

การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมเพื่อแก้ปัญหา
การจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง



นายกฤษฎ์ สุนทรชัยนุกูล

นายธนรัช กัปปิยจรรยา

นายรังสรรค์ คำชาติ

เลขที่.....
เลขทะเบียน..... 62778
วัน,เดือน,ปี 22 ส.ค. 2549

บ. 44630632
.....
.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Applied Genetic Algorithms to solved for Flow shop
scheduling problem**



MR. KRIT SOONTHORNCHAINUKUL

MR. THANATHAT KUBPIYAJANYA

MR. RUNGSAN KAMCHALEE

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF'
BACHELOR OF ENGEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACEDEMIC YEAR 2005**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาโท

หัวข้อปริญญาโท

การประยุกต์ใช้เทคนิคอัลกอริทึมเพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง
Applied Genetic Algorithms to Solved for Flow Shop Scheduling Problem

นักศึกษา

นาย กฤตย์ สุนทรชัยนุกูล	รหัสประจำตัว	45010016
นาย ธนรัช กัปปิยจรรยา	รหัสประจำตัว	45010311
นาย รังสรรค์ คำชาติ	รหัสประจำตัว	45010636

หลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท

(ผศ.ดร.สรรพสิทธิ์ ลิมนวรรณ์)

(อาจารย์เชาวลิต หามนตรี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญญานิพนธ์	การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมเพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง		
นักศึกษา	นาย กฤตย์ สุนทรชัยนุกูล	รหัสประจำตัว	45010016
	นาย ธนรัช กัปปิยจรรยา	รหัสประจำตัว	45010311
	นาย รังสรรค์ คำชาลี	รหัสประจำตัว	45010636
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง		
ปีการศึกษา	2548		
อาจารย์ผู้ควบคุมปัญญานิพนธ์	ผศ.ดร. สรรพสิทธิ์ ลิ้มนรรัตน์ อ.เชาวลิต หมนนตรี		

บทคัดย่อ

ปัญหาการจัดลำดับและตารางการผลิตเป็นปัญหาที่สำคัญมากปัญหาหนึ่งในระบบการผลิต ดังนั้นปัญญานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจัดลำดับงานโดยใช้วิธีเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ถูกสร้างขึ้นด้วยโปรแกรมภาษาวิซิวัล เบสิก (Visual Basic เวอร์ชัน 6.0) ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าการใช้เจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบให้ค่าเวลารวมในการผลิตที่มีความเหมาะสมเมื่อเทียบกับวิธีวิวิธิตก สรุปได้ว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นโดยการใช้เจเนติกอัลกอริทึม จะให้ผลของคำตอบที่ดีสำหรับการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title Applied Genetic Algorithms to Solved for Flow Shop Scheduling Problem
Student Mr. Krit Soonthornchainukul
Mr. Thanathat Kubpiyajanya
Mr. Rangsak Kamchalee
Degree Bachelor of Engineering in Industrial Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year 2005
Thesis Advisor Asist.Pro.Dr. Sunpasite Limmararat
Mr. Chouwalit Hamontree

ABSTRACT

Job sequencing and job scheduling are view as one of the most critical problems in production design. The objective of this project is to propose the computer program of flow shop scheduling problem using the genetic algorithm . The study aim to experiment the use genetic algorithm method find an optimal solution for job scheduling in comparable with those of the traditional techniques. The result showed a minimize of makespan from genetic algorithm When considering performance measure of genetic algorithm compared with heuristic. Conclusively, the use of genetic algorithm would help solve the job scheduling problem and obtain best makespan than heuristic.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์เรื่องการประยุกต์ใช้เงินดิจิทัลกอร์ทิมเพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง สามารถสำเร็จล่วงหน้าไปได้ด้วยดี กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องส่งผลให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ เสร็จสมบูรณ์

อาจารย์เขาวลิต หามนตรี อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับการให้โอกาสในการศึกษาปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งความรู้ คำแนะนำ ความช่วยเหลือและความเอาใจใส่ในทุกๆด้านตลอดเวลาที่ผ่านมา

ผศ.ดร.ศรพลสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับคำแนะนำ กำลังใจในการทำงาน ความเอาใจใส่ ความช่วยเหลือในทุกๆด้านและทุกสิ่งทุกอย่างตลอดระยะเวลา ของการศึกษาในระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

รศ.พรศักดิ์ อรรถวานิช หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับคำแนะนำ กำลังใจในการทำงาน ความเอาใจใส่และทุกสิ่งทุกอย่างตลอดระยะเวลาของการศึกษาในระดับ ปริญญาตรี หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

ดร.สิทธิพร พิมพ์สกุล กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับความรู้ คำแนะนำ และความช่วยเหลือทุกๆด้านในการจัดทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้

อาจารย์พลชัย โชติปรายนกุล กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับความรู้ คำแนะนำ กำลังใจ ในการทำงานและความช่วยเหลือทุกๆด้าน

ขอบคุณเพื่อนทุกคนสำหรับความช่วยเหลือ และกำลังใจ จนทำให้ปริญญาานิพนธ์สำเร็จล่วงหน้าไปได้ด้วยดี

นายกฤตย์ สุนทรชัยนุกูล

นายธนัช ทัพปิยะจรรยา

นายรังสรรค์ คำชาติ

ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 วิธีการวิจัย.....	2
1.5 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการการผลิต.....	4
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำเอาเจเนติกอัลกอริทึมมาใช้แก้ปัญหา.....	7
2.3 แนวคิดที่ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการวิจัย.....	9
2.4 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเจเนติกอัลกอริทึม.....	9
2.5 เจเนติกอัลกอริทึมเบื้องต้น.....	9
2.6 พันธุศาสตร์กับเจเนติกอัลกอริทึม.....	10
2.7 ความหมายของเจเนติกอัลกอริทึม.....	12
2.8 เจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย (Simple Genetic Algorithms).....	13
2.9 ตัวอย่างการใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการหาคำตอบของฟังก์ชัน.....	17
2.10 สรุปทฤษฎีเจเนติกอัลกอริทึม.....	20
2.11 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการการผลิต.....	21
2.12 ทฤษฎีการจัดการการผลิตแบบต่างๆ.....	24
2.12.1 วิธีการของ แคมป์เบล ดูเดกซ์ สมิท (CDS).....	24
2.12.2 วิธีการของ นาวาซ (Nawaz).....	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การออกแบบและวิธีการดำเนินงาน	
3.1 การวางแผนการดำเนินงาน.....	29
3.1.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	29
3.2 โครงสร้างของเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดการตารางการผลิต.....	29
3.2.1 การรับข้อมูล (Data Input).....	29
3.2.2 การสร้างประชากรเริ่มต้น (Representation & Initialization).....	29
3.2.3 การถอดรหัส (Decoding).....	29
3.2.4 การประเมินค่า (Evaluation).....	29
3.2.5 การเก็บค่าคำตอบเบื้องต้น (Initial Elite Preserve Strategy).....	29
3.2.6 การคัดเลือก (Selection).....	30
3.2.7 การครอสโอเวอร์ (Crossover).....	30
3.2.8 การเก็บค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากการครอสโอเวอร์ (Post-crossover Elite Preserve Strategy).....	30
3.2.9 มิวเตชัน (Mutation).....	30
3.2.10 การเก็บค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากการมิวเตชัน (Elite Preserve Strategy of Generation).....	30
3.2.11 จำนวนรอบของการทำงาน (GA-loop).....	30
3.2.12 การหยุด (Stop).....	30
3.3 อัลกอริทึมของเจเนติก GA ในการจัดการตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง.....	32
3.4 วิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมกับการจัดการตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง.....	33
3.4.1 การใส่รหัสคำตอบ (Chromosome Representation / Coding).....	33
3.4.2 การสร้างกลุ่มประชากรเบื้องต้น (Initial Population Creating).....	33
3.4.3 จำนวนประชากรเบื้องต้น.....	33
3.4.4 การถอดรหัสคำตอบ (Decoding).....	34
3.4.5 การประเมินค่า (Evaluation).....	35
3.4.6 การคัดเลือกคำตอบ (Selection).....	35
3.4.7 การครอสโอเวอร์ (Crossover).....	38
3.4.8 การมิวเตชัน (Mutation).....	39
3.4.9 เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด (Elite Preserve Strategy).....	40
3.5 สรุปท้ายบท.....	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	
4.1 ค่าเวลาในการปฏิบัติงานที่ใช้ใน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยในการจัดการรายการผลิตแบบต่อเนื่อง.....	43
4.2 การเปรียบเทียบค่าเวลาในการปฏิบัติงานรวมที่ได้.....	52
4.3 สรุปผลการทดลอง.....	53
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลงานวิจัย.....	54
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	54
หนังสืออ้างอิง.....	56
ภาคผนวก.....	ผ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบค่าศัพท์ระหว่างพันธุศาสตร์และเจเนติกอัลกอริทึม.....	11
ตารางที่ 2.2 กลุ่มประชากรตัวอย่างและค่าความเหมาะสม.....	15
ตารางที่ 2.3 การคำนวณหาค่าตอบของ SGA กับฟังก์ชัน $f(x) = x^2$	18
ตารางที่ 2.4 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบการไหลของงานแบบต่อเนื่อง (Flow Shop) และแบบไม่ต่อเนื่อง (Job Shop).....	23
ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างตารางแสดงการค้นหาค่าตอบ.....	34
ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างตารางแสดงการสร้างวงล้อรูเล็ตต์.....	36
ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างการคัดเลือกด้วยวิธีการคัดเลือกแบบทัวร์นาเมนต์ (Tournament Selection).....	37
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเวลาในการปฏิบัติงาน (Processing time) ของปัญหาขนาด(20 * 10).....	43
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเวลาในการปฏิบัติงาน (Processing time) ของปัญหาขนาด(40 * 10).....	44
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเวลาในการปฏิบัติงาน (Processing time) ของปัญหาขนาด(60 * 10).....	46
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเวลาในการปฏิบัติงาน (Processing time) ของปัญหาขนาด(80 * 10).....	48
ตารางที่ 4.5 แสดงค่าเวลาในการปฏิบัติงานรวม.....	52
ตารางที่ 4.6 แสดงถึงการเปรียบเทียบของวิธี GA กับวิธีทางฮิวริสติก (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์).....	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะภายนอกที่ปรากฏซึ่งเรียกว่า ฟิโนไทป์.....	10
รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะทางเจเนติก แสดงถึงการแก้ปัญหาฟังก์ชันวัตถุประสงค์.....	11
รูปที่ 2.3 ขั้นตอนของเจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย.....	13
รูปที่ 2.4 การรีโพรดักชันอย่างง่ายด้วยวิธีการใช้วงล้อรูเล็ต ที่มีขนาดของแต่ละช่องเป็นส่วนกับค่าความเหมาะสม.....	16
รูปที่ 2.5 การครอสโอเวอร์อย่างง่ายเพื่อให้เห็นถึงการเปลี่ยนสตริง และการแลกเปลี่ยนข่าวสาร โดยเลือกตำแหน่งไขว้แบบสุ่ม.....	16
รูปที่ 2.6 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $f(x) = x^2$	18
รูปที่ 2.7 การไหลของงานแบบต่อเนื่อง (Flow Shop).....	22
รูปที่ 2.8 การไหลของงานแบบไม่ต่อเนื่อง (Job Shop).....	23
รูปที่ 2.9 แสดงโพลีชาร์ตของวิธีการของ แคมป์เบล ดูเคซ สมิธ (CDS).....	25
รูปที่ 2.10 แสดงโพลีชาร์ตของวิธีการของนาวาซ (Nawaz).....	27
รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างและวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึม.....	31
รูปที่ 3.2 วงล้อรูเล็ต.....	37
รูปที่ ผ.1 แสดงหน้าจอเมื่อเริ่มทำงาน.....	ผ 2
รูปที่ ผ.2 แสดงข้อกำหนดและข้อมูลที่ใช้ใน โปรแกรม.....	ผ 3
รูปที่ ผ.3 แสดงหน้าจอที่ใช้ในการป้อนข้อมูลจำนวนงานและจำนวนเครื่องจักร.....	ผ 4
รูปที่ ผ.4 แสดงการป้อนข้อมูล.....	ผ 5
รูปที่ ผ.5 แสดงหน้าจอแสดงผล.....	ผ 6
รูปที่ ผ.6 แสดงตารางระยะเวลาในการปฏิบัติงาน.....	ผ 7
รูปที่ ผ.7 หน้าจอแสดงเวลาในการปฏิบัติงานรวม.....	ผ 8
รูปที่ ผ.8 หน้าจอแสดงลำดับในการปฏิบัติงาน.....	ผ 9
รูปที่ ผ.9 หน้าจอแสดงกราฟแกนต์.....	ผ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ใช้การสุ่มแบบง่ายๆ แต่มันเป็นการใช้ข้อมูลในอดีตอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อพิจารณาจุดที่จะต้องค้นหาใหม่โดยคาดหวังว่าสมรรถนะของการค้นหาจะดีขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. จัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อนำมาเป็นเครื่องมือในการจัดการการผลิตให้กับเครื่องจักรได้อย่างเหมาะสม โดยนำวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาประยุกต์ใช้ในการหาค่าตอบ
2. จัดตารางการผลิตโดยมีการคำนึงถึง ค่าเวลารวมในการผลิต (Make span)

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาเฉพาะการจัดการตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง
2. โปรแกรมจะออกแบบมาสำหรับจำนวนเครื่องจักรไม่เกิน 100 เครื่อง และ จำนวนงานไม่เกิน 100 งาน

1.4 วิธีการวิจัย

1. ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของการศึกษาและปรับปรุง
3. ศึกษาโปรแกรมวิซวลเบสิก (Visual Basic)
4. สร้างตารางการผลิตที่เหมาะสม และจัดทำตัวแบบคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมวิซวลเบสิก (Visual Basic)
5. ออกแบบโปรแกรม ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้
 - 5.1. ตัวแปรเข้า (Input Variables) หมายถึง ข้อมูลที่นำไปใช้ในการคำนวณเพื่อกำหนดตารางการผลิตซึ่งได้แก่ รายละเอียดของงาน เช่น จำนวนงาน (Number of job) , จำนวนเครื่องจักร (Number of machine) , เวลาในการปฏิบัติงาน ในแต่ละขั้นตอน (Process time)
 - 5.2. ผลที่ได้รับ (Output) หมายถึง การแสดงผลของการจัดการตารางการผลิตตามเกณฑ์การประเมินผล ได้แก่ ตารางแสดงเวลาในการปฏิบัติงาน , ตารางแสดงเวลาในการปฏิบัติงานรวม , ตารางแสดงลำดับการปฏิบัติงานและ กราฟแสดงลำดับการปฏิบัติงาน(Gantt Chart)
6. เปรียบเทียบค่าเวลาในการปฏิบัติงานรวมแบบเดิมซึ่งหมายถึงค่าที่ได้จากการคำนวณแบบฮิวริสติกได้แก่ วิธีของแคมเบลล์ ดูเดคซ์ สมิทซ์ (campbell dudek smith (CDS)) วิธีของกูปตา (Gupta) วิธีของฮันดัลและราชันดาน (Hundal & Rajgandal) วิธีแรนดอม เจเนเนอเรชัน (Random generation)วิธีของแดนเนนบริงก์ (Dannenbring) วิธีของพาล์มเมอร์ (Palmer) วิธีของโฮและชาง (Ho & Chang) และวิธีค่าเวลาในการปฏิบัติงานรวมแบบใหม่ ซึ่งหมายถึงค่าที่ได้จากการคำนวณแบบเจเนติกอัลกอริทึม
7. สรุปผลและเสนอแนะ
8. จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และเครื่องพิมพ์รายงาน
2. โปรแกรมวิซวลเบสิก 6.0 (Visual Basic 6.0)
3. โปรแกรม Win QSB

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นการประยุกต์ใช้วิธีเทคนิคอัลกอริทึมสำหรับการจัดการรายการผลิต
2. เป็นแนวทางสำหรับผู้สนใจเกี่ยวกับ การพัฒนาประสิทธิภาพการจัดการรายการผลิตในอุตสาหกรรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เป็นการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำเอาวิธีเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง โดยมีหัวข้อดังนี้

1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิต
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำเจเนติกอัลกอริทึมมาแก้ปัญหา
3. แนวคิดที่ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการวิจัย
4. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเจเนติกอัลกอริทึม
5. เจเนติกอัลกอริทึมเบื้องต้น
6. พันธุศาสตร์กับเจเนติกอัลกอริทึม
7. ความหมายของเจเนติกอัลกอริทึม
8. เจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย
9. ตัวอย่างการใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการหาคำตอบของฟังก์ชัน
10. สรุปทฤษฎีเจเนติกอัลกอริทึม
11. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิต
12. ทฤษฎีการจัดตารางการผลิตแบบต่างๆ

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิต

เฮนรี (Henry, 1971) เป็นผู้หนึ่งที่ได้พัฒนาการจัดตารางการผลิตอย่างง่าย คือแผนภูมิแกนต์ (Gantt Chart) ขึ้นมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1971 โดยแผนภูมิแกนต์จะแสดงถึงกิจกรรม (Activity) ต่างๆ ที่เกิดขึ้นซึ่งจะแสดงในรูปเส้นแถบ (Bar) ตามเวลาในแนวนอน วิธีนี้การเป็นวิธีเก่าแก่ที่รู้จักกันดีและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายตัวอย่างเช่น มิลเลอร์และชมิทซ์ (Miller and Schmidt, 1984) , ทูเนอร์และคณะ (Tuner, et al., 1978) ได้กล่าวถึงการนำแผนภูมิแกนต์ไปใช้ในการจัดตารางการผลิต

จอห์นสัน (Johnson, 1954) ได้ศึกษาการจัดลำดับงานของงาน n งานโดยใช้เครื่องจักร 2 เครื่อง จุดประสงค์ของวิธีจอห์นสันก็เพื่อต้องการให้งานผ่านจากเครื่องจักรที่ 1 ไปยังเครื่องจักรที่ 2 ได้อย่างรวดเร็วและในคอนทำต้องการให้งานที่เลือกอยู่ในเครื่องจักรที่ 2 ใช้ระยะเวลาอันสั้น ซึ่งก็จะทำให้งานทั้งหมดเสร็จเร็วขึ้นนั่นเอง

โบว์แมน (Bowman, 1959) ได้ศึกษาการจัดลำดับงานโดยใช้โปรแกรมเชิงเส้น (Integer Linear Programming) คำตอบที่เป็นไปได้จะแสดงในรูปของจำนวนเต็มซึ่งในทางปฏิบัติแล้วจะใช้เวลาในการคำนวณค่อนข้างมาก ผู้วิจัยได้มองปัญหาการจัดลำดับงานเป็นดังนี้ คืองานจำนวนหนึ่งจะต้องถูกผลิตบนเครื่องจักรหลายเครื่องโดยที่จะมีลำดับที่แน่นอนและคำตอบที่ต้องการคือ ให้เวลาในการทำงานรวมมีค่าน้อยที่สุด วิธีการโปรแกรมเชิงเส้นนี้ปัญหาจะถูกแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปของ ฟังก์ชันที่เท่ากับหรือไม่เท่ากับ โดยที่สมการเป้าหมาย (Objective Function) และข้อจำกัด (Constraints) จะมีตัวแปร ชุดเดียวกันซึ่งจะมีค่าเท่ากับศูนย์หรือหนึ่งเท่านั้น

เฮลเลอร์ (Heller,1959) ได้ทดลองศึกษาการจัดลำดับงานโดยการสุ่มตัวอย่าง (Random Sampling) โดยทดลองจัดลำดับงาน j งาน โดยวิธีการสุ่มโดยการสุ่มค่าจำนวน j ครั้ง จากตัวเลขสุ่ม (Random Numbers) ซึ่งมีการกระจายแบบยูนิฟอร์ม (Uniform) จาก 0 ถึง 1 จากนั้นจัดลำดับงานตามตัวเลขสุ่มที่ได้ โดยทุกครั้งที่หาได้ก็จะเก็บค่าที่ดีที่สุดไว้ ซึ่งเมื่อนำค่าตอบที่ได้จากการจัดโดยวิธีสุ่มมาเขียนกราฟพบว่าค่าเวลารวมของการกำหนดงานทั้งหมดของการสุ่มตัวอย่างมีการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) โดยได้ทดลองกับปัญหาขนาด 100 งาน 10 เครื่องจักร และ 20 งาน 10 เครื่องจักร

เพจ (Page,1961) ได้กล่าวถึงวิธีการค้นหาลำดับงาน (Sort) เพื่อใช้กับปัญหาการจัดลำดับงานโดยได้พัฒนาวิธีฮิวริสติก 4 แบบ โดยอาศัยหลักของการค้นหา (Sorting Technique) คือ Merging(M) Pairing(P) Individual(I) Exchanging(IE) และ Group Exchanging(GE)

กิกลิโอและวากเนอร์ (Giglio and Wagner,1963) ศึกษาการแก้ปัญหา 3 เครื่องจักร โดยวิธีโปรแกรมเชิงเส้นและการสุ่มตัวอย่างพบว่าวิธี โปรแกรมเชิงเส้นนั้นมีข้อดี คือถ้าสามารถทำได้สำเร็จค่าที่ได้ก็จะเป็นค่าที่ดีที่สุด แต่ขั้นตอนและวิธีการคำนวณนั้นจะค่อนข้างยากในทางปฏิบัติ ปัญหาของวิธีการนี้คือจำนวนของตัวแปรและข้อจำกัดที่จะมีมากขึ้นเรื่อยๆ ในกรณีที่ปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น ส่วนวิธีฮิวริสติกนั้นได้เลือกคัดแปลงวิธีของจอห์นสันพบว่าจากการทดลอง 100 ครั้ง จะให้คำตอบ ที่ค่อนข้างดี ในส่วนของวิธีการสุ่มตัวอย่างนั้นจะใช้ทฤษฎีพื้นฐานความน่าจะเป็นมาใช้ร่วมเพื่อใช้ในการหาคำตอบด้วย ซึ่งจะได้คำตอบที่ดีขึ้นในกรณีที่เพิ่มจำนวนครั้งในการสุ่มตัวอย่างมากขึ้น

อิกนอลและซาร์จ (Ignall and Schrage ,1965) ได้นำวิธีการแตกกิ่งและกำหนดขอบเขต (Branch and Bound) ที่พัฒนาโดย ลิตเติลและคณะ(Little, et al.,1963) ซึ่งใช้สำหรับการแก้ปัญหาการเดินทางของเซลส์แมน (Traveling Saleman (TSP)) มาใช้กับปัญหาการจัดตารางงานแบบต่อเนื่องซึ่งการแก้ปัญหา โดยวิธีการแตกกิ่งและกำหนดขอบเขตนี้ได้ใช้หลักการของแผนภาพต้นไม้โดยที่แต่ละโหนดจะแทนการจัดลำดับงานบางส่วน (Partial Solution) ซึ่งสามารถแสดงการแก้ปัญหา 2 และ 3 เครื่องจักร

ดูเดคซ์และทูตัน (Dudek and Tueton,1964) ได้ศึกษาถึงการจัดลำดับงาน n งาน โดยงาน แต่ละงานจะต้องถูกผลิตโดยเครื่องจักร m เครื่องตามลำดับที่เหมือนกันซึ่งวัตถุประสงค์ คือการจัดลำดับงานที่ดีที่สุดเพื่อให้เวลารวมน้อยที่สุด (Minimize Total Elapse Time) โดยรูปแบบในการแก้ปัญหาจะเป็นการแก้ปัญหาแบบหลายสถานี (M - Stage) ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการหาค่าเวลารวมของเครื่องจักรตัวสุดท้ายที่ผลิตงานนั้นๆ นั่นคือการที่เวลารวมของเครื่องจักรตัวสุดท้ายน้อยที่สุดก็จะมีผลทำให้เวลาที่ใช้ในการทำงานรวมน้อยไปด้วย

พาล์มเมอร์ (Palmer,1965) ได้ศึกษาการจัดลำดับงานโดยวิธี Slop Order Heuristic (SO) โดยมี แนวคิดว่างานที่ได้รับเลือกก่อนควรมีเวลาในการทำงานมีแนวโน้มมากขึ้นเรื่อยๆ ในขณะที่งานที่อยู่ลำดับหลังๆ ควรมีเวลาในการทำงานน้อยลงเรื่อยๆ ค่า Slop order index (SI) ที่ใช้เป็นตัววัดค่าการจัดลำดับงานสำหรับงาน i และงานที่จัดได้รับการจัดลำดับก่อน คืองานที่มีค่า SI_i สูงสุด

แมคมาฮอนและเบอร์ตัน (McMahon and Burton ,1966) ได้ศึกษาวิธีการแตกกิ่งและกำหนดขอบเขตเพื่อใช้กับปัญหา 3 เครื่องจักร ซึ่งวิธีนี้ได้นำไปใช้กับปัญหาการเดินทางของเซลส์แมนโดยลิตเติลและคณะ (Little, et al., 1963) และต่อมาได้ถูกนำมาใช้กับการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบ ต่อเนื่องโดยอิกนอลและซาร์จ (Ignall and Scharge, 1965) และ ลอมนิคกี(Lomnicki, 1965) วิธีพื้นฐานคือการแบ่งงานออกเป็นส่วนตัวๆ และคำนวณหาค่าขอบเขตล่างที่

ให้ค่าเวลานการทำงานรวมต่ำสุดของส่วนย่อยนั้นๆ วิธีการนี้เป็นการจัดลำดับงานเป็นส่วนตัวๆ (Partial Schedule) โดย

เอกซารันเป็นเอกซารันที่ลงมือให้กับการแข่งขันเพื่อการแข่งขัน เมื่อผู้ผู้ใดเห็นเป็นประโยชน์ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้แผนภาพคั่นไม้ซึ่งแต่ละโหนดจะแทนการจัดลำดับส่วนหนึ่งและแตกกิ่งของโหนดคือการนำงานที่ไม่ได้จัดมาต่อ ซึ่งการจัดลำดับใหม่ จะแทนโหนดด้วยตัวใหม่ในแต่ละโหนดก็จะได้ค่าขอบเขตล่าง ซึ่งจะได้ค่าเวลาในการทำงานรวมของงานที่ได้จัดไปแล้วแต่ละครั้งก็จะทำการตรวจสอบว่าโหนดใดให้ค่าต่ำที่สุดก็จะพิจารณาเพื่อทำ แยกกิ่งต่อจนกระทั่งถึงขั้นตอนสุดท้ายที่ได้จัดงานจนหมดโหนด โดยให้ค่าเวลาในการทำงานรวม ค่าสุดท้ายจะเลือกโหนดนั้นๆ ซึ่งวิธีนี้สามารถรับประกันได้ว่าจะได้ค่าที่ดีที่สุด ซึ่งจำนวนโหนดที่จะ นำมาพิจารณาจะมีค่าตั้งแต่ $n(n+1)/2$ จนถึง ค่า $n!$ ค่าวิธีของอินเนอร์จะแตกต่างจากวิธีที่ได้ศึกษามาคือ ได้พัฒนาวิธีในการหาค่าขอบเขตล่างใหม่

วิสเมอร์ (Wisner, 1969) ได้กล่าวถึงการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง โดยการนำวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาการเดินทางของเซลล์แมน (TSP) มาใช้ในการแก้ปัญหา โดยเพิ่มข้อจำกัดว่าจะ ไม่ยอมให้มีการรอในระบบ (No Intermediate Queues) ซึ่งสามารถที่จะให้คำตอบที่ดีที่สุด

แคมป์เบลและคณะ (Campbell, et al., 1970) ได้ศึกษาการจัดลำดับงานเพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุดหรือใกล้เคียงความจริงที่สุด ซึ่งขั้นตอนในการทำงานนั้นจะประยุกต์วิธีของจอห์นสัน โดยประยุกต์ใช้กับ เครื่องจักรที่มีมากกว่า 2 เครื่อง วิธีการนั้นเราจะสร้างแผนงานช่วยขึ้นมาจากแผนงานเดิมที่กำหนดให้ซึ่งลักษณะของแผนงานช่วยนี้จะมีลักษณะเหมือนการจัดลำดับงาน n ชนิด ที่ใช้กับ เครื่องจักร 2 เครื่องร่วมกันต่อจากนั้นจะจัดลำดับให้กับแผนงานช่วยที่ได้ขึ้นด้วยวิธีของจอห์นสัน ภายในแผนงานช่วยจะประกอบด้วย 2 หน่วยงาน จำนวนแผนงานช่วยเท่ากับ $m - 1$ วิธี ซึ่งจะได้การจัดตารางการผลิตจำนวน $m - 1$ วิธี จากนั้นทำการเลือกตารางที่ให้ค่าเวลาในการทำงานรวมน้อยที่สุด จากการทดลองเปรียบเทียบผลที่ได้กับวิธีของพาล์มเมอร์พบว่าให้ค่าที่ดีกว่า

กูปตา (Gupta, 1971) ได้พัฒนาฮิวริสติกแบบฟังก์ชัน (Functional Heuristic Algorithm) ในการแก้ปัญหาการจัดตารางแบบต่อเนื่องซึ่งเป็นวิธีที่สามารถหาคำตอบได้รวดเร็ว และให้ผลที่ใกล้เคียงค่าที่ดีที่สุด วิธีการ จะใช้ค่า $f(i)$ เป็นตัววัดค่าการจัดลำดับงานซึ่งจะจัดลำดับงานจากค่าน้อยไปหามากจากการทดลองเพื่อทดสอบกับปัญหาขนาดต่างๆ และเปรียบเทียบผลที่ได้พบว่าวิธีนี้ให้คำตอบที่ดีกว่าวิธี Slop Order Index ของพาล์มเมอร์

เรดดีและรามามูธี (Reddi and Ramamoorthy, 1972) ได้ศึกษาการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง โดยจะไม่ยอมให้มีการรอคอยในระบบ (No Wait in Process) ซึ่งจะทำให้การเปรียบเทียบการจัดตารางการผลิต 2 แบบ คือ การจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่องโดยไม่ยอมให้มีสินค้าคงคลังระหว่างการจัดการการผลิตเกิดขึ้น (Flow Shop Sequencing Problem with no Intermediate Storage) (FSNIS) และการจัดการตารางการผลิตแบบต่อเนื่องโดยไม่ยอมให้มีการรอคอยเกิดขึ้น (Flow Shop Sequencing Problem with Zero Finite Intermediate Storage) (FSFIS)

แดนเนนบริงก์ (Dannenbring, 1977) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการแก้ปัญหาฮิวริสติกแบบต่างๆ พร้อมทั้งเสนอวิธีการใหม่ซึ่งวิธีนี้จะเริ่มต้นจากคำตอบที่ได้อยู่แล้วและทำการ ปรับปรุงคำตอบให้ดีขึ้นเรื่อยๆ คือ

1. Rapid Access Procedure (RA) ซึ่งจะหาคำตอบได้ดีและง่าย โดยจะใช้หลักการของ Slop Order (SO), วิธีการของแคมป์เบล และสมิธ (Campbell and Smith, 1970) โดยใช้หลักการเทียบน้ำหนัก โดยมองเป็นปัญหา 2 เครื่องจักร และใช้หลักการ ของ จอห์นสัน (Johnson, 1954)
2. Rapid Access with Close Order Search (RACS) ใช้หลักการสลับที่งานที่อยู่ใกล้กัน โดยการปรับปรุงคำตอบที่ได้จาก (RA) โดยจะพิจารณาจากงานที่อยู่ใกล้กัน (Adjacent Job) แต่ละคู่ของงานที่ใกล้เคียงกัน $(n-1)$ คู่จะถูกนำมาพิจารณา
3. Rapid Access with Extensive Search (RAES) จะใช้ลำดับที่ติดกันที่ดีที่สุดในการพิจารณาหาคำตอบให้ซึ่งจะ ทำการค้นหาลงไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้คำตอบที่ดีกว่า วิธีนี้จะใช้ได้ดีในกรณีที่ไม่จำกัดเวลาในการคำนวณหรือจำนวนรอบของการค้นหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทอนเนอร์และคณะ (Turner, et al.,1978) ได้กล่าวถึงวัตถุประสงค์ของการดำเนินการด้านการวางแผนการผลิตหรือการกำหนดงานให้แก่สถานโรงงานตามกำหนดการก็เพื่อว่าจะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานได้ต่ำสุดซึ่งค่าใช้จ่ายนี้อาจเกิดขึ้นมาจากการมีงานในกระบวนการผลิตมากเกินไป การที่คนงานหรือเครื่องจักรมีเวลาร่างมากไป การทำงานล่วงเวลาและการทำงานเสร็จล่าช้ากว่ากำหนด ซึ่งวิธีแก้ที่นิยมใช้คือการกำหนดงานและตารางการผลิตคือการใช้แผนภูมิแกนต์ มาช่วย แผนภูมิแกนต์จะมีประโยชน์มากในการแสดงงานที่วางแผนไว้เปรียบเทียบกับงานที่ได้จริง

นาวาซ (Nawaz, et al.,1983) ได้ศึกษาถึงการจัดลำดับงานโดยทั่วไปซึ่งงานทุกงานจะต้องผ่านไปผลิตยังเครื่องจักรหรือสถานโรงงานทุกสถานีโดยมีลำดับที่เหมือนกัน แต่จะให้ความสำคัญกับงานที่ใช้เวลารวม (Process time) มากที่สุดก่อน ซึ่งผลที่ต้องการจะจัดอย่างไรจึงจะให้ค่าเวลาในการทำงานรวม (Make span or Total Processing Time) ต่ำสุด ซึ่งวิธีการด้านฮิวริสติกที่ได้ศึกษานี้เป็นการแก้ปัญหาโดยที่ไม่จำเป็นต้องได้ค่าที่ดีที่สุดเสมอ แต่ต้องการให้มีประสิทธิภาพและเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด โดยสามารถหาคำตอบที่ดีได้เช่นกัน วิธีการนี้จะให้ความสำคัญกับงานที่ใช้เวลานานที่สุดก่อนและทำการลำดับของงานโดยใช้การจัดลำดับงานเป็นส่วนตัว (Partial Schedule) ซึ่งจะช่วยลดเวลาลงได้มากกว่า $n!$ ($n \times (n-1) \times (n-2) \times \dots \times 1$) ทางเหลือเพียง $n(n+1)/2-1$ ทางเท่านั้นซึ่งในทางปฏิบัติแล้ว ถ้าค่า n มีค่ามากก็ จะทำให้ช่วยลดเวลาในการทำงานได้มาก นอกจากนี้ยังได้ทำการทดลองโดยเปรียบเทียบกับวิธีของแคมป์เบลและคณะ (Campbell, et al., 1970) กับปัญหาขนาด 4-25 งาน และ 4-25 เครื่องจักร

ราจันดรานและคณะ (Rajendran, et al.,1990) ได้ศึกษาวิธีการทางฮิวริสติก 2 แบบ สำหรับการจัดลำดับงานแบบไหลว์ซอปทั้งแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะให้เวลาทำงานน้อยที่สุด โดยจะใช้พื้นฐานของการจัดลำดับงานแทรกลงไปยังงานส่วนหนึ่งที่ได้จัดลำดับไว้ก่อนหน้าแล้ว วิธีการนี้จะใช้ได้ดีมากในปัญหาขนาดต่างๆ จากการทดลองกับปัญหา 5-10 งาน กับ 3-25 เครื่องจักร โดยทำการทดลองกับ 700 ปัญหา พบว่าสามารถให้ค่าที่ดีที่สุด

สมิทและคณะ (Smith, et al.,1996) ได้ทำการวิจัยร่วมกันต่อจาก ดูเดคซ์ (Dudek, 1964) ซึ่งเกี่ยวข้องกับ การจัดลำดับงาน โดยต้องการให้เวลาร่างของเครื่องจักรตัวสุดท้ายมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งจะมีผลให้สามารถลดค่าเวลาในการทำงานรวมลงด้วย

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำเอาเจเนติกอัลกอริทึมมาใช้แก้ปัญหา

ฮอลแลนด์ (Holland,1976) ได้พัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm) เพื่อนำไปใช้กับปัญหาต่างๆ แนวคิดนี้รู้จักกันดีในหมู่นักชีววิทยาซึ่งเกี่ยวข้องกับ โครงสร้าง ทางพันธุกรรม (Genetic Structure) ของยีน ในการเลือกผสมพันธุ์พืช หรือสัตว์ ตัวอย่างเช่น ตัวลูก (Offspring) จะถูกเลือกให้ได้ลักษณะตามต้องการซึ่งจะดูตั้งแต่ระดับยีนของพ่อแม่รวมกัน กระบวนการทางยีนต่างๆ สามารถกำหนดได้ วิธีที่นำมาใช้คือการสลับสายพันธุ์ (Crossover) ของยีนของพ่อแม่และการกลายพันธุ์โดยวิธีสุ่ม (Random Mutation)

โกลด์เบิร์กและลินเกล (Goldberg and Lingle,1985) ได้นำวิธีเจเนติกอัลกอริทึมไปใช้ในการแก้ปัญหาการเดินทางของเซลส์แมน (TSP) ในการเดินทางไปยังเมืองต่างๆ 200 เมืองโดยให้มีระยะสั้นที่สุดใช้วิธีการสลับสายพันธุ์แบบจัดคู่เป็นส่วน Partially Mapped Crossover (PMX) ในการค้นหาเส้นทาง การเดินทางซึ่งได้ผลที่ดี

นาคาโนและยามาดา (Nakano and Yamada,1989) ได้นำเจเนติกอัลกอริทึมไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการผลิตตามคำสั่งซื้อ (Job Shop Problem) หรือ JSP โดยการเข้ารหัสเป็นเลขฐานสอง และใช้วิธีการ “บังคับ” คำตอบเพื่อทำให้การรู้เข้าหาคำตอบเป็นไปอย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บีเกิลและดาเวิร์น (Biegel and Davern,1990) ได้นำเจนติกอัลกอริทึมไปใช้ในการแก้ปัญหาการผลิต ตามคำสั่งชื่อแบบ n – Task 1 Processor (เครื่องจักร) แบบ n – Task 2 Processor และแบบ n – Task และ m – Processor

บัคชีและคณะ (Bagchi, et al.,1991) ได้นำเจนติกอัลกอริทึมไปใช้ในการแก้ปัญหาการผลิตตามคำสั่งชื่อและได้ปรับปรุงวิธีการของเจนติกอัลกอริทึมเพื่อให้ขยายช่วงของการค้นหาโดยใช้โครโมโซมที่มีลักษณะเฉพาะกับปัญหา

ฟัลเคนเนอร์ (Falkenauer,1991) ได้นำเจนติกอัลกอริทึม ไปประยุกต์ใช้กับปัญหาการจัดตารางการผลิตตามคำสั่งชื่อ โดยจัดตารางการผลิตที่มีเครื่องจักรหลายเครื่องและมีงานหลายงาน ผู้วิจัยได้แสดงถึงการเข้ารหัสตรงและแสดงให้เห็น แนวทางในการแก้ปัญหา

เวอแลค (Verlag,1992) ได้กล่าวถึงวิธีการครอสโอเวอร์ 3 รูปแบบ คือการสลับสายพันธุแบบจัดคู่เป็นส่วน (Partially Mapped Crossover (PMX)) โดย โกลด์เบิร์กและลิงเกิล (Goldberg and Lingle, 1985) การสลับสายพันธุแบบลำดับ (Order Crossovers (OX)) โดย เดวิส(Davis, 1985) และการสลับสายพันธุแบบวัฏจักร (Cycle Crossover (CX)) โดย โอลิเวอร์(Oliver, 1982) จากผลการทดลองของโอลิเวอร์ ในการครอสโอเวอร์นำวิธีทั้ง 3 ไปทดสอบกับปัญหาการเดินทางของเซลส์แมนพบว่าวิธี OX ให้ผลดีกว่า PMX 11% และดีกว่า CX 15%

คروتทไมเออร์ (Krottmaier,1993) ได้กล่าวถึงเจนติกอัลกอริทึมว่าเป็นวิธีการที่ดีในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนโดยใช้ความพยายามน้อยที่สุด โดยวิธีการ Inversion และRecombination 3 รูปแบบ ดังนี้ Partially mapped crossover (PMX), Order Crossovers (OX), Cycle Crossover (CX) แต่วิธีที่นิยมใช้กันคือ Order Crossover (OX) เพราะจะให้ค่าตัวถูกที่คี่ขึ้นมา

ไอตุคและคณะ (Aytug, et al.,1994) ศึกษาการทำจัดตารางการผลิตแบบไม่คงที่ (Dynamic Scheduling) โดยอาศัยแบบจำลองและสร้างปัญญาประดิษฐ์ (Intelligence Object) ที่สามารถตัดสินใจเองได้โดยการเรียนรู้จากการทำงานแบบจำลองเอง ซึ่งวิธีการเรียนรู้ถูกสร้างขึ้นโดยใช้เจนติกอัลกอริทึม

โคเชและคณะ (Croce, et al.,1995) กล่าวถึงการเข้ารหัส Preference Rule และทำการปรับปรุงเจนติกอัลกอริทึมเพื่อให้สามารถทำงานได้เร็วยิ่งขึ้น แล้วทำการเปรียบเทียบคำตอบกับวิธีการกำหนดตารางการผลิตโดยใช้วิธีฮิวริสติกร่วมกับเจนติกอัลกอริทึม ซึ่งพบว่าเจนติกอัลกอริทึมสามารถหาคำตอบได้ดีกว่า

รูบินและรากาซ (Rubin and Ragatz ,1995) ศึกษาตารางการผลิต โดยพิจารณาถึงเวลาในการติดตั้ง (Setup Time) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เวลาในการติดตั้งหรือค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดหรือเพื่อให้ได้เวลาในการทำงานรวมของงานน้อยที่สุด และนอกจากนั้นยังได้ศึกษาถึงปัญหากระบวนการ จัดลำดับแบบขั้นตอนของสถานีทำงานเดียว (Single Stage) เพื่อให้ได้เวลาล่าช้า (Total Tardiness) น้อยที่สุดและใช้เจนติกอัลกอริทึมในการหาคำตอบปรากฏคำตอบที่ได้ใกล้เคียงกับ คำตอบที่ดีที่สุด

ลีและคิม (Lee and Kim ,1995) ได้พัฒนาเจนติกอัลกอริทึมแบบขนาน (Parallel) สำหรับปัญหาการจัดการผลิต สำหรับเครื่องจักรตัวเดียว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เวลาที่งานเสร็จเร็วกว่ากำหนด (Earliness) และเวลาที่งานเสร็จช้ากว่ากำหนด (Tardiness) ของวันส่งงาน (Due Date) น้อยที่สุด โดยใช้การเข้ารหัสเป็นแบบเลขฐานสองและประชากรย่อยในแต่ละส่วนสร้างได้จากงานที่สามารถทำได้ก่อนในตารางการผลิต

รีฟ (Reeves,1995) ได้นำเจนติกอัลกอริทึมมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดการตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง โดยมีวัตถุประสงค์ คือการหาวิธีการกำหนดงานเพื่อให้ได้ค่าเวลาในการทำงานรวม น้อยที่สุดสำหรับงาน n งาน m เครื่องจักร โดยเฉพาะกับปัญหาที่ขนาดใหญ่ ซึ่งในทางปฏิบัติ ต้องเสียเวลาในการคำนวณมาก ดังนั้นจึงต้องการเพียงคำตอบที่ดี (ไม่จำเป็นต้องดีที่สุด) เพื่อใช้เวลาในการหาคำตอบได้รวดเร็วขึ้นจากการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองโดยวิธีนี้กับวิธี Simulated Annealing Algorithm (SA) และ Neighborhood Search (NS) โดยใช้เวลาในการทำงาน i บนเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

j ใดๆ มาจากการสุ่มตัวอย่างเมื่อเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ ความแตกต่างที่ได้จากค่าเฉลี่ยที่ได้จากวิธีทั้ง 3 วิธีกับคำตอบที่ได้จากวิธีการของ NEH พบว่าวิธีที่ดีที่สุดตามลำดับคือ GA SA และ NS

2.3 แนวคิดที่ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการวิจัย

เจเนติกอัลกอริทึมเป็นทฤษฎีที่จำลองกระบวนการวิวัฒนาการทางธรรมชาติคือ การคัดเลือกทางธรรมชาติและอาศัยพื้นฐานความคิดทางพันธุกรรมในการถ่ายทอดลักษณะต่างๆ ไปยังลูกหลานที่สามารถนำมาพัฒนาใช้หาคำตอบที่ใกล้เคียงหรือที่สุดของปัญหาเจเนติกอัลกอริทึมเป็นวิธีการหาคำตอบโดยพิจารณา และดำเนินการจากกลุ่มคำตอบของปัญหาที่ถูกสร้างขึ้น โดยการเข้ารหัส (Coding) คือ แปลงค่าตัวแปรหรือพารามิเตอร์ต่างๆ ของปัญหาให้อยู่ในรูปแบบโครงสร้างของโครโมโซมตามที่กำหนด เพื่อคัดเลือกโครโมโซมคำตอบที่เหมาะสม สำหรับสร้างวิวัฒนาการ คำตอบที่ดีขึ้นตามกระบวนการทางพันธุศาสตร์โดยแลกเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ระหว่างโครโมโซมที่ถูกคัดเลือกทำให้คำตอบถูกปรับปรุงให้ดีขึ้น

2.4 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเจเนติกอัลกอริทึม

ในปัจจุบันนี้ปัญหาที่ต้องการคำตอบที่มีความเหมาะสม (Optimal Solution) ทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ คอมพิวเตอร์ หรือในการทำงานต่างๆ ที่เกิดขึ้นมากมายนั้น สามารถหาคำตอบได้หลายๆ วิธี ซึ่งแตกต่างกันไปตามชนิดของปัญหา ความคิด เทคนิค วิธีการวิเคราะห์ปัญหานั้น และความแพร่หลายในการพัฒนาศักยภาพของคอมพิวเตอร์ให้รู้จักเรียนรู้เพื่อช่วยหาคำตอบหรือช่วยตัดสินใจคำตอบในขั้นต้นมีมากขึ้น โดยปัจจุบันมีนักวิทยาศาสตร์ได้เริ่มนำความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีหรือกฎเกณฑ์ทางธรรมชาติมาช่วยในการศึกษาวิจัย เช่น นิวรอลเน็ตเวิร์ค (Neural Network) ฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic) เป็นต้น เจเนติกอัลกอริทึมเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่จำลองรูปแบบวิธีการทางชีววิทยาในการกำหนดประชากรรุ่นใหม่หรือขยายเผ่าพันธุ์ในรุ่นลูกหลานต่อไป ซึ่งอาศัยพื้นฐานความคิดของวิวัฒนาการทางธรรมชาติถ่ายทอดลักษณะต่างๆ ทางพันธุกรรมโดยปฏิบัติตามกระบวนการทางพันธุศาสตร์ เพื่อใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดหรือใกล้เคียงที่สุดของปัญหาโดยคอมพิวเตอร์ออกมาให้เห็นเรียกว่า ฟีนอไทป์ (Phenotype) เช่น ในคนจะมีโครโมโซม 23 คู่ 46 โครโมโซม ซึ่งแต่ละโครโมโซมจะประกอบด้วยยีนต่างๆ กันราว 1250 ยีน

2.5 เจเนติกอัลกอริทึมเบื้องต้น

ปี ค.ศ. 1975 จอห์น ฮอลแลนด์ เริ่มสนใจศึกษาในทฤษฎีวิวัฒนาการทางธรรมชาติ (Natural Evolution) ในการกำหนดประชากร (Population) สิ่งมีชีวิตในรุ่นต่อไปโดยกระบวนการทางธรรมชาติทางชีววิทยาประกอบด้วยคัดเลือกทางธรรมชาติ (Natural Selection) คือสิ่งมีชีวิตใดที่แข็งแรงกว่าย่อมมีโอกาสอยู่รอดได้มากกว่า หมายถึงการมีโครโมโซมซึ่งประกอบไปด้วยยีนต่างๆ ที่มีลักษณะที่ดีนั้นจะมีโอกาสอยู่รอดได้มากกว่า โครโมโซมที่สามารถอยู่รอดได้ก็就会被ถ่ายทอดขึ้น ที่มีลักษณะที่ดีเหล่านั้น ไปยังลูกหลานได้มากกว่าเช่นกัน และกระบวนการทางพันธุศาสตร์ (Genetic Operation) คือการกำหนดโครโมโซมใหม่โดยการผสมพันธุ์จากการครอสโอเวอร์หรือการกลายพันธุ์จากมิวเตชัน โดยความเชื่อในวิวัฒนาการทางธรรมชาติที่แสดงถึงคุณลักษณะที่เป็นอยู่ของสิ่งมีชีวิตโดยการถ่ายทอดลักษณะต่างๆ บนโครโมโซมนั้นมีคุณสมบัติทั่วไปที่ยอมรับกันคือ

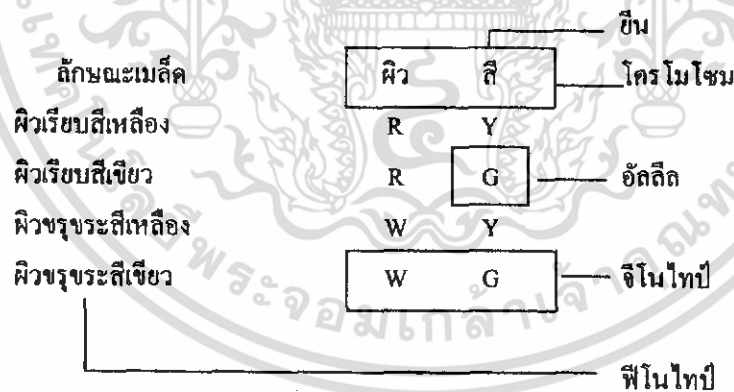
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. วิวัฒนาการเป็นผลที่เกิดขึ้น เนื่องจากความเปลี่ยนแปลงบนโครโมโซมที่เป็นอยู่ ซึ่งแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ
2. ธรรมชาติทางการคัดเลือกมีความสัมพันธ์กับโครโมโซมที่แสดงถึงประสิทธิภาพของโครงสร้างที่ดีที่จะคัดเลือกเพื่อถ่ายทอดส่วนของโครงสร้างที่ดี
3. การถ่ายทอดในขณะที่เกิดวิวัฒนาการนั้นโครโมโซม พ่อ-แม่ มีการแลกเปลี่ยนส่วนโครงสร้างกันเพื่อสร้างโครงสร้างโครโมโซมลูกและสาเหตุที่ทำให้เกิดโครโมโซมลูกที่แตกต่าง คือกระบวนการผ่าเหล่าวิวัฒนาการทางธรรมชาติมิได้เป็นสิ่งที่เกิดจากความจงใจแต่เป็นกระบวนการที่เกิดจากโครงสร้างต่างๆ ในโครโมโซมเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นขณะนั้น

2.6 พันธุศาสตร์กับเจเนติกอัลกอริทึม

เมนเดล บิดาแห่งวิชาพันธุศาสตร์ค้นพบว่าลักษณะต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต เช่น ลักษณะผิวของเมล็ดพืช สีของเมล็ดพืช ฯลฯ ที่ถูกถ่ายทอดไปยังลูกหลานนั้นถูกควบคุมโดยหน่วยควบคุมลักษณะที่เรียกว่ายีน (Gene) และลักษณะย่อยของยีนเรียกว่าอัลลีล (Allele) เช่น ยีนควบคุมลักษณะผิวของเมล็ดจะมีอัลลีลเป็นผิวเรียบและผิวขรุขระ เป็นต้น ซึ่งแต่ละยีนจะเรียกตัวอยู่บนโครโมโซม (Chromosome) ภายในเซลล์ ตำแหน่งของยีนแต่ละยีนบนโครโมโซมเรียกว่าโลกัส (Locus) แต่ละแบบของชุดยีนเรียกว่าจีโนไทป์ (Genotype) ซึ่งแสดงลักษณะภายนอกที่ปรากฏ ซึ่งเรียกว่า ฟิโนไทป์ (Phenotype) โดยแสดงการเปรียบเทียบลักษณะระหว่างเจเนติกอัลกอริทึมกับลักษณะทางพันธุศาสตร์

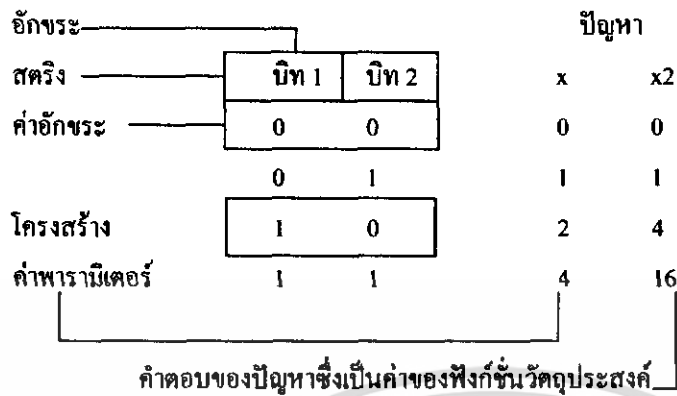
1. ลักษณะทางพันธุศาสตร์ของโครโมโซมควบคุมลักษณะของเมล็ดถั่ว ซึ่งมียีนลักษณะของผิวเมล็ด คือ มีลักษณะเรียบ (R) หรือขรุขระ (W) และยีนลักษณะสีของเมล็ดคือมีสีเหลือง (Y) และสีเขียว (G)



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะภายนอกที่ปรากฏซึ่งเรียกว่า ฟิโนไทป์

2. ลักษณะทางเจเนติก แสดงถึงการแก้ปัญหาในการหาค่าสูงสุดของฟังก์ชัน $f(x) = x^2$ โดยที่ x มีค่าอยู่ระหว่าง $[0,4]$ และค่าของ x ถูกแปลงให้อยู่ในรูปไบนารีสตริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะทางคณิตศาสตร์ แสดงถึงการแก้ปัญหาฟังก์ชันวัตถุประสงค์

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบคำศัพท์ระหว่างพันธุศาสตร์และคณิตศาสตร์

พันธุศาสตร์	คณิตศาสตร์
โครโมโซม (Chromosome)	สตริง (String)
ยีน (Gene)	คุณลักษณะ, บิต (Character, Bit)
อัลลีล (Allele)	ค่าของคุณลักษณะ (Character Value, Bit Value)
โลคัส (Locus)	ตำแหน่ง (String Position)
จีโนไทป์ (Genotype)	โครงสร้าง (Structure)
ฟีโนไทป์ (Phenotype)	โครงสร้างคำตอบ (A Decode Structure)

การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยคณิตศาสตร์ด้วยคณิตศาสตร์ต่าง ๆ จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปของสตริง (String) หรือ โครโมโซมประกอบด้วยอักขระ (Character) หรือบิต (Bit) แต่ละตำแหน่งของโครโมโซมจะเก็บค่าอักขระหรือค่าบิตที่แสดงโครงสร้างของแต่ละโครโมโซม ที่ให้คำตอบของปัญหาแตกต่างกัน ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์กับการแก้ปัญหาการหาค่าสูงสุดของ $f(x) = x^2$ โดยที่ x อยู่ในช่วง $[0, 4]$ และสามารถสรุปความหมายทางพันธุศาสตร์เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ ได้ดังตารางที่ 2.1

ดาร์วิน (Darwin, 1859) ได้เสนอความคิดการสปีชีส์ของสิ่งมีชีวิต (The Origin of Species) โดยเสนอหลักการของวิวัฒนาการที่ผ่านกระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติ แม้ในตอนแรกทฤษฎีจะเป็นที่โต้แย้งกันมากแต่ต่อมาก็ได้เป็นที่ยอมรับในหมู่นักวิทยาศาสตร์ (Winston, 1992)

1. สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีแนวโน้มที่จะถ่ายทอดลักษณะของมันไปสู่ลูกหลานของมัน
2. ธรรมชาติทำให้สิ่งมีชีวิตมีลักษณะต่างๆ กัน
3. สิ่งมีชีวิตที่มีความเหมาะสม ซึ่งมีลักษณะที่เหมาะสมที่สุด มีแนวโน้มที่จะมีลูกหลานมากกว่าสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะไม่เหมาะสม ซึ่งจะช่วยให้ประชากรอยู่รอดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เมื่อระยะเวลาผ่านไปยาวนานจะเกิดการกลายพันธุ์ (Variation) ขึ้นและเกิดสปีชีส์ใหม่ที่มีลักษณะเหมาะสมกับระบบนิเวศนั้น

2.7 ความหมายของเจเนติกอัลกอริทึม

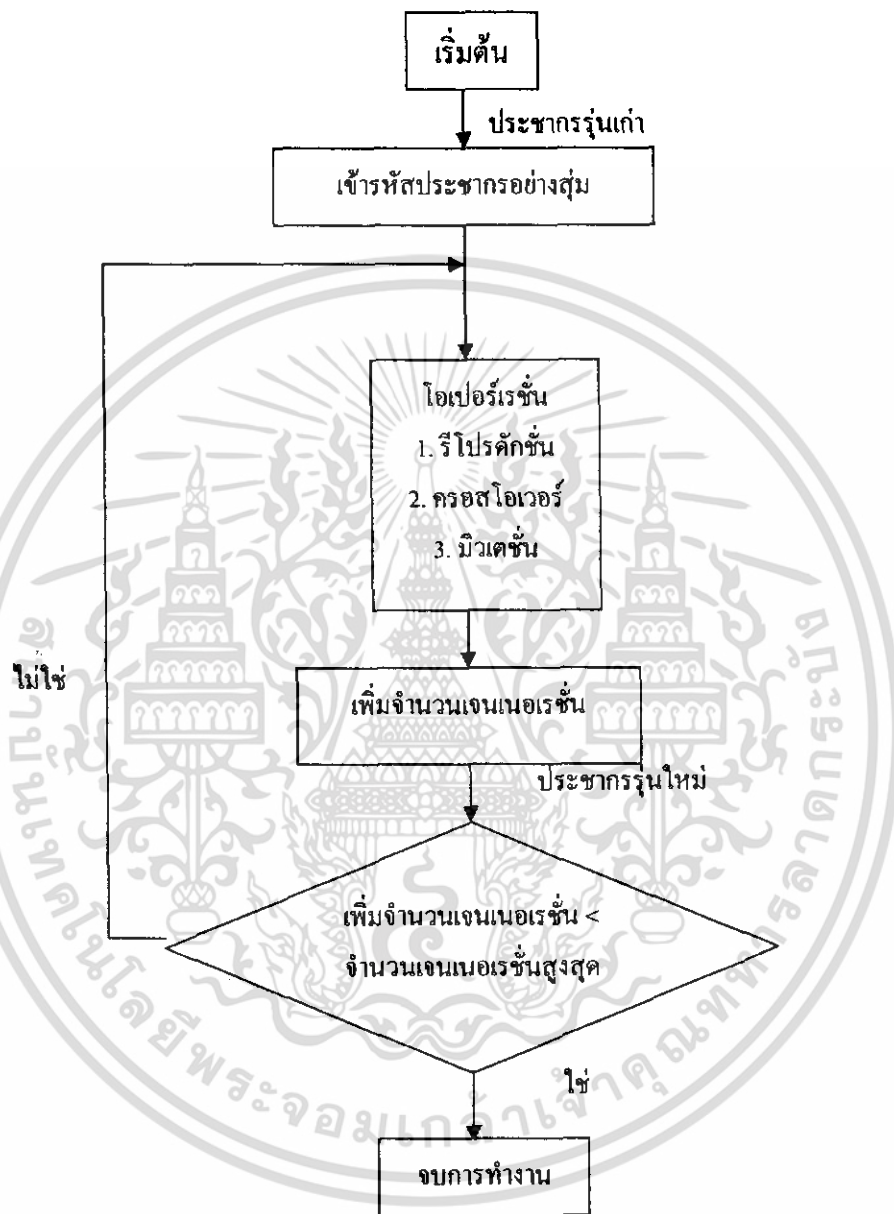
เจเนติกอัลกอริทึมเป็นวิธีการค้นหาคำตอบโดยมีพื้นฐานมาจากกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติ (Natural Selection) และกระบวนการคัดเลือกทางพันธุศาสตร์ (Natural Genetics Selection) โดยการคัดเลือกสตริงที่มีความเหมาะสมจากกลุ่มของสตริงทั้งหมดด้วยวิธีการสุ่มจากการนำสตริงเหล่านี้ไปผ่านกระบวนการคัดเลือกสตริงที่มีความเหมาะสมคำตอบที่ดีที่สุดหรือใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุดเจเนติกอัลกอริทึมไม่ใช่การสุ่มแบบง่าย ๆ แต่มันเป็นการใช้ข้อมูลในอดีตอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อพิจารณาจุดที่จะต้องค้นหาใหม่โดยคาดหวังว่าสมรรถนะของการค้นหาจะดีขึ้น

เจเนติกอัลกอริทึมถูกพัฒนาขึ้นโดย ฮอลแลนด์ (Holland, 1975) และคณะโดยมีเป้าหมายในการวิจัย 2 อย่าง คือ ข้อแรกเพื่อสรุปและตัดแปลงการใช้กระบวนการทางธรรมชาติให้ถูกต้องมากที่สุด ข้อสองเพื่อออกแบบและสร้างซอฟต์แวร์ที่รักษากลไกที่สำคัญของธรรมชาติและเจเนติกอัลกอริทึมแตกต่างกับวิธีการค้นหาและการหาคำตอบที่เหมาะสม (Optimization) แบบอื่นๆ คือ

1. เจเนติกอัลกอริทึมทำงาน โดยการเข้ารหัสสตริงเป็นชุดพารามิเตอร์
2. เจเนติกอัลกอริทึมเป็นการค้นหาจากทั้งประชากร ไม่ใช่ค้นหาเพียงตำแหน่งเดียว
3. เจเนติกอัลกอริทึมใช้ข่าวสารที่เป็นผลลัพธ์ (ฟังก์ชันเป้าหมาย) โดยไม่ใช่การอนุพันธ์หรือความรู้อื่นๆ
4. เจเนติกอัลกอริทึมจะเป็นวิธีแบบความน่าจะเป็น ไม่ใช่ดิเทอร์มินิสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 เจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย (Simple Genetic Algorithm)



รูปที่ 2.3 ขั้นตอนของเจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย

ขั้นตอนการทำงานของเจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย (Simple Genetic Algorithm : SGA) ดังแสดงรูปที่ 2.3 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัลกอริทึมของเจเนติกอัลกอริทึม

BEGIN

$t := 0;$

// สร้างประชากร โครโมโซมต้นกำเนิด โดยการสุ่ม

Initial population $P(t);$

// วิเคราะห์ค่าความเหมาะสมแต่ละ โครโมโซมประชากรต้นกำเนิด

Evaluate $P(t);$

// ตรวจสอบเงื่อนไขความพอใจ (เช่น เวลา,ค่าความเหมาะสม เป็นต้น)

while not terminate

begin

$t := t+1;$

// คัดเลือกโครโมโซมต้นแบบจากประชากรรุ่นก่อน

$p'(t) : \text{Select parents } P(t-1);$

// แลกเปลี่ยนส่วนชิ้นภายในโครโมโซมต้นแบบ

Recombine $p'(t);$

// มีเวกซ์โครโมโซมต้นแบบ

Mutate $p'(t);$

// วิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของประชากรรุ่นใหม่

Evaluate $p'(t);$

// ประชากรรุ่นใหม่กลายเป็นประชากรรุ่นเก่าต่อไป

$p(t) := p'(t);$

End

END

1. การเข้ารหัสและสร้างประชากรเริ่มต้นอย่างสุ่ม ขั้นตอนแรกของเจเนติกอัลกอริทึม คือการเข้ารหัสหรือแปลงค่าพารามิเตอร์ให้อยู่ในรูปของสตริงที่มีความยาวแน่นอน ซึ่งมีวิธีการเข้ารหัสนี้ขึ้นอยู่กับรูปแบบของปัญหาแต่ละปัญหาสำหรับเจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่ายใช้การเข้ารหัสแบบไบนารี (Binary Coding)

ตัวอย่างเช่น ต้องการหาค่าสูงสุดของฟังก์ชัน $f(x) = x^2$ โดยที่ x มีค่าอยู่ระหว่าง $[0, 31]$ ในที่นี้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) คือ $f(x)$ หรือ x^2 ซึ่งวิธีการเข้ารหัสไบนารี โดยแปลงค่าพารามิเตอร์ x ให้อยู่ในรูปไบนารี 5 บิต จะได้ค่าพารามิเตอร์ของ x จะมีค่าอยู่ในช่วง 00000 จนถึง 11111 (0 ถึง 31)

เมื่อกำหนดวิธีการเข้ารหัสแล้วจำเป็นที่จะต้องสร้างประชากรเริ่มต้น (Initial Population) โดยวิธีการสุ่มเพื่อที่จะผ่านขั้นตอนของเจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย (SGA) ต่อไป สมมติว่าทำการสุ่มประชากรเริ่มต้น 4 สตริงได้เป็น

01101

11000

01000

10011

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าสตรีงของประชากรเริ่มต้นนี้เกิดจากการสุ่มค่าทั้งหมด 20 ครั้ง สตรีงแต่ละตัวทำการสุ่ม 5 ครั้ง

2. ประชากรกลุ่มรุ่นเก่า (Old Population) ประชากรรุ่นเก่า คือ สตรีงที่จะถูกคัดเลือกไปเป็นต้นแบบสำหรับสร้างประชากรรุ่นใหม่ (New Population) โดยประชากรรุ่นเก่าชุดแรกคือ ประชากรเริ่มต้นนั่นเอง

3. การคำนวณการของเงินเดกัลทอริทิมอย่างง่าย ประกอบไปด้วยตัวปฏิบัติการ 3 อย่างคือการรีโพรดักชัน การครอสโอเวอร์ และ การมิวเตชัน ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

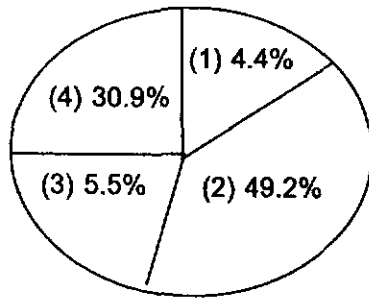
3.1. รีโพรดักชัน (Reproduction) คือกระบวนการที่สตรีงแต่ละตัวเลียนแบบ ค่าฟังก์ชันเป้าหมาย $f(x)$ โดยที่ฟังก์ชันนี้เองเป็นการวัดผลตอบแทนค่าอัตราประโยชน์ หรือสิ่งที่ต้องการให้เป็นค่าสูงสุดหรือค่าความเหมาะสม (Fitness) สตรีงที่มีความเหมาะสมสูงกว่า ก็จะมีแนวโน้มจะเป็นในการสนับสนุนลูกหลานรุ่นต่อไปสูงด้วยตัวปฏิบัติการนี้เกิดขึ้นจากกระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติตามทฤษฎีผู้รอดชีวิตที่มีความเหมาะสมในธรรมชาติจะมีความสามารถในการรอดพ้นจาก ผู้ล่าโรคภัยไข้เจ็บอุปสรรคอื่นๆ ที่ต่อต้านการเจริญเติบโตเป็นผู้ใหญ่และสามารถสืบพันธุ์ต่อไปได้ ส่วนฟังก์ชันเป้าหมายจะเป็นสิ่งที่ใช้พิจารณาว่าสตรีงที่สร้างขึ้นจะชีวิตอยู่หรือตายจากไป ตัวปฏิบัติการการรีโพรดักชันสามารถสร้างขึ้นได้หลายวิธี วิธีที่ง่ายวิธีหนึ่งคือสร้างจากวงล้อรูเล็ตที่มีจำนวนช่องเท่ากับจำนวนประชากรสตรีงและขนาดของช่องก็เป็นสัดส่วนกับค่าความเหมาะสม ดังรูปที่ 2.4 และค่าความเหมาะสมของฟังก์ชันเป้าหมายของประชากรแสดงในตารางที่ 2.2

ค่าความเหมาะสมทั้งหมดโดยรวมจะได้เท่ากับ 1170 และค่ารายละเอียดต่างๆ จะแสดง ดังตารางที่ 2.2 แสดงถึงวงล้อรูเล็ตสำหรับการรีโพรดักชันซึ่งสร้างจากสัดส่วนของค่าความเหมาะสมของสตรีงทั้งหมด เช่นสตรีงหมายเลข 1 มีค่าความเหมาะสมเป็นรีโพรดักชัน จะหมุนวงล้อเป็น 169 หรือ 14.4% (169/1170) ของค่าความเหมาะสมโดยรวมของทั้งประชากร ในการทำการรีโพรดักชันจะหมุนวงล้อเป็นจำนวน 4 ครั้งหรือเท่ากับจำนวนสตรีง เช่นสตรีงหมายเลข 1 มีค่าเป็น 169 คิดเป็น 14.4% ของค่าความเหมาะสมทั้งหมด ดังนั้นเมื่อหมุนรูเล็ต 1 ครั้งก็จะมีแนวโน้มที่จะเป็นที่ถูกเลือกเท่ากับ 0.144 ในการหมุนรูเล็ตแต่ละครั้งจะได้ตัวแทนในการสืบพันธุ์ (Reproduction Candidate) สตรีงที่มีความเหมาะสมสูงจะถูกคัดเลือกสำหรับการสืบพันธุ์ การรีโพรดักชันสำหรับสตรีงถูกหลานในรุ่นต่อไปเมื่อสตรีงมีรูปร่างที่แน่นอนแล้วก็จะถูกส่งไปเข้ามาทดสอบเพื่อที่จะผ่านกระบวนการของตัวปฏิบัติการอื่นต่อไป

ตารางที่ 2.2 กลุ่มประชากรตัวอย่างและค่าความเหมาะสม

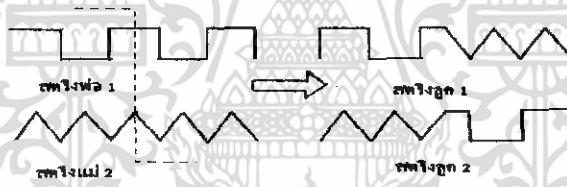
No.	สตรีง	ค่าความเหมาะสม	% โดยรวม
1	01101	169	14.40
2	11000	576	49.20
3	01000	64	5.50
4	10011	361	30.90
รวม		1170	100.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 การรีโปรแกรมชันอย่างง่ายด้วยวิธีการใช้วงล้อสุ่มเล็ก
ที่มีขนาดของแต่ละช่องเป็นสัดส่วนกับค่าความเหมาะสม

3.2. กระบวนการของการครอสโอเวอร์ (Crossover) จะกระทำหลังจากประชากรทั้งหมดผ่านกระบวนการรีโปรแกรมชันแล้วจะทำการจับคู่สมาชิกในเมทติ้งพูลหรือกลุ่มประชากร ทั้งหมดอย่างสุ่มและทำการไขว้สลับค่าที่อยู่หลังตำแหน่งที่เลือกไว้จากการสุ่มหรือทำการ แลกเปลี่ยนส่วนกัน



รูปที่ 2.5 การครอสโอเวอร์อย่างง่ายเพื่อให้เห็นถึงการเปลี่ยนสตริง
และการแลกเปลี่ยนข่าวสาร โดยเลือกตำแหน่งไขว้แบบสุ่ม

การเลือกตำแหน่งที่จะทำการครอสโอเวอร์ จะทำโดยการสุ่มค่าที่เป็นจำนวนเต็มตำแหน่งที่ k ช่วงของสตริงที่เลือกจะอยู่ในช่วง $[2, t-1]$ โดยที่ t คือ ตำแหน่งสุดท้ายของสตริงใหม่ทั้งสองก็จะมีการสลับอักขระตั้งแต่ตำแหน่งที่ $k+1$ จนถึง t ยกตัวอย่างเช่น พิจารณาสตริง A_1, A_2 จากประชากรเริ่มต้น

สมมติว่าเลือกจำนวนสุ่มระหว่าง 1 ถึง 4 และได้ค่า $k = 4$ (แสดงโดยใช้สัญลักษณ์ “|” แทนการแยก) ผลของการครอสโอเวอร์สตริงที่เป็นประชากรรุ่นใหม่จะมีสัญลักษณ์ “|”

$$\begin{array}{l} | A_1 = 01100 \\ * \\ | A_2 = 11001 \end{array}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.3. การมิวเตชัน (Mutation) มิวเตชันเป็นสิ่งที่จำเป็นถึงแม้ว่าวิโปรคชันและ คrossover จะช่วยในการค้นหาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพบางครั้งก็มีการสูญเสียส่วนที่สำคัญไป (ค่า 1 หรือ 0 ในบางตำแหน่ง) การมิวเตชันจะป้องกันส่วนที่เสียที่ไม่อาจเรียกคืนได้ (Irrecoverable Loss) ในบางครั้งการหาค่าตอบของเจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่ายค่าตอบอาจติดอยู่ใน Local Optimal การมิวเตชันด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสมจะทำให้ค่าตอบสามารถหลุดออกจาก Local Optimal หรือ อาจกล่าวได้ว่าโอเปอเรเตอร์ของการมิวเตชันเป็นการเปลี่ยนค่าตำแหน่งสตริงแบบสุ่มจากปัญหาที่พิจารณาจะเปลี่ยนแปลงจาก 0 เป็น 1 หรือ 1 เป็น 0 โดยการเลือกตำแหน่งที่จะทำการมิวเตชันแบบสุ่ม อัตราการมิวเตชันในธรรมชาติจะมีค่าค่อนข้างต่ำในการ นำไปใช้งานจะต้องมีการพิจารณาอย่างเหมาะสม

4. ประชากรรุ่นใหม่ (New Population) สตริงทั้งหมดที่ได้จากกระบวนการของเจเนติกอัลกอริทึม เรียกว่า ประชากรรุ่นใหม่หรือเจเนเนอเรชัน (Generation) รุ่นใหม่ซึ่งจะกลายเป็น ประชากรรุ่นเก่าสำหรับการดำเนินการต่อไป กระบวนการของเจเนติกอัลกอริทึมจะทำซ้ำไปเรื่อยๆ จนกว่าเจเนเนอเรชันจะมากกว่าจำนวนเจเนเนอเรชันที่กำหนดไว้สูงสุด

ซูเรค (Surech, 1995) ได้พิจารณาถึงการหาขนาดของประชากรจากอัตราส่วนของวิธีการที่ทั้งหมดของค่าตอบที่เป็นไปไม่ได้ และอัตราส่วนของวิธีการที่ทั้งหมดของค่าตอบที่เป็นไปได้

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n^n}{n!} \approx \frac{\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{(2\pi)^n \left(\frac{n}{e}\right)^n}{n^n}}{\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{(2\pi)^{1/2} e^n}{e^n}} = 0 \quad (2.1)$$

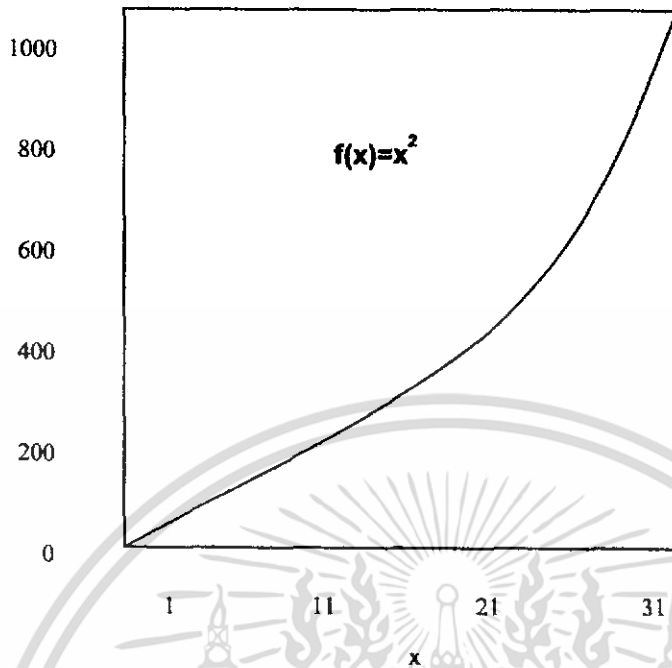
จากสมการที่ 2.1 ให้

- n คือ ขนาดของปัญหา
- n! คือ จำนวนวิธีการจัดเรียงหรือจำนวนวิธีการจัดเรียงที่เป็นไปได้
- nⁿ คือ จำนวนวิธีการจัดเรียงหรือจำนวนวิธีการจัดเรียงทั้งหมด

สามารถสรุปได้ว่าความน่าจะเป็นของการสร้างประชากรค่าตอบอย่างสุ่ม จะมีค่าเป็นศูนย์เมื่อ n มีค่ามากขึ้น สมมติว่า n มีค่าเป็น 8 ดังนั้น $8! / 8^8 = 1 / 416.1 = 2.403 \times 10^{-3}$ หรืออาจกล่าวได้ว่า โอกาสที่จะได้ค่าตอบที่ถูกต้องเป็น 1 ใน 416 ของค่าตอบที่เป็นไปไม่ได้ ถ้ากำหนดจำนวนประชากรเป็น 100 และทำการคำนวณเพียงแค่ 1 เจเนเนอเรชันก็ไม้อาจคาดได้ว่าจะได้ค่าตอบที่ดีที่กำหนดจำนวนประชากรเริ่มต้นและจำนวนของการเจเนเนอเรชันทั้งหมดจึงมีผลในการหาค่าตอบ

2.9 ตัวอย่างการใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการหาค่าตอบของฟังก์ชัน

เมื่อหาในส่วนนี้จะเป็นการประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาหาค่าตอบที่เหมาะสม (Optimization) หาค่าสูงสุดของฟังก์ชัน $f(x) = x^2$ ที่ละขั้นตอน โดย x เป็นตัวแปรที่มีค่าเปลี่ยนแปลงระหว่าง 1 ถึง 31 ดังรูปที่ 2.6 แสดงถึงลักษณะฟังก์ชัน $f(x)$ สำหรับปัญหานี้ตัวแปร x จะถูกเข้ารหัสให้เป็นไบนารี ที่มีความยาวสตริง 5 บิต เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลง **62778** ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $f(x) = x^2$

วิธีการทำเริ่มจากเลือกประชากรแรกขึ้นมาอย่างสุ่ม โดยประชากรเริ่มแรกจะได้อาจากการโยนเหรียญ 20 ครั้ง จากตารางที่ 2.3 จะเห็นได้ว่าสตริงหมายเลข 3 ซึ่งมีค่าเป็น 01000 (นำมาเข้าแปลงเป็นเลขฐานสิบ คือ $2^3 = 8$) จากนั้นก็จะแปลงให้อยู่ในฟังก์ชันเป้าหมาย $f(x) = x^2$ จะได้อ่าเป็น 64 สำหรับค่า x และ $f(x)$ อื่นๆ ก็คิดในลักษณะเดียวกัน

ตารางที่ 2.3 การคำนวณหาค่าตอบของ SGA กับฟังก์ชัน $f(x) = x^2$

ก) การสุ่มสตริงเริ่มต้นและการรีโพรดักชัน

หมายเลข สตริง	ประชากรเริ่มต้น (สร้างแบบสุ่ม)	ค่า x (Unsigned Integer)	$f(x) = x^2$	Pselect $f_i / \sum f$	Expected Count f_i / \bar{f}	Actual Count (จากวงล้อรูเล็ต)
1	01101	13	169	0.14	0.58	1
2	11000	24	576	0.49	1.97	2
3	01000	8	64	0.06	0.22	0
4	10011	19	361	0.31	1.23	1
ผลรวมค่าเฉลี่ยสูงสุด			1170	1.00	4.00	4.0
			293	0.25	1.00	1.0
			576	0.49	1.97	2.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3(ต่อ) การคำนวณหาค่าตอบของ SGA กับฟังก์ชัน $f(x) = x^2$

ข) การครอสโอเวอร์

เมทติ้งพูลหลังจากการรีโพรดักชัน	สตริงจับคู่ (เลือกแบบสุ่ม)	ตำแหน่งครอสโอเวอร์ (เลือกแบบสุ่ม)	ประชากรใหม่	ค่า x	$f(x) = x^2$
01101	2	4	01100	12	144
11000	1	4	11001	25	625
11000	4	2	11011	27	729
10011	3	2	10000	16	256
ผลรวมค่าเฉลี่ยสูงสุด					1754
					439
					729

หมายเหตุ

- ประชากรเริ่มแรกทั้งสี่ตัว ในแต่ละตัวได้มาจากการสุ่ม โยนหรือยูน 5 ครั้ง (มี 5 บิต)
- รีโพรดักชันได้จากการหมุนวงล้อรูเล็ต
- ครอสโอเวอร์ได้จากการ โยนหรือยูนสองหรือยูนแล้วทำการถอดรหัส ($TT = 00_2 = 0$ ตำแหน่งที่ไขว้ คือ 1, $HH = 11_2 = 3 =$ ตำแหน่งไขว้ คือ 4)
- ความน่าจะเป็นของครอสโอเวอร์กำหนดให้เป็นหนึ่ง $p_c = 1.0$
- ความน่าจะเป็นของมิวเตชันเป็น 0.001, $P_m = 0.001$ Expected mutation = $5 \times 4 \times 0.001$ จะมีค่าเท่ากับ 0.2 ไม่มีค่า Expected mutation ระหว่างประชากรเดียว

ประชากรรุ่นต่อไปจะเริ่มต้นกระบวนการด้วยการรีโพรดักชันจากเมทติ้งพูล การหมุนวงล้อรูเล็ต 4 ครั้ง ได้สตริงหมายเลข 1 และ 4 ได้รับการคัดเลือกไปยังรุ่นต่อไป 1 ครั้ง สตริง หมายเลข 2 ได้รับการคัดเลือกไปยังรุ่นต่อไป 2 ครั้ง สตริงหมายเลข 3 ไม่ได้รับการคัดเลือกไปยังรุ่นต่อไปเลย เมื่อเปรียบเทียบจำนวนครั้งที่ถูกคัดเลือกที่คาดหวังหรือ Expected Count (หาได้จาก n / \bar{f}) กับจำนวนครั้งที่ถูกคัดเลือกจริงจะเห็นได้ว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ค่าที่ดีที่สุดจะมีโอกาสที่จะถูกคัดเลือกมากกว่า ส่วนค่าที่ไม่ดีก็จะตายจากไป

ขั้นตอนต่อไปคือการครอสโอเวอร์ซึ่งจะต้องมีการจับคู่กันระหว่างสตริงโดยมี 2 ขั้นตอนคือ (1) สตริงจะถูกจับคู่อย่างสุ่มโดยใช้วิธีการ โยนหรือยูนจับคู่ (2) สตริงจะทำการครอสโอเวอร์โดยการ โยนหรือยูนเพื่อเลือกตำแหน่งที่จะไขว้ (Crossing Sites) เมื่อพิจารณาตาราง 2.3 (ข) อีกครั้ง จะเห็นได้ว่าการสุ่มจับคู่ในเมทติ้งพูล สตริงหมายเลข 2 จะจับคู่กับสตริงหมายเลข 1 และมีตำแหน่งการไขว้คือ 4 สตริงทั้งสองคือ 01101 และ 11000 เมื่อทำการไขว้จะได้สตริงตัวใหม่ คือ 01100 และ 11001 สตริงที่เหลือมีเมทติ้งพูลจะทำการไขว้กันในตำแหน่งที่สอง ดังแสดง ในตารางที่ 2.3 (ข)

ตัวปฏิบัติการสุดท้าย คือมิวเตชันซึ่งจะเปลี่ยนค่าเป็นบิตต่อบิต สมมุติความน่าจะเป็นของการมิวเตชันในการทดสอบเป็น 0.001 ตำแหน่งที่จะเปลี่ยนแปลงทั้งหมดมี 20 บิต (ได้จากจำนวนสตริง \times จำนวนบิตของสตริงแต่ละตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$5 \times 4 = 20$) เพราะฉะนั้นตำแหน่งบิตที่จะมีวเตชัน ของประชากรรุ่นนี้คือ $20 \times 0.001 = 0.002$ บิต จากการคำนวณจะเห็นว่าไม่มีบิตใด ต้องทำการมีวเตชันสำหรับค่าความน่าจะเป็นนี้ นั่นก็คือไม่มีบิตใดที่จะต้องเปลี่ยนค่าจาก 1 เป็น 0 หรือ 0 เป็น 1 สำหรับประชากรรุ่นนี้ แต่สมมุติว่าถ้าตำแหน่งบิตที่จะมีวเตชันของประชากร รุ่นนี้คือ 5 ดังนั้นตำแหน่งบิตที่ 5 จะต้องทำการเปลี่ยนค่าจาก 0 เป็น 1 หรือ 1 เป็น 0

หลังจากผ่านการรีโพรดักชัน ทรอสโอเวอร์ และมีวเตชันประชากรรุ่นใหม่ก็พร้อมที่จะถูกทดสอบโดยทำการเข้ารหัสตรงใหม่คำนวณหาค่า X และค่าฟังก์ชัน $f(x)$ ตารางที่ 2.3(ข) แสดงถึงผลจากการทดลองจะเห็นได้ว่ากระบวนการที่เกี่ยวข้องกับความน่าจะเป็นจะทำให้ค่าสมรรถนะดีขึ้น ค่าความเหมาะสมของประชากรโดยเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 293 เป็น 439 ในขณะที่ค่าความเหมาะสมสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 576 เป็น 729 ถึงแม้ว่ากระบวนการสุ่มจะช่วยให้ค่าต่างๆ สูงขึ้น แต่ค่าต่างๆ ที่เพิ่มขึ้นเหล่านี้ไม่ใช่ความบังเอิญ ค่าตรงที่ที่ดีที่สุดของประชากรเริ่มแรกคือ (11000) จะมีการเขียนแบบสองครั้งเนื่องจากเป็นค่าที่สูงเกินกว่าค่าเฉลี่ยเมื่อรวมกับค่าตรงตัวต่อไป (10011) แบบสุ่มและแบบทำการไขว้แบบสุ่มในตำแหน่งที่สองก็จะได้ผลลัพธ์เป็น (11011) ซึ่งก็จะเป็นค่าที่ดีเช่นกัน

ค่าพารามิเตอร์ของเงินเด็กอัลกอริทึมอย่างง่ายมีความสำคัญอย่างมาก ค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ในบางครั้งจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนไปตามรูปแบบของปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบที่ดี แต่บางครั้งก็ไม่อาจที่จะหาคำตอบที่ดีได้เนื่องจากไมเคิลวิกซ์(Michalewicz, 1992)

1. การเข้ารหัสของปัญหาผิดพลาด ทำให้เงินเด็กอัลกอริทึมหาคำตอบผิดพลาด
2. ขีดจำกัดของจำนวนประชากรในทางทฤษฎีแล้วมีค่าเป็นอนันต์
3. ขีดจำกัดของจำนวนเงินเออเรชั่นในทางทฤษฎีแล้วมีค่าเป็นอนันต์

ค่าพารามิเตอร์ของเงินเด็กอัลกอริทึมอย่างง่ายมีความสำคัญอย่างมากค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ในบางครั้งจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนไปตามรูปแบบของปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบที่ดี

2.10 สรุปทฤษฎีเงินเด็กอัลกอริทึม

เงินเด็กอัลกอริทึม เป็นวิธีการค้นหาคำตอบวิธีหนึ่งโดยมีพื้นฐานจากกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติ ข้อดีของเงินเด็กอัลกอริทึมเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการค้นหาแบบอื่น คือมีความคงทนต่อความไม่เที่ยงตรงแม่นยำและความไม่แน่นอนหรือคลุมเครือของปัญหาและสามารถควบคุมได้ โดยมีความน่าเชื่อถือและค่าใช้จ่ายต่ำ

วิธีการค้นหาของเงินเด็กอัลกอริทึมจะแตกต่างกับวิธีการค้นหาและการคำตอบที่เหมาะสม (Optimization) แบบอื่นๆ คือ

1. เงินเด็กอัลกอริทึมจะใช้งาน โดยการเข้ารหัสตรงเป็นชุดพารามิเตอร์
2. เงินเด็กอัลกอริทึมเป็นการค้นหาจากทั้งประชากร ไม่ใช่เพียงตำแหน่งๆ เดียว
3. เงินเด็กอัลกอริทึมจะใช้ข่าวสารที่เป็นผลลัพธ์ (ฟังก์ชันเป้าหมาย) โดยไม่ใช่อนุพันธ์หรือความรู้อื่นๆ
4. เงินเด็กอัลกอริทึมจะเป็นวิธีที่ใช้ความน่าจะเป็น ไม่ใช่ดิเทอร์มินิสติก โอเปอร์เรเตอร์ต่างๆ ของเงินเด็กอัลกอริทึม ได้แก่ รีโพรดักชัน คือกระบวนการคัดเลือกสตรง ที่มีความเหมาะสมสูงเพื่อคำตอบเริ่มต้น ให้กับประชากรรุ่นต่อไป โดยอาศัยทฤษฎีของ ชาร์ล คาร์วิน ที่ว่าสิ่งมีชีวิตที่แข็งแรงกว่ามีโอกาสอยู่รอดในสภาวะนั้นๆ ได้มากกว่า
5. การทรอสโอเวอร์ คือ กระบวนการสร้างสตรงลูกหลานใหม่จากสตรงพ่อแม่
6. การมีวเตชัน คือ กระบวนการที่ช่วยปรับปรุงสตรงให้ดีขึ้น หรือเลวลงโดยการเปลี่ยนแปลงค่าในบางตำแหน่งของสตรงเพื่อให้เกิดสตรงใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. พารามิเตอร์ต่างๆ ของเจนติกอัลกอริทึม ได้แก่
 - 7.1. จำนวนประชากร
 - 7.2. จำนวนเจนเนอเรชัน
 - 7.3. ค่าความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์
 - 7.4. ค่าความน่าจะเป็นของการมิวเตชัน

2.11 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการการผลิต

การจัดการการผลิต เป็นเรื่องของการแยกประเภท และปริมาณสินค้า หรือชิ้นส่วนที่ได้ถูกกำหนดจากแผนความต้องการออกมาให้ชัดเจนว่าใครจะเป็นผู้ทำ จะใช้เครื่องจักรเครื่องใด จะเริ่มทำวันไหน ตั้งแต่เวลาใดถึงเวลาใด และทำจำนวนเท่าไร โดยทั่วไปการจัดการการผลิต จะต้องทำเกือบทุกวันและเนื่องจากในสภาพความเป็นจริงนั้น จะมีการสั่งงานเข้ามาในโรงงานตลอดเวลา โดยแต่ละงานมีระดับความสำคัญแตกต่างกันสิ่งต่างๆ เหล่านี้อาจจะมีผลต่อการพิจารณาจัดการการผลิต เช่น การพิจารณาว่าจะทำงานใดก่อนและงานใดหลังเป็นต้น มีวิธีการจัดการกับปัญหาการจัดลำดับงานได้หลายวิธี วิธีที่ง่ายที่สุดคือไม่สนใจปัญหาแล้วจัดลำดับงานแต่ละงานโดยวิธีสุ่ม แต่วิธีที่มีผู้นิยมใช้กันบ่อยที่สุด คือวิธีสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristic Approach) วิธีนี้มักจะไม่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดแต่ให้ผลลัพธ์ที่ดีและมีความเป็นไปได้ทางปฏิบัติและใช้เวลาในการแก้ปัญหาไม่มากนัก

ปัญหาของการกำหนดงานส่วนใหญ่มักจะพบเกี่ยวกับการจัดลำดับงานและการมอบหมายงานของเครื่องจักรให้เสร็จเร็วทันกำหนดเวลา แต่ยังไม่มีความชัดเจนว่าวิธีการวางแผนการผลิตแบบรวม โดยคำนึงถึงความสามารถในการผลิต และปริมาณงานที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ตัวอย่างปัญหาการกำหนดงานจำนวนหลายชนิดเข้าทำงานบนกลุ่มของเครื่องจักร เป็นปัญหาที่พบอยู่ทั่วไป ตัวอย่างที่มักพบในอดีตมักจะเป็นปัญหาการจัดลำดับงาน n ชนิด กับเครื่องจักร m ชนิด โดยที่งานแต่ละงานเป็นอิสระแก่กัน

ระบบการผลิตสามารถแบ่งตามลักษณะการผลิตได้ 2 แบบ

1. การผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous Production) คือ การผลิตโดยใช้หลักการผลิตจำนวนมาก (Mass Production) โดยการผลิตแบบนี้ให้ผลผลิตไม่จำกัดจำนวนหรือปริมาณ แต่จำกัดชนิดหรือแบบของผลิตภัณฑ์ เช่น โรงกลั่นน้ำมัน โรงงานกระดาษ ลักษณะ การออกแบบ โรงงานเป็นแบบฝัง โรงงานตามชนิดผลิตภัณฑ์ (Production Layout)
2. การผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Intermittent Production) คือการผลิตเป็นงวดหรือครั้งคราวที่มีการสั่ง (Job Lot Work) ในการผลิตแบบนี้สามารถให้ผลิตภัณฑ์ได้หลายๆ แบบ โดยที่แต่ละแบบมีจำนวนจำกัด เช่น โรงกลึงทั่วไป หรือบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้าง

โรงงานที่ทำการผลิตแบบไม่ต่อเนื่องมีลักษณะต่างๆ ไปดังนี้

1. ปริมาณของผลิตภัณฑ์ในแต่ละครั้งมีจำนวนน้อย
2. ลักษณะการออกแบบฝัง โรงงานแบบกระบวนการผลิต
3. ภาระหน้าที่การทำงานในแต่ละแผนกแตกต่างกัน
4. เครื่องจักรที่ใช้งานมีลักษณะเป็นเครื่องจักรอเนกประสงค์
5. แรงงานและผู้ควบคุมจะต้องมีความชำนาญ และมีประสบการณ์สูงในการทำงาน เนื่องจากชนิดและแบบของชิ้นงานเปลี่ยนแปลงอยู่เรื่อยๆ
6. ต้องมีคำสั่งหรือข้อกำหนดประกอบการผลิตแต่ละครั้งทุกครั้งไป

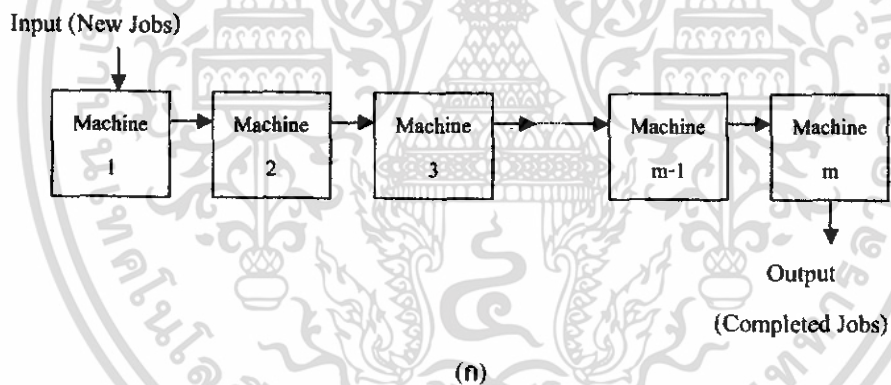
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ต้องมีวัตถุดิบที่มีคุณภาพสูงได้เกณฑ์มาตรฐานเก็บสำรองได้ในคลังพัสดุในปริมาณมากพอและมากรชนิด
8. ใช้สถานที่ที่กว้างสำหรับเก็บชิ้นส่วน และใช้สถานที่รอบๆ เครื่องจักรเป็นที่เก็บรอชั่วคราว
9. การขนย้ายวัสดุในโรงงานประเภทนี้ ส่วนมากใช้เครื่องมือขนถ่ายวัสดุประเภทที่บกต้อง หรือรถยกเป็นส่วนใหญ่

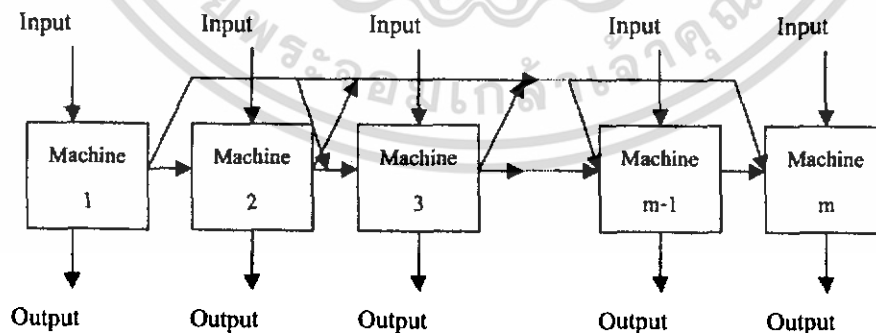
การกำหนดการผลิตจะเป็นส่วนที่จะทำการตัดสินใจเรื่องการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่และการจัดลำดับก่อนหลังในสายการผลิตในทางปฏิบัติผู้วางแผนและผู้กำหนดการผลิตจะต้องมีการประสานงานร่วมกันอย่างดี ซึ่งกำหนดการผลิตมีข้อจำกัด เนื่องมาจากทรัพยากรที่มีอยู่และทำให้กำหนดการผลิตไม่สามารถผลิตได้ตามระดับที่ต้องการแม้ว่ามีการหาแนวทางการกำหนดการผลิตที่เป็นไปได้แบบต่างๆแล้วก็ตามก็จะมี การวางแผนการจัดหาและติดตั้งทรัพยากรเหล่านั้นเพิ่มเติม

รูปแบบการไหลของงานโดยทั่วไปในระบบการผลิตเมื่อพิจารณารูปแบบการไหลของงานในสายการผลิตแล้วสามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

การไหลของงานแบบต่อเนื่อง (Flow Shop) การไหลของงานจะเป็นไปในทิศทางเดียว ตั้งแต่ต้นจนกระทั่งเสร็จสิ้นงาน จากรูปที่ 2.7 (ก) งานทุกงานประกอบไปด้วยการทำงานเพียงอย่างเดียวบนเครื่องจักร 1 เครื่อง ส่วนรูปที่ 2.7 (ข) งานทุกงานประกอบไปด้วยการทำงานมากที่สุด m การทำงาน ซึ่งงานนั้นอาจจะไม่ต้องผ่านเครื่องจักรทุกเครื่องเพียงแต่ต้องเรียงตามลำดับของเครื่องจักร โดยที่จุดเริ่มต้นและสิ้นสุดไม่จำเป็นต้องเป็นเครื่องจักรเครื่องที่ 1 และ m เสมอไป



(ก)

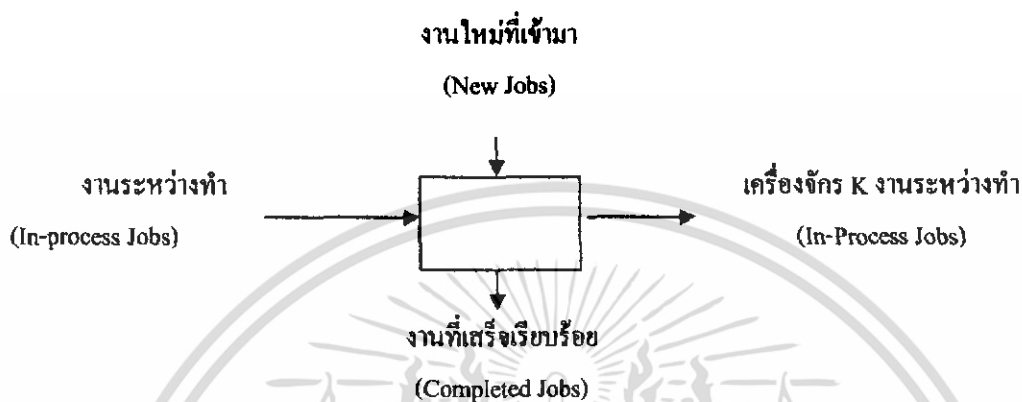


(ข)

รูปที่ 2.7 การไหลของงานแบบต่อเนื่อง (Flow Shop)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การไหลของงานแบบไม่ต่อเนื่อง (Job Shop) มีรูปแบบการไหลไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกันโดยองค์ประกอบของงานแบบนี้จะประกอบไปด้วย กลุ่มของเครื่องจักร และกลุ่มของงาน ซึ่งงานแต่ละงานจะประกอบไปด้วยหลายการทำงาน (Operation) เรียงลำดับกันไป รูปแบบส่วนใหญ่ของงานจะมีจำนวน m การทำงานแต่ละการทำงานจะใช้เครื่องจักร 1 เครื่อง และบางครั้งอาจจะมีการทำงานซ้ำบนเครื่องจักรเครื่องเดิมมากกว่า 1 ครั้ง ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 การไหลของงานแบบไม่ต่อเนื่อง (Job Shop)

สามารถกล่าวได้โดยสรุปดังตารางที่ 2.4 ถึงข้อแตกต่างระหว่างรูปแบบการไหลของงานแบบต่อเนื่อง และรูปแบบการไหลของงานแบบไม่ต่อเนื่อง ซึ่งมีความแตกต่างกันในเรื่องทิศทางการไหลของงาน จำนวน และประเภทของผลิตภัณฑ์ วัตถุดิบคงคลัง สินค้าระหว่างผลิต และสินค้าคงคลัง ความชำนาญของคนงานเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้รูปแบบการไหลของงาน และความยืดหยุ่นของกระบวนการอาจกล่าวได้ว่า ระบบการผลิตแบบไม่ต่อเนื่องมีความยืดหยุ่น และสามารถเปลี่ยนแปลงเพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับระบบการผลิตตามที่ต้องการได้

ตารางที่ 2.4 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบการไหลของงานแบบต่อเนื่อง (Flow Shop) และแบบไม่ต่อเนื่อง (Job Shop)

รายละเอียด	แบบต่อเนื่อง (Flow Shop)	แบบไม่ต่อเนื่อง (Job Shop)
1. ทิศทางการไหลของงาน	ทิศทางเดียว	หลายทิศทาง
2. จำนวนผลิตภัณฑ์	น้อย	มาก
3. ประเภทของผลิตภัณฑ์	น้อย	หลายชนิด
4. วัตถุดิบคงคลัง	สูง	ต่ำ
5. สินค้าระหว่างผลิตคงคลัง	ต่ำ	สูง
6. สินค้าคงคลัง	สูง	ต่ำ
7. ความชำนาญของคนงาน	ต่ำ	สูง
8. เครื่องจักร อุปกรณ์ที่ใช้	สามารถทำได้เฉพาะอย่าง	สามารถทำได้หลายอย่าง
9. รูปแบบการไหลของงาน	คงที่	เปลี่ยนแปลงได้
10. ความยืดหยุ่นของกระบวนการ	ต่ำ	สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 ทฤษฎีการจัดตารางการผลิตแบบต่างๆ

2.12.1 วิธีการของ แคมป์เบล ดูเดกซ์ สมิธ (CDS)

วิธีการนี้จะสร้างแผนงานขึ้นมา (m-1) ทางซึ่งแผนงานนี้จะเป็นแผนที่จัดเหมือนลักษณะของการจัดลำดับงาน n ชนิด ที่ใช้เครื่องจักร 2 เครื่อง และจะจัดลำดับให้แผนงานช่วยที่ได้นี้ด้วยวิธีของ Johnson (1954)

ให้ t_{IJ} แทนเวลาในการผลิตงาน I บนเครื่องจักร J โดยที่มีงาน n งาน m เครื่องจักร โดย $p \leq m-1$

$$\theta_{11} = \sum_{j=1}^k t_{IJ} \quad \text{แทนเวลารวมของงาน I บน M1} \quad (2.2)$$

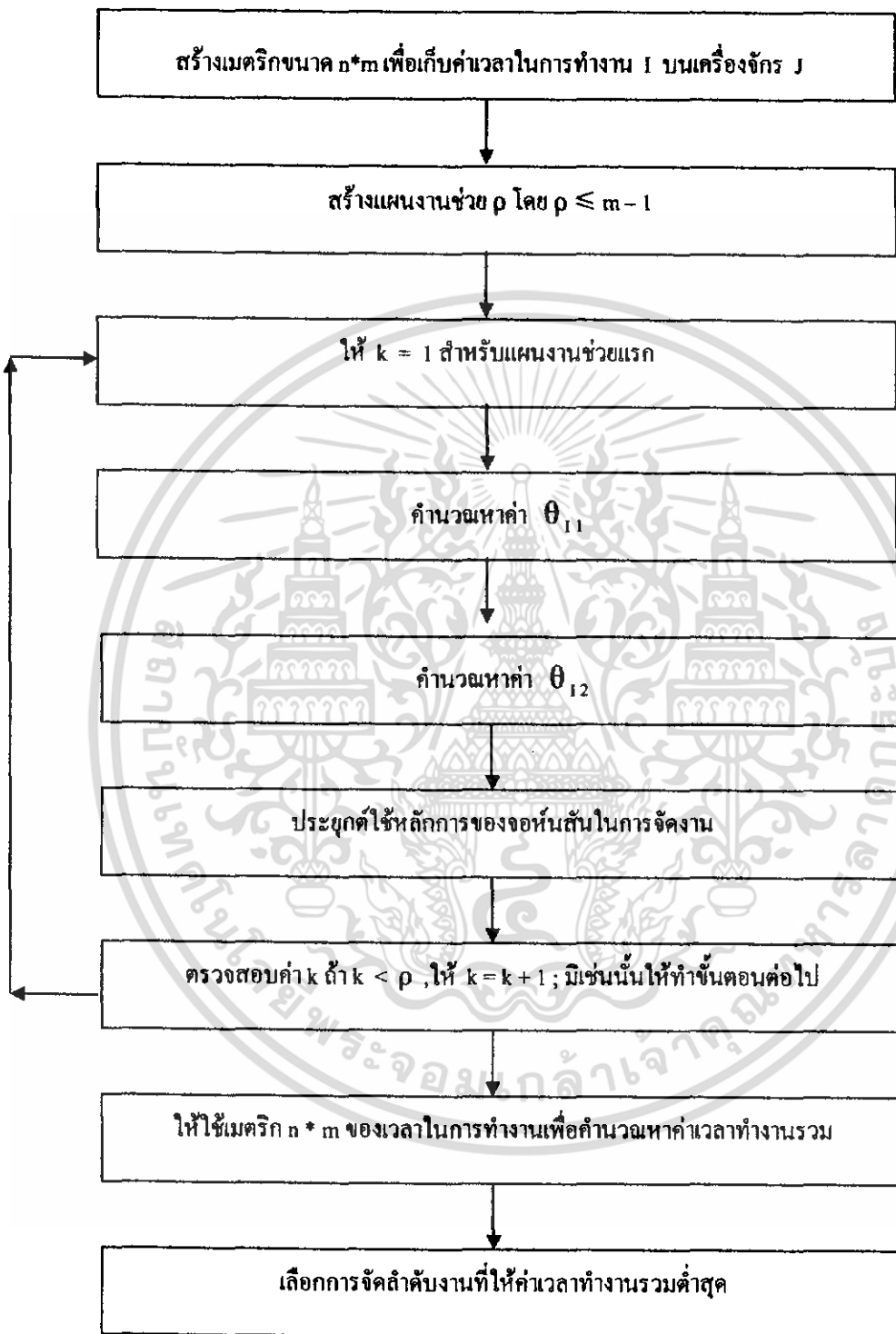
$$\theta_{12} = \sum_{j=m+1-k}^m t_{IJ} \quad \text{แทนเวลารวมของงาน I บน M2} \quad (2.3)$$

มีขั้นตอนได้ดังนี้

1. สร้างเมตริกขนาด $n \times m$ โดยมีเวลาในการทำงาน t_{IJ} (เวลาในการทำงาน I บนเครื่องจักร J) เมื่อ $I = 1, \dots, n : J = 1, \dots, m$
2. ให้ $p = m-1$ (แผนงานช่วย m-1 ทาง)
3. ให้ $k = 1$
4. $\theta_{11} = \sum_{j=1}^k t_{IJ}$ ให้เก็บค่าไว้ใน คอลัมน์ M1
5. $\theta_{12} = \sum_{j=m+1-k}^m t_{IJ}$ ให้เก็บค่าไว้ใน คอลัมน์ M2
6. ใช้กฎของจอห์นสันซึ่งใช้กับปัญหา 2 เครื่องจักร มาประยุกต์ใช้กับงานนี้คำนวณหาค่า S_k และเก็บค่าไว้
7. ถ้า $k < p$ ให้ $k = k + 1$ และไปทำขั้นตอนที่ 4 ถ้า $k = p$ ให้สิ้นสุด
8. ทำการคำนวณหาเวลาทำงานรวมตามลำดับงานทั้งหมดที่หาได้ p ลำดับงาน
9. เลือกลำดับงานที่ให้ค่าเวลาทำงานรวมต่ำสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถเขียนเป็น โพลีชาร์ต ได้ดังนี้



รูปที่ 2.9 แสดงโพลีชาร์ตของวิธีการของ แคมป์เบล คูเคอร์ สมิท (CDS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12.2 วิธีการของ นาวาซ (Nawaz)

วิธีการนี้จะให้ความสำคัญกับงานที่ใช้เวลานานที่สุดก่อน และ ทำการลำดับของงาน โดยใช้ การจัดตารางแบบพาเซียด (Partial Schedule) ซึ่งจะช่วยลดเวลาลงได้มาจาก $n!$ ทาง เหลือเพียง $[n(n + 1)/2] - 1$ ทางเท่านั้น ซึ่งสามารถแสดงขั้นตอนได้ดังนี้

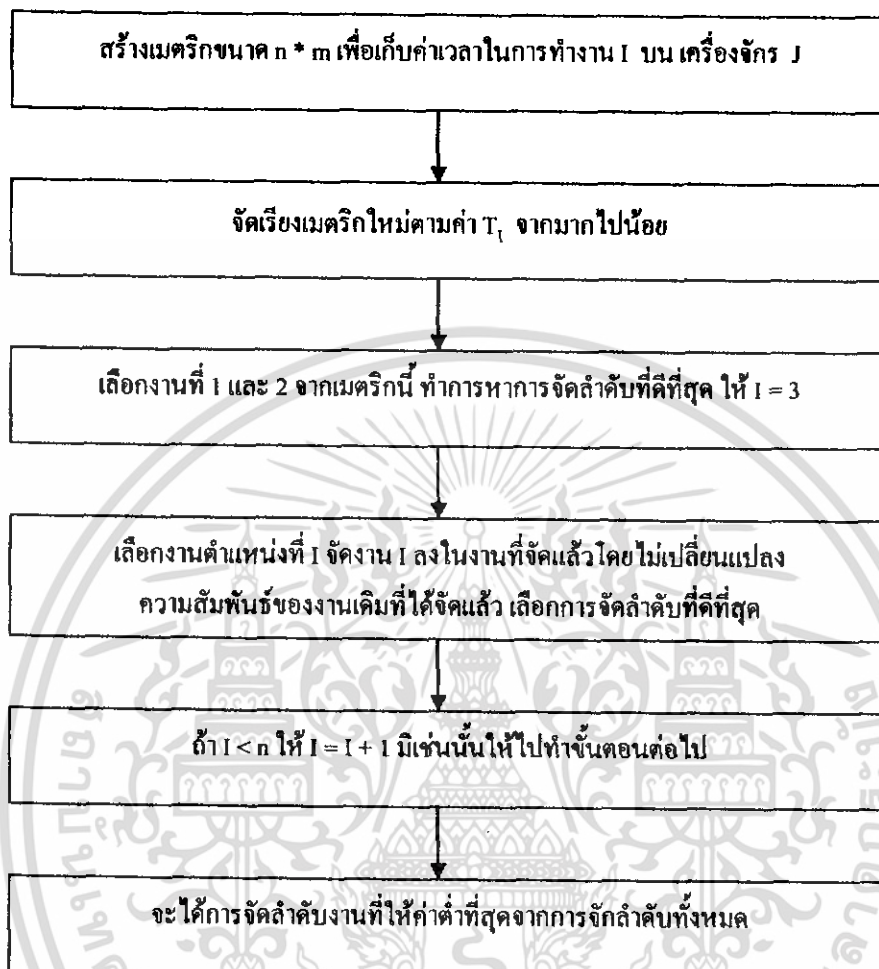
1. ในแต่ละงาน จะทำการคำนวณหาค่า T_i (เวลารวมทั้งงาน i จะต้องถูกผลิตบนเครื่องจักร m เครื่อง) ได้ดังนี้

$$T_i = \sum_{j=1}^m t_{ij} \quad (2.4)$$

2. เรียงงานตามเวลารวม (T_i) จากมากไปน้อย
 3. เลือกงานมา 2 งาน และหาลำดับงานที่ดีที่สุด โดยพิจารณาจากเวลาเสร็จงานรวม เมื่อ ได้แล้ว จะต้องคงไว้ซึ่งความสัมพันธ์ของลำดับงานก่อนหลังของงานทั้ง 2 หลังจากนั้นให้ $i = 3$
 4. เลือกงานตำแหน่งที่ i และหาลำดับงานที่ดีที่สุด โดยที่ไม่เปลี่ยนแปลงความสัมพันธ์ของลำดับงานที่ได้จัดก่อนหน้านั้น ซึ่งในที่นี้สามารถจัดลำดับงานได้ทั้งหมด i ทาง
 5. ถ้า $n = i$ ให้สิ้นสุดการทำงาน ไม่เช่นนั้น ให้ $i = i + 1$ และไปทำข้อที่ 4 ต่อ
- จะเห็นว่าวิธีการนี้จะช่วยลดทางเลือกในการจัดลำดับงานทั้งหมดลงได้มากที่สุดซึ่งจะมีประโยชน์มากถ้าใช้กับปัญหาที่มีขนาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถเขียนเป็น โฟลว์ชาร์ต ได้ดังนี้



รูปที่ 2.10 แสดงโฟลว์ชาร์ตของวิธีการของนาวาซ (Nawaz)

บทที่ 3

การออกแบบและวิธีการดำเนินงาน

เนื่องจากในปัจจุบันอุตสาหกรรมมีการพัฒนามากขึ้น ส่งผลให้การออกแบบผลิตภัณฑ์มีความซับซ้อนมากขึ้น ทำให้ปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น การทำงานก็เพิ่มมากขึ้น การแก้ปัญหาด้วยวิธีต่างๆทางฮิวริสติกแม้จะให้คำตอบที่คิดเพียงจำนวนงานมากขึ้น จำนวนเครื่องจักรมากขึ้น ค่าคำตอบที่ได้จะยิ่งห่างจากค่าคำตอบที่ดีที่สุด แต่วิธีทางเจเนติกอัลกอริทึมเป็นวิธีทางความน่าจะเป็น ซึ่งการเพิ่มจำนวนงาน และจำนวนเครื่องจักรจะไม่ส่งผลกระทบต่อการหาคำตอบมากนักค่าคำตอบที่ได้จึงออกมาดีกว่าวิธีทางฮิวริสติก เจเนติกอัลกอริทึมถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อหาค่าที่เหมาะสมต่างๆ เช่นการวางผังโรงงาน (ชนะ, 1998) การจัดสมดุลของสายการประกอบซึ่งมีรูปแบบปัญหาต่างกันไป (Kim, et al., 1996) รวมทั้งการจัดตารางการผลิต (Reeves, 1995) โดยส่วนมากแล้วเจเนติกอัลกอริทึมจะมีโครงสร้างหลักคล้ายคลึงกันตามรูปแบบของเจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย คือมีการเข้ารหัสและสร้างประชากรเริ่มต้น การรีโพรดักชัน การครอสโอเวอร์ และการมิวเตชัน แต่อย่างไรก็ตามเจเนติกอัลกอริทึมที่ใช้แต่ละปัญหาที่มีรายละเอียดปลีกย่อยในโครงสร้างหลักที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับความเหมาะสมต่อรูปแบบของปัญหานั้นๆ โดยในโครงการนี้จะประกอบด้วยขั้นตอนของการดำเนินการดังนี้

1. ทำการศึกษาค้นคว้าทฤษฎีเจเนติกอัลกอริทึม
2. ศึกษาโปรแกรม Visual Basic
3. จัดทำโครงสร้างและเขียนโปรแกรมโดยการจัดทำโปรแกรมแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนหลักๆคือ
 - 3.1. การออกแบบโปรแกรม
 - 3.2. จัดทำโปรแกรมส่วนรับข้อมูล

ในโปรแกรมนี้มีการรับข้อมูล ซึ่งเป็นส่วนที่มีผลต่อการแสดงผลของโปรแกรม คือจำนวนงาน (Number of job) จำนวนเครื่องจักร (Number of machine) และเวลาในการปฏิบัติงานในแต่ละขั้นตอน (Process time)

- 3.3. จัดทำโปรแกรมส่วนแสดงผล

ในส่วนของแสดงผลจะเป็นส่วนที่ผู้ใช้งานสามารถรู้ถึงการจัดลำดับของงานได้อย่างถูกต้อง ได้แก่ตารางแสดงเวลาในการปฏิบัติงาน ตารางแสดงเวลาในการปฏิบัติงานรวม ตารางแสดงลำดับการปฏิบัติงาน และกราฟแกนต์ (Gantt Chart)

4. ทดสอบโปรแกรม
5. เปรียบเทียบกับ โปรแกรมที่ได้กับวิธีทางฮิวริสติก
6. สรุปผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การวางแผนดำเนินการ

3.1.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1.1.1 ทฤษฎีที่ทำการศึกษา

- เจเนติกอัลกอริทึม
- การจัดการตารางการผลิต
- ศึกษาการเขียน โปรแกรมด้วย Visual Basic

3.1.1.2 หัวข้องานวิจัยที่ทำการศึกษา

- งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการตารางการผลิต
- การนำเจเนติกอัลกอริทึมมาแก้ปัญหา

3.2 โครงสร้างของเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดการตารางการผลิต

โครงสร้างหลักประกอบ 5 ส่วนแรกคือ

3.2.1 การรับข้อมูล (Data Input)

รับข้อมูลเข้าต่างๆ ซึ่งได้แก่ ข้อมูลที่นำไปใช้ในการคำนวณเพื่อกำหนดตารางการผลิตซึ่ง ได้แก่ งานที่ต้องการจัดการตารางการผลิต (Job) ลำดับหรือขั้นตอนการทำงาน (Operation) ของงานแต่ละงาน กำหนดส่งงาน (Due Date) และเวลาในการปฏิบัติงานในแต่ละขั้นตอนของการทำงานของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง (Processing Time) เป็นต้น

3.2.2 การสร้างประชากรเริ่มต้น (Representation & Initialization)

นำข้อมูลต่างๆ มาสร้างคำตอบเบื้องต้นแบบสุ่มจำนวนประชากร (Pop size) ตัวโดยผ่านกระบวนการใส่รหัสคำตอบ (Representation) และการสร้างประชากรเบื้องต้น (Initial Population)

3.2.3 การถอดรหัส (Decoding)

นำรหัสคำตอบของประชากรเบื้องต้นทุกตัวมาถอดรหัสคำตอบเพื่อให้ได้คำตอบที่สมบูรณ์และสามารถนำไปคำนวณหาค่าต่าง ๆ ที่ต้องการได้

3.2.4 การประเมินค่า (Evaluation)

คำนวณหาค่าต่างๆ ที่ต้องการ เช่น เวลาของงานที่อยู่ในระบบแล้วนำค่าเหล่านี้ไปใช้คำนวณหาค่าความเหมาะสม (Fitness) ของประชากรเบื้องต้นทุกตัว

3.2.5 การเก็บค่าคำตอบเบื้องต้น (Initial Elite Preserve Strategy)

หาค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากประชากรเจเนติกแรกและเก็บค่าคำตอบที่ดีที่สุดนี้ไว้เป็นค่าคำตอบเบื้องต้น (Elite Preserve Solution)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 การคัดเลือก (Selection)

คัดเลือกคำตอบที่ดีเข้าสู่เมตติงพูล (Mating Pool) เพื่อเตรียมทำการจับคู่ โดยอาศัยวิธีการคัดเลือก (Selection) หากคำตอบที่มีความเหมาะสมมากกว่า

3.2.7 การครอสโอเวอร์ (Crossover)

ทำการจับคู่คำตอบที่อยู่ในเมตติงพูล (Mating Pool) และทำการครอสโอเวอร์ด้วยความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ เท่ากับ (P_c)

3.2.8 การเก็บค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากการครอสโอเวอร์ (Post-crossover Elite Preserve Strategy)

หากค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากการครอสโอเวอร์แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าคำตอบเบื้องต้น (Elite Preserve Solution) ที่มีอยู่ค่าคำตอบที่ได้จากการครอสโอเวอร์ดีกว่า ก็ให้เก็บค่าคำตอบนั้นเป็นการเก็บค่าคำตอบเบื้องต้น (Elite Preserve Solution) แทน

3.2.9 มิวเตชัน (Mutation)

วิธีการมิวเตชันคือการหาสตรงคำตอบที่มีความน่าจะเป็นในการมิวเตชันเท่ากับ (P_m)

3.2.10 การเก็บค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากการมิวเตชัน (Elite Preserve Strategy of Generation)

หากค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากการมิวเตชันแล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าคำตอบเบื้องต้น (Elite Preserve Solution) ที่มีอยู่ค่าคำตอบที่ได้จากมิวเตชันดีกว่าก็ให้เก็บค่าคำตอบนั้นเป็นการเก็บค่าคำตอบเบื้องต้น (Elite Preserve Solution) แทน แต่ถ้าการเก็บค่าคำตอบเบื้องต้นดีกว่าก็ให้แทนที่ค่าคำตอบที่แย่ที่สุดจากการมิวเตชันด้วยการเก็บค่าคำตอบเบื้องต้น

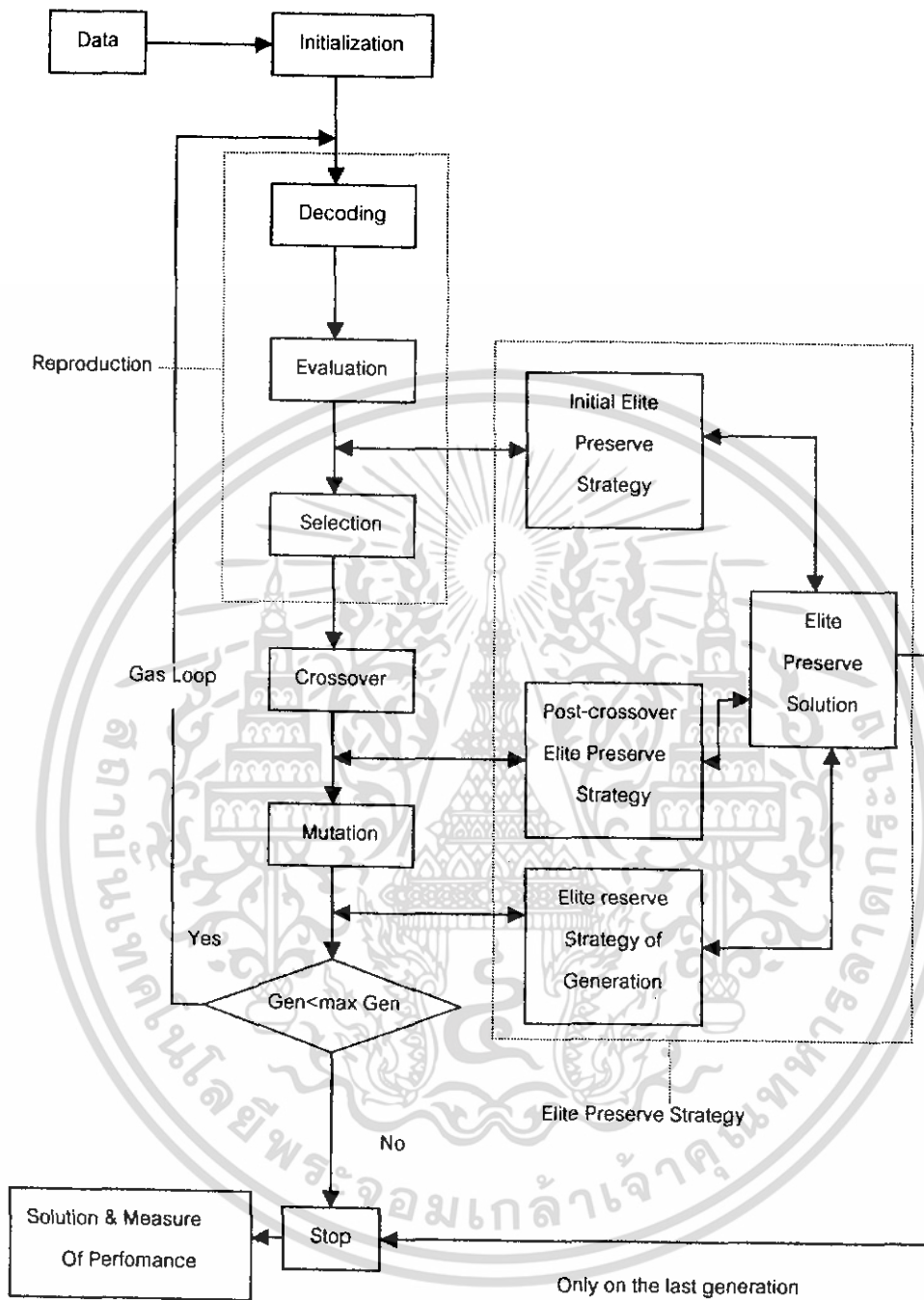
3.2.11 จำนวนรอบของการทำงาน (GA-loop)

ดูว่าเงินเนอเรชั่นน้อยกว่าจำนวนเงินเนอเรชั่นสูงสุดหรือไม่ถ้าน้อยกว่าให้กลับไปทำข้อที่ 3 – 11 ถ้าไม่ ให้ทำข้อที่ 12

3.2.12 การหยุด (Stop)

หยุดกระบวนการของเงินเนอเรชั่น และนำค่าการเก็บค่าคำตอบเบื้องต้น (Elite Preserve Solution) มาเป็นคำตอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างและวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 อัลกอริทึมของเจเนติก GA ในการจัดการตารางผลิตแบบต่อเนื่อง

ขั้นที่ 1. กระบวนการสร้างประชากรเบื้องต้น (Initial population)

Procedure initialization;

Begin

generate(sequence);

evaluate(Method Heuristic_Sequence);

pop_no ← 1;

Repeat

Pop_no ← pop_no+1;

generate(random_sequence);

evaluate(Tournament Selection_sequence);

until pop_no = M

sort (population);

calculate(population_statistics);

end

ขั้นที่ 2. กระบวนการครอสโอเวอร์ (Crossover)

if (random_no < Pc) then

Select (parent_1) using fitness rank distribution ;

Select (parent_2) using fitness rank distribution ;

Choose (crossover_point);

Crossover;

end

ขั้นที่ 3. กระบวนการมิวเตชัน (Mutation)

if (random_no < Pm) then

Mutation ;

ขั้นที่ 4. กระบวนการเก็บค่าคำตอบที่ดีที่สุด (Evaluation and selection)

evaluate (new_sequence);

select (old_sequence) from unfit_members;

delete (old_sequence) from population;

insert (new_sequence) into population;

End.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมกับการจัดการตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง

3.4.1 การใส่รหัสคำตอบ (Chromosome Representation / Coding)

ขั้นตอนแรกของเจเนติกอัลกอริทึมคือการกำหนดรูปแบบของการใส่รหัสคำตอบ ซึ่งถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญ และมีผลอย่างมากต่อขั้นตอนอื่นๆ คือการเปลี่ยนคำตอบของปัญหาให้อยู่ในรูปของสตริงคำตอบ (หรือที่เรียกว่า โครโมโซม) วิธีการใส่รหัสคำตอบมีทั้งแบบไบนารีสตริง (Binary String) และ นอนไบนารีสตริง (Non-binary String) ในกรณีของปัญหาการกำหนดตารางการผลิตคำตอบของปัญหาคือกลุ่มของงานที่ถูกระบุมอบหมายให้กับเครื่องจักรตั้งนั้น วิธีการใส่รหัสคำตอบที่ใช้จึงต้องสามารถแสดงลำดับของงานในรูปของสตริงได้ วิธีการใส่รหัสคำตอบที่ใช้จึงควรเป็นแบบ นอน ไบนารีสตริง (Non-binary String)

1. คำตอบ l คำตอบ แทนด้วยสตริงคำตอบ l ตัวที่เรียกว่าโครโมโซม
2. ใน l โครโมโซมจะแบ่งเป็นหน่วยเล็กๆ ที่เรียกว่า บิต วางเรียงกันอยู่ จำนวนของบิตจะเท่ากับจำนวนของงานทั้งหมดที่ต้องถูกพิจารณา
3. ในแต่ละบิต จะมีค่าตัวเลขตั้งแต่ 1 ถึง m บรรจุอยู่ค่าหนึ่งค่านี้หมายถึงหมายเลขที่ใช้แทนงานต่างๆ
 - 3.1. ตำแหน่งของบิตหมายถึงลำดับที่ของงานนั้น ๆ
 - 3.2. ตัวเลขในแต่ละบิตต้องไม่ซ้ำกัน

ตัวอย่างเช่น สตริงคำตอบของลำดับงาน [1 5 2 4 7 3 9 8 15 13 10 6 11 12 14] จะได้ว่าใน l โครโมโซมมี 15 บิต หมายถึง การกำหนดตารางการผลิตพิจารณา 15 งาน งานแรกที่จะนำไปจัดให้กับเครื่องจักรคืองานในตำแหน่งแรก ซึ่งคือขั้นตอนของงานที่ 1 ขั้นตอนถัดไปที่จะนำไปจัดให้กับเครื่องจักรคือ งานที่ 5 ขั้นตอนถัดไปที่จะนำไปจัดให้กับเครื่องจักรคือ งานที่ 2 และ ถัดไปเรื่อยๆตามลำดับ

3.4.2 การสร้างกลุ่มประชากรเบื้องต้น (Initial Population Creating)

การสร้างกลุ่มประชากรเบื้องต้น คือการสร้างคำตอบเบื้องต้นขึ้นมาจำนวนหนึ่งเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการของเจเนติกอัลกอริทึมโดยคำตอบ l คำตอบคือประชากร l ตัว จำนวนของประชากรที่ต้องการสร้างนั้นเป็นพารามิเตอร์ตัวหนึ่งที่ต้องมีการกำหนด ซึ่งในที่นี้กำหนดให้เท่ากับจำนวนประชากร

สำหรับปัญหาการกำหนดตารางการผลิตประชากร l ตัว หมายถึงลำดับของงานทั้งหมดที่จะถูกจัดให้กับเครื่องจักรบนสายการผลิต ดังนั้นการสร้างประชากร l ตัวจึงทำได้โดยการกำหนดตามจำนวนงานตั้งแต่งานที่ 1 จนถึงงานที่ m หรืองานสุดท้าย (m คือจำนวนงานทั้งหมด) ลงไปในแต่ละสตริงคำตอบจนครบทุกบิต และทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆจนกว่าจะได้ประชากรทั้งหมด Pop size ตัว

3.4.3 จำนวนประชากรเบื้องต้น

จากขั้นตอนการสร้างประชากรเบื้องต้นเป็นการสร้างประชากรเพียง l ตัวเท่านั้น แต่ในวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมจำเป็นที่จะต้องมีการมีจำนวนประชากรมากกว่า 1 ตัว เพื่อให้สามารถดำเนินการตามวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมในขั้นต่อไป ได้จำนวนประชากรเบื้องต้นจะเท่ากับจำนวนประชากรในแต่ละเจนเนอเรชัน และเป็นพารามิเตอร์ตัวหนึ่ง ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเจเนติกอัลกอริทึม การกำหนดจำนวนประชากรเบื้องต้นที่เหมาะสมในที่นี้ให้ใช้จำนวนประชากรเท่ากับ Pop size ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประชากรเบื้องต้นทั้งหมดที่สร้างขึ้นจำนวน Pop size ตัวต้องไม่ซ้ำกันทั้งนี้เพื่อให้เกิดความหลากหลายของคำตอบ และ เป็นการป้องกันไม่ให้คำตอบที่ได้จากวิธีของเจเนติกอัลกอริทึมที่ใช้เป็นค่า Local Optimal นอกจากนี้การสร้างประชากรเบื้องต้นให้แตกต่างกันยังช่วยให้สามารถกำหนดจำนวนประชากรน้อยลงได้

ตัวอย่างการสร้างสตริงคำตอบเบื้องต้นของการจัดการตารางการผลิตจำนวน 10 งาน โดยแปลงลำดับที่ของงานให้อยู่ในรูปแบบของสตริงโดยใช้วิธี การสุ่มจำนวน 10 สตริง

Str1 = [9 1 4 2 6 5 3 7 8 10]

Str2 = [1 4 9 6 2 3 5 7 8 10]

Str3 = [4 1 6 9 5 2 3 7 8 10]

Str4 = [2 6 9 4 1 5 3 7 8 10]

Str5 = [2 6 4 1 9 5 3 7 8 10]

Str6 = [6 1 2 3 9 4 5 7 8 10]

Str7 = [2 4 1 6 9 5 3 7 10 8]

Str8 = [10 4 6 9 1 3 5 2 6 8 7]

Str9 = [10 6 4 3 1 9 5 2 6 8 7]

Str10 = [8 4 10 9 1 5 3 2 6 8 7]

3.4.4 การถอดรหัสคำตอบ (Decoding)

คำตอบที่ปรากฏอยู่ในประชากรหรือสตริงคำตอบ ที่สร้างขึ้นยังเป็นคำตอบที่ไม่สมบูรณ์ กล่าวคือเป็นเพียงลำดับของงานที่จะต้องนำไปจัดให้กับเครื่องจักรตามลำดับเท่านั้น ดังนั้น จึงต้องมีการนำงานตามลำดับที่ได้ในสตริงคำตอบไปจัดให้กับเครื่องจักรทำงานให้เรียบร้อยเสียก่อน ซึ่งเราจะเรียกขั้นตอนนี้ว่าการถอดรหัสคำตอบแต่อย่างไรก็ตามคำตอบที่เราสามารถบอกได้แต่เพียงว่างานที่อยู่ในลำดับแรกๆ ควรจะถูกจัดลงไปที่เครื่องจักรทำงานต้นๆ เท่านั้น ดังนั้นจึงสามารถนำงานในสตริงคำตอบมาจัดได้หลายแบบ เพื่อให้ได้การจัดการที่ดีที่สุด สตริงคำตอบที่ได้จะต้องถูกถอดรหัส ด้วยวิธีที่เหมาะสม

สำหรับปัญหาการจัดการตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง สามารถทำการถอดรหัสคำตอบได้ดังนี้

1. นำงานในลำดับแรกในสตริงคำตอบ ไปจัดลำดับงานให้เข้าทำงานเป็นลำดับที่ 1
2. นำงานที่อยู่ในลำดับถัดไปจัดเข้าทำงานต่อจากงานที่ 1 จากนั้นนำงานในลำดับต่อไป มาจัดลำดับจนครบทุกงานแล้วทำการคำนวณดูว่าเวลาเสร็จงานรวมมีเวลาเป็นเท่าใด

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างตารางแสดงการค้นหาคำตอบ

สตริงคำตอบที่	1	2
สตริงคำตอบ	6 1 2 3 9 4 5 7 8 10	2 4 1 6 9 5 3 7 10 8
ค่าเวลาของงานที่อยู่ในระบบ (Make span)	13	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าสตรึงตัวอย่าง 2 ตัวมีลักษณะการเรียงที่แตกต่างกันจะให้ผลของค่าตอบที่ต่างกัน การถอดรหัสค่าตอบของสตรึงที่มีลักษณะการจัดเรียงลำดับที่ต่างกันเมื่อนำมาผ่านกระบวนการถอดรหัสแล้วอาจให้ค่าตอบที่เป็นค่าเวลาในการทำงานรวมทั้งเหมือนกันได้

ในกรณีที่เป็นการถอดรหัสค่าตอบของสตรึงค่าตอบที่ได้จาก การถอดรหัสโอเวอร์ หรือการมิวเคชั่นไม่จำเป็นต้องพิจารณาผลการถอดรหัสว่าให้ค่าตอบที่เหมือนกันหรือไม่ทั้งนี้เนื่องจากขั้นตอนของการถอดรหัสโอเวอร์ และการมิวเคชั่นพยายามให้เกิดค่าตอบที่ซ้ำกันขึ้นมาได้

การถอดรหัสไม่เพียงแต่ให้ค่าตอบว่างานใดควรจัดลำดับให้ทำก่อนหรือหลังแต่ยังให้ค่าของเวลาในการทำงานรวมในแต่ละงานและอัตราการใช้ประโยชน์จากเครื่องจักรด้วย

3.4.5 การประเมินค่า (Evaluation)

ก่อนที่จะเข้าสู่ขั้นตอนการคัดเลือกของเจเนติกอัลกอริทึม จำเป็นที่จะต้องมีการประเมินค่าประชากรแต่ละตัวเสียก่อนว่ามีความเหมาะสมมากหรือน้อยเพียงใด ความเหมาะสมนี้จะวัดจากค่าความเหมาะสมของสตรึงค่าตอบแต่ละตัว ตัวใดที่มีค่าความเหมาะสมมากก็หมายความว่ามีความเหมาะสมมากตามไปด้วย โดยที่ค่าความเหมาะสมดังกล่าวหมายถึงค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่เราต้องการทำให้ ค่าที่สุด หรือสูงที่สุดนั่นเอง

ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในที่นี้ คือเวลาของงานที่อยู่ในระบบที่มีเวลาค่าที่สุดเวลาของงานที่อยู่ในระบบ หมายถึงเวลาทำงานเข้ามาในระบบ โดยเริ่มต้นจากจุดที่มีงานอยู่แล้วและพร้อมที่จะลงมือทำงานจนกระทั่งงานนั้นเสร็จสิ้นลง

1. เวลาของงานที่อยู่ในระบบ (Flow Time) คือเวลาที่งานเข้ามาในระบบ โดยเริ่มต้นจากจุดที่มีงานอยู่แล้ว และพร้อมที่จะลงมือทำงานจนกระทั่งงานนั้นเสร็จสิ้นลง
2. เวลาการไหลของงานที่อยู่ในระบบเฉลี่ย (Mean Flow Time)

$$\bar{F} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n F_j \quad (3.1)$$

โดยที่ F_j คือ เวลาของงานแต่ละงานที่อยู่ในระบบ

3.4.6 การคัดเลือกค่าตอบ (Selection)

การคัดเลือกค่าตอบทำโดยนำเอากลุ่มสตรึงค่าตอบเบื้องต้นทั้งหมดมาผ่านวิธีการคัดเลือกโดยดูจากค่าความเหมาะสมของสตรึงค่าตอบแต่ละตัว เป็นหลักสตรึงค่าตอบตัวที่มีค่าความเหมาะสมมาก ก็มีโอกาที่จะถูกคัดเลือกไว้มากกว่าตัวที่มีค่าเหมาะสมน้อย สตรึงค่าตอบที่ผ่านการคัดเลือกจำนวน Pop size ตัวจะผ่านเข้าสู่รุ่นถัดไปเพื่อรอการจับคู่และการดำเนินการของเจเนติกอัลกอริทึมในขั้นต่อไป

การคัดเลือกค่าตอบที่ใช้ คือวิธีการคัดเลือกแบบทัวร์นาเมนต์ (Goldberg, 1991) ซึ่งเป็นวิธีที่คิดแปลงมาจากวิธีการคัดเลือกแบบวงล้อรูเล็ตต์ ดังนั้นจึงต้องมีการสร้างวงล้อรูเล็ตต์ขึ้นมาก่อน

1. การสร้างวงล้อรูเล็ตต์ คือวงกลมที่มีพื้นที่ขนาด 1 หน่วย ซึ่งพื้นที่ถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆ ตามจำนวนของประชากรในแต่ละเจเนอเรชัน (เท่ากับ Pop size ส่วน) พื้นที่แต่ละส่วนจะมีขนาดเท่ากับความน่าจะเป็นในการถูกเลือกของสตรึงค่าตอบแต่ละตัว วิธีการสร้างมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หาค่าความเหมาะสม (Fitness) รวมของสตริงค่าตอบทั้งหมด Pop size ตัว

$$F = \sum_{i=1}^{\text{popsize}} f(X_i) \quad (3.2)$$

โดย $f(X_i)$ = ค่า fitness ของสตริงตัวที่ i

3. หาค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือก (Probability of Selection) ของสตริงค่าตอบแต่ละตัวดังสมการที่ 3.3

$$p_i = \frac{f(X_i)}{F} \quad i = 1, 2, \dots, \text{Pop size} \quad (3.3)$$

4. หาค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสม (Cumulative Probability of Selection) ของสตริงค่าตอบแต่ละตัวตามสมการที่ 3.4

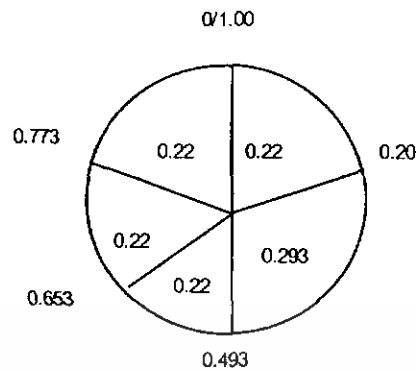
$$Q_i = \sum_{j=1}^i p_j \quad (3.4)$$

ตัวอย่างของวงล้อรูเล็ตแสดงได้ดังตารางที่ 3.2 และภาพที่ 3.7

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างตารางแสดงการสร้างวงล้อรูเล็ต

String No.	Fitness	p_i	q_i
1	15.000	0.200	0.200
2	22.000	0.293	0.493
3	12.000	0.160	0.653
4	9.000	0.120	0.773
5	17.000	0.227	1.000
รวม	75.000	1.000	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 วงล้อรูเล็ต

3.4.6.1 วิธีการคัดเลือกแบบทัวร์นาเมนต์ (Tournament Selection)

การคัดเลือกสตริงคำตอบโดยวิธีการวงล้อรูเล็ต (Roulette Wheel Selection) ซึ่งใช้กันอยู่ทั่วไปจะใช้สุ่มสตริงคำตอบจากวงล้อรูเล็ต ซึ่งมีโอกาสที่จะสุ่มได้สตริงคำตอบที่มีค่าความเหมาะสมน้อยๆ ด้วย แต่สำหรับการคัดเลือกสตริงคำตอบโดยวิธีทัวร์นาเมนต์เป็นการสุ่มสตริงคำตอบจากวงล้อรูเล็ตมา 2 ตัว แล้วนำค่าความเหมาะสมมาเปรียบเทียบกันอีกครั้งหนึ่ง สตริงคำตอบที่ถูกเลือกจึงเป็นตัวที่มีความเหมาะสมกว่า สำหรับขั้นตอนการเลือกมีดังนี้

- ก) สร้างตัวเลขสุ่ม r ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ขึ้นมา 1 ค่า คือ r_1
- ข) ถ้า $r_1 < q_1$ ให้เลือกสตริงคำตอบตัวแรก แต่ถ้า $q_{i-1} < r_1 < q_i$ (เมื่อ $2 < i$ และ $i < \text{Pop size}$) ให้เลือกสตริงคำตอบตัวที่ i มาเป็นสตริงคำตอบตัวแรก
- ค) สร้างตัวเลขสุ่ม r ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ขึ้นมาอีก 1 ค่า คือ r_2
- ง) ถ้า $r_2 < q_1$ ให้เลือกสตริงคำตอบตัวแรก แต่ถ้า $q_{i-1} < r_2 < q_i$ (เมื่อ $2 < i$ และ $i < \text{Pop size}$) เลือกสตริงคำตอบตัวที่ i มาเป็นสตริงคำตอบตัวที่สอง
- จ) นำค่าความเหมาะสม ของสตริงคำตอบทั้ง 2 ตัว มาเปรียบเทียบกันตัวใดมีค่าความเหมาะสมมากกว่าก็ให้เลือกตัวนั้นเข้าสู่เมตติ้งพูล ทำตามขั้นตอนข้อที่ 1-5 จนกว่าจะได้สตริงคำตอบในเมตติ้งพูลครบ Pop size ตัว จากวิธีดังกล่าวจะได้ว่า สตริงคำตอบที่มีค่าความเหมาะสมมาก ก็จะมีพื้นที่มากจึงมีโอกาสที่ตัวเลขสุ่มที่สร้างขึ้นมาจะตกอยู่ภายในบริเวณของสตริงคำตอบตัวนั้นมากกว่า ตัวที่มีค่าความเหมาะสมน้อย (มีพื้นที่น้อย) ทำให้สตริงคำตอบที่ถูกเลือกเข้าสู่เมตติ้งพูลเป็นสตริงคำตอบที่มีค่าความเหมาะสมโดยเฉลี่ยสูงกว่าสตริงคำตอบเดิม

ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างการคัดเลือกด้วยวิธีการคัดเลือกแบบทัวร์นาเมนต์ (Tournament Selection)

ครั้งที่	ประชากรตัวที่ 1				ประชากรตัวที่ 2				หมายเลขประชากรที่เลือก
	R_1	$Q_1 > r_1$	หมายเลขประชากร	ค่า Fitness	r_2	$Q_1 > r_2$	หมายเลขประชากร	ค่า Fitness	
1	0.320	0.493	2	22.000	0.951	1.000	5	17.000	2
2	0.178	0.200	1	15.000	0.607	0.653	3	12.000	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3	0.891	1.000	5	17.000	0.762	0.773	4	9.000	5
4	0.457	0.493	2	22.000	0.018	0.200	1	15.000	2
5	0.936	1.000	5	17.000	0.406	0.493	2	22.000	2

หมายเหตุ : q_i ที่มีค่ามากกว่า r ในคอลัมน์ที่ 3 และ 7 ได้มาจากตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3.3 (ต่อ) ตัวอย่างการคัดเลือกด้วยวิธีการคัดเลือกแบบทัวร์นาเมนต์ (Tournament Selection)

จากตารางที่ 3.3 แสดงตัวอย่างการคัดเลือกด้วยวิธีการคัดเลือกแบบทัวร์นาเมนต์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าสตริงคำตอบหมายเลข 2 ซึ่งมีค่าความเหมาะสมมากที่สุดจะถูกสุ่มเลือกขึ้นมามากที่สุด ในขณะที่สตริงคำตอบซึ่งมีค่าความเหมาะสมน้อยก็จะถูกสุ่มเลือกน้อยครั้งเช่นกัน ข้อสังเกตประการหนึ่งจากตัวอย่างก็คือ ในการสุ่มก็จะสุ่มได้สตริงคำตอบหมายเลข 4 ที่มีค่าความเหมาะสมน้อยที่สุด ซึ่งถ้าใช้วิธีวงล้อสุ่มเลือกสตริงคำตอบหมายเลข 4 นี้ก็จะมีโอกาสที่จะถูกเลือกเข้าสู่เมทาดิงพูลและจะได้รับการดำเนินการตามกระบวนการเจเนติกอัลกอริทึมต่อไป แม้ว่าสตริงคำตอบตัวนี้จะมีค่าความเหมาะสมต่ำก็ตาม แต่เมื่อใช้วิธีคัดเลือกแบบทัวร์นาเมนต์สตริงคำตอบหมายเลข 4 นี้จะต้องถูกนำไปเปรียบเทียบกับ สตริงคำตอบอีกตัวก่อน ซึ่งโอกาสที่สตริงคำตอบตัวนี้ จะถูกเลือกเข้าสู่เมทาดิงพูลก็จะลดลง

3.4.7 การครอสโอเวอร์ (Crossover)

คือการจับคู่สตริงคำตอบจากสตริงคำตอบจำนวน Pop size ตัวที่ได้มาจากกระบวนการคัดเลือกจะมีสตริงคำตอบเพียงบางส่วนเท่านั้นที่จะถูกนำมาจับคู่เพื่อเตรียมสำหรับกระบวนการครอสโอเวอร์ สตริงคำตอบที่ไม่ได้ถูกนำไปจับคู่ก็ยังคงสภาพเดิมและอยู่ในเมทาดิงพูล (เป็นประชากรในเจนเนอเรชัน) ต่อไปจำนวนสตริงคำตอบที่จะถูกนำมาจับคู่ (N_c) ขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (P_c) การจับคู่สตริงคำตอบเพื่อที่จะนำไปครอสโอเวอร์ มีขั้นตอนดังนี้

1. สร้างตัวเลขสุ่ม r ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ให้กับสตริงคำตอบแต่ละตัว
2. สตริงคำตอบตัวใดที่ตัวเลขสุ่มมีค่าน้อยกว่า P_c จะถูกเลือกไปจับคู่และทำการ ครอสโอเวอร์ถ้าไม่มีสตริงคำตอบตัวใดที่มีค่า r น้อยกว่า P_c ให้เริ่มทำข้อ 1 และ 2 อีกครั้ง
3. ถ้ามีสตริงคำตอบที่มีค่า r น้อยกว่า P_c ทั้งหมดจำนวน N_c ตัว โดยที่ N_c เป็นจำนวนคี่ ต้องทำการปรับให้เป็นจำนวนคู่ก่อน โดยมีเงื่อนไขในการปรับดังนี้
4. ถ้า N_c เป็นจำนวนคี่ซึ่งมีค่าระหว่าง 1 ถึง pop size ให้ทำการสุ่มตัวเลข 0 หรือ 1 ขึ้นมา 1 ค่า ถ้าสุ่มได้เลข 1 ให้เพิ่มสตริงคำตอบเข้าไปอีก 1 ตัว โดยสุ่มเลือกจากตัวที่เหลืออยู่ในเมทาดิงพูล แต่ถ้าสุ่มได้เลข 0 ให้ตัดสตริงคำตอบทิ้ง 1 ตัว โดยสุ่มเลือกจากตัวที่ได้เลือกเอาไว้
 - 4.1. ถ้า N_c มีค่าเท่ากับ 1 การปรับให้ใช้วิธีเพิ่มสตริงเข้าไปอีก 1 ตัวเท่านั้น
 - 4.2. ถ้า N_c มีจำนวนเท่ากับ Pop size ซึ่งเป็นเลขคี่ การปรับให้ใช้วิธีตัดสตริงคำตอบที่เตรียมได้ลง 1 ตัวเท่านั้น
5. เมื่อได้สตริงคำตอบที่จะนำมาจับคู่ทั้งหมด N_c ตัว ให้นำมาจับคู่ตามลำดับ ซึ่งจะได้ทั้งหมด $N_c/2$ คู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.7.1 การครอสโอเวอร์สตริงคำตอบที่เตรียมไว้ $Nc/2$ คู่จะถูกนำมาผ่านกระบวนการครอสโอเวอร์

ซึ่งเป็นกระบวนการที่นำสตริงคำตอบที่ถูกจับคู่ไว้มาแลกเปลี่ยนส่วน ซึ่งกันและกันเพื่อให้เกิดสตริงใหม่ขึ้น โดยจะเรียกสตริงคำตอบ 2 ตัวที่ถูกจับคู่นี้ว่า "สตริงคำตอบรุ่นพ่อแม่ (Parent)" และเรียกสตริงคำตอบ 2 ตัวที่ได้จากการครอสโอเวอร์นี้ว่า "สตริงคำตอบ รุ่นลูก (Offspring)" วิธีการครอสโอเวอร์มีหลายวิธี ในที่นี้ได้ทำการครอสโอเวอร์แบบลำดับ (Order Crossover)

วิธีการสลับสายพันธุแบบลำดับ (Order Crossover (OX)) เช่นเดียวกับวิธีการอื่นๆ อย่างแรกคือการเลือกคู่สตริงพ่อแม่ขึ้นมาอย่างสุ่มจากนั้นทำการเลือกตำแหน่งที่จะทำการครอสโอเวอร์อย่างสุ่ม ขอบเขตของการครอสโอเวอร์อยู่ในช่วงเครื่องหมาย * | *

$$p_1 = [894|567|1320]$$

$$p_2 = [871|230|9546]$$

สุ่มตำแหน่งที่จะทำการครอสโอเวอร์ได้อยู่ในช่วง [4, 6] จากนั้นเลือกคู่แม่ที่ที่อยู่ในช่วงการครอสโอเวอร์ถ้าค่าที่ตรงกันให้ทำเครื่องหมาย # เครื่องหมาย # หมายความว่าปล่อยตำแหน่งนั้นให้ว่าง สตริงลูกหลานจะเป็น

$$o_1 = [894|567|1###]$$

$$o_2 = [8#1|230|9#4#]$$

จากนั้นจะทำการเลื่อนตำแหน่ง โดยยึดถือตำแหน่งหลังช่วง * | * เป็นจุดอ้างอิง (สำหรับสตริง o_1 เป็น 1 และสำหรับ o_2 เป็น 9) ได้สตริงลูกหลานดังต่อไปนี้

$$o_1 = [567|###|1894]$$

$$o_2 = [230|###|9481]$$

ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการสลับตำแหน่งที่อยู่ในช่วงของครอสโอเวอร์ของสตริงทั้งสองที่เหลือ สตริงที่ได้เมื่อทำการครอสโอเวอร์แล้วคือ

$$o_1 = [567|230|1894]$$

$$o_2 = [230|567|9481]$$

ในขั้นสุดท้ายจะทำการคืนสตริงเข้าสู่เมทตั้งพล

3.4.8 การมิวเตชัน (Mutation)

คือการสลับตำแหน่งของค่าภายในสตริงคำตอบตัวเดียวการสลับตำแหน่งของค่าในสตริงมีโอกาสทำให้ได้สตริงตัวใหม่ที่เป็นคำตอบที่เป็นไปได้สูงมาก ดังนั้นจึงใช้วิธีการมิวเตชันแบบ Random-Sequence Mutation

การพิจารณาว่าสตริงตัวใดจะถูกนำมามิวเตชันขึ้นอยู่กับค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน (P_m) โดยการพิจารณาจะเริ่มจากการสุ่มค่า r ซึ่งมีค่าระหว่าง (0, 1) ให้กับสตริงคำตอบทุกตัวในเมทตั้งพล จากนั้นทำการเลือกเฉพาะสตริงที่มีค่า r น้อยกว่าค่าความน่าจะเป็นในกรณีมิวเตชัน (P_m) ไปทำการมิวเตชัน $r < P_m$

เมื่อได้สตริงตัวที่จะทำการมิวเตชันแล้ว ให้ทำการสุ่มตำแหน่งที่จะทำการมิวเตชัน (M_p) ขึ้นมา 1 ตำแหน่ง ซึ่งเป็นค่าระหว่าง [1, $m - 1$] โดยที่ m คือความยาวของสตริงคำตอบ ตำแหน่งที่จะทำการมิวเตชันแทนด้วย * | *

จากนั้นให้นำค่าในตำแหน่งที่ 1 ถึง M_p มาเป็นตำแหน่งที่ 1 ถึง M_p ของสตริงคำตอบตัวใหม่ ตำแหน่งอื่นๆ ซึ่งยังไม่มีค่าให้แทนด้วย #

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$m = [5921067384]$$



$$m = [5921####]$$



$$m = [5921603874]$$

สตริงคำตอบที่ได้จากการมิวเทชันและสตริงคำตอบที่ไม่ได้ถูกเลือกมาทำการมิวเทชันจะถูกนำมารวมกัน เพื่อเตรียมเข้าสู่เงินเนอเรนซ์ต่อไป

3.4.9 เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด (Elite Preserve Strategy)

เนื่องจากสตริงคำตอบที่ได้จากการครอสโอเวอร์ และการมิวเทชัน คำตอบที่ได้อาจเป็นคำตอบที่แย่กว่าคำตอบที่เคยปรากฏในเงินเนอเรนซ์ที่ผ่านมา มาคั้งนั้นจึงต้องมีการเก็บค่าที่ดีที่สุดเอาไว้เพื่อใช้เปรียบเทียบกับค่าที่ดีที่สุดของสตริงคำตอบชุดใหม่ ถ้าหากค่าที่ดีที่สุดของคำตอบชุดเดิมที่เก็บไว้ให้ค่าความเหมาะสมที่ต่ำกว่าค่าที่ดีที่สุดของสตริงคำตอบชุดใหม่ให้เอาค่าที่ดีที่สุดของคำตอบชุดเดิมแทนที่ค่าที่แย่ที่สุด ทั้งนี้เพื่อให้สตริงคำตอบที่ดีที่สุดเท่าที่พบยังคงอยู่ในกระบวนการของเงินเนอริกอลกอริทึมต่อไป

เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดจะถูกนำไปใช้ระหว่างกระบวนการของเงินเนอริกอลกอริทึม 3 ครั้ง

3.4.9.1 การเก็บค่าที่ดีที่สุดจากประชากรเริ่มต้น (Initial Elite Preserve Strategy)

เป็นจุดเริ่มต้นของเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด ซึ่งจะกระทำเพียงครั้งเดียวภายหลังจากการสร้างสตริงคำตอบเบื้องต้นในตอนต้นของกระบวนการเงินเนอริกอลกอริทึม และผ่านการถอดรหัสรวมทั้งการประเมินค่าเรียบร้อยแล้วค่าความเหมาะสมของสตริงแต่ละตัวที่ได้จากการประเมินค่าจะถูกเรียงลำดับจากมากไปน้อย สตริงคำตอบเพียงหนึ่งตัวที่ให้ค่าความเหมาะสมมากที่สุดก็จะถูกเลือกไปเป็นคำตอบที่ดีที่สุดเก็บไว้ จากนั้นสตริงคำตอบทั้งหมดรวมทั้งตัวที่เลือกไปเป็นจะเข้าสู่ขั้นตอนต่างๆ ของเงินเนอริกอลกอริทึมต่อไป

3.4.9.2 การเก็บค่าที่ดีที่สุดหลังจากการครอสโอเวอร์ (Post-crossover Elite Preserve Strategy)

เป็นเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดใช้ภายหลังจากที่เสร็จสิ้นกระบวนการครอสโอเวอร์แล้ว ทั้งนี้เนื่องจากว่าสตริงคำตอบที่ได้จากการครอสโอเวอร์อาจเป็นคำตอบที่ดีกว่าคำตอบอื่นๆ ที่เคยพบมาแต่เมื่อนำไปมิวเทชันแล้วสตริงคำตอบตัวนี้จะเปลี่ยนไปและอาจให้คำตอบที่ด้อยกว่าเดิม คั้งนั้นเพื่อป้องกันไม่ให้สตริงคำตอบที่ดีที่สุดหลังจากการครอสโอเวอร์สูญหายไปจึงต้องทำการถอดรหัสและประเมินค่าสตริงของคำตอบที่ได้ภายหลังจากการครอสโอเวอร์ทั้งหมด Pop size ตัว แล้วนำสตริงคำตอบที่ดีที่สุดภายหลังจากการครอสโอเวอร์ไปเปรียบเทียบกับคำตอบที่ดีที่สุดที่เก็บไว้ ถ้าหากสตริงคำตอบภายหลังจากการครอสโอเวอร์ดีกว่าให้เอาสตริงคำตอบที่ดีที่สุดนั้นไปเป็นคำตอบที่ดีที่สุดเก็บไว้แทน แต่ถ้าคำตอบที่ดีที่สุดที่เก็บไว้ให้คำตอบที่ดีกว่าก็ให้นำสตริงคำตอบ ภายหลังจากการครอสโอเวอร์ทั้งหมด Pop size ตัวไปผ่านกระบวนการ มิวเทชันตามปกติ

ยกตัวอย่างเช่น ภายหลังจากการครอสโอเวอร์ มีสตริงคำตอบ 10 ตัว ซึ่งเมื่อนำไปผ่านกระบวนการถอดรหัสและประเมินค่าแล้วได้ค่าความเหมาะสมของสตริงคำตอบแต่ละตัวเป็น 2 6 8 7 9 4 5 12 6 4 ค่าความเหมาะสมที่ดีที่สุดคือ 12 10 ตัวนี้คือค่า 12 ของสตริงคำตอบตัวที่ 8 ให้เอาค่า 12 นี้ไปเปรียบเทียบกับค่าความเหมาะสมของคำตอบที่ดีที่สุดที่เก็บไว้ ถ้า

ไม่ว่าการณ์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากดังกล่าวน้อยกว่า 12 ก็ให้เอาสตริงคำตอบตัวที่ 8 นี้ไปใช้เป็นคำตอบที่ดีที่สุดที่เก็บเป็นตัวใหม่แทนแต่ถ้าค่าดังกล่าวมากกว่าหรือเท่ากับ 12 ก็ให้คงคำตอบที่ดีที่สุดที่เก็บไว้แล้วนำสตริงคำตอบทั้ง 10 ตัว นี้ไปทำการมิวเทชันต่อไป

3.4.9.3 การเก็บค่าที่ดีที่สุดที่ใช้ภายหลังการมิวเทชัน (Elite Preserve Strategy of Generation)

เป็นเทคนิคซึ่งถือว่าการเก็บค่าที่ดีที่สุดของเจเนอเรชันนั้นๆ ด้วย การเก็บค่าที่ดีที่สุดของเจเนอเรชันจะช่วยให้คำตอบที่ดีที่สุดเท่าที่เคยปรากฏขึ้นมายังคงมีอยู่ในเจเนอเรชันต่อไป การเก็บค่าในขั้นตอนนี้จะทำหลังจากที่มีการมิวเทชันเรียบร้อยแล้วสตริงคำตอบที่ได้ภายหลังการมิวเทชันจำนวน Pop size ตัว จะถูกถอดรหัส และประเมินค่า จากนั้นก็ให้เอาสตริงคำตอบหลังที่ดีที่สุดจากการมิวเทชันมาเปรียบเทียบกับคำตอบที่ดีที่สุดที่เก็บไว้เช่นเดียวกับในขั้นตอนของการเก็บคำตอบที่ดีที่สุดที่เก็บไว้หลังจากผ่านการครอสโอเวอร์ แต่แตกต่างกันตรงที่จะมีการนำเอาคำตอบที่ดีที่สุดที่เก็บไว้มาแทนที่คำตอบที่แย่ที่สุดของสตริงคำตอบชุดที่ผ่านมา ถ้าคำตอบที่ได้หลังจากการผ่านกระบวนการมิวเทชันเป็นคำตอบที่ดีกว่า ยกตัวอย่างเช่น ภายหลังการมิวเทชัน ได้สตริงคำตอบ 10 ตัวที่มีค่าความเหมาะสมเป็น 5 6 8 3 1 9 4 6 7 2 จะได้ว่าค่าความเหมาะสมที่ดีที่สุด คือ 9 ของสตริงคำตอบตัวที่ 6 ซึ่งถ้าค่าความเหมาะสมของคำตอบที่ดีที่สุดที่เก็บไว้ น้อยกว่า 9 สตริง คำตอบตัวที่ 6 จะกลายเป็นคำตอบที่ดีที่สุดตัวใหม่ แต่ถ้าค่าความเหมาะสมของคำตอบที่ดีที่สุด มีค่ามากกว่า 9 ก็ให้ตัดสตริงคำตอบตัวที่ 5 ซึ่งมีค่าความเหมาะสมต่ำที่สุดทิ้ง ไปเอาสตริงคำตอบที่เป็นคำตอบที่ดีที่สุดที่เก็บไว้ขณะนั้น ไปใส่แทนสตริงคำตอบที่ได้ภายหลังจกขั้นตอนนี้จะกลายเป็นสตริงที่คำตอบพ่อแม่ที่แท้จริงใน เจเนอเรชันต่อไป

3.5 สรุปท้ายบท

วิธีการเจเนติกอัลกอริทึมที่ใช้สำหรับปัญหาการกำหนดตารางการผลิต แบ่งเป็น 5 ส่วนหลักคือการสร้างประชากรเบื้องต้น (Initialization) การรีโพรดักชัน (Reproduction) การครอสโอเวอร์ (Crossover) การมิวเทชัน (Mutation) และเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด (Elite Preserve Strategy)

การสร้างประชากรเบื้องต้นทำได้โดยการสร้างคำตอบเบื้องต้นจำนวนหนึ่งในรูปของสตริงในส่วนของ การรีโพรดักชัน (Reproduction) จะแบ่งเป็น 3 ส่วนย่อยคือการถอดรหัส (Decoding) ซึ่งเป็นการนำลำดับของงานในสตริงคำตอบมาจัดให้กับเครื่องจักรทำงานตามลำดับ การประเมินค่า (Evaluation) เป็นการคำนวณหาค่าความเหมาะสมของสตริงคำตอบแต่ละตัว และการคัดเลือก (Selection) ซึ่งเป็นการคัดเลือกสตริงตัวที่มีความเหมาะสมมากกว่าเพื่อเข้าสู่กระบวนการถัดไปโดยวิธีการคัดเลือกแบบทัวร์นาเมนต์ (Tournament Selection) เมื่อเข้าสู่กระบวนการครอสโอเวอร์ (Crossover) จะถูกสุ่มเลือกด้วยความน่าจะเป็นในการการครอสโอเวอร์เพื่อมาจับคู่และทำการครอสโอเวอร์ จากนั้นสตริงคำตอบจะถูกสุ่มเลือกไปทำการมิวเทชัน (Mutation) ด้วยความน่าจะเป็นในการมิวเทชัน วิธีการมิวเทชันที่ใช้คือวิธี Random Sequence Mutation ซึ่งสามารถให้คำตอบที่เป็นไปได้สตริงคำตอบที่ได้จะกลายเป็นประชากรพ่อแม่ในเจเนอเรชันต่อไปกระบวนการของเจเนติกอัลกอริทึมจะเกิดขึ้นซ้ำไปเรื่อยๆ จนกว่าจะถึงเจเนอเรชันสูงสุดที่กำหนดไว้ระหว่างกระบวนการของเจเนติกอัลกอริทึมมีการนำเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดเข้าไปใช้ภายหลังการสตริงคำตอบเบื้องต้นภายหลังการครอสโอเวอร์และภายหลังการมิวเทชัน ทั้งนี้เพื่อให้สตริงคำตอบที่ดียังคงอยู่ต่อไปในเจเนอเรชันถัดไป

การกำหนดตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง โดยใช้วิธีเจเนติกอัลกอริทึมมีจุดมุ่งหมายที่จะลดเวลาในการปฏิบัติงานรวม (make span) ให้มากที่สุดซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการค้นหาทางฮิวริสติกแบบอื่นๆจะพบว่าวิธีทางเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจเนติกอัลกอริทึมให้คำตอบที่ดีกว่า และมีความคงทนต่อความไม่เที่ยงตรงและความไม่แน่นอนหรือคลุมเครือของปัญหาและสามารถควบคุมได้ดีกว่า โดยมีความน่าเชื่อถือและค่าใช้จ่ายต่ำ เนื่องจากปัญหาการจัดลำดับงานและตารางการผลิตเป็นปัญหาประเภท NP Hard แบบ Combinatorial optimization ซึ่งหมายถึงปัญหาที่ใช้ในระยะเวลาในการหาคำตอบยาวนาน และเวลาการหาคำตอบจะเพิ่มมากขึ้นเป็นแบบ Exponential เมื่อมี n งาน จะสามารถจัดลำดับงานได้ $n!$ ซึ่งการหาคำตอบของเจเนติกอัลกอริทึม จะเป็นวิธีแบบความน่าจะเป็นซึ่งจะต่างจากวิธีแบบฮิวริสติก ซึ่งเป็นวิธีแบบคีเทอมีนิสติก การหาคำตอบด้วยวิธีของเจเนติกอัลกอริทึมจึงครอบคลุมถึงทุกกลุ่มประชากรคำตอบที่ได้จึงดีกว่าแบบฮิวริสติก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

การเปรียบเทียบของวิธีการหาค่าตอบโดยใช้วิธีทาง เจเนติกอัลกอริทึม กับ วิธีทางฮิวริสติก สามารถแบ่งได้ เป็น 3 ส่วน ดังนี้ คือ

4.1 ค่าเวลาในการปฏิบัติงานที่ใช้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการจัดการตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง

โดยใช้ค่าเวลาในการปฏิบัติงาน (Processing time) ป้อนค่าลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการจัดการตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง ซึ่งปัญหาที่นำมาทดสอบ มีดังนี้

1. $20 * 10$
2. $40 * 10$
3. $60 * 10$
4. $80 * 10$

เมื่อ $N * M$ แทนจำนวนงาน N งาน ที่ถูกผลิตบนเครื่องจักร M เครื่อง

งานที่	เครื่องจักรที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	10	10	16	4	9	14	15	11	7	9
2	6	6	6	13	7	6	15	3	7	9
3	16	9	17	11	15	3	7	8	10	4
4	9	6	8	1	3	2	6	9	7	19
5	2	14	4	19	2	16	18	5	3	15
6	14	16	19	18	17	7	20	11	13	11
7	9	13	8	4	6	1	10	16	5	19
8	11	7	9	3	3	8	9	14	10	15
9	18	14	1	15	1	6	18	17	1	16
10	6	14	5	18	2	11	16	3	3	11
11	17	6	17	12	14	11	19	5	13	20
12	19	5	13	13	12	14	3	16	10	19

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเวลาในการปฏิบัติงาน (Processing time) ของปัญหขนาด ($20 * 10$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานที่	เครื่องจักรที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	15	2	2	3	12	7	19	1	10	17
14	18	17	3	11	15	9	14	19	12	13
15	12	10	6	1	4	16	12	20	10	3
16	19	5	18	4	6	3	9	4	13	5
17	18	13	20	12	9	17	10	13	13	15
18	12	10	2	5	10	5	10	8	2	18
19	10	17	6	14	4	8	3	7	6	4
20	2	10	15	1	16	10	10	15	19	16

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) แสดงค่าเวลาในการปฏิบัติงาน (Processing time) ของปัญหาขนาด (20 * 10)

งานที่	เครื่องจักรที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	18	5	4	18	8	3	7	13	20	6
2	16	18	16	8	11	10	2	7	3	15
3	5	7	3	7	8	16	11	11	1	10
4	4	10	4	16	14	18	16	15	14	9
5	5	1	18	17	6	6	10	3	5	13
6	4	12	10	3	14	2	10	7	10	16
7	14	13	15	13	8	4	17	6	19	8
8	10	13	9	6	4	1	3	5	6	19
9	4	18	17	16	18	7	9	10	5	18
10	2	5	16	11	5	19	10	13	7	5
11	12	19	6	8	11	10	17	1	16	4
12	1	12	1	16	20	12	14	10	10	14
13	5	10	8	4	14	3	10	1	17	9
14	9	6	10	14	14	12	17	1	12	17

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเวลาในการปฏิบัติงาน (Processing time) ของปัญหาขนาด (40 * 10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานที่	เครื่องจักรที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15	7	17	1	14	5	7	3	15	18	16
16	19	13	8	3	18	9	8	7	4	9
17	1	3	18	7	18	14	6	5	17	14
18	15	19	18	10	9	16	11	11	9	10
19	6	2	18	3	17	2	12	1	17	18
20	3	15	19	7	1	16	2	13	5	3
21	7	3	2	3	1	4	12	5	20	13
22	6	6	9	10	11	10	3	16	2	12
23	12	2	1	4	14	18	13	8	1	19
24	14	19	10	9	20	14	9	12	17	9
25	16	1	19	3	15	13	12	17	18	4
26	10	20	3	19	6	2	14	14	2	6
27	9	12	18	7	12	15	5	5	8	19
28	8	11	12	5	18	8	7	17	14	7
29	4	12	8	12	14	20	5	12	13	18
30	6	1	17	5	1	16	7	5	6	16
31	19	4	15	14	4	20	8	18	2	4
32	14	18	6	5	1	3	4	12	6	17
33	12	17	14	15	11	4	10	17	13	9
34	2	17	1	1	5	20	15	2	1	15
35	14	15	6	8	17	16	1	17	8	13
36	16	17	16	17	3	13	13	10	9	15
37	16	18	2	5	5	14	7	6	13	12
38	3	12	14	7	7	14	12	17	14	4
39	19	16	5	8	16	11	5	12	10	15
40	5	16	4	8	5	5	2	2	10	11

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) แสดงค่าเวลาในการปฏิบัติงาน (Processing time) ของปัญหาขนาด (40×10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานที่	เครื่องจักรที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	8	3	12	18	18	19	1	9	17	4
2	6	2	2	4	5	1	6	8	12	8
3	8	8	18	10	9	7	20	16	20	6
4	19	2	14	17	19	10	7	15	8	16
5	2	5	2	8	10	11	8	20	2	5
6	1	19	3	6	16	14	16	15	3	4
7	15	13	4	9	11	15	12	4	19	14
8	11	16	16	6	4	17	3	2	15	15
9	20	19	18	11	11	14	10	4	2	16
10	14	15	12	4	18	8	5	5	7	7
11	7	16	14	6	18	2	14	10	11	6
12	7	16	16	14	15	19	13	15	19	8
13	17	12	18	9	5	17	6	14	14	8
14	7	3	20	6	11	9	20	18	16	18
15	12	14	9	3	18	8	3	16	16	4
16	13	6	16	14	17	1	14	19	2	11
17	18	19	12	12	19	10	6	17	10	17
18	14	19	10	4	2	1	11	13	10	12
19	12	19	11	4	3	12	17	2	6	14
20	9	8	9	7	5	15	11	18	12	11
21	12	12	10	3	12	12	16	5	15	12
22	11	16	19	3	3	15	18	5	1	5
23	12	14	4	5	14	11	7	11	4	5
24	17	19	6	9	11	19	15	19	12	19
25	6	4	18	17	2	18	9	3	2	5
26	14	17	10	10	12	8	17	7	20	16

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเวลาในการปฏิบัติงาน (Processing time) ของปัญหาขนาด (60 * 10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานที่	เครื่องจักรที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
27	15	4	16	19	5	8	3	18	17	12
28	1	14	14	18	4	18	6	5	2	18
29	4	19	3	7	3	19	11	13	17	20
30	10	4	6	16	16	14	2	3	9	6
31	6	16	5	10	9	19	3	4	9	4
32	2	1	15	8	14	1	18	1	7	4
33	10	12	19	7	5	5	15	18	2	17
34	19	6	11	5	15	12	11	4	2	16
35	10	17	4	16	18	3	13	2	11	17
36	17	11	5	15	14	16	4	15	19	12
37	8	12	19	1	11	10	17	18	19	2
38	16	13	16	14	9	19	14	10	10	10
39	2	14	12	15	9	16	18	19	3	15
40	9	5	16	20	18	12	7	9	4	11
41	9	15	3	14	17	5	13	14	17	9
42	12	7	14	19	9	4	4	16	19	6
43	5	17	12	14	20	6	5	18	8	2
44	18	3	8	2	4	15	11	2	20	12
45	19	10	9	11	2	6	18	12	7	6
46	3	18	20	17	10	5	10	9	8	16
47	8	13	16	12	2	11	15	9	2	2
48	5	12	6	20	9	16	18	7	2	4
49	11	13	16	1	6	12	12	10	9	19
50	16	3	7	9	4	9	12	4	16	9
51	15	5	13	3	20	16	3	19	8	2
52	7	13	6	15	9	14	2	4	19	12

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) แสดงค่าเวลาในการปฏิบัติงาน (Processing time) ของปัญหขนาด (60 * 10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานที่	เครื่องจักรที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
53	16	3	3	9	9	17	17	8	14	17
54	5	5	8	14	2	18	19	11	2	11
55	19	12	18	17	13	5	7	18	14	15
56	4	1	10	17	17	7	6	13	4	14
57	2	19	19	6	18	15	17	4	18	7
58	18	2	5	20	7	7	15	8	2	11
59	17	16	9	14	19	14	11	7	13	10
60	19	20	2	12	19	17	12	18	7	10

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) แสดงค่าเวลาในการปฏิบัติงาน (Processing time) ของปัญหาขนาด (60 * 10)

งานที่	เครื่องจักรที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	10	17	36	2	12	37	24	33	5	40
2	19	27	16	6	28	33	6	12	20	2
3	10	12	32	10	6	39	15	38	10	13
4	19	31	3	19	16	26	10	36	30	7
5	27	34	2	40	28	5	13	8	6	2
6	12	22	39	17	38	14	1	2	3	35
7	29	26	8	14	3	11	39	35	12	17
8	31	36	17	10	40	21	22	6	28	19
9	29	35	10	8	20	29	1	16	24	26
10	3	34	13	40	34	32	35	3	8	25
11	9	19	27	3	18	2	32	2	29	3
12	22	33	28	27	4	1	35	7	20	34
13	24	33	24	16	27	23	10	11	19	12

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเวลาในการปฏิบัติงาน (Processing time) ของปัญหาขนาด (80 * 10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานที่	เครื่องจักรที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14	38	4	20	33	24	24	6	14	18	30
15	33	16	23	13	6	16	4	19	3	10
16	3	6	4	31	18	17	12	17	2	29
17	3	20	33	36	17	34	26	16	8	17
18	21	15	10	13	22	37	17	8	3	16
19	28	6	14	22	15	30	37	12	18	12
20	4	5	6	17	36	8	4	23	39	8
21	21	25	2	33	3	26	11	20	8	16
22	14	3	12	31	39	13	1	11	34	28
23	6	5	6	10	20	37	30	15	14	26
24	33	26	16	21	25	26	10	33	23	32
25	15	18	30	6	3	24	30	23	36	37
26	24	32	8	16	3	34	9	5	21	13
27	32	19	5	16	12	33	18	26	20	1
28	12	21	7	39	28	28	1	33	13	14
29	10	21	3	8	8	25	30	22	26	5
30	33	13	36	39	35	34	3	16	5	4
31	12	39	14	11	4	30	5	10	39	11
32	21	23	16	39	27	31	21	35	3	35
33	18	13	36	2	33	36	26	19	29	9
34	34	24	36	8	25	20	36	28	18	26
35	23	16	5	4	5	17	17	38	15	39
36	39	13	10	10	10	24	23	19	38	21
37	27	20	16	12	16	29	4	25	26	37
38	27	8	5	14	38	26	16	4	30	19
39	26	14	17	7	38	21	28	20	36	28

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) แสดงค่าเวลาในการปฏิบัติงาน (Processing time) ของปัญหาขนาด (80 * 10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานที่	เครื่องจักรที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
40	9	8	22	23	39	25	23	15	28	38
41	27	27	14	23	32	37	36	36	20	15
42	29	20	4	2	17	28	15	1	19	24
43	15	9	31	25	10	34	17	18	4	20
44	21	28	24	13	19	36	21	24	34	18
45	2	34	36	25	8	32	40	5	18	27
46	2	10	10	11	2	32	40	7	2	4
47	12	8	23	39	12	18	26	29	2	19
48	29	28	32	11	14	35	10	3	9	18
49	11	25	12	6	27	32	18	27	11	6
50	26	9	15	8	36	33	39	30	39	36
51	32	12	19	3	38	18	27	24	12	33
52	6	28	5	8	23	16	22	18	20	3
53	33	30	27	37	12	34	26	6	4	6
54	6	32	5	19	5	33	35	19	3	24
55	9	33	36	29	25	32	32	22	20	16
56	26	27	29	7	2	29	32	9	37	31
57	15	23	10	6	2	5	26	7	11	21
58	7	5	24	18	28	14	25	3	16	21
59	1	23	20	8	12	24	6	22	16	40
60	37	19	34	11	2	3	16	37	6	7
61	4	37	9	30	36	27	26	10	14	29
62	15	27	12	23	23	6	5	21	39	27
63	16	22	34	35	33	23	30	4	32	13
64	26	34	13	8	38	20	12	9	1	40
65	7	29	8	30	15	23	20	38	5	20

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) แสดงค่าเวลาในการปฏิบัติงาน (Processing time) ของปัญหาขนาด (80 * 10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานที่	เครื่องจักรที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
66	5	33	14	34	36	23	35	39	6	8
67	27	13	13	5	12	39	25	32	30	15
68	2	7	34	6	36	36	2	18	35	2
69	17	10	20	8	27	23	15	39	36	6
70	20	28	8	26	11	30	2	5	4	20
71	1	8	39	5	17	7	4	27	34	29
72	16	25	22	27	30	10	18	2	22	20
73	1	33	27	17	13	26	27	21	35	22
74	25	33	25	10	7	7	5	8	31	3
75	7	25	28	36	7	33	39	37	26	10
76	30	15	26	2	1	19	32	14	31	1
77	40	17	6	17	35	36	36	23	22	32
78	27	16	6	38	23	37	13	37	33	25
79	27	30	14	31	21	35	17	19	7	15
80	32	31	29	40	1	14	37	4	25	19

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) แสดงค่าเวลาในการปฏิบัติงาน (Processing time) ของปัญหาขนาด (80 * 10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การเปรียบเทียบค่าเวลาในการปฏิบัติงานรวมที่ได้

จากการทดลองการใช้งาน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการจัดการการผลิตแบบต่อเนื่อง เปรียบเทียบกับวิธีทางฮิวริสติก โดยใช้ค่าเวลาในการปฏิบัติงานรวมเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ ซึ่งปัญหาจะทดลองกับขนาดงานจำนวน 20, 40, 60, 80 งาน โดยจะใช้กับเครื่องจักรจำนวน 10 เครื่อง ทั้ง 4 งาน ซึ่งจะได้ค่าเวลาในการปฏิบัติงานรวมเป็นดังนี้

ขนาดของ ปัญหา	วิธีที่ นำเสนอ	วิธีที่ได้จากโปรแกรม WIN QSB (วิธีทางฮิวริสติก)						
	GA	CDS	Gupta's	Hundal & Rajgopal's	Random generation	Dannen Bring's	Palmer's	Ho & Chang's
20	337	348	356	356	375	350	359	348
40	547	593	604	599	606	600	602	593
60	841	861	907	855	877	865	856	861
80	2042	2090	2286	2125	2208	2160	2150	2090

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าเวลาในการปฏิบัติงานรวม

จากการเปรียบเทียบของวิธี GA กับวิธีทางฮิวริสติกอื่นๆอีก 7 วิธี สามารถสรุปเป็นเปอร์เซ็นต์ที่คิดว่าได้ดังนี้

ขนาดของ ปัญหา	วิธี GA เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์)						
	CDS	Gupta's	Hundal & Rajgopal's	Random generation	Dannen Bring's	Palmer's	Ho & Chang's
20	3.26	5.64	5.64	11.28	3.86	6.53	3.26
40	8.41	10.42	9.51	10.79	9.69	10.05	8.41
60	2.38	7.85	1.66	4.28	2.85	1.78	2.38
80	2.35	11.95	4.06	8.13	5.78	5.29	2.35

ตารางที่ 4.6 แสดงถึงการเปรียบเทียบของวิธี GA กับวิธีทางฮิวริสติกอื่นๆอีก 7 วิธี ว่าดีกว่า (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 สรุปผลการทดลอง

การเปรียบเทียบค่าเวลาในการปฏิบัติงานรวม (Make span) พบว่าค่าที่ได้จากโปรแกรมการจัดการการผลิตแบบต่อเนื่องด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ให้ค่าคำตอบที่ดีกว่า ค่าเวลาในการปฏิบัติงานรวม (Make span) จากวิธีทางวิศวกรรมศาสตร์ต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลงานวิจัย

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างทางเลือกในการปรับปรุงกระบวนการจัดการรายการผลิต โดยจัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับจัดการรายการผลิต ซึ่งใช้วิธีเงินเดกัลกอริทึมเข้ามาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบ และทำการเปรียบเทียบที่ได้จากการจัดการรายการผลิตด้วยวิธีเงินเดกัลกอริทึมและวิธีฮิวริสติก ขั้นตอนการวิจัยเริ่มจากการศึกษาค้นคว้าทฤษฎีเงินเดกัลกอริทึม และทฤษฎีการจัดการรายการผลิตเพื่อนำมาออกแบบโครงสร้างโปรแกรม ส่วนการทดสอบ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จัดทำขึ้นเพื่อเปรียบเทียบที่ได้จากการจัดการรายการผลิตด้วยวิธีฮิวริสติก และวิธีการที่เสนอขึ้นมาคือวิธีเงินเดกัลกอริทึมสามารถสรุปได้ดังนี้

1. โปรแกรมชื่อ การจัดการรายการผลิตแบบต่อเนื่องด้วยวิธีการทางเงินเดกัลกอริทึม เขียนโดยใช้โปรแกรม Visual Basic เวอร์ชัน 6.0
2. วิธีการฮิวริสติกสำหรับการจัดการรายการผลิตที่นำมาเปรียบเทียบ นำมาจาก โปรแกรม Win QSB
3. โปรแกรมมีความง่ายต่อการใช้งาน เพราะถูกออกแบบมาให้สามารถ บันทึกข้อมูล เรียกดูข้อมูล รวมทั้งส่วนแสดงผลที่ง่ายต่อการเข้าใจ เพราะมีการอธิบายรายละเอียดการใช้งานทุกหน้าของ โปรแกรม
4. การจัดการรายการผลิตด้วย โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้น สามารถพิสูจน์ได้ว่าสามารถให้ผลลัพธ์ได้ดีกว่าวิธีการจัดการรายการผลิตด้วยวิธีฮิวริสติก

สรุปได้ว่าวิธีการจัดการรายการผลิตโดยใช้โปรแกรมการจัดการรายการผลิตด้วยวิธีการทางเงินเดกัลกอริทึม สามารถนำมาใช้งานได้ดีในระดับหนึ่ง แต่ถ้าจะให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานในอุตสาหกรรม ควรจะมีการพัฒนาโปรแกรมให้สามารถพิจารณาได้ถึงผลกระทบของความไม่แน่นอนต่างๆ และสามารถวิเคราะห์หาคำตอบแบบหลายวัตถุประสงค์ เพื่อเพิ่มทางเลือกในการตัดสินใจให้เหมาะสมกับอุตสาหกรรมการผลิตที่มีการแข่งขันสูงในปัจจุบัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความไม่แน่นอน เป็นปัญหาที่สำคัญในการจัดการรายการผลิตซึ่งส่งผลกระทบต่อโดยตรงต่อวางแผนการผลิต ดังนั้นในการออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์จึงควรพิจารณาผลกระทบจากความไม่แน่นอนร่วมด้วย
2. การทำวิจัยเรื่องการจัดการรายการผลิตในอนาคต ควรมีการเพิ่มตัววัดผลที่แตกต่างจากที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เช่น ต้นทุนของงานล่าช้า ต้นทุนของงานที่เสร็จก่อนกำหนด เป็นต้น
3. ปัญหาของการจัดการรายการผลิตควรมีการคำนึงถึงองค์ประกอบ และวัตถุประสงค์หลายๆ อย่าง ดังนั้นควรมีการพิจารณาปัญหาการจัดการรายการผลิตแบบหลายวัตถุประสงค์ เช่น จำนวนงานที่เสร็จไม่ทันกำหนด อัตราการใช้เครื่องจักร เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ควรจะมีการเพิ่มค่าแสดงผลที่แสดงออกมาของลำดับงานที่ได้ จากเดิมที่มีเพียงค่าเวลาในการปฏิบัติงานรวม (Make span) ควรจะมีการเพิ่มค่าอัตราการใช้งานเครื่องจักร (Machine Utilization) เวลาที่ส่งงานไม่ทันสูงสุด (Maximum Tardiness) เวลาอยู่ในระบบสูงสุด (Maximum Flow Time) เป็นต้น



หนังสืออ้างอิง

ภาษาไทย

- กรรณิกา ศีลานนท์ การประยุกต์ใช้เทคนิคอัลกอริทึมในการจัดสมดุลสายการประกอบ วิทยานิพนธ์
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2542
- จันทร์เพ็ญ อักกะวิเนต เทคนิคฮิวริสติกเชิงรวมสำหรับการจัดการตารางงานแบบโฟลว์ชอป วิทยานิพนธ์
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , 2539
- สุธรรม ศรีเกษม MATLAB เพื่อการแก้ปัญหาทางวิศวกรรม ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยรังสิต , 2538
- พิภพ สถิตาภรณ์ ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. , 2547
- พิชิต สุขเจริญทรัพย์ การจัดการวิศวกรรมการผลิต สำนักพิมพ์ซีเอ็ด , 2547
- กิตติ ภัคศิวิฒนะกุล Visual Basic 6.0 ห.จ.ก. ไทยเจริญการพิมพ์ , 2545

ภาษาอังกฤษ

- Zbigniew Michalewicz , Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs , springer , 1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวางแผนและออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สามารถสร้างโปรแกรมการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง ซึ่งมีวิธีการใช้งานและหน้าจอการใช้โปรแกรมดังนี้

เมื่อผู้ใช้เข้าสู่โปรแกรมการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่องด้วยวิธีการทางเจเนติกอัลกอริทึม โปรแกรมจะแสดงหน้าจอการใช้งานดังรูปที่ ผ.1

1. หน้าจอการใช้งานเบื้องต้น

มีรายละเอียดการใช้งานดังนี้

เมื่อกดปุ่ม “เข้าสู่โปรแกรม” จะเข้าสู่การใช้งานโปรแกรมส่วนแสดงข้อมูลที่ใช้นและข้อกำหนดของโปรแกรม ซึ่งโปรแกรมจะแสดงผลไปยังหน้าจอตามรูปที่ ผ.2

เมื่อกดปุ่ม “ออกจากโปรแกรม” โปรแกรมจะทำการปิดโปรแกรมการใช้งาน



รูปที่ ผ.1 แสดงหน้าจอเมื่อเริ่มทำงาน

2. หน้าจอส่วนแสดงข้อกำหนดของโปรแกรม

เมื่อเข้าสู่โปรแกรม หน้าจอจะแสดงข้อมูลที่ใช้นโปรแกรมและข้อกำหนดของโปรแกรม ดังรูปที่ ผ.2 ดังนี้

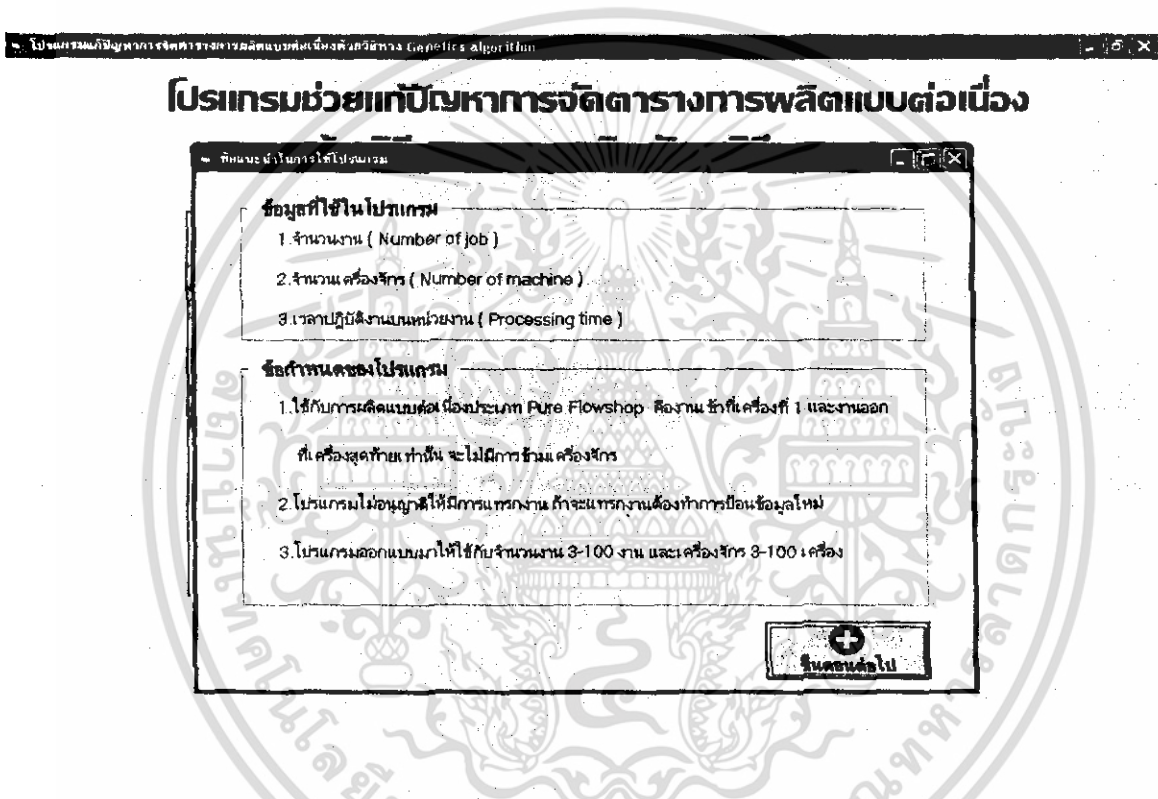
ข้อมูลที่ใช้นโปรแกรม

1. จำนวนงาน (number of job)
2. จำนวนเครื่องจักร (number of machine)
3. เวลาปฏิบัติงานบนหน่วยงาน (processing time)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อกำหนดของโปรแกรม

1. ใช้กับการผลิตแบบต่อเนื่องประเภท Pure Flow shop คือ งานเข้าที่เครื่องที่ 1 และงานออกที่เครื่องสุดท้ายเท่านั้น จะไม่มีการข้ามเครื่องจักร
 2. โปรแกรมไม่อนุญาตให้มีการแทรกงาน ถ้าจะแทรกงานต้องทำการป้อนข้อมูลใหม่
 3. โปรแกรมออกแบบมาให้ใช้กับจำนวนงาน 3- 100 งาน และจำนวนเครื่องจักร 3- 100 เครื่อง
- หลังจากอ่านรายละเอียดต่างๆแล้ว ให้คลิกปุ่ม “ขั้นตอนต่อไป” โปรแกรมจะเข้าสู่หน้าจอในการป้อนข้อมูลคังรูปที่ ผ.3 และ ผ.4 ต่อไป



รูปที่ ผ.2 แสดงข้อกำหนดและข้อมูลที่ใช้ใน โปรแกรม

3. หน้าจอส่วนแสดงการป้อนข้อมูล

หน้าจอส่วนนี้จะประกอบไปด้วย

1. ส่วนป้อนข้อมูลจำนวนงานและจำนวนเครื่องจักร
2. ส่วนป้อนค่าเวลาในการปฏิบัติงานบนหน่วยงาน
3. ส่วนแก้ไขค่าเวลาในการปฏิบัติงานบนหน่วยงาน

เมื่อทำการเข้าสู่หน้าจอส่วนป้อนข้อมูล ต้องทำการระบุจำนวนงานกับ จำนวนเครื่องจักร ระบุหน่วยเวลา ซึ่งในรูปแบบเป็นตัวอย่างขนาด 10 งาน 6 เครื่องจักร เมื่อคลิกปุ่ม “ยืนยันข้อมูล” โปรแกรมจะทำการสร้างตารางในการป้อนข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นมา หลังจากนั้นให้ป้อนค่าเวลาในการปฏิบัติงาน บนหน่วยงานลงในช่องที่ระบุ ซึ่งลักษณะการป้อนคือจะไล่จากซ้ายไปขวา และบนลงล่าง

ในกรณีที่มีการป้อนข้อมูลจำนวนงานและจำนวนเครื่องจักรผิดพลาด สามารถแก้ไขได้โดยการป้อนข้อมูลที่ช่องแก้ไขข้อมูล โดยทำการระบุจำนวนงานและจำนวนเครื่องจักรใหม่ แต่ในกรณีที่ป้อนค่าเวลาในการปฏิบัติงานผิดพลาดสามารถแก้ไขโดยการแก้ไขที่ช่องแก้ไขค่าเวลาในการปฏิบัติงาน ซึ่งต้องทำการระบุงานและเครื่องจักรที่เราจะแก้ไข

เมื่อคลิกปุ่ม “ประมวลผล” โปรแกรมจะทำการคำนวณจากค่าข้อมูลที่เราได้ป้อนเข้าไป ซึ่งจะแสดงในหน้าจอแสดงผลดังในรูปที่ ผ.5

เมื่อคลิกปุ่ม “บันทึกข้อมูล” โปรแกรมจะทำการบันทึกข้อมูล

เมื่อคลิกปุ่ม “เรียกดูข้อมูล” โปรแกรมจะทำการเรียกข้อมูลที่เรานำบันทึกไว้ทั้งหมดขึ้นมา ให้ผู้ใช้งานระบุชื่อข้อมูลที่จะเปิดดู

เมื่อคลิกปุ่มการ “ใช้งานของโปรแกรม” โปรแกรมจะแสดงหน้าจอส่วนช่วยเหลือซึ่งจะมี ทฤษฎีการผลิต ทฤษฎีจเนติกอัลกอริทึม และการใช้งานโปรแกรม

เมื่อคลิกปุ่ม “ออกจากโปรแกรม” โปรแกรมจะขึ้นข้อความถามว่า “ต้องการออกจากโปรแกรมหรือไม่” ถ้าต้องการก็ตอบ “ตกลง”

ซึ่งในกรณีที่ผู้ใช้งานไม่เข้าใจการป้อนข้อมูลใน โปรแกรม ก็สามารถดูวิธีการป้อนข้อมูลได้ที่ช่องทางขวาของหน้าจอ

วิธีการกรอกข้อมูล

1. ทำการระบุจำนวนงานที่ช่อง "จำนวนงาน" และจำนวน เครื่องจักรที่ช่อง "จำนวน เครื่อง"
2. เลือกหน่วย เวลาและทำการป้อนข้อมูล โปรแกรมจะสร้างตารางป้อนข้อมูลขึ้นมา
3. ทำการกรอกข้อมูลเวลาในการปฏิบัติงาน ลงในช่อง "ป้อนค่าเวลาในการปฏิบัติงาน" ลักษณะการกรอกข้อมูลจะเรียงตามนี้

	เครื่อง1	เครื่อง2	เวลารวม
งาน1	1	2	
งาน2	3	4	

ทุกครั้งที่ป้อนข้อมูลให้กด enter ส่วนช่องเวลารวมไม่ต้องป้อนข้อมูลแต่ต้องกด enter

4. ช่องแก้ไขค่าเวลาใช้ในการแก้ไขเวลาโดย การระบุงานและตำแหน่งของ เครื่องจักร
5. ถ้าต้องแก้ไขข้อมูลที่ทั้งหมดกดแก้ไขข้อมูล

รูปที่ ผ.3 แสดงหน้าจอที่ใช้ในการป้อนข้อมูลจำนวนงานและจำนวนเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลที่ไว้ในโปรแกรม

ป้อนค่าข้อมูลจำนวนงานและเครื่องจักร

จำนวนงาน 10 งาน	จำนวนเครื่องจักร 6 เครื่อง	หน่วยเวลา วันที่
--------------------	-------------------------------	---------------------

ป้อนค่าเวลาในการปฏิบัติงาน

78 วันที่	แก้ไขข้อมูล	แก้ไขข้อมูล
-----------	-------------	-------------

แก้ไขค่าเวลาในการปฏิบัติงาน

งานที่	เครื่องที่	วันที่
เวลาในการปฏิบัติงาน		

งานที่	เครื่องที่2	เครื่องที่3	เครื่องที่4	เครื่องที่5	เครื่องที่6	เวลารวม
งานที่3	44	55	78	45	58	346
งานที่4	24	78	23	45	75	290
งานที่5	12	23	35	58	65	267
งานที่6	78	79	56	25	34	345
งานที่7	45	12	23	35	65	245
งานที่8	87	85	45	46	25	327
งานที่9	56	55	44	45	46	334
งานที่10	39	25	89	98	65	352

วิธีการกรอกข้อมูล

1. ทำการระบุจำนวนงานที่ช่อง "จำนวนงาน" และจำนวนเครื่องจักรที่ช่อง "จำนวนเครื่อง"
2. เลือกหน่วยเวลาและทำการยืนยันข้อมูล โปรแกรมจะสร้างตารางป้อนข้อมูลขึ้นมา
3. ทำการกรอกข้อมูลเวลาในการปฏิบัติงานลงในช่อง "ป้อนค่าเวลาในการปฏิบัติงาน" ลักษณะการกรอกข้อมูลจะเรียงตามนี้

	เครื่อง1	เครื่อง2	เวลารวม
งาน1	1	2	
งาน2	3	4	

4. ช่องแก้ไขค่าเวลาใช้ในการแก้ไขเวลาโดยการระบุมาและตำแหน่งของเครื่องจักร
5. ถ้าต้องแก้ไขข้อมูลทั้งหมดกดแก้ไขข้อมูล

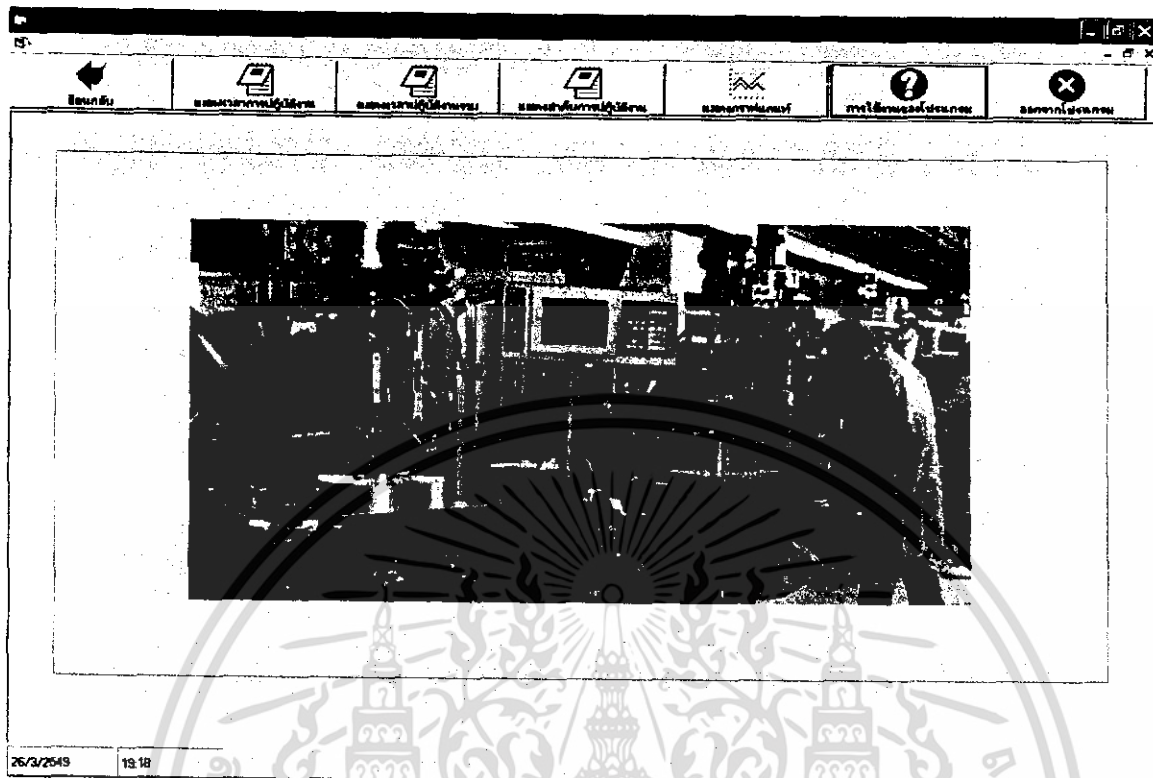
รูปที่ ผ.4 แสดงการป้อนข้อมูล

4. หน้าจอส่วนแสดงผล

หน้าจอส่วนแสดงผลจะประกอบไปด้วย 7 ส่วนคือ

1. เมื่อกดปุ่ม "ย้อนกลับ" โปรแกรมจะทำการย้อนกลับไปสู่หน้าจอการป้อนข้อมูลใหม่
2. เมื่อกดปุ่ม "แสดงเวลาในการปฏิบัติงาน" โปรแกรมจะทำการแสดงตารางระบุเวลาในการปฏิบัติงาน ดังรูปที่ ผ.6
3. เมื่อกดปุ่ม "แสดงเวลาในการปฏิบัติงานรวม" โปรแกรมจะทำการแสดงตารางระบุเวลาในการปฏิบัติงานรวม ดังรูปที่ ผ.7
4. เมื่อกดปุ่ม "แสดงลำดับในการปฏิบัติงาน" โปรแกรมจะทำการแสดงตารางระบุลำดับในการปฏิบัติงาน ดังรูปที่ ผ.8
5. เมื่อกดปุ่ม "แสดงกราฟแกนต์ชาร์ต" โปรแกรมจะทำการแสดงกราฟแกนต์ในการปฏิบัติงานดังรูปที่ ผ.9
6. เมื่อกดปุ่ม "การใช้งานโปรแกรม" โปรแกรมจะทำการเปิดหน้าจอการช่วยเหลือขึ้นมา
7. เมื่อกดปุ่ม "ออกจากโปรแกรม" โปรแกรมจะทำการแสดงข้อความระบุว่า "ต้องการออกจากโปรแกรมหรือไม่" ถ้าต้องการก็กด "ตกลง"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.5 แสดงหน้าจอแสดงผล

4.1 หน้าจอแสดงเวลาในการปฏิบัติงาน

ดังรูปที่ ผ.6 จะประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

1. ส่วนแสดงผล เมื่อกดปุ่ม “แสดงผล” โปรแกรมจะทำการแสดงตารางแสดงเวลาในการปฏิบัติงานขึ้นมา ซึ่งค่าในตารางทางซ้ายมือ คือ ลำดับงานที่ได้โดยเรียงจากบนลงล่าง
2. ส่วนบันทึกข้อมูล เมื่อกดปุ่ม “บันทึกข้อมูล” โปรแกรมจะทำการบันทึกข้อมูล
3. ส่วนเรียกดูข้อมูล เมื่อกดปุ่ม “เรียกดูข้อมูล” โปรแกรมจะทำการเรียกดูข้อมูลที่บันทึกไว้ขึ้นมาเพื่อให้ผู้ใช้งานทำการระบุข้อมูลที่ต้องการจะเรียกดู

ในกรณีที่ผู้ใช้งานไม่เข้าใจวิธีการดูค่าในตารางสามารถดูวิธีการดูค่าได้จากช่องทางขวามือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงเวลาในการปฏิบัติงาน

ตารางแสดงเวลาในการปฏิบัติงาน

	เครื่องที่ 1	เครื่องที่ 2	เครื่องที่ 3	เครื่องที่ 4	เครื่องที่ 5	ค่า
งานที่ 4	45	24	78	23	45	
งานที่ 10	38	39	25	89	98	
งานที่ 6	73	78	79	56	25	
งานที่ 3	66	44	55	78	45	
งานที่ 2	95	16	26	35	64	
งานที่ 1	45	60	78	22	32	
งานที่ 8	59	67	85	45	46	
งานที่ 7	65	45	12	23	35	
งานที่ 5	74	12	23	35	58	
งานที่ 9	78	66	55	44	45	

วิธีการคุมที่คำนวณ

เป็นตารางที่แสดงถึงระยะเวลาการปฏิบัติงานในแต่ละเครื่องจักร (Process time) โดยจะมีการเรียงลำดับงานให้เหมาะสมต่อการจัดตารางงานที่ดีที่สุด

	เครื่อง 1	เครื่อง 2	เครื่อง 3
งาน 2	4	3	7
งาน 1	5	6	8
งาน 3	2	3	6

จากตารางข้างบนสามารถอ่านผลได้ว่า งาน 1 ว่างงาน มีลำดับการเข้าคือ งาน 2 เข้าเป็นอันดับแรก และตามมาด้วย งาน 1 และ งาน 3 เป็นอันดับ 2 และ 3 ตามลำดับ วิธีการอ่านตัวเลขในตาราง ยกตัวอย่างการอ่านได้ เช่น งาน 2 ที่ เครื่องจักร 1 มีเวลาปฏิบัติงานเป็นเวลา 4 นาที

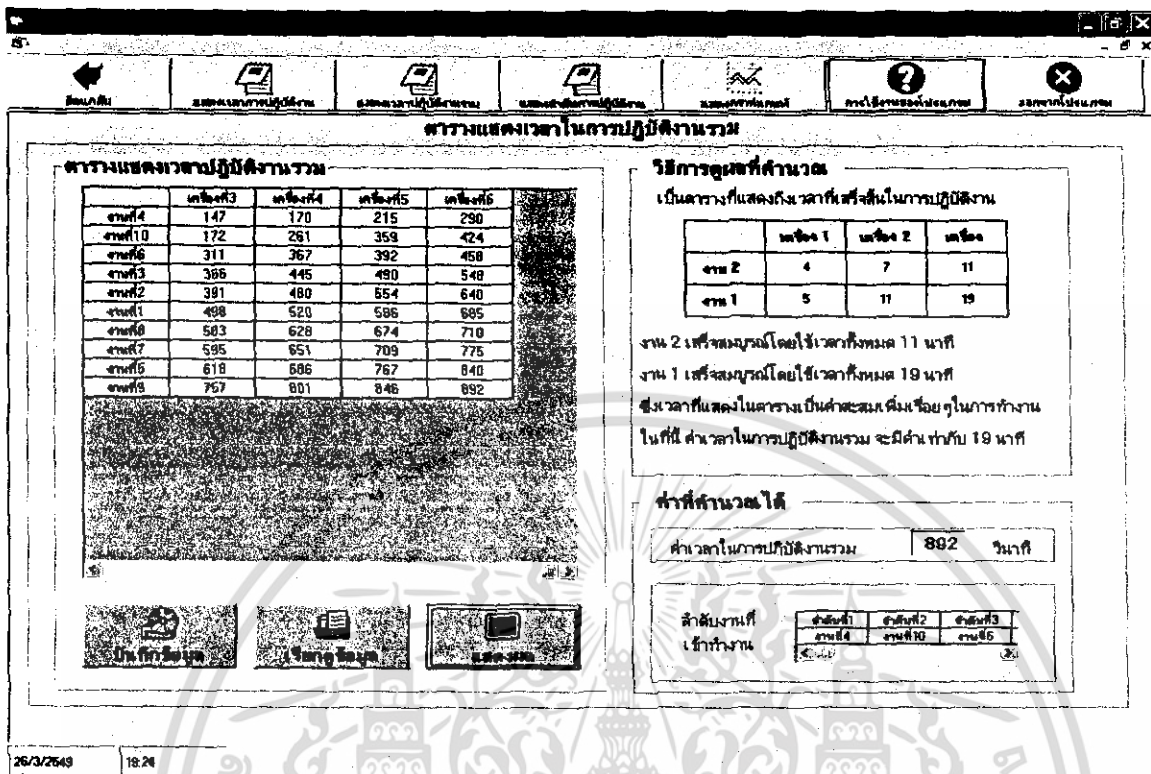
รูปที่ ผ.6 แสดงตารางระบเวลาในการปฏิบัติงาน

4.2 หน้าจอแสดงเวลาในการปฏิบัติงานรวม

ดังรูปที่ ผ.7 จะประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

1. ส่วนแสดงผล เมื่อคลิกปุ่ม "แสดงผล" โปรแกรมจะทำการแสดงตารางแสดงเวลาในการปฏิบัติงานรวมขึ้นมา ซึ่งค่าในตารางทางซ้ายมือ คือ ลำดับงานที่ได้โดยเรียงจากบนลงล่าง และโปรแกรมจะแสดงค่าเวลาในการปฏิบัติงานรวม รวมทั้งลำดับงานที่ได้ ทางช่อง "ค่าที่คำนวณได้" ซึ่งอยู่ทางขวามือด้านล่าง
2. ส่วนบันทึกข้อมูล เมื่อคลิกปุ่ม "บันทึกข้อมูล" โปรแกรมจะทำการบันทึกข้อมูล
3. ส่วนเรียกดูข้อมูล เมื่อคลิกปุ่ม "เรียกดูข้อมูล" โปรแกรมจะทำการเรียกดูข้อมูลที่บันทึกไว้ขึ้นมาเพื่อให้ผู้ใช้งานทำการระบุชื่อข้อมูลที่ต้องการจะเรียกดู

ในกรณีที่ผู้ใช้งานไม่เข้าใจวิธีการดูค่าในตารางสามารถดูวิธีการดูค่าได้จากช่องทางขวามือ



รูปที่ ผ.7 หน้าจอแสดงผลเวลาในการปฏิบัติงานรวม

4.3 หน้าจอแสดงลำดับในการปฏิบัติงาน

ดังรูปที่ ผ.8 จะประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

1. ส่วนแสดงผล เมื่อกดปุ่ม “แสดงผล” โปรแกรมจะทำการแสดงตารางแสดงลำดับในการปฏิบัติงานขึ้นมา ซึ่งค่าในตาราง จะระบุลำดับงาน เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน เวลาที่งานเริ่มต้น เวลาที่งานสิ้นสุด ซึ่งจะบอกกว่างานที่เท่าไร เข้าทำงานที่เครื่องที่เท่าไร
2. ส่วนบันทึกข้อมูล เมื่อกดปุ่ม “บันทึกข้อมูล” โปรแกรมจะทำการบันทึกข้อมูล
3. ส่วนเรียกดูข้อมูล เมื่อกดปุ่ม “เรียกดูข้อมูล” โปรแกรมจะทำการเรียกดูข้อมูลที่บันทึกไว้ขึ้นมาเพื่อให้ผู้ใช้งานทำการระบุชื่อข้อมูลที่ต้องการจะเรียกดู

ในกรณีที่ผู้ใช้งานไม่เข้าใจวิธีการดูค่าในตารางสามารถดูวิธีการดูค่าได้จากช่องทางขวามือ

4.4 หน้าจอแสดงกราฟแกนต์ชาร์ต

ดังรูปที่ ผ.9 เมื่อกดปุ่ม “แสดงกราฟ” โปรแกรมจะทำการแสดงกราฟแกนต์ชาร์ตออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงลำดับและเวลาในการปฏิบัติงาน

ลำดับ	ชื่องาน	เวลาที่เริ่มปฏิบัติงาน	จำนวนเครื่อง	เวลาที่เริ่ม	เวลาที่จบ	เครื่องที่
38	งานที่8	57	18	420	487	เครื่องที่
39	งานที่8	55	24	498	583	เครื่องที่
40	งานที่8	45	27	563	529	เครื่องที่
41	งานที่8	46	29	528	574	เครื่องที่
42	งานที่8	25	34	685	710	เครื่องที่
43	งานที่7	55	17	419	484	เครื่องที่
44	งานที่7	45	22	487	532	เครื่องที่
45	งานที่7	12	27	583	595	เครื่องที่
46	งานที่7	23	29	628	651	เครื่องที่
47	งานที่7	35	33	674	709	เครื่องที่
48	งานที่7	65	37	710	775	เครื่องที่
49	งานที่5	74	21	484	558	เครื่องที่
50	งานที่5	12	26	558	570	เครื่องที่
51	งานที่5	23	28	595	518	เครื่องที่
52	งานที่5	35	32	651	686	เครื่องที่
53	งานที่5	58	36	709	757	เครื่องที่
54	งานที่5	65	39	775	840	เครื่องที่
55	งานที่5	78	26	858	636	เครื่องที่
56	งานที่9	65	30	636	702	เครื่องที่
57	งานที่9	35	35	702	757	เครื่องที่
58	งานที่3	44	38	757	801	เครื่องที่
59	งานที่9	45	40	801	846	เครื่องที่
60	งานที่9	45	41	846	892	เครื่องที่

วิธีการอ่านเครื่องหมาย

ลำดับ	ชื่องาน	จำนวนเครื่อง	เวลาที่เริ่ม	เวลาที่จบ	วันที่	
1	งาน1	4	0	4	เครื่อง1	
2	งาน1	5	1	9	เครื่อง2	
3	งาน1	6	2	9	15	เครื่อง3

จากตารางสามารถอ่านผลได้ว่า
 งาน 1 ผ่านเครื่อง 1 มีเวลาเริ่มต้น = 0 เวลาสิ้นสุด = 4
 โดยมีระยะเวลาปฏิบัติงาน = 4 ซึ่งไม่มีงานก่อนหน้า
 งาน 1 ผ่านเครื่อง 2 มีเวลาเริ่มต้น = 4 เวลาสิ้นสุด = 9
 โดยมีระยะเวลาปฏิบัติงาน = 5 มีลำดับ 1 เป็นงานก่อนหน้า
 งาน 1 ผ่านเครื่อง 3 มีเวลาเริ่มต้น = 9 เวลาสิ้นสุด = 15
 โดยมีระยะเวลาปฏิบัติงาน = 6 มีลำดับ 2 เป็นงานก่อนหน้า

รูปที่ ผ.8 หน้าจอแสดงลำดับ ในการปฏิบัติงาน

การนำเสนอผลการปฏิบัติงาน

วิธีดูกราฟ

1. ลำโพงแนวนอน คือ เวลาที่ช่วยตามที่เราได้กำหนดข้างต้น
2. ลำโพงแนวตั้งคือลำดับงาน เช่น งานมีลำดับคือ 2 4 1 3 เลข 1 ในกราฟงานที่ 2 เลข 2 คืองานที่ 4
3. สีที่แสดงในกราฟ สีที่เหมือนกันคือทำงานที่เครื่องเดียวกัน แต่สีที่ไม่ครบทุกงานแสดงว่า สีนั้นไม่มีการทำงานเกิดขึ้น คือเป็นช่องว่าง

รูปที่ ผ.9 หน้าจอแสดงกราฟแกนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้