รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาโปรแกรมค้นหาลำดับการผลิตที่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา โดยเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม

ผู้วิจัย 1. รศ.วนิดา รัตนมณี หัวหน้าโครงการวิจัย
2. อ.สุริยา จิรสถิตสิน ผู้ร่วมโครงการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย จากเงินรายได้
คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2551

บทคัดย่อ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีความจำเป็นทางเศรษฐกิจของไทย การปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานในอุตสาหกรรมจึงเป็นสิ่งจำเป็น การวางแผนการผลิตที่ดีมีประสิทธิภาพเป็นวิธีการหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้กับอุตสาหกรรม งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราโดยนำเอาเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบ โดยพิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำที่สุดเป็นตัวชี้วัดลำดับการผลิตที่ดีที่สุด โปรแกรมประกอบด้วยสามส่วนหลัก คือ ส่วนการป้อนข้อมูลเข้า ส่วนประมวลผล และส่วนแสดงผลลัพธ์ หลักการทำงานของโปรแกรมคือ ส่วนการป้อนข้อมูลเข้าจะเป็นส่วนที่กำหนดข้อมูลทั้งหมดโดยผู้ใช้สำหรับจัดลำดับการผลิต ข้อมูลส่วนหนึ่งส่งไปเก็บไว้ในฐานข้อมูล และอีกส่วนหนึ่งส่งไปยังโปรแกรมประมวลผล เมื่อได้ข้อมูลแล้วโปรแกรมการประมวลผลก็จะนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดมาประมวลผลตามวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึม และแสดงผลลัพธ์เป็นลำดับการผลิตในแผ่นงาน Spread Sheet จากการทดสอบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นพบว่าโปรแกรมสามารถจัดลำดับการผลิตได้ผลเป็นที่น่าพอใจ และเมื่อนำโปรแกรมจัดลำดับการผลิตไปเปรียบเทียบกับการจัดลำดับการผลิตกับโรงงานกรณีศึกษา พบว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นให้ผลการจัดลำดับการผลิตมีค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุด 5,460 นาที ใช้เวลาในการประมวลผล 940 นาที แผนการผลิตของโรงงานมีค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุด 13,440 นาที ใช้เวลาประมวลผล 30 นาที ซึ่งโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้ให้ค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดดีกว่าแผนการผลิตของโรงงาน 7,980 นาที คิดเป็น 59.38% แต่ใช้เวลาในการประมวลผลนานกว่าแผนการผลิตของโรงงาน 910นาที

Abstract

Rubber wood furniture industries are currently very importance for Thai economy. Processes improvement of the industries is essential. A good production plan is one way to increase the industry efficiency. So, this research aims to develop a computer program added to optimum sequence production processes by genetic algorithms. In the research, the optimal production sequence is the sequence that has the minimum makespan. The program consists of three main parts; the input, the calculating and the reporting program. The input program is used for record the necessary data sent to the next program. The genetic algorithm approach and the data are processed by the calculating program. Finally, output of the program is shown by the reporting program. After the program was developed completely, it was tested at the case study factory. For results of the program, the makespan of the optimum production sequence is 5,460 minutes and the program calculating time is 940 minutes. While the optimum sequence makespan of the cast study is 13,440 minutes and the sequence determining time is 30 minutes. From the results, it is shown that the optimum sequence from the program is better than the case study sequence 59.38% approximately. However, the calculating time is much higher than the case study.

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินงานวิจัยเรื่อง “การพัฒนาโปรแกรมค้นหาลำดับการผลิตที่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา โดยเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม” ได้รับความช่วยเหลือและความร่วมมือจากหน่วยงานและบุคลากรหลายท่าน จนทำให้การวิจัยครั้งนี้เสร็จลุล่วงไปด้วยดี ดังรายนามต่อไปนี้

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ แหล่งทุนการดำเนินงานวิจัย

รศ. สมชาย ชูโฉม อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ผู้ให้คำแนะนำในการทำวิจัย

บริษัท พีพี พาราวูด จำกัด อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์กรณีศึกษา ผู้ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ และการทดลองใช้โปรแกรม

นางสาวกุสุมา เรืองดิษฐ์ และนายชุกรี แดสา ผู้ช่วยในการดำเนินงานวิจัย

ทางผู้ดำเนินงานวิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ และอีกหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวนามแต่ได้มีส่วนช่วยเหลือให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี

คำนำ

รายงานฉบับนี้เป็นการนำเสนอและสรุปผลการดำเนินงานวิจัยเรื่อง "การพัฒนาโปรแกรมค้นหาลำดับการผลิตที่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา โดยเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม" การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ได้รับเงินทุนสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประเภทเงินรายได้ สำหรับเนื้อหาของรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ประกอบด้วยเนื้อหา 5 บท คือ บทที่ 1 เป็นการนำเสนอถึงที่มาของปัญหาและวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานวิจัย บทที่ 2 เป็นการกล่าวถึงข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ บทที่ 3 อธิบายถึงข้อมูลเบื้องต้นและรายละเอียดโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้น บทที่ 4 เป็นการแสดงถึงผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้โปรแกรม และบทที่ 5 เป็นบทสรุปสำหรับการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นการพัฒนาโปรแกรมช่วยในการวางแผนการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานให้เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นโปรแกรมต้นแบบที่สามารถใช้ในการช่วยวางแผนการผลิตที่มีประสิทธิภาพสำหรับอุตสาหกรรมอื่นด้วย

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานฉบับนี้จะเป็นแนวทางสำหรับการศึกษาให้กับผู้สนใจ และเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับผู้อ่าน อย่างไรก็ตาม หากมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นในรายงานฉบับนี้ ทางผู้จัดทำต้องขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

รศ. วนิดา รัตนมณี
อ. สุริยา จิรสถิตสิน
อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
กุมภาพันธ์ 2553

สารบัญ

		หน้า
สารบัญ		v
รายการตาราง		vii
รายการภาพประกอบ		viii
บทที่		
1	บทนำ	1
	1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
	1.3 ประโยชน์ที่จะได้รับจากงานวิจัย	4
	1.4 ขอบเขตการวิจัย	4
	1.5 ระเบียบวิธีการวิจัย	4
2	ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
	2.1 ข้อมูลทั่วไปของอุตสาหกรรมการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา	5
	2.2 การวางแผนและควบคุมการผลิต	6
	2.3 การจัดลำดับการผลิต	8
	2.4 เจเนติกอัลกอริทึม	16
	2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	25
3	ข้อมูลเบื้องต้นในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา และการสร้างโปรแกรมการจัดลำดับด้วยเจเนติกอัลกอริทึม	29
	3.1 การสำรวจข้อมูลเบื้องต้น	29
	3.2 การประยุกต์ใช้วิธีการเจเนติกอัลกอริทึม	36
	3.3 การออกแบบโปรแกรมการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา	53
4	ผลลัพธ์โปรแกรมการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา	59
	4.1 ผลการทดสอบโปรแกรมการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราที่พัฒนาขึ้น	59
	4.2 การทดสอบความถูกต้อง	71

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 การประเมินผลลัพธ์ที่ได้กับวิธีการเดิมของโรงงาน	73
5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	78
5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย	78
5.2 ข้อเสนอแนะในการดำเนินงานวิจัย	79
บรรณานุกรม	81
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก บทความนำเสนอในที่ประชุมวิชาการ	ก-1
ภาคผนวก ข ลำดับการผลิตชิ้นส่วนตัวอย่างที่ได้จากการประมวลผลโปรแกรม	ข-1
ภาคผนวก ค ข้อมูลรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ใช้ในการประมวลผล	ค-1
ภาคผนวก ง ตัวอย่างแผนการผลิตที่ได้จากวิธีการเดิมของโรงงาน	ง-1

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	รายละเอียดของงานในสถานีการผลิต	14
2.2	การจัดงานแบบ FCFS	14
2.3	การจัดงานแบบ SPT	15
2.4	การจัดงานแบบ EDD	15
2.5	การจัดงานแบบ LPT	16
3.1	ตัวอย่างจำนวนชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ที่จะผลิต	38
3.2	ตัวอย่างข้อมูลเวลาเสร็จสิ้นการทำงานของลำดับชิ้นส่วนในโครโมโซม	40
3.3	ตัวอย่างการคำนวณค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือก และค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสม	44
3.4	ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการคัดเลือกโครโมโซมชุดใหม่	45
3.5	ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการคัดเลือกโครโมโซมเพื่อทำการครอสโอเวอร์	48
3.6	ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการคัดเลือกโครโมโซมเพื่อทำการมิวเตชั่น	50
3.7	ข้อมูลป้อนเข้าสำหรับฐานข้อมูล	54
4.1	รายละเอียดของข้อมูลตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ 1 (โต๊ะนักเรียน)	59
4.2	รายละเอียดของข้อมูลตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ 1 (เก้าอี้นักเรียน)	62
4.3	ข้อมูลชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ที่มีชิ้นส่วนย่อย	66
4.4	ข้อมูลเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต	67
4.5	ข้อมูลเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม	69
4.6	รายละเอียดของข้อมูลค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม	74
4.7	สรุปผลการเปรียบเทียบโปรแกรมจัดลำดับการผลิตที่พัฒนาขึ้นกับโปรแกรมวางแผนการผลิตเดิมของทางโรงงาน พี พี พาราวูด	77

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1.1	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา	2
2.1	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยหลายชิ้นส่วนและหลายขั้นตอน	6
2.2	การเคลื่อนที่ของงานเข้าสู่เครื่องจักรที่วางขนานกัน	10
2.3	การจัดงาน n ชนิดผ่านเครื่องจักร m เครื่องที่วางเรียงกัน	11
2.4	แผนผังแสดงโครงสร้างและวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึม	19
2.5	การคัดเลือกแบบวงล้อรูเล็ท	21
2.6	ตัวอย่างการครอสโอเวอร์	23
2.7	ตัวอย่างการมิวเตชั่น	24
3.1	กระบวนการผลิตหลัก	30
3.2	การตัดหยาบ	31
3.3	การไสไม้	31
3.4	การเพลาะไม้	32
3.5	การเจาะและการเซาะร่อง	32
3.6	การตัดละเอียด	33
3.7	การขัด	33
3.8	การประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ	34
3.9	การทำผิวสำเร็จ	34
3.10	การบรรจุภัณฑ์	35
3.11	แผนผังขั้นตอนการประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึม	37
3.12	วิธีการอ่านรหัสโครโมโซม	38
3.13	แผนผังขั้นตอนการจัดงานเข้าเครื่องจักร	39
3.14	ตัวอย่างผลที่ได้จากการถอดรหัสคำตอบ	41
3.15	ตัวอย่างการสร้างวงล้อรูเล็ทจากข้อมูลตัวอย่างในตาราง 3.3	45
3.16	ขั้นตอนการคัดเลือกโครโมโซมเพื่อทำการครอสโอเวอร์	47
3.17	ตัวอย่างวิธีการครอสโอเวอร์แบบ Order Crossover (OX)	49
3.18	ขั้นตอนการคัดเลือกโครโมโซมเพื่อทำการมิวเตชั่น	50
3.19	ตัวอย่างการมิวเตชั่นแบบ Two-point Swapping Mutation	51

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
3.20	การทำงานของโปรแกรมรับข้อมูลป้อนเข้าสำหรับประมวลผล	53
3.21	ข้อมูลผลิตภัณฑ์ป้อนเข้าสำหรับฐานข้อมูล	55
3.22	ข้อมูลชิ้นส่วนป้อนเข้าสำหรับฐานข้อมูล	55
3.23	ข้อมูลขั้นตอนการผลิตป้อนเข้าสำหรับฐานข้อมูล	56
3.24	ข้อมูลขั้นตอนการผลิตป้อนเข้าสำหรับฐานข้อมูล	56
3.25	ตัวอย่างโปรแกรมฐานข้อมูล	57
3.26	ลักษณะโปรแกรมจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราที่พัฒนาขึ้น	58
4.1	ลำดับการผลิตชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ที่ได้จากโปรแกรม	68
4.2	การลดลงของค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุด ณ Generation ต่าง ๆ (ข้อมูลทดสอบโปรแกรม)	70
4.3	การลดลงของค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุด ณ Generation ต่าง ๆ (ข้อมูลเปรียบเทียบโปรแกรม)	75

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ของไทยเป็นอุตสาหกรรมที่มีบทบาท และมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศมาก ทั้งในส่วนที่ก่อให้เกิดการจ้างงานเป็นจำนวนมาก และเป็นอุตสาหกรรมที่สามารถทำรายได้เข้าสู่ประเทศปีละหลายหมื่นล้านบาท โดยมีการส่งออกเฟอร์นิเจอร์ไม้ประมาณร้อยละ 70 ของเฟอร์นิเจอร์ทั้งหมด ส่วนใหญ่เป็นเฟอร์นิเจอร์ที่ทำจากไม้ยางพารา มีสัดส่วนประมาณร้อยละ 65 ของเฟอร์นิเจอร์ไม้ที่ผลิตได้ทั้งหมด [1] การผลิตส่วนใหญ่ใช้วัตถุดิบในประเทศ จึงถือว่าอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์เป็นอุตสาหกรรมที่สามารถนำทรัพยากรของประเทศมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดทั้งวัตถุดิบและแรงงาน

ปัจจุบันความต้องการเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราได้รับความนิยมสูงทั้งในประเทศและต่างประเทศ เนื่องจากมีราคาถูก มีการอบเพื่อถนอมเนื้อไม้ให้ทนทานแข็งแรง อีกทั้งยังมีสีขาวนวล เนื้อไม้มีลวดลายสวยงามเป็นที่ยอมรับของตลาดต่างประเทศว่าเป็นไม้สักขาว นอกจากนี้ผู้ผลิตยังมีการพัฒนารูปแบบและนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมากขึ้นมาใช้ ทำให้ตลาดต่างประเทศรู้จักเป็นอย่างดี ส่งผลให้ไทยสามารถผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราและชิ้นส่วนเพื่อแข่งขันในตลาดโลกสูง โดยการส่งออกเฟอร์นิเจอร์และชิ้นส่วนในปี 2550 มีมูลค่า 1,292 ล้านเหรียญสหรัฐฯ หรือ 44,581 ล้านบาท ซึ่งมีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 6 [2] เฟอร์นิเจอร์ที่ส่งออกส่วนใหญ่เป็นเฟอร์นิเจอร์ชนิดถอดประกอบได้ และร้อยละ 80 ของเฟอร์นิเจอร์ที่ส่งออกเป็นการส่งออกไปจำหน่ายยังสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น กลุ่มประชาคมยุโรป แคนาดา และออสเตรเลีย [3] นอกจากนี้การส่งออกสินค้าเฟอร์นิเจอร์และชิ้นส่วนของไทยยังมีโอกาสและความสามารถที่จะสร้างยอดขายในตลาดต่างประเทศเพิ่มขึ้น เนื่องจากประชากรในตลาดใหม่ เช่น จีน อินเดีย สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ และรัสเซีย มีกำลังซื้อเพิ่มมากขึ้นจึงยังคงมีความต้องการสินค้าเฟอร์นิเจอร์ ส่งผลให้แนวโน้มการส่งออกสินค้าเฟอร์นิเจอร์และชิ้นส่วนยังคงมีทิศทางที่ดี

แม้ว่าอุตสาหกรรมการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราจะมีอัตราการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง แต่ก็ยังประสบกับปัญหานานาประการไม่ว่าจะเป็น ด้านการตลาด หรือด้านการผลิต จากสภาวะการแข่งขันสูงในกลุ่มประเทศอาเซียน ประกอบกับราคาวัตถุดิบที่มีแนวโน้มจะถีบตัวสูงขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้ศักยภาพในการแข่งขันของอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราของประเทศไทยลดต่ำลง การปรับปรุงการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น จึงกลายเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา ดังนั้นทุกฝ่ายทั้งทางหน่วยงานรัฐบาลและเอกชนจึงควรให้ความสนใจเกี่ยวกับการพัฒนาอุตสาหกรรม

เฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา ในแง่ของการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต และการจัดการด้านการผลิต เพื่อให้การแข่งขันระดับนานาชาติมีศักยภาพสูงขึ้น

อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราในปัจจุบัน เป็นการผลิตตามใบสั่งซื้อที่มีการกำหนดรูปแบบของเฟอร์นิเจอร์โดยลูกค้า ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่อุตสาหกรรมต้องผลิตมีรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายดังแสดงในรูปที่ 1.1 [4] โดยแต่ละผลิตภัณฑ์จะประกอบด้วยชิ้นส่วนต่าง ๆ หลายชิ้นส่วน ซึ่งการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเฟอร์นิเจอร์ที่พร้อมจะประกอบเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปได้ทันทีนั้น ในโรงงานต้องมีเครื่องจักรเพียงพอที่จะทำงานได้หลากหลาย เพื่อรองรับรูปแบบเฟอร์นิเจอร์ที่ได้รับมา และจำเป็นต้องมีการใช้แรงงานคนในการผลิตเนื่องจากมีบางขั้นตอนที่ต้องการความละเอียด ไม่สามารถใช้เครื่องจักรในการช่วยงานได้ เช่น ขั้นตอนการขัด การขัดหยาบ การย้อมสี และการประกอบ เป็นต้น ซึ่งการจัดสรรงานให้กับเครื่องจักรและแรงงานคนอย่างเหมาะสม ถือเป็นสิ่งสำคัญในการปรับปรุงประสิทธิภาพและการจัดการด้านการผลิตในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา เนื่องจากธรรมชาติของอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์นั้น ต้องผลิตตามคำสั่งซื้อของลูกค้า ทำให้ผลิตภัณฑ์มีหลายรูปแบบ หลายชิ้นส่วน แต่ละชิ้นส่วนต้องผ่านการผลิตหลายขั้นตอน และแต่ละขั้นตอนประกอบด้วยหลายเครื่องจักร นอกจากนี้ในส่วนของขั้นตอนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารานั้น มีขั้นตอนการประกอบร่วมอยู่ด้วย ดังนั้นในการจัดลำดับการผลิตจึงจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับชิ้นส่วนที่จะนำไปประกอบด้วย เพราะชิ้นส่วนที่จะนำไปประกอบเป็นผลิตภัณฑ์นั้น ต้องมีเวลาการผลิตเสร็จพร้อมๆ กัน จึงจะสามารถเกิดขั้นตอนการประกอบได้ ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ถือเป็นปัญหาที่สำคัญและเป็นเรื่องยากที่จะจัดลำดับชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้าสู่การทำงานของเครื่องจักรและแรงงานคนให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพได้ กล่าวคือ สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้อย่างรวดเร็วทันต่อความต้องการของลูกค้า โดยใช้ประโยชน์เครื่องจักรได้เต็มประสิทธิภาพและสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการปฏิบัติการ หรือทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำลงได้มากที่สุด ดังนั้นการแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิตให้มีประสิทธิภาพจึงเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

รูปที่ 1.1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

ที่มา http://th.88db.com/Buy-Sell/Furniture/ad-254847/

ปัญหาการจัดลำดับการผลิตจัดเป็นปัญหาประเภท NP-Hard ซึ่งหมายถึงปัญหาที่ใช้เวลาในการหาคำตอบยาวนานและเวลาในการหาคำตอบจะเพิ่มมากขึ้นแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลเมื่อขนาดของปัญหาเพิ่มขึ้น การแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิตสามารถทำได้หลายวิธี เช่น วิธีทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าต่ำสุดในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ เช่น วิธีโปรแกรมเชิงเส้น วิธีการแตกกิ่งและขอบเขต หรือใช้วิธีการหาค่าที่ดีที่สุดโดยวิธีทางฮิวริสติกวิธีต่าง ๆ นอกจากนี้ยังมีการนำเอาคอมพิวเตอร์มาช่วยในการแก้ปัญหาทำให้สามารถแก้ปัญหาได้ง่ายขึ้นแต่อย่างไรก็ตามเมื่ออุตสาหกรรมมีการพัฒนามากขึ้นทำให้ปัญหามีขนาดใหญ่ มีความซับซ้อนและมีขั้นตอนการทำงานมากขึ้น วิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อนวิธีหนึ่ง คือเจเนติกอัลกอริทึม ซึ่งเป็นวิธีทางฮิวริสติกที่ใช้ในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด

เจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm : GA) เป็นวิธีการแก้ปัญหาแบบหนึ่งที่ช่วยให้ได้มาซึ่งคำตอบที่เหมาะสมที่สุดให้กับปัญหาโดยใช้กระบวนการทางพันธุศาสตร์เข้ามาในกระบวนการค้นหาคำตอบของปัญหา เจเนติกอัลกอริทึมสามารถช่วยแก้ปัญหาที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่และมีความซับซ้อนได้เนื่องจากมีคุณสมบัติของการเลียนแบบการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมตามธรรมชาติ โดยจะนำค่าที่เหมาะสมที่สุดจากประชากรรุ่นก่อนมาใช้พิจารณาในการหาคำตอบของประชากรรุ่นถัดมา จึงจัดได้ว่าเจเนติกอัลกอริทึมเป็นวิธีหนึ่งในกลุ่มของการคำนวณเชิงวิวัฒนาการ ซึ่งในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับถึงประสิทธิภาพและมีการนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในด้านของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) [5]

ในงานวิจัยนี้จึงนำเอาวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาประยุกต์ใช้ในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา โดยพัฒนาเป็นโปรแกรมสำเร็จรูป โดยพิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานที่ต่ำที่สุด (Minimize Makespan) เพื่อให้ได้ลำดับการผลิตที่ใช้เวลาในการผลิตต่ำที่สุด ซึ่งจะทำให้เกิดการใช้ประโยชน์เครื่องจักรอย่างเต็มประสิทธิภาพและส่งผลต่อต้นทุนการผลิตที่ต่ำลง และเนื่องจากปัญหาการจัดลำดับการผลิตในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราเป็นปัญหาที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อน มีความหลากหลายทั้งในส่วนของผลิตภัณฑ์ ชิ้นส่วน รวมทั้งขั้นตอนต่าง ๆ ในการผลิต การประยุกต์ใช้วิธีการเจเนติกอัลกอริทึมจะสามารถช่วยแก้ไขปัญหาที่ซับซ้อนเหล่านี้ได้ นอกจากนั้นปัญหาการจัดลำดับการผลิตในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราส่วนใหญ่ยังเป็นการใช้ประสบการณ์และความชำนาญของพนักงานในการจัดลำดับการผลิต ซึ่งต้องใช้เวลานานและอาจเกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้นการจัดลำดับการผลิตด้วยคอมพิวเตอร์โดยประยุกต์ใช้วิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมในการประมวลผล จะทำให้การวางแผนการผลิตในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา โดยนำวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบ

1.3 ประโยชน์ที่จะได้รับจากงานวิจัย

1. ได้ทราบถึงวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา
2. ได้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา
3. ลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมเป็นการค้นหาแผนที่ทำให้เกิดเวลาการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต่ำที่สุด
4. ทำให้ผู้วางแผนการผลิตสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น
5. เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเนื่องจากมีแผนการผลิตที่สามารถปฏิบัติได้อย่างใกล้เคียงกับความเป็นจริง
6. เป็นแนวทางสำหรับผู้ที่สนใจเกี่ยวกับการพัฒนาประสิทธิภาพการจัดลำดับการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมที่มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อน

1.5 ขอบเขตการวิจัย

เพื่อให้การวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์ และสามารถดำเนินการศึกษาตามระยะเวลาที่เหมาะสม จึงได้กำหนดขอบเขตการดำเนินการวิจัย คือ ออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราตั้งแต่ขั้นตอนการขึ้นรูปจนถึงการบรรจุรับข้อมูลที่จะจัดลำดับการผลิตจนแสดงเป็นแผนการผลิตออกมา โดยประยุกต์ใช้วิธีการเจเนติกอัลกอริทึมในการหาคำตอบ

1.6 ระเบียบวิธีการวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. สำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราเกี่ยวกับผลลัพธ์และระบบการผลิต
3. ออกแบบโปรแกรมการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา
4. สร้างโปรแกรมการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา
5. ทดสอบการใช้โปรแกรม ณ อุตสาหกรรมกรณีศึกษา และปรับปรุงโปรแกรม
6. เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับวิธีการเดิมของโรงงาน
7. สรุปผลการวิจัย

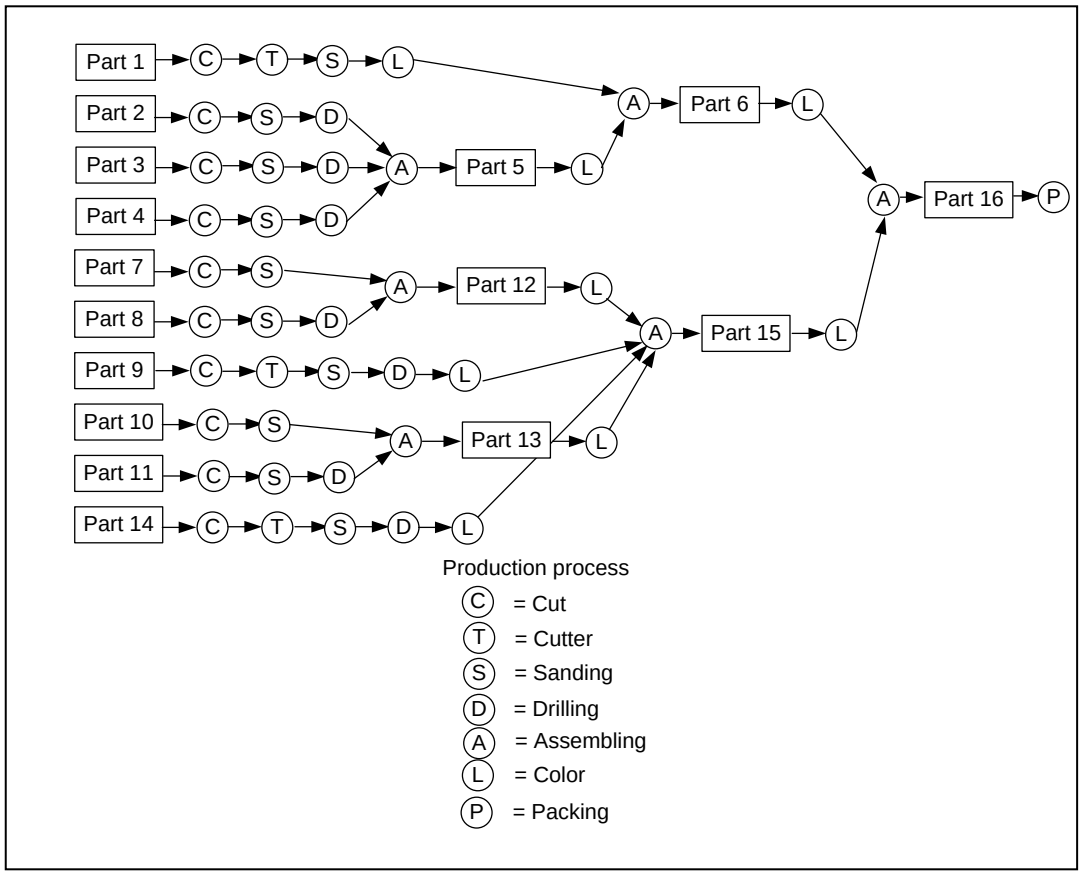
บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราโดยในส่วนของทฤษฎีนั้นประกอบด้วย ข้อมูลทั่วไปของอุตสาหกรรมการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา การวางแผนและควบคุมการผลิต การจัดลำดับการผลิต และเจเนติกอัลกอริทึม ในส่วนของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนั้นจะกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกริทึมในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

2.1 ข้อมูลทั่วไปของอุตสาหกรรมการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

อุตสาหกรรมการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราเป็นอุตสาหกรรมประเภทหนึ่งที่มีบทบาท และมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ สามารถสร้างรายได้ให้แก่ประเทศและเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญปีละหลายหมื่นล้านบาท การปรับปรุงประสิทธิภาพและการจัดการด้านการผลิตเพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันกับตลาดคู่แข่ง จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้อุตสาหกรรมการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราสามารถแข่งขันในตลาดโลกได้

การผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราในประเทศไทย มีรูปแบบการผลิต 2 รูปแบบ คือ (1) แบบที่ถอดประกอบไม่ได้ (Finished Furniture) ส่วนใหญ่ผลิตเพื่อจำหน่ายภายในประเทศ และ (2) แบบที่ถอดประกอบได้ (Knocked Down Furniture) ส่วนใหญ่จะผลิตเพื่อการส่งออก โดยเฟอร์นิเจอร์ชนิดนี้จะผลิตในโรงงานขนาดใหญ่ที่เน้นการส่งออกเป็นหลัก เฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราที่ผลิตขึ้นประมาณร้อยละ 70 จะส่งออกไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ ที่เหลือประมาณร้อยละ 30 เป็นการจำหน่ายในประเทศ การจำแนกลักษณะการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา สามารถจำแนกได้ 3 ลักษณะ คือ (1) ผลิตตามรูปแบบที่ลูกค้ากำหนด (Original Equipment Manufacturing: OEM) (2) ผลิตในรูปแบบที่ออกแบบเอง (Original Design Manufacturing: ODM) และ (3) ผลิตโดยมีตรายี่ห้อเป็นของตนเอง (Original Brand Manufacturing: OBM) ซึ่งในปัจจุบันลักษณะการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราของไทย ส่วนใหญ่เป็นการผลิตตามใบสั่งซื้อที่มีการกำหนดรูปแบบของเฟอร์นิเจอร์โดยลูกค้า ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่อุตสาหกรรมต้องผลิตมีหลากหลายรูปแบบ หลากหลายขนาด แต่ละผลิตภัณฑ์ประกอบไปด้วยหลายชิ้นส่วน ยกตัวอย่าง เช่น ผลิตภัณฑ์เก้าอี้ จะต้องประกอบไปด้วย ขาหน้า-ซ้าย ขาหลัง-ซ้าย ขาหน้า-ขวา ขาหลัง-ขวา พนักพิง เท้าแขน และส่วนที่นั่ง เป็นต้น แต่ละชิ้นส่วนจะประกอบไปด้วยกรรมวิธีการผลิตหลายขั้นตอน [6] ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า 1 ผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยหลายชิ้นส่วน และแต่ละชิ้นส่วนต้องผ่านขั้นตอนการผลิตหลายขั้นตอน



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยหลายชิ้นส่วนและหลายขั้นตอน

ที่มา Rattanamanee et al. 2005

2.2 การวางแผนและควบคุมการผลิต [7]

การวางแผนและควบคุมการผลิต วัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดจากทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด และให้เป็นที่พอใจแก่ความต้องการของลูกค้า ความหมายของทรัพยากรในที่นี้ รวมหมายถึงสิ่งอำนวยความสะดวกในการผลิต เช่น เครื่องจักรและอุปกรณ์ แรงงานและวัตถุดิบ การวางแผนการผลิตนั้นมีลำดับขั้นที่สามารถแยกย่อยได้ตามช่วงเวลา คือ การวางแผนการผลิตระยะยาว ระยะกลาง และระยะสั้น ซึ่งในแต่ละลำดับขั้นนั้นก็จะมีจุดประสงค์และหัวข้อที่เป็นองค์ประกอบของการวางแผนแตกต่างกันดังนี้

(1) การวางแผนการผลิตระยะยาว (Long-term Production Planning) หมายถึง การวางแผนการผลิตในช่วงเวลามากกว่า 1 ปี ขึ้นไป โดยทั่วไปแล้วจะอยู่ระหว่าง 3-5 ปี ซึ่งเป็นการวางแผนระดับกลยุทธ์ (Strategic Level) โดยมีจุดประสงค์เพื่อการตัดสินใจในการเตรียมความพร้อมด้านกำลังการผลิตสำหรับการดำเนินการในอนาคต เช่น อาคาร สถานที่ เครื่องจักรหลัก หรือสาธารณูปโภคของโรงงาน เป็นต้น

(2) การวางแผนการผลิตระยะกลาง (Mid-term Production Planning) หมายถึง การวางแผนการผลิตในช่วงเวลาระหว่าง 1-12 เดือนข้างหน้า ซึ่งเป็นการวางแผนระดับการจัดการ (Managerial Level) มีจุดประสงค์เพื่อจัดสรรการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้สามารถเกิดผลอย่างเต็มที่ในกระบวนการผลิต คำว่าทรัพยากรในที่นี้หมายถึงสิ่งที่เป็นปัจจัยสำหรับการผลิต เช่น วัตถุดิบ แรงงาน เครื่องจักร และเครื่องมือเป็นต้น การวางแผนการผลิตระยะกลางนี้จะมีองค์ประกอบสำคัญ ดังนี้

- การวางแผนการผลิตรวม (Aggregate Planning) เป็นลำดับขั้นแรกของการวางแผนการผลิตระยะกลาง ซึ่งแผนการผลิตรวมเป็นแผนที่สร้างขึ้นเพื่อเชื่อมโยงความสามารถในการผลิตทั้งหมดที่มีอยู่ให้สอดคล้องกับความต้องการในตัวสินค้าทั้งหมดที่จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาต่าง ๆ ทั้งนี้จะยังไม่เจาะจงรายละเอียดว่าสินค้ารุ่นใดหรือชนิดใดจะต้องมีระดับของปัจจัยการผลิตเท่าใด แต่จะเป็นการกำหนดในลักษณะการพิจารณาโดยรวมทั้งหมด ความสำคัญของการวางแผนในหัวข้อนี้คือ เป็นการจัดเตรียมทรัพยากรการผลิตในระยะกลางให้สอดคล้องกับแผนการผลิตที่จะเกิดขึ้น ภายใต้กำลังการผลิตที่ได้กำหนดไว้ รวมทั้งมุ่งเน้นในเรื่องต้นทุนการผลิตที่จะเกิดขึ้นให้อยู่ในระดับที่ต่ำที่สุด

- การจัดตารางการผลิตหลัก (Master Production Scheduling : MPS) เป็นการจัดทำแผนการผลิตที่ระบุเจาะจงลงไปว่าจะทำการผลิตชิ้นงานอะไร จำนวนเท่าใด และจะต้องเสร็จสมบูรณ์เมื่อใด โดยทั่วไปมักจะจัดทำตารางการผลิตหลักเป็นรายเดือนหรือรายสัปดาห์ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของการผลิตนั้น ๆ ข้อมูลในตารางการผลิตหลักจะมาจากการแปลงค่าจากการพยากรณ์ยอดขาย ซึ่งอาจจะคำนวณตามหลักทางสถิติหรือมาจากใบสั่งซื้อของลูกค้า ซึ่งจะบอก ชนิด ปริมาณ และวันกำหนดส่งมอบอย่างชัดเจน ทั้งนี้การจัดทำตารางการผลิตหลักจะต้องมีความสอดคล้องกับแผนการผลิตรวมที่ได้กำหนดไว้แล้วด้วย

- การวางแผนความต้องการวัสดุ (Material Requirement Planning : MRP) เป็นเทคนิคในการจัดการเกี่ยวกับความต้องการวัตถุดิบ ชิ้นส่วนประกอบ และวัสดุอื่น ๆ เพื่อให้สามารถรู้ถึงปริมาณความต้องการในแต่ละช่วงเวลา และสามารถจัดหาได้อย่างเพียงพอและทันเวลากับความต้องการในทุก ๆ ขั้นตอนการผลิต โดยข้อมูลจากตารางการผลิตหลักจะบอกถึงสิ่งที่จะต้องผลิตว่ามีจำนวนเท่าใด ในเวลาใด จากนั้นจะพิจารณาถึงส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ที่จะผลิตว่าประกอบด้วยวัตถุดิบ ชิ้นส่วน ชิ้นส่วนประกอบ และวัสดุอื่น ๆ อะไรบ้าง เพื่อจะใช้ในการจัดหา โดยจะต้องดูข้อมูลปริมาณจากในคลังวัสดุที่มีช่วงเวลาที่ใช้ในการจัดหา ผลิตภัณฑ์ที่มีขั้นตอนการผลิตซับซ้อน มีชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ เป็นจำนวนมากจะใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการคำนวณ ซึ่งจะทำให้รวดเร็วและถูกต้องมากขึ้น เทคนิคนี้จะประยุกต์ใช้กับระบบการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง แต่จะไม่ประยุกต์ใช้กับระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง

- การวางแผนความต้องการกำลังการผลิต (Capacity Requirement Planning : CRP) เป็นการจัดทำแผนที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดกำลังการผลิตที่จำเป็นสำหรับแต่ละสถานีงาน (Workstation) เช่น แรงงาน เครื่องจักร หรือปัจจัยการผลิตทางกายภาพอื่น ๆ ว่าควรจะต้องมีปริมาณเท่าใด และต้องการในช่วงเวลาใด โดยจะรับข้อมูลความต้องการวัสดุจากการวางแผนความต้องการวัสดุ มาทำการประเมินผลเกี่ยวกับภาระงานของสถานีงานต่าง ๆ ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถมั่นใจได้ว่ากำลังการผลิตที่

มีอยู่ และกำลังการผลิตที่ต้องการในช่วงเวลานั้นมีความสมดุลเพียงพอสำหรับแต่ละหน่วยงานโดยพยายามไม่ให้เกิดเหตุการณ์ที่มีภาระงานมากเกินไป หรือมีภาระงานน้อยเกินไป หรือเกิดคอขวด (Bottle Neck)

(3) การวางแผนการผลิตระยะสั้น (Short-Term Production Planning) หมายถึง การวางแผนการผลิตที่มีช่วงเวลาเป็นรายสัปดาห์หรือรายวัน ขึ้นอยู่กับปริมาณงานและความซับซ้อนของกระบวนการผลิต เป็นการวางแผนระดับปฏิบัติการที่มีจุดประสงค์เพื่อจัดเตรียมการกำหนดเวลาในการทำงานให้กับทรัพยากรการผลิตที่เกี่ยวข้อง เช่น แรงงาน เครื่องจักร เครื่องมือ รวมทั้งช่วงเวลาในการปฏิบัติงานของแต่ละสถานีงานด้วย การวางแผนการผลิตระยะสั้นนี้จะมุ่งเน้นเรื่องการจัดลำดับการผลิตเป็นหลัก ซึ่งถือเป็นลำดับขั้นสุดท้ายของระบบการวางแผนการผลิต โดยจะต้องมีความยืดหยุ่นตัวได้ค่อนข้างสูงเพื่อให้สอดคล้องกับสถานภาพของกระบวนการผลิต

2.3 การจัดลำดับการผลิต (Production Scheduling) [8]

การจัดลำดับการผลิต เป็นการจัดสรรทรัพยากรการผลิตไม่ว่าจะเป็น แรงงาน เครื่องจักร หรือสิ่งอำนวยความสะดวก ให้ดำเนินการผลิตตามที่ได้รับมอบหมายภายในช่วงเวลาที่กำหนดไว้ ซึ่งรับช่วงต่อมาจากการวางแผนความต้องการวัสดุ และการวางแผนความต้องการกำลังการผลิต ทั้งนี้การจัดลำดับการผลิตจะเกี่ยวข้องกับเรื่องการทำงานและการจัดลำดับงาน (Job Sequencing) ให้กับแต่ละหน่วยงาน การจัดลำดับการผลิตเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งของการผลิตทั้งแบบต่อเนื่อง และแบบกลุ่ม รวมถึงแบบไม่ต่อเนื่อง เพราะต้องจัดสรรทรัพยากรการผลิตที่มีอยู่ให้ผลิตผลิตภัณฑ์หลายชนิด ดังนั้นจึงต้องใช้ทรัพยากรทั้งด้านแรงงานคน และเครื่องจักรอุปกรณ์ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด จากการวิเคราะห์ระบบการวางแผนการผลิตทั้งหมดจะพบว่า ในการวางแผนการผลิตแต่ละลำดับขั้นนั้นต้องมุ่งเน้นในการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรการผลิตที่มีอยู่ให้เกิดผลสูงสุด ซึ่งจะต้องมีการติดตามตรวจสอบผลลัพธ์การผลิตจริงที่เกิดขึ้นว่าเป็นไปตามแผนการผลิตหรือไม่โดยการประสานงานและสื่อสารข้อมูลที่จำเป็นระหว่างหน่วยงาน หากมีปัญหาใดเกิดขึ้นก็อาจจะต้องมีการปรับเปลี่ยนแผนการผลิตให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้เพื่อให้กระบวนการผลิตสามารถดำเนินการภายใต้ข้อกำหนดต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [7]

โดยปกติแล้วข้อจำกัด (Constraint) ของปัญหาการจัดลำดับการผลิตที่ควรคำนึงถึง แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ข้อจำกัดของเครื่องจักร (Resource Constraint) และข้อจำกัดของลำดับการผลิตของงานที่จะถูกผลิต (Technological Constraint) ข้อจำกัดของเครื่องจักรนั้นจะขึ้นอยู่กับกำลังการผลิตและทรัพยากรที่มีอยู่ ส่วนข้อจำกัดของลำดับงานแต่ละงานที่ถูกผลิตนั้นจะขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ตามลำดับก่อนหลังของงาน ซึ่งงานแต่ละงานก็อาจมีระดับความสำคัญของงานที่แตกต่างกัน นั่นแสดงว่าเครื่องจักรจะไม่สามารถผลิตงานชิ้นต่อไปได้ หากงานที่ผลิตอยู่ยังไม่ถูกทำการผลิตให้เสร็จเรียบร้อยเสียก่อน ซึ่งมีลักษณะ

เหมือนกับปัญหาของระบบแถวคอย (Queuing Problem) ผลของการจัดลำดับการผลิตจะทำให้เครื่องจักรแต่ละเครื่องทำงานต่าง ๆ ตามลำดับที่จัดเอาไว้ งานใดที่ยังไม่ได้ทำการผลิตก็จะรอคอยอยู่หน้าเครื่องจักร ดังนั้นปัญหาการจัดลำดับการผลิตจึงเกี่ยวข้องกับการกำหนดการทำงานของเครื่องจักรให้ผลิตงานหรือผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันโดยคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนด

การจัดทำรายละเอียดของลำดับการผลิต เป็นขั้นตอนที่จะต้องจัดงานให้เครื่องจักรทำการผลิตในแต่ละวันหรือแต่ละชั่วโมงโดยจะแสดงให้ทราบว่าเครื่องจักรแต่ละเครื่องเริ่มทำการผลิตแต่ละงานเมื่อใด ทำการผลิตเสร็จเมื่อใด รอคอยในช่วงเวลาใด มีเครื่องจักรใดบ้างว่างงาน และว่างงานในช่วงเวลาใด ทั้งนี้ก็เพื่อให้สามารถทำการผลิตเสร็จทันตามกำหนดเวลา ตามความต้องการของลูกค้าโดยก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดซึ่งในการดำเนินการผลิตจริงนั้น ผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบงานการจัดลำดับการผลิตมักจะพบว่าต้องมีการปรับเปลี่ยนลำดับการผลิตอยู่ตลอดเวลา ลำดับงานที่เคยวางไว้ไม่สามารถนำไปใช้จริงได้ เมื่อเกิดความคลาดเคลื่อนระหว่างลำดับการผลิตและความต้องการที่เกิดขึ้นจริงส่งผลให้กระบวนการผลิตที่ดำเนินตามลำดับการผลิตดังกล่าวเป็นกระบวนการที่ไม่มีประสิทธิภาพตามไปด้วยถึงแม้ว่าทรัพยากรผลิตทางด้านต่าง ๆ เช่น แรงงาน เครื่องจักร หรือวัตถุดิบ จะมีความพร้อมเพียงใดก็ตาม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการพิจารณาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบการจัดลำดับการผลิตเพื่อกำหนดแนวทางในการปรับปรุงต่อไป

ปัญหาเรื่องการจัดลำดับการผลิตนับว่ามีความยุ่งยากมาก ดังนั้นการจัดลำดับงานที่จะให้ได้ผลเป็นไปตามความประสงค์จึงไม่ใช่เรื่องที่ทำได้ง่ายนัก ทั้งนี้เนื่องจากว่างานต่าง ๆ นั้นมีหลายขั้นตอนที่จะต้องทำไปตามลำดับ การใช้เวลาตั้งเครื่องก็เป็นส่วนหนึ่งที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับการจัดลำดับงาน นอกจากนั้นอุปกรณ์ที่ใช้ในแต่ละหน่วย อาจมีกำลังความสามารถในการผลิตแตกต่างกัน การนำเอาวิธีศึกษาสำนึกหรือวิธีฮิวริสติกมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิตจะช่วยเน้นถึงการแก้ปัญหาที่ยุ่งยากจากสถานการณ์จริงโดยมีจุดประสงค์ที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานของทรัพยากร ลดเวลาการรอคอย และลดความล่าช้าที่เกิดขึ้นให้เหลือน้อยที่สุด ตัวอย่างกฎเกณฑ์หรือวิธีฮิวริสติกที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิตโดยทั่วไปคือการจัดลำดับงานโดยใช้กฎความสำคัญ และในปัจจุบันได้มีการประยุกต์วิธีการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้นเพื่อความรองรับปัญหาที่มีความซับซ้อนและมียุ่งยากซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของการจัดลำดับงานด้วย

2.3.1 การจัดงาน n ชนิดให้กับเครื่องจักร 1 เครื่อง [8]

ปัญหาการจัดงาน n ชนิดให้กับเครื่องจักร 1 เครื่อง เป็นปัญหาการจัดลำดับการผลิตประเภทหนึ่งซึ่งมีการตัดสินใจเพียงอย่างเดียวเท่านั้นที่ใช้ในการจัดลำดับคือ การเรียงลำดับของงาน แม้ว่าปัญหานี้จะเป็นปัญหาที่ค่อนข้างง่ายในการพิจารณาและทำความเข้าใจ แต่ก็มีความสำคัญอย่างมากในทางปฏิบัติ กล่าวคือ การจัดงานให้กับเครื่องจักร 1 เครื่อง มีประโยชน์ต่อกระบวนการเรียนรู้ และเป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาปัญหาการจัดลำดับที่มีความซับซ้อนมากขึ้นในอนาคต เนื่องจากแบบจำลองที่ใช้สำหรับ

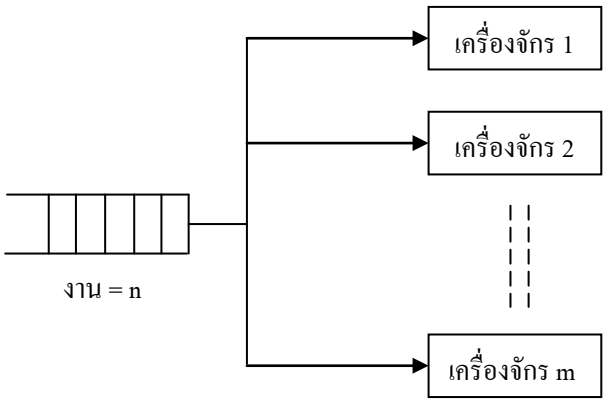
เครื่องจักร 1 เครื่องนี้ เป็นแบบจำลองที่ค่อนข้างง่าย ทำให้เราสามารถเรียนรู้ถึงกลไกในการหาคำตอบโดยใช้วิธีการที่หลากหลายได้กับหลายตัววัดสมรรถนะ ดังนั้นแบบจำลองสำหรับเครื่องจักร 1 เครื่อง จึงเป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนาแนวความคิดเกี่ยวกับการจัดลำดับ ทำให้ทราบถึงองค์ประกอบต่างๆที่ใช้ในการจัดลำดับ และยังเป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาแบบจำลองสำหรับแบบจำลองที่ซับซ้อนขึ้นไป

คุณสมบัติของการจัดงาน n ชนิดให้กับเครื่องจักร 1 เครื่อง มีดังนี้

1. เวลาในการทำงานและเวลากำหนดส่งงานของแต่ละงาน จะกำหนดไว้ล่วงหน้าก่อนแล้ว
2. การตัดสินใจเลือกเอางานใด ๆ เข้าทำอันดับที่ 1, 2 และ 3 จะขึ้นอยู่กับการจัดลำดับงานซึ่งจะมีผลกระทบต่องานที่ต้องการจะทำให้เสร็จ
3. เวลาที่ใช้ทำงานทั้ง n ชนิดให้เสร็จ จะมีค่าคงที่ไม่ว่าจะจัดลำดับงานอย่างไร

2.3.2 การจัดงาน n ชนิดให้กับเครื่องจักร m เครื่องที่วางขนานกัน [8]

ในกรณีนี้ จะพิจารณึงการใช้เครื่องจักรหลายเครื่องโดยที่เครื่องจักรเหล่านี้วางขนานกันซึ่งกำหนดให้มีจำนวน m เครื่อง ซึ่งการเคลื่อนที่ของงานเข้าสู่เครื่องจักรที่วางขนานกันนี้เป็นดังรูปที่ 2.2 โดยจะอนุญาตให้งานใดก็ตามสามารถเข้าไปยังเครื่องจักรได้เพียงเครื่องเดียวเท่านั้น โดยไม่สามารถจะโยกย้ายไปยังเครื่องอื่นได้ ปัญหาที่จะนำมาพิจารณาคือ การเลือกใช้เครื่องจักรและการจัดลำดับงานสำหรับเครื่องจักรแต่ละเครื่อง โดยมีจุดประสงค์ให้ค่าเฉลี่ยของเวลาในการทำงานมีค่าน้อยที่สุด และเวลาในการเสร็จสิ้นการทำงานน้อยที่สุด

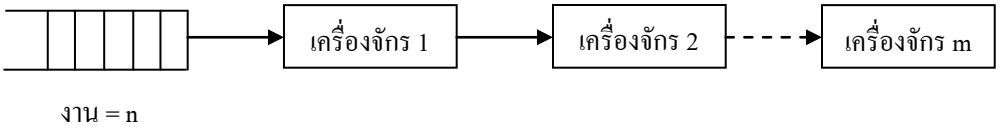


รูปที่ 2.2 การเคลื่อนที่ของงานเข้าสู่เครื่องจักรที่วางขนานกัน

ที่มา ชุมพล ศฤงคารศิริ. 2548

2.3.3 การจัดงาน n ชนิดให้กับเครื่องจักร m เครื่องที่วางเรียงกัน [8]

การจัดลำดับงานแบบนี้ จำนวนงานทั้งหมด n ชนิดจะต้องผ่านเครื่องจักร m เครื่องที่วางเรียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.3 วัตถุประสงค์ของการจัดลำดับเวลางานก็เพื่อลดเวลาในการทำงานรวมของงาน n ชนิดให้น้อยลง คือ ลดเวลางานที่อยู่ในระบบ และเวลาเสร็จงานที่ช้ากว่ากำหนด



รูปที่ 2.3 แสดงการจัดงาน n ชนิดผ่านเครื่องจักร m เครื่องที่วางเรียงกัน
ที่มา ชุมพล ศฤงคารศิริ. 2548

2.3.4 การจัดลำดับงานโดยใช้กฎความสำคัญ [9]

สำหรับงานที่ผ่านการทำงานเพียงขั้นตอนเดียวหรือสถานีการทำงานเดียว เช่น การผ่านชิ้นงานเข้าเครื่อง CNC หรือเครื่องจักรอื่น ๆ การวางแผนการผลิตของสินค้าที่ผ่านกระบวนการแปรรูปในขั้นตอนเดียว หรือลักษณะการทำงานใด ๆ ก็ตามที่เสร็จสิ้นภายในหนึ่งขั้นตอนของการทำงานหรือในหนึ่งสถานีการทำงานเราสามารถจัดลำดับงานให้เหมาะสมซึ่งหมายถึงการจัดลำดับงานที่ทำให้เวลาโดยรวมทั้งหมดของการทำงาน (Total Lead Time) สั้นที่สุดโดยใช้เทคนิคของการจัดลำดับงานโดยใช้กฎความสำคัญซึ่งกระทำได้โดยการจัดงานใน 4 ลักษณะดังต่อไปนี้

(1) First Come First Serve: FCFS

เป็นการจัดลำดับงานโดยให้ทำงานที่เข้ามาก่อนเป็นอันดับแรกและทำงานที่เข้ามาทีหลังเป็นอันดับต่อไป ซึ่งหากพิจารณาจากเกณฑ์การวัดประสิทธิภาพการผลิตแล้ว วิธี FCFS จะเป็นวิธีที่ไม่ค่อยดีนักแต่ถ้าพิจารณาในแง่ของความเป็นธรรมแล้วงานที่เข้าก่อนก็ควรจะได้รับการปฏิบัติก่อนซึ่งข้อเสียที่เด่นชัดของการจัดงานตามวิธีดังกล่าวคืองานที่ใช้เวลาทำมากจะทำให้งานอื่นๆ ที่ตามมาต้องคอยนาน โดยทั่วไปแล้ววิธีการจัดงานแบบ FCFS เหมาะกับงานด้านการให้บริการ เช่น งานร้านอาหาร โรงภาพยนตร์ และธนาคาร เป็นต้น

(2) Shortage Processing Time: SPT

หมายถึงการจัดลำดับความสำคัญของการทำงานโดยให้ทำงานที่ใช้เวลาสั้นที่สุดก่อนแล้วจึงค่อยทำงานที่ใช้เวลามากเป็นลำดับถัดไป จะเห็นได้ว่า SPT เป็นวิธีที่มุ่งในการลดเวลาแล้วเสร็จของงานแต่ละงานและพยายามทำให้งานต่าง ๆ ออกจากระบบการผลิตไปให้เร็วที่สุด ข้อดีของการจัดงานแบบ SPT คือเวลาโดยเฉลี่ยของงานในระบบจะต่ำที่สุดทำให้เกิดสินค้าคงเหลือในระหว่างการผลิตน้อยและสามารถประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บแต่ข้อเสียของ SPT คืองานที่ใช้เวลาในการผลิตนาน ๆ มักถูกผลักไปอยู่ใน

อันดับท้ายทำให้มีเกิดการรอคอยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่เกิดมีงานใหม่เข้ามาแทรกอยู่เสมอ ๆ และเป็นงานที่ใช้เวลาน้อยกว่าซึ่งหากใช้ SPT ในการจัดลำดับงานที่เข้ามาแทรกก็จะได้รับการจัดอันดับให้ทำก่อนทำให้งานที่ใช้เวลาในการผลิตนาน ๆ เกิดการรอคอยที่นานมากยิ่งขึ้นไปเรื่อย ๆ

(3) Earliest Due Date: EDD

หมายถึงการจัดลำดับความสำคัญในการทำงานโดยให้ทำงานที่มีกำหนดส่งมอบเร็วที่สุดก่อนแล้วจึงค่อยทำงานที่มีกำหนดส่งมอบนานกว่าเป็นลำดับถัดไป โดยทั่วไปแล้ว EDD เป็นวิธีที่มุ่งเน้นลดการล่าช้าจากกำหนดการส่งมอบงานถึงแม้ว่าวิธีนี้จะดูสมเหตุสมผลและเป็นวิธีที่นิยมใช้ปฏิบัติกันโดยทั่วไปก็จริงแต่วิธีการดังกล่าวอาจทำให้มีจำนวนงานที่เข้ามาในระบบมากกว่าวิธีการอื่น ๆ (หมายถึง พนักงานจะมีงานยุ่งอยู่ตลอดเวลา) และทำให้เกิดสินค้าคงเหลือระหว่างผลิตสูงเนื่องจากในการจัดลำดับการทำงานตามหลักของ EDD นั้นไม่ได้มีการนำเอาเวลาที่ใช้ในการทำงานมาพิจารณาร่วมด้วย

(4) Longest Processing Time: LPT

หมายถึงการจัดลำดับความสำคัญในการทำงานโดยให้ทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดเป็นอันดับแรกแล้วจึงค่อยทำงานที่ใช้เวลาน้อยกว่าเป็นอันดับถัดมา โดยทั่วไปแล้ว LPT มักจะเป็นวิธีที่ส่งผลเสียต่อประสิทธิภาพโดยรวมของการผลิตมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น ๆ เพราะการจัดงานแบบ LPT มักทำให้เวลาที่ใช้ในการผลิตงานทั้งหมดนานและยังทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานทรัพยากรด้านการผลิต (เครื่องจักร กำลังคน ฯลฯ) ต่ำอีกด้วย แต่ข้อดีของการจัดงานแบบ LPTประการหนึ่งก็คือสามารถสร้างขวัญและกำลังใจในการทำงานให้แก่พนักงานได้เนื่องจากเมื่องานยาก ๆ ที่ใช้เวลานานผ่านไปแล้วก็จะเหลือแต่งานง่าย ๆ ที่ใช้เวลาไม่นานทำให้กำลังใจในการทำงานดีขึ้น

2.3.5 ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพในการจัดลำดับความสำคัญ [10]

เกณฑ์การตัดสินใจในการเลือกการจัดลำดับของงานตามแบบหนึ่งแบบใดใน 4 แบบดังกล่าวข้างต้น สามารถพิจารณาได้จากค่าดัชนีชี้วัด 4 ตัวดังต่อไปนี้

(1) Average Completion Time

คือเวลาโดยเฉลี่ยทั้งหมดของการแล้วเสร็จของงาน ซึ่งหาได้จากการนำเอาเวลาที่ใช้ในการทำงาน (Processing Time) และเวลาที่ต้องรอคอยการเข้าผลิต (Idle Time) ของทุก ๆ งานมารวมกันซึ่งเรียกรวมกันว่า “เวลาทั้งหมดในการทำงาน” (Total Flow Time) แล้วนำเวลาดังกล่าวนี้มาหารด้วยจำนวนงานทั้งหมดที่มีก็จะได้ค่าเฉลี่ยของการทำงานในงานแต่ละงาน หรือสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังต่อไปนี้

$$\text{Average Completion Time} = (\text{Total Flowtime Time}) / (\text{No. Of Jobs}) \quad (1)$$

(2) %Utilization

เป็นดัชนีชี้วัดความสามารถในการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ในการผลิตโดยจะเน้นหนักในเรื่องของเวลาที่ต้องสูญเสียไปเนื่องจากการรอคอย (Idle Time) เป็นสำคัญซึ่งหากจัดลำดับความสำคัญในการทำงานได้ดีก็จะส่งผลให้เวลาที่ต้องรอคอยการผลิตของแต่ละงานลดน้อยลงและทำให้ประสิทธิภาพในการใช้งาน

ทรัพยากรในการผลิตต่าง ๆ สูงตามไปด้วยในการหาค่าดัชนี Utilization สามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

% Utilization = (Total Processing Time) / (Total Flow Time) (2)

Total Processing Time = เวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมดของแต่ละงานรวมกัน

Total Flow Time = เวลาที่ใช้ในการทำงานบวกกับเวลาที่ต้องสูญเสียไปเนื่องจากการรอคอยของแต่ละงานรวมกัน

(3) Average No. Of Jobs In System

คือค่าเฉลี่ยของจำนวนงานที่เข้ามาในระบบต่อหน่วยเวลา เป็นดัชนีที่ชี้วัดปริมาณภาระงานที่มีแก่พนักงานว่ามากน้อยเพียงใด ในบางครั้งการจัดลำดับของการทำงานในแบบต่าง ๆ อาจจะให้เวลาแล้วเสร็จของงานเท่า ๆ กัน แต่ถ้าหากมาพิจารณาดูที่ค่าดัชนีดังกล่าวนี้อาจพบว่าวิธีการจัดลำดับงานแบบหนึ่งอาจให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนงานที่ทำต่อหน่วยเวลาสูงกว่าอีกแบบหนึ่ง ซึ่งหมายความว่าในการจัดงานแบบที่ให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนงานที่ทำต่อหน่วยเวลาสูงนั้นพนักงานจะมีภาระงานหนัก (งานยุ่ง) มากกว่าแบบที่ให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนงานที่ทำต่อหน่วยเวลาน้อยกว่า ในการหาค่าดัชนีดังกล่าวสามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

Average No. Of Jobs In System = (Total Flow Time) / (Total Processing Time) (3)

(4) Average Job Lateness

หมายถึงค่าเฉลี่ยของการล่าช้าของงานแต่ละงานเมื่อเทียบกับกำหนดแล้วเสร็จ (Due Date) ค่าดัชนีตัวนี้มักได้รับความสนใจมากเป็นพิเศษ เนื่องจากในทางปฏิบัติแล้วการจัดงานโดยมุ่งเน้นในเรื่องของการลดการส่งมอบงานที่ล่าช้ามักเป็นสิ่งสำคัญเสมอ แต่ถึงกระนั้นก็ตามหากเรามุ่งความสนใจในดัชนีชี้วัดตัวนี้มากจนเกินไปโดยไม่พิจารณาถึงค่าดัชนีตัวอื่น ๆ ประกอบ แน่นอนว่าประสิทธิภาพโดยรวมของการผลิตย่อมต่ำแน่ถึงแม้ว่าเราจะไม่มีการส่งมอบงานที่ล่าช้าเลยก็ตามที ในการหาค่าดัชนี Average Job Lateness สามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

Average Job Lateness = (Total Late Days) / (No. Of Jobs) (4)

Total Late Days คือจำนวนวันทั้งหมดในการส่งมอบงานที่ล่าช้ากว่ากำหนดของทุกงานรวมกัน

No. Of Jobs คือจำนวนงานทั้งหมดที่มีในสถานีการทำ งานนั้น

เพื่อความเข้าใจในเรื่องของการจัดลำดับความสำคัญในการทำงานจึงขอยกตัวอย่างการทำงานในสถานีการผลิตแห่งหนึ่งซึ่งมีจำนวนงานและรายละเอียดของเวลาในการทำงานรวมถึงกำหนดส่ง ดังตาราง 2.1

ในขั้นแรกทดลองจัดลำดับของงานที่เข้ามาในสถานีการผลิตดังกล่าวตามลักษณะทั้ง 4 แบบ และหาค่าดัชนีชี้วัดทั้ง 4 ตัวในแต่ละแบบด้วยซึ่งสามารถกระทำได้ดังแสดงในตาราง 2.2 สำหรับการจัดงานในแบบ FCFS ตาราง 2. 3 สำหรับการจัดงานแบบ SPT ตาราง 2.4 สำหรับการจัดงานแบบ EDD และตาราง 2.5 สำหรับการจัดงานแบบ LPT

ตาราง 2.1 แสดงรายละเอียดของงานในสถานีการผลิต

JOB	PROCESSING TIME (DAYS)	JOB DUEDATE (DAYS)
A	6	8
B	2	6
C	8	18
D	3	15
E	9	23

ตาราง 2.2 การจัดงานแบบ FCFS

JOB	PROCESSING TIME (DAYS)	FLOW TIME	JOB DUE DATE (DAYS)	JOB LATENESS
A	6	6	8	0
B	2	8	6	2
C	8	16	18	0
D	3	19	25	4
E	9	28	23	5
TOTAL	28	77		11
FCFS				
Average Completion Tim (Sum of Total Flow Time/No. of Jobs)	= 77/5 = 15.4 Days			
Utilization (Total Processing Time/Sum of Total Flow Time)	= 28/77 = 36.4%			
Average No. of Job in System (Sum of Total Flow Time)	= 77/28 = 2.75 Jobs			
Average Jobs Lateness (Total Late Days/No. of Jobs)	= 11/5 = 2.2 Days			

ตาราง 2.3 การจัดงานแบบ SPT

JOB	PROCESSING TIME (DAYS)	FLOW TIME	JOB DUE DATE (DAYS)	JOB LATENESS
B	2	2	6	0
D	3	5	15	0
A	6	11	8	3
C	8	19	18	1
E	9	28	23	5
TOTAL	**28**	**65**		**9**
SPT				
Average Completion Time (Sum of Total Flow Time/No. of Jobs)	= 65/5 = 13 Days			
Utilization (Total Processing Time/Sum of Total Flow Time)	= 28/65 = 43.1%			
Average No. of Job in System (Sum of Total Flow Time)	= 65/28 = 2.32 Jobs			
Average Jobs Lateness (Total Late Days/No. of Jobs)	= 9/5 = 1.8 Days			

ตาราง 2.4 การจัดงานแบบ EDD

JOB	PROCESSING TIME (DAYS)	FLOW TIME	JOB DUE DATE (DAYS)	JOB LATENESS
B	2	2	6	0
A	6	8	8	0
D	3	11	15	0
C	8	19	18	1
E	9	28	23	5
TOTAL	**28**	**68**		**6**
EDD				
Average Completion Time (Sum of Total Flow Time/No. of Jobs)	= 68/5 = 13.6 Days			
Utilization (Total Processing Time/Sum of Total Flow Time)	= 28/68 = 41.2%			
Average No. of Job in System (Sum of Total Flow Time)	= 68/28 = 2.43 Jobs			
Average Jobs Lateness (Total Late Days/No. of Jobs)	= 6/5 = 1.2 Days			

ตาราง 2.5 การจัดงานแบบ LPT

JOB	PROCESSING TIME (DAYS)	FLOW TIME	JOB DUE DATE (DAYS)	JOB LATENESS
E	9	9	23	0
C	8	17	18	0
A	6	23	8	15
D	3	26	15	11
B	2	28	6	22
TOTAL	**28**	**103**		**48**
LPT				
Average Completion Time (Sum of Total Flow Time/No. of Jobs)	= 103/5 = 20.6 Days			
Utilization (Total Processing Time/Sum of Total Flow Time)	= 28/103 = 27.2%			
Average No. of Job in System (Sum of Total Flow Time)	= 103/28 = 3.68 Jobs			
Average Jobs Lateness (Total Late Days/No. of Jobs)	= 48/5 = 9.6 Days			

การจัดลำดับงานโดยใช้กฎความสำคัญอาจไม่เหมาะสมเมื่อปัญหามีความซับซ้อนและมีขนาดใหญ่ขึ้น การนำวิธีฮิวริสติกอื่น ๆ มาใช้ในการจัดลำดับงานสำหรับ n ชนิด บนเครื่องจักร m เครื่อง อาจมีความจำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการค้นหาคำตอบ ซึ่งปัจจุบันนี้มีวิธีการฮิวริสติกต่าง ๆ ที่มีประสิทธิภาพสามารถค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาที่มีตัวแปรเป็นจำนวนมากเกี่ยวข้อง เช่น วิธีการเจเนติกอัลกอริทึม เป็นต้น

2.4 เจเนติกอัลกอริทึม

ปัจจุบันปัญญาประดิษฐ์ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในการแก้ปัญหาในโรงงานอุตสาหกรรมหลาย ๆ อย่าง เนื่องจากสามารถใช้จัดการกับปัญหาที่มีความยุ่งยากซับซ้อนได้ดี สำหรับปัญหาการจัดลำดับการผลิตนั้น ถือเป็นปัญหาที่มีขนาดใหญ่และมีตัวแปรเข้ามาเกี่ยวข้องจำนวนมาก ดังนั้นการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดจึงเป็นเรื่องที่ทำได้ยากและเสียเวลามาก วิธีการที่ใช้หาคำตอบที่ดีที่สุดมีอยู่หลายวิธี เช่น วิธีโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) วิธีโปรแกรมแบบจำนวนเต็ม (Integer Programming) วิธีการแตกกิ่งและขอบเขต (Branch And Bound) และวิธีโปรแกรมแบบไดนามิค (Dynamic Programming)

เป็นต้น วิธีการเหล่านี้เหมาะที่จะใช้หาคำตอบสำหรับปัญหาที่มีขนาดเล็ก หรือปัญหาที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรและเงื่อนไขไม่มาก ในทางตรงกันข้ามหากเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อน วิธีการที่จะใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดจากกลุ่มคำตอบที่สุ่มมาได้ (Search Space) แต่อาจจะใช่หรือไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดของปัญหานั้น ๆ [11] ได้แก่ วิธีฮิวริสติกวิธีต่าง ๆ ซึ่งวิธีการหาคำตอบแบบวิธีการฮิวริสติก (Heuristic Method) มีอยู่หลายวิธี เช่น วิธีการค้นหาแบบตาบู (Tabu Search) วิธีการหาคำตอบที่เลียนแบบการตกผลึกทางเคมี (Simulated Annealing) และวิธีการหาคำตอบเชิงพันธุกรรมหรือเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm) เป็นต้น วิธีการดังกล่าวเป็นวิธีที่ใช้หาคำตอบที่ดีที่สุดจากกลุ่มคำตอบที่สุ่มมาได้หรือหามาได้บางส่วน

ฮิวริสติก เป็นวิธีในการแก้ปัญหาขนาดใหญ่ โดยจะพยายามหาหลักเกณฑ์ เพื่อที่จะนำมาใช้ในขบวนการค้นหาและลดปริมาณการคำนวณให้น้อยลงเป็นกฎเกณฑ์ในการตัดสินใจที่จะพิจารณาปัญหาการจัดสายการผลิตหนึ่ง ๆ ว่าควรจะถูกแก้ไขอย่างไร โดยการวิเคราะห์ปัญหาอย่างมีระเบียบและขั้นตอน ซึ่งในทางปฏิบัติการค้นหาแบบนี้จะรวดเร็วและเป็นวิธีการที่ง่ายกว่าการใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์ ทั้งในแง่ของกระบวนการทางความคิดและเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบ โดยที่คำตอบนั้นไม่สามารถทราบได้ว่าเป็นคำตอบที่ดีที่สุดหรือไม่ แต่กล่าวได้ว่าเป็นการจัดลำดับการผลิตที่ดี วิธีฮิวริสติกที่ได้รับความนิยมและถูกใช้กันมากในปัจจุบัน ได้แก่ วิธีการค้นหาแบบตาบู วิธีการหาคำตอบที่เลียนแบบการตกผลึกทางเคมี และวิธีเจเนติกอัลกอริทึม ซึ่งเป็นวิธีฮิวริสติกที่มีความยืดหยุ่นและสามารถถูกดัดแปลงเพื่อใช้ในการหาคำตอบของปัญหาการตัดสินใจใดๆ ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ โดยวิธีเจเนติกอัลกอริทึมถูกพัฒนาขึ้นหลังจากสองวิธีแรก ซึ่งเป็นที่คุ้นเคยและแพร่หลายมากกว่าเพราะวิธีเจเนติกอัลกอริทึมได้ถูกนำมาใช้ในการหาคำตอบสำหรับปัญหาการตัดสินใจในหลายๆ แขนงสาขาวิชา จุดเด่นของวิธีเจเนติกอัลกอริทึมคือการเลียนแบบลักษณะการวิวัฒนาการของพันธุกรรมทางธรรมชาติ นั่นคือ การผสมพันธ์ใหม่เพื่อให้ได้พันธ์ที่ดีกว่า หรือคำตอบที่ดีกว่า นั่นเอง

เจเนติกอัลกอริทึม เป็นวิธีการแก้ปัญหาแบบหนึ่งที่ใช้ในการค้นหาเพื่อให้ได้จุดที่เหมาะสมที่สุด ที่เรียกว่า Optimum Points โดยได้พัฒนาและจำลองวิธีการมาจากกระบวนการทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตจาก ทฤษฎีวิวัฒนาการ หรือ ทฤษฎีการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิต โดยทฤษฎีนี้เป็นของ Charles Darwin ซึ่งจากทฤษฎีนี้ John Holland นักวิทยาศาสตร์สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ได้ทำการคิดค้นการลอกเลียนแบบขั้นตอนทางธรรมชาติของการพัฒนาสิ่งมีชีวิตขึ้นในปีคริสต์ศักราช 1970 โดยพัฒนาขึ้นร่วมกับ เพื่อนร่วมงานและนักศึกษาของมหาวิทยาลัย Michigan ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางธรรมชาติของพันธุกรรม และเพื่อนำกลไกการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้มาประยุกต์ใช้กับการเขียนโปรแกรม ซึ่งมีความหวังว่าจะเป็นการค้นพบที่มีความสำคัญทั้งกับกลไกทางธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต และการคิดค้นประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์

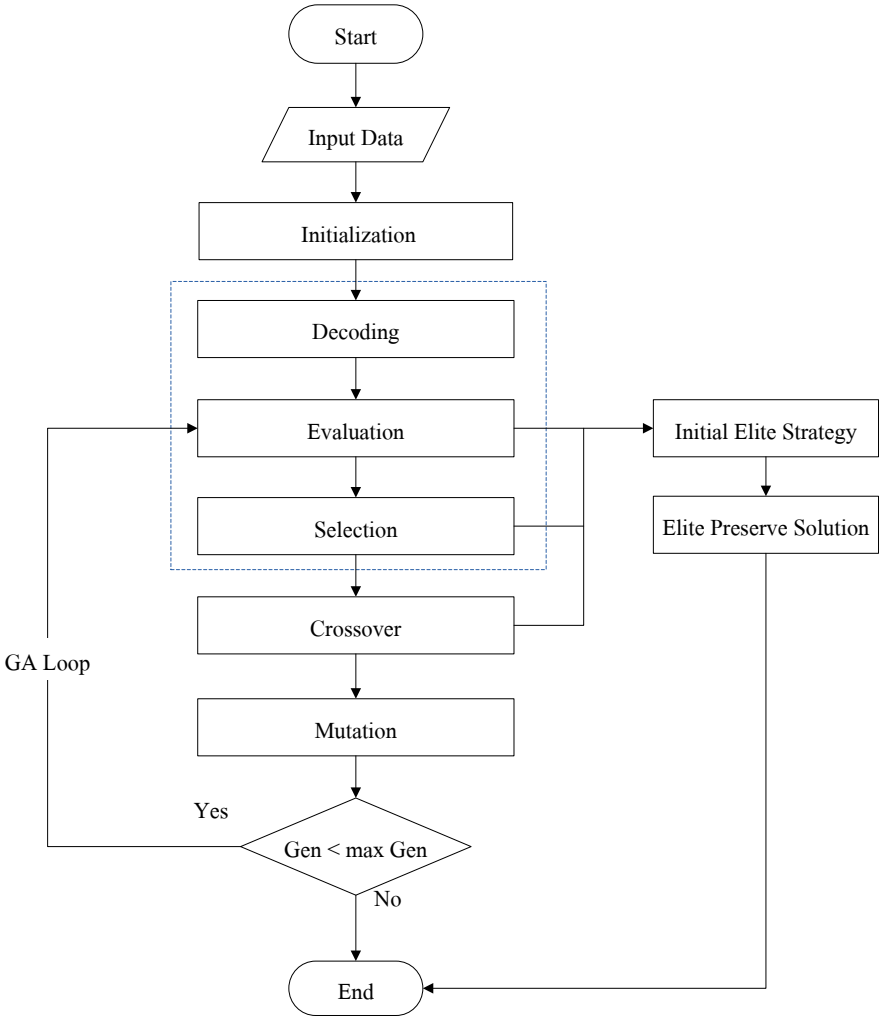
จากการคิดค้นของ John Holland ทำให้สามารถค้นหาและแก้ปัญหาเพื่อให้ได้จุดที่เหมาะสมที่สุด ทั้งนี้อาจจะเป็นจุดต่ำสุด (Minimum Point) หรือจุดสูงสุด (Maximum Point) สำหรับหลักการของวิธีการ

ค้นหาแบบเจเนติกอัลกอริทึม คือ สิ่งมีชีวิตทั้งหมดจะมีทั้งลักษณะที่ดีและไม่ดี ในการกำหนดว่าสิ่งมีชีวิตไหนมีลักษณะที่ดีหรือไม่ดีนั้นจะถูกกำหนดจาก Optimization Theory ซึ่งสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะที่ดีนั้นจะได้รับการสนับสนุนให้มีการถ่ายทอดลักษะทางพันธุกรรม เพื่อให้ได้สิ่งมีชีวิตใหม่ที่ดีขึ้น ในส่วนที่มีลักษณะที่ไม่ดีจะไม่ถูกสนับสนุนหรือไม่นำส่วนนี้มาพิจารณา ดังนั้นหลักการทำงานของเจเนติกอัลกอริทึม จึงถูกนำเสนอข้อมูลในรูปแบบโครโมโซม (Chromosome) นั่นหมายความว่า คำตอบที่สามารถเป็นไปได้ทั้งหมดของปัญหาจะถูกนำมาแปลงเป็นโครโมโซม เพื่อนำโครโมโซมไปใช้ในกระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โดยจะใช้ฟังก์ชั่นความเหมาะสม (Fitness Function) ที่มีความสอดคล้องกับฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ (Objective Function) กำหนดให้แต่ละโครโมโซม และโครโมโซมเหล่านั้นจะถูกนำมาพิจารณาว่าโครโมโซมใดควรนำมาสืบสายพันธุ์ต่อไปหรือโครโมโซมใดไม่ควรนำมาสืบสายพันธุ์ และจากการหาคำตอบโดยใช้โครโมโซม ในแต่ละรุ่นจะมีการสุ่ม (Generations) คำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดของปัญหา จึงทำให้เจเนติกอัลกอริทึมสามารถหาคำตอบที่มีค่าสูงสุดหรือต่ำสุดได้สมบูรณ์ และเหมาะสมที่สุด

เจเนติกอัลกอริทึม เป็นวิธีการหาคำตอบที่ช่วยในการหาคำตอบของปัญหาที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อน มีตัวแปรและเงื่อนไขของปัญหาเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะทำให้ได้คำตอบของปัญหาที่ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุดเท่านั้น แต่ไม่สามารถประกันได้ว่าคำตอบที่ได้นั้นเป็นคำตอบที่ดีที่สุดหรือไม่ เนื่องจากคุณสมบัติการเลียนแบบการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมตามธรรมชาติ ซึ่งจะนำค่าที่ดีที่สุดจากประชากรรุ่นก่อนมาใช้พิจารณาในการหาคำตอบของประชากรรุ่นถัดมา โดยใช้ตัวดำเนินการ (Operator) คือ การคัดเลือก (Selection), การครอสโอเวอร์ (Crossover) และการมิวเตชั่น (Mutation) เป็นตัวสุ่มในการหาคำตอบในบริเวณของปัญหาซึ่งจะช่วยให้มีความหลากหลาย (Diversity) ในการหาคำตอบทุกบริเวณของปัญหา

2.4.1 วิธีการของเจเนติกอัลกอริทึม [5]

เจเนติกอัลกอริทึมเป็นวิธีการค้นหาคำตอบโดยมีพื้นฐานมาจากกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติและกระบวนการคัดเลือกโครโมโซมที่มีความเหมาะสมจากกลุ่มโครโมโซมทั้งหมดด้วยวิธีการสุ่มจากการนำสตริงเหล่านี้ไปผ่านกระบวนการคัดเลือกโครโมโซมที่มีความเหมาะสม ซึ่งโครโมโซมที่มีความเหมาะสมนี้ คือคำตอบที่ดีที่สุดหรือใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด เจเนติกอัลกอริทึมไม่ใช่การสุ่มแบบง่ายๆ แต่เป็นการใช้ข้อมูลในอดีตอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อพิจารณาจุดที่จะต้องค้นหาใหม่โดยคาดหวังว่าสมรรถนะของการค้นหาจะดีขึ้น แผนผังแสดงโครงสร้างและวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมแสดงได้ดังรูปที่ 2.4 ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนการทำงานของเจเนติกอัลกอริทึม ดังนี้



รูปที่ 2.4 แผนผังแสดงโครงสร้างและวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึม
ที่มา ปารเมศ ชุติมา และจงกล เอี่ยมมิ. 2546

2.4.1.1 การสร้างคำตอบเบื้องต้น (Representation and Initialization)

ในการแก้ปัญหาโดยใช้เจนเนติกอัลกอริทึมนั้นได้กำหนดคำตอบของปัญหาเท่ากับโครโมโซมหนึ่งซึ่งประกอบไปด้วยยีนลักษณะต่าง ๆ เปรียบเหมือนกับตัวแสดงค่าคำตอบของปัญหาที่แปรผันไปตามการประยุกต์ใช้งานซึ่งได้แก่ ตัวแปรพารามิเตอร์ เงื่อนไขหรือข้อกำหนดต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของปัญหา ดังนั้นการกำหนดรูปแบบโครโมโซมของแต่ละคำตอบของปัญหาโดยการแปลงตัวแปรพารามิเตอร์ เงื่อนไขหรือข้อกำหนดต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปแบบของยีนบนโครโมโซม ซึ่งลักษณะต่าง ๆ ที่เป็นไปได้ของแต่ละยีนคือค่าตัวแปรพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เป็นไปได้

การได้มาซึ่งโครโมโซม คือปัญหาแรกที่จะเริ่มแก้ปัญหาโดยใช้เจเนติกอัลกอริทึมและในปัจจุบันปัญหามีมากมายทำให้รูปแบบของโครโมโซมมีความแตกต่างกันออกไปตามปัญหานั้น ๆ เช่น

(1) Binary Encoding เป็นรูปแบบโครโมโซมเริ่มแรกที่นำมาใช้แก้ปัญหาของเจเนติกอัลกอริทึม ทำให้รูปแบบโครโมโซมแบบนี้เป็นเรื่องธรรมดาที่สุด ลักษณะของ Binary Encoding คือ ทุกตำแหน่งของยีนของโครโมโซมจะมีค่าเป็น 0 หรือ 1 ตัวอย่างเช่น

โครโมโซม A: 1 0 0 0 1 1 1 0 0

โครโมโซม B: 1 1 0 0 0 1 0 0 1

ปัญหาที่ใช้รูปแบบโครโมโซมแบบนี้ในการแก้ไขปัญหา เช่น ปัญหาของ Knapsack

(2) Value Encoding หรือเรียกว่า Direct Encoding ทุกตำแหน่งของยีนของโครโมโซมจะมีค่าบางค่าซึ่งสามารถเชื่อมโยงไปยังปัญหาได้ เช่น ตัวอักษร จำนวนจริง คำสั่ง หรืออื่น ๆ รูปแบบโครโมโซมแบบนี้สามารถใช้ได้กับปัญหาที่ค่อนข้างซับซ้อนของค่า ตัวอย่างเช่น

โครโมโซม A: 1.23 2.51 6.21 0.34 1.88 4.33 0.19

โครโมโซม B: a e i y k

สำหรับ Value Encoding เป็นตัวเลือกที่ดีสำหรับปัญหาพิเศษบางอย่าง รูปแบบโครโมโซมแบบนี้ยังทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาการครอสโอเวอร์ และมิวเตชั่น อีกด้วย

(3) Permutation Encoding รูปแบบโครโมโซมแบบนี้ใช้ในการลำดับของปัญหา ทุกตำแหน่งของยีนของโครโมโซมจะเป็นค่าของจำนวนนับที่แทนตำแหน่งในลำดับ ตัวอย่างเช่น

โครโมโซม A: 1 2 3 4 5 6 7 8 9

โครโมโซม B: 9 7 5 1 4 8 2 6 3

2.4.1.2 การรีโปรดักชั่น (Reproduction)

คือกระบวนการคัดเลือกโครโมโซมที่มีความเหมาะสมสูงเพื่อเป็นคำตอบเริ่มต้นให้กับประชากรรุ่นต่อไปโดยอาศัยทฤษฎีการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิต ในส่วนของรีโปรดักชั่นจะแบ่งเป็นสามส่วนย่อย คือ

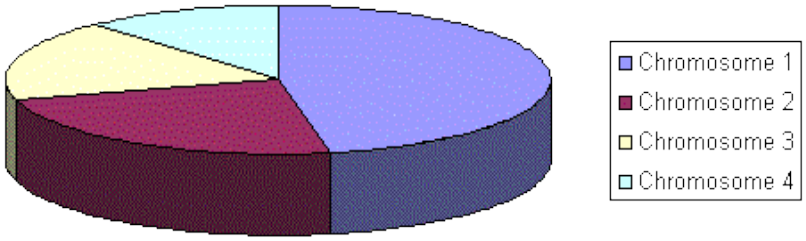
(1) การถอดรหัสคำตอบ (Decoding) เป็นการถอดรหัสค่าตัวแปรหรือพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของแต่ละยีนในโครโมโซม

(2) การประเมินค่า (Evaluation) เป็นคำนวณค่าความเหมาะสมจากฟังก์ชั่นความเหมาะสมที่กำหนดไว้ให้กับโครโมโซมคำตอบแต่ละตัว โดยฟังก์ชั่นความเหมาะสมเป็นฟังก์ชั่นที่กำหนดค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซมเปรียบเหมือนกับค่าความสามารถในการอยู่รอดของแต่ละโครโมโซมและยังเป็นฟังก์ชั่นที่กำหนดโอกาสหรือสัดส่วนที่แต่ละโครโมโซมจะถูกคัดเลือกด้วยสรุปได้ว่า ค่าความเหมาะสม คือตัวที่ใช้ประเมินว่าแต่ละเส้นทางเลือก (solution) นั้น มีความเหมาะสมหรือสามารถใช้แก้ปัญหาได้ดีเพียงใด

(3) การคัดเลือก เป็นการคัดเลือกโครโมโซมต้นแบบโดยลอกเลียนแบบวิธีการคัดเลือกทางธรรมชาติที่พิจารณาจากค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม ถ้าโครโมโซมใดมีค่าความ

เหมาะสมมากก็จะมีโอกาสถูกคัดเลือกเป็นต้นแบบมาก รูปแบบในการคัดเลือกโครโมโซมที่น่าพอใจที่สุดเพื่อนำไปสืบสายพันธุ์ เช่น การคัดเลือกแบบวงล้อรูเล็ท

การคัดเลือกแบบวงล้อรูเล็ท (Roulette Wheel) คือ โครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมที่ดีกว่ามีโอกาสถูกเลือกมากกว่าโดยโครโมโซมทั้งหมดที่อาศัยอยู่ในขนาดพื้นที่ของวงล้อ คือสัดส่วนของค่าความเหมาะสมที่เหมาะสมของทุกโครโมโซม ค่าที่มากที่สุดคือส่วนที่ใหญ่ที่สุดดังรูปที่ 2.5 [12] เมื่อมีการหมุนวงล้อโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมมากจะมีโอกาสถูกเลือกได้มาก



รูปที่ 2.5 การคัดเลือกแบบวงล้อรูเล็ท

ที่มา http://www.obitko.com/tutorials/genetic-algorithms/selection.php

2.4.1.3 การครอสโอเวอร์

การครอสโอเวอร์หรือการไขว้เปลี่ยน เป็นขั้นตอนที่ทำภายหลังการรีโปรดักชั่นโดยการแลกเปลี่ยนส่วนของโครโมโซมพ่อแม่ (Parent) ตามอัตราความน่าจะเป็นในการ ครอสโอเวอร์ (Probability Of Crossover: Pc) เพื่อสร้างชุดโครโมโซมรุ่นใหม่หรือโครโมโซมรุ่นลูก (Offspring) อัตราการครอสโอเวอร์ (Pc) นั้นเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับการหาคำตอบของเจเนติกอัลกอริทึมซึ่งก็คืออัตราส่วนของจำนวนโครโมโซมลูกที่ถูกสร้างขึ้นในแต่ละรุ่นต่อขนาดของประชากร

ขั้นตอนในการครอสโอเวอร์ คือ การนำโครโมโซมพ่อแม่มาแลกเปลี่ยนเพื่อให้ได้โครโมโซมใหม่ขึ้นมา ผลลัพธ์ทั้งสองที่ได้จึงมีลักษณะของคำตอบเดิมทั้งสองเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย วิธีการครอสโอเวอร์สามารถแบ่งได้หลายวิธี [13] เช่น

MOX (Modified One-Point Crossover): เป็นวิธีที่ดัดแปลงมาจากการ ครอสโอเวอร์แบบจุดเดียวแบบธรรมดา โดยเริ่มจากการสุ่มตำแหน่งที่จะครอสโอเวอร์ (Xp) ขึ้นมา 1 ตำแหน่ง ส่วนหัวหรือค่าในตำแหน่งแรกจนถึง Xp-1 ของโครโมโซมลูกแต่ละตัวจะได้มาจากค่าในตำแหน่งเดียวกันของโครโมโซมพ่อแม่ตัวหนึ่ง ส่วนหางของโครโมโซมลูก (ตำแหน่งที่ Xp+1) ขึ้นไปจะได้มาจากโครโมโซมพ่อแม่อีกตัวที่ถูกตัดงานที่ซ้ำกับงานที่อยู่ในส่วนหัวของโครโมโซมลูกตัวนั้นออกแล้ว

PMX (Partial-Mapped Crossover): วิธีนี้จะเริ่มจากการสุ่มตำแหน่งที่จะครอสโอเวอร์ขึ้นมาสองตำแหน่ง ยีนที่อยู่ในช่วงของตำแหน่งทั้งสองจะเรียกว่าเป็นยีนย่อย โครโมโซมลูกจะได้จากโครโมโซม

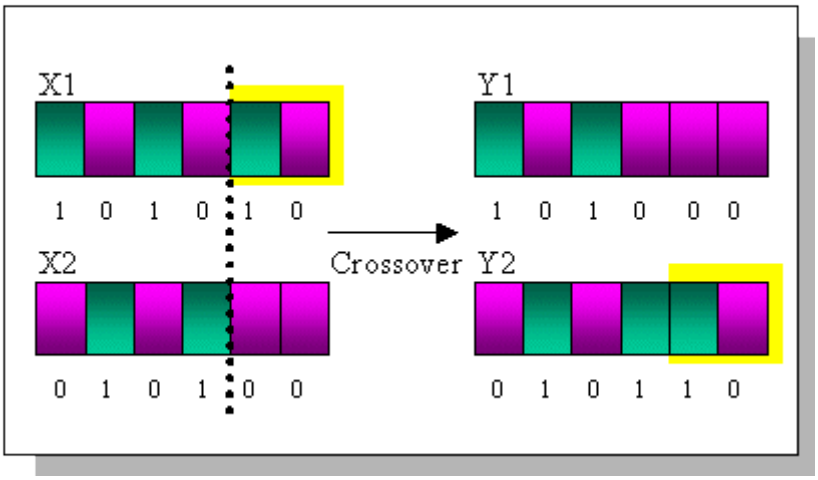
พ่อและแม่ที่ถูกแลกเปลี่ยนยีนย่อยกัน หลังการแลกเปลี่ยนถ้างานในโครโมโซมย่อยซ้ำกับงานตัวอื่น ให้แทนงานตัวอื่นที่ซ้ำด้วยงานที่อยู่ในตำแหน่งตรงกันของโครโมโซมอีกตัว

OX (Order Crossover): หรือวิธีการครอสโอเวอร์แบบลำดับนี้จะคล้ายกับวิธี PMX ตรงที่ต้องเลือกโครโมโซมย่อยอย่างสุ่มมาจากโครโมโซมพ่อแล้วคัดลอกลงไปยังโครโมโซมลูกเบื้องต้นในตำแหน่งเดียวกัน จากนั้นลบงานที่ปรากฏอยู่ในโครโมโซมลูกเบื้องต้นแล้วออกจากโครโมโซมแม่ จากนั้นนำงานที่เหลือในโครโมโซมแม่มาใส่ในตำแหน่งที่ยังว่างของโครโมโซมลูกเบื้องต้นตัวนั้นตามลำดับจากซ้ายไปขวา

CX (Cycle Crossover): วิธีนี้เริ่มต้นโดยพิจารณาว่าตำแหน่งเริ่มต้นของโครโมโซมพ่อมีค่าเท่าไร หากในตำแหน่งเดียวกันนี้ของโครโมโซมแม่มีค่าไม่เท่ากัน ให้คงค่าในตำแหน่งนี้ของโครโมโซมพ่อแม่ไว้ จากนั้นหาว่าตำแหน่งใดของโครโมโซมพ่อมีค่าเท่ากับค่าในโครโซมแม่ในตำแหน่งที่ผ่านมา แล้วพิจารณาว่าในตำแหน่งดังกล่าวของโครโมโซมแม่มีค่าเท่ากับค่าในตำแหน่งเริ่มต้นของโครโมโซมพ่อหรือไม่ หากมีค่าไม่เท่ากันให้คงค่าของโครโมโซมพ่อแม่ในตำแหน่งดังกล่าวไว้ และทำซ้ำขั้นตอนดังกล่าวจนพบตำแหน่งในโครโมโซมแม่ที่มีค่าเท่ากับค่าในตำแหน่งเริ่มต้นของโครโมโซมพ่อ จากนั้นให้ทำการสลับที่ระหว่างค่าในตำแหน่งที่ไม่ผ่านขั้นตอนขั้นต้นของโครโมโซมพ่อแม่

PBX (Position-Base Crossover) : เลือกตำแหน่งครอสโอเวอร์จากโครโมโซมพ่ออย่างสุ่มแล้วนำค่าในตำแหน่งที่เลือกของโครโมโซมพ่อไปใส่ในตำแหน่งเดียวกันในโครโมโซมลูก ตัดค่าที่อยู่ตรงตำแหน่งครอสโอเวอร์ที่เลือกของโครโมโซมพ่อออกจากโครโมโซมแม่ นำค่าที่เหลืออยู่ในโครโมโซมแม่มาใส่ในโครโมโซมลูก

เทคนิคของการครอสโอเวอร์ส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับการใช้รูปแบบโครโมโซมแบบต่าง ๆ เช่น การครอสโอเวอร์กับ Binary Encoding จะใช้วิธีการครอสโอเวอร์ที่มีลักษณะการสุ่มตำแหน่งการครอสโอเวอร์เพียงหนึ่งตำแหน่ง (Single Point) หรือสองตำแหน่ง (Two Point) การครอสโอเวอร์กับ Permutation Encoding จะใช้วิธีการคัดลอกข้อมูลจากตำแหน่งแรกถึงตำแหน่งครอสโอเวอร์ของพ่อแม่ตัวแรก และอ่านข้อมูลจากพ่อแม่ตัวที่สองถ้าข้อมูลบางตัวที่ไม่เหมือนกับพ่อแม่ตัวแรกก็จะเพิ่มเข้าไป โดยมีรายละเอียดของวิธีการครอสโอเวอร์เป็นดังที่ได้กล่าวไปแล้ว ซึ่งการเลือกใช้วิธีการครอสโอเวอร์แบบต่าง ๆ นั้นขึ้นอยู่กับการนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับปัญหา ตัวอย่างการครอสโอเวอร์เป็นดังรูปที่ 2.6 [13]



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างการครอสโอเวอร์

ที่มา http://www.ewh.ieee.org/soc/es/May2001/14/Begin.htm#REF23

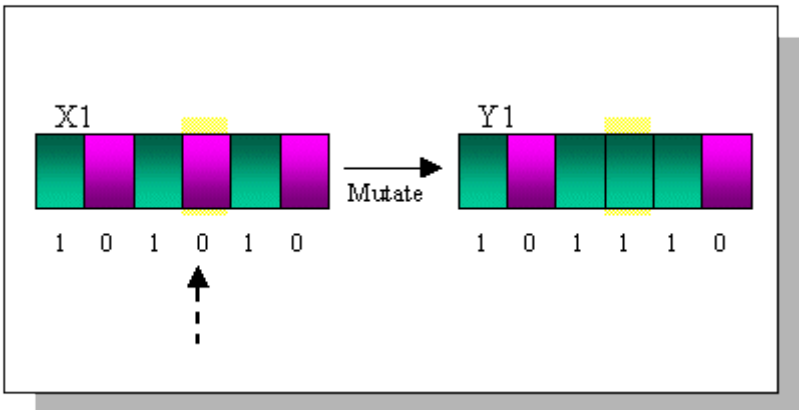
2.4.1.4 การมิวเตชั่น

การมิวเตชั่นหรือการกลายพันธุ์ เป็นขั้นตอนที่อาจช่วยให้โครโมโซมมีค่าความเหมาะสมดีขึ้น หลังจากครอสโอเวอร์โดยการกลับค่าบางส่วนของโครโมโซมเป็นค่าใหม่ในตำแหน่งที่สุ่มได้ ตามอัตราความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (Probability Of Mutation : Pm) ที่กำหนด อัตราการมิวเตชั่น (Pm) หมายถึง เปอร์เซ็นต์ของจำนวนยีนทั้งหมดในประชากรที่จะเกิดการมิวเตชั่นขึ้น คำตอบที่ได้จากการกลายพันธุ์จะมีเพียงหนึ่งคำตอบที่มีลักษณะบางส่วนแตกต่างไปจากลักษณะต้นแบบ วิธีการมิวเตชั่นมีหลายวิธี เช่น

Random Sequence Mutation : วิธีนี้จะเริ่มจากการสุ่มตำแหน่งที่จะมิวเตชั่นมา 1 ตำแหน่ง จากนั้นขั้นงานที่อยู่ด้านซ้ายมือของตำแหน่งดังกล่าวจะถูกคัดลอกมาเป็นส่วนหัวของโครโมโซมตัวใหม่ส่วนงานในตำแหน่งที่เหลือจะได้มาจากวิธีเดียวกันโดยการตัดงานที่อยู่ในส่วนหัวของโครโมโซมตัวใหม่ออกไปแล้ว

Two-point Swapping Mutation : วิธีนี้จะเริ่มจากการสุ่มตำแหน่งที่จะมิวเตชั่นมา 2 ตำแหน่ง จากนั้นทำการสลับที่ตำแหน่งยีนที่สุ่มมาได้นั้นก็จะได้โครโมโซมตัวใหม่

นอกจากนี้ยังมีวิธีการมิวเตชั่นแบบอื่น ๆ เช่น Transition, Transversion, Deletion, Insertion ซึ่งเทคนิคการมิวเตชั่นส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับการใช้รูปแบบโครโมโซมแบบต่าง ๆ เช่นเดียวกับการครอสโอเวอร์ ขึ้นอยู่กับการนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับปัญหา ตัวอย่างการ มิวเตชั่นของโครโมโซมที่มีรูปแบบ Binary Encoding เป็นดังรูปที่ 2.7 [14]



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างการมิวเตชั่น

ที่มา http://www.ewh.ieee.org/soc/es/May2001/14/Begin.htm#REF23

2.4.1.5 การหยุดการค้นหา

ในการทำงานของกลไกทางเจเนติกอัลกอริทึม คือจะต้องมีการเขียนโปรแกรมการทำงานขึ้นมา ดังนั้นกลไกจะเริ่มต้นด้วยการสุ่มจำนวนประชากรของคำตอบเริ่มต้นขึ้นมาโดยที่ตัวโปรแกรมจะต้องมีการกำหนดจำนวนประชากรในแต่ละรุ่นว่าให้มีกี่จำนวน การกำหนดจำนวนประชากรในแต่ละรุ่นจะมีผลในการหาคำตอบที่น่าพึงพอใจที่สุด กล่าวคือ ถ้ากำหนดจำนวนน้อยการทำงานของโปรแกรมจะทำได้เร็ว แต่คำตอบที่ได้อาจจะไม่ใกล้เคียงกับคำตอบที่แท้จริง ในทางกลับกันถ้ากำหนดจำนวนมากโปรแกรมก็จะทำงานช้าแต่คำตอบที่ได้มีโอกาสที่จะเข้าใกล้คำตอบที่แท้จริงสูงจากนั้นต้องกำหนดจำนวนรุ่นว่าจะให้กลไกทำงานไปเรื่อย ๆ จนได้จำนวนประชากรเท่ากับที่ต้องการ ความมากน้อยของจำนวนรุ่นมีผลเหมือนกับค่าจำนวนประชากรในแต่ละรุ่น เมื่อโปรแกรมกำเนิดได้จำนวนรุ่นที่ต้องการแล้ว โปรแกรมก็เลือกคำตอบที่ดีที่สุดจากทั้งหมดมา แล้วก็จะหยุดการทำงาน

กล่าวโดยสรุปขั้นตอนการทำงานของเจเนติกอัลกอริทึม คือการกำหนดฟังก์ชันความเหมาะสม รวมทั้งรูปแบบโครโมโซมเสียก่อน จากนั้นจึงเริ่มสร้างประชากรเบื้องต้นตามรูปแบบโครโมโซมที่ได้กำหนดไว้ เมื่อได้ประชากรเริ่มต้นแล้วก็ทำการวัดค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซมเพื่อคัดเลือกเข้าสู่กระบวนการรีโปรดักชั่นโดยการคัดเลือกเอาเฉพาะโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมที่เป็นที่น่าพอใจชุดหนึ่งเก็บไว้ โครโมโซมที่คัดเลือกไว้นั้นจะถูกนำมาทำการครอสโอเวอร์และมิวเตชั่นได้เป็นโครโมโซมชุดใหม่ ซึ่งเราจะนำเอาโครโมโซมชุดใหม่นี้มาวัดค่าความเหมาะสมเพื่อทำการคัดเลือกและดำเนินการต่อไปจนสิ้นสุดตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ก็จะได้โครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมเป็นที่น่าพอใจ หรือได้คำตอบของปัญหา

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัญหาการจัดลำดับการผลิตในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราโดยมีวัตถุประสงค์คือหาค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำที่สุด จัดเป็นปัญหาประเภท NP-Hard ซึ่งหมายถึงปัญหาที่ใช้เวลาในการหาคำตอบที่ยาวนาน และเมื่อขนาดของปัญหาเพิ่มขึ้นก็จะใช้เวลาในการหาคำตอบเพิ่มขึ้นอย่างเอ็กโปเนนเชียล การแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิตในงานวิจัยที่ผ่านมานั้นได้ใช้วิธีการต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาแตกต่างกันออกไปโดย กริชชนะ คันธนู และสมชาย แก้วแก่นตา [15] ได้พัฒนาวิธีหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตให้กับเครื่องจักรไม่เกิน 3 เครื่อง ซึ่งมีการวางเครื่องจักรเป็นแบบขนาน (Parallel Machine) โดยพัฒนาวิธีทางฮิวริสติกขึ้น 5 วิธี คือ (1) แยกเวลาทำการผลิตที่น้อยที่สุดของแต่ละงานบนเครื่องจักรใด ๆ (Separated Shortest Processing Time For Job : SSPJ) (2) ใช้เวลาทำการผลิตน้อยที่สุดและเวลาในการเตรียมการผลิตน้อยที่สุดทำการผลิตก่อน (Shortest Processing Time And Shortest Set Up Time : SPAST) (3) ใช้เวลาทำการผลิตน้อยที่สุดและเวลาในการผลิตรวมน้อยที่สุดทำการผลิตก่อน (Shortest Processing Time And Shortest Completion Time : SPACT) (4) ใช้เวลาทำการผลิตน้อยที่สุดและพิจารณาอัตราส่วนระหว่างเวลาในการเตรียมการผลิตกับเวลาในการผลิตรวมให้ทำการผลิตก่อน (Shortest Processing Time And S/C Ratio : SPASCR) และ (5) ใช้เวลาทำการผลิตน้อยที่สุดและพิจารณาอัตราส่วนระหว่างเวลาในการเตรียมการผลิตกับเวลาทำการผลิตให้ทำการผลิตก่อน (Shortest Processing Time And S/P Ratio : SPASPR) ผลที่ได้จากการนำวิธีการจัดตารางการผลิตที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ไปพัฒนาด้วยโปรแกรม MATLAB พบว่าในกรณีที่จำนวนงานอยู่ในระดับต่ำและระดับกลางไม่สามารถระบุได้ว่าวิธีใดให้ผลลัพธ์ดีที่สุด แต่กรณีจำนวนงานอยู่ในระดับสูงนั้นวิธีที่ (3) จะให้ผลลัพธ์ดีที่สุด ปารเมศ ชุติมา และญาณี เฉยใจชื่น [16] แก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตในอุตสาหกรรมประกอบโคมไฟฟ้าสำเร็จรูปซึ่งมีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการจัดตารางการผลิตขึ้นโดยเน้นที่การนำไปใช้เป็นระบบการจัดการฐานข้อมูลพื้นฐานในการจัดตารางการผลิตและควบคุมการผลิต ซึ่งโครงสร้างของโปรแกรมประกอบไปด้วย 4 ส่วนคือ ข้อมูลพื้นฐาน การจัดตารางการผลิต การเปลี่ยนแปลงตาราง และการแสดงผล โดยในส่วนของการจัดตารางการผลิตจะใช้วิธีการจัดตารางแบบ มาก่อนได้รับบริการก่อน ทำงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน ทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อน และ ทำงานที่มีกำหนดส่งมอบเร็วที่สุดก่อน เพื่อใช้ในการติดตามผลการผลิตและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตารางการผลิตแบบต่าง ๆ ผลของการทดสอบโปรแกรมพบว่าประสิทธิภาพของตารางการผลิตที่จัดดีขึ้นสามารถลดระยะเวลาในการวางแผนการผลิตจากเดิม 6 ชั่วโมง เหลือเพียง 3 ชั่วโมง และทำให้เวลาเฉลี่ยที่งานอยู่ในระบบลดลงมากที่สุด 9.66 เปอร์เซ็นต์ จากวิธีการจัดตารางแบบทำงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน นอกจากนี้การแก้ปัญหาโดยการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งพบว่าเมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ที่มีตัวแปรและข้อจำกัดเป็นจำนวนมาก รวมทั้งปัจจัยความไม่แน่นอนต่าง ๆ เกิดขึ้น [17] แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการหาคำตอบ จึงได้มีการพัฒนานำวิธีการฮิวริสติกมาใช้ในการหา

คำตอบ โดย ศรันยา อุดมศรี [18] ได้พัฒนาวิธีฮิวริสติกขึ้นสำหรับแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิตในระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนที่ไม่มีบัฟเฟอร์ กรณีศึกษา : โรงงานประกอบรถยนต์ ซึ่งมีระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนที่ไม่มีสถานที่เก็บงานระหว่างกระบวนการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาลำดับของงานที่ทำให้เวลาเสร็จสิ้นการทำงานดีที่สุด การศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรก คือการพัฒนาวิธีค้นหาคำตอบแบบ ฮิวริสติก เปรียบเทียบกับวิธีฮิวริสติก Newaz Enscore Ham (NEH) พบว่าวิธีฮิวริสติกของ Palmer วิธี Sum Absolute Differences (SAD) และ วิธี Sum Absolute Residuals (SAR) สามารถหาค่าคำตอบที่ดีกว่าวิธีฮิวริสติก NEH ส่วนที่สอง เป็นการนำวิธีฮิวริสติก NEH และวิธีฮิวริสติกที่พัฒนามาประยุกต์ใช้กับสายการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา โดยเปรียบเทียบเวลาเสร็จสิ้นการทำงานของระบบจากวิธีฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้นกับคำตอบที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่าวิธีฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้นสามารถหาลำดับของงานที่ทำให้เวลาเสร็จสิ้นการทำงานของระบบมีค่าน้อยลงกว่าแผนการผลิตในปัจจุบัน นอกจากนี้ยังมีวิธีฮิวริสติกอีกหลายวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิตได้ดี เช่น วิธีการค้นหาแบบตาบู [19] วิธีซิมูเลทแอลเนลลิ่ง และวิธีการเจเนติกอัลกอริทึม ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและได้รับความนิยมสำหรับแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลายในปัจจุบัน เช่น Rattanamanee [20] ได้นำวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาแก้ปัญหาการเดินรถทิศทางเดียวเพื่อหาทิศทางการเดินรถที่เหมาะสมให้กับรถขับเคลื่อนอัตโนมัติ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้ระยะทางรวมการเดินรถขับเคลื่อนอัตโนมัติทั้งระยะทางจากการบรรทุกน้ำหนักและระยะทางที่รถว่างเปล่ารวมกันมีค่าน้อยที่สุด ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าเจเนติกอัลกอริทึมสามารถให้ผลเป็นที่น่าพอใจสำหรับการออกแบบเครือข่ายผังเดินรถทิศทางเดียว ปารเมศ ชุติมา และจงกล เอี่ยมมิ [13] ได้นำเอาเจเนติกอัลกอริทึมมาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบของปัญหาการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีจำนวนสถานีงานน้อยที่สุดและเกิดเวลาว่างงานน้อยที่สุด นอกจากนั้นยังทดสอบหาพารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเจเนติกอัลกอริทึม ซึ่งพบว่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเจเนติกอัลกอริทึมนี้ คือ ขนาดประชากร วิธีการครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น จากนั้นนำพารามิเตอร์ที่ได้ไปแก้ปัญหาตัวอย่าง และทำการเปรียบเทียบคำตอบที่ได้จากวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมกับวิธีการของ COMSOAL สรุปได้ว่าวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมให้คำตอบที่ดีกว่าวิธีการของ COMSOAL เป็นต้น

นอกจากนี้มีหลายงานวิจัยที่ได้นำเอาวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิตอย่างแพร่หลายและพบว่าให้ผลลัพธ์ที่ดี เช่น เชาวลิต หามนตรี [21] ศึกษาการจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีฮิวริสติกร่วมกับเจเนติกอัลกอริทึมในการหาคำตอบเพื่อปรับปรุงกระบวนการจัดตารางการผลิตของแผนกโลหะแผ่นของโรงงานตัวอย่าง โดยเปรียบเทียบผลที่ได้จากวิธีการที่นำเสนอขึ้นใหม่นี้กับวิธีการเดิมที่ใช้กฎการจัดลำดับ คือ มาก่อนได้รับบริการก่อน ทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อน และการจัดลำดับโดยการสุ่ม ใช้ค่าเกณฑ์การประเมินผลคือ เวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำที่สุด เวลาเสร็จงานล่าช้าสูงสุด จำนวนงานเสร็จล่าช้ากว่ากำหนด และอัตราการใช้ประโยชน์จากเครื่องจักร พบว่าวิธีการที่นำเสนอขึ้นใหม่ให้ผลที่ดีกว่าวิธีการเดิม Chutima and Wuttipongprasert [22] ศึกษาการจัดลำดับการ

ผลิตงานที่มีเวลาเตรียมงานบนเครื่องจักรที่เป็นอิสระต่อกันโดยใช้วิธีการเจเนติกอัลกอริทึม เพื่อหาค่าเวลาในการเตรียมงานรวมที่เหมาะสมที่สุด เปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีเจเนติกอัลกอริทึมกับวิธีฮิวริสติก Closest Unvisited City (CUC) พบว่าวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า โดยมีค่าเวลาในการเตรียมงานรวมต่ำกว่าวิธีฮิวริสติก CUC 21.02, 22.37 และ 21.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ Dirk C. Mattfiand and Christian Bierwirth [23] ศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการเจเนติกอัลริทึมสำหรับการจัดลำดับการผลิตแบบตามสั่งเพื่อลดเวลาล่าช้าของงาน พบว่าวิธีการนี้จะช่วยลดพื้นที่ในการค้นหาคำตอบ ทำให้เวลาในการค้นหาคำตอบเร็วขึ้น นอกจากนี้ Pezzela et. al. [24] ได้นำวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาช่วยแก้ปัญหาโดยพัฒนาวิธีการสร้างประชากรเริ่มต้นสำหรับคัดเลือกไปใช้ในขั้นตอนการรีโปรดักชั่น เพื่อสร้างประชากรรุ่นใหม่ ซึ่งดัดแปลงจาก Kacem et. al. [25] เปรียบเทียบผลที่ได้กับวิธีการค้นหาแบบตาบู พบว่าวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า ส่วน Srikanth and Barkha [26] ได้พัฒนาเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตงานที่มีการเปลี่ยนลำดับการผลิตในสายการผลิตที่มีการประกอบชิ้นส่วน มีการกำหนดเวลาการทำงานบนเครื่องจักรโดยไม่พิจารณาถึงลำดับกระบวนการ มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดลำดับงานให้มีค่าเวลาการผลิตรวม และเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำที่สุด โดยในการทดลองนี้ได้พัฒนาวิธีการครอสโอเวอร์แบบลำดับย่อยมากที่สุด (Longest Common Subsequence Crossover : LCS) แล้วทำการเปรียบเทียบกับวิธีการครอสโอเวอร์แบบมาตรฐาน (Standard Crossover) และทดสอบหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับปัญหาแต่ละงาน พบว่าวิธีการครอสโอเวอร์แบบลำดับย่อยมากที่สุดมีประสิทธิภาพการใช้งานที่ดีกว่า และ Goncalves et. al. [27] ได้นำเสนอวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิตแบบหลายปัญหา (Multi-Project) ซึ่งถูกจำกัดด้วยเครื่องจักร โดยนำเสนอรูปแบบโครโมโซมด้วยวิธีการสุ่มคำตอบ และสร้างลำดับการผลิตด้วยวิธี ฮิวริสติก ซึ่งสร้างลำดับของตัวแปรเคลื่อนที่โดยพิจารณา ลำดับก่อนหลังของงาน เวลาล่าช้า และเวลาปล่อย ทดสอบผลที่ได้กับตัวอย่างกลุ่มปัญหาที่สร้างขึ้นแบบสุ่ม และเปรียบเทียบผลลัพธ์กับวิธีอื่น ๆ พบว่าเจเนติกอัลกอริทึมที่นำเสนอนี้ให้ผลใกล้เคียงกับค่าความเหมาะสมมากกว่าวิธีอื่น

นอกจากการประยุกต์ใช้วิธีการเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิตแล้ว ปัจจุบันได้มีการคิดค้นและพัฒนาวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นโดยนำเทคนิคหรือวิธีการอื่น ๆ เข้ามาผสมผสานและประยุกต์ใช้วิธีการให้เหมาะกับปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบที่มีประสิทธิภาพสำหรับปัญหานั้น ๆ หรือที่เรียกว่าเจเนติกอัลกอริทึมลูกผสม (Hybrid Genetic Algorithm) ตัวอย่างงานวิจัยที่มีการใช้วิธีการเจเนติกอัลกอริทึมลูกผสมสำหรับแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิต เช่น Jen-Shiang Chen et. al. [28] ใช้วิธีการเจเนติกอัลกอริทึมลูกผสมเพื่อเปลี่ยนพื้นที่คำตอบที่อยู่ห่างจากคำตอบที่ดีที่สุดเป็นพื้นที่คำตอบที่อยู่ใกล้คำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาการไหลเข้าใหม่ของงานที่มีการผลิตแบบต่อเนื่อง (Re-Entrant Flow-Shop : RFS) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำที่สุด จากผลการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์พบว่าเจเนติกอัลกอริทึมลูกผสม สามารถช่วยค้นหาคำตอบที่

เหมาะสมสำหรับปัญหาการไหลเข้าใหม่ของงานที่มีการผลิตแบบต่อเนื่องได้ นอกจากนี้ Gao et.al. [29] ได้ศึกษาปัญหาเกี่ยวกับการจัดลำดับการผลิตงานตามสั่งแบบยืดหยุ่นเพื่อปรับปรุงความสามารถในการค้นหาคำตอบสำหรับปัญหาที่มีหลายวัตถุประสงค์ ซึ่งงานวิจัยนี้พิจารณา 3 วัตถุประสงค์ คือ เวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุด เวลารองานเข้าเครื่องจักรนานสุดต่ำที่สุด และเวลารองานเข้าเครื่องจักรทั้งหมดต่ำที่สุด ซึ่งพัฒนาวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมลูกผสมโดยการนำเทคนิค Variable Neighborhood Decent (VND) มาใช้ในการแก้ปัญหาสองส่วน คือ ส่วนของตัวดำเนินการครอสโอเวอร์ซึ่งใช้วิธีการครอสโอเวอร์แบบลำดับ (Order Crossover) และวิธีการครอสโอเวอร์แบบยูนิฟอร์ม (Uniform Crossover) และส่วนของตัวดำเนินการมิวเตชั่นซึ่งใช้วิธีการมิวเตชั่นแบบการเปลี่ยนรูปแบบ (Allele-based Mutation) และแบบการเคลื่อนย้าย (Migration Mutation) โดยเทคนิค VND ที่ใช้คือ การปรับปรุงลำดับการดำเนินการ (Improve Operation) ซึ่งใช้วิธีการย้าย 1 ตำแหน่งและการย้าย 2 ตำแหน่ง ผลจากการศึกษาทำให้การค้นหาคำตอบเข้าใกล้คำตอบที่เหมาะสมเร็วขึ้นและเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดต่ำลง เปรียบเทียบผลการทดสอบกับปัญหา 181 ปัญหา พบว่า ผลที่ได้ดีเทียบเท่ากับวิธีอื่น 119 ปัญหา และดีกว่าวิธีอื่น 38 ปัญหา Valls et.al. [30] ศึกษาวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมลูกผสมสำหรับปัญหาการจัดลำดับการผลิตโครงการที่ถูกจำกัดด้วยเงื่อนไขของทรัพยากร โดยมีการปรับเปลี่ยนตัวดำเนินการครอสโอเวอร์ พัฒนาตัวดำเนินการสร้างลำดับการผลิต เสนอแนวทางใหม่ในการคัดเลือกโครโมโซมพ่อแม่ และพัฒนากลยุทธ์ในการคัดเลือกประชากรเป็น 2 เฟส โดยเฟสที่ 2 จะคัดเลือกประชากรที่ดีที่สุดจากเฟสแรก พัฒนาให้เหมาะสมกับปัญหา ผลการวิจัยพบว่าคำตอบที่ได้จากวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมลูกผสมนี้มีความรวดเร็วและมีคุณภาพสูง เมื่อเปรียบเทียบกับปัญหาเดียวกันในงานวิจัยอื่น ๆ

จากตัวอย่างงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการนำวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิตนั้น พบว่าวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมเป็นวิธีการที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิตในอุตสาหกรรมต่าง ๆ แต่ยังไม่มีการนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา โดยก่อนหน้านี้มีงานวิจัยที่ได้พัฒนาระบบจัดการผลิตสินค้าเฟอร์นิเจอร์โดยการนำเสนอการสร้างจุดการประกอบ และนำสิ่งที่ได้จากการสร้างจุดประกอบไปใช้งาน เพื่อแก้ไขปัญหาลำดับของชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ในการผลิตก่อนหลังทำให้สามารถผลิตสินค้าได้ตรงตามเงื่อนไข แต่ก็ยังไม่สามารถแก้ปัญหาได้ดีนักเนื่องจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเป็นลักษณะการเหมาจ่ายงานให้กับแต่ละแผนก ซึ่งยังไม่สามารถกำหนดงานให้กับแต่ละชิ้นส่วนได้ [31] งานวิจัยนี้จึงนำเอาวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมมาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบของปัญหาการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราซึ่งถือเป็นปัญหาที่มีขนาดใหญ่ และมีเงื่อนไขในการผลิตที่ซับซ้อนโดยการพิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานที่ต่ำที่สุด ซึ่งวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมจะช่วยค้นหาลำดับการผลิตที่เหมาะสมสำหรับปัญหาการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราได้

บทที่ 3
ข้อมูลเบื้องต้นในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา และ การสร้างโปรแกรมการจัดลำดับด้วยเจเนติกอัลกอริทึม

บทนี้จะกล่าวถึงการจัดเก็บข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับการจัดลำดับการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางจากโรงงานกรณีศึกษาต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบและสร้างโปรแกรมการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราโดยประยุกต์ใช้วิธีการเจเนติกอัลกอริทึม ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหา การสำรวจข้อมูลเบื้องต้น และการประยุกต์ใช้วิธีการเจเนติกอัลกอริทึม

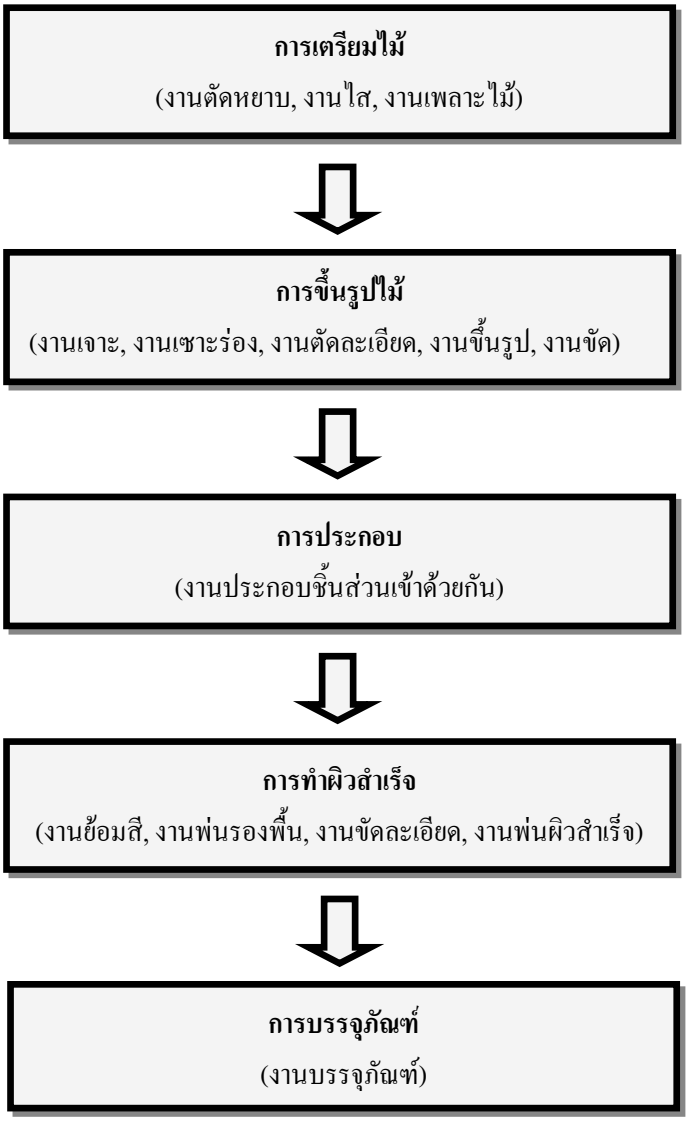
3.1 การสำรวจข้อมูลเบื้องต้น

การสำรวจข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับกระบวนการผลิต และการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา ดำเนินการโดยสำรวจข้อมูลจากโรงงานขนาดใหญ่และโรงงานขนาดเล็ก เพื่อให้ได้ข้อมูลครอบคลุมทั้งหมดเกี่ยวกับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา โรงงานที่ผู้วิจัยได้ดำเนินการสำรวจประกอบด้วยทั้งสิ้น 3 โรง คือ โรงงานเซาท์เทิร์นเบส จำกัด จังหวัดสงขลา โรงงานตรังไม้ยางพารา จำกัด จังหวัดตรัง และโรงงาน พีพี พาราวูด จำกัด จังหวัดชลบุรี

3.1.1 กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

การผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราเกือบทุกโรงงานจะมีลักษณะคล้าย ๆ กัน คือมีรูปแบบที่ต้องผลิตหลากหลาย และแต่ละรูปแบบก็มีรูปร่างและขนาดแตกต่างกันไป การผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราโดยทั่วไปจึงเป็นสายการผลิตที่ไม่คงที่ แต่เป็นการผลิตเป็นรุ่น ๆ แต่ละรุ่นจะมีจำนวนที่ต้องผลิตไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ตามที่ลูกค้าต้องการ ดังนั้นการผลิตจึงต้องมีการวางแผนขั้นตอนในการผลิตตลอดเวลาส่งผลให้การวางแผนการใช้เครื่องจักรมีความยุ่งยากซับซ้อนตามไปด้วย

การผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราของกรณีศึกษาที่ผู้วิจัยได้ดำเนินการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลนั้น มีกระบวนการผลิตหลักที่เหมือนกัน จะแตกต่างกันในเรื่องอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องจักร และเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่นำมาใช้รวมทั้งขั้นตอนการผลิตย่อยที่มีรายละเอียดแตกต่างกันออกไป โดยกระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราสามารถแบ่งเป็น 5 ขั้นตอนดังรูปที่ 3.1 ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดของแต่ละกระบวนการได้ดังนี้



รูปที่ 3.1 กระบวนการผลิตหลัก

ก. การเตรียมไม้

การเตรียมไม้เป็นกระบวนการแรกของการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนย่อยๆ ดังต่อไปนี้

(1) การตัดหยาบ เป็นขั้นตอนการนำไม้ยางพาราแปรรูปมาตัดให้ได้ความยาวตามต้องการ เครื่องมือส่วนใหญ่ที่ใช้ คือ เครื่องเลื่อยวงเดือนและเครื่องตัดอัตโนมัติ (รูปที่ 3.2)

รูปที่ 3.2 การตัดหยาบ

(2) การไสไม้ เป็นขั้นตอนการขูดผิวไม้ให้เรียบเสมอกันเพื่อลดขนาดไม้ในขั้นตอนนี้จะมีเครื่องไสไม้หลายชนิดเพื่อให้ไม้เรียบและได้ขนาดตามต้องการ โดยมีเครื่องไสชนิดหน้าเดียว เครื่องไสสองหน้า และ เครื่องไสสี่หน้า เป็นต้น เครื่องจักรไสไม้ส่วนใหญ่เป็นเครื่องจักรแบบกึ่งอัตโนมัติ คือยังต้องใช้คนป้อนไม้เข้าเครื่องและหยิบไม้ออกจากเครื่อง (รูปที่ 3.3)

รูปที่ 3.3 การไสไม้

(3) การเพลาะไม้ เป็นขั้นตอนการนำไม้ 2 ชิ้นขึ้นไปมาอัดประสานด้วยเครื่องเพลาะ การเพลาะจะทำทั้งตามแนวยาวและแนวกว้างของไม้เพื่อให้เกิดแผ่นไม้ที่มีขนาดพื้นที่ตามความต้องการ (รูปที่ 3.4)

รูปที่ 3.4 การเพลาะไม้

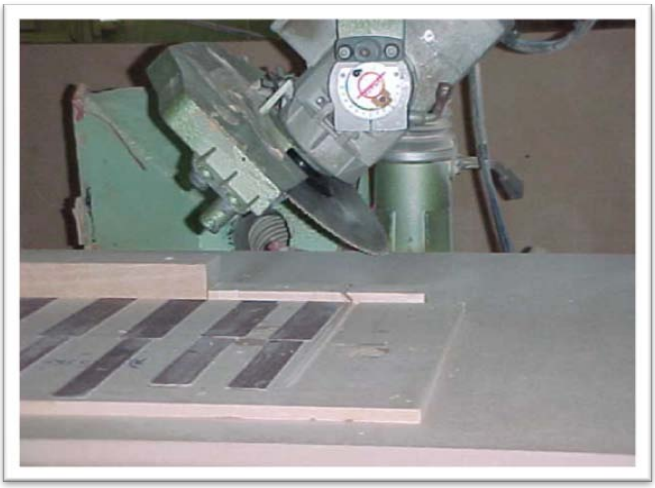
ข. การขึ้นรูปไม้

การขึ้นรูปไม้ เป็นกระบวนการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเฟอร์นิเจอร์ให้ได้ขนาดและแบบตามความต้องการ กระบวนการนี้ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ๆ ดังนี้

(1) การเจาะและการเซาะร่อง ในขั้นตอนนี้จะเจาะรูไม้ และขึ้นรูปเป็นร่องโดยใช้เครื่องเจาะและเครื่องเซาะร่องเพื่อให้ได้ขนาดและรูปแบบตามความต้องการ (รูปที่ 3.5)

รูปที่ 3.5 การเจาะและการเซาะร่อง

(2) การตัดละเอียด เป็นขั้นตอนการตัดความยาวของไม้ให้ได้ขนาดจริง หรือตัดไม้เป็นมุมต่าง ๆ เพื่อใช้ในการประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกัน โดยใช้เครื่องตัดละเอียด (รูปที่ 3.6)



รูปที่ 3.6 การตัดละเอียด

(3) การขัด เป็นขั้นตอนที่นำกระดาษทรายมาขัดผิวของชิ้นงานเพื่อให้ผิวเรียบโดยใช้เครื่องปัด เครื่องขัดบัวนิ่ม หรือเครื่องขัดสามเหลี่ยม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของชิ้นงานที่จะทำการขัด (รูปที่ 3.7)

รูปที่ 3.7 การขัด

ค. การประกอบ

สำหรับเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราที่ส่งออกต่างประเทศส่วนใหญ่จะทำเป็นแบบถอดประกอบได้เพื่อความสะดวกและประหยัดเนื้อที่ในการขนส่ง การประกอบจะใช้กาว สกรู หรือตะปู ขึ้นอยู่กับความแข็งแรงที่ต้องการและใช้แรงงานคนเป็นหลัก (รูปที่ 3.8)

รูปที่ 3.8 การประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ

ง. การทำผิวสำเร็จ

การทำผิวสำเร็จจะมีขั้นตอนย่อย ๆ คือ การอุดและแต่งผิวไม้ในกรณีมีตำหนิ งานขัดละเอียด งานย้อมสี งานพ่นรองพื้น งานตกแต่งผิว และงานเคลือบผิวสำเร็จ กระบวนการนี้ส่วนใหญ่จะใช้แรงงานคนและใช้ความชำนาญเฉพาะทาง เครื่องมือที่ใช้ในการทำผิวสำเร็จ เช่น เครื่องพ่นสี เครื่องพ่นสี และเครื่องขัดผิวด้วยมือ เป็นต้น (รูปที่ 3.9)

รูปที่ 3.9 การทำผิวสำเร็จ

จ. การบรรจุภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์และชิ้นส่วนถอดประกอบเมื่อผ่านกระบวนการทำผิวสำเร็จแล้วจะนำไปบรรจุในกล่องกระดาษแข็งขนาดต่างๆ ตามประเภทของผลิตภัณฑ์ เพื่อป้องกันความเสียหายจากการขนส่งตามความเหมาะสม และจัดส่งจำหน่ายต่อไป (รูปที่ 3.10)

รูปที่ 3.10 การบรรจุภัณฑ์

3.1.2 การจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

จากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา ส่วนใหญ่ใช้วิธีการจัดลำดับการผลิตโดยผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบงานด้านวางแผนการผลิตซึ่งอาศัยประสบการณ์และความชำนาญในการจัดลำดับการผลิต และมีการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการจัดลำดับการผลิตบ้าง สำหรับโรงงานที่มีขนาดใหญ่ที่มีการจัดการข้อมูลอย่างเป็นระบบ แต่ยังคงประสบกับปัญหาในการจัดลำดับการผลิตเนื่องจากธรรมชาติของอุตสาหกรรมการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารานั้นเป็นการผลิตตามความต้องการของลูกค้า แต่ละผลิตภัณฑ์จะประกอบด้วยหลายชิ้นส่วน แต่ละชิ้นส่วนจะต้องผ่านขั้นตอนการผลิตหลายขั้นตอน แต่ละขั้นตอนมีเครื่องจักรในการผลิตหลายเครื่อง ทำให้การมอบหมายงานให้เครื่องจักรและการดำเนินการผลิตไม่เป็นไปตามแผนการผลิตที่วางไว้ ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราประกอบด้วยข้อมูลที่สำคัญดังนี้

(1) ข้อมูลเครื่องจักร

ข้อมูลเครื่องจักรในที่นี้ หมายถึง เครื่องจักร พนักงาน เครื่องมือ หรือสิ่งอื่น ๆ ที่ใช้ในการทำงาน ทั้งนี้ไม่รวมถึงวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต โดยเครื่องจักรจะถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มตามขั้นตอนการผลิต ตัวอย่างเครื่องจักร เช่น

- เครื่อง NC
- เครื่องเจาะ
- เครื่องเพลาตั้ง
- เครื่องเราท์เตอร์
- เครื่องแก๊งซอว์
- เครื่องก๊อปปี้สไลด์
- เครื่องก๊อปปี้เลท
- เครื่องคว้าน
- เครื่องเย็บวีเนียร์
- เครื่องปอกเดือยรูปไข่
- เครื่องตัด
- เครื่องขัด
- เครื่องไส
- เครื่องปัด
- เครื่องผ่าครึ่ง

- เครื่องแซนดิ้ง
- เครื่องริปซอร์
- เครื่องขัดสโตรก
- เครื่องรีด
- เครื่องใส่ตัวหนอน
- เครื่องอัดความถี่
- เครื่องเจียร์
- เครื่องขัดสามเหลี่ยม
- เครื่องเพรส
- เครื่องก๊อปปี้เชปเปอร์
- เครื่องเพลาะ
- เครื่องประกอบ

(2) ข้อมูลขั้นตอนการผลิต

ข้อมูลขั้นตอนการผลิตจะได้มาจากการออกแบบของผู้วางแผนกระบวนการผลิตโดยข้อมูลขั้นตอนการผลิตจะแตกต่างกันในแต่ละโรงงาน ตัวอย่างข้อมูลขั้นตอนการผลิต เช่น

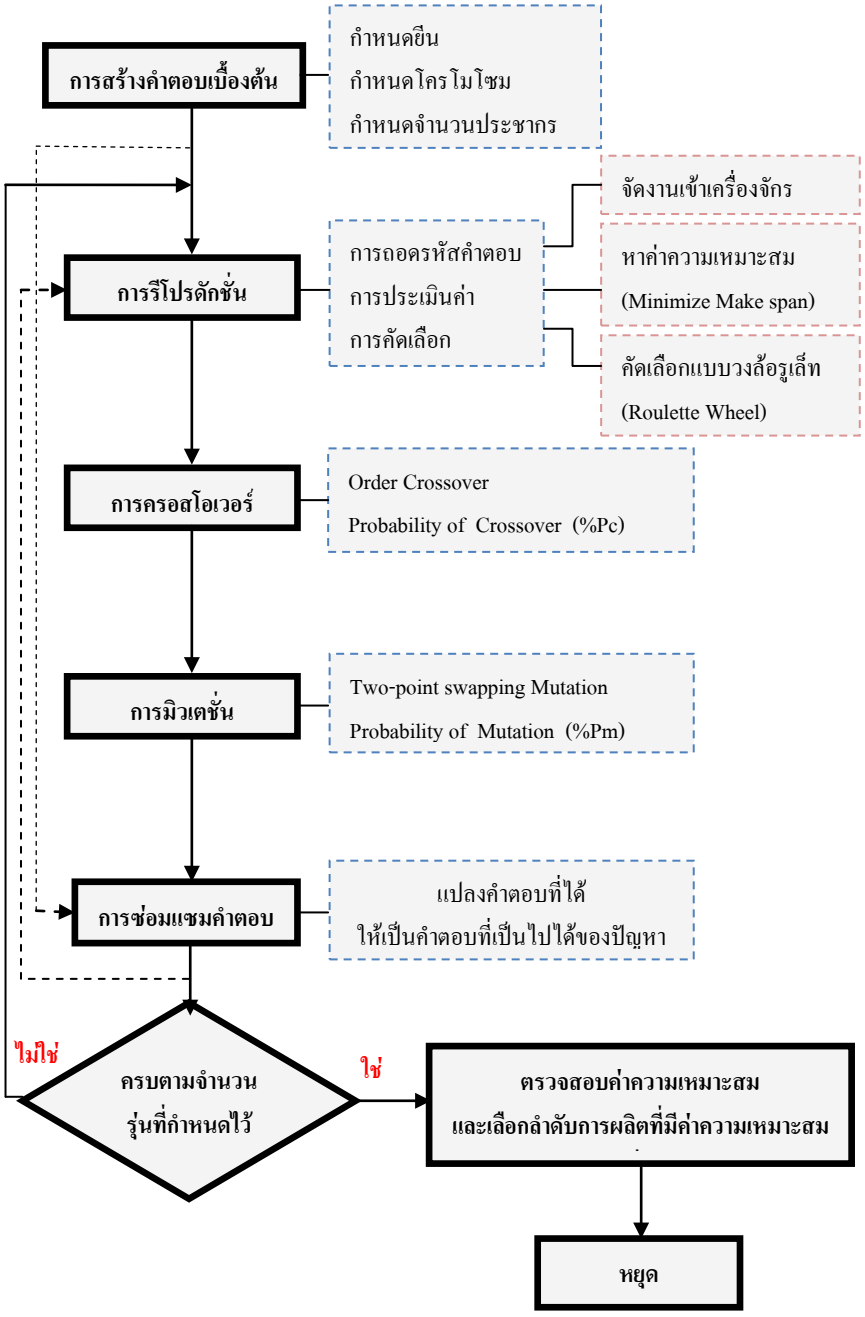
- รหัสสินค้า
- ชื่อสินค้า
- รหัสขั้นตอนการผลิต
- ชื่อขั้นตอนการผลิต
- จำนวนชิ้นงานที่ใช้ต่อ 1 หน่วยสินค้า
- จำนวนชิ้นงานที่สั่งผลิต
- รหัสชิ้นส่วน
- ชื่อชิ้นส่วน
- เวลาตั้งเครื่อง มีหน่วยเป็น นาที
- เวลาที่ใช้ในการผลิตต่อ 1 ชิ้นส่วน มีหน่วยเป็น นาที
- เครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิต

3.2 การประยุกต์ใช้วิธีการเจเนติกอัลกอริทึม

ในการจัดลำดับการผลิตนั้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการประยุกต์ใช้วิธีการเจเนติกอัลกอริทึมในการประมวลผลเพื่อหาคำตอบให้เหมาะสมกับปัญหาการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา ซึ่งแผนผังแสดงขั้นตอนการประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมสำหรับการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา เป็นดังรูปที่ 3.11 มีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 การสร้างคำตอบเบื้องต้น (Initialization)

เนื่องจากคำตอบของการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา คือลำดับของชิ้นส่วนที่จะจัดเข้าเครื่องจักร จึงออกแบบโครโมโซมเป็นแบบการเรียงสับเปลี่ยน (Permutation Encoding) คือทุกตำแหน่งของยีนในโครโมโซมจะเป็นค่าของจำนวนนับเป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงลำดับการผลิต โดยในโครโมโซมจะมีจำนวนยีนเท่ากับจำนวนชิ้นส่วนทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ที่จะผลิต เพื่อให้เข้าใจได้ง่ายจึงกำหนดรหัสยีนในโครโมโซมเป็นรหัสที่บ่งชี้ถึงชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ โดยกำหนดเป็นตัวเลข 4 หลัก สองหลักแรกบ่งบอกถึงผลิตภัณฑ์ สองหลักหลังบ่งบอกถึงชิ้นส่วน ตัวอย่างเช่น รหัสยีน 0101 จะหมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ 1 ชิ้นส่วนที่ 1 เป็นต้น จนครบตามจำนวนชิ้นส่วน ตามจำนวนผลิตภัณฑ์ของเฟอร์นิเจอร์ที่จะทำการผลิต ดังนั้นในโครโมโซมจึงประกอบด้วยรหัสยีนทั้งหมดที่บ่งบอกชิ้นส่วนของแต่ละผลิตภัณฑ์นั่นเอง



รูปที่ 3.11 แผนผังขั้นตอนการประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึม

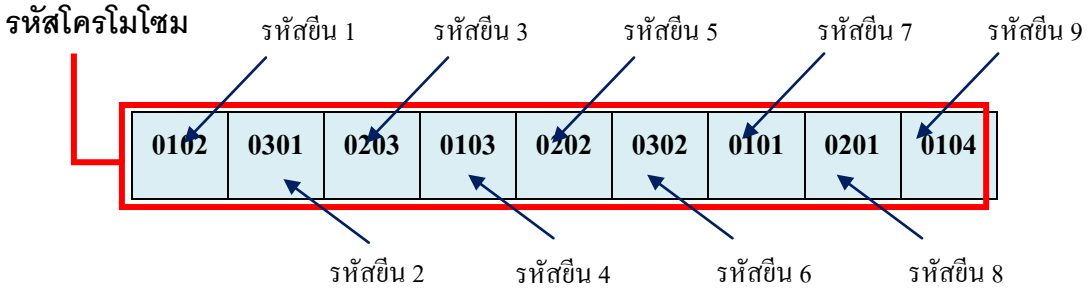
สมมติ โรงงานต้องการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา 3 ผลิตภัณฑ์ แต่ละผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยจำนวนชิ้นส่วนดังแสดงในตาราง 3.1 ซึ่งจะยกตัวอย่างโครโมโซมที่เป็นไปได้สำหรับปัญหานี้ขึ้นมา 1 โครโมโซม เพื่ออธิบายวิธีการอ่านรหัสโครโมโซมซึ่งจะแยกอ่านเป็นรหัสยีนตามลำดับในโครโมโซม

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างจำนวนชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ที่จะผลิต

ผลิตภัณฑ์ที่	1	2	3
จำนวนชิ้นส่วน	4	3	2

ตัวอย่างโครโมโซม : 0102 0301 0203 0103 0202 0302 0101 0201 0104

สามารถอธิบายการอ่านรหัสโครโมโซมและรหัสยีนในโครโมโซมได้ดังแสดงในรูปที่ 3.12 ซึ่งรหัสโครโมโซมหนึ่ง ๆ จะประกอบด้วยรหัสยีนต่าง ๆ ตามจำนวนชิ้นส่วนทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผลิต



รูปที่ 3.12 วิธีการอ่านรหัสโครโมโซม

จากโครโมโซมตัวอย่าง อธิบายได้ว่าโครโมโซมนี้ประกอบด้วย 9 ยีน แต่ละยีนบ่งบอกถึงลำดับชิ้นส่วนที่จะจัดให้กับเครื่องจักร โดยชิ้นส่วนลำดับแรกที่จะจัดให้เครื่องจักร คือชิ้นส่วน 0102 ชิ้นส่วนลำดับที่สองที่จะจัดให้กับเครื่องจักร คือชิ้นส่วน 0301 ชิ้นส่วนลำดับที่สามที่จะจัดให้กับเครื่องจักร คือชิ้นส่วน 0203 ไปเรื่อย ๆ จนถึง ชิ้นส่วนลำดับสุดท้ายที่จะจัดให้กับเครื่องจักร คือชิ้นส่วน 0104 เป็นต้น เมื่อกำหนดรูปแบบโครโมโซมได้แล้วก็จะสุ่มชุดโครโมโซมขึ้นมาจำนวนหนึ่งตามจำนวนประชากรเบื้องต้นที่กำหนด สมมติ กำหนดให้จำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 5 ก็จะต้องทำการสุ่มโครโมโซมขึ้นมาจำนวน 5 โครโมโซม ตัวอย่างโครโมโซมที่สุ่มมาได้เป็นดังนี้

โครโมโซม 1 0102 0301 0203 0103 0202 0302 0101 0201 0104
โครโมโซม 2 0203 0104 0103 0201 0302 0101 0301 0202 0102
โครโมโซม 3 0301 0101 0103 0201 0104 0203 0302 0102 0202
โครโมโซม 4 0201 0103 0101 0302 0202 0104 0102 0203 0301
โครโมโซม 5 0301 0102 0201 0203 0302 0104 0202 0101 0103

เมื่อได้โครโมโซมตามจำนวนประชากรเบื้องต้นที่กำหนดแล้วก็จะนำโครโมโซมเหล่านี้เข้าสู่ขั้นตอนต่อไปของวิธีการเจเนติกอัลกอริทึม คือขั้นตอนการรีโปรดักชั่น

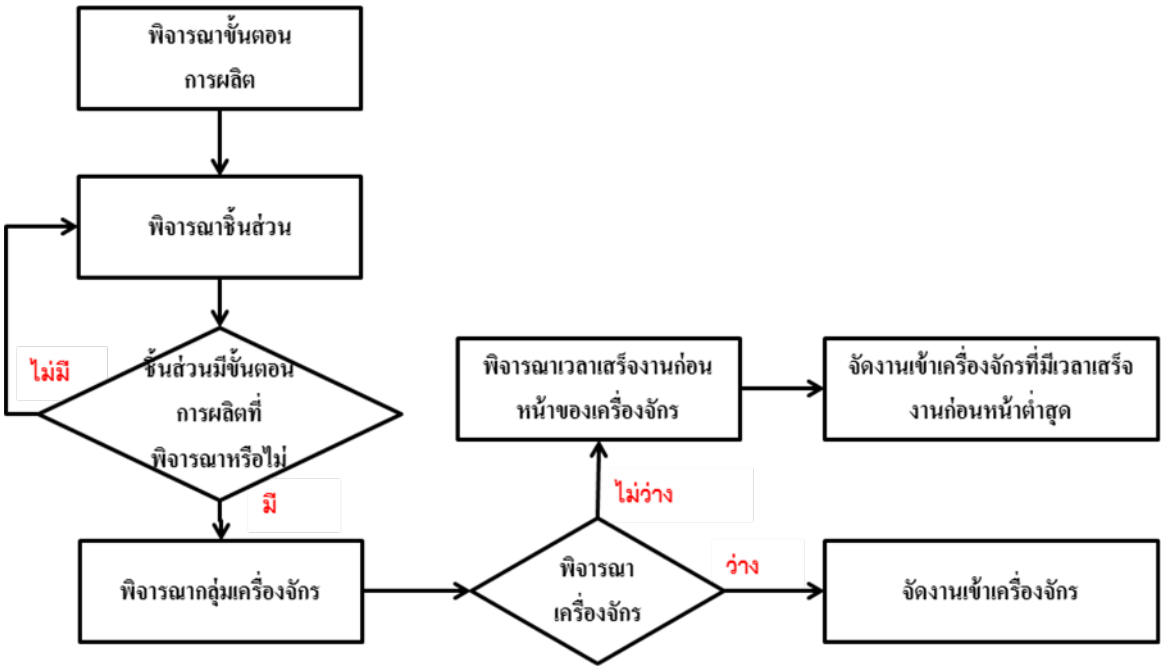
3.2.2 การรีโปรดักชั่น (Reproduction)

การรีโปรดักชั่นประกอบด้วย 3 ขั้นตอนย่อยคือ การถอดรหัสคำตอบ การคำนวณค่าความเหมาะสม และการคัดเลือก สำหรับปัญหาการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารามีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนดังนี้

(1) การถอดรหัสคำตอบ (Decoding)

คือการแปลงโครโมโซมให้เป็นลำดับการผลิตชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ โดยการนำลำดับยีนแต่ละตำแหน่งในโครโมโซมไปจัดให้เครื่องจักรตามลำดับ เช่น จากตัวอย่างโครโมโซม 1 ที่สุ่มมาได้ คือ 0102 0301 0203 0103 0202 0302 0101 0201 0104

ชิ้นส่วน 0102 จะถูกจัดให้กับเครื่องจักรเป็นลำดับแรก ชิ้นส่วน 0301 จัดให้เครื่องจักรเป็นลำดับที่สอง ชิ้นส่วน 0203 จัดให้เครื่องจักรเป็นลำดับที่สาม ไปเรื่อย ๆ จนถึงชิ้นส่วนสุดท้าย คือชิ้นส่วน 0104 จัดให้เครื่องจักรเป็นลำดับสุดท้าย เป็นต้น โดยหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการจัดงานหรือชิ้นส่วนให้เครื่องจักรนั้นจะพิจารณาขั้นตอนการผลิตเป็นหลัก และคำนึงถึงการจัดงานให้เครื่องจักรที่ว่างก่อน ถ้าเครื่องจักรไม่ว่างก็จะจัดงานให้เครื่องจักรที่มีเวลาเสร็จงานก่อนหน้าเร็วที่สุดก่อน ดังแสดงในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 แผนผังขั้นตอนการจัดงานเข้าเครื่องจักร

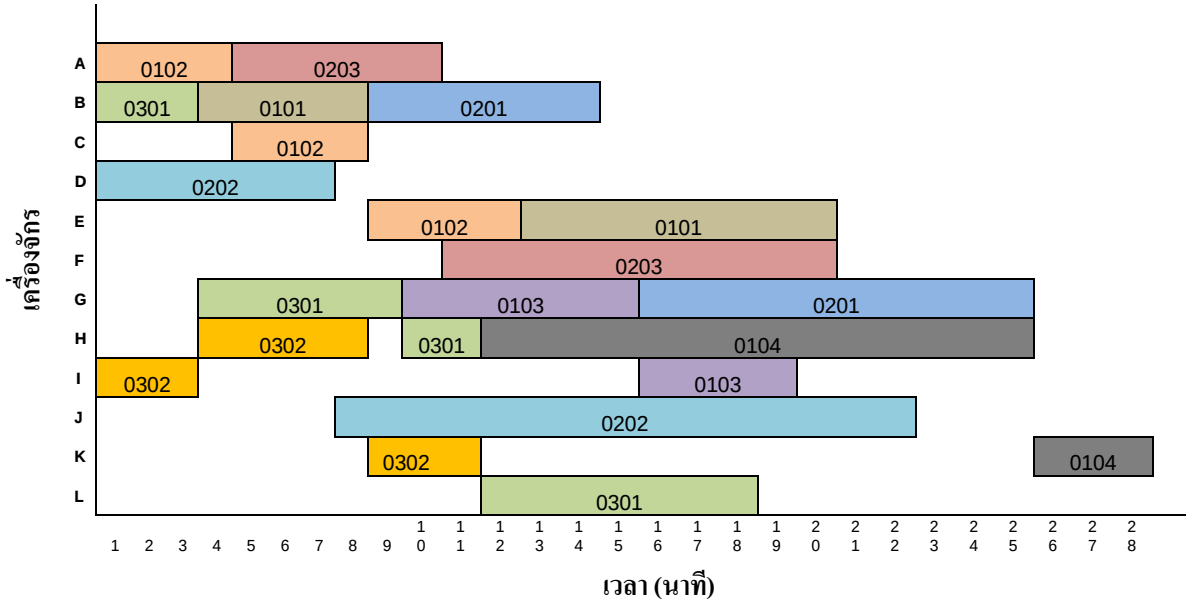
จากรูปที่ 3.13 เป็นการจัดงานให้เครื่องจักรโดยเริ่มต้นจากการพิจารณาขั้นตอนการผลิตแรก แล้วพิจารณาชิ้นส่วนลำดับแรกในโครโมโซมว่าต้องทำการผลิต ณ ขั้นตอนนี้หรือไม่ ถ้าไม่ต้องทำการผลิตก็ให้กลับไปพิจารณาชิ้นส่วนถัดไป ถ้าต้องทำการผลิตก็จะดึงข้อมูลเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตมาพิจารณาว่าเครื่องจักรนั้นว่างหรือไม่ ถ้าเครื่องจักรว่างก็พิจารณาว่ามีเครื่องจักรว่างกี่เครื่อง ถ้ามีเครื่องจักรว่างเครื่องเดียวก็จัดงานหรือชิ้นส่วนนั้นให้เครื่องจักรนั้นได้เลย ถ้ามีเครื่องจักรว่างหลายเครื่องก็ให้จัดงานเข้าเครื่องจักรตามลำดับเครื่องว่างที่เจอก่อน เช่น มีเครื่องจักรว่าง 3 เครื่อง ก็ให้จัดงานให้กับเครื่องจักรเครื่องแรกที่พบว่าเครื่องว่างก่อนตามลำดับ ถ้าไม่มีเครื่องจักรใดว่างก็จะพิจารณาเวลาสุดท้ายของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง เครื่องจักรใดมีเวลาสุดท้ายต่ำที่สุดหรือเสร็จงานก่อนหน้าก่อนก็จะจัดงานให้กับเครื่องจักรนั้น จากนั้นก็พิจารณาว่าได้จัดชิ้นส่วนให้กับเครื่องจักรครบทุกชิ้นส่วนในโครโมโซมแล้วหรือยัง ถ้ายังไม่ครบก็กลับไปพิจารณาชิ้นส่วนถัดไป ถ้าครบทุกชิ้นส่วนแล้วก็พิจารณาว่าทำการผลิตครบทุกขั้นตอนหรือยัง ถ้ายังไม่ครบก็กลับไปทำขั้นตอนถัดไป เรื่อย ๆ จนครบทุกขั้นตอนการผลิต ตัวอย่างข้อมูลเวลาเสร็จสิ้นการทำงานของลำดับชิ้นส่วนในตัวอย่างโครโมโซม 1 ที่ได้จากการจัดงานเข้าเครื่องจักรจนครบทุกชิ้นส่วน เป็นดังตาราง 3.2

ตาราง 3.2 ตัวอย่างข้อมูลเวลาเสร็จสิ้นการทำงานของลำดับชิ้นส่วนในโครโมโซม 1

ชิ้นส่วนในโครโมโซม 1	ขั้นตอนการผลิต	เครื่องจักรที่ผลิต	เวลาผลิต (นาที)	เวลาเริ่ม	เวลาผลิตเสร็จ
0102	1. ตัด	M11	4	0	4
	2. เจาะ	M21	4	4	8
	3. ไส	M31	4	8	12
0301	1. ตัด	M12	3	0	3
	2. ขึ้นรูป	M41	6	3	9
0203	1. ประกอบ	M51	11	0	11
	2. พ่นสี	M72	7	11	18
0103	1. ขึ้นรูป	M41	3	9	11
	2. ขัด	M61	1	11	12
0202	1. เจาะ	M22	7	0	7
	2. ขัด	M62	8	7	15
0302	1. ขัด	M61	1	12	13
	2. ประกอบ	M51	1	13	14
	3. พ่นสี	M71	1	15	16
0101	1. ตัด	M12	6	3	6
	2. ไส	M31	4	12	16
0201	1. ตัด	M11	6	4	10
	2. ไส	M32	4	10	14
0104	1. ประกอบ	M51	2	14	16
	2. พ่นสี	M71	1	16	17
เวลาเสร็จสิ้นการทำงาน			**18**		

จากตาราง 3.2 แสดงเวลาในการผลิตแต่ละชิ้นส่วนเสร็จ ซึ่งพบว่า ชิ้นส่วน 0203 ผลิตเสร็จเป็นชิ้นสุดท้าย ดังนั้นค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานของโครโมโซม 1 จึงมีค่าเท่ากับ 18 หมายความว่า เวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนทุกชิ้นในโครโมโซมจนเสร็จ มีค่าเท่ากับ 18 เป็นต้น

ผลที่ได้จากการถอดรหัสคำตอบหรือจัดลำดับชิ้นส่วนให้กับเครื่องจักรก็คือลำดับของชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ที่ผลิตบนเครื่องจักรตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จทุกชิ้นส่วน และค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานของระบบ ซึ่งตัวอย่างของผลที่ได้จากการถอดรหัสคำตอบโดยแสดงเป็นแผนภาพ Gantt Chart แสดงได้ดังรูปที่ 3.14 อธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 3.14 ตัวอย่างผลที่ได้จากการถอดรหัสคำตอบ

จากรูปที่ 3.14 แสดงผลที่ได้จากการถอดรหัสคำตอบโดยแสดงเป็นแผนภาพ Gantt Chart คือลำดับของยีนแต่ละยีนที่โปรแกรมจัดให้เข้าเครื่องจักรแต่ละเครื่อง เช่น รหัสยีน 0102 ถูกจัดเข้าเครื่องจักร A, C และ D ตามลำดับโดยมีเงื่อนไขว่ายีนแต่ละยีนต้องทำขั้นตอนก่อนหน้าให้เสร็จก่อนจึงจะทำขั้นตอนปัจจุบันได้ โดยขั้นตอนการถอดรหัสจะแตกต่างกันตามรูปแบบการเข้ารหัสของแต่ละงาน

(2) การประเมินค่า (Evaluation)

การประเมินค่า คือการประเมินค่าคำตอบหรือโครโมโซมแต่ละตัวว่ามีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด การประเมินค่าทำได้หลังจากที่มีการจัดงานให้เครื่องจักรครบทุกขั้นตอน ครบทุกยีนในโครโมโซมแล้วก็จะทำการประเมินค่าความเหมาะสม ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด ในที่นี้กำหนด

วัตถุประสงค์เป็นค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำที่สุด (Minimize Makespan) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1 และ 2 ดังนี้

$$Min\ C = max\ (F_1, F_2, F_3, \ldots, F_\alpha)] \tag{3.1}$$

$$F_\alpha = \sum_{k=1}^{p}\sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{m}\left[Q_{ijk}P_{ijk} + S_{ijk} + I_{ijk}\right]X_{ijk} \tag{3.2}$$

โดยที่

α เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต $(\alpha = 1,2,3,...,u)$

i ขั้นตอนการผลิต $(i = 1,2,3,...,m)$

j ชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ $(j = 1,2,3,...,n)$

k ผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ $(k = 1,2,3,...,p)$

u เครื่องจักรทั้งหมด

m จำนวนขั้นตอนการผลิตทั้งหมดของชิ้นส่วน j

n จำนวนชิ้นส่วนเฟอร์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ k

p จำนวนผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ทั้งหมดในแต่ละแผนการผลิต

C เวลาเสร็จสิ้นการทำงาน (นาที)

F_α เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตบนเครื่องจักร α (นาที)

Q_{ijk} ปริมาณชิ้นส่วนที่ผลิตในขั้นตอน i ของชิ้นส่วน j ผลิตภัณฑ์ k

P_{ijk} เวลาที่ใช้ในการผลิตของขั้นตอน i ชิ้นส่วน j ผลิตภัณฑ์ k (นาที)

S_{ijk} เวลาติดตั้งเครื่องจักรของขั้นตอน i ชิ้นส่วน j ผลิตภัณฑ์ k (นาที)

X_{ijk} สถานะของงาน ijk บนเครื่องจักร α

ถ้า $X_{ijk} = 1$; ได้ทำงาน ijk บนเครื่องจักร α

$X_{ijk} = 0$; ไม่ได้ทำงาน ijk บนเครื่องจักร α

I_{ijk} เวลารอคอยงาน (นาที) คำนวณได้จากสมการที่ 3

$$I_{ijk} = ET_{(Z-1)} - ST_{(Z)} \tag{3.3}$$

$ET_{(Z-1)}$ เวลาสุดท้ายในการผลิตงานก่อนหน้า Z หนึ่งลำดับ $(Z-1)$

$ST_{(Z)}$ เวลาเริ่มต้นในการผลิตงานลำดับ Z

Z ลำดับที่ของงาน ijk คำนวณได้จากสมการที่ 4

$$Z = \sum_{r=1}^{\beta} y_r \tag{3.4}$$

r ลำดับที่ของการทำงานเริ่มจาก $(1,2,3,...,\beta)$

y_r งาน ijk ลำดับที่ r โดยกำหนดให้

$y_r = r$; เมื่องาน ijk ถูกกำหนดให้อยู่ในลำดับที่ r

$y_r = 0$; เมื่องาน ijk ไม่ถูกกำหนดให้อยู่ในลำดับที่ r

β ลำดับงานทั้งหมด คำนวณได้จากสมการที่ 5

$$\beta = \sum_{k=1}^{p} \sum_{j=1}^{n} M_{jk} \tag{3.5}$$

M_{jk} จำนวนขั้นตอนการทำงานของชิ้นส่วน j ผลิตภัณฑ์ k

(3) การคัดเลือก (Selection)

เมื่อคำนวณค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซมจนครบตามจำนวนประชากรเบื้องต้นที่กำหนดแล้ว ขั้นตอนสุดท้ายของการรีโปรดักชั่นก็คือการคัดเลือก ซึ่งวิธีการคัดเลือกนี้จะพิจารณาจากค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม โดยโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมมากจะมีโอกาสถูกคัดเลือกได้มากกว่าโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมน้อย ในงานวิจัยนี้โครโมโซมที่มีความเหมาะสมมากคือโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมน้อยนั่นคือค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานมีค่าต่ำ การคิดค่าความเหมาะสมจึงคิดเป็นค่าส่วนกลับ วิธีการคัดเลือกที่ใช้คือวิธีการคัดเลือกแบบวงล้อรูเล็ท (Roulette Wheel) ซึ่งจะต้องมีการสร้างวงล้อรูเล็ทขึ้นมาก่อนโดยขั้นตอนการสร้างวงล้อรูเล็ทมีดังนี้

- หาค่าความเหมาะสมรวม (SumFitness) ของโครโมโซมทั้งหมดจากผลรวมของค่าความเหมาะสมของโครโมโซมแต่ละตัว ค่าความเหมาะสมรวมสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 6

$$SumFitness = \sum_{i=1}^{popsize} \left(\frac{1}{Fitness_i} \right) \tag{3.6}$$

โดยที่

$Fitness_i$ คือ ค่าความเหมาะสมของโครโมโซมตัวที่ i

i ลำดับที่ของโครโมโซม $\left(i = 1,2,3,..., popsize\right)$

$popsize$ จำนวนประชากรเบื้องต้นที่กำหนด

- หาค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือก (Probability of Selection) ของโครโมโซมแต่ละตัว คำนวณได้จากส่วนกลับของค่าความเหมาะสมของโครโมโซมแต่ละตัวหารด้วยส่วนกลับของค่าความเหมาะสมรวมของโครโมโซมทั้งหมดเนื่องจากค่าความเหมาะสมคือค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานที่มีค่าต่ำ ดังนั้นยิ่งค่าความเหมาะสมมีค่าต่ำก็จะยิ่งทำให้ค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกมีค่ามากจึงต้องคำนวณเป็นค่าส่วนกลับ ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 7

$$P_i = \frac{\left(\frac{1}{Fitness_i} \right)}{SumFitness} \tag{3.7}$$

โดยที่

P_i ค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกของโครโมโซมที่ i

i ลำดับที่ของโครโมโซม $(i = 1,2,3,..., popsize)$

- หาความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสม (Cumulative of Probability) ของโครโมโซมแต่ละตัว ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 8

$$Cum_i = \sum_{i=1}^{1} P_i \qquad (3.8)$$

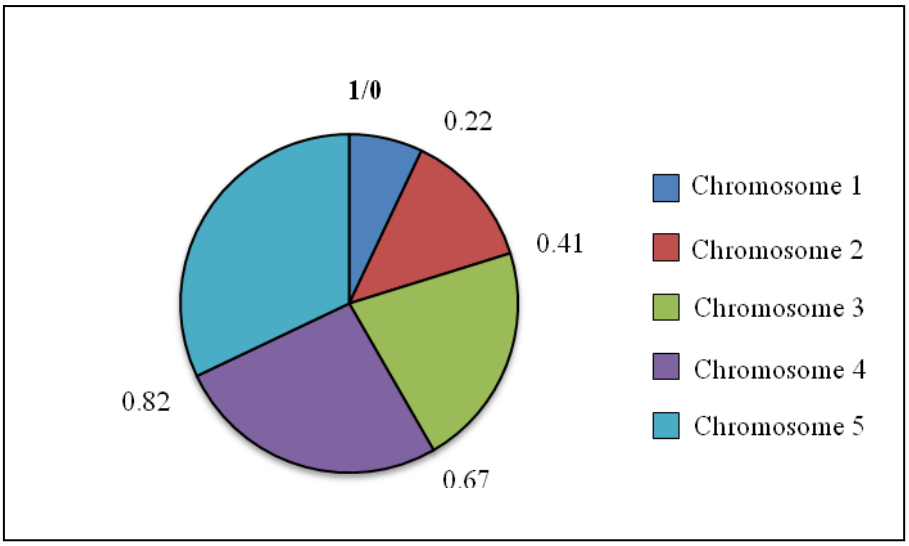
โดยที่

Cum_i คือ ค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสมของโครโมโซม i

จากนั้นจึงนำค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสมของโครโมโซมแต่ละตัวไปสร้างวงล้อรูเล็ทโดยโครโมโซมทั้งหมดที่อาศัยอยู่ในขนาดพื้นที่ของวงล้อ คือสัดส่วนของค่าความเหมาะสมที่เหมาะสมของทุกโครโมโซม ค่าความเหมาะสมที่มากที่สุดคือพื้นที่ที่มากที่สุดในส่วนของวงล้อ เมื่อมีการหมุนวงล้อโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมมากจะมีโอกาสถูกเลือกได้มาก ตัวอย่างการคำนวณค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือก และค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสมของแต่ละโครโมโซมเป็นดังตาราง 3.1 และนำข้อมูลตัวอย่างจากตารางดังกล่าวไปสร้างวงล้อรูเล็ทได้ดังรูปที่ 3.15

ตาราง 3.3 ตัวอย่างการคำนวณค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือก และค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสม

Chromosome	**Fitness (Make span)**	**1/Fitness**	**Probability (Prob.)**	**Cumulative Prob. (Cum.)**
1	18	0.06	0.22	0.22
2	22	0.05	0.19	0.41
3	15	0.07	0.26	0.67
4	24	0.04	0.15	0.82
5	20	0.05	0.18	**1.00**
Total	**96**	**0.27**	**1.00**	



รูปที่ 3.15 ตัวอย่างการสร้างวงล้อรูเล็ทจากข้อมูลตัวอย่างในตาราง 3.3

ขั้นตอนการคัดเลือกนี้จะทำการคัดเลือกโครโมโซมชุดใหม่ขึ้นมาตามจำนวนประชากรเบื้องต้น โครโมโซมที่มีความเหมาะสมมาก (โครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมน้อย) จะมีโอกาสถูกเลือกมาก ทำให้โครโมโซมชุดใหม่ที่ได้มีค่าความเหมาะสมโดยเฉลี่ยต่ำกว่าโครโมโซมชุดเดิม ขั้นตอนการคัดเลือกโครโมโซมชุดใหม่นี้จะใช้วิธีการสุ่มตัวเลข (0-1) ขึ้นมาตามจำนวนประชากรเบื้องต้นที่กำหนด จากนั้นนำตัวเลขสุ่มแต่ละตัวไปเทียบกับค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสมในวงล้อรูเล็ท และตรวจสอบค่าตัวเลขสุ่มว่าตกอยู่ในพื้นที่ของโครโมโซมตัวใด โครโมโซมตัวนั้นก็จะถูกเลือกมาเป็นโครโมโซมชุดใหม่ ตัวอย่างข้อมูลตัวเลขสุ่มเพื่อใช้ในการคัดเลือกโครโมโซมเป็นดังตาราง 3.4 ซึ่งจะใช้ตัวเลขสุ่มนี้เปรียบเทียบกับค่าความน่าจะเป็นในการคัดเลือกสะสมว่าตกอยู่ในช่วงของโครโมโซมตัวใดโครโมโซมนั้นก็จะถูกเลือกมา ทำการสุ่มตัวเลขเพื่อคัดเลือกโครโมโซมชุดใหม่จนครบตามจำนวนประชากรเบื้องต้นที่กำหนด

ตาราง 3.4 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการคัดเลือกโครโมโซมชุดใหม่

ตัวเลขสุ่ม	ค่าอยู่ในช่วงของ Cumulative Prob.	โครโมโซมที่ถูกเลือก
0.45	0.41-0.67	3
0.19	0-0.22	1
0.69	0.67-0.82	4
0.77	0.67-0.82	4
0.32	0.22-0.41	2

จากตาราง 3.4 โครโมโซมชุดใหม่ที่ถูกเลือกมาจากตัวอย่างโครโมโซมที่สุ่มไว้ในขั้นตอนการสร้างคำตอบเบื้องต้น ได้แก่โครโมโซม 3, 1, 4, 4 และ 2 ดังนี้

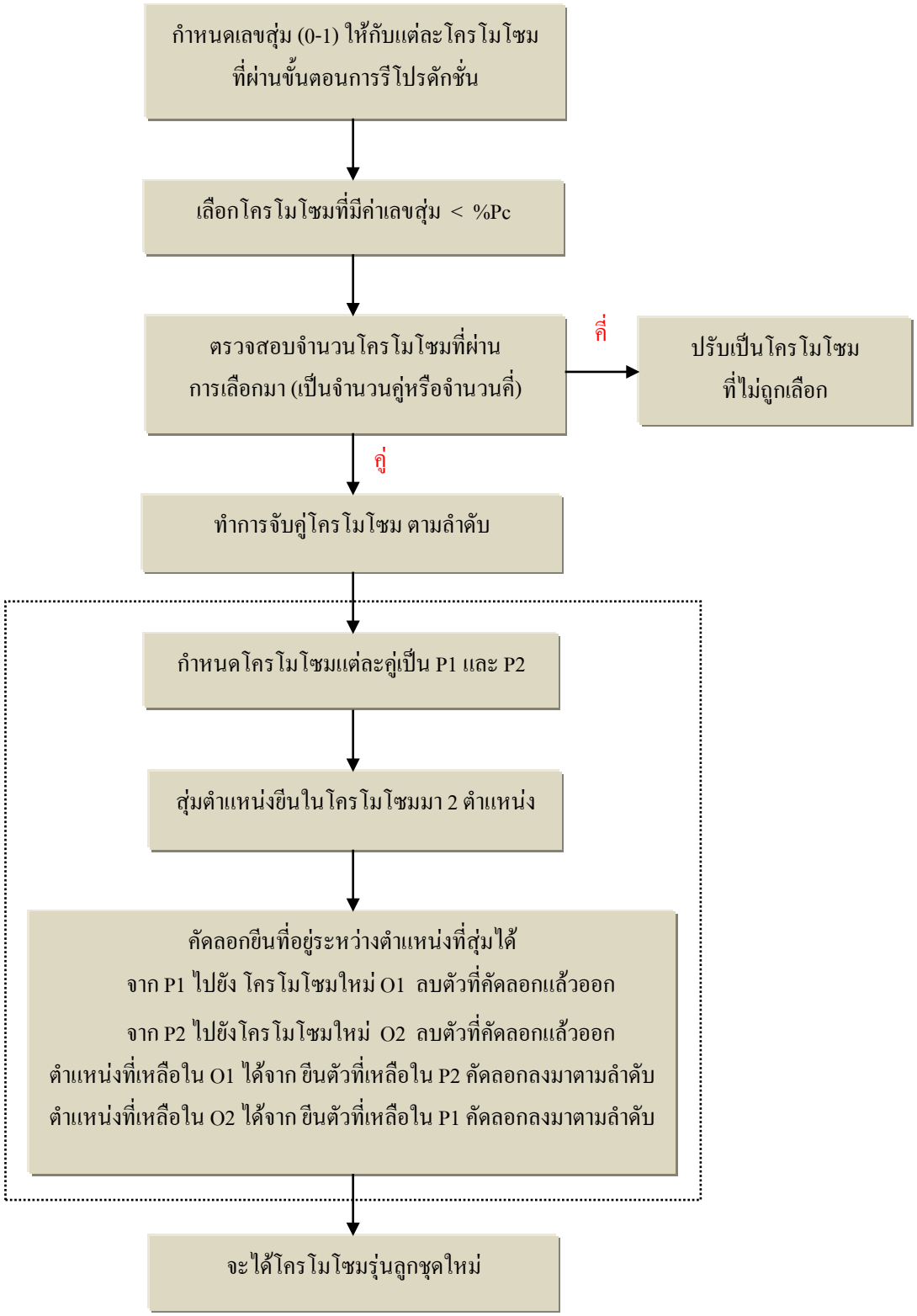
โครโมโซม 3	0301	0101	0103	0201	0104	0203	0302	0102	0202
โครโมโซม 1	0102	0301	0203	0103	0202	0302	0101	0201	0104
โครโมโซม 4	0201	0103	0101	0302	0202	0104	0102	0203	0301
โครโมโซม 4	0201	0103	0101	0302	0202	0104	0102	0203	0301
โครโมโซม 2	0203	0104	0103	0201	0302	0101	0301	0202	0102

จากโครโมโซมชุดใหม่ที่ถูกเลือกมานี้จะมีโครโมโซมเพียงบางส่วนเท่านั้นที่จะถูกเลือกอีกครั้งเพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไปของวิธีการเจเนติกอัลกอริทึม คือ ขั้นตอนการครอสโอเวอร์

3.2.3 การครอสโอเวอร์ (Crossover)

การครอสโอเวอร์เป็นขั้นตอนที่ทำหลังจากขั้นตอนการรีโปรดักชั่นโดยการแลกเปลี่ยนบางส่วนของโครโมโซมพ่อแม่ (Parent) ซึ่งมีโครโมโซมเพียงบางส่วนเท่านั้นที่จะถูกนำมาจับคู่ตามอัตราความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ ($\%P_c$) โดยมีการกำหนดว่าจะมีการสุ่มตัวเลขระหว่าง 0-1 สำหรับแต่ละโครโมโซม หากตัวเลขที่สุ่มได้สำหรับโครโมโซมมีค่าน้อยกว่า P_c แสดงว่าโครโมโซมนั้นจะถูกเลือกไปทำการครอสโอเวอร์ เพื่อสร้างโครโมโซมรุ่นใหม่หรือโครโมโซมลูก (Offspring) ชุดใหม่ขึ้นมา ในที่นี้กำหนดค่าของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.8 เป็นค่าเริ่มต้น และใช้วิธีการครอสโอเวอร์แบบ Order Crossover (OX) (J. Gao et.al 2008) ซึ่งวิธีการครอสโอเวอร์ทำได้โดยการเลือกตำแหน่งยีนย่อยอย่างสุ่มมาสองตำแหน่งแล้วทำการครอสโอเวอร์กัน โดยการเลือกตำแหน่งยีนย่อยอย่างสุ่มภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด จากโครโมโซมพ่อแม่ตัวที่ 1 แล้วคัดลอกไปยังโครโมโซมลูกเบื้องต้นในตำแหน่งเดียวกัน จากนั้นลบยีนที่ปรากฏอยู่ในโครโมโซมลูกเบื้องต้นแล้วออกจากโครโมโซมพ่อแม่ตัวที่ 2 จากนั้นนำยีนที่เหลือในโครโมโซมพ่อแม่ตัวที่ 2 มาใส่ในตำแหน่งที่ยังว่างของโครโมโซมลูกเบื้องต้นตัวนั้น ตามลำดับจากซ้ายไปขวา จะได้โครโมโซมลูกเบื้องต้นมา 1 ตัว โครโมโซมลูกเบื้องต้นตัวที่ 2 ได้จากวิธีการเดียวกันแต่สลับตำแหน่งกัน

ขั้นตอนแสดงการคัดเลือกโครโมโซมเพื่อทำการครอสโอเวอร์เป็นดังรูปที่ 3.16 ซึ่งเริ่มต้นจากการกำหนดเลขสุ่ม (0-1) ให้กับแต่ละโครโมโซมที่ผ่านขั้นตอนการรีโปรดักชั่นซึ่งได้แก่โครโมโซม 3, 1, 4, 4 และ 2 จากนั้นก็พิจารณาเลขสุ่มของโครโมโซมแต่ละตัวและเลือกโครโมโซมที่มีค่าเลขสุ่มน้อยกว่าค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่กำหนดไว้ จากนั้นทำการจับคู่โครโมโซมที่ผ่านการคัดเลือกมาตามลำดับ และกำหนดเป็นโครโมโซมพ่อแม่ (P1,P2) ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการคัดเลือกโครโมโซมสำหรับทำการครอสโอเวอร์เป็นดังตาราง 3.5 ซึ่งโครโมโซมที่มีค่าตัวเลขสุ่มน้อยกว่าค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ที่กำหนดจะถูกเลือกมาเพื่อทำการครอสโอเวอร์



รูปที่ 3.16 ขั้นตอนการคัดเลือกโครโมโซมเพื่อทำการครอสโอเวอร์

ตาราง 3.5 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการคัดเลือกโครโมโซมเพื่อทำการครอสโอเวอร์

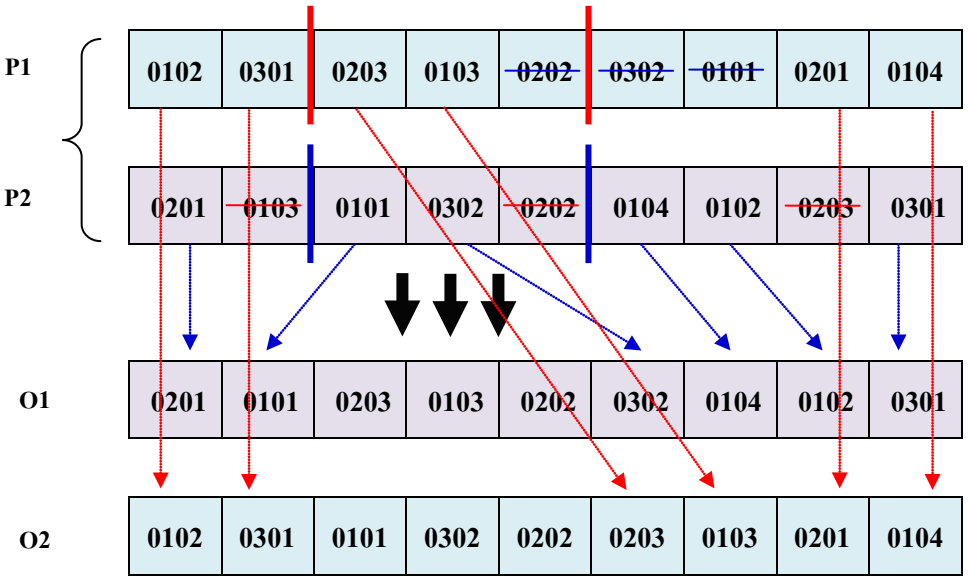
โครโมโซมชุดใหม่	ตัวเลขสุ่ม	เลือกโครโมโซมที่ตัวเลขสุ่ม < %Pc (0.8)
3	0.89	☒
1	0.41	☑
4	0.22	☑
4	0.64	☑
2	0.35	☑

หมายเหตุ สัญลักษณ์ ☒ ไม่ถูกเลือกเพื่อทำการครอสโอเวอร์
สัญลักษณ์ ☑ ถูกเลือกเพื่อทำการครอสโอเวอร์

จากตาราง 3.5 โครโมโซมที่ถูกเลือกเพื่อทำการครอสโอเวอร์ได้แก่ โครโมโซม 1, 4, 4 และ 2 ซึ่งจะนำโครโมโซมเหล่านี้มาจับคู่เพื่อทำการครอสโอเวอร์ตามลำดับ ดังนั้นโครโมโซมคู่แรกได้แก่ โครโมโซม 1 และโครโมโซม 4 คู่ที่สองได้แก่ โครโมโซม 4 และโครโมโซม 2 จากนั้นกำหนดเป็นโครโมโซมพ่อแม่ คือ P1 และ P2 เพื่อทำการครอสโอเวอร์ ดังนี้

โครโมโซม 1 ➦ P1 0102 0301 0203 0103 0202 0302 0101 0201 0104
โครโมโซม 4 ➥ P2 0201 0103 0101 0302 0202 0104 0102 0203 0301
โครโมโซม 4 ➦ P1 0201 0103 0101 0302 0202 0104 0102 0203 0301
โครโมโซม 2 ➥ P2 0203 0104 0103 0201 0302 0101 0301 0202 0102

นำโครโมโซมแต่ละคู่มาทำการครอสโอเวอร์ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.17 ซึ่งแสดงวิธีการครอสโอเวอร์แบบ Order Crossover โดยการเลือกตำแหน่งยีนย่อยอย่างสุ่มภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดมาสองตำแหน่งจากโครโมโซมพ่อแม่ตัวที่ 1 แล้วคัดลอกยีนที่อยู่ระหว่างสองตำแหน่งที่สุ่มได้นั้นไปยังโครโมโซมลูกเบื้องต้น (O1,O2) ในตำแหน่งเดียวกัน จากนั้นลบงานที่ปรากฏอยู่ในโครโมโซมลูกเบื้องต้นออกจากโครโมโซมพ่อแม่ตัวที่ 2 จากนั้นนำงานที่เหลือในโครโมโซมพ่อแม่ตัวที่ 2 มาใส่ในตำแหน่งที่ยังว่างของโครโมโซมลูกเบื้องต้นตัวนั้นตามลำดับจากซ้ายไปขวา จะได้โครโมโซมลูกเบื้องต้นมา 1 ตัว โครโมโซมลูกเบื้องต้นตัวที่ 2 จะได้จากวิธีการเดียวกันแต่สลับตำแหน่งกัน



รูปที่ 3.17 ตัวอย่างวิธีการครอสโอเวอร์แบบ Order Crossover (OX)

เมื่อทำการครอสโอเวอร์จนครบทุกคู่ก็จะได้โครโมโซมตัวใหม่ที่ผ่านการครอสโอเวอร์แล้ว ดังนี้

โครโมโซม 1* O1 0201 0101 0203 0103 0202 0302 0104 0102 0301

โครโมโซม 4* O2 0102 0301 0101 0302 0202 0203 0103 0201 0104

โครโมโซม 4* O3 0201 0103 0101 0302 0202 0104 0102 0203 0301

โครโมโซม 2* O4 0203 0104 0103 0201 0302 0101 0301 0202 0102

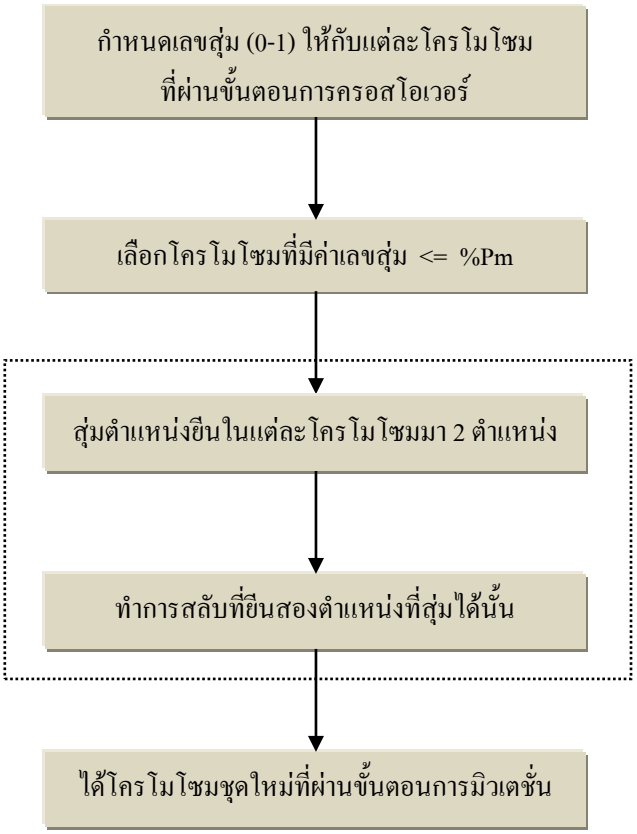
หมายเหตุ * โครโมโซมที่ผ่านการครอสโอเวอร์แล้ว

เมื่อได้โครโมโซมลูกเบื้องต้นที่ผ่านการครอสโอเวอร์ครบตามจำนวนโครโมโซมพ่อแม่แล้ว จะมีโครโมโซมรุ่นลูกเบื้องต้นเพียงบางส่วนเท่านั้นที่จะถูกคัดเลือกเพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป คือขั้นตอนการมิวเตชั่น

3.2.4 การมิวเตชั่น (Mutation)

เป็นขั้นตอนที่อาจช่วยให้โครโมโซมมีค่าความเหมาะสมดีขึ้นหลังจากการครอสโอเวอร์ การมิวเตชั่นทำได้โดยการสลับตำแหน่งของค่าภายในโครโมโซมตัวเดียว จะมีโครโมโซมเพียงบางส่วนเท่านั้นที่จะถูกนำมาทำการมิวเตชั่นซึ่งขึ้นอยู่กับค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น (%Pm) ในที่นี้กำหนดให้ค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นเท่ากับ 0.2 เป็นค่าเริ่มต้น ทำการมิวเตชั่นโดยใช้วิธีการมิวเตชั่นแบบ two-point swapping mutation เนื่องจากเป็นวิธีการมิวเตชั่นที่เหมาะสำหรับปัญหาที่มีรูปแบบโครโมโซมเป็นแบบลำดับงานหรือรูปแบบโครโมโซมที่ใช้ในการลำดับปัญหา ขั้นตอนการคัดเลือกโครโมโซมเพื่อทำการมิวเตชั่นเป็นดังรูปที่ 3.18 ซึ่งเริ่มต้นจากกำหนดเลขสุ่ม (0-1) ให้กับแต่ละโครโมโซมที่ผ่านขั้นตอนการครอสโอเวอร์ จากนั้นก็พิจารณาเลขสุ่มของโครโมโซมแต่ละตัวแล้วเลือกโครโมโซมที่มีค่าเลขสุ่ม

น้อยกว่าค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นที่กำหนดไว้ และทำการมิวเตชั่นโดยสุ่มตำแหน่งยีนในโครโมโซมที่ถูกเลือกมา 2 ตำแหน่งแล้วทำการสลับที่ตำแหน่งยีนที่สุ่มมาได้นั้น จะได้โครโมโซมตัวใหม่ที่ผ่านขั้นตอนการมิวเตชั่น ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการคัดเลือกโครโมโซมเพื่อทำการมิวเตชั่นเป็นดังตาราง 3.6 ซึ่งโครโมโซมที่มีค่าตัวเลขสุ่มน้อยกว่าค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นที่กำหนดจะถูกเลือกมาเพื่อทำการมิวเตชั่น



รูปที่ 3.18 ขั้นตอนการคัดเลือกโครโมโซมเพื่อทำการมิวเตชั่น

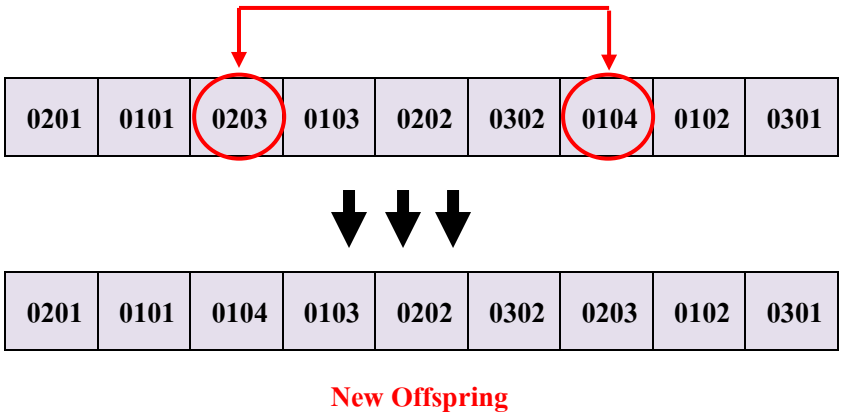
ตาราง 3.6 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการคัดเลือกโครโมโซมเพื่อทำการมิวเตชั่น

โครโมโซมลูกเบื้องต้น	**ตัวเลขสุ่ม**	**เลือกโครโมโซมที่ตัวเลขสุ่ม < %Pm (0.2)**
O1	0.07	☑
O2	0.34	☒
O3	0.62	☒
O4	0.91	☒

หมายเหตุ สัญลักษณ์ ☒ ไม่ถูกเลือกเพื่อทำการมิวเตชั่น

สัญลักษณ์ ☑ ถูกเลือกเพื่อทำการมิวเตชั่น

จากตาราง 3.6 พบว่าโครโมโซมลูกเบื้องต้น O1 ตัวแรกเท่านั้นที่มีโอกาสทำการมิวเตชั่นเนื่องจากมีค่าตัวเลขสุ่มต่ำกว่าค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นที่กำหนด ดังนั้นโครโมโซม O1 จึงถูกเลือกมาเพื่อทำการมิวเตชั่นโดยใช้วิธีการมิวเตชั่นแบบ two-point swapping mutation ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.19 ซึ่งแสดงวิธีการมิวเตชั่นโดยสุ่มตำแหน่งยีนในโครโมโซม มา 2 ตำแหน่ง และทำการสลับค่าของยีน 2 ตำแหน่งที่สุ่มมานั้น จะได้โครโมโซมตัวใหม่ (New Offspring) ที่ผ่านขั้นตอนการมิวเตชั่นแล้ว



รูปที่ 3.19 ตัวอย่างการมิวเตชั่นแบบ Two-point Swapping Mutation

โครโมโซม O1 ตัวใหม่ที่ผ่านการมิวเตชั่นแล้ว เป็นดังนี้

โครโมโซม 1* O1 0201 0101 0203 0103 0202 0302 0104 0102 0301

โครโมโซม 1** O1 0201 0101 0104 0103 0202 0302 0203 0102 0301

หมายเหตุ ** โครโมโซมที่ผ่านการมิวเตชั่นแล้ว

เปรียบเทียบรูปแบบโครโมโซมชุดเดิมที่ยังไม่ผ่านการครอสโอเวอร์ โครโมโซมชุดที่ผ่านการครอสโอเวอร์แล้ว และโครโมโซมชุดที่ผ่านการมิวเตชั่นแล้ว ได้ดังนี้

โครโมโซมชุดเดิม :

โครโมโซม 3 0301 0101 0103 0201 0104 0203 0302 0102 0202

โครโมโซม 1 0102 0301 0203 0103 0202 0302 0101 0201 0104

โครโมโซม 4 0201 0103 0101 0302 0202 0104 0102 0203 0301

โครโมโซม 4 0201 0103 0101 0302 0202 0104 0102 0203 0301

โครโมโซม 2 0203 0104 0103 0201 0302 0101 0301 0202 0102

โครโมโซมชุดที่ผ่านการครอสโอเวอร์ :

โครโมโซม 1* O1 0201 0101 0203 0103 0202 0302 0104 0102 0301

โครโมโซม 4* O2 0102 0301 0101 0302 0202 0203 0103 0201 0104

โครโมโซม 4* O3 0201 0103 0101 0302 0202 0104 0102 0203 0301

โครโมโซม 2* O4 0203 0104 0103 0201 0302 0101 0301 0202 0102

โครโมโซมชุดที่ผ่านการมิวเตชั่น

โครโมโซม 1** O1 0201 0101 0104 0103 0202 0302 0203 0102 0301

ดังนั้นชุดโครโมโซมรุ่นแรกที่ผ่านขั้นตอนการครอสโอเวอร์และมิวเตชั่นแล้ว เป็นดังนี้

โครโมโซม 3 0301 0101 0103 0201 0104 0203 0302 0102 0202

โครโมโซม 1** O1 0201 0101 0104 0103 0202 0302 0203 0102 0301

โครโมโซม 4* O2 0102 0301 0101 0302 0202 0203 0103 0201 0104

โครโมโซม 4* O3 0201 0103 0101 0302 0202 0104 0102 0203 0301

โครโมโซม 2* O4 0203 0104 0103 0201 0302 0101 0301 0202 0102

นำชุดโครโมโซมรุ่นแรกนี้เข้าสู่กระบวนการเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับสร้างชุดโครโมโซมรุ่นถัดไปเพื่อค้นหาโครโมโซมที่เหมาะสมที่สุดตามวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึม ไปเรื่อย ๆ จนครบตามจำนวนรุ่นที่กำหนดแล้วจึงหยุดการค้นหา

3.2.5 การหยุดการค้นหา

การหยุดการค้นหาเป็นขั้นตอนสุดท้ายของกลไกการทำงานของวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมซึ่งกลไกการทำงานของวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมจะเริ่มต้นจากการสุ่มจำนวนประชากรเบื้องต้นของคำตอบขึ้นมาโดยการกำหนดจำนวนประชากรในแต่ละรุ่นจะมีผลในการหาคำตอบที่น่าพึงพอใจที่สุด จากนั้นต้องกำหนดจำนวนรุ่นหรือจำนวนรอบในการค้นหาคำตอบว่าจะให้กลไกทำงานไปเรื่อย ๆ จนครบตามจำนวนรุ่นเท่ากับที่ต้องการซึ่งความมากน้อยของจำนวนรุ่นมีผลเหมือนกับค่าจำนวนประชากรเบื้องต้นในแต่ละรุ่น เมื่อโปรแกรมประมวลผลครบตามจำนวนรุ่นที่ต้องการแล้วก็จะได้คำตอบที่ดีที่สุดจากทั้งหมด และจะหยุดการค้นหาซึ่งถือเป็นอันเสร็จสิ้นการทำงานของกลไกเจเนติกอัลกอริทึม

3.2.6 การซ่อมแซมคำตอบ (Repairing)

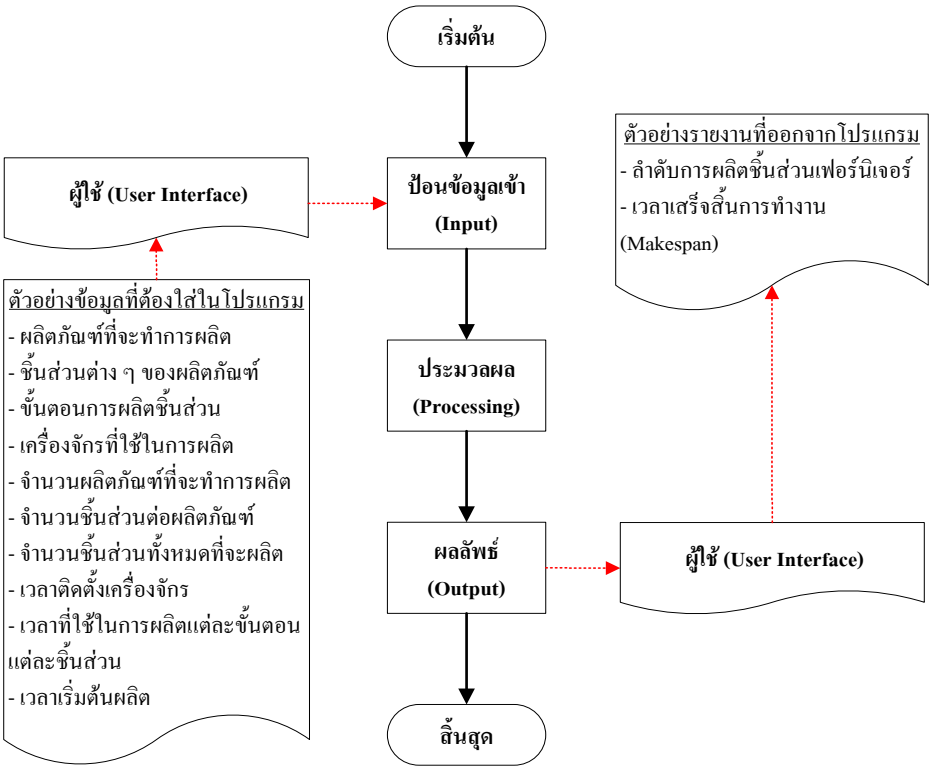
เนื่องจากคำตอบที่ได้จากการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา อาจได้คำตอบที่เป็นไปไม่ได้หรือได้คำตอบที่ไม่ตรงกับเงื่อนไขของปัญหา ดังนั้นจึงต้องมีขั้นตอนการซ่อมแซมคำตอบเพิ่มขึ้นมาเพื่อปรับปรุงหรือแปลงคำตอบที่ได้ให้เป็นคำตอบที่เป็นไปได้และเหมาะสมกับปัญหา โปรแกรมการซ่อมแซมคำตอบที่ออกแบบขึ้นในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคำตอบที่ได้ให้เป็นคำตอบที่เป็นไปได้สำหรับปัญหาการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราโดยการแปลงลำดับการผลิตชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ให้ตรงตามเงื่อนไข เนื่องจากการผลิตเฟอร์นิเจอร์มีเงื่อนไขที่สำคัญในการผลิตคือชิ้นส่วนที่เกิดจากการประกอบ จะสามารถประกอบได้ก็ต่อเมื่อชิ้นส่วนย่อยที่จะนำมาประกอบต้องผลิตเสร็จก่อน นั่นคือ โปรแกรมซ่อมแซมคำตอบจะต้องทำหน้าที่ตรวจสอบลำดับการผลิตชิ้นส่วนว่าลำดับเป็นไปได้หรือไม่ โดยจะประยุกต์ใช้โปรแกรมซ่อมแซมคำตอบในสองส่วนของวิธีการเจเนติก

อัลกอริทึม คือ หลังจากขั้นตอนการหาคำตอบเบื้องต้น และหลังจากขั้นตอนการมิวเตชั่น ซึ่งจะทำให้ได้คำตอบที่ตรงตามเงื่อนไขของปัญหานี้

หลักการที่ใช้ในการออกแบบโปรแกรมซ่อมแซมคำตอบคือ จะมีการระบุจำนวนชิ้นส่วนย่อยของชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์แต่ละชิ้นว่ามีชิ้นส่วนย่อยเท่าไร และประกอบด้วยชิ้นส่วนย่อยใดบ้าง โปรแกรมจะทำการตรวจสอบลำดับตำแหน่งของชิ้นส่วนหรือตำแหน่งยืนให้ลำดับของชิ้นส่วนที่จะนำไปประกอบมาก่อนหน้าชิ้นส่วนที่เกิดจากการประกอบนั้น ๆ โดยพิจารณาภายใต้ลำดับการผลิตเดิมที่ได้จากกระบวนการเจเนติกอัลกอริทึม

3.3 การออกแบบโปรแกรมการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

การออกแบบโปรแกรมการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Microsoft Visual C# 2005 ในการดำเนินการวิจัยและเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Microsoft Access 2007 โดยออกแบบการทำงานของโปรแกรม เป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ โปรแกรมส่วนป้อนข้อมูลเข้า โปรแกรมการประมวลผล และโปรแกรมแสดงผลลัพธ์ (รูปที่ 3.20)



รูปที่ 3.20 การทำงานของโปรแกรมรับข้อมูลป้อนเข้าสำหรับประมวลผล

3.3.1 โปรแกรมส่วนป้อนข้อมูลเข้า

จะเกี่ยวข้องกับการรับข้อมูลที่จำเป็นต่อการจัดลำดับการผลิต แบ่งเป็น โปรแกรมรับข้อมูลป้อนเข้าสำหรับประมวลผล และโปรแกรมรับข้อมูลป้อนเข้าสำหรับฐานข้อมูล

(1) โปรแกรมรับข้อมูลป้อนเข้าสำหรับประมวลผล

เป็นส่วนของโปรแกรมที่ทำหน้าที่รับข้อมูลที่จำเป็นสำหรับจัดลำดับการผลิต ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงทุกครั้งที่จะจัดลำดับการผลิต โดยโปรแกรมจะรับข้อมูลส่วนนี้เพื่อไปดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลมาทำการประมวลผล ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการประมวลผลนี้ แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

(1.1) *ข้อมูลด้านการจัดลำดับการผลิต*

ข้อมูลป้อนเข้าด้านการจัดลำดับการผลิตเป็นส่วนของการกำหนดข้อมูลที่จะทำการผลิต ได้แก่ ข้อมูลผลิตภัณฑ์ วันที่ และเวลาที่จะทำการผลิต ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงทุกครั้งในการดำเนินการโปรแกรม ข้อมูลส่วนนี้จะเป็นตัวบ่งชี้รายละเอียดของข้อมูลต่าง ๆ และจะทำการดึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากฐานข้อมูลมาทำการประมวลผล

- ชนิดผลิตภัณฑ์ เลือกผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิต
- วันที่เริ่มผลิต กำหนดวันที่จะเริ่มผลิต
- เวลาเริ่มผลิต กำหนดเวลาเริ่มต้นผลิต

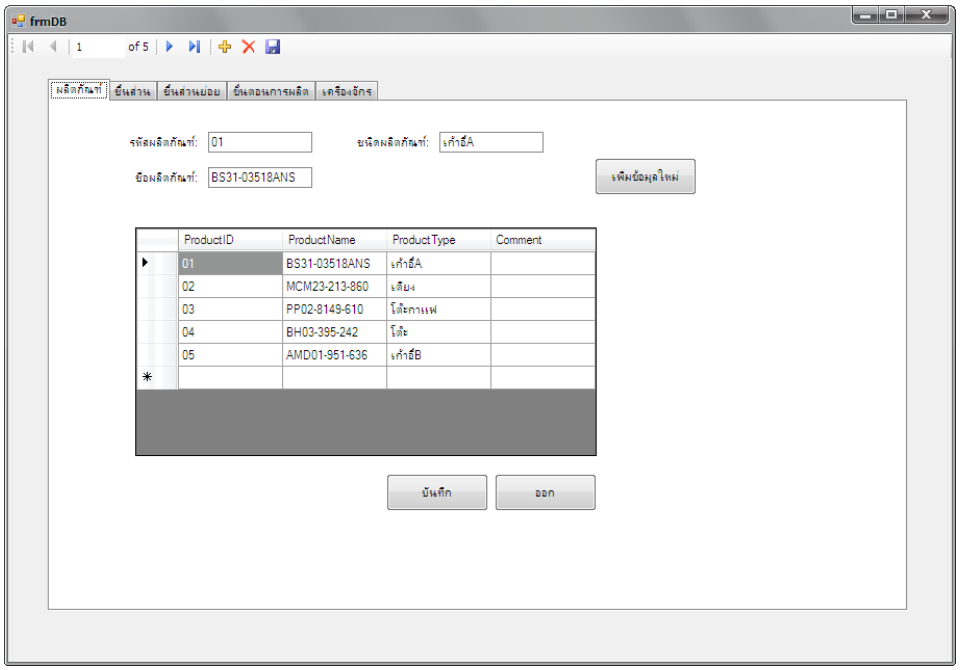
(1.2) โปรแกรมข้อมูลป้อนเข้าสำหรับฐานข้อมูล

เป็นส่วนของโปรแกรมที่รับข้อมูลที่จำเป็นทั้งหมดในการจัดลำดับการผลิตเพื่อเก็บไว้ในฐานข้อมูลสำหรับเรียกไปใช้ในการประมวลผลของโปรแกรม การจัดการข้อมูลในส่วนนี้ จะเป็นหน้าที่ของผู้วางแผนการผลิต เพราะต้องเป็นรายละเอียดต่าง ๆ ของข้อมูลที่จะใช้ในการจัดลำดับการผลิต ข้อมูลป้อนเข้าสำหรับฐานข้อมูลประกอบด้วยข้อมูลต่าง ๆ แสดงรายละเอียดดังตาราง 3.7

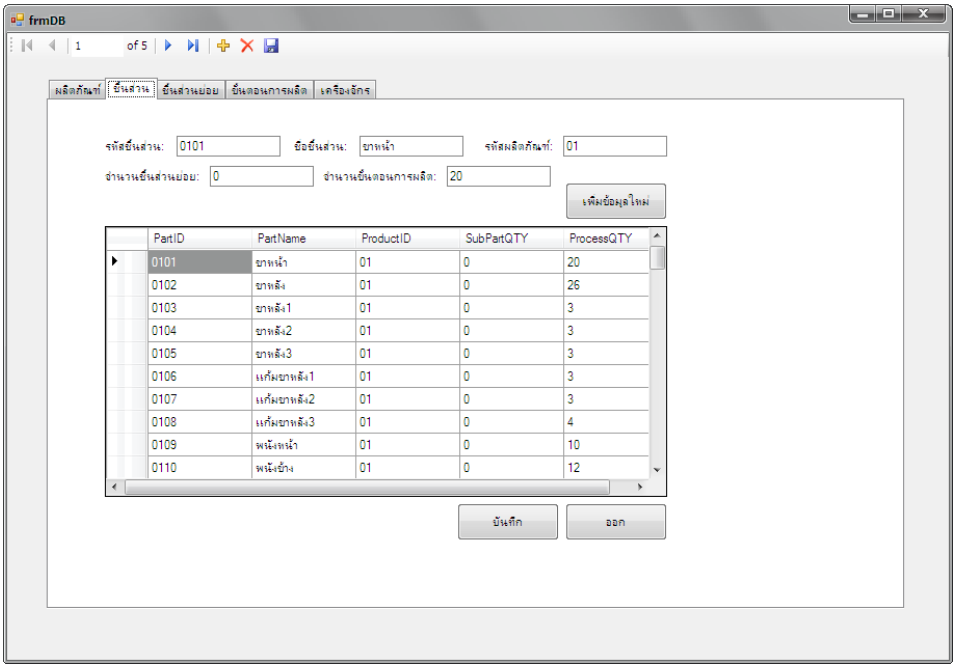
ตาราง 3.7 ข้อมูลป้อนเข้าสำหรับฐานข้อมูล

ข้อมูลป้อนเข้า	รายละเอียดข้อมูลป้อนเข้า
ข้อมูลผลิตภัณฑ์	รหัสผลิตภัณฑ์, ชื่อผลิตภัณฑ์, ประเภทผลิตภัณฑ์, จำนวนสั่งซื้อ, รหัสลูกค้า
ข้อมูลชิ้นส่วน	รหัสชิ้นส่วน, ชื่อชิ้นส่วน, จำนวนชิ้น/ผลิตภัณฑ์, จำนวนผลิต, หมายเหตุ
ข้อมูลขั้นตอนการผลิต	รหัสขั้นตอน, ชื่อขั้นตอน, เวลาในการปฏิบัติงาน, รหัสกลุ่มเครื่องจักร
ข้อมูลเครื่องจักร	รหัสกลุ่มเครื่องจักร, ชื่อกลุ่มเครื่องจักร, รหัสเครื่องจักร, ชื่อเครื่องจักร, เวลาการปรับตั้งเครื่องจักร

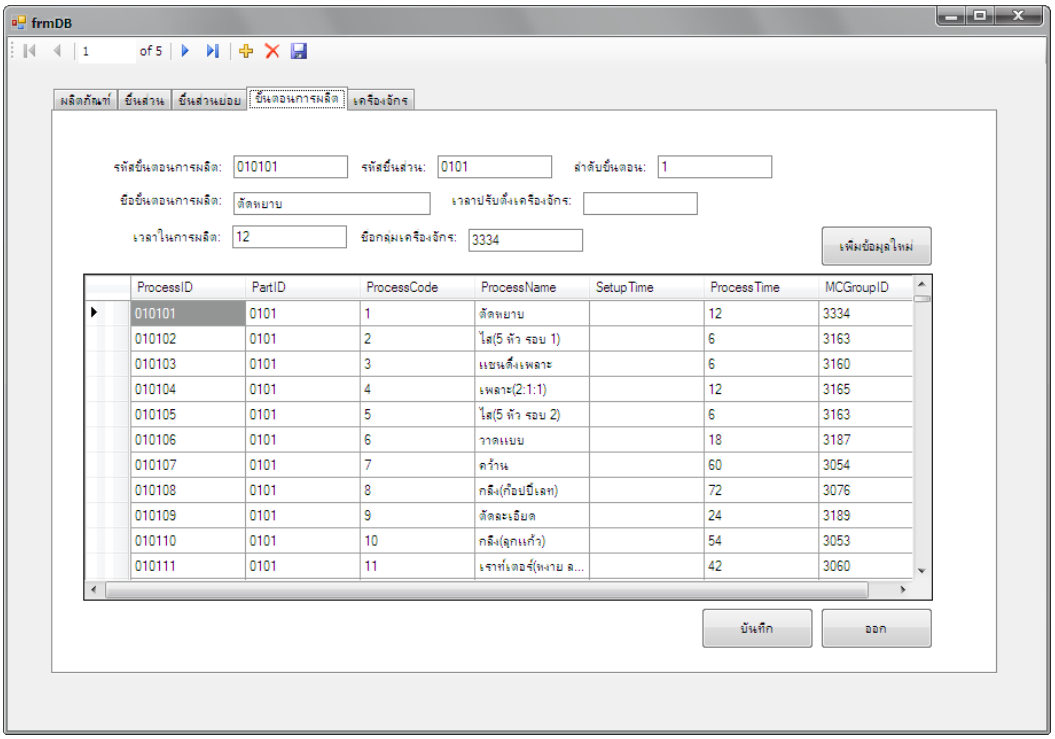
จากตาราง 3.7 แสดงข้อมูลป้อนเข้าสำหรับฐานข้อมูลซึ่งแสดงเป็นโปรแกรม 4 ส่วน คือ ส่วนข้อมูลผลิตภัณฑ์ ข้อมูลชิ้นส่วน ข้อมูลขั้นตอนการผลิต และข้อมูลเครื่องจักร ดังแสดงในรูปที่ 3.21, 3.22, 3.23 และ 3.24 ตามลำดับ



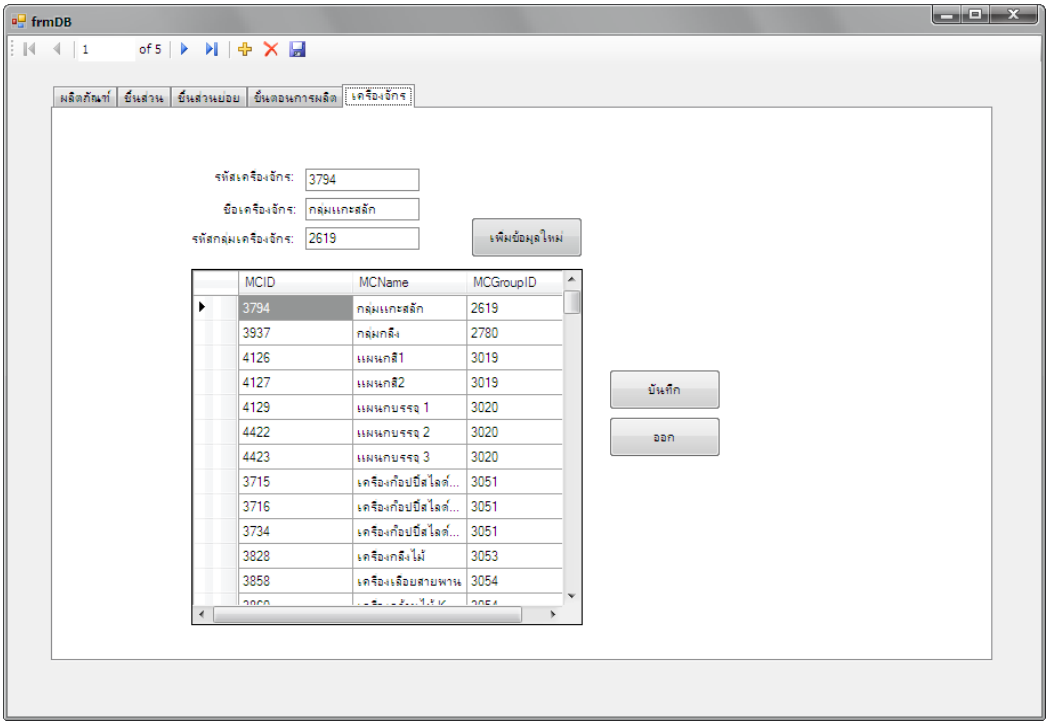
รูปที่ 3.21 ข้อมูลผลิตภัณฑ์ป้อนเข้าสำหรับฐานข้อมูล



รูปที่ 3.22 ข้อมูลชิ้นส่วนป้อนเข้าสำหรับฐานข้อมูล



รูปที่ 3.23 ข้อมูลขั้นตอนการผลิตป้อนเข้าสำหรับฐานข้อมูล



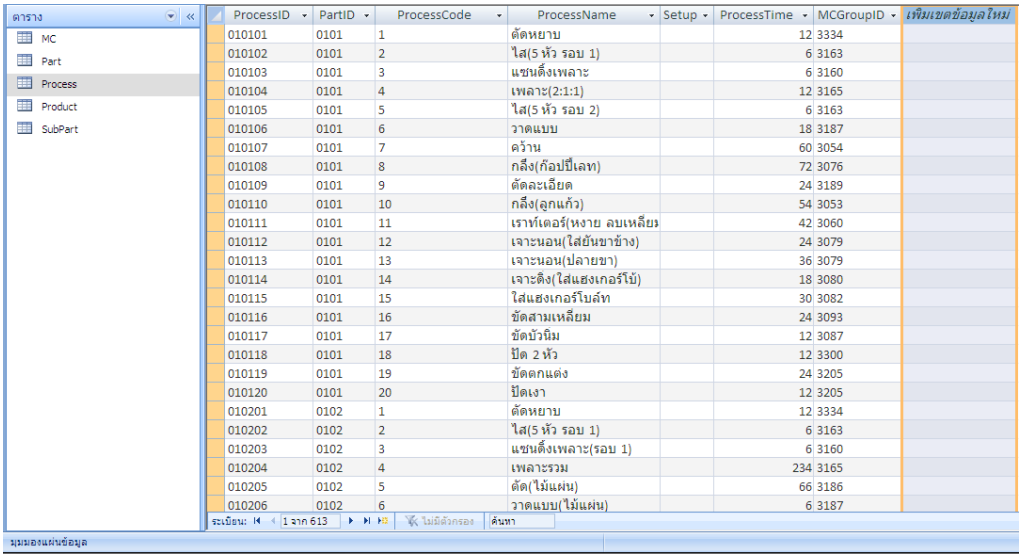
รูปที่ 3.24 ข้อมูลขั้นตอนการผลิตป้อนเข้าสำหรับฐานข้อมูล

(2) โปรแกรมการประมวลผล

ส่วนของการประมวลผลจะรับข้อมูลจากโปรแกรมรับข้อมูลป้อนเข้าสำหรับประมวลผล แล้วโปรแกรมการประมวลผลจะดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลมาประมวลผลตามวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึม โดยมีฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ คือ ค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุด ซึ่งคำนวณได้จากลำดับการผลิตจากการจัดงานเข้าเครื่องจักร

(3) โปรแกรมฐานข้อมูล

เป็นโปรแกรมที่เก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดเกี่ยวกับการจัดลำดับการผลิตไว้เป็นฐานข้อมูลเพื่อเรียกใช้สำหรับประมวลผล โปรแกรมฐานข้อมูลจะรับข้อมูลจากโปรแกรมรับข้อมูลป้อนเข้าสำหรับฐานข้อมูล และโปรแกรมการประมวลผลจะดึงข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้ไปใช้ในการประมวลผล โปรแกรมฐานข้อมูลนี้สร้างโดยโปรแกรม Microsoft Access 2007 ประกอบด้วยตารางสำหรับเก็บข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ ตารางผลิตภัณฑ์ ตารางชิ้นส่วน ตารางชิ้นส่วนย่อย ตารางขั้นตอนการผลิต และตารางเครื่องจักร ตัวอย่างโปรแกรมฐานข้อมูลแสดงได้ดังรูปที่ 3.25

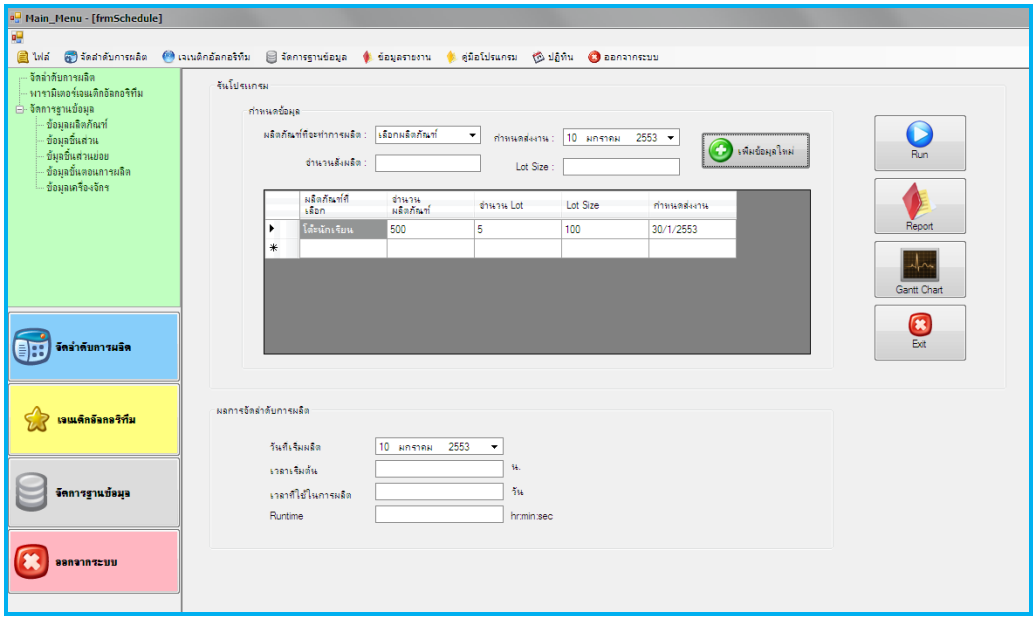


รูปที่ 3.25 ตัวอย่างโปรแกรมฐานข้อมูล

(4) โปรแกรมแสดงผลลัพธ์

ส่วนของการแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรมจะแสดงใน Spread Sheet ซึ่งมีรูปแบบตารางการผลิตหรือลำดับการจัดงานเข้าทำในแต่ละเครื่องจักรว่าเริ่มต้นผลิตเมื่อไร และผลิตเสร็จเมื่อไร นอกจากนั้นยังสามารถแสดงลำดับการผลิตชิ้นส่วนของเครื่องจักรแต่ละเครื่องในรูปแบบของ Gantt Chart ได้อีกด้วย ซึ่งลักษณะของหน้าจอโปรแกรมในส่วนนี้จะแสดงไว้ในบทที่ 4

ลักษณะของโปรแกรมจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราที่พัฒนาขึ้นแสดงได้ดังรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 ลักษณะโปรแกรมจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราที่พัฒนาขึ้น

จากรูปที่ 3.26 แสดงหน้าจอหลักของโปรแกรมวางแผนการผลิตซึ่งจะแสดงส่วนของโปรแกรมรับข้อมูลป้อนเข้าสำหรับประมวลผลจากผู้ใช้งานและส่วนของการประมวลผลตามวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด

บทที่ 4
ผลลัพธ์โปรแกรมการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราโดยประยุกต์ใช้วิธีการเจเนติกอัลกอริทึม จะทำให้ได้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปช่วยในการค้นหาลำดับการผลิตที่เหมาะสมที่ทำให้เวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุด ซึ่งเนื้อหาในส่วนของบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดสอบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นและการประเมินผลลัพธ์ที่ได้กับวิธีการเดิมของโรงงาน

4.1 ผลการทดสอบโปรแกรมการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราที่พัฒนาขึ้น

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราโดยนำวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาประยุกต์ใช้ในการหาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำที่สุด มีการทดสอบเพื่อประเมินผลการวิจัยที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นทำโดยใช้ตัวอย่างข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่จะจัดลำดับการผลิต 2 ผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ที่ 1 ประกอบด้วย 16 ชิ้นส่วน และผลิตภัณฑ์ที่ 2 ประกอบด้วย 19 ชิ้นส่วน รายละเอียดของข้อมูลชิ้นส่วน ขั้นตอนการผลิต เครื่องจักรที่ใช้ผลิต และเวลาในการผลิตแต่ละขั้นตอนของผลิตภัณฑ์ที่ 1 และผลิตภัณฑ์ที่ 2 แสดงดังตาราง 4.1 และตาราง 4.2 ตามลำดับ

ตาราง 4.1 รายละเอียดของข้อมูลตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ 1 (โต๊ะนักเรียน)

ชื่อชิ้นส่วน	รหัสชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาการผลิต (นาที)	รหัสกลุ่มเครื่องจักร
หน้าโต๊ะ	0101	เดินร่อง	0.5	03
		เจาะรู จำนวน 2 รู ตามแบบ	0.45	06
		ขัดคุมขนาด	0.5	10
		ลบเหลี่ยม	0.35	14
		พ่นรองพื้น1	0.3	17
		ขัดลูบผิว1	0.5	15
		พ่นรองพื้น2	0.3	17
		ขัดลูบผิว2	0.5	15
		พ่นทับหน้า1	0.3	17
		ขัดลูบผิด3	0.5	15
		เดินร่อง	0.5	03
		เจาะรู จำนวน 2 รู ตามแบบ	0.45	06
		ขัดคุมขนาด	0.5	10
		ลบเหลี่ยม	0.35	14

ตาราง 4.1 รายละเอียดของข้อมูลตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ 1 (โต๊ะนักเรียน) (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	รหัสชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาการผลิต (นาที)	รหัสกลุ่มเครื่องจักร
หน้าโต๊ะ	0101	พ่นรองพื้น1	0.3	17
		ขัดลูบผิว1	0.5	15
		พ่นรองพื้น2	0.3	17
		ขัดลูบผิว2	0.5	15
		พ่นทับหน้า1	0.3	17
		ขัดลูบผิว3	0.5	15
		พ่นทับหน้า2	0.3	17
		ประกอบสำเร็จ	0.7	16
แผ่นหน้า	0102	ขัดคุมขนาด	0.5	10
		ลบเหลี่ยม	0.35	14
		พ่นรองพื้น 2 ด้าน	0.45	17
		ขัดลูบผิวด้านนอก	0.5	15
		พ่นทับหน้า	0.3	17
		ประกอบกล่อง	0.7	16
แผ่นข้าง	0103	เจาะรู	0.45	06
		ขัดคุมขนาด	0.5	10
		ลบเหลี่ยม	0.35	14
		พ่นรองพื้น	0.3	17
		ขัดลูบผิวด้านนอก	0.5	15
		พ่นทับหน้า 1 ด้าน	0.45	17
		ประกอบกล่อง	0.7	16
พื้นโต๊ะ	0104	ขัดคุมขนาด	0.5	10
		ลบเหลี่ยม	0.3	14
		พ่นรองพื้น	0.45	17
		ประกอบกล่อง	0.5	16
ขาโต๊ะด้านซ้าย	0105	เจาะรูด้านหัว	0.2	05
		เจาะรูข้าง	0.2	06
		ขัดคุมขนาด	0.5	10
		ลบเหลี่ยม	0.35	14
		พ่นรองพื้น	0.3	17
		ขัดลูบผิว	0.5	15
		พ่นทับหน้า	0.45	17
		ประกอบเฟรม	0.5	16

ตาราง 4.1 รายละเอียดของข้อมูลตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ 1 (โต๊ะนักเรียน) (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	รหัสชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาการผลิต (นาที)	รหัสกลุ่มเครื่องจักร
ขาโต๊ะด้านขวา	0106	เจาะรูด้านหัว	0.2	05
		เจาะรูข้าง	0.2	06
		ขัดคุมขนาด	0.5	10
		ลบเหลี่ยม	0.35	14
		พ่นรองพื้น	0.3	17
		ขัดลูบผิว	0.5	15
		พ่นทับหน้า	0.45	17
		ประกอบเฟรม	0.5	16
พนังบน1	0107	เจาะรูหัว-ท้าย	0.3	05
		ขัดคุมขนาด	0.5	10
		ลบเหลี่ยม	0.3	14
		พ่นรองพื้น	0.45	17
		ขัดลูบผิว 2 ด้าน	0.7	15
		พ่นทับหน้า 2 ด้าน	0.45	17
		ประกอบเฟรม	0.5	16
พนังบน2	0108	เจาะรูหัว-ท้าย	0.3	05
		ขัดคุมขนาด	0.5	10
		ลบเหลี่ยม	0.3	14
		พ่นรองพื้น	0.45	17
		ขัดลูบผิว 2 ด้าน	0.7	15
		พ่นทับหน้า 2 ด้าน	0.45	17
		ประกอบเฟรม	0.5	16
พนังล่าง1	0109	เจาะรูหัว-ท้าย	0.3	05
		เจาะรูด้านบน	0.2	05
		ขัดคุมขนาด	0.5	10
		ลบเหลี่ยม	0.35	14
		พ่นรองพื้น	0.3	17
		ขัดลูบผิว 4 ด้าน	0.75	15
		พ่นทับหน้า 4 ด้าน	0.5	17
		ประกอบเฟรม	0.5	16
พนังล่าง2	0110	เจาะรูหัว-ท้าย	0.3	05
		เจาะรูด้านบน	0.2	05
		ขัดคุมขนาด	0.5	10
		ลบเหลี่ยม	0.35	14

ตาราง 4.1 รายละเอียดของข้อมูลตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ 1 (โต๊ะนักเรียน) (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	รหัสชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาการผลิต (นาที)	รหัสกลุ่มเครื่องจักร
พนังล่าง2	0110	พ่นรองพื้น	0.3	17
		ขัดลูบผิว 4 ด้าน	0.75	15
		พ่นทับหน้า 4 ด้าน	0.5	17
		ประกอบเฟรม	0.5	16
ยึดแผงขา	0111	เจาะรูหัว-ท้าย	0.3	05
		ขัดคุมขนาด	0.5	10
		ลบเหลี่ยม	0.35	14
		พ่นรองพื้น	0.35	17
		ขัดลูบผิว 4 ด้าน	0.45	15
		พ่นทับหน้า 4 ด้าน	0.5	17
		ประกอบเฟรม	0.5	16
แผงขาขวา (ประกอบเฟรม)	0112	ประกอบแผงขาขวา	1.75	16
แผงขาซ้าย (ประกอบเฟรม)	0113	ประกอบแผงขาซ้าย	1.75	16
ชุดกล่อง	0114	ประกอบชุดกล่อง	1	16
ชุดแผงขา (ประกอบเฟรม)	0115	ประกอบชุดแผงขา	1.2	16
โต๊ะสำเร็จ	0116	ประกอบโต๊ะ	2.5	16

ตาราง 4.2 รายละเอียดของข้อมูลตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ 2 (เก้าอี้นักเรียน)

ชื่อชิ้นส่วน	รหัสชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาการผลิต (นาที)	รหัสกลุ่มเครื่องจักร
ขาหน้า1	0201	เจาะรูด้านบน-ล่าง	0.4	05
		เจาะรูข้างด้านบน	0.2	06
		เจาะรูทะลุ	0.3	06
		ขัดคุมขนาด	0.5	10
		ลบเหลี่ยม	0.35	14
		พ่นรองพื้น	0.3	17
		ขัดลูบผิว 4 ด้าน	0.8	15
		พ่นทับหน้า 4 ด้าน	0.5	17
		ประกอบแผง	0.5	16

ตาราง 4.2 รายละเอียดของข้อมูลตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ 2 (เก้าอี้นักเรียน) (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	รหัสชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาการผลิต (นาที)	รหัสกลุ่มเครื่องจักร
ขาหน้า2	0202	เจาะรูด้านบน-ล่าง	0.4	05
		เจาะรูข้างด้านบน	0.2	06
		เจาะรูทะลุ	0.3	06
		ขัดคุมขนาด	0.5	10
		ลบเหลี่ยม	0.35	14
		พ่นรองพื้น	0.3	17
		ขัดลูบผิว 4 ด้าน	0.8	15
		พ่นทับหน้า 4 ด้าน	0.5	17
		ประกอบแผง	0.5	16
ขาหลัง1	0203	ขึ้นรูป	0.6	04
		เจาะรูด้านหน้า	0.2	05
		เจาะรูข้างด้านบน-ล่าง	0.4	05
		เจาะรูด้านบน-ล่างทะลุ	0.3	06
		ขัดคุมขนาด	0.5	10
		ขัดจี้	0.75	10
		พ่นรองพื้น	0.35	17
		ขัดลูบผิว 4 ด้าน	0.8	15
		พ่นทับหน้า 4 ด้าน	0.5	17
		ประกอบแผง	0.5	16
ขาหลัง2	0204	ขึ้นรูป	0.6	04
		เจาะรูด้านหน้า	0.2	05
		เจาะรูข้างด้านบน-ล่าง	0.4	05
		เจาะรูด้านบน-ล่างทะลุ	0.3	06
		ขัดคุมขนาด	0.5	10
		ขัดจี้	0.75	10
		พ่นรองพื้น	0.35	17
		ขัดลูบผิว 4 ด้าน	0.8	15
		พ่นทับหน้า 4 ด้าน	0.5	17
		ประกอบแผง	0.7	16
พนังบน1	0205	เจาะรูหัว-ท้าย	0.2	06
		เจาะรู	0.2	06
		ขัดคุมขนาด	0.6	10
		ลบเหลี่ยม	0.4	14

ตาราง 4.2 รายละเอียดของข้อมูลตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ 2 (เก้าอี้นักเรียน) (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	รหัสชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาการผลิต (นาที)	รหัสกลุ่มเครื่องจักร
พนังบน1	0205	พ่นรองพื้น	0.35	17
		ขัดลูบผิว 2 ด้าน	0.5	15
		พ่นทับหน้า 2 ด้าน	0.3	17
		ประกอบแผง	0.7	16
พนังบน2	0206	เจาะรูหัว-ท้าย	0.2	06
		เจาะรู	0.2	06
		ขัดคุมขนาด	0.6	10
		ลบเหลี่ยม	0.4	14
		พ่นรองพื้น	0.35	17
		ขัดลูบผิว 2 ด้าน	0.5	15
		พ่นทับหน้า 2 ด้าน	0.3	17
		ประกอบแผง	0.7	16
พนังล่าง1	0207	เจาะรูหัว-ท้าย	0.2	06
		เจาะรูข้าง	0.2	05
		ขัดคุมขนาด 3 ด้าน	0.5	10
		ลบเหลี่ยม	0.45	14
		พ่นรองพื้น	0.35	17
		ขัดลูบผิว 3 ด้าน	0.5	15
		พ่นทับหน้า 3 ด้าน	0.35	17
พนังล่าง1	0207	ประกอบแผง	0.7	16
พนังล่าง2	0208	เจาะรูหัว-ท้าย	0.2	06
		เจาะรูข้าง	0.2	05
		ขัดคุมขนาด 3 ด้าน	0.5	10
		ลบเหลี่ยม	0.45	14
		พ่นรองพื้น	0.35	17
		ขัดลูบผิว 3 ด้าน	0.5	15
		พ่นทับหน้า 3 ด้าน	0.35	17
		ประกอบแผง	0.7	16
ยึดแผงขา	0209	เจาะรู	0.2	06
		ขัดคุมขนาด	0.3	10
		ลบเหลี่ยม	0.4	14
		พ่นรองพื้น	0.2	17
		ขัดลูบผิว 3 ด้าน	0.4	15

ตาราง 4.2 รายละเอียดของข้อมูลตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ 2 (เก้าอี้นักเรียน) (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	รหัสชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาการผลิต (นาที)	รหัสกลุ่มเครื่องจักร
ยึดแผงขา	0209	พ่นทับหน้า 3 ด้าน	0.3	17
		ประกอบโครง	0.7	16
พื้นนั่ง	0210	ขัดคุมขนาด 2 ด้าน	0.5	10
		ลบเหลี่ยม	0.3	14
		พ่นรองพื้น 6 ด้าน	0.35	17
		ขัดลูบผิวด้านบน	0.2	15
		พ่นทับหน้า	0.35	17
		ประกอบโครง	0.7	16
พนักพิง	0211	เจาะรูหัว-ท้าย	0.2	05
		ขัดคุมขนาด	0.5	10
		ลบเหลี่ยม 4 มุม	0.4	14
		พ่นรองพื้น	0.35	17
พนักพิง	0211	ขัดลูบผิว 4 ด้าน	0.4	15
		พ่นทับหน้า 4 ด้าน	0.4	17
		ประกอบโครง	0.7	16
พนังหน้า	0212	เจาะรูหัว-ท้าย	0.2	05
		เจาะรู 2 ชั้น	0.2	06
		ขัดคุมขนาด	0.5	10
		ลบเหลี่ยม 4 มุม	0.4	14
		พ่นรองพื้น	0.35	17
		ขัดลูบผิว 3 ด้าน	0.3	15
		พ่นทับหน้า 3 ด้าน	0.5	17
		ประกอบโครง	0.7	16
พนังหลัง	0213	เจาะรูหัว-ท้าย	0.2	05
		เจาะรู 2 ชั้น	0.2	06
		ขัดคุมขนาด	0.5	10
		ลบเหลี่ยม 4 มุม	0.4	14
		พ่นรองพื้น	0.35	17
		ขัดลูบผิว 3 ด้าน	0.3	15
		พ่นทับหน้า 3 ด้าน	0.5	17
		ประกอบโครง	0.7	16
ยึดมุม	0214	ตัดเอียง	0.45	04
		เจาะรู 2 ชั้น	0.2	06

ตาราง 4.2 รายละเอียดของข้อมูลตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ 2 (เก้าอี้นักเรียน) (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	รหัสชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาการผลิต (นาที)	รหัสกลุ่มเครื่องจักร
ยึดมุม	0214	พ่นรองพื้น 6 ด้าน	0.3	17
		ประกอบโครง	0.7	16
แผงขาขวา	0215	ประกอบแผงขาขวา	0.65	16
แผงขาซ้าย	0216	ประกอบแผงขาซ้าย	0.65	16
โครง	0217	ประกอบโครงขา	0.5	16
ชุดโครงขา	0218	ประกอบชุดโครงขา	0.7	16
เก้าอี้สำเร็จ	0219	ประกอบเก้าอี้	1.2	16

จากตาราง 4.1 และ 4.2 แสดงรายละเอียดของข้อมูลผลิตภัณฑ์ตัวอย่างสำหรับจัดลำดับการผลิตซึ่งประกอบด้วย ชื่อชิ้นส่วน รหัสชิ้นส่วน ขั้นตอนการผลิต เวลาในการผลิต และกลุ่มเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต สำหรับการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารานั้นจะมีชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์บางชิ้นส่วนที่มีเงื่อนไขในการผลิต คือต้องผลิตชิ้นส่วนย่อยให้เสร็จก่อนจึงจะสามารถผลิตชิ้นส่วนนั้น ๆ ได้ ชิ้นส่วนที่มีเงื่อนไขในการผลิตหรือชิ้นส่วนที่มีชิ้นส่วนย่อยแสดงได้ดังตาราง 4.3

ตาราง 4.3 ข้อมูลชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ที่มีชิ้นส่วนย่อย

รหัสชิ้นส่วน	รหัสชิ้นส่วนย่อย					
	1	2	3	4	5	6
0112	0105	0107	0109	-	-	-
0113	0106	0108	0110	-	-	-
0114	0102	0103	0104	-	-	-
0115	0111	0112	0113	0114	-	-
0116	0101	0115	-	-	-	-
0215	0201	0203	0205	0207	-	-
0216	0202	0204	0206	0208	-	-
0217	0209	0211	0212	0213	0215	0216
0218	0214	0217	-	-	-	-
0219	0210	0218	-	-	-	-

จากตาราง 4.3 แสดงรหัสข้อมูลชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ที่มีชิ้นส่วนย่อยซึ่งระบุข้อมูลชิ้นส่วนต่าง ๆ ว่าประกอบด้วยชิ้นส่วนย่อยใดบ้าง ตัวอย่างเช่น ชิ้นส่วน 0112 มีชิ้นส่วนย่อย 3 ชิ้นส่วนคือชิ้นส่วนที่มีรหัส 0105 0107 และ 0109 ดังนั้นจะต้องผลิตชิ้นส่วนย่อยดังกล่าวให้เสร็จก่อนจึงจะสามารถผลิตชิ้นส่วน 0112 ได้ เป็นต้น สำหรับข้อมูลเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่จะจัดลำดับการผลิตโดยแยกตามกลุ่มเครื่องจักรแสดงดังตาราง 4.4

ตาราง 4.4 ข้อมูลเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต

รหัสกลุ่มเครื่องจักร	รหัสเครื่องจักร	ชื่อเครื่องจักร
01	AA	เครื่องเลื่อยวงเดือน
	AB	เครื่องเลื่อยสายพาน
02	BA	เครื่องตัดขนาดหัวท้าย (Double End)
03	CA	เครื่องเซาะร่อง (Router)
	CB	เครื่องซอย-บากร่อง
04	DA	เครื่องขึ้นรูปเพลาตั้ง
	DB	เครื่องขึ้นรูป (NC)
05	EA	เครื่องเจาะแนวนอน
06	FA	เครื่องเจาะแนวตั้ง
07	GA	เครื่องเจาะชนิดพิเศษ
08	HA	เครื่องไสหน้าเดียว
09	IA	เครื่องขัดขอบ (Profile)
10	JA	เครื่องขัดขนาดหน้ากว้าง (W/B)
	JB	เครื่องขัด MAKITA
	JC	เครื่องขัดจี้
11	KA	เครื่องขัดร่อง (เครื่องเจาะดัดแปลง)
12	LA	เครื่องขัดสามเหลี่ยม
13	MA	เครื่องขัดแปรง
14	NA	เครื่องขัดฟองน้ำแนวตั้ง 1 หัว
	NB	เครื่องขัดฟองน้ำแนวนอน 2 หัว
15	OA	เครื่องขัดลูบ TOP
16	PA	ประกอบ Pneumatic แผงนอน
	PB	ประกอบด้วยคน
17	QB	บู๊ชพ่นสี2
18	RA	บรรจุด้วยคน

จากตัวอย่างข้อมูลผลิตภัณฑ์ ชิ้นส่วน ชิ้นส่วนย่อย ขั้นตอนการผลิต เวลาในการผลิต และข้อมูลเครื่องจักรต่าง ๆ นำข้อมูลดังกล่าวไปใช้สำหรับดำเนินการทดสอบโปรแกรมที่สร้างขึ้นโดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ของเจเนติกอัลกอริทึมใหม่ให้กับโปรแกรมเป็นดังนี้

- Population Size = 5
- Crossover Method = Order Crossover (OX)
- Probability of Crossover (%Pc) = 0.8
- Mutation Method = Two-Point Swapping Mutation
- Probability of Mutation (%Pm) = 0.2
- Number of Generation = 10

การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราจะมีผลต่อคำตอบที่ได้และเวลาในการประมวลผลของโปรแกรมซึ่งในที่นี้กำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับประมวลผลโปรแกรมไว้ดังข้อมูลข้างต้นเพื่อทดสอบหาคำตอบจากข้อมูลตัวอย่าง โดยกำหนดรายละเอียดข้อมูลสำหรับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราคือผลิตเฟอร์นิเจอร์ 2 ผลิตภัณฑ์ จำนวนผลิตผลิตภัณฑ์ละ 100 ชิ้นต่อผลิตภัณฑ์ และกำหนดหน่วยการผลิต (Lot Size) เท่ากับ 50 ชิ้น ทำการประมวลผลตามวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมและแสดงผลออกมาในแผ่นงาน Spread Sheet ซึ่งผลที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลตัวอย่างข้างต้นพบว่าโปรแกรมสามารถค้นหาลำดับการผลิตที่ทำให้เวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 49800 วินาที หรือ 13 ชั่วโมง 50 นาที และใช้เวลาในการประมวลผลโปรแกรม 1 ชั่วโมง 50 นาที แสดงผลออกมาเป็นลำดับการผลิตชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์โดยแสดงผลในแผ่นงาน Spread Sheet รายละเอียดข้อมูลลำดับการผลิตชิ้นส่วนที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรมในแผ่นงาน Spread Sheet จะแสดงไว้ในภาคผนวก ก อย่างไรก็ตามตัวอย่างการแสดงผลลัพธ์ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.1

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Part ID	Part Name	Product Name	Process Name	MC ID	MC Name	Start Time	End Time
2	0212	พนังหน้า	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรูหัว-ท้าย	EA	เครื่องเจาะแนวนอน	0	1200
3	0207	พนังล่าง1	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรูหัว-ท้าย	FA	เครื่องเจาะแนวตั้ง	0	1200
4	0103	แผ่นข้าง	โต๊ะนักเรียน	เจาะรู	FA	เครื่องเจาะแนวตั้ง	1200	2700
5	0104	พื้นโต๊ะ	โต๊ะนักเรียน	ขัดคุมขนาด	JA	เครื่องขัดขนาดหน้ากว้าง (W/B)	0	1500
6	0106	ขาโต๊ะด้านขวา	โต๊ะนักเรียน	เจาะรูด้านหัว	EA	เครื่องเจาะแนวนอน	1200	1800
7	0211	พนักพิง	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรูหัว-ท้าย	EA	เครื่องเจาะแนวนอน	1800	3000
8	0110	พนังล่าง2	โต๊ะนักเรียน	เจาะรูหัว-ท้าย	EA	เครื่องเจาะแนวนอน	3000	3900
9	0105	ขาโต๊ะด้านซ้าย	โต๊ะนักเรียน	เจาะรูด้านหัว	EA	เครื่องเจาะแนวนอน	3900	4500
10	0214	ยึดมุม	เก้าอี้นักเรียน	ตัดเอียง	DB	เครื่องขึ้นรูปเพลาตั้ง	0	1500
11	0102	แผ่นหน้า	โต๊ะนักเรียน	ขัดคุมขนาด	JB	เครื่องขัด MAKITA	0	1500
12	0114	ชุดกล่อง	โต๊ะนักเรียน	ประกอบชุดกล่อง	PA	ประกอบ 1614eumatic แผงนอน	0	3000
13	0209	ยึดแผงขา	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรู	FA	เครื่องเจาะแนวตั้ง	2700	3300
14	0101	หน้าโต๊ะ	โต๊ะนักเรียน	เดินร่อง	CA	เครื่องเซาะร่อง Router	0	1500
15	0204	ขาหลัง2	เก้าอี้นักเรียน	ขึ้นรูป	DA	เครื่องขึ้นรูป NC	0	1800
16	0201	ขาหน้า1	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรูด้านบน-ล่าง	EA	เครื่องเจาะแนวนอน	4500	5700
17	0107	พนังบน1	โต๊ะนักเรียน	เจาะรูหัว-ท้าย	EA	เครื่องเจาะแนวนอน	5700	6600
18	0108	พนังบน2	โต๊ะนักเรียน	เจาะรูหัว-ท้าย	EA	เครื่องเจาะแนวนอน	6600	7500
19	0113	แผงขาซ้าย (ประกอบเฟรม)	โต๊ะนักเรียน	ประกอบแผงขาซ้าย	PB	ประกอบด้วยคน	0	5400
20	0205	พนังบน1	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรูหัว-ท้าย	FA	เครื่องเจาะแนวตั้ง	3300	4500
21	0206	พนังบน2	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรูหัว-ท้าย	FA	เครื่องเจาะแนวตั้ง	4500	5700
22	0109	พนังล่าง1	โต๊ะนักเรียน	เจาะรูหัว-ท้าย	EA	เครื่องเจาะแนวนอน	7500	8400
23	0112	แผงขาขวา (ประกอบเฟรม)	โต๊ะนักเรียน	ประกอบแผงขาขวา	PA	ประกอบ 1614eumatic แผงนอน	3000	8400
24	0111	ยึดแผงขา	โต๊ะนักเรียน	เจาะรูหัว-ท้าย	EA	เครื่องเจาะแนวนอน	8400	9300
25	0115	ชุดแผงขา (ประกอบเฟรม)	โต๊ะนักเรียน	ประกอบชุดแผงขา	PB	ประกอบด้วยคน	5400	9000
26	0116	โต๊ะสำเร็จ	โต๊ะนักเรียน	ประกอบสำเร็จเป็นโต๊ะ	PA	ประกอบ 1614eumatic แผงนอน	8400	15900
27	0213	พนังหลัง	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรูหัว-ท้าย	EA	เครื่องเจาะแนวนอน	9300	10500

Part Report | Product Report | Process Report | MC Report

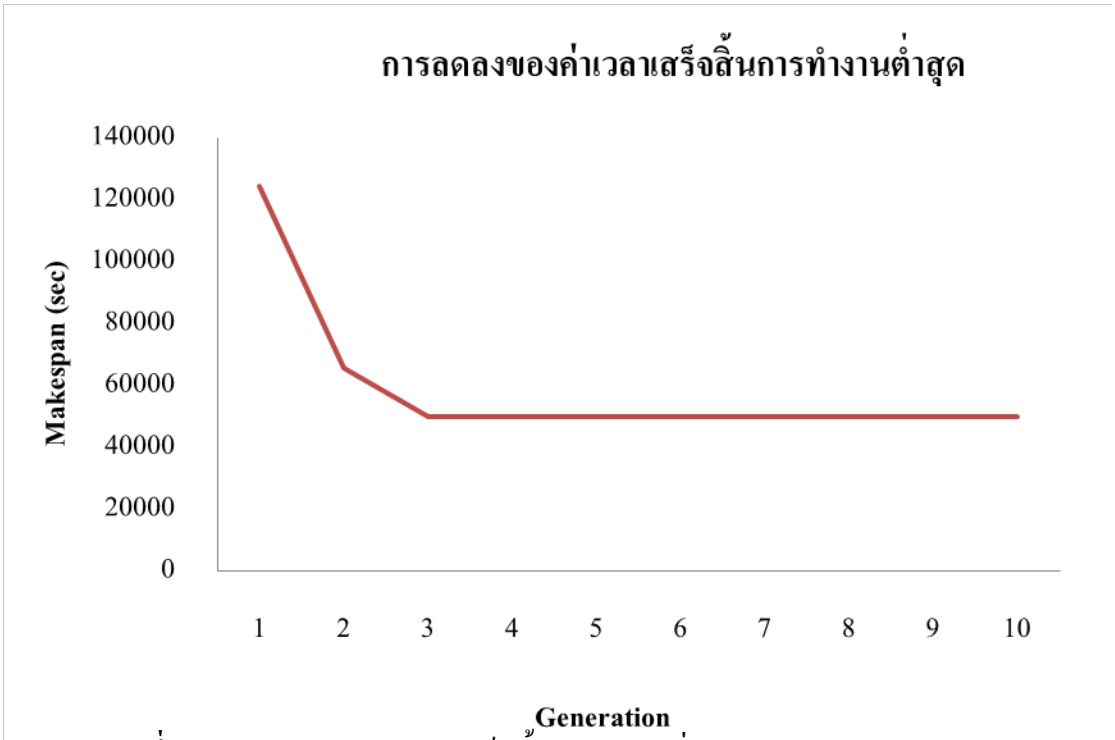
รูปที่ 4.1 ลำดับการผลิตชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ที่ได้จากโปรแกรม

สำหรับการคำนวณค่าฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์หรือค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดที่โปรแกรมประมวลผลได้ทำตามวิธีการเจเนติกอัลกอริทึม โปรแกรมจะคำนวณค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานของแต่ละโครโมโซมแต่ละเจเนอเรชั่น ซึ่งในแต่ละเจเนอเรชั่นก็จะมีค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดโปรแกรมจะเก็บค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดจากจำนวนเจเนอร์เรชั่นที่กำหนดเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูลนั้น ๆ ซึ่งในที่นี้กำหนดให้จำนวนเจเนอเรชั่นเท่ากับ 10 รายละเอียดของข้อมูลค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรมเป็นดังตาราง 4.5

ตาราง 4.5 ข้อมูลเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม (วินาที)

Initial	**Generation**									
	2	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	
128550	128550	49800	51900	54900	49800	49800	49800	49800	49800	
129300	65400	72750	72750	49800	49800	49800	49800	49800	49800	
124200	72750	72750	49800	51900	49800	49800	49800	49800	49800	
126900	128700	50100	59400	49800	49800	49800	49800	49800	49800	
128700	129300	65400	49800	49800	51900	49800	49800	49800	49800	
124200	**65400**	**49800**	**49800**	**49800**	**49800**	**49800**	**49800**	**49800**	**49800**	**Min**

จากตาราง 4.5 เมื่อพิจารณาค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดในแต่ละเจเนอเรชั่นพบว่าค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานของแต่ละโครโมโซมจะมีทั้งค่าที่สูงและค่าที่ต่ำซึ่งขึ้นอยู่กับลำดับของยีนในโครโมโซมแต่ละตัวที่โปรแกรมประมวลผลมาได้ เมื่อพิจารณาค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดของแต่ละเจเนอร์เรชั่นพบว่า ในรอบโครโมโซมเริ่มต้นหรือ Initial ซึ่งโครโมโซมยังไม่ผ่านกระบวนการเจเนติกอัลกอริทึมนั้นค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดจะมีค่ามากที่สุดคือ 124,200 วินาที หรือ 34 ชั่วโมง 30 นาที เมื่อพิจารณาเจเนอเรชั่นถัดมาพบว่าค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดจะมีค่าลดลงเรื่อย ๆ และลดลงคงที่ ณ ค่าหนึ่งซึ่งแสดงได้ดังกราฟในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การลดลงของค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุด ณ Generation ต่าง ๆ

จากรูปที่ 4.2 คือกราฟแสดงการลดลงของค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดซึ่งจะมีค่าลดลง และลดลงคงที่ ณ ค่าหนึ่ง นั่นหมายถึงโปรแกรมประมวลผลพบคำตอบที่เหมาะสมที่สุดแล้ว จากผลในตารางค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดจะเริ่มคงที่ ณ เจเนอเรชั่นที่ 3 ซึ่งคงที่ที่ค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุด 49,800 วินาที หรือ 13 ชั่วโมง 50 นาที และในเจเนอเรชั่นที่ 10 ก็ยังคงที่ 13 ชั่วโมง 50 นาที ซึ่งเป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูลตัวอย่างนี้

จากการทดสอบโปรแกรมเพื่อประเมินผลโปรแกรมตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยโดย ใช้ตัวอย่างข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่จะจัดลำดับการผลิต 2 ผลิตภัณฑ์ซึ่งมีรายละเอียดดังที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น พบว่าโปรแกรมสามารถประมวลผลตามวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมได้ผลการทดสอบออกมาเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ผลการคำนวณเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดของลำดับการผลิตที่โปรแกรมสุ่มได้ก่อนเข้าสู่กระบวนการเจเนติกอัลกอริทึมมีค่าเท่ากับ 34 ชั่วโมง 30 นาที เมื่อผ่านกระบวนการเจเนติกอัลกอริทึมพบว่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดที่โปรแกรมประมวลผลได้ลดลงมีค่าเท่ากับ 13 ชั่วโมง 50 นาที หรือลดลง 20 ชั่วโมง 40 นาที หรือคิดเป็น 59.47% ซึ่งจะเห็นได้ว่ากระบวนการเจเนติกอัลกอริทึมจะช่วยให้เวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดมีค่าลดลงมากเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานที่ยังไม่ผ่านกระบวนการเจเนติกอัลกอริทึม แต่ใช้เวลาในการประมวลผล 1 ชั่วโมง 50 นาที ซึ่งเป็นข้อเสียของโปรแกรมที่ใช้เวลานานในการประมวลผลโดยอาจมีการปรับปรุงเพื่อให้โปรแกรมมีความรวดเร็วในการประมวลผลต่อไป

4.2 การทดสอบความถูกต้อง (Validation)

เป็นการทดสอบโปรแกรมที่สร้างขึ้นว่ามีเงื่อนไขและข้อมูลตรงตามสิ่งที่ต้องการหรือไม่ ในส่วนของการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้จะทำการทดสอบด้วยมือกับตัวอย่างข้อมูลที่มีขนาดเล็กเพื่อความง่ายและสะดวกต่อการประมวลผลและการตรวจสอบความถูกต้อง โดยข้อมูลที่ใช้สำหรับการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมมีดังนี้

(1) ทดสอบกับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 1 ชนิด ประกอบด้วยชิ้นส่วน 16 ชิ้น

(2) แต่ละชิ้นส่วนมีลำดับขั้นตอนการผลิตที่แตกต่างกัน

(3) ชิ้นส่วนบางชิ้นมีเงื่อนไขก่อนหลังในการผลิต หมายความว่า จะทำการผลิตชิ้นส่วนใด ๆ ได้ก็ต่อเมื่อชิ้นส่วนย่อยของชิ้นส่วนนั้นผลิตเสร็จแล้ว ตัวอย่างเช่น ชิ้นส่วนชุดแผงขามีชิ้นส่วนย่อย คือ ชิ้นส่วนแผงขาขวา แผงขาซ้าย และชุดกล่อง ดังนั้นในการผลิตชุดแผงขา จะต้องผลิตชิ้นส่วนแผงขาขวา แผงขาซ้าย และชุดกล่องให้เสร็จก่อน เป็นต้น

การทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมจะแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ การตรวจสอบเงื่อนไขการผลิตก่อนหลังของชิ้นส่วน การตรวจสอบเงื่อนไขการจัดชิ้นส่วนเข้าเครื่องจักร และการทดสอบการคำนวณเวลาเสร็จสิ้นการทำงานหรือค่า Makespan

4.2.1 การตรวจสอบเงื่อนไขการผลิตก่อนหลังของชิ้นส่วน

ในส่วนนี้จะทำการประมวลผลโปรแกรมเพื่อตรวจสอบเงื่อนไขการผลิตก่อนหลังของชิ้นส่วน จากการประมวลผลโปรแกรมพบว่าโครโมโซมหรือลำดับชิ้นส่วนตัวอย่างที่โปรแกรมประมวลผลได้เป็นดังนี้

0103	0101	0109	0104	0108	0102	0107	0111	0110	0105	0106	0114	0113	0112	0115	0116

ทำการตรวจสอบลำดับการผลิตก่อนหลังของชิ้นส่วนตามเงื่อนไขของชิ้นส่วนที่มีชิ้นส่วนย่อยในตาราง 4.2 ซึ่งมีชิ้นส่วนที่ต้องตรวจสอบชิ้นส่วนย่อยจำนวน 5 ชิ้นส่วน ได้แก่ชิ้นส่วน 0112 0113 0114 0115 และชิ้นส่วน 0116 ตัวอย่างเช่น จากตาราง 4.2 พบว่าชิ้นส่วน 0112 มีชิ้นส่วนย่อยคือ 0105 0107 และ 0109 ดังนั้นลำดับชิ้นส่วนที่โปรแกรมประมวลผลได้จะต้องมีลำดับชิ้นส่วนย่อยดังกล่าวมาก่อนลำดับชิ้นส่วน 0112 ซึ่งจากโครโมโซมหรือลำดับชิ้นส่วนที่โปรแกรมประมวลผลได้พบว่าเป็นไปตามเงื่อนไขที่ต้องการคือลำดับชิ้นส่วน 0105 0107 และ 0109 มาก่อนลำดับ 0112 เป็นต้น ชิ้นส่วนอื่น ๆ ก็สามารถพิจารณาได้เช่นเดียวกันนี้ ซึ่งจากการตรวจสอบลำดับชิ้นส่วนที่มีชิ้นส่วนย่อยในโครโมโซมที่โปรแกรมประมวลผลได้ดังกล่าวพบว่าทุกชิ้นส่วนมีลำดับเป็นไปตามเงื่อนไขการผลิตก่อนหลัง ดังนั้นจึงถือได้ว่าโปรแกรมสามารถประมวลผลได้ถูกต้องตามเงื่อนไขที่ต้องการ

4.2.2 การตรวจสอบเงื่อนไขการจัดชิ้นส่วนเข้าเครื่องจักร

ในส่วนนี้จะใช้ตัวอย่างโครโมโซมเดียวกับข้อ 4.2.1 มาทำการคำนวณด้วยมือโดยนำชิ้นส่วนแต่ละชิ้นส่วนในโครโมโซมมาจัดเข้าเครื่องจักรโดยพิจารณาขั้นตอนการผลิตเป็นหลัก ดังนี้

(1) พิจารณาลำดับขั้นตอนการผลิตที่ i เมื่อ i = 1, 2, 3, …, max process

(2) พิจารณาชิ้นส่วนที่ j ในโครโมโซมตามลำดับ เมื่อ j = 1, 2, 3, …, max gene

(3) จัดชิ้นส่วน j เข้าเครื่องจักรที่ว่างและกรณีที่ไม่มีเครื่องจักรว่างให้จัดเข้าเครื่องจักรที่มีเวลาเสร็จงานก่อนหน้าต่ำสุด

(4) สามารถจัดชิ้นส่วน j เข้าเครื่องจักรได้ก็ต่อเมื่อชิ้นส่วน j ผ่านขั้นตอนการผลิตก่อนหน้ามาแล้ว

(5) เวลาเริ่มต้นผลิตชิ้นส่วน j พิจารณาได้จากเวลาที่เครื่องจักรว่างหรือเวลาที่เครื่องจักรเสร็จงานก่อนหน้าต่ำสุด

(6) เวลาผลิตเสร็จพิจารณาได้จากเวลาเริ่มต้นผลิตบวกด้วยเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนนั้น ๆ

(7) พิจารณาลำดับชิ้นส่วนที่ j ถัดไปในข้อ (2) ให้ทำข้อ (3) ถึงข้อ (6) จนครบทุกชิ้นส่วน

(8) พิจารณาลำดับขั้นตอนการผลิตที่ i ถัดไปในข้อ (1) ให้ทำข้อ (2) ถึงข้อ (7) จนครบทุกขั้นตอนการผลิต

ยกตัวอย่างโครโมโซมสำหรับอธิบายการจัดชิ้นส่วนเข้าเครื่องจักร ดังนี้

0103	0101	0102

จากตัวอย่างโครโมโซมสามารถจัดชิ้นส่วนในโครโมโซมเข้าเครื่องจักรตามขั้นตอนที่ได้อธิบายไปข้างต้นมีรายละเอียดขั้นตอนการคำนวณ ดังนี้

(1) พิจารณาขั้นตอนการผลิตลำดับที่ 1

(2) พิจารณาชิ้นส่วนที่ 1 คือ 0103

(3) สมมติ ชิ้นส่วน 0103 ใช้เครื่องจักร A ในการผลิตซึ่งเริ่มต้นพบว่าเครื่องจักร A ยังไม่ได้ผลิตชิ้นส่วนใด เครื่องจักรจึงว่างอยู่

(4) ชิ้นส่วน 0103 ผลิตขั้นตอนแรกจึงไม่ต้องพิจารณาขั้นตอนการผลิตก่อนหน้า

(5) เวลาเริ่มต้นผลิตชิ้นส่วน 0103 คือเริ่มต้นผลิตวินาทีที่ 0 เพราะเครื่องจักรว่าง

(6) สมมติชิ้นส่วน 0103 ใช้เวลาในการผลิตขั้นตอนนี้ 20 วินาที เวลาผลิตชิ้นส่วน 0103 เสร็จ จึงคำนวณได้จาก 0 + 20 = 20 ดังนั้นเวลาผลิตเสร็จคือวินาทีที่ 20

(7) ชิ้นส่วนลำดับถัดไป คือ 0101 ทำข้อที่ (3) ถึง (6) สมมติให้ใช้เครื่องจักร A เช่นเดียวกัน ดังนั้นเวลาเริ่มต้นผลิต คือ 20 เนื่องจากเครื่องจักรไม่ว่างต้องพิจารณาเวลาเสร็จงานก่อนหน้า คือเวลาผลิต

ชิ้นส่วน 0103 เสร็จ สมมติให้ใช้เวลาในการผลิต 10 วินาที ดังนั้นเวลาผลิตชิ้นส่วน 0101 เสร็จคำนวณได้จาก 20 + 10 = 30 คือผลิตเสร็จวินาทีที่ 30 ชิ้นส่วนลำดับสุดท้าย คือ 0102 ทำข้อ (3) ถึงข้อ (6) เช่นเดียวกัน สมมติให้ใช้เครื่องจักร A และเวลาในการผลิต 10 วินาที ดังนั้นชิ้นส่วน 0102 จึงเริ่มต้นผลิตวินาทีที่ 30 ผลิตเสร็จวินาทีที่ 30 + 10 = 40

(8) พิจารณาขั้นตอนการผลิตลำดับถัดไปซึ่งคำนวณได้เช่นเดียวกันนี้ แต่จากตัวอย่างโครโมโซมนี้ สมมติให้มีการผลิตขั้นตอนเดียวดังนั้นเวลาที่ใช้ในการผลิตเสร็จทุกชิ้นส่วนทุกขั้นตอนคือ 40 วินาทีซึ่งก็คือค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานหรือค่า Makspan ของโครโมโซมนี้นั่นเอง

ซึ่งจากการตรวจสอบการจัดชิ้นส่วนเข้าเครื่องจักรของแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นพบว่าทุกชิ้นส่วนสามารถจัดเข้าเครื่องจักรได้ถูกต้องตามเงื่อนไขของเวลาที่ไม่ขัดแย้งกัน

4.2.3 การทดสอบการคำนวณเวลาเสร็จสิ้นการทำงานหรือค่า Makespan

ในส่วนนี้จะเป็นการเปรียบเทียบค่า Makespan ที่โปรแกรมประมวลผลได้กับค่า Makespan ที่ได้จากวิธีการคำนวณด้วยมือ ซึ่งผลที่ได้จากการจัดลำดับการผลิตโดยวิธีการคำนวณด้วยมือ พบว่าชิ้นส่วนสุดท้ายที่ผลิตเสร็จเป็นโต๊ะสำเร็จจะผลิตเสร็จวินาทีที่ 834 ซึ่งก็คือค่า Makespan ที่คำนวณได้เท่ากับ 834 วินาที ในส่วนของผลที่ได้จากการประมวลผลด้วยโปรแกรมนั้นพบว่าชิ้นส่วนโต๊ะสำเร็จจะผลิตเสร็จวินาทีที่ 834 เช่นกัน จะเห็นได้ว่าผลที่ได้จากการคำนวณด้วยมือและผลที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจะให้ค่าผลลัพธ์หรือค่า Makespan ที่ตรงกัน นั่นแสดงว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีความถูกต้อง

4.3 การประเมินผลลัพธ์ที่ได้กับวิธีการเดิมของโรงงาน

ผู้วิจัยได้ดำเนินการนำโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นไปเสนอให้กับทางโรงงานตัวอย่างเพื่อให้ทางโรงงานประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมโดยทำการประมวลผลโปรแกรมด้วยข้อมูลจากทางโรงงานตัวอย่าง 2 ผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ที่ 1 ประกอบด้วย 26 ชิ้นส่วน ผลิตภัณฑ์ที่ 2 ประกอบด้วย 33 ชิ้นส่วน ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ 1 จำนวน 150 ชิ้น กำหนดหน่วยการผลิตเท่ากับ 50 และผลิตภัณฑ์ที่ 2 จำนวน 100 ชิ้น กำหนดหน่วยการผลิตเท่ากับ 50 โดยข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์จะแสดงไว้ในภาคผนวก ข กำหนดค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นของเจเนติกอัลกอริทึมใหม่สำหรับประมวลผลโปรแกรมเป็นดังนี้

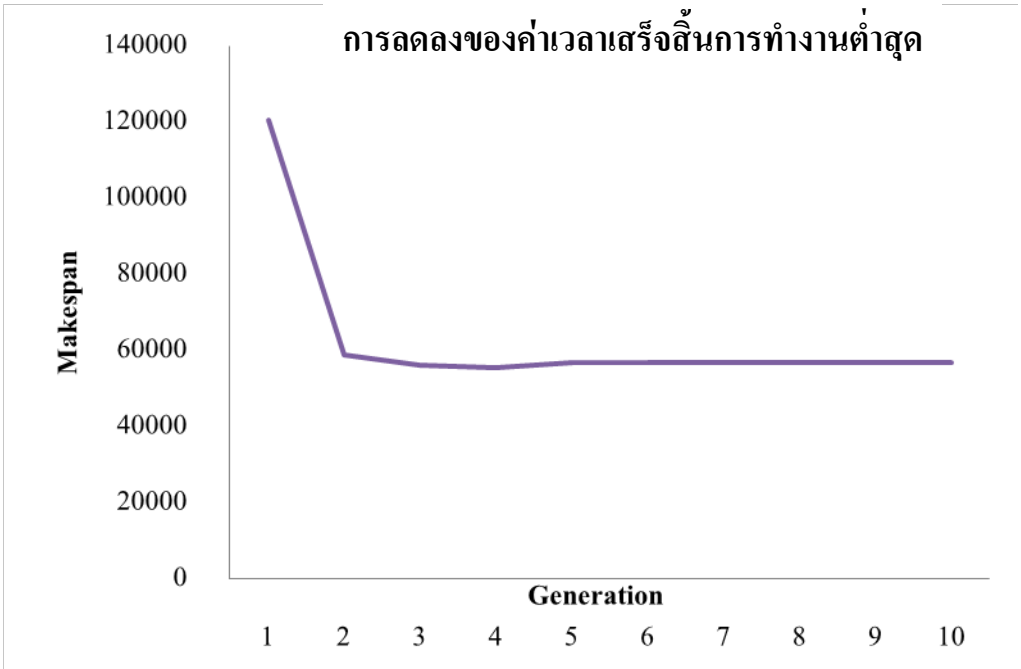
- Population Size = 10
- Crossover Method = Order Crossover (OX)
- Probability of Crossover (%Pc) = 0.8
- Mutation Method = Two-Point Swapping Mutation
- Probability of Mutation (%Pm) = 0.2
- Number of Generation = 10

จากการประมวลผลของโปรแกรมพบว่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 57,000 วินาที หรือ 15 ชั่วโมง 50 นาที ใช้เวลาในการประมวลผลโปรแกรม 7 ชั่วโมง 13 นาที รายละเอียดของข้อมูลค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรมเป็นดังตาราง 4.6

ตาราง 4.6 ข้อมูลเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม (วินาที)

Initial	Generation									
	2	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	
127800	59100	127800	56400	57300	57900	57600	60000	58800	60000	
120600	63950	57600	60900	60300	57900	60000	60000	60000	57000	
126000	122400	112800	59100	63000	57300	57900	57000	57900	58200	
124200	127800	56100	57000	61250	60600	60000	57600	57000	57000	
122400	112800	120600	59100	57000	57300	59100	60000	60000	59100	
127800	112800	61500	61250	60300	57300	57300	60300	60300	57600	
128400	126900	127800	62700	61250	60300	60300	60000	58200	58200	
122400	122400	65700	55500	60900	60300	60300	58800	59100	59100	
126900	120600	60950	58200	60900	57000	60000	57000	60000	59100	
126000	127800	59100	65700	57000	60000	57000	60300	57000	60300	
128400	127800	127800	65700	63000	60600	60300	60300	60300	60300	Max
120600	**59100**	**56100**	**55500**	**57000**	**57000**	**57000**	**57000**	**57000**	**57000**	**Min**
7800	68700	71700	10200	6000	3600	3300	3300	3300	3300	Max-Min

จากตาราง 4.6 เมื่อพิจารณาค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดในแต่ละเจเนอเรชั่นพบว่าค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานของแต่ละโครโมโซมจะมีทั้งค่าที่สูงและค่าที่ต่ำซึ่งขึ้นอยู่กับลำดับของยีนของโครโมโซมแต่ละตัวที่โปรแกรมประมวลผลมาได้เช่นเดียวกับการทดสอบโปรแกรมกับข้อมูลตัวอย่าง เมื่อพิจารณาค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดของแต่ละเจเนอร์เรชั่นพบว่า ในรอบโครโมโซมเริ่มต้นหรือ Initial ซึ่งโครโมโซมยังไม่ผ่านกระบวนการเจเนติกอัลกอริทึมนั้นค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดจะมีค่ามากที่สุดคือ 120,600 วินาที หรือ 33 ชั่วโมง 30 นาที เมื่อพิจารณาเจเนอเรชั่นถัดมาพบว่าค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดจะมีแนวโน้มค่าลดลงและลดลงคงที่ ณ ค่าหนึ่งซึ่งแสดงได้ดังกราฟในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การลดลงของค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุด ณ Generation ต่าง ๆ

จากรูปที่ 4.3 คือกราฟแสดงการลดลงของค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดเมื่อโปรแกรมประมวลผลด้วยวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมซึ่งค่าที่ได้จะมีแนวโน้มค่าลดลงและลดลงคงที่ ณ ค่าหนึ่ง นั่นหมายถึงโปรแกรมประมวลผลพบคำตอบที่เหมาะสมที่สุดแล้ว จากผลในตารางค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดจะเริ่มคงที่ ณ เจเนอเรชั่นที่ 5 ซึ่งคงที่ที่ค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดเท่ากับ 57,000 วินาที หรือ 15 ชั่วโมง 50 นาที และในเจเนอเรชั่นที่ 10 ก็ยังคงที่ 15 ชั่วโมง 50 นาที ซึ่งเป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูลนี้

กล่าวโดยสรุปผลจากการคำนวณเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดของลำดับการผลิตที่โปรแกรมคำนวณได้ก่อนเข้าสู่กระบวนการเจเนติกอัลกอริทึมมีค่าเท่ากับ 33 ชั่วโมง 30 นาที เมื่อผ่านกระบวนการเจเนติกอัลกอริทึมพบว่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดที่โปรแกรมประมวลผลได้มีค่าเท่ากับ 15 ชั่วโมง 50 นาที หรือลดลง 17 ชั่วโมง 40 นาที คิดเป็น 52.73% ใช้เวลาในการประมวลผล 7 ชั่วโมง 13 นาที ซึ่งลำดับการผลิตที่ได้จากโปรแกรมทำให้สามารถผลิตเฟอร์นิเจอร์มีความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับลำดับการผลิตที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการเจเนติกอัลกอริทึม แต่มีข้อเสียคือโปรแกรมใช้เวลาในการประมวลผลนานเกินไป ซึ่งอาจจะต้องให้มีการปรับปรุงและพัฒนาส่วนนี้ต่อไป ใช้ตัวอย่างข้อมูลที่กล่าวไปแล้วข้างต้นทดสอบโปรแกรมของโรงงานเพื่อดูตัวอย่างแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมของโรงงานซึ่งแสดงในภาคผนวก ค

ตัวอย่างการเปรียบเทียบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับโปรแกรมของโรงงานเมื่อใช้ตัวอย่างข้อมูลชุดเดียวกัน คือจำนวนผลิตภัณฑ์เท่ากับ 9 จำนวนชิ้นส่วนทั้งหมดเท่ากับ 229 ยืน การเปรียบเทียบผลลัพธ์

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับโปรแกรมเดิมของโรงงานโดยพิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุด สามารถพิจารณาได้ดังนี้

เนื่องจากแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเป็นแผนการผลิตที่แสดงรายละเอียดการจัดลำดับงานให้กับเครื่องจักรแต่ละเครื่องโดยกำหนดเวลาเริ่มต้นผลิตและเวลาผลิตเสร็จตั้งแต่ขั้นตอนแรกไปจนถึงขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งเป็นแผนการผลิตที่เหมาะสมสำหรับโรงงานที่มีกระบวนการผลิตต่าง ๆ อยู่ภายในพื้นที่เดียวกัน และเนื่องจากแผนการผลิตเดิมของโรงงานกรณีศึกษาเป็นแผนการผลิตตามอาคารผลิต กระบวนการผลิตต่าง ๆ จึงอยู่แยกออกไป การวางแผนการผลิตของโรงงานจึงกำหนดให้ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่จะผลิตเข้าทำการผลิตในแต่ละอาคารผลิตตามลำดับ ซึ่งเรียงตามลำดับขั้นตอนการผลิตไว้แล้ว ได้แก่ อาคารเตรียมไม้ อาคารแปรรูป 1 อาคารแปรรูป 2 และอาคารประกอบ ซึ่งผลการเปรียบเทียบพบว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นให้ผลที่ดีกว่าโปรแกรมของโรงงานโดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถวางแผนการผลิตที่ทำให้เวลาเสร็จสิ้นการทำงานมีค่าเท่ากับ 327630 วินาที หรือ 5460 นาที 30 วินาที ใช้เวลาในการประมวลผล 940 นาที โปรแกรมของโรงงานสามารถวางแผนการผลิตได้เวลาเสร็จสิ้นการทำงานมีค่าเท่ากับ 13440 นาที ใช้เวลาในการประมวลผล 30 นาที โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นให้แผนการผลิตที่ทำให้เวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดมีค่าลดลงจากค่าที่โปรแกรมของโรงงานประมวลผลได้ 7979 นาที 30 วินาที คิดเป็น 57.37% ซึ่งเป็นผลที่ทางโรงงานยอมรับได้เมื่อเปรียบเทียบกับแผนการผลิตของทางโรงงาน

การเปรียบเทียบแผนการผลิตเดิมของโรงงานกับแผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนั้นไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้โดยตรงเนื่องจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเป็นโปรแกรมที่เหมาะสำหรับจัดลำดับชิ้นส่วนทุกชิ้นให้ทำการผลิตบนเครื่องจักรจนครบทุกขั้นตอนแล้วพิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานของชิ้นส่วนทั้งหมด ส่วนแผนการผลิตที่ได้จากโรงงานนั้นเป็นแผนการผลิตตามอาคารผลิตซึ่งพิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานในแต่ละอาคารเป็นอิสระต่อกันดังนั้นจึงไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้โดยตรงแม้ว่าผลจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์โปรแกรมที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้นจะพบว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าก็ตาม ซึ่งโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้จึงเป็นโปรแกรมต้นแบบที่จะต้องนำไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับแต่ละโรงงานต่อไป

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้นำโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นไปเสนอกับทางโรงงานกรณีศึกษา กรณีศึกษา พีพี พาราวูด เพื่อประเมินโปรแกรมร่วมกันรวมทั้งขอคำแนะนำ และข้อเสนอแนะสำหรับแก้ไขปรับปรุงโปรแกรมต่อไป จากการประเมินโปรแกรมร่วมกันกับทางโรงงานสามารถสรุปผลการเปรียบเทียบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับโปรแกรมเดิมของทางโรงงานได้ดังตาราง 4.7

ตาราง 4.7 สรุปผลการเปรียบเทียบโปรแกรมจัดลำดับการผลิตที่พัฒนาขึ้นกับโปรแกรมวางแผนการผลิตเดิมของทางโรงงาน พีพี พาราวูด

เรื่อง	โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น	แผนการผลิตเดิมของโรงงาน
1. ความละเอียดของแผนการผลิต	จัดงานให้กับแต่ละเครื่องจักร	จัดงานให้กับแต่ละอาคารผลิต
2. เวลาที่ใช้ในการผลิตเสร็จ	ผลิตได้ตรงตามเงื่อนไขและใช้เวลาในการผลิตเสร็จเร็วขึ้น (ค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดมีค่าต่ำลง)	ผลิตได้ตรงตามเงื่อนไขแต่บอกไม่ได้ว่าใช้เวลาเสร็จเร็ว
3. การติดตามงานระหว่างผลิต	ติดตามงานระหว่างผลิตได้	ติดตามงานระหว่างผลิตไม่ได้
4. เวลาในการประมวลผลโปรแกรม	ใช้เวลานานขึ้นอยู่กับจำนวนผลิตภัณฑ์และจำนวนชิ้นส่วน	ใช้เวลาเร็วกว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น
5. การกำหนด Lot Size	สามารถกำหนด Lot Size ได้ตามต้องการ	ไม่สามารถกำหนด Lot Size ได้ส่งผลิตครั้งเดียวหมด
6. แผนการผลิตที่ได้จากโปรแกรม	แสดงผลใน Excel และ Gantt Chart	แสดงผลเป็น Excel

จากตาราง 4.7 แสดงการเปรียบเทียบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับโปรแกรมเดิมของทางโรงงานพบว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นส่วนใหญ่มีข้อดีกว่าโปรแกรมเดิม คือเป็นโปรแกรมที่ช่วยค้นหาลำดับการผลิตที่ทำให้เวลาในการผลิตเสร็จเร็วขึ้น โดยโปรแกรมสามารถจัดงานให้กับเครื่องจักรแต่ละเครื่องทำให้สามารถติดตามงานได้ง่าย นอกจากนั้นตัวโปรแกรมใช้งานได้ง่ายโดยพนักงานคนเดียวในการใช้โปรแกรม แต่ข้อเสียของโปรแกรมคือใช้เวลาในการประมวลผลนานตามจำนวนผลิตภัณฑ์และจำนวนชิ้นส่วนซึ่งเป็นส่วนที่จะต้องนำไปปรับปรุงต่อไป

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยการประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราโดยนำเอาเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบโดยพิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดเป็นตัวชี้วัดลำดับการผลิตที่ดีที่สุด โปรแกรมประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนการป้อนข้อมูลเข้า ส่วนประมวลผล และส่วนแสดงผลลัพธ์ ซึ่งมีหลักการทำงานคือ เมื่อผู้ใช้จะทำการป้อนข้อมูลในส่วนของการป้อนข้อมูลเข้าโปรแกรมจะไปดึงข้อมูลในฐานข้อมูลมาทำการประมวลผลตามวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมซึ่งประกอบด้วย การสร้างคำตอบเบื้องต้น การคัดเลือก การครอสโอเวอร์ การมิวเตชั่น การหยุดการค้นหา และการซ่อมแซมคำตอบ สุดท้ายแสดงผลลัพธ์เป็นแผนการผลิตชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ในส่วนของการแสดงผลลัพธ์สามารถแสดงได้ในรูปแบบของโปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งผู้ใช้สามารถเรียกดูข้อมูลหรือนำข้อมูลไปใช้งานต่อได้อย่างสะดวก นอกจากนี้ยังสามารถแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบแผนภาพ Gantt Chart ซึ่งแสดงลำดับงานที่จะจัดให้กับเครื่องจักรแต่ละเครื่องทำให้สะดวกและง่ายต่อตามติดตามงาน

5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราโดยประยุกต์ใช้เทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมจะทำให้ได้โปรแกรมจัดลำดับการผลิตสำเร็จรูปซึ่งเป็นโปรแกรมต้นแบบที่สามารถนำไปพัฒนาต่อไปได้ ผลจากการวิจัยพบว่าโปรแกรมสามารถค้นหาลำดับการผลิตที่ทำให้เวลาเสร็จสิ้นการทำงานมีค่าต่ำสุด

จากการทดสอบเพื่อประมวลผลโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเพื่อหาค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำที่สุด ณ เจนเนอเรชั่นต่าง ๆ ตั้งแต่เจนเนอเรชั่นเริ่มต้นจนถึงเจนเนอเรชั่นที่ 10 เมื่อพิจารณาจำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับ 10 โครโมโซม กำหนดค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์และค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่นคงที่เท่ากับ 0.8 และ 0.2 ตามลำดับ ผลจากการประมวลผลโปรแกรมพบว่าค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดจะมีค่าลดลงเมื่อจำนวนเจนเนอเรชั่นเพิ่มขึ้นและลดลงต่ำสุดคงที่ค่าหนึ่ง ณ เจนเนอเรชั่นใด ๆ ผลที่ได้จากการทดสอบพบว่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดของลำดับการผลิตที่โปรแกรมคำนวณได้ก่อนเข้าสู่กระบวนการเจเนติกอัลกอริทึมมีค่าเท่ากับ 33 ชั่วโมง 30 นาที เมื่อผ่านกระบวนการเจเนติกอัลกอริทึมพบว่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดที่โปรแกรมประมวลผลได้มีค่าเท่ากับ 15 ชั่วโมง 50 นาที

หรือลดลง 17 ชั่วโมง 40 นาที คิดเป็น 52.73% ใช้เวลาในการประมวลผล 7 ชั่วโมง 13 นาที ซึ่งลำดับการผลิตที่ได้จากโปรแกรมทำให้สามารถผลิตเฟอร์นิเจอร์มีความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้จากการประมวลผลของโปรแกรมยังพบว่า จำนวนผลิตภัณฑ์และจำนวนชิ้นส่วน รวมทั้งจำนวนเจนเนอเรชั่นมีผลต่อเวลาในการประมวลผลโปรแกรมโดยจะทำให้ใช้เวลาในการประมวลผลโปรแกรมเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

เมื่อทำการทดสอบโปรแกรมเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับโปรแกรมวางแผนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา : พีพี พาราวูด จำกัด โดยใช้ตัวอย่างข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่จะจัดลำดับการผลิตซึ่งมีจำนวนยีนทั้งหมดเท่ากับ 229 ยีน พบว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นให้ผลที่ดีกว่าโปรแกรมของโรงงานโดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถค้นหาแผนการการผลิตที่ทำให้เวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 327630 วินาที หรือ 5460 นาที 30 วินาที ใช้เวลาในการประมวลผล 940 นาที และโปรแกรมของโรงงานสามารถวางแผนการผลิตได้เวลาเสร็จสิ้นการทำงานมีค่าเท่ากับ 1,344 นาที ใช้เวลาในการประมวลผล 30 นาที ดังนั้นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจะให้แผนการผลิตที่ทำให้เวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดมีค่าลดลงจากค่าที่โปรแกรมของโรงงานประมวลผลได้ 7979 นาที 30 วินาที คิดเป็น 57.37% ซึ่งเป็นผลที่ทางโรงงานยอมรับได้เมื่อเปรียบเทียบกับแผนการผลิตของโรงงานโดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถคำนวณผลให้มีค่าใกล้เคียงความจริงมากกว่า นอกจากนี้แผนการผลิตที่ได้เป็นแผนการจัดงานให้กับเครื่องจักรแต่ละเครื่องและแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบของ Gantt Chart ทำให้สามารถติดตามงานได้ง่ายขึ้น แต่มีข้อจำกัดของโปรแกรมคือใช้เวลาในการประมวลผลนานเป็นส่วนที่จะต้องนำไปปรับปรุงและพัฒนาต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะในการดำเนินงานวิจัย

จากงานวิจัยการประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา สามารถสรุปเป็นข้อเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรมจัดลำดับการผลิตที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไปได้ ดังต่อไปนี้

5.2.1 งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาลำดับการผลิตที่มีเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุด เป็นตัวชี้วัดลำดับการผลิตที่ดีที่สุดซึ่งทำให้แผนการผลิตที่ได้อาจจะทันหรือไม่ทันกำหนดส่งงานก็ได้โดยถือว่าแผนการผลิตที่ดีที่สุดคือแผนการผลิตที่มีเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดนั่นเอง ไม่มีการพิจารณาเวลากำหนดส่งงานซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการวางแผนการผลิต โดยอาจพัฒนาให้มีการพิจารณาเวลากำหนดส่งงานและพิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำสุดร่วมกัน

5.2.2 สามารถพิจารณาใช้ตัวชี้วัดอื่น ๆ ในการจัดลำดับการผลิตได้

5.2.3 ควรพัฒนาโปรแกรมให้มีการแทรกงานระหว่างผลิตได้เนื่องจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้ไม่ได้ครอบคลุมการจัดลำดับการผลิตกรณีมีงานแทรกเข้ามา กาประมวลผลโปรแกรมทุกครั้งจะให้แผนการผลิตใหม่ทุกครั้ง

5.2.4 ข้อจำกัดของโปรแกรมจัดลำดับการผลิตที่พัฒนาขึ้นนี้คือใช้เวลาในการประมวลผลนานเกินไปซึ่งอาจเป็นผลมาจากโครงสร้างการเขียนโปรแกรมที่มีเทคนิคไม่เพียงพอ และมีการเขียนติดต่อฐานข้อมูลบ่อยเกินไปทำให้โปรแกรมประมวลผลล่าช้า ซึ่งสามารถพัฒนาเพื่อให้โปรแกรมประมวลผลมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

5.2.5 เนื่องจากข้อจำกัดของเวลาในการประมวลผลเพื่อทดสอบโปรแกรมทำให้การกำหนด ค่าพารามิเตอร์เจเนติกอัลกอริทึมจำนวนประชากรเบื้องต้น และจำนวนเจนเนอเรชั่น ที่ใช้สำหรับทดสอบโปรแกรมต้องจำกัดในระดับหนึ่งซึ่งหากโปรแกรมมีประสิทธิภาพในการประมวลผลมากขึ้นก็ควรเพิ่มค่าพารามิเตอร์ที่ทดสอบให้มากขึ้นเพื่อคำตอบที่ดีที่สุด

5.2.6 ปัจจุบันมีเทคนิคต่าง ๆ ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดมีเพิ่มมากขึ้น การศึกษาและนำเอาเทคนิคใหม่ ๆ มาปรับใช้กับเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมในการหาคำตอบจะทำให้ประสิทธิภาพในการหาคำตอบเพิ่มมากขึ้น

บรรณานุกรม

1. สถาบันไทย-เยอรมัน.2547. “โครงการศึกษาการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิต สาขาเฟอร์นิเจอร์ (เฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา)”. (สำเนา)
2. อินทิเกรเต็ด คอมมูนิเคชั่น.2552.กรมส่งเสริมการส่งออกจัดงาน TIFF 2008 กระตุ้นตลาดเฟอร์นิเจอร์โชว์ศักยภาพการผลิตและดีไซน์ที่โดดเด่น. (Online) สืบค้นจาก http://www.thaipr.net/nc/readnews.aspx?newsid=C337E8E3D930A6BA0E08B771819DC1C4 วันที่สืบค้น (04/09/51)
3. โครงการศึกษาวิเคราะห์และเตือนภัย SMEs รายสาขา.2547.รายงานการศึกษาและวิเคราะห์อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้. (Online) สืบค้นจาก http://www.sme.go.th/wsi/download/report/12.pdf วันที่สืบค้น (04/09/51)
4. สายทองเฟอร์นิเจอร์.2008.ผู้ผลิตและจำหน่ายเฟอร์นิเจอร์ไม้สัก สายทองเฟอร์นิเจอร์. (Online) สืบค้น จาก http://th.88db.com/Buy-Sell/Furniture/ad-254847/ วันที่สืบค้น (28/08/51)
5. ปริศนา แช่มสุขขี.2547. “เอกสารสัมมนาคอมพิวเตอร์ Genetic Algorithm (GA)”. ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. (สำเนา)
6. Rattanamanee, W., Suthummanon, S., Arecharit, N. and Gnamsut, N.2005. “Developing a mathematical Model to calculate the total production planning cost for rubber wood manufacturing”, The 12th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management- IE&EM-2005, Chongqing, China, November 6-8.
7. การวางแผนและควบคุมการผลิต. (Online) สืบค้นจาก http://business.east.spu.ac.th/admim/knowledge/A61production_chap3.pdf วันที่สืบค้น (16/03/51)
8. ชุมพล ศฤงคารศิริ. 2545. การวางแผนและควบคุมการผลิต ฉบับปรับปรุงใหม่. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
9. วชิรพงษ์ สาลีสิงห์.2551.การจัดลำดับงานโดยกฎความสำคัญ. (Online) สืบค้นจาก http://202.183.190.2/FTPiWebAdmin/knw_pworld/image_content/44/44_productivity3.pdf วันที่สืบค้น (10/09/51)
10. Garey, M. R., Johnson, D. S., and Sethi, R.1976. . “The complexity of flowshop and job-shop scheduling”, Mathematics of Operations Research., Vol. 1(2), pp.117–129.

11. วนิดา รัตนมณี และศุภชัย ปทุมนากุล.2546.การหาคำตอบที่น่าพึงพอใจโดยเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม. วิศวกรรมสาร ม.ขอนแก่น, 30:319-336.
12. Marek Obitko.1998. Introduction to Genetic Algorithms. (Online) สืบค้นจาก http://www.obitko.com/tutorials/genetic-algorithms/about.php วันที่สืบค้น (24/03/52)
13. ปารเมศ ชุติมา และจงกล เอี่ยมมิ.2546.การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม. วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี., 26:1-16.
14. Ying-Hong Liao and Chuen-Tsai Sun.2001. An Educational Genetic Algorithms Learning Tool. (ออนไลน์) สืบค้นจาก http://www.ewh.ieee.org/soc/es/May2001/14/Begin.htm#REF23 วันที่สืบค้น (24/03/52)
15. กฤชชนะ คันธนู และสมชาย แก้วแก่นตา. 2547. “การพัฒนาวิธีการจัดตารางการผลิตเมื่อมีเวลาเตรียมการผลิตเป็นแบบไม่อิสระ”, รายงานโครงการของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 ซึ่งเสนอเป็นส่วนหนึ่งในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. (สำเนา)
16. ปารเมศ ชุติมา และญาณี เฉยใจชื่น.2549. “การจัดตารางการผลิต กรณีศึกษา: โรงงานประกอบโคมไฟฟ้าสำเร็จรูป”, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2550. (สำเนา)
17. มนทิวา กมลรัมย์ และนิดา จ๋วงพานิช.2547. “การจัดลำดับการผลิตในการผลิตแบบผสมโดยใช้แบบจำลอง”, รายงานโครงการของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 ซึ่งเสนอเป็นส่วนหนึ่งในหลักสูตรวิศวกรรม ศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. (สำเนา)
18. ศรัญยา อุดมศรี.2547. “การจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนที่ไม่มีบัฟเฟอร์โดยวิธีฮิวริสติก กรณีศึกษา:โรงงานประกอบรถยนต์”, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (สำเนา)
19. Vilcot, G. and Billaut, J.2007. “A tabu search and a genetic algorithm for solving a bicriteria general job shop scheduling problem”, European Journal of Operational Research., Vol. 20, pp. 1-14.
20. Rattanamanee, W.2003. “Application of the genetic algorithm to design path direction for automated guided vehicle’s movement network”, Songklanakarin Journal of Science Technology., Vol. 25, No. 1, pp. 91-102.
21. เชาวลิต หามนตรี.2546. “การกำหนดตารางการผลิตโดยใช้วิธีฮิวริสติกร่วมกับเจเนติกอัลกอริทึม กรณีศึกษา: แผนกโลหะแผ่นของโรงงานเครื่องจักรอัตโนมัติ”, วิทยานิพนธ์ตามหลักสูตร

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. (สำเนา)

22. Chutima, P. and Wuttipongprasert, S.2005. “application of genetic algorithms in production scheduling with fuzzy dependent setup time”, Journal of Research in Engineering and Technology., Vol. 2, No.1, pp. 66-77.
23. Mattfeld, D.C. and Bierwirth, C.2004. “An efficient genetic algorithm for job shop scheduling with tardiness objectives”, European Journal of Operational Research., Vol. 155, pp.616-630.
24. Pezzela, F., Morganti, G. and Ciaschetti, G.2007. “A genetic algorithm for the flexible job-shop scheduling problem ”, Computers & Operations Research, pp. 1-11.
25. Kacem, I., Hammadi, S. and Borne, P.2002. “Approach by localization and multiobjective evolutionary optimization for flexible job-shop scheduling problems”, IEEE Transactions on System, Man, Cybernetics, Part C, Vol. 32(1), pp. 1-13.
26. Srikanth, K.I. and Barkha, S.2004. “Improved genetic algorithm for the permutation flowshop scheduling problem”, Computers & Operations Research, Vol. 31, pp. 593-636.
27. Goncalves, J.F., Mendes, J.J.M. and Resende, M.G.C.2005. “A hybrid genetic algorithm for the job shop scheduling problem”, European Journal of Operational Research, Vol. 167, pp. 77-95.
28. Chen, J.S., Pan, J.C.H. and Lin, C.M.2006. “A hybrid genetic algorithm for the re-entrant flow-shop scheduling problem”, Expert System with Application, pp. 1-8.
29. Gao, J., Sun, L. and Gen, M.2008. “A hybrid genetic and variable neighborhood descent algorithm for flexible job shop scheduling problems”, Computers & Operations Research, Vol. 35, pp. 2892-2907.
30. Valls, V., Ballestin, F. and Quintanilla, S.2008. “A hybrid genetic algorithm for the resource-contrained project scheduling problem”, European Journal of Operational Research, Vol. 185, pp.495-508.
31. ศิวาวุธ หวังมาน.2550. “ระบบการจัดการผลิตสินค้าเฟอร์นิเจอร์ กรณีศึกษา: บริษัทพีพีพาราวูด จำกัด”, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยบูรพา. (สำเนา)

ภาคผนวก ก

บทความนำเสนอในที่ประชุมวิชาการ

การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
21-22 ตุลาคม 2552

การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึม ในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

กุสุมา เรืองดิษฐ์ วนิดา รัตนมณี สมชาย ชูโฉม สุริยา จิรสถิตสิน
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา 90112
E-mail: sa_ooo@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา โดยนำเอาเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm : GA) เข้ามาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบ มีการพิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำที่สุด (Makespan Minimization) เป็นตัวชี้วัดลำดับการผลิตที่ดีที่สุดโปรแกรมประกอบด้วยสามส่วนหลัก คือ ส่วนรับข้อมูลป้อนเข้า ส่วนประมวลผล และส่วนแสดงผลลัพธ์ ซึ่งมีหลักการทำงานคือ โปรแกรมรับข้อมูลป้อนเข้าจะรับข้อมูลที่จำเป็นทั้งหมดเกี่ยวกับการจัดลำดับการผลิต ส่วนหนึ่งส่งไปเก็บไว้ในฐานข้อมูล อีกส่วนหนึ่งส่งไปยังโปรแกรมประมวลผลซึ่งจะดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลมาประมวลผลตามวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึม โดยแสดงผลลัพธ์เป็นลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราที่เหมาะสมที่สุดหรือมีค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำที่สุด

คำสำคัญ เจเนติกอัลกอริทึม, การจัดลำดับการผลิต, โปรแกรมวางแผนการผลิต, เฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

1. บทนำ

ระบบการผลิตในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา เป็นการผลิตตามคำสั่งซื้อของลูกค้า ทำให้ผลิตภัณฑ์มีหลายรูปแบบ หลายชิ้นส่วน แต่ละชิ้นส่วนต้องผ่านการผลิตหลายขั้นตอน และแต่ละขั้นตอนประกอบด้วยหลายเครื่องจักร นอกจากนี้ต้องผลิตชิ้นส่วนย่อยให้เสร็จก่อนจึงจะผลิตชิ้นส่วนที่เกิดจากการประกอบได้ ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ถือเป็นปัญหาที่สำคัญและเป็นเรื่องยากที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพด้านการผลิต โดยเฉพาะปัญหาการจัดลำดับการผลิต ให้สามารถจัดลำดับชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้าสู่การทำงานของเครื่องจักรและแรงงานคนได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ กล่าวคือ สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ทันต่อความต้องการของลูกค้าโดยใช้ประโยชน์เครื่องจักรได้เต็มประสิทธิภาพและทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำลงได้มากที่สุด ดังนั้นการแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิตให้มีประสิทธิภาพจึงเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา ซึ่งวิธีการแก้ปัญหาสามารถทำได้หลายวิธี เช่น ใช้วิธีการแตกกิ่งและขอบเขต หรือวิธีการหาค่าที่ดีที่สุดโดยวิธีทางฮิวริสติกวิธีต่าง ๆ เช่น วิธีการค้นหาแบบตาบู และวิธีการเจเนติกอัลกอริทึม [1] ซึ่งเป็นวิธีฮิวริสติกที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่และมีตัวแปรเข้ามาเกี่ยวข้องเป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นการหาคำตอบที่น่าพอใจสูงสุดจากกลุ่มคำตอบที่สุ่มมาได้หรือหามาได้บางส่วน เจเนติกอัลกอริทึมเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่มีคุณสมบัติของการเลียนแบบการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมตามธรรมชาติ โดยจะนำค่าที่เหมาะสมที่สุดจากประชากรรุ่นก่อนมาใช้พิจารณาในการหาคำตอบของประชากรรุ่นถัดมาทำให้ได้คำตอบที่เหมาะสมมากยิ่งขึ้น จึงจัดได้ว่าเจเนติกอัลกอริทึมเป็นวิธีหนึ่งในกลุ่มของการคำนวณเชิงวิวัฒนาการ ซึ่งในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับถึงประสิทธิภาพและมีการนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวาง จากที่มาของปัญหาและวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าว

ในงานวิจัยนี้จึงนำเอาวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาช่วยในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา โดยพัฒนาเป็นโปรแกรมสำเร็จรูป ใช้การพิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานที่ต่ำที่สุด เพื่อให้ได้ลำดับการผลิตที่ใช้เวลาในการผลิตต่ำที่สุด ซึ่งจะทำให้เกิดการใช้ประโยชน์เครื่องจักรอย่างเต็มประสิทธิภาพและส่งผลต่อต้นทุนการผลิตที่ต่ำลง ทำให้การวางแผนการผลิตในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

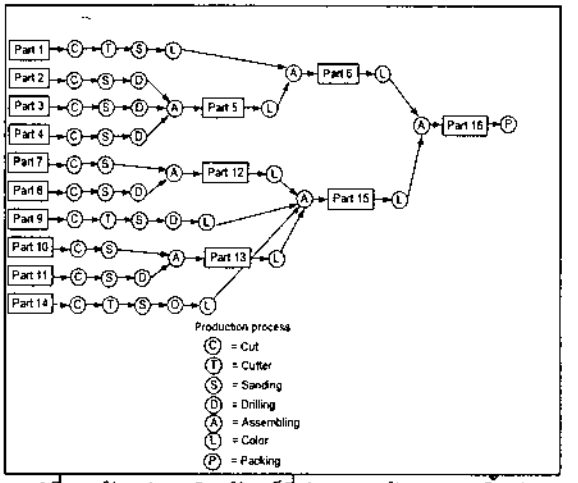
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

รูปแบบการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นการผลิตแบบชนิดที่ถอดประกอบได้ (Knocked Down Furniture) ซึ่งมีลักษณะการผลิตตามใบสั่งซื้อที่มีการกำหนดรูปแบบของเฟอร์นิเจอร์โดยลูกค้า ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่อุตสาหกรรมต้องผลิตมีหลากหลายรูปแบบ หลากหลายขนาด แต่ละผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยหลายชิ้นส่วน แต่ละชิ้นส่วนประกอบไปด้วยกรรมวิธีการผลิตหลายขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 1. ซึ่งแสดงให้เห็นว่า 1 ผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยหลายชิ้นส่วน และแต่ละชิ้นส่วนต้องผ่านขั้นตอนการผลิตหลายขั้นตอน

2.2 การจัดลำดับการผลิต (Production Scheduling)

การจัดลำดับการผลิต เป็นปัญหาที่ยากและมีความซับซ้อน เนื่องจากต้องจัดสรรทรัพยากรการผลิตไม่ว่าจะเป็นแรงงาน เครื่องจักร หรือสิ่งอำนวยความสะดวก ให้ดำเนินการผลิตตามที่ได้รับมอบหมายภายในช่วงเวลาที่กำหนดไว้ให้กับแต่ละหน่วยงาน โดยมีการศึกษาค้นคว้าและสำรวจอย่างกว้างขวางเกี่ยวกับเทคนิคการจัดลำดับการผลิต เช่น Wang and Zheng [2] ได้พัฒนาใช้วิธีการแบบผสมผสานเพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด และ Lourenco [3] ใช้วิธีการแบบค้นหาเฉพาะส่วนช่วยวางแผนการผลิต เป็นต้น เพื่อให้แผนการผลิตเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ เช่น เวลาการไหลของงาน (Flow Time) เวลาเสร็จสิ้นการทำงาน (Make Span) เวลาสายของงาน (Lateness) และเวลากำหนดส่งงาน (Due Date) เป็นต้น หลักเกณฑ์พื้นฐานที่ใช้ในการจัดลำดับจะแยกพิจารณาตามรูปแบบของการปฏิบัติงาน เช่น มาก่อนได้รับบริการก่อน (First Come – First Served : FCFS)



รูปที่ 1. ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยหลายชิ้นส่วนและหลายขั้นตอน (ที่มา: Wanida et al., 2005)

มาทีหลังได้รับบริการก่อน (Last Come First Serve : LCFS) ทำงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน (Shortest Processing Time : SPT) ทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อน (Longest Processing Time : LPT) และ ทำงานที่มีกำหนดส่งมอบเร็วที่สุดก่อน (Earliest Due Date : EDD) เป็นต้น ซึ่งหลักเกณฑ์การจัดลำดับการผลิตเหล่านี้ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้สำหรับแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิตในอุตสาหกรรมต่าง ๆ

2.3 เจเนติกอัลกอริทึม

ปัจจุบันมีการนำเอาวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิตที่หลากหลายทั้งการผลิตแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง เช่น Srikanth and Barkha [4] นำเสนอประสิทธิภาพของเจเนติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาการผลิตแบบต่อเนื่อง และ Goncalves et al. [5] พัฒนาวิธีเจเนติกอัลกอริทึมลูกผสมสำหรับปัญหาการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง เป็นต้น

เจเนติกอัลกอริทึม เป็นอัลกอริทึมสำหรับการค้นหาคำตอบที่น่าพึงพอใจที่สุดจากกลุ่มคำตอบที่สุ่มมาได้บนพื้นฐานของกลไกการอยู่รอดตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การค้นหาด้วยเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมเริ่มต้นด้วยการสุ่มคำตอบขึ้นมาจำนวนหนึ่งซึ่งเป็นกลุ่มคำตอบที่เป็นไปได้ นั่นคือกลุ่มคำตอบที่มีค่าของตัวแปรทุกตัวของปัญหาที่กำลังสนใจและเป็นค่าที่เป็นไปได้สอดคล้องตามเงื่อนไขของปัญหา เมื่อคัดเลือกคำตอบที่มีค่าเข้าใกล้กับเป้าหมายของปัญหาที่กำลังสนใจได้แล้ว วิธีการทางเจเนติกอัลกอริทึมก็จะทำการจับคู่กลุ่มคำตอบ แล้วหา

ตำแหน่งที่จะทำการเปลี่ยนโครงสร้างของคำตอบระหว่างคู่ที่จับกันแล้วนั้น เพื่อจะได้กำเนิดคำตอบคู่ใหม่ที่มีโอกาสพัฒนาผลลัพธ์ให้เข้าใกล้เป้าหมายที่แท้จริงมากยิ่งขึ้น กลุ่มคำตอบรุ่นใหม่ที่เกิดขึ้นจากการผสมข้ามพันธุ์จากกลุ่มคำตอบรุ่นที่แล้วนั้นก็จะได้รับการคัดเลือกหรือพัฒนาขึ้นอีกต่อไปเรื่อย ๆ ด้วยกลไกทางเจเนติกอัลกอริทึมจะทำการกำเนิดกลุ่มคำตอบเป็นรุ่น ๆ ไป โดยมีแนวความคิดว่าในแต่ละรุ่นของประชากรหรือกลุ่มคำตอบนั้นน่าจะมีการพัฒนาที่ดีขึ้น ซึ่งหลักการทำงานที่สำคัญของเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม คือ การคัดเลือกโครโมโซมที่ดีที่สุดในแต่ละรุ่น โดยเลือกค่าจากผลลัพธ์ที่ได้จากโครโมโซมที่ดีที่สุด

3. การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราโดยประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึม

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราโดยประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมสามารถสรุปได้ดังแสดงในรูปที่ 2. ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

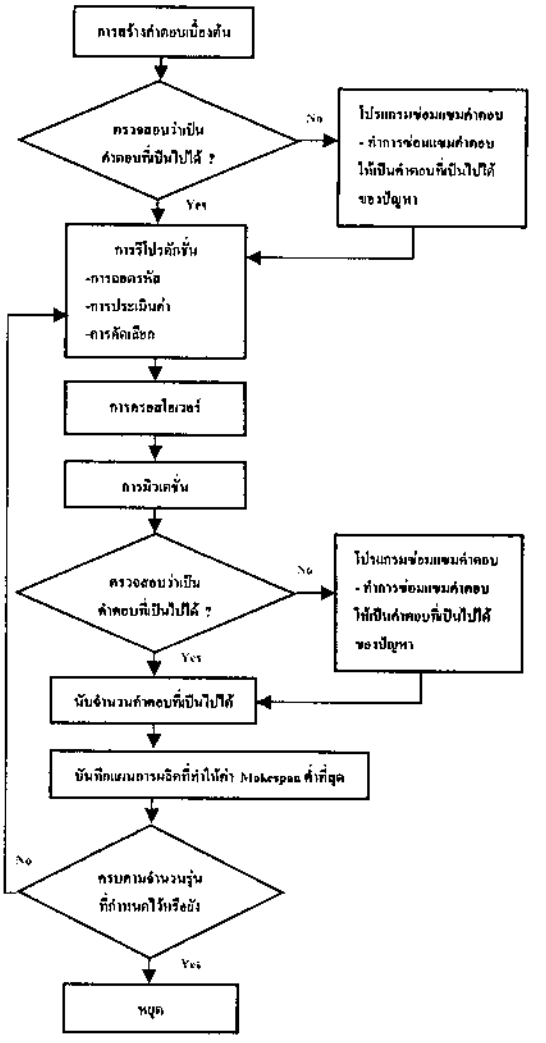
3.1 การสำรวจข้อมูลเบื้องต้น

สำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราเพื่อใช้สำหรับออกแบบโครโมโซมและยีนในขั้นตอนการสร้างคำตอบเบื้องต้น ซึ่งเป็นขั้นตอนแรกและเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดของวิธีการเจเนติกอัลกอริทึม ซึ่งต้องมีการศึกษาอย่างละเอียดว่าตัวแปรตัดสินใจของปัญหามีอะไรบ้าง เพื่อจะได้นำตัวแปรเหล่านั้นมากำหนดเป็นลักษณะของโครโมโซม ซึ่งข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา ได้แก่ ข้อมูลผลิตภัณฑ์ ข้อมูลชิ้นส่วน ข้อมูลขั้นตอนการผลิต และข้อมูลเครื่องจักร ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะใช้ในการออกแบบโครโมโซมและออกแบบการทำงานของโปรแกรม

3.2 การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึม

3.2.1 การสร้างคำตอบเบื้องต้น

เป็นการจำลองโครโมโซมให้เข้ากับปัญหาที่สนใจซึ่งในที่นี้ปัญหาคือ การจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ซึ่งมีชิ้นส่วนที่หลากหลาย ดังนั้นจึงกำหนดรูปแบบโครโมโซมเป็นลำดับของชิ้นส่วนที่จะทำการผลิต โดยกำหนดให้



รูปที่ 2. การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

โครโมโซม = ชิ้นส่วนทั้งหมดของทุกผลิตภัณฑ์ที่จะผลิต
= จำนวนยีนทั้งหมด

ยีน = ชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ของแต่ละผลิตภัณฑ์

เมื่อกำหนดรูปแบบโครโมโซมให้กับปัญหาได้แล้วจึงแปลงโครโมโซมให้อยู่ในรูปของรหัสโครโมโซมโดยรหัสโครโมโซมจะเท่ากับรหัสชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ทั้งหมดที่จะทำการผลิตหรือรหัสยีนทั้งหมดนั่นเอง กำหนดให้รหัสยีนคือ รหัสชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งบ่งบอกเป็นตัวเลข 4 หลัก สองหลักแรกบ่งบอกถึงผลิตภัณฑ์ สองหลักหลังบ่งบอกถึงชิ้นส่วน ตัวอย่างเช่น รหัสยีน 0101 หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ 1 ชิ้นส่วนที่ 1 เป็นต้น ดังนั้นตัวอย่างรหัสโครโมโซมของผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ที่ประกอบด้วย 3

ชิ้นส่วน ก็คือ 0101 0102 0103 เมื่อสร้างรหัสโครโมโซมได้แล้วจากนั้นจึงสุ่มโครโมโซมขึ้นมาตามจำนวนประชากรเบื้องต้นที่กำหนดเพื่อทำการรีโปรดักชั่นต่อไป

3.2.2 การรีโปรดักชั่น

เป็นกระบวนการคัดเลือกโครโมโซมที่มีความเหมาะสมเพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไปของเจเนติกอัลกอริทึม การรีโปรดักชั่นประกอบด้วย การถอดรหัส (Decoding) ทำได้โดยการนำรหัสยีนในโครโมโซมแต่ละตัวไปจัดเข้าเครื่องจักรตามลำดับ การประเมินค่า (Evaluation) เป็นการหาค่าความเหมาะสมของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์นั่นคือค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำที่สุด ซึ่งคำนวณได้จากลำดับการผลิตที่ได้จากการจัดงานเข้าเครื่องจักร โดยฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เป็นดังสมการที่ 1 และ 2 ดังนี้

$$MinC = min[max(F_{\alpha})] \quad (1)$$

$$F_{\alpha} = \sum_{k=1}^{p}\sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{m}[Q_{ijk}P_{ijk} + S_{ijk} + I_{ijk}]X_{ijk} \quad (2)$$

โดยที่

α เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต ($\alpha = 1,2,3,...,u$)

i ขั้นตอนการผลิต ($i = 1,2,3,...,m$)

j ชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ ($j = 1,2,3,...,n$)

k ผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ ($k = 1,2,3,...,p$)

u เครื่องจักรทั้งหมด

m ขั้นตอนการผลิตทั้งหมดของชิ้นส่วน j

n ชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ k

p ผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ทั้งหมดในแต่ละแผนการผลิต

C เวลาเสร็จสิ้นการทำงานที่ต่ำที่สุด

F_{α} เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตบนเครื่องจักร α

Q_{ijk} ปริมาณชิ้นส่วนที่ผลิตในขั้นตอน i ชิ้นส่วน j ของผลิตภัณฑ์ k

P_{ijk} เวลาที่ใช้ในการผลิตขั้นตอน i ชิ้นส่วน j ของผลิตภัณฑ์ k

S_{ijk} เวลาติดตั้งเครื่องจักรของขั้นตอน i ชิ้นส่วน j ของผลิตภัณฑ์ k

X_{ijk} สถานะของงาน ijk บนเครื่องจักรα

ถ้า $X_{ijk} = 1$; ได้ทำงาน ijk บนเครื่องจักรα

$X_{ijk} = 0$; ไม่ได้ทำงาน ijk บนเครื่องจักรα

I_{ijk} เวลารอคอยงาน คำนวณได้จากสมการที่ 3

$$I_{ijk} = ET_{(z-1)} - ST_{(z)} \quad (3)$$

$ET_{(z-1)}$ เวลาสุดท้ายในการผลิตงานก่อนหน้า z หนึ่งลำดับ $(z-1)$

$ST_{(z)}$ เวลาเริ่มต้นในการผลิตงานลำดับ z

z ลำดับที่ของงาน ijk คำนวณได้จากสมการที่ 4

$$z = \sum_{r=1}^{\beta} y_r \quad (4)$$

r ลำดับที่ของการทำงานเริ่มจาก 1,2,3,...,β

y_r งาน ijk ลำดับที่ r โดยกำหนดให้

$y_r = r$; เมื่องาน ijk ถูกกำหนดให้อยู่ในลำดับที่ r

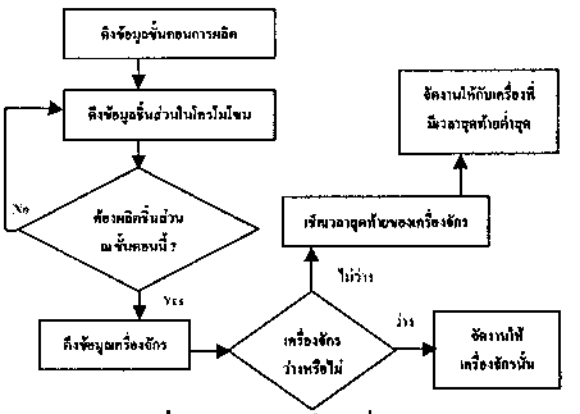
$y_r = 0$; เมื่องาน ijk ไม่ถูกกำหนดให้อยู่ในลำดับที่ r

β ลำดับงานทั้งหมดคำนวณได้จากสมการที่ 5

$$\beta = \sum_{k=1}^{p}\sum_{j=1}^{n} M_{jk} \quad (5)$$

M_{jk} จำนวนขั้นตอนการทำงานของชิ้นส่วน j ของผลิตภัณฑ์ k

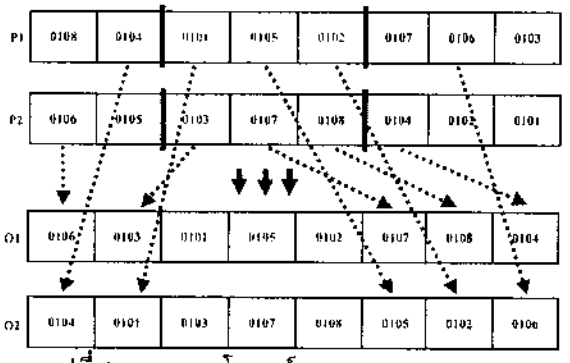
หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการจัดงานเข้าเครื่องจักรจะพิจารณาขั้นตอนการผลิตเป็นหลักดังแสดงในรูปที่ 3. ซึ่งแสดงการจัดงานเข้าเครื่องจักรตามลำดับขั้นตอนการผลิตของชิ้นส่วนที่อยู่ในโครโมโซม และขั้นตอนสุดท้ายของการรีโปรดักชั่น คือการคัดเลือก (Selection) ซึ่งใช้วิธีการคัดเลือกแบบวงล้อรูเล็ท (Roulette Wheel) โดยโครโมโซมที่มีความเหมาะสมมากจะมีโอกาสถูกเลือกมาก



รูปที่ 3. การจัดงานให้เครื่องจักร

3.2.3 การครอสโอเวอร์

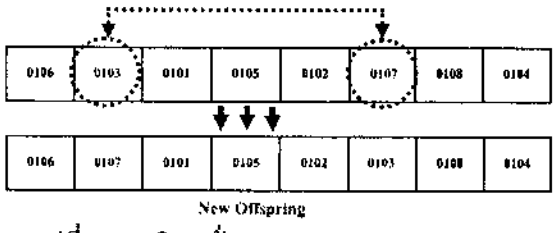
เป็นขั้นตอนการแลกเปลี่ยนบางส่วนกันของโครโมโซมพ่อแม่ (Parent) เพื่อสร้างโครโมโซมรุ่นใหม่หรือโครโมโซมรุ่นลูก (Offspring) ชุดใหม่ขึ้นมา ซึ่งใช้วิธีการครอสโอเวอร์แบบลำดับ (Order Crossover: OX) [6] ดังแสดงรูปที่ 4. ซึ่งเป็นตัวอย่างการครอสโอเวอร์โดยการคัดลอกบางตำแหน่งของโครโมโซมพ่อแม่ และใส่โครโมโซมที่เหลือตามลำดับในโครโมโซมลูก



รูปที่ 4. การครอสโอเวอร์แบบ Order Crossover

3.2.4 การมิวเตชั่น

เป็นขั้นตอนที่อาจช่วยให้โครโมโซมมีค่าความเหมาะสมดีขึ้นหลังจากการครอสโอเวอร์ การมิวเตชั่นทำได้โดยการสลับตำแหน่งของค่าภายในโครโมโซมตัวเดียว ซึ่งใช้วิธีการมิวเตชั่นเป็นแบบแลกเปลี่ยนสองจุด (Two-point Swapping Mutation) [7] ดังแสดงในรูปที่ 5. ซึ่งเป็นตัวอย่างแสดงการมิวเตชั่นโดยการสลับค่าของ 2 ตำแหน่งภายในโครโมโซม



รูปที่ 5. การมิวเตชั่นแบบ Two-point Swapping Mutation

3.2.5 การหยุดการค้นหา

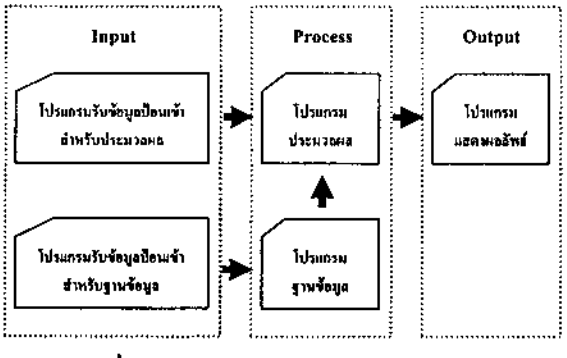
เป็นการกำหนดจำนวนรุ่นว่าจะให้กลไกทำงานจนได้จำนวนประชากรเท่ากับที่ต้องการ เมื่อโปรแกรมทำเนิดได้จำนวนรุ่นที่ต้องการแล้ว โปรแกรมก็เลือกคำตอบที่ดีที่สุดจากทั้งหมดมา แล้วก็จะหยุดการทำงาน

3.2.6 โปรแกรมซ่อมแซมคำตอบ

เนื่องจากคำตอบที่ได้จากการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา อาจได้คำตอบที่เป็นไปไม่ได้หรือได้คำตอบที่ไม่ตรงกับเงื่อนไขของปัญหา เช่น ลำดับการผลิตชิ้นส่วนที่เกิดจากการประกอบ มาก่อนลำดับชิ้นส่วนย่อย ซึ่งเป็นคำตอบที่เป็นไปไม่ได้ เนื่องจากการผลิตเฟอร์นิเจอร์นั้นต้องผลิตชิ้นส่วนย่อยให้เสร็จก่อนจึงจะผลิตชิ้นส่วนที่เกิดจากการประกอบได้ เป็นต้น ดังนั้นจึงต้องมีขั้นตอนการซ่อมแซมคำตอบเพิ่มขึ้นมา เพื่อปรับปรุงหรือแปลงคำตอบที่ได้ให้เป็นคำตอบที่เป็นไปได้และเหมาะสมกับปัญหา

3.3 การพัฒนาโปรแกรมการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

ใช้โปรแกรม Microsoft Visual C# 2005 Express Edition ในการดำเนินการวิจัยและเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Microsoft SQL Server Management Studio Express โดยออกแบบการทำงานของโปรแกรม เป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ โปรแกรมรับข้อมูลป้อนเข้า โปรแกรมการประมวลผล และโปรแกรมแสดงผลลัพธ์ ดังแสดงในรูปที่ 6. ซึ่งมีหลักการทำงานคือ โปรแกรมรับข้อมูลป้อนเข้าสำหรับประมวลผลจะรับข้อมูลป้อนเข้าจากผู้ใช้ ส่วนหนึ่งใช้ในการประมวลผลและอีกส่วนหนึ่งเก็บไว้ในฐานข้อมูล จากนั้นโปรแกรมประมวลผลจะดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลมาประมวลผลตามวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมและแสดงผลลัพธ์มาเป็นลำดับการผลิต



รูปที่ 6. ภาพรวมการทำงานของโปรแกรม

4. ผลการวิจัย

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราโดยประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึม จะทำให้ได้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปช่วยในการค้นหาลำดับการผลิตที่มีเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำที่สุด ตัวอย่างเช่น การจัดลำดับการผลิตของผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด ชนิดแรกประกอบด้วย 23 ชิ้นส่วน และชนิดที่สองประกอบด้วย 18 ชิ้นส่วน ผลจากการประมวลผลของโปรแกรมโดยการจัดงานเข้าเครื่องจักรสามารถคำนวณค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงาน มีค่าเท่ากับ 226 นาที ซึ่งโปรแกรมจะนำค่าที่ได้นี้ไปใช้ในกระบวนการค้นหาด้วยวิธีเจเนติกอัลกอริทึมต่อไป ซึ่งผลลัพธ์สุดท้ายที่จะได้จากโปรแกรมก็คือลำดับการผลิตที่มีเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำที่สุด

5. สรุปผลการวิจัยและงานในอนาคต

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการจัดลำดับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราโดยนำเอาเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมเข้ามาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบโดยพิจารณาเวลาเสร็จสิ้นการทำงานต่ำที่สุด โปรแกรมการจัดลำดับการผลิตที่ได้ประกอบด้วยสามส่วนหลัก คือ (1) ส่วนรับข้อมูลป้อนเข้า (2) ส่วนประมวลผล ทำหน้าที่ประมวลผลตามวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมเพื่อค้นหาคำตอบที่เหมาะสม โดยเริ่มจากขั้นตอนการหาคำตอบเบื้องต้นจะแปลงคำตอบของปัญหาให้เป็นรหัสโครโมโซม ซึ่งการแปลงรหัสโครโมโซมให้เป็นรหัสชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์นั้นช่วยให้สามารถค้นหาลำดับชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ที่เหมาะสมได้ง่ายขึ้นส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในการผลิตให้ลดลง จากนั้นขั้นตอนการรีโปรดักชั่นจะทำหน้าที่ถอดรหัสคำตอบโดยการจัดงานเข้าเครื่องจักรและคำนวณค่าเวลาเสร็จสิ้นการทำงาน เพื่อคัดเลือกโครโมโซมที่เหมาะสมเข้าสู่ขั้นตอนการครอสโอเวอร์และขั้นตอนการมิวเตชั่น นอกจากนี้ยังมีโปรแกรมซ่อมแซมคำตอบซึ่งทำหน้าที่แปลงคำตอบที่ได้ให้เป็นคำตอบที่เป็นไปได้ของปัญหา และ (3) ส่วนแสดงผลลัพธ์จะแสดงผลลัพธ์เป็นลำดับการผลิตที่ได้จากการค้นหาด้วยวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมดังกล่าว ซึ่งเป็นแผนการผลิตที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

สำหรับงานในอนาคตที่จะดำเนินการต่อไปคือ พัฒนาโปรแกรมส่วนที่เหลือ คือ โปรแกรมซ่อมแซมคำตอบ จากนั้นทำการทดสอบโปรแกรมจากข้อมูลตัวอย่าง และเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมกับวิธีการเดิมของโรงงาน

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนบางส่วนจากทุนอุดหนุนการวิจัย เพื่อวิทยานิพนธ์สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เอกสารอ้างอิง

[1] Aarts, E.H.L., Van Laarhoven, P.J.M., Lenstra, J.K. and Ulder, N.L.J., 1994. A computational study of local search algorithms for job shop scheduling. ORSA Journal on Computing, 6: 118–125.

[2] Wang, L. and Zheng, D. 2001. An effective hybrid optimisation strategy for job-shop scheduling problems. Computers & Operations Research, 28: 585–596.

[3] Lourenco, H.R. 1995. Local optimization and the job-shop scheduling problem. European Journal of Operational Research, 83: 347–364.

[4] Srikanth, K.I. and Barkha, S. 2004. Improved genetic algorithm for the permutation flowshop scheduling problem. Computers & Operations Research, 31: 593–606.

[5] Goncalves, J.F., Mendes, J.J.M. and Resende, M.G.C. 2005. A hybrid genetic algorithm for the job shop scheduling problem. European Journal of Operational Research, 167: 77–95.

[6] Gao, J., Sun, L. and Gen, M. 2008. A hybrid genetic and variable neighborhood descent algorithm for flexible job shop scheduling problems, 35: 2892-2907.

[7] Shao, X., Li, X., Gao, L. and Zhang, C. 2009. Integration of process planning and scheduling—A modified genetic algorithm-based Approach, 36: 2082-2096.

ภาคผนวก ข

ลำดับการผลิตชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม

ตาราง ข1 ลำดับการผลิตชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม

Part ID	Part Name	Product Name	Process Name	MC ID	MC Name	Start Time (sec)	End Time (sec)
0212	พนังหน้า	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรูหัว-ท้าย	EA	เครื่องเจาะแนวนอน	0	1200
0207	พนังล่าง1	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรูหัว-ท้าย	FA	เครื่องเจาะแนวตั้ง	0	1200
0103	แผ่นข้าง	โต๊ะนักเรียน	เจาะรู	FA	เครื่องเจาะแนวตั้ง	1200	2700
0104	พื้นโต๊ะ	โต๊ะนักเรียน	ขัดคุมขนาด	JA	เครื่องขัดขนาดหน้ากว้าง (W/B)	0	1500
0106	ขาโต๊ะด้านขวา	โต๊ะนักเรียน	เจาะรูด้านหัว	EA	เครื่องเจาะแนวนอน	1200	1800
0211	พนักพิง	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรูหัว-ท้าย	EA	เครื่องเจาะแนวนอน	1800	3000
0110	พนังล่าง2	โต๊ะนักเรียน	เจาะรูหัว-ท้าย	EA	เครื่องเจาะแนวนอน	3000	3900
0105	ขาโต๊ะด้านซ้าย	โต๊ะนักเรียน	เจาะรูด้านหัว	EA	เครื่องเจาะแนวนอน	3900	4500
0214	ยึดมุม	เก้าอี้นักเรียน	ตัดเอียง	DB	เครื่องขึ้นรูปเพลาตั้ง	0	1500
0102	แผ่นหน้า	โต๊ะนักเรียน	ขัดคุมขนาด	JB	เครื่องขัด MAKITA	0	1500
0114	ชุดกล่อง	โต๊ะนักเรียน	ประกอบชุดกล่อง	PA	ประกอบ 1614eumatic แผงนอน	0	3000
0209	ยึดแผงขา	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรู	FA	เครื่องเจาะแนวตั้ง	2700	3300
0101	หน้าโต๊ะ	โต๊ะนักเรียน	เดินร่อง	CA	เครื่องเซาะร่อง Router	0	1500
0204	ขาหลัง2	เก้าอี้นักเรียน	ขึ้นรูป	DA	เครื่องขึ้นรูป NC	0	1800
0201	ขาหน้า1	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรูด้านบน-ล่าง	EA	เครื่องเจาะแนวนอน	4500	5700

ตาราง ข1 ลำดับการผลิตชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม (ต่อ)

Part ID	Part Name	Product Name	Process Name	MC ID	MC Name	Start Time (sec)	End Time (sec)
0107	พนังบน1	โต๊ะนักเรียน	เจาะรูหัว-ท้าย	EA	เครื่องเจาะแนวนอน	5700	6600
0108	พนังบน2	โต๊ะนักเรียน	เจาะรูหัว-ท้าย	EA	เครื่องเจาะแนวนอน	6600	7500
0113	แผงขาซ้าย (ประกอบเฟรม)	โต๊ะนักเรียน	ประกอบแผงขาซ้าย	PB	ประกอบด้วยคน	0	5400
0205	พนังบน1	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรูหัว-ท้าย	FA	เครื่องเจาะแนวตั้ง	3300	4500
0206	พนังบน2	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรูหัว-ท้าย	FA	เครื่องเจาะแนวตั้ง	4500	5700
0109	พนังล่าง1	โต๊ะนักเรียน	เจาะรูหัว-ท้าย	EA	เครื่องเจาะแนวนอน	7500	8400
0112	แผงขาขวา (ประกอบเฟรม)	โต๊ะนักเรียน	ประกอบแผงขาขวา	PA	ประกอบ 1614eumatic แผงนอน	3000	8400
0111	ยึดแผงขา	โต๊ะนักเรียน	เจาะรูหัว-ท้าย	EA	เครื่องเจาะแนวนอน	8400	9300
0115	ชุดแผงขา (ประกอบเฟรม)	โต๊ะนักเรียน	ประกอบชุดแผงขา	PB	ประกอบด้วยคน	5400	9000
0116	โต๊ะสำเร็จ	โต๊ะนักเรียน	ประกอบสำเร็จเป็นโต๊ะ	PA	ประกอบ 1614eumatic แผงนอน	8400	15900
0213	พนังหลัง	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรูหัว-ท้าย	EA	เครื่องเจาะแนวนอน	9300	10500
0203	ขาหลัง1	เก้าอี้นักเรียน	ขึ้นรูป	DB	เครื่องขึ้นรูปเพลาตั้ง	1500	3300
0215	แผงขาขวา	เก้าอี้นักเรียน	ประกอบแผงขาขวา	PB	ประกอบด้วยคน	9000	11100
0202	ขาหน้า2	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรูด้านบน-ล่าง	EA	เครื่องเจาะแนวนอน	10500	11700

ตาราง ข1 ลำดับการผลิตชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม (ต่อ)

Part ID	Part Name	Product Name	Process Name	MC ID	MC Name	Start Time (sec)	End Time (sec)
0208	พนังล่าง2	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรูหัว-ท้าย	FA	เครื่องเจาะแนวตั้ง	5700	6900
0216	แผงขาซ้าย	เก้าอี้นักเรียน	ประกอบแผงขาซ้าย	PB	ประกอบด้วยคน	11100	13200
0217	โครงขา	เก้าอี้นักเรียน	ประกอบโครงขา	PB	ประกอบด้วยคน	13200	14700
0218	ชุดโครงขา	เก้าอี้นักเรียน	ประกอบชุดโครงขา	PB	ประกอบด้วยคน	14700	16800
0210	พื้นนั่ง	เก้าอี้นักเรียน	ขัดคุมขนาด 2 ด้าน	JC	เครื่องขัดจี้	0	1500
0219	เก้าอี้สำเร็จ	เก้าอี้นักเรียน	ประกอบสำเร็จเป็นเก้าอี้	PA	ประกอบ 1614eumatic แผงนอน	15900	19500
0212	พนังหน้า	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรู 2 ชั้น	FA	เครื่องเจาะแนวตั้ง	6900	7500
0207	พนังล่าง1	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรูข้าง	EA	เครื่องเจาะแนวนอน	11700	12300
0103	แผ่นข้าง	โต๊ะนักเรียน	ขัดคุมขนาด	JA	เครื่องขัดขนาดหน้ากว้าง (W/B)	2700	4200
0104	พื้นโต๊ะ	โต๊ะนักเรียน	ลบเหลี่ยม	NA	เครื่องขัดฟองน้ำแนวตั้ง 1 หัว	1500	2400
0106	ขาโต๊ะด้านขวา	โต๊ะนักเรียน	เจาะรูข้าง	FA	เครื่องเจาะแนวตั้ง	7500	8100
0211	พนักพิง	เก้าอี้นักเรียน	ขัดคุมขนาด	JB	เครื่องขัด MAKITA	3000	4500
0110	พนังล่าง2	โต๊ะนักเรียน	เจาะรูด้านบน	EA	เครื่องเจาะแนวนอน	12300	12900
0105	ขาโต๊ะด้านซ้าย	โต๊ะนักเรียน	เจาะรูข้าง	FA	เครื่องเจาะแนวตั้ง	8100	8700
0214	ยึดมุม	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรู 2 ชั้น	FA	เครื่องเจาะแนวตั้ง	8700	9300

ตาราง ข1 ลำดับการผลิตชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม (ต่อ)

Part ID	Part Name	Product Name	Process Name	MC ID	MC Name	Start Time (sec)	End Time (sec)
0102	แผ่นหน้า	โต๊ะนักเรียน	ลบเหลี่ยม	NB	เครื่องขัดฟองน้ำแนวนอน 2 หัว	1500	2700
0209	ยึดแผงขา	เก้าอี้นักเรียน	ขัดคุมขนาด	JC	เครื่องขัดจี้	3300	4200
0101	หน้าโต๊ะ	โต๊ะนักเรียน	เจาะรูขนาด Ø 8d16 mm.	FA	เครื่องเจาะแนวตั้ง	9300	9450
0201	ขาหน้า1	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรูข้างด้านบน	FA	เครื่องเจาะแนวตั้ง	9450	10050
0107	พนังบน1	โต๊ะนักเรียน	ขัดคุมขนาด	JA	เครื่องขัดขนาดหน้ากว้าง (W/B)	6600	8100
0108	พนังบน2	โต๊ะนักเรียน	ขัดคุมขนาด	JC	เครื่องขัดจี้	7500	9000
0205	พนังบน1	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรู	FA	เครื่องเจาะแนวตั้ง	10050	10650
0206	พนังบน2	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรู	FA	เครื่องเจาะแนวตั้ง	10650	11250
0109	พนังล่าง1	โต๊ะนักเรียน	เจาะรูด้านบน	EA	เครื่องเจาะแนวนอน	13500	14100
0111	ยึดแผงขา	โต๊ะนักเรียน	ขัดคุมขนาด	JB	เครื่องขัด MAKITA	9300	10800
0213	พนังหลัง	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรู 2 ชั้น	FA	เครื่องเจาะแนวตั้ง	11250	11850
0203	ขาหลัง1	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรูด้านหน้า	EA	เครื่องเจาะแนวนอน	14100	14700
0202	ขาหน้า2	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรูข้างด้านบน	FA	เครื่องเจาะแนวตั้ง	11850	12450
0208	พนังล่าง2	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรูข้าง	EA	เครื่องเจาะแนวนอน	14700	15300
0210	พื้นนั่ง	เก้าอี้นักเรียน	ลบเหลี่ยม	NA	เครื่องขัดฟองน้ำแนวตั้ง 1 หัว	2400	3300

ตาราง ข1 ลำดับการผลิตชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม (ต่อ)

Part ID	Part Name	Product Name	Process Name	MC ID	MC Name	Start Time (sec)	End Time (sec)
0212	พนังหน้า	เก้าอี้นักเรียน	ขัดคุมขนาด	JA	เครื่องขัดขนาดหน้ากว้าง (W/B)	8100	9600
0207	พนังล่าง1	เก้าอี้นักเรียน	ขัดคุมขนาด 3 ด้าน	JC	เครื่องขัดจี้	12300	14100
0103	แผ่นข้าง	โต๊ะนักเรียน	ลบเหลี่ยม	NB	เครื่องขัดฟองน้ำแนวนอน 2 หัว	4200	5400
0104	พื้นโต๊ะ	โต๊ะนักเรียน	พ่นรองพื้น	QA	บู๊ชพ่นสี1	2400	3900
0106	ขาโต๊ะด้านขวา	โต๊ะนักเรียน	ขัดคุมขนาด	JA	เครื่องขัดขนาดหน้ากว้าง (W/B)	9600	11100
0211	พนักพิง	เก้าอี้นักเรียน	ลบเหลี่ยม 4 มุม	NA	เครื่องขัดฟองน้ำแนวตั้ง 1 หัว	4500	5700
0110	พนังล่าง2	โต๊ะนักเรียน	ขัดคุมขนาด	JB	เครื่องขัด MAKITA	12900	14400
0105	ขาโต๊ะด้านซ้าย	โต๊ะนักเรียน	ขัดคุมขนาด	JA	เครื่องขัดขนาดหน้ากว้าง (W/B)	11100	12600
0214	ยึดมุม	เก้าอี้นักเรียน	พ่นรองพื้น 6 ด้าน	QB	บู๊ชพ่นสี2	9300	10200
0102	แผ่นหน้า	โต๊ะนักเรียน	พ่นรองพื้น 2 ด้าน	QA	บู๊ชพ่นสี1	3900	5400
0209	ยึดแผงขา	เก้าอี้นักเรียน	ลบเหลี่ยม	NB	เครื่องขัดฟองน้ำแนวนอน 2 หัว	5400	6600
0101	หน้าโต๊ะ	โต๊ะนักเรียน	ขัดคุมขนาด	JA	เครื่องขัดขนาดหน้ากว้าง (W/B)	12600	14100
0204	ขาหลัง2	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรูข้างด้านบน-ล่าง	EA	เครื่องเจาะแนวนอน	15300	16500
0201	ขาหน้า1	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรูทะลุ	FA	เครื่องเจาะแนวตั้ง	12450	13350
0107	พนังบน1	โต๊ะนักเรียน	ลบเหลี่ยม	NA	เครื่องขัดฟองน้ำแนวตั้ง 1 หัว	8100	9000
0108	พนังบน2	โต๊ะนักเรียน	ลบเหลี่ยม	NB	เครื่องขัดฟองน้ำแนวนอน 2 หัว	9000	9900

ตาราง ข1 ลำดับการผลิตชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม (ต่อ)

Part ID	Part Name	Product Name	Process Name	MC ID	MC Name	Start Time (sec)	End Time (sec)
0205	พนังบน1	เก้าอี้นักเรียน	ขัดคุมขนาด	JA	เครื่องขัดขนาดหน้ากว้าง (W/B)	14100	15900
0206	พนังบน2	เก้าอี้นักเรียน	ขัดคุมขนาด	JC	เครื่องขัดจี้	14100	15900
0109	พนังล่าง1	โต๊ะนักเรียน	ขัดคุมขนาด	JB	เครื่องขัด MAKITA	14400	15900
0111	ยึดแผงขา	โต๊ะนักเรียน	ลบเหลี่ยม	NA	เครื่องขัดฟองน้ำแนวตั้ง 1 หัว	10800	12000
0213	พนังหลัง	เก้าอี้นักเรียน	ขัดคุมขนาด	JA	เครื่องขัดขนาดหน้ากว้าง (W/B)	15900	17400
0203	ขาหลัง1	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรูข้างด้านบน-ล่าง	EA	เครื่องเจาะแนวนอน	16500	17700
0202	ขาหน้า2	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรูทะลุ	FA	เครื่องเจาะแนวตั้ง	13350	14250
0208	พนังล่าง2	เก้าอี้นักเรียน	ขัดคุมขนาด 3 ด้าน	JB	เครื่องขัด MAKITA	15900	17700
0210	พื้นนั่ง	เก้าอี้นักเรียน	พ่นรองพื้น 6 ด้าน	QA	บู๊ชพ่นสี1	5400	6600
0212	พนังหน้า	เก้าอี้นักเรียน	ลบเหลี่ยม 4 มุม	NB	เครื่องขัดฟองน้ำแนวนอน 2 หัว	9900	11100
0207	พนังล่าง1	เก้าอี้นักเรียน	ลบเหลี่ยม	NB	เครื่องขัดฟองน้ำแนวนอน 2 หัว	14100	15300
0103	แผ่นข้าง	โต๊ะนักเรียน	พ่นรองพื้น	QA	บู๊ชพ่นสี1	6600	7500
0104	พื้นโต๊ะ	โต๊ะนักเรียน	ประกอบกล่อง	PB	ประกอบด้วยคน	16800	18300
0106	ขาโต๊ะด้านขวา	โต๊ะนักเรียน	ลบเหลี่ยม	NA	เครื่องขัดฟองน้ำแนวตั้ง 1 หัว	12000	13200
0211	พนักพิง	เก้าอี้นักเรียน	พ่นรองพื้น	QA	บู๊ชพ่นสี1	7500	8700
0110	พนังล่าง2	โต๊ะนักเรียน	ลบเหลี่ยม	NA	เครื่องขัดฟองน้ำแนวตั้ง 1 หัว	14400	15600

ตาราง ข1 ลำดับการผลิตชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม (ต่อ)

Part ID	Part Name	Product Name	Process Name	MC ID	MC Name	Start Time (sec)	End Time (sec)
0105	ขาโต๊ะด้านซ้าย	โต๊ะนักเรียน	ลบเหลี่ยม	NB	เครื่องขัดฟองน้ำแนวนอน 2 หัว	15300	16500
0214	ยึดมุม	เก้าอี้นักเรียน	ประกอบโครง	PB	ประกอบด้วยคน	18300	20400
0102	แผ่นหน้า	โต๊ะนักเรียน	ขัดลูบผิวด้านนอก	OA	เครื่องขัดลูบ TOP	5400	6900
0209	ยึดแผงขา	เก้าอี้นักเรียน	พ่นรองพื้น	QA	บู๊ธพ่นสี1	8700	9300
0101	หน้าโต๊ะ	โต๊ะนักเรียน	ลบเหลี่ยม	NA	เครื่องขัดฟองน้ำแนวตั้ง 1 หัว	15600	16800
0204	ขาหลัง2	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรูด้านบน-ล่างทะลุ	FA	เครื่องเจาะแนวตั้ง	16500	17400
0201	ขาหน้า1	เก้าอี้นักเรียน	ขัดคุมขนาด	JC	เครื่องขัดจิ๊	15900	17400
0107	พนังบน1	โต๊ะนักเรียน	พ่นรองพื้น	QA	บู๊ธพ่นสี1	9300	10800
0108	พนังบน2	โต๊ะนักเรียน	พ่นรองพื้น	QB	บู๊ธพ่นสี2	10200	11700
0205	พนังบน1	เก้าอี้นักเรียน	ลบเหลี่ยม	NB	เครื่องขัดฟองน้ำแนวนอน 2 หัว	16500	17700
0206	พนังบน2	เก้าอี้นักเรียน	ลบเหลี่ยม	NA	เครื่องขัดฟองน้ำแนวตั้ง 1 หัว	16800	18000
0109	พนังล่าง1	โต๊ะนักเรียน	ลบเหลี่ยม	NB	เครื่องขัดฟองน้ำแนวนอน 2 หัว	17700	18900
0111	ยึดแผงขา	โต๊ะนักเรียน	พ่นรองพื้น	QA	บู๊ธพ่นสี1	12000	13200
0213	พนังหลัง	เก้าอี้นักเรียน	ลบเหลี่ยม 4 มุม	NA	เครื่องขัดฟองน้ำแนวตั้ง 1 หัว	18000	19200
0203	ขาหลัง1	เก้าอี้นักเรียน	เจาะรูด้านบน-ล่างทะลุ	FA	เครื่องเจาะแนวตั้ง	17700	18600
0202	ขาหน้า2	เก้าอี้นักเรียน	ขัดคุมขนาด	JA	เครื่องขัดขนาดหน้ากว้าง (W/B)	17400	18900

ตาราง ข1 ลำดับการผลิตชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม (ต่อ)

Part ID	Part Name	Product Name	Process Name	MC ID	MC Name	Start Time (sec)	End Time (sec)
0208	พนังล่าง2	เก้าอี้นักเรียน	ลบเหลี่ยม	NB	เครื่องขัดฟองน้ำแนวนอน 2 หัว	18900	20100
0210	พื้นนั่ง	เก้าอี้นักเรียน	ขัดลูบผิวด้านบน	OA	เครื่องขัดลูบ TOP	6900	7500
0212	พนังหน้า	เก้าอี้นักเรียน	พ่นรองพื้น	QB	บู๊ชพ่นสี2	11700	12900
0207	พนังล่าง1	เก้าอี้นักเรียน	พ่นรองพื้น	QB	บู๊ชพ่นสี2	15300	16500
0103	แผ่นข้าง	โต๊ะนักเรียน	ขัดลูบผิวด้านนอก	OA	เครื่องขัดลูบ TOP	7500	9000
0106	ขาโต๊ะด้านขวา	โต๊ะนักเรียน	พ่นรองพื้น	QA	บู๊ชพ่นสี1	13200	14100
0211	พนักพิง	เก้าอี้นักเรียน	ขัดลูบผิว 4 ด้าน	OA	เครื่องขัดลูบ TOP	9000	10200
0110	พนังล่าง2	โต๊ะนักเรียน	พ่นรองพื้น	QA	บู๊ชพ่นสี1	15600	16500
0105	ขาโต๊ะด้านซ้าย	โต๊ะนักเรียน	พ่นรองพื้น	QA	บู๊ชพ่นสี1	16500	17400
0102	แผ่นหน้า	โต๊ะนักเรียน	พ่นทับหน้า	QB	บู๊ชพ่นสี2	16500	17400
0209	ยึดแผงขา	เก้าอี้นักเรียน	ขัดลูบผิว 3 ด้าน	OA	เครื่องขัดลูบ TOP	10200	11400
0101	หน้าโต๊ะ	โต๊ะนักเรียน	พ่นรองพื้น1	QA	บู๊ชพ่นสี1	17400	18300
0204	ขาหลัง2	เก้าอี้นักเรียน	ขัดคุมขนาด	JC	เครื่องขัดจี้	17400	18900
0201	ขาหน้า1	เก้าอี้นักเรียน	ลบเหลี่ยม	NA	เครื่องขัดฟองน้ำแนวตั้ง 1 หัว	19200	20400
0107	พนังบน1	โต๊ะนักเรียน	ขัดลูบผิว 2 ด้าน	OA	เครื่องขัดลูบ TOP	11400	13500
0108	พนังบน2	โต๊ะนักเรียน	ขัดลูบผิว 2 ด้าน	OA	เครื่องขัดลูบ TOP	13500	15600

ตาราง ข1 ลำดับการผลิตชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม (ต่อ)

Part ID	Part Name	Product Name	Process Name	MC ID	MC Name	Start Time (sec)	End Time (sec)
0205	พนังบน1	เก้าอี้นักเรียน	พ่นรองพื้น	QB	บู๊ธพ่นสี2	17700	18900
0206	พนังบน2	เก้าอี้นักเรียน	พ่นรองพื้น	QA	บู๊ธพ่นสี1	18300	19500
0109	พนังล่าง1	โต๊ะนักเรียน	พ่นรองพื้น	QB	บู๊ธพ่นสี2	18900	19800
0111	ยึดแผงขา	โต๊ะนักเรียน	ขัดลูบผิว 4 ด้าน	OA	เครื่องขัดลูบ TOP	15600	17100
0213	พนังหลัง	เก้าอี้นักเรียน	พ่นรองพื้น	QA	บู๊ธพ่นสี1	19500	20700
0203	ขาหลัง1	เก้าอี้นักเรียน	ขัดคุมขนาด	JB	เครื่องขัด MAKITA	18600	20100
0202	ขาหน้า2	เก้าอี้นักเรียน	ลบเหลี่ยม	NB	เครื่องขัดฟองน้ำแนวนอน 2 หัว	20100	21300
0208	พนังล่าง2	เก้าอี้นักเรียน	พ่นรองพื้น	QB	บู๊ธพ่นสี2	20100	21300
0210	พื้นนั่ง	เก้าอี้นักเรียน	พ่นทับหน้า	QA	บู๊ธพ่นสี1	20700	21900
0212	พนังหน้า	เก้าอี้นักเรียน	ขัดลูบผิว 3 ด้าน	OA	เครื่องขัดลูบ TOP	17100	18000
0207	พนังล่าง1	เก้าอี้นักเรียน	ขัดลูบผิว 3 ด้าน	OA	เครื่องขัดลูบ TOP	18000	19500
0103	แผ่นข้าง	โต๊ะนักเรียน	พ่นทับหน้า 1 ด้าน	QB	บู๊ธพ่นสี2	21300	22800
0106	ขาโต๊ะด้านขวา	โต๊ะนักเรียน	ขัดลูบผิว	OA	เครื่องขัดลูบ TOP	19500	21000
0211	พนักพิง	เก้าอี้นักเรียน	พ่นทับหน้า 4 ด้าน	QA	บู๊ธพ่นสี1	21900	23100
0110	พนังล่าง2	โต๊ะนักเรียน	ขัดลูบผิว 4 ด้าน	OA	เครื่องขัดลูบ TOP	21000	23400
0105	ขาโต๊ะด้านซ้าย	โต๊ะนักเรียน	ขัดลูบผิว	OA	เครื่องขัดลูบ TOP	23400	24900

ตาราง ข1 ลำดับการผลิตชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม (ต่อ)

Part ID	Part Name	Product Name	Process Name	MC ID	MC Name	Start Time (sec)	End Time (sec)
0102	แผ่นหน้า	โต๊ะนักเรียน	ประกอบกล่อง	PA	ประกอบ 1614eumatic แผงนอน	19500	21600
0209	ยึดแผงขา	เก้าอี้นักเรียน	พ่นทับหน้า 3 ด้าน	QB	บู๊ชพ่นสี2	22800	23700
0101	หน้าโต๊ะ	โต๊ะนักเรียน	ขัดลูบผิว1	OA	เครื่องขัดลูบ TOP	24900	26400
0204	ขาหลัง2	เก้าอี้นักเรียน	ขัดจี้	JA	เครื่องขัดขนาดหน้ากว้าง (W/B)	18900	21300
0201	ขาหน้า1	เก้าอี้นักเรียน	พ่นรองพื้น	QA	บู๊ชพ่นสี1	23100	24000
0107	พนังบน1	โต๊ะนักเรียน	พ่นทับหน้า 2 ด้าน	QB	บู๊ชพ่นสี2	23700	25200
0108	พนังบน2	โต๊ะนักเรียน	พ่นทับหน้า 2 ด้าน	QA	บู๊ชพ่นสี1	24000	25500
0205	พนังบน1	เก้าอี้นักเรียน	ขัดลูบผิว 2 ด้าน	OA	เครื่องขัดลูบ TOP	26400	27900
0206	พนังบน2	เก้าอี้นักเรียน	ขัดลูบผิว 2 ด้าน	OA	เครื่องขัดลูบ TOP	27900	29400
0109	พนังล่าง1	โต๊ะนักเรียน	ขัดลูบผิว 4 ด้าน	OA	เครื่องขัดลูบ TOP	29400	31800
0111	ยึดแผงขา	โต๊ะนักเรียน	พ่นทับหน้า 4 ด้าน	QB	บู๊ชพ่นสี2	25200	26700
0213	พนังหลัง	เก้าอี้นักเรียน	ขัดลูบผิว 3 ด้าน	OA	เครื่องขัดลูบ TOP	31800	32700
0203	ขาหลัง1	เก้าอี้นักเรียน	ขัดจี้	JC	เครื่องขัดจี้	20100	22500
0202	ขาหน้า2	เก้าอี้นักเรียน	พ่นรองพื้น	QA	บู๊ชพ่นสี1	25500	26400
0208	พนังล่าง2	เก้าอี้นักเรียน	ขัดลูบผิว 3 ด้าน	OA	เครื่องขัดลูบ TOP	32700	34200

ตาราง ข1 ลำดับการผลิตชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม (ต่อ)

Part ID	Part Name	Product Name	Process Name	MC ID	MC Name	Start Time (sec)	End Time (sec)
0210	พื้นนั่ง	เก้าอี้นักเรียน	ประกอบโครง	PB	ประกอบด้วยคน	21900	24000
0212	พนังหน้า	เก้าอี้นักเรียน	พ่นทับหน้า 3 ด้าน	QA	บู๊ชพ่นสี1	26400	27900
0207	พนังล่าง1	เก้าอี้นักเรียน	พ่นทับหน้า 3 ด้าน	QB	บู๊ชพ่นสี2	26700	27600
0103	แผ่นข้าง	โต๊ะนักเรียน	ประกอบกล่อง	PA	ประกอบ 1614eumatic แผงนอน	22800	24900
0106	ขาโต๊ะด้านขวา	โต๊ะนักเรียน	พ่นทับหน้า	QB	บู๊ชพ่นสี2	27600	29100
0211	พนักพิง	เก้าอี้นักเรียน	ประกอบโครง	PB	ประกอบด้วยคน	24000	26100
0110	พนังล่าง2	โต๊ะนักเรียน	พ่นทับหน้า 4 ด้าน	QA	บู๊ชพ่นสี1	27900	29400
0105	ขาโต๊ะด้านซ้าย	โต๊ะนักเรียน	พ่นทับหน้า	QB	บู๊ชพ่นสี2	29100	30600
0209	ยึดแผงขา	เก้าอี้นักเรียน	ประกอบโครง	PA	ประกอบ 1614eumatic แผงนอน	24900	27000
0101	หน้าโต๊ะ	โต๊ะนักเรียน	พ่นรองพื้น2	QA	บู๊ชพ่นสี1	29400	30300
0204	ขาหลัง2	เก้าอี้นักเรียน	พ่นรองพื้น	QA	บู๊ชพ่นสี1	30300	31500
0201	ขาหน้า1	เก้าอี้นักเรียน	ขัดลูบผิว 4 ด้าน	OA	เครื่องขัดลูบ TOP	34200	36600
0107	พนังบน1	โต๊ะนักเรียน	ประกอบเฟรม	PB	ประกอบด้วยคน	26100	27600
0108	พนังบน2	โต๊ะนักเรียน	ประกอบเฟรม	PA	ประกอบ 1614eumaticแผงนอน	27000	28500

ตาราง ข1 ลำดับการผลิตชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม (ต่อ)

Part ID	Part Name	Product Name	Process Name	MC ID	MC Name	Start Time (sec)	End Time (sec)
0205	พนังบน1	เก้าอี้นักเรียน	พ่นทับหน้า 2 ด้าน	QB	บู๊ชพ่นสี	30600	31500
0206	พนังบน2	เก้าอี้นักเรียน	พ่นทับหน้า 2 ด้าน	QA	บู๊ชพ่นสี1	31500	32400
0109	พนังล่าง1	โต๊ะนักเรียน	พ่นทับหน้า 4 ด้าน	QB	บู๊ชพ่นสี2	31800	33300
0111	ยึดแผงขา	โต๊ะนักเรียน	ประกอบเฟรม	PB	ประกอบด้วยคน	27600	29100
0213	พนังหลัง	เก้าอี้นักเรียน	พ่นทับหน้า 3 ด้าน	QA	บู๊ชพ่นสี1	32700	34200
0203	ขาหลัง1	เก้าอี้นักเรียน	พ่นรองพื้น	QB	บู๊ชพ่นสี2	33300	34500
0202	ขาหน้า2	เก้าอี้นักเรียน	ขัดลูบผิว 4 ด้าน	OA	เครื่องขัดลูบ TOP	36600	39000
0208	พนังล่าง2	เก้าอี้นักเรียน	พ่นทับหน้า 3 ด้าน	QA	บู๊ชพ่นสี1	34200	35100
0212	พนังหน้า	เก้าอี้นักเรียน	ประกอบโครง	PA	ประกอบ 1614eumatic แผงนอน	28500	30600
0207	พนังล่าง1	เก้าอี้นักเรียน	ประกอบแผง	PB	ประกอบด้วยคน	29100	31200
0106	ขาโต๊ะด้านขวา	โต๊ะนักเรียน	ประกอบเฟรม	PA	ประกอบ 1614eumatic แผงนอน	30600	32100
0110	พนังล่าง2	โต๊ะนักเรียน	ประกอบเฟรม	PB	ประกอบด้วยคน	31200	32700
0105	ขาโต๊ะด้านซ้าย	โต๊ะนักเรียน	ประกอบเฟรม	PA	ประกอบ 1614eumatic แผงนอน	32100	33600

ตาราง ข1 ลำดับการผลิตชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม (ต่อ)

Part ID	Part Name	Product Name	Process Name	MC ID	MC Name	Start Time (sec)	End Time (sec)
0101	หน้าโต๊ะ	โต๊ะนักเรียน	ขัดลูบผิว2	OA	เครื่องขัดลูบ TOP	39000	40500
0204	ขาหลัง2	เก้าอี้นักเรียน	ขัดลูบผิว 4 ด้าน	OA	เครื่องขัดลูบ TOP	40500	42900
0201	ขาหน้า1	เก้าอี้นักเรียน	พ่นทับหน้า 4 ด้าน	QB	บู๊ชพ่นสี2	36600	38100
0205	พนังบน1	เก้าอี้นักเรียน	ประกอบแผง	PB	ประกอบด้วยคน	32700	34800
0206	พนังบน2	เก้าอี้นักเรียน	ประกอบแผง	PA	ประกอบ 1614eumatic แผงนอน	33600	35700
0109	พนังล่าง1	โต๊ะนักเรียน	ประกอบเฟรม	PB	ประกอบด้วยคน	34800	36300
0213	พนังหลัง	เก้าอี้นักเรียน	ประกอบโครง	PA	ประกอบ 1614eumatic แผงนอน	35700	37800
0203	ขาหลัง1	เก้าอี้นักเรียน	ขัดลูบผิว 4 ด้าน	OA	เครื่องขัดลูบ TOP	42900	45300
0202	ขาหน้า2	เก้าอี้นักเรียน	พ่นทับหน้า 4 ด้าน	QA	บู๊ชพ่นสี1	39000	40500
0208	พนังล่าง2	เก้าอี้นักเรียน	ประกอบแผง	PB	ประกอบด้วยคน	36300	38400
0101	หน้าโต๊ะ	โต๊ะนักเรียน	พ่นทับหน้า1	QB	บู๊ชพ่นสี2	40500	41400
0204	ขาหลัง2	เก้าอี้นักเรียน	พ่นทับหน้า 4 ด้าน	QA	บู๊ชพ่นสี1	42900	44400
0201	ขาหน้า1	เก้าอี้นักเรียน	ประกอบแผง	PA	ประกอบ 1614eumaticแผงนอน	38100	39600
0203	ขาหลัง1	เก้าอี้นักเรียน	พ่นทับหน้า 4 ด้าน	QB	บู๊ชพ่นสี2	45300	46800

ตาราง ข1 ลำดับการผลิตชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม (ต่อ)

Part ID	Part Name	Product Name	Process Name	MC ID	MC Name	Start Time (sec)	End Time (sec)
0202	ขาหน้า2	เก้าอี้นักเรียน	ประกอบแผง	PB	ประกอบด้วยคน	40500	42000
0101	หน้าโต๊ะ	โต๊ะนักเรียน	ขัดลูบผิว3	OA	เครื่องขัดลูบ TOP	45300	46800
0204	ขาหลัง2	เก้าอี้นักเรียน	ประกอบแผง	PA	ประกอบ 1614eumatic แผงนอน	44400	45900
0203	ขาหลัง1	เก้าอี้นักเรียน	ประกอบแผง	PB	ประกอบด้วยคน	46800	48300
0101	หน้าโต๊ะ	โต๊ะนักเรียน	พ่นทับหน้า2	QA	บู๊ชพ่นสี1	46800	47700
0101	หน้าโต๊ะ	โต๊ะนักเรียน	ประกอบสำเร็จ	PA	ประกอบ 1614eumatic แผงนอน	47700	49800

ภาคผนวก ค

ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
เก้าอี้A	ขาหน้า	เพลาะ(2:1:1)	0.24	3165
		เราท์เตอร์(หงาย ลบเหลี่ยม)	0.68	3060
		เจาะนอน(ปลายขา)	0.57	3079
		เจาะดิ่ง(ใส่แฮงเกอร์โบ้)	0.34	3080
		กลึง(ก๊อปปี้เลท)	1.2	3076
		แซนดิ้งเพลาะ	0.07	3160
		วาดแบบ	0.27	3187
		ใส่แฮงเกอร์โบล์ท	0.48	3082
		ปัด 2 หัว	0.2333333	3300
		ขัดสามเหลี่ยม	0.4	3093
		ขัดตกแต่ง	0.44	3205
		ตัดหยาบ	0.166	3334
		ขัดบัวนิ่ม	0.1966667	3087
		คว้าน	0.94	3054
		ไส(5 หัว รอบ 1)	0.09	3163
		เจาะนอน(ใส่ยันขาข้าง)	0.42	3079
		ไส(5 หัว รอบ 2)	0.1	3163
		ปัดเงา	0.245	3205
		กลึง(ลูกแก้ว)	0.9	3053
		ตัดละเอียด	0.4	3189
	ขาหลัง	วาดแบบ(หน้า 3,4)	0.19	3187
		เพลาะรวม	3.89	3165
		ก๊อปปี๊สไลด์(1-2)	2.32	3051
		เจาะรูปไข่(ใส่พนังหลัง)	0.43	3085
		เจาะนอน(ใส่พิงบน)	0.29	3079
		ขัดสามเหลี่ยม	0.78	3093

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
		ไส(2 หน้า)	0.18	3163
		แซนดิ้งเพลาะ(รอบ 1)	0.14	3160
		ตัดละเอียด(ปลายขา)	0.29	3189
		เพลาตั้ง(ตีปาดข้าง R-L)	0.33	3074
		ตัดหยาบ	0.2	3334
		ตัด(ไม้แผ่น)	1.11	3186
		เจาะนอน(รูรองท้าวแขน)	0.43	3079
		แซนดิ้งเพลาะ(รอบ 2)	0.14	3160
		คว้าน(ก่อนก๊อปปี้สไลด์)	0.13	3054
		เพลาะแก้ม	1	3165
		คว้าน(ไม้แผ่น)	0.36	3054
		เจาะนอน(ใส่ยันขาข้าง)	0.29	3079
		ขัดบัวนิ่ม	0.51	3087
		คว้าน(หน้า 3,4)	0.53	3054
		ก๊อปปี๊สไลด์(3-4)	0.57	3051
		เจาะนอน(ใส่รองพิงหลัง)	0.38	3079
		ไส(5 หัว รอบ 1)	0.11	3163
		วาดแบบ(ไม้แผ่น)	0.12	3187
		เจาะนอน(ปลายขา)	0.36	3079
		เจาะนอน(5 มิลคู่)	0.25	3079
	ขาหลัง1	ตัดหยาบ	0.166	3334
		ไส(5 หัว)	0.19	3163
		แซนดิ้งเพลาะ	0.24	3160
	ขาหลัง2	แซนดิ้งเพลาะ	0.2	3160
		ไส(5 หัว)	0.2	3163
		ตัดหยาบ	0.166	3334
	ขาหลัง3	ไส(5 หัว)	0.12	3163

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
		ตัดหยาบ	0.166	3334
		แซนดิ้งเพลาะ	0.12	3160
	แก้มขาหลัง1	แซนดิ้งเพลาะ	0.05	3160
		ตัดหยาบ	0.166	3334
		ไส(5หัว)	0.14	3163
	แก้มขาหลัง2	ไส(5หัว)	0.1	3163
		แซนดิ้งเพลาะ	0.05	3160
		ตัดหยาบ	0.166	3334
	แก้มขาหลัง3	ตัดหยาบ	0.166	3334
		ตัด(1=2)	0.37	3199
		ไส(5หัว)	0.1	3163
		แซนดิ้งเพลาะ	0.04	3160
	พนังหน้า	เพลาตั้ง(เซาะร่องตัวยึด)	0.18	3074
		เพลาตั้ง(ตีร่องด้านบน)	0.18	3074
		เจาะดิ่ง(2 รู)	0.36	3080
		เพลาตั้ง(เซาะร่อง 6 มิล)	0.15	3074
		ไส(5,6 หัว)	0.19	3163
		ตัดละเอียด	0.2	3189
		ขัดบัวนิ่ม	0.3	3087
		แซนดิ้งละเอียด	0.13	3161
		ปัด 2 หัว	0.34	3300
		ตัดหยาบ	0.166	3334
	พนังข้าง	แซนดิ้งละเอียด	0.1	3161
		เพลาตั้ง(เซาะร่องตัวยึด)	0.2	3074
		เจาะดิ่ง	0.48	3080
		เจาะรูปไข่(ใส่รองท้าวแขน)	0.65	3085
		ปัด 2 หัว	0.25	3300

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
		ตัดละเอียด(รอบ 1)	0.24	3189
		เพลาตั้ง(เซาะร่อง 6 มิล)	0.1	3074
		ตัดหยาบ	0.166	3334
		ขัดบัวนิ่ม	0.12	3087
		เพลาตั้ง(ตีร่องด้านบน)	0.15	3074
		ตัดละเอียด(บังใบ)	0.3	3189
		ไส(5,6 หัว)	0.15	3163
	พนังหลัง	ริปซอว์	0.03	3156
		ตัดหยาบ	0.166	3334
		แซนดิ้งละเอียด	0.13	3161
		ขัดบัวนิ่ม	0.4	3087
		ปอกเดือย(รูปไข่)	0.53	3084
		เจาะดิ่ง(2 รู)	0.32	3080
		ไส(5 หัว,2 หน้า)	0.12	3163
	พนังหลังใน	เจาะดิ่ง(รอบ 2)	0.53	3080
		เพลาตั้ง(เซาะร่องตัวยึด)	0.12	3074
		เจาะดิ่ง(รอบ 1)	0.53	3080
		เพลาตั้ง(ตีปาด)	0.4	3074
		แซนดิ้งละเอียด	0.19	3161
		ตัดละเอียด(รอบ 1)	0.29	3189
		ตัดหยาบ	0.166	3334
		ไส(5 หัว)	0.08	3163
		ตัดละเอียด(รอบ 2)	0.29	3189
	พิงบน	เจาะรูปไข่(ใส่ขาหลัง)	0.9	3085
		ตัดหยาบ	0.166	3334
		วาดแบบ	0.12	3187
		คว้าน(1:2=10)	0.47	3054

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
		เราท์เตอร์(คว่ำ หน้า1)	0.6	3055
		แซนดิ้งเพลาะ	0.13	3160
		วาดแบบ(3-4)	0.165	3187
		เพลาตั้ง(ตีหน้า 3)	0.9	3074
		ขัดบัวนิ่ม(วงใน)	0.75	3087
		ก๊อปปี๊สไลด์(1-2)	0.85	3051
		ตัดละเอียด	1.42	3189
		เจาะรูปไข่(ใส่พิงหลัง)	0.5	3085
		เพลาะ(9:1:5)	1.35	3165
		เราท์เตอร์(คว่ำ หน้า2)	0.83	3055
		เพลาตั้ง(ตีหน้า 4)	0.9	3074
		ขัดบัวนิ่ม	1.06	3087
		คว้าน(3-4)	1.53	3054
		ขัดสามเหลี่ยม	0.82	3093
		ไส(5 หัว)	0.18	3163
	พิงหลัง	แซนดิ้งละเอียด	0.15	3161
		ขัดบัวนิ่ม(มนหัวบน-ล่าง)	0.72	3087
		ไส(2 หน้า)	0.12	3163
		ตัดละเอียด	0.48	3189
		ไส(5 หัว)	0.08	3163
		NC	0.78	3144
		ขัดบัวนิ่ม(วงใน)	0.36	3087
		แซนดิ้งเพลาะ	0.06	3160
		ขัดบัวนิ่ม(ด้านข้าง)	0.36	3087
		ขัดชิ้นส่วน	1.5	3261
		ตัดหยาบ	0.166	3334
		เพลาะ(3:1:1)	0.32	3165

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
		ขัดสามเหลี่ยม	0.85	3093
	รองพิงหลัง	คว้าน(3-4)	0.6	3054
		ตัดหยาบ	0.166	3334
		ไส(2 หน้า)	0.2	3163
		เพลาตั้ง(รอบ 3)	0.56	3074
		ตัดละเอียด	0.36	3189
		วาดแบบ(1-2)	0.18	3187
		วาดแบบ(3-4)	0.12	3187
		เพลาตั้ง(รอบ 4)	0.59	3074
		เพลาตั้ง(ลอกแบบ 1-2)	0.48	3071
		ไส(5 หัว)	0.06	3163
		เพลาะ(9:1:5)	1.2	3165
		เจาะนอน(2 รู)	0.3	3079
		คว้าน(1-2)	0.96	3054
		ขัดบัวนิ่ม	0.8999999	3087
		เจาะรูปไข่(ใส่พิงหลัง)	0.36	3085
		แซนดิ้งเพลาะ	0.12	3160
		ขัดสามเหลี่ยม	0.36	3093
		แซนดิ้งเพลาะ	0.24	3160
		ไส(5 หัว)	0.14	3163
		ตัดหยาบ	0.166	3334
	ท้าวแขน	เพลาตั้ง(รอบ 2)	0.37	3074
		เจาะนอน(ใส่เดือย)	0.6	3079
		ตัดละเอียด	0.45	3189
		คว้าน	0.63	3054
		เพลาะแก้ม(รองท้าวแขน)	0.2766667	3131
		เพลาตั้ง(รอบ 1)	0.3	3074

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
		วาดแบบ	0.16	3187
		ตัดหยาบ	0.166	3334
		ไส(5 หัว,2 หน้า)	0.18	3163
		ขัดบัวนิ่ม	0.59	3087
		เจาะดิ่ง(15 มิล ใส่รองท้าวแขน)	0.33	3080
		แซนดิ้งละเอียด	0.18	3161
		เจาะดิ่ง(10 มิล คว้าน)	0.42	3080
		ขัดสามเหลี่ยม	0.1966667	3093
	รองท้าวแขน	ปัด 2 หัว	0.25	3300
		ขัดสามเหลี่ยม	0.57	3093
		เจาะดิ่ง(5 มิล)	0.24	3080
		เจาะดิ่ง(8 มิล)	0.43	3080
		ไส(6 หัว)	0.11	3157
		ตัดละเอียด(รอบ 2)	0.18	3189
		เจาะดิ่ง(รูคว้าน)	0.3	3080
		ตัดหยาบ	0.166	3334
		เราท์เตอร์(ลบ R10)	0.47	3060
		ตัดละเอียด(รอบ 1)	0.3	3189
		ขัดบัวนิ่ม	0.71	3087
		กลึง	0.01	2780
	แก้มรองท้าวแขน1	แซนดิ้งละเอียด	0.1	3161
		ตัดละเอียด(1=6)	0.18	3189
		ไส(5 หัว)	0.18	3163
		เจาะดิ่ง(10 มิล คว้าน)	0.33	3080
		ตัดหยาบ	0.166	3334
	ยันขาข้าง	แก๊งซอว์(1=3)	0.05	3155

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
		ตัดหยาบ	0.166	3334
		ไส(5 หัว)	0.1	3163
		เจาะดิ่ง(รู คว้าน)	0.6	3080
		ตัดละเอียด	0.24	3189
		ปัดเงา	0.15	3205
		เหลากลม(เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม.)	0.29	3253
	ตัวยึดหน้า	ไส(5 หัว)	0.08	3163
		ตัดหยาบ	0.166	3334
		ตัดละเอียด(1=2)	0.15	3189
		เจาะนอน(12 มิล)	0.33	3079
		เจาะดิ่ง	0.35	3080
	ตัวยึดหลัง	ตัดละเอียด(1=2)	0.3	3189
		เจาะดิ่ง	0.35	3080
		ตัดหยาบ	0.166	3334
		ไส(5 หัว)	0.15	3163
	ชุดท้าวแขน	ขัดตกแต่ง	0.56	3205
		ประกอบ	0.6	3131
		ปัดเงา	0.265	3205
	ชุดแผงหลัง	ขัดสามเหลี่ยม(รอยต่อแผงหลัง)	0.6	3093
		ประกอบ	2.03	3131
		ขัดตกแต่ง	3.005	3205
		ขัดบัวนิ่ม(รอยต่อ)	0.7	3087
	ชุดเฟรมพนัง	ขัดตกแต่ง	0.6	3205
		ประกอบ	0.5766667	3131
		เจาะนอน	0.48	3079
	ชุดเก้าอี้	ทำกล่อง	480	3236

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
		บรรจุ(แผงขาหลัง)	38	3020
เก้าอี้B	ขาหน้า	เราท์เตอร์	0.5	3060
		ตัดหยาบ	0.17	3334
		ตัดละเอียด	0.5	3189
		ประกอบ(ใส่เดือย)	0.08333334	3093
		ขัดบัวนิ่ม	0.3333333	3087
		คว้าน	1	3054
		ขัดสามเหลี่ยม	0.1666667	3093
		ขัดตกแต่ง(ส่งทำสี)	0.3333333	3205
		วาดแบบ	0.3	3187
		เราท์เตอร์(ลบR)	0.5	3060
		เจาะดิ่ง	0.35	3080
		เจาะรูปไข่	0.5	3085
		ไส(5,6 หัว)	0.15	3163
		เพลาตั้ง	0.5	3074
	ขาหลัง	แซนดิ้งเพลาะ	0.15	3160
		คว้าน(1=6)	1.5	3054
		เพลาตั้ง	1	3074
		ขัดบัวนิ่ม	0.5	3087
		เจาะรูปไข่	0.5	3085
		ตัดละเอียด	0.5	3189
		ไส(5,6 หัว)	0.2	3163
		วาดแบบ	0.5	3187
		เพลาะรวม(9:1)	3	3165
		ไส(2 หน้า)	0.15	3163
		ตัดหยาบ	0.25	3334
		ขัดสามเหลี่ยม	0.3333333	3093

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
	ขาหลัง1	ไส(5,6 หัว)	0.12	3163
		ตัดหยาบ	0.17	3334
		แซนดิ้งเพลาะ	0.12	3160
	ขาหลัง2	ตัดหยาบ	0.17	3334
		ไส(6 หัว)	0.12	3157
		แซนดิ้งเพลาะ	0.12	3160
	พนังหน้า	ไส(5,6 หัว)	0.12	3163
		แซนดิ้งละเอียด	0.12	3161
		ขัดบัวนิ่ม	0.3333333	3087
		คว้าน	1	3054
		เพลาตั้ง(เซาะร่อง)	0.5	3074
		ตัดละเอียด	0.5	3189
		เพลาตั้ง	0.5	3074
		ขัดสามเหลี่ยม	0.1666667	3093
		ตัดหยาบ	0.17	3334
		วาดแบบ	0.3	3187
	พนังหลัง	ตัดหยาบ	0.17	3334
		แซนดิ้งเพลาะ	0.12	3160
		ขัดบัวนิ่ม	0.3333333	3087
		ไส(5,6 หัว รอบ 1)	0.12	3163
		เพลาะ(2:1)	2	3165
		เพลาตั้ง	0.5	3074
		เจาะดิ่ง	0.35	3080
		ไส(5,6 หัว รอบ 2)	0.12	3163
		ปอกเดือย(รูปไข่)	0.5	3084
		แซนดิ้งละเอียด	0.12	3161
	พนังหลังใน	ตัดละเอียด	0.5	3189

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
		เพลาตั้ง(เซาะร่อง)	0.5	3074
		ไส(5,6 หัว)	0.12	3163
		เจาะดิ่ง	0.35	3080
		ตัดหยาบ	0.17	3334
	ยันขาข้าง	ไส(5,6 หัว)	0.12	3163
		ปอกเดือย(รูปไข่ 1 ด้าน)	0.5	3084
		ตัดละเอียด	0.5	3189
		แซนดิ้งละเอียด	0.12	3161
		เพลาตั้ง	0.5	3074
		ตัดหยาบ	0.17	3334
		คว้าน	1	3054
		ขัดบัวนิ่ม	0.3333333	3087
		วาดแบบ	0.3	3187
		ขัดสามเหลี่ยม	0.1666667	3093
		เจาะดิ่ง	0.35	3080
	ตัวยึดหน้า	เพลาตั้ง	0.5	3074
		ตัดละเอียด(1=2)	0.5	3189
		ไส(5,6 หัว)	0.12	3163
		เจาะดิ่ง	0.35	3080
		ตัดหยาบ	0.17	3334
	ตัวยึดหลัง	ตัดละเอียด	0.5	3189
		ไส(5,6 หัว)	0.12	3163
		เพลาตั้ง	0.5	3074
		ตัดหยาบ	0.17	3334
		เจาะดิ่ง	0.35	3080
	เดือย	ซอย(1=2)	0.12	3155
		ไส(2 หน้า)	0.12	3163

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
		ตัดหยาบ	0.17	3334
		ตัดละเอียด	0.5	3189
	พื้นนั่ง	NC	1	3144
	พิงบน	เพลาะ(2:1)	2	3165
		ขัดบัวนิ่ม	0.3333333	3087
		วาดแบบ	0.3	3187
		ตัดละเอียด	0.5	3189
		เพลาตั้ง(ลบR)	0.5	3074
		เจาะนอน	0.5	3079
		เพลาตั้ง	0.5	3074
		ไส(2 หน้า)	0.15	3163
		คว้าน	1	3054
		ริปซอว์	0.15	3156
		ไส(5,6 หัว)	0.15	3163
		เจาะดิ่ง	0.35	3080
		ตัดหยาบ	0.17	3334
		แซนดิ้งเพลาะ	0.12	3160
		ขัดสามเหลี่ยม	0.1666667	3093
	พิงหลัง#1	เพลาตั้ง	0.5	3074
		เจาะนอน	0.5	3079
		แซนดิ้งละเอียด	0.12	3161
		คว้าน(1=4)	1	3054
		ตัดละเอียด	0.5	3189
		วาดแบบ	0.3	3187
		ไส(2 หน้า)	0.15	3163
		ขัดสามเหลี่ยม	0.1666667	3093
		ขัดบัวนิ่ม	0.3333333	3087

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
		ตัดหยาบ	0.17	3334
	พิงหลัง#2	ขัดสามเหลี่ยม	0.1666667	3093
		เจาะนอน	0.5	3079
		ขัดบัวนิ่ม	0.3333333	3087
		คว้าน(1=4)	1	3054
		ตัดละเอียด	0.5	3189
		ตัดหยาบ	0.17	3334
		วาดแบบ	0.3	3187
		ไส(2 หน้า)	0.15	3163
		แซนดิ้งละเอียด	0.12	3161
		เพลาตั้ง	0.5	3074
	พิงหลัง#3	ขัดสามเหลี่ยม	0.1666667	3093
		ขัดบัวนิ่ม	0.3333333	3087
		วาดแบบ	0.3	3187
		คว้าน(1=4)	1	3054
		เพลาตั้ง	0.5	3074
		ตัดหยาบ	0.17	3334
		ไส(2 หน้า)	0.15	3163
		แซนดิ้งละเอียด	0.12	3161
		เจาะนอน	0.5	3079
		ตัดละเอียด	0.5	3189
	พิงหลัง#4	ขัดบัวนิ่ม	0.3333333	3087
		วาดแบบ	0.3	3187
		คว้าน(1=2)	1	3054
		ตัดละเอียด	0.5	3189
		ตัดหยาบ	0.17	3334
		ไส(2 หน้า)	0.15	3163

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
		เจาะนอน	0.5	3079
		แซนดิ้งละเอียด	0.12	3161
		ขัดสามเหลี่ยม	0.1666667	3093
		เพลาตั้ง	0.5	3074
	พิงหลัง#5	เจาะนอน	0.5	3079
		ขัดบัวนิ่ม	0.3333333	3087
		ตัดละเอียด	0.5	3189
		คว้าน(1=2)	1	3054
		ไส(2 หน้า)	0.15	3163
		แซนดิ้งละเอียด	0.12	3161
		เพลาตั้ง	0.5	3074
		วาดแบบ	0.3	3187
		ขัดสามเหลี่ยม	0.1666667	3093
		ตัดหยาบ	0.17	3334
	พิงหลังข้าง	ตัดหยาบ	0.17	3334
		เจาะดิ่ง	0.35	3080
		คว้าน	1	3054
		เจาะนอน	0.5	3079
		ขัดสามเหลี่ยม	0.1666667	3093
		ตัดละเอียด	0.5	3189
		ขัดบัวนิ่ม	0.3333333	3087
		วาดแบบ	0.3	3187
		เพลาตั้ง	0.5	3074
		ไส(2 หน้า)	0.15	3163
	พนังข้าง	แซนดิ้งละเอียด	0.12	3161
		วาดแบบ	0.3	3187
		ขัดบัวนิ่ม	0.3333333	3087

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
		ไส(2 หน้า)	0.15	3163
		เพลาตั้ง(เซาะร่อง)	0.5	3074
		ตัดหยาบ	0.17	3334
		ขัดสามเหลี่ยม	0.1666667	3093
		คว้าน	1	3054
		ตัดละเอียด	0.5	3189
		เพลาตั้ง	0.5	3074
	ชุดแผงหลัง	ขัดตกแต่ง	0.8333333	3205
		เจาะดิ่ง	1	3080
		ประกอบ	1	3131
	ชุดเฟรมพนัง	ขัดตกแต่ง	0.3333333	3205
		ประกอบ	0.5	3131
		เจาะนอน	1	3079
	ชุดเบาะพื้นนั่งเก้าอี้ S/C	ยิงยางยืด	0.455	3256
		เย็บคิ้ว	4	3242
		หุ้มเบาะ	8	3256
		ติดคิ้ว	12	3256
		ตัดฟองน้ำ	0.53	3244
		ติดฟองน้ำ	0.56	3256
		ตัดผ้า	0.55	3239
		ติดผ้าใต้เบาะ	3	3256
		บรรจุใส่ถุง	1.33	3256
	ชุดเก้าอี้	ทำกล่อง	480	3236
		ประกอบ(ขึ้นทำสี)	0.5	3131
		บรรจุ	480	3020
		ทำสี	3	3019

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
โต๊ะ	พนังยาว	เจาะดิ่ง(รอบ 2)	0.35	3080
		เพลาะ(8.5:1)	0.5	3165
		คว้าน(รอบ 1)	1	3054
		เราท์เตอร์(รอบ 1)	1	3060
		ตัดละเอียด(บังใบ)	0.5	3189
		แซนดิ้งละเอียด	0.3	3152
		ใส่ตัวหนอน	0.5	3082
		ขัดชิ้นส่วน	0.5	3261
		เราท์เตอร์(รอบ 2)	1	3060
		ไส(6 หัว)	0.25	3163
		ประกอบ(ติดเสริมพนังยาว1)	0.1666667	3135
		เพลาตั้ง(ตีขึ้นรูป)	1	3074
		วาดแบบ(รอบ 1)	0.3	3187
		เจาะดิ่ง(รอบ 1)	0.35	3080
		แซนดิ้งเพลาะ	0.25	3160
		เพลาตั้ง(ตีคัวก)	1	3074
		คว้าน(รอบ 2)	1	3054
		เจียร์	0.3333333	3261
		ผ่า(1=3)	0.25	3167
		วาดแบบ(รอบ 2)	0.3	3187
		ตัดหยาบ	0.25	3334
		ไส(5,6 หัว)	0.25	3163
	เสริมพนังยาว1	วาดแบบ	0.25	3187
		คว้าน(รอบ 2)	1	3054
		เพลาตั้ง(รอบ 2)	1	3074
		เราท์เตอร์(ขึ้นรูป)	1	3055
		เราท์เตอร์(บังใบ)	0.5	3060

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
		ปัด 2 หัว	0.5	3300
		แกะสลัก	3600	2619
		เพลาตั้ง(รอบ 1)	1	3074
		ไส(5,6 หัว)	0.35	3163
		ตัดหยาบ	0.25	3334
		เราท์เตอร์(ตีคิ้ว)	0.5	3060
		เราท์เตอร์(ลบ R)	0.5	3060
		คว้าน(รอบ 1)	1	3054
		ตัดละเอียด(บังใบ)	0.5	3189
	เสริมพนังยาว2	คว้าน(รอบ 2)	1	3054
		ตัดหยาบ	0.25	3334
		เราท์เตอร์(ตีคิ้ว)	0.5	3060
		เพลาตั้ง(รอบ 2)	1	3074
		แกะสลัก	3600	2619
		เราท์เตอร์(ขึ้นรูป)	1	3060
		ไส(5,6 หัว)	0.35	3163
		เพลาตั้ง(รอบ 1)	1	3074
		เราท์เตอร์(ลบ R)	1	3060
		คว้าน(รอบ 1)	1	3054
		วาดแบบ	0.25	3187
		เราท์เตอร์(บังใบ)	0.5	3060
		ตัดละเอียด(บังใบ)	0.5	3189
	พนังสั้น	ตัดละเอียด	0.5	3189
		พ่นรองพื้น(สีดำ)	0.25	3103
		ขัดบัวนิ่ม	0.5	3087
		ตัดหยาบ(จ๊อย)	0.25	3334
		แซนดิ้งละเอียด	0.3	3161

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
		เจาะดิ่ง	0.35	3080
		ไส(5,6 หัว)	0.3	3163
	ยึดพนัง	ตัดละเอียด(1=2)	0.5	3189
		ตัดหยาบ	0.166	3334
		ไส(5,6 หัว)	0.25	3163
		เจาะดิ่ง	0.35	3080
	หน้าโต๊ะ#1	ตัดละเอียดวีเนียร์(MP ท็อป#1)	0.5	3142
		ตัดละเอียดวีเนียร์(AD ขอบ# 2)	0.5	3142
		ตัดละเอียดวีเนียร์(MP ท็อป#2)	0.5	3142
		ตัดหยาบวีเนียร์(LC ด้านหลัง)	0.3	3141
		ตัดบอร์ด	0.5	3146
		ประกอบวีเนียร์(AD+MP หน้าโต๊ะ [รวม])	1	3151
		ทากาววีเนียร์(LC ด้านหลัง)	0.3	3211
		ตัดละเอียดวีเนียร์(AD ตัวกลาง)	0.5	3142
		ประกอบวีเนียร์(LC ด้านหลัง [ติดกระดาษกาว])	1	3151
		เย็บวีเนียร์(LC ด้านหลัง)	0.3	3143
		ตัดละเอียดวีเนียร์(AD ขอบ# 3)	0.5	3142
		ตัดละเอียดวีเนียร์(AD ขอบ# 1)	0.5	3142
	หน้าโต๊ะ#2	ตัดบอร์ด	0.5	3146
	เสริมหน้าโต๊ะ#1	ตัดบอร์ด	0.5	3146
	ขอบหน้าโต๊ะตัวยาว	พ่นรองพื้น(สีดำ)	0.15	3103
		เพลาตั้ง	1	3074
		แซนดิ้งละเอียด	0.25	3161

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
		เจาะดิ่ง	0.35	3080
		ขัดบัวนิ่ม	0.3333333	3087
		ปัด 2 หัว	0.5	3300
		ขัดชิ้นส่วน	0.5	3261
		ไส(2 หน้า)	0.35	3163
		ตัดละเอียด	0.5	3189
		ไส(ขึ้นรูป)	0.35	3159
		ตัดหยาบ	0.2	3334
		แก๊งซอว์(1=2)	0.3	3155
	ไม้เสริมขอบหน้าโต๊ะ	ตัดหยาบ(จ๊อย)	0.25	3334
		ไส(5,6 หัว)	0.25	3163
	ขอบหน้าโต๊ะตัวสั้น#1	ตัดหยาบ	0.25	3334
		แซนดิ้งละเอียด	0.25	3161
		เจาะดิ่ง	0.35	3080
		เพลาตั้ง	1	3074
		ตัดละเอียด	0.5	3189
		พ่นรองพื้น(สีดำ)	0.15	3103
		ไส(5,6 หัว)	0.25	3163
		ไส(ขึ้นรูป)	0.35	3159
		ปัด 2 หัว	0.5	3300
		ขัดชิ้นส่วน	0.5	3261
		ขัดบัวนิ่ม	0.3333333	3087
	ขอบหน้าโต๊ะตัวสั้น#2	ปัด 2 หัว	0.5	3300
		พ่นรองพื้น(สีดำ)	0.15	3103

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
		ขัดบัวนิ่ม	0.3333333	3087
		ตัดละเอียด(1=2)	0.5	3189
		ไส(2 หน้า)	0.25	3163
		ขัดชิ้นส่วน	0.5	3261
		แก๊งซอว์(1=2)	0.3	3155
		แซนดิ้งละเอียด	0.25	3161
		เพลาตั้ง	1	3074
		เจาะดิ่ง	0.35	3080
		ตัดหยาบ	0.166	3334
		ไส(ขึ้นรูป)	0.35	3159
	ขอบหน้าโต๊ะตัวมุม	ตัดหยาบ	0.166	3334
		ขัดบัวนิ่ม	0.3333333	3087
		เพลาตั้ง(รอบ 1)	1	3074
		ขัดชิ้นส่วน	0.5	3261
		วาดแบบ	0.15	3187
		ปัด 2 หัว	0.25	3300
		ตัดละเอียด	0.5	3189
		แซนดิ้งละเอียด	0.5	3161
		พ่นรองพื้น(สีดำ)	0.15	3103
		ไส(2 หน้า)	0.3	3163
		คว้าน	1	3054
		เพลาตั้ง(รอบ 2)	0.5	3074
		เจาะดิ่ง	0.35	3080
	แผ่นรีฟ	ตัดหยาบวีเนียร์(LC ด้านหลัง)	0.3	3141
		ประกอบวีเนียร์(LC ด้านหลัง [ติดกระดาษกาว])	0.75	3151

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
		ตัดบอร์ด	0.5	3146
		ทากาววีเนียร์(LC ด้านหลัง)	0.3	3211
		ตัดละเอียดวีเนียร์(AD ขอบ#1)	0.5	3142
		ตัดละเอียดวีเนียร์(AD ตัวกลาง)	0.5	3142
		ตัดละเอียดวีเนียร์(AD ขอบ#2)	0.5	3142
		ตัดละเอียดวีเนียร์(MP รีฟ)	0.5	3142
		ประกอบวีเนียร์(AD+MP รีฟ [รวม])	0.75	3151
		เย็บวีเนียร์(LC ด้านหลัง)	0.3	3143
	ขอบแผ่นรีฟ	ตัดหยาบ	0.166	3334
		ไส(2 หน้า)	0.25	3163
		แซนดิ้งละเอียด	0.25	3161
		เจาะดิ่ง	0.35	3080
		เพลาตั้ง	1	3074
		ขัดชิ้นส่วน	0.5	3261
		แก๊งซอว์(1=2)	0.3	3155
		ปัด 2 หัว	0.5	3300
		ตัดละเอียด	0.5	3189
		ไส(ขึ้นรูป)	0.35	3159
		ขัดบัวนิ่ม	0.3333333	3087
		พ่นรองพื้น(สีดำ)	0.15	3103
	ไม้เสริมขอบแผ่นรีฟ	ตัดหยาบ(จ๊อย)	0.25	3334
		ไส(5,6 หัว)	0.25	3163
	เสริมแผ่นรีฟ1	ตัดบอร์ด	0.5	3146
	รางสไลด์#1	ตัดละเอียด	0.5	3189
		เพลาตั้ง(รอบ 1)	0.5	3074

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
		ไส(5,6 หัว รอบ 1)	0.25	3163
		แซนดิ้งเพลาะ	0.25	3160
		เจาะดิ่ง	0.35	3080
		เพลาตั้ง(รอบ 2)	0.5	3074
		ขัดบัวนิ่ม	0.3333333	3087
		เพลาะ(5:1)	0.5	3165
		แก๊งซอว์(1=3)	0.3	3155
		ไส(5,6 หัว รอบ 2)	0.25	3163
		เราท์เตอร์(ตีหางเหยี่ยว)	0.5	3060
		เราท์เตอร์(ลบ R)	0.5	3060
		ปัด 2 หัว	0.5	3300
		ตัดหยาบ(จ๊อยเพลาะ)	0.25	3334
	รางสไลด์#2	ไส(5,6 หัว รอบ 2)	0.25	3163
		เพลาะ(5:1)	0.5	3165
		เราท์เตอร์(ลบ R)	0.5	3060
		แก๊งซอว์(1=3)	0.3	3155
		เจาะดิ่ง	0.35	3080
		ตัดหยาบ(จ๊อยเพลาะ)	0.25	3334
		เพลาตั้ง	0.5	3074
		ตัดละเอียด	0.5	3189
		ปัด 2 หัว	0.5	3300
		เราท์เตอร์(ตีหางเหยี่ยว)	0.5	3060
		ไส(5,6 หัว รอบ 1)	0.25	3163
		แซนดิ้งเพลาะ	0.25	3160
	ไส้รางสไลด์#1	ไส(2 หน้า)	0.3	3163
		แก๊งซอว์(1=4)	0.3	3155
		ตัดหยาบ	0.166	3334

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
		ตัดละเอียด	0.5	3189
		เพลาตั้ง(รอบ 1)	0.5	3074
		เพลาตั้ง(รอบ 2)	0.5	3074
	ไส้รางสไลด์#2	ตัดละเอียด(1=2)	0.5	3189
		แก๊งซอว์(1=4)	0.3	3155
		ตัดหยาบ	0.166	3334
		ไส(2 หน้า)	0.3	3163
	กลุ่มรางสไลด์	ประกอบ	0.5	3135
		ขัดตกแต่ง(ส่งสี)	1	3121
	พื้นหัวเตียง	ลงฟิลเลอร์	1	3103
		ขัดตกแต่ง(ขัดหน้า)	3	3103
	กลุ่มหน้าโต๊ะ (แผ่นรีฟ)	ลงฟิลเลอร์	0.6666667	3103
		แซนดิ้งวีเนียร์	0.25	3147
		เจาะนอน	1	3191
		เพรส	3	3145
		สโตรก	3	3107
		เข้าขอบ-เพลาะ	3	3223
		NC	3	3144
		พ่นรองพื้น(สีดำ)	0.3	3103
		แซนดิ้งหัวเหล็ก	1	3149
		ขัดตกแต่ง(ขัดหน้า)	3	3103
	กลุ่มหน้าโต๊ะ#1	แซนดิ้งหัวเหล็ก	1	3149
		แซนดิ้งวีเนียร์	0.25	3147
		เพรส	3	3145
		ขัดขอบ	2	3103

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
		สโตรก	5	3107
		เข้าขอบ-เพลาะ	3	3223
		NC	5	3144
		เจาะนอน	1	3191
		ขัดตกแต่ง(ขัดหน้า)	3	3103
		ลงฟิลเลอร์	1	3103
		พ่นรองพื้น(สีดำ)	0.3	3103
	กลุ่มหน้าโต๊ะ#2(ขอบ)	ประกอบ	0.5	3135
	ชุดหน้าโต๊ะ	ขัดตกแต่ง	1.333333	3121
		ทำกล่อง	480	3236
		ทำสี	4	3019
		บรรจุ	20	3020
		ประกอบ	0.8333333	3135
โต๊ะกาแฟ	ขาโต๊ะ	แซนดิ้งเพลาะ	0.35	3160
	ขาโต๊ะ	คว้าน	1	3054
	ขาโต๊ะ	ตัดหยาบ	0.166	3334
	ขาโต๊ะ	เพลาตั้ง(ขึ้นรูป)	1	3074
	ขาโต๊ะ	ไส(5,6 หัว รอบ 1)	0.35	3163
	ขาโต๊ะ	วาดแบบ	0.5	3187
	ขาโต๊ะ	เพลาะ(2:1)	0.5	3165
	ขาโต๊ะ	ไส(5,6 หัว รอบ 2)	0.35	3163
	ขาโต๊ะ	ขัดบัวนิ่ม	0.3333333	3087
	ขาโต๊ะ	ขัดสามเหลี่ยม	0.25	3093
	ขาโต๊ะ	เจาะดิ่ง	0.35	3080
	ขาโต๊ะ	ตัดละเอียด	0.5	3189
	ขาโต๊ะ	เจาะนอน	0.5	3079

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
	แผงข้าง	เจาะนอน	0.5	3079
	แผงข้าง	ประกอบวีเนียร์(LC [ติดกระดาษกาว])	0.25	3151
	แผงข้าง	ซอย(1=2)	0.5	3068
	แผงข้าง	ตัดหยาบวีเนียร์(WO)	0.5	3141
	แผงข้าง	แซนดิ้งวีเนียร์	0.5	3147
	แผงข้าง	ประกอบวีเนียร์(WO [ติดกระดาษกาว])	0.25	3151
	แผงข้าง	ตัดหยาบวีเนียร์(LC)	0.5	3141
	แผงข้าง	เพรสขอบ(1 ด้าน)	0.5	3222
	แผงข้าง	สโตรก	2	3107
	แผงข้าง	ตัดบอร์ด	0.5	3146
	แผงข้าง	เพรส	0.5	3145
	แผงข้าง	ขัดชิ้นส่วน	0.5	3261
	แผงหลัง	เพรส	0.5	3145
	แผงหลัง	แซนดิ้งวีเนียร์	0.5	3147
	แผงหลัง	ตัดหยาบวีเนียร์(LC)	0.5	3141
	แผงหลัง	ขัดชิ้นส่วน	0.5	3261
	แผงหลัง	ซอย(1=2)	0.5	3068
	แผงหลัง	ตัดบอร์ด	0.5	3146
	แผงหลัง	เพรสขอบ(1 ด้าน)	0.5	3222
	แผงหลัง	เจาะนอน	0.5	3079
	แผงหลัง	ตัดหยาบวีเนียร์(WO)	0.5	3141
	แผงหลัง	ประกอบวีเนียร์(WO [ติดกระดาษกาว])	0.25	3151
	แผงหลัง	สโตรก	2	3107
	ขอบหน้าโต๊ะตัวสั้น	คว้าน	0.5	3054

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
	ขอบหน้าโต๊ะตัวสั้น	ขัดบัวนิ่ม	0.1666667	3087
	ขอบหน้าโต๊ะตัวสั้น	แซนดิ้งละเอียด	0.35	3161
	ขอบหน้าโต๊ะตัวสั้น	เจาะนอน	0.5	3079
	ขอบหน้าโต๊ะตัวสั้น	ไส(5,6 หัว)	0.35	3163
	ขอบหน้าโต๊ะตัวสั้น	เพลาตั้ง(ขึ้นรูป)	1	3074
	ขอบหน้าโต๊ะตัวสั้น	ตัดละเอียด(องศา)	0.5	3189
	ขอบหน้าโต๊ะตัวสั้น	วาดแบบ	0.5	3187
	ขอบหน้าโต๊ะตัวสั้น	ตัดหยาบ	0.166	3334
	ขอบหน้าโต๊ะตัวสั้น	ขัดสามเหลี่ยม	0.125	3093
	ขอบหน้าโต๊ะตัวยาว	ตัดละเอียด(องศา)	0.5	3189
	ขอบหน้าโต๊ะตัวยาว	คว้าน	0.5	3054
	ขอบหน้าโต๊ะตัวยาว	เพลาตั้ง(ขึ้นรูป)	1	3074
	ขอบหน้าโต๊ะตัวยาว	ตัดหยาบ	0.2	3334
	ขอบหน้าโต๊ะตัวยาว	แซนดิ้งละเอียด	0.35	3161
	ขอบหน้าโต๊ะตัวยาว	ไส(5,6 หัว)	0.35	3163
	ขอบหน้าโต๊ะตัวยาว	เจาะรูปไข่	0.5	3085
	ขอบหน้าโต๊ะตัวยาว	เราท์เตอร์(ลบ R)	0.5	3060
	ขอบหน้าโต๊ะตัวยาว	วาดแบบ	0.5	3187
	ขอบหน้าโต๊ะตัวยาว	ขัดบัวนิ่ม	0.1666667	3087
	ขอบหน้าโต๊ะตัวยาว	ขัดสามเหลี่ยม	0.125	3093
	หน้าลิ้นชัก	สโตรก	2	3107
	หน้าลิ้นชัก	ประกอบวีเนียร์(BE [ติดกระดาษกาว])	0.75	3151
	หน้าลิ้นชัก	เราท์เตอร์(ตีหางเหยี่ยว)	0.5	3060
	หน้าลิ้นชัก	แซนดิ้งวีเนียร์	0.3	3147
	หน้าลิ้นชัก	เราท์เตอร์(เซาะร่อง)	0.5	3060
	หน้าลิ้นชัก	ขัดขอบ	0.04166667	3103

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
	หน้าลิ้นชัก	ซอย(1=2)	0.5	3068
	หน้าลิ้นชัก	เราท์เตอร์(เซาะร่องใส่พื้น)	0.5	3060
	หน้าลิ้นชัก	เพรส	0.5	3145
	หน้าลิ้นชัก	ตัดหยาบวีเนียร์(WO)	0.5	3141
	หน้าลิ้นชัก	ประกอบวีเนียร์(WO [ติดกระดาษกาว])	0.25	3151
	หน้าลิ้นชัก	เราท์เตอร์(ตีควักมือจับ)	0.5	3060
	หน้าลิ้นชัก	ทำสีขอบ(4 ด้าน)	0.125	3103
	หน้าลิ้นชัก	ขัดชิ้นส่วน	0.8333335	3261
	หน้าลิ้นชัก	ตัดบอร์ด	0.5	3146
	ข้างลิ้นชัก	ปั๊มตรา(TREES ด้านซ้ายของลิ้นชักบนซ้าย/มองเข้า)	1	3230
	ข้างลิ้นชัก	แซนดิ้งละเอียด	0.5	3161
	ข้างลิ้นชัก	ตัดละเอียด	0.5	3189
	ข้างลิ้นชัก	เพลาตั้ง(ลบ R)	0.5	3074
	ข้างลิ้นชัก	ขัดบัวนิ่ม	0.1666667	3087
	ข้างลิ้นชัก	เพลาตั้ง(เซาะร่อง)	0.5	3074
	ข้างลิ้นชัก	ผ่า(1=2)	0.5	3167
	ข้างลิ้นชัก	เราท์เตอร์(ตีหางเหยี่ยว)	0.5	3060
	ข้างลิ้นชัก	ขัดรีด	0.5	3190
	ข้างลิ้นชัก	ไส(5 หัว)	0.35	3163
	ข้างลิ้นชัก	ตัดหยาบ	0.166	3334
	หลังลิ้นชัก	เพลาตั้ง(เซาะร่อง)	0.5	3074
	หลังลิ้นชัก	ขัดบัวนิ่ม	0.1666667	3087
	หลังลิ้นชัก	ตัดหยาบ	0.166	3334
	หลังลิ้นชัก	ผ่า(1=2)	0.5	3167
	หลังลิ้นชัก	แซนดิ้งละเอียด	0.5	3161

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
	หลังลิ้นชัก	ตัดละเอียด(บังใบ)	0.5	3189
	หลังลิ้นชัก	ตัดละเอียด	0.5	3189
	หลังลิ้นชัก	เพลาตั้ง(ลบ R)	0.5	3074
	หลังลิ้นชัก	เราท์เตอร์(ตีหางเหยี่ยว)	0.5	3060
	หลังลิ้นชัก	ขัดรีด	0.5	3190
	หลังลิ้นชัก	ไส(5 หัว)	0.35	3163
	พื้นลิ้นชัก	เพรส	0.5	3145
	พื้นลิ้นชัก	ตัดบอร์ด	0.5	3146
	พื้นลิ้นชัก	แซนดิ้งวีเนียร์	0.3	3147
	พื้นลิ้นชัก	ประกอบวีเนียร์(LC [ติดกระดาษกาว])	0.25	3151
	พื้นลิ้นชัก	ตัดหยาบวีเนียร์(BE)	0.5	3141
	พื้นลิ้นชัก	สโตรก	2	3107
	พื้นลิ้นชัก	ตัดหยาบวีเนียร์(LC)	0.5	3141
	พื้นลิ้นชัก	ประกอบวีเนียร์(BE [ติดกระดาษกาว])	0.75	3151
	พื้นลิ้นชัก	ซอย	0.5	3068
	พื้นลิ้นชัก	ขัดชิ้นส่วน	0.3333333	3261
	รางลิ้นชักตัวเมีย	ตัดละเอียด(บังใบ)	0.5	3189
	รางลิ้นชักตัวเมีย	เพลาตั้ง	0.5	3074
	รางลิ้นชักตัวเมีย	เราท์เตอร์(หางเหยี่ยว)	0.5	3060
	รางลิ้นชักตัวเมีย	ตัดละเอียด	0.5	3189
	รางลิ้นชักตัวเมีย	ตัดหยาบ	0.166	3334
	รางลิ้นชักตัวเมีย	ไส(5,6 หัว)	0.35	3163
	รองราง	ตัดละเอียด	0.5	3189
	รองราง	ตัดหยาบ	0.166	3334
	รองราง	เจาะนอน	0.5	3079

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
	รองราง	ไส(5,6 หัว)	0.25	3163
	ไม้เดือย	เราท์เตอร์(ลบ R)	0.5	3060
	ไม้เดือย	ตัดหยาบ	0.166	3334
	ไม้เดือย	ไส(5,6 หัว)	0.25	3163
	ไม้เดือย	แก๊งซอว์(1=3)	0.3	3155
	ไม้นิ้ว	ตัดละเอียด	0.5	3189
	ไม้นิ้ว	ไส(5 หัว)	0.25	3163
	ไม้นิ้ว	ตัดหยาบ	0.166	3334
	ไม้นิ้ว	แก๊งซอว์(1=2)	0.3	3155
	ไม้นิ้ว	เจาะดิ่ง	0.35	3080
	หน้าโต๊ะ	เพรส	1	3145
	หน้าโต๊ะ	ตัดบอร์ด	0.5	3146
	หน้าโต๊ะ	ตัดหยาบวีเนียร์(WO)	0.5	3141
	หน้าโต๊ะ	สโตรก	5	3107
	หน้าโต๊ะ	ขัดตกแต่ง(ขัดหน้า)	0.1666667	3103
	หน้าโต๊ะ	ตัดหยาบวีเนียร์(LC)	0.5	3141
	หน้าโต๊ะ	NC	2	3144
	หน้าโต๊ะ	ประกอบวีเนียร์(1 WO)	0.3333333	3151
	หน้าโต๊ะ	แซนดิ้งวีเนียร์	0.5	3147
	หางเหยี่ยว	เพลาตั้ง(หางเหยี่ยว)	0.5	3074
	หางเหยี่ยว	ตัดละเอียด(องศา)	0.5	3189
	หางเหยี่ยว	ไส(5 หัว)	0.25	3163
	หางเหยี่ยว	แซนดิ้งละเอียด	0.35	3161
	หางเหยี่ยว	แก๊งซอว์(1=2)	0.3	3155
	หางเหยี่ยว	ตัดหยาบ	0.166	3334
	หางเหยี่ยว	เจาะดิ่ง(คว้าน)	0.35	3080
	กลุ่มหน้าโต๊ะ	เพรส	1	3145

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
	กลุ่มหน้าโต๊ะ	ขัดตกแต่ง(ขัดหน้า)	0.1388889	3103
	กลุ่มหน้าโต๊ะ	แซนดิ้งหัวเหล็ก	0.5	3149
	กลุ่มหน้าโต๊ะ	แซนดิ้งวีเนียร์	0.5	3147
	กลุ่มหน้าโต๊ะ	NC	2	3144
	โครงหน้ากลาง	ตัดละเอียด(1=4)	0.5	3189
	โครงหน้ากลาง	ตัดหยาบ	0.166	3334
	โครงหน้ากลาง	เจาะนอน	0.5	3079
	โครงหน้ากลาง	ขัดบัวนิ่ม	0.1666667	3087
	โครงหน้ากลาง	แซนดิ้งละเอียด	0.35	3161
	โครงหน้ากลาง	ไส(5,6 หัว)	0.35	3163
	โครงกั้นลิ้นชัก#1	แซนดิ้งละเอียด	0.35	3161
	โครงกั้นลิ้นชัก#1	เจาะดิ่ง	0.35	3080
	โครงกั้นลิ้นชัก#1	ไส(5,6 หัว)	0.35	3163
	โครงกั้นลิ้นชัก#1	เจาะนอน	0.5	3079
	โครงกั้นลิ้นชัก#1	ขัดบัวนิ่ม	0.1666667	3087
	โครงกั้นลิ้นชัก#1	ตัดละเอียด	0.5	3189
	โครงกั้นลิ้นชัก#1	ตัดหยาบ	0.166	3334
	โครงกั้นลิ้นชัก#1	แก๊งซอว์(1=2)	0.3	3155
	โครงกั้นลิ้นชัก#2	เจาะดิ่ง	0.35	3080
	โครงกั้นลิ้นชัก#2	ตัดละเอียด	0.5	3189
	โครงกั้นลิ้นชัก#2	แซนดิ้งละเอียด	0.35	3161
	โครงกั้นลิ้นชัก#2	เจาะนอน	0.5	3079
	โครงกั้นลิ้นชัก#2	ขัดบัวนิ่ม	0.1666667	3087
	โครงกั้นลิ้นชัก#2	ไส(5,6 หัว)	0.35	3163
	โครงกั้นลิ้นชัก#2	ตัดหยาบ	0.166	3334
	กลุ่มลิ้นชัก	ขัดตกแต่ง	0.5	3205
	กลุ่มลิ้นชัก	ประกอบ	0.5	3131

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
	ชุดขาโต๊ะ	ประกอบ	0.8333335	3135
	ชุดโต๊ะกาแฟ	บรรจุ	13	3020
	ชุดโต๊ะกาแฟ	ทำกล่อง	8.25	3236
	ชุดโต๊ะกาแฟ	ทำสี	4	3019
	ชุดโต๊ะกาแฟ	ประกอบ	2.5	3135
	ชุดโต๊ะกาแฟ	ขัดตรวจ	2.5	3121
เตียง	พื้นหัวเตียง	เพรส	2	3145
	พื้นหัวเตียง	สโตรก	5	3107
	พื้นหัวเตียง	NC	2	3144
	พื้นหัวเตียง	ทากาวีเนียร์(LC)	0.33	3211
	พื้นหัวเตียง	ตัดละเอียดวีเนียร์(OAK)	0.5	3142
	พื้นหัวเตียง	เย็บวีเนียร์(LC)	0.25	3143
	พื้นหัวเตียง	ประกอบวีเนียร์(OAK [รอบ 2])	1.5	3151
	พื้นหัวเตียง	ประกอบวีเนียร์(LC [ติดกระดาษกาว])	0.125	3151
	พื้นหัวเตียง	แซนดิ้งวีเนียร์	0.5	3147
	พื้นหัวเตียง	ขัดชิ้นส่วน	1.25	3261
	พื้นหัวเตียง	ตัดบอร์ด	0.5	3146
	พื้นหัวเตียง	ตัดหยาบวีเนียร์(OAK)	0.5	3141
	พื้นหัวเตียง	ตัดหยาบวีเนียร์(LC)	0.5	3141
	พื้นหัวเตียง	ประกอบวีเนียร์(OAK [รอบ 1])	0.5	3151
	เสาหัวเตียง	ปัด 2 หัว	0.25	3300
	เสาหัวเตียง	ตัดละเอียด	0.5	3189
	เสาหัวเตียง	เจาะนอน	0.5	3079
	เสาหัวเตียง	เจาะดิ่ง(รอบ 3)	0.35	3080

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
	เสาหัวเตียง	เจาะดิ่ง(รอบ 4)	0.35	3080
	เสาหัวเตียง	แกะสลัก	3500	2619
	เสาหัวเตียง	ขัดสามเหลี่ยม	0.25	3093
	เสาหัวเตียง	ขัดบัวนิ่ม	0.25	3087
	เสาหัวเตียง	ขัดชิ้นส่วน	0.5	3261
	เสาหัวเตียง	เพลาะรวม	0.5	3165
	เสาหัวเตียง	ไส(2 หน้า)	0.25	3163
	เสาหัวเตียง	แซนดิ้งละเอียด	0.25	3161
	เสาหัวเตียง	วาดแบบ(รอบ 1)	0.15	3187
	เสาหัวเตียง	คว้าน(รอบ 1)	0.5	3054
	เสาหัวเตียง	เพลาตั้ง(รอบ 1)	0.5	3074
	เสาหัวเตียง	เพลาตั้ง(รอบ 2)	0.5	3074
	เสาหัวเตียง	เพลาตั้ง(รอบ 3)	0.5	3074
	เสาหัวเตียง	วาดแบบ(รอบ 2)	0.15	3187
	เสาหัวเตียง	คว้าน(รอบ 2)	0.5	3054
	เสาหัวเตียง	เราท์เตอร์(เดินลาย)	0.5	3055
	เสาหัวเตียง	เราท์เตอร์(ตีปาด)	0.5	3055
	เสาหัวเตียง	เราท์เตอร์(รอบ 3)	0.5	3060
	เสาหัวเตียง	เราท์เตอร์(รอบ 4)	0.5	3060
	เสาหัวเตียง	เราท์เตอร์(รอบ 5)	0.5	3060
	เสาหัวเตียง	เจียร์	0.375	3261
	เสาหัวเตียง	เจาะดิ่ง(รอบ 1)	0.5	3080
	เสาหัวเตียง	เจาะดิ่ง(รอบ 2)	0.5	3080
	เสาหัวเตียง	ตัดหยาบ(จ๊อย)	0.25	3334
	เสาหัวเตียง	ไส(5,6 หัว, 2 หน้า)	0.25	3163
	เสาหัวเตียง	แซนดิ้งเพลาะ	0.25	3160
	พนังล่างหัวเตียง	ซอย(1=4)	0.2	3068

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
	พนังล่างหัวเตียง	เจาะนอน	0.33	3079
	พนังล่างหัวเตียง	เพรส	3	3145
	พนังล่างหัวเตียง	ตัดละเอียด	0.5	3189
	พนังล่างหัวเตียง	แซนดิ้งวีเนียร์	0.35	3147
	พนังล่างหัวเตียง	สโตรก	3	3107
	พนังล่างหัวเตียง	ตัดบอร์ด	0.5	3146
	พนังล่างหัวเตียง	เย็บวีเนียร์(LC หน้า/หลัง)	0.33	3143
	พนังล่างหัวเตียง	ตัดหยาบวีเนียร์(LC หน้า/หลัง)	0.5	3141
	พนังล่างหัวเตียง	ทากาววีเนียร์(LC หน้า/หลัง)	0.33	3211
	พนังล่างหัวเตียง	ประกอบวีเนียร์(LC หน้า/หลัง [ติดกระดาษกาว])	0.125	3151
	ตีนล่างหัวเตียง	ตัดละเอียด	0.5	3189
	ตีนล่างหัวเตียง	ขัดบัวนิ่ม	0.25	3087
	ตีนล่างหัวเตียง	ตัดหยาบ	0.166	3334
	ตีนล่างหัวเตียง	ไส(5,6 หัว)	0.25	3163
	ตีนล่างหัวเตียง	แซนดิ้งเพลาะ	0.25	3160
	ตีนล่างหัวเตียง	เพลาะ(3:1)	0.35	3165
	ตีนล่างหัวเตียง	ไส(2 หน้า)	0.25	3163
	ตีนล่างหัวเตียง	แซนดิ้งเพลาะ	0.25	3160
	ตีนล่างหัวเตียง	เพลาะ(2:1)	0.5	3165
	ตีนล่างหัวเตียง	เพลาตั้ง(ลบแหลี่ยม)	0.5	3074
	ตีนล่างหัวเตียง	กลึง(ช่างพล)	0.01	2780
	ตีนล่างหัวเตียง	เจาะดิ่ง(ใส่แฮงแกอร์โบล์ท)	0.35	3080
	ตีนล่างหัวเตียง	ใส่แฮงเกอร์โบล์ท	0.5	3082
	ตีนล่างหัวเตียง	ปัด 2 หัว	0.125	3300
	ยึดพื้นหัวเตียง	ตัดละเอียด	0.5	3189

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
	ยึดพื้นหัวเตียง	เจาะนอน	0.5	3079
	ยึดพื้นหัวเตียง	เราท์เตอร์	0.5	3060
	ยึดพื้นหัวเตียง	ขัดบัวนิ่ม	0.25	3087
	ยึดพื้นหัวเตียง	ตัดหยาบ(จ๊อย)	0.25	3334
	ยึดพื้นหัวเตียง	ไส(5,6 หัว)	0.25	3163
	ยึดพื้นหัวเตียง	แก๊งซอว์	0.15	3155
	ยึดพื้นหัวเตียง	แซนดิ้งละเอียด	0.25	3161
	ยึดพื้นหัวเตียง	เพลาตั้ง(รอบ 1)	0.5	3074
	ยึดพื้นหัวเตียง	เพลาตั้ง(รอบ 2)	0.5	3074
	ไม้รองพื้นหัวเตียง	เจาะดิ่ง	0.33	3080
	ไม้รองพื้นหัวเตียง	ตัดหยาบ	0.166	3334
	ไม้รองพื้นหัวเตียง	ไส(5 หัว)	0.25	3163
	ไม้รองพื้นหัวเตียง	แซนดิ้งละเอียด	0.25	3161
	ไม้รองพื้นหัวเตียง	เพลาตั้ง	0.5	3074
	ไม้รองพื้นหัวเตียง	ขัดบัวนิ่ม	0.5	3087
	ไม้รองพื้นหัวเตียง	ตัดละเอียด	0.5	3189
	พิงบนหัวเตียง	คว้าน	0.5	3054
	พิงบนหัวเตียง	วาดแบบ	0.15	3187
	พิงบนหัวเตียง	ตัดละเอียด	0.5	3189
	พิงบนหัวเตียง	เจาะนอน(รอบ 1)	0.5	3079
	พิงบนหัวเตียง	เพลาตั้ง(รอบ 1)	0.5	3074
	พิงบนหัวเตียง	เพลาตั้ง(รอบ 2)	0.5	3074
	พิงบนหัวเตียง	เจาะนอน(รอบ 2)	0.5	3079
	พิงบนหัวเตียง	เจียร์(ใช้เทียบพิมพ์วาด)	0.75	3261
	พิงบนหัวเตียง	ขัดชิ้นส่วน	1.25	3261
	พิงบนหัวเตียง	ตัดหยาบ(จ๊อยพิเศษ)	0.25	3334
	พิงบนหัวเตียง	ไส(5,6 หัว)	0.25	3163

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
	พิงบนหัวเตียง	แซนดิ้งเพลาะ(รอบ 1)	0.25	3160
	พิงบนหัวเตียง	เพลาะ(2:1)	0.5	3165
	พิงบนหัวเตียง	ไส(2 หน้า รอบ 1)	0.25	3163
	พิงบนหัวเตียง	แซนดิ้งเพลาะ(รอบ 2)	0.25	3160
	พิงบนหัวเตียง	เพลาะรวม	0.5	3165
	พิงบนหัวเตียง	ไส(2 หน้า รอบ 2)	0.25	3163
	ขอบหัวเตียงตัวข้าง	เจาะนอน	0.5	3079
	ขอบหัวเตียงตัวข้าง	ตัดละเอียด	0.5	3189
	ขอบหัวเตียงตัวข้าง	ตัดหยาบ	0.166	3334
	ขอบหัวเตียงตัวข้าง	ไส(5,6 หัว)	0.25	3163
	ขอบหัวเตียงตัวข้าง	แซนดิ้งละเอียด	0.25	3161
	ขอบหัวเตียงตัวข้าง	ขัดบัวนิ่ม	0.5	3087
	คิ้วประดับพื้นหัวเตียงตัวบน	ปัด 2 หัว	0.125	3300
	คิ้วประดับพื้นหัวเตียงตัวบน	ขัดบัวนิ่ม	0.25	3087
	คิ้วประดับพื้นหัวเตียงตัวบน	ตัดละเอียด	0.5	3189
	คิ้วประดับพื้นหัวเตียงตัวบน	ตัดหยาบ(จ๊อย)	0.25	3334
	คิ้วประดับพื้นหัวเตียงตัวบน	ไส(5 หัว)	0.25	3163
	คิ้วประดับพื้นหัวเตียงตัวบน	แซนดิ้งเพลาะ	0.25	3160
	คิ้วประดับพื้นหัวเตียงตัวบน	เพลาะรวม	0.35	3165
	คิ้วประดับพื้นหัวเตียงตัวบน	ไส(2 หน้า)	0.25	3163

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
	คิ้วประดับพื้นหัวเตียงตัวบน	วาดแบบ	0.15	3187
	คิ้วประดับพื้นหัวเตียงตัวบน	คว้าน	0.5	3054
	คิ้วประดับพื้นหัวเตียงตัวบน	เพลาตั้ง(รอบ 1)	0.5	3074
	คิ้วประดับพื้นหัวเตียงตัวบน	เพลาตั้ง(รอบ 2)	0.5	3074
	คิ้วประดับเสริมพื้นหัวเตียงตัวบน	ตัดบอร์ด(ใช้เศษไม้ในไลน์)	0.3	3146
	คิ้วประดับเสริมพื้นหัวเตียงตัวบน	เราท์เตอร์	0.5	3060
	คิ้วประดับเสริมพื้นหัวเตียงตัวบน	ขัดขอบ	1	3103
	คิ้วประดับเสริมพื้นหัวเตียงตัวบน	ทำสีขอบ	0.5	3103
	คิ้วประดับเสริมพื้นหัวเตียงตัวล่าง	ตัดบอร์ด(ใช้เศษไม้ในไลน์)	0.3	3146
	คิ้วประดับเสริมพื้นหัวเตียงตัวล่าง	เราท์เตอร์	0.5	3060
	คิ้วประดับเสริมพื้นหัวเตียงตัวล่าง	ขัดขอบ	1	3103
	คิ้วประดับเสริมพื้นหัวเตียงตัวล่าง	ทำสีขอบ	0.5	3103
	คิ้วประดับพนังล่างหัวเตียงตัวบน	ปัด 2 หัว	0.125	3300
	คิ้วประดับพนังล่างหัวเตียงตัวบน	ขัดบัวนิ่ม	0.5	3087

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
	คิ้วประดับพนังล่างหัวเตียงตัวบน	ตัดละเอียด	0.5	3189
	คิ้วประดับพนังล่างหัวเตียงตัวบน	ตัดหยาบ(จ๊อย)	0.25	3334
	คิ้วประดับพนังล่างหัวเตียงตัวบน	ไส(5,6 หัว, 2 หน้า)	0.25	3163
	คิ้วประดับพนังล่างหัวเตียงตัวบน	แก๊งซอว์(1=3)	0.15	3155
	คิ้วประดับพนังล่างหัวเตียงตัวบน	ไส(ขึ้นรูป)	0.3	3159
	คิ้วประดับพนังล่างหัวเตียงตัวล่าง	ตัดหยาบ(จ๊อย)	0.25	3334
	คิ้วประดับพนังล่างหัวเตียงตัวล่าง	ไส(5,6 หัว, 2 หน้า)	0.25	3163
	คิ้วประดับพนังล่างหัวเตียงตัวล่าง	ริปซอว์	0.15	3156
	คิ้วประดับพนังล่างหัวเตียงตัวล่าง	ไส(ขึ้นรูป)	0.3	3159
	คิ้วประดับพนังล่างหัวเตียงตัวล่าง	ปัด 2 หัว	0.125	3300
	คิ้วประดับพนังล่างหัวเตียงตัวล่าง	ขัดบัวนิ่ม	0.3333333	3087
	คิ้วประดับพนังล่างหัวเตียงตัวล่าง	ตัดละเอียด	0.5	3189
	คิ้วประดับเสาหัวเตียงตัวบน	ตัดหยาบ	0.166	3334
	คิ้วประดับเสาหัวเตียงตัวบน	ไส(5,6 หัว)	0.25	3163

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
	คิ้วประดับเสาหัวเตียงตัวบน	ไส(ขึ้นรูป)	0.3	3159
	คิ้วประดับเสาหัวเตียงตัวบน	ปัด 2 หัว	0.125	3300
	คิ้วประดับเสาหัวเตียงตัวบน	ขัดบัวนิ่ม	0.5	3087
	คิ้วประดับเสาหัวเตียงตัวบน	ตัดละเอียด(1=2)	0.5	3189
	คิ้วประดับเสาหัวเตียงตัวล่าง	ตัดหยาบ	0.166	3334
	คิ้วประดับเสาหัวเตียงตัวล่าง	ไส(5,6 หัว, 2 หน้า)	0.25	3163
	คิ้วประดับเสาหัวเตียงตัวล่าง	แก๊งซอว์(1=2)	0.15	3155
	คิ้วประดับเสาหัวเตียงตัวล่าง	ไส(ขึ้นรูป)	0.3	3159
	คิ้วประดับเสาหัวเตียงตัวล่าง	ปัด 2 หัว	0.125	3300
	คิ้วประดับเสาหัวเตียงตัวล่าง	ขัดบัวนิ่ม	0.5	3087
	คิ้วประดับเสาหัวเตียงตัวล่าง	ตัดละเอียด(1=2)	0.5	3189
	คิ้วประดับพื้นหัวเตียงตัวข้าง	แก๊งซอว์	0.15	3155
	คิ้วประดับพื้นหัวเตียงตัวข้าง	ไส(ขึ้นรูป)	0.3	3159
	คิ้วประดับพื้นหัวเตียงตัวข้าง	ปัด 2 หัว	0.125	3300

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
	คิ้วประดับพื้นหัวเตียงตัวข้าง	ขัดบัวนิ่ม	0.5	3087
	คิ้วประดับพื้นหัวเตียงตัวข้าง	ตัดละเอียด	0.5	3189
	คิ้วประดับพื้นหัวเตียงตัวข้าง	ตัดหยาบ	0.166	3334
	คิ้วประดับพื้นหัวเตียงตัวข้าง	ไส(5,6 หัว, 2 หน้า)	0.25	3163
	เสริมคิ้วประดับพื้นหัวเตียงตัวบน1	ตัดหยาบ	0.25	3334
	เสริมคิ้วประดับพื้นหัวเตียงตัวบน1	ไส(5,6 หัว)	0.25	3163
	เสริมคิ้วประดับพื้นหัวเตียงตัวบน1	แซนดิ้งเพลาะ	0.25	3160
	เสริมคิ้วประดับพื้นหัวเตียงตัวบน2	ตัดหยาบ	0.166	3334
	เสริมคิ้วประดับพื้นหัวเตียงตัวบน2	ไส(5,6 หัว)	0.25	3163
	เสริมคิ้วประดับพื้นหัวเตียงตัวบน2	แซนดิ้งเพลาะ	0.25	3160
	เสริมคิ้วประดับพื้นหัวเตียงตัวบน3	ตัดหยาบ	0.166	3334
	เสริมคิ้วประดับพื้นหัวเตียงตัวบน3	ไส(5,6 หัว)	0.25	3163
	เสริมคิ้วประดับพื้นหัวเตียงตัวบน3	แซนดิ้งเพลาะ	0.25	3160
	เสริมคิ้วประดับพื้นหัวเตียงตัวบน4	ตัดหยาบ	0.166	3334

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
	เสริมคิ้วประดับพื้นหัวเตียงตัวบน4	ไส(5,6 หัว)	0.25	3163
	เสริมคิ้วประดับพื้นหัวเตียงตัวบน4	แซนดิ้งเพลาะ	0.25	3160
	เสริมพิงบนหัวเตียง1	ตัดหยาบ	0.166	3334
	เสริมพิงบนหัวเตียง1	ไส(5,6 หัว)	0.25	3163
	เสริมพิงบนหัวเตียง1	แซนดิ้งเพลาะ	0.2	3160
	เสริมพิงบนหัวเตียง2	ตัดหยาบ	0.166	3334
	เสริมพิงบนหัวเตียง2	ไส(5,6 หัว)	0.25	3163
	เสริมพิงบนหัวเตียง2	แซนดิ้งเพลาะ	0.2	3160
	เสริมพิงบนหัวเตียง3	ตัดหยาบ	0.166	3334
	เสริมพิงบนหัวเตียง3	ไส(5,6 หัว)	0.25	3163
	เสริมพิงบนหัวเตียง3	แซนดิ้งเพลาะ	0.2	3160
	เสริมพิงบนหัวเตียง4	ไส(5,6 หัว)	0.25	3163
	เสริมพิงบนหัวเตียง4	แซนดิ้งเพลาะ	0.2	3160
	เสริมพิงบนหัวเตียง4	เพลาะ(2:1)	0.5	3165
	เสริมพิงบนหัวเตียง4	ไส(2 หน้า)	0.25	3163
	เสริมพิงบนหัวเตียง4	แซนดิ้งเพลาะ	0.2	3160
	เสริมพิงบนหัวเตียง4	ตัดหยาบ(จ๊อย)	0.25	3334
	เสริมพิงบนหัวเตียง5	ตัดหยาบ	0.166	3334
	เสริมพิงบนหัวเตียง5	ไส(5,6 หัว)	0.25	3163
	เสริมพิงบนหัวเตียง5	แซนดิ้งเพลาะ	0.2	3160
	เสริมเสาหัวเตียง1	ตัดหยาบ	0.25	3334
	เสริมเสาหัวเตียง1	ไส(5,6 หัว)	0.25	3163
	เสริมเสาหัวเตียง1	แซนดิ้งเพลาะ	0.2	3160
	เสริมเสาหัวเตียง2	ตัดหยาบ	0.2	3334
	เสริมเสาหัวเตียง2	ไส(5,6 หัว)	0.25	3163

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
	เสริมเสาหัวเตียง2	แซนดิ้งเพลาะ	0.2	3160
	เสริมเสาหัวเตียง3	ตัดหยาบ	0.166	3334
	เสริมเสาหัวเตียง3	ไส(5,6 หัว)	0.25	3163
	เสริมเสาหัวเตียง3	แซนดิ้งเพลาะ	0.2	3160
	เสริมเสาหัวเตียง4	ไส(5,6 หัว)	0.25	3163
	เสริมเสาหัวเตียง4	แซนดิ้งเพลาะ	0.2	3160
	เสริมเสาหัวเตียง4	ตัดหยาบ	0.166	3334
	เสริมเสาหัวเตียง5	ตัดหยาบ	0.166	3334
	เสริมเสาหัวเตียง5	ไส(5,6 หัว)	0.25	3163
	เสริมเสาหัวเตียง5	แซนดิ้งเพลาะ	0.2	3160
	เสริมเสาหัวเตียง5	ตัด(1=2)	0.35	3199
	ไม้นิ้ว	แก๊งซอว์(1=2)	0.25	3155
	ไม้นิ้ว	ตัดละเอียด	0.5	3189
	ไม้นิ้ว	เจาะดิ่ง	0.35	3080
	ไม้นิ้ว	ตัดหยาบ	0.166	3334
	ไม้นิ้ว	ไส(2 หน้า)	0.25	3163
	ไม้นิ้ว	ขัดบัวนิ่ม	0.25	3087
	ยึดมุม	ตัดละเอียด(1=2)	0.5	3189
	ยึดมุม	เจาะดิ่ง(รอบ 1)	0.35	3080
	ยึดมุม	ไส(5,6 หัว)	0.25	3163
	ยึดมุม	เจาะดิ่ง(รอบ 2)	0.35	3080
	ยึดมุม	ตัดหยาบ(จ๊อย)	0.166	3334
	ยึดมุม	ใส่ตัวหนอน	0.5	3082
	ชุดหัวเตียง	บรรจุ	96	3020
	ชุดหัวเตียง	ทำสี	4	3019
	ชุดหัวเตียง	ประกอบ	2.5	3133
	ชุดหัวเตียง	ขัดตกแต่ง	3.125	3119

ตาราง ค1 ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผล (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	เวลาในการผลิต (นาที)	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
	ชุดหัวเตียง	ทำกล่อง	480	3236

ตาราง ค2 ข้อมูลเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตของโรงงานตัวอย่าง

ลำดับ	รหัสกลุ่มเครื่องจักร	รหัสเครื่องจักร	ชื่อเครื่องจักร
1	2619	3794	กลุ่มแกะสลัก
2	2780	3937	กลุ่มกลึง
3	3019	4126	แผนกสี1
4		4127	แผนกสี2
5		4128	แผนกสี3
6	3020	4129	แผนกบรรจุ 1
7		4422	แผนกบรรจุ 2
8		4423	แผนกบรรจุ 3
9		4424	แผนกบรรจุ 4
10	3051	3715	เครื่องก๊อปปี้สไลด์ FC6-2500 NO.1109
11		3716	เครื่องก๊อปปี้สไลด์ NO.321
12		3734	เครื่องก๊อปปี้สไลด์ TEMPLATE CP90\6-2500
13	3053	3828	เครื่องกลึงไม้
14	3054	3850	เครื่องเลื่อยคว้าน NO.001
15		3852	เครื่องคว้าน
16		3853	เครื่องเลื่อยคว้าน NO.002
17		3854	เครื่องเลื่อยคว้าน
18		3855	เครื่องคว้าน NO.005
19		3856	เครื่องเลื่อยสายพาน
20		3857	เครื่องเลื่อยสายพาน
21		3858	เครื่องเลื่อยสายพาน

ตาราง ค2 ข้อมูลเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตของโรงงานตัวอย่าง (ต่อ)

ลำดับ	รหัสกลุ่มเครื่องจักร	รหัสเครื่องจักร	ชื่อเครื่องจักร
22		3860	เครื่องคว้านไม้ K-002
23		4010	เครื่องเลื่อยคว้าน
24		4011	เครื่องเลื่อยสายพาน
25		4012	เครื่องเลื่อยคว้าน
26		4013	เครื่องเลื่อยคว้าน K-004
27	3055	3753	เครื่องเราท์เตอร์ใหญ่
28		3754	เครื่องเราท์เตอร์ใหญ่
29		3755	เครื่องเราท์เตอร์ใหญ่
30		3756	เครื่องเราท์เตอร์ใหญ่
31		3757	เครื่องเราท์เตอร์ใหญ่
32		3763	เครื่องเราท์เตอร์ใหญ่
33		3764	เครื่องเราท์เตอร์ใหญ่
34		3765	เครื่องเราท์เตอร์ใหญ่
35		3766	เครื่องเราท์เตอร์ใหญ่
36		3767	เครื่องเราท์เตอร์ใหญ่
37		3980	เครื่องเราท์เตอร์(ตีบัว)
38		3981	เครื่องเราท์เตอร์ใหญ่
39	3060	3758	เครื่องเราท์เตอร์หงาย
40		3759	เครื่องเราท์เตอร์หงาย
41		3760	เครื่องเราท์เตอร์หงาย
42		3770	เครื่องเราท์เตอร์หงาย
43		3771	เครื่องเราท์เตอร์หงาย
44		3983	เครื่องเราท์เตอร์หงาย
45		3984	เครื่องเราท์เตอร์หงาย
46		3985	เครื่องเราท์เตอร์หงาย
47		3986	เครื่องเราท์เตอร์หงาย
48		3987	เครื่องเราท์เตอร์หงาย

ตาราง ค2 ข้อมูลเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตของโรงงานตัวอย่าง (ต่อ)

ลำดับ	รหัสกลุ่มเครื่องจักร	รหัสเครื่องจักร	ชื่อเครื่องจักร
49	3068	3866	เครื่องซอย
50		3867	เครื่องเลื่อยไม้แผ่น
51		3890	เครื่องซอย
52		4131	เครื่องซอย
53	3071	3719	เครื่องเพลาตั้งลอกแบบ
54	3074	3700	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว
55		3701	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว
56		3702	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว
57		3703	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว
58		3704	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว
59		3706	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว
60		3707	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว
61		3709	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว
62		3710	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว
63		3711	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว
64		3712	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว
65		3713	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว
66		3714	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว
67		3721	เครื่องเพลาตั้ง 1 หัว
68		3722	เครื่องเพลาตั้ง 1 หัว
69		3723	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว
70		3724	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว
71		3725	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว
72		3727	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว
73		3729	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว
74		3730	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว
75		3731	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว

ตาราง ค2 ข้อมูลเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตของโรงงานตัวอย่าง (ต่อ)

ลำดับ	รหัสกลุ่มเครื่องจักร	รหัสเครื่องจักร	ชื่อเครื่องจักร
76		3732	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว
77		3733	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว
78		3965	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว
79		3966	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว
80		3969	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว
81		3970	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว
82		3971	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว
83		3972	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว
84		4122	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว
85		4167	เครื่องเพลาตั้ง 2 หัว
86		4168	เครื่องเพลาตั้ง 1 หัว
87		4169	เครื่องเพลาตั้ง 1 หัว
88	3076	3841	เครื่องกลึงลอกแบบอัตโนมัติ P BACCI
89		3842	เครื่องก๊อปปี้ไลท์ NO.404
90	3079	3646	เครื่องเจาะนอนหลายหัว
91		3686	เครื่องเจาะนอน
92		3687	เครื่องเจาะนอน
93		3954	เครื่องเจาะนอน 1 หัว
94		3955	เครื่องเจาะนอน 2 หัว
95		3956	เครื่องเจาะนอน 2 หัว
96		3962	เครื่องเจาะ 5 หัว
97		4173	เครื่องเจาะนอน 2 หัว
98		4174	เครื่องเจาะนอน 4 หัว
99		4176	เครื่องเจาะนอนหลายหัว
100		4177	เครื่องเจาะนอนหลายหัว
101		4178	เครื่องเจาะนอน
102		3645	เครื่องเจาะนอนหลายหัว

ตาราง ค2 ข้อมูลเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตของโรงงานตัวอย่าง (ต่อ)

ลำดับ	รหัสกลุ่มเครื่องจักร	รหัสเครื่องจักร	ชื่อเครื่องจักร
103	3080	3647	เครื่องเจาะดิ่ง
104		3648	เครื่องเจาะดิ่ง
105		3651	เครื่องเจาะดิ่งหลายหัว
106		3652	เครื่องเจาะดิ่งหลายหัว
107		3658	เครื่องเจาะดิ่ง
108		3659	เครื่องเจาะดิ่ง
109		3660	เครื่องเจาะดิ่ง
110		3661	เครื่องเจาะดิ่ง
111		3663	เครื่องเจาะดิ่ง
112		3664	เครื่องเจาะดิ่ง
113		3666	เครื่องเจาะดิ่ง
114		3668	เครื่องเจาะดิ่ง
115		3669	เครื่องเจาะดิ่ง
116		3670	เครื่องเจาะดิ่ง
117		3671	เครื่องเจาะดิ่ง
118		3672	เครื่องเจาะดิ่ง
119		3674	เครื่องเจาะดิ่ง
120		3676	เครื่องเจาะดิ่ง
121		3677	เครื่องเจาะดิ่ง
122		3680	เครื่องเจาะดิ่ง
123		3681	เครื่องเจาะดิ่ง
124		3682	เครื่องเจาะดิ่งหลายหัว
125		3683	เครื่องเจาะดิ่งหลายหัว
126		3945	เครื่องเจาะดิ่ง
127		3946	เครื่องเจาะดิ่ง
128		3947	เครื่องเจาะดิ่ง
129		3950	เครื่องเจาะดิ่ง

ตาราง ค2 ข้อมูลเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตของโรงงานตัวอย่าง (ต่อ)

ลำดับ	รหัสกลุ่มเครื่องจักร	รหัสเครื่องจักร	ชื่อเครื่องจักร
130		3952	เครื่องเจาะดิ่ง
131		3953	เครื่องเจาะดิ่ง
132		4170	เครื่องเจาะดิ่ง
133		4341	เครื่องเจาะดิ่ง
134	3082	3650	เครื่องใส่ตัวหนอน
135		4171	เครื่องใส่ตัวหนอน
136	3084	3905	เครื่องปอก
137		3906	เครื่องปอก
138		4029	เครื่องปอก
139	3085	3691	เครื่องเจาะรูปไข่
140		3692	เครื่องเจาะรูปไข่
141		3958	เครื่องเจาะรูปไข่
142		3960	เครื่องเจาะรูปไข่
143	3087	4191	กลุ่มขัดบัวนิ่ม-แปรรูป 2
144	3093	4194	กลุ่มขัดสามเหลี่ยม-แปรรูป 2
145	3103	4199	กลุ่มขัดขอบ-แปรรูป 2
146	3107	3933	เครื่องสโตรก
147		3934	เครื่องสโตรก
148		3935	เครื่องสโตรก
149		3936	เครื่องสโตรก
150		4047	เครื่องสโตรก
151		4125	เครื่องขัดสโตรก
152		4190	เครื่องสโตรก
153	3119	4218	กลุ่มขัดตกแต่งเตียง-ประกอบและขัดตกแต่ง
154	3121	4219	กลุ่มขัดตกแต่งโต๊ะ-ประกอบและขัดตกแต่ง
155	3131	4224	กลุ่มประกอบเก้าอี้-ประกอบและขัดตกแต่ง
156	3133	4225	กลุ่มประกอบเตียง-ประกอบและขัดตกแต่ง

ตาราง ค2 ข้อมูลเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตของโรงงานตัวอย่าง (ต่อ)

ลำดับ	รหัสกลุ่มเครื่องจักร	รหัสเครื่องจักร	ชื่อเครื่องจักร
157	3135	4226	กลุ่มประกอบโต๊ะ-ประกอบและขัดตกแต่ง
158	3141	3896	เครื่องตัดหยาบวีเนียร์
159		3897	เครื่องตัดหยาบวีเนียร์
160		3898	เครื่องตัดหยาบวีเนียร์
161		4244	เครื่องตัดหยาบวีเนียร์
162	3142	3895	เครื่องตัดละเอียดวีเนียร์
163	3143	3752	เครื่องเย็บวีเนียร์
164		4155	เครื่องเย็บวีเนียร์
165	3144	3641	เครื่องNC
166		3642	เครื่องNC
167		3643	เครื่องNC
168		3644	เครื่องNC
169		4065	เครื่องNC
170	3145	3697	เครื่องเพรส
171		3698	เครื่องเพรส
172	3146	3872	เครื่องตัดบอร์ด
173		3873	เครื่องตัดบอร์ด
174		3874	เครื่องตัดบอร์ด
175	3147	3787	เครื่องแซนดิ้งวีเนียร์
176		3788	เครื่องแซนดิ้งวีเนียร์
177	3149	3789	เครื่องแซนดิ้งหัวเหล็ก
178	3151	4248	กลุ่มประกอบวีเนียร์-วีเนียร์
179	3152	3785	เครื่องขัดแผ่นหน้าโต๊ะ
180	3155	3780	เครื่องแก๊งซอว์
181		3988	เครื่องแก๊งซอว์
182		4256	เครื่องแก๊งซอว์
183		4258	เครื่องแก๊งซอว์

ตาราง ค2 ข้อมูลเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตของโรงงานตัวอย่าง (ต่อ)

ลำดับ	รหัสกลุ่มเครื่องจักร	รหัสเครื่องจักร	ชื่อเครื่องจักร
184	3156	3927	เครื่องริปซอว์
185		3928	เครื่องริปซอว์
186		4249	เครื่องริปซอว์
187	3157	3817	เครื่องไส 6 หัว
188		3825	เครื่องไส 6 หัว
189		3826	เครื่องไส 6 หัว
190		4048	เครื่องไส 6 หัว
191		4049	เครื่องไส 6 หัว
192	3159	3820	เครื่องไส 6 หัว
193		3824	เครื่องไส 6 หัว
194		3827	เครื่องไส 7 หัว
195	3160	3782	เครื่องแซนดิ้ง
196		3783	เครื่องแซนดิ้ง
197		3784	เครื่องแซนดิ้ง
198		3989	เครื่องแซนดิ้ง
199	3161	3781	เครื่องแซนดิ้ง
200		3786	เครื่องแซนดิ้ง
201		3990	เครื่องแซนดิ้ง
202	3163	3814	เครื่องไส 5 หัว
203		3815	เครื่องไส 2 หน้า 16"
204		3816	เครื่องไส 5 หัว
205		3819	เครื่องไส 2 หน้า 24"
206		3821	เครื่องไส 5 หัว
207		3822	เครื่องไส 5 หัว
208		3823	เครื่องไส 5 หัว
209		4255	เครื่องไส 2 หน้า
210		4257	เครื่องไส 2 หน้า

ตาราง ค2 ข้อมูลเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตของโรงงานตัวอย่าง (ต่อ)

ลำดับ	รหัสกลุ่มเครื่องจักร	รหัสเครื่องจักร	ชื่อเครื่องจักร
211	3165	3744	เครื่องเพลาะ 20 หวี
212		3745	เพลาะปากกา2
213		3746	เพลาะปากกา3
214		3747	เครื่องเพลาะ 30 หวี
215		3748	เครื่องเพลาะ 30 หวี
216		3749	เครื่องเพลาะไฮดรอลิค5หน้า
217		3751	เครื่องเพลาะไฮดรอลิค5หน้า
218		3790	แท่นทับไฮดรอลิค
219		4080	เครื่องเพลาะไฮดรอลิค 5 หน้า
220		4082	เพลาะปากกา-PP.2
221		4083	D061R01
222	3167	3908	เครื่องผ่า
223	3186	4017	เครื่องตัด Arm saw
224	3187	4260	กลุ่มวาดแบบ 1-แปรรูป 1
225		4262	กลุ่มวาดแบบ 2-แปรรูป 1
226	3189	3876	เครื่องตัด Arm saw
227		3877	เครื่องตัด Arm saw
228		3878	เครื่องตัด Arm saw
229		3879	เครื่องตัด Arm saw
230		3882	เครื่องตัด Arm saw
231		3883	เครื่องตัด Arm saw
232		3884	เครื่องตัด Arm saw
233		3885	เครื่องตัดละเอียด
234		3886	เครื่องตัดละเอียด
235		3887	เครื่องตัดละเอียด
236		3888	เครื่องตัดละเอียด
237		3889	เครื่องตัดละเอียด

ตาราง ค2 ข้อมูลเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตของโรงงานตัวอย่าง (ต่อ)

ลำดับ	รหัสกลุ่มเครื่องจักร	รหัสเครื่องจักร	ชื่อเครื่องจักร
238		3891	เครื่องตัด
239		4016	เครื่องตัด Arm saw
240		4022	เครื่องตัดละเอียด
241		4026	เครื่องตัดละเอียด
242		4055	เครื่องตัด Arm saw
243		4166	เครื่องตัด Arm saw
244	3190	3843	เครื่องรีด
245		3929	เครื่องรีด
246		3930	เครื่องขัดรีด
247		4184	เครื่องขัดรีด
248	3191	3667	เครื่องเจาะนอน 4 หัว
249		3685	เครื่องเจาะนอน
250	3199	4088	เครื่องตัดหยาบ
251		4089	เครื่องตัดหยาบ
252		4095	เครื่องตัดหยาบ
253		4096	เครื่องตัดหยาบ
254	3205	4214	กลุ่มขัดตกแต่งเก้าอี้ 1-ประกอบและขัดตกแต่ง
255		4216	กลุ่มขัดตกแต่งเก้าอี้ 2-ประกอบและขัดตกแต่ง
256	3211	4275	เครื่องทากาว
257	3222	3699	เครื่องปิดขอบวีเนียร์
258	3223	3791	เครื่องอัดขอบ
259		3792	เครื่องอัดขอบ
260	3230	3907	เครื่องปั๊มตรา B.H
261	3236	4286	แผนกกล่อง
262	3239	4290	เครื่องตัดผ้า
263		4291	เครื่องตัดผ้า
264	3242	4294	เครื่องเย็บผ้า/หนัง/คิ้ว

ตาราง ค2 ข้อมูลเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตของโรงงานตัวอย่าง (ต่อ)

ลำดับ	รหัสกลุ่มเครื่องจักร	รหัสเครื่องจักร	ชื่อเครื่องจักร
265		4295	เครื่องเย็บผ้า/หนัง/คิ้ว
266		4296	เครื่องเย็บผ้า/หนัง/คิ้ว
267		4297	เครื่องเย็บผ้า/หนัง/คิ้ว
268		4298	เครื่องเย็บผ้า/หนัง/คิ้ว
269		4299	เครื่องเย็บผ้า/หนัง/คิ้ว
270		4300	เครื่องเย็บผ้า/หนัง/คิ้ว
271		4301	เครื่องเย็บผ้า/หนัง/คิ้ว
272		4302	เครื่องเย็บผ้า/หนัง/คิ้ว
273		4320	เครื่องเย็บผ้า/หนัง/คิ้ว
274	3244	4306	เครื่องตัดฟองน้ำ
275	3253	3778	เครื่องเหลาเดือย
276	3256	4322	แผนกเบาะ1
277		4323	แผนกเบาะ2
278	3261	4196	กลุ่มขัดชิ้นส่วน 1-แปรรูป 2
279		4197	กลุ่มขัดชิ้นส่วน 2-แปรรูป 2
280		4198	กลุ่มขัดชิ้นส่วน 3-แปรรูป 2
281		4264	กลุ่มขัดชิ้นส่วน 4-แปรรูป 2
282	3300	4398	กลุ่มสโตรก-แปรรูป 2
283	3334	4090	เครื่องตัดหยาบ
284		4091	เครื่องตัดหยาบ
285		4092	เครื่องตัดหยาบ
286		4093	เครื่องตัดหยาบ
287		4097	เครื่องตัดหยาบ
288		4098	เครื่องตัดหยาบ
289		4099	เครื่องตัดหยาบ
290		4100	เครื่องตัดหยาบ
291		4101	เครื่องตัดหยาบ

ตาราง ค2 ข้อมูลเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตของโรงงานตัวอย่าง (ต่อ)

ลำดับ	รหัสกลุ่มเครื่องจักร	รหัสเครื่องจักร	ชื่อเครื่องจักร
292		4102	เครื่องตัดหยาบ
293		4103	เครื่องตัดหยาบ
294		4105	เครื่องตัดหยาบ
295		4106	เครื่องตัดหยาบ
296		4107	เครื่องตัดหยาบ
297		4108	เครื่องตัดหยาบ
298		4109	เครื่องตัดหยาบ
299		4110	เครื่องตัดหยาบ
300		4111	เครื่องตัดหยาบ
301		4112	เครื่องตัดหยาบ
302		4113	เครื่องตัดหยาบ
303		4114	เครื่องตัดหยาบ
304		4115	เครื่องตัดหยาบ
305		4417	เครื่องตัดหยาบ

ภาคผนวก ง
ตัวอย่างแผนการผลิตที่ได้จากวิธีการเดิมของโรงงาน

ตาราง ค ตัวอย่างแผนการผลิตที่ได้จากวิธีการเดิมของโรงงาน

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	Lumber _StartDate	Produce1 _StartDate	Produce2 _StartDate	Construct _StartDate	Due_Date	PaintPacking _StartDate	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
AMD01-951-636	ขาหน้า	เราท์เตอร์	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3060
AMD01-951-636	ขาหน้า	ตัดหยาบ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3334
AMD01-951-636	ขาหน้า	ตัดละเอียด	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3189
AMD01-951-636	ขาหน้า	ประกอบ(ใส่เดือย)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3093
AMD01-951-636	ขาหน้า	ขัดบัวนิ่ม	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3087
AMD01-951-636	ขาหน้า	คว้าน	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3054
AMD01-951-636	ขาหน้า	ขัดสามเหลี่ยม	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3093
AMD01-951-636	ขาหน้า	ขัดตกแต่ง(ส่งทำสี)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3205
AMD01-951-636	ขาหน้า	วาดแบบ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3187
AMD01-951-636	ขาหน้า	เราท์เตอร์(ลบR)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3060
AMD01-951-636	ขาหน้า	เจาะดิ่ง	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3080
AMD01-951-636	ขาหน้า	เจาะรูปไข่	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3085
AMD01-951-636	ขาหน้า	ไส(5,6 หัว)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3163
AMD01-951-636	ขาหน้า	เพลาตั้ง	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3074
AMD01-951-636	ขาหลัง	แซนดิ้งเพลาะ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3160
AMD01-951-636	ขาหลัง	คว้าน(1=6)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3054
AMD01-951-636	ขาหลัง	เพลาตั้ง	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3074
AMD01-951-636	ขาหลัง	ขัดบัวนิ่ม	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3087
AMD01-951-636	ขาหลัง	เจาะรูปไข่	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3085
AMD01-951-636	ขาหลัง	ตัดละเอียด	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3189

ตาราง ค ตัวอย่างแผนการผลิตที่ได้จากวิธีการเดิมของโรงงาน (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	Lumber _StartDate	Produce1 _StartDate	Produce2 _StartDate	Construct _StartDate	Due_Date	PaintPacking _StartDate	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
AMD01-951-636	ขาหลัง	ไส(5,6 หัว)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3163
AMD01-951-636	ขาหลัง	วาดแบบ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3187
AMD01-951-636	ขาหลัง	เพลาะรวม(9:1)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3165
AMD01-951-636	ขาหลัง	ไส(2 หน้า)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3163
AMD01-951-636	ขาหลัง	ตัดหยาบ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3334
AMD01-951-636	ขาหลัง	ขัดสามเหลี่ยม	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3093
AMD01-951-636	ขาหลัง1	ไส(5,6 หัว)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3163
AMD01-951-636	ขาหลัง1	ตัดหยาบ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3334
AMD01-951-636	ขาหลัง1	แซนดิ้งเพลาะ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3160
AMD01-951-636	ขาหลัง2	ตัดหยาบ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3334
AMD01-951-636	ขาหลัง2	ไส(6 หัว)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3157
AMD01-951-636	ขาหลัง2	แซนดิ้งเพลาะ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3160
AMD01-951-636	พนังหน้า	ไส(5,6 หัว)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3163
AMD01-951-636	พนังหน้า	แซนดิ้งละเอียด	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3161
AMD01-951-636	พนังหน้า	ขัดบัวนิ่ม	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3087
AMD01-951-636	พนังหน้า	คว้าน	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3054
AMD01-951-636	พนังหน้า	เพลาตั้ง(เซาะร่อง)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3074
AMD01-951-636	พนังหน้า	ตัดละเอียด	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3189
AMD01-951-636	พนังหน้า	เพลาตั้ง	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3074
AMD01-951-636	พนังหน้า	ขัดสามเหลี่ยม	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3093

ตาราง ค ตัวอย่างแผนการผลิตที่ได้จากวิธีการเดิมของโรงงาน (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	Lumber _StartDate	Produce1 _StartDate	Produce2 _StartDate	Construct _StartDate	Due_Date	PaintPacking _StartDate	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
AMD01-951-636	พนังหน้า	ตัดหยาบ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3334
AMD01-951-636	พนังหน้า	วาดแบบ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3187
AMD01-951-636	พนังหลัง	ตัดหยาบ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3334
AMD01-951-636	พนังหลัง	แซนดิ้งเพลาะ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3160
AMD01-951-636	พนังหลัง	ขัดบัวนิ่ม	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3087
AMD01-951-636	พนังหลัง	ไส(5,6 หัว รอบ 1)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3163
AMD01-951-636	พนังหลัง	เพลาะ(2:1)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3165
AMD01-951-636	พนังหลัง	เพลาตั้ง	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3074
AMD01-951-636	พนังหลัง	เจาะดิ่ง	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3080
AMD01-951-636	พนังหลัง	ไส(5,6 หัว รอบ 2)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3163
AMD01-951-636	พนังหลัง	ปอกเดือย(รูปไข่)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3084
AMD01-951-636	พนังหลัง	แซนดิ้งละเอียด	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3161
AMD01-951-636	พนังหลังใน	ตัดละเอียด	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3189
AMD01-951-636	พนังหลังใน	เพลาตั้ง(เซาะร่อง)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3074
AMD01-951-636	พนังหลังใน	ไส(5,6 หัว)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3163
AMD01-951-636	พนังหลังใน	เจาะดิ่ง	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3080
AMD01-951-636	พนังหลังใน	ตัดหยาบ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3334
AMD01-951-636	ยันขาข้าง	ไส(5,6 หัว)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3163
AMD01-951-636	ยันขาข้าง	ปอกเดือย(รูปไข่ 1 ด้าน)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3084

ตาราง ค ตัวอย่างแผนการผลิตที่ได้จากวิธีการเดิมของโรงงาน (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	Lumber _StartDate	Produce1 _StartDate	Produce2 _StartDate	Construct _StartDate	Due_Date	PaintPacking _StartDate	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
AMD01-951-636	ยันขาข้าง	ตัดละเอียด	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3189
AMD01-951-636	ยันขาข้าง	แซนดิ้งละเอียด	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3161
AMD01-951-636	ยันขาข้าง	เพลาตั้ง	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3074
AMD01-951-636	ยันขาข้าง	ตัดหยาบ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3334
AMD01-951-636	ยันขาข้าง	คว้าน	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3054
AMD01-951-636	ยันขาข้าง	ขัดบัวนิ่ม	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3087
AMD01-951-636	ยันขาข้าง	วาดแบบ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3187
AMD01-951-636	ยันขาข้าง	ขัดสามเหลี่ยม	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3093
AMD01-951-636	ยันขาข้าง	เจาะดิ่ง	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3080
AMD01-951-636	ตัวยึดหน้า	เพลาตั้ง	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3074
AMD01-951-636	ตัวยึดหน้า	ตัดละเอียด(1=2)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3189
AMD01-951-636	ตัวยึดหน้า	ไส(5,6 หัว)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3163
AMD01-951-636	ตัวยึดหน้า	เจาะดิ่ง	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3080
AMD01-951-636	ตัวยึดหน้า	ตัดหยาบ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3334
AMD01-951-636	ตัวยึดหลัง	ตัดละเอียด	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3189
AMD01-951-636	ตัวยึดหลัง	ไส(5,6 หัว)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3163
AMD01-951-636	ตัวยึดหลัง	เพลาตั้ง	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3074
AMD01-951-636	ตัวยึดหลัง	ตัดหยาบ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3334
AMD01-951-636	ตัวยึดหลัง	เจาะดิ่ง	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3080
AMD01-951-636	เดือย	ซอย(1=2)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3155

ตาราง ค ตัวอย่างแผนการผลิตที่ได้จากวิธีการเดิมของโรงงาน (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	Lumber _StartDate	Produce1 _StartDate	Produce2 _StartDate	Construct _StartDate	Due_Date	PaintPacking _StartDate	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
AMD01-951-636	เดือย	ไส(2 หน้า)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3163
AMD01-951-636	เดือย	ตัดหยาบ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3334
AMD01-951-636	เดือย	ตัดละเอียด	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3189
AMD01-951-636	พื้นนั่ง	NC	21/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3144
AMD01-951-636	พิงบน	เพลาะ(2:1)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3165
AMD01-951-636	พิงบน	ขัดบัวนิ่ม	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3087
AMD01-951-636	พิงบน	วาดแบบ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3187
AMD01-951-636	พิงบน	ตัดละเอียด	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3189
AMD01-951-636	พิงบน	เพลาตั้ง(ลบR)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3074
AMD01-951-636	พิงบน	เจาะนอน	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3079
AMD01-951-636	พิงบน	เพลาตั้ง	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3074
AMD01-951-636	พิงบน	ไส(2 หน้า)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3163
AMD01-951-636	พิงบน	คว้าน	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3054
AMD01-951-636	พิงบน	ริปซอว์	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3156
AMD01-951-636	พิงบน	ไส(5,6 หัว)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3163
AMD01-951-636	พิงบน	เจาะดิ่ง	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3080
AMD01-951-636	พิงบน	ตัดหยาบ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3334
AMD01-951-636	พิงบน	แซนดิ้งเพลาะ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3160
AMD01-951-636	พิงบน	ขัดสามเหลี่ยม	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3093
AMD01-951-636	พิงหลัง#1	เพลาตั้ง	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3074

ตาราง ค ตัวอย่างแผนการผลิตที่ได้จากวิธีการเดิมของโรงงาน (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	Lumber _StartDate	Produce1 _StartDate	Produce2 _StartDate	Construct _StartDate	Due_Date	PaintPacking _StartDate	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
AMD01-951-636	พิงหลัง#1	เจาะนอน	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3079
AMD01-951-636	พิงหลัง#1	แซนดิ้งละเอียด	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3161
AMD01-951-636	พิงหลัง#1	คว้าน(1=4)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3054
AMD01-951-636	พิงหลัง#1	ตัดละเอียด	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3189
AMD01-951-636	พิงหลัง#1	วาดแบบ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3187
AMD01-951-636	พิงหลัง#1	ไส(2 หน้า)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3163
AMD01-951-636	พิงหลัง#1	ขัดสามเหลี่ยม	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3093
AMD01-951-636	พิงหลัง#1	ขัดบัวนิ่ม	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3087
AMD01-951-636	พิงหลัง#1	ตัดหยาบ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3334
AMD01-951-636	พิงหลัง#2	ขัดสามเหลี่ยม	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3093
AMD01-951-636	พิงหลัง#2	เจาะนอน	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3079
AMD01-951-636	พิงหลัง#2	ขัดบัวนิ่ม	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3087
AMD01-951-636	พิงหลัง#2	คว้าน(1=4)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3054
AMD01-951-636	พิงหลัง#2	ตัดละเอียด	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3189
AMD01-951-636	พิงหลัง#2	ตัดหยาบ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3334
AMD01-951-636	พิงหลัง#2	วาดแบบ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3187
AMD01-951-636	พิงหลัง#2	ไส(2 หน้า)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3163
AMD01-951-636	พิงหลัง#2	แซนดิ้งละเอียด	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3161
AMD01-951-636	พิงหลัง#2	เพลาตั้ง	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3074
AMD01-951-636	พิงหลัง#3	ขัดสามเหลี่ยม	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3093

ตาราง ค ตัวอย่างแผนการผลิตที่ได้จากวิธีการเดิมของโรงงาน (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	Lumber _StartDate	Produce1 _StartDate	Produce2 _StartDate	Construct _StartDate	Due_Date	PaintPacking _StartDate	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
AMD01-951-636	พิงหลัง#3	ขัดบัวนิ่ม	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3087
AMD01-951-636	พิงหลัง#3	วาดแบบ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3187
AMD01-951-636	พิงหลัง#3	คว้าน(1=4)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3054
AMD01-951-636	พิงหลัง#3	เพลาตั้ง	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3074
AMD01-951-636	พิงหลัง#3	ตัดหยาบ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3334
AMD01-951-636	พิงหลัง#3	ไส(2 หน้า)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3163
AMD01-951-636	พิงหลัง#3	แซนดิ้งละเอียด	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3161
AMD01-951-636	พิงหลัง#3	เจาะนอน	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3079
AMD01-951-636	พิงหลัง#3	ตัดละเอียด	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3189
AMD01-951-636	พิงหลัง#4	ขัดบัวนิ่ม	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3087
AMD01-951-636	พิงหลัง#4	วาดแบบ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3187
AMD01-951-636	พิงหลัง#4	คว้าน(1=2)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3054
AMD01-951-636	พิงหลัง#4	ตัดละเอียด	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3189
AMD01-951-636	พิงหลัง#4	ตัดหยาบ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3334
AMD01-951-636	พิงหลัง#4	ไส(2 หน้า)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3163
AMD01-951-636	พิงหลัง#4	เจาะนอน	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3079
AMD01-951-636	พิงหลัง#4	แซนดิ้งละเอียด	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3161
AMD01-951-636	พิงหลัง#4	ขัดสามเหลี่ยม	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3093
AMD01-951-636	พิงหลัง#4	เพลาตั้ง	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3074
AMD01-951-636	พิงหลัง#5	เจาะนอน	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3079

ตาราง ค ตัวอย่างแผนการผลิตที่ได้จากวิธีการเดิมของโรงงาน (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	Lumber _StartDate	Produce1 _StartDate	Produce2 _StartDate	Construct _StartDate	Due_Date	PaintPacking _StartDate	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
AMD01-951-636	พิงหลัง#5	ขัดบัวนิ่ม	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3087
AMD01-951-636	พิงหลัง#5	ตัดละเอียด	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3189
AMD01-951-636	พิงหลัง#5	คว้าน(1=2)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3054
AMD01-951-636	พิงหลัง#5	ไส(2 หน้า)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3163
AMD01-951-636	พิงหลัง#5	แซนดิ้งละเอียด	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3161
AMD01-951-636	พิงหลัง#5	เพลาตั้ง	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3074
AMD01-951-636	พิงหลัง#5	วาดแบบ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3187
AMD01-951-636	พิงหลัง#5	ขัดสามเหลี่ยม	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3093
AMD01-951-636	พิงหลัง#5	ตัดหยาบ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3334
AMD01-951-636	พิงหลังข้าง	ตัดหยาบ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3334
AMD01-951-636	พิงหลังข้าง	เจาะดิ่ง	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3080
AMD01-951-636	พิงหลังข้าง	คว้าน	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3054
AMD01-951-636	พิงหลังข้าง	เจาะนอน	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3079
AMD01-951-636	พิงหลังข้าง	ขัดสามเหลี่ยม	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3093
AMD01-951-636	พิงหลังข้าง	ตัดละเอียด	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3189
AMD01-951-636	พิงหลังข้าง	ขัดบัวนิ่ม	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3087
AMD01-951-636	พิงหลังข้าง	วาดแบบ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3187
AMD01-951-636	พิงหลังข้าง	เพลาตั้ง	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3074
AMD01-951-636	พิงหลังข้าง	ไส(2 หน้า)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3163
AMD01-951-636	พนังข้าง	แซนดิ้งละเอียด	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3161

ตาราง ค ตัวอย่างแผนการผลิตที่ได้จากวิธีการเดิมของโรงงาน (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	Lumber _StartDate	Produce1 _StartDate	Produce2 _StartDate	Construct _StartDate	Due_Date	PaintPacking _StartDate	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
AMD01-951-636	พนังข้าง	วาดแบบ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3187
AMD01-951-636	พนังข้าง	ขัดบัวนิ่ม	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3087
AMD01-951-636	พนังข้าง	ไส(2 หน้า)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3163
AMD01-951-636	พนังข้าง	เพลาตั้ง(เซาะร่อง)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3074
AMD01-951-636	พนังข้าง	ตัดหยาบ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3334
AMD01-951-636	พนังข้าง	ขัดสามเหลี่ยม	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3093
AMD01-951-636	พนังข้าง	คว้าน	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3054
AMD01-951-636	พนังข้าง	ตัดละเอียด	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3189
AMD01-951-636	พนังข้าง	เพลาตั้ง	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3074
AMD01-951-636	ชุดแผงหลัง	ขัดตกแต่ง	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3205
AMD01-951-636	ชุดแผงหลัง	เจาะดิ่ง	28/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	9/2/2551 0:00	28/1/2551 0:00	3080
AMD01-951-636	ชุดแผงหลัง	ประกอบ	28/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	9/2/2551 0:00	28/1/2551 0:00	3131
AMD01-951-636	ชุดเฟรมพนัง	ขัดตกแต่ง	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3205
AMD01-951-636	ชุดเฟรมพนัง	ประกอบ	28/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	9/2/2551 0:00	28/1/2551 0:00	3131
AMD01-951-636	ชุดเฟรมพนัง	เจาะนอน	28/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	9/2/2551 0:00	28/1/2551 0:00	3079
AMD01-951-636	ชุดเบาะพื้นนั่ง เก้าอี้ S/C	ยิงยางยืด	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3256
AMD01-951-636	ชุดเบาะพื้นนั่ง เก้าอี้ S/C	เย็บคิ้ว	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3242
AMD01-951-636	ชุดเบาะพื้นนั่ง เก้าอี้ S/C	หุ้มเบาะ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3256
AMD01-951-636	ชุดเบาะพื้นนั่ง เก้าอี้ S/C	ติดคิ้ว	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3256
AMD01-951-636	ชุดเบาะพื้นนั่ง เก้าอี้ S/C	ตัดฟองน้ำ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3244

ตาราง ค ตัวอย่างแผนการผลิตที่ได้จากวิธีการเดิมของโรงงาน (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่อชิ้นส่วน	ชื่อขั้นตอนการผลิต	Lumber _StartDate	Produce1 _StartDate	Produce2 _StartDate	Construct _StartDate	Due_Date	PaintPacking _StartDate	ชื่อกลุ่มเครื่องจักร
AMD01-951-636	ชุดเบาะพื้นนั่ง เก้าอี้ S/C	ติดฟองน้ำ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3256
AMD01-951-636	ชุดเบาะพื้นนั่ง เก้าอี้ S/C	ตัดผ้า	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3239
AMD01-951-636	ชุดเบาะพื้นนั่ง เก้าอี้ S/C	ติดผ้าใต้เบาะ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3256
AMD01-951-636	ชุดเบาะพื้นนั่ง เก้าอี้ S/C	บรรจุใส่ถุง	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3256
AMD01-951-636	ชุดเก้าอี้	ทำกล่อง	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3236
AMD01-951-636	ชุดเก้าอี้	ประกอบ(ขึ้นทำสี)	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3131
AMD01-951-636	ชุดเก้าอี้	บรรจุ	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3020
AMD01-951-636	ชุดเก้าอี้	ทำสี	14/1/2551 0:00	21/1/2551 0:00	28/1/2551 0:00	4/2/2551 0:00	9/2/2551 0:00	11/2/2551 0:00	3019