สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมเพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง

นายกฤตย์ สุนทรชัยนุกูล
นายธนธัช กัปปิยจรรยา
นายรังสรรค์ คำชาลี

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 62778
วัน,เดือน,ปี 22 ส.ค. 2549
b 11630632
.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น 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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมเพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง

Applied Genetic Algorithms to Solved for Flow Shop Scheduling Problem

นักศึกษา

นาย กฤตย์ สุนทรชัยนุกูล	รหัสประจำตัว	45010016
นาย ธนธัช กัปปิยจรรยา	รหัสประจำตัว	45010311
นาย รังสรรค์ คำชาลี	รหัสประจำตัว	45010636

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

(ผศ.ดร.สรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์)

(อาจารย์เชาวลิต หามนตรี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมเพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง		
นักศึกษา	นาย กฤตย์ สุนทรชัยนุกูล	รหัสประจำตัว	45010016
	นาย ธนธัช กัปปิยจรรยา	รหัสประจำตัว	45010311
	นาย รังสรรค์ คำชาลี	รหัสประจำตัว	45010636
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง		
ปีการศึกษา	2548		
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ผศ.ดร. สรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์ อ.เชาวลิต หามนตรี		

บทคัดย่อ

ปัญหาการจัดลำดับและตารางการผลิตเป็นปัญหาที่สำคัญมากปัญหาหนึ่งในระบบการผลิต ดังนั้นปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจัดลำดับงานโดยใช้วิธีเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ถูกสร้างขึ้นด้วยโปรแกรมภาษาวิชัวล์ เบสิก (Visual Basic เวอร์ชั่น 6.0) ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าการใช้เจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบให้ค่าเวลารวมในการผลิตที่มีความเหมาะสมเมื่อเทียบกับวิธีฮิวริสติก สรุปได้ว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นโดยการใช้เจเนติกอัลกอริทึม จะให้ผลของคำตอบที่ดีสำหรับการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ABSTRACT

Job sequencing and job scheduling are view as one of the most critieal 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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่องการประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมเพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องส่งผลให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

อาจารย์เชาวลิต หามนตรี อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับการให้โอกาสในการศึกษาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งความรู้ คำแนะนำ ความช่วยเหลือและความเอาใจใส่ในทุกๆด้านตลอดเวลาที่ผ่านมา

ผศ.ดร.สรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับคำแนะนำ กำลังใจในการทำงาน ความเอาใจใส่ ความช่วยเหลือในทุกๆด้านและทุกสิ่งทุกอย่างตลอดระยะเวลาของการศึกษาในระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิศวกรรมศาตรบันฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ

รศ.พรศักดิ์ อรรถวานิช หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับคำแนะนำ กำลังใจในการทำงาน ความเอาใจใส่และทุกสิ่งทุกอย่างตลอดระยะเวลาของการศึกษาในระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิศวกรรมศาตรบันฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ

ดร.สิทธิพร พิมพ์สกุล กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับความรู้ คำแนะนำ และความช่วยเหลือทุกๆด้านในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

อาจารย์พลชัย โชติปรายนกุล กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับความรู้ คำแนะนำ กำลังใจในการทำงานและความช่วยเหลือทุกๆด้าน

ขอบคุณเพื่อนทุกคนสำหรับความช่วยเหลือ และกำลังใจ จนทำให้ปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นายกฤตย์ สุนทรชัยนุกูล
นายธนธัช กัปปิยจรรยา
นายรังสรรค์ คำชาลี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น 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 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิต..... 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 ตัวอย่างการใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการหาคำตอบของฟังก์ชั่น..... 17

2.10 สรุปทฤษฎีเจเนติกอัลกอริทึม..... 20

2.11 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิต..... 21

2.12 ทฤษฎีการจัดตารางการผลิตแบบต่างๆ..... 24

2.12.1 วิธีการของ แคมป์เบล ดูเดกซ์ สมิธ (CDS)..... 24

2.12.2 วิธีการของ นาวาซ (Nawaz)..... 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การออกแบบและวิธีการดำเนินงาน

3.1 การวางแผนการดำเนินงาน....29

3.1.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....29

3.2 โครงสร้างของเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิต....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 มิวเตชั่น (Mutation)....30

3.2.10 การเก็บค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากการมิวเตชั่น (Elite Preserve Strategy of Generation)....30

3.2.11 จำนวนรอบของการทำงาน (GA-loop)....30

3.2.12 การหยุด (Stop)....30

3.3 อัลกอริทึมของเจเนติก GA ในการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง....32

3.4 วิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมกับการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง....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 การมิวเตชั่น (Mutation)....39

3.4.9 เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด (Elite Preserve Strategy)....40

3.5 สรุปท้ายบท....41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

4.1 ค่าเวลาในการปฏิบัติงานที่ใช้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์
เพื่อช่วยในการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง..... 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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบคำศัพท์ระหว่างพันธุศาสตร์และเจเนติกอัลกอริทึม..... 11
ตารางที่ 2.2 กลุ่มประชากรตัวอย่างและค่าความเหมาะสม..... 15
ตารางที่ 2.3 การคำนวณหาคำตอบของ SGA กับฟังก์ชั่น $f(x) = x^2$..... 18
ตารางที่ 2.4 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบการไหลของงานแบบต่อเนื่อง (Flow Shop) และแบบไม่ต่อเนื่อง (Job Shop)..... 23
ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างตารางแสดงการค้นหาคำตอบ..... 34
ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างตารางแสดงการสร้างวงล้อรูลเล็ท..... 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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะภายนอกที่ปรากฏซึ่งเรียกว่า ฟีโนไทป์ 10
รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะทางเจเนติก แสดงถึงการแก้ปัญหาฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ 11
รูปที่ 2.3 ขั้นตอนของเจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย 13
รูปที่ 2.4 การรีโปรดักชั่นอย่างง่ายด้วยวิธีการใช้วงล้อรูลเล็ท
ที่มีขนาดของแต่ละช่องเป็นสัดส่วนกับค่าความเหมาะสม 16
รูปที่ 2.5 การครอสโอเวอร์อย่างง่ายเพื่อให้เห็นถึงการเปลี่ยนสตริง
และการแลกเปลี่ยนข่าวสาร โดยเลือกตำแหน่งไขว้แบบสุ่ม 16
รูปที่ 2.6 ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ $f(x) = x^2$ 18
รูปที่ 2.7 การไหลของงานแบบต่อเนื่อง (Flow Shop) 22
รูปที่ 2.8 การไหลของงานแบบไม่ต่อเนื่อง (Job Shop) 23
รูปที่ 2.9 แสดงโฟลว์ชาร์ตของวิธีการของ แคมป์เบล ดูเคกซ์ สมิธ (CDS) 25
รูปที่ 2.10 แสดงโฟลว์ชาร์ตของวิธีการของนาวาซ (Nawaz) 27
รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างและวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึม 31
รูปที่ 3.2 วงล้อรูลเล็ท 37
รูปที่ ผ.1 แสดงหน้าจอเมื่อเริ่มทำงาน ..... ผ 2
รูปที่ ผ.2 แสดงข้อกำหนดและข้อมูลที่ใช้ในโปรแกรม ..... ผ 3
รูปที่ ผ.3 แสดงหน้าจอที่ใช้ในการป้อนข้อมูลจำนวนงานและจำนวนเครื่องจักร ..... ผ 4
รูปที่ ผ.4 แสดงการป้อนข้อมูล ..... ผ 5
รูปที่ ผ.5 แสดงหน้าจอแสดงผล ..... ผ 6
รูปที่ ผ.6 แสดงตารางระบุเวลาในการปฏิบัติงาน ..... ผ 7
รูปที่ ผ.7 หน้าจอแสดงเวลาในการปฏิบัติงานรวม ..... ผ 8
รูปที่ ผ.8 หน้าจอแสดงลำดับในการปฏิบัติงาน ..... ผ 9
รูปที่ ผ.9 หน้าจอแสดงกราฟแกนต์ ..... ผ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการวางแผนการจัดการทางด้านการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไป นับว่ามีความสำคัญมาก เพราะโรงงานที่มีการวางแผนการผลิตที่ดีและมีประสิทธิภาพย่อมช่วยลดต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการผลิตให้ต่ำลง ทั้งนี้การจัดตารางการผลิตเป็นส่วนหนึ่งของการวางแผนการผลิตซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญมากของโรงงานอุตสาหกรรม เพราะเป็นการจัดสรรในเรื่องของต้นทุน และเวลาในการผลิต เพื่อใช้ได้อย่างคุ้มค่าที่สุดให้ทันกับการส่งมอบงาน ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงการผลิตให้ทันตามเวลาที่ลูกค้าต้องการด้วยปัญหาด้านการผลิตส่วนใหญ่มักเกิดกับโรงงานประเภทการผลิตบนเครื่องจักรหลายเครื่องหรือสถานีงานหลายสถานีงาน (Job Shop and Flow Shop Production) ดังนั้น ในการกำหนดงาน (Job Scheduling) หรือการจัดตารางการผลิตของโรงงาน โดยทั่วไปเป็นการจัดสรรทรัพยากรต่างๆ เช่น คน เครื่องจักรและเวลาให้กับงานใดๆ เพื่อใช้ในการผลิต ในการจัดตารางการผลิตค่อนข้างจะมีความยุ่งยากและซับซ้อน ดังนั้นผู้ที่มีหน้าที่จัดตารางการผลิตจะต้องพยายามจัดตารางการผลิตให้เหมาะสม มิฉะนั้นจะเกิดปัญหาในเรื่องประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร การปรับปรุงทางด้านการจัดตารางการผลิตเพื่อเพิ่ม ประสิทธิภาพในการทำงาน

ลักษณะของปัญหาการจัดลำดับงานและตารางการผลิตเป็นปัญหาประเภท NP-Hard แบบ Combinatorial Optimization (Boh, 1996) ซึ่งหมายถึงปัญหาที่ใช้เวลาในการหาคำตอบยาวนานและเวลาในการหาคำตอบจะเพิ่มมากขึ้นเป็นแบบเอ็กซ์โปเนเชียลเมื่อขนาดของปัญหาเพิ่มขึ้นในกรณีที่มีงานอยู่ N งาน จะสามารถจัดลำดับงานได้ N! การแก้ปัญหาการจัดลำดับงานสามารถทำได้โดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าต่ำสุดของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ เช่น วิธีโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) วิธีการแตกกิ่งและขอบเขต (Branch and Bound) หรือใช้วิธีการหาค่าที่ดีที่สุดโดยวิธีทางฮิวริสติกวิธีต่างๆ เช่น วิธีของแคมเบลล์ ดูเดกซ์ สมิทธ์ (Campbell Dudek and Smith) วิธีการของนาวาซ (Nawaz Enscore Ham) ฯลฯ นอกจากนี้ยังมีการนำเอาคอมพิวเตอร์ เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาทำให้การแก้ปัญหาง่ายขึ้น แต่อย่างไรก็ตามเมื่ออุตสาหกรรมมีการพัฒนามากขึ้นส่งผลให้การออกแบบผลิตภัณฑ์มีรูปแบบที่ซับซ้อนมากขึ้น ทำให้ปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้นขั้นตอนการทำงานก็เพิ่มมากขึ้นการคำนวณโดยใช้วิธีการแบบเดิมทำได้ยากและใช้เวลานานมาก (Yogathasan ,1996)

ปัจจุบันปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence : AI) ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในการแก้ปัญหาในโรงงานอุตสาหกรรมหลายๆ อย่างเนื่องจากสามารถใช้จัดการกับปัญหาที่มีความยุ่งยากซับซ้อนได้ดี จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms : GA) เป็นวิธีการของ AI อีกวิธีหนึ่งซึ่งสามารถนำเอามาใช้กับการแก้ปัญหาในโรงงานที่เป็นปัญหา ในการหาคำตอบที่ดีที่สุด เช่น การจัดสมดุลสายการผลิต การวางผังโรงงาน ฯลฯ ได้เป็นอย่างดี

เจเนติกอัลกอริทึม เป็นวิธีการค้นหาคำตอบโดยมีพื้นฐานมาจากกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติ (Natural Selection) และกระบวนการคัดเลือกทางพันธุศาสตร์ (Natural Genetics Selection) โดยการคัดเลือกสตริง (String) ที่มีความเหมาะสมจากกลุ่มของสตริงทั้งหมดด้วยวิธีการสุ่มจากการนำสตริงเหล่านี้ไปผ่านกระบวนการคัดเลือกสตริงที่มีความเหมาะสม ซึ่งสตริงที่มีความเหมาะสมนี้คือคำตอบที่ดีที่สุดหรือใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด เจเนติกอัลกอริทึม (GA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ใช่การสุ่มแบบง่ายๆ แต่มันเป็นการใช้ข้อมูลในอดีตอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อพิจารณาชุดที่จะต้องค้นหาใหม่โดยคาดหวังว่าสมรรถนะของการค้นหาจะดีขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. จัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อนำมาเป็นเครื่องมือในการจัดตารางการผลิตให้กับเครื่องจักรได้อย่างเหมาะสม โดยนำวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบ
2. จัดตารางการผลิตโดยมีการคำนึงถึง ค่าเวลารวมในการผลิต (Make span)

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

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

1.4 วิธีการวิจัย

1. ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของการศึกษาและปรับปรุง
3. ศึกษาโปรแกรมวิชวลเบสิค(Visual Basic)
4. สร้างตารางการผลิตที่เหมาะสม และจัดทำตัวแบบคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมวิชวลเบสิค (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 การแสดงผลของการจัดตารางการผลิตตามเกณฑ์การประเมินผล ได้แก่ ตารางแสดงเวลาในการปฏิบัติงาน , ตารางแสดงเวลาในการปฏิบัติงานรวม , ตารางแสดงลำดับการปฏิบัติงานและ กราฟแสดงลำดับการปฏิบัติงาน(Gantt Chart)
6. เปรียบเทียบค่าเวลาในการปฏิบัติงานรวมแบบเดิมซึ่งหมายถึงค่าที่ได้จากการคำนวณแบบฮิวริสติกได้แก่ วิธีของแคมเบลล์ ดูเดกซ์ สมิทธ์ (campbell dudek smith (CDS)) วิธีของกุปตา (Gupta) วิธีของฮันดาลและราจันดาน (Hundal &Rajgandal) วิธีแรนดอม เจนเนอเรชัน (Random generation)วิธีของแดนเนนบริงก์ (Dannenbring) วิธีของพาล์มเมอร์ (Palmer) วิธีของโฮและชาง (Ho & Chang) และวิธีค่าเวลาในการปฏิบัติงานรวมแบบใหม่ ซึ่งหมายถึงค่าที่ได้จากการคำนวณแบบเจเนติกอัลกอริทึม
7. สรุปผลและเสนอแนะ
8. จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

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

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นการประยุกต์ใช้วิธีเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับการจัดตารางการผลิต
2. เป็นแนวทางสำหรับผู้ที่สนใจเกี่ยวกับ การพัฒนาประสิทธิภาพการจัดตารางการผลิตในอุตสาหกรรมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เป็นการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำเอาวิธีเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่องโดยมีหัวข้อดังนี้

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

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิต

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปของ ขีดจำกัดที่เท่ากับหรือไม่เท่ากับโดยที่สมการเป้าหมาย (Objective Function) และขีดจำกัด (Constraints)จะมีตัวแปร ชุดเดียวกันซึ่งจะมีค่าเท่ากับศูนย์หรือหนึ่งเท่านั้น

เฮลเลอร์ (Heller,1959) ได้ทดลองศึกษาการจัดลำดับงานโดยการสุ่มตัวอย่าง (Random Sampling) โดยทดลองจัดลำดับงาน j งาน โดยวิธีการสุ่มโดยการสุ่มค่าจำนวน j ครั้ง จากตัวเลขสุ่ม (Random Numbers) ซึ่งมีการกระจายแบบยูนิฟอร์ม (Uniform) จาก 0 ถึง 1 จากนั้นจัดลำดับงานตามตัวเลขสุ่มที่ได้โดยทุกครั้งที่หาได้ก็จะเก็บค่าที่ดีที่สุดไว้ ซึ่งเมื่อนำคำตอบที่ได้จากการจัดโดยวิธีสุ่มมาเขียนกราฟพบว่าค่าเวลารวมของการกำหนดงานทั้งหมดของการสุ่มตัวอย่างมีการกระจายแบบปกติ (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)

กิกลีโอและวากเนอร์ (Giglio and Wagner,1963) ศึกษาการแก้ปัญหา 3 เครื่องจักร โดยวิธีโปรแกรมเชิงเส้นและการสุ่มตัวอย่างพบว่าวิธีโปรแกรมเชิงเส้นนั้นมีข้อดี คือถ้าสามารถทำได้สำเร็จค่าที่ได้ก็จะเป็นค่าที่ดีที่สุด แต่ขั้นตอนและวิธีการคำนวณนั้นจะค่อนข้างยากในทางปฏิบัติ ปัญหาของวิธีการนี้คือจำนวนของตัวแปรและขีดจำกัดที่จะมีมากขึ้นเรื่อยๆ ในกรณีที่ปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น ส่วนวิธีฮิวริสติกนั้นได้เลือกดัดแปลงวิธีของจอห์สันพบว่าจากการทดลอง 100 ครั้ง จะให้คำตอบ ที่ค่อนข้างดี ในส่วนของวิธีการสุ่มตัวอย่างนั้นจะต้องใช้ทฤษฎีพื้นฐานความน่าจะเป็นมาใช้ร่วมเพื่อใช้ในการหาคำตอบด้วย ซึ่งจะได้คำตอบที่ดีขึ้นในกรณีที่เพิ่มจำนวนครั้งในการสุ่มตัวอย่างมากขึ้น

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

ดูเดกซ์และทูทัน (Dudek and Tueton,1964) ได้ศึกษาถึงการจัดลำดับงาน n งาน โดยงาน แต่ละงานจะต้องถูกผลิตโดยเครื่องจักร m เครื่องตามลำดับที่เหมือนกันซึ่งวัตถุประสงค์ คือการจัดลำดับงานที่ดีที่สุดเพื่อให้เวลารวมน้อยที่สุด (Minimize Total Elapse Time) โดยรูปแบบในการแก้ปัญหาจะเป็นการแก้ปัญหาแบบหลายสถานี (M – Stage) ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการหาค่าเวลาว่างรวมของเครื่องจักรตัวสุดท้ายที่ผลิตงานนั้นๆ นั่นคือการที่เวลาว่างรวมของเครื่องจักรตัวสุดท้ายน้อยที่สุดก็จะมีผลทำให้เวลาที่ใช้ในการทำงานรวมน้อยไปด้วย

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

แมคมาฮอนและเบอร์ตัน (McMahon and Burton ,1966) ได้ศึกษาวิธีการแตกกิ่งและกำหนดขอบเขตเพื่อใช้กับปัญหา 3 เครื่องจักร ซึ่งวิธีนี้ได้นำไปใช้กับปัญหาการเดินทางของเซลล์แมนโดยลิตเติลและคณะ (Little, et al., 1963) และต่อมาได้ถูกนำมาใช้กับการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบ ต่อเนื่องโดยอิกนอลและชาทร์ (Ignall and Scharge, 1965) และ ลอมนิคกี(Lomnicki, 1965) วิธีพื้นฐานคือการแบ่งงานออกเป็นส่วนย่อยๆ และคำนวณหาค่าขอบเขตล่างที่ให้ค่าเวลาในการทำงานรวมต่ำสุดของส่วนย่อยนั้นๆ วิธีการนี้เป็นการจัดลำดับงานเป็นส่วนๆ (Partial Schedule) โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้แผนภาพต้นไม้ซึ่งแต่ละโหนดจะแทนการจัดลำดับส่วนหนึ่งและแตกกิ่งของโหนดคือการนำงานที่ไม่ได้จัดมาต่อ ซึ่งการจัดลำดับใหม่ จะแทนโหนดด้วยตัวใหม่ในแต่ละโหนดก็จะได้ค่าขอบเขตล่าง ซึ่งจะได้ค่าเวลาในการทำงานรวมของงานที่ได้จัดไปแล้วแต่ละครั้งก็จะทำการตรวจสอบว่าโหนดใดให้ค่าต่ำที่สุดก็จะพิจารณาเพื่อทำ แตกกิ่งต่อจนกระทั่งถึงขั้นตอนสุดท้ายที่ได้จัดงานจนหมดโหนด โดยให้ค่าเวลาในการทำงานรวม ต่ำสุดก็จะเลือกโหนดนั้นๆ ซึ่งวิธีนี้สามารถรับประกันได้ว่าจะได้ค่าที่ดีที่สุด ซึ่งจำนวนโหนดที่จะ นำมาพิจารณาจะมีค่าตั้งแต่ n(n+1)/2 จนถึง ค่า n! ค่าวิธีของอิกนอร์จะแตกต่างจากวิธีที่ได้ศึกษามาคือได้พัฒนาวิธีในการหาค่าขอบเขตล่างใหม่

วิสเมอร์ (Wismer,1969) ได้กล่าวถึงการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง โดยการนำวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาการเดินทางของเซลล์แมน (TSP) มาใช้ในการแก้ปัญหา โดยเพิ่มข้อจำกัดว่าจะไม่ยอมให้มีการรอในระบบ (No Intermediate Queues) ซึ่งสามารถที่จะให้คำตอบที่ดีเช่นกัน

แคมป์เบลและคณะ (Campbell, et al.,1970) ได้ศึกษาการจัดลำดับงานเพื่อให้ได้คำตอบที่ดีหรือใกล้เคียงความจริงที่สุด ซึ่งขั้นตอนในการทำงานนั้นจะประยุกต์วิธีของจอห์นสันโดยประยุกต์ใช้กับ เครื่องจักรที่มีมากกว่า 2 เครื่อง วิธีการนั้นเราจะสร้างแผนงานช่วยขึ้นมาจากแผนงานเดิมที่กำหนดให้ซึ่งลักษณะของแผนงานช่วยนี้จะมีลักษณะเหมือนการจัดลำดับงาน n ชนิด ที่ใช้กับ เครื่องจักร 2 เครื่องร่วมกันต่อจากนั้นจะจัดลำดับให้กับแผนงานช่วยที่ได้นี้ด้วยวิธีของจอห์นสัน ภายในแผนงานช่วยจะประกอบด้วย 2 หน่วยงาน จำนวนแผนงานช่วยเท่ากับ m – 1 วิธี ซึ่งจะได้การจัดตารางการผลิตจำนวน m - 1 วิธี จากนั้นทำการเลือกตารางที่ให้ค่าเวลาในการทำงานรวมน้อยที่สุด จากการทดลองเปรียบเทียบผลที่ได้กับวิธีของพาล์มเมอร์พบว่าให้ค่าที่ดีกว่า

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

เรดดีและรามามัวที (Reddi and Ramamoorthy,1972) ได้ศึกษาการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่องโดยจะไม่ยอมให้มีการรอคอยในระบบ (No Wait in Process) ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบการจัดตารางการผลิต 2 แบบ คือ การจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่องโดยไม่ยอมให้มีสินค้าคงคลังระหว่างการจัดตารางการผลิตเกิดขึ้น (Flow Shop Sequencing Problem with no Intermediate Storage) (FSNIS) และการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่องโดยไม่ยอมให้มีการรอคอยเกิดขึ้น (Flow Shop Sequencing Problem with Zero Finite Intermediate Storage) (FSFIS)

แดนเนนบริงก์ (Dannenbring,1977) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการแก้ปัญหาฮิวริสติกแบบต่างๆ พร้อมทั้งเสนอวิธีการใหม่ซึ่งวิธีการนี้จะเริ่มต้นจากคำตอบที่ดีอยู่แล้วและทำการ 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) ใช้หลักการสลับที่งานที่อยู่ใกล้กันโดยการปรับปรุงคำตอบที่ได้จาก (RA) โดยจะพิจารณาจากงานที่อยู่ใกล้กัน (Adjacent Job) แต่ละคู่ของงานที่ใกล้เคียงกัน (n-1) คู่จะถูกนำมาพิจารณา
3. Rapid Access with Extensive Search (RAES) จะใช้ลำดับที่ติดกันที่ดีที่สุดในการพิจารณาหาคำตอบให้ซึ่งจะ ทำการค้นหาไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้คำตอบที่ดีกว่า วิธีนี้จะใช้ได้ดีในกรณีที่ไม่จำกัดเวลาในการคำนวณหรือจำนวนรอบของการค้นหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทอนเนอร์และคณะ (Turner, et al.,1978) ได้กล่าวถึงวัตถุประสงค์ของการดำเนินการด้านการวางแผนการผลิต หรือการกำหนดงานให้แต่ละสถานีงานตามกำหนดการก็เพื่อว่าจะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานได้ต่ำสุดซึ่ง ค่าใช้จ่ายนี้อาจเกิดขึ้นมาจากการมีงานในกระบวนการผลิตมากเกินไป การที่คนงานหรือเครื่องจักรมีเวลาว่างมากไป การทำงานล่วงเวลาและการทำงานเสร็จล่าช้ากว่ากำหนด ซึ่งวิธีเก่าแก่ที่นิยมใช้อยู่ในการกำหนดงานและตารางการผลิต คือการใช้แผนภูมิแกนต์ มาช่วย แผนภูมิแกนต์จะมีประโยชน์มากในการแสดงงานที่วางแผนไว้เปรียบเทียบกับงานที่ได้ จริง

นาวาซ (Nawaz, et al.,1983) ได้ศึกษาถึงการจัดลำดับงานโดยทั่วไปซึ่งงานทุกงานจะต้องผ่านไปผลิตยัง เครื่องจักรหรือสถานีงานทุกสถานีโดยมีลำดับที่เหมือนกัน แต่จะให้ความสำคัญกับงานที่ใช้เวลารวม (Process time) มากที่สุดก่อน ซึ่งผลที่ต้องการจะจัดอย่างไรจึงจะให้ค่าเวลาในการทำงานรวม (Make span or Total Processing Time) ต่ำสุด ซึ่งวิธีการค้นฮิวริสติกที่ได้ศึกษานี้เป็นการแก้ปัญหาโดยที่ไม่จำเป็นต้องได้ค่าที่ดีที่สุดเสมอ แต่ต้องการให้มี ประสิทธิภาพและเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดโดยสามารถหาคำตอบที่ดีได้เช่นกัน วิธีการนี้จะให้ความสำคัญกับงานที่ใช้ เวลานานที่สุดก่อนและทำการลำดับของงานโดยใช้การจัดลำดับงานเป็นส่วนๆ (Partial Schedule) ซึ่งจะช่วยลดเวลาลง ได้มากจาก n! (n x (n-1) x(n-2) x...x 1) ทาง เหลือเพียง n(n+1)/2-1 ทางเท่านั้นซึ่งในทางปฏิบัติแล้ว ถ้าค่า n มีค่ามากก็ จะทำให้ช่วยลดเวลาในการทำงานได้มาก นอกจากนี้ยังได้ทำการทดลองโดยเปรียบเทียบกับวิธีของแคมป์เบลและคณะ (Campbell, et al., 1970) กับปัญหาขนาด 4-25 งาน และ 4-25 เครื่องจักร

ราจันดานและคณะ (Rajendran, et al.,1990) ได้ศึกษาวิธีการทางฮิวริสติก 2 แบบ สำหรับการจัดลำดับงานแบบ โฟลว์ชอปทั้งแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะให้เวลาทำงานน้อยที่สุด โดยจะใช้พื้นฐานของการ จัดลำดับงานแทรกลงไปยังงานส่วนหนึ่งที่ได้จัดลำดับไว้ก่อนหน้าแล้ว วิธีการนี้จะใช้ได้ดีมากในปัญหาขนาดต่างๆ จากการทดลองกับปัญหา 5-10 งาน กับ 3-25 เครื่องจักร โดยทำการทดลองกับ 700 ปัญหา พบว่าสามารถให้ค่าที่ดีที่สุด

สมิธและคณะ (Smith, et al.,1996) ได้ทำการวิจัยร่วมกันต่อจาก ดูเดกซ์ (Dudek, 1964) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการ จัดลำดับงาน โดยต้องการให้เวลาว่างของเครื่องจักรตัวสุดท้ายมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งจะมีผลให้สามารถลดค่าเวลาในการ ทำงานรวมลงด้วย

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำเอาเจเนติกอัลกอริทึมมาใช้แก้ปัญหา

ฮอลแลนด์ (Holland,1976) ได้พัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm) เพื่อนำไปใช้กับ ปัญหาต่างๆ แนวคิดนี้รู้จักกันดีในหมู่นักชีววิทยาซึ่งเกี่ยวข้องกับโครงสร้าง ทางพันธุกรรม (Genetic Structure) ของยีน ในการเลือกผสมพันธุ์พืช หรือสัตว์ ตัวอย่างเช่น ตัวลูก (Offspring) จะถูกเลือกให้ได้ลักษณะตามต้องการซึ่งจะดูตั้งแต่ ระดับยีนของพ่อแม่รวมกัน กระบวนการทางยีนต่างๆ สามารถกำหนดได้ วิธีที่นำมาใช้คือการสลับสายพันธุ์ (Crossover) ของยีนของพ่อแม่และการกลายพันธุ์โดยวิธีสุ่ม (Random Mutation)

โกล์เบอร์กและลินเกิล (Goldberg and Lingle,1985) ได้นำวิธีเจเนติกอัลกอริทึมไปใช้ในการแก้ปัญหาการเดินทาง ของเซลล์แมน (TSP) ในการเดินทางไปยังเมืองต่างๆ 200 เมืองโดยให้มีระยะสั้นที่สุดใช้วิธีการสลับสายพันธุ์แบบจัดคู่ เป็นส่วน Partially Mapped Crossover (PMX) ในการค้นหาเส้นทาง การเดินทางซึ่งได้ผลที่ดี

นาคาโนและยามาดะ (Nakano and Yamada,1989) ได้นำเจเนติกอัลกอริทึมไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการ ผลิตตามคำสั่งซื้อ (Job Shop Problem) หรือ JSP โดยการเข้ารหัสเป็นเลขฐานสอง และใช้วิธีการ "บังคับ" คำตอบเพื่อ ทำให้การลู่เข้าหาคำตอบเป็นไปอย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บีเกิลและคาเวิร์ (Biegel and Davern,1990) ได้นำเจเนติกอัลกอริทึมไปใช้ในการแก้ปัญหาการผลิต ตามคำสั่งซื้อแบบ n – Task 1 Processor (เครื่องจักร) แบบ n – Task 2 Processor และแบบ n - Task และ m - Processor

บัคชีและคณะ (Bagchi, et al.,1991) ได้นำเจเนติกอัลกอริทึมไปใช้ในการแก้ปัญหาการผลิตตามคำสั่งซื้อและได้ปรับปรุงวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมเพื่อให้ขยายช่วงของการค้นหาโดยใช้โครโมโซมที่มีลักษณะเฉพาะกับปัญหา

ฟัลเคนเนอร์ (Falkenauer,1991) ได้นำเจเนติกอัลกอริทึมไปประยุกต์ใช้กับปัญหาการจัดตารางการผลิตตามคำสั่งซื้อ โดยจัดตารางการผลิตที่มีเครื่องจักรหลายเครื่องและมีงานหลายงาน ผู้วิจัยได้แสดงถึงการเข้ารหัสสตริงและแสดงให้เห็น แนวทางในการแก้ปัญหา

เวอแลค (Verlag,1992) ได้กล่าวถึงวิธีการครอสโอเวอร์ 3 รูปแบบ คือการสลับสายพันธุ์แบบจัดคู่เป็นส่วน (Partially Mapped Crossover (PMX)) โดย โกล์เบอร์กและลินเกิล (Goldberg and Lingle, 1985) การสลับสายพันธุ์แบบลำดับ (Order Crossovers (OX)) โดย เดวิส(Davis, 1985) และการสลับสายพันธุ์แบบวัฏจักร (Cycle Crossover (CX)) โดย โอลิเวอร์(Oliver, 1982) จากผลการทดลองของโอลิเวอร์ ในการครอสโอเวอร์นำวิธีทั้ง 3 ไปทดสอบกับปัญหาการเดินทางของเซลล์แมนพบว่าวิธี OX ให้ผลดีกว่า PMX 11% และดีกว่า CX 15%

คลอทไมเออร์ (Krottmaier,1993) ได้กล่าวถึงเจเนติกอัลกอริทึมว่าเป็นวิธีการที่ดีในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนโดยใช้ความพยายามน้อยที่สุด โดยวิธีการ Inversion และRecombination 3 รูปแบบ ดังนี้ Partially mapped crossover (PMX), Order Crossovers (OX), Cycle Crossover (CX) แต่วิธีที่นิยมใช้กันคือ Order Crossver (OX) เพราะจะให้ค่าตัวลูกที่ดีขึ้นมาก

ไอดุคและคณะ (Aytug, et al.,1994) ศึกษาการทำจัดตารางการผลิตแบบไม่คงที่ (Dynamic Scheduling) โดยอาศัยแบบจำลองและสร้างปัญญาประดิษฐ์ (Intelligence Object) ที่สามารถตัดสินใจเองได้โดยการเรียนรู้จากการทำงานแบบจำลองเอง ซึ่งวิธีการเรียนรู้ถูกสร้างขึ้นโดยใช้เจเนติกอัลกอริทึม

โคเซและคณะ (Croce, et al.,1995) กล่าวถึงการเข้ารหัส Preference Rule และทำการปรับปรุงเจเนติกอัลกอริทึมเพื่อให้สามารถทำงานได้เร็วยิ่งขึ้น แล้วทำการเปรียบเทียบคำตอบกับวิธีการกำหนดตารางการผลิตโดยใช้วิธีฮิวริสติกร่วมกับเจเนติกอัลกอริทึม ซึ่งพบว่าเจเนติกอัลกอริทึมสามารถหาคำตอบได้ดีกว่า

รูบินและรากาซ (Rubin and Ragatz ,1995) ศึกษาตารางการผลิตโดยพิจารณาถึงเวลาในการติดตั้ง (Setup Time) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เวลาในการติดตั้งหรือค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดหรือเพื่อให้ได้เวลาในการทำงานรวมของงานน้อยที่สุด และนอกจากนั้นยังได้ศึกษาถึงปัญหากระบวน การจัดลำดับแบบขั้นตอนของสถานีทำงานเดียว (Single Stage) เพื่อให้ได้เวลาล่าช้า (Total Tardiness) น้อยที่สุดและใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการหาคำตอบปรากฏคำตอบที่ได้ใกล้เคียงกับ คำตอบที่ดี

ลีและคิม (Lee and Kim ,1995) ได้พัฒนาเจเนติกอัลกอริทึมแบบขนาน (Parallel) สำหรับปัญหาการจัดการผลิตสำหรับเครื่องจักรตัวเดียว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เวลาที่งานเสร็จเร็วกว่ากำหนด (Earliness) และเวลาที่งานเสร็จช้ากว่ากำหนด (Tardiness) ของวันส่งงาน (Due Date) น้อยที่สุด โดยใช้การเข้ารหัสเป็นแบบเลขฐานสองและประชากรย่อยในแต่ละส่วนสร้างได้จากงานที่สามารถทำได้ก่อนในตารางการผลิต

รีฟ (Reeves,1995) ได้นำเจเนติกอัลกอริทึมมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่องโดยมีวัตถุประสงค์ คือการหาวิธีการกำหนดงานเพื่อให้ได้ค่าเวลาในการทำงานรวม น้อยที่สุดสำหรับงาน n งาน m เครื่องจักร โดยเฉพาะกับปัญหาที่ขนาดใหญ่ ซึ่งในทางปฏิบัติ ต้องเสียเวลาในการคำนวณมาก ดังนั้นจึงต้องการเพียงคำตอบที่ดี (ไม่จำเป็นต้องดีที่สุด) เพื่อใช้เวลาในการหาคำตอบได้รวดเร็วยิ่งขึ้นจากการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองโดยวิธีนี้กับวิธี Simulated Annealing Algorithm (SM) และ Neighborhood Search (NS) โดยที่เวลาในการทำงาน i บนเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

2.3 แนวคิดที่ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการวิจัย

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

2.4 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเจเนติกอัลกอริทึม

ในปัจจุบันนี้ปัญหาที่ต้องการคำตอบที่มีความเหมาะสม (Optimal Solution) ทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ คอมพิวเตอร์ หรือในการทำงานต่างๆ ที่เกิดขึ้นมากมายนั้น สามารถหาคำตอบได้หลายๆ วิธี ซึ่งแตกต่างกันไปตามชนิดของปัญหา ความคิด เทคนิค วิธีการวิเคราะห์ปัญหานั้น และความแพร่หลายในการพัฒนาศักยภาพของคอมพิวเตอร์ให้รู้จักเรียนรู้เพื่อช่วยหาคำตอบหรือช่วยตัดสินคำตอบในขั้นต้นมีมากขึ้น โดยปัจจุบันมีนักวิทยาศาสตร์ได้เริ่มนำความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีหรือกฎเกณฑ์ทางธรรมชาติมาช่วยในการศึกษาวิจัย เช่น นิวรอลเน็ตเวิร์ค (Neural Network) ฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic) เป็นต้น เจเนติกอัลกอริทึมเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่จำลองรูปแบบวิธีการทางชีววิทยาในการกำเนิดประชากรรุ่นใหม่หรือขยายเผ่าพันธุ์ในรุ่นลูกรุ่นหลานต่อไป ซึ่งอาศัยพื้นฐานความคิดของวิวัฒนาการทางธรรมชาติถ่ายทอดลักษณะต่างๆ ทางพันธุกรรมโดยปฏิบัติตามกระบวนการทางพันธุศาสตร์ เพื่อใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดหรือใกล้เคียงที่สุดของปัญหาโดยคอมพิวเตอร์ออกมาให้เห็นเรียกว่า ฟีโนไทป์ (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) สิ่งมีชีวิตในรุ่นต่อๆ ไปโดยกระบวนการทางธรรมชาติทางชีววิทยาประกอบด้วยการคัดเลือกทางธรรมชาติ (Natural Section) คือสิ่งมีชีวิตใดที่แข็งแรงกว่าย่อมมีโอกาสอยู่รอดได้มากกว่า หมายถึงการมีโครโมโซมซึ่งประกอบไปด้วยยีนต่างๆ ที่มีลักษณะที่ดีนั้นจะมีโอกาสอยู่รอดได้มากกว่า โครโมโซมที่สามารถอยู่รอดได้ก็จะถูกถ่ายทอดยีน ที่มีลักษณะที่ดีเหล่านั้น ไปยังลูกหลานได้มากกว่าเช่นกัน และกระบวนการทางพันธุศาสตร์ (Genetic Operation) คือการกำหนดโครโมโซมใหม่โดยการผสมพันธุ์จากการครอสโอเวอร์หรือการกลายพันธุ์จากมิวเตชั่นโดยความเชื่อในวิวัฒนาการทางธรรมชาติที่แสดงถึงคุณลักษณะที่เป็นอยู่ของสิ่งมีชีวิตโดยการถ่ายทอดลักษณะต่างๆ บนโครโมโซมนั้นมีคุณสมบัติทั่วไปที่ยอมรับกันคือ

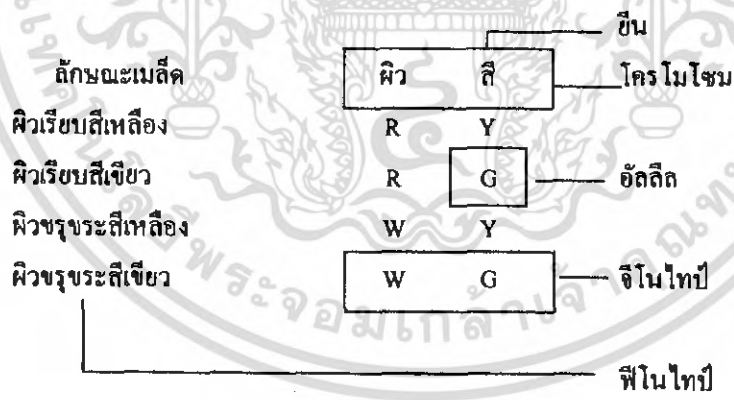
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. วิวัฒนาการเป็นผลที่เกิดขึ้น เนื่องจากความเปลี่ยนแปลงบนโครโมโซมที่เป็นอยู่ ซึ่งแสดงลักษณะของสิ่งมี ชีวิตนั้นๆ
2. ธรรมชาติทางการคัดเลือกมีความสัมพันธ์กับโครโมโซมที่แสดงถึงประสิทธิภาพของโครงสร้างที่ดีที่จะคัดเลือกเพื่อถ่ายทอดส่วนของโครงสร้างที่ดี
3. การถ่ายทอดในขณะที่เกิดวิวัฒนาการนั้นโครโมโซม พ่อ-แม่ มีการแลกเปลี่ยนส่วนโครงสร้างกันเพื่อสร้างโครงสร้างโครโมโซมลูกและสาเหตุที่ทำให้เกิดโครโมโซมลูกที่แตกต่าง คือกระบวนการผ่าเหล่าวิวัฒนาการทางธรรมชาติมิได้เป็นสิ่งที่เกิดจากความจดจำแต่เป็นกระบวนการที่เกิดจากโครงสร้างต่างๆในโครโมโซมเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นขณะนั้น

2.6 พันธุศาสตร์กับเจเนติกอัลกอริทึม

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

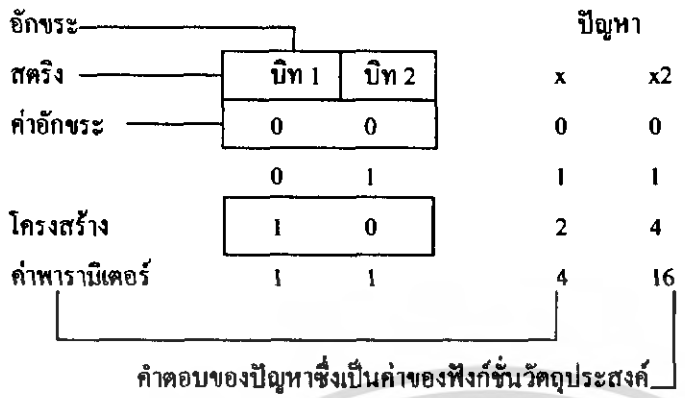
1. ลักษณะทางพันธุศาสตร์ของโครโมโซมควบคุมลักษณะของเมล็ดถั่ว ซึ่งมียีนลักษณะของผิวเมล็ด คือ มีลักษณะเรียบ (R) หรือขรุขระ (W) และยีนลักษณะสีของเมล็ดคือมีสีเหลือง (Y) และสีเขียว (G)



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะภายนอกที่ปรากฏซึ่งเรียกว่า ฟีโนไทป์

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะทางเจเนติก แสดงถึงการแก้ปัญหาฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบคำศัพท์ระหว่างพันธุศาสตร์และเจเนติกอัลกอริทึม

พันธุศาสตร์	เจเนติกอัลกอริทึม
โครโมโซม (Chromosome)	สตริง (String)
ยีน (Gene)	คุณลักษณะ, บิท (Character, Bit)
อัลลีล (Allele)	ค่าของคุณลักษณะ (Character Value, Bit Value)
โลกัส (Locus)	ตำแหน่ง (String Position)
จีโนไทป์ (Genotype)	โครงสร้าง (Structure)
พีโนไทป์ (Phenotype)	โครงสร้างคำตอบ (A Decode Structure)

การแก้ปัญหาทางด้านคณิตศาสตร์ด้วยเจเนติกอัลกอริทึม พารามิเตอร์ต่างๆ จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปของสตริง (Sting) หรือโครโมโซมประกอบด้วยอักขระ (Character) หรือบิท (Bit) แต่ละตำแหน่งของโครโมโซมจะเก็บค่าอักขระหรือค่าบิทที่แสดงโครงสร้างของแต่ละโครโมโซม ที่ให้คำตอบของปัญหาแตกต่างกัน ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมกับการแก้ปัญหาการหาค่าสูงสุดของ $f(x) = x^2$ โดยที่ x อยู่ในช่วง [0 , 4] และสามารถสรุปความหมายทางพันธุศาสตร์เทียบกับเจเนติกอัลกอริทึม ได้ดังตารางที่ 2.1

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

1. สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีแนวโน้มที่จะถ่ายทอดลักษณะของมันไปสู่ลูกหลานของมัน
2. ธรรมชาติทำให้สิ่งมีชีวิตมีลักษณะต่างๆ กัน
3. สิ่งมีชีวิตมีความเหมาะสม ซึ่งมีลักษณะที่เหมาะสมที่สุด มีแนวโน้มที่จะมีลูกหลานมากกว่าสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะไม่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้ประชากรอยู่รอดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เมื่อระยะเวลาผ่านไปยาวนานจะเกิดการกลายพันธุ์ (Variation) ขึ้นและเกิดสปีชีส์ใหม่ที่มีลักษณะเหมาะสมกับระบบนิเวศนั้น

2.7 ความหมายของเจเนติกอัลกอริทึม

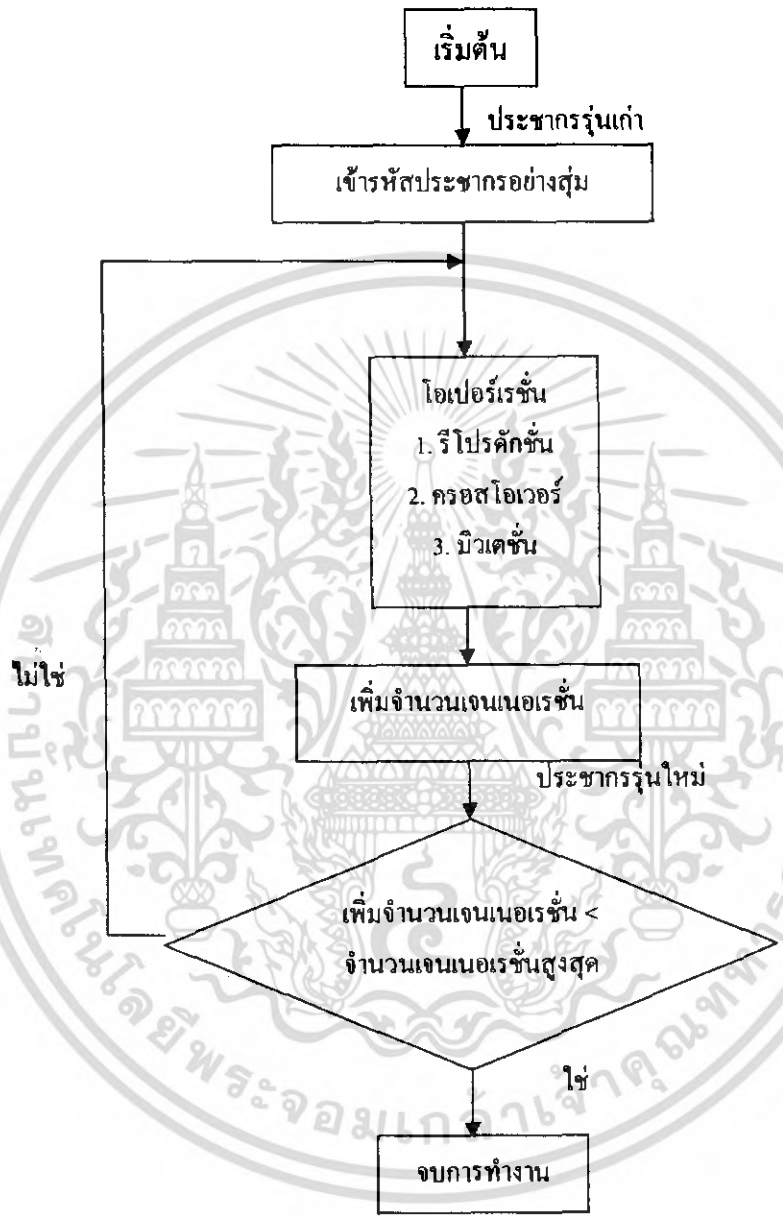
เจเนติกอัลกอริทึมเป็นวิธีการค้นหาคำตอบโดยมีพื้นฐานมาจากกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติ (Natural Selection) และกระบวนการคัดเลือกทางพันธุศาสตร์ (Natural Genetics Selection) โดยการคัดเลือกสตริงที่มีความเหมาะสมจากกลุ่มของสตริงทั้งหมดด้วยวิธีการสุ่มจากการนำสตริงเหล่านี้ไปผ่านกระบวนการคัดเลือกสตริงที่มีความเหมาะสมคำตอบที่ดีที่สุดหรือใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุดเจเนติกอัลกอริทึมไม่ใช่การสุ่มแบบง่ายๆ แต่มันเป็นการใช้ข้อมูลในอดีตอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อพิจารณาจุดที่จะต้องค้นหาใหม่โดยคาดหวังว่าสมรรถนะของการค้นหาจะดีขึ้น

เจเนติกอัลกอริทึมถูกพัฒนาขึ้นโดย ฮอลแลนด์(Holland, 1975) และคณะโดยมีเป้าหมายในการวิจัย 2 อย่าง คือ ข้อแรกเพื่อสรุปและดัดแปลงการใช้กระบวนการทางธรรมชาติให้ถูกต้องมากที่สุด ข้อสองเพื่อออกแบบและสร้างซอฟแวร์ที่รักษากลไกที่สำคัญของธรรมชาติและเจเนติกลกอริทึมแตกต่างกับวิธีการค้นหาและการหาคำตอบที่เหมาะสม (Optimization) แบบอื่นๆ คือ

1. เจเนติกอัลกอริทึมทำงานโดยการเข้ารหัสสตริงเป็นชุดพารามิเตอร์
2. เจเนติกอัลกอริทึมเป็นการค้นหาจากทั้งประชากรไม่ใช่ค้นหาเพียงตำแหน่งเดียว
3. เจเนติกอัลกอริทึมใช้ข่าวสารที่เป็นผลลัพธ์ (ฟังก์ชั่นเป้าหมาย) โดยไม่ใช้การอนุพันธ์หรือความรู้อื่นๆ
4. เจเนติกอัลกอริทึมจะเป็นวิธีแบบความน่าจะเป็นไม่ใช่ดีเทอร์มินีสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 เจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย (Simple Genetic Algorithm)



รูปที่ 2.3 ขั้นตอนของเจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย

ขั้นตอนการทำงานของเจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย (Simple Genetic Algorithm : SGA) ดังแสดงรูปที่ 2.3 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัลกอริทึมของเจเนติกอัลกอริทึม

```
BEGIN
    t : = 0;
    // สร้างประชากรโครโมโซมต้นกำเนิดโดยการสุ่ม
    Initial population P(t);
    // วิเคราะห์ค่าความเหมาะสมแต่ละโครโมโซมประชากรต้นกำเนิด
    Evaluate P(t);
    // ตรวจสอบเงื่อนไขความพอใจ (เช่น เวลา,ค่าความเหมาะสม เป็นต้น)
    while not terminate
    begin
        t := t+1;
        // คัดเลือกโครโมโซมต้นแบบจากประชากรรุ่นก่อน
        p'(t) : Select parents P(t-1);
        // แลกเปลี่ยนส่วนยีนภายในโครโมโซมต้นแบบ
        Recombine p'(t);
        // มิวเตชั่นโครโมโซมต้นแบบ
        Mutate p'(t);
        // วิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของประชากรรุ่นใหม่
        Evaluate p'(t);
        // ประชากรรุ่นใหม่กลายเป็นประชากรรุ่นเก่าต่อไป
        p(t) := p'(t);
    End
END
```

1. การเข้ารหัสและสร้างประชากรเริ่มต้นอย่างสุ่ม ขั้นตอนแรกของเจเนติกอัลกอริทึม คือการเข้ารหัสหรือแปลงค่าพารามิเตอร์ให้อยู่ในรูปของสตริงที่มีความยาวแน่นอน ซึ่งมีวิธีการเข้ารหัสนี้ขึ้นอยู่กับรูปแบบของปัญหาแต่ละปัญหาสำหรับเจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่ายใช้การเข้ารหัสแบบไบนารี (Binary Coding)

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

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

01101

11000

01000

10011

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าสตริงของประชากรเริ่มต้นนี้เกิดจากการสุ่มค่าทั้งหมด 20 ครั้ง สตริงแต่ละตัวทำการสุ่ม 5 ครั้ง

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

3. การดำเนินการของเจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย ประกอบไปด้วยตัวปฏิบัติการ 3 อย่างคือการรีโปรดักชั่น การครอสโอเวอร์ และ การมิวเตชั่น ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

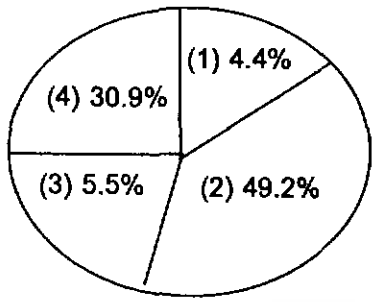
3.1. รีโปรดักชั่น (Reproduction) คือกระบวนการที่สตริงแต่ละตัวเลียนแบบ ค่าฟังก์ชั่นเป้าหมาย f(x) โดยที่ฟังก์ชั่นนี้อาจเป็นการวัดผลตอบแทนค่าอรรถประโยชน์ หรือสิ่งที่ต้องการให้เป็นค่าสูงสุดหรือค่าความเหมาะสม (Fitness) สตริงที่มีความเหมาะสมสูงกว่า ก็จะมีความน่าจะเป็นในการสนับสนุนลูกหลานรุ่นต่อไปสูงด้วยตัวปฏิบัติการนี้เกิดขึ้นจากกระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติตามทฤษฎีผู้อยู่รอดที่มีความเหมาะสมในธรรมชาติจะมีความสามารถในการรอดพ้นจาก ผู้ล่าโรคภัยไข้เจ็บอุปสรรคอื่นๆ ที่ต่อต้านการเจริญเติบโตเป็นผู้ใหญ่และสามารถสืบพันธุ์ต่อไปได้ ส่วนฟังก์ชั่นเป้าหมายจะเป็นสิ่งที่ใช้พิจารณาว่าสตริงที่สร้างขึ้นจะชีวิตอยู่หรือตายจากไป ตัวปฏิบัติการการรีโปรดักชั่นสามารถสร้างขึ้นได้หลายวิธี วิธีที่ง่ายวิธีหนึ่งคือสร้างจากวงล้อรูลเล็ทที่มีจำนวนช่องเท่ากับจำนวนประชากรสตริงและขนาดของช่องก็เป็นสัดส่วนกับค่าความเหมาะสม ดังรูปที่ 2.4 และค่าความเหมาะสมของฟังก์ชั่นเป้าหมายของประชากรแสดงในตารางที่ 2.2

ค่าความเหมาะสมทั้งหมดโดยรวมจะได้เท่ากับ 1170 และค่ารายละเอียดต่างๆ จะแสดง ดังตารางที่ 2.2 แสดงถึงวงล้อรูลเล็ทสำหรับการรีโปรดักชั่นซึ่งสร้างจากสัดส่วนของค่าความเหมาะสมของสตริงทั้งหมด เช่นสตริงหมายเลข 1 มีค่าความเหมาะสมเป็นรีโปรดักชั่น จะหมุนวงล้อเป็น 169 หรือ 14.4% (169/1170) ของค่าความเหมาะสมโดยรวมของทั้งประชากร ในการทำการรีโปรดักชั่นจะหมุนวงล้อเป็นจำนวน 4 ครั้งหรือเท่ากับจำนวนสตริง เช่นสตริงหมายเลข 1 มีค่าเป็น 169 คิดเป็น 14.4% ของค่าความเหมาะสมทั้งหมด ดังนั้นเมื่อหมุนรูลเล็ท 1 ครั้งก็จะมีความน่าจะเป็นที่ถูกเลือกเท่ากับ 0.144 ในการหมุนรูลเล็ทแต่ละครั้งจะได้ตัวแทนในการสืบพันธุ์ (Reproduction Candidate) สตริงที่มีความเหมาะสมสูงจะถูกคัดเลือกสำหรับการสืบพันธุ์ การรีโปรดักชั่นสำหรับสตริงลูกหลานในรุ่นต่อไปเมื่อสตริงมีรูปร่างที่แน่นอนแล้วก็จะถูกส่งไปเข้าเมทติ้งพูลเพื่อที่จะผ่านกระบวนการของตัวปฏิบัติการอื่นต่อไป

ตารางที่ 2.2 กลุ่มประชากรตัวอย่างและค่าความเหมาะสม

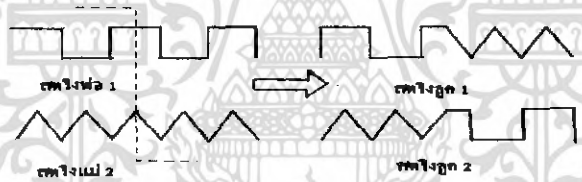
No.	สตริง	ค่าความเหมาะสม	% โดยรวม
1	01101	169	14.40
2	11000	576	49.20
3	01000	64	5.50
4	10011	361	30.90
รวม		1170	100.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 การรีโปรดักชั่นอย่างง่ายด้วยวิธีการใช้วงล้อรูลเล็ท
ที่มีขนาดของแต่ละช่องเป็นสัดส่วนกับค่าความเหมาะสม

3.2. กระบวนการของการครอสโอเวอร์ (Crossover) จะกระทำหลังจากประชากรทั้งหมดผ่านกระบวนการรีโปรดักชั่นแล้วจะทำการจับคู่สมาชิกในเมทติ้งพูลหรือกลุ่มประชากร ทั้งหมดอย่างสุ่มและทำการไขว้สลับค่าที่อยู่หลังตำแหน่งที่เลือกไว้จากการสุ่มหรือทำการ แลกเปลี่ยนส่วนกัน



รูปที่ 2.5 การครอสโอเวอร์อย่างง่ายเพื่อให้เห็นถึงการเปลี่ยนสตริง
และการแลกเปลี่ยนข่าวสารโดยเลือกตำแหน่งไขว้แบบสุ่ม

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

สมมุติว่าเลือกจำนวนสุ่มระหว่าง 1 ถึง 4 และได้ค่า k = 4 (แสดงโดยใช้สัญลักษณ์ " | " แทนการแยก) ผลของการครอสโอเวอร์สตริงที่เป็นประชากรรุ่นใหม่จะมีสัญลักษณ์ " | "

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3. การมิวเตชั่น (Mutation) มิวเตชั่นเป็นสิ่งที่จำเป็นถึงแม้ว่ารีโปรดักชั่นและ ครอสโอเวอร์ช่วยให้การค้นหาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพบางครั้งก็มีการสูญเสียส่วนที่สำคัญไป (ค่า 1 หรือ 0 ในบางตำแหน่ง) การมิวเตชั่นจะป้องกันส่วนที่เสียที่ไม่อาจเรียกคืนได้ (Irrecovery Loss) ในบางครั้งการหาคำตอบของเจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่ายคำตอบอาจติดอยู่ใน Local Optimal การมิวเตชั่นด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสมจะทำให้คำตอบสามารถหลุดออกจาก Local Optimal หรือ อาจกล่าวได้ว่าโอเปอร์เรเตอร์ของการมีมิวเตชั่นเป็นการเปลี่ยนค่าตำแหน่งสตริงแบบสุ่มจากปัญหาที่พิจารณาค่าจะเปลี่ยนแปลงจาก 0 เป็น 1 หรือ 1 เป็น 0 โดยการเลือกตำแหน่งที่จะทำการมิวเตชั่นแบบสุ่ม อัตราการมิวเตชั่นในธรรมชาติจะมีค่าค่อนข้างต่ำในการ นำไปใช้งานจะต้องมีการพิจารณาอย่างเหมาะสม

4. ประชากรรุ่นใหม่ (New Population) สตริงทั้งหมดที่ได้จากกระบวนการของเจเนติกอัลกอริทึม เรียกว่าประชากรรุ่นใหม่หรือเจนเนอเรชั่น (Generation) รุ่นใหม่ซึ่งจะกลายเป็น ประชากรรุ่นเก่าสำหรับการดำเนินการต่อไป กระบวนการของเจเนติกอัลกอริทึมจะทำซ้ำไปเรื่อยๆ จนกว่าเจนเนเรชั่นจะมากกว่าจำนวนเจนเนอเรชั่นที่กำหนดไว้สูงสุด

ซูเรกค์ (Surech,1995) ได้พิจารณาถึงการหาขนาดของประชากรจากอัตราส่วนของวิธีการที่ทั้งหมดของคำตอบที่เป็นไปไม่ได้ และอัตราส่วนของวิธีการที่ทั้งหมดของคำตอบที่เป็นไปได้

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

จากสมการที่ 2.1 ให้

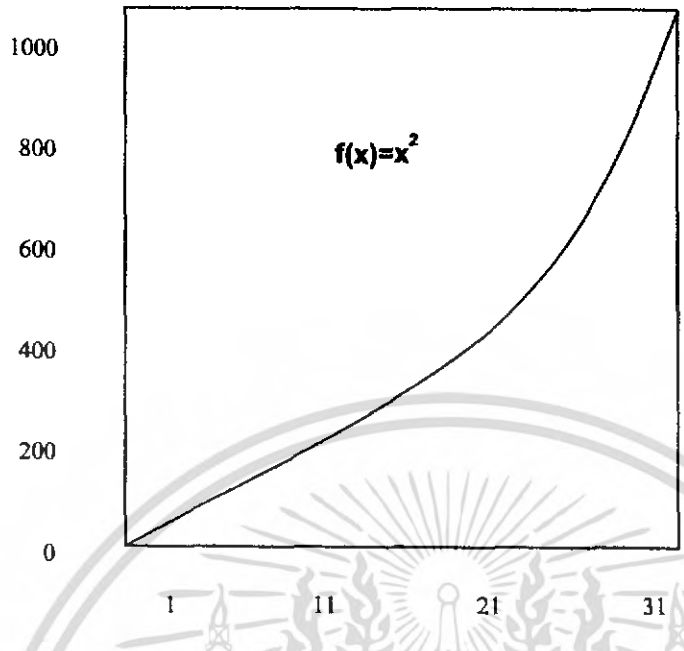
n	คือ	ขนาดของปัญหา
n!	คือ	จำนวนวิธีการที่จัดเรียงหรือจำนวนวิธีการจัดเรียงที่เป็นไปได้
n^n	คือ	จำนวนวิธีการที่จัดเรียงหรือจำนวนวิธีการจัดเรียงทั้งหมด

สามารถสรุปได้ว่าความน่าจะเป็นของในการสร้างประชากรคำตอบอย่างสุ่ม จะมีค่าเป็นศูนย์เมื่อ n มีค่ามากขึ้น สมมติว่า n มีค่าเป็น 8 ดังนั้น $8! / 8^8 = 1 / 416.1 = 2.403 \times 10^{-3}$ หรืออาจกล่าวได้ว่า โอกาสที่จะได้คำตอบที่ถูกต้องเป็น 1 ใน 416 ของคำตอบที่เป็นไปไม่ได้ ถ้ากำหนดจำนวนประชากรเป็น 100 และทำการคำนวณเพียงแค่ 1 เจนเนเรชั่นก็ไม่อาจคาดได้ว่าจะได้คำตอบที่ดีการกำหนดจำนวนประชากรเริ่มต้นและจำนวนของการเจนเนเรชั่นทั้งหมดจึงมีผลในการหาคำตอบ

2.9 ตัวอย่างการใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการหาคำตอบของฟังก์ชั่น

เนื้อหาในส่วนนี้จะเป็นการประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาคำตอบที่เหมาะสม (Optimization) หาค่าสูงสุดของฟังก์ชั่น $f(x) = x^2$ ทีละขั้นตอน โดย x เป็นตัวแปรที่มีค่าเปลี่ยนแปลงระหว่าง 1 ถึง 31 ดังรูปที่ 2.6 แสดงถึงลักษณะฟังก์ชั่น f(x) สำหรับปัญหานี้ตัวแปร x จะถูกเข้ารหัสให้เป็นไบนารี ที่มีความยาวสตริง 5 บิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
62778



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

วิธีการทำเริ่มจากเลือกประชากรแรกขึ้นมาอย่างสุ่ม โดยประชากรเริ่มแรกจะได้มาจากการโยนเหรียญ 20 ครั้ง จากตารางที่ 2.3 จะเห็นได้ว่าสตริงหมายเลข 3 ซึ่งมีค่าเป็น 01000 (นำมาเข้าแปลงเป็นเลขฐานสิบ คือ 23 = 8) จากนั้นก็จะแปลงให้อยู่ในฟังก์ชั่นเป้าหมาย $f(x) = x^2$ จะได้ค่าเป็น 64 สำหรับค่า x และ f(x) อื่นๆ ก็คิดในลักษณะเดียวกัน

ตารางที่ 2.3 การคำนวณหาคำตอบของ SGA กับฟังก์ชั่น $f(x) = x^2$

ก) การสุ่มสตริงเริ่มต้นและการรีโปรดักชั่น

หมายเลขสตริง	ประชากรเริ่มต้น (สร้างแบบสุ่ม)	ค่า x (Unsigned Integer)	$f(x)=x^2$	Pselect $f_i / \sum f$	Expected Count $f/\overline{f}$	Actual Count (จากวงล้อรูลเล็ท)
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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3(ต่อ) การคำนวณหาคำตอบของ SGA กับฟังก์ชั่น $f(x) = x^2$

ข) การครอสโอเวอร์

เมทติ้งพูลหลังจากการรีโปรดักชั่น	สตริงจับคู่ (เลือกแบบสุ่ม)	ตำแหน่งครอสโอเวอร์ (เลือกแบบสุ่ม)	ประชากรใหม่	ค่า x	$f(x) = x^2$
0110 1	2	4	01100	12	144
1100 0	1	4	11001	25	625
11 000	4	2	11011	27	729
10 011	3	2	10000	16	256
ผลรวมค่าเฉลี่ยสูงสุด					1754 439 729

หมายเหตุ

1. ประชากรเริ่มแรกทั้งสี่ตัว ในแต่ละตัวได้มาจากการสุ่มโยนเหรียญ 5 ครั้ง (มี 5 บิท)
2. รีโปรดักชั่นได้จากการหมุนวงล้อรูลเล็ท
3. ครอสโอเวอร์ได้จากการ โยนเหรียญสองเหรียญแล้วทำการถอดรหัส ($TT = 00_2 = 0$ ตำแหน่งที่ไขว้ คือ 1, $HH = 11_2 = 3$ = ตำแหน่งไขว้ คือ 4)
4. ความน่าจะเป็นของครอสโอเวอร์กำหนดให้เป็นหนึ่ง $p_c = 1.0$
5. ความน่าจะเป็นของมิวเตชั่นเป็น 0.001, Pm = 0.001 Expected mutation = $5 \times 4 \times 0.001$ จะมีค่าเท่ากับ 0.2 ไม่มีค่า Expected mutation ระหว่างประชากรเดี่ยว

ประชากรรุ่นต่อไปจะเริ่มต้นกระบวนการด้วยการรีโปรดักชั่นจากเมทติ้งพูล การหมุนวงล้อรูลเล็ท 4 ครั้ง ได้สตริงหมายเลข 1 และ 4 ได้รับการคัดเลือกไปยังรุ่นต่อไป 1 ครั้ง สตริง หมายเลข 2 ได้รับการคัดเลือกไปยังรุ่นต่อไป 2 ครั้ง สตริงหมายเลข 3 ไม่ได้รับการคัดเลือกไปยังรุ่นต่อไปเลย เมื่อเปรียบเทียบจำนวนครั้งที่ถูกคัดเลือกที่คาดหวังหรือ Expected Count (หาได้จาก $f_i / \bar{f}$) กับจำนวนครั้งที่ถูกคัดเลือกจริงจะเห็นได้ว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ค่าที่ดีที่สุดจะมีโอกาสที่จะถูกคัดเลือกมากกว่า ส่วนค่าที่ไม่ดีก็จะตายจากไป

ขั้นตอนต่อไปคือการครอสโอเวอร์ซึ่งจะต้องมีการจับคู่กันระหว่างสตริงโดยมี 2 ขั้นตอนคือ (1) สตริงจะถูกจับคู่อย่างสุ่มโดยใช้วิธีการโยนเหรียญจับคู่ (2) สตริงจะทำการครอสโอเวอร์โดยการโยนเหรียญเพื่อเลือกตำแหน่งที่จะไขว้ (Crossing Sites) เมื่อพิจารณาตาราง 2.3 (ข) อีกครั้ง จะเห็นได้ว่าจากการสุ่มจับคู่ในเมทติ้งพูล สตริงหมายเลข 2 จะจับคู่กับสตริงหมายเลข 1 และมีตำแหน่งการไขว้คือ 4 สตริงทั้งสองคือ 01101 และ 11000 เมื่อทำการไขว้จะได้สตริงตัวใหม่ คือ 01100 และ 11001 สตริงที่เหลือมีเมทติ้งพูลจะทำการไขว้กันในตำแหน่งที่สอง ดังแสดง ในตารางที่ 2.3 (ข)

ด้วปฏิบัติการสุดท้าย คือมิวเตชั่นซึ่งจะเปลี่ยนค่าเป็นบิทต่อบิท สมมุติความน่าจะเป็นของการมิวเตชั่นในการทดสอบเป็น 0.001 ตำแหน่งที่จะเปลี่ยนแปลงทั้งหมดมี 20 บิท (ได้จากจำนวนสตริง × จำนวนบิทของสตริงแต่ละตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5×4 = 20) เพราะฉะนั้นตำแหน่งบิทที่จะมิวเตชั่น ของประชากรรุ่นนี้คือ 20×0.001 = 0.002 บิท จากการคำนวณจะเห็นได้ว่าไม่มีบิทใด ต้องทำการมิวเตชั่นสำหรับค่าความน่าจะเป็นนี้ นั่นก็คือไม่มีบิทใดที่จะต้องเปลี่ยนค่าจาก 1 เป็น 0 หรือ 0 เป็น 1 สำหรับประชากรรุ่นนี้ แต่สมมุติว่าถ้าตำแหน่งบิทที่จะมิวเตชั่นของประชากร รุ่นนี้คือ 5 ดังนั้นตำแหน่งบิทที่ 5 จะต้องทำการเปลี่ยนค่าจาก 0 เป็น 1 หรือ 1 เป็น 0

หลังจากผ่านการรีโปรดักชั่น ครอสโอเวอร์ และมิวเตชั่นประชากรรุ่นใหม่ก็พร้อมที่จะถูกทดสอบโดยทำการเข้ารหัสสตริงใหม่คำนวณหาค่า X และค่าฟังก์ชั่น f(x) ตารางที่ 2.3(ข) แสดงถึงผลจากการทดลองจะเห็นได้ว่ากระบวนการที่เกี่ยวข้องกับความน่าจะเป็นทำให้ค่าสมรรถนะดีขึ้น ค่าความเหมาะสมของประชากรโดยเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 293 เป็น 439 ในขณะที่ค่าความเหมาะสมสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 576 เป็น 729 ถึงแม้ว่ากระบวนการสุ่มจะช่วยทำให้ค่าต่างๆ สูงขึ้น แต่ค่าต่างๆ ที่เพิ่มขึ้นเหล่านี้ไม่ใช่ความบังเอิญ ค่าสตริงที่ดีที่สุดของประชากรเริ่มแรกคือ (11000) จะมีการเลียนแบบสองครั้งเนื่องจากเป็นค่าที่สูงเกินกว่าค่าเฉลี่ยเมื่อรวมกับค่าสตริงตัวต่อไป (10011) แบบสุ่มและแบบทำการไขว้แบบสุ่มในตำแหน่งที่สองก็จะได้ผลลัพธ์เป็น (11011) ซึ่งก็จะเป็นค่าที่ดีเช่นกัน

ค่าพารามิเตอร์ของเจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่ายมีความสำคัญอย่างมาก ค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ในบางครั้งจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนไปตามรูปแบบของปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบที่ดี แต่บางครั้งก็ไม่อาจที่จะหาคำตอบที่ดีได้เนื่องจากไมเคิลวิกซ์(Michalewicz, 1992)

1. การเข้ารหัสของปัญหาผิดพลาด ทำให้เจเนติกอัลกอริทึมหาคำตอบผิดพลาด
2. ขีดจำกัดของจำนวนประชากรในทางทฤษฎีแล้วมีค่าเป็นอนันต์
3. ขีดจำกัดของจำนวนเจนเนอเรชั่นในทางทฤษฎีแล้วมีค่าเป็นอนันต์

ค่าพารามิเตอร์ของเจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่ายมีความสำคัญอย่างมากค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ในบางครั้งจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนไปตามรูปแบบของปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบที่ดี

2.10 สรุปทฤษฎีเจเนติกอัลกอริทึม

เจเนติกอัลกอริทึม เป็นวิธีการค้นหาคำตอบวิธีหนึ่งโดยมีพื้นฐานจากกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติ ข้อดีของเจเนติกอัลกอริทึมเมื่อเปรียบเทียบกับการค้นหาแบบอื่น คือมีความคงทนต่อความไม่เที่ยงตรงแม่นยำและความไม่แน่นอนหรือคลุมเครือของปัญหาและสามารถควบคุมได้ โดยมีความน่าเชื่อถือและค่าใช้จ่ายต่ำ

วิธีการค้นหาของเจเนติกอัลกอริทึมจะแตกต่างกับวิธีการค้นหาและการคำตอบที่เหมาะสม (Optimization) แบบอื่นๆ คือ

1. เจเนติกอัลกอริทึมจะใช้งานโดยการเข้ารหัสสตริงเป็นชุดพารามิเตอร์
2. เจเนติกอัลกอริทึมเป็นการค้นหาจากทั้งประชากรไม่ใช่เพียงตำแหน่งๆ เดียว
3. เจเนติกอัลกอริทึมจะใช้ข่าวสารที่เป็นผลลัพธ์ (ฟังก์ชั่นเป้าหมาย) โดยไม่ใช่อนุพันธ์หรือความรู้อื่นๆ
4. เจเนติกอัลกอริทึมจะเป็นวิธีที่ใช้ความน่าจะเป็นไม่ใช่ดีเทอร์มินิสติก โอเปอร์เรเตอร์ต่างๆ ของเจเนติกอัลกอริทึม ได้แก่ รีโปรดักชั่น คือกระบวนการคัดเลือกสตริง ที่มีความเหมาะสมสูงเพื่อคำตอบเริ่มต้น ให้กับประชากรรุ่นต่อไป โดยอาศัยทฤษฎีของ ชาร์ล ดาร์วิน ที่ว่าสิ่งมีชีวิตที่แข็งแรงกว่ามีโอกาสอยู่รอดในสภาวะนั้นๆ ได้มากกว่า
5. การครอสโอเวอร์ คือ กระบวนการสร้างสตริงลูกหลานใหม่จากสตริงพ่อแม่
6. การมิวเตชั่น คือ กระบวนการที่ช่วยปรับปรุงสตริงให้ดีขึ้น หรือเลวลงโดยการเปลี่ยนแปลงค่าในบางตำแหน่งของสตริงเพื่อให้เกิดสตริงใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. พารามิเตอร์ต่างๆ ของเจเนติกอัลกอริทึม ได้แก่

7.1. จำนวนประชากร

7.2. จำนวนเจนเนอเรชั่น

7.3. ค่าความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์

7.4. ค่าความน่าจะเป็นของการมิวเตชั่น

2.11 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิต

การจัดตารางการผลิต เป็นเรื่องของการแยกประเภท และปริมาณสินค้า หรือชิ้นส่วนที่ได้ถูกกำหนดจากแผนความต้องการออกมาให้ชัดเจนว่าใครจะเป็นผู้ทำ จะใช้เครื่องจักรเครื่องใด จะเริ่มทำวันไหน ตั้งแต่เวลาใดถึงเวลาใด และทำจำนวนเท่าไร โดยทั่วๆไปการจัดตารางการผลิต จะต้องทำเกือบทุกวันและเนื่องจากในสภาพความเป็นจริงนั้น จะมีการสั่งงานเข้ามาในโรงงานตลอดเวลา โดยแต่ละงานมีระดับความสำคัญแตกต่างกันสิ่งต่างๆ เหล่านี้อาจจะมีผลต่อการพิจารณาจัดตารางการผลิต เช่น การพิจารณาว่าจะทำงานใดก่อนและงานใดหลังเป็นต้น มีวิธีการจัดการกับปัญหาการจัดลำดับงานได้หลายวิธี วิธีที่ง่ายที่สุดคือไม่สนใจปัญหาแล้วจัดลำดับงานแต่ละงานโดยวิธีสุ่ม แต่วิธีที่มีผู้นิยมใช้กันบ่อยที่สุด คือวิธีสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristic Approach) วิธีนี้มักจะไม่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดแต่ให้ผลลัพธ์ที่ดีและมีความเป็นไปได้ทางปฏิบัติและใช้เวลาในการแก้ปัญหาไม่มากนัก

ปัญหาของการกำหนดงานส่วนใหญ่มักจะพบเกี่ยวกับการจัดลำดับงานและการมอบหมายงานของเครื่องจักรให้เสร็จเร็วทันกำหนดเวลา แต่ยังไม่มีผู้ใดหาวิธีการวางแผนการผลิตแบบรวม 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 การออกแบบโรงงานเป็นแบบผังโรงงานตามชนิดผลิตภัณฑ์ (Production Layout)
2. การผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Intermittent Production) คือการผลิตเป็นงวดหรือครั้งคราวตามที่มีการสั่ง (Job Lot Work) ในการผลิตแบบนี้สามารถให้ผลิตภัณฑ์ได้หลายๆ แบบ โดยที่แต่ละแบบมีจำนวนจำกัด เช่น โรงกลึงทั่วไป หรือบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้าง

โรงงานที่ทำการผลิตแบบไม่ต่อเนื่องมีลักษณะทั่วๆ ไปดังนี้

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

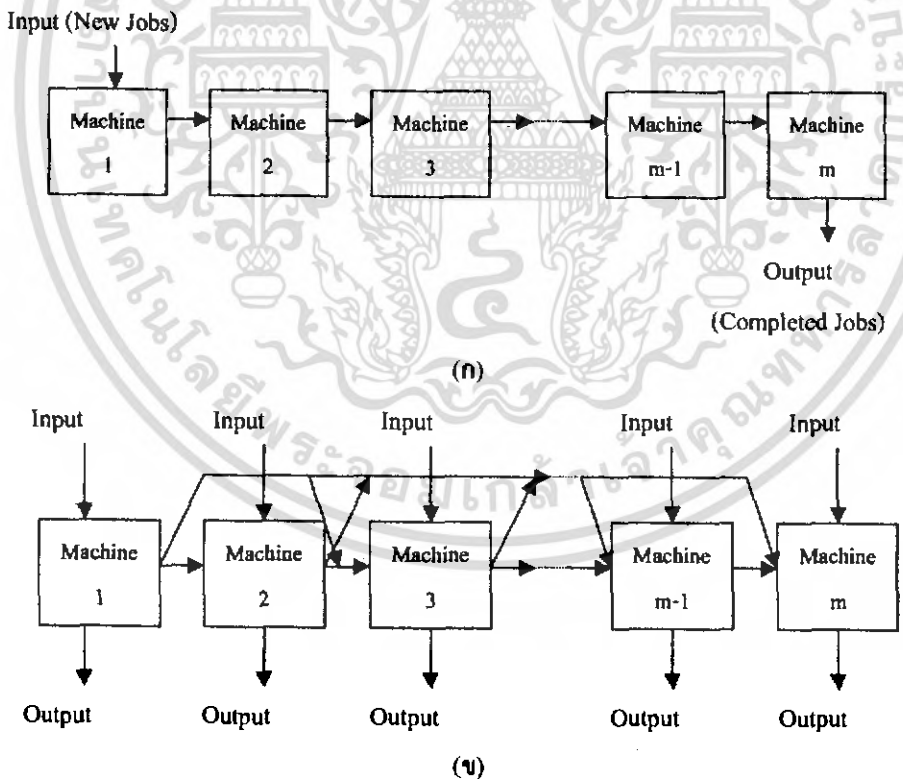
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ต้องมีวัตถุดิบที่มีคุณภาพสูงได้เกณฑ์มาตรฐานเก็บสำรองได้ในคลังพัสดุในปริมาณมากพอและมากชนิด
8. ใช้สถานที่กว้างสำหรับเก็บชิ้นส่วน และใช้สถานที่รอบๆ เครื่องจักรเป็นที่เก็บรอชั่วคราว
9. การขนย้ายวัสดุในโรงงานประเภทนี้ ส่วนมากใช้เครื่องมือขนถ่ายวัสดุประเภทหีบกล่อง หรือรถยกเป็นส่วนใหญ่

การกำหนดการผลิตจะเป็นส่วนที่จะทำการตัดสินใจเรื่องการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่และการจัดลำดับก่อนหลังในสายการผลิตในทางปฏิบัติผู้วางแผนและผู้กำหนดการผลิตจะต้องมีการประสานงานร่วมกันอย่างดี ซึ่งกำหนดการผลิตมีข้อจำกัด เนื่องมาจากทรัพยากรที่มีอยู่และทำให้กำหนดการผลิตไม่สามารถผลิตได้ตามระดับที่ต้องการแม้ว่ามีการหาแนวทางการกำหนดการผลิตที่เป็นไปได้แบบต่างๆแล้วก็ตามก็จะมีการวางแผนการจัดหาและติดตั้งทรัพยากรเหล่านั้นเพิ่มเติม

รูปแบบการไหลของงานโดยทั่วๆ ไปในระบบการผลิตเมื่อพิจารณารูปแบบการไหลของงานในสายการผลิตแล้วสามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

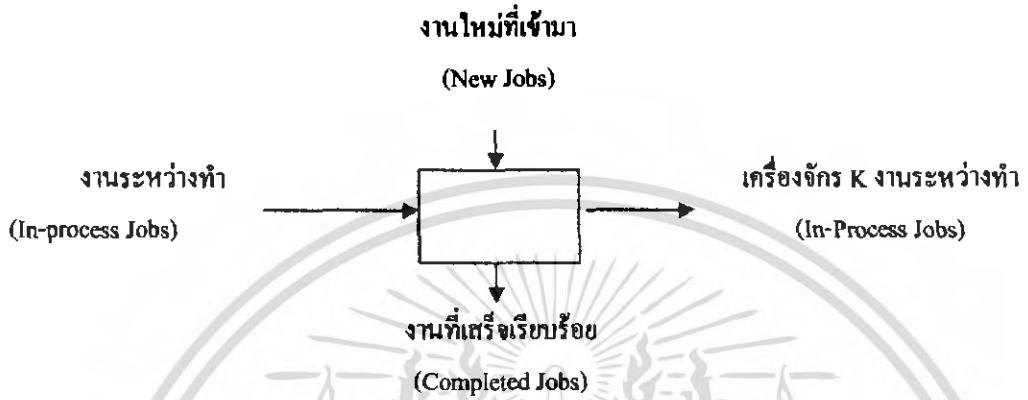
การไหลของงานแบบต่อเนื่อง (Flow Shop) การไหลของงานจะเป็นไปในทิศทางเดียว ตั้งแต่ต้นจนกระทั่งเสร็จสิ้นงาน จากรูปที่ 2.7 (ก) งานทุกงานประกอบไปด้วยการทำงานเพียงอย่างเดียวบนเครื่องจักร 1 เครื่อง ส่วนรูปที่2.7 (ข) งานทุกงานประกอบไปด้วยการทำงานมากที่สุด m การทำงาน ซึ่งงานนั้นอาจจะไม่ต้องผ่านเครื่องจักรทุกเครื่องเพียงแต่ต้องเรียงตามลำดับของเครื่องจักร โดยที่จุดเริ่มต้นและสิ้นสุดไม่จำเป็นต้องเป็นเครื่องจักรเครื่องที่ 1 และ m เสมอไป



รูปที่ 2.7 การไหลของงานแบบต่อเนื่อง (Flow Shop)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น 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)

สามารถกล่าวได้โดยสรุปดังตารางที่2.4 ถึงข้อแตกต่างระหว่างรูปแบบการไหลของงานแบบต่อเนื่อง และรูปแบบการไหลของงานแบบไม่ต่อเนื่อง ซึ่งจะมีความแตกต่างกันในเรื่องทิศทางการไหลของงาน 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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น 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 $\rho \leq m-1$

$$\theta_{I1} = \sum_{J=1}^{k} t_{IJ} \qquad \text{แทนเวลารวมของงาน I บน M1} \qquad (2.2)$$

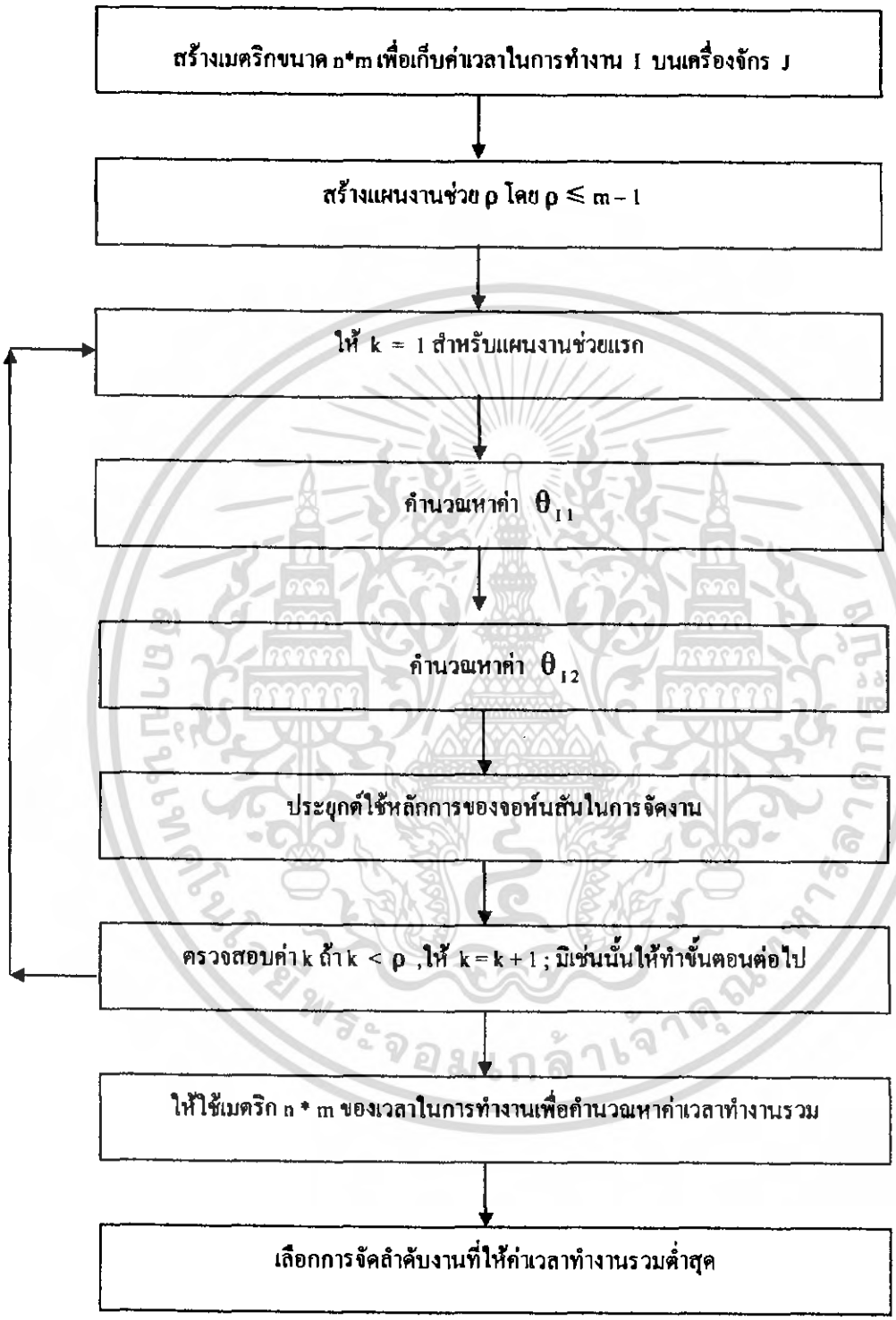
$$\theta_{I2} = \sum_{J=M+1-K}^{m} t_{IJ} \qquad \text{แทนเวลารวมของงาน I บน M2} \qquad (2.3)$$

มีขั้นตอนได้ดังนี้

1. สร้างเมตริกขนาด n * m โดยมีเวลาในการทำงาน t_{IJ} (เวลาในการทำงาน I บนเครื่องจักร J) เมื่อ I = 1,....n : J = 1,....m
2. ให้ ρ = m-1 (แผนงานช่วย m-1 ทาง)
3. ให้ k = 1
4. $\theta_{I1} = \sum_{J=1}^{k} t_{IJ}$ ให้เก็บค่าไว้ใน คอลัมน์ M1
5. $\theta_{I2} = \sum_{J=M+1-K}^{m} t_{IJ}$ ให้เก็บค่าไว้ใน คอลัมน์ M2
6. ใช้กฎของจอห์นสันซึ่งใช้กับปัญหา 2 เครื่องจักร มาประยุกต์ใช้กับงานนี้คำนวณหาค่า S_K และเก็บค่าไว้
7. ถ้า k < ρ ให้ k = k + 1 และไปทำขั้นตอนที่ 4 ถ้า k = ρ ให้สิ้นสุด
8. ทำการคำนวณหาเวลาทำงานรวมตามลำดับงานทั้งหมดที่หาได้ ρ ลำดับงาน
9. เลือกลำดับงานที่ให้ค่าเวลาทำงานรวมต่ำสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถเขียนเป็น โฟลว์ชาร์ต ได้ดังนี้



รูปที่ 2.9 แสดงโฟลว์ชาร์ตของวิธีการของ แคมป์เบล ดูเดกซ์ สมิธ (CDS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12.2 วิธีการของ นาวาซ (Nawaz)

วิธีการนี้จะให้ความสำคัญกับงานที่ใช้เวลานานที่สุดก่อน และ ทำการลำดับของงานโดยใช้ การจัดตารางแบบพาเชียล (Partial Schedule) ซึ่งจะช่วยลดเวลาลงได้มาจาก n! ทาง เหลือเพียง $[n(n + 1)/2] - 1$ ทาง เท่านั้น ซึ่งสามารถแสดงขั้นตอนได้ดังนี้

1. ในแต่ละงาน จะทำการคำนวณหาค่า T_I (เวลารวมที่งาน I จะต้องถูกผลิตบนเครื่องจักร m เครื่อง) ได้ดังนี้

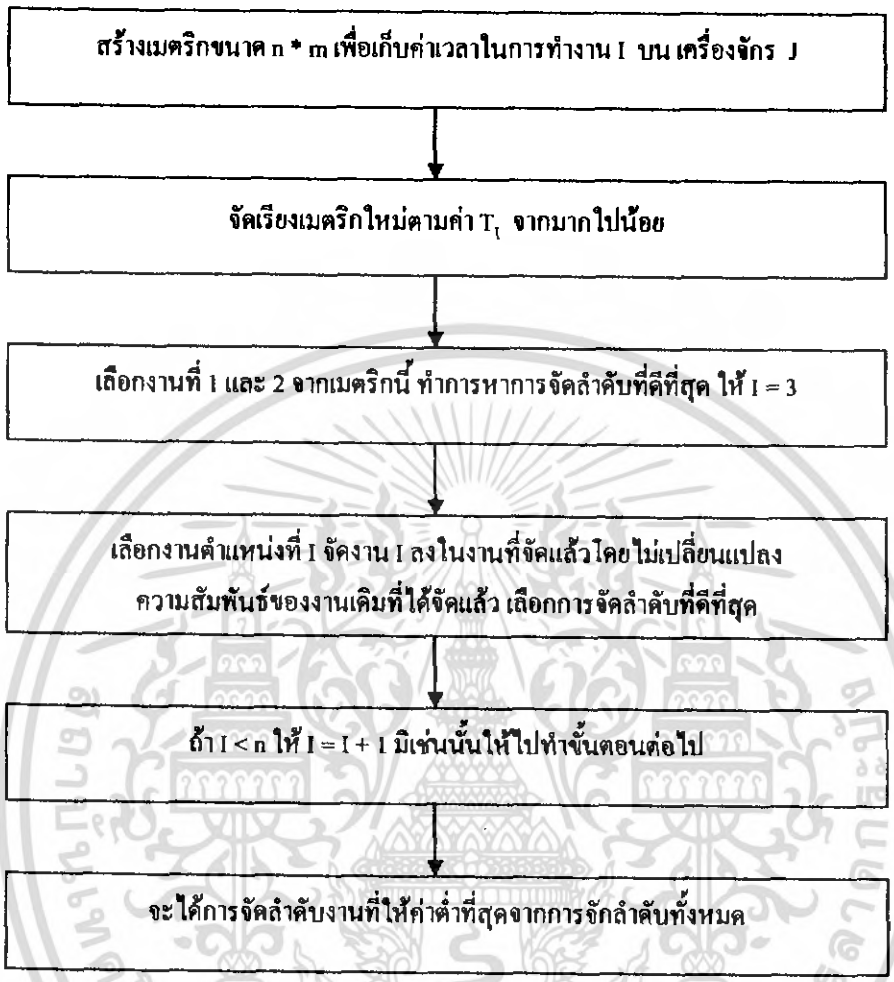
$$T_I = \sum_{J=1}^{m} t_{IJ} \qquad (2.4)$$

2. เรียงงานตามเวลารวม (T_I) จากมากไปน้อย
3. เลือกงานมา 2 งาน และหาลำดับงานที่ดีที่สุด โดยพิจารณาจากเวลาเสร็จงานรวม เมื่อได้แล้วจะต้องคงไว้ซึ่งความสัมพันธ์ของลำดับงานก่อนหลังของงานทั้ง 2 หลังจากนั้นให้ I = 3
4. เลือกงานตำแหน่งที่ I และหาลำดับงานที่ดีที่สุด โดยที่ไม่เปลี่ยนแปลงความสัมพันธ์ของลำดับงานที่ได้จัดก่อนหน้านี้ ซึ่งในที่นี้สามารถจัดลำดับงานได้ทั้งหมด I ทาง
5. ถ้า n = I ให้สิ้นสุดการทำงาน ไม่เช่นนั้น ให้ I = I + 1 และไปทำข้อที่ 4 ต่อ

จะเห็นว่าวิธีการนี้จะช่วยลดทางเลือกในการจัดลำดับงานทั้งหมดลงได้มากทีเดียวซึ่งจะมีประโยชน์มากถ้าใช้กับปัญหาที่มีขนาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถเขียนเป็น โฟลว์ชาร์ต ได้ดังนี้



รูปที่ 2.10 แสดงโฟลว์ชาร์ตของวิธีการของนาวาซ (Nawaz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและวิธีการดำเนินงาน

เนื่องจากในปัจจุบันอุตสาหกรรมมีการพัฒนามากขึ้น ส่งผลให้การออกแบบผลิตภัณฑ์มีความซับซ้อนมากขึ้น ทำให้ปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น การทำงานก็เพิ่มมากขึ้น การแก้ปัญหาด้วยวิธีต่างๆทางฮิวริสติกแม้จะให้คำตอบที่ดีแต่ยิ่งจำนวนงานมากขึ้น จำนวนเครื่องจักรมากขึ้น ค่าคำตอบที่ได้จะยิ่งออกห่างจากค่าคำตอบที่ดีที่สุด แต่วิธีทางเจเนติกอัลกอริทึมเป็นวิธีทางความน่าจะเป็น ซึ่งการเพิ่มจำนวนงาน และจำนวนเครื่องจักรจะไม่ส่งผลกระทบต่อการหาคำตอบมากนักค่าคำตอบที่ได้จึงออกมาดีกว่าวิธีทางฮิวริสติก เจนเนติกอัลกอริทึมถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อหาค่าที่เหมาะสมต่างๆ เช่นการวางผังโรงงาน (ชนะ, 1998) การจัดสมดุลของสายการประกอบซึ่งมีรูปแบบปัญหาต่างกันออกไป (Kim, et al., 1996) รวมทั้งการจัดตารางการผลิต (Reeves, 1995) โดยส่วนมากแล้วเจเนติกอัลกอริทึมจะมีโครงสร้างหลักคล้ายคลึงกันตามรูปแบบของเจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย คือมีการเข้ารหัสและสร้างประชากรเริ่มต้น การรีโปรดักชั่น การครอสโอเวอร์ และการมิวเตชั่น แต่อย่างไรก็ตามเจเนติกอัลกอริทึมที่ใช้แต่ละปัญหาก็มีรายละเอียดปลีกย่อยในโครงสร้างหลักที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับความเหมาะสมต่อรูปแบบของปัญหานั้นๆโดยในโครงงานนี้จะประกอบด้วยขั้นตอนของการดำเนินการดังนี้

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. เปรียบเทียบกับโปรแกรมที่ได้กับวิธีทางฮิวริสติก
6. สรุปผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การวางแผนดำเนินการ

3.1.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1.1.1 ทฤษฎีที่ทำการศึกษา

- เจเนติกอัลกอริทึม
- การจัดตารางการผลิต
- ศึกษาการเขียนโปรแกรมด้วย Visual Basic

3.1.1.2 หัวข้องานวิจัยที่ทำการศึกษา

- งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิต
- การนำเจเนติกอัลกอริทึมมาแก้ปัญหา

3.2 โครงสร้างของเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิต

โครงสร้างหลักประกอบ 5 ส่วนแรกคือ

3.2.1 การรับข้อมูล (Data Input)

รับข้อมูลเข้าต่างๆ ซึ่งได้แก่ ข้อมูลที่นำไปใช้ในการคำนวณเพื่อกำหนดตารางการผลิตซึ่ง ได้แก่ งานที่ต้องการจัดตารางการผลิต (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 เวลาของงานที่อยู่ในระบบแล้วนำค่าเหล่านี้ไปคำนวณหาค่าความเหมาะสม (Fitness) ของประชากรเบื้องต้นทุกตัว

3.2.5 การเก็บค่าคำตอบเบื้องต้น (Initial Elite Preserve Strategy)

หาค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากประชากรเจนเนอเรชั่นแรกและเก็บค่าคำตอบที่ดีที่สุดนี้ไว้เป็นค่าคำตอบเบื้องต้น (Elite Preserve Solution)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 การคัดเลือก (Selection)

คัดเลือกคำตอบที่ดีเข้าสู่เมทติ้งพูล (Mating Pool) เพื่อเตรียมทำการจับคู่ โดยอาศัยวิธีการคัดเลือก (Selection) หาคำตอบที่มีความเหมาะสมมากกว่า

3.2.7 การครอสโอเวอร์ (Crossover)

ทำการจับคู่คำตอบที่อยู่ในเมทติ้งพูล (Mating Pool) และทำการครอสโอเวอร์ด้วยความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ เท่ากับ (Pc)

3.2.8 การเก็บค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากการครอสโอเวอร์ (Post-crossover Elite Preserve Strategy)

หาค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากการครอสโอเวอร์แล้วนำมาเปรียบเทียบกับการเก็บค่าคำตอบเบื้องต้น (Elite Preserve Solution) ที่มีอยู่ถ้าคำตอบที่ได้จากการครอสโอเวอร์ดีกว่า ก็ให้เก็บคำตอบนั้นเป็นการเก็บค่าคำตอบเบื้องต้น (Elite Preserve Solution) แทน

3.2.9 มิวเตชั่น (Mutation)

วิธีการมิวเตชั่นคือการหาสตริงคำตอบที่มีด้วยความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเท่ากับ (Pm)

3.2.10 การเก็บค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากการมิวเตชั่น (Elite Preserve Strategy of Generation)

หาค่าคำตอบที่ดีที่สุดจากการมิวเตชั่นแล้วนำมาเปรียบเทียบกับการเก็บค่าคำตอบเบื้องต้น (Elite Preserve Solution) ที่มีอยู่ถ้าคำตอบที่ได้จากมิวเตชั่นดีกว่าก็ให้เก็บคำตอบนั้นเป็นการเก็บค่าคำตอบเบื้องต้น (Elite Preserve Solution) แทน แต่ถ้าการเก็บค่าคำตอบเบื้องต้นดีกว่าก็ให้แทนที่คำตอบที่แย่ที่สุดจากการมิวเตชั่นด้วยการเก็บค่าคำตอบเบื้องต้น

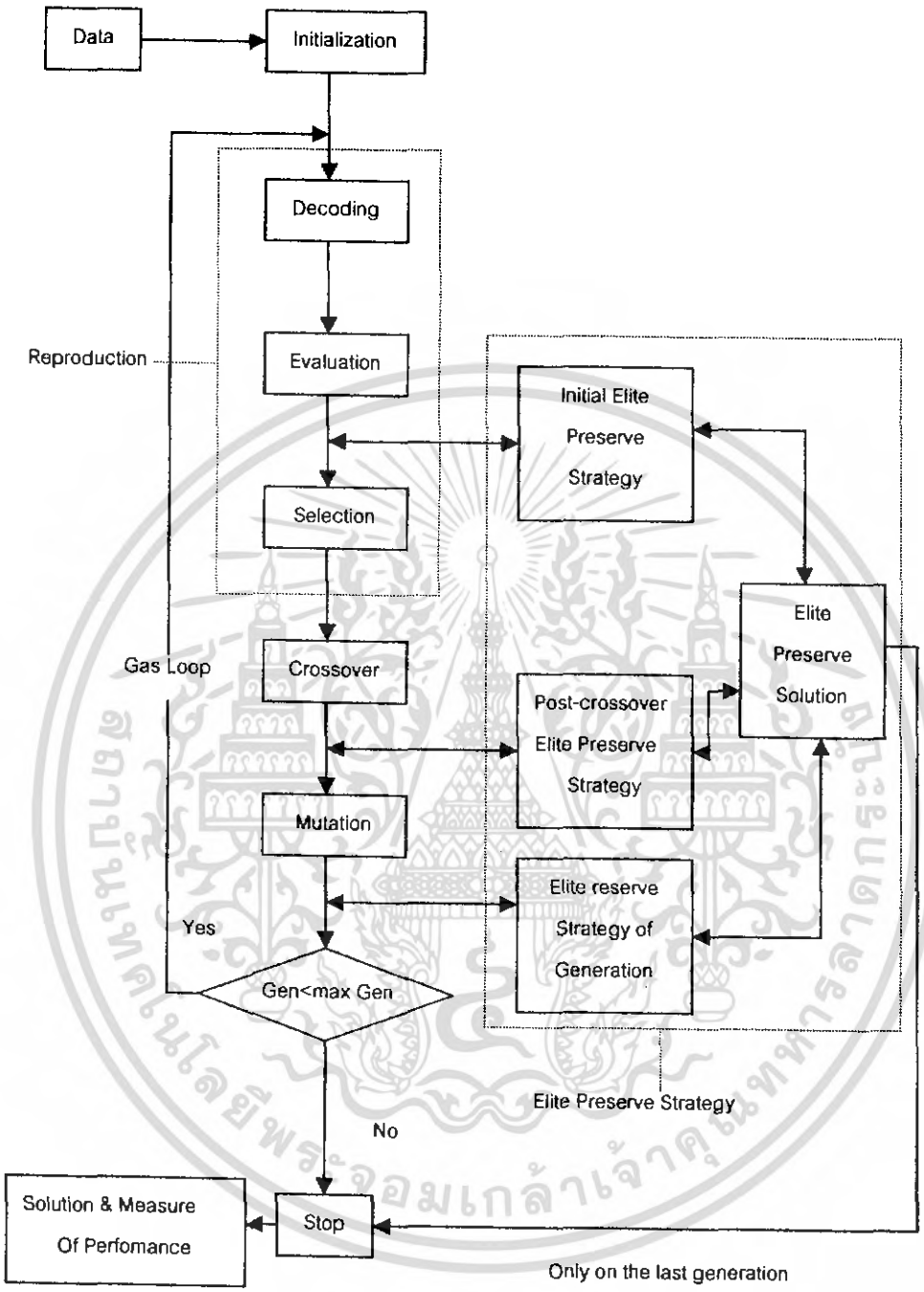
3.2.11 จำนวนรอบของการทำงาน (GA-loop)

ดูว่าเจนเนอเรชั่นน้อยกว่าจำนวน เจนเนอเรชั่นสูงสุดหรือไม่ถ้าน้อยกว่าให้กลับไปทำข้อที่ 3 – 11 ถ้าไม่ ให้ทำข้อที่ 12

3.2.12 การหยุด (Stop)

หยุดกระบวนการของเจเนติกอัลกอริทึม และนำค่าการเก็บค่าคำตอบเบื้องต้น (Elite Preserve Solution) มาเป็นคำตอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างและวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 อัลกอริทึมของเจเนติก GA ในการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง

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. กระบวนการมิวเตชั่น (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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมกับการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง

3.4.1 การใส่รหัสคำตอบ (Chromosome Representation / Coding)

ขั้นตอนแรกของเจเนติกอัลกอริทึมคือ การกำหนดรูปแบบของการใส่รหัสคำตอบ ซึ่งถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญและมีผลอย่างมากต่อขั้นตอนอื่นๆ คือการเปลี่ยนคำตอบของปัญหาให้อยู่ในรูปของสตริงคำตอบ (หรือที่เรียกว่า โครโมโซม) วิธีการใส่รหัสคำตอบมีทั้งแบบไบนารีสตริง (Binary String) และ นันไบนารีสตริง (Non-binary String) ในกรณีของปัญหาการกำหนดตารางการผลิตคำตอบของปัญหาคือกลุ่มของงานที่ถูกมอบหมายให้กับเครื่องจักรดังนั้น วิธีการใส่รหัสคำตอบที่ใช้จึงต้องสามารถแสดงลำดับของงานในรูปของสตริงได้ วิธีการใส่รหัสคำตอบที่ใช้จึงควรเป็นแบบ นอนไบนารีสตริง (Non-binary String)

1. คำตอบ 1 คำตอบ แทนด้วยสตริงคำตอบ 1 ตัวที่เรียกว่าโครโมโซม
2. ใน 1 โครโมโซมจะแบ่งเป็นหน่วยเล็กๆ ที่เรียกว่า บิท วางเรียงกันอยู่ จำนวนของบิทจะเท่ากับจำนวนของงานทั้งหมดที่ต้องถูกพิจารณา
3. ในแต่ละบิท จะมีค่าตัวเลขตั้งแต่ 1 ถึง m บรรจุอยู่ค่าหนึ่งค่านี้หมายถึงหมายเลขที่ใช้แทนงานต่างๆ
   3.1. ตำแหน่งของบิทหมายถึงลำดับที่ของงานนั้น ๆ
   3.2. ตัวเลขในแต่ละบิทต้องไม่ซ้ำกัน

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

3.4.2 การสร้างกลุ่มประชากรเบื้องต้น (Initial Population Creating)

การสร้างกลุ่มประชากรเบื้องต้น คือการสร้างคำตอบเบื้องต้นขึ้นมาจำนวนหนึ่งเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการของเจเนติกอัลกอริทึมโดยคำตอบ 1 คำตอบคือประชากร 1 ตัว จำนวนของประชากรที่ต้องการสร้างนั้นเป็นพารามิเตอร์ตัวหนึ่งที่ต้องมีการกำหนด ซึ่งในที่นี้กำหนดให้เท่ากับจำนวนประชากร

สำหรับปัญหาการกำหนดตารางการผลิตประชากร 1 ตัว หมายถึงลำดับของงานทั้งหมดที่จะถูกจัดให้กับเครื่องจักรบนสายการผลิต ดังนั้นการสร้างประชากร 1 ตัวจึงทำได้โดยการกำหนดตามจำนวนงานตั้งแต่งานที่ 1 จนถึงงานที่ m หรืองานสุดท้าย (m คือจำนวนงานทั้งหมด) ลงไปในแต่ละสตริงคำตอบจนครบทุกบิท และทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้ประชากรทั้งหมด Pop size ตัว

3.4.3 จำนวนประชากรเบื้องต้น

จากขั้นตอนการสร้างประชากรเบื้องต้นเป็นการสร้างประชากรเพียง 1 ตัวเท่านั้น แต่ในวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมจำเป็นที่จะต้องมีจำนวนประชากรมากกว่า 1 ตัว เพื่อให้สามารถดำเนินการตามวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมในขั้นต่อๆไปได้จำนวนประชากรเบื้องต้นจะเท่ากับจำนวนประชากรในแต่ละเจนเนอเรชั่น และเป็นพารามิเตอร์ตัวหนึ่ง ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเจเนติกอัลกอริทึม การกำหนดจำนวนประชากรเบื้องต้นที่เหมาะสมในที่นี้ให้ใช้จำนวนประชากรเท่ากับ Pop size ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประชากรเบื้องต้นทั้งหมดที่สร้างขึ้นจำนวน Pop size ตัวต้องไม่ซ้ำกันทั้งนี้เพื่อให้เกิดความหลากหลายของคำตอบ และ เป็นการป้องกันไม่ให้คำตอบที่ได้จากวิธีของเฮเนติกอัลกอริทึมที่ใช้เป็นค่า Local Optimal นอกจากนี้การสร้างประชากรเบื้องต้นให้แตกต่างกันยังช่วยให้สามารถกำหนดจำนวนประชากรน้อยลงได้

ตัวอย่างการสร้างสตริงคำตอบเบื้องต้นของการจัดตารางการผลิตจำนวน 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 ซึ่งเราจะเรียกขั้นตอนนี้ว่าการถอดรหัสคำตอบแต่อย่างไรสตริงคำตอบที่เรามีสามารถบอกได้แต่เพียงว่างานที่อยู่ในลำดับแรกๆ ควรจะถูกจัดลงไปให้เครื่องจักรทำงานต้นๆ เท่านั้น ดังนั้นจึงสามารถนำงานในสตริงคำตอบมาจัดได้หลายแบบ เพื่อให้ได้การจัดตารางที่ดีที่สุด สตริงคำตอบที่ได้จะต้องถูกถอดรหัส ด้วยวิธีที่เหมาะสม

สำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง สามารถทำการถอดรหัสคำตอบได้ดังนี้

1. นำงานในลำดับแรกในสตริงคำตอบไปจัดลำดับงานให้เข้าทำงานเป็นลำดับที่ 1
2. นำงานที่อยู่ในลำดับถัดไปจัดเข้าทำงานต่อจากงานที่ 1 จากนั้นนำงานในลำดับต่อๆ ไป 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 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าสตริงตัวอย่าง 2 ตัวมีลักษณะการเรียงที่แตกต่างกันจะให้ผลของคำตอบที่ต่างกัน การถอดรหัสคำตอบของสตริงที่มีลักษณะการจัดเรียงลำดับที่ต่างกันเมื่อนำมาผ่านกระบวนการถอดรหัสแล้วอาจให้คำตอบที่เป็นค่าเวลาในการทำงานรวมที่เหมือนก็ได้

ในกรณีที่เป็นการถอดรหัสคำตอบของสตริงคำตอบที่ได้จาก การครอสโอเวอร์ หรือการมิวเตชั่นไม่จำเป็นต้องพิจารณาผลการถอดรหัสว่าให้คำตอบที่เหมือนกันหรือไม่ทั้งนี้เนื่องจากขั้นตอนของการครอสโอเวอร์ และการมิวเตชั่นเราอยอมให้เกิดคำตอบที่ซ้ำกันขึ้นมาได้

การถอดรหัสไม่เพียงแต่ให้คำตอบว่างานใดควรจัดลำดับให้ทำก่อนหรือหลังแต่ยังให้ค่าของเวลาในการทำงานรวมในแต่ละงานและอัตราการใช้ประโยชน์จากเครื่องจักรด้วย

3.4.5 การประเมินค่า (Evaluation)

ก่อนที่จะเข้าสู่ขั้นตอนการคัดเลือกของเจเนติกอัลกอริทึม จำเป็นที่จะต้องมีการประเมินค่าประชากรแต่ละตัวเสียก่อนว่ามีความเหมาะสมมากหรือน้อยเพียงใด ความเหมาะสมนี้จะวัดจากค่าความเหมาะสมของสตริงคำตอบแต่ละตัว ตัวใดที่มีค่าความเหมาะสมมากก็หมายความว่ามีความเหมาะสมมากตามไปด้วย โดยที่ค่าความเหมาะสมดังกล่าวหมายถึงค่าของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ที่เราต้องการทำให้ ต่ำที่สุด หรือสูงที่สุดนั่นเอง

ค่าฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ในที่นี้ คือเวลาของงานที่อยู่ในระบบที่มีเวลาต่ำที่สุดเวลาของงานที่อยู่ในระบบ หมายถึงเวลาที่งานเข้ามาในระบบโดยเริ่มต้นจากจุดที่มีงานอยู่แล้วและพร้อมที่จะลงมือทำงานจนกระทั่งงานนั้นเสร็จสิ้นลง

1. เวลาของงานที่อยู่ในระบบ (Flow Time) คือเวลาที่งานเข้ามาในระบบโดยเริ่มต้นจากจุดที่มีงานอยู่แล้วและพร้อมที่จะลงมือทำงานจนกระทั่งงานนั้นเสร็จสิ้นลง
2. เวลาการไหลของงานที่อยู่ในระบบเฉลี่ย (Mean Flow Time)

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

โดยที่ Fj คือ เวลาของงานแต่ละงานที่อยู่ในระบบ

3.4.6 การคัดเลือกคำตอบ (Selection)

การคัดเลือกคำตอบทำโดยนำเอากลุ่มสตริงคำตอบเบื้องต้นทั้งหมดมาผ่านวิธีการคัดเลือกโดยดูจากค่าความเหมาะสมของสตริงคำตอบแต่ละตัว เป็นหลักสตริงคำตอบตัวที่มีค่าความเหมาะสมมาก ก็มีโอกาสที่จะถูกคัดเลือกไว้มากกว่าตัวที่มีค่าเหมาะสมน้อย สตริงคำตอบที่ผ่านการคัดเลือกจำนวน Pop size ตัวจะผ่านเข้าสู่แมทติ้งพูลเพื่อรอการจับคู่และการดำเนินการของเจเนติกอัลกอริทึมในขั้นต่อไป

การคัดเลือกคำตอบที่ใช้ คือวิธีการคัดเลือกแบบทัวร์นาเมนต์ (Goldberg, 1991) ซึ่งเป็นวิธีที่ดัดแปลงมาจากวิธีการคัดเลือกแบบวงล้อรูลเล็ทดังนั้นจึงต้องมีการสร้างวงล้อรูลเล็ทขึ้นมาก่อน

1. การสร้างวงล้อรูลเล็ท คือวงกลมที่มีพื้นที่ขนาด 1 หน่วย ซึ่งพื้นที่ถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆ ตามจำนวนของประชากรในแต่ละเจนเนอเรชั่น (เท่ากับ Pop size ส่วน) พื้นที่แต่ละส่วนจะมีขนาดเท่ากับความน่าจะเป็นในการถูกเลือกของสตริงคำตอบแต่ละตัว วิธีการสร้างมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หาค่าความเหมาะสม (Fitness) รวมของสตริงคำตอบทั้งหมด Pop size ตัว

$$F = \sum_{i=1}^{popsize} f(Xi) \qquad (3.2)$$

โดย f (Xi) = ค่า fitness ของสตริงตัวที่ i

3. หาค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือก (Probability of Selection) ของสตริงคำตอบแต่ละตัวดังสมการที่ 3.3

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

4. หาค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสม (Cumulative Probability of Selection) ของสตริงคำตอบแต่ละตัวตามสมการที่ 3.4

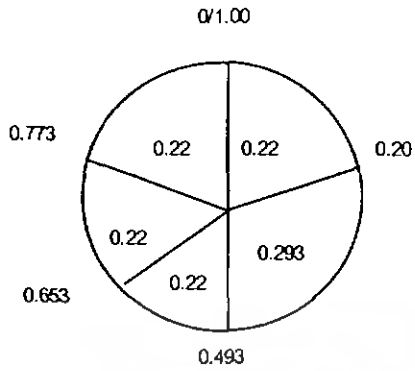
$$Q_i = \sum_{j=1}^{1} P_j \qquad (3.4)$$

ตัวอย่างของวงล้อรูลเล็ทแสดงได้ดังตารางที่ 3.2 และภาพที่ 3.7

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างตารางแสดงการสร้างวงล้อรูลเล็ท

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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 วงล้อรูลเล็ท

3.4.6.1 วิธีการคัดเลือกแบบทัวร์นาเมนต์ (Tournament Selection)

การคัดเลือกสตริง คำตอบโดยวิธีการวงล้อรูลเล็ท (Roulette Wheel Selection) ซึ่งใช้กันอยู่ทั่วไปจะใช้สุ่มสตริงคำตอบจากวงล้อรูลเล็ท ซึ่งมีโอกาสที่จะสุ่มได้สตริงคำตอบที่มีค่าความเหมาะสมน้อยๆ ด้วย แต่สำหรับการคัดเลือกสตริงคำตอบโดยวิธีทัวร์นาเมนต์เป็นการสุ่มสตริงคำตอบจากวงล้อรูลเล็ทมา 2 ตัว แล้วนำค่าความเหมาะสมมาเปรียบเทียบกันอีกครั้งหนึ่ง สตริงคำตอบที่ถูกเลือกจึงเป็นตัวที่มีความเหมาะสมกว่า สำหรับขั้นตอนการเลือกมีดังนี้

ก) สร้างตัวเลขสุ่ม r ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ขึ้นมา 1 ค่า คือ r_1

ข) ถ้า $r_1 < q_i$ ให้เลือกสตริงคำตอบตัวแรก แต่ถ้า $q_{i-1} < r_1 < q_i$ (เมื่อ $2 < i$ และ $i <$ Pop size) ให้เลือกสตริงคำตอบตัวที่ i มาเป็นสตริงคำตอบตัวแรก

ค) สร้างตัวเลขสุ่ม r ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ขึ้นมาอีก 1 ค่า คือ r_2

ง) ถ้า $r_2 < q_i$ ให้เลือกสตริงคำตอบตัวแรก แต่ถ้า $q_{i-1} < r_2 < q_i$ (เมื่อ $2 < i$ และ $i <$ Pop size) เลือกสตริงคำตอบตัวที่ i มาเป็นสตริงคำตอบตัวที่สอง

จ) นำค่าความเหมาะสม ของสตริงคำตอบทั้ง 2 ตัว มาเปรียบเทียบกันตัวใดมีค่าความเหมาะสมมากกว่าก็ให้เลือกตัวนั้นเข้าสู่เมทติ้งพูล ทำตามขั้นตอนข้อที่ 1-5 จนกว่าจะได้สตริงคำตอบในเมทติ้งพูลครบ Pop size ตัว

จากวิธีดังกล่าวจะได้ว่า สตริงคำตอบที่มีค่าความเหมาะสมมาก ก็จะมีพื้นที่มากจึงมีโอกาสที่ตัวเลขสุ่มที่สร้างขึ้นมาจะตกอยู่ภายในบริเวณของสตริงคำตอบตัวนั้นมากกว่า ตัวที่มีค่าความเหมาะสมน้อย (มีพื้นที่น้อย) ทำให้สตริงคำตอบที่ถูกเลือกเข้าสู่เมทติ้งพูลเป็นสตริงคำตอบที่มีค่าความเหมาะสมโดยเฉลี่ยสูงกว่าสตริงคำตอบเดิม

ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างการคัดเลือกด้วยวิธีการคัดเลือกแบบทัวร์นาเมนต์ (Tournament Selection)

ครั้งที่	ประชากรตัวที่ 1				ประชากรตัวที่ 2				หมายเลขประชากรที่เลือก
	R_1	$Q_i > r_1$	หมายเลขประชากร	ค่า Fitness	r_2	$Q_i > r_2$	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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น 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 ซึ่งมีค่าความเหมาะสมมากที่สุดจะถูกสุ่มเลือกขึ้นมามากครั้งที่สุด ในขณะที่สตริงคำตอบซึ่งมีค่าความเหมาะสมน้อยก็จะถูกสุ่มเลือกน้อยครั้งเช่นกัน ข้อสังเกตประการหนึ่งจากตัวอย่างก็คือ ในการสุ่มก็จะสุ่มได้สตริงคำตอบหมายเลข 4 ที่มีค่าความเหมาะสมน้อยที่สุด ซึ่งถ้าใช้วิธีวงล้อรูเล็ทสตริงคำตอบหมายเลข 4 นี้ก็จะมีโอกาสที่จะถูกเลือกเข้าสู่เมทติ้งพูลและจะได้รับการดำเนินการตามกระบวนการเจเนติกอัลกอริทึมต่อไปแม้ว่าสตริงคำตอบตัวนี้จะมีความเหมาะสมต่ำก็ตาม แต่เมื่อใช้วิธีคัดเลือกแบบแบบทัวร์นาเมนต์สตริงคำตอบหมายเลข 4 นี้จะต้องถูกนำไปเปรียบเทียบ กับ สตริงคำตอบอีกตัวก่อน ซึ่งโอกาสที่สตริงคำตอบตัวนี้ จะถูกเลือกเข้าสู่เมทติ้งพูลก็จะลดลง

3.4.7 การครอสโอเวอร์ (Crossover)

คือการจับคู่สตริงคำตอบจากสตริงคำตอบจำนวน Pop size ตัวที่ได้มาจากกระบวนการคัดเลือกจะมีสตริงคำตอบเพียงบางส่วนเท่านั้นที่จะถูกนำมาจับคู่เพื่อเตรียมสำหรับกระบวนการครอสโอเวอร์ สตริงคำตอบที่ไม่ได้ถูกนำไปจับคู่ก็จะยังคงสภาพเดิมและอยู่ในเมทติ้งพูล (เป็นประชากรในเจนเนอเรชั่น) ต่อไปจำนวนสตริงคำตอบที่จะถูกนำมาจับคู่ (Nc) ขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (Pc) การจับคู่สตริงคำตอบเพื่อที่จะนำไปครอสโอเวอร์ มีขั้นตอนดังนี้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.7.1 การครอสโอเวอร์สตริงคำตอบที่เตรียมไว้ Nc/2 คู่จะถูกนำมาผ่านกระบวนการครอสโอเวอร์

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

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

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

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

สุ่มตำแหน่งที่จะทำการครอสโอเวอร์ได้อยู่ในช่วง [4 , 6] จากนั้นเลือกคู่แม็ปที่อยู่ในช่วงการครอสโอเวอร์ถ้าค่าที่ตรงกันให้ทำเครื่องหมาย # 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

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

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

ในขั้นสุดท้ายจะทำการคืนสตริงเข้าสู่เมทติ้งพูล

3.4.8 การมิวเตชั่น (Mutation)

คือการสลับตำแหน่งของค่าภายในสตริงคำตอบตัวเดียวการสลับตำแหน่งของค่าในสตริงมีโอกาสทำให้ได้สตริงตัวใหม่ที่เป็นคำตอบที่เป็นไปไม่ได้สูงมาก ดังนั้นจึงใช้วิธีการมิวเตชั่นแบบ Random-Sequence Mutation

การพิจารณาว่าสตริงตัวใดจะถูกนำมามิวเตชั่นขึ้นอยู่กับค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (Pm) โดยการพิจารณาจะเริ่มจากการสุ่มค่า r ซึ่งมีค่าระหว่าง (0 , 1) ให้กับสตริงคำตอบทุกตัวในเมทติ้งพูล จากนั้นทำการเลือกเฉพาะสตริงที่มีค่า r น้อยกว่าค่าความน่าจะเป็นในกรณีมิวเตชั่น (Pm) ไปทำการมิวเตชั่น $r < Pm$

เมื่อได้สตริงตัวที่จะทำการมิวเตชั่นแล้ว ให้ทำการสุ่มตำแหน่งที่จะทำการมิวเตชั่น (Mp) ขึ้นมา 1 ตำแหน่ง ซึ่งเป็นค่าระหว่าง [1 , m – 1] โดยที่ m คือความยาวของสตริงคำตอบ ตำแหน่งที่จะทำการมิวเตชั่นแทนด้วย * | *

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

m = [5921067384]

↓

m = [592⊥#####]

↓

m = [592⊥603874]

สตริงคำตอบที่ได้จากการมิวเตชั่นและสตริงคำตอบที่ไม่ได้ถูกเลือกมาทำการมิวเตชั่นจะถูกนำมารวมกัน เพื่อเตรียมเข้าสู่เจนเนอเรชั่นต่อไป

3.4.9 เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด (Elite Preserve Strategy)

เนื่องจากสตริงคำตอบที่ได้จาก การครอสโอเวอร์ และ การมิวเตชั่น คำตอบที่ได้อาจเป็นคำตอบที่แย่กว่าคำตอบที่เคยปรากฏในเจนเนอเรชั่นที่ผ่านๆ มาดังนั้นจึงต้องมีการเก็บค่าที่ดีที่สุดเอาไว้เพื่อใช้เปรียบเทียบกับค่าที่ดีที่สุดของสตริงคำตอบชุดใหม่ ถ้าหากค่าที่ดีที่สุดของคำตอบชุดเดิมที่เก็บไว้ให้ค่าความเหมาะสมที่ดีกว่าค่าที่ดีที่สุดของสตริงชุดใหม่ให้เอาค่าที่ดีที่สุดของคำตอบชุดเดิมแทนที่ค่าที่แย่ที่สุด ทั้งนี้เพื่อให้สตริงคำตอบที่ดีที่สุดเท่าที่พบยังคงอยู่ในกระบวนการของเจเนติกอัลกอริทึมต่อไป

เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดจะถูกนำไปใช้ระหว่างกระบวนการของเจเนติกอัลกอริทึม 3 ครั้ง

3.4.9.1 <u>การเก็บค่าที่ดีจากประชากรเริ่มต้น</u> (Initial Elite Preserve Strategy)

เป็นจุดเริ่มต้นของเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด ซึ่งจะกระทำเพียงครั้งเดียวภายหลังจากการสร้างสตริงคำตอบเบื้องต้นในตอนต้นของกระบวนการเจเนติกอัลกอริทึม และผ่านการถอดรหัสรวมทั้งการประเมินค่าเรียบร้อยแล้วค่าความเหมาะสมของสตริงแต่ละตัวที่ได้จากการประเมินค่าจะถูกเรียงลำดับจากมากไปน้อย สตริงคำตอบเพียงหนึ่งตัวที่ให้ค่าความเหมาะสมมากที่สุดก็จะถูกเลือกไปเป็นคำตอบที่ดีที่สุดเก็บไว้ จากนั้นสตริงคำตอบทั้งหมดรวมทั้งตัวที่เลือกไปเป็นจะเข้าสู่ขั้นตอนต่างๆ ของเจเนติกอัลกอริทึมต่อไป

3.4.9.2 <u>การเก็บค่าที่ดีหลังจากการครอสโอเวอร์</u> (Post-crossover Elite Preserve Strategy)

เป็นเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดใช้ภายหลังจากที่เสร็จสิ้นกระบวนการครอสโอเวอร์แล้ว ทั้งนี้เนื่องจากว่าสตริงคำตอบที่ได้จาก การครอสโอเวอร์อาจเป็นคำตอบที่ดีกว่าคำตอบอื่นๆ ที่เคยพบมาแต่เมื่อนำไปมิวเตชั่นแล้วสตริงคำตอบตัวนี้จะเปลี่ยนไปและอาจให้คำตอบที่ดีน้อยกว่าเดิม ดังนั้นเพื่อป้องกันไม่ให้สตริงคำตอบที่ดีที่ได้หลังจากการครอสโอเวอร์สูญหายไปจึงต้องทำการถอดรหัสและประเมินค่าสตริงของคำตอบที่ได้ภายหลังจากการครอสโอเวอร์ทั้งหมด Pop size ตัว แล้วนำสตริงคำตอบที่ดีที่สุดภายหลังการครอสโอเวอร์ไปเปรียบเทียบกับคำตอบที่ดีที่สุดเก็บไว้ ถ้าหากสตริงคำตอบภายหลังการครอสโอเวอร์ดีกว่าให้เอาสตริงคำตอบที่ดีที่สุดนั้นไปเป็นคำตอบที่ดีที่สุดเก็บไว้แทน แต่ถ้าคำตอบที่ดีที่สุดที่เก็บไว้นั้นให้คำตอบที่ดีกว่าก็ให้นำสตริงคำตอบ ภายหลังจากการครอสโอเวอร์ทั้งหมด Pop size ตัวไปผ่านกระบวนการ มิวเตชั่นตามปกติ

ยกตัวอย่างเช่น ภายหลังการครอสโอเวอร์ มีสตริงคำตอบ 10 ตัว ซึ่งเมื่อนำไปผ่านกระบวนการถอดรหัสและประเมินค่าแล้วได้ค่าความเหมาะสมของสตริงคำตอบแต่ละตัวเป็น 2 6 8 7 9 4 5 12 6 4 ค่าความเหมาะสมที่ดีที่สุดใน 10 ตัวนี้คือค่า 12 ของสตริงคำตอบตัวที่ 8 ให้เอาค่า 12 นี้ไปเปรียบเทียบกับค่าความเหมาะสมของคำตอบที่ดีที่เก็บไว้ ถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากดังกล่าวน้อยกว่า 12 ก็ให้เอาสตริงคำตอบตัวที่ 8 นี้ไปใช้เป็นคำตอบที่ดีที่เก็บเป็นตัวใหม่แทนแต่ถ้าค่าดังกล่าวมากกว่าหรือเท่ากับ 12 ก็ให้คงคำตอบที่ดีที่เก็บไว้แล้วนำสตริงคำตอบทั้ง 10 ตัว นี้ไปทำการมิวเตชั่นต่อไป

3.4.9.3 การเก็บค่าที่ดีที่สุดที่ใช้ภายหลังการมิวเตชั่น (Elite Preserve Strategy of Generation)

เป็นเทคนิคซึ่งถือว่าเป็นการเก็บค่าที่ดีที่สุดของเจนเนอเรชั่นนั้นๆ ด้วย การเก็บค่าที่ดีที่สุดของเจนเนอเรชั่นจะช่วยให้คำตอบที่ดีที่สุดเท่าที่เคยปรากฏขึ้นมายังคงมีอยู่ในเจนเนอเรชั่นต่อไป การเก็บค่าในขั้นตอนนี้จะทำหลังจากที่มีการมิวเตชั่นเรียบร้อยแล้วสตริงคำตอบที่ได้ภายหลังการมิวเตชั่นจำนวน Pop size ตัว จะถูกถอดรหัส และประเมินค่า จากนั้นก็ให้เอาสตริงคำตอบหลังที่ดีที่สุดจากการมิวเตชั่นมาเปรียบเทียบกับคำตอบที่ดีที่เก็บไว้เช่นเดียวกับในขั้นตอนของการเก็บคำตอบที่ดีที่เก็บไว้หลังจากผ่านการครอสโอเวอร์ แต่แตกต่างกันตรงที่จะมีการนำเอาคำตอบที่ดีที่สุดที่เก็บไว้มาแทนที่คำตอบที่แย่ที่สุดของสตริงคำตอบชุดที่ผ่านมา ถ้าคำตอบที่ได้หลังจากการผ่านกระบวนการมิวเตชั่นเป็นคำตอบที่ดีกว่า ยกตัวอย่างเช่น ภายหลังการมิวเตชั่นได้สตริงคำตอบ 10 ตัวที่มีค่าความเหมาะสมเป็น 5 6 8 3 1 9 4 6 7 2 จะได้ว่าค่าความเหมาะสมที่ดีที่สุด คือ 9 ของสตริงคำตอบตัวที่ 6 ซึ่งถ้าค่าความเหมาะสมของคำตอบที่ดีที่เก็บไว้น้อยกว่า 9 สตริง คำตอบตัวที่ 6 จะกลายเป็นคำตอบที่ดีที่สุดตัวใหม่ แต่ถ้าค่าความเหมาะสมของคำตอบที่ดีที่สุด มีค่ามากกว่า 9 ก็ให้ตัดสตริงคำตอบตัวที่ 5 ซึ่งมีค่าความเหมาะสมต่ำที่สุดทิ้งไปเอาสตริงคำตอบที่เป็นคำตอบที่ดีที่สุดที่เก็บไว้ขณะนั้นไปใส่แทนสตริงคำตอบที่ได้ภายหลังจากขั้นตอนนี้จะกลายเป็นสตริงที่คำตอบพ่อแม่ที่แท้จริงใน เจนเนอเรชั่นต่อไป

3.5 สรุปท้ายบท

วิธีการเจเนติกอัลกอริทึมที่ใช้สำหรับปัญหาการกำหนดตารางการผลิต แบ่งเป็น 5 ส่วนหลักคือการสร้างประชากรเบื้องต้น (Initialization) การรีโปรดักชั่น (Reproduction) การครอสโอเวอร์ (Crossover) การมิวเตชั่น (Mutation) และเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด (Elite Preserve Strategy)

การสร้างประชากรเบื้องต้นทำได้โดยการสร้างคำตอบเบื้องต้นจำนวนหนึ่งในรูปของสตริงในส่วนของการรีโปรดักชั่น (Reproduction) จะแบ่งเป็น 3 ส่วนย่อยคือการถอดรหัส (Decoding) ซึ่งเป็นการนำลำดับของงานในสตริงคำตอบมาจัดให้กับเครื่องจักรทำงานตามลำดับ การประเมินค่า (Evaluation) เป็นการคำนวณหาค่าความเหมาะสมของสตริงคำตอบแต่ละตัว และการคัดเลือก (Selection) ซึ่งเป็นการคัดเลือกสตริงตัวที่มีความเหมาะสมมากกว่าเพื่อเข้าสู่กระบวนการถัดไปโดยวิธีการคัดเลือกแบบทัวร์นาเมนต์ (Tournament Selection) เมื่อเข้าสู่กระบวนการครอสโอเวอร์สตริง (Crossover) จะถูกสุ่มเลือกด้วยความน่าจะเป็นในการการครอสโอเวอร์เพื่อมาจับคู่และทำการครอสโอเวอร์ จากนั้นสตริงคำตอบจะถูกสุ่มเลือกไปทำการมิวเตชั่น (Mutation) ด้วยความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น วิธีการมิวเตชั่นที่ใช้คือวิธี Random Sequence Mutation ซึ่งสามารถให้คำตอบที่เป็นไปได้สตริงคำตอบที่ได้จะกลายเป็นประชากรพ่อแม่ในเจนเนอเรชั่นต่อไปกระบวนการของเจเนติกอัลกอริทึมจะเกิดขึ้นซ้ำไปเรื่อยๆ จนกว่าจะถึงเจนเนอเรชั่นสูงสุดที่กำหนดไว้ในระหว่างกระบวนการของเจเนติกอัลกอริทึมมีการนำเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดเข้าไปใช้ภายหลังการสตริงคำตอบเบื้องต้นภายหลังการครอสโอเวอร์และภายหลังการมิวเตชั่น ทั้งนี้เพื่อให้สตริงคำตอบที่ดียังคงอยู่ต่อไปในเจนเนอเรชั่นถัดไป

การกำหนดตารางการผลิตแบบต่อเนื่องโดยใช้วิธีเจเนติกอัลกอริทึมมีจุดมุ่งหมายที่จะลดเวลาในการปฏิบัติงานรวม (make span) ให้มากที่สุดซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการค้นหาทางฮิวริสติกแบบอื่นๆจะพบว่าวิธีทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจเนติกอัลกอริทึมให้ค่าคำตอบที่ดีกว่า และมีความคงทนต่อความไม่เที่ยงตรงและความไม่แน่นอนหรือคลุมเครือของปัญหาและสามารถควบคุมได้ดีกว่า โดยมีความน่าเชื่อถือและค่าใช้จ่ายต่ำ เนื่องจากปัญหาการจัดลำดับงานและตารางการผลิตเป็นปัญหาประเภท NP Hard แบบ Combinatorial optimization ซึ่งหมายถึงปัญหาที่ใช้ในระยะเวลาในการหาคำตอบยาวนาน และเวลาการหาคำตอบจะเพิ่มมากขึ้นเป็นแบบ Exponential เมื่อมี n งาน จะสามารถจัดลำดับงานได้ n! ซึ่งการหาคำตอบของเจเนติกอัลกอริทึม จะเป็นวิธีแบบความน่าจะเป็นซึ่งจะต่างจากวิธีแบบฮิวริสติก ซึ่งเป็นวิธีแบบดีเทอมีนิสติก การหาคำตอบด้วยวิธีของเจเนติกอัลกอริทึมจึงครอบคลุมถึงทุกกลุ่มประชากรค่าคำตอบที่ได้จึงดีกว่าแบบฮิวริสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

การเปรียบเทียบของวิธีการหาคำตอบโดยใช้วิธีทาง เจเนติกอัลกอริทึม กับ วิธีทางฮิวริสติก สามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วน ดังนี้ คือ

4.1 ค่าเวลาในการปฏิบัติงานที่ใช้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง

โดยใช้ค่าเวลาในการปฏิบัติงาน (Processing time) ป้อนค่าลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง 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) ของปัญหาขนาด (20 * 10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น 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 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น 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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น 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) ของปัญหาขนาด (60 * 10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น 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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น 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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น 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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น 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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การเปรียบเทียบค่าเวลาในการปฏิบัติงานรวมที่ได้

จากการทดลองการใช้งาน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง เปรียบเทียบกับวิธีทางฮิวริสติก โดยใช้ค่าเวลาในการปฏิบัติงานรวมเป็นเกณฑ์ในการตัดสิน ซึ่งปัญหาจะทดลองกับขนาดงานจำนวน 20 , 40 , 60, 80 งาน โดยจะใช้กับเครื่องจักรจำนวน 10 เครื่อง ทั้ง 4 งาน ซึ่งจะได้ค่าเวลาในการปฏิบัติงานรวมเป็นดังนี้

ขนาดของปัญหา	วิธีที่นำเสนอ	วิธีที่ได้จากโปรแกรม WIN QSB (วิธีทางฮิวริสติก)						
	GA	CDS	Gupta's	Hundal & Rajgapal '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 สามารถสรุปเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ดีกว่าได้ดังนี้

ขนาดของปัญหา	วิธี GA เมื่อเปรียบเทียบว่าดีกว่า (คิดเป็นเปอร์เซนต์)						
	CDS	Gupta's	Hundal & Rajgapal '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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 สรุปผลการทดลอง

การเปรียบเทียบค่าเวลาในการปฏิบัติงานรวม (Make span) พบว่าค่าที่ได้จากโปรแกรมการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่องด้วยวิธีทางเจเนติกอัลกอริทึม ให้ค่าคำตอบที่ดีกว่า ค่าเวลาในการปฏิบัติงานรวม (Make span)จากวิธีทางฮิวริสติกต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลงานวิจัย

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างทางเลือกในการปรับปรุงกระบวนการจัดตารางการผลิต โดยจัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับจัดตารางการผลิต ซึ่งใช้วิธีเจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบ และทำการเปรียบผลที่ได้จากการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีเจเนติกอัลกอริทึมและวิธีฮิวริสติก ขั้นตอนการวิจัยเริ่มจากการศึกษาค้นคว้าทฤษฎีเจเนติกอัลกอริทึม และทฤษฎีการจัดตารางการผลิตเพื่อนำมาออกแบบโครงสร้างโปรแกรม ส่วนการทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จัดทำขึ้นเพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีฮิวริสติก และวิธีการที่เสนอขึ้นมาคือวิธีเจเนติกอัลกอริทึมสามารถสรุปได้ดังนี้

1. โปรแกรมชื่อ การจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่องด้วยวิธีการทางเจเนติกอัลกอริทึม เขียนโดยใช้โปรแกรม Visual Basic เวอร์ชั่น 6.0
2. วิธีการฮิวริสติกสำหรับการจัดตารางการผลิตที่นำมาเปรียบเทียบ นำมาจากโปรแกรม Win QSB
3. โปรแกรมมีความง่ายต่อการใช้งาน เพราะถูกออกแบบมาให้สามารถ บันทึกข้อมูล เรียกดูข้อมูล รวมทั้งส่วนแสดงผลก็ง่ายต่อการเข้าใจ เพราะมีการอธิบายรายละเอียดการใช้งานทุกหน้าของโปรแกรม
4. การจัดตารางการผลิตด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้น สามารถพิสูจน์ได้ว่าสามารถให้ผลลัพธ์ได้ดีกว่าวิธีการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีฮิวริสติก

สรุปได้ว่าวิธีการจัดตารางการผลิตโดยใช้โปรแกรมการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีการทางเจเนติกอัลกอริทึม สามารถนำมาใช้งานได้ดีในระดับหนึ่ง แต่ถ้าจะให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานในอุตสาหกรรม ควรจะมีการพัฒนาโปรแกรมให้สามารถพิจารณาได้ถึงผลกระทบของความไม่แน่นอนต่างๆ และสามารถวิเคราะห์หาคำตอบแบบหลายวัตถุประสงค์ เพื่อเพิ่มทางเลือกในการตัดสินใจให้เหมาะสมกับอุตสาหกรรมการผลิตที่มีการแข่งขันสูงในปัจจุบัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความไม่แน่นอน เป็นปัญหาที่สำคัญในการจัดตาราง การผลิตซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อการวางแผนการผลิต ดังนั้นในการออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์จึงควรพิจารณาผลกระทบจากความไม่แน่นอนร่วมด้วย
2. การทำวิจัยเรื่องการจัดตารางการผลิตในอนาคต ควรมีการเพิ่มตัววัดผลที่แตกต่างจากที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เช่น ต้นทุนของงานล่าช้า ต้นทุนของงานที่เสร็จก่อนกำหนด เป็นต้น
3. ปัญหาของการจัดตารางการผลิตควรมีการคำนึงถึงองค์ประกอบ และวัตถุประสงค์หลายๆ อย่าง ดังนั้นควรมีการพิจารณาปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบหลายวัตถุประสงค์ เช่น จำนวนงานที่เสร็จไม่ทันกำหนด อัตราการใช้เครื่องจักร เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

ภาษาไทย

- กรรณิกา ศิลานนท์ การประยุกต์ใช้เจเนติอัลกอริทึมในการจัดสมดุลสายการประกอบ วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2542
- จันทร์เพ็ญ อักกะวิเนต เทคนิคฮิวริสติกเชิงรวมสำหรับการจัดตารางงานแบบโฟลว์ชอป วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , 2539
- สุธรรม ศรีเกษม MATLAB เพื่อการแก้ปัญหาทางวิศวกรรม ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยรังสิต , 2538
- พิภพ ลลิตาภรณ์ ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. , 2547
- พิชิต สุขเจริญทรัพย์ การจัดการวิศวกรรมการผลิต สำนักพิมพ์ซีเอ็ด , 2547
- กิตติ ภักดีวัฒนะกุล Visual Basic 6.0 ห.จ.ก.ไทยเจริญการพิมพ์ , 2545

ภาษาอังกฤษ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

วิธีการใช้โปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวางแผนและออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สามารถสร้างโปรแกรมการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่อง ซึ่งมีวิธีการใช้งานและหน้าจอการใช้โปรแกรมดังนี้

เมื่อผู้ใช้เข้าสู่โปรแกรมการจัดตารางการผลิตแบบต่อเนื่องด้วยวิธีการทางเจเนติกอัลกอริทึม โปรแกรมจะแสดงหน้าจอการใช้งานดังรูปที่ ผ.1

1. หน้าจอการใช้งานเบื้องต้น

มีรายละเอียดการใช้งานดังนี้

เมื่อกดปุ่ม "เข้าสู่โปรแกรม" จะเข้าสู่การใช้งานโปรแกรมส่วนแสดงข้อมูลที่ใช้และข้อกำหนดของโปรแกรม ซึ่งโปรแกรมจะแสดงผลไปยังหน้าจอตามรูปที่ ผ.2

เมื่อกดปุ่ม "ออกจากโปรแกรม" โปรแกรมจะทำการปิดโปรแกรมการใช้งาน

รูปที่ ผ.1 แสดงหน้าจอเมื่อเริ่มทำงาน

2. หน้าจอส่วนแสดงข้อกำหนดของโปรแกรม

เมื่อเข้าสู่โปรแกรม หน้าจอจะแสดงข้อมูลที่ใช้ในโปรแกรมและข้อกำหนดของโปรแกรม ดังรูปที่ ผ.2 ดังนี้

<u>ข้อมูลที่ใช้ในโปรแกรม</u>

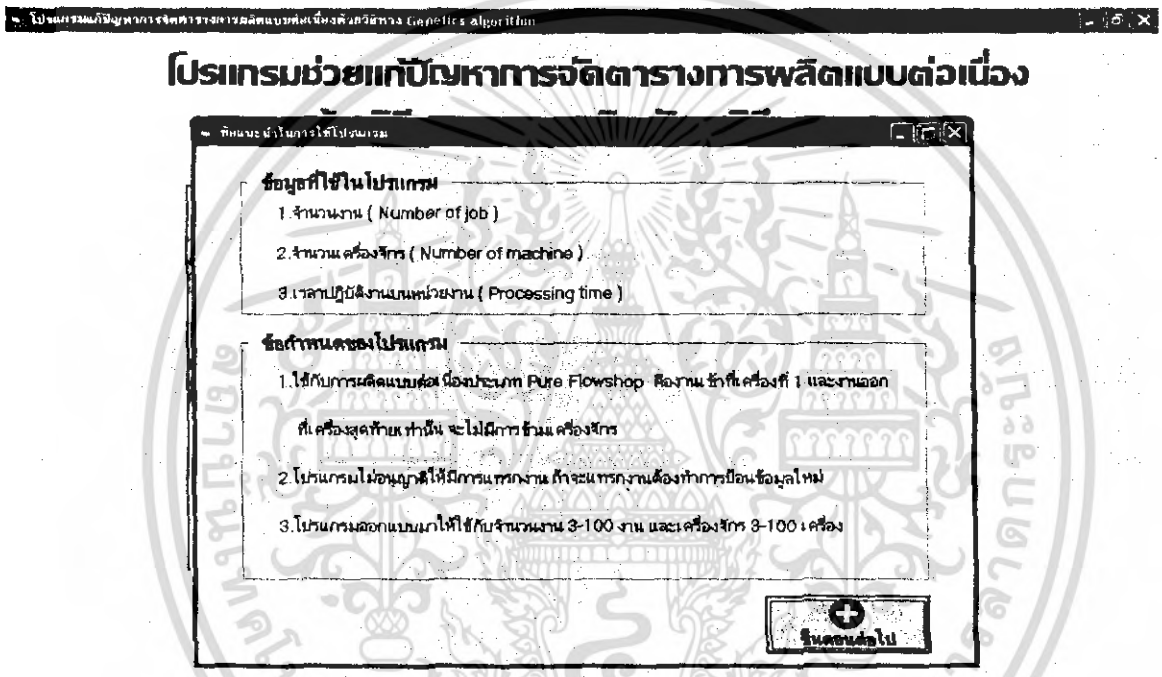
1. จำนวนงาน (number of job)
2. จำนวนเครื่องจักร (number of machine)
3. เวลาปฏิบัติงานบนหน่วยงาน (processing time)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น 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 ให้กดปุ่ม "ขั้นตอนต่อไป" โปรแกรมจะเข้าสู่หน้าจอในการป้อนข้อมูลดังรูปที่ ผ.3 และ ผ.4 ต่อไป



รูปที่ ผ.2 แสดงข้อกำหนดและข้อมูลที่ใช้ในโปรแกรม

3. หน้าจอส่วนแสดงการป้อนข้อมูล

หน้าจอส่วนนี้จะประกอบไปด้วย

1. ส่วนป้อนข้อมูลจำนวนงานและจำนวนเครื่องจักร
2. ส่วนป้อนค่าเวลาในการปฏิบัติงานบนหน่วยงาน
3. ส่วนแก้ไขค่าเวลาในการปฏิบัติงานบนหน่วยงาน

เมื่อทำการเข้าสู่หน้าจอส่วนป้อนข้อมูล ต้องทำการระบุจำนวนงานกับ จำนวนเครื่องจักร ระบุหน่วยเวลา ซึ่งในรูปเป็นตัวอย่างขนาด 10 งาน 6 เครื่องจักร เมื่อกดปุ่ม "ยืนยันข้อมูล" โปรแกรมจะทำการสร้างตารางในการป้อนข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นมา หลังจากนั้นให้ป้อนค่าเวลาในการปฏิบัติงาน บนหน่วยงานลงในช่องที่ระบุ ซึ่งลักษณะการป้อนคือจะไล่จากซ้ายไปขวา และบนลงล่าง

ในกรณีที่มีการป้อนข้อมูลจำนวนงานและจำนวนเครื่องจักรผิดพลาด สามารถแก้ไขได้โดยการป้อนข้อมูลที่ช่องแก้ไขข้อมูล โดยทำการระบุจำนวนงานและจำนวนเครื่องจักรใหม่ แต่ในกรณีที่ป้อนค่าเวลาในการปฏิบัติงานผิดพลาด สามารถแก้ไขโดยการแก้ไขที่ช่องแก้ไขค่าเวลาในการปฏิบัติงาน ซึ่งต้องทำการระบุงานและเครื่องจักรที่เราจะแก้ไข

เมื่อกดปุ่ม "ประมวลผล" โปรแกรมจะทำการคำนวณจากค่าข้อมูลที่เราได้ป้อนเข้าไป ซึ่งจะแสดงในหน้าจอแสดงผลดังในรูปที่ ผ.5

เมื่อกดปุ่ม "บันทึกข้อมูล" โปรแกรมจะทำการบันทึกข้อมูล

เมื่อกดปุ่ม "เรียกดูข้อมูล" โปรแกรมจะทำการเรียกข้อมูลที่เราบันทึกไว้ทั้งหมดขึ้นมา ให้ผู้ใช้งานระบุชื่อข้อมูลที่จะเปิดดู

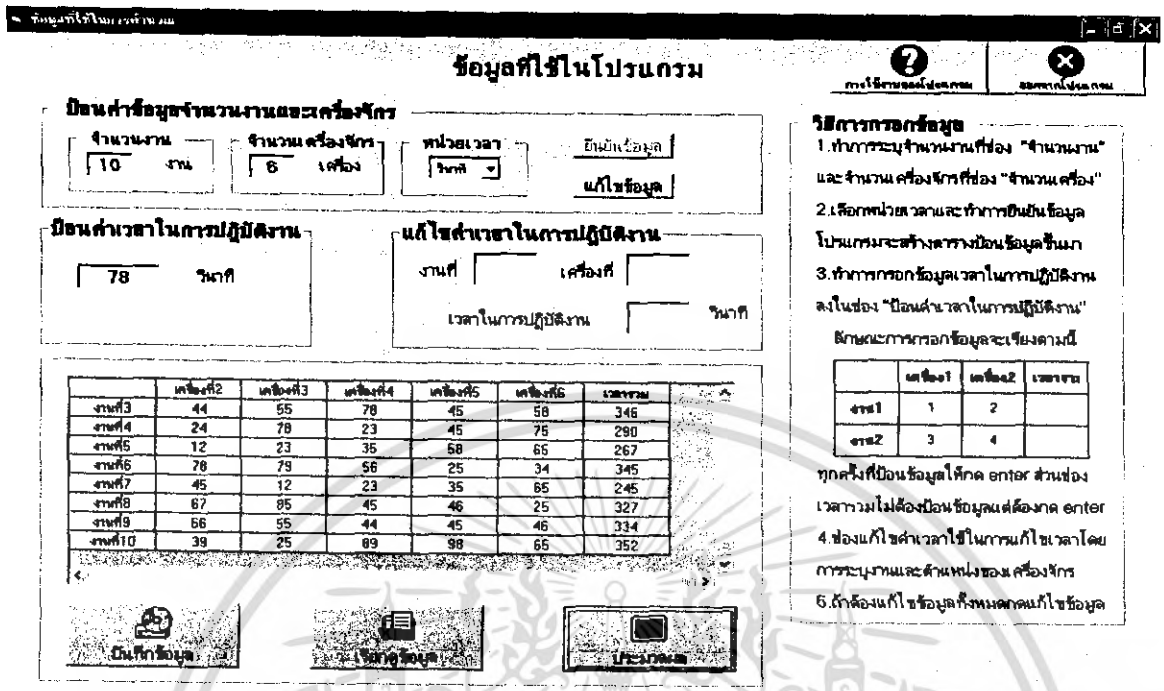
เมื่อกดปุ่มการ "ใช้งานของโปรแกรม" โปรแกรมจะแสดงหน้าจอส่วนช่วยเหลือซึ่งจะมี ทฤษฎีการผลิต ทฤษฎีเจเนติกอัลกอริทึม และการใช้งานโปรแกรม

เมื่อกดปุ่ม "ออกจากโปรแกรม" โปรแกรมจะขึ้นข้อความถามว่า "ต้องการออกจากโปรแกรมหรือไม่" ถ้าต้องการก็ตอบ "ตกลง"

ซึ่งในกรณีที่ผู้ใช้งานไม่เข้าใจการป้อนข้อมูลในโปรแกรม ก็สามารถดูวิธีการป้อนข้อมูลได้ที่ช่องทางขวาของหน้าจอ

รูปที่ ผ.3 แสดงหน้าจอที่ใช้ในการป้อนข้อมูลจำนวนงานและจำนวนเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



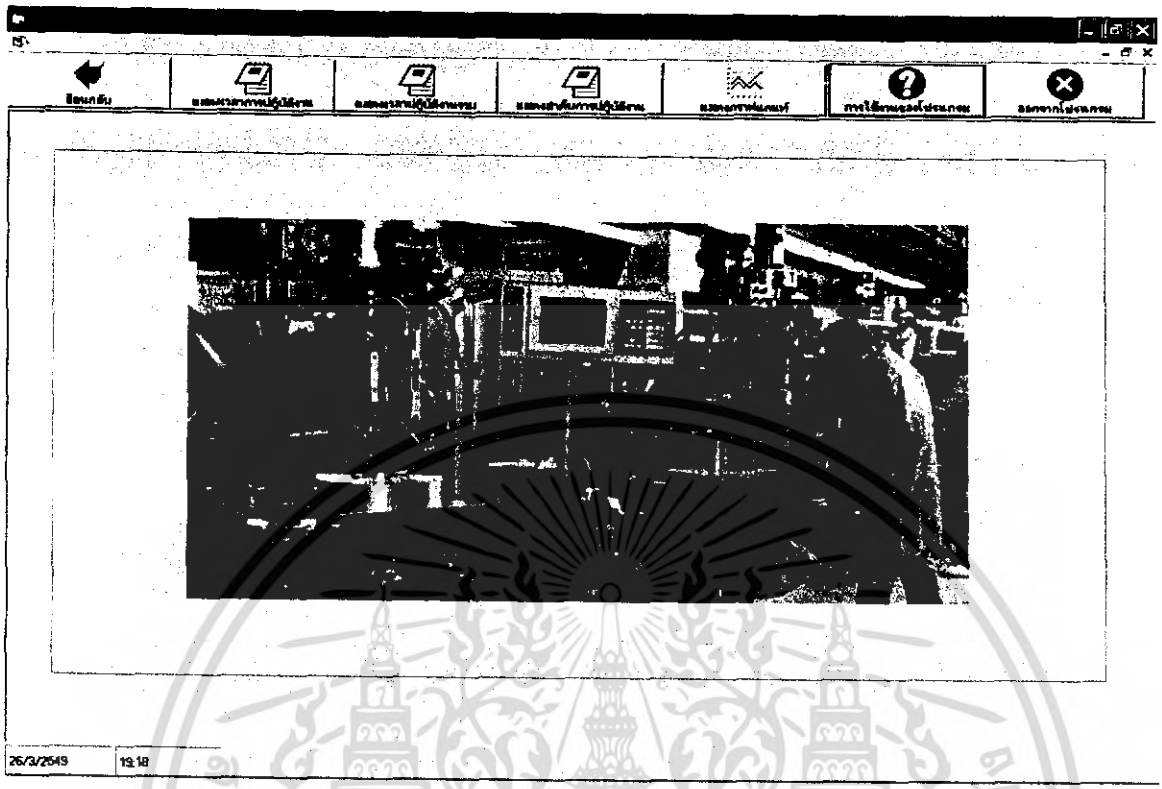
รูปที่ ผ.4 แสดงการป้อนข้อมูล

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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.5 แสดงหน้าจอแสดงผล

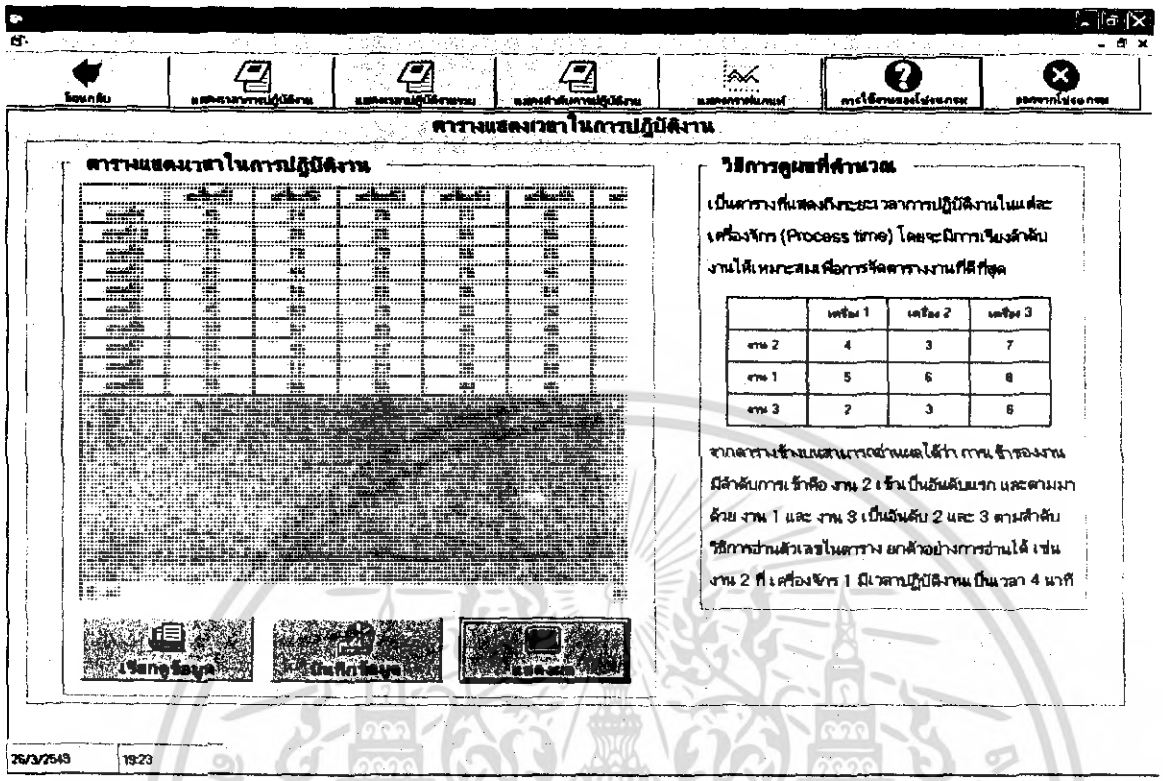
4.1 หน้าจอแสดงเวลาในการปฏิบัติงาน

ดังรูปที่ ผ.6 จะประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

1. ส่วนแสดงผล เมื่อกดปุ่ม "แสดงผล" โปรแกรมจะทำการแสดงตารางแสดงเวลาในการปฏิบัติงานขึ้นมา ซึ่งค่าในตารางทางซ้ายมือ คือ ลำดับงานที่ได้โดยเรียงจากบนลงล่าง
2. ส่วนบันทึกข้อมูล เมื่อกดปุ่ม "บันทึกข้อมูล" โปรแกรมจะทำการบันทึกข้อมูล
3. ส่วนเรียกดูข้อมูล เมื่อกดปุ่ม "เรียกดูข้อมูล" โปรแกรมจะทำการเรียกดูข้อมูลที่บันทึกไว้ขึ้นมาเพื่อให้ผู้ใช้งานทำการระบุชื่อข้อมูลที่ต้องการจะเรียกดู

ในกรณีที่ผู้ใช้งานไม่เข้าใจวิธีการดูค่าในตารางสามารถดูวิธีการดูค่าได้จากช่องทางขวามือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.6 แสดงตารางระบุเวลาในการปฏิบัติงาน

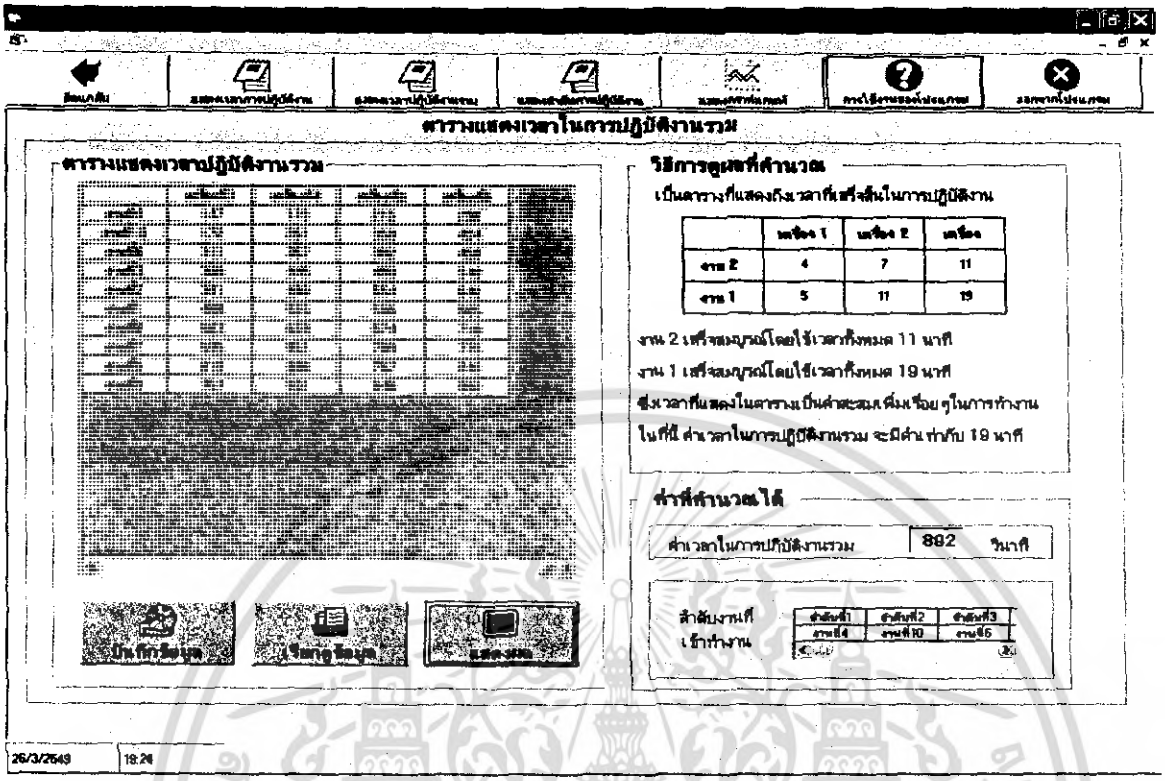
4.2 <u>หน้าจอแสดงเวลาในการปฏิบัติงานรวม</u>

ดังรูปที่ ผ.7 จะประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

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

ในกรณีที่ผู้ใช้งานไม่เข้าใจวิธีการดูค่าในตารางสามารถดูวิธีการดูค่าได้จากช่องทางขวามือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.7 หน้าจอแสดงเวลาในการปฏิบัติงานรวม

4.3 <u>หน้าจอแสดงลำดับในการปฏิบัติงาน</u>

ดังรูปที่ ผ.8 จะประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

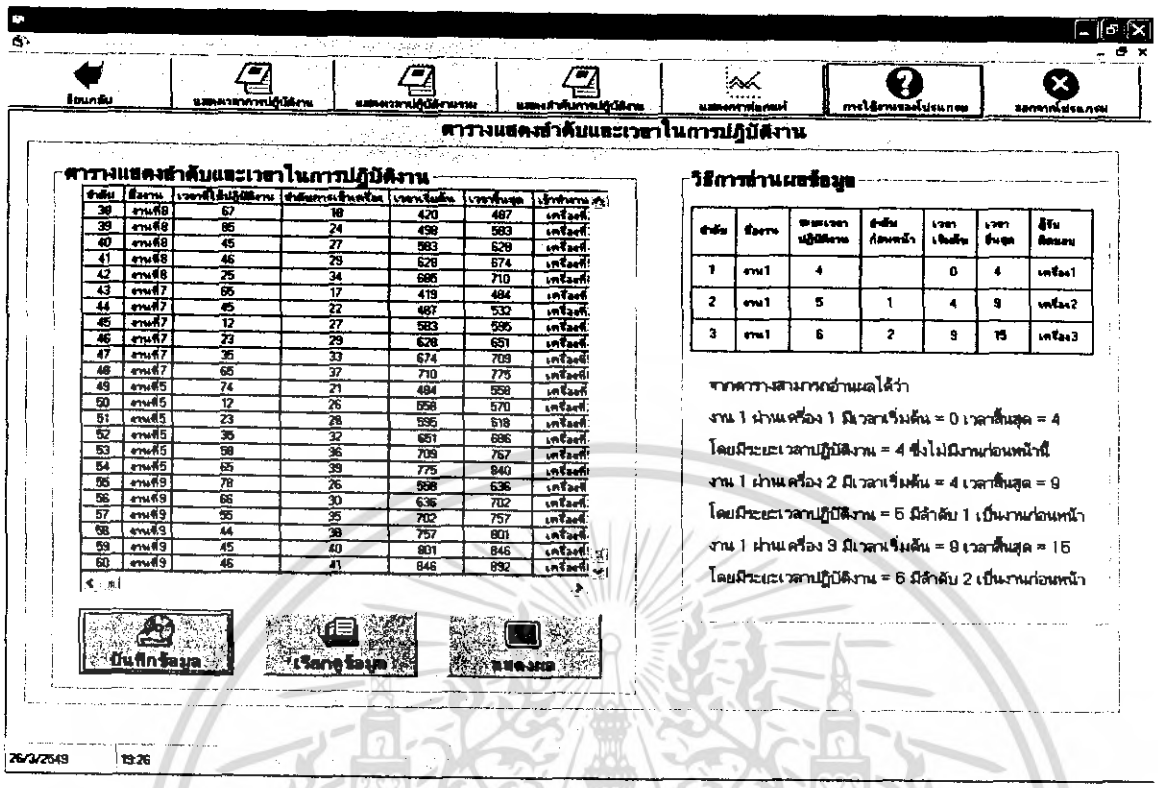
1. ส่วนแสดงผล เมื่อกดปุ่ม "แสดงผล" โปรแกรมจะทำการแสดงตารางแสดงลำดับในการปฏิบัติงานขึ้นมา ซึ่งค่าในตาราง จะระบุลำดับงาน เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน เวลาที่งานเริ่มต้น เวลาที่งานสิ้นสุด ซึ่งจะบอกว่างานที่เท่าไหร่ เข้าทำงานที่เครื่องที่เท่าไหร่
2. ส่วนบันทึกข้อมูล เมื่อกดปุ่ม "บันทึกข้อมูล" โปรแกรมจะทำการบันทึกข้อมูล
3. ส่วนเรียกดูข้อมูล เมื่อกดปุ่ม "เรียกดูข้อมูล" โปรแกรมจะทำการเรียกดูข้อมูลที่บันทึกไว้ขึ้นมาเพื่อให้ผู้ใช้งานทำการระบุชื่อข้อมูลที่ต้องการจะเรียกดู

ในกรณีที่ผู้ใช้งานไม่เข้าใจวิธีการดูค่าในตารางสามารถดูวิธีการดูค่าได้จากช่องทางขวามือ

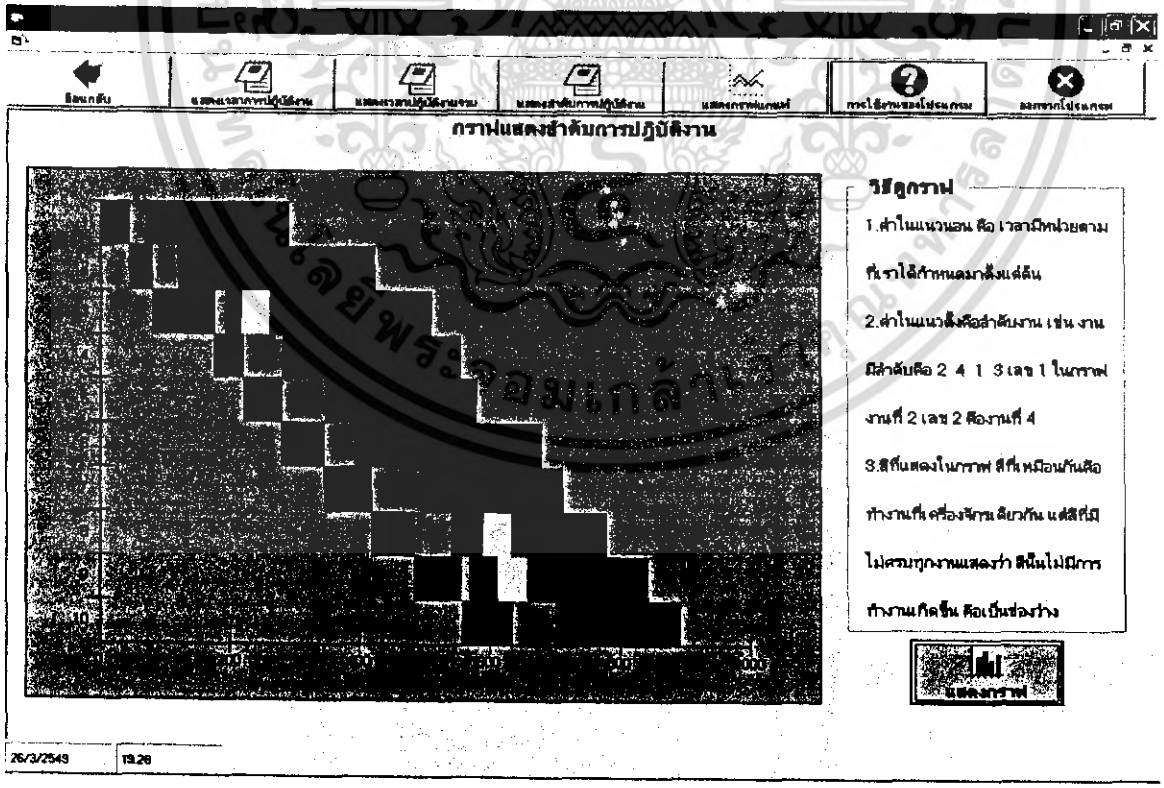
4.4 <u>หน้าจอแสดงกราฟแกนต์ชาร์ต</u>

ดังรูปที่ ผ.9 เมื่อกดปุ่ม "แสดงกราฟ" โปรแกรมจะทำการแสดงกราฟแกนต์ชาร์ตออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.8 หน้าจอแสดงลำดับในการปฏิบัติงาน



รูปที่ ผ.9 หน้าจอแสดงกราฟแกนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้