำหนดให้มีอัตราการใช้เครื่องจักรมากที่สุด เป็นต้น โดยสามารถจำแนกตามตัววัดผลต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

เวลาการไหล (Flow Time) ของงานโดยเฉลี่ย คือ ค่าเฉลี่ยของเวลาการไหลของงานในระบบสามารถหาค่า ได้ดังสมการที่ 2.1 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้เวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยต่ำ เพื่อตอบสนองความต้องการของระบบ การทำให้เวลาการไหลเฉลี่ยของงานน้อยที่สุด จะเกี่ยวข้องกับผลรวมของเวลาเสร็จงานที่มีค่าน้อยที่สุด

$$\bar{F} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n F_i \quad (2.1)$$

$$\text{โดย } F_i = C_i - r_i$$

F_i คือ เวลาการไหลของงาน i

C_i คือ เวลาที่งาน i เสร็จสิ้น

r_i คือ เวลาที่งาน i พร้อมที่จะทำงาน

เวลาสาย (Lateness Time) ของงานโดยเฉลี่ย คือ ค่าเฉลี่ยของเวลาสายของงานในระบบสามารถหาค่า ได้ดังสมการที่ 2.2 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้เวลาสายของงานโดยเฉลี่ยต่ำ ซึ่งเวลาสายมีค่าเป็นบวก แสดงว่างานเสร็จไม่ทันกำหนดส่ง แต่ถ้าค่าเป็นลบ แสดงว่างานนั้นเสร็จก่อนกำหนดส่ง และถ้ามีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่างานเสร็จทันกำหนดส่งพอดี

$$\bar{L} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n L_i \quad (2.2)$$

โดย $L_i = C_i - d_i$

L_i คือ ระยะเวลาที่งานเสร็จ ก่อนหรือหลังกำหนดส่ง

C_i คือ เวลาเสร็จงานของงาน i

d_i คือ เวลาที่กำหนดส่งงาน i

เวลาล่าช้า (Tardiness Time) ของงานโดยเฉลี่ย คือ ค่าเฉลี่ยของเวลาล่าช้าของงานในระบบสามารถหาค่า ได้ดังสมการที่ 2.3 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยต่ำ

$$\bar{T} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n T_i \quad (2.3)$$

โดย $T_i = \max \{0, L_i\}$

L_i คือ ระยะเวลาที่งานเสร็จ ก่อนหรือหลังกำหนดส่ง

จำนวนงานล่าช้า (Number of Tardy jobs) คือ จำนวนงานที่ส่งมอบไม่ทันกำหนด สามารถหาค่า ได้ดังสมการที่ 2.4 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้จำนวนงานล่าช้าต่ำ

$$N_T = \sum_{i=1}^n \delta(T_i) \quad (2.4)$$

โดย $\delta(T_i) = 1$ เมื่อ $T_i > 0$

$\delta(T_i) = 0$ เมื่อ $T_i \leq 0$

อัตราการใช้งานเครื่องจักร คือ สัดส่วนระหว่างเวลาที่เครื่องจักรทำงานกับเวลาที่มากที่สุดที่เครื่องจักรสามารถทำงานได้ สามารถหาค่า ได้ดังสมการที่ 2.5 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ค่าอัตราการใช้งานเครื่องจักรสูง

$$U = \frac{W}{A} \quad (2.5)$$

โดย U คือ อัตราการใช้งานเครื่องจักร

W คือ เวลาที่เครื่องจักรทำงาน

A คือ เวลาที่มากที่สุดที่เครื่องจักรสามารถทำงานได้

2.4 เทคนิคการหาคำตอบที่เหมาะสม (Optimization Algorithms)

การหาคำตอบให้กับการจัดตารางการผลิตมีอยู่หลายวิธีขึ้นอยู่กับขนาดและลักษณะของปัญหา โดยสามารถแบ่งเทคนิคการหาคำตอบที่เหมาะสมเป็น 2 ประเภท ได้แก่

2.4.1 การหาคำตอบที่ดีที่สุด ด้วยวิธีดั้งเดิม (Conventional Optimization Algorithm) โดยอาศัยหลักทางคณิตศาสตร์ (Mathematical) ได้มีการพัฒนาขึ้นสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 เพื่อใช้แก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนทางทหาร ต่อมาได้มีการนำวิธีการมาใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ เช่น ปัญหาการจัดตาราง (Scheduling Problem) ปัญหาการมอบหมายงาน (Assignment Problem) และปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem) เป็นต้น โดยวิธีการที่ถูกนำมาแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบมีอยู่ 4 วิธี คือ Dynamic Programming, Linear Programming, Goal Programming และ Linear and Quadratic Integer Programming [7] ซึ่งการหาคำตอบโดยอาศัยหลักทางคณิตศาสตร์เหมาะสำหรับปัญหาที่มีขนาดเล็กเท่านั้น เนื่องจากข้อจำกัดและกฎในการหาคำตอบค่อนข้างตายตัว ถ้าเกิดนำไปแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่จะต้องใช้เวลาในการแก้ปัญหาที่ยาวนานหรืออาจจะแก้ไม่ได้เลย

2.4.2 การหาคำตอบที่ดีที่สุด โดยอาศัยหลักการประมาณ (Approximation Optimization Algorithm) สำหรับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ จะอาศัยหลักการของการประมาณค่า เพื่อใช้ในการหาคำตอบที่เหมาะสมโดยวิธีการที่ถูกนำมาแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบมีอยู่ หลายวิธี เช่น

2.4.2.1 ฮิวริสติก (Heuristics) เป็นวิธีการหาคำตอบภายในเวลาจำกัด ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมกับปัญหา NP-Complete หรือ NP-Hard จะใช้เกณฑ์ความสำคัญมาช่วยในการจัดตารางการผลิตโดยสามารถแบ่งลักษณะความสำคัญออกเป็น

Shortest Processing Time: SPT โดยเลือกงานที่ใช้เวลาผลิตน้อยที่สุดนำมาผลิตก่อน โดยเน้นการลดเวลาแล้วเสร็จของแต่ละงาน เพื่อให้งานออกจากระบบเร็วที่สุด แต่ข้อเสียคือจะทำให้งานที่ใช้เวลาผลิตสูงต้องรอคอยนาน

Longest Processing Time: LPT โดยเลือกงานที่ใช้เวลาผลิตนานที่สุดนำมาผลิตก่อน จะเรียงตามเวลาทำงานที่มากไปน้อย ส่งผลให้เวลาไหลเฉลี่ยของงานสูง

First Come First Serve: FCFS โดยเลือกงานที่เข้ามาก่อนนำมาผลิตก่อน ตามคิว ข้อดีคือมีความเท่าเทียมกันของงาน แต่ข้อเสียคือถ้างานที่เข้ามาทีหลังแต่ให้เวลาในการผลิตมาก จะทำให้งานล่าช้าไปต้องรอนาน

Early Due Date: EDD โดยเลือกงานที่มีกำหนดส่งมอบเร็วที่สุดนำมาผลิตก่อน โดยจะเน้นที่การลดความล่าช้าจากกำหนดส่งมอบมา แต่มีข้อเสียงานระหว่างการผลิตจะมีสูง เนื่องจากไม่ได้นำเวลาในการผลิตมาคำนวณ

Minimum Slack Time: MST โดยเลือกงานที่มีเวลาเหลือน้อยที่สุดนำมาผลิตก่อน โดยเวลาที่เหลือน้อย หรือเรียกว่าเวลาลดหย่อน มีค่าเท่ากับ ผลต่างเวลาส่งมอบกับเวลาที่งานเสร็จ

โดยวิธีฮิวริสติก จะไม่สามารถเขียนขั้นตอนวิธีในการผลเฉลยที่ชัดเจนได้ เช่น ไม่สามารถเขียนในรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมได้ แบบจำลองที่สร้างขึ้นไม่ครอบคลุมผลเฉลยที่ต้องเป็นไปตามเงื่อนไขในการผลิต ในหลายกรณี ดังนั้นนักวิจัยจะไม่มองเงื่อนไขบางประการ หรือตั้งสมมติฐานของปัญหาให้ง่ายขึ้น เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาด้วยวิธีฮิวริสติก ต่อมาได้มีการนำวิธีฮิวริสติกมาพัฒนาเป็นวิธีเมตาฮิวริสติก

2.4.2.2 เมตาฮิวริสติก (Metaheuristics) พัฒนาและดัดแปลงมาจากวิธีฮิวริสติก ให้มีความยืดหยุ่นมากขึ้น โดยเป็นการหาค่าคำตอบที่ดีที่สุด อาศัยหลักของการประมาณค่า มีความรวดเร็วในการประมวลผลสำหรับปัญหาที่มีความซับซ้อนสูงมีวิธีการต่าง ๆ เช่น

วิธีการเลียนแบบการอบอ่อน (Simulated annealing: SA) เริ่มต้นในปี ค.ศ. 1980 เพื่อหาค่าคำตอบของปัญหา โดยมีขั้นตอนอย่างง่าย และมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถหาผลเฉลยที่ดีที่สุดภายในเวลาอันรวดเร็ว โดย Metropoli ได้การจำลองการควบคุมการเย็นตัวของวัสดุในอ่างความร้อน เรียกว่าขั้นตอนการอบอ่อน วัสดุจะถูกให้ความร้อนจนกระทั่งถึงจุดหลอมเหลว เมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิของวัสดุค่อย ๆ ลดลง และวัสดุแข็งขึ้นเมื่อเย็นตัว ซึ่งได้เปรียบเสมือนว่า คำตอบที่ได้ จะค่อย ๆ เข้าสู่คำตอบที่ดีที่สุดเหมือนในช่วงเวลาการเย็นตัวของวัสดุ

วิธีการค้นหาแบบห้าม (Taboo search: TS) คำว่า Tabu หมายถึง การห้ามหรือป้องกันขั้นตอนวิธีการเข้าไปยังคำตอบที่ไม่ต้องการ โดยจะใช้ความทรงจำของคอมพิวเตอร์ให้เรียนรู้จากรอบการวนซ้ำที่ผ่านมา ในการบอกทิศทางของคำตอบที่ดี หรือดีที่สุดในรอบการทำซ้ำถัดไป ซึ่งเป็นวิธีที่ค่อนข้างได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องจากมีโครงสร้างของขั้นตอนวิธีที่ไม่ซับซ้อนมาก และจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าวิธีการค้นหาแบบทาบู มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีการเลียนแบบการอบอ่อน

วิธีอาณานิคมมด (Ant colony optimization: ACO) เป็นการจำลองพฤติกรรมในการหาอาหารของมด คือ เป็นการเฝ้าสังเกตพฤติกรรมของฝูงมดในการค้นหาอาหาร ซึ่งมดจะมีการติดต่อสื่อสารผ่านข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งอาหารด้วยฟีโรโมน (Pheromone) โดยมดจะทำสัญลักษณ์ตามเส้นทางที่เดินผ่านด้วยฟีโรโมนนี้ ทำให้มดตัวอื่น ๆ สามารถตามรอยฟีโรโมนและไปยังแหล่งอาหารได้เร็วที่สุด ในการจำลองนี้จะเปรียบเสมือน มดเทียมที่ถูกสร้างขึ้นให้คล้ายคลึงกับสภาวะแวดล้อมในการค้นหาพื้นที่ของคำตอบ

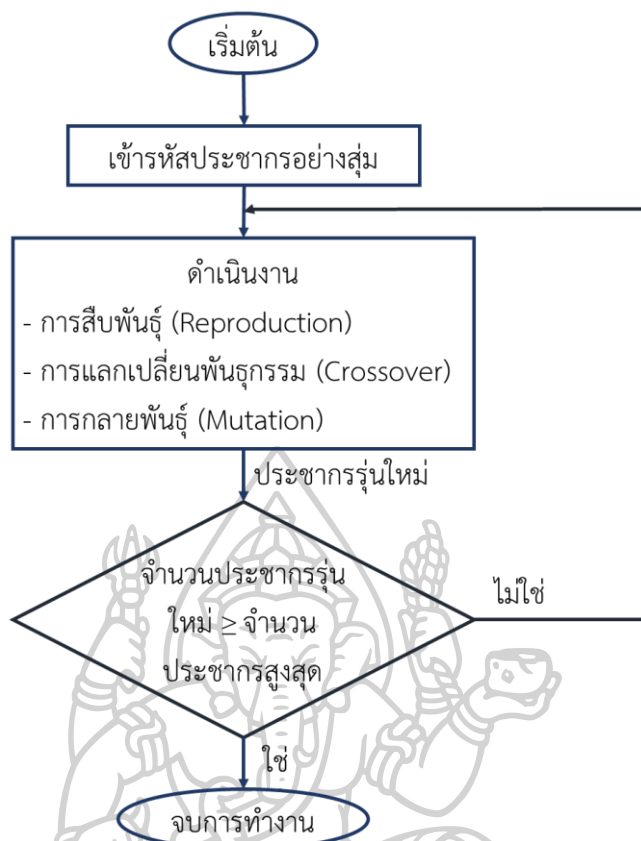
ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm: GA) อาศัยหลักการคัดเลือกทางธรรมชาติ และการคัดเลือกทางพันธุศาสตร์ โดยวิธีจับคู่และการเกิดใหม่เพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด

โดยวิธีเมตาฮิวริสติกเหล่านี้จะได้คำตอบที่ไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดแต่จะได้เป็นกลุ่มของคำตอบ โดยกระบวนการทำงานจะวนซ้ำและหยุดทำงานเมื่อถึงเงื่อนไขตามที่กำหนดไว้ในงานวิจัยฉบับนี้จะทำการศึกษาวิธีเมตาฮิวริสติก เนื่องจากการหาค่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุดเหมาะสมสำหรับปัญหาที่มีความซับซ้อน และใช้เวลาในการคำนวณไม่มากนัก โดยวิธีที่เลือกนำมาศึกษา คือ ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

2.5 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA)

ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเป็นวิธีการค้นหาคำตอบ ซึ่งมีพื้นฐานมาจากกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติ และการคัดเลือกทางพันธุศาสตร์ โดยในปี ค.ศ. 1975 นักวิทยาศาสตร์ John Holland [8] เป็นผู้พัฒนาขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการหาคำตอบที่ดีและเหมาะสม ผ่านการเรียนรู้ด้วยตัวเองเปรียบเสมือนวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่สามารถมีวิวัฒนาการเพื่อการอยู่รอด

ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) จะเป็นการคัดเลือกสายพันธุ์ตามธรรมชาติ เพื่อให้ได้สายพันธุ์ที่ดีอยู่รอดต่อไป โดยจุดเด่นของวิธีนี้เก็บผลเฉลยเป็นเซต ซึ่งเป็นกระบวนการหาคำตอบจากคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดของวิธีในการแก้ไขปัญหาโดยอาศัยข้อมูลในการค้นหา โดยพารามิเตอร์ต่าง ๆ จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปของสตริง (String) หรือ โครโมโซม (Chromosome) ประกอบด้วยอักขระ (Character) หรือบิต (Bit) เป็นจำนวนหนึ่ง แต่ละตำแหน่งของโครโมโซมจะเก็บค่าของบิตเพื่อใช้แสดงถึงโครงสร้างของแต่ละโครโมโซมที่ให้คำตอบที่แตกต่างกันของปัญหา โดยมีขั้นตอนการทำงานแบบพื้นฐานดังรูปที่ 2-8



รูปที่ 2-8 ขั้นตอนการทำงานแบบพื้นฐานของวิธีเชิงพันธุกรรม [8]

ขั้นตอนการทำงานของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมแบบทั่วไป

2.5.1 กำหนดฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective Function) เป็นการกำหนดฟังก์ชันเกี่ยวกับเงื่อนไขต่าง ๆ ได้แก่

ฟังก์ชันจุดประสงค์เดียว (Single Objective Function) เป็นการกำหนดฟังก์ชันขึ้นมาหนึ่งฟังก์ชัน ที่ต้องการเพียงคำตอบเดียว เหมาะกับปัญหาที่ไม่ซับซ้อน

ฟังก์ชันหลายจุดประสงค์ (Multi Objective Function) เป็นการกำหนดฟังก์ชันขึ้นมาหลาย ๆ ฟังก์ชัน ที่ต้องการคำตอบหลาย ๆ คำตอบ โดยแต่ละคำตอบจะเป็นคู่แข่งกันเหมาะกับปัญหาที่ซับซ้อน

2.5.2 การเข้ารหัสหรือการกำหนดรูปแบบโครโมโซม (Format Chromosome) เป็นการสร้างโครโมโซมขึ้นมาเพื่อแทนค่าของตัวแปรตัดสินใจ รูปแบบการเข้ารหัสของโครโมโซม ได้แก่

การเข้ารหัสแบบเลขฐานสอง (Binary Coding) จะทำการพิจารณาโครโมโซมแต่ละตัว เป็นสายของบิตที่แต่ละตำแหน่งมีค่าเป็น 0 หรือ 1 เท่านั้น เช่น $X_1 = 0101$ $X_2 = 1101$

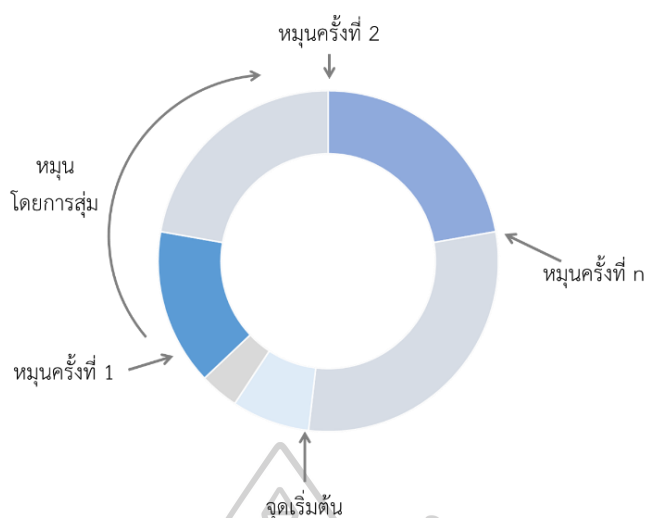
การเข้ารหัสแบบเลขจำนวนเต็ม (Integer Coding) จะทำการพิจารณาโครโมโซมแต่ละตัวของสายเป็นเลขจำนวนเต็มในช่วงที่กำหนด โดยจะมีความยาวน้อยกว่าการเข้ารหัสแบบเลขฐานสอง เช่น $X_1 = 5$ $X_2 = 8$

การเข้ารหัสแบบเลขจำนวนจริง (Real number Coding) จะพิจารณาโครโมโซมแต่ละตัวเป็นสายของเลขจำนวนจริงในช่วงที่กำหนด เช่น $X_1 = 2.135$ $X_2 = 4.321$

2.5.3 การหาค่าความเหมาะสม (Fitness Evaluation) โดยค่าความเหมาะสมของโครโมโซมได้มาจากการหาค่าจุดประสงค์ของโครโมโซม นำมาถอดรหัสให้กลายเป็นตัวแปรตัดสินใจ หลังจากนั้นค่าจุดประสงค์ของแต่ละตัวสามารถคำนวณได้จากตัวแปรตัดสินใจโดยผ่านการใช้ฟังก์ชันจุดประสงค์

2.5.4 การคัดเลือกหรือการคัดเลือก (Reproduction) โดยใช้หลักการของกระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติ ตามทฤษฎีของชาร์ลส ดาร์วิน (Charles Darwin) ที่กล่าวว่าประชากรที่มีความเหมาะสมในธรรมชาติจะมีความสามารถในการอยู่รอดจากผู้ล่า โรคภัย และอุปสรรคต่าง ๆ เป็นการสนับสนุนให้โครโมโซมที่มีความเหมาะสมจากรุ่นปัจจุบันส่งไปยังรุ่นถัดไป โดยประชากรรุ่นใหม่ที่เกิดขึ้นจะมาจากโครโมโซมที่มีความเหมาะสม ซึ่งความเหมาะสมมาจากค่าความเหมาะสมของโครโมโซมแต่ละตัว ในการคัดเลือกจะมีเทคนิคต่าง ๆ เช่น

การคัดเลือกแบบวงล้อรูเล็ต (Roulette Wheel Selection) เป็นการคัดเลือกที่มีการเลียนแบบการเล่นรูเล็ต มีหลักการทำงานคือ กำหนดความกว้างของช่องแต่ละช่องของวงล้อจากค่าความเหมาะสมของโครโมโซมแต่ละตัว จากนั้นทำการกำหนดตัวชี้ตำแหน่งตายตัว และทำการหมุนวงล้อรูเล็ต เมื่อวงล้อหยุดหมุนจะเลือกโครโมโซมของกลุ่มประชากรที่มีตัวชี้ตำแหน่งขี้อยู่ ทำซ้ำจนได้โครโมโซมของกลุ่มประชากรครบตามที่กำหนดไว้ ข้อเสียของวิธีนี้คือจะมีความลำเอียงในการคัดเลือกค่อนข้างสูง เนื่องจากถ้ามีโครโมโซมของกลุ่มประชากรตัวใดที่มีค่าความแข็งแรงสูงจะมีโอกาสในการถูกเลือกซ้ำหลายครั้ง ดังรูปที่ 2-9

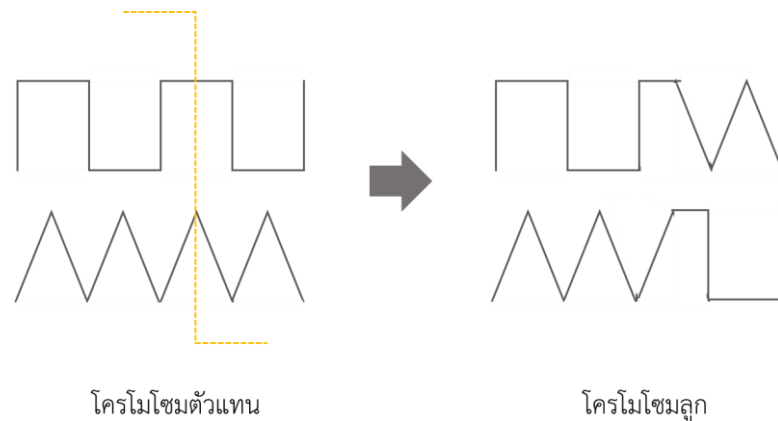


รูปที่ 2-9 วงล้อรูเล็ต [7]

การคัดเลือกแบบจัดอันดับ (Ranking Selection) เป็นการให้ค่าของโอกาสในการคัดเลือกที่ไม่แปรผันไปตามขนาดของค่าความเหมาะสม ซึ่งจะทำให้โครโมโซมทุกตัวมีโอกาสที่จะได้รับการคัดเลือกเป็นประชากรรุ่นต่อไปเท่ากัน

การคัดเลือกแบบการแข่งขัน (Tournament Selection) เป็นการคัดเลือกทีละครั้งจากกลุ่มประชากรจำนวนหนึ่งที่สุ่มคัดเลือกมา โดยกลุ่มประชากรจะต้องมีจำนวนประชากรไม่เท่ากับขนาดของประชากร โดยประชากรที่สุ่มขึ้นมาอาจจะมีจำนวนครึ่งหนึ่งของประชากรทั้งหมดก็ได้ จากนั้นมาจัดแข่งขันโดยสุ่มเลือกโครโมโซมมารอบละหนึ่งคู่ หากโครโมโซมใดมีค่าความเหมาะสมมากกว่าจะได้รับการคัดเลือกในการแข่งขัน

2.5.5 การแลกเปลี่ยนพันธุกรรมหรือการสลับสายพันธุ (Crossover) หลังจากผ่านกระบวนการคัดเลือกแล้ว โครโมโซมตัวแทนจะทำการจับคู่กับโครโมโซมอีกตัวอย่างสุ่ม จากนั้นทำการไขว้สลับค่าเพื่อแลกเปลี่ยนสัดส่วนที่อยู่หลังจากตำแหน่งที่เลือกไว้ ซึ่งตำแหน่งที่เลือกอาจมาจากการสุ่ม จนทำให้เกิดเป็นโครโมโซมลูก ดังรูปที่ 2-10 การแลกเปลี่ยนพันธุกรรม แบ่งเป็น 2 วิธี ได้แก่ การแลกเปลี่ยนพันธุกรรมแบบ MPOX (A Modified Precedence Operation Crossover Cross) ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับโครโมโซมส่วนของงานย่อย เพื่อนำมาสร้างโครโมโซมงานย่อยตัวใหม่ที่แตกต่างจากเดิม ซึ่งจะคำนึงถึงความสัมพันธ์ภายในโครโมโซม และการแลกเปลี่ยนพันธุกรรมแบบยูนิฟอร์ม (Uniform Crossover) ถูกนำมาประยุกต์กับโครโมโซมของเครื่องจักร เพื่อสร้างโครโมโซมส่วนใหม่ที่แตกต่างจากเดิม



รูปที่ 2-10 การไขว้สลับค่าของโครโมโซมตัวแทน (โครโมโซมพ่อแม่) เพื่อสร้างโครโมโซมลูก [8]

2.5.6 การกลายพันธุ์ (Mutation) เป็นกระบวนการที่จำเป็นอย่างยิ่ง ถึงแม้ว่ากระบวนการการคัดเลือกและการแลกเปลี่ยนพันธุกรรมจะช่วยในการค้นหาอย่างมีประสิทธิภาพแล้วนั้น แต่เป็นไปได้ว่าบางส่วนของโครโมโซมอาจเกิดความเสียหาย ดังนั้นการเปลี่ยนรูปจะช่วยป้องกันส่วนที่เสียหายที่ไม่อาจเรียกคืนได้ให้มีโอกาสกลับคืนมา การกลายพันธุ์มีหลายวิธี เช่น

การกลายพันธุ์แบบกลับบิต (Bit-Flipped Mutation) เป็นการกลายพันธุ์ที่ใช้กับโครโมโซมแบบเลขฐานสอง สามารถทำได้โดยการกลับค่าบิตเป็นค่าตรงกันข้ามจากค่าเดิม คือกลับจาก 0 เป็น 1 หรือจาก 1 เป็น 0 ในตำแหน่งที่ได้สุ่มไว้ตามความน่าจะเป็น ดังรูปที่ 2-11

P = 0 1 1 1 0 1 0 0

N = 0 1 1 1 0 1 1 0

รูปที่ 2-11 การกลายพันธุ์แบบกลับบิต [9]

การกลายพันธุ์แบบผกผัน (Inversion Mutation) เป็นการสลับตำแหน่งแบบหลังไปหน้า โดยสุ่มเลือกโครโมโซมมาหนึ่งตัวและช่วงที่จะทำการกลายพันธุ์ จากนั้นทำการสลับตำแหน่งภายในช่วงการตัด ดังรูปที่ 2-12

P = 1 2 3 4 5 6 7 8

N = 1 2 3 7 6 5 4 8

รูปที่ 2-12 การกลายพันธุ์แบบผกผัน [9]

การกลายพันธุ์แบบแทรก (Insertion Mutation) เป็นการเปลี่ยนตำแหน่งโดยการแทรกตำแหน่ง ซึ่งจะทำให้การสุ่มเลือกโครโมโซมมาหนึ่งตัวและช่วงที่ต้องการจะแทรกสุ่ม จากนั้นทำการเลือกบิตที่จะทำมาแทรก และนำบิตที่สุ่มได้มาแทรกตรงที่สุ่มเลือก ดังรูปที่ 2-13

P = 1 2 3 4 5 6 7 8

N = 1 2 3 6 4 5 7 8

รูปที่ 2-13 การกลายพันธุ์แบบแทรก [9]

การกลายพันธุ์แบบสลับตำแหน่ง (Reciprocal Exchange Mutation) เป็นการเปลี่ยนตำแหน่งของบิตสองบิต ซึ่งจะทำการสุ่มเลือกโครโมโซมมาหนึ่งตัว และตำแหน่งที่ต้องการสลับ แล้วทำการสลับตำแหน่ง ดังรูปที่ 2-14

P = 1 2 3 4 5 6 7 8

N = 1 2 3 6 5 4 7 8

รูปที่ 2-14 การกลายพันธุ์แบบสลับตำแหน่ง [9]

2.5.7 การตรวจสอบเงื่อนไขในการหยุดทำงาน เมื่อเงื่อนไขในการทำงานเป็นจริง การทำงานจะจบลง แต่ถ้าหากเงื่อนไขในการทำงานเป็นเท็จ การทำงานจะดำเนินต่อไปเรื่อย ๆ จนกว่าเงื่อนไขจะเป็นจริง เงื่อนไขที่นิยมนำมากำหนดคือ จะหยุดทำงานเมื่อพบคำตอบของปัญหา หรือหยุดเมื่อทำงานเมื่อครบจำนวนรุ่นที่กำหนดไว้

2.5.8 การแทนที่ (Replacement) เป็นขั้นตอนหลังจากที่ได้โครโมโซมรุ่นลูกแล้ว จะมีการนำไปแทนที่โครโมโซมรุ่นพ่อแม่ เพื่อให้ได้ประชากรต้นกำเนิดรุ่นต่อไปที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

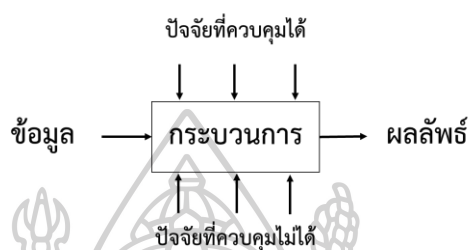
การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม เพื่อให้การทำงานมีความเหมาะสมที่สุดในการทำงานและแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม ได้แก่

1. ขนาดของประชากร (Population Size)
2. จำนวนรุ่น (Number of Generation)
3. รูปแบบการแลกเปลี่ยนพันธุกรรม (Method of Crossover)
4. ความน่าจะเป็นในการแลกเปลี่ยนพันธุกรรม (Probability of Crossover)
5. รูปแบบการการกลายพันธุ์ (Method of Mutation)
6. ความน่าจะเป็นในการการกลายพันธุ์ (Probability of Mutation)

2.6 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE)

การออกแบบการทดลองในงานวิจัยได้ใช้หลักการทางสถิติที่เรียกว่า การออกแบบการทดลองทางสถิติ (Statistical Design of Experiment) มาใช้ในการทดลอง ซึ่งการออกแบบการทดลองทางสถิตินั้น คือกระบวนการที่ใช้ในการวางแผนการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เหมาะสม สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาข้อสรุปที่เป็นเหตุเป็นผลด้วยวิธีการทางสถิติในการทดลอง โดยมีจุดประสงค์ในการ

ควบคุมการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอิสระที่เรียกว่า ปัจจัย (Factors) ของในกระบวนการ จากนั้นจะดูผลลัพธ์ที่ได้ซึ่งเป็นตัวแปรตอบสนอง (Response) ในกระบวนการนั้น ๆ โดยพิจารณาจากปัจจัยที่ใส่เข้าไปในกระบวนการผลิต (Input) หรือมีอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย (Interaction) ซึ่งมีความสัมพันธ์ต่อผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการ (Output) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่สามารถแสดงกระบวนการได้ ดังรูปที่ 2-15



รูปที่ 2-15 กระบวนการออกแบบการทดลอง [10]

ในการออกแบบการทดลองต้องคำนึงถึงสิ่งที่ถูกจำกัด เช่น เวลา ต้นทุนในการทดลอง บุคลากร วัสดุที่ใช้ในการทดลองและอื่น ๆ ดังนั้นในการทดลองจำเป็นต้องวางแผนและมีการควบคุมการดำเนินการอย่างเป็นระบบเพื่อช่วยให้ได้ข้อมูลที่สำคัญสามารถนำมาวิเคราะห์ได้ ซึ่งการทดลองที่มีการออกแบบอย่างดี จะช่วยให้การวิเคราะห์มีประสิทธิภาพในการหาตัวแปรในกระบวนการ (Process Variable) ตัวแปรของผลิตภัณฑ์ (Product Variable) องค์ประกอบของกระบวนการและผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อคุณภาพและประสิทธิภาพในการผลิต

2.6.1 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล (Experiment of Factorial Design)

การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล (Experiment of Factorial Design) คือ การทดลองที่พิจารณาถึงผลที่เกิดจากการรวมกันของระดับปัจจัยทั้งหมดที่เป็นไปได้ในการทดลอง ประโยชน์จากการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล ได้แก่ ทำให้สามารถหลีกเลี่ยงปัญหาที่เกิดจากอิทธิพลของปัจจัยที่จะก่อให้เกิดข้อสรุปที่ผิดพลาดได้ เนื่องจากการออกแบบการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าการทดลองที่ละปัจจัย ทำให้สามารถประมาณผลของปัจจัยหนึ่งที่ระดับต่าง ๆ ของปัจจัยอื่นได้ รวมทั้งทำให้สามารถหาข้อสรุปที่สมเหตุสมผลตลอดเงื่อนไขของการทดลองได้ ซึ่งการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลมีหลายแบบ ได้แก่

2.6.1.1 การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย

การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย เป็นการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลที่ง่ายที่สุด จะเกี่ยวข้องกับปัจจัย 2 ปัจจัย เช่น ปัจจัย A และปัจจัย B โดยปัจจัย A จะประกอบด้วย x ระดับ ส่วนปัจจัย B จะประกอบด้วย y ระดับ โดยในแต่ละการทดลองจะประกอบด้วยการทดลองร่วมปัจจัยทั้งหมด $x \times y$ การทดลอง และมีจำนวนทั้งหมด n ครั้ง

2.6.1.2 การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล 2^k

การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล 2^k เป็นการออกแบบการทดลองในกรณีที่มีปัจจัย k ปัจจัย ซึ่งแต่ละปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับ โดยจะแทนด้วยระดับต่ำและสูง สำหรับการออกแบบนี้ จะประกอบด้วยข้อมูลทั้งสิ้น 2^k ข้อมูล การออกแบบการทดลองนี้มีประโยชน์มากต่อการทดลองในช่วงเริ่มแรก เมื่อมีปัจจัยเป็นจำนวนมากที่เราต้องการตรวจสอบ การออกแบบนี้จะทำให้เกิดการทดลองจำนวนน้อยที่สุดที่สามารถทำได้

2.6.1.3 การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 3 ระดับ

การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 3 ระดับ การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล 3^k หมายถึง การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลที่แต่ละปัจจัยประกอบด้วย 3 ระดับ ได้แก่ ระดับต่ำ ระดับกลาง และระดับสูง ซึ่งสัญลักษณ์ที่ใช้แทนระดับทั้งสามอาจใช้ตัวเลข $-1, 0$ และ 1 ตามลำดับ

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

O guz et al. (2005) [11] ได้ศึกษาปัญหาการจัดตารางการผลิตของสายการผลิตไหลเลื่อนผสม ด้วยขั้นตอนเชิงพันธุกรรม โดยเริ่มจากการสุ่มประชากร กำหนดวัตถุประสงค์ด้วยค่า C_{max} การคัดเลือกด้วยวงล้อรูเล็ต การแลกเปลี่ยนพันธุกรรมด้วยวิธี NXO (New Crossover Operator) และวิธี PMX (Matched Crossover) การกลายพันธุ์ด้วยวิธีแบบแทรก และแบบสลับตำแหน่ง เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมที่สุด จากการศึกษาและเปรียบเทียบผลกับงานวิจัยของตนเองในปี 2004 ที่ใช้การจัดตารางการผลิตด้วยวิธีการค้นหาแบบห้าม พบว่าการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า ด้วยการการแลกเปลี่ยนพันธุกรรมด้วยวิธี NXO และการกลายพันธุ์ด้วยวิธีแบบแทรก

Mostafa Zandieh and Eghbal Rashidi (2009) [12] ได้ศึกษาปัญหาการจัดตารางการผลิตของสายการผลิตไหลเลื่อนผสม ที่ขึ้นกับเวลาในการติดตั้ง (Setup Time) และการกีดขวางการผลิต (Processor Blocking) ด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบผสมผสาน (Effective Hybrid Genetic Algorithm) สำหรับปัญหา NP-hard เพื่อลดเวลาในการทำงานให้น้อยที่สุด จากนั้นนำมา

เปรียบเทียบกับวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบสุ่ม (Random Key Genetic Algorithm: RKGA) จากการศึกษาพบว่าวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบผสมผสานให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า

Rubén Ruiz and José Antonio Vázquez-Rodríguez (2010) [1] ได้กล่าวถึงการจัดตารางการผลิตของการผลิตแบบไหลเลื่อน ที่จะมีเครื่องจักรหลาย ๆ เครื่องทำงานแบบคู่ขนาน หรือที่เรียกกันว่าไหลเลื่อนผสม ว่าเป็นปัญหาที่ซับซ้อนและพบได้ในการใช้งานจริง ซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้จะทำการศึกษานักวิจัยส่วนใหญ่ทำการศึกษาในเรื่องอะไรและใช้วิธีใดในการแก้ปัญหา จากการศึกษาพบว่าวิธีการที่นิยมได้แก่แก้ปัญหาแบบฮิวริสติกถึง 37% และเมตาฮิวริสติก 19% (แบ่งเป็น Genetic Algorithm 8%, Simulated Annealing 5% และ Tabu Search 6%) ซึ่งนิยามหาเวลารวมในการดำเนินการผลิตถึง 60%

Cengiz Kahraman et al. (2010) [13] ได้ศึกษาปัญหาการจัดตารางการผลิตของสายการผลิตไหลเลื่อนผสม ที่มีปัญหาในเรื่องของการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรที่มีการจัดเรียงเครื่องแบบขนาด ซึ่งการจัดตารางการผลิตที่มีปัญหาในเรื่องของการประมวลผลภาระงาน (Hybrid Flow Shop Scheduling with Multiprocessor Task: HFSMT) เป็นที่รู้จักกันว่าเป็น NP-hard ได้นำเสนอวิธีขั้นตอนวิธีละโมภแบบคู่ขนาน (Parallel Greedy Algorithm: PGA) เป็นการทำการกระบวนการ 2 กระบวนการซ้ำ ๆ เรียกว่าการทำลายและการก่อสร้าง เริ่มจากการทดลองเบื้องต้นเพื่อกำหนดค่าที่ดีที่สุดของพารามิเตอร์ควบคุม ได้แก่ ขนาดประชากรจำนวนกลุ่มย่อย และหมายเลขการวนซ้ำ โดยค่าที่ดีที่สุดของพารามิเตอร์ถูกกำหนดโดยการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปแบบโดยใช้โปรแกรม PGA ผลการคำนวณเปรียบเทียบกับผลงานของ O guz และคณะ พบว่าวิธีขั้นตอนวิธีละโมภแบบคู่ขนานมีประสิทธิภาพดีกว่าในแง่ของเวลารวมในการดำเนินการผลิต

Orhan Engin et al. (2011) [14] ได้ศึกษาการจัดตารางการผลิตที่มีปัญหาในเรื่องของการประมวลผลภาระงาน (Hybrid Flow Shop Scheduling with Multiprocessor Task: HFSMT) เพื่อหาเวลาในการผลิตน้อยที่สุด ด้วยวิธีขั้นตอนวิธีพันธุกรรมที่มีประสิทธิภาพ (Efficient Genetic Algorithm: GA) ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการคำนวณของ GA ขึ้นอยู่กับการแลกเปลี่ยนพันธุกรรม การกลายพันธุ์ และความน่าจะเป็น ได้มีการออกแบบการทดลองด้วยโปรแกรม GA เพื่อให้ได้ค่าที่ดีที่สุดของพารามิเตอร์ควบคุมและตัวดำเนินการ ผลการคำนวณเปรียบเทียบกับผลงานของ O guz และคณะ พบว่าวิธีขั้นตอนทางพันธุกรรมที่เสนอนั้นมีประสิทธิภาพดีกว่าในแง่ของการลดเวลาเสร็จสิ้น

Adel A. Ibrahim et al. (2013) [15] นำเสนอวิธีแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อน ด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสม เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการคำนวณสั้น โดยตัวดำเนินการงาน (กระบวนการแลกเปลี่ยนพันธุกรรมและการกลายพันธุ์) จะมีรูปแบบที่แตกต่างกัน ซึ่งรูปแบบที่แตกต่างกันของกระบวนการ ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของการแก้ปัญหา โดยงานวิจัยฉบับนี้

ได้เสนอวิธีแบบต่าง ๆ ที่สร้างขึ้นเพื่อการแก้ไขปัญหาการจัดตารางการผลิต พบว่าประชากรที่มีขนาดใหญ่กว่า 60 จะไม่สามารถรับประกันผลลัพธ์ที่ได้ โดยประชากรเริ่มต้นจะมาจากการสุ่ม การดำเนินงานกระบวนการแลกเปลี่ยนพันธุกรรมใช้แบบสองจุด (Two-point Crossover: 2PX) และแบบแมป (Mapped Crossover: PPX) โดยให้ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนพันธุกรรมเพิ่มขึ้นจนถึง 0.6

อาริต ธรรมโน และอัจฉรา ภู่อ่อง (2556) [16] ได้นำเสนอวิธีในการจัดตารางการผลิตที่มีความยืดหยุ่นบนเครื่องจักรที่ทำงานแบบคู่ขนาน ด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม เริ่มจากการกำหนดรูปแบบของโครโมโซมเริ่มต้น สร้างโครโมโซมเริ่มต้น หาค่าความเหมาะสม คัดเลือกโครโมโซมพ่อแม่ ดำเนินงานแลกเปลี่ยนพันธุกรรม และการกลายพันธุ์ นำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพด้วยวิธีทดลองประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีที่ชื่อว่า Brandimarte Data Set (BRData) ที่ประกอบไปด้วยข้อมูลย่อย 10 ชุดข้อมูล ทำการเปรียบเทียบด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน กับผลงานของ Guohui Zhang และคณะ พบว่าการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีร่วมกับวิธีการสร้างประชากรเริ่มต้นที่มีประสิทธิภาพ และเพิ่มความหลากหลายในขั้นตอนการแลกเปลี่ยนพันธุกรรมและการกลายพันธุ์ ช่วยให้กระบวนการมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

M. Ebrahimi et al. (2014) [17] ได้ศึกษาปัญหาการจัดตารางการผลิตของสายการผลิตไหลเลื่อนผสมด้วยเวลาในการติดตั้งและกำหนดส่งที่ไม่แน่นอนโดยขึ้นกับประชากร ด้วยขั้นตอนเชิงพันธุกรรม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เวลาในการดำเนินงานน้อยที่สุดกำหนดวัตถุประสงค์ด้วยค่า C_{max} และค่าถ่วงน้ำหนักเวลาในการล่าช้า (Total Weighted Tardiness) โดยได้มีการแบ่งกลุ่มประชากรออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ การแลกเปลี่ยนพันธุกรรมด้วยวิธี Uniform Crossover การกลายพันธุ์ด้วยวิธี NSGAI (Non-dominated Sorting Genetic Algorithm) และ MOGA (Multi Objective Genetic Algorithm) จากการศึกษาและเปรียบเทียบกับด้วยค่า MID (The Average of these Distances) พบว่าการขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมให้ผลลัพธ์ที่คือการแลกเปลี่ยนพันธุกรรมด้วยวิธี NSGAI ในระยะเวลาอันสั้น

S.Karthik and T.Prabakaran (2014) [18] ได้นำเสนอขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมและความกลมกลืนแบบผสมผสาน (Hybrid Genetic and Harmony Search Algorithm) เพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตสำหรับระบบการผลิตไหลเลื่อนผสม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เวลารวมในการดำเนินการผลิตน้อยที่สุด โดยการจัดตารางการผลิตจะพิจารณางานที่ต้องดำเนินการบนเครื่องจักร ที่มีมากกว่า 1 เครื่อง จากการทดลองและเปรียบเทียบผลพบว่าขั้นตอนวิธีแบบผสมผสาน (Hybrid Algorithm) ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม โดยขั้นตอนวิธีแบบผสมผสานสามารถค้นหาเวลารวมในการดำเนินการผลิตได้ดีกว่า โดยการเพิ่มจำนวนรอบการทำงานซ้ำ

วัชร ส่งเสริม (2559) [19] ได้นำเสนอขั้นตอนวิธีในการวางแผนความต้องการของวัสดุที่มีข้อจำกัดด้านกำลังการผลิตของโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ ในสายการผลิตไหลเลื่อนผสม ด้วยวิธีเมตาฮิวริสติก 4 วิธี คือ วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม การค้นหาแบบทาบู วิธีการหาคำตอบใกล้เคียงแบบแปรผัน และวิธีการจำลองการอบอุ่น โดยจะทำงานร่วมกับวิธีโปรแกรมเชิงเส้น เพื่อหาต้นทุนรวมของระบบที่ต่ำที่สุด จากการศึกษพบว่าวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด

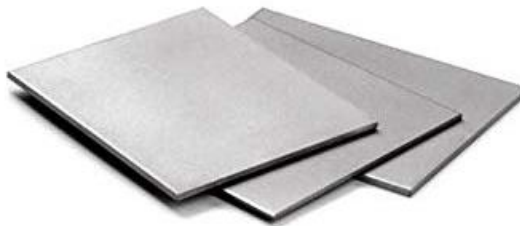


บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้ได้นำเสนอการประยุกต์ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมรวมกับกระบวนการผลิตแบบไหลเลื่อนผสม โดยมีขั้นตอนเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม ได้แก่ขั้นตอนการสร้างประชากรต้นแบบ การคำนวณค่าความเหมาะสม กระบวนการทางพันธุกรรม (กระบวนการสลับสายพันธุกรรมและกระบวนการกลายพันธุ์) และการตรวจสอบเงื่อนไขในการหยุดทำงาน สามารถดำเนินงานได้ดังต่อไปนี้

3.1 ข้อมูลทั่วไปของบริษัทกรณีศึกษา

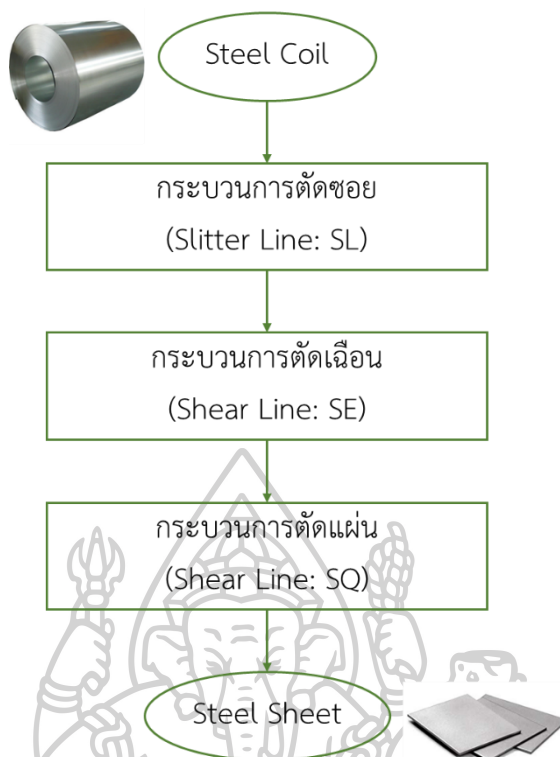
บริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทจำหน่ายเหล็กแผ่น โดยผลิตภัณฑ์ของบริษัทมีหลากหลายขนาด ขึ้นอยู่กับความต้องการของลูกค้า ดังรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 เหล็กแผ่น

3.1.1 กระบวนการผลิตเหล็กแผ่น

กระบวนการทำงานเริ่มจากการรับเหล็กม้วน (Coil) เข้าสู่กระบวนการตัดซอย (Slitter Line: SL) กระบวนการตัดเฉียง (Shear Line: SE) และกระบวนการตัดแผ่น (Square Shear Line: SQ) โดยสามารถแสดงกระบวนการทำงานได้ดังรูปที่ 3-2



รูปที่ 3-2 กระบวนการผลิตเหล็กแผ่น

ในกระบวนการตัดซอย เหล็กที่เข้ามาจะเป็นเหล็กม้วน โดยจะตัดตามความกว้างของคำสั่งซื้อ (ลดขนาดหน้ากว้างของเหล็กม้วน) และกรอกลับเป็นม้วนดั้งเดิม โดยเหล็กม้วนจะมี 2 ขนาดได้แก่ ขนาดหน้ากว้าง 1,145 มิลลิเมตร และขนาดหน้ากว้าง 1,219 มิลลิเมตร ซึ่งมีเครื่องจักร 2 เครื่อง

ในกระบวนการตัดเฉือน เหล็กที่เข้ามาจะเป็นเหล็กม้วน โดยจะตัดเป็นชิ้น ๆ ตามขนาดความกว้างของคำสั่งซื้อ ซึ่งมีเครื่องจักร 3 เครื่อง

และกระบวนการตัดแผ่น เหล็กที่เข้ามาจะเป็นเหล็กแผ่น โดยจะตัดเป็นชิ้น ๆ ตามขนาดความยาวของคำสั่งซื้อ ซึ่งมีเครื่องจักร 5 เครื่อง

3.1.2 เงื่อนไขในกระบวนการผลิต

ทุก ๆ คำสั่งผลิต ต้องผ่านกระบวนการผลิตตามลำดับ แต่สามารถเลือกทำงานบนเครื่องจักรใดก็ได้ ในกระบวนการเดียวกัน

ในกระบวนการตัดซอย จะต้องทำการตัดเหล็กทั้งม้วน โดยเหล็ก 1 ม้วนจะมีความยาวประมาณ 3,000 – 3,600 เมตร ขึ้นอยู่กับหน้ากว้างของเหล็ก

ชิ้นงาน ต้องมีขนาดหน้ากว้าง อยู่ระหว่าง 100 - 1,219 มิลลิเมตร และความยาวอย่างน้อย 100 มิลลิเมตร

สามารถสรุปกระบวนการในการผลิต ได้ดังตารางที่ 3-1 ซึ่งแต่ละกระบวนการจะมีจำนวนของเครื่องจักรที่ไม่เท่ากัน และเวลาในการผลิตแต่ละคำสั่งซื้อจะไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับขนาดของชิ้นงาน สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-1 สรุปกระบวนการในการผลิต

กระบวนการ	จำนวนเครื่องจักร	เวลาในการผลิต (เมตร/นาที/เครื่อง)
ตัดซอย	2	120
ตัดเฉือน	3	40
ตัดแผ่น	5	15

ตารางที่ 3-2 ตัวอย่างคำสั่งซื้อ

คำสั่งซื้อ	ขนาดชิ้นงาน (เมตร)		จำนวน (ชิ้น)	เวลาในการผลิต (วินาที)		
	กว้าง	ยาว		ตัดซอย	ตัดเฉือน	ตัดแผ่น
A	0.12	0.70	700	1,800	122	1,960
B	0.25	1.50	500	1,500	188	3,000
C	0.23	0.15	1500	1,500	506	900
D	0.83	1.50	100	1,500	124	600

3.1.3 ลักษณะปัญหาการจัดตารางการผลิตในปัจจุบันของบริษัท

ผลิตภัณฑ์แต่ละประเภทจะมีความแตกต่างกันในเรื่องของขนาดชิ้นงาน (ขนาดความกว้างxยาว ไม่เท่ากัน) โดยใน 1 วันจะมีคำสั่งซื้อเข้ามาประมาณ 10 – 20 คำสั่งซื้อ แต่ละคำสั่งซื้อจะมีจำนวนชิ้นงานไม่เท่ากัน โดยมีจำนวน 5 – 2,500 ชิ้น

จากการศึกษาพบว่า การวางแผนการผลิตในปัจจุบัน ใช้หลักการวางแผนแบบมาก่อนผลิตก่อน หรือ First Come First Serve ผลิตบนเครื่องจักรใดก็ได้ที่ว่างงาน บางครั้งคำสั่งซื้อที่มาทีหลังแต่ใช้เวลาในการผลิตสูง ทำให้คำสั่งซื้อในลำดับถัดไปต้องรอคิวงาน ส่งผลให้เวลาในการผลิตรวมสูงขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

3.2 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดตารางการผลิต เพื่อเลือกเครื่องจักรที่มีความเหมาะสมกับงาน และจัดลำดับงานบนเครื่องจักรแบบคู่ขนาน โดยมีขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ดังรูปที่ 3-3



รูปที่ 3-3 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

3.2.1 การสร้างประชากรเริ่มต้น

ขั้นตอนนี้เป็นการสร้างประชากรเริ่มต้น ประชากรจะมีการเข้ารหัสแบบจำนวนเต็ม โดยใช้คำสั่งในการผลิตเป็นรหัส ซึ่งความยาวของประชากรแต่ละตัวจะมีความยาวเท่ากับจำนวนของคำสั่งการผลิต โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการกำหนดประชากรเริ่มต้นจากการสุ่มโครโมโซม ดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 ตัวอย่างประชากรเริ่มต้น

โครโมโซม	ลำดับการผลิต			
1	C	B	D	A
2	A	D	B	C
3	A	D	C	B

3.2.2 การหาค่าความเหมาะสม

เป็นการวัดประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่มีวัตถุประสงค์หลายวัตถุประสงค์ โดยจะใช้วิธีการเปรียบเทียบชุดข้อมูลระหว่างกัน โดยการใช้ระยะทาง (Distance) ดังสมการที่ 3.1 ซึ่งคำนวณได้จากเวลาในการดำเนินการผลิต (*Makespan: C_{max}*) และเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย (*Average Flow Time: \bar{F}*) ดังสมการที่ 3.2

$$Distance_j = \sqrt{(C_{max})_j^2 + (\bar{F})_j^2} \quad (3.1)$$

$$\bar{F} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n F_i = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n C_i - r_i \quad (3.2)$$

โดยกำหนดให้

- m คือ จำนวนของโครโมโซม
- j คือ $1, 2, \dots, m$
- n คือ จำนวนของงาน
- i คือ $1, 2, \dots, n$
- C_{max} คือ เวลาในการดำเนินการผลิตสูงสุด
- \bar{F} คือ เวลาการไหลของงานเฉลี่ย
- C_i คือ เวลาในการดำเนินการผลิตของงาน i เสร็จ
- r_i คือ เวลาที่งาน i พร้อมทำงาน

โดยที่ C_{max} สามารถคำนวณได้จากเวลาที่ใช้ในการผลิตแล้วเสร็จที่สูงที่สุดของแต่ละโครโมโซม และ \bar{F} สามารถคำนวณได้จากเวลาเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการดำเนินการผลิตแล้วเสร็จโดยเฉลี่ยเวลาที่พร้อมทำงานของแต่ละงาน i ตัวอย่างการวางคำสั่งขึ้นบนสถานีงาน ดังรูปที่ 3-4

หลังจากคำนวณสัดส่วนแล้ว ก็เข้าสู่กระบวนการสร้างวงล้อรูเล็ต เริ่มจากกำหนดช่องของรูเล็ต โดยแต่ละช่องจะถูกแทนด้วยโครโมโซมเริ่มต้น และความกว้างของแต่ละช่องขึ้นกับค่าความน่าจะเป็น โดยค่าความน่าจะเป็นสามารถหาได้ดังสมการที่ 3.4 หลังจากคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นแล้ว จะสามารถนำค่าความน่าจะเป็นที่ได้มาสร้างวงล้อรูเล็ต จากนั้นทำการสุ่มค่าอยู่ระหว่าง 0 – 1 ขึ้นมา หากค่าที่ได้ตกอยู่ในช่องใดของวงล้อรูเล็ต โครโมโซมที่อยู่ในนั้นก็จะเป็นโครโมโซมพ่อ และทำเช่นเดียวกันในการหาโครโมโซมแม่

$$Probabililty_j = \frac{\alpha_j}{\sum_1^m \alpha} \quad (3.4)$$

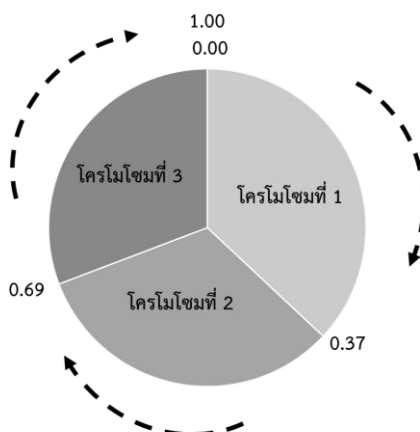
โดยกำหนดให้

$Probabililty_j$ คือ ค่าความน่าจะเป็นของโครโมโซมตัวที่ j

ตารางที่ 3-4 ได้แสดงตัวอย่างของการคำนวณค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือก หลังจากได้ค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกของแต่ละโครโมโซมแล้ว นำมาสร้างวงล้อรูเล็ตโดยใช้ค่าความน่าจะเป็นสะสม ได้ดังรูปที่ 3-5

ตารางที่ 3-4 ความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือก

โครโมโซม	ระยะทาง	สัดส่วน	ความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือก	ความน่าจะเป็นสะสม
1	5,450	3.367	0.37	0.37
2	6,302	2.912	0.32	0.69
3	6,597	2.781	0.31	1.00
รวม	18,349	9.060	1.00	



รูปที่ 3-5 วงล้อรูเล็ต

หลังจากสร้างวงล้อรูเล็ตแล้ว ทำการสุ่มเลขระหว่าง 0 – 1 เพื่อหาโครโมโซมพ่อ และโครโมโซมแม่ โดยค่าที่สุ่มได้ครั้งนี้ คือ 0.096 และ 0.870 ดังนั้นโครโมโซมพ่อ ได้แก่โครโมโซมที่ 1 และโครโมโซมแม่ ได้แก่โครโมโซมที่ 3 เพื่อไปสู่กระบวนการแลกเปลี่ยนพันธุกรรม

3.2.4 การแลกเปลี่ยนพันธุกรรม (Crossover)

การแลกเปลี่ยนพันธุกรรมระหว่างโครโมโซมพ่อและโครโมโซมแม่ เพื่อสร้างโครโมโซมลูก แต่ก่อนจะเข้าสู่กระบวนการแลกเปลี่ยนพันธุกรรมจะมีการสุ่มระหว่าง 0 – 1 เพื่อนำมาเทียบกับค่าความน่าจะเป็นในการแลกเปลี่ยนพันธุกรรม (*Probability Crossover: P_C*) ซึ่งควรจะกำหนดให้อยู่ระหว่าง 0.7 – 1.0 [20] ถ้าค่าที่สุ่มได้น้อยกว่าค่าความน่าจะเป็นในการแลกเปลี่ยนพันธุกรรม จะยอมให้เกิดการแลกเปลี่ยนพันธุกรรม แต่ถ้าค่าที่สุ่มได้มากกว่าค่าความน่าจะเป็นในการแลกเปลี่ยนพันธุกรรม จะข้ามขั้นตอนการแลกเปลี่ยนพันธุกรรมไปสู่ขั้นตอนถัดไป

วิธีการแลกเปลี่ยนพันธุกรรมในงานวิจัยนี้ เลือกวิธีการแลกเปลี่ยนพันธุกรรมแบบสองจุด (Two Point Crossover) มีขั้นตอนได้แก่ สุ่มตำแหน่งของโครโมโซมพ่อและแม่ เพื่อที่จะส่งไปยังโครโมโซมลูก และเติมเต็มโครโมโซมลูกให้ครบ โดยการรับยีนที่ไม่ซ้ำกับขั้นตอนแรก

ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนพันธุกรรม ได้ดังรูปที่ 3-6 โดยสุ่มตำแหน่งบนโครโมโซมพ่อ และโครโมโซมแม่ ได้ตำแหน่งที่ 1 และ 4

	ขั้นตอนที่ 1				ขั้นตอนที่ 2			
ตำแหน่ง	1	2	3	4	1	2	3	4
โครโมโซมพ่อ	C	B	D	A	C	B	D	A
โครโมโซมลูก 1	C			A	C	D	B	A
โครโมโซมลูก 2	A			B	A	C	D	B
โครโมโซมแม่	A	D	C	B	A	D	C	B

รูปที่ 3-6 วิธีการแลกเปลี่ยนพันธุกรรมแบบสองจุด

3.2.5 การกลายพันธุ์ (Mutation)

การกลายพันธุ์ มีความสำคัญมากในการช่วยป้องกันความเสียหายของโครโมโซม แต่ก่อนจะเข้าสู่กระบวนการกลายพันธุ์ จะมีการสุ่มระหว่าง $0 - 1$ เพื่อนำมาเทียบกับค่าความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (*Probability Mutation: P_m*) ซึ่งควรจะกำหนดให้อยู่ระหว่าง $0.02 - 0.18$ [20] ถ้าค่าที่สุ่มได้น้อยกว่าค่าความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ จะยอมให้เกิดการกลายพันธุ์ แต่ถ้าค่าที่สุ่มได้มากกว่าค่าความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ จะข้ามขั้นตอนการกลายพันธุ์ไปสู่ขั้นตอนถัดไป

วิธีการกลายพันธุ์ ในงานวิจัยนี้ เลือกวิธีการกลายพันธุ์แบบแทรก เป็นการเปลี่ยนตำแหน่งโดยการแทรกตำแหน่ง ซึ่งจะทำการสุ่มเลือกตำแหน่งของโครโมโซมมา 2 ตำแหน่ง โดยตำแหน่งแรกแทนบิต และตำแหน่งที่สองคือตำแหน่งที่จะนำบิตไปแทรก

ตัวอย่างการกลายพันธุ์ ดังรูปที่ 3-7 โดยสุ่มตำแหน่งบนโครโมโซมที่ 1 ได้แก่ 4 และ 1 โดย และโครโมโซมที่ 2 ได้แก่ 3 และ 2

โครโมโซมลูก 1 แลกเปลี่ยนพันธุกรรม	C	D	B	A
โครโมโซมลูก 1 กลายพันธุ์	A	C	D	B
โครโมโซมลูก 2 แลกเปลี่ยนพันธุกรรม	A	C	D	B
โครโมโซมลูก 2 กลายพันธุ์	A	D	C	B

ตำแหน่งที่ 1
 ตำแหน่งที่ 2

รูปที่ 3-7 วิธีการกลายพันธุ์แบบแทรก

3.2.6 การจัดเก็บโครโมโซมลูก

ขั้นตอนนี้เป็นการจัดเก็บโครโมโซมลูก ซึ่งหลังจากผ่านกระบวนการแลกเปลี่ยนพันธุกรรมและการกลายพันธุ์แล้ว ทำให้ได้โครโมโซมลูก จากนั้นนำไปคำนวณหาค่าระยะทาง เพื่อตรวจสอบโครโมโซมลูก หากค่าระยะทาง ของโครโมโซมใดมีค่าเท่ากัน โครโมโซมตัวใหม่จะถูกตัดทิ้งไป แสดงตัวอย่างได้ดังตารางที่ 3-5 พบว่ามีโครโมโซมที่ซ้ำกัน 2 โครโมโซม ได้แก่ โครโมโซมที่ 3 กับโครโมโซมลูก 2 กลายพันธุ์ และโครโมโซมลูก 1 กลายพันธุ์กับโครโมโซมลูก 2 แลกเปลี่ยนพันธุกรรม ดังนั้นการจัดเก็บโครโมโซมในรอบนี้จะมีเพียง 5 โครโมโซม ดังตารางที่ 3-6



ตารางที่ 3-5 ตรวจสอบโครโมโซมลูก

โครโมโซม	ลำดับการผลิต				ค่าความเหมาะสม
1	C	B	D	A	5,450
2	A	D	B	C	6,302
3	A	D	C	B	6,597
ลูก 1 แลกเปลี่ยนพันธุกรรม	C	D	B	A	6,393
ลูก 1 กลายพันธุ์	A	C	D	B	6,583
ลูก 2 แลกเปลี่ยนพันธุกรรม	A	C	D	B	6,583
ลูก 2 กลายพันธุ์	A	D	C	B	6,597

ตารางที่ 3-6 การจัดเก็บโครโมโซมลูก

โครโมโซม	ลำดับการผลิต			
1	C	B	D	A
2	A	D	B	C
3	A	D	C	B
ลูก 1 แลกเปลี่ยนพันธุกรรม	C	D	B	A
ลูก 2 แลกเปลี่ยนพันธุกรรม	A	C	D	B

3.2.7 การหยุดทำงาน

ระบบจะหยุดทำงานเมื่อการทำงานเป็นไปตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้ หรือหยุดทำงานเมื่อได้จำนวนครบตามที่กำหนดให้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมหยุดทำงานโดยพิจารณาจากจำนวนประชากรสูงสุดที่ดำเนินการและนำมาเป็นเกณฑ์

3.3 ขั้นตอนและแผนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย เริ่มจากการกำหนดวัตถุประสงค์ของการวิจัย ศึกษาทฤษฎีและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง ศึกษากระบวนการผลิตของบริษัทจำหน่ายเหล็กแผ่น เพื่อนำมาออกแบบและพัฒนาขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม โดยใช้โปรแกรม VBA (Visual Basic for Application) ประมวลผลบน Intel Core i3-2330M CPU 2.20GHz ใช้หน่วยความจำขนาด 6 GB ปรับปรุงขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม และสรุปผลงานวิจัย สามารถแสดงกระบวนการดำเนินการวิจัยได้ ดังรูปที่ 3-8 และตารางที่ 3-7



รูปที่ 3-8 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย



รูปที่ 3-9 ออกแบบขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

Step 1: Create random population P of N chromosomes and Calculate Distance objective function for each solution.

Step 2: Create offspring population Q of N chromosomes.

2.1 use roulette wheel selection.

2.2 do the crossover based on random number with the probability of P_c .

2.3 do the mutation based on random number with the probability of P_m .

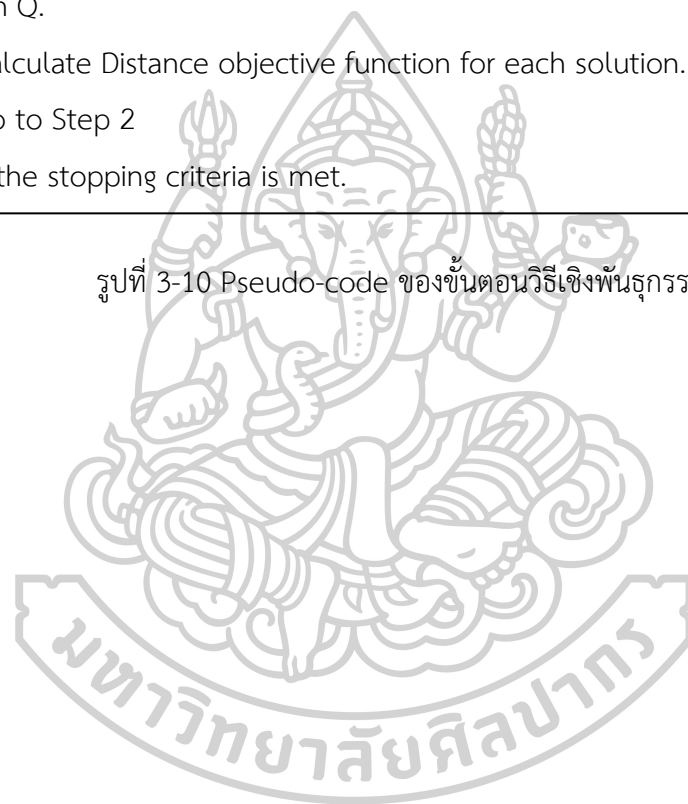
Step 3: Make new population R by combining parent population P and offspring population Q .

Step 4: Calculate Distance objective function for each solution.

Step 5: Go to Step 2

Step 6: If the stopping criteria is met.

รูปที่ 3-10 Pseudo-code ของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม



บทที่ 4 ผลการวิจัย

จากการศึกษาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนผสมด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมของบริษัทจำหน่ายเหล็กแผ่น โดยในบทนี้จะทำการทดลองหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด เพื่อนำไปสู่ขั้นตอนการหาค่าตอบด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม อีกทั้งยังนำไปเปรียบเทียบกับวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และการจัดตารางการผลิตโดยการหาค่าแม่นยำ (ใช้สมการทางคณิตศาสตร์) โดยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม โดยมีการคัดเลือกประชากรแบบวงล้อรูเล็ต การแลกเปลี่ยนพันธุกรรมแบบสองจุด และการกลายพันธุกรรมแบบแทรก

4.1 การออกแบบการทดลอง

การทดลองนี้เริ่มจากการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ประกอบด้วยพารามิเตอร์ 4 ชนิด ได้แก่ จำนวนรอบการทำซ้ำ จำนวนประชากรเริ่มต้น ความน่าจะเป็นในการแลกเปลี่ยนพันธุกรรม และความน่าจะเป็นในการกลายพันธุกรรม โดยแต่ละพารามิเตอร์จะมี 2 ระดับ ดังตารางที่ 4-1 ทางผู้วิจัยได้ทำการออกแบบการทดลองแบบเต็มรูปแบบ 2 ระดับ (2^k Full Factorial Design) ซึ่งการทดลองนี้จะทำการทดลอง $2^4 = 16$ การทดลอง การทดลองละ 3 ครั้ง รวมทั้งหมด $16 * 3 = 48$ การทดลอง โดยการทดลองจะจัดลำดับการทดลองแบบสุ่มเพื่อลดความผิดพลาด โดยมีคำสั่งซื้อตัวอย่างจำนวน 20 คำสั่งซื้อ

ตารางที่ 4-1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบการทดลอง

พารามิเตอร์	ค่าที่กำหนด	
	ระดับต่ำ	ระดับสูง
จำนวนรอบการทำซ้ำ	100	500
ประชากรเริ่มต้น	10	20
ความน่าจะเป็นในการแลกเปลี่ยนพันธุกรรม (P_C)	0.8	0.9
ความน่าจะเป็นในการกลายพันธุกรรม (P_m)	0.05	0.08

ในการทดลองได้ใช้โปรแกรม VBA (Visual Basic for Application) และ วิเคราะห์ทางสถิติทางโปรแกรม Minitab 17 ผู้วิจัยได้ทำการทดลองที่คำสั่งซื้อตัวอย่างจำนวน 20 คำสั่งซื้อ ได้ทำการบันทึกผลการทดลองดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 บันทึกผลการทดลอง ของคำสั่งซื้อตัวอย่างจำนวน 5 คำสั่งซื้อ

ลำดับ	จำนวนรอบ	ประชากรเริ่มต้น	P_c	P_m	ระยะทาง
1	100	10	0.8	0.05	16,934.39
2	500	10	0.8	0.05	16,818.31
3	100	20	0.8	0.05	16,815.12
4	500	20	0.8	0.05	16,676.85
5	100	10	0.9	0.05	16,741.50
6	500	10	0.9	0.05	16,724.51
7	100	20	0.9	0.05	16,812.41
8	500	20	0.9	0.05	16,798.33
9	100	10	0.8	0.08	16,870.12
10	500	10	0.8	0.08	16,811.99
11	100	10	0.8	0.08	16,824.07
12	500	20	0.8	0.08	16,717.22
13	100	10	0.9	0.08	16,910.34
14	500	10	0.9	0.08	16,751.37
15	100	20	0.9	0.08	16,908.67
16	500	20	0.9	0.08	16,778.13
17	100	10	0.8	0.05	16,934.39

ตารางที่ 4-2 บันทึกผลการทดลอง ของคำสั่งซื้อตัวอย่างจำนวน 5 คำสั่งซื้อ (ต่อ)

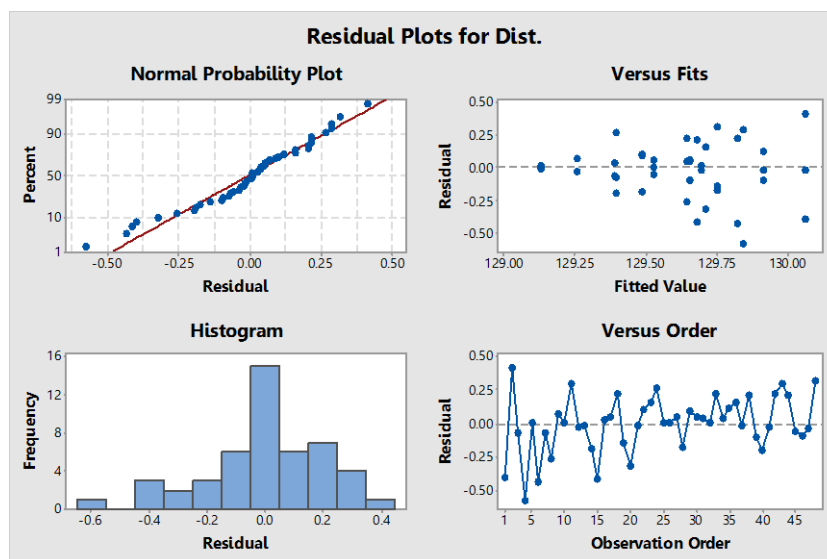
ลำดับ	จำนวนรอบ	ประชากรเริ่มต้น	P_C	P_m	ระยะทาง
18	500	10	0.8	0.05	16,864.47
19	100	20	0.8	0.05	16,822.95
20	500	20	0.8	0.05	16,675.85
21	100	10	0.9	0.05	16,866.33
22	500	10	0.9	0.05	16,699.44
23	100	20	0.9	0.05	16,911.65
24	500	20	0.9	0.05	16,916.64
25	100	10	0.8	0.08	16,709.12
26	500	10	0.8	0.08	16,724.51
27	100	20	0.8	0.08	16,784.46
28	500	20	0.8	0.08	16,792.06
29	100	10	0.9	0.08	16,910.34
30	500	10	0.9	0.08	16,723.39
31	100	20	0.9	0.08	16,853.27
32	500	20	0.9	0.08	16,761.68
33	100	10	0.8	0.05	16,709.12
34	500	10	0.8	0.05	16,741.10
35	100	20	0.8	0.05	16,822.95
36	500	20	0.8	0.05	16,671.85
37	100	10	0.9	0.05	16,866.33

ตารางที่ 4-2 บันทึกผลการทดลอง ของคำสั่งซื้อตัวอย่างจำนวน 5 คำสั่งซื้อ (ต่อ)

ลำดับ	จำนวนรอบ	ประชากรเริ่มต้น	P_c	P_m	ระยะทาง
38	500	10	0.9	0.05	16,698.06
39	100	20	0.9	0.05	17,024.05
40	500	20	0.9	0.05	16,789.21
41	100	10	0.8	0.08	16,870.12
42	500	10	0.8	0.08	16,692.45
43	100	20	0.8	0.08	16,822.95
44	500	20	0.8	0.08	16,789.95
45	100	10	0.9	0.08	16,741.50
46	500	10	0.9	0.08	16,748.79
47	100	20	0.9	0.08	16,872.45
48	500	20	0.9	0.08	16,789.77

4.1.1 การตรวจสอบการแจกแจงตัวแบบปกติ (Normal Distribution)

การทดลองการแจกแจงแบบปกติ ของการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนผสม
ได้ผลดังรูปที่ 4-1 และ 4-2



รูปที่ 4-1 การทดลองสมมติฐานของค่าความน่าจะเป็น

จากรูปที่ 4-1 แสดงการตรวจสอบสมมติฐานทางด้านการกระจายแบบปกติของข้อมูล โดยค่าความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าระยะทาง (Normal Probability Plot of Distance) จากข้อมูลมีลักษณะการกระจายตัวแบบแนวเส้นตรง ประมาณได้ว่าค่าระยะทางมีการแจกแจงแบบปกติ ในการทดลองแบบกราฟแท่งของค่าระยะทาง (Histogram of Distance) ซึ่งผลการทดลองพบว่าลักษณะของกราฟมีลักษณะเป็นรูปทรงระฆังคว่ำและกราฟมีความสมมาตรกัน ประมาณได้ว่าค่าระยะทางมีการแจกแจงแบบปกติ ในการทดลองความแปรปรวนคงที่ของข้อมูล (Plot of Distance Versus the Fitted Values) ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบสุ่ม แสดงว่ามีค่าความแปรปรวนไม่คงที่ และการทดลองสมมติฐานของความเป็นอิสระ (Versus the Order of the Data) จากกราฟแสดงให้เห็นถึงข้อมูลของการเพิ่มและลดลง ซึ่งการกระจายตัวของค่าระยะทางมีรูปแบบที่เป็นอิสระ ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน แสดงให้เห็นว่าค่าระยะทาง มีความเป็นอิสระต่อกัน

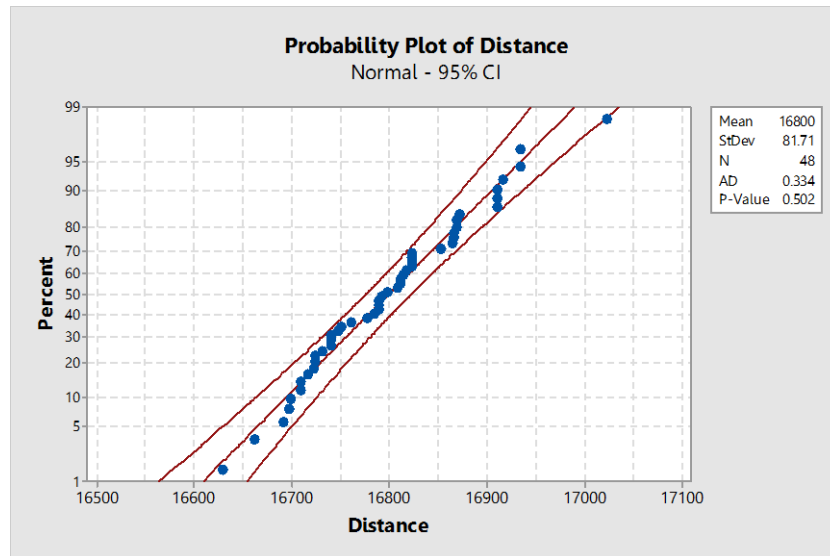
เมื่อพิจารณาการกระจายตัวค่าระยะทางที่ใช้ในการทดลองการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($\alpha = 0.05$) ซึ่งมีสมมติฐาน ได้แก่

H_0 : เป็นการแจกแจงปกติ

H_1 : ไม่เป็นการแจกแจงปกติ

การแปลผล ถ้าค่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่ายอมรับสมมติฐานหลัก

ถ้าค่า P-Value มีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก

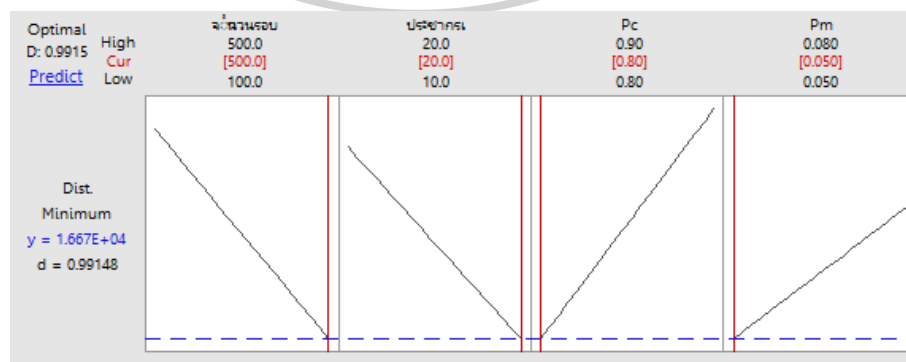


รูปที่ 4-2 แผนภาพความน่าจะเป็นการแจกแจงแบบปกติ

จากรูปที่ 4-2 พบว่าค่าระยะทางมีการกระจายตัวเป็นแนวเส้นตรง และค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.502 ซึ่งมีความมากกว่าค่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ที่ 95% ($P\text{-Value} = 0.502 > 0.05$) แสดงว่าสมมติฐานหลักมีการแจกแจงของการทดลองเป็นปกติ

4.1.2 การหาค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมในการทดลองด้วยวิธีการหาค่าปัจจัยที่เหมาะสม (Response Optimization)

ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะกำหนดค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อใช้ในพัฒนาขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่ช่วยในการจัดตารางการผลิตให้กับระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนผสม โดยจะทำการทดลองเพื่อหาค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมด้วยวิธีการหาค่าปัจจัยที่เหมาะสม ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์โดยกำหนดให้หาค่าที่ต่ำที่สุด (Minimize Goal) ได้ดังรูปที่ 4-3



รูปที่ 4-3 ค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสม

สรุประดับปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยได้แก่ จำนวนรอบการทำซ้ำ เท่ากับ 500 รอบ ประชากรเริ่มต้น เท่ากับ 20 ความน่าจะเป็นในการแลกเปลี่ยนพันธุกรรม เท่ากับ 0.8 และความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.05

4.2 การทดลอง

การจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนผสมโดยการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม มาช่วยในการแก้ปัญหา โดยพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง ได้ดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

พารามิเตอร์	ค่าที่กำหนด
คำสั่งซื้อตัวอย่าง	5, 10, 15 และ 20
จำนวนรอบ	500
ประชากรเริ่มต้น	20
ความน่าจะเป็นในการแลกเปลี่ยนพันธุกรรม	0.8
วิธีการแลกเปลี่ยนพันธุกรรม	การแลกเปลี่ยนพันธุกรรมแบบสองจุด
ความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์	0.05
วิธีการกลายพันธุ์	กลายพันธุ์แบบแทรก

สำหรับการทดลองนี้ ทางผู้วิจัยเลือกใช้ข้อมูลจากทางบริษัทจำหน่ายแผ่นเหล็ก โดยประกอบด้วย ขนาด (กว้าง,ยาว) และปริมาณ ซึ่งแต่ละคำสั่งซื้อตัวอย่าง จะมีการทำซ้ำ 10 ครั้ง รวมทั้งสิ้น $4 \times 10 = 40$ ครั้ง จากนั้นนำผลคำตอบที่ได้ไปเปรียบเทียบกับวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และการจัดตารางการผลิตโดยการหาค่าแม่นยำ

4.3 ผลการทดลอง

4.3.1 วิธีการจัดตารางการผลิตที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

วิธีการจัดตารางการผลิตที่ใช้อยู่ในปัจจุบันทางบริษัทได้ใช้พนักงานในการวางแผนการผลิต โดยอาศัยหลักการแบบมาก่อนผลิตก่อน หรือ First Come First Serve หมายความว่า

เมื่อมีคำสั่งซื้อเข้ามาพนักงานก็จะดูว่ามีเครื่องจักรใดบ้างที่ว่าง เมื่อพบว่าไม่มีเครื่องจักรว่างพนักงานก็จะสั่งผลิตคำสั่งซื้อนั้น

4.3.2 วิธีการจัดตารางการผลิตโดยการหาค่าแม่นยำ

สำหรับตัวแปรที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นสำหรับงานวิจัยนี้ เพื่อการหาค่าระยะทางที่น้อยที่สุด และสอดคล้องกับจำนวนเครื่องจักรที่มีอยู่อย่างจำกัด ผู้วิจัยจึงได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และใช้โปรแกรม Excel Solver มาช่วยในการแก้ปัญหาเพื่อหาค่าคำตอบที่ดีที่สุด

4.3.2.1 สร้างสมการเชิงเส้น (Linear Programming Models)

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) อธิบายวัตถุประสงค์หลักเพื่อหาค่าระยะทางที่น้อยที่สุด ดังสมการที่ 4.1

$$\text{Min Distance}_m = \text{Min} \left(\sqrt{(C_{max})_j^2 + (\bar{F})_j^2} \right)_m \quad (4.1)$$

โดยกำหนดให้

- m คือ จำนวนของโครโมโซม
- j คือ $1, 2, \dots, m$
- C_{max} คือ เวลาในการดำเนินการผลิตสูงสุด
- \bar{F} คือ เวลาการไหลของงานเฉลี่ย

ข้อจำกัดหรือเงื่อนไข (Constrains) อธิบายเกี่ยวกับข้อจำกัดต่าง ๆ ได้แก่ จำนวนเครื่องจักรในการผลิตต้องไม่มากกว่าจำนวนเครื่องจักรที่มี ดังสมการที่ 4.2 และในแต่ละคำสั่งซื้อจะต้องผลิตบนเครื่องจักรเพียงเครื่องเดียวในแต่ละกระบวนการ ดังสมการที่ 4.3

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{ij} \leq \text{Machine inventory} \quad (4.2)$$

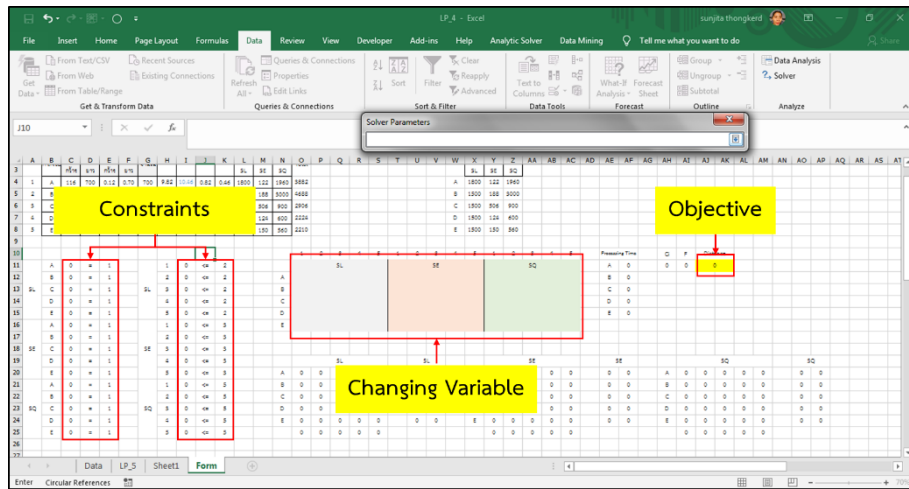
$$\sum_{i=1}^n \sum_{p=1}^3 Y_{ip} = 1 \quad (4.3)$$

โดยกำหนดให้

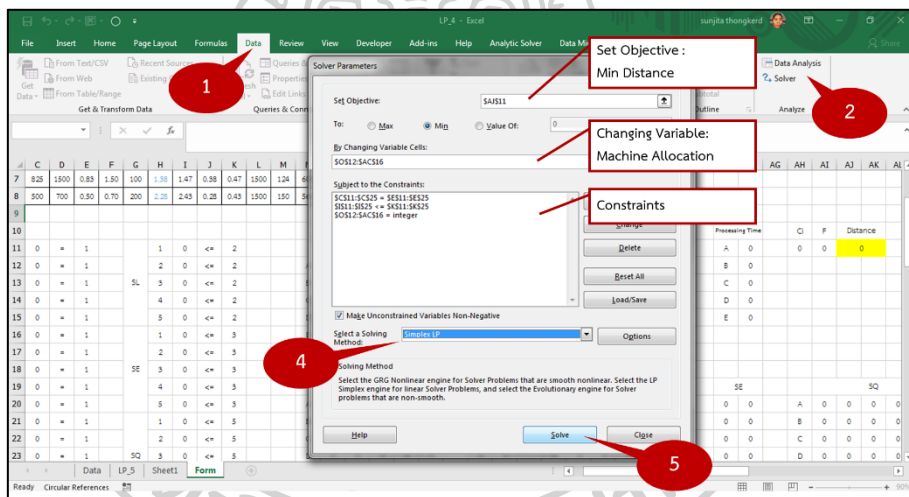
- n คือ จำนวนของงาน
- i คือ $1, 2, \dots, n$
- p คือ กระบวนการในการผลิต มีทั้งหมด 3 กระบวนการ

4.3.2.2 การหาผลลัพธ์ด้วย Excel Solver

Excel Solver ใช้ในการคำนวณหาค่าคำตอบที่ดีที่สุด โดยจะต้องพิจารณาองค์ประกอบ 3 อย่าง ได้แก่ เซลล์วัตถุประสงค์ (Objective Cell) เป็นเซลล์ที่เสนอค่าของฟังก์ชัน



รูปที่ 4-5 ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ



รูปที่ 4-6 ขั้นตอนการใช้งาน Excel Solver

The screenshot shows an Excel spreadsheet with several data tables. The Solver tool is active, with the following parameters visible:

- Set Objective:** C1 (Value: 4911.9271)
- To: Of:** Max
- By Changing Variable Cells:** C7 (Value: 4423)
- Subject to the Constraints:** C1 >= 0, C7 >= 0
- Make Unconstrained Variables Non-Negative:** Checked
- Select a Solving Method:** GRG Nonlinear engine
- Options:** Make Variable Cells Non-Negative (checked), Select a GRG engine for Data Tables (checked), Select a LP engine for Linear Solver Problems (unchecked), Select the BFGM engine for Solver Problems that are smooth nonlinear (checked), Select the Simplex LP engine for Solver Problems that are smooth linear (unchecked), Select the LP Simplex engine for Linear Solver Problems that are smooth linear (unchecked), Select the Evolutionary engine for Solver Problems that are smooth nonlinear (unchecked), Select the Evolutionary engine for Solver Problems that are smooth linear (unchecked)
- Solving Method:** GRG Nonlinear engine
- Help:** Solver Help

รูปที่ 4-7 ผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้ Excel Solver

4.3.3 เปรียบเทียบค่าระยะทางของวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม และการจัดตารางการผลิตโดยการหาค่าแม่นยำ

ได้ทำการทดลองหาค่าระยะทางของแต่ละวิธี ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4-4 แสดงคำตอบของวิธีการการจัดตารางการผลิตที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน วิธีการจัดตารางการผลิตโดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม และวิธีการจัดตารางการผลิตโดยการหาค่าแม่นยำ พบว่าคำสั่งซื้อตัวอย่างจำนวน 5 คำสั่งซื้อ วิธีการจัดตารางการผลิตโดยหาค่าแม่นยำ สามารถคำนวณหาค่าระยะทางได้ดีที่สุด แต่เมื่อจำนวนของคำสั่งซื้อเพิ่มขึ้นเป็น 10, 15 และ 20 วิธีการจัดตารางการผลิตโดยการหาค่าแม่นยำ ไม่สามารถคำนวณหาค่าระยะทางได้ภายในเวลา 4 ชั่วโมง ในทางกลับกันวิธีการจัดตารางการผลิตโดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม สามารถคำนวณหาค่าระยะทางได้ทุกขนาดของคำสั่งซื้อ และเวลาที่ใช้ในการคำนวณก็น้อยกว่าวิธีการจัดตารางการผลิตโดยการหาค่าแม่นยำ

ตารางที่ 4-4 ผลการทดลองการหาค่าระยะทาง

สั่งซื้อ	ระยะทาง			เวลาในการคำนวณ (นาที)		
	ปัจจุบัน	ขั้นตอนวิธีเชิง พันธุกรรม	การหาค่าแมนย่ำ	ปัจจุบัน	ขั้นตอนวิธีเชิง พันธุกรรม	การหาค่าแมนย่ำ
5	5,239.85	5,232.67	4,929.10	15	7.08	139.13
10	9,938.13	8,584.99	-*	20	6.34	-
15	18,368.97	12,871.03	-*	25	10.55	-
20	18,598.68	16,674.85	-*	30	13.18	-

หมายเหตุ * ไม่สามารถหาค่าระยะทางได้ เนื่องจากมีการรันโปรแกรมมากกว่า 240 นาที แต่ก็ยังไม่หาค่าตอบออกมา

4.3.4 เปรียบเทียบเวลาในการดำเนินการผลิต เวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย และเวลาในการวางแผนการผลิตของวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน กับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

4.3.4.1 เปรียบเทียบเวลาในการดำเนินการผลิตวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน กับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ผลการทดลองดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 เปรียบเทียบเวลาในการดำเนินการผลิตของวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน กับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

คำสั่งซื้อ	เวลาในการดำเนินการผลิต (วินาที)			
	ปัจจุบัน	ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม	ลดลง	คิดเป็น
5	5,210.00	5,210.00	-	0%
10	9,800.00	8,452.50	1,347.50	14%
15	17,968.00	12,720.00	5,248.00	29%
20	18,045.00	16,420.00	1,625.00	9%

ที่คำสั่งซื้อตัวอย่างจำนวน 5 คำสั่งซื้อ วิธีการจัดตารางการผลิตโดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมและวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ใช้เวลาในการดำเนินการผลิตเท่ากัน แต่เมื่อจำนวนของคำสั่งซื้อตัวอย่างเพิ่มขึ้นเป็น 10, 15 และ 20 วิธีการจัดตารางการผลิตโดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม สามารถลดเวลาในการดำเนินการผลิตลงได้โดยเฉลี่ย 2,740.17 วินาที (45.67 นาที) หรือคิดเป็น 12.99% เมื่อเทียบกับวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

4.3.4.2 เปรียบเทียบเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน กับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ผลการทดลองดังตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 เปรียบเทียบเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยของวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน กับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

คำสั่งซื้อ	เวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย (วินาที)			
	ปัจจุบัน	ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม	ลดลง	คิดเป็น
5	558.51	486.51	72.00	13%
10	1,651.18	1,502.46	148.72	9%
15	3,817.09	1,965.93	1,851.16	48%
20	4,504.34	2,904.16	1,600.17	36%

ที่คำสั่งซื้อตัวอย่างจำนวน 5, 10, 15 และ 20 คำสั่งซื้อ วิธีการจัดตารางการผลิตโดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม สามารถลดเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยลงได้โดยเฉลี่ย 918.01 วินาที (15.30 นาที) หรือคิดเป็น 26.48% เมื่อเทียบกับวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

4.3.4.3 เปรียบเทียบเวลาในการวางแผนการผลิตวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน กับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ผลการทดลองดังตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 เปรียบเทียบเวลาในการวางแผนการผลิตของวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน กับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

คำสั่งซื้อ	เวลาในการวางแผนการผลิต (นาที)			
	ปัจจุบัน	ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม	ลดลง	คิดเป็น
5	15.00	7.08	7.92	53%
10	20.00	6.34	13.66	68%
15	25.00	10.55	14.45	58%
20	30.00	13.18	16.82	56%

ที่คำสั่งซื้อตัวอย่างจำนวน 5,10, 15 และ 20 คำสั่งซื้อ วิธีการจัดตารางการผลิตโดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม สามารถลดเวลาในการวางแผนการผลิตลงได้โดยเฉลี่ย 13.21 นาที หรือคิดเป็น 58.74% เมื่อเทียบกับวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การพัฒนาขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่ช่วยในการจัดตารางการผลิตให้กับระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนผสมของบริษัทจำหน่ายเหล็กแผ่น ซึ่งจะใช้โปรแกรม VBA (Visual Basic for Application) ในการจำลองขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่ได้ทำการคิดค้นและพัฒนาขึ้น สามารถสรุปผลและข้อเสนอแนะได้ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่ช่วยในการจัดตารางการผลิตให้กับระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนผสมของบริษัทจำหน่ายเหล็กแผ่น โดยประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ใช้วิธีการคัดเลือกแบบวงล้อรูเล็ต การแลกเปลี่ยนพันธุกรรมแบบสองจุด การกลายพันธุกรรมแบบแทรก มีจำนวนรอบการทำซ้ำ เท่ากับ 500 รอบ ประชากรเริ่มต้น เท่ากับ 20 ความน่าจะเป็นในการแลกเปลี่ยนพันธุกรรม เท่ากับ 0.8 และความน่าจะเป็นในการกลายพันธุกรรม เท่ากับ 0.05 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เวลาในการดำเนินการผลิต และเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด ผ่านการทดลองจัดตารางการผลิตให้กับคำสั่งซื้อตัวอย่างจำนวน 5, 10 ,15 และ 20 คำสั่งซื้อ

จากผลการศึกษาการจัดตารางการผลิตให้กับระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนผสมด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน (First Come First Serve) และการจัดตารางการผลิตโดยการหาค่าแม่นยำ (ใช้สมการทางคณิตศาสตร์) พบว่า

- 5.1.1 ลดเวลาในการดำเนินการผลิต
- 5.1.2 ลดเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย
- 5.1.3 ลดเวลาในการวางแผนการผลิตลงได้

ดังนั้นขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่ได้นำเสนอจึงถือเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับบริษัทจำหน่ายเหล็กแผ่น ในการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อให้ผลลัพธ์ในการจัดตารางการผลิตที่ดีขึ้น

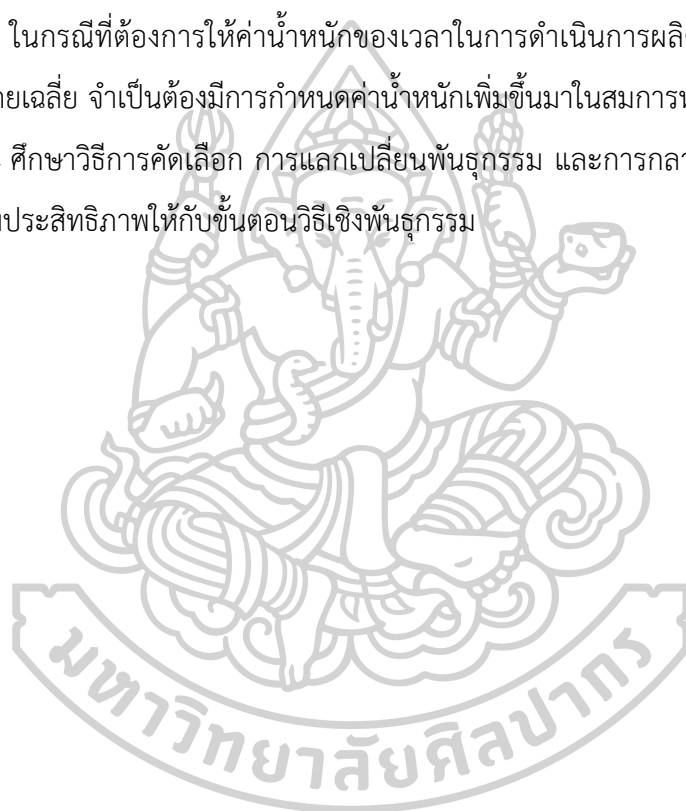
5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การกำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น จำนวนรอบการทำซ้ำ ประชากรเริ่มต้น ความน่าจะเป็นในการแลกเปลี่ยนพันธุกรรม และความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ ของงานวิจัยนี้สามารถนำไปเป็นต้นแบบในการเริ่มต้นการทดลองต่อไปได้

5.2.2 พารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่ช่วยในการจัดตารางการผลิตให้กับระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนผสม เป็นการกำหนดให้เหมาะสมเฉพาะงานนี้เท่านั้น หากจะนำไปใช้ในงานวิจัยอื่น ๆ จำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมให้เหมาะสมกับรูปแบบงานนั้น ๆ

5.2.3 ในกรณีที่ต้องการให้ค่าน้ำหนักของเวลาในการดำเนินการผลิต มีมากกว่าเวลาในการไหลของงานโดยเฉลี่ย จำเป็นต้องมีการกำหนดค่าน้ำหนักเพิ่มขึ้นในสมการหาค่าระยะทาง

5.2.4 ศึกษาวิธีการคัดเลือก การแลกเปลี่ยนพันธุกรรม และการกลายพันธุ์ในรูปแบบอื่น ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม





ภาคผนวก



คู่มือการใช้งาน

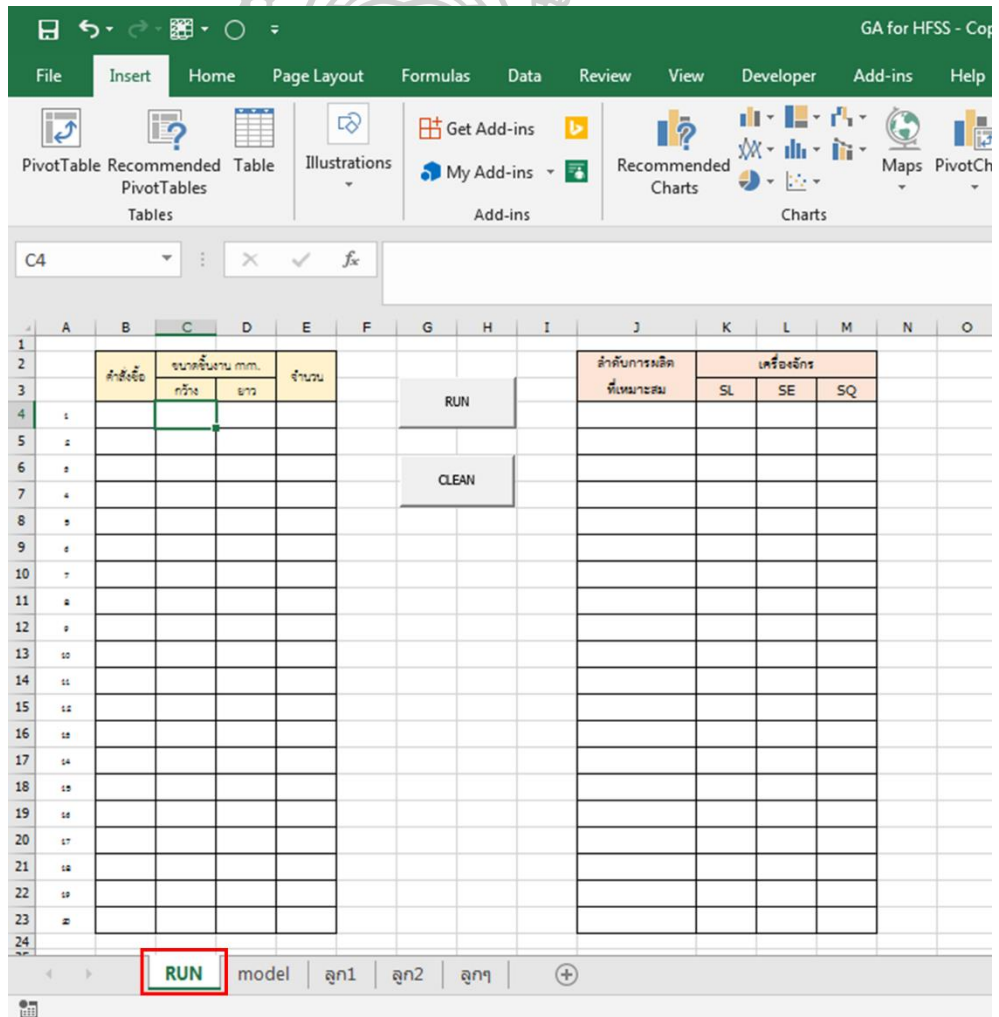
เริ่มต้นการใช้งาน

เรียกผ่านโปรแกรม Excel ชื่อ “GA for HFSS” ดังรูปที่ ก-1



รูปที่ ก-1 GA for HFSS

หลังจากนั้นเลือก Sheet “RUN” ดังรูปที่ ก-2



รูปที่ ก-2 เริ่มต้นการใช้งาน

2. หลังจากกรอกคำสั่งซื้อครบแล้ว กดปุ่ม RUN และรอให้โปรแกรมวิเคราะห์ผล ดังรูปที่ ก-4

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data table:

	คำสั่งซื้อ	ขนาดชิ้นงาน มม.		จำนวน
		กว้าง	ยาว	
1	A	116	700	700
2	B	250	1500	500
3	C	225	150	1500
4	D	825	1500	100
5	E	500	700	200
6	F	300	150	800
7	G	200	300	100
8	H	700	1500	50
9	I	500	500	1000
10	J	110	300	400
11	K	100	1100	150
12	L	850	1100	750
13	M	400	1200	1000
14	N	325	450	500
15	O	200	1490	800
16	P	750	110	500
17	Q	1200	1000	90
18	R	1100	1200	50
19	S	900	1200	300
20	T	525	700	100

The 'RUN' button is located in cell G4, and the 'CLEAN' button is in cell G7. The spreadsheet title is 'GA for HFSS - Copy'.

รูปที่ ก-4 กดปุ่ม RUN

3. หลังจากโปรแกรมวิเคราะห์ผลเสร็จแล้ว โปรแกรมจะแสดงลำดับการผลิตที่เหมาะสม และ เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตของงานนั้น ๆ ได้ดังรูปที่ ก-5

ลำดับการผลิตที่เหมาะสม	เครื่องจักร		
	SL	SE	SQ
M	SE1	SE1	SQ1
Q	SL2	SE2	SQ2
O	SL1	SE3	SQ3
A	SL2	SE2	SQ4
L	SL1	SE1	SQ5
B	SL2	SE3	SQ2
S	SL1	SE2	SQ4
I	SL2	SE3	SQ1
R	SL1	SE1	SQ2
E	SL2	SE3	SQ3
D	SL1	SE2	SQ2
K	SL2	SE3	SQ4
F	SL1	SE1	SQ3
C	SL2	SE2	SQ1
N	SL1	SE3	SQ5
P	SL2	SE1	SQ2
J	SL1	SE2	SQ4
H	SL2	SE3	SQ3
G	SL2	SE1	SQ1
T	SL1	SE3	SQ2

รูปที่ ก-5 โปรแกรมแสดงลำดับการผลิตที่เหมาะสม และเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตของงานนั้น ๆ

ข้อจำกัดของโปรแกรม

ขนาดความกว้าง และความยาว ของชิ้นงาน ต้องมีค่ามากกว่า 1 มิลลิเมตร

ตัวอย่างคำสั่งซื้อจำนวน 20 คำสั่งซื้อที่นำมาใช้ในการทดลอง ดังตารางที่ ก-1

ตารางที่ ก-1 ตัวอย่างคำสั่งซื้อนำมาใช้ในการทดลอง

คำสั่งซื้อ	ขนาดชิ้นงาน (มม.)		จำนวน
	กว้าง	ยาว	
A	116	700	700
B	250	1500	500
C	225	150	1500
D	825	1500	100
E	500	700	200
F	300	150	800
G	200	300	100
H	700	1500	50
I	500	500	1000
J	110	300	400
K	100	1100	150
L	850	1100	750
M	400	1200	1000
N	325	450	500
O	200	1490	800
P	750	110	500
Q	1200	1000	90
R	1100	1200	50
S	900	1200	300
T	525	700	100

รายการอ้างอิง

1. Ruiz, R. and J.A.J.E.j.o.o.r. Vázquez-Rodríguez, *The hybrid flow shop scheduling problem*. 2010. **205**(1): p. 1-18.
2. Ribas, I., et al., *Review and classification of hybrid flow shop scheduling problems from a production system and a solutions procedure perspective*. 2010. **37**(8): p. 1439-1454.
3. De Fátima Morais, M., et al., *MULTICRITERIA HYBRID FLOW SHOP SCHEDULING PROBLEM: LITERATURE REVIEW, ANALYSIS, AND FUTURE RESEARCH*. 2014. **5**(4): p. 1004-1031.
4. สุรสิทธิ์ โสภณชัย, การจัดการตารางการผลิตชิ้นส่วนแม่พิมพ์แบบใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสำหรับอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์. 2543, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
5. Bassem Jarboui, Patrick Siarry, and J. Teghem, *Metaheuristics for Production Scheduling* 1ed. 2013, London UK: ISTE Ltd.
6. Kenneth R. Baker and D. Trietsch, *Principles of Sequencing and Scheduling*. 10 ed. 2013, Canada: John Wiley & Sons Inc, 2009.
7. Sucharee, K. *Artificial Intelligene*. 2019; Available from: <https://www.gotoknow.org/posts/213108>.
8. ปารเมศ ชูติมา, เทคนิคการจัดการตารางการดำเนินงาน. 2 ed. 2555, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
9. นัญญา อมรวัฒนา, การพัฒนาต้นแบบระบบการจัดการตารางเวลาด้วยวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรม กรณีศึกษาการจัดการตารางเวรของพนักงานรักษาความปลอดภัย มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์. 2557, มหาวิทยาลัยศิลปากร.
10. ปาพงนี ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา, การออกแบบการทดลองเพื่อลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติกของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์. 2561, มหาวิทยาลัยศิลปากร.
11. Oğuz, C. and M.F.J.J.o.S. Ercan, *A genetic algorithm for hybrid flow-shop scheduling with multiprocessor tasks*. 2005. **8**(4): p. 323-351.
12. Zandieh, M. and E. Rashidi, *An effective hybrid genetic algorithm for hybrid flow shops with sequence dependent setup times and processor blocking*. 2009.
13. Kahraman, C., et al., *Multiprocessor task scheduling in multistage hybrid flow-shops: a parallel greedy algorithm approach*. 2010. **10**(4): p. 1293-1300.

14. Engin, O., G. Ceran, and M.K.J.A.S.C. Yilmaz, *An efficient genetic algorithm for hybrid flow shop scheduling with multiprocessor task problems*. 2011. **11**(3): p. 3056-3065.
15. Ibrahim, A.A., et al., *FLOW SHOP SCHEDULING USING GENETIC ALGORITHM: HISTORICAL REVIEW AND CATEGORIZATION OF PROCEDURES*. 2013. **16**(3).
16. อาริต ธรรมโน และ อัจฉรา ภู่อ่าง, การจัดการวางแผนการผลิตที่มีความยืดหยุ่นบนเครื่องจักรกลแบบคู่ขนานในอุตสาหกรรมการผลิต. 2556. **2**(1).
17. Ebrahimi, M., S.F. Ghomi, and B.J.A.M.M. Karimi, *Hybrid flow shop scheduling with sequence dependent family setup time and uncertain due dates*. 2014. **38**(9-10): p. 2490-2504.
18. Karthik, S., T.J.I.J.o.I.R.i.S. Prabakaran, Engineering, and Technology, *Hybrid Flowshop Scheduling Using Discrete Harmony Search And Genetic Algorithm*. 2014. **3**.
19. วัชร ส่งเสริม, การจัดการวางแผนการผลิตสำหรับสายการผลิตไหลเลื่อนแบบผสมโดยใช้เมตาฮีริสติก การโปรแกรมเชิงเส้น และการจัดลำดับแบบ *Permutation* และ *Non-Permutation*. 2559, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
20. อภิรักษ์ ชัดวิลาศ, การประยุกต์วิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด. RMUTH Research Journal, 2554. **5**(2): p. 153-163.



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	สัจจิตา ทองเกิด
วัน เดือน ปี เกิด	13 ตุลาคม 2538
วุฒิการศึกษา	ระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมการจัดการและโลจิสติกส์ คณะ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ระดับปริญญาโท สาขาการจัดการงานวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

