การจัดตารางการผลิตสำหรับเครื่องจักรแบบขนานด้วยเทคนิคจำลองสถานการณ์ร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม: กรณีศึกษาโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก

นางสาวจิรัสยา ปาณะศรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2565

PRODUCTION SCHEDULING FOR PARALLEL MACHINES USING SIMULATION TECHNIQUES WITH GENETIC ALGORITHM: CASE STUDY OF PLASTIC PACKAGING FACTORY

JIRATSAYA PANASRI

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Industrial System and Environment Engineering
Suranaree University of Technology
Academic Year 2022

การจัดตารางการผลิตสำหรับเครื่องจักรแบบขนานด้วยเทคนิคจำลองสถานการณ์ร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม: กรณีศึกษาโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(รศ.ดร.นิวิท เจริญใจ)
ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร.นรา สมัตถภาพงศ์)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(รศ. ดร.พรศิริ จงกล)
กรรมการ

(รศ.ดร.ฉัตรชัย โชติษฐยางกูร)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและประกันคุณภาพ

(รศ. ดร.พรศิริ จงกล)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จิรัสยา ปาณะศรี : การจัดตารางการผลิตสำหรับเครื่องจักรแบบขนานด้วยเทคนิคจำลองสถานการณ์ร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม : กรณีศึกษาโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก (PRODUCTION SCHEDULING FOR PARALLEL MACHINES USING SIMULATION TECHNIQUES WITH GENETIC ALGORITHM : CASE STUDY OF PLASTIC PACKAGING FACTORY)
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นรา สมัตถภาพงศ์, 146 หน้า.

คำสำคัญ: เทคนิคการจำลองสถานการณ์/ลำดับการผลิต/เครื่องจักรแบบขนาน/วิธีเชิงพันธุกรรม

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการจัดตารางการผลิตสำหรับเครื่องจักรแบบขนานด้วยเทคนิคจำลองสถานการณ์ร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดลำดับงานเข้าเครื่องจักรให้เหมาะสมที่สุดและเพื่อใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบให้มากที่สุด รวมถึงส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้ทันเวลาที่ลูกค้ากำหนดและทำให้เวลาทำงานรวมต่ำที่สุด (Makespan) จากการศึกษาและเก็บข้อมูลกระบวนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก พบว่าประสบปัญหาในการตัดสินใจมอบหมายงานให้กับเครื่องจักร เนื่องจากไม่มีการศึกษาการจัดลำดับการผลิตอย่างเป็นระบบ โดยการจัดลำดับการผลิตจะอาศัยประสบการณ์ของผู้วางแผนในฝ่ายวางแผนการผลิตและเครื่องมือในการจัดตารางการผลิตไม่สามารถตรวจสอบได้ว่าการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด ผู้วิจัยจึงได้นำเทคนิคจำลองสถานการณ์มาใช้ร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม เพื่อค้นหาลำดับการผลิตบนเครื่องจักรที่ทำให้เวลาทำงานรวมของระบบการผลิตเหมาะสมที่สุด ผลจากการจำลองสถานการณ์ร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรมพบว่าการจัดลำดับการผลิตโดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์ร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรมสามารถทำให้เวลาทำงานรวมของระบบการผลิตเหมาะสมที่สุดเท่ากับ 137,060.10 วินาที จากเวลาทำงานรวมของการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันเท่ากับ 251,190.90 วินาที โดยสามารถลดเวลาทำงานรวมได้เท่ากับ 114,130.80 วินาที คิดเป็นร้อยละ 45.44

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนักศึกษา จิรัสยา

ปีการศึกษา 2565 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

JIRATSAYA PANASRI : PRODUCTION SCHEDULING FOR PARALLEL MACHINES USING SIMULATION TECHNIQUES WITH GENETIC ALGORITHM: CASE STUDY OF PLASTIC PACKAGING FACTORY. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. NARA SAMATTAPAPONG, Ph.D. PP. 146

Keyword: SIMULATION TECHNIQUE/PRODUCTION SEQUENCING/PARALLEL MACHINE /GENETIC ALGORITHM

The purpose of this study is to use simulation techniques with genetic algorithm to examine the production scheduling process for parallel machines. This examination focuses on improving the work sequence in the machine and making the most cost-effective use of raw materials, as well as delivering goods on time to customers and reducing total uptime (Makespan). After examining and collecting data on the planning and sequencing operations of the plastic packaging factory, it was discovered that there was a problem in determining how to assign work to the machines due to a lack of systematic analysis of production scheduling. In addition, the sequence is based on the planner's experience in the production planning department, so scheduling systems and tools can't tell if the current sequence is the best one. The researchers then used simulation techniques with genetic algorithm to find production sequences on the machines that optimize total uptime of the production system. The simulation results showed that sequencing using simulation techniques with genetic algorithm can optimize the total uptime of the production system to be 137,060.10 seconds, compared to the 251,190.90 seconds that the current production sequence worked for. This reduces the total uptime to 114,130.80 seconds or 45.44%.

School of Industrial Engineering
Academic Year 2022

Student's Signature จิรัตสยา
Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งทั้งด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัยจากบุคคลและกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ได้แก่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรา สมัตถภาพงศ์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้โอกาสทางการศึกษา ให้คำแนะนำและช่วยแก้ปัญหาในงานวิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งช่วยตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณคณาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมระบบอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อมทุกท่านที่ให้ความรู้ทางวิชาการ คำแนะนำ และแนวทางในการแก้ไขปัญหาแก่ผู้วิจัย ซึ่งมีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความสมบูรณ์

ขอขอบคุณโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่ได้เอื้อเฟื้อข้อมูลและให้สัมภาษณ์เกี่ยวกับข้อมูลต่าง ๆ ในกระบวนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิต รวมทั้งสละเวลาในการให้คำปรึกษาอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการศึกษาครั้งนี้

จิรัสยา ปาณะศรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญรูป ..... ช

บทที่

1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ 2
1.3 ขอบเขตการศึกษา 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
1.5 นิยามคำศัพท์ 3

2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 แนวคิดการจัดตารางการผลิต 4
2.2 กระบวนการในการจัดตารางการผลิต 4
2.3 วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิต 6
2.4 ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพในการจัดตารางการผลิต 7
2.5 รูปแบบของหน่วยผลิต 8
2.6 เทคนิคและวิธีการในการจัดตารางการผลิต 10
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13

3 วิธีการดำเนินการวิจัย 19
3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย 19
3.2 การสำรวจและศึกษาสภาพปัญหาของโรงงานกรณีศึกษา 20
3.3 รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์กระบวนการจัดลำดับการผลิต 22

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 สร้างแบบจำลองสถานการณ์กระบวนการผลิตปัจจุบัน 27
3.5 ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง 35
3.6 ออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิต 39
3.7 ปรับปรุงแบบจำลองการจัดลำดับการผลิต 42
3.8 ปรับปรุงวิธีจัดลำดับโดยใช้แบบจำลองร่วมกับ Amazon Web Service 46
3.9 ปรับปรุงวิธีจัดลำดับโดยใช้แบบจำลองร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม 69
4 ผลการดำเนินงานวิจัย 76
4.1 วิเคราะห์วิธีการทำงานของกระบวนการจัดตาราง 76
4.2 วิเคราะห์ผลการกำหนดขนาดของประชากรและจำนวนรอบสำหรับค้นหาคำตอบ 87
4.3 วิเคราะห์ผลการทดลองจากกระบวนการจัดตาราง 89
5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 99
5.1 สรุปผลการทดลอง 99
5.2 ข้อจำกัดของแบบจำลองสถานการณ์ 100
5.3 ข้อเสนอแนะ 101
รายการอ้างอิง 102
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. วิธีการคำนวณพื้นที่ 105
ภาคผนวก ข. คำสั่งของโค้ด VBA ในการจัดลำดับ 109
ภาคผนวก ค. บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารและการประชุมวิชาการ 118
ประวัติผู้เขียน 146

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ตัวอย่างการประเมินค่าในวงล้อรูเลต 12
2.2 สรุปงานวิจัยและเครื่องมือในการแก้ปัญหา 17
3.1 ตัวอย่างสินค้าในการทดลอง 23
3.2 ความสามารถของเครื่องจักร 26
3.3 การคำนวณความผิดพลาดของแบบจำลองที่ 10 รอบ 38
3.4 การคำนวณความผิดพลาดของแบบจำลองที่ 30 รอบ 38
3.5 การคำนวณความผิดพลาดของแบบจำลองที่ 54 รอบ 38
4.1 ผลการทดลองหาขนาดประชากร 88
4.2 ผลทดลองหาจำนวนรอบสำหรับค้นหาคำตอบของขนาดประชากรเท่ากับ 40 88
4.3 ข้อมูลกลุ่มงานทั้งหมดที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 90
4.4 เงื่อนไขเครื่องจักรสำหรับผลิตกลุ่มงาน 91
4.5 การแบ่งกลุ่มงานย่อย 92
4.6 จำนวนผลลัพธ์ที่ดีที่สุด 93
4.7 ผลทดลองบนโปรแกรม Microsoft office excel 94
4.8 ผลการจำลองการจัดลำดับปัจจุบัน 96
4.9 ผลการจำลองการจัดลำดับที่ได้จากการออกแบบขั้นตอนการผลิต 97

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 ระบบการผลิตแบบเครื่องจักรเดี่ยว 8
2.2 ระบบการผลิตแบบเครื่องจักรแบบขนาน 9
2.3 ระบบผลิตแบบตามงาน 10
2.4 วงล้อรูเลต (Roulette wheel) 12
3.1 แผนภาพการวิธีการดำเนินงานวิจัย 20
3.2 แผนภาพการวางแผนการผลิตปัจจุบัน 21
3.3 หน้าต่างเริ่มต้นการใช้งานโปรแกรม Flexsim 28
3.4 หน้าต่างระบบหน่วยของแบบจำลอง 28
3.5 การวางและเชื่อมต่อพอร์ต 30
3.6 การตั้งค่า Source1 30
3.7 การตั้งค่า Queue1 31
3.8 การตั้งค่า Queue4 และ Queue5 ที่ On Exit 32
3.9 การตั้งค่า Queue4 และ Queue5 ที่ On Message 32
3.10 การตั้งค่า Processor ในแถบ Processor 33
3.11 การตั้งค่า Processor ในแถบ Input 33
3.12 การตั้งค่า Processor ในแถบ Triggers ที่ On Setup Finish 34
3.13 การตั้งค่า Processor ในแถบ Triggers ที่ On Entry 34
3.14 ผลการทดสอบของการจัดลำดับปัจจุบัน 35
3.15 ผลการทดสอบของแบบจำลองสถานการณ์ 36
3.16 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองสถานการณ์กับการจัดลำดับปัจจุบัน 36
3.17 แผนภาพการออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิต 39
3.18 ตาราง InputData 44
3.19 ตาราง SetMachine 44
3.20 ตาราง InputSource 45
3.21 การสร้างอัลกอริทึมโดยใช้เครื่องมือ Process flow 46

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.22 การตั้งค่าแบบจำลองเพื่อสลับลำดับการผลิต 47
3.23 การตั้งค่าในหน้าต่าง List Properties 48
3.24 การตั้งค่า Queue2 ที่แถบ Output 48
3.25 การตั้งค่า Queue4 ที่แถบ Input 49
3.26 การตั้งค่า Sink1 ที่แถบ Triggers 49
3.27 กำหนดคำสั่งที่ช่อง Value ในการตั้งค่า Parameters 50
3.28 การตั้งค่า Parameters ที่ชื่อว่า Sequence 51
3.29 การตั้งค่า Performance Measures 51
3.30 หน้าต่างแสดงผลของฟังก์ชัน Experimenter 52
3.31 การตั้งค่าแถบ Scenarios 52
3.32 การตั้งค่าแถบ Optimizer Design 53
3.33 การกำหนดเงื่อนไขในแถบ Optimizer Run 54
3.34 การแสดงคำตอบทั้งหมดที่ได้จากการรัน 54
3.35 หน้าต่างแพลตฟอร์ม Amazon web service 55
3.36 การเลือกคำสั่ง EC2 55
3.37 หน้าต่างการสร้าง instance 56
3.38 การเลือกคำสั่ง Launch instance 56
3.39 ใส่ชื่อหรือคำอธิบาย instance 57
3.40 การเลือกระบบปฏิบัติการ Windows 57
3.41 เลือก AMI เป็น Free tier eligible 58
3.42 เลือก Instance type เป็น t2.micro 58
3.43 การเลือก Key pair 59
3.44 คำสั่ง Network settings 59
3.45 คำสั่ง Configure storage 60
3.46 หน้าต่างแสดงผลการสร้าง EC2 instance 60
3.47 การ Connect instance 61
3.48 คำสั่ง Connect to instance 61

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.49 ระบบประมวลผลบนคลาวด์ 62
3.50 การเลือก Security groups ในคำสั่งการใช้งาน Resource 63
3.51 ปุ่ม Create security group 63
3.52 การกำหนดชื่อและคำอธิบาย 63
3.53 การกำหนด Security group ใน Inbound rules 64
3.54 การกำหนด Security group ใน Outbound rules 64
3.55 การเปิดใช้งานไฟร์วอลของโปรแกรม Flexsim 65
3.56 การเปิดใช้งานไฟร์วอล node.js 66
3.57 การเลือก Create Image 66
3.58 กำหนดชื่อและคำอธิบายของ Image 67
3.59 แถบ EC2 Dashboard เลือกคำสั่ง AMIs 67
3.60 การเชื่อมต่อ Remote desktop เพื่อเริ่มต้นใช้งาน 68
3.61 การเชื่อมต่อระบบประมวลผลคลาวด์ 68
3.62 การแบ่งกลุ่มงานย่อย 69
3.63 การใส่ข้อมูลเวลาทำงานรวมของแต่ละกลุ่มย่อยที่ได้จากโปรแกรม Flexsim 70
3.64 ประชากรเริ่มต้น 70
3.65 สูตรคำนวณหาฟังก์ชันวัตถุประสงค์ 71
3.66 ประเมินค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ 72
3.67 การเรียงลำดับค่าสุ่มของกลุ่มงานย่อยจากมากไปน้อย 72
3.68 ค่าวัตถุประสงค์ของลำดับใหม่ 72
3.69 สัดส่วนพื้นที่บนวงล้อรูเล็ตต์ (คอลัมภ์ J) 73
3.70 การข้ามสายพันธุ์ 74
3.71 คำตอบที่เหมาะสม 74
3.72 ผลลัพธ์ของลำดับงานที่เหมาะสม 75
3.73 ผลลัพธ์บนโปรแกรม Flexsim 75
4.1 การแสดงผลจำนวนกลุ่มงาน 80
4.2 คำสั่งซื้อที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการผลิตกลุ่มงาน 80

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.3 ความสามารถของเครื่องจักรในการผลิตแต่ละกลุ่มงาน 81
4.4 การแจ้งเตือนข้อผิดพลาดจากโปรแกรม 82
4.5 ตัวอย่างข้อมูลเวลาทำงานรวมของแต่ละกลุ่มงานย่อยในแผ่นงาน Problem ที่คอลัมน์ I 83
4.6 ตัวอย่างสูตรฟังก์ชันสำหรับค้นหากลุ่มงานย่อยที่ผลิตบนเครื่องจักร A ได้ ในคอลัมน์ D 84
4.7 ตัวอย่างสูตรฟังก์ชันสำหรับค้นหากลุ่มงานย่อยที่ผลิตบนเครื่องจักร B ได้ ในคอลัมน์ E 84
4.8 ตัวอย่างโค้ดสำหรับกำหนดขนาดประชากรและจำนวนรอบ 85
4.9 ตัวอย่างโค้ด VBA ของการค้นหาลำดับงานที่ทำให้เวลาทำงานรวมเหมาะสม 85
4.10 ตัวอย่างผลลัพธ์ของเวลาทำงานรวม 86
4.11 ตัวอย่างผลลัพธ์ของเวลาทำงานรวมที่เหมาะสมที่สุด 87
4.12 ผลลัพธ์ที่ได้บนโปรแกรม Flexsim 95
5.1 ผลลัพธ์ของเวลาทำงานรวมกับจำนวนครั้งในการหยุดหาคำตอบ 100

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สภาวะการแข่งขันของธุรกิจอุตสาหกรรมการผลิตที่เกิดขึ้นในปัจจุบันมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น การดำเนินธุรกิจเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าจึงต้องมีการปรับกลยุทธ์ให้เข้ากับสภาวะที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน เพื่อความอยู่รอดในการดำเนินธุรกิจและเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน โดยมีปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบในการผลิตและการดำเนินธุรกิจ ได้แก่ ต้นทุน การส่งมอบสินค้าในเวลาที่กำหนด การบริการ ทรัพยากร และวัตถุดิบ เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะทำให้การดำเนินธุรกิจบรรลุเป้าหมายสูงสุด กระบวนการวางแผนและจัดตารางการผลิตจึงเป็นเครื่องมือที่มีบทบาทสำคัญในการบริหารจัดการปัจจัยการผลิตต่าง ๆ และเพิ่มความสามารถในการตอบสนองต่อสภาวะการแข่งขันในการดำเนินธุรกิจ เพื่อให้ผลผลิตบรรลุตามเป้าหมายที่ถูกกำหนดไว้ โดยความต้องการของลูกค้าที่มีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด การวางแผนการผลิตจะมีความซับซ้อนมากขึ้น หากธุรกิจมีการขยายตัวอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากมีลูกค้า การผลิตสินค้า และบริการที่หลากหลายรูปแบบ การตัดสินใจวางแผนการผลิตโดยอาศัยประสบการณ์ของนักวางแผนจึงไม่สามารถตัดสินใจด้วยบุคคลใดบุคคลหนึ่งได้ เนื่องจากการวางแผนการผลิตนั้นมีความเกี่ยวข้องกับระบบงานอื่น ๆ เช่น ระบบการสั่งซื้อ ระบบการจัดการวัตถุดิบ เป็นต้น

งานวิจัยมุ่งเน้นไปที่กรณีศึกษาของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมผลิตสินค้าตามอุปสงค์ของลูกค้า โดยผลิตสินค้าที่มีความหลากหลายทั้งรูปแบบและปริมาณในช่วงเวลาการผลิตหนึ่ง ๆ ภายใต้สายการผลิตเดียวกัน รวมถึงมีเครื่องจักรในการขึ้นรูปสินค้าทั้งหมด 2 เครื่อง ที่มีรูปแบบการทำงานเหมือนกันแต่กำลังการผลิตแตกต่างกัน จึงกำหนดรูปแบบปัญหาในการจัดตารางการผลิตเป็นแบบการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรแบบขนาน ปัจจุบันโรงงานกรณีศึกษาประสบปัญหาในกระบวนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตพบว่าไม่มีการศึกษาวิธีการจัดลำดับการผลิตอย่างเป็นระบบ โดยการจัดลำดับการผลิตจะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของพนักงานวางแผนในฝ่ายวางแผนการผลิตตัดสินใจมอบหมายงานให้กับเครื่องจักรตามวันส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าเป็นหลัก และมีการแทรกตารางการผลิตเมื่อมีงานด่วนเข้ามากระทันหัน เพื่อผลิตสินค้าให้ทันกำหนดส่งมอบสินค้า ซึ่งส่งผลให้การใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบต่ำกว่าเป้าหมายขององค์กร นอกจากนี้เครื่องมือการจัดตารางการผลิตปัจจุบันจากโปรแกรม Microsoft office excel ไม่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากไม่สามารถตรวจ

สอบได้ว่ากระบวนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้จัดทำขึ้นเพื่อจัดตารางการผลิตบนเครื่องจักรแบบขนานด้วยเทคนิคการจำลองสถานการณ์มาใช้ร่วมกับร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm) โดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ Flexsim ในการค้นหาความสามารถของการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์ เนื่องจากกระบวนการปั๊มขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกพบว่าสามารถผลิตสินค้ามากกว่า 1 ตัวอย่างสินค้าต่อการปั๊มขึ้นรูปจำนวน 1 ครั้ง บนเครื่องจักรการผลิตเดียวกันและเวลาการผลิตเดียวกันได้ ถ้ามีปัจจัยการผลิตตรงตามเงื่อนและข้อจำกัดในกระบวนการผลิต ซึ่งจะส่งผลให้การใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกให้มากที่สุดได้ และความสามารถของการผลิตงานของเครื่องจักร เนื่องจากโปรแกรม Flexsim มีเครื่องมือที่ช่วยในการค้นหาคำตอบโดยไม่ต้องเขียนโค้ด (Code) ให้ยุ่งยากเหมือนโปรแกรมอื่น ๆ ตามเงื่อนไขและข้อจำกัดของระบบการผลิตจริง และสามารถปรับเปลี่ยนเงื่อนไขให้เหมาะสมสำหรับกระบวนการจัดลำดับการผลิต เพื่อให้สามารถส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าได้ทันเวลา และใช้เวลาทำงานรวมต่ำที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อจัดลำดับงานเข้าเครื่องจักรให้เหมาะสมที่สุด และการใช้ประโยชน์วัตถุดิบให้มากที่สุด รวมถึงส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้ทันเวลาที่ลูกค้ากำหนด และเพื่อทำให้เวลาทำงานรวมต่ำที่สุด

1.2.2 เพื่อทดสอบการใช้งานโปรแกรมจำลองสถานการณ์ Flexsim ร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรมในการจัดลำดับการผลิต

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ศึกษาและเก็บข้อมูลกระบวนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตของกรณีศึกษาโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก

1.3.2 ศึกษากระบวนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตบนเครื่องจักรแบบขนาน 2 เครื่องที่มีอัตราการผลิตแตกต่างกัน

1.3.3 ใช้โปรแกรม Flexsim ร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm) ในการค้นหาลำดับการผลิตบนเครื่องจักรที่เหมาะสม

1.3.4 ปัจจัยในกระบวนการผลิตที่นำมาพิจารณา

1) ความสามารถของการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์

2) ความสามารถของการผลิตงานของเครื่องจักร

3) การจัดลำดับงานเข้าเครื่องจักร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 นำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดลำดับการผลิต โดยที่ผลลัพธ์การใช้ประโยชน์วัตถุดิบสูงขึ้นและเวลาทำงานรวมต่ำที่สุด

1.4.2 ได้เครื่องมือที่ช่วยให้ผู้วางแผนตัดสินใจจัดลำดับงานบนเครื่องจักรที่เหมาะสม

1.4.3 ได้วิธีการสำหรับเป็นตัวอย่างกรณีศึกษาของการจัดลำดับการผลิตที่มีปัจจัยและข้อจำกัดสอดคล้องกับงานวิจัยนี้

1.5 นิยามคำศัพท์

1.5.1 เวลาทำงานรวม (Makespan) เป็นเวลาทำงานสุดท้ายของกระบวนการผลิตที่งานและขั้นตอนการผลิตจะต้องเสร็จสมบูรณ์

1.5.2 อรรถประโยชน์ (Utilization) การใช้งานหรือใช้ประโยชน์จากการใช้เครื่องมือ พื้นที่ วัตถุดิบ หรือแรงงานที่มีให้เกิดประโยชน์สูงสุด

1.5.3 เครื่องจักรแบบขนาน (Parallel machine) ระบบที่ประกอบไปด้วยเครื่องจักรหลายเครื่องที่มีการทำงานขนานกัน ซึ่งเครื่องจักรนั้นอาจจะมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ หรือมีลักษณะคล้ายกัน

1.5.4 กำหนดเวลาส่งงาน (Due date) วันและเวลาสุดท้ายในการส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าโดยที่ลูกค้าพึงพอใจและไม่เสียค่าใช้จ่ายจากการส่งสินค้าไม่ทันเวลา ซึ่งกำหนดขึ้นมาจากลูกค้าหรือข้อตกลงร่วมกันระหว่างลูกค้ากับสถานประกอบการ

1.5.5 จำนวน Cavity คือจำนวนสินค้าในแม่พิมพ์ 1 แบบต่อการปั๊มขึ้นรูปจำนวน 1 ครั้ง เช่น Cavity เท่ากับ 3 คือ แม่พิมพ์ 1 แบบ สามารถปั๊มขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ใน 1 ครั้ง ได้จำนวน 3 ชิ้นงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่องการจัดตารางการผลิตสำหรับเครื่องจักรแบบขนานด้วยเทคนิคจำลองสถานการณ์ร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม: กรณีศึกษาโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ วัตถุประสงค์ในการวางแผนและการจัดตารางการผลิต รวมทั้งศึกษาแนวคิดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย โดยครอบคลุมหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

2.1 แนวคิดการจัดตารางการผลิต

การจัดตารางการผลิตเป็นกระบวนการตัดสินใจเพื่อมอบหมายงานให้กับทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดไม่ว่าจะเป็นคน เครื่องจักร อุปกรณ์ รวมถึงเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานที่มีบทบาทสำคัญต่ออุตสาหกรรมการผลิตและอุตสาหกรรมการบริการ เนื่องจากสามารถทำให้องค์กรธุรกิจสามารถบรรลุเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ได้ โดยทั่วไปปัญหาการจัดตารางการผลิตประกอบไปด้วยขั้นตอนที่สำคัญทั้งหมด 2 ขั้นตอน คือ 1) การจัดสรรทรัพยากร เป็นกระบวนการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้กับงานที่ได้รับมอบหมายจากลูกค้าตามเงื่อนไขและข้อจำกัดของกระบวนการผลิตให้เหมาะสมที่สุด และ 2) การจัดลำดับงาน เป็นกระบวนการจัดลำดับความสำคัญของงานที่ได้รับมอบหมายจากลูกค้าให้กับทรัพยากร เนื่องจากแต่ละงานมีลำดับความสำคัญในการผลิตแตกต่างกัน จึงส่งผลให้ลำดับความสำคัญในการผลิตงานอาจมีผลต่อเวลาทำงานรวม เวลาปรับตั้งเครื่องจักร และเวลาส่งมอบสินค้าได้ นอกจากนี้ปัญหาการจัดตารางการผลิตยังเป็นกระบวนการที่จำเป็นต้องทำเป็นประจำ เนื่องจากคำสั่งซื้อของลูกค้าที่เข้ามาอยู่ตลอดเวลา โดยสินค้าบางชนิดอาจจะมีขั้นตอนการผลิตที่ไม่ซับซ้อน ทำให้สามารถผลิตได้ด้วยกระบวนการที่ไม่ยาก แต่สินค้าบางชนิดมีขั้นตอนการผลิตที่ซับซ้อนจึงอาจส่งผลให้ผู้รับผิดชอบในการจัดตารางการผลิตจำเป็นต้องหาวิธีการที่เหมาะสม เพื่อจัดตารางการผลิตให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าและเป้าหมายขององค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพ (นมิดา ศรีผล, 2560)

2.2 กระบวนการในการจัดตารางการผลิต

การจัดตารางการผลิตเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อนแตกต่างกันตามลักษณะและรูปแบบของสินค้าที่จะผลิต ดังนั้นผู้รับผิดชอบในการจัดตารางการผลิตจะต้องหาวิธีในการจัดตารางการผลิต

ให้เหมาะสม เนื่องจากการจัดตารางการผลิตเป็นการกำหนดความสามารถในการส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้า โดยทั่วไปขั้นตอนการจัดตารางการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมจะเริ่มจากทางโรงงานรับคำสั่งซื้อจากลูกค้าหรือจากฝ่ายขาย ซึ่งจะทำให้ทางโรงงานทราบรายละเอียดต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต และเพื่อให้ผลการปฏิบัติงานเป็นไปตามแผนการผลิต วัตถุดิบต่าง ๆ จะต้องถูกผลิตในช่วงเวลาที่กำหนดไว้ในตารางการผลิต เพื่อให้ทางโรงงานสามารถส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าได้ทันเวลาที่กำหนด และเมื่อได้รับคำสั่งซื้อจากลูกค้าหรือฝ่ายผลิตแล้วขั้นตอนต่อไปคือการจัดตารางการผลิต ซึ่งจะมีขั้นตอนการจัดตารางการผลิตดังนี้ (พงษ์ธาดา คุรุกิจกำจร, 2556)

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดงาน เป็นการกำหนดหรือมอบหมายงานให้กับหน่วยผลิตหรือเครื่องจักร ซึ่งจะพิจารณาจากปัจจัยในการผลิตตามเงื่อนไขและข้อจำกัดของกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม ไม่ว่าจะเป็นค่าใช้จ่ายในการเตรียมงาน ค่าซ่อมบำรุง หรือความพร้อมของคนงาน เป็นต้น โดยใช้เทคนิคต่าง ๆ ที่จะช่วยให้การกำหนดหรือมอบหมายงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนการกำหนดงานคือการทราบจำนวนงานทั้งหมดที่เครื่องจักรจะต้องผลิตและเวลาทำงานรวมในการผลิตบนเครื่องจักร ซึ่งเทคนิคต่าง ๆ ที่นำมาช่วยในการกำหนดงาน ได้แก่

1. แผนภูมิภาระงาน
2. แผนภูมิแกนต์
3. การใช้ตัวแบบการมอบงาน
4. การใช้วิธีการกำหนดดัชนี

ขั้นตอนที่ 2 ประเมินภาระงาน เป็นการกำหนดทรัพยากรไม่ว่าจะเป็นพนักงาน วัสดุ หรืออุปกรณ์ให้กับหน่วยผลิตหรือเครื่องจักร เพื่อตรวจสอบความสามารถของเครื่องจักรในการผลิตงานที่ได้รับมอบหมาย รวมทั้งการตรวจสอบความพร้อมของทรัพยากรที่มีอยู่ในกระบวนการผลิตได้

ขั้นตอนที่ 3 จัดลำดับการผลิต เนื่องจากคำสั่งซื้อของลูกค้าที่เข้ามาอยู่ตลอดเวลา อาจส่งผลให้งานที่ต้องผลิตมารอที่หน่วยผลิตหรือเครื่องจักรเป็นจำนวนมาก และทำให้เกิดปัญหาคอขวดที่กระบวนการผลิตได้ ดังนั้นผู้รับผิดชอบสำหรับจัดตารางการผลิตจำเป็นต้องศึกษาหาวิธีที่เหมาะสมในการจัดลำดับงาน เนื่องจากลำดับงานที่ต้องผลิตบนเครื่องจักรมีความสำคัญที่แตกต่างกัน ที่อาจส่งผลให้เวลาส่งมอบสินค้าตามกำหนดของลูกค้า เวลาปรับตั้งเครื่องจักร และเวลาประมวลผลงาน เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 4 จัดตารางการผลิต เป็นการกำหนดเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดในการผลิตงานบนหน่วยผลิตหรือเครื่องจักร โดยจะพิจารณาถึงเวลาซ่อมบำรุงเครื่องจักร เวลาหยุดงานของพนักงาน และการหยุดชะงักของเครื่องจักรด้วย และการจัดตารางการผลิตจำเป็นต้องทำไปพร้อม ๆ กับกระบวนการจัดลำดับ เพื่อให้ได้ตารางการผลิตที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

2.3 วัตถุประสงค์ของกระบวนการจัดตารางการผลิต

โดยทั่วไปการจัดตารางการผลิตจะมีความสัมพันธ์กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากการจัดตารางการผลิตจะมีการพัฒนาแบบจำลอง รวมถึงเทคนิคต่าง ๆ เพื่อแก้ไขปัญหากระบวนการจัดตารางการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยเริ่มจากการกำหนดเป้าหมายในการตัดสินใจให้เป็นฟังก์ชันเป้าหมาย และกำหนดข้อจำกัดต่าง ๆ ให้เป็นข้อจำกัดในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยส่วนใหญ่เป้าหมายในการตัดสินใจของกระบวนการจัดตารางการผลิต (พิภพ ลลิตาภรณ์, 2545) ได้แก่

1. ตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าที่รวดเร็ว
2. ส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้ทันเวลาที่ลูกค้ากำหนด
3. ประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากร ได้แก่ คน และเครื่องจักร เป็นต้น

การจัดตารางการผลิตเป็นกระบวนการมอบหมายงานให้กับทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด โดยมีเทคนิคและวิธีการต่าง ๆ เพื่อส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้ทันเวลาที่ลูกค้ากำหนด โดยวัตถุประสงค์ดังกล่าวมีผลทำให้เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันได้ ดังนั้นองค์กรต่าง ๆ จำเป็นต้องหาวิธีการลดจำนวนงานที่เสร็จไม่ทันกำหนดของลูกค้า และเพิ่มความสามารถในการผลิตงานให้ส่งทันเวลาที่ลูกค้ากำหนดให้มากที่สุด ซึ่งมีวิธีการสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristic) ที่ให้ผลลัพธ์ที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีหลักเกณฑ์ ดังนี้

1. รับก่อนทำก่อน (First come first served) คือลำดับก่อนและหลังของงานที่เข้ามาถึงแถวคอยการให้บริการของหน่วยผลิตหรือเครื่องจักร
2. ทำงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน (Shortest processing time: SPT) คืองานที่ใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุดจะถูกเลือกผลิตบนหน่วยผลิตหรือเครื่องจักรเป็นอันดับแรก และงานที่ใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุดถัดไปก็เป็นอันดับที่ 2, 3 และ 4 จนกระทั่งถึงอันดับที่ k โดยที่ k คือจำนวนงานทั้งหมดในแถวคอยการให้บริการ
3. การทำงานที่ใช้เวลานานที่สุดก่อน (Longest processing time) คืองานที่ใช้เวลาในการทำงานมากที่สุดจะถูกเลือกผลิตบนหน่วยผลิตหรือเครื่องจักรก่อน
4. การทำงานที่จะถึงวันกำหนดส่งเร็วที่สุดก่อน (Earliest due date)
5. การทำงานที่มีเวลาเหลือสำหรับการทำงานน้อยที่สุดก่อน (Minimum slack time) คืองานที่ต้องผลิตหลายหน่วยผลิต จะใช้วิธีหาค่าเฉลี่ยของค่า Slack ในแต่ละหน่วยผลิต สำหรับค่า Slack ของงานหาได้จากเวลาประมวลผลงานทั้งหมดบนหน่วยผลิตลบด้วยเวลาที่กำหนดส่งงาน และหารด้วยจำนวนหน่วยผลิต
6. การเข้าทีหลังทำก่อน (Last come first served) คืองานที่เข้ามาในหน่วยผลิตหรือเครื่องจักรอันดับสุดท้ายจะถูกเลือกผลิตบนหน่วยผลิตหรือเครื่องจักรก่อนงานอื่น ๆ ในแถวคอยการให้บริการ

หลักเกณฑ์ต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นมีทั้งข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันตามเงื่อนไขและข้อจำกัดของกระบวนการผลิต เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการผลิตหนึ่ง ๆ อาจจะมีประสิทธิภาพที่มาก แต่ในทางตรงข้ามอาจจะให้ผลลัพธ์ที่ไม่ดีได้ ดังนั้นก่อนที่จะจัดตารางการผลิตให้กับหน่วยผลิตหรือเครื่องจักรควรที่จะทำการศึกษาหลักเกณฑ์ต่าง ๆ นี้ก่อนนำไปใช้งาน อีกทั้งการจัดตารางการผลิตยังเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนและแตกต่างกันตามสภาพแวดล้อมในกระบวนการผลิต อาจส่งผลให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโรงงานเป็นเรื่องที่ยาก เพราะเวลาที่ใช้ในการเตรียมหรือติดตั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์แตกต่างกันตามเงื่อนไขและข้อจำกัดของกระบวนการผลิต การใช้หลักเกณฑ์ของวิธีการสุ่มอย่างมีเหตุผลในการจัดตารางการผลิตจึงเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง เนื่องจากแสดงให้เห็นถึงวิธีการและคำตอบของปัญหาที่มีความซับซ้อนได้ โดยสามารถพิจารณารูปแบบในการปฏิบัติงานได้ทั้งหมด 3 รูปแบบ ดังนี้

1. การจัดตารางการผลิตของหน่วยผลิตหน่วยเดียว
2. การจัดตารางการผลิตของหน่วยผลิตหลายหน่วย
3. การจัดตารางการผลิตตามสั่งแบบทั่วไป

2.4 ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพในการจัดตารางการผลิต

หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจเพื่อจัดลำดับและจัดตารางการผลิต พิจารณาได้จากค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพต่าง ๆ (นมิดา ศรีผล, 2560) ดังต่อไปนี้

2.4.1 เวลาเสร็จงานโดยเฉลี่ย (Average completion time) หาได้จากเวลาประมวลผลงานและเวลารอคอยเพื่อเข้าผลิตของทุก ๆ งานรวมกัน เรียกว่า “เวลาทั้งหมดในการทำงาน” แล้วนำเวลาดังกล่าวมาหารด้วยจำนวนงานทั้งหมดจะได้ค่าเฉลี่ยของเวลาทำงานในแต่ละงาน

2.4.2 ความสามารถของการใช้เครื่องจักร (%Utilization) เป็นดัชนีชี้วัดการทำงานของเครื่องจักรในการผลิต โดยให้ความสำคัญกับเวลาที่ต้องสูญเสียไปจากการรอคอย

2.4.3 ค่าเฉลี่ยเวลาล่าช้า (Average tardiness) เป็นค่าเฉลี่ยเวลาของแต่ละงานเมื่อเทียบกับกำหนดการส่งมอบผลิตภัณฑ์ของลูกค้า ซึ่งเป็นดัชนีที่มีความสำคัญเนื่องจากการลดจำนวนงานที่ส่งมอบงานล่าช้าลงได้ จะทำให้องค์กรมีประสิทธิภาพในการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า แต่การให้ความสำคัญกับดัชนีชี้วัดเพียงตัวเดียวโดยไม่พิจารณาถึงค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพตัวอื่น ๆ อาจจะส่งผลให้ประสิทธิภาพโดยรวมของการผลิตต่ำได้ ถึงแม้ว่าจะไม่มีงานที่ส่งมอบล่าช้า

2.4.4 จำนวนงานที่มีระยะเวลาเสร็จช้ากว่ากำหนด (Number of jobs lateness) โดยถ้าทำงานเสร็จช้ากว่ากำหนดส่งมอบสินค้าจะมีค่าบวก ทำงานเสร็จเร็วกว่ากำหนดหรือเสร็จทันเวลาจะมีค่าเป็นศูนย์

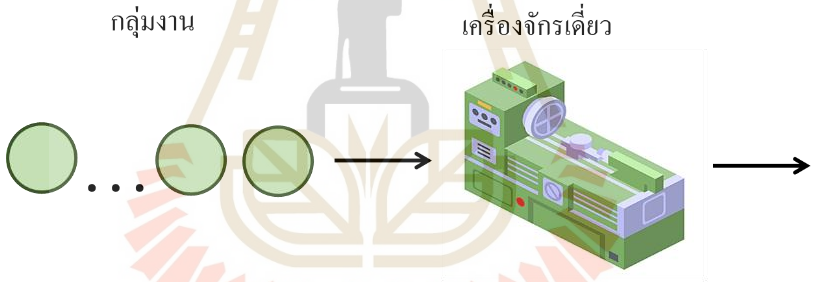
2.4.5 จำนวนวันสูงสุดที่ส่งมอบงานช้ากว่ากำหนด

2.4.6 เวลาปิดงาน (Makespan) เป็นเวลาทำงานสุดท้ายของระบบการผลิตที่ทุกงานและทุกขั้นตอนจะต้องเสร็จสิ้นทั้งหมด

2.5 รูปแบบของหน่วยผลิต

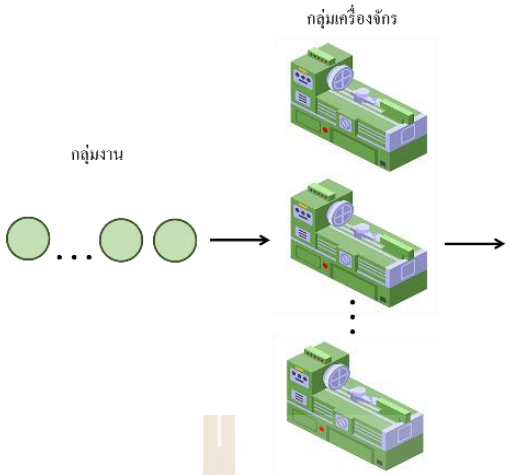
การจัดตารางให้กับหน่วยผลิตจะมีลักษณะและความซับซ้อนที่แตกต่างกันตามข้อจำกัดและเงื่อนไขของกระบวนการผลิต จึงส่งผลให้ระบบการจัดตารางสำหรับกระบวนการผลิตมีหลากหลายรูปแบบและมีความซับซ้อนมาก สามารถกำหนดประเภทการผลิตตามรูปแบบของหน่วยผลิต (ปารเมศ ชุติมา, 2546) ได้ดังต่อไปนี้

2.5.1 เครื่องจักรเดี่ยว (Single machine) เป็นระบบการผลิตที่มีเครื่องจักรเพียงเครื่องเดียว และงานทุกงานจะต้องดำเนินการที่เครื่องจักรนี้ โดยเครื่องจักรสามารถดำเนินการผลิตได้ทีละหนึ่งงานต่อครั้งที่เวลาใด ๆ ซึ่งแต่ละงานจะใช้เวลาสำหรับผลิตสินค้าและกำหนดส่งมอบให้กับลูกค้าที่แตกต่างกันตามชนิดและรูปแบบของสินค้า แสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ระบบการผลิตแบบเครื่องจักรเดี่ยว

2.5.2 เครื่องจักรแบบขนาน (Parallel machines) เป็นระบบการผลิตที่มีเครื่องจักรตั้งแต่ 2 เครื่องขึ้นไป และเครื่องจักรมีลักษณะที่เหมือนกันทั้งรูปแบบและการทำงาน ซึ่งงานที่จะผลิตสามารถดำเนินการที่เครื่องจักรใดเครื่องจักรหนึ่ง และใช้เวลาสำหรับผลิตที่เครื่องจักรนั้น ๆ เท่ากัน แสดงดังรูปที่ 2.2

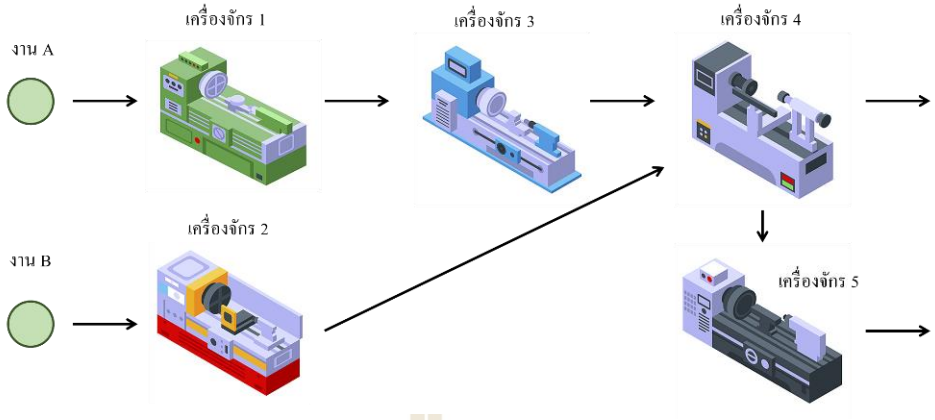


รูปที่ 2.2 ระบบการผลิตแบบเครื่องจักรแบบขนาน

การจัดตารางสำหรับผลิตของเครื่องจักรแบบขนานเป็นการจัดลำดับงานบนหน่วยผลิตแบบขนานที่มีหน่วยผลิตตั้งแต่ 2 หน่วยขึ้นไป ที่มีลักษณะการทำงาน รูปแบบ และประสิทธิภาพในการทำงานที่เหมือนกัน ในกระบวนการจัดตารางการผลิต ระบบการผลิตของเครื่องจักรแบบขนานในขั้นตอนแรกจะเป็นกระบวนการมอบหมายงานให้กับหน่วยผลิตหรือเครื่องจักร จากนั้นจึงจะดำเนินการจัดลำดับงานให้กับหน่วยผลิต แต่ขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตมีความซับซ้อนที่แตกต่างกันตามสภาพแวดล้อมของกระบวนการผลิตนั้น ๆ จึงส่งผลให้ขั้นตอนการผลิต เวลาติดตั้งเครื่องจักร รวมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในแต่ละหน่วยผลิตมีอัตราการผลิตที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงมีระบบการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรแบบขนานที่มีอัตราการผลิตแตกต่างกัน โดยระบบนี้ประกอบไปด้วยเครื่องจักร m เครื่องที่เหมือนกัน และเครื่องจักรแต่ละเครื่องทำหน้าที่เหมือนกัน แต่ประสิทธิภาพและอัตราการผลิตของเครื่องจักรแต่ละเครื่องมีลักษณะที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจเกิดจากเครื่องจักรบางเครื่องมีอายุที่เก่ากว่าเครื่องจักรอื่น

2.5.3 การผลิตตามสายงาน (Flow shop) ประกอบด้วยเครื่องจักรที่มีลักษณะแตกต่างกัน โดยแต่ละงานจะต้องผลิตโดยเครื่องจักรเฉพาะงานนั้น ๆ นอกจากนี้งานทั้งหมดจะต้องดำเนินการผลิตที่มีลำดับการผลิตเดียวกัน โดยงานหนึ่ง ๆ จะสามารถผลิตบนเครื่องที่สองได้ก็ต่อเมื่อได้ผลิตงานเสร็จสิ้นบนเครื่องจักรเครื่องที่หนึ่งแล้ว ซึ่งพบมากในโรงงานที่มีการผลิตสินค้าจำนวนมาก

2.5.4 การผลิตตามงาน (Job shop) เป็นระบบการผลิตที่มีการใช้งานโดยทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรมการผลิต ซึ่งเครื่องจักรมีลักษณะการทำงานที่แตกต่างกัน และแต่ละงานมีลำดับการผลิตเฉพาะของงานนั้น ๆ แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ระบบผลิตแบบตามงาน

2.6 เทคนิคและวิธีการในการจัดตารางการผลิต

เทคนิคและวิธีการในการจัดตารางการผลิตเพื่อจัดลำดับการทำงาน (Baker and Trietsch, 1974) ประกอบด้วยเทคนิคและวิธีการดังต่อไปนี้

2.6.1 วิธีบรานซ์แอนด์บาวด์ (Branch and bound) วิธีการนี้ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือ การบรานซ์เป็นการแบ่งส่วนปัญหาขนาดใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย และการบาวด์เป็นการนำค่า Lower bound มาคำนวณเพื่อหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดของปัญหาย่อย

2.6.2 วิธีฮิวริสติก (Heuristic) เป็นการนำหลักเกณฑ์ต่าง ๆ มาใช้ในการพิจารณาจัดลำดับงานในการผลิตเพื่อหาผลลัพธ์ที่เหมาะสม ซึ่งสามารถแก้ปัญหาข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ได้ รวมทั้งยังใช้เวลาในการประมวลผลน้อย

2.6.3 วิธีเมตาฮิวริสติก (Metaheuristic) เป็นวิธีสำหรับค้นหาคำตอบที่มีขั้นตอนการค้นหาที่ซับซ้อน แต่เป็นวิธีการที่นิยมมากกว่าวิธีการฮิวริสติก เพราะเป็นวิธีการที่สามารถค้นหาคำตอบขนาดใหญ่ภายใต้เงื่อนไขของเวลาที่จำกัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยกระบวนการเมตาฮิวริสติกนี้จะทำการค้นหาคำตอบตามจำนวนรอบการหาคำตอบที่ได้กำหนดไว้ ส่งผลให้ผลลัพธ์ของคำตอบมีค่าที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ซึ่งวิธีการเมตาฮิวริสติกที่นิยมนำมาแก้ไขปัญหาการจัดตารางการผลิต คือ วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm)

วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมเป็นวิธีการที่สามารถค้นหาคำตอบได้หลายคำตอบ เนื่องจากวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมจะทำการวนซ้ำในการหาคำตอบจนกว่าจะได้คำตอบที่ดีที่สุดตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ โดยมีแนวคิดมาจากการถ่ายทอดทางพันธุกรรมและพัฒนาการของสิ่งมีชีวิตเพราะการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมของสิ่งมีชีวิตจะเป็นการกำหนดว่าสิ่งมีชีวิตจะอยู่รอดหรือสูญพันธุ์ ได้มาเป็นแนวทางในการค้นหาคำตอบ และเกิดการถ่ายทอดพันธุกรรมของประชากรในรุ่นพ่อแม่สู่รุ่น

ลูก เพื่อให้ได้วิวัฒนาการใหม่ ๆ ซึ่งอาจจะทำให้ได้คำตอบที่เหมาะสมหรือไม่เหมาะสมได้ แต่จะมีวิธีการเก็บข้อมูลที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้เปรียบเทียบกับคำตอบในรอบอื่น ๆ เพื่อทำให้ได้ ผลลัพธ์ที่เหมาะสม กระบวนการของวิธีเชิงพันธุกรรม (ธีรเดช วุฒิพรพันธ์, 2559) มีรายละเอียดดังนี้

2.6.3.1 กำหนดขนาดของประชากร และสร้างประชากรเริ่มต้น เป็นการสร้างจำนวนคำตอบเริ่มต้นหลาย ๆ คำตอบ จากการสุ่มตัวเลขตามจำนวนของประชากรที่มีอยู่ ซึ่งส่งผลให้คำตอบที่ได้มีประสิทธิภาพ แต่การกำหนดจำนวนประชากรที่มีขนาดใหญ่เกินไปอาจจะส่งผลให้ใช้เวลาสำหรับประมวลผลที่ยาวนานขึ้นได้ ดังนั้นการกำหนดขนาดประชากรให้เหมาะสมกับลักษณะของปัญหาในกระบวนการผลิตนั้น ๆ จะทำให้ได้คำตอบที่มีประสิทธิภาพ

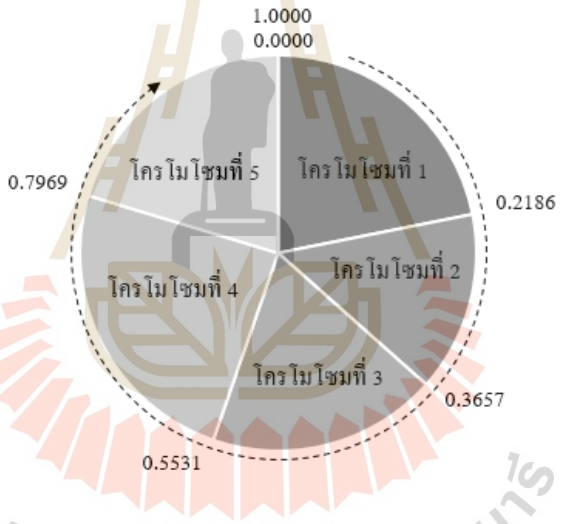
2.6.3.2 กำหนดและประเมินฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของประชากรเริ่มต้น (Objective value) เป็นการกำหนดตัวชี้วัดประสิทธิภาพของกระบวนการจัดตารางการผลิต ยกตัวอย่างเช่น เวลาทำงานรวม เวลาส่งมอบสินค้า เป็นต้น

2.6.3.3 ประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness value) โดยใช้ Fitness function สำหรับหาค่าที่เหมาะสมกับลักษณะของปัญหาของกระบวนการผลิตตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของประชากร

2.6.3.4 การคัดเลือก เป็นกระบวนการคัดเลือกโครโมโซมพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ตามค่าความเหมาะสมและค่าความน่าจะเป็นสำหรับสร้างโครโมโซมรุ่นลูก โดยโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมสูงจะส่งผลให้ค่าความน่าจะเป็นของโครโมโซมนั้น ๆ มีค่าสูงและมีโอกาสในการเป็นโครโมโซมพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ที่สูงกว่าค่าความเหมาะสมที่น้อย โดยมีวิธีการที่ใช้ในการคัดเลือกหลากหลายวิธี ยกตัวอย่างเช่น วิธีวงล้อรูเลต, วิธีการจัดอันดับ เป็นต้น โดยวิธีที่นิยมใช้ในการคัดเลือกจะเป็นวิธีวงล้อรูเลต (Roulette wheel) เนื่องจากทำให้สามารถค้นหาคำตอบเหมาะสมที่สุดได้ และวิธีการนี้จะใช้ค่าความน่าจะเป็นและค่าความน่าจะเป็นสะสมสำหรับสร้างและกำหนดช่วงข้อมูลในวงล้อ แสดงดังตารางที่ 2.1 และแสดงดังรูปที่ 2.4 หลังจากนั้นจะใช้การสุ่มค่าตัวเลข เพื่อหาค่าที่ตกอยู่ในวงล้อรูเลต โครโมโซมที่ตกอยู่ในค่าของวงล้อรูเลตนั้นจะเป็นโครโมโซมพ่อ และทำการสุ่มค่าตัวเลขอีกครั้ง เพื่อค้นหาโครโมโซมแม่ที่ตกอยู่ในค่าของวงล้อรูเลต

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างการประเมินค่าในวงล้อรูเลต

โครโมโซม	ฟังก์ชันวัตถุประสงค์	ประเมินค่าความเหมาะสม	ความน่าจะเป็น	ความน่าจะเป็นสะสม
1	164,440.2	60.8	0.2186	0.2186
2	244,455.2	40.9	0.1471	0.3657
3	191,866.0	52.1	0.1874	0.5531
4	147,452.2	67.8	0.2438	0.7969
5	177,018.0	56.5	0.2031	1.0000
รวม	925,231.6	278.1	1.0000	-



รูปที่ 2.4 วงล้อรูเลต (Roulette wheel)

2.6.3.5 การถ่ายทอดทางพันธุกรรม ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ การข้ามสายพันธุ์ หรือ Crossover เป็นกระบวนการแลกเปลี่ยนยีนส์ระหว่างโครโมโซมพ่อแม่ และการกลายพันธุ์ หรือ Mutation เป็นการแทรกหรือสลับที่ยีนส์ภายในโครโมโซม เพื่อค้นหาคำตอบที่ทำให้วัตถุประสงค์มีค่าเหมาะสมที่สุด

2.6.3.6 การจัดเก็บโครโมโซมลูกหรือค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่เหมาะสมในแต่ละรอบการค้นหาคำตอบ เมื่อได้โครโมโซมรุ่นลูกแล้วจำเป็นต้องตรวจสอบค่าวัตถุประสงค์ของรุ่นลูกเพื่อเก็บค่าที่ดีที่สุด และการตรวจสอบเงื่อนไขเพื่อหยุดค้นหาคำตอบ ซึ่งการประมวลผลหาคำตอบจะหยุด

ทำงานก็ต่อเมื่อจำนวนรอบครบตามเงื่อนไขการตรวจสอบที่ได้กำหนดไว้

2.6.4 วิธีการทางคณิตศาสตร์ เป็นการนำแบบจำลองทางด้านคณิตศาสตร์มาใช้หาผลลัพธ์ ประกอบไปด้วย 2 วิธี ได้แก่ Integer programming และ Dynamic programming

2.6.5 วิธี Artificial intelligence เป็นการนำวิธีทางปัญญาประดิษฐ์มาช่วยสำหรับค้นหาผลลัพธ์ ซึ่งวิธีการดังกล่าวมีดังนี้

2.6.5.1 Expert system เป็นวิธีการที่ช่วยบ่งชี้หรือช่วยหาผลลัพธ์ของการทำงานให้เร็วขึ้น

2.6.5.2 การจำลองสถานการณ์แบบปัญหา (Simulation) เป็นวิธีการเลียนแบบระบบการทำงาน โดยทำการทดลองหาคำตอบ เพื่อหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งการทดลองหาคำตอบจะไม่ส่งผลกระทบหรือความเสียหายกับระบบการทำงานจริง โดยประกอบด้วยขั้นตอนการจำลองปัญหา ดังต่อไปนี้

1) กำหนดระบบและปัญหา เป็นการกำหนดปัญหาและขอบเขตของงานและกำหนดหลักเกณฑ์ที่นำมาใช้ในการพิจารณาในการแก้ปัญหา

2) รวบรวมข้อมูล เพื่อเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

3) กำหนดรูปแบบ โดยใช้คอมพิวเตอร์

4) ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง หลังจากการกำหนดรูปแบบในการจำลองปัญหาแล้วจึงทำการตรวจสอบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาเพื่อเลียนแบบระบบการทำงานสามารถใช้งานได้จริงและทดแทนระบบการทำงานจริงได้

5) การทดลองแบบจำลองเป็นการตรวจสอบประสิทธิภาพของทางเลือกหลาย ๆ ทาง ซึ่งหลังจากวิเคราะห์ผลแล้วทางเลือกที่เป็นไปได้มากที่สุดก็จะถูกนำไปใช้งานจริง

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Gabriella Caputo, Mose Gallo and Guido Guizzi (2009) ได้นำแบบจำลองมาประยุกต์ใช้ในการจัดตารางเพื่อลดต้นทุนการสต็อก โดยใช้เครื่องมือ OptQuest for Arena ในซอฟต์แวร์ Arena สำหรับวิเคราะห์หาลำดับต่าง ๆ ที่เป็นไปได้ในกระบวนการผลิตและหาคำตอบที่เหมาะสม รวมถึงการยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองในการตรวจสอบความสามารถของการผลิต ซึ่งขั้นตอนในการดำเนินงานเริ่มจากการจัดสรรทรัพยากรให้กับสถานีงานต่าง ๆ จากนั้นเขียนคำสั่งให้ข้อมูลการผลิตประมวลผลตามโค้ด VBA (Visual basic for application) ที่อยู่ในฐานข้อมูล เพื่อนำข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลในฐานข้อมูลแล้วมาทำการจำลองกระบวนการผลิต เพื่อหาลำดับการผลิตที่ทำให้ต้นทุนการสต็อกต่ำที่สุด จากการศึกษาพบว่าซอฟต์แวร์ Arena สามารถวิเคราะห์หาคำตอบที่เหมาะสมของแบบจำลองการจัดตารางการผลิตได้

Howe C. Cheng and David Y.K. Chan (2011) ได้นำแบบจำลองมาช่วยในการวางแผนการผลิต เพื่อหาเวลาทำงานรวมต่ำที่สุด โดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ Flexsim เพื่อวิเคราะห์หาลำดับการผลิตที่เหมาะสม โดยเริ่มจากการนำข้อมูลการผลิตจากสเปรดชีตในโปรแกรม Microsoft office excel ประมวลผลลงในแบบจำลองสถานการณ์ Flexsim โดยการจัดกลุ่ม (Combination) ลำดับงานทั้งหมดที่เป็นไปได้ และจัดเรียงกลุ่มที่ลำดับงานที่มีเวลาส่งมอบสินค้าเหลือน้อยที่สุดเข้าผลิตก่อน (Minimum slack time: MST) จากการจำลองสถานการณ์พบว่าการจัดลำดับที่เหมาะสมทำให้เวลาทำงานรวมและจำนวนงานที่ส่งมอบล่าช้ามีค่าลดลง แต่ส่งผลให้เวลาในการประมวลผลแบบจำลองเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมของลำดับการผลิตทั้งหมดใช้เวลาประมวลผลนาน ดังนั้นจึงควรหาเทคนิคหรือหน่วยประมวลผลที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการประมวลผลข้อมูลที่เป็นไปได้ทั้งหมด

Savas Balin (2011) ได้นำวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมมาใช้กับกระบวนการจัดตารางการผลิตแบบขนาน โดยศึกษาเครื่องจักรที่มีลักษณะการทำงานเหมือนกัน แต่มีขนาดของเครื่องจักรแตกต่างกัน เพื่อลดเวลาทำงานรวมของระบบการผลิตให้ต่ำที่สุด โดยทำการออกแบบวิธีถ่ายทอดทางพันธุกรรมของวิธีการข้ามสายพันธุ์ใหม่ (Crossover) เพื่อทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด และนำวิธีการที่ได้ออกแบบใหม่นี้ไปทำการทดสอบหาผลลัพธ์โดยใช้ซอฟแวร์การจำลองสถานการณ์ จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองไปเปรียบเทียบกับวิธีเวลาทำงานมากที่สุด (Longest processing time: LPT) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการใหม่ ผลจากการทดลองพบว่าวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมสามารถลดเวลาทำงานรวมลงได้และใช้เวลาในการประมวลผลที่รวดเร็ว ถึงแม้ว่าขนาดของปัญหาจะมีขนาดใหญ่

เศรษฐา เพชรอำไพ และธราธร กูลภัทรนิรันด์ (2554) ได้ประยุกต์ใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมสำหรับจัดตารางการผลิต ซึ่งมีข้อจำกัดของเครื่องจักรจำเป็นต้องวางต่อกันเป็นแบบอนุกรม และงานบางงานไม่จำเป็นต้องผลิตบนเครื่องทุกเครื่อง โดยการเปรียบเทียบผลการจัดลำดับงานโดยวิธีของแคมเบล การจัดลำดับงานโดยใช้โปรแกรม Lekin scheduler และการจัดลำดับงานโดยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม เพื่อทดลองจัดลำดับงาน 6 ชนิดให้กับเครื่องจักร 3, 4 และ 10 เครื่อง ผลจากการทดลองพบว่าการจัดลำดับงานโดยวิธีเชิงพันธุกรรมสามารถหาเวลาทำงานรวมของระบบการผลิตได้น้อยกว่าวิธีของแคมเบล และการจัดลำดับงานโดยใช้โปรแกรม Lekin scheduler แต่บางครั้งการจัดลำดับโดยวิธีเชิงพันธุกรรมสามารถหาเวลาทำงานรวมได้มากกว่าการจัดลำดับงานโดยใช้โปรแกรม Lekin scheduler เนื่องจากจำนวนของงานและเครื่องจักรมีผลต่อการสร้างคำตอบที่เหมาะสม ส่งผลให้การจัดลำดับโดยวิธีเชิงพันธุกรรมมีประสิทธิภาพลดลง

วัสพล ธารณา, ฐิติมา ชูกิจรุ่งโรจน์ และมธุรดา วิริยะพงษ์ (2555) ได้พัฒนาวิธีการจัดตารางการผลิตเพื่อทำให้เวลาในการทำงานรวมต่ำที่สุด โดยนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาทั้งหมด 2 ขั้นตอน

ได้แก่ ขั้นตอนการจัดกลุ่มงานที่ประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยการเขียนโปรแกรมใน Microsoft office excel เพื่อมอบหมายงานเข้าเครื่องจักรให้เหมาะสมที่สุด และขั้นตอนการจัดลำดับงานที่ประยุกต์ใช้เทคนิคฮิวริสติกส์ โดยพิจารณาจากวันกำหนดส่งเร็วที่สุดก่อน (Earliest due date, EDD) และการทำงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน (Shortest processing time, SPT) เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับการจัดตารางการผลิตแบบเดิม จากการศึกษาพบว่าวิธีการจัดตารางผลิตดังกล่าวสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดตารางการผลิตร้อยละ 7.83 ของการจัดตารางการผลิตแบบเดิม และยังสามารถลดจำนวนงานล่าช้าลงได้ร้อยละ 43.33

สืบพงศ์ แสงอุดร และธีรเดช วุฒิพรพันธ์ (2555) ได้ประยุกต์ใช้วิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบผสมสำหรับจัดตารางการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ เพื่อค้นหาค่าใช้จ่ายรวมที่ต่ำที่สุดที่เกิดจากความล่าช้าของงาน และค่าใช้จ่ายเมื่อมีงานค้างอยู่ระบบ โดยใช้การเขียนภาษา Visual basic ร่วมกับโปรแกรม Mathlab ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังนี้ การสร้างประชากรเริ่มต้นจำนวน 5 โครโมโซม โดยประชากรเริ่มต้นมาจากการสุ่มจำนวน 2 โครโมโซม และมาจากวิธีฮิวริสติกส์ 3 วิธี คือวิธี Earliest due date (EDD), Shortest processing time (SPT) และ Minimum slack time (MST) จำนวน 3 โครโมโซม ขั้นตอนต่อมาผู้วิจัยได้ทำการหาค่าความแข็งแรงตามสมการวัตถุประสงค์และการคัดเลือกโดยใช้วิธีวงล้อรูเล็ต จากนั้นได้ทำการสุ่มตำแหน่งเพื่อทำการสลับที่โครโมโซม แล้วทำการคัดเลือกโครโมโซมที่ดีที่สุดเพื่อนำไปเป็นประชากรเริ่มต้นในรอบต่อไป ผลจากการทดลองพบว่าวิธีการจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบผสมสามารถลดค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดจากงานล่าช้าและมีงานค้างในระบบเท่ากับ 88,914 บาท จากเดิมเท่ากับ 179,171.89 บาท

Cuixia Miao and Juan Zou (2015) ได้พัฒนาวิธีการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรแบบขนาน เพื่อลดเวลาทำงานรวมให้ต่ำที่สุดและลดเวลางานที่เสร็จสมบูรณ์ทั้งหมด โดยมีข้อจำกัดของเวลาในการประมวลผลงานและความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร ซึ่งได้นำเสนออัลกอริทึม Longest deteriorating rate และ List scheduling เพื่อลดเวลาทำงานรวมให้ต่ำที่สุด และนำเสนออัลกอริทึม Dynamic programming และ Fully polynomial time approximation สำหรับลดเวลางานที่เสร็จสมบูรณ์ทั้งหมด จากการศึกษาพบว่าสามารถพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรแบบขนานได้

Matheus N. Haddad, Luciano P. Cota, Marcone J.F. Souza and Nelson Maculan (2015) ได้นำเสนอปัญหาการจัดตารางของเครื่องจักรแบบขนานที่ลำดับการผลิตมีผลต่อเวลาปรับตั้งเครื่องจักร เพื่อทำให้เวลางานที่เสร็จสมบูรณ์ต่ำที่สุด โดยนำเสนออัลกอริทึม AIV และ HIVP เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับการจัดตารางการผลิตปัจจุบัน จากการศึกษาพบว่าอัลกอริทึมดังกล่าวข้างต้นที่ได้จากการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา C++ และ Java สามารถแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตได้ดีกว่าการจัดตารางการผลิตปัจจุบันจากการประมวลทางคอมพิวเตอร์ของตัวอย่างชุดข้อมูล

ทั้งหมด 360 ตัวอย่าง อย่างไรก็ตามหากนำอัลกอริทึม AIV และ HIVP มาประยุกต์ใช้ร่วมกันที่มีชื่อใหม่ว่า Mixed integer programming (MIP) อาจจะเพิ่มประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาการจัดตารางของเครื่องจักรแบบขนานได้ดีกว่าการใช้อัลกอริทึม AIV และ HIVP ในการแก้ปัญหา

ณัฐวุฒิ เหลียวอินทร์ (2560) ได้นำเสนอวิธีการสำหรับจัดตารางการผลิต เพื่อหาเวลาทำงานของระบบที่สั้นที่สุด โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ Mixed integer linear programming เพื่อหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งได้ทำการแปลงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และข้อมูลต่าง ๆ ส่งให้เซิฟเวอร์ NEOS ที่ให้บริการผ่านระบบอินเทอร์เน็ตแบบไม่คิดค่าบริการ และคำนวณบนคลาวด์ เพื่อช่วยประมวลผลและคำนวณหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด แต่ในการประมวลผลข้อมูลพบว่าเซิฟเวอร์ NEOS ไม่สามารถประมวลผลของข้อมูลได้ เนื่องจากข้อมูลมีขนาดใหญ่และตัวแปรจำนวนมาก จึงได้นำโปรแกรม CPLEX ซึ่งมีขนาดของเซิฟเวอร์ที่ใหญ่กว่ามาช่วยในการคำนวณ จากการศึกษาพบว่าวิธีการจัดตารางการผลิตโดยใช้โปรแกรม CPLEX บนเซิฟเวอร์ NEOS สามารถลดเวลาทำงานของระบบได้ดีกว่าการจัดตารางการผลิตแบบเดิมร้อยละ 17.49 อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ได้ศึกษาเฉพาะการลดเวลาทำงานของระบบ แต่ไม่ได้พิจารณาถึงต้นทุนในการผลิตด้านอื่น ๆ

อารดา ไชยโคตร (2561) ได้นำเสนอวิธีการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรสำหรับขึ้นรูปยางรถยนต์ เพื่อลดต้นทุนรวมจากค่าแรงงานและค่าไฟฟ้าในการเดินเครื่องจักร โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ Mixed integer linear programming สำหรับแก้ปัญหา โดยใช้ซอฟต์แวร์ OpenSolver ด้วยโปรแกรมประมวลผล Gurobi 7.5.2 มาใช้ในการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสม ซึ่งกระบวนการผลิตมีข้อจำกัดของเครื่องจักรบางเครื่องไม่สามารถผลิตงานบางขนาดได้และลำดับในการผลิตงานมีผลต่อเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร จากการศึกษาพบว่าวิธีการจัดตารางการผลิตโดยใช้โปรแกรม Gurobi 7.5.2 สามารถลดต้นทุนรวมได้ 328,848 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 13.3

ธนวัฒน์ วงศ์เครือ และวรวุฒิ หวังวัชรกุล (2564) ได้นำเสนอวิธีการจัดตารางการผลิต เพื่อปรับลดจำนวนเครื่องจักรที่ใช้งานให้เหมาะสมและเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของอัตราการใช้เครื่องจักร รวมถึงลดต้นทุนรวมของระบบการผลิต โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งใช้เครื่องมือ Solver ในโปรแกรม Microsoft office excel เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม และใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกส์ผสมผสาน (Hybrid heuristic) โดยพิจารณาจาก Earliest due date (EDD) และ Longest processing time (LPT) เพื่อเปรียบเทียบกับวิธีการจัดตารางการผลิตแบบปัจจุบัน จากการศึกษาพบว่าการจัดตารางการผลิตโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธีการจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกส์ผสมผสาน และวิธีการจัดตารางการผลิตแบบปัจจุบัน โดยสามารถลดต้นทุนโดยรวมของระบบร้อยละ 13.43 เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการปัจจุบัน

Na Wang, Yaping Fu and Hongfeng Wang (2019) ได้นำเสนอวิธีการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกและการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรแบบขนาน เพื่อทำให้เวลาทำงานรวมต่ำที่สุด

โดยใช้เทคนิค Meta heuristic ที่มีขั้นตอนในการดำเนินงานดังนี้ Heuristic-based partition, Genetic-based sampling, Promising index calculation และ Backtracking strategies are employed งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคฮิวริวติกส์ร่วมกับอัลกอริทึม Genetic เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดตาราง โดยทำการเปรียบเทียบวิธีการดังกล่าวกับวิธีการจัดตารางการผลิตแบบ h-NP และ MSGA จากการศึกษาพบว่าวิธีการจัดตารางการผลิตที่ได้พัฒนาขึ้นมาสามารถแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรแบบขนานและการจัดสรรทรัพยากรแบบไดนามิกได้ดีกว่าวิธีการจัดตารางการผลิตแบบ h-NP และ MSGA

ตารางที่ 2.2 สรุปงานวิจัยและเครื่องมือในการแก้ปัญหา

ชื่องานวิจัย	เครื่องมือในการแก้ปัญหา	ตัวชี้วัดประสิทธิภาพ
Gabriella Caputo, Mose Gallo and Guido Guizzi (2009)	- วิธีการจำลองสถานการณ์ - Visual basic for application (VBA)	- ต้นทุนการสต็อกสินค้า
Howe C. Cheng and David Y.K. Chan (2011)	- วิธีการจำลองสถานการณ์ - Microsoft office excel	- เวลาทำงานรวม (Makespan) - เวลาส่งมอบเหลือน้อยที่สุด (MST)
Savas Balin (2011)	- วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม	- เวลาทำงานรวม (Makespan) - เวลาทำงานมากที่สุด (LPT)
เศรษฐา เพชรอำไพ และธราธร กูลภัทรนิรันด์ (2554)	- วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม - วิธีของแคมเบล - โปรแกรมจัดตารางการผลิต	- เวลาทำงานรวม (Makespan)
วัสพล ธารณา, ฐิติมา ชูกิจรุ่งโรจน์ และมธุรดา วิริยะพงษ์ (2555)	- แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ - วิธีฮิวริสติกส์ - Microsoft office excel	- เวลาทำงานรวม (Makespan) - วันกำหนดส่งเร็วที่สุด (EDD) - เวลาทำงานน้อยที่สุด (SPT)
สืบพงศ์ แสงอุดร และธีรเดช วุฒิพรพันธ์ (2555)	- วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบผสม - วิธีฮิวริสติกส์	- วันกำหนดส่งเร็วที่สุด (EDD) - เวลาทำงานน้อยที่สุด (SPT) - เวลาส่งมอบเหลือน้อยที่สุด (MST)
Cuixia Miao and Juan Zou (2015)	- แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	- เวลาทำงานรวม (Makespan) - เวลางานที่เสร็จสมบูรณ์

ตารางที่ 2.2 สรุปงานวิจัยและเครื่องมือในการแก้ปัญหา (ต่อ)

ชื่องานวิจัย	เครื่องมือในการแก้ปัญหา	ตัวชี้วัดประสิทธิภาพ
Matheus N. Haddad, Luciano P. Cota, Marcone J.F. Souza and Nelson Maculan (2015)	- แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	- เวลางานที่เสร็จสมบูรณ์
ณัฐวุฒิ เหลียวอินทร์ (2560)	- แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ - วิธีการจำลองสถานการณ์	- เวลาทำงานรวม (Makespan)
อารดา ไชยโคตร (2561)	- แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ - โปรแกรมประมวลผล	- ต้นทุนจากแรงงาน - ต้นทุนจากการเดินเครื่องจักร
ธนวัฒน์ วงศ์เครือ และ วรวุฒิ หวังวัชรกุล (2564)	- วิธีฮิวริสติกส์ผสมผสาน - Microsoft office excel	- วันกำหนดส่งเร็วที่สุด (EDD) - เวลาทำงานมากที่สุด (LPT)
Na Wang, Yaping Fu and Hongfeng Wang (2019)	- วิธีเมตาฮิวริสติกส์	- เวลาทำงานรวม (Makespan)

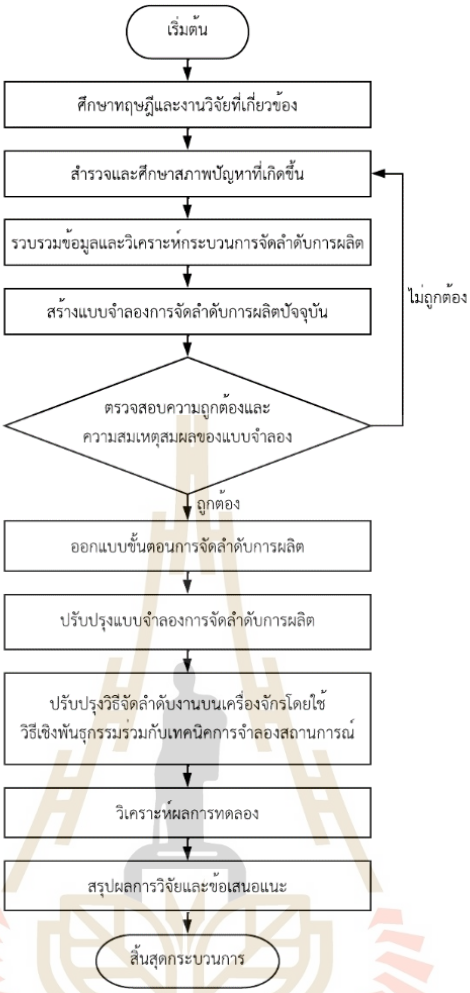
จากการศึกษาและทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนและการจัดลำดับการผลิต พบว่าปัญหาการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรแบบขนานเป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีการคิดค้นวิธีการสำหรับหาเวลาการทำงานรวมที่น้อยที่สุดและหาคำตอบที่เหมาะสม ซึ่งมีการนำวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมและเทคนิคการจำลองสถานการณ์โดยใช้ระบบทางคอมพิวเตอร์มาช่วยแก้ไขปัญหาการจัดตารางการผลิตและค้นหาคำตอบที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก แต่การศึกษาโดยใช้โปรแกรม Flexsim ร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm) เพื่อค้นหาลำดับการผลิตและเวลาทำงานรวมที่เหมาะสมของเครื่องจักรแบบขนาน โดยพิจารณาจากปัจจัยการผลิตที่สำคัญ ได้แก่ ความสามารถในการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์ ความสามารถในการผลิตงานของเครื่องจักร และลำดับงานในการผลิตบนเครื่องจักรของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกพบว่ายังไม่มีการศึกษามาก่อน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำโปรแกรมจำลองสถานการณ์ Flexsim ร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรมมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรแบบขนาน โดยพิจารณาจากปัจจัยการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์ ความสามารถในการผลิตงานของเครื่องจักร และสร้างแบบจำลองให้หาลำดับการขึ้นผลิตบนเครื่องจักร ภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เริ่มจากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงานวิจัย และศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา จากนั้นวิเคราะห์ลักษณะการทำงานในปัจจุบันและรวบรวมข้อมูลในกระบวนการจัดลำดับการผลิต เพื่อสร้างแบบจำลองการจัดลำดับปัจจุบัน จากนั้นทำการตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลองสถานการณ์ แล้วทำการออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตโดยพิจารณาจากปัจจัยในกระบวนการผลิตโดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์ร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม เพื่อสร้างแบบจำลองกระบวนการจัดลำดับการผลิตที่สามารถหาลำดับการผลิตที่เหมาะสม จากนั้นทำการทดลองจัดลำดับการผลิตโดยใช้วิธีเชิงพันธุกรรมร่วมกับโปรแกรม Flexsim เพื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์และพัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพของโปรแกรม หลังจากนั้นทำการสรุปผลและข้อเสนอแนะสำหรับเป็นแนวทางในการศึกษาสำหรับการจัดลำดับการผลิตอื่นที่มีเงื่อนไขและข้อจำกัดที่สอดคล้องกับงานวิจัยนี้ โดยสรุปขั้นตอนการศึกษาที่ได้กล่าวมาเป็นแผนภาพ (Flow chart) ได้แสดงดังรูปที่ 3.1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.1 แผนภาพการดำเนินงานวิจัย

3.2 การสำรวจและศึกษาสภาพปัญหาของโรงงานกรณีศึกษา

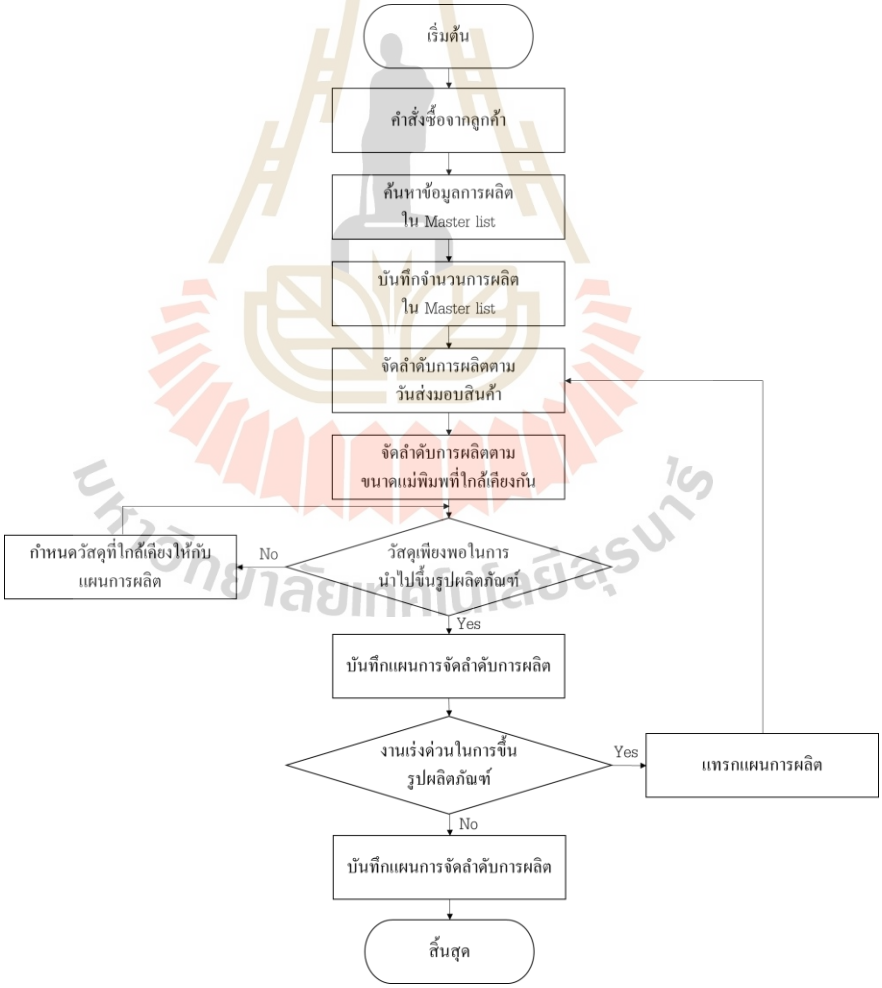
3.2.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก

โรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกเป็นธุรกิจขนาดกลาง ซึ่งดำเนินการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกขึ้นรูปด้วยสุญญากาศที่ได้รับมาตรฐานคุณภาพ ISO9001, ISO14001 และ OHSAS18001 โดยตั้งอยู่ที่อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

3.2.2 ข้อมูลกระบวนการวางแผนและจัดลำดับการผลิต

ขั้นตอนการวางแผนการผลิตของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก เริ่มจากฝ่ายวางแผนการผลิตได้รับคำสั่งซื้อจากลูกค้า จากนั้นฝ่ายวางแผนการผลิตจะค้นหาข้อมูลการผลิต เพื่อตรวจสอบกำลังการผลิตและบันทึกจำนวนที่ต้องการผลิตใน Master list หลังจากนั้นพนักงานวางแผนในฝ่ายวางแผนการผลิตจะจัดทำแผนการผลิตโดยพิจารณาจากวันส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้า

เป็นหลัก และพิจารณาจากขนาดของแม่พิมพ์ที่ใกล้เคียงกัน เพื่อลดเวลาในการเปลี่ยนขนาดของแผ่นพิมพ์ จากนั้นพนักงานวางแผนจะตรวจสอบปริมาณของวัสดุที่ต้องใช้ในการผลิต ในการตรวจสอบปริมาณของวัสดุ หากพนักงานวางแผนพบว่ามีปริมาณของวัสดุไม่เพียงพอต่อความต้องการผลิต พนักงานวางแผนจะกำหนดขนาดของวัสดุที่ใกล้เคียงให้กับแผนการผลิต เมื่อกำหนดปริมาณของวัสดุให้กับแผนการผลิตเสร็จแล้วพนักงานวางแผนจะดำเนินการบันทึกแผนการผลิตเพื่อจัดทำใบสั่งผลิตส่งให้พนักงานฝ่ายผลิต เพื่อผลิตสินค้าโดยอ้างอิงตามแผนการผลิต และทุกวันฝ่ายวางแผนจะทำหน้าที่ติดตามและรายงานผลการผลิตของฝ่ายผลิต หากมีงานเร่งด่วนในการผลิต ฝ่ายวางแผนจะทำการแทรกตารางการผลิตและแจ้งรายละเอียดงานที่ทำการแทรกให้ฝ่ายผลิตรับทราบ และเมื่อผลิตสินค้าครบตามจำนวนแล้ว ฝ่ายวางแผนจะทำการแจ้งไปยังฝ่ายคลังสินค้าเพื่อดำเนินการจัดส่งสินค้าให้ลูกค้าต่อไป ขั้นตอนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตปัจจุบัน แสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แผนภาพการวางแผนการผลิตปัจจุบัน

3.2.3 ปัญหาที่พบของโรงงานกรณีศึกษา

ปัจจุบันฝ่ายวางแผนการผลิตจะเป็นผู้วางแผนการผลิต หากพนักงานวางแผนได้รับคำสั่งซื้อจากลูกค้าจะดำเนินการวางแผนการผลิตล่วงหน้าประมาณ 1 วัน โดยตัดสินใจมอบหมายงานจากเวลาการส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าเป็นหลัก จากนั้นจะพิจารณาจากขนาดของเครื่องจักรเพื่อตัดสินใจมอบหมายงานให้กับเครื่องจักรที่ต้องผลิต โดยจะอาศัยประสบการณ์ของพนักงานวางแผนในการจัดทำแผนการผลิต หลังจากนั้นจะดำเนินการส่งแผนการผลิตให้กับพนักงานฝ่ายผลิต เพื่อผลิตงานตามใบสั่งผลิตในแต่ละวัน จากการศึกษากระบวนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกสามารถสรุปปัญหาที่พบได้ ดังต่อไปนี้

1) ไม่มีการศึกษาวิธีการจัดลำดับการผลิตอย่างเป็นระบบ และได้ทำการวางแผนการผลิตโดยอาศัยประสบการณ์ของพนักงานวางแผนในฝ่ายวางแผนการผลิตตัดสินใจมอบหมายงานให้กับเครื่องจักรตามวันส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าเป็นหลัก ซึ่งส่งผลให้การใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบต่ำกว่าเป้าหมายขององค์กร

2) เครื่องมือในการจัดลำดับไม่มีประสิทธิภาพ เพราะไม่สามารถตรวจสอบได้ว่ากระบวนการวางแผนและจัดลำดับการผลิตปัจจุบันให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบขั้นตอนการวางแผนและจัดลำดับการผลิตเพื่อหาวิธีการจัดลำดับการผลิตที่เหมาะสม เพื่อใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบให้มากที่สุด และสามารถส่งมอบสินค้าได้ทันเวลา รวมทั้งทำให้เวลาทำงานรวมต่ำที่สุด

3.3 รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์กระบวนการจัดลำดับการผลิต

รวบรวมข้อมูลกระบวนการจัดลำดับเริ่มจากการประชุมกับโรงงานกรณีศึกษา จากนั้นสอบถามขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันและปัจจัยการผลิตที่นำมาพิจารณาในกระบวนการผลิต รวมถึงข้อมูลของเครื่องจักรในการผลิตสินค้า นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้สอบถามตัวอย่างสินค้าสำหรับผลิตให้กับลูกค้าเพื่อใช้เป็นตัวอย่างในการวิจัย พบว่าจำนวนสินค้าสูงสุดที่ใช้ในการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกจำนวน 1 วัน เท่ากับ 30 ตัวอย่างสินค้า ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ใช้ตัวอย่างสินค้าในการทดลองทั้งหมด 30 ตัวอย่าง จากสินค้าทั้งหมดในโรงงานกรณีศึกษา 1,145 ชนิดสินค้า ซึ่งคิดเป็น 2.62% ของสินค้าทั้งหมด และพบว่าเครื่องจักรสำหรับปั๊มขึ้นรูปมีทั้งหมด 2 เครื่อง ประกอบด้วยเครื่องจักร A มีขนาดเท่ากับ 1,300 มิลลิเมตร และเครื่องจักร B มีขนาดเท่ากับ 1,000 มิลลิเมตร ซึ่งมีลักษณะการทำงานเหมือนกัน แต่อัตราการผลิตแตกต่างกัน จึงส่งผลให้ความสามารถในการผลิตงานของเครื่องจักรทั้ง 2 เครื่อง แตกต่างกัน และได้กำหนดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรให้เท่ากับ 3,600 วินาทีหรือ 1 ชั่วโมงต่อสินค้า โดยตัวอย่างสินค้าและปัจจัยการ

ผลิตที่ส่งผลให้เวลาทำงานรวม และเวลาส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าแตกต่างกันที่ใช้ในการทดลอง แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างสินค้าในการทดลอง

ชื่อสินค้า	เวลาการผลิต (วินาที)	จำนวน Cavity	ปริมาณการผลิต (ชิ้น)	วันส่งมอบสินค้า	%Mat
สินค้า 1	19.2	1	100	4	48.29
สินค้า 2	18.5	3	1,500	2	80.60
สินค้า 3	18.5	3	1,500	2	80.84
สินค้า 4	17.5	2	500	7	79.41
สินค้า 5	14.8	2	1,000	8	75.76
สินค้า 6	16.6	3	6,000	7	128.27
สินค้า 7	17.9	1	1,000	9	73.33
สินค้า 8	23.0	4	1,000	3	81.37
สินค้า 9	18.0	1	100	6	71.53
สินค้า 10	18.0	1	100	6	71.53
สินค้า 11	13.2	6	2,600	8	74.38
สินค้า 12	17.0	4	1,200	5	73.89
สินค้า 13	20.0	6	100	7	81.55
สินค้า 14	17.7	6	5,600	3	78.72
สินค้า 15	12.5	4	300	8	74.32
สินค้า 16	16.0	2	100	9	75.58
สินค้า 17	25.8	2	1,500	4	80.56
สินค้า 18	20.6	2	1,250	6	71.62
สินค้า 19	13.8	2	500	7	49.20
สินค้า 20	22.1	3	1,300	3	79.46
สินค้า 21	24.1	1	100	5	80.56
สินค้า 22	24.1	1	100	10	79.44
สินค้า 23	18.0	3	3,000	6	76.03
สินค้า 24	20.7	1	550	8	71.43

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างสินค้าในการทดลอง (ต่อ)

ชื่อสินค้า	เวลาการผลิต (วินาที)	จำนวน Cavity	ปริมาณการผลิต (ชิ้น)	วันส่งมอบสินค้า	%Mat
สินค้า 25	20.7	1	550	7	71.43
สินค้า 26	15.3	1	1,100	2	69.70
สินค้า 27	25.0	2	2,000	6	120.41
สินค้า 28	16.0	1	1,000	5	63.77
สินค้า 29	20.6	1	200	9	79.23
สินค้า 30	20.7	1	270	9	79.23

จากตารางที่ 3.1 ตัวอย่างสินค้าในการทดลองจำนวน 30 ตัวอย่างสินค้า ได้แสดงถึงข้อมูลการผลิตต่าง ๆ ได้แก่ เวลาการผลิต, จำนวน Cavity, ปริมาณการผลิต, วันส่งมอบสินค้า และ %Mat ที่ได้นำมาพิจารณาในกระบวนการผลิต เนื่องจากข้อมูลการผลิตต่าง ๆ นี้มีผลต่อเวลาการทำงานรวมของระบบการผลิตและเวลาส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าที่แตกต่างกัน โดยเวลาการทำงานรวมของการผลิตสามารถคำนวณได้จากเวลาการผลิตคูณด้วยปริมาณการผลิต จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้มาหารด้วยจำนวน Cavity จึงจะได้ผลลัพธ์ของเวลาทำงานรวมของการผลิต ยกตัวอย่างเช่น สินค้า 1 พบว่ามีเวลาการผลิตเท่ากับ 19.2 วินาที จำนวน Cavity เท่ากับ 1 และปริมาณการผลิตเท่ากับ 100 ชิ้น ดังนั้นผลลัพธ์ของเวลาทำงานรวมของสินค้า 1 จะเท่ากับ 1,920 วินาที โดยเวลาการผลิตหรือ Cycle time คือเวลาที่ใช้ในการผลิตสินค้าจำนวน 1 ชิ้นงาน จำนวน Cavity คือจำนวนสินค้าในแม่พิมพ์ 1 แบบต่อการปั๊มขึ้นรูปจำนวน 1 ครั้ง ยกตัวอย่างเช่น Cavity เท่ากับ 2 คือ แม่พิมพ์ 1 แบบ สามารถปั๊มขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ใน 1 ครั้ง ได้จำนวน 2 ชิ้นงาน และปริมาณการผลิตคือจำนวนสินค้าที่ต้องทำการผลิต นอกจากนี้วันส่งมอบสินค้าหรือ Due date คือวันและเวลาสุดท้ายในการส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้า โดยที่ลูกค้าพึงพอใจและไม่เสียค่าใช้จ่ายจากการส่งสินค้าไม่ทันเวลา ซึ่งกำหนดขึ้นมาจากลูกค้าหรือข้อตกลงร่วมกันระหว่างลูกค้ากับสถานประกอบการ และ %Mat คือเปอร์เซ็นต์การใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบ ในกระบวนการปั๊มขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ขนาดของวัตถุดิบที่ใช้จะขึ้นอยู่กับชนิดของสินค้าที่ทำการผลิต หมายความว่าถ้าผลิตสินค้าชนิดหนึ่งซึ่งพบว่าใช้แม่พิมพ์ในการผลิตขนาดเล็ก แต่ใช้วัตถุดิบในการผลิตขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นขนาดที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลให้เหลือเศษวัตถุดิบจากการผลิตเป็นจำนวนมาก และส่งผลให้การใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบต่ำกว่าเป้าหมายขององค์กรได้ ยกตัวอย่างเช่น สินค้า 1 พบว่ามี %Mat เท่ากับ 48.29 เปอร์เซ็นต์ หมายถึงในกระบวนการปั๊มขึ้นรูปผลิตภัณฑ์มีเศษวัตถุดิบ

เหลือจากการผลิตมากถึง 51.71 เปอร์เซ็นต์ แต่มีการใช้วัตถุดิบในการผลิตเพียง 48.29 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น เป็นต้น โดยเปอร์เซ็นต์การใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบสามารถคำนวณได้จากน้ำหนักหลังตัดหารด้วยน้ำหนักก่อนตัด

และจากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลกระบวนการปั๊มขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ของโรงงานบรรจุภัณฑ์พลาสติก พบว่ากระบวนการปั๊มขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เริ่มต้นจากการวางแผ่นพิมพ์ลงบนเครื่องจักรการผลิต ซึ่งแผ่นพิมพ์เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตและขนาดแผ่นพิมพ์ที่ใช้ในการผลิตจะเท่ากับความกว้างของวัตถุดิบคูณด้วยขนาดของเครื่องจักรการผลิตนั้น ๆ ยกตัวอย่างเช่น หากขนาดวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์หนึ่งเท่ากับ 410 มิลลิเมตร ขนาดของเครื่องจักร A เท่ากับ 1,300 มิลลิเมตร และขนาดของเครื่องจักร B เท่ากับ 1,000 มิลลิเมตร จะส่งผลให้ขนาดแผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร A จะเท่ากับ 533,000 ตารางมิลลิเมตร และขนาดแผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร B จะเท่ากับ 410,000 ตารางมิลลิเมตร จากนั้นจะนำแม่พิมพ์ของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผลิตวางลงบนเครื่องจักรการผลิต ซึ่งแม่พิมพ์เป็นแม่แบบสำหรับการผลิตและขนาดของแม่พิมพ์ในการผลิตจะเท่ากับความกว้างและความยาวของแม่พิมพ์คูณด้วยจำนวน Cavity ยกตัวอย่างเช่น หากความกว้างและความยาวของแม่พิมพ์ของผลิตภัณฑ์หนึ่งเท่ากับ 325 มิลลิเมตร และ 450 มิลลิเมตร ตามลำดับ และจำนวน Cavity เท่ากับ 1 จะส่งผลให้ขนาดของแม่พิมพ์เท่ากับ 146,250 ตารางมิลลิเมตร หลังจากนั้นเครื่องจักรการผลิตจะทำการปั๊มขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ โดยความสามารถในการตัดสินใจผลิตสินค้าบนเครื่องจักร A และเครื่องจักร B สำหรับปั๊มขึ้นรูปของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกนั้น จะพิจารณาได้จากการเปรียบเทียบขนาดแม่พิมพ์ของผลิตภัณฑ์กับขนาดแผ่นพิมพ์ของเครื่องจักรนั้น ๆ ยกตัวอย่างเช่น หากขนาดของแม่พิมพ์ของผลิตภัณฑ์หนึ่งเท่ากับ 146,250 ตารางมิลลิเมตร ขนาดแผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร A เท่ากับ 533,000 ตารางมิลลิเมตร และขนาดแผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร B เท่ากับ 410,000 ตารางมิลลิเมตร การตัดสินใจผลิตสินค้าบนเครื่องจักรการผลิต พบว่าแม่พิมพ์ของผลิตภัณฑ์ขนาดเท่ากับ 146,250 ตารางมิลลิเมตร มีความสามารถในการผลิตบนเครื่องจักรได้ทั้งเครื่องจักร A และเครื่องจักร B แต่การผลิตบนเครื่องจักรแต่ละเครื่องจะส่งผลให้การใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบที่แตกต่างกัน เนื่องจากการตัดสินใจผลิตบนเครื่องจักร A จะทำให้เหลือเศษวัตถุดิบจากการผลิตมากกว่าการผลิตบนเครื่องจักร B ดังนั้นพนักงานในฝ่ายวางแผนการผลิตจำเป็นต้องมีเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจผลิตสินค้าบนเครื่องจักรที่เหมาะสมจึงจะทำให้การใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบเพิ่มมากขึ้น ซึ่งความสามารถของเครื่องจักรในการผลิตสินค้าที่ใช้ในการทดลอง 30 ตัวอย่าง แสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ความสามารถของเครื่องจักร

ชนิดสินค้า	พื้นที่แม่พิมพ์ (ตร.มม.)	พื้นที่แผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร (ตร.มม.)	
		เครื่องจักร A	เครื่องจักร B
สินค้า 1	146,250	533,000	410,000
สินค้า 2	438,750	481,000	370,000
สินค้า 3	438,750	481,000	370,000
สินค้า 4	156,350	559,000	430,000
สินค้า 5	156,350	715,000	550,000
สินค้า 6	234,525	559,000	430,000
สินค้า 7	78,175	481,000	370,000
สินค้า 8	439,900	793,000	610,000
สินค้า 9	78,175	650,000	500,000
สินค้า 10	78,175	650,000	500,000
สินค้า 11	469,050	585,000	450,000
สินค้า 12	312,700	559,000	430,000
สินค้า 13	469,050	845,000	650,000
สินค้า 14	469,050	689,000	530,000
สินค้า 15	312,700	650,000	500,000
สินค้า 16	156,350	845,000	650,000
สินค้า 17	156,350	845,000	650,000
สินค้า 18	156,350	481,000	370,000
สินค้า 19	219,950	650,000	500,000
สินค้า 20	438,750	533,000	410,000
สินค้า 21	78,175	559,000	430,000
สินค้า 22	78,175	559,000	430,000
สินค้า 23	234,525	585,000	450,000
สินค้า 24	78,175	585,000	450,000
สินค้า 25	78,175	585,000	450,000
สินค้า 26	78,175	520,000	400,000
สินค้า 27	219,950	741,000	570,000

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.2 ความสามารถของเครื่องจักร (ต่อ)

ชนิดสินค้า	พื้นที่แม่พิมพ์ (ตร.มม.)	พื้นที่แผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร (ตร.มม.)	
		เครื่องจักร A	เครื่องจักร B
สินค้า 28	78,175	481,000	370,000
สินค้า 29	78,175	559,000	430,000
สินค้า 30	78,175	559,000	430,000

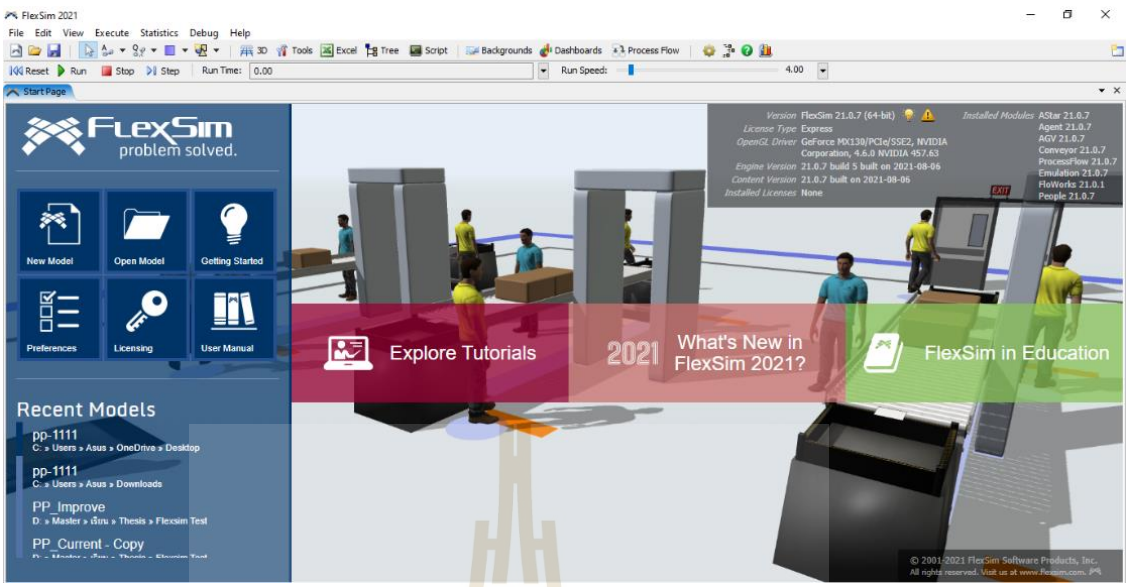
3.4 สร้างแบบจำลองสถานการณ์กระบวนการผลิตปัจจุบัน

เมื่อศึกษาและรวบรวมข้อมูลกระบวนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตเสร็จแล้ว จะนำข้อมูลต่าง ๆ ของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกดำเนินการสร้างแบบจำลองกระบวนการจัดลำดับการผลิตปัจจุบัน การดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้จะใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ Flexsim simulation software ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้สร้างแบบจำลองสถานการณ์ที่มีการเลียนแบบสถานการณ์การทำงานของระบบการทำงานต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นระบบการผลิตในอุตสาหกรรม การบริการ ระบบขนส่ง รวมทั้งการสร้างแบบจำลองสายห่วงโซ่อุปทาน เป็นต้น ซึ่งสามารถทำให้ผู้ปฏิบัติงานทราบถึงประสิทธิภาพและประสิทธิผลของกระบวนการทำงาน เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข เมื่อทราบแนวทางแก้ไขแล้วก็สามารถดำเนินการปรุงปรุงแก้ไขปัญหาการทำงานได้ทันทีลงในตัวแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นโดยที่ไม่ต้องปฏิบัติจริง เพื่อลดต้นทุน ระยะเวลา และเพิ่มประสิทธิภาพในด้านต่าง ๆ อีกทั้งการแสดงผลแบบ ทันที (Real time) ทำให้สามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพของสายการผลิตได้ไม่ว่าจะเป็น Utilization, Total time, Productivity เป็นต้น

แบบจำลองกระบวนการจัดลำดับการผลิตสร้างขึ้นโดยใช้โปรแกรม Flexsim 2021 Version 21.0.7 และทำการตั้งค่าข้อมูลต่าง ๆ ในแบบจำลองสถานณ์การตามสภาพแวดล้อมการทำงานจริงของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก คอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับจำลองสถานการณ์และสำหรับการทดลองคือ CPU Intel Core i7-8550U (up to 4.0 GHz) และใช้ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows 11 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองกระบวนการจัดลำดับปัจจุบันมีขั้นตอน ดังต่อไปนี้

3.4.1 การเปิดใช้งานโปรแกรมจำลองสถานการณ์

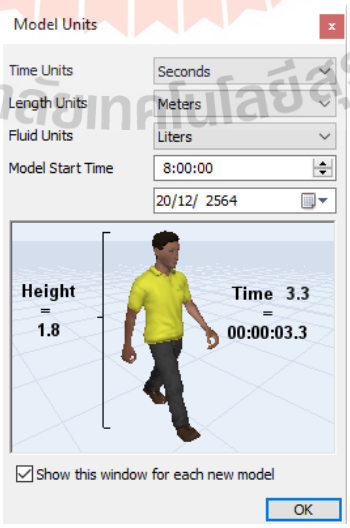
การเปิดโปรแกรมจำลองสถานการณ์ Flexsim เพื่อเริ่มต้นใช้งาน หน้าต่างแสดงผลเมื่อเปิดโปรแกรมจำลองสถานการณ์ แสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 หน้าต่างเริ่มต้นการใช้งานโปรแกรม Flexsim

3.4.2 การกำหนดระบบหน่วยของแบบจำลองสถานการณ์

การกำหนดระบบหน่วยเป็นการกำหนดหน่วยต่าง ๆ ที่จะใช้ในแบบจำลองสถานการณ์ ประกอบด้วยหน่วยของเวลาเป็นวินาที หน่วยความยาวเป็นเมตร หน่วยของไหลเป็นลิตร และวันเวลาเริ่มต้นของแบบจำลองสถานการณ์เป็นวันที่ 20 ธันวาคม 2564 เวลา 08:00 น. แสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 หน้าต่างระบบหน่วยของแบบจำลอง

3.4.3 การสร้าง Object ของเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิต

การสร้าง Object ของเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตเพื่อทำหน้าที่ให้เสมือนเครื่องจักรที่ใช้ในระบบการผลิตจริง โดยมีขั้นตอนการสร้าง Object ของเครื่องจักร ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เลือกแทบ Library ซึ่งอยู่ทางด้านซ้ายของหน้าต่างแสดงผลของโปรแกรม

ขั้นตอนที่ 2 เลือกแทบของ Fixed Resources แล้วเลือก Object ที่ชื่อว่า Processor มาวางบนพื้นที่การทำงาน

ขั้นตอนที่ 3 คลิกที่ Object ที่ชื่อว่า Processor

ขั้นตอนที่ 4 เลือกแถบ Visuals ซึ่งอยู่ด้านขวามือของหน้าต่างแสดงผล Properties

ขั้นตอนที่ 5 เลือก More Visuals

ขั้นตอนที่ 6 เลือก 3D Shapes แล้วเลือก Browse 3D Shapes เครื่องขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยสุญญากาศ

ขั้นตอนที่ 7 จะได้ Object เครื่องขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยสุญญากาศ

3.4.4 การสร้างกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก

การสร้างกระบวนการผลิตเริ่มจากการวาง Object ต่าง ๆ และเชื่อมต่อพอร์ตแต่ละ Object เข้าด้วยกัน รวมทั้งการตั้งค่าและกำหนดพารามิเตอร์ให้กับ Object โดยใช้ข้อมูลของกระบวนการผลิตจริง ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำ Source, Queue, Processor และ Sink มาวางบนพื้นที่การทำงาน

ขั้นตอนที่ 2 เชื่อมต่อ Source1 กับ Queue1 โดยใช้การเชื่อมต่อแบบ A

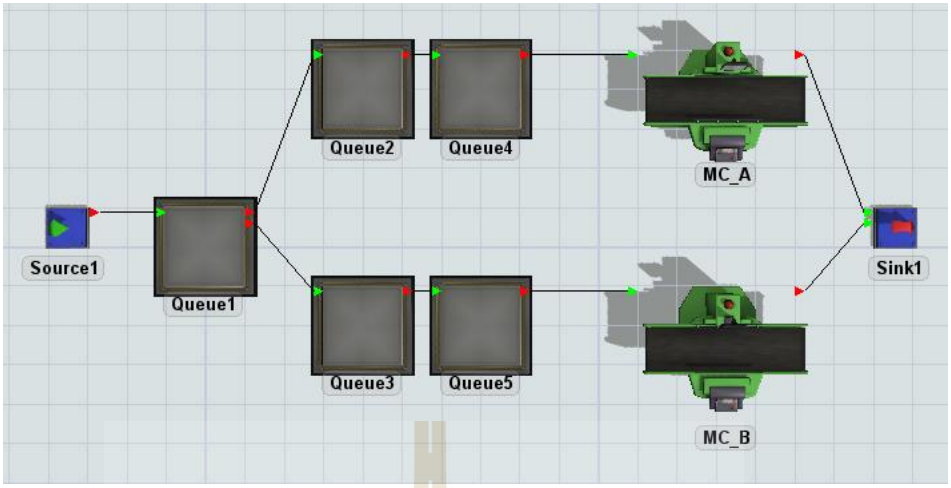
ขั้นตอนที่ 3 เชื่อมต่อ Queue1 กับ Queue2 และเชื่อมต่อ Queue1 กับ Queue3 โดยใช้การเชื่อมต่อแบบ A

ขั้นตอนที่ 4 เชื่อมต่อ Queue2 กับ Queue4 และเชื่อมต่อ Queue3 กับ Queue5 โดยใช้การเชื่อมต่อแบบ A

ขั้นตอนที่ 5 เชื่อมต่อ Queue4 กับ Processor1 (MC_A) และเชื่อมต่อ Queue5 กับ Processor2 (MC_B) โดยใช้การเชื่อมต่อแบบ A

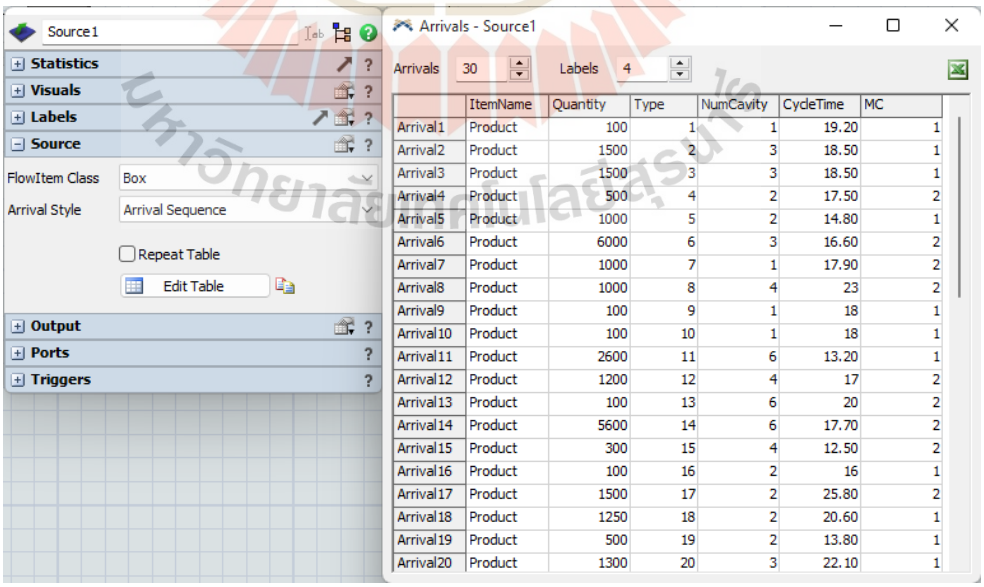
ขั้นตอนที่ 6 เชื่อมต่อ Processor1 และ Processor2 กับ Sink1 โดยใช้การเชื่อมต่อแบบ A

เมื่อทำการวางและเชื่อมต่อ Object เสร็จสิ้นแล้วจะได้ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การวางและเชื่อมต่อพอร์ต

ขั้นตอนที่ 7 การตั้งค่า Source1 ในแถบ Source ที่ Arrival Style เลือกเป็น Arrival Sequence จากนั้นเลือก Edit Table โดยที่ Arrivals เพิ่มเป็น 30 ตามจำนวนตัวอย่างคำสั่งซื้อสินค้าของลูกค้า และที่ Labels เพิ่มเป็น 4 เพื่อกำหนดชนิดของสินค้า (Type), จำนวนช่องใน 1 หน่วยการผลิต (NumCavity), เวลาในการผลิต (CycleTime) และเครื่องจักรของการผลิต (MC) แสดงดังรูปที่ 3.6

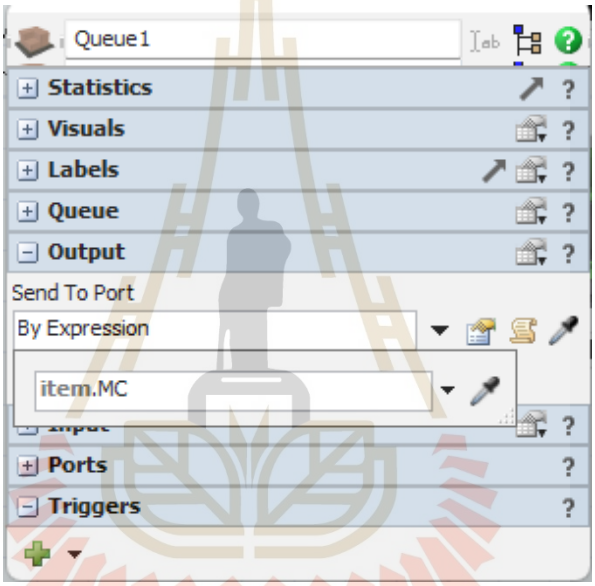


	ItemName	Quantity	Type	NumCavity	CycleTime	MC
Arrival1	Product	100	1	1	19.20	1
Arrival2	Product	1500	2	3	18.50	1
Arrival3	Product	1500	3	3	18.50	1
Arrival4	Product	500	4	2	17.50	2
Arrival5	Product	1000	5	2	14.80	1
Arrival6	Product	6000	6	3	16.60	2
Arrival7	Product	1000	7	1	17.90	2
Arrival8	Product	1000	8	4	23	2
Arrival9	Product	100	9	1	18	1
Arrival10	Product	100	10	1	18	1
Arrival11	Product	2600	11	6	13.20	1
Arrival12	Product	1200	12	4	17	2
Arrival13	Product	100	13	6	20	2
Arrival14	Product	5600	14	6	17.70	2
Arrival15	Product	300	15	4	12.50	2
Arrival16	Product	100	16	2	16	1
Arrival17	Product	1500	17	2	25.80	2
Arrival18	Product	1250	18	2	20.60	1
Arrival19	Product	500	19	2	13.80	1
Arrival20	Product	1300	20	3	22.10	1

รูปที่ 3.6 การตั้งค่า Source1

ขั้นตอนที่ 8 การตั้งค่า Source1 ในแถบ Triggers เลือก Add a new trigger > On Creation > Add/Edit this trigger's operations > Visual > Set Color By Case ที่ Value ให้กำหนดค่าเป็น item.Type และที่ Default กำหนดค่าเป็น Color.fromPalette(value) เพื่อกำหนดสีของสินค้าแต่ชนิดให้แตกต่างกัน

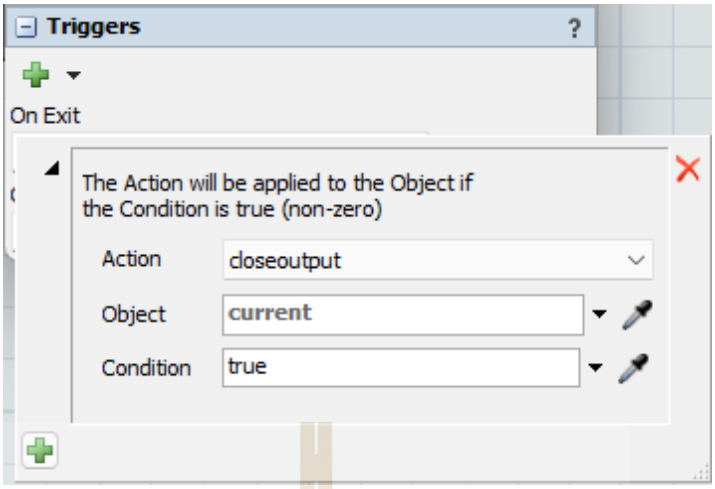
ขั้นตอนที่ 9 การตั้งค่า Queue1 ในแถบ Output ที่ Send To Port เลือก By Expression ที่ Enter an expression ให้กำหนดค่าเป็น item.MC เพื่อกำหนดเงื่อนไขการส่งสินค้าแต่ละชนิดไปผลิตที่เครื่องจักร แสดงดังรูปที่ 3.7



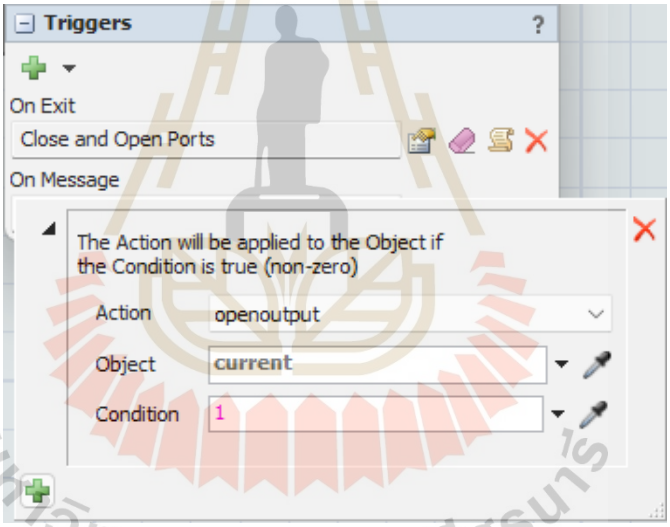
รูปที่ 3.7 การตั้งค่า Queue1

ขั้นตอนที่ 10 การตั้งค่า Queue4 และ Queue5 ในแถบ Queue ที่ Max Content ให้เปลี่ยนเป็น 1 และในแถบ Triggers เลือก Add a new trigger > On Exit > Add/Edit this trigger's operations > Control > Close and Open Ports ที่ Action เลือก closeoutput และที่แถบ Triggers เลือก Add a new trigger > On Message > Add/Edit this trigger's operations > Control > Close and Open Ports ที่ Action เลือก openoutput และที่ Condition ให้เปลี่ยนเป็น 1 เพื่อกำหนดเงื่อนไขให้เปิดพอร์ตการเชื่อมต่อเมื่อเครื่องจักรผลิตสินค้าชนิดเดียวกัน และปิดพอร์ตการเชื่อมต่อเมื่อเครื่องจักรผลิตสินค้าต่างชนิดกัน ซึ่งจะเปิดพอร์ตการเชื่อมเมื่อมีการปรับตั้งเครื่องจักรเสร็จสิ้นแล้วถึงจะผลิตสินค้าชนิดอื่น ๆ แสดงดังรูปที่ 3.8 และรูปที่ 3.9

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

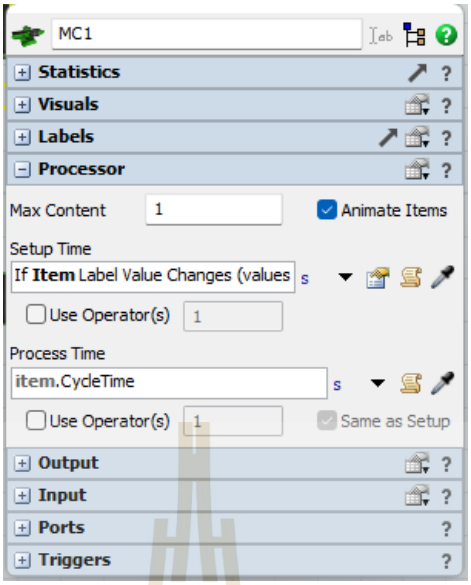


รูปที่ 3.8 การตั้งค่า Queue4 และ Queue5 ที่ On Exit



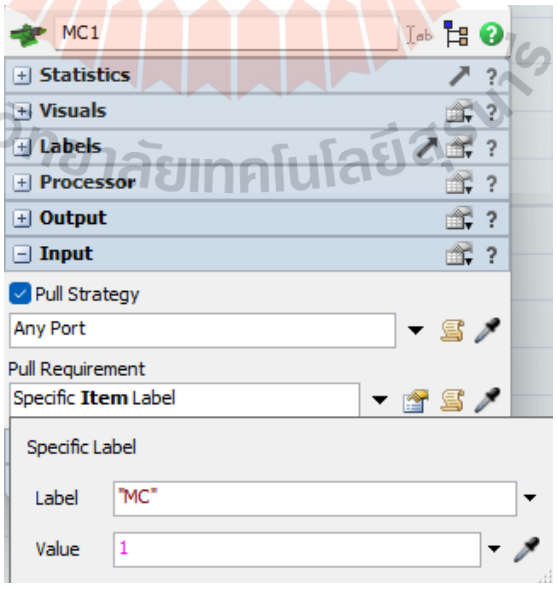
รูปที่ 3.9 การตั้งค่า Queue4 และ Queue5 ที่ On Message

ขั้นตอนที่ 11 การตั้งค่า Processor1 และ Processor2 ในแถบ Processor ที่ Setup Time เลือก Choose from various pre-defined options > If Item Label Value Changes ซึ่งที่ Label ให้เปลี่ยนเป็น “Type” ที่ If Item’s Label Changed ให้เปลี่ยนเป็น 3600 และที่ Otherwise ให้เปลี่ยนเป็น 0 เพื่อกำหนดเงื่อนไขของเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรในการผลิตสินค้าแต่ละชนิดให้เท่ากับ 1 ชั่วโมง และในแถบ Processor ที่ Process Time ให้เปลี่ยนเป็น item.CycleTime เพื่อกำหนดเวลาในการผลิตของสินค้าแต่ละชนิด แสดงดังรูปที่ 3.10



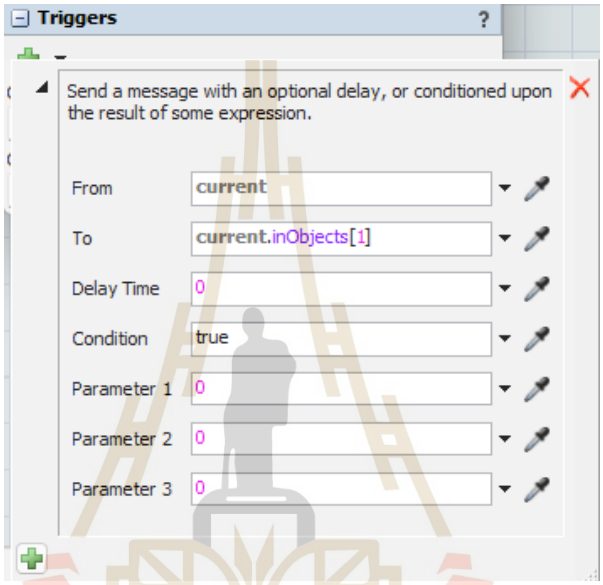
รูปที่ 3.10 การตั้งค่า Processor ในแถบ Processor

ขั้นตอนที่ 12 การตั้งค่า Processor1 และ Processor2 ในแถบ Input เลือก Pull Strategy และที่ Pull Requirement > Choose from various pre-defined options > Specific Label ที่ Label ให้เปลี่ยนเป็น “Type” และที่ Value ให้เปลี่ยนเป็น 1 สำหรับ Processor1 แต่สำหรับ Processor2 ที่ Value ให้เปลี่ยนเป็น 2 แสดงดังรูปที่ 3.11

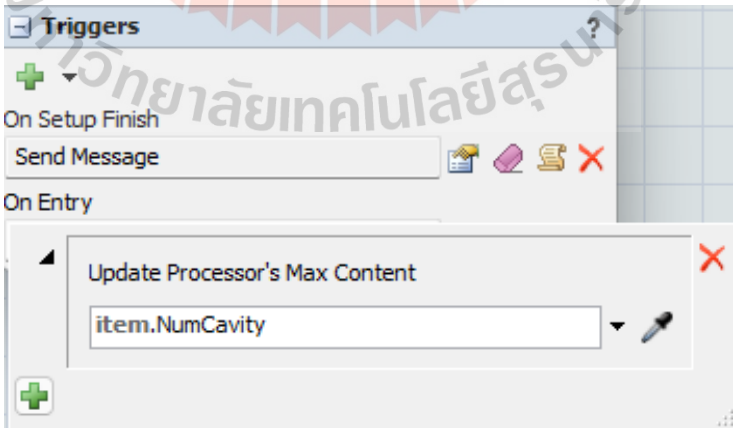


รูปที่ 3.11 การตั้งค่า Processor ในแถบ Input

ขั้นตอนที่ 13 การตั้งค่า Processor1 และ Processor2 ในแถบ Triggers เลือก Add a new trigger > On Setup Finish > Add/Edit this trigger's operations > Control > Send Message ที่ To ให้เปลี่ยนเป็น current.inObjects[1] และในแถบ Triggers เลือก Add a new trigger > On Entry > Update Processor's Max Content ให้เปลี่ยน Label เป็น item.NumCavity เพื่อกำหนดจำนวน Cavity ของหน่วยการผลิต แสดงดังรูปที่ 3.12 และรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.12 การตั้งค่า Processor ในแถบ Triggers ที่ On Setup Finish



รูปที่ 3.13 การตั้งค่า Processor ในแถบ Triggers ที่ On Entry

3.5 ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง

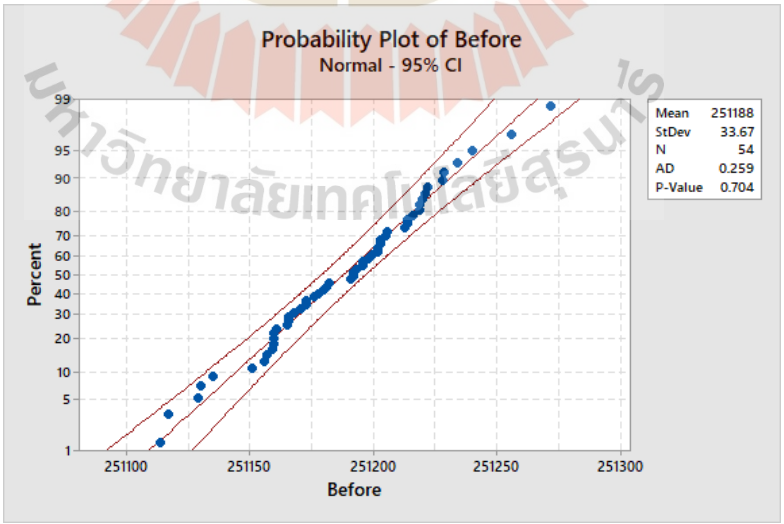
3.5.1 ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์จำเป็นต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องก่อนนำไปใช้งานจริง เพื่อให้มั่นใจว่าแบบจำลองสถานการณ์มีความถูกต้องและได้ผลการดำเนินงานที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ผลจากการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์พบว่าแบบจำลองสามารถทำงานได้ถูกต้องตามสภาพแวดล้อมการทำงานจริงของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกและไม่มีการแจ้งเตือนความผิดพลาดจากโปรแกรม

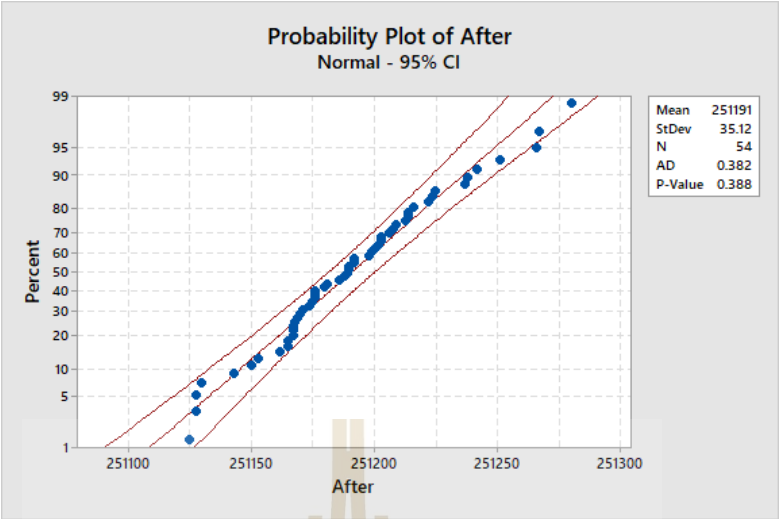
3.5.2 ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง

การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองกระบวนการวางแผนและจัดลำดับการผลิต ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบเวลาทำงานรวมของการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันกับเวลาทำงานรวมของแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม Minitab สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผลทางสถิติ โดยมีขั้นตอนการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ตรวจสอบลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลโดยใช้การทดสอบ Normality Test ซึ่งใช้ข้อมูลเวลาทำงานรวมของกระบวนการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันจำนวน 54 ตัวอย่าง และเวลาทำงานรวมของแบบจำลองจำนวน 54 ตัวอย่าง เพื่อดูว่าชุดข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ แสดงดังรูปที่ 3.14 และรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.14 ผลการทดสอบของการจัดลำดับปัจจุบัน



รูปที่ 3.15 ผลการทดสอบของแบบจำลองสถานการณ์

ผลจากการทดสอบ Normality Test พบว่าค่า P-value ของการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันเท่ากับ 0.704 และค่า P-value ของแบบจำลองสถานการณ์กระบวนการผลิตเท่ากับ 0.388 ซึ่งค่า P-value ของข้อมูลทั้ง 2 ชุด มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดในการทดสอบคือ 0.05 แสดงให้เห็นว่าลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลทั้ง 2 ชุด มีลักษณะการกระจายตัวแบบปกติ

ขั้นตอนที่ 2 เปรียบเทียบแบบจำลองสถานการณ์กับกระบวนการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันว่าแบบจำลองสถานการณ์สามารถเป็นตัวแทนของกระบวนการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันได้หรือไม่ โดยใช้การทดสอบ Paired T-Test แสดงดังรูปที่ 3.16 ซึ่งมีสมมติฐานของการทดสอบคือ

H_0 = แบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนของกระบวนการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันได้

H_1 = แบบจำลองไม่สามารถเป็นตัวแทนของกระบวนการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันได้

Test

Null hypothesis	H_0: μ_difference = 0
Alternative hypothesis	H_1: μ_difference ≠ 0

T-Value	P-Value
-0.47	0.643

รูปที่ 3.16 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองกับการจัดลำดับปัจจุบัน

ผลจากการทดสอบ Paired T-Test เพื่อเปรียบเทียบกระบวนการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันกับแบบจำลองสถานการณ์กระบวนการผลิตพบว่าค่า P-value เท่ากับ 0.643 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดในการทดสอบคือ 0.05 ดังนั้นแบบจำลองกระบวนการจัดลำดับการผลิตที่สร้างขึ้นมานี้มีความสมเหตุสมผลและสามารถเป็นตัวแทนการทำงานของกระบวนการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันได้

การหาจำนวนรอบของการประมวลผลซ้ำ (Number of replication) ที่เหมาะสม เพื่อให้ค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ของการประมวลผลแบบจำลองไม่เกิน 10% ของค่าเฉลี่ย ซึ่งหาได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$N = \left(\frac{t_{1-\frac{\alpha}{2},\, n-1} * s}{e} \right)^2 \quad (1)$$

$$Standard\ Error = t_{1-\frac{\alpha}{2},\, n-1} * s/\sqrt{n} \quad (2)$$

โดย

N = จำนวนรอบของการประมวลผลซ้ำ

n = จำนวนข้อมูลในการประมวลผลซ้ำ

t = ค่าการแจกแจง t ที่ได้จากการเปิดตารางที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

s = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) จากการประมวลผลเริ่มต้น 10 รอบ

e = ค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ โดยกำหนดให้ไม่เกิน 10% ของค่าเฉลี่ย

การคำนวณโดยใช้ค่าการจำลองสถานการณ์เบื้องต้นที่จำนวนรอบของการประมวลผลซ้ำเท่ากับ 10 รอบ พบว่าค่าความผิดพลาดเท่ากับ 17.23 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ แสดงดังตารางที่ 3.3 ดังนั้นจึงทำการคำนวณหาจำนวนรอบของการประมวลซ้ำที่เหมาะสม แสดงดังสมการที่ 3

ตารางที่ 3.3 การคำนวณความผิดพลาดของแบบจำลองที่ 10 รอบ

Mean	251,179.90
Standard Deviation	24.08
t for alpha = 0.05, 9 d.f.	2.26
Standard Error	17.23

$$N = (\frac{2.26 \text{ x } 24.08}{10.00})^2 = 29.68 \approx 30 \quad (3)$$

ผลจากการคำนวณโดยใช้จำนวนรอบของการประมวลผลซ้ำเท่ากับ 30 รอบ พบว่าค่าความผิดพลาดมีค่าเท่ากับ 13.43 ซึ่งมากกว่าค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ แสดงผลการคำนวณดังตารางที่ 3.4 จึงทำการคำนวณหาจำนวนรอบในการประมวลผลซ้ำที่เหมาะสมใหม่ แสดงดังสมการที่ 4 และจากการประมวลผลซ้ำที่ 54 รอบ พบว่าให้ค่าความผิดพลาดเท่ากับ 9.19 โดยน้อยกว่าค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ที่ 10% ของค่าเฉลี่ย แสดงดังตารางที่ 3.5 ดังนั้นการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์จะเลือกใช้จำนวนรอบของการประมวลผลซ้ำเท่ากับ 54 รอบ

ตารางที่ 3.4 การคำนวณความผิดพลาดของแบบจำลองที่ 30 รอบ

Mean	251,183.35
Standard Deviation	35.97
t for alpha = 0.05, 29 d.f.	2.05
Standard Error	13.43

ตารางที่ 3.5 การคำนวณความผิดพลาดของแบบจำลองที่ 54 รอบ

Mean	251,187.83
Standard Deviation	33.67
t for alpha = 0.05, 53 d.f.	2.01
Standard Error	9.19

$$N = (\frac{2.05 \text{ x } 35.97}{10.00})^2 = 54.12 \approx 54 \quad (4)$$

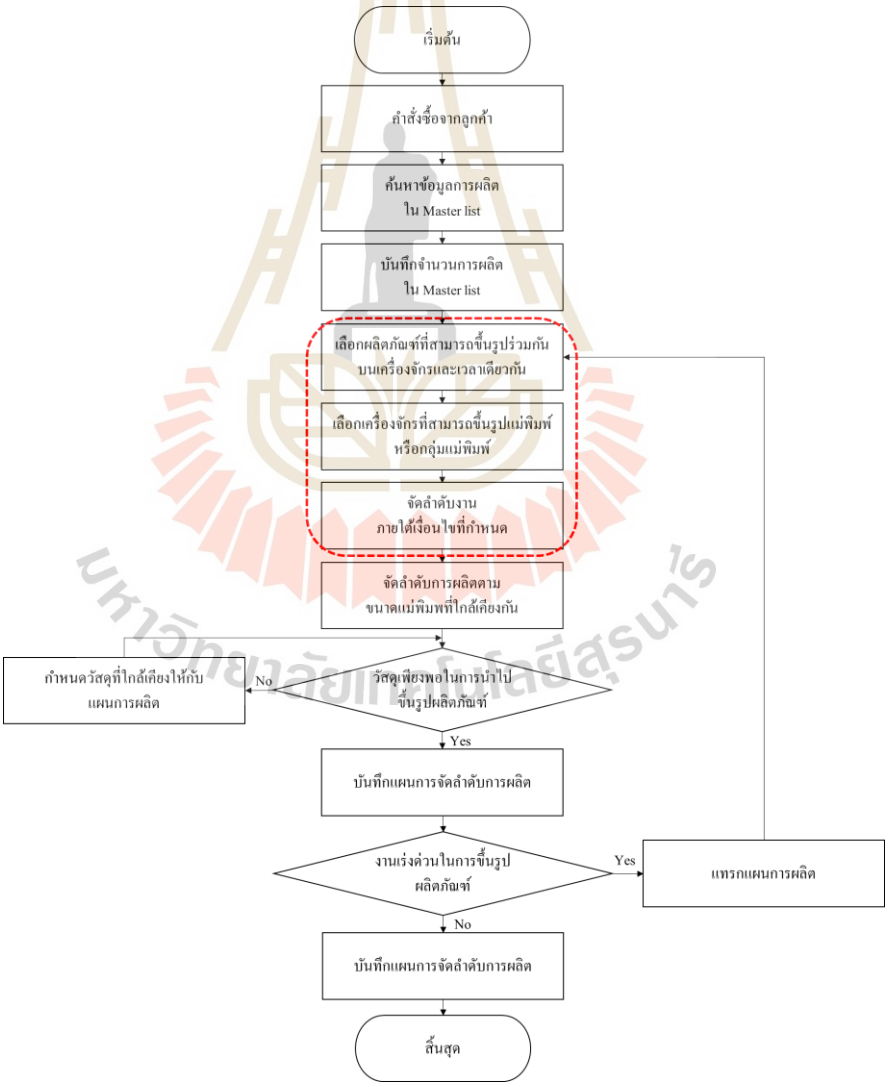
3.6 ออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิต

การออกแบบขั้นตอนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตสำหรับปรับปรุงกระบวนการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันให้มีประสิทธิภาพและหาวิธีการจัดลำดับการผลิตที่เหมาะสม เพื่อใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบให้มากที่สุดและสามารถส่งมอบสินค้าได้ทันเวลา รวมทั้งทำให้เวลาทำงานรวมต่ำที่สุด การออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ความสามารถของการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์

ขั้นตอนที่ 2 ความสามารถของการผลิตงานของเครื่องจักร

ขั้นตอนที่ 3 การจัดลำดับงานเข้าเครื่องจักร



รูปที่ 3.17 แผนภาพการออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิต

จากรูปที่ 3.17 การออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตเพื่อค้นหาลำดับการผลิตที่เหมาะสมที่สุดจะพิจารณาจากปัจจัยและข้อจำกัดในกระบวนการผลิตของตัวอย่างสินค้าที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด 30 ตัวอย่าง โดยใช้โปรแกรม Flexsim ร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับตัดสินใจและประมวลผล เพื่อค้นหาทางเลือกที่เหมาะสมในกระบวนการจัดลำดับงาน

ขั้นตอนที่ 1 ความสามารถของการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบให้มากที่สุด ในกระบวนการปั๊มขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เพื่อผลิตสินค้าจะเริ่มจากการวางแผ่นพิมพ์ (Plate) ลงบนเครื่องจักรการผลิต โดยขนาดของแผ่นพิมพ์ที่ใช้ในการผลิตสินค้าจะขึ้นอยู่กับเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต เนื่องจากเครื่องจักรในการปั๊มขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกมีจำนวน 2 เครื่อง ที่มีอัตราการผลิตแตกต่างกัน ได้แก่ เครื่องจักร A ที่มีความยาวเท่ากับ 1,300 มิลลิเมตร และเครื่องจักร B ที่มีความยาวเท่ากับ 1,000 มิลลิเมตร จึงส่งผลให้การตัดสินใจผลิตบนเครื่องจักร A จะใช้แผ่นพิมพ์ที่มีขนาดใหญ่กว่าการตัดสินใจผลิตบนเครื่องจักร B ซึ่งขนาดของแผ่นพิมพ์คือขนาดของวัตถุดิบที่จะใช้ในการผลิตสินค้า เมื่อนำแผ่นพิมพ์วางลงบนเครื่องจักรเสร็จแล้วจะนำแม่พิมพ์ (Mold) ของสินค้าที่ต้องการผลิตวางลงบนเครื่องจักรการผลิต จากนั้นเครื่องจักรการผลิตจะทำการปั๊มขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ โดยความสามารถในการผลิตสินค้าบนเครื่องจักร A หรือเครื่องจักร B และการใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบให้มากที่สุดนั้นจะพิจารณาได้จากการเปรียบเทียบขนาดแม่พิมพ์ของผลิตภัณฑ์กับขนาดแผ่นพิมพ์ของเครื่องจักรนั้น ๆ เนื่องจากถ้าขนาดของแม่พิมพ์ในการผลิตสินค้าจำนวน 1 ตัวอย่างสินค้าต่อการปั๊มขึ้นรูปจำนวน 1 ครั้ง มีขนาดเล็ก แต่ตัดสินใจผลิตสินค้าบนเครื่องจักร A ที่ขนาดของเครื่องจักรเหมาะสมกับการผลิตงานขนาดใหญ่กว่าเครื่องจักร B จะส่งผลให้ขนาดของแผ่นพิมพ์หรือขนาดของวัตถุดิบที่ใช้มีขนาดใหญ่และเหลือเศษวัตถุดิบจากการผลิตสินค้าเป็นจำนวนมาก เมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตบนเครื่อง B

แต่จากการศึกษากระบวนการปั๊มขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกพบว่าสามารถผลิตสินค้ามากกว่า 1 ตัวอย่างสินค้าต่อการปั๊มขึ้นรูปจำนวน 1 ครั้ง บนเครื่องจักรการผลิตเดียวกันและเวลาการผลิตเดียวกันได้ ถ้ามีปัจจัยการผลิตตรงตามเงื่อนและข้อจำกัดในกระบวนการผลิต ซึ่งจะส่งผลให้การใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกให้มากที่สุดได้ เนื่องจากในกระบวนการผลิตปัจจุบันสามารถผลิตสินค้าจำนวน 1 ตัวอย่างสินค้าต่อการปั๊มขึ้นรูปจำนวน 1 ครั้ง เท่านั้น แต่ในกระบวนการผลิตจากการออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตจะสามารถผลิตสินค้าได้มากกว่า 1 ตัวอย่างสินค้าต่อการปั๊มขึ้นรูปจำนวน 1 ครั้ง หากในกระบวนการผลิตปัจจุบันและกระบวนการผลิตจากการออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับพบว่าพนักงานฝ่ายวางแผนการผลิตได้ตัดสินใจผลิตสินค้าดังกล่าวข้างต้นบนเครื่องจักรการผลิต A จะส่งผลให้ใน

กระบวนการผลิตปัจจุบันเหลือเศษวัตถุดิบจากการผลิตมากกว่ากระบวนการผลิตจากการออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับ ซึ่งทำให้การใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบของกระบวนการผลิตจากการออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการผลิตปัจจุบัน โดยสามารถพิจารณาปัจจัยในกระบวนการผลิตจากขั้นตอนความสามารถของการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์ ดังต่อไปนี้

1) พื้นที่แม่พิมพ์ จะต้องมีพื้นที่ของแม่พิมพ์ที่เพียงพอในการผลิตสินค้าร่วมกันบนเครื่องจักรเดียวกันและเวลาเดียวกัน โดยพื้นที่ของแม่พิมพ์สามารถหาได้จากสูตรความกว้างคูณด้วยความยาวของแม่พิมพ์ จากนั้นคูณด้วยจำนวนของ Cavity

2) ชนิดของวัสดุจะต้องเป็นชนิดเดียวกัน

3) ความหนาของวัสดุจะต้องมีขนาดเท่ากัน

4) ความสูงของแม่พิมพ์จะต้องต่างกันไม่เกิน 2 เท่า

ขั้นตอนที่ 2 ความสามารถของการผลิตงานของเครื่องจักร เนื่องจากเครื่องจักรของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกประกอบด้วยเครื่องจักรจำนวน 2 เครื่องสำหรับปั๊มขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เครื่องจักรการผลิต A ที่มีความยาวเท่ากับ 1,300 มิลลิเมตร และเครื่องจักร B ที่มีความยาวเท่ากับ 1,000 มิลลิเมตร ซึ่งเครื่องจักรสำหรับปั๊มขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 เครื่อง มีลักษณะการทำงานที่เหมือนกันแต่มีอัตราการผลิตที่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้ความสามารถในการผลิตของเครื่องจักรดังกล่าวข้างต้นแตกต่างกันด้วย ดังนั้นการตัดสินใจเพื่อมอบหมายงานให้กับเครื่องจักรทั้ง 2 เครื่อง จึงสามารถพิจารณาได้จากพื้นที่แม่พิมพ์และพื้นที่แผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร B ดังต่อไปนี้

1) ความสามารถในการผลิตบนเครื่องจักร A: พื้นที่แม่พิมพ์จะต้องน้อยกว่าหรือมากกว่าพื้นที่แผ่นพิมพ์เครื่องจักร B

2) ความสามารถในการผลิตบนเครื่องจักร B: พื้นที่แม่พิมพ์จะต้องน้อยกว่าพื้นที่แผ่นพิมพ์เครื่องจักร B เท่านั้น

โดยพื้นที่แผ่นพิมพ์ของเครื่องจักรสามารถหาได้จากสูตรความยาวของแผ่นพิมพ์คูณด้วยความกว้างของวัสดุ

ขั้นตอนที่ 3 การจัดลำดับกลุ่มงานเข้าเครื่องจักร เมื่อตัดสินใจมอบหมายงานให้กับเครื่องจักรเสร็จแล้วจะดำเนินการค้นหาลำดับกลุ่มงานในการผลิตบนเครื่องจักรที่ทำให้เวลาในการทำงานรวมต่ำที่สุด และสามารถส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้กับลูกค้าได้ทันเวลาที่กำหนด เนื่องจากลำดับงานในการผลิตบนเครื่องจักรที่แตกต่างกันจะทำให้เวลาในการทำงานรวมและกำหนดส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าแตกต่างกัน ซึ่งการจัดลำดับกลุ่มงานเข้าเครื่องจักรจะใช้โปรแกรม Flexsim ร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม

ในการประมวลผลหาคำตอบที่ดีที่สุดตามเงื่อนไขและข้อจำกัดของกระบวนการผลิต ซึ่งมีขั้นตอนการจัดลำดับกลุ่มงานเข้าเครื่องจักร ดังนี้

3.1 แบ่งกลุ่มงานทั้งหมดที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 ตามความสามารถในการผลิตงานของเครื่องจักร

3.2 หาเวลาทำงานรวมของกลุ่มงานย่อยที่ได้จากขั้นตอน 3.1 โดยใช้โปรแกรม Flexsim

3.3 ใช้วิธีเชิงพันธุกรรมที่ได้จากการเขียนโค้ด Visual basic for application บนโปรแกรม Microsoft office excel ประมวลผลหาลำดับการผลิตและคำตอบที่เหมาะสม ซึ่งมีขั้นตอนการประมวลผลโดยใช้วิธีเชิงพันธุกรรม ดังต่อไปนี้

3.3.1 การกำหนดขนาดของประชากร

3.3.2 การสร้างประชากรเริ่มต้น (วิธีสุ่มค่าตัวเลข)

3.3.3 การกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์

3.3.4 การประเมินค่าเวลาทำงานรวมของประชากรเริ่มต้น

3.3.5 การคำนวณหาค่า Fitness value โดยใช้ Fitness function

3.3.6 การคำนวณหาค่าความน่าจะเป็น (Probability) ของประชากรเริ่มต้น

3.3.7 การคัดเลือก (Selection) โดยใช้วิธีวงล้อรูเล็ตต์ (Roulette wheel)

3.3.8 การสร้างประชากรรุ่นใหม่ โดยใช้วิธีการข้ามสายพันธุ์ (Crossover)

3.3.9 การทำซ้ำในขั้นตอนที่ 2 ถึงขั้นตอนที่ 8 จนกว่าจะครบตามจำนวนซ้ำที่ต้องการหรือได้คำตอบที่ดีที่สุดเป็นการหยุดการค้นหาคำตอบ

3.3.10 ได้ผลลัพธ์ของลำดับงานที่เหมาะสมและเวลาทำงานรวมต่ำที่สุด

3.4 นำลำดับการผลิตที่เหมาะสมที่ได้จากการขั้นตอนที่ 3.3 มารันบนโปรแกรม Flexsim เพื่อตรวจสอบคำตอบที่ได้จากการประมวลผล

3.7 ปรับปรุงแบบจำลองการจัดลำดับการผลิตโดยใช้โปรแกรม Flexsim

เมื่อตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลองพบว่าแบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนของกระบวนการจัดลำดับการผลิตจริงได้ จึงทำการปรับปรุงแบบจำลองในกระบวนการจัดลำดับการผลิต โดยการตั้งค่าแบบจำลองเพิ่มเติมเพื่อให้โปรแกรมค้นหากลุ่มงานที่เป็นไปได้ทั้งหมดและความสามารถของเครื่องจักรในการผลิตกลุ่มงาน ซึ่งมีขั้นตอนการตั้งค่าแบบจำลองสถานการณ์ดังนี้

3.7.1 ปรับปรุงแบบจำลองในการทำงาน 2D หรือ Process Flow

ขั้นตอนที่ 1 สร้างตารางฐานข้อมูล เพื่อประมวลผลตามอัลกอริทึมบนโปรแกรม Flexsim สำหรับค้นหาความสามารถในการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์และความสามารถในการผลิตของเครื่องจักร ซึ่งกำหนดให้ชื่อตารางว่า InputData แสดงดังรูปที่ 3.18 โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลคือกลุ่มงานที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการผลิตสินค้าบนเครื่องจักรเดียวกันและเวลาเดียวกัน ซึ่งข้อมูลปัจจัยการผลิตบนตารางฐานข้อมูล ประกอบด้วย

1) Customer Name คือ ชื่อผลิตภัณฑ์ของลูกค้า

2) Material Type คือ ชนิดของวัตถุดิบ

3) Material Thickness คือ ความหนาของวัตถุดิบ

4) Material Width คือ ความกว้างของวัตถุดิบ

5) No Cavities คือ จำนวนผลิตภัณฑ์ในแม่พิมพ์ 1 แบบต่อการปั๊มขึ้นรูปจำนวน 1 ครั้ง

6) Mold Width คือ ความกว้างแม่พิมพ์ของผลิตภัณฑ์

7) Mold Length คือ ความยาวแม่พิมพ์ของผลิตภัณฑ์

8) Mold Height คือ ความสูงแม่พิมพ์ของผลิตภัณฑ์

9) Area Mold คือ พื้นที่แม่พิมพ์ของผลิตภัณฑ์

10) AreaPlateMC.A คือ พื้นที่แผ่นพิมพ์ของผลิตภัณฑ์การผลิตบนเครื่องจักร A

11) AreaPlateMC.B คือ พื้นที่แผ่นพิมพ์ของผลิตภัณฑ์การผลิตบนเครื่องจักร B

12) Cycle time คือ เวลาการผลิตของแม่พิมพ์ 1 แบบต่อการปั๊มขึ้นรูปจำนวน 1 ครั้ง

13) Quantity คือ จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ต้องผลิตทั้งหมด

14) Due Date คือ กำหนดส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้า

15) Group คือ จำนวนกลุ่มงานที่สามารถผลิตบนเครื่องจักรเดียวกันและเวลาเดียวกัน

Model | InputData | SetMachine | InputSource

	Customer Name	Material Type	Material Thickness	Material Width	No Cavities	Mold Width	Mold Length	Mold Height	Area Mold	Area Plate MC.A	Area Plate MC.B	Cycle time	Quantity	DueDate	Group
Row 1	สินค้า 1	APET-ANTI	0.70	410	1	325	450	30	0	0	0	19.20	100	4	0
Row 2	สินค้า 2	APET-ANTI	0.60	370	3	325	450	30	0	0	0	18.50	1500	2	0
Row 3	สินค้า 3	APET-ANTI	0.60	370	3	325	450	30	0	0	0	18.50	1500	2	0
Row 4	สินค้า 4	Apet B	0.70	430	2	265	295	25	0	0	0	17.50	500	7	0
Row 5	สินค้า 5	Apet B	0.70	550	2	265	295	25	0	0	0	14.80	1000	8	0
Row 6	สินค้า 6	Apet B	0.60	430	3	265	295	25	0	0	0	16.60	6000	7	0
Row 7	สินค้า 7	Apet B	1	370	1	265	295	25	0	0	0	17.90	1000	9	0
Row 8	สินค้า 8	APET-Clear B	1.20	610	4	265	415	35	0	0	0	23	1000	3	0
Row 9	สินค้า 9	Apet B	0.80	500	1	265	295	25	0	0	0	18	100	6	0
Row 10	สินค้า 10	Apet B	0.80	500	1	265	295	25	0	0	0	18	100	6	0
Row 11	สินค้า 11	Apet B	0.50	450	6	265	295	25	0	0	0	13.20	2600	8	0
Row 12	สินค้า 12	Apet B	0.50	430	4	265	295	25	0	0	0	17	1200	5	0
Row 13	สินค้า 13	Apet B	0.70	650	6	265	295	25	0	0	0	20	100	7	0
Row 14	สินค้า 14	Apet B	0.70	530	6	265	295	25	0	0	0	17.70	5600	3	0
Row 15	สินค้า 15	Apet B	0.50	500	4	265	295	25	0	0	0	12.50	300	8	0
Row 16	สินค้า 16	Apet B	0.50	650	2	265	295	25	0	0	0	16	100	9	0
Row 17	สินค้า 17	Apet B	1	650	2	265	295	25	0	0	0	25.80	1500	4	0
Row 18	สินค้า 18	Apet B	0.70	370	2	265	295	25	0	0	0	20.60	1250	6	0
Row 19	สินค้า 19	APET-Clear B	0.50	500	2	265	415	35	0	0	0	13.80	500	7	0
Row 20	สินค้า 20	Apet anti ซุ่น	0.70	410	3	325	450	30	0	0	0	22.10	1300	3	0
Row 21	สินค้า 21	Apet เข็ดน้ำยา	1	430	1	265	295	25	0	0	0	24.10	100	5	0
Row 22	สินค้า 22	Apet เข็ดน้ำยา	1	430	1	265	295	25	0	0	0	24.10	100	10	0
Row 23	สินค้า 23	Apet B	0.70	450	3	265	295	25	0	0	0	18	3000	6	0
Row 24	สินค้า 24	Apet B เข็ดน้ำยา	1.20	450	1	265	295	25	0	0	0	20.70	550	8	0
Row 25	สินค้า 25	Apet B เข็ดน้ำยา	1.20	450	1	265	295	25	0	0	0	20.70	550	7	0
Row 26	สินค้า 26	Apet เข็ดน้ำยา	0.50	400	1	265	295	25	0	0	0	15.30	1100	2	0
Row 27	สินค้า 27	APET-Clear	1	570	2	265	415	35	0	0	0	25	2000	6	0
Row 28	สินค้า 28	Apet B เข็ดน้ำยา	0.50	370	1	265	295	25	0	0	0	16	1000	5	0
Row 29	สินค้า 29	Apet B	0.70	430	1	265	295	25	0	0	0	20.60	200	9	0
Row 30	สินค้า 30	Apet B	0.70	430	1	265	295	25	0	0	0	20.70	270	9	0

รูปที่ 3.18 ตาราง InputData

และสร้างตารางสำหรับแสดงผลลัพธ์ความสามารถของเครื่องจักรในการผลิตกลุ่มงาน กำหนดให้ชื่อว่า SetMachine แสดงดังรูปที่ 3.19 รวมถึงสร้างตารางสำหรับแสดงผลลัพธ์ปัจจัยการผลิตตามเงื่อนไขของกระบวนการผลิต โดยกำหนดให้ชื่อตารางว่า InputSource แสดงดังรูปที่ 3.20

Model | InputData | SetMachine | InputSource

	Group	Machine A	Machine B
	1	1	1
	2	1	0
	3	1	0
	4	1	0
	5	1	1
	6	1	1
	7	1	1
	8	1	1
	9	1	1
	10	1	0
	11	1	0
	12	1	1
	13	1	0
	14	1	1
	15	1	1
	16	1	1
	17	1	1
	18	1	1
	19	1	1

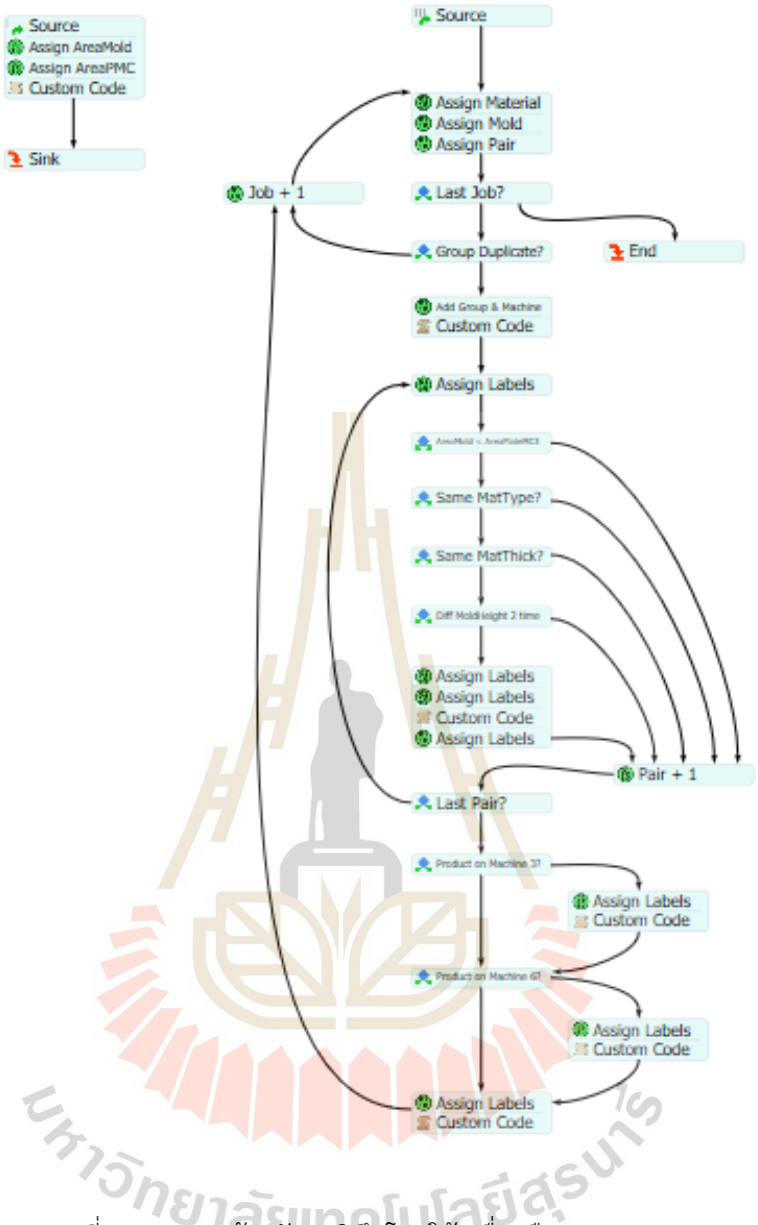
รูปที่ 3.19 ตาราง SetMachine

Model | InputData | SetMachine | InputSource

	ItemName	Quantity	Type	NumCavity	CycleTime	Machine
	Product	100	1	1	19.20	1
	Product	1500	2	3	18.50	1
	Product	1500	3	3	18.50	1
	Product	1600	4	10	20	1
	Product	6000	5	3	16.60	1
	Product	2500	6	3	25.80	1
	Product	1000	7	4	23	1
	Product	200	8	2	18	1
	Product	2700	9	8	16	1
	Product	1600	10	10	17	1
	Product	6850	11	8	20.60	1
	Product	500	12	2	13.80	1
	Product	1300	13	3	22.10	1
	Product	200	14	2	24.10	1
	Product	3470	15	5	20.70	1
	Product	1100	16	2	20.70	1
	Product	1100	17	1	15.30	1
	Product	2000	18	2	25	1
	Product	1000	19	1	16	1

รูปที่ 3.20 ตาราง InputSource

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างอัลกอริทึมโดยใช้เครื่องมือ Process flow บนโปรแกรม Flexsim ประมวลผลหาจำนวนกลุ่มงานทั้งหมดที่เป็นไปได้และความสามารถของเครื่องจักรในการผลิตกลุ่มงานตามขั้นตอนการออกแบบการวางแผนการผลิต ได้แก่ ความสามารถของการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์ และความสามารถของการผลิตงานของเครื่องจักร โดยนำปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการกระบวนการผลิตมาพิจารณา แสดงดังรูปที่ 3.21 ซึ่งการสร้างอัลกอริทึมสำหรับประมวลผลโดยใช้เครื่องมือ Process flow เริ่มต้นจากการตรวจสอบเงื่อนไขของความสามารถของการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาจากปัจจัยการผลิต ได้แก่ พื้นที่แม่พิมพ์ต้องมีพื้นที่เพียงพอในการผลิตสินค้าร่วมกันบนเครื่องจักรเดียวกันและเวลาเดียวต่อการปั๊มขึ้นรูปจำนวน 1 ครั้ง ชนิดของวัตถุดิบจะต้องเป็นชนิดเดียวกัน ความหนาของวัตถุดิบต้องมีขนาดเท่ากัน และความสูงของแม่พิมพ์ต้องต่างกันไม่เกิน 2 เท่า จากนั้นจะตรวจสอบเงื่อนไขของความสามารถของการผลิตงานของเครื่องจักร โดยพิจารณาจากปัจจัยการผลิต ได้แก่ พื้นที่แม่พิมพ์ และพื้นที่แผ่นพิมพ์ของเครื่องจักรบนตารางฐานข้อมูลที่ชื่อว่า InputData หลังจากนั้นอัลกอริทึมบนโปรแกรม Flexsim จะแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลลงบนตาราง InputData, ตาราง SetMachine และตาราง InputSource เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปดำเนินการประมวลผลหาลำดับการผลิตที่เหมาะสม

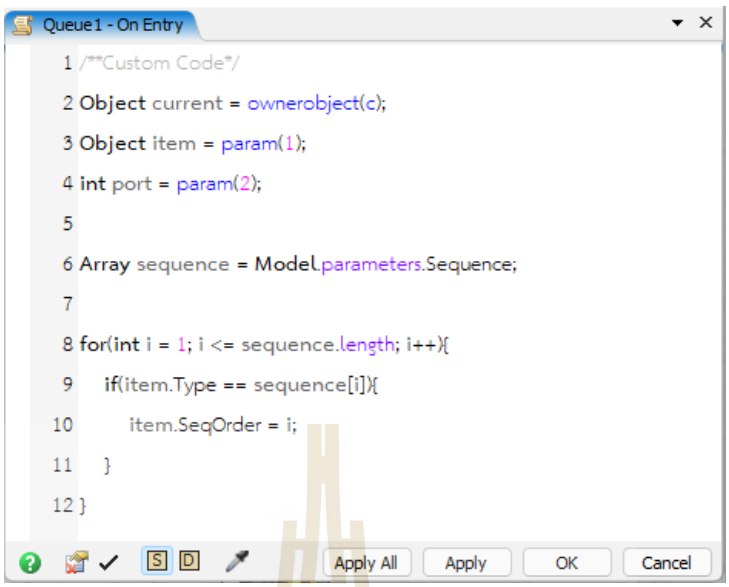


รูปที่ 3.21 การสร้างอัลกอริทึมโดยใช้เครื่องมือ Process flow

3.8 ปรับปรุงวิธีจัดลำดับโดยใช้แบบจำลองร่วมกับ Amazon Web Service

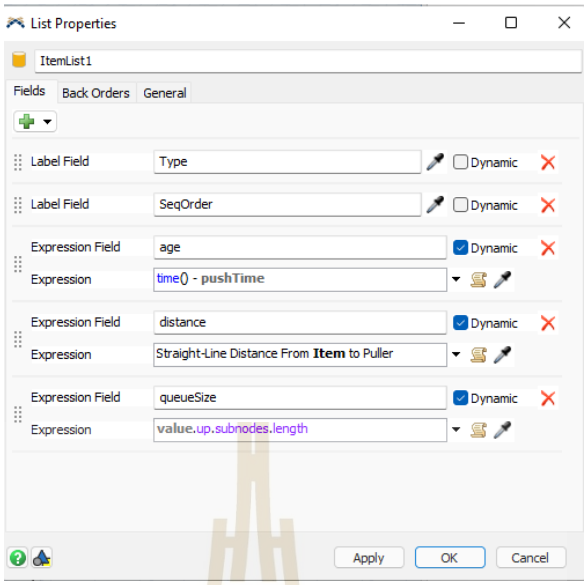
3.8.1 ปรับปรุงแบบจำลองในการทำงาน 3D บนโปรแกรม Flexsim

ขั้นตอนที่ 1 การตั้งค่า Queue1 ในแถบ Triggers เลือก Add a new trigger > On Entry > Directly edit code for this trigger ที่หน้าต่าง Queue1 - On Entry ให้เขียนโปรแกรมเพิ่มเติมเพื่อตั้งค่าแบบจำลองให้สลับลำดับการผลิตที่เป็นไปได้ทั้งหมดอัตโนมัติ แสดงดังรูปที่ 3.22

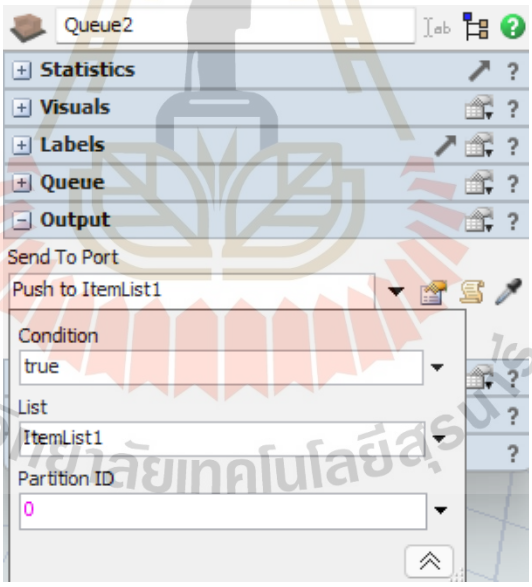


รูปที่ 3.22 การตั้งค่าแบบจำลองเพื่อสลับลำดับการผลิต

ขั้นตอนที่ 2 การตั้งค่า Queue2 และ Queue3 ให้ส่งสินค้าไปผลิตที่เครื่องจักร A และเครื่องจักร B ตามเงื่อนไขการผลิต โดยคลิกที่แถบ Toolbox > Add a tool the model > Global List > Item List ที่หน้าต่าง List Properties – ItemList1 เลือก Add fields to the list > Label ทำการเปลี่ยนชื่อจาก labelName เป็น SeqOrder จากนั้นเพิ่ม ItemList2 โดยทำการตั้งค่าให้เหมือนกับ ItemList1 ทั้งหมด แสดงดังรูปที่ 3.23 เมื่อทำการตั้งค่า ItemList1 และ ItemList2 เสร็จแล้วจะทำการตั้งค่าในแถบ Output ของ Queue2 และ Queue3 โดยที่คำสั่ง Send to Port ให้เลือก Choose from various pre-defined options > Use List > Push to Item List ที่เงื่อนไข List ของ Queue2 ให้เลือก ItemList1 และของ Queue3 ให้เลือก ItemList2 แสดงดังรูปที่ 3.24

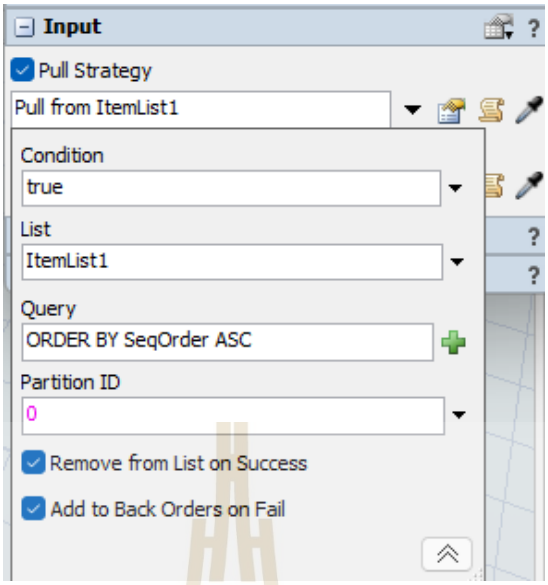


รูปที่ 3.23 การตั้งค่าในหน้าต่าง List Properties



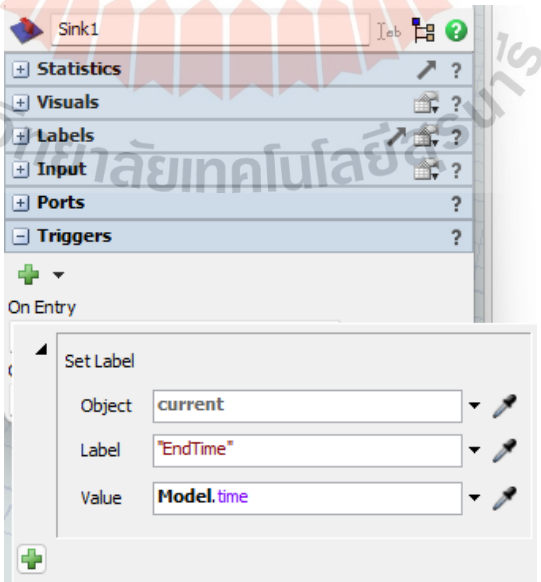
รูปที่ 3.24 การตั้งค่า Queue2 ที่แถบ Output

ขั้นตอนที่ 3 การตั้งค่า Queue4 และ Queue5 ที่แถบ Input ให้เลือก Pull Strategy และเลือก Choose from various pre-defined options > Use List > Pull from Item List ที่เงื่อนไข List ของ Queue4 ให้เลือก ItemList1 และของ Queue5 ให้เลือก ItemList2 และที่คำสั่ง Pull Requirement เลือก No Requirement แสดงดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 การตั้งค่า Queue4 ที่แถบ Input

ขั้นตอนที่ 4 การตั้งค่า Sink1 ที่แถบ Triggers เลือก Add a new trigger > On Entry/On Reset > Directly edit code for this trigger > Data > Set Label ที่ Object ให้เปลี่ยนเป็น current ที่ Label ให้เปลี่ยนเป็น “EndTime” และที่ Value ให้เปลี่ยนเป็น Model.time แสดงดังรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 การตั้งค่า Sink1 ที่แถบ Triggers

3.8.2 ตั้งค่าพารามิเตอร์เพื่อหาลำดับการผลิตที่เป็นไปได้ทั้งหมดบนโปรแกรม Flexsim

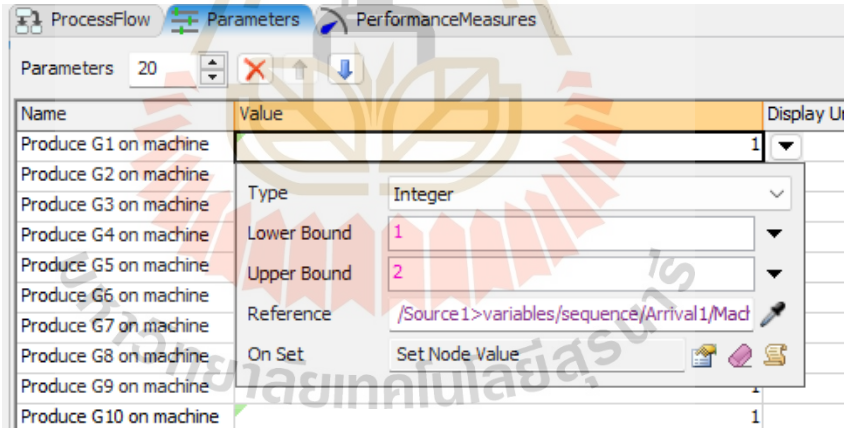
ขั้นตอนที่ 1 การตั้งค่าฟังก์ชัน Parameters โดยคลิกที่แถบ Toolbox > Add a tool to the model > Statistics และเลือก Model Parameter Table จากนั้นทำการเพิ่มจำนวน Parameter ตามจำนวนกลุ่มงานที่ค้นหาได้ทั้งหมดจากการรันโปรแกรมและทำการกำหนดคำสั่งที่ช่อง Value ดังต่อไปนี้ และแสดงดังรูปที่ 3.27

- เงื่อนไข Type ให้เลือกเป็น Integer

- เงื่อนไข Lower Bound ให้ใส่หมายเลข 1 และ Upper Bound ให้ใส่หมายเลข 1 หรือหมายเลข 2 โดยหมายเลข 1 แทนสามารถผลิตบนเครื่องจักร A ได้ และหมายเลข 2 แทนสามารถผลิตบนเครื่องจักร B ได้ ตามเงื่อนไขการผลิตบนเครื่องจักรตามที่รันในโปรแกรมโดยอ้างอิงจากตาราง SetMachine

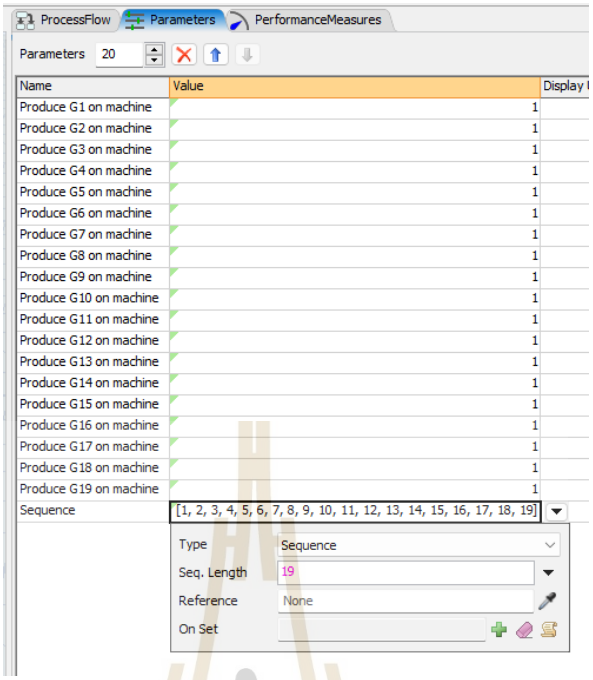
- เงื่อนไข Reference ให้อ้างอิงไปที่ตาราง Arrival Sequence ของ Source1 ในคอลัมน์ที่ 6

- เงื่อนไข On Set ให้เลือก Set Node Value



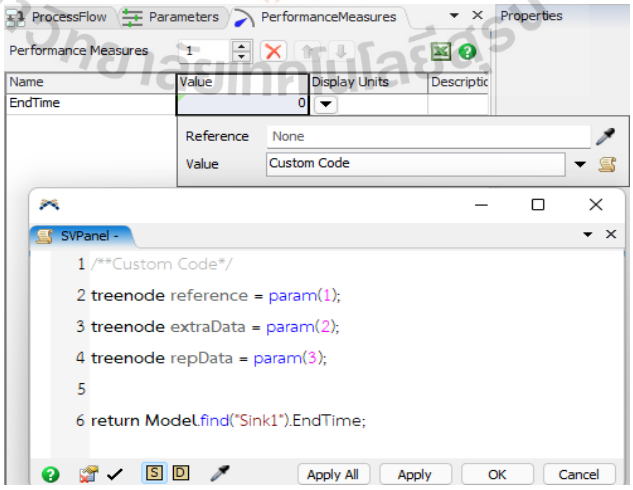
รูปที่ 3.27 กำหนดคำสั่งที่ช่อง Value ในการตั้งค่า Parameters

จากนั้นเพิ่ม Parameters ที่ชื่อว่า Sequence เพื่อกำหนดลำดับการผลิตทั้งหมด โดยทำการตั้งค่าช่อง Value ดังนี้ เงื่อนไข Type เลือกชนิดเป็น Sequence และที่ Seq. Length กำหนดจำนวนเท่ากับจำนวนกลุ่มงานทั้งหมดที่ได้จากการรันโปรแกรม แสดงดังรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 การตั้งค่า Parameters ที่ชื่อว่า Sequence

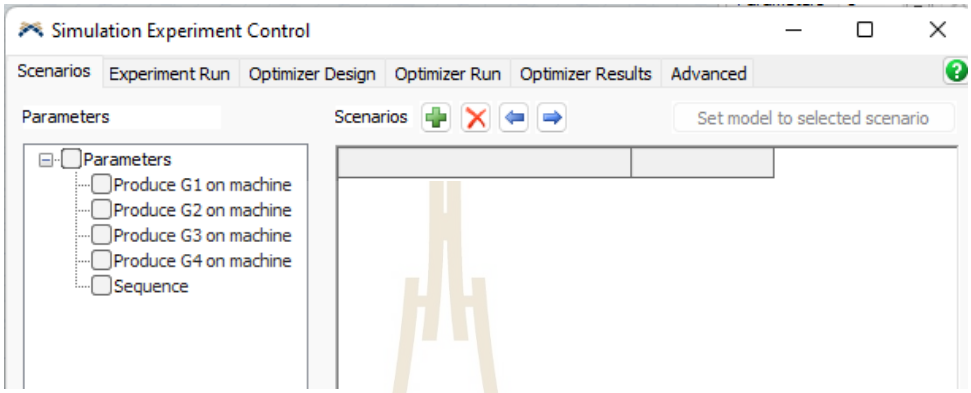
ขั้นตอนที่ 2 การตั้งค่า Performance Measures โดยคลิกที่แถบ Toolbox > Add a tool to the model > Statistics และเลือก Performance Measure Table จากนั้นทำการกำหนดชื่อของ Performance Measures ว่า EndTime และที่ช่อง Value ให้เพิ่มคำสั่งโปรแกรมแสดงดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 การตั้งค่า Performance Measures

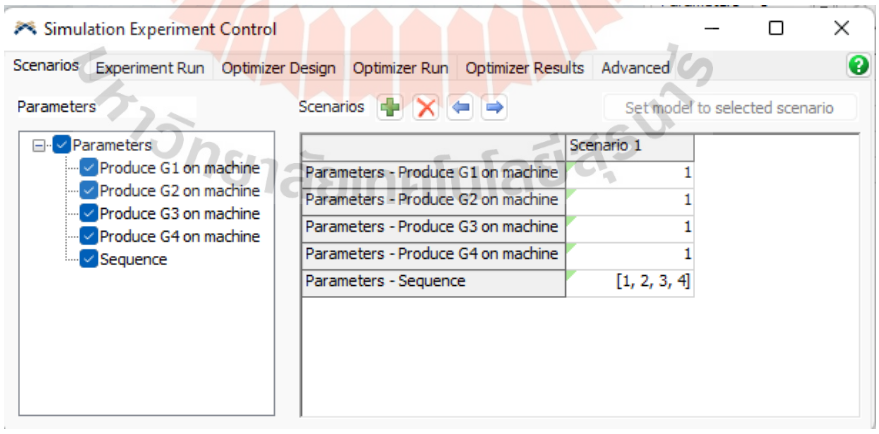
3.8.3 ตั้งค่าฟังก์ชัน Experimenter บนโปรแกรม Flexsim

ขั้นตอนที่ 1 การตั้งค่าฟังก์ชัน Experimenter โดยคลิกที่แถบ Manu Bar > Statistics > Experimenter หน้าต่างฟังก์ชัน Experimenter แสดงดังรูปที่ 3.30



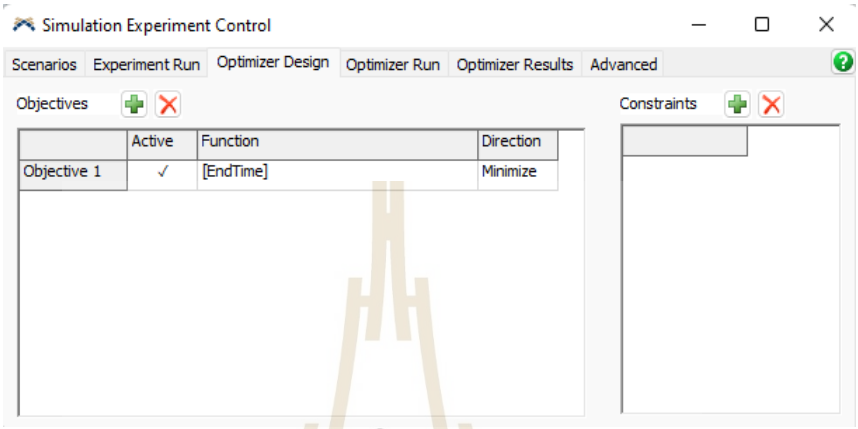
รูปที่ 3.30 หน้าต่างแสดงผลของฟังก์ชัน Experimenter

ขั้นตอนที่ 2 การตั้งค่าแถบ Scenarios เป็นการเลือกตัวแปรหรือพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง โดยการคลิกเลือกตัวแปรหรือพารามิเตอร์ทั้งหมดที่ต้องการทำการทดลอง แสดงดังรูปที่ 3.31



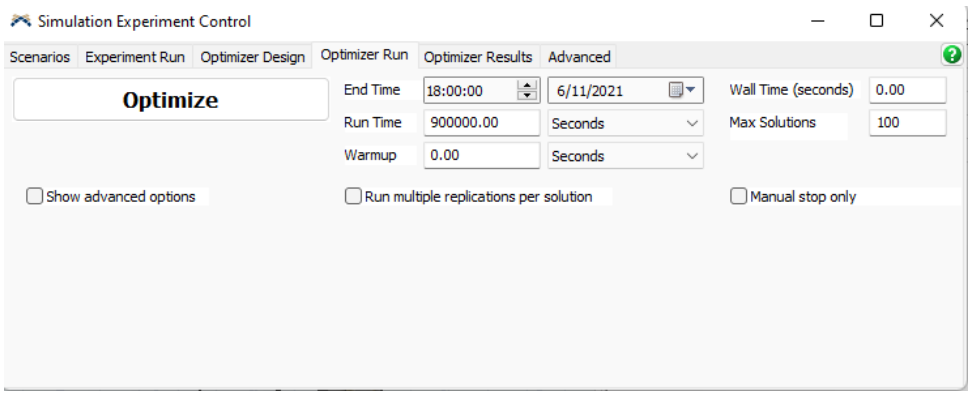
รูปที่ 3.31 การตั้งค่าแถบ Scenarios

ขั้นตอนที่ 3 การตั้งค่าแถบ Optimizer Design เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์และข้อจำกัดของการทดลอง โดยวัตถุประสงค์ของการทดลองคือการหาเวลาสิ้นสุดของแบบจำลองที่สั้นที่สุด การตั้งค่าแถบ Optimizer Design แสดงดังรูปที่ 3.32



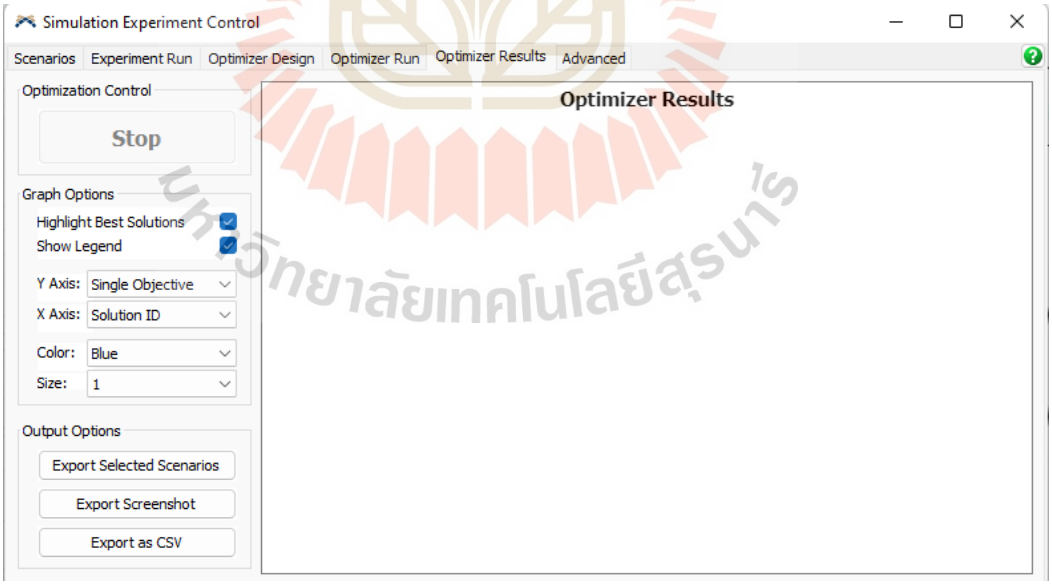
รูปที่ 3.32 การตั้งค่าแถบ Optimizer Design

ขั้นตอนที่ 4 การตั้งค่าแถบ Optimizer Run เป็นการกำหนดเงื่อนไขในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด โดยที่ช่อง Run Time เป็นการกำหนดเวลาสิ้นสุดของแบบจำลองในแต่ละรอบ ช่อง Wall Time เป็นการกำหนดเวลาสูงสุดในการหาคำตอบ และช่อง Max Solutions เป็นการกำหนดจำนวนที่ต้องการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด นอกจากนี้ปุ่ม Optimize เป็นการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ โดยระยะเวลาในการหาคำตอบจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาในแบบจำลองและจำนวนที่ต้องการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด การตั้งค่าแถบ Optimizer Run แสดงดังรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.33 การกำหนดเงื่อนไขในแถบ Optimizer Run

ขั้นตอนที่ 5 ในแถบ Optimizer Results จะแสดงคำตอบทั้งหมดที่ได้จากการรัน Optimize โดยที่แกน x เป็นลำดับของคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด และแกน Y เป็นวัตถุประสงค์ของการทดลอง นอกจากนี้คำตอบที่ได้จากการรันการทดลองสามารถบันทึกในรูปแบบของรูปภาพได้ที่คำสั่ง Export Screenshot และบันทึกในรูปแบบของตาราง Excel ได้ที่คำสั่ง Export as CSV แสดงดังรูปที่ 3.34

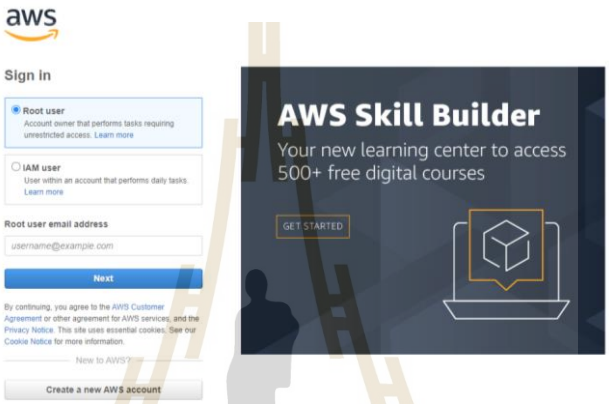


รูปที่ 3.34 การแสดงคำตอบทั้งหมดที่ได้จากการรัน

3.8.4 ตั้งค่าแพลตฟอร์ม Amazon web service

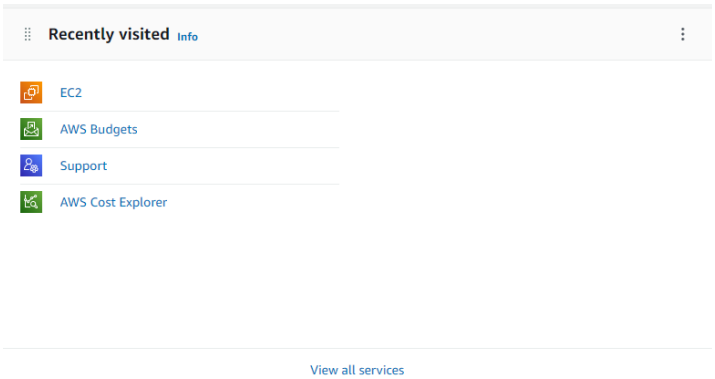
Amazon web service เป็นแพลตฟอร์มเพื่อช่วยในการประมวลผลข้อมูลบนระบบคลาวด์ผ่านการใช้งานทางอินเทอร์เน็ต โดยมีค่าใช้จ่ายในการให้บริการตามการใช้งานจริง การตั้งค่าระบบการประมวลผลคลาวด์มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การล็อคอินเพื่อเข้าใช้งานแพลตฟอร์ม Amazon web service แสดงดังรูปที่ 3.35

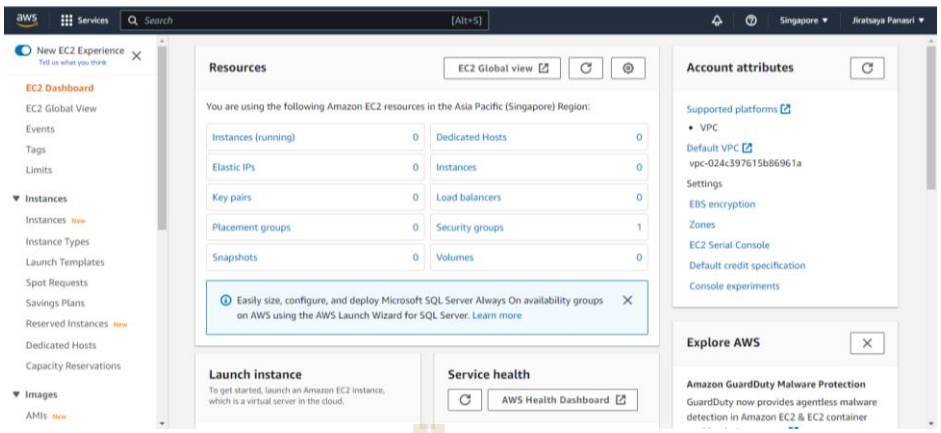


รูปที่ 3.35 หน้าต่างแพลตฟอร์ม Amazon web service

ขั้นตอนที่ 2 การเปิดใช้งาน EC2 instance จะเป็นการสร้าง Virtual Server ขึ้นมาใช้งาน ซึ่งสามารถเลือกขนาดของทรัพยากรได้ตามความต้องการ ไม่ว่าจะเป็นขนาดของ CPU, Memory หรือ Disk โดยเลือกที่คำสั่ง EC2 ดังรูปที่ 3.36 จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างการสร้าง Instance แสดงดังรูปที่ 3.37

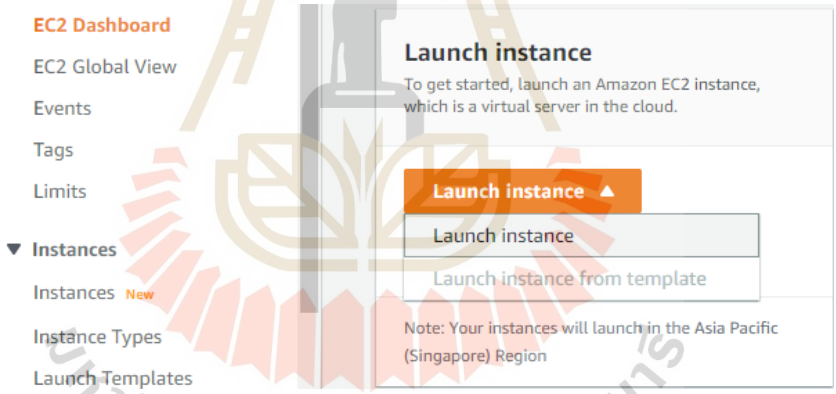


รูปที่ 3.36 การเลือกคำสั่ง EC2



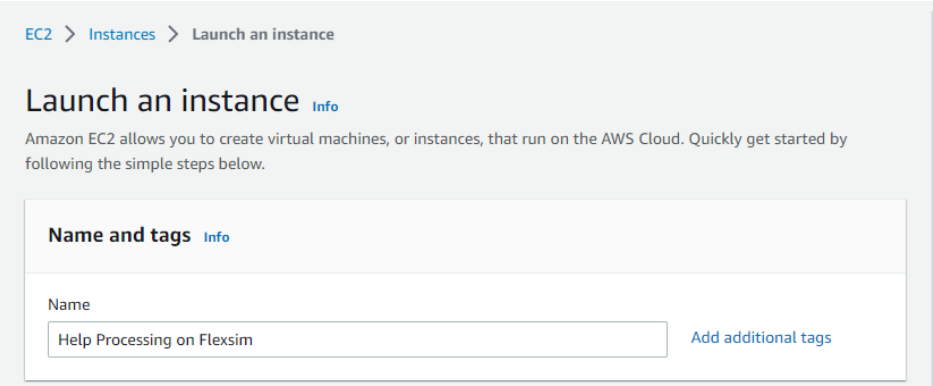
รูปที่ 3.37 หน้าต่างการสร้าง instance

ขั้นตอนที่ 3 ในคำสั่ง Launch instance ให้คลิกที่ Launch instance และเลือก Launch instance เพื่อสร้าง EC2 instance ในการประมวลผลบนคลาวด์ แสดงดังรูปที่ 3.38



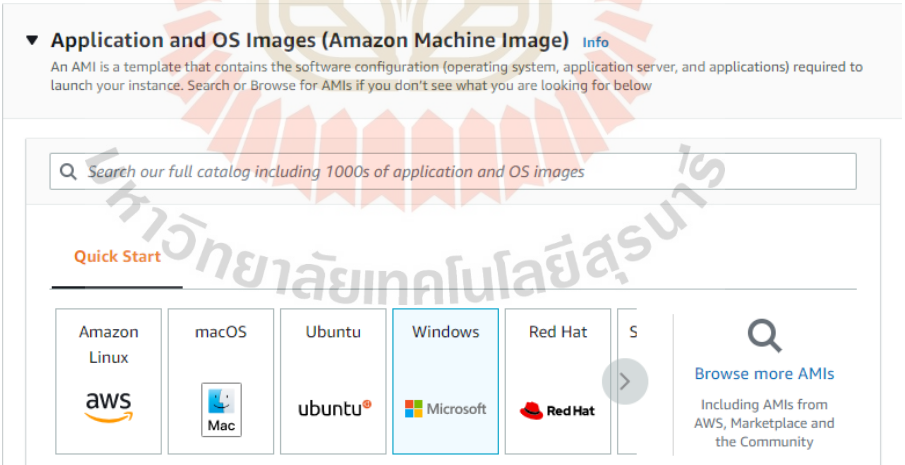
รูปที่ 3.38 การเลือกคำสั่ง Launch instance

ขั้นตอนที่ 4 ในคำสั่ง Name and tags ให้ใส่ชื่อหรืออธิบายชื่อ Instance ตามต้องการ แสดงดังรูปที่ 3.39

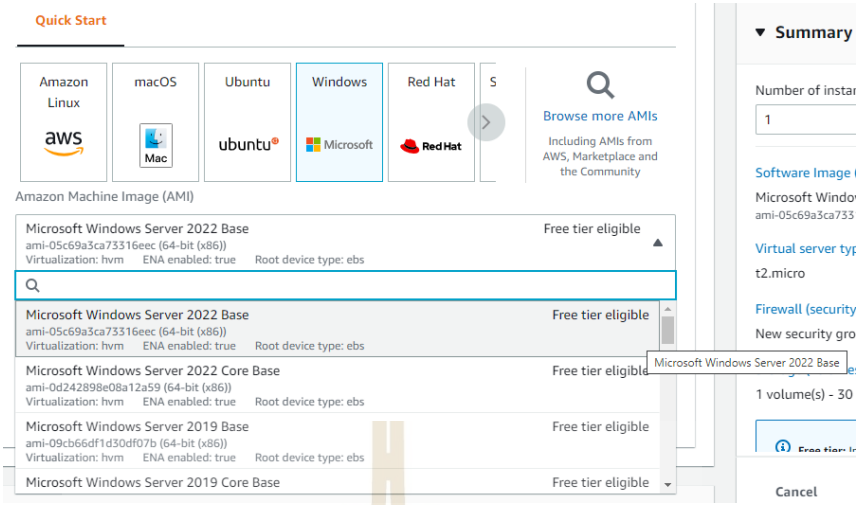


รูปที่ 3.39 ใส่ชื่อหรือคำอธิบาย instance

ขั้นตอนที่ 5 ในคำสั่ง Application and OS Images (Amazon Machine Image) จะเป็นการกำหนดซอฟต์แวร์พื้นฐาน ประกอบไปด้วยระบบปฏิบัติการต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น Amazon Linux, macOS, Ubuntu, Microsoft Server, Red Hat เป็นต้น การกำหนดระบบปฏิบัติการของการทดลองให้คลิกที่แถบ Quick Start และเลือกระบบปฏิบัติการเป็น Windows แสดงดังรูปที่ 3.40 ในคำสั่ง Amazon Machine Image (AMI) เลือก AMI สำหรับ Windows Server 2016 Base ขึ้นไป และที่มี AMIs ที่ขึ้นข้อความว่า Free tier eligible แสดงดังรูปที่ 3.41

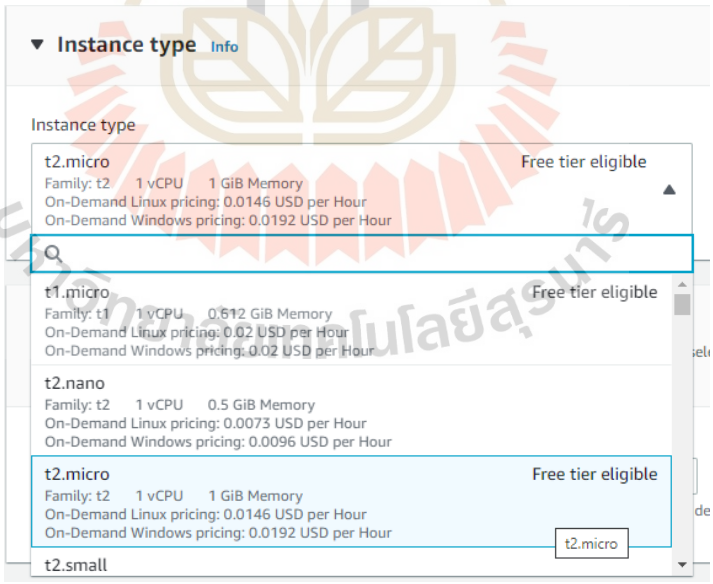


รูปที่ 3.40 การเลือกระบบปฏิบัติการ Windows



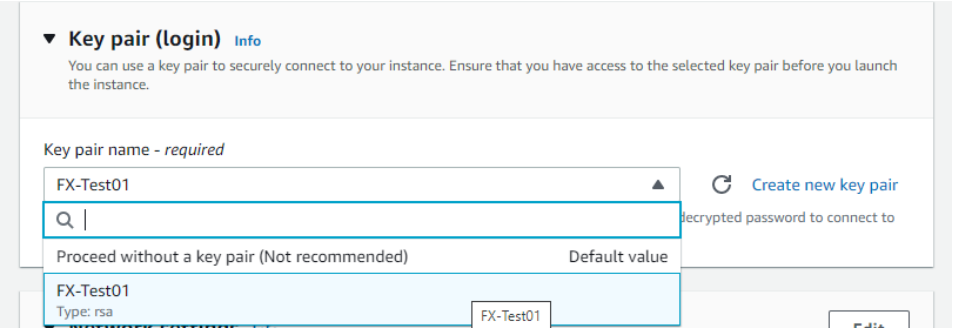
รูปที่ 3.41 เลือก AMI เป็น Free tier eligible

ขั้นตอนที่ 6 ในคำสั่ง Instance type เป็นการกำหนดค่าเฉพาะของ CPU หน่วยความจำ พื้นที่จัดเก็บ และความจุของเครือข่าย โดยให้เลือกที่ t2.micro เนื่องจากเป็น AWS free tier ที่สามารถเรียกใช้ Instance ได้มากถึง 750 ชั่วโมงต่อเดือน แสดงดังรูปที่ 3.42



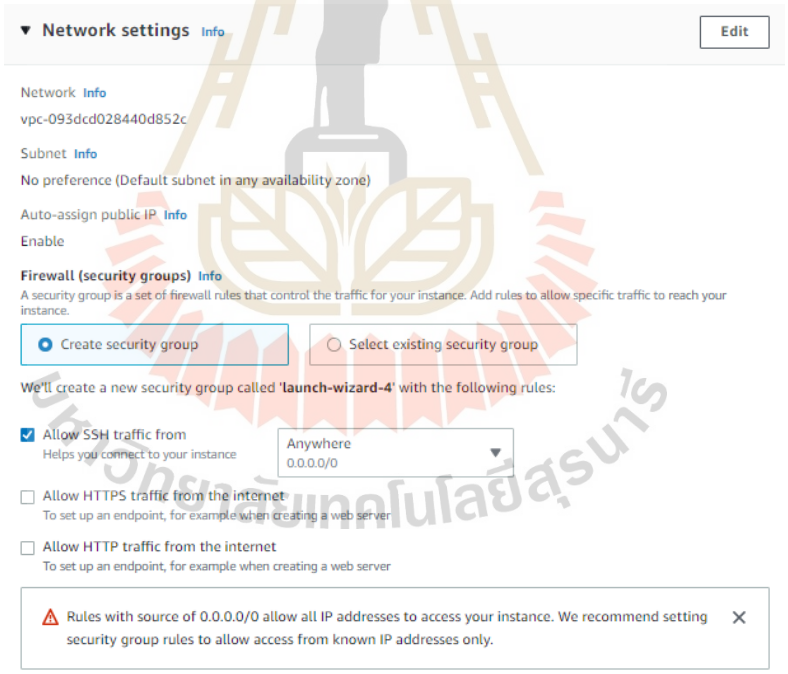
รูปที่ 3.42 เลือก Instance type เป็น t2.micro

ขั้นตอนที่ 7 ในคำสั่ง Key pair (login) ให้เลือก Key pair เป็นประเภท RSA เพื่อรองรับการทำงานของระบบปฏิบัติการ Windows แสดงดังรูปที่ 3.43

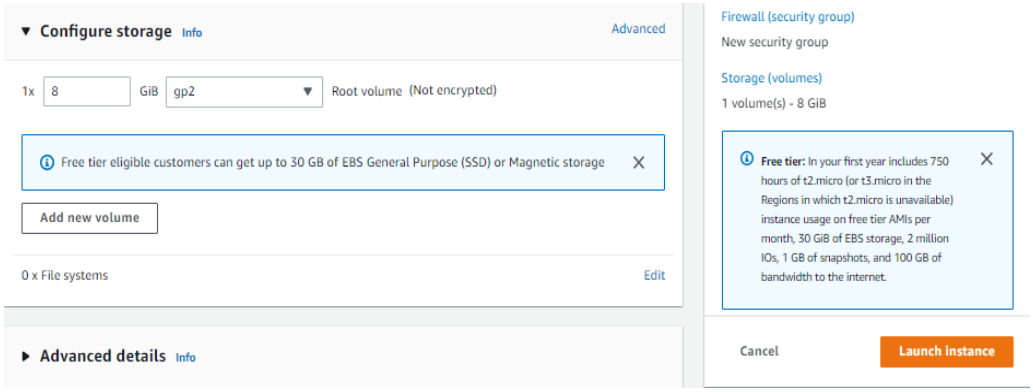


รูปที่ 3.43 การเลือก Key pair

ขั้นตอนที่ 8 ในคำสั่ง Network settings และคำสั่ง Configure storage ให้เลือกใช้การกำหนดค่าต่าง ๆ เดิมที่แพลตฟอร์มกำหนดให้ แสดงดังรูปที่ 3.44 และรูปที่ 3.45 ตามลำดับ จากนั้นกดปุ่ม Launch instance

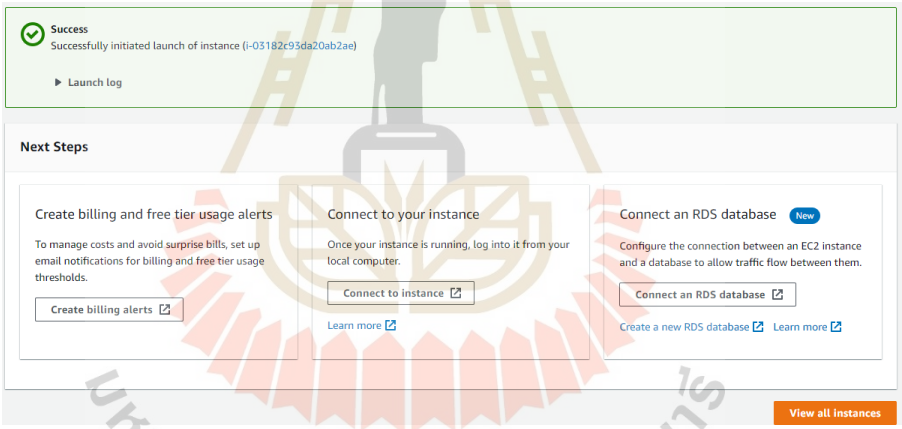


รูปที่ 3.44 คำสั่ง Network settings



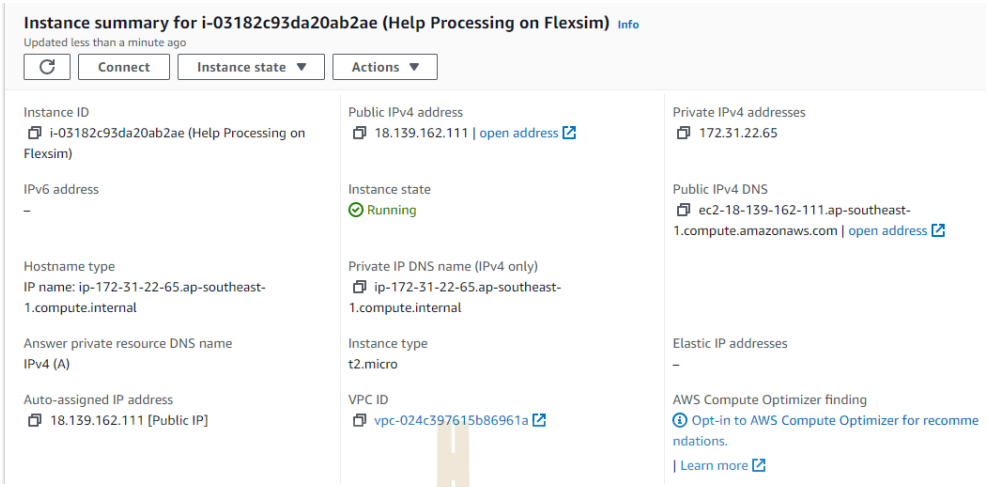
รูปที่ 3.45 คำสั่ง Configure storage

ขั้นตอนที่ 9 เมื่อกดปุ่ม Launch Instance แล้วจะปรากฏหน้าต่างแสดงผลว่าสร้าง EC2 instance สำเร็จ จากนั้นให้คลิกที่ปุ่ม View all instances แสดงดังรูปที่ 3.46



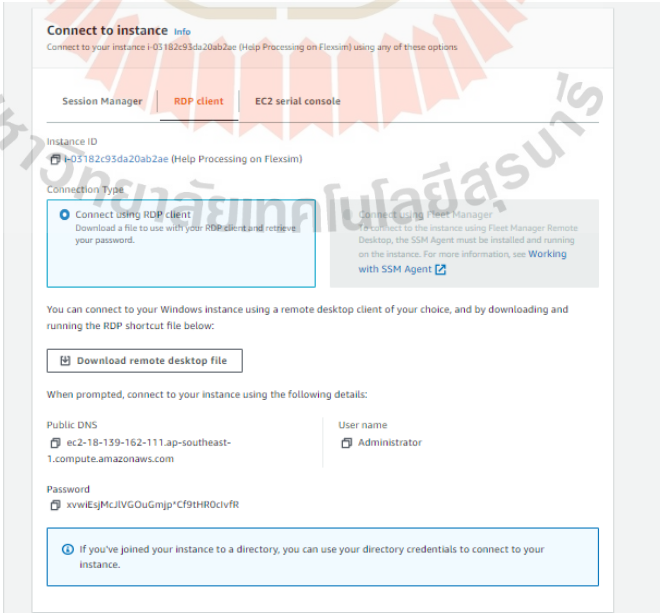
รูปที่ 3.46 หน้าต่างแสดงผลการสร้าง EC2 instance

ขั้นตอนที่ 10 การเชื่อมต่อ Instance ที่สร้างขึ้นมา ซึ่งจะสามารถเชื่อมต่อได้ก็ต่อเมื่อที่ Status check ขึ้นว่า checks passed เท่านั้น การเชื่อมต่อ Instance ให้คลิกที่ Instance ID ที่สร้างขึ้นมา จากนั้นคลิกที่ปุ่ม Connect แสดงดังรูปที่ 3.47



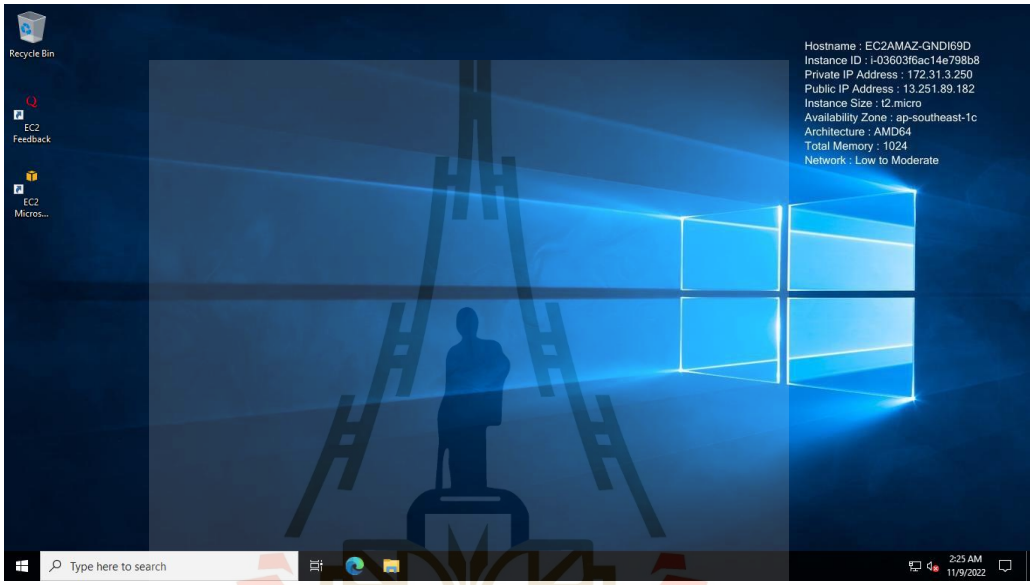
รูปที่ 3.47 การ Connect instance

ขั้นตอนที่ 11 คำสั่ง Connect to instance ให้เลือกแถบคำสั่ง RDP client และคลิกที่ Get password จากนั้นคลิกที่ Upload private key file (.pem) แล้วเลือกไฟล์ Key pair ที่ได้บันทึกไว้ และคลิกที่ปุ่ม Decrypt password หลังจากนั้นให้เลือก Download remote desktop file แล้วทำการเปิดไฟล์ที่ทำการดาวน์โหลด และคัดลอกรหัสผ่านที่หน้าต่าง Connect to instance เพื่อเปิดการใช้งานบนระบบคลาวด์ แสดงดังรูปที่ 3.48



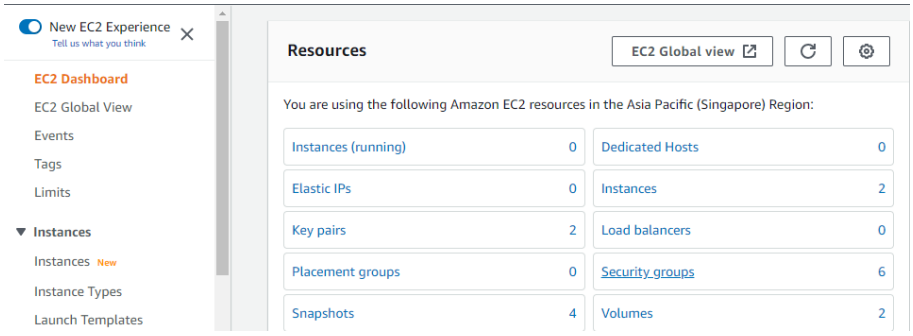
รูปที่ 3.48 คำสั่ง Connect to instance

ขั้นตอนที่ 12 เปิดใช้งาน Remote Desktop Connections ให้คลิกที่ปุ่ม Connect และใส่รหัสผ่านที่ได้คัดลอกไว้แล้วมาวางและคลิกปุ่ม OK จากนั้นจะปรากฏหน้าต่าง Certificate name ให้เลือก Yes ทำให้สามารถเข้าสู่ระบบประมวลผลบนคลาวด์ได้ แสดงดังรูปที่ 3.49 เมื่อเปิดระบบได้แล้วให้ทำการปิดและลบ Instance เนื่องจากเป็นการทดสอบการใช้งานบนระบบคลาวด์เท่านั้น



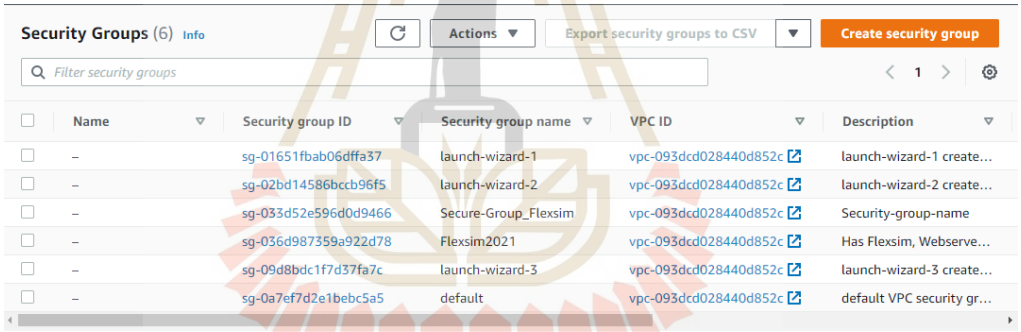
รูปที่ 3.49 ระบบประมวลผลบนคลาวด์

ขั้นตอนที่ 13 การสร้าง Security Group เพื่อเปิดพอร์ตการใช้งานบนโปรแกรม Flexsim ให้ไปที่หน้าต่างการใช้งาน EC2 Dashboard และเลือก Security groups ในคำสั่งการใช้งาน Resource แสดงดังรูปที่ 3.50

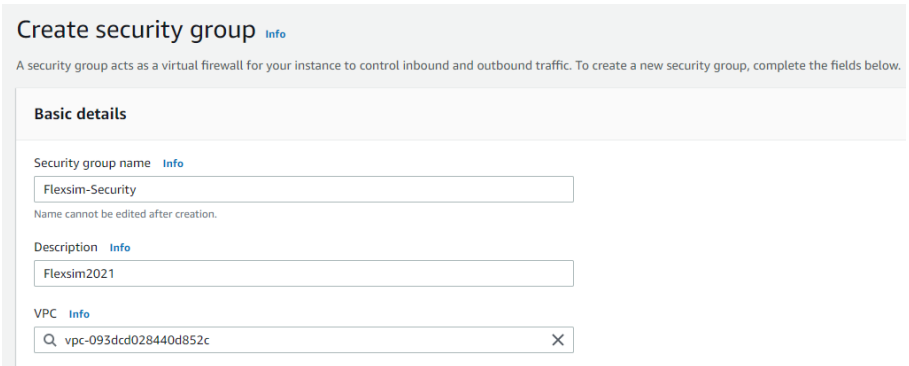


รูปที่ 3.50 การเลือก Security groups ในคำสั่งการใช้งาน Resource

ขั้นตอนที่ 14 คลิกที่ปุ่ม Create security group แสดงดังรูปที่ 3.51 จะปรากฏหน้าต่างการสร้าง ในช่อง Security group name และ Description ให้กำหนดชื่อและคำอธิบาย แสดงดังรูปที่ 3.52



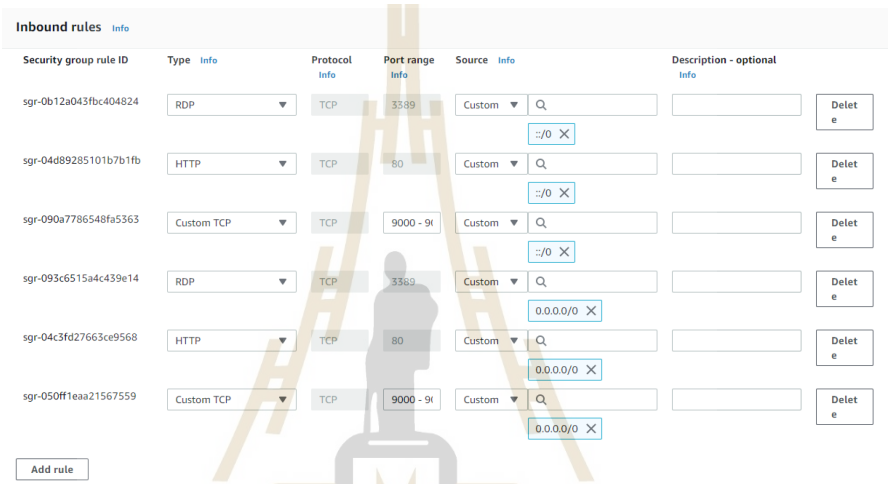
รูปที่ 3.51 ปุ่ม Create security group



รูปที่ 3.52 การกำหนดชื่อและคำอธิบาย

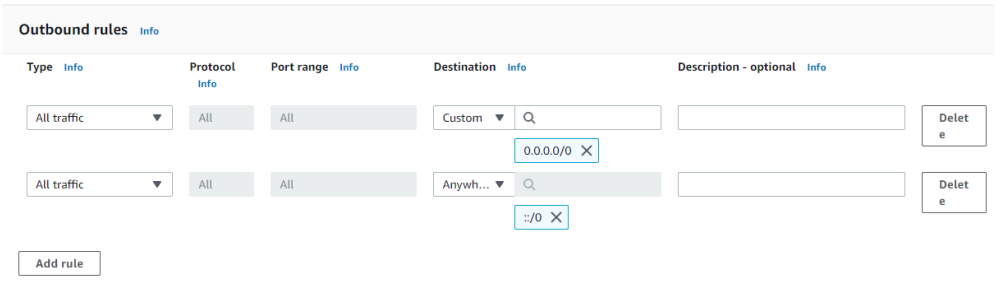
ขั้นตอนที่ 15 การกำหนด Security group ใน Inbound rules ดังต่อไปนี้ และแสดงดังรูปที่ 3.53

- Type เป็น HTTP โดยใช้ Port เท่ากับ 80 และ Source เป็น IPv4 และ IPv6
- Type เป็น Custom TCP โดยใช้ Port เท่ากับ 9000-9007 และ Source เป็น IPv4 และ IPv6
- Type เป็น RDP โดยใช้ Port เท่ากับ 3389 และ Source เป็น IPv4 และ IPv6



รูปที่ 3.53 การกำหนด Security group ใน Inbound rules

ขั้นตอนที่ 16 การกำหนด Security group ใน Outbound rules โดยให้ Type เป็น All traffic และกำหนด Source เป็น IPv4 และ IPv6 แสดงดังรูปที่ 3.54 จากนั้นกดปุ่ม Create security group



รูปที่ 3.54 การกำหนด Security group ใน Outbound rules

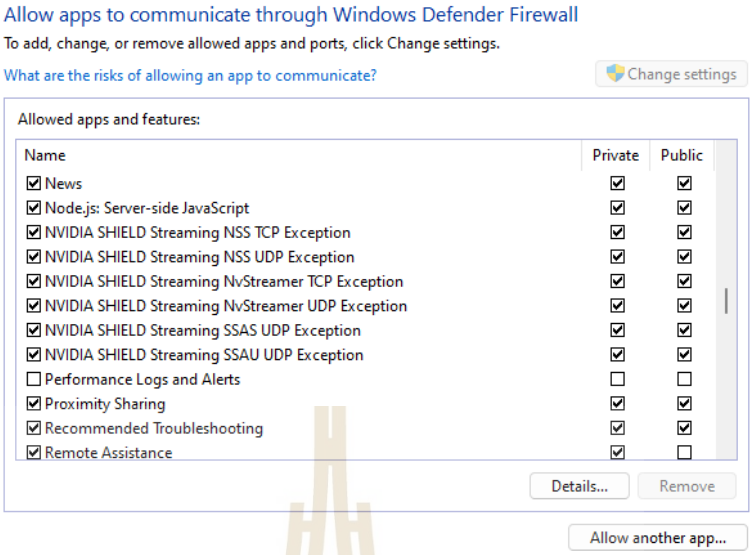
ขั้นตอนที่ 17 การสร้าง Amazon Machine Image (AMI) โดยการกำหนด Launch instance เป็นระบบปฏิบัติการ Windows 2016 server base จากนั้นทำการเชื่อมต่อกับ Remote desktop

ขั้นตอนที่ 18 ติดตั้งโปรแกรม Flesxim บน Remote machine เมื่อติดตั้งเสร็จแล้ว ให้ทำการรันโปรแกรม Flexsim เพื่อสร้างไดเรกทอรี แล้วทำการปิดโปรแกรม

ขั้นตอนที่ 19 ติดตั้งโปรแกรม Flexsim webserver บน Remote machine เมื่อติดตั้งเสร็จแล้วให้ทำการรันเว็บเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งจะใช้เวลานานในการรันครั้งแรก จากนั้นทำการเปิดใช้งานไฟร์วอล (Firewall) เพื่อให้สามารถใช้งานโปรแกรม Flexsim และ node.js ผ่านระบบคลาวด์ได้ แสดงดังรูปที่ 3.55 และรูปที่ 3.56 หลังจากนั้นทำยกเลิกการเชื่อมต่อกับ Remote desktop

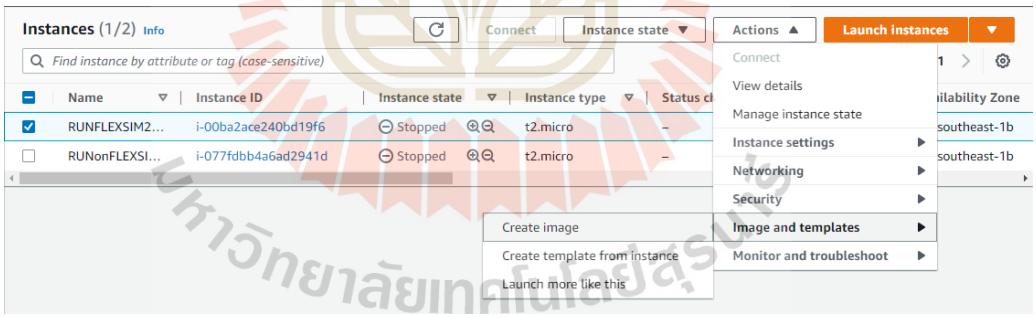
รูปที่ 3.55 การเปิดใช้งานไฟร์วอลของโปรแกรม Flexsim

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



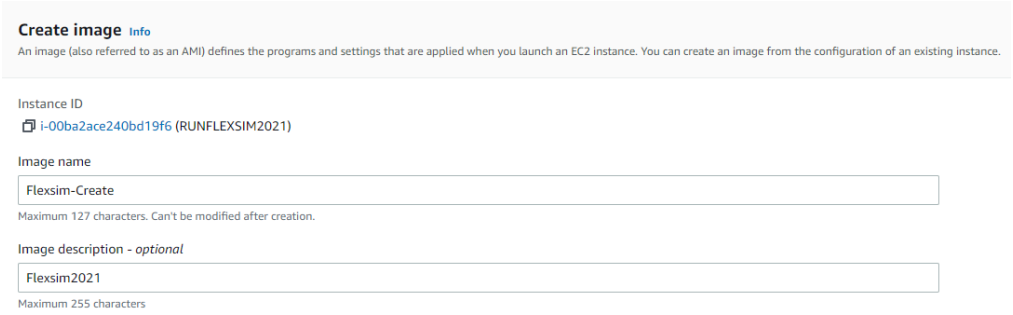
รูปที่ 3.56 การเปิดใช้งานไฟร์วอล node.js

ขั้นตอนที่ 20 ในหน้าต่างคำสั่ง Launch instance ให้เลือกที่คำสั่ง Action จากนั้นเลือก Image และ Create Image แสดงดังรูปที่ 3.57



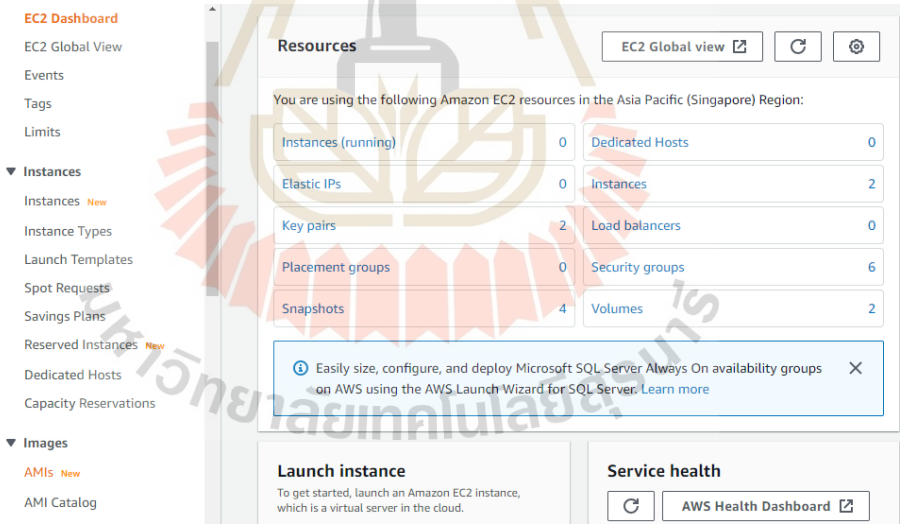
รูปที่ 3.57 การเลือก Create Image

ขั้นตอนที่ 21 กำหนดชื่อและคำอธิบายของ Image แล้วเลือก Create Image แสดงดังรูปที่ 3.58

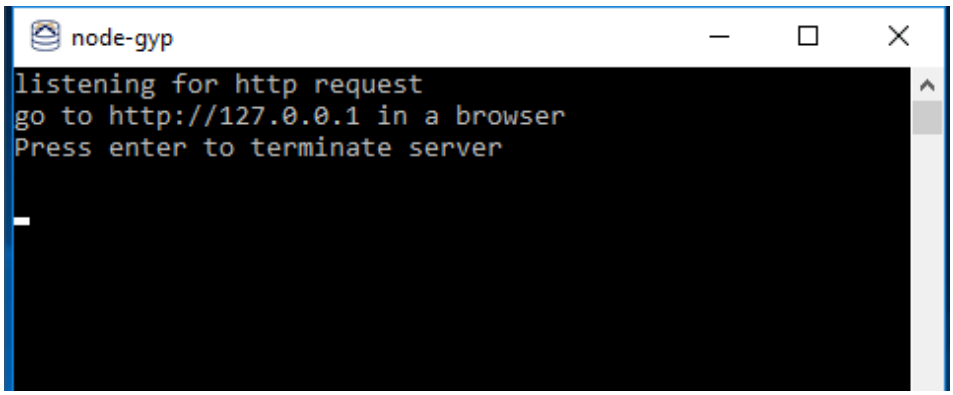


รูปที่ 3.58 กำหนดชื่อและคำอธิบายของ Image

ขั้นตอนที่ 22 ที่แถบ EC2 Dashboard ให้เลือกคำสั่ง Images และ AMIs แสดงดังรูปที่ 3.59 จากนั้นเลือก AMI ID ที่ต้องการดำเนินการ แล้วทำการคลิกที่ Launch instance from AMI เพื่อสร้าง Instance ที่จะประมวลผลบนคลาวด์ จากนั้นทำการเชื่อมต่อ Remote desktop และเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม Flexsim webserver แสดงดังรูปที่ 3.60

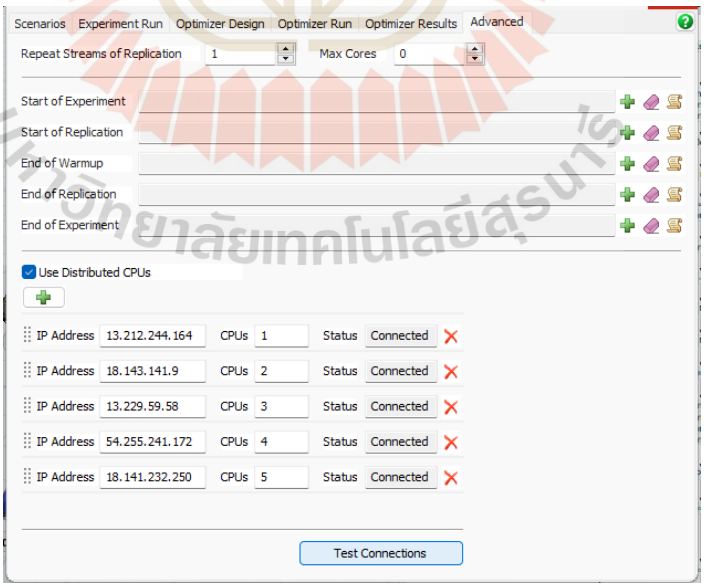


รูปที่ 3.59 แถบ EC2 Dashboard เลือกคำสั่ง AMIs



รูปที่ 3.60 การเชื่อมต่อ Remote desktop เพื่อเริ่มต้นใช้งาน

ขั้นตอนที่ 23 ที่ฟังก์ชัน Experimenter แถบ Advanced ของโปรแกรม Flexsim ให้เลือก Use Distributed CPUs จากนั้นทำการใส่เลข IP address ที่ได้จากการสร้างอินสแตนซ์ และกด Test connections เพื่อเชื่อมต่อกับระบบประมวลผลคลาวด์ ถ้าขึ้นคำว่า Connected หมายถึงสามารถเชื่อมต่อกับระบบคลาวด์ได้ แต่ถ้าขึ้นคำว่า Failed หมายถึงการเชื่อมต่อกับระบบประมวลผลคลาวด์ล้มเหลว แสดงดังรูปที่ 3.61 จากนั้นจึงจะสามารถใช้เครื่องมือ Optimize ในการประมวลหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดร่วมกับแพลตฟอร์ม Amazon web service ได้



รูปที่ 3.61 การเชื่อมต่อระบบประมวลผลคลาวด์

3.9 ปรับปรุงวิธีจัดลำดับโดยใช้แบบจำลองร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม

3.9.1 การแบ่งกลุ่มงาน

เมื่อโปรแกรม Flexsim ประมวลผลสร้างกลุ่มงานที่เป็นไปได้ทั้งหมดตามขั้นตอนการออกแบบการวางแผนการผลิตของความสามารถของการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์ และความสามารถของการผลิตงานของเครื่องจักรแล้ว จะทำการแบ่งกลุ่มงานที่เป็นไปได้ทั้งหมดออกเป็นกลุ่มงานย่อยตามความสามารถในการผลิตงานของเครื่องจักร ได้แก่ กลุ่มงานที่สามารถผลิตงานได้เพียง 1 เครื่องจักรเท่านั้น และกลุ่มงานที่สามารถผลิตได้ 2 เครื่องจักร ยกตัวอย่างเช่น จากรูปที่ 3.62 พบว่าอัลกอริทึมบนโปรแกรม Flexsim สามารถสร้างกลุ่มงานที่เป็นไปได้ทั้งหมด 19 กลุ่มงาน ประกอบด้วยกลุ่มงานที่สามารถผลิตได้บนเครื่องจักร A เท่านั้น จำนวน 6 กลุ่มงาน และกลุ่มงานที่สามารถผลิตได้บนเครื่องจักร A และเครื่องจักร B จำนวน 13 กลุ่มงาน จึงได้แบ่งกลุ่มงานตามความสามารถในการผลิตของเครื่องจักรออกเป็น 6 กลุ่มย่อย โดยประกอบไปด้วยกลุ่มย่อยละ 3-4 กลุ่มงาน

	A	B	C	D	E	F	G
1	ItemName	Quantity	Type	NumCavity	CycleTime	Machine	Group Sub
2	Product	1500	2	3	18.5	A	1
3	Product	1500	3	3	18.5	A	1
4	Product	1600	4	10	20	A	1
5	Product	1600	10	10	17	A	2
6	Product	6850	11	8	20.6	A	2
7	Product	1300	13	3	22.1	A	2
8	Product	100	1	1	19.2	A , B	3
9	Product	6000	5	3	16.6	A , B	3
10	Product	2500	6	3	25.8	A , B	3
11	Product	1000	7	4	23	A , B	4
12	Product	200	8	2	18	A , B	4
13	Product	2700	9	8	16	A , B	4
14	Product	500	12	2	13.8	A , B	5
15	Product	200	14	2	24.1	A , B	5
16	Product	3470	15	5	20.7	A , B	5
17	Product	1100	16	2	20.7	A , B	6
18	Product	1100	17	1	15.3	A , B	6
19	Product	2000	18	2	25	A , B	6
20	Product	1000	19	1	16	A , B	6

รูปที่ 3.62 การแบ่งกลุ่มงานย่อย

เมื่อได้กลุ่มย่อยแล้วจะนำแต่ละกลุ่มย่อยไปประมวลผลบนโปรแกรม Flexsim เพื่อค้นหาเวลาทำงานรวม แล้วนำผลลัพธ์ของเวลาทำงานรวมของแต่ละกลุ่มย่อยที่ได้ใส่ลงไปในตารางข้อมูลบนโปรแกรม Microsoft office excel สำหรับประมวลผลด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม แสดงดังรูปที่ 3.63

H	I	J	K
Group Sub	TotalTime GroupSub	TotalTime GroupSub	SumSetupTime
1	28900.0	0.00	32500.0
2	37145.0	0.00	40745.0
3	63837.2	0.0	67437.2
4	20158.0	0.0	23758.0
5	27425.8	0.0	31025.8
6	80015.0	0.0	83615.0

รูปที่ 3.63 การใส่ข้อมูลเวลาทำงานรวมของแต่ละกลุ่มย่อยที่ได้จากโปรแกรม Flexsim

3.9.2 การจัดลำดับงานบนเครื่องจักรโดยใช้วิธีเชิงพันธุกรรม

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดขนาดประชากร เป็นการสร้างจำนวนคำตอบเริ่มต้นหลาย ๆ คำตอบ แต่การสร้างจำนวนคำตอบที่มากเกินไปและไม่เหมาะสมกับลักษะของปัญหาของกระบวนการผลิตอาจจะส่งผลให้ใช้เวลาในการประมวลผลที่มากขึ้นได้ ดังนั้นการกำหนดขนาดของประชากรหรือการสร้างจำนวนคำตอบที่เหมาะสมกับลักษะของปัญหาของกระบวนการผลิตนั้น ๆ จะทำให้คำตอบที่ได้มีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนที่ 2 สร้างประชากรเริ่มต้น โดยการสุ่มค่าตัวเลขตั้งแต่ระหว่าง 1-100 ในแต่ละกลุ่มงานย่อย แสดงดังรูปที่ 3.64

	A	B	C	D	E	F
1	GroupSub 1	GroupSub 2	GroupSub 3	GroupSub 4	GroupSub 5	GroupSub 6
2	48	90	46	71	31	39
3	93	81	28	52	11	78
4	12	95	13	3	81	91
5	37	18	97	85	56	89
6	20	32	7	87	95	14
7	51	10	89	77	56	36
8	18	97	3	2	28	66
9	19	4	89	9	40	23
10	14	20	85	77	100	29
11	72	1	10	90	44	40
12	54	96	31	84	22	16
13	35	18	19	58	29	92
14	43	64	1	34	76	19
15	2	64	7	88	36	56
16	72	88	63	9	34	72
17	36	48	67	40	54	56
18	85	84	48	19	84	49
19	89	7	12	24	21	72
20	63	53	15	80	2	75
21	54	56	5	93	47	67
22	33	55	51	17	25	72
23	35	79	22	60	63	44
24	6	99	99	97	75	24
25	46	22	40	40	92	23
26	39	60	7	81	87	70
27	38	29	46	17	52	49
28	20	22	89	6	71	23
29	44	94	73	36	75	18
30	75	43	41	86	98	9
31	52	47	60	21	57	34

รูปที่ 3.64 ประชากรเริ่มต้น

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดสมการวัตถุประสงค์ (Objective value) คือการกำหนดตัวชี้วัดประสิทธิภาพของกระบวนการจัดตารางการผลิต โดยตัวชี้วัดของวิธีจัดลำดับการผลิตบนเครื่องจักร คือ เวลาทำงานรวมของระบบการผลิต ซึ่งคำนวณได้จากค่าผลรวมของเวลาทำงานรวมของกลุ่มงานย่อยทั้งหมดที่สามารถผลิตบนเครื่องจักร A และ B เป็นอันดับแรก จากนั้นจึงทำการหาค่าสูงสุดที่ได้จากผลรวมของเวลาทำงานรวมของเครื่องจักร A และ B อีกครั้ง แสดงดังรูปที่ 3.65

	A	D	E	F
1	Group Sub	Machine A	Machine B	
2	1	28900.0	0.0	
3	2	40745.0	0.0	
4	5	0.0	27425.8	
5	4	23758.0	0.0	
6	6	0.0	83615.0	Run
7	3	67437.2	0.0	
8		160840.2	111040.8	160840.2
9		=SUM(D2:D7)	=SUM(E2:E7)	=MAX(D8:E8)
10		TimeMachineA	TimeMachineB	TotalTime

รูปที่ 3.65 สูตรคำนวณหาฟังก์ชันวัตถุประสงค์

ขั้นตอนที่ 4 ประเมินค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ หรือค่าเวลาทำงานรวม โดยการเรียงลำดับตัวเลขที่มีค่ามากไปหาค่าน้อย (ตัวเลขจากการสุ่มค่าระหว่าง 1-100) แล้วนำลำดับใหม่ที่ได้จากการเรียงตัวเลขไปใส่ลงในแผ่นงานที่คอลัมน์ A เพื่อประเมินหาค่าวัตถุประสงค์ของประชากร ยกตัวอย่างเช่น ประชากรกลุ่มที่ 7 (ในแถวที่ 8) แสดงดังรูปที่ 3.66 ได้นำตัวเลขจากการสุ่มมาเรียงลำดับจากมากไปน้อย ส่งผลให้ลำดับในการผลิตเปลี่ยนแปลงไป จากลำดับการผลิตเดิมคือ 1-2-3-4-5-6 เปลี่ยนเป็นลำดับใหม่คือ 2-6-5-1-3-4 แสดงดังรูปที่ 3.67 จากนั้นให้นำลำดับใหม่ที่ได้ไปวางที่คอลัมน์ A จึงจะทำให้ได้ค่าเวลาทำงานรวมของระบบการผลิตหรือฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของประชากร แสดงดังรูปที่ 3.68

	A	B	C	D	E	F	G
1	GroupSub 1	GroupSub 2	GroupSub 3	GroupSub 4	GroupSub 5	GroupSub 6	Objective
2	48	90	46	71	91	39	177018.0
3	93	81	28	52	11	78	211955.2
4	12	95	13	3	81	91	211955.2
5	37	18	97	85	56	89	164440.2
6	20	32	7	87	95	14	164440.2
7	51	10	89	77	56	36	164440.2
8	18	97	3	2	28	66	275481.0
9	19	4	89	9	40	23	168108.0
10	14	20	85	77	100	29	219223.0
11	72	1	10	90	44	40	175543.8

รูปที่ 3.66 ประเมินค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์

Population 7 (ก่อนเรียงลำดับ)

GroupSub	Chromosome
1	18
2	97
3	3
4	2
5	28
6	66

Population 7 (หลังเรียงลำดับ)

GroupSub	Chromosome
2	97
6	66
5	28
1	18
3	3
4	2

รูปที่ 3.67 การเรียงลำดับค่าสุ่มของกลุ่มงานย่อยจากมากไปน้อย

	A	D	E	F
1	Group Sub	Machine A	Machine B	
2	2	37145.0	0.0	
3	6	83615.0	0.0	
4	5	31025.8	0.0	
5	1	32500.0	0.0	
6	3	67437.2	0.0	Run
7	4	23758.0	0.0	
8		275481.0	0.0	275481.0
9		=SUM(D2:D7)	=SUM(E2:E7)	=MAX(D8:E8)
10		TimeMachineA	TimeMachineB	TotalTime

รูปที่ 3.68 ค่าวัตถุประสงค์ของลำดับใหม่

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณหาค่า Fitness value โดยใช้ Fitness function หาได้จากสูตร 10,000,000 หารด้วยค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของประชากร เพื่อแปลงค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ให้สามารถนำไปคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นได้ง่าย

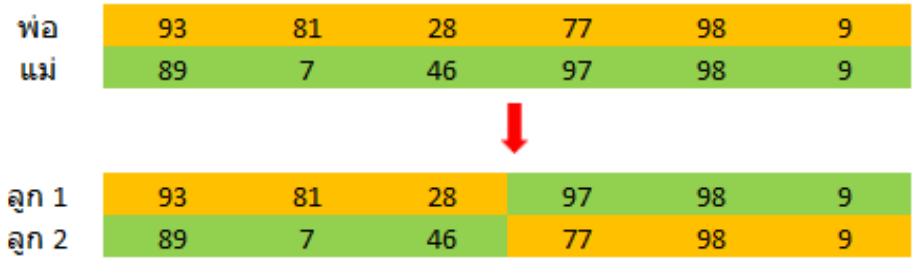
ขั้นตอนที่ 6 คำนวณหาค่าความน่าจะเป็น (Probability) ของประชากรเริ่มต้น หาได้จากสูตร Fitness value ของประชากรนั้น ๆ หารด้วยผลรวมของ Fitness value ของประชากรทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 7 การคัดเลือก (Selection) โดยใช้วิธีวงล้อรูเล็ตต์ (Roulette wheel) เป็นการคัดเลือกโครโมโซมพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์มาดำเนินการสร้างประชากรรุ่นใหม่ ซึ่งกระบวนการคัดเลือกจะทำการเลือกโครโมโซมพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ตามสัดส่วนของพื้นที่บนวงล้อ โดยค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์หรือค่าเวลาทำงานรวมของระบบการผลิตเป็นค่าที่กำหนดสัดส่วนของพื้นที่บนวงล้อ แสดงดังรูปที่ 3.69

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Job1	Job2	Job3	Job4	Job5	Job6	Objective	Fitness	Prob	CumProb
2	48	90	46	71	91	39	177018.0	41.155479	0.027449	0.027449
3	93	81	28	52	11	78	211955.2	45.61565	0.030424	0.057873
4	12	95	13	3	81	91	211955.2	45.61565	0.030424	0.088296
5	37	18	97	85	56	89	164440.2	45.61565	0.030424	0.11872
6	20	32	7	87	95	14	164440.2	39.726208	0.026496	0.145215
7	51	10	89	77	56	36	164440.2	59.485569	0.039674	0.18489
8	18	97	3	2	28	66	275481.0	54.263542	0.036191	0.221081
9	19	4	89	9	40	23	168108.0	45.61565	0.030424	0.251505
10	14	20	85	77	100	29	219223.0	62.748642	0.041851	0.293355
11	72	1	10	90	44	40	175543.8	39.726208	0.026496	0.319851
12	54	96	31	84	22	16	191866.0	47.179779	0.031467	0.351318
13	35	18	19	58	29	92	159366.0	41.155479	0.027449	0.378767
14	43	64	1	34	76	19	275481.0	39.726208	0.026496	0.405262
15	2	64	7	88	36	56	168108.0	62.748642	0.041851	0.447113
16	72	88	63	9	34	72	184285.8	36.300144	0.024211	0.471323
17	36	48	67	40	54	56	187885.8	53.135754	0.035439	0.506763
18	85	84	48	19	84	49	171708.0	40.313606	0.026887	0.53365
19	89	7	12	24	21	72	220697.2	62.173512	0.041467	0.575117
20	63	53	15	80	2	75	159366.0	36.300144	0.024211	0.599328
21	54	56	5	93	47	67	168108.0	52.119709	0.034762	0.634089
22	33	55	51	17	25	72	175543.8	56.965839	0.037994	0.672083

รูปที่ 3.69 สัดส่วนพื้นที่บนวงล้อรูเล็ตต์ (คอลัมน์ J)

ขั้นตอนที่ 8 การสร้างประชากรรุ่นใหม่ โดยใช้วิธีการข้ามสายพันธุ์ (Crossover) จะเป็นการนำโครโมโซมในรุ่นพ่อกับโครโมโซมในรุ่นแม่มาแลกเปลี่ยนกัน เพื่อสร้างโครโมโซมลูก (Offspring) ซึ่งจะใช้วิธีการสุ่มค่าตัวเลขสำหรับกำหนดตำแหน่งในการข้ามสายพันธุ์ แสดงดังรูปที่ 3.70



รูปที่ 3.70 การข้ามสายพันธุ์

ขั้นตอนที่ 9 ทำซ้ำในขั้นตอน 2 ถึงขั้นตอน 8 จนกว่าจะครบตามจำนวนซ้ำที่ต้องการ หรือได้คำตอบที่เหมาะสมเป็นการหยุดค้นหาคำตอบ แสดงดังรูปที่ 3.71

	A	B
1	1	208043.8
2	2	171210.2
3	3	168108.0
4	4	160840.2
5	5	153260.0
6	6	147452.2
7	7	137082.2

รูปที่ 3.71 คำตอบที่เหมาะสม

ขั้นตอนที่ 10 ได้ผลลัพธ์ของลำดับงานที่เหมาะสมและเวลาทำงานรวมต่ำที่สุด เมื่อได้ลำดับงานที่เหมาะสมแล้ว ให้นำลำดับงานที่ได้ไปค้นหาเครื่องจักรที่จะต้องใช้ในการผลิตงานที่ทำให้ได้เวลาทำงานต่ำที่สุด แสดงดังรูปที่ 3.72

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

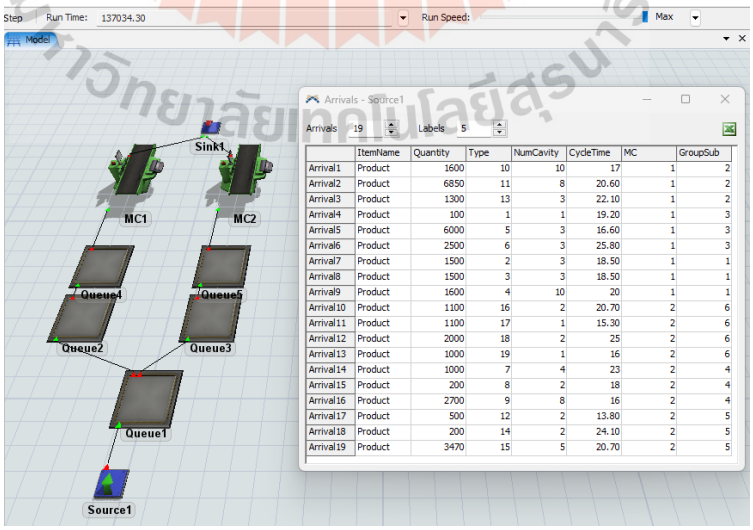
	A	D	E	F
1	GroupSub	Machine A	Machine B	
2	1	28900.0	0.0	
3	2	40745.0	0.0	
4	6	0.0	80015.0	
5	5	0.0	31025.8	
6	3	67437.2	0.0	Run
7	4	0.0	23758.0	
8		137082.2	134798.8	137082.2
9		SumTimeMcA	SumTimeMcB	TotalTime

รูปที่ 3.72 ผลลัพธ์ของลำดับงานที่เหมาะสม

3.9.3 การทดสอบผลลัพธ์ที่ได้บนโปรแกรม Flexsim

ขั้นตอนที่ 1 ตรวจสอบข้อมูลการผลิตต่าง ๆ ของลำดับงานที่เหมาะสม ได้แก่ ปริมาณการผลิต กลุ่มงานที่เป็นไปได้ทั้งหมด จำนวน Cavity และเวลาการผลิต จากนั้นทำการกำหนดข้อมูลการผลิตดังกล่าวข้างต้นของลำดับงานที่เหมาะสมลงบน Object source บนโปรแกรม Flexsim

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดความสามารถของเครื่องจักรในการผลิต รวมถึงลำดับการผลิตที่เหมาะสมที่ได้จากการจัดลำดับงานบนเครื่องจักรโดยใช้วิธีเชิงพันธุกรรมมารันบนโปรแกรม Flexsim เพื่อตรวจสอบเวลาทำงานรวมที่ได้จากการประมวลผล แสดงดังรูปที่ 3.73



รูปที่ 3.73 ผลลัพธ์บนโปรแกรม Flexsim

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 วิเคราะห์วิธีการทำงานของกระบวนการจัดตาราง

4.1.1 วิเคราะห์ขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตโดยใช้โปรแกรม Flexsim

การออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตทั้งหมด 3 ขั้นตอน ได้แก่ ความสามารถในการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์ ความสามารถของเครื่องจักรในการผลิต และการจัดลำดับบนเครื่องจักร โดยใช้โปรแกรม Flexsim ร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม พบว่าขั้นตอนการทำงานของความสามารถในการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์และความสามารถของเครื่องจักรในการผลิตโดยใช้โปรแกรม Flexsim เพื่อค้นหากลุ่มงานทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่สามารถผลิตบนเครื่องเดียวกันและเวลาเดียวกัน เริ่มจากการนำข้อมูลปัจจัยการผลิตต่าง ๆ บันทึกลงบนตารางฐานข้อมูล แสดงดังรูปที่ 4.1 โดยข้อมูลปัจจัยการผลิตที่ต้องบันทึกลงบนตารางฐานข้อมูล ได้แก่

1) Customer Name คือ ชื่อผลิตภัณฑ์ของลูกค้า
2) Material Type คือ ชนิดของวัตถุดิบ
3) Material Thickness คือ ความหนาของวัตถุดิบ
4) Material Width คือ ความกว้างของวัตถุดิบ
5) No Cavities คือ จำนวนผลิตภัณฑ์ในแม่พิมพ์ 1 แบบต่อการปั๊มขึ้นรูปจำนวน 1 ครั้ง
6) Mold Width คือ ความกว้างแม่พิมพ์ของผลิตภัณฑ์
7) Mold Length คือ ความยาวแม่พิมพ์ของผลิตภัณฑ์
8) Mold Height คือ ความสูงแม่พิมพ์ของผลิตภัณฑ์
9) Cycle time คือ เวลาการผลิตของแม่พิมพ์ 1 แบบต่อการปั๊มขึ้นรูปจำนวน 1 ครั้ง
10) Quantity คือ จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ต้องผลิตทั้งหมด
11) Due Date คือ กำหนดส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากนั้นอัลกอริทึมบนโปรแกรม Flexsim จะทำการคำนวณพื้นที่แม่พิมพ์ พื้นที่แผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร A และพื้นที่แผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร B และแสดงผลบนตาราง InputSource ในคอลัมน์ที่ชื่อว่า Area Mold, AreaPlateMC.A และ AreaPlateMC.B ตามลำดับ และทำการค้นหาคำตอบของกลุ่มงานทั้งหมดที่เป็นไปได้ โดยพิจารณาจากปัจจัยการผลิต ได้แก่ พื้นที่แม่พิมพ์ต้องมีพื้นที่เพียงพอในการผลิตสินค้าร่วมกันบนเครื่องจักรเดียวกันและเวลาเดียวต่อการปั๊มขึ้นรูปจำนวน 1 ครั้ง ชนิดของวัตถุดิบจะต้องเป็นชนิดเดียวกัน ความหนาของวัตถุดิบต้องมีขนาดเท่ากัน และความสูงของแม่พิมพ์ต้องต่างกันไม่เกิน 2 เท่า และบันทึกคำตอบลงบนตารางฐานข้อมูลในคอลัมน์ที่ชื่อว่า Group ดังรูปที่ 4.1 หมายเหตุ สูตรการคำนวณหาพื้นที่แม่พิมพ์คือ ความกว้างของแม่พิมพ์คูณด้วยความยาวของแม่พิมพ์และคูณด้วยจำนวน Cavity และสูตรการคำนวณหาพื้นที่แผ่นพิมพ์ของเครื่องจักรคือ ความยาวแผ่นพิมพ์ของเครื่องจักรนั้น ๆ คูณด้วยความกว้างของวัตถุดิบ

ยกตัวอย่างเช่น จากรูปที่ 4.1 จะพบว่าสินค้า 1 เป็นสินค้าที่ไม่สามารถผลิตร่วมกับสินค้าอื่น ๆ บนเครื่องจักรเดียวกันและเวลาเดียวกันได้ อัลกอริทึมบนโปรแกรม Flexsim จึงจัดให้เป็นกลุ่ม 1 เพียงสินค้าเดียว โดยอัลกอริทึมบนโปรแกรม Flexsim จะเริ่มทำการตรวจสอบจากปัจจัยการผลิตของพื้นที่แม่พิมพ์ของสินค้า 1 ว่ามีพื้นที่เพียงพอในการผลิตสินค้าร่วมกันบนเครื่องจักรเดียวกันและเวลาเดียวต่อการปั๊มขึ้นรูปจำนวน 1 ครั้ง กับสินค้า 2 หรือไม่ โดยพิจารณาจากผลรวมของพื้นที่แม่พิมพ์ของสินค้า 1 กับสินค้า 2 จะต้องมีผลรวมของพื้นที่แม่พิมพ์ไม่เกินพื้นที่แผ่นพิมพ์ของเครื่องจักรการผลิตขนาดใหญ่ที่สุดคือเครื่องจักร A หากพบว่าผลรวมของพื้นที่แม่พิมพ์ของสินค้า 1 กับสินค้า 2 มีค่ามากกว่าพื้นที่แผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร A จะทำการตรวจสอบผลรวมของพื้นที่แม่พิมพ์ของสินค้า 1 กับสินค้าอื่น ๆ ตามลำดับ จนกว่าจะครบตามจำนวนสินค้าที่กำหนดลงในตารางฐานข้อมูลคือ 30 ตัวอย่างสินค้า จากการตรวจสอบพบว่ามีบางตัวอย่างสินค้าที่ผลรวมของพื้นที่แม่พิมพ์มีค่าน้อยกว่าพื้นที่แผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร A อัลกอริทึมบนโปรแกรม Flexsim จึงทำการตรวจสอบปัจจัยการผลิตของชนิดวัตถุดิบของสินค้า 1 กับสินค้าที่มีพื้นที่เพียงพอในการผลิตสินค้าร่วมกันว่ามีการใช้วัตถุดิบในการผลิตเป็นชนิดเดียวกันหรือไม่ ถ้าพบว่ามีการใช้วัตถุดิบในการผลิตที่แตกต่างกัน อัลกอริทึมจะทำการตรวจสอบชนิดวัตถุดิบของสินค้า 1 กับสินค้าอื่น ๆ ต่อไปตามลำดับจนกว่าจะครบตามจำนวนสินค้าทั้งหมดที่ใช้ในการทดลอง แต่จากการตรวจสอบชนิดวัตถุดิบของสินค้า 1 กับสินค้าอื่น ๆ ตามลำดับ พบว่าสินค้า 1 ใช้วัตถุดิบในการผลิตแตกต่างกับสินค้าอื่น ๆ ทั้งหมด จึงสามารถสรุปได้ว่าสินค้า 1 เป็นสินค้าที่ไม่สามารถผลิตร่วมกับสินค้า อื่น ๆ บนเครื่องจักรเดียวกันและเวลาเดียวกันได้ หรือไม่มีความสามารถขึ้นรูปร่วมกับสินค้าอื่น ๆ ได้ จากนั้นอัลกอริทึมบนโปรแกรม Flexsim จะทำการตรวจสอบปัจจัยการผลิตของสินค้า 2 กับสินค้าอื่น ๆ ต่อไป

ตามลำดับ ยกเว้นสินค้า 1 ที่ได้ทำการตรวจสอบเสร็จสิ้นแล้ว และจากการตรวจสอบสินค้า 1 กับสินค้าอื่น ๆ หากสมมติว่าพบสินค้า 1 มีการใช้วัตถุดิบในการผลิตเหมือนกับสินค้าหนึ่ง ๆ แล้ว อัลกอริทึมบนโปรแกรม Flexsim จึงจะทำการตรวจสอบปัจจัยการผลิตของความหนาวัตถุดิบว่าขนาดวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเท่ากันหรือไม่ หากพบว่าสินค้า 1 มีการใช้ความหนาของวัตถุดิบเท่ากับสินค้าหนึ่ง ๆ แล้ว อัลกอริทึมจึงจะทำการตรวจสอบความสูงของแม่พิมพ์ของสินค้า 1 กับสินค้าหนึ่ง ๆ ว่าใช้ความสูงต่างกันไม่เกิน 2 เท่าหรือไม่ เป็นขั้นตอนสุดท้าย หากพบว่าสินค้า 1 มีการใช้ความสูงของแม่พิมพ์ต่างกันไม่เกิน 2 เท่ากับสินค้าหนึ่ง ๆ จึงจะสามารถสรุปได้ว่าสินค้า 1 มีความสามารถในการผลิตร่วมกับสินค้าหนึ่ง ๆ บนเครื่องจักรเดียวกันและเวลาเดียวกันได้

จากนั้นอัลกอริทึมบนโปรแกรม Flexsim จะทำการกำหนดปัจจัยการผลิตของกลุ่มงานตามเงื่อนไขของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก ได้แก่ ปริมาณการผลิต เวลาการผลิต และจำนวน Cavity และแสดงผลบนตาราง InputSource เพื่อนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการประมวลผลไปกำหนดการเข้ามาของ FlowItem ที่ Object Source1 สำหรับค้นหาเวลาทำงานรวมของระบบการผลิต ดังรูปที่ 4.2 โดยสินค้าที่สามารถผลิตร่วมกันบนเครื่องจักรและเวลาเดียวกันได้จะทำการกำหนดปัจจัยการผลิตของกลุ่มงานตามเงื่อนไขของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกได้ ดังนี้ ปริมาณการผลิตและจำนวน Cavity จะกำหนดได้จากการหาผลรวมของปริมาณการผลิตและจำนวน Cavity ของสินค้าทั้งหมดที่สามารถผลิตร่วมกันบนเครื่องจักรและเวลาเดียวกันได้ของกลุ่มงานนั้น ๆ แต่เวลาการผลิตจะกำหนดได้จากการหาค่าเวลาการผลิตสูงสุดของสินค้าทั้งหมดที่สามารถผลิตร่วมกันบนเครื่องจักรและเวลาเดียวกันได้ของกลุ่มงานนั้น ๆ

ยกตัวอย่างเช่น จากรูปที่ 4.1 จะพบว่าสินค้า 1 ไม่สามารถผลิตสินค้าร่วมกันบนเครื่องจักรและเวลาเดียวกันได้อัลกอริทึมบนโปรแกรม Flexsim จึงจัดให้เป็นกลุ่มงานที่ 1 ดังนั้นปริมาณการผลิต เวลาการผลิต และจำนวน Cavity จะถูกกำหนดให้มีค่าเท่าเดิมคือ 100 ชิ้น, 19.20 วินาที และแม่พิมพ์ 1 แบบ สามารถปั๊มขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ใน 1 ครั้ง ได้จำนวน 1 ชิ้นงาน ตามลำดับ และจะพบว่าสินค้า 4, สินค้า 5 และสินค้า 13 สามารถผลิตสินค้าร่วมกันบนเครื่องจักรและเวลาเดียวกันได้ อัลกอริทึมบนโปรแกรม Flexsim จึงจัดให้เป็นกลุ่มงานที่ 4 ดังนั้นปริมาณการผลิตและจำนวน Cavity ของกลุ่มงานที่ 4 จะถูกกำหนดได้จากผลรวมปริมาณการผลิตและจำนวน Cavity ของสินค้า 4, สินค้า 5 และสินค้า 13 ได้เท่ากับ 1,600 ชิ้น และแม่พิมพ์ 1 แบบ สามารถปั๊มขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ใน 1 ครั้ง ได้จำนวน 10 ชิ้นงาน ตามลำดับ และเวลาการผลิตของกลุ่มงานที่ 4 จะถูกกำหนดได้จากค่าเวลาการผลิตสูงสุดของสินค้าทั้งหมดที่สามารถผลิตสินค้าร่วมกันบนเครื่องจักรและเวลาเดียวกันได้ของกลุ่มงานที่ 4 ซึ่งสินค้าทั้งหมดของกลุ่มงานที่ 4 ได้แก่ สินค้า 4,

สินค้า 5 และสินค้า 13 ดังนั้นเวลาการผลิตของกลุ่มงานที่ 4 จะคำนวณได้จากค่าสูงสุดของเวลาการผลิตของสินค้า 4, สินค้า 5 และสินค้า 13 ได้เท่ากับ 20 วินาที ซึ่งเวลาการผลิตของสินค้า 4 เท่ากับ 17.50 วินาที เวลาการผลิตของสินค้า 5 เท่ากับ 14.80 วินาที และเวลาการผลิตของสินค้า 13 เท่ากับ 20 วินาที

นอกจากนี้อัลกอริทึมบนโปรแกรม Flexsim ได้ทำการค้นหาเครื่องจักรการผลิตที่สามารถผลิตกลุ่มงานทั้งหมดที่เป็นไปได้ และแสดงผลบนตาราง SetMachine ดังรูปที่ 4.3 โดยพิจารณาจากปัจจัยการผลิตของพื้นที่แม่พิมพ์ของกลุ่มงานและพื้นที่แผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร ซึ่งอัลกอริทึมบนโปรแกรม Flexsim จะทำตรวจสอบความสามารถในการผลิตกลุ่มงานบนเครื่องจักร A ได้จากพื้นที่แม่พิมพ์ของกลุ่มงานมีค่าน้อยกว่าหรือมากกว่าพื้นที่แผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร B และความสามารถในการผลิตกลุ่มงานบนเครื่องจักร B ได้จากพื้นที่แม่พิมพ์ของกลุ่มงานมีค่าน้อยพื้นที่แผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร B เท่านั้น การพิจารณาจากพื้นที่แผ่นของเครื่องจักร B เนื่องจากเป็นเครื่องจักรที่มีขนาดเล็กมากที่สุดในกระบวนการผลิตสินค้า

ยกตัวอย่างเช่น จากรูปที่ 4.1 สินค้า 1 พบว่าอัลกอริทึมบนโปรแกรม Flexsim จัดให้เป็นกลุ่มงานที่ 1 ซึ่งอัลกอริทึมจะทำการพิจารณาเครื่องจักรการผลิตกลุ่มงานที่ 1 ได้จากพื้นที่แม่พิมพ์กับพื้นที่แผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร B พบว่าพื้นที่แม่พิมพ์มีค่าเท่ากับ 146,250 ตารางมิลลิเมตร และพื้นที่แผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร B มีค่าเท่ากับ 410,000 ตารางมิลลิเมตร จากการตรวจสอบพบว่าพื้นที่แม่พิมพ์มีค่าน้อยกว่าพื้นที่แผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร B แสดงให้เห็นว่าสินค้า 1 หรือกลุ่มงานที่ 1 มีความสามารถในการผลิตงานได้ทั้งเครื่องจักร A และเครื่องจักร B แต่กลุ่มงานที่ 4 ประกอบด้วยสินค้า 4, สินค้า 5 และสินค้า 13 พบว่าพื้นที่แม่พิมพ์ของสินค้า 4 มีค่าเท่ากับ 156,350 ตารางมิลลิเมตร พื้นที่แม่พิมพ์ของสินค้า 5 มีค่าเท่ากับ 156,350 ตารางมิลลิเมตร และพื้นที่แม่พิมพ์ของสินค้า 13 มีค่าเท่ากับ 469,050 ตารางมิลลิเมตร ส่งผลให้พื้นที่แม่พิมพ์ของกลุ่มงานที่ 4 เท่ากับผลรวมของพื้นที่แม่พิมพ์ของสินค้าทั้งหมดในกลุ่มงานที่ 4 คือ 781,750 ตารางมิลลิเมตร และพื้นที่แผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร B มีค่าเท่ากับ 430,000 ตารางมิลลิเมตร จากการตรวจสอบพบว่าพื้นที่แม่พิมพ์ของกลุ่มงานที่ 4 มีค่ามากกว่าพื้นที่แผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร B แสดงให้เห็นว่ากลุ่มงานที่ 4 มีความสามารถในการผลิตงานได้บนเครื่องจักร A เท่านั้น

Model | InputData | SetMachine | InputSource

	Customer Name	Material Type	Material Thickness	Material Width	No Cavities	Mold Width	Mold Length	Mold Height	Area Mold	Area Plate MC.A	Area Plate MC.B	Cycle time	Quantity	DueDate	Group
Row 1	สินค้า 1	APET-ANTI	0.70	410	1	325	450	30	146250	533000	410000	19.20	100	4	1
Row 2	สินค้า 2	APET-ANTI	0.60	370	3	325	450	30	438750	481000	370000	18.50	1500	2	2
Row 3	สินค้า 3	APET-ANTI	0.60	370	3	325	450	30	438750	481000	370000	18.50	1500	2	3
Row 4	สินค้า 4	Apet B	0.70	430	2	265	295	25	156350	559000	430000	17.50	500	7	4
Row 5	สินค้า 5	Apet B	0.70	550	2	265	295	25	156350	715000	550000	14.80	1000	8	4
Row 6	สินค้า 6	Apet B	0.60	430	3	265	295	25	234525	559000	430000	16.60	6000	7	5
Row 7	สินค้า 7	Apet B	1	370	1	265	295	25	78175	481000	370000	17.90	1000	9	6
Row 8	สินค้า 8	APET-Clear B	1.20	610	4	265	415	35	439900	793000	610000	23	1000	3	7
Row 9	สินค้า 9	Apet B	0.80	500	1	265	295	25	78175	650000	500000	18	100	6	8
Row 10	สินค้า 10	Apet B	0.80	500	1	265	295	25	78175	650000	500000	18	100	6	8
Row 11	สินค้า 11	Apet B	0.50	450	6	265	295	25	469050	585000	450000	13.20	2600	8	9
Row 12	สินค้า 12	Apet B	0.50	430	4	265	295	25	312700	559000	430000	17	1200	5	10
Row 13	สินค้า 13	Apet B	0.70	650	6	265	295	25	469050	845000	650000	20	100	7	4
Row 14	สินค้า 14	Apet B	0.70	530	6	265	295	25	469050	689000	530000	17.70	5600	3	11
Row 15	สินค้า 15	Apet B	0.50	500	4	265	295	25	312700	650000	500000	12.50	300	8	10
Row 16	สินค้า 16	Apet B	0.50	650	2	265	295	25	156350	845000	650000	16	100	9	10
Row 17	สินค้า 17	Apet B	1	650	2	265	295	25	156350	845000	650000	25.80	1500	4	6
Row 18	สินค้า 18	Apet B	0.70	370	2	265	295	25	156350	481000	370000	20.60	1250	6	11
Row 19	สินค้า 19	APET-Clear B	0.50	500	2	265	415	35	219950	650000	500000	13.80	500	7	12
Row 20	สินค้า 20	Apet anti ฝุ่น	0.70	410	3	325	450	30	438750	533000	410000	22.10	1300	3	13
Row 21	สินค้า 21	Apet เข็ดน้ำยา	1	430	1	265	295	25	78175	559000	430000	24.10	100	5	14
Row 22	สินค้า 22	Apet เข็ดน้ำยา	1	430	1	265	295	25	78175	559000	430000	24.10	100	10	14
Row 23	สินค้า 23	Apet B	0.70	450	3	265	295	25	234525	585000	450000	18	3000	6	15
Row 24	สินค้า 24	Apet B เข็ดน้ำย	1.20	450	1	265	295	25	78175	585000	450000	20.70	550	8	16
Row 25	สินค้า 25	Apet B เข็ดน้ำย	1.20	450	1	265	295	25	78175	585000	450000	20.70	550	7	16
Row 26	สินค้า 26	Apet เข็ดน้ำยา	0.50	400	1	265	295	25	78175	520000	400000	15.30	1100	2	17
Row 27	สินค้า 27	APET-Clear	1	570	2	265	415	35	219950	741000	570000	25	2000	6	18
Row 28	สินค้า 28	Apet B เข็ดน้ำย	0.50	370	1	265	295	25	78175	481000	370000	16	1000	5	19
Row 29	สินค้า 29	Apet B	0.70	430	1	265	295	25	78175	559000	430000	20.60	200	9	15
Row 30	สินค้า 30	Apet B	0.70	430	1	265	295	25	78175	559000	430000	20.70	270	9	15

รูปที่ 4.1 การแสดงผลจำนวนกลุ่มงาน

Model | InputData | SetMachine | InputSource

	ItemName	Quantity	Type	NumCavity	CycleTime	Machine
	Product	100	1	1	19.20	1
	Product	1500	2	3	18.50	1
	Product	1500	3	3	18.50	1
	Product	1600	4	10	20	1
	Product	6000	5	3	16.60	1
	Product	2500	6	3	25.80	1
	Product	1000	7	4	23	1
	Product	200	8	2	18	1
	Product	2700	9	8	16	1
	Product	1600	10	10	17	1
	Product	6850	11	8	20.60	1
	Product	500	12	2	13.80	1
	Product	1300	13	3	22.10	1
	Product	200	14	2	24.10	1
	Product	3470	15	5	20.70	1
	Product	1100	16	2	20.70	1
	Product	1100	17	1	15.30	1
	Product	2000	18	2	25	1
	Product	1000	19	1	16	1

รูปที่ 4.2 คำสั่งซื้อที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการผลิตกลุ่มงาน

Model | InputData | SetMachine | InputSource

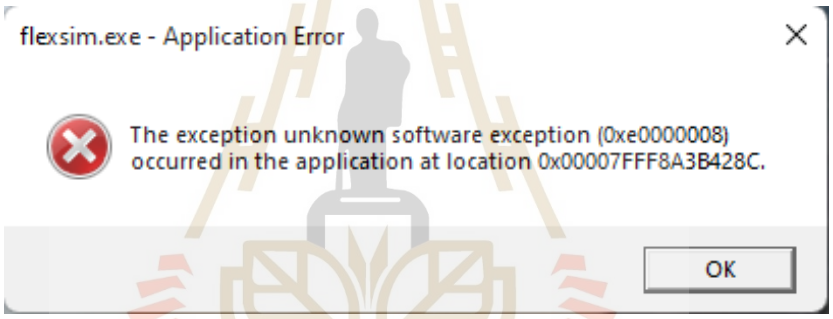
	Group	Machine A	Machine B
	1	1	1
	2	1	0
	3	1	0
	4	1	0
	5	1	1
	6	1	1
	7	1	1
	8	1	1
	9	1	1
	10	1	0
	11	1	0
	12	1	1
	13	1	0
	14	1	1
	15	1	1
	16	1	1
	17	1	1
	18	1	1
	19	1	1

รูปที่ 4.3 ความสามารถของเครื่องจักรในการผลิตแต่ละกลุ่มงาน

4.1.2 วิเคราะห์วิธีจัดลำดับการผลิตโดยใช้โปรแกรม Flexsim ร่วมกับแพลตฟอร์ม Amazon Web Service

จากการประมวลผลขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตในขั้นตอนของความสามารถของการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์และความสามารถของการผลิตของเครื่องจักรโดยใช้อัลกอริทึมบนโปรแกรม Flexsim สำหรับค้นหากลุ่มงานที่เป็นไปได้ทั้งหมดและความสามารถของเครื่องจักรในการผลิตกลุ่มงานเสร็จแล้วจะดำเนินการจัดลำดับกลุ่มงานเข้าเครื่องจักรเพื่อค้นหาลำดับการผลิตที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการผลิตงานบนเครื่องจักรที่ทำให้เวลาทำงานรวมของระบบการผลิตต่ำที่สุด และสามารถส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าได้ทันเวลาที่กำหนด เนื่องจากลำดับงานในการผลิตบนเครื่องจักรที่แตกต่างต่างกันจะส่งผลให้เวลาในการทำงานรวมของระบบการผลิตและกำหนดส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าแตกต่างกัน โดยใช้วิธีการเรียงสับเปลี่ยน (Permutation) บนโปรแกรม Flexsim เพื่อสลับลำดับการผลิตที่เป็นไปได้ทั้งหมดร่วมกับแพลตฟอร์ม Amazon web service เพื่อช่วยในการประมวลผลข้อมูลของคำตอบขนาดใหญ่บนระบบคลาวด์และช่วยให้เข้าถึงทรัพยากรต่าง ๆ ที่สามารถปรับเปลี่ยนขนาดได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน เช่น CPU, Memory และ Disk เป็นต้น ซึ่งอาจส่งผลให้ใช้เวลาในการประมวลผลที่สั้นได้ แต่การเลือกใช้ขนาดของทรัพยากรไม่เหมาะสมกับขนาดปัญหาของกระบวนการผลิตอาจส่งผลให้ใช้เวลาในการประมวลผลที่ยาวนานได้ และจากการประมวลผลเพื่อค้นหาลำดับการ

ผลิตที่เป็นไปได้ทั้งหมดโดยใช้โปรแกรม Flexsim ร่วมกับแพลตฟอร์ม Amazon web service พบว่ามีข้อความแจ้งเตือนความผิดพลาดจากโปรแกรม แสดงดังรูปที่ 4.4 เนื่องจากการประมวลผลข้อมูลของคำตอบมีขนาดใหญ่ และข้อกำหนดของคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดลองมีระบบประมวลผลต่ำ รวมถึงการกำหนดทรัพยากรบนแพลตฟอร์ม Amazon web service ที่ไม่เหมาะสมกับขนาดของปัญหา จึงส่งผลให้ใช้เวลาในการประมวลผลที่ยาวนาน และเกิดการแจ้งเตือนข้อผิดพลาดของโปรแกรมจากขนาดของพื้นที่จัดเก็บ (RAM) ไม่เพียงพอ และเกิดการปิดโปรแกรมในการประมวลผลโดยอัตโนมัติ ดังนั้นการทดลองประมวลผลข้อมูลของคำตอบที่มีขนาดใหญ่จำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่มีระบบประมวลผลคุณภาพสูง และการกำหนดทรัพยากรบนแพลตฟอร์ม Amazon web service ให้เหมาะสมกับขนาดของปัญหา แต่การใช้ระบบประมวลผลคุณภาพสูงและกำหนดทรัพยากรที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายที่มากเกินไปได้

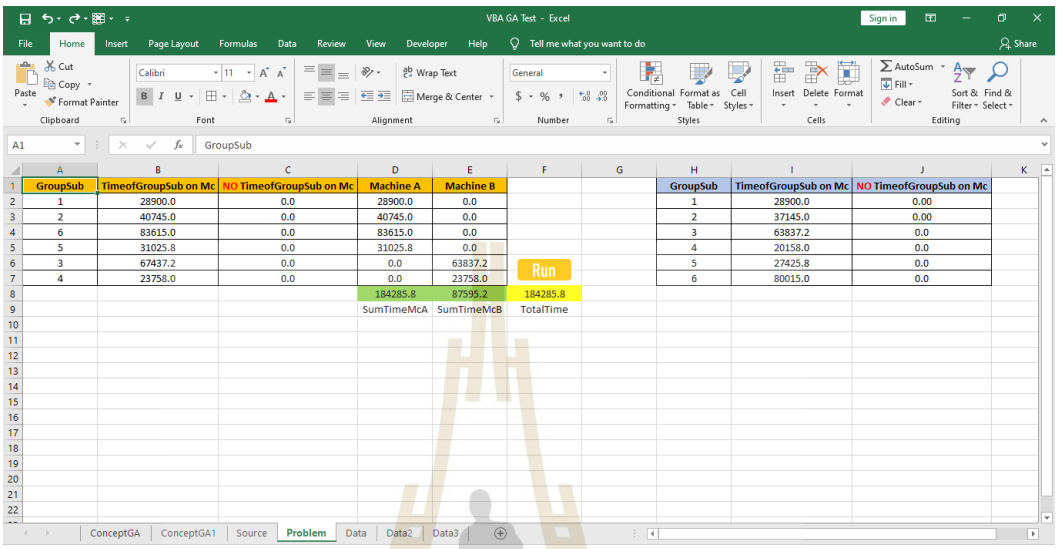


รูปที่ 4.4 การแจ้งเตือนข้อผิดพลาดจากโปรแกรม

4.1.3 วิเคราะห์วิธีจัดลำดับการผลิตโดยใช้โปรแกรม Flexsim ร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม

ในกระบวนการจัดลำดับการผลิตจะใช้วิธีเชิงพันธุกรรมร่วมกับโปรแกรม Flexsim เพื่อค้นหาลำดับการผลิตที่ทำให้เวลาการทำงานรวมของระบบการผลิตที่เหมาะสม โดยมีข้อจำกัดของงานบางงานสามารถผลิตบนเครื่องจักรบางเครื่องได้เท่านั้น และลำดับงานมีผลต่อเวลาในการทำงานรวมของระบบ ขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตหรือกลุ่มงานเข้าเครื่องจักร เริ่มจากการแบ่งกลุ่มงานทั้งหมดตามความสามารถในการผลิตงานของเครื่องจักร แล้วทำการหาเวลาทำงานรวมของกลุ่มงานย่อยโดยใช้โปรแกรม Flexsim จากนั้นใช้วิธีเชิงพันธุกรรมที่ได้จากการเขียนโค้ด VBA บนโปรแกรม Microsoft office excel ประมวลผลหาลำดับการผลิตและคำตอบที่เหมาะสม ซึ่งมีขั้นตอนการค้นหาลำดับการผลิตโดยใช้วิธีเชิงพันธุกรรม ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำข้อมูลเวลาทำงานรวมของแต่ละกลุ่มย่อยที่ได้จากการประมวลผลบนโปรแกรม Flexsim ลงบนแผ่นงานที่ชื่อว่า Problem ที่คอลัมน์ I แสดงดังรูปที่ 4.5

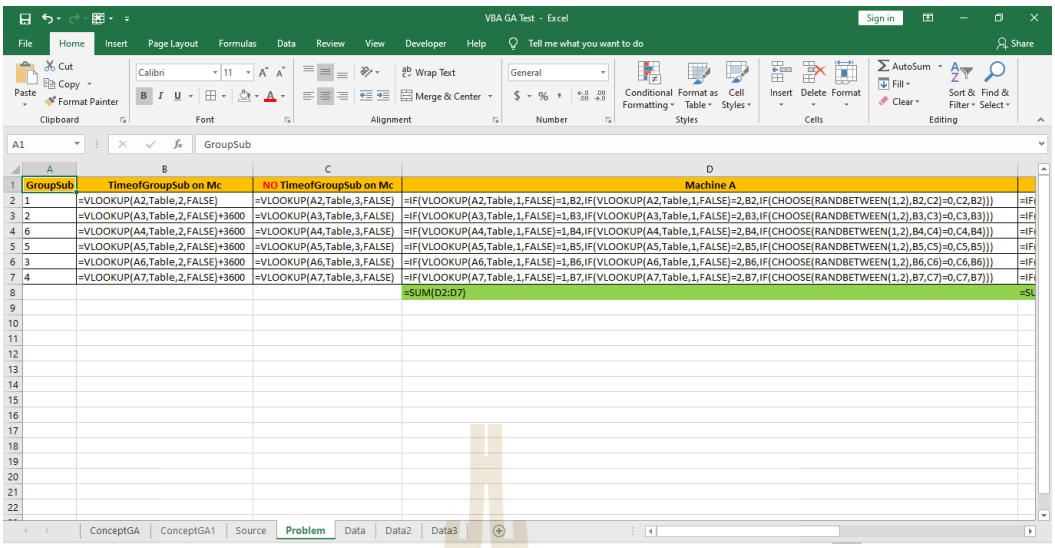


	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	GroupSub	TimeofGroupSub on Mc	NO TimeofGroupSub on Mc	Machine A	Machine B			GroupSub	TimeofGroupSub on Mc	NO TimeofGroupSub on Mc	
2	1	28900.0	0.0	28900.0	0.0			1	28900.0	0.00	
3	2	40745.0	0.0	40745.0	0.0			2	37145.0	0.00	
4	6	83615.0	0.0	83615.0	0.0			3	63837.2	0.0	
5	5	31025.8	0.0	31025.8	0.0			4	20158.0	0.0	
6	3	67437.2	0.0	0.0	63837.2			5	27425.8	0.0	
7	4	23758.0	0.0	0.0	23758.0			6	80015.0	0.0	
8				184285.8	87595.2	184285.8					
9				SumTimeMcA	SumTimeMcB	TotalTime					

รูปที่ 4.5 ตัวอย่างข้อมูลเวลาทำงานรวมของแต่ละกลุ่มงานย่อยในแผ่นงาน Problem ที่คอลัมน์ I

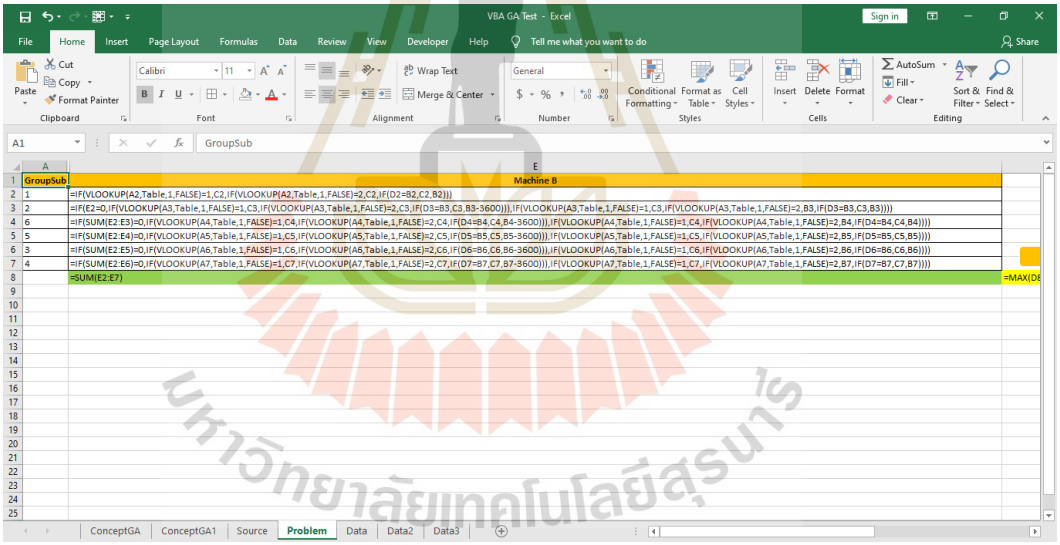
ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดเครื่องจักรที่สามารถผลิตแต่ละกลุ่มงานย่อยที่ได้จากการประมวลผลบนโปรแกรม Flexsim ลงบนแผ่นงาน Problem ที่คอลัมน์ D และ E โดยการใส่สูตรฟังก์ชันสำหรับค้นหาแต่ละกลุ่มงานย่อยที่สามารถผลิตงานบนเครื่องจักร A หรือเครื่องจักร B ที่ส่งผลให้เวลาทำงานรวมเหมาะสมที่สุด แสดงดังรูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.7

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



GroupSub	TimeofGroupSub on Mc	NO TimeofGroupSub on Mc	Machine A
1	=VLOOKUP(A2,Table,2,FALSE)	=VLOOKUP(A2,Table,3,FALSE)	=IF(VLOOKUP(A2,Table,1,FALSE)=1,B2,IF(VLOOKUP(A2,Table,1,FALSE)=2,B2,IF(CHOOSE(RANDBETWEEN(1,2),B2,C2)=0,C2,B2)))
2	=VLOOKUP(A3,Table,2,FALSE)+3600	=VLOOKUP(A3,Table,3,FALSE)	=IF(VLOOKUP(A3,Table,1,FALSE)=1,B3,IF(VLOOKUP(A3,Table,1,FALSE)=2,B3,IF(CHOOSE(RANDBETWEEN(1,2),B3,C3)=0,C3,B3)))
6	=VLOOKUP(A4,Table,2,FALSE)+3600	=VLOOKUP(A4,Table,3,FALSE)	=IF(VLOOKUP(A4,Table,1,FALSE)=1,B4,IF(VLOOKUP(A4,Table,1,FALSE)=2,B4,IF(CHOOSE(RANDBETWEEN(1,2),B4,C4)=0,C4,B4)))
5	=VLOOKUP(A5,Table,2,FALSE)+3600	=VLOOKUP(A5,Table,3,FALSE)	=IF(VLOOKUP(A5,Table,1,FALSE)=1,B5,IF(VLOOKUP(A5,Table,1,FALSE)=2,B5,IF(CHOOSE(RANDBETWEEN(1,2),B5,C5)=0,C5,B5)))
3	=VLOOKUP(A6,Table,2,FALSE)+3600	=VLOOKUP(A6,Table,3,FALSE)	=IF(VLOOKUP(A6,Table,1,FALSE)=1,B6,IF(VLOOKUP(A6,Table,1,FALSE)=2,B6,IF(CHOOSE(RANDBETWEEN(1,2),B6,C6)=0,C6,B6)))
4	=VLOOKUP(A7,Table,2,FALSE)+3600	=VLOOKUP(A7,Table,3,FALSE)	=IF(VLOOKUP(A7,Table,1,FALSE)=1,B7,IF(VLOOKUP(A7,Table,1,FALSE)=2,B7,IF(CHOOSE(RANDBETWEEN(1,2),B7,C7)=0,C7,B7)))
			=SUM(D2:D7)

รูปที่ 4.6 ตัวอย่างสูตรฟังก์ชันสำหรับค้นหากลุ่มงานย่อยที่ผลิตบนเครื่องจักร A ได้ ในคอลัมน์ D

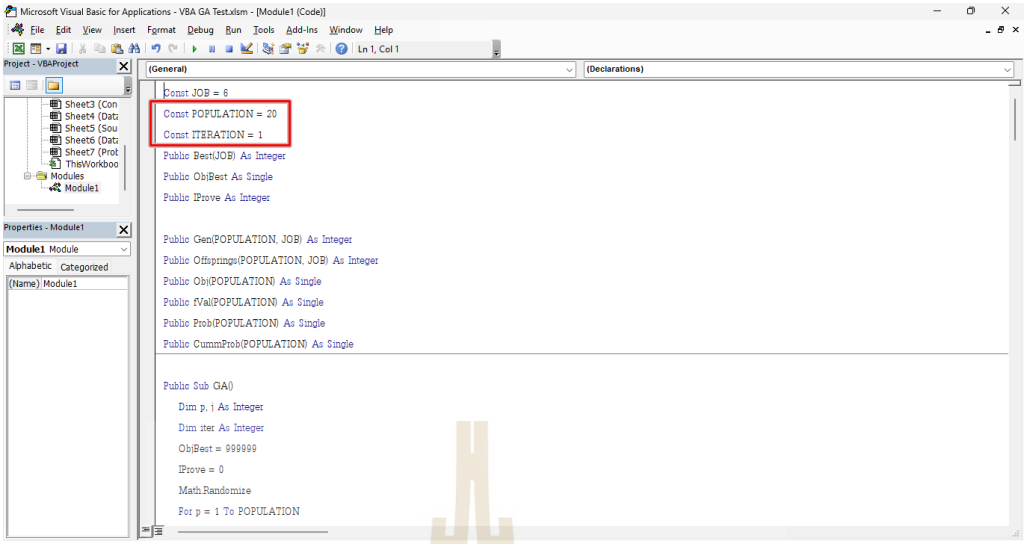


GroupSub	Machine B
1	=IF(VLOOKUP(A2,Table,1,FALSE)=1,C2,IF(VLOOKUP(A2,Table,1,FALSE)=2,C2,IF(D2=B2,C2,B2)))
2	=IF(E2=0,IF(VLOOKUP(A3,Table,1,FALSE)=1,C3,IF(VLOOKUP(A3,Table,1,FALSE)=2,C3,IF(D3=B3,C3,B3-3600))),IF(VLOOKUP(A3,Table,1,FALSE)=1,C3,IF(VLOOKUP(A3,Table,1,FALSE)=2,B3,IF(D3=B3,C3,B3))))
6	=IF(SUM(E2:E3)=0,IF(VLOOKUP(A4,Table,1,FALSE)=1,C4,IF(VLOOKUP(A4,Table,1,FALSE)=2,C4,IF(D4=B4,C4,B4-3600))),IF(VLOOKUP(A4,Table,1,FALSE)=1,C4,IF(VLOOKUP(A4,Table,1,FALSE)=2,B4,IF(D4=B4,C4,B4))))
5	=IF(SUM(E2:E4)=0,IF(VLOOKUP(A5,Table,1,FALSE)=1,C5,IF(VLOOKUP(A5,Table,1,FALSE)=2,C5,IF(D5=B5,C5,B5-3600))),IF(VLOOKUP(A5,Table,1,FALSE)=1,C5,IF(VLOOKUP(A5,Table,1,FALSE)=2,B5,IF(D5=B5,C5,B5))))
3	=IF(SUM(E2:E5)=0,IF(VLOOKUP(A6,Table,1,FALSE)=1,C6,IF(VLOOKUP(A6,Table,1,FALSE)=2,C6,IF(D6=B6,C6,B6-3600))),IF(VLOOKUP(A6,Table,1,FALSE)=1,C6,IF(VLOOKUP(A6,Table,1,FALSE)=2,B6,IF(D6=B6,C6,B6))))
4	=IF(SUM(E2:E6)=0,IF(VLOOKUP(A7,Table,1,FALSE)=1,C7,IF(VLOOKUP(A7,Table,1,FALSE)=2,C7,IF(D7=B7,C7,B7-3600))),IF(VLOOKUP(A7,Table,1,FALSE)=1,C7,IF(VLOOKUP(A7,Table,1,FALSE)=2,B7,IF(D7=B7,C7,B7))))
	=SUM(E2:E7)

รูปที่ 4.7 ตัวอย่างสูตรฟังก์ชันสำหรับค้นหากลุ่มงานย่อยที่ผลิตบนเครื่องจักร B ได้ ในคอลัมน์ E

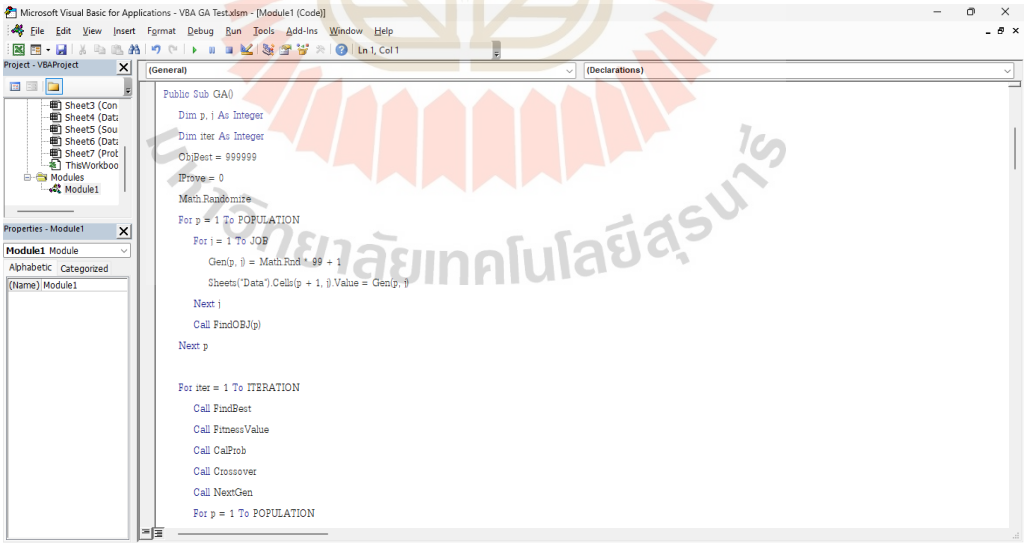
ขั้นตอนที่ 3 ทำการใส่ข้อมูลขนาดของประชากรและจำนวนรอบสำหรับค้นหาคำตอบ ในส่วนของการเขียนโค้ด VBA แสดงดังรูปที่ 4.8 เพื่อให้โค้ด VBA รันโค้ดตามจำนวนที่ได้กำหนดไว้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



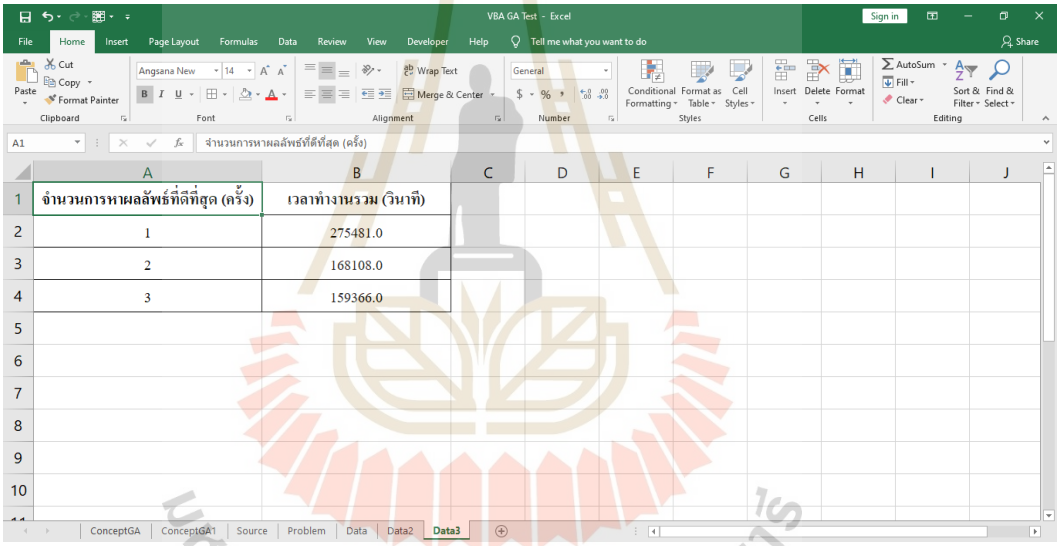
รูปที่ 4.8 ตัวอย่างโค้ดสำหรับกำหนดขนาดประชากรและจำนวนรอบ

ขั้นตอนที่ 4 กดปุ่ม Run บนแผ่นงาน Problem เพื่อรันโค้ด VBA บนโปรแกรม Microsoft office excel สำหรับค้นหาลำดับการผลิตบนเครื่องจักรที่ทำให้เวลาทำงานรวมเหมาะสมที่สุด ตัวอย่างโค้ด VBA สำหรับค้นหาลำดับงานที่ทำให้เวลาทำงานรวมเหมาะสม แสดงดังรูปที่ 4.9

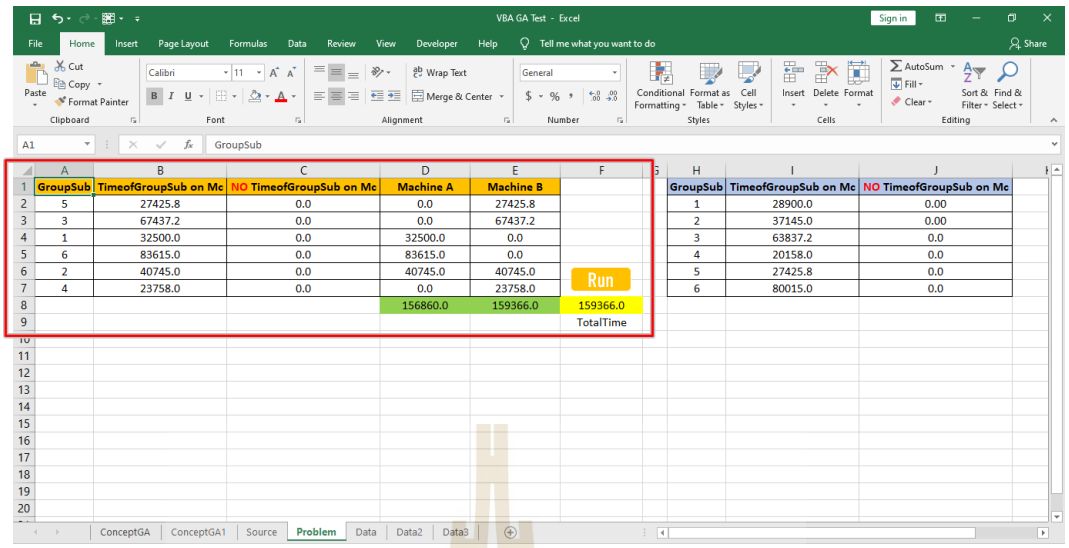


รูปที่ 4.9 ตัวอย่างโค้ด VBA ของการค้นหาลำดับงานที่ทำให้เวลาทำงานรวมเหมาะสม

ขั้นตอนที่ 5 โปรแกรม Microsoft office excel จะค้นหาผลลัพธ์ของจัดลำดับการผลิตบนเครื่องจักร โดยจะแสดงผลลัพธ์ของเวลาทำงานรวมทุกครั้งที่ทำให้เวลาทำงานรวมมีค่าลดลงจนกระทั่งโปรแกรมค้นหาคำตอบครบจำนวนรอบที่ได้กำหนดไว้ จากนั้นโปรแกรมจะแสดงผลลัพธ์เวลาทำงานรวมทุกครั้งที่ทำให้เวลาทำงานรวมลดลงและเหมาะสมที่สุด รวมถึงแสดงผลลัพธ์ของลำดับการผลิตของแต่ละกลุ่มงานย่อยบนเครื่องจักร A และเครื่องจักร B ในแผ่นงาน Data3 และแผ่น Problem ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.10 การแสดงตัวอย่างผลลัพธ์ของเวลาทำงานรวมของขนาดประชากรเท่ากับ 20 และจำนวนรอบในการค้นหาคำตอบเท่ากับ 1 รอบ และในรูปที่ 4.11 การแสดงตัวอย่างผลลัพธ์ของเวลาทำงานรวมที่เหมาะสมที่สุด โดยแสดงลำดับการผลิตของแต่ละกลุ่มงานย่อยบนเครื่องจักร และเวลาทำงานรวมสำหรับเครื่องจักร A และ B



รูปที่ 4.10 ตัวอย่างผลลัพธ์ของเวลาทำงานรวม



GroupSub	TimeofGroupSub on Mc	NO TimeofGroupSub on Mc	Machine A	Machine B
5	27425.8	0.0	0.0	27425.8
3	67437.2	0.0	0.0	67437.2
1	32500.0	0.0	32500.0	0.0
6	83615.0	0.0	83615.0	0.0
2	40745.0	0.0	40745.0	40745.0
4	23758.0	0.0	0.0	23758.0
			156860.0	159366.0

GroupSub	TimeofGroupSub on Mc	NO TimeofGroupSub on Mc
1	28900.0	0.00
2	37145.0	0.00
3	63837.2	0.0
4	20158.0	0.0
5	27425.8	0.0
6	80015.0	0.0

รูปที่ 4.11 ตัวอย่างผลลัพธ์ของเวลาทำงานรวมที่เหมาะสมที่สุด

4.2 วิเคราะห์ผลการกำหนดขนาดของประชากรและจำนวนรอบสำหรับค้นหาคำตอบ

การกำหนดขนาดของประชากรและจำนวนรอบสำหรับค้นหาคำตอบที่เหมาะสมจะส่งผลให้ค้นหาผลลัพธ์ของเวลาทำงานรวมนั้นเป็นผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งการกำหนดขนาดของประชากรที่มีขนาดเล็กจะทำให้ผลลัพธ์ของเวลาทำงานรวมอยู่ในช่วงของคำตอบที่น้อยตามไปด้วย จึงส่งผลให้การกำหนดขนาดของประชากรที่มีขนาดที่ใหญ่ขึ้นจะทำให้ได้ผลลัพธ์ของเวลาทำงานรวมอยู่ในช่วงคำตอบที่มากขึ้น แต่การกำหนดขนาดใหญ่มากเกินไปก็อาจจะส่งผลให้ใช้เวลาสำหรับประมวลผลที่มากจึงอาจจะทำให้ไม่ทันต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตจริงได้ รวมถึงจำนวนซ้ำของการหาคำตอบก็มีผลโดยตรงกับผลลัพธ์ของเวลาทำงานรวม คือ ถ้าใช้จำนวนรอบในการหาคำตอบที่น้อยก็จะส่งผลให้คำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่ไม่เหมาะสมที่สุดได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาขนาดของประชากรที่เหมาะสมกับจำนวนการรอบในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสม โดยได้ทำการทดลองจัดลำดับการผลิตกับจำนวนกลุ่มงานย่อยทั้งหมด 6 กลุ่ม หรือจำนวน 6 งาน กับเครื่องจักรจำนวน 2 เครื่อง ซึ่งจะทดลองขนาดของประชากรเท่ากับ 20, 30 40 และ 50 เนื่องจากงานวิจัยของ (อมรพงศ์ สงวนสินธุ์ และจักรวาล คุณะดิลก, 2557) ทำการเลือกใช้ และงานวิจัยนี้จะเพิ่มขนาดของประชากรสำหรับทดลองเพื่อหาผลลัพธ์ของเวลาทำงานรวมที่เหมาะสมที่สุด โดยทำการทดลองขนาดของประชากรละ 10 ครั้ง แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองหาขนาดประชากร

ปัญหา	ขนาดของประชากร	ค่าเฉลี่ยเวลาทำงานรวม (วินาที)
1	20	153,953.1
2	30	148,694.8
3	40	139,156.2
4	50	141,811.0

จากการทดลองหาขนาดของประชากรจำนวน 20, 30, 40 และ 50 พบว่าขนาดของประชากรเท่ากับ 20 ทำให้ผลลัพธ์ของเวลาทำงานรวมเฉลี่ยเท่ากับ 153,953.1 วินาที ขนาดของประชากรเท่ากับ 30 เวลาทำงานรวมเฉลี่ยเท่ากับ 148,694.8 วินาที ขนาดของประชากรเท่ากับ 40 เวลาทำงานรวมเฉลี่ยเท่ากับ 139,156.2 วินาที และขนาดของประชากรเท่ากับ 50 เวลาทำงานรวมเฉลี่ยเท่ากับ 141,811.0 วินาที จากการทดลองพบว่าขนาดของประชากรเท่ากับ 20, 30 และ 40 ทำให้ผลลัพธ์ของเวลาทำงานรวมเหมาะสมมากขึ้นตามขนาดของประชากร และขนาดของประชากรเท่ากับ 40 ทำให้ผลลัพธ์ของเวลาทำงานรวมเฉลี่ยต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของประชากรเท่ากับ 20 และ 30 นอกจากนี้จะเห็นว่าเมื่อขนาดประชากรเท่ากับ 50 ผลลัพธ์ของเวลาทำงานรวมมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งมากกว่าค่าเฉลี่ยเวลาทำงานรวมของขนาดประชากรเท่ากับ 40 ดังนั้นงานวิจัยนี้จะเลือกใช้ขนาดของประชากรเท่ากับ 40 เนื่องจากทำให้ผลลัพธ์ของเวลาทำงานรวมเฉลี่ยน้อยที่สุดและเหมาะสมที่สุด จากนั้นจะนำขนาดประชากรเท่ากับ 40 เพื่อทดลองหาจำนวนรอบสำหรับค้นหาคำตอบ โดยทำการทดลองจำนวนรอบละ 10 ครั้ง แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลทดลองหาจำนวนรอบสำหรับค้นหาคำตอบของขนาดประชากรเท่ากับ 40

ปัญหา	จำนวนรอบการหาคำตอบ	ค่าเฉลี่ยเวลาทำงานรวม (วินาที)
1	1	140,193.2
2	2	139,156.2
3	3	137,082.2
4	4	137,082.2
5	5	137,082.2
6	6	137,082.2
7	7	137,082.2

ตารางที่ 4.2 ผลทดลองหาจำนวนรอบสำหรับค้นหาคำตอบของขนาดประชากรเท่ากับ 40 (ต่อ)

ปัญหา	จำนวนรอบการหาคำตอบ	ค่าเฉลี่ยเวลาทำงานรวม (วินาที)
8	8	137,082.2
9	9	137,082.2
10	10	137,082.2

จากการทดลองหาจำนวนรอบสำหรับค้นหาคำตอบของขนาดประชากรเท่ากับ 40 พบว่า จำนวนรอบสำหรับหาคำตอบเท่ากับ 1 ทำให้ค่าเฉลี่ยของเวลาทำงานรวมมากที่สุดเท่ากับ 140,193.2 วินาที เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนรอบการสำหรับหาคำตอบอื่น ๆ และผลลัพธ์ของเวลาทำงานรวมมีผลลัพธ์ที่เหมาะสมมากขึ้นตามจำนวนรอบของการหาคำตอบจนกว่าจำนวนการหาคำตอบเท่ากับ 3 ที่ทำให้เวลาทำงานรวมน้อยที่สุด นอกจากนี้เมื่อจำนวนรอบในการค้นหาคำตอบมากกว่า 3 พบว่าจะทำให้ผลลัพธ์ของเวลาทำงานรวมมีค่าเท่าเดิมหรือไม่มีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้น จำนวนรอบการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดเท่ากับ 3 รอบ จึงจะทำให้เวลาทำงานรวมเหมาะสมที่สุด

4.3 วิเคราะห์ผลการทดลองจากกระบวนการจัดตาราง

การทดลองจัดลำดับการผลิตโดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตทั้งหมด 3 ขั้นตอน โดยพิจารณาจากปัจจัยและข้อจำกัดในกระบวนการผลิตของความสามารถในการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์ ความสามารถในการผลิตงานของเครื่องจักร และการจัดลำดับงานเข้าเครื่องจักรของตัวอย่างคำสั่งซื้อในการทดลองจำนวน 30 ตัวอย่าง แสดงผลลัพธ์จากการออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิต ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ความสามารถของการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์ เพื่อให้การใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบให้มากที่สุดจะพิจารณาจากปัจจัยในกระบวนการผลิต ดังต่อไปนี้ พื้นที่แม่พิมพ์ต้องมีพื้นที่เพียงพอในการผลิตสินค้าร่วมกันบนเครื่องจักรเดียวกันและเวลาเดียวกันต่อการปั๊มขึ้นรูปจำนวน 1 ครั้ง ชนิดของวัตถุดิบจะต้องเป็นชนิดเดียวกัน ความหนาของวัตถุดิบต้องมีขนาดเท่ากัน และความสูงของแม่พิมพ์ต้องต่างกันไม่เกิน 2 เท่า เมื่อพิจารณาจากปัจจัยการผลิตดังกล่าวข้างต้นส่งผลให้โปรแกรมจำลองสถานการณ์สามารถจัดกลุ่มงานได้ทั้งหมด 19 กลุ่ม ตัวอย่างเช่น สินค้า 1 ไม่สามารถขึ้นรูปกับสินค้าอื่น ๆ ได้ จัดให้เป็นกลุ่มงานที่ 1 และสินค้า 4, 5 และ 13 สามารถขึ้นรูปร่วมกันบนเครื่องจักรเดียวกันและเวลาเดียวกันได้ จัดให้เป็นกลุ่มงานที่ 4 เป็นต้น ผลจากการตัดสินใจในขั้นตอนที่ 1 แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลกลุ่มงานทั้งหมดที่ได้จากขั้นตอนที่ 1

กลุ่มงานที่	ชนิดสินค้า	เวลาผลิต (วินาที)	จำนวน Cavity	ปริมาณการผลิต (ชิ้น)
1	1	19.20	1	100
2	2	18.50	3	1,500
3	3	18.50	3	1,500
4	4, 5, 13	20.00	10	1,600
5	6	16.60	3	6,000
6	7, 17	25.80	3	2,500
7	8	23.00	4	1,000
8	9, 10	18.00	2	200
9	11, 18	16.00	8	2,700
10	12, 15, 16	17.00	10	1,600
11	14	20.60	8	6,850
12	19	13.80	2	500
13	20	22.10	3	1,300
14	21, 22	24.10	2	200
15	23, 29, 30	20.70	5	3,470
16	24, 25	20.70	2	1,100
17	26	15.30	1	1,100
18	27	25.00	2	2,000
19	28	16.00	1	1,000

ขั้นตอนที่ 2 ความสามารถของการผลิตงานของเครื่องจักร พิจารณาจากปัจจัยและข้อจำกัดในการผลิตของพื้นที่แม่พิมพ์และพื้นที่แผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร B โดยพื้นที่แม่พิมพ์คือขนาดของงานที่ต้องการผลิต ซึ่งจะมีขนาดแตกต่างกันในการผลิตงานแต่ละชนิด และพื้นที่แผ่นพิมพ์คือขนาดของวัตถุดิบในการผลิต ซึ่งขนาดของแผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร A และ B จะมีขนาดแตกต่างกัน ดังนี้ เครื่องจักร A จะมีความยาวเท่ากับ 1.3 เมตร และเครื่องจักร B จะมีความยาวเท่ากับ 1.0 เมตร จึงส่งผลให้เครื่องจักร A สามารถผลิตงานได้จำนวนมากกว่าเครื่องจักร B ดังนั้นงานที่มีพื้นที่แม่พิมพ์น้อย

กว่าพื้นที่แผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร B จึงมีความสามารถของการผลิตงานทั้งเครื่องจักร A และ B แต่งานที่มีพื้นที่แม่พิมพ์มากกว่าพื้นที่แผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร B จะสามารถผลิตบนเครื่องจักร A เท่านั้น

เมื่อพิจารณาจากปัจจัยและข้อจำกัดในการผลิตพบว่ากลุ่มงานที่ 2, 3, 4, 10, 11 และ 13 สามารถผลิตงานได้บนเครื่องจักร A เท่านั้น แต่กลุ่มงานที่ 1, 5-9, 12, 14 จนถึง 19 สามารถผลิตงานได้บนเครื่องจักร A และ B แสดงดังตารางที่ 4.4 โดยหมายเลข 1 แทนกลุ่มงานที่สามารถผลิตบนเครื่องจักรนั้นได้ และหมายเลข 0 แทนกลุ่มงานที่ไม่สามารถผลิตบนเครื่องจักรนั้นได้ โดยเครื่องจักรที่สนใจศึกษาเป็นเครื่องจักรที่สามารถขึ้นรูปด้วยสุญญากาศทั้งหมดของโรงงานกรณีศึกษาพบว่ามีจำนวน 2 เครื่อง ซึ่งเครื่องจักรทั้ง 2 เครื่องมีความสามารถในการผลิตแตกต่างกันแต่มีลักษณะการทำงานที่เหมือนกัน

ตารางที่ 4.4 เงื่อนไขเครื่องจักรสำหรับผลิตกลุ่มงาน

กลุ่มงานที่	**เครื่องจักรที่สามารถผลิตได้**	
	เครื่องจักร A	**เครื่องจักร B**
1	1	1
2	1	0
3	1	0
4	1	0
5	1	1
6	1	1
7	1	1
8	1	1
9	1	1
10	1	0
11	1	0
12	1	1
13	1	0
14	1	1
15	1	1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.4 เงื่อนไขเครื่องจักรสำหรับผลิตกลุ่มงาน (ต่อ)

กลุ่มงานที่	เครื่องจักรที่สามารถผลิตได้	
	เครื่องจักร A	เครื่องจักร B
16	1	1
17	1	1
18	1	1
19	1	1

ขั้นตอนที่ 3 จัดลำดับกลุ่มงานเข้าเครื่องจักร โดยใช้การแบ่งกลุ่มงานทั้งหมด 19 กลุ่ม ที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 แบ่งออกเป็น 6 กลุ่มย่อย กลุ่มย่อยละ 3-4 กลุ่ม ตามความสามารถของการผลิตบนเครื่องจักร และใช้โปรแกรม Flexsim ในการประมวลผลหาเวลาทำงานรวมของแต่ละกลุ่มงานย่อย แสดงดังตารางที่ 4.5 โดยหมายเลข 1 แทนกลุ่มงานที่สามารถผลิตบนเครื่องจักรนั้นได้ และหมายเลข 0 แทนกลุ่มงานที่ไม่สามารถผลิตบนเครื่องจักรนั้นได้

ตารางที่ 4.5 การแบ่งกลุ่มงานย่อย

กลุ่มงานย่อยที่	กลุ่มงานที่	เครื่องจักรที่สามารถผลิตได้		เวลาทำงานรวมของระบบ (วินาที)
		เครื่องจักร A	เครื่องจักร B	
1	2	1	0	28,900.00
1	3	1	0	
1	4	1	0	
2	10	1	0	37,145.00
2	11	1	0	
2	13	1	0	
3	1	1	1	63,837.20
3	5	1	1	
3	6	1	1	
4	7	1	1	20,158.00
4	8	1	1	
4	9	1	1	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.5 การแบ่งกลุ่มงานย่อย (ต่อ)

กลุ่มงานย่อยที่	กลุ่มงานที่	เครื่องจักรที่สามารถผลิตได้		เวลาทำงานรวมของระบบ (วินาที)
		เครื่องจักร A	เครื่องจักร B	
5	12	1	1	27,425.80
5	14	1	1	
5	15	1	1	
6	16	1	1	80,015.00
6	17	1	1	
6	18	1	1	
6	19	1	1	

จากนั้นจะใช้วิธีเชิงพันธุกรรมในการค้นหาลำดับงานและเครื่องจักรที่เหมาะสมในการผลิต โดยใช้ขนาดประชากรเท่ากับ 40 และจำนวนรอบสำหรับหาคำตอบเท่ากับ 3 เพื่อสร้างประชากรเริ่มต้น จากนั้นทำการประเมินฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เพื่อกำหนดตัวชี้วัดประสิทธิภาพของกระบวนการจัดตารางการผลิต แล้วจึงคำนวณหาค่า Fitness value โดยใช้ Fitness function และหาค่าความน่าจะเป็นของประชากรเริ่มต้น เพื่อใช้ในการคัดเลือกพ่อพันธุ์แม่พันธุ์และการสร้างประชากรรุ่นใหม่ สำหรับค้นหาลำดับงานและเครื่องจักรในการผลิตที่ทำให้เวลาทำงานรวมของระบบการผลิตต่ำที่สุด พบว่าจำนวนการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในครั้งที่ 1 ทำให้เวลาทำงานรวมเท่ากับ 184,285.80 ครั้งที่ 2 ทำให้เวลาทำงานรวมเท่ากับ 168,108.00 วินาที ครั้งที่ 3 ทำให้เวลาทำงานรวมเท่ากับ 160,840.20 วินาที และครั้งที่ 4 ทำให้เวลาทำงานรวมต่ำที่สุดเท่ากับ 137,082.20 วินาที แสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 จำนวนผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

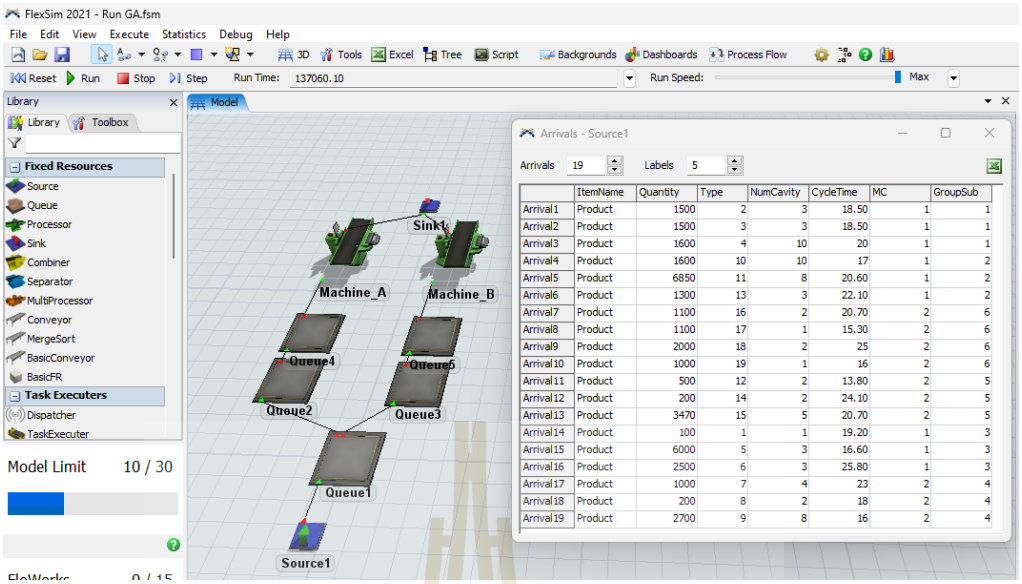
จำนวนผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (ครั้ง)	เวลาทำงานรวมของระบบการผลิต (วินาที)
1	184,285.80
2	168,108.00
3	160,840.20
4	137,082.20

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากตารางที่ 4.6 ในการค้นหาลำดับการผลิตบนเครื่องจักรที่ทำให้เวลาทำงานรวมต่ำที่สุด พบว่าการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในครั้งที่ 1 จะทำให้เวลาทำงานรวมมีค่ามากที่สุด และการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในแต่ละครั้งจะทำให้ค่าผลลัพธ์ของเวลาทำงานลดลงจนกระทั่งการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในครั้งที่ 4 ซึ่งทำให้ผลลัพธ์ของเวลาทำงานรวมมีค่าน้อยที่สุด และทำให้ผลลัพธ์ของเวลาทำงานรวมเหมาะสมที่สุดคือเท่ากับ 137,082.20 วินาที และลำดับกลุ่มงานในการผลิตบนเครื่องจักรที่ทำให้เวลาทำงานรวมต่ำที่สุด คือ กลุ่มงานที่ 2, 3, 4, 10, 11, 13, 1, 5 และ 6 ผลิตบนเครื่องจักร A ตามลำดับ และกลุ่มงานที่ 16, 17, 18, 19, 12, 14, 15, 7, 8 และ 9 ผลิตบนเครื่องจักร B ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.7 และการนำลำดับการผลิตบนเครื่องจักรที่ทำให้เวลาทำงานรวมต่ำที่สุดไปประมวลผลบนโปรแกรม Flexsim พบว่าทำให้เวลาทำงานรวมของระบบการผลิตเท่ากับ 137,060.10 วินาที แสดงดังรูปที่ 4.12

ตารางที่ 4.7 ผลทดลองบนโปรแกรม Microsoft office excel

กลุ่มงานย่อยที่	**ลำดับกลุ่มงานที่สามารถผลิตบนเครื่องจักร**		**เวลาทำงานรวมต่ำที่สุด (วินาที)**	
	เครื่องจักร A	**เครื่องจักร B**	**เครื่องจักร A**	**เครื่องจักร B**
1	2, 3, 4	-	28,900.00	-
2	10, 11, 13	-	40,745.00	-
6	-	16, 17, 18, 19	-	80,015.00
5	-	12, 14, 15	-	31,025.80
3	1, 5, 6	-	67,437.20	-
4	-	7, 8, 9	-	23,758.00
		รวม	137,082.20	134,798.80



รูปที่ 4.12 ผลลัพธ์ที่ได้บนโปรแกรม Flexsim

จากผลการจัดลำดับการผลิตโดยใช้วิธีเชิงพันธุกรรมร่วมกับการจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรม Flexsim 2021 เวอร์ชั่น 21.0.7 สำหรับจัดลำดับงานบนเครื่องจักรเพื่อหาเวลาทำงานรวมต่ำที่สุดได้นำผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่ได้จากการออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตมาเปรียบเทียบกับการจัดลำดับปัจจุบัน พบว่าการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในครั้งที่ 4 ทำให้เวลาทำงานรวมต่ำที่สุดเท่ากับ 137,082.20 วินาที จากการประมวลผลบนโปรแกรม Microsoft office excel และเวลาทำงานรวมของระบบการผลิตเท่ากับ 137,060.10 วินาที จากการประมวลผลบนโปรแกรม Flexsim เป็นเวลาทำงานรวมที่เหมาะสมที่สุด และสามารถลดเวลาทำงานรวมของระบบการจัดลำดับจากปัจจุบันลงได้เท่ากับ 114,130.80 วินาที คิดเป็นร้อยละ 45.44 จากเดิมใช้เวลาทำงานรวมเฉลี่ยเท่ากับ 251,190.90 วินาที

นอกจากนี้การออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตยังส่งผลให้สามารถส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าได้ทันเวลาจำนวน 16 กลุ่มงาน หรือ 27 ตัวอย่างสินค้า และส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าล่าช้าจำนวน 3 กลุ่มงาน หรือ 3 ตัวอย่างสินค้า จากเดิมของการจำลองสถานการณ์กระบวนการจัดลำดับปัจจุบันสามารถส่งมอบสินค้าได้ทันเวลาจำนวน 21 ตัวอย่างสินค้า และส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าล่าช้าจำนวน 9 ตัวอย่างสินค้า และเปอร์เซ็นต์การใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบจากการออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 99.56 จากเดิมการจัดลำดับของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกปัจจุบันเฉลี่ยเท่ากับ 77.38 คิดเป็นร้อยละ 28.66 แสดงดังตารางที่ 4.8 และ 4.9 ซึ่งเปอร์เซ็นต์การใช้

ประโยชน์ของวัตถุดิบจากการออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตคำนวณได้จากการเปรียบเทียบพื้นที่แผ่นพิมพ์ของเครื่องจักรการผลิตกับเปอร์เซ็นต์การใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบของปัจจุบัน

ตารางที่ 4.8 ผลการจำลองการจัดลำดับปัจจุบัน

ชื่อสินค้า	จำนวนวันส่งมอบสินค้า	จำนวนวันที่ผลิตเสร็จ	กำหนดส่งทันเวลา	%Mat
สินค้า 1	4	1	✓	48.29
สินค้า 2	2	1	✓	80.60
สินค้า 3	2	1	✓	80.84
สินค้า 4	7	1	✓	79.41
สินค้า 5	8	2	✓	75.76
สินค้า 6	7	2	✓	128.27
สินค้า 7	9	3	✓	73.33
สินค้า 8	3	3	✗	81.37
สินค้า 9	6	2	✓	71.53
สินค้า 10	6	2	✓	71.53
สินค้า 11	8	3	✓	74.38
สินค้า 12	5	3	✓	73.89
สินค้า 13	7	3	✓	81.55
สินค้า 14	3	4	✗	78.72
สินค้า 15	8	4	✓	74.32
สินค้า 16	9	3	✓	75.58
สินค้า 17	4	5	✗	80.56
สินค้า 18	6	3	✓	71.62
สินค้า 19	7	4	✓	49.20
สินค้า 20	3	4	✗	79.46
สินค้า 21	5	4	✓	80.56
สินค้า 22	10	5	✓	79.44
สินค้า 23	6	6	✗	76.03
สินค้า 24	8	7	✓	71.43

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.8 ผลการจำลองการจัดลำดับปัจจุบัน (ต่อ)

ชื่อสินค้า	จำนวนวันส่งมอบสินค้า	จำนวนวันที่ผลิตเสร็จ	กำหนดส่งทันเวลา	%Mat
สินค้า 25	7	5	✓	71.43
สินค้า 26	2	7	✗	69.70
สินค้า 27	6	9	✗	120.41
สินค้า 28	5	9	✗	63.77
สินค้า 29	9	9	✗	79.23
สินค้า 30	9	5	✓	79.23
ค่าเฉลี่ยรวมเปอร์เซ็นต์การใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบ				77.38

ตารางที่ 4.9 ผลการจำลองการจัดลำดับที่ได้จากการออกแบบขั้นตอนการผลิต

กลุ่มงาน	จำนวนวันส่งมอบสินค้า	จำนวนวันที่ผลิตเสร็จ	กำหนดส่งทันเวลา	%Mat
1	4	1	✓	70.80
2	2	1	✓	80.60
3	2	1	✓	80.84
4	7	2	✓	152.60
5	7	4	✓	77.27
6	4	1	✓	115.75
7	3	2	✓	81.37
8	6	5	✓	112.18
9	8	5	✓	74.38
10	5	2	✓	145.84
11	3	2	✓	143.27
12	7	2	✓	75.56
13	3	3	✗	79.46
14	5	2	✓	128.89
15	6	5	✓	145.80
16	7	6	✓	112.65

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.9 ผลการจำลองการจัดลำดับที่ได้จากการออกแบบขั้นตอนการผลิต (ต่อ)

กลุ่มงาน	จำนวนวันส่งมอบสินค้า	จำนวนวันที่ผลิตเสร็จ	กำหนดส่งทันเวลา	%Mat
17	2	3	✗	69.70
18	6	7	✗	80.89
19	5	3	✓	63.77
ค่าเฉลี่ยรวมของเปอร์เซ็นต์การใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบ				99.56

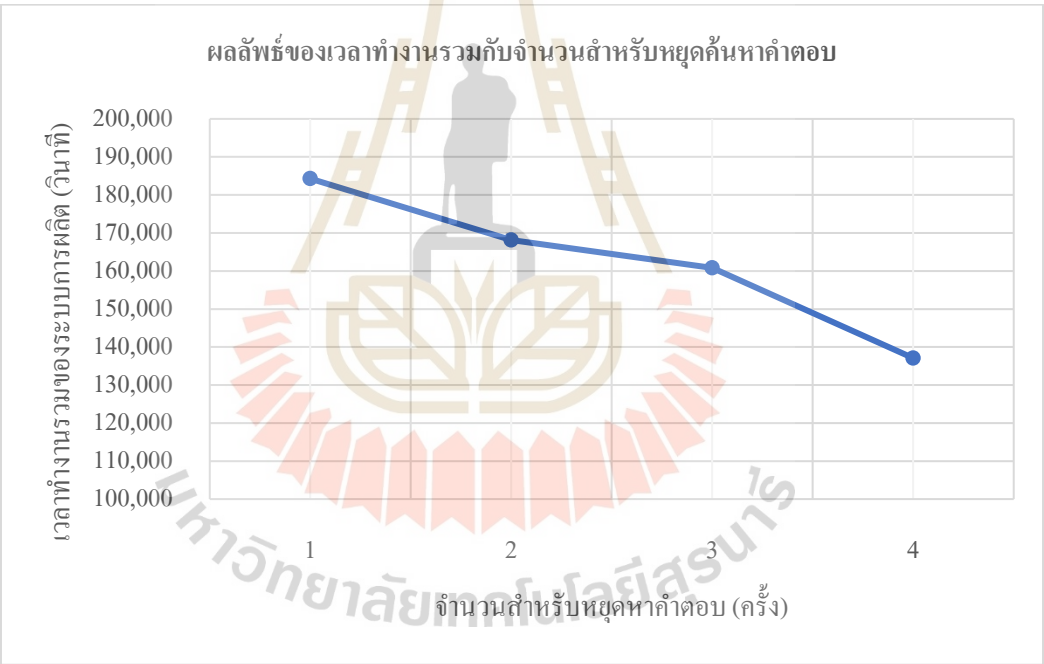
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้นำเทคนิคการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Flexsim ร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม มาใช้ในการจัดลำดับการผลิตบนเครื่องจักรแบบขนานเพื่อหาเวลาทำงานรวมที่เหมาะสมที่สุด จากการศึกษากระบวนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก พบว่าไม่มีการศึกษาวิธีการจัดลำดับการผลิตอย่างเป็นระบบ เนื่องจากในการจัดลำดับการผลิตจะอาศัยประสบการณ์ของพนักงานวางแผนในฝ่ายวางแผนการผลิต รวมทั้งเครื่องมือในการจัดลำดับการผลิตไม่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากไม่สามารถตรวจสอบได้ว่ากระบวนการวางแผนและการจัดลำดับปัจจุบันให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิต 3 ขั้นตอน ดังนี้ ความสามารถในการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์ ความสามารถในการผลิตงานของเครื่องจักร และการจัดลำดับงานเข้าเครื่องจักร เพื่อค้นหาเวลาทำงานรวมที่เหมาะสมในการจัดลำดับการผลิตบนเครื่องจักร โดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ Flexsim ร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับประมวลผลเพื่อหาผลลัพธ์ที่เหมาะสม และทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตกับการจัดลำดับปัจจุบัน ผลจากการทดลองตัวอย่างสินค้า 30 ตัวอย่าง พบว่าสามารถจัดกลุ่มงานเพื่อผลิตบนเครื่องจักรเดียวกันและเวลาเดียวกันหรือความสามารถในการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาจากปัจจัยในกระบวนการผลิตได้ทั้งหมด 19 กลุ่มงาน และทำการจัดลำดับกลุ่มงานทั้งหมด 19 กลุ่มงาน โดยใช้การแบ่งกลุ่มงานตามความสามารถในการผลิตบนเครื่องจักรออกเป็น 6 กลุ่มย่อย กลุ่มย่อยละ 3-4 กลุ่ม เนื่องจากในแต่ละกลุ่มงานมีความสามารถในการผลิตงานได้บางเครื่องจักรเท่านั้น รวมทั้งลำดับของกลุ่มงานในการผลิตบนเครื่องจักรมีผลต่อเวลาทำงานรวมของระบบแตกต่างกัน จากนั้นใช้วิธีเชิงพันธุกรรมที่มีขนาดประชากรเท่ากับ 40 และจำนวนรอบสำหรับหาคำตอบเท่ากับ 3 รอบในการค้นหาเวลาทำงานรวมที่ต่ำที่สุด พบว่าวิธีเชิงพันธุกรรมหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดได้ในครั้งที่ 4 แสดงดังรูปที่ 5.1 และทำให้เวลาทำงานรวมต่ำที่สุดเท่ากับ 137,082.20 วินาที จากการประมวลผลบนโปรแกรม Microsoft office excel และเวลาทำงานรวมของระบบการผลิตเท่ากับ 137,060.10 วินาที จากการประมวลผลบนโปรแกรม Flexsim โดยมีลำดับของกลุ่มงานที่ผลิตบน

เครื่องจักร A ได้แก่ กลุ่มงานที่ 2, 3, 4, 10, 11, 13, 1, 5 และ 6 ตามลำดับ และกลุ่มงานที่ผลิตบนเครื่องจักร B ได้แก่ 16, 17, 18, 19, 12, 14, 15, 7, 8 และ 9 ตามลำดับ เป็นเวลาทำงานรวมต่ำที่สุดและเหมาะสมที่สุด จากเดิมใช้เวลาทำงานรวมเฉลี่ยเท่ากับ 251,190.90 วินาที สามารถลดเวลาทำงานรวมของการจัดลำดับปัจจุบันลงได้เท่ากับ 114,130.80 วินาที คิดเป็นร้อยละ 45.44 และยังส่งผลให้สามารถส่งมอบสินค้าได้ทันเวลาที่กำหนดจำนวน 27 ตัวอย่างสินค้า และส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าล่าช้าจำนวน 3 ตัวอย่างสินค้า จากเดิมของกระบวนการจัดลำดับปัจจุบันสามารถส่งมอบสินค้าได้ทันเวลาจำนวน 21 ตัวอย่างสินค้า และส่งมอบสินค้าล่าช้าจำนวน 9 ตัวอย่างสินค้า รวมถึงเปอร์เซ็นต์การใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบจากการออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 99.56 จากเดิมการจัดลำดับปัจจุบันเฉลี่ยเท่ากับ 77.38 คิดเป็นร้อยละ 28.66



รูปที่ 5.1 ผลลัพธ์ของเวลาทำงานรวมกับจำนวนครั้งในการหยุดหาคำตอบ

5.2 ข้อจำกัดของแบบจำลองสถานการณ์

การประยุกต์ใช้แบบจำลองในกระบวนการจัดลำดับการผลิตร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรมมีข้อจำกัดคือวิธีการทดลองมีความซับซ้อนและยุ่งยากจากการใช้โปรแกรม Flexsim สำหรับจำลองสถานการณ์ร่วมกับโปรแกรม Microsoft office excel สลับวิธีการค้นหาคำตอบ

5.3 ข้อเสนอแนะ

การประยุกต์ใช้แบบจำลองสถานการณ์ร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรมในกระบวนการจัดลำดับการผลิตนี้ถือว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ ซึ่งการศึกษาการสร้างแบบจำลองของกระบวนการจัดลำดับการผลิตร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรมสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการที่คล้ายคลึงกันได้ และข้อเสนอแนะของการประยุกต์ใช้แบบจำลองนี้คือการพัฒนาวิธีการใช้งานโปรแกรม Flexsim ให้สามารถประมวลผลหาคำตอบเพียงโปรแกรมเดียวและประมวลผลหาคำตอบที่มีขนาดใหญ่ได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายการอ้างอิง

ณัฐวุฒิ เหลียวอินทร์. (2560). การจัดตารางการผลิตบนเครื่องจักรขนานที่แตกต่างกันของแผนกบรรจุ: กรณีศึกษาโรงงานผลิตยาแห่งหนึ่ง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ธีรเดช วุฒิพรพันธ์. (2559). วิธีการจัดลำดับและการจัดตารางการผลิต. กรุงเทพฯ: บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน).

ธนวัฒน์ วงศ์เครือ และวรวุฒิ หวังวัชรกุล. (2564). การจัดตารางการผลิตเครื่องจักรขนานในกระบวนการทดสอบวงจรรวม. วารสารวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน. 9(1): 153-162.

นมิดา ศรีผล. (2560). การจัดตารางการผลิตเพื่อปรับปรุงปริมาณงานล่าช้า: กรณีศึกษา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ปารเมศ ชุติมา. (2546). เทคนิคการจัดตารางการดำเนินงาน. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิภพ ลลิตาภรณ์. (2545). ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

พงษ์ธาดา คุรุกิจกำจร. (2556). การเปรียบเทียบการจัดตารางการผลิตเครื่องจักรแบบขนานที่ไม่สัมพันธ์กันโดยใช้โปรแกรมการจัดการผลิตและการใช้แบบจำลองมอบหมายงาน. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วัสพล ธารณา, ฐิติมา ชูกิจรุ่งโรจน์ และมธุรดา วิริยะพงษ์. (2555). การจัดตารางการผลิตของเครื่องพิมพ์บรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษลูกฟูก. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี พ.ศ. 2555.: 339-345.

เศรษฐา เพชรอำไพ และธราธร กูลภัทรนิรันด์. (2554). การประยุกต์วิธีเชิงพันธุกรรมในการจัดตารางการทำงานกรณีสถานีงานเรียงต่อกันเป็นอนุกรม. วารสารบริหารธุรกิจเทคโนโลยีมหานคร. 8(1): 9-20.

สืบพงศ์ แสงอุดร และธีรเดช วุฒิพรพันธ์. (2555). การประยุกต์ใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบผสมเพื่อแก้ไขปัญหาการจัดตารางการผลิตชนิดสายการประกอบแบบไหลเลื่อน. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 22(1): 107-117.

อารดา ไชยโคตร. (2561). การจัดตารางการผลิตเครื่องจักรแบบขนานที่ลำดับงานมีผลต่อเวลาการตั้งเครื่องจักรในกระบวนการขึ้นรูปยางรถยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

อมรพงศ์ สงวนสินธุ์ และจักรวาล คุณะดิลก. (2557). วิธีฮิวริสติกสำหรับลดค่าความแปรปรวนของภาระงานในการจัดสมดุลสายงานการประกอบรูปทรงตัวยู. วารสารการวิจัยดำเนินงาน. 2(2): 11-21.

Cuixia Miao and Juan Zou. (2015). Parallel-machine scheduling with time-dependent and machine availability constraints. Research Article Mathematical Problems in Engineering.: 1-6.

Gabriella Caputo, Mose Gallo and Guido Guizzi. (2009). Optimization of production plan through simulation techniques. Wseas Transactions on Information Science and Applications.: 352-362.

Howe C. Cheng and David Y.K. Chan. (2011). Simulation optimization of part input sequence in a flexible manufacturing system. Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference.: 2374-2382.

Kenneth R. Baker and Dan Trietsch. (1974). Principles of sequencing and scheduling. New Jersey: John Wiley & Sons.

Matheus N. Haddad, Luciano P. Cota, Marcone J.F. Souza and Nelson Maculan. (2015). Solving the unrelated parallel machine scheduling problem with setup times by efficient algorithms based on iterated local search. Enterprise Information Systems.: 131-148.

Na Wang, Yaping Fu and Hongfeng Wang. (2019). A meta-heuristic algorithm for integrated optimization of dynamic resource allocation planning and production scheduling in parallel machine system. Metaheuristics and Soft Computing in Mechanical Engineering. 11 (12): 1–10.

Savas Balin. (2011). Non-identical parallel machine scheduling using genetic algorithm. Expert Systems with Applications. 38(6): 6814-6821.

ภาคผนวก ก

วิธีคำนวณพื้นที่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก.1 คำนวณพื้นที่แม่พิมพ์

ชื่อสินค้า	จำนวน Cavity [1]	ความกว้างของแม่พิมพ์ (มม.) [2]	ความยาวของแม่พิมพ์ (มม.) [3]	พื้นที่แม่พิมพ์ (ตร.มม.) [1]x[2]x[3]
สินค้า 1	1	325	450	146,250
สินค้า 2	3	325	450	438,750
สินค้า 3	3	325	450	438,750
สินค้า 4	2	265	295	156,350
สินค้า 5	2	265	295	156,350
สินค้า 6	3	265	295	234,525
สินค้า 7	1	265	295	78,175
สินค้า 8	4	265	415	439,900
สินค้า 9	1	265	295	78,175
สินค้า 10	1	265	295	78,175
สินค้า 11	6	265	295	469,050
สินค้า 12	4	265	295	312,700
สินค้า 13	6	265	295	469,050
สินค้า 14	6	265	295	469,050
สินค้า 15	4	265	295	312,700
สินค้า 16	2	265	295	156,350
สินค้า 17	2	265	295	156,350
สินค้า 18	2	265	295	156,350
สินค้า 19	2	265	415	219,950
สินค้า 20	3	325	450	438,750
สินค้า 21	1	265	295	78,175
สินค้า 22	1	265	295	78,175
สินค้า 23	3	265	295	234,525
สินค้า 24	1	265	295	78,175
สินค้า 25	1	265	295	78,175
สินค้า 26	1	265	295	78,175

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก.1 คำนวณพื้นที่แม่พิมพ์ (ต่อ)

ชื่อสินค้า	จำนวน Cavity [1]	ความกว้างของแม่พิมพ์ (มม.) [2]	ความยาวของแม่พิมพ์ (มม.) [3]	พื้นที่แม่พิมพ์ (ตร.มม.) [1]x[2]x[3]
สินค้า 27	2	265	415	219,950
สินค้า 28	1	265	295	78,175
สินค้า 29	1	265	295	78,175
สินค้า 30	1	265	295	78,175

ตารางที่ ก.2 คำนวณพื้นที่แผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร

ชนิดสินค้า	ความกว้างของวัตถุดิบ (มม.) [1]	พื้นที่แผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร (ตร.มม.)	
		เครื่องจักร A [1] x 1300 มม.	เครื่องจักร B [1] x 1000 มม.
สินค้า 1	410	533,000	410,000
สินค้า 2	370	481,000	370,000
สินค้า 3	370	481,000	370,000
สินค้า 4	430	559,000	430,000
สินค้า 5	550	715,000	550,000
สินค้า 6	430	559,000	430,000
สินค้า 7	370	481,000	370,000
สินค้า 8	610	793,000	610,000
สินค้า 9	500	650,000	500,000
สินค้า 10	500	650,000	500,000
สินค้า 11	450	585,000	450,000
สินค้า 12	430	559,000	430,000
สินค้า 13	650	845,000	650,000
สินค้า 14	530	689,000	530,000
สินค้า 15	500	650,000	500,000
สินค้า 16	650	845,000	650,000
สินค้า 17	650	845,000	650,000

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก.2 คำนวณพื้นที่แผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร (ต่อ)

ชนิดสินค้า	ความกว้างของวัตถุดิบ (มม.) [1]	พื้นที่แผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร (ตร.มม.)	
		เครื่องจักร A [1] x 1300 มม.	เครื่องจักร B [1] x 1000 มม.
สินค้า 18	370	481,000	370,000
สินค้า 19	500	650,000	500,000
สินค้า 20	410	533,000	410,000
สินค้า 21	430	559,000	430,000
สินค้า 22	430	559,000	430,000
สินค้า 23	450	585,000	450,000
สินค้า 24	450	585,000	450,000
สินค้า 25	450	585,000	450,000
สินค้า 26	400	520,000	400,000
สินค้า 27	570	741,000	570,000
สินค้า 28	370	481,000	370,000
สินค้า 29	430	559,000	430,000
สินค้า 30	430	559,000	430,000

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ข

คำสั่งของโค้ด VBA ในการจัดลำดับ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ส่วนที่ 1 ประกาศตัวแปรและขนาดของประชากร

รูปที่ ข.1 การประกาศตัวแปร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ส่วนที่ 2 สร้างประชากรเริ่มต้น โดยการสุ่มค่าตัวเลขตั้งแต่ 1-100 ในแต่ละกลุ่มงานย่อย

```
Public Sub GA()
    Dim p, j, iter As Integer
    ObjBest = 999999
    IProve = 0
    Math.Randomize
    For p = 1 To POPULATION
        For j = 1 To JOB
            Gen(p, j) = Math.Rnd * 99 + 1
            Sheets("Data").Cells(p + 1, j).Value = Gen(p, j)
        Next j
        Call FindOBJ(p)
    Next p
    For iter = 1 To ITERATION
        Call FindBest
        Call FitnessValue
        Call CalProb
        Call Crossover
        Call NextGen
        For p = 1 To POPULATION
            Call FindOBJ(p)
        Next p
    Next iter
    Call Report
End Sub
```

รูปที่ ข.2 สร้างประชากรเริ่มต้น

สำนักวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ส่วนที่ 3 กำหนดและการประเมินค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์

```
Public Sub FindOBJ(ByVal p As Integer)
    Dim SortJob(JOB), ValueJob(JOB) As Integer
    Dim j As Integer
    For j = 1 To JOB
        ValueJob(j) = Gen(p, j)
    Next j
    Dim m As Integer
    Dim max As Single
    Dim Index As Integer
    For m = 1 To JOB
        max = -9999
        Index = -9999
        For j = 1 To JOB
            If max < ValueJob(j) Then
                max = ValueJob(j)
                Index = j
            End If
        Next j
        SortJob(m) = Index
        ValueJob(Index) = -9999
    Next m
    For m = 1 To JOB
        Sheets("Problem").Cells(m + 1, 1).Value = SortJob(m)
    Next m
    Obj(p) = Sheets("Problem").Cells(8, 6).Value
    Sheets("Data").Cells(p + 1, 7).Value = Obj(p)
End Sub
```

รูปที่ ข.3 การกำหนดและการประเมินค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ส่วนที่ 4 คำนวณหาค่า Fitness value และค่าความน่าจะเป็น (Probability) ของประชากร

```
Private Sub FitnessValue()
   Dim p As Integer
   For p = 1 To POPULATION
      fVal(p) = 10000000 / Obj(p)
      Sheets("Data").Cells(p + 1, JOB + 2).Value = fVal(p)
   Next p
End Sub
```

รูปที่ ข.4 คำนวณหาค่า Fitness value

```
Private Sub CalProb()
   Dim p As Integer
   Dim oumm As Single
   Dim Total As Single
   For p = 1 To POPULATION
      Total = Total + fVal(p)
   Next p
   For p = 1 To POPULATION
      Prob(p) = fVal(p) / Total
      oumm = oumm + Prob(p)
      CummProb(p) = oumm
      Sheets("Data").Cells(p + 1, JOB + 3).Value = Prob(p)
      Sheets("Data").Cells(p + 1, JOB + 4).Value = CummProb(p)
   Next p
End Sub
```

รูปที่ ข.5 การคำนวณหาค่าความน่าจะเป็น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ส่วนที่ 5 การคัดเลือก โดยใช้วิธีวงล้อรูเล็ตต์ (Roulette wheel)

```
Private Function Selection() As Integer
    Dim r As Single
    Dim p As Integer
    Math.Randomize
    r = Math.Rnd
    p = 0
    Do
        p = p + 1
    Loop Until r <= CummProb(p) Or p = POPULATION
    Selection = p
End Function
```

รูปที่ ข.6 การคัดเลือก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ส่วนที่ 6 การสร้างประชากรรุ่นใหม่ โดยใช้วิธีการข้ามสายพันธุ์ (Crossover)

```
Private Sub Crossover()
   Dim cross, t, w, j, par1, par2 As Integer
   Math.Randomize
   For t = 1 To POPULATION Step 2
      cross = CInt(2 + Math.Rnd * (JOB - 2 - 2))
      par1 = Selection
      par2 = Selection
      w = w + 1
      Sheets("Data2").Cells(w, 1).Value = cross
      Sheets("Data2").Cells(w, 2).Value = par1
      Sheets("Data2").Cells(w, 3).Value = par2
      For j = 1 To cross
         Offsprings(t, j) = Gen(par1, j)
         Offsprings(t + 1, j) = Gen(par2, j)
      Next j
      For j = cross + 1 To JOB
         Offsprings(t, j) = Gen(par2, j)
         Offsprings(t + 1, j) = Gen(par1, j)
      Next j
      w = w + 1
      For j = 1 To JOB
         Sheets("Data2").Cells(w, j).Value = Offsprings(t, j)
      Next j
      w = w + 1
      For j = 1 To JOB
         Sheets("Data2").Cells(w, j).Value = Offsprings(t + 1, j)
      Next j
   Next t
End Sub
```

รูปที่ ข.7 วิธีการข้ามสายพันธุ์ (Crossover)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ส่วนที่ 7 การหาผลลัพธ์ของลำดับงานที่เหมาะสมที่สุด

```
Private Sub FindBest()
    Dim p, j As Integer
    For p = 1 To POPULATION
        If ObjBest > Obj(p) Then
            IProve = IProve + 1
            ObjBest = Obj(p)
            For j = 1 To JOB
                Best(j) = Gen(p, j)
            Next j
            Sheets("Data3").Cells(IProve, 1).Value = IProve
            Sheets("Data3").Cells(IProve, 2).Value = ObjBest
        End If
    Next p
End Sub
```

รูปที่ ข.8 การหาผลลัพธ์ของลำดับงานที่เหมาะสมที่สุด

```
Private Sub NextGen()
    Dim p, j As Integer
    For p = 1 To POPULATION
        For j = 1 To JOB
            Gen(p, j) = Offsprings(p, j)
        Next j
    Next p
End Sub
```

รูปที่ ข.9 การหาประชากรรุ่นใหม่

ส่วนที่ 8 การแสดงผลลัพธ์ของเวลาทำงานรวมที่ดีที่สุดและเก็บค่าที่ดีที่สุดในการค้นหาคำตอบ

```
Private Sub Report()
    Dim SortJob(JOB), ValueJob(JOB) As Integer
    Dim j As Integer
    For j = 1 To JOB
        ValueJob(j) = Best(j)
    Next j
    Dim m, Index As Integer
    Dim max As Single
    For m = 1 To JOB
        max = -9999
        Index = -9999
        For j = 1 To JOB
            If max < ValueJob(j) Then
                max = ValueJob(j)
                Index = j
            End If
        Next j
        SortJob(m) = Index
        ValueJob(Index) = -9999
    Next m
    For m = 1 To JOB
        Sheets("Problem").Cells(m + 1, 1).Value = SortJob(m)
    Next m
End Sub
```

รูปที่ ข.10 การแสดงผลลัพธ์ที่ได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ค

บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารและการประชุมวิชาการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อบทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

จิรัสยา ปาณะศรี และนรา สมัตถภาพงศ์. (2566). การจัดตารางการผลิตสำหรับเครื่องจักรแบบขนานด้วยเทคนิคจำลองสถานการณ์: กรณีศึกษาโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก. วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม ปีที่ 16 ฉบับที่ 3 ประจำเดือนกรกฎาคม-กันยายน 2566 หน้าที่ 178-190.

วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม ปีที่ 16 ฉบับที่ 3 ประจำเดือน กรกฎาคม - กันยายน 2566 178

วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม
Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

การจัดตารางการผลิตสำหรับเครื่องจักรแบบขนานด้วยเทคนิคจำลองสถานการณ์: กรณีศึกษาโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก

Production scheduling for parallel machines using simulation techniques: case study of plastic packaging factory

จิรัสยา ปาณะศรี* นรา สมัตถภาพงศ์

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

Jiratsaya Panasri[1]* Nara Samattapapong[2]

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima 30000

* Corresponding author.

E-mail: jiratsaya.panasri@hotmail.com; Telephone: 06 3765 8524

วันที่รับบทความ 14 กุมภาพันธ์ 2565; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 24 พฤษภาคม 2565; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 2 7 กันยายน 2565
วันที่ตอบรับบทความ 4 ตุลาคม 2565

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการจัดตารางการผลิตสำหรับเครื่องจักรแบบขนานด้วยเทคนิคจำลองสถานการณ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดลำดับงานเข้าเครื่องจักรให้เหมาะสมที่สุดและเพื่อใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบให้คุ้มค่ามากที่สุด รวมถึงส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้ทันเวลาที่ลูกค้ากำหนดและทำให้เวลาทำงานรวมต่ำที่สุด (Makespan) จากการศึกษาและเก็บข้อมูลกระบวนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก พบว่าประสบปัญหาในการตัดสินใจมอบหมายงานให้กับเครื่องจักร เนื่องจากไม่มีการศึกษาการจัดลำดับการผลิตอย่างเป็นระบบ โดยการจัดลำดับการผลิตจะอาศัยประสบการณ์ของผู้วางแผนในฝ่ายวางแผนการผลิตและเครื่องมือในการจัดตารางการผลิตไม่สามารถตรวจสอบได้ว่าการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด ผู้วิจัยจึงได้นำเทคนิคจำลองสถานการณ์มาใช้เพื่อสร้างทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมดและค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกระบวนการจัดลำดับการผลิตบนเครื่องจักร ผลจากการจำลองสถานการณ์พบว่าการจัดลำดับการผลิตโดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์สามารถสร้างทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมด 40 ทางเลือก และทางเลือกที่ให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดใช้เวลาทำงานรวมเท่ากับ 96,018.01 วินาที จากเวลาทำงานรวมของการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันเท่ากับ 208,850 วินาที โดยสามารถลดเวลาทำงานรวมได้เท่ากับ 112,831.99 วินาที คิดเป็นร้อยละ 54.03

คำสำคัญ

การจัดลำดับการผลิต เครื่องจักรแบบขนาน เวลาทำงานรวม เทคนิคจำลองสถานการณ์ โรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก

Abstract

The purpose of this study is to use simulation techniques to examine the production scheduling process for parallel machines. This examination focuses on improving the work sequence in the machine and making the most cost-effective use of raw materials, as well as delivering goods on time to customers and reducing total uptime (Makespan). After examining and collecting data on the planning and sequencing operations of the plastic packaging factory, it was discovered that there was a problem in determining how to assign work to the machines due to a lack of systematic analysis of production scheduling. In addition, the sequence is based on the planner's experience in the production planning department, so scheduling systems and tools can't tell if the current sequence is the best one. The researchers

then used simulation techniques to create all possible alternatives and identify the best solution for the sequencing process on the machine. The simulation results showed that sequencing using simulation techniques can create a total of 40 possible alternatives. In addition, 96,018.01 seconds is the most ideal total uptime, compared to the 208,850 seconds that the current production sequence worked for. This reduces the total uptime to 112,831.99 seconds by 54%.

Keywords

production sequencing, parallel machine, makespan, simulation technique, plastic packaging factory

1. คำนำ

ในการดำเนินธุรกิจ อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติกเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจไทย เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับระบบเศรษฐกิจของประเทศปีละหลายแสนล้านบาท จากสถิติของศูนย์วิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติกในปี 2563 ประเทศไทยมีมูลค่าจากอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกเพื่อใช้งานภายในประเทศกว่า 8.4 แสนล้านบาท และมีอัตราการเติบโตจากปีที่ผ่านมาร้อยละ 0.9 อีกทั้งอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์พลาสติกซึ่งเป็นอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกหลักของประเทศยังสร้างมูลค่าได้มากกว่า 2 แสนล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 24.3 ของมูลค่ารวม และมีอัตราการเติบโตร้อยละ 4.5 เมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา ซึ่งคาดการณ์ว่าส่งผลมาจากการแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 ที่ส่งผลให้พฤติกรรมของผู้บริโภคได้เปลี่ยนแปลงไป โดยผู้บริโภคได้ให้ความสำคัญกับสุขภาพและสุขอนามัยมากขึ้น [1] นอกจากนี้สภาวะการแข่งขันของธุรกิจอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติกที่เกิดขึ้นในปัจจุบันมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น การดำเนินธุรกิจเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าจึงต้องมีการปรับกลยุทธ์ให้เข้ากับสภาวะที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน เพื่อความอยู่รอดในการดำเนินธุรกิจและเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน โดยมีปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบในการผลิตและการดำเนินธุรกิจ ได้แก่ การส่งมอบสินค้าในเวลาที่กำหนด ทรัพยากร และวัตถุดิบ เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะทำให้การดำเนินธุรกิจบรรลุเป้าหมายสูงสุด กระบวนการวางแผนการผลิตและการจัดตารางการผลิตจึงเป็นเครื่องมือที่มีบทบาทสำคัญในการบริหารจัดการปัจจัยการผลิตต่าง ๆ และเพิ่มความสามารถในการตอบสนองต่อสภาวะการแข่งขันในการดำเนินธุรกิจ

งานวิจัยมุ่งเน้นการศึกษาไปที่โรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่มีการผลิตสินค้าตามอุปสงค์ของลูกค้าเป็นหลัก โดยผลิตสินค้าที่มีความหลากหลายทั้งรูปแบบและปริมาณในช่วงเวลาการผลิตหนึ่ง ๆ ภายใต้สายการผลิตเดียวกัน นอกจากนี้รูปแบบการทำงานของเครื่องจักรการผลิตพบว่าเป็นเครื่องจักรแบบขนานที่มีกำลังการผลิตแตกต่างกัน ปัจจุบันทางโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาประสบปัญหาในกระบวนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตพบว่าไม่ศึกษาวิธีการจัดลำดับการผลิตอย่างเป็นระบบ โดยการจัดลำดับการผลิตขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของพนักงานวางแผนในฝ่ายวางแผนการผลิตตัดสินใจมอบหมายงานให้กับเครื่องจักรตามวันส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าเป็นหลัก และมีการแทรกตารางการผลิตเมื่อมีงานด่วนเข้ามากระทันหัน เพื่อผลิตสินค้าให้ทันกำหนดส่งมอบสินค้าเป็นสำคัญ จึงส่งผลให้การใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบปัจจุบันต่ำกว่าเป้าหมายขององค์กร นอกจากนี้เครื่องมือการจัดตารางการผลิตปัจจุบันจากโปรแกรม Microsoft Office Excel ไม่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากไม่สามารถตรวจสอบได้ว่ากระบวนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้จัดทำขึ้นเพื่อจัดตารางการผลิตบนเครื่องจักรแบบขนานด้วยเทคนิคการจำลองสถานการณ์ โดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ Flexsim [2] ในการหาทางเลือกของการจัดลำดับงานที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากโปรแกรม Flexsim มีเครื่องมือที่ช่วยในการหาทางเลือกที่เหมาะสมให้กับการจัดลำดับการผลิตบนเครื่องจักรตามเงื่อนไขและข้อจำกัดของการปฏิบัติจริงได้ โดยไม่เกิดความเสียหายกับระบบการทำงานจริง เพื่อให้เห็นการทำงานที่จะเกิดขึ้นและสามารถปรับเปลี่ยนทางเลือกให้เหมาะสมที่สุดสำหรับการจัดลำดับการผลิต เพื่อให้สามารถส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าได้ทันเวลาและใช้เวลาทำงานรวมต่ำที่สุด

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การจัดตารางการผลิตเป็นกระบวนการตัดสินใจเพื่อมอบหมายงานให้กับทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดไม่ว่าจะเป็น คน เครื่องจักร อุปกรณ์ รวมถึงเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน [3] และเป็นกระบวนการที่มีลักษณะแตกต่างกันตามข้อจำกัดและเงื่อนไขของกระบวนการผลิต ทำให้ระบบการจัดตารางการผลิตมีหลากหลายรูปแบบและมีความซับซ้อนมาก [4] ดังนั้นองค์กรธุรกิจจำเป็นต้องหาเทคนิคและวิธีการต่าง ๆ เพื่อทำให้องค์กรธุรกิจสามารถบรรลุเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ [5] งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรแบบขนานที่มีลักษณะการทำงานและรูปแบบในการทำงานที่เหมือนกันแต่อัตราการผลิตของเครื่องจักรแตกต่างกัน [6] โดยใช้การจำลองสถานการณ์ทางคอมพิวเตอร์ที่เป็นกระบวนการเลียนแบบพฤติกรรมหรือการดำเนินงานของระบบการทำงานต่าง ๆ เช่น ระบบการผลิตในอุตสาหกรรม การบริการ ระบบขนส่ง เป็นต้น [7] เพื่อวิเคราะห์การดำเนินงานปัจจุบันและหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขเพื่อหาวิธีการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพที่สุด โดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบกับการดำเนินงานจริง [8]

การจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรแบบขนานเป็นปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีตัวแปรของจำนวนงาน เวลาในการผลิต และกำหนดส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าที่แตกต่างกัน [9] รวมถึงข้อจำกัดของเครื่องจักรในการผลิตที่มีอยู่อย่างจำกัด โดยความสามารถของเครื่องจักรในการผลิตที่มีอยู่อาจมีประสิทธิภาพในการทำงานเท่ากันหรือแตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับอายุการใช้งานหรือเทคโนโลยีของเครื่องจักร [10] หากเครื่องจักรแบบขนานที่ใช้ในการผลิตมีประสิทธิภาพที่แตกต่างกันจะส่งผลให้เวลาในการทำงานแล้วเสร็จแตกต่างกัน จึงอาจส่งผลให้ผลิตสินค้าไม่ทันต่อความต้องการของลูกค้าได้ ดังนั้นการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรแบบขนานจำเป็นต้องมีเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพและจัดการอย่างเป็นระบบ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้ทันเวลา

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Caputo et al. [11] ได้นำแบบจำลองสถานการณ์มาช่วยในการจัดตารางการผลิต โดยใช้เครื่องมือ OptQuest for Arena ในซอฟต์แวร์ Arena สำหรับวิเคราะห์หาลำดับที่เป็นไปได้ในกระบวนการผลิต ซึ่งขั้นตอนในการดำเนินงานเริ่มต้นจากการจัดสรรทรัพยากรให้กับสถานีงาน ต่าง ๆ โดยเขียนคำสั่งให้ข้อมูลการผลิตประมวลผลตามโค้ด VBA ที่อยู่ในฐานข้อมูล แล้วนำข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลมาทำการจำลองกระบวนการผลิตเพื่อหาลำดับการผลิตที่ทำให้ต้นทุนต่ำที่สุด จากการศึกษาพบว่าซอฟต์แวร์ Arena สามารถวิเคราะห์หาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดของแบบจำลองการจัดตารางการผลิตได้

Cheng and Chan [12] ได้นำแบบจำลองสถานการณ์มาช่วยในการวางแผนการผลิตเพื่อหาเวลาทำงานรวมต่ำที่สุด โดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ Flexsim โดยเริ่มต้นจากการนำข้อมูลการผลิตจากสเปรดชีตในโปรแกรม Microsoft Office Excel มาประมวลผลลงในแบบจำลองสถานการณ์ Flexsim โดยการจัดกลุ่มข้อมูลทั้งหมดที่เป็นไปได้ และจัดเรียงกลุ่มข้อมูลที่ให้ค่า Slack time สูงสุดเข้าผลิตก่อน จากการจำลองสถานการณ์พบว่าการจัดลำดับการผลิตที่เหมาะสมทำให้ค่า Slack time ลดลง แต่ส่งผลให้ใช้เวลาในการประมวลผลแบบจำลองเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมนาน

วัสพล ธารณา และคณะ [13] ได้พัฒนาวิธีการจัดตารางการผลิตเพื่อทำให้เวลาในการทำงานรวมต่ำที่สุด โดยใช้วิธีการแก้ปัญหาทั้งหมด 2 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การจัดกลุ่มงาน ซึ่งประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อมอบหมายงานเข้าเครื่องจักรให้เหมาะสมที่สุด และ 2) การจัดลำดับงานที่ประยุกต์ใช้เทคนิคฮิวริสติกส์ โดยพิจารณาจากวันกำหนดส่งเร็วที่สุดและการทำงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน จากการศึกษาพบว่าวิธีการจัดตารางผลิตดังกล่าวสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดตารางการผลิต ร้อยละ 7.83 ของการจัดตารางการผลิตแบบเดิม

บุริม นิลแป้น และพงษ์ชัย จิตตะมัย [14] ได้นำเสนอการวางแผนการขนส่งอ้อยโดยการกำหนดลำดับการทำงานของรถตัดอ้อย โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรง (Linear Programming) และหลักการของปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะในการคำนวณเปรียบเทียบกับการดำเนินงานปัจจุบัน ผลจากการศึกษาพบว่าสามารถลดจำนวนรถบรรทุกในการใช้งานลงได้ระหว่างร้อยละ 9-42 และระยะทางในการเดินทางรวมของรถ

ตัดอ้อยลดลงในช่วงระหว่างร้อยละ 2-27 รวมถึงต้นทุนในการวางแผนลดลงได้ประมาณร้อยละ 3-5

ณัฐวุฒิ เหลียวอินทร์ [15] ได้นำเสนอวิธีการจัดตารางการผลิตเพื่อหาเวลาปิดงานของระบบที่สั้นที่สุด โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ Mixed Integer Linear Programming ส่งให้เซิฟเวอร์ NEOS ช่วยประมวลผลและคำนวณหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด แต่ในการประมวลผลข้อมูลพบว่าข้อมูลมีขนาดใหญ่และตัวแปรมีจำนวนมาก จึงได้นำโปรแกรม CPLEX ซึ่งมีขนาดของเซิฟเวอร์ที่ใหญ่กว่ามาช่วยในการคำนวณ จากการศึกษาพบว่าวิธีการจัดตารางการผลิตโดยใช้โปรแกรม CPLEX บนเซิฟเวอร์ NEOS สามารถลดเวลาปิดงานของระบบได้ดีกว่าการจัดตารางการผลิตแบบเดิมร้อยละ 17.49 อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ได้ศึกษาเฉพาะการลดเวลาปิดงานของระบบ แต่ไม่ได้พิจารณาถึงต้นทุนในการผลิตด้านอื่น ๆ

อารดา ไชยโคตร [16] ได้นำเสนอวิธีการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรสำหรับขึ้นรูปยางรถยนต์ เพื่อลดต้นทุนรวมจากค่าแรงงานและค่าไฟฟ้าในการเดินเครื่องจักร โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ Mixed Integer Linear Programming สำหรับแก้ปัญหา โดยใช้ซอฟต์แวร์ OpenSolver ด้วยโปรแกรมประมวลผล Gurobi 7.5.2 มาใช้ในการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสม ซึ่งกระบวนการผลิตมีข้อจำกัดของเครื่องจักรบางเครื่องไม่สามารถผลิตงานบางขนาดได้และลำดับในการผลิตงานมีผลต่อเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร จากการศึกษาพบว่าสามารถลดต้นทุนรวมได้ 328,848 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 13.3

ธนวัฒน์ วงศ์เครือ และวรวุฒิ หวังวัชรกุล [17] ได้นำเสนอวิธีการจัดตารางการผลิตเพื่อปรับลดจำนวนเครื่องจักรที่ใช้งานให้เหมาะสมและเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของอัตราการใช้เครื่องจักร รวมถึงลดต้นทุนรวมของระบบการผลิต โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมและใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกส์ผสมผสาน จากการศึกษาพบว่าการจัดตารางการผลิตโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธีการจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกส์ผสมผสาน และวิธีการจัดตารางการผลิตแบบปัจจุบัน โดยสามารถลดต้นทุนโดยรวมของระบบร้อยละ 13.43 เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการปัจจุบัน

ตารางที่ 1 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชื่อผู้วิจัย	วัตถุประสงค์	เครื่องมือที่ใช้
Caputo, Gallo and Guizzi	การหาลำดับการผลิตที่ทำให้ต้นทุนต่ำที่สุด	ซอฟต์แวร์ Arena
Cheng and Chan	การจัดลำดับโดยพิจารณาจาก Slack time เพื่อหาเวลาทำงานรวมต่ำที่สุด	โปรแกรม Microsoft office excel และโปรแกรม Flexsim
วัสพล ธารณา, ฐิติมา ชูกิจ รุ่งโรจน์ และมธุรดา วิริยะพงษ์	จัดลำดับโดยพิจารณาจากกำหนดส่งมอบสินค้าเร็วที่สุดและเวลาทำงานน้อยที่สุด เพื่อหาเวลาทำงานรวมต่ำที่สุด	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และเทคนิคฮิวริสติกส์
บุริม นิลแป้น และพงษ์ชัย จิตตะมัย	เพื่อลดระยะทางในการเดินทางรวม และต้นทุนในการวางแผน	โปรแกรมเชิงเส้นตรง และหลักการของการจัดเส้นทาง
ณัฐวุฒิ เหลียวอินทร์	เพื่อหาเวลาปิดงานของระบบที่สั้นที่สุด	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และโปรแกรม CPLEX
อารดา ไชยโคตร	เพื่อลดต้นทุนรวมจากค่าแรงงาน และค่าไฟฟ้าในการเดินเครื่องจักร	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และโปรแกรม Gurobi
ธนวัฒน์ วงศ์เครือ และวรวุฒิ หวังวัชรกุล	เพื่อลดจำนวนเครื่องจักร เพิ่มประสิทธิภาพการใช้เครื่องจักร และลดต้นทุนรวมของระบบ	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และเทคนิคฮิวริสติกส์ผสมผสาน
จิรัสยา ปาณะศรี และนรา สมัคภาพงศ์	จัดลำดับโดยพิจารณาจากความสามารถในการขึ้นรูปและเครื่องจักร รวมถึงลำดับงาน เพื่อหาเวลาทำงานรวมต่ำที่สุด	โปรแกรม Microsoft office excel และโปรแกรม Flexsim

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่าปัญหาการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรแบบขนานเป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีการคิดค้นวิธีการสำหรับหาเวลาการทำงานรวมที่น้อยที่สุดและหาคำตอบที่เหมาะสมแสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งมีการนำเทคนิคการจำลองสถานการณ์โดยใช้ระบบทางคอมพิวเตอร์มาช่วยแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตและหาทางเลือกที่เหมาะสมในกระบวนการผลิต แต่การศึกษาโดยใช้โปรแกรม Microsoft Office Excel ประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรม Flexsim เพื่อหาลำดับการผลิตที่เหมาะสมที่สุดของเครื่องจักรแบบขนาน โดยพิจารณาจากเงื่อนไขการผลิตของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกพบว่ายังไม่มีการศึกษามาก่อน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำเทคนิคการจำลองสถานการณ์ Flexsim มาประยุกต์ใช้กับการจัดตาราง

การผลิตของเครื่องจักรแบบขนาน โดยพิจารณาจากการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์ ความสามารถในการผลิตงานของเครื่องจักร และสร้างแบบจำลองให้หาลำดับการผลิตบนเครื่องจักร ภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานเริ่มจากการศึกษากระบวนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก จากนั้นวิเคราะห์ลักษณะการทำงานในปัจจุบันและรวบรวมข้อมูลในกระบวนการจัดลำดับการผลิต ผลจากการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวจะนำไปสร้างแบบจำลองการจัดลำดับการผลิตปัจจุบัน จากนั้นทำการตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง แล้วทำการออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตโดยพิจารณาจากปัจจัยในกระบวนการผลิต เพื่อสร้างแบบจำลองสำหรับค้นหาลำดับการผลิตที่เหมาะสม และผลที่ได้จากการทดลองจะนำมาวิเคราะห์และสรุปผล ขั้นตอนการดำเนินงานแสดงดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกของกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่ขึ้นรูปด้วยสุญญากาศจะทำการผลิตสินค้าตามอุปสงค์ของลูกค้าเป็นหลัก ซึ่งสินค้าที่ผลิตมีความหลากหลายทั้งรูปแบบและปริมาณทำให้กระบวนการผลิตมีความซับซ้อน ปัจจุบันกระบวนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตจะอาศัยประสบการณ์ของพนักงานวางแผนในฝ่ายวางแผนการผลิต ซึ่งจะพิจารณาผลิตสินค้าตามกำหนดส่งมอบของลูกค้าเป็นหลัก เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าให้ได้ทันเวลาและสร้างความเชื่อมั่นให้กับลูกค้าต่อองค์กร นอกจากนี้เครื่องจักรที่ใช้ในการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยสุญญากาศมีจำนวน 2 เครื่อง ที่มีรูปแบบการทำงานที่เหมือนกันแต่อัตราการผลิตแตกต่างกัน โดยมีขั้นตอนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาดังต่อไปนี้

1) รับคำสั่งซื้อมาจากลูกค้า

2) ค้นหาข้อมูลและบันทึกจำนวนการผลิตใน Master List บนโปรแกรม Microsoft Office Excel

3) จัดลำดับการผลิต โดยพิจารณาจากกำหนดส่งมอบสินค้า และขนาดของแม่พิมพ์ที่ใกล้เคียงกัน

4) ตรวจสอบวัสดุในการผลิต

5) บันทึกแผนการจัดลำดับการผลิต

หมายเหตุ: ถ้ามีงานเร่งด่วนพนักงานวางแผนจะทำการแทรกแผนการผลิต เพื่อผลิตสินค้าให้ทันกำหนดของลูกค้า

3.2 รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์กระบวนการจัดลำดับ

การรวบรวมข้อมูลกระบวนการจัดลำดับการผลิตเริ่มจากการประชุมกับโรงงานกรณีศึกษา จากนั้นสอบถามขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตและปัจจัยการผลิตที่นำมาพิจารณาในกระบวนการผลิต รวมถึงข้อจำกัดของเครื่องจักรในการผลิตสินค้า นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้สอบถามตัวอย่างสินค้าที่ผลิตให้กับลูกค้าเพื่อใช้เป็นตัวอย่างในการวิจัย ซึ่งตัวอย่างสินค้าที่ใช้ในการทดลองมีทั้งหมด 8 ตัวอย่าง ที่มีความสามารถในการผลิตบนเครื่องจักรที่แตกต่างกัน จากสินค้าทั้งหมด 1145 ชนิด ซึ่งคิดเป็น 0.007% ของสินค้าทั้งหมดในโรงงานกรณีศึกษา โดยตัวอย่างสินค้าที่ใช้ในการทดลอง แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างสินค้าที่ใช้ในการทดลอง

สินค้า	เวลาผลิต (วินาที)	จำนวน Cavity	ปริมาณผลิต (ชิ้น)	เครื่องจักรการผลิต	% Mat
1	18.8	1	3,000	B	75.56
2	12.0	2	4,900	B	57.74
3	11.6	2	1,000	B	57.74
4	11.6	2	440	B	57.74
5	27.0	1	1,000	A	78.31
6	27.0	2	3,000	A	56.62
7	23.9	2	10,000	A	53.13
8	22.1	2	1,000	A	53.13

หมายเหตุ เวลาปรับตั้งเครื่องจักรเท่ากับ 1 ชม./สินค้า

3.3 การสร้างแบบจำลองการจัดลำดับการผลิตปัจจุบัน

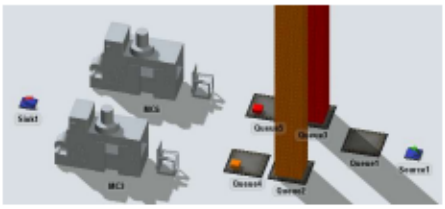
การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Flexsim สำหรับกระบวนการจัดลำดับการผลิตเริ่มจากการกำหนดหน่วยที่ใช้ในแบบจำลองทั้งหมด จากนั้นทำการสร้างเครื่องจักรและเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองลงบนโปรแกรม แล้วทำการกำหนดพารามิเตอร์ ดังต่อไปนี้ ชนิดสินค้า ปริมาณการผลิต จำนวนช่อง (Cavity) เวลาการผลิต ขนาดของแม่พิมพ์ ขนาดของวัสดุ กำหนดส่งมอบสินค้า เครื่องจักรการผลิต และเวลาปรับตั้งเครื่องจักร เพื่อกำหนดคุณสมบัติต่าง ๆ ของกระบวนการผลิตลงในแบบจำลองสถานการณ์ให้สามารถทำงานตามเงื่อนไขของกระบวนการผลิตปัจจุบันได้ ซึ่งเงื่อนไขของกระบวนการผลิตปัจจุบัน ประกอบด้วย 3 เงื่อนไขสำคัญ ดังต่อไปนี้

เงื่อนไขที่ 1 ลำดับในการผลิต โดยพิจารณาจากปัจจัยการผลิต ดังนี้ กำหนดส่งมอบสินค้าและขนาดของแม่พิมพ์ที่ใกล้เคียงกันเป็นหลัก เพื่อให้สามารถผลิตสินค้าได้ทันเวลาที่ลูกค้ากำหนดและใช้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรให้น้อยที่สุด

เงื่อนที่ 2 ความสามารถของเครื่องจักร เนื่องจากเครื่องจักรบางเครื่องไม่สามารถผลิตงานบางขนาดได้

เงื่อนที่ 3 การปรับตั้งเครื่องจักร เมื่อมีการเปลี่ยนชนิดของสินค้าในการผลิต โดยใช้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรใหม่ประมาณ 1 ชั่วโมงต่อสินค้า

เมื่อสร้างแบบจำลองสถานการณ์ปัจจุบันเสร็จแล้วจะทำการรันโปรแกรมเพื่อดูผลจากการทดลอง หลังจากนั้นจะทำการตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุผลของแบบจำลองสถานการณ์ แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แบบจำลองกระบวนการจัดลำดับการผลิตปัจจุบัน

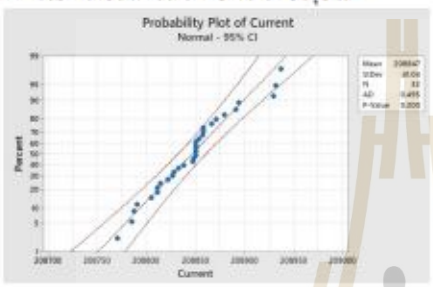
3.4 การตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง

การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์จำเป็นต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องก่อนนำไปใช้งานจริง เพื่อให้มั่นใจว่าแบบจำลองสถานการณ์มีความถูกต้องและได้ผลการดำเนินงานที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด [18] จากการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์พบว่าแบบจำลองสามารถทำงานได้ตามสภาพแวดล้อมการทำงานจริงและไม่มีการแจ้งเตือนความผิดพลาด สำหรับขั้นตอนการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองผู้วิจัยได้เปรียบเทียบเวลาทำงานรวมปัจจุบันและเวลาทำงานรวมของแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม Minitab ในการคำนวณค่าทางสถิติ ซึ่งขั้นตอนการตรวจสอบความสมเหตุสมผลเริ่มจากการตรวจสอบลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลโดยใช้การทดสอบ Normality Test เพื่อดูว่าชุดข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ [19] แสดงดังรูปที่ 3 และ 4 ผลจากการทดสอบพบว่าค่า P-value ของกระบวนการจัดลำดับปัจจุบันเท่ากับ 0.200 และแบบจำลองสถานการณ์เท่ากับ 0.359 ซึ่งค่า P-value ของข้อมูลทั้ง 2 ชุด มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดในการทดสอบคือ 0.05 แสดงให้เห็นว่าลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลทั้ง 2 ชุด เป็นการแจกแจงแบบปกติ จากนั้นจะทำการตรวจสอบว่าแบบจำลองสถานการณ์สามารถเป็นตัวแทนของกระบวนการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันหรือไม่ โดยใช้การทดสอบ Paired T-Test ซึ่งสมมติฐานของการทดสอบคือ

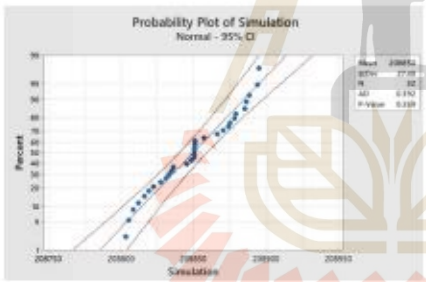
H_0 = แบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนของกระบวนการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันได้

H_1 = แบบจำลองไม่สามารถเป็นตัวแทนของ กระบวนการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันได้

ผลจากการทดสอบ Paired T-Test เพื่อเปรียบเทียบกระบวนการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันกับแบบจำลองกระบวนการจัดลำดับการผลิตพบว่าค่า P-value เท่ากับ 0.748 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดในการทดสอบคือ 0.05 จึงสรุปได้ว่าแบบจำลองกระบวนการจัดลำดับการผลิตที่สร้างขึ้นมานี้มีความสมเหตุสมผลและสามารถเป็นตัวแทนการทำงานของกระบวนการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันได้



รูปที่ 3 ผลจากการทดสอบ Normality Test ของกระบวนการจัดลำดับปัจจุบัน



รูปที่ 4 ผลจากการทดสอบ Normality Test ของแบบจำลอง

จากนั้นหาจำนวนรอบของการประมวลผลซ้ำ (Number of Replication) [20] ที่เหมาะสม เพื่อให้ค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ของการประมวลผลแบบจำลองไม่เกิน 10% ของค่าเฉลี่ย [21] ซึ่งหาได้จากสูตร ดังต่อไปนี้

$$N = \left(\frac{t_{1-\frac{\alpha}{2},\, n-1} * s}{e} \right)^2 \quad (1)$$

$$\text{Standard Error} = t_{1-\frac{\alpha}{2},\, n-1} * s / \sqrt{n} \quad (2)$$

โดย

N = จำนวนรอบของการประมวลผลซ้ำ

n = จำนวนข้อมูลในการประมวลผลซ้ำ

t = ค่าการแจกแจง t ที่ได้จากการเปิดตารางที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

s = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) จากการ ประมวลผลเริ่มต้น 10 รอบ

e = ค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ โดยกำหนดให้ไม่เกิน 10% ของค่าเฉลี่ย

การคำนวณโดยใช้ค่าการจำลองสถานการณ์เบื้องต้นที่จำนวนรอบของการประมวลผลซ้ำเท่ากับ 10 รอบ พบว่าค่าความผิดพลาดเท่ากับ 16.17 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ ดังนั้นจึงทำการคำนวณหาจำนวนรอบของการประมวลผลซ้ำที่เหมาะสม ผลจากการคำนวณโดยใช้จำนวนรอบของการประมวลผลซ้ำเท่ากับ 30 รอบ พบว่าค่าความผิดพลาดมีค่าเท่ากับ 10.31 ซึ่งมากกว่าค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ จึงทำการคำนวณหาจำนวนรอบในการประมวลผลซ้ำที่เหมาะสมใหม่ แสดงดังสมการที่ 3 และจากการประมวลผลซ้ำที่ 32 รอบ พบว่าให้ค่าความผิดพลาดเท่ากับ 9.91 ซึ่งน้อยกว่าค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ที่ 10% ของค่าเฉลี่ย แสดงดังตารางที่ 3 ดังนั้นการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์จะเลือกใช้จำนวนรอบของการประมวลผลซ้ำเท่ากับ 32 รอบ

ตารางที่ 3 การคำนวณความผิดพลาดของแบบจำลองที่ 32 รอบ

Mean	208849.66
Standard Deviation	27.49
t for alpha = 0.05, 31 d.f.	2.04
Standard Error	9.91

$$N = \left(\frac{2.05 \times 27.61}{10.00} \right)^2 = 31.89 \approx 32 \quad (3)$$

ราชมงคลเทคโนโลยี

3.5 การออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิต

ปัจจุบันฝ่ายวางแผนการผลิตจะเป็นผู้วางแผนการผลิต หากพนักงานวางแผนได้รับคำสั่งซื้อจากลูกค้าจะดำเนินการวางแผนการผลิตล่วงหน้าประมาณ 1 วัน โดยตัดสินใจมอบหมายงานจากกำหนดการส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าเป็นหลัก จากนั้นจะพิจารณาจากขนาดของเครื่องจักรเพื่อตัดสินใจมอบหมายงานให้กับเครื่องจักรที่ต้องผลิต หลังจากนั้นจะดำเนินการส่งแผนการผลิตให้กับพนักงานฝ่ายผลิตเพื่อผลิตงานตามใบสั่งผลิตในแต่ละวัน จากการศึกษากระบวนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกพบว่าประสบปัญหาจากการไม่ศึกษาวิธีการจัดลำดับการผลิตอย่างเป็นระบบ โดยการจัดลำดับการผลิตขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของพนักงานวางแผนในฝ่ายวางแผนการผลิตตัดสินใจมอบหมายงานให้กับเครื่องจักรตามวันส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าเป็นหลัก ซึ่งส่งผลให้การใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบต่ำกว่าเป้าหมายขององค์กร รวมทั้งเครื่องมือในการจัดลำดับการผลิตโดยใช้โปรแกรม Microsoft Office Excel ไม่สามารถตรวจสอบได้ว่ากระบวนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบขั้นตอนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตเพื่อหาวิธีการจัดลำดับการผลิตที่เหมาะสม เพื่อใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบให้คุ้มค่ามากที่สุดและสามารถส่งมอบสินค้าได้ทันเวลา รวมทั้งทำให้เวลาทำงานรวมต่ำที่สุด การออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ความสามารถในการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์

ขั้นตอนที่ 2 ความสามารถในการผลิตงานของเครื่องจักร

ขั้นตอนที่ 3 การจัดลำดับงานเข้าเครื่องจักร

โดยการออกแบบขั้นตอนดังกล่าวข้างต้นจะพิจารณาจากปัจจัยและข้อจำกัดในกระบวนการผลิตของตัวอย่างสินค้าที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด 8 ตัวอย่าง โดยใช้การเขียนโค้ด VBA (Visual Basic for Application) ในโปรแกรม Microsoft Office Excel เพื่อตัดสินใจและสร้างทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการจัดลำดับงาน แล้วนำทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมดจากการตัดสินใจตามขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตนำเข้าโปรแกรมจำลองสถานการณ์ Flexsim สำหรับหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด

ขั้นตอนที่ 1 ความสามารถในการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์ของตัวอย่างสินค้า 8 ตัวอย่าง จะพิจารณาจากปัจจัยในการผลิต ดังนี้ พื้นที่แม่พิมพ์ ชนิดของวัสดุ ความหนาของวัสดุ และความสูงของแม่พิมพ์ เมื่อพิจารณาจากปัจจัยการผลิตดังกล่าวข้างต้นส่งผลให้สามารถจัดกลุ่มงานได้ทั้งหมด 4 กลุ่ม ตัวอย่างเช่น สินค้า 1 ไม่สามารถขึ้นรูปกับสินค้าอื่น ๆ ได้ จัดให้เป็นกลุ่มงานที่ 1 และสินค้า 2, 3 และ 4 สามารถขึ้นรูปร่วมกันบนเครื่องจักรเดียวกันและเวลาเดียวกันได้ จัดให้เป็นกลุ่มงานที่ 2 เป็นต้น ผลจากการตัดสินใจในขั้นตอนที่ 1 แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ข้อมูลกลุ่มงานทั้งหมดที่ได้จากขั้นตอนที่ 1

กลุ่มงาน	สินค้า	เวลาผลิต (วินาที)	จำนวน Cavity	ปริมาณการผลิต (ชิ้น)	% Mat
1	1	18.8	1	3,000	75.56
2	2, 3, 4	12.0	6	6,340	94.40
3	5, 6	27.0	3	4,000	91.22
4	7, 8	23.9	4	11,000	94.12

ขั้นตอนที่ 2 ความสามารถในการผลิตงานทั้งหมด 4 กลุ่มของเครื่องจักรจะพิจารณาจากปัจจัยและข้อจำกัดในการผลิต ดังนี้

- ผลิตบนเครื่องจักร A: พื้นที่แม่พิมพ์จะต้องน้อยกว่าหรือมากกว่าพื้นที่แผ่นพิมพ์เครื่องจักร B
- ผลิตบนเครื่องจักร B: พื้นที่แม่พิมพ์จะต้องน้อยกว่าพื้นที่แผ่นพิมพ์เครื่องจักร B เท่านั้น

โดยพื้นที่แม่พิมพ์คือขนาดของงานที่ต้องการผลิต (ความกว้าง x ความยาว x จำนวน Cavity) ซึ่งจะมีขนาดแตกต่างกันในการผลิตงานแต่ละชนิด และพื้นที่แผ่นพิมพ์ (ความกว้างของวัตถุดิบในการผลิต x ความยาวของแผ่นพิมพ์) คือขนาดของวัตถุดิบในการผลิต ซึ่งขนาดของแผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร A และ B จะมีขนาดแตกต่างกัน ดังนี้ เครื่องจักร A จะมีความยาวเท่ากับ 1.3 เมตร และเครื่องจักร B จะมีความยาวเท่ากับ 1.0 เมตร จึงส่งผลให้เครื่องจักร A สามารถผลิตงานได้จำนวนมากกว่าเครื่องจักร B ดังนั้นงานที่มีพื้นที่แม่พิมพ์น้อยกว่าพื้นที่แผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร B จึงมีความสามารถในการผลิตงานทั้งเครื่องจักร A และ B แต่งานที่มีพื้นที่แม่พิมพ์มากกว่าพื้นที่แผ่นพิมพ์ของเครื่องจักร B จะสามารถผลิตบนเครื่องจักร A เท่านั้น

เมื่อพิจารณาจากปัจจัยและข้อจำกัดในการผลิตดังกล่าวข้างต้นพบว่ากลุ่มงานที่ 1 และ 3 สามารถผลิตงานได้บนเครื่องจักร A และ B แต่กลุ่มงานที่ 2 และ 4 สามารถผลิตงานได้บนเครื่องจักร A เท่านั้น แสดงดังตารางที่ 5 โดยหมายเลข 1 แทนกลุ่มงานที่สามารถผลิตบนเครื่องจักรนั้นได้ และหมายเลข 0 แทนกลุ่มงานที่ไม่สามารถผลิตบนเครื่องจักรนั้นได้ โดยเครื่องจักรที่สนใจศึกษาเป็นเครื่องจักรที่สามารถขึ้นรูปด้วยสุญญากาศทั้งหมดของโรงงานกรณีศึกษาพบว่ามีจำนวน 2 เครื่อง ซึ่งเครื่องจักรทั้ง 2 เครื่องมีความสามารถในการผลิตแตกต่างกันแต่มีลักษณะการทำงานที่เหมือนกัน

ตารางที่ 5 เงื่อนไขของเครื่องจักรที่สามารถผลิตกลุ่มงานได้

กลุ่มงานที่	เครื่องจักรที่สามารถผลิตได้	
	เครื่องจักร A	เครื่องจักร B
1	1	1
2	1	0
3	1	1
4	1	0

ขั้นตอนที่ 3 การจัดลำดับกลุ่มงานเข้าเครื่องจักรจะนำวิธีการเรียงสับเปลี่ยน (Permutation) และการจัดหมู่ (Combination) มาประยุกต์ใช้เพื่อหาลำดับกลุ่มงานที่เป็นไปได้ทั้งหมดตามเงื่อนไขของเครื่องจักรที่สามารถผลิตกลุ่มงานนั้น ๆ ได้ จากตารางที่ 5 พบว่ากลุ่มงานที่ 1-4 สามารถผลิตบนเครื่องจักร A ได้ แต่กลุ่มงานที่ 2 และ 4 จำนวน 2 กลุ่มงานที่สามารถผลิตบนเครื่องจักร B ได้เท่านั้น งานวิจัยนี้จึงได้หาทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการผลิตกลุ่มงานบนเครื่องจักร B จากสูตร 2n โดยกำหนดให้ n แทนจำนวนกลุ่มงานที่สามารถผลิตบนเครื่องจักร B ได้ ผลจากการคำนวณพบว่ากรณีที่เป็นไปได้ทั้งหมดเท่ากับ 4 กรณี จึงได้นำ 4 กรณีที่เป็นไปได้ในการผลิตกลุ่มงานบนเครื่องจักร B มาใช้ในการหาลำดับกลุ่มงานที่เป็นไปได้ในการผลิตบนเครื่องจักร แสดงดังสมการที่ 4 โดยที่ r แทนจำนวนกลุ่มงานที่สามารถผลิตบนเครื่องจักร B ที่เป็นไปได้ในแต่ละทางเลือก

$$S_{(n,r)} = (n-r)!r! \quad (4)$$

ผลจากการจัดลำดับกลุ่มงานเข้าเครื่องจักรพบว่าสามารถสร้างทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมด 40 ทางเลือก โดยมาจากการคำนวณดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 กลุ่มงานที่ 1-4 สามารถผลิตบนเครื่องจักร A ได้ทั้งหมด จะสามารถหาลำดับที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการผลิตบนเครื่องจักรเท่ากับ $S_{(4,0)} = (4-0)!0! = 24$ ทางเลือก

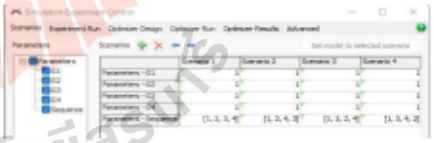
กรณีที่ 2 กลุ่มงานที่ 1, 2 และ 4 สามารถผลิตบนเครื่องจักร A ได้ แต่กลุ่มงานที่ 3 สามารถผลิตบนเครื่องจักร B ได้เท่านั้น จะสามารถหาลำดับที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการผลิตบนเครื่องจักรเท่ากับ $S_{(4,1)} = (4-1)!1! = 6$ ทางเลือก

กรณีที่ 3 กลุ่มงานที่ 2, 3 และ 4 สามารถผลิตบนเครื่องจักร A ได้ แต่กลุ่มงานที่ 1 สามารถผลิตบนเครื่องจักร B ได้เท่านั้น จะสามารถหาลำดับที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการผลิตบนเครื่องจักรเท่ากับ $S_{(4,1)} = (4-1)!1! = 6$ ทางเลือก

กรณีที่ 4 กลุ่มงานที่ 2 และ 4 สามารถผลิตบนเครื่องจักร A ได้ แต่กลุ่มงานที่ 1 และ 3 ผลิตบนเครื่องจักร B ได้เท่านั้น จะสามารถหาลำดับที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการผลิตบนเครื่องจักรเท่ากับ $S_{(4,2)} = (4-2)!2! = 4$ ทางเลือก

3.6 การปรับปรุงแบบจำลองการจัดลำดับการผลิต

ข้อมูลทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมดในโปรแกรม Microsoft Office Excel จากการออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตจะทำการดึงลงในโปรแกรมจำลองสถานการณ์ Flexsim เพื่อกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการหาเวลาทำงานรวมของการจัดลำดับการผลิตโดยใช้เครื่องมือ Experiment แสดงดังรูปที่ 5 และใช้เครื่องมือ Parameter และ Performance Measure ในการกำหนดพารามิเตอร์และข้อจำกัดในการผลิตงานบนเครื่องจักร รวมถึงการคำนวณค่าเวลาทำงานรวมของระบบการผลิต จากนั้นจะทำการรันโปรแกรมเพื่อดูผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม Flexsim



รูปที่ 5 การกำหนดทางเลือกทั้งหมดโดยใช้เครื่องมือ Experiment

3.7 สมมติฐานของการสร้างแบบจำลองสถานการณ์

จากการออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตและการสร้างแบบจำลองสถานการณ์การจัดลำดับการผลิตโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาเวลาทำงานรวมของระบบที่เหมาะสมที่สุดและเพื่อใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบให้คุ้มค่าที่สุด รวมถึงการส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้ทันเวลาที่ลูกค้ากำหนด ซึ่งพิจารณาจากปัจจัยและข้อจำกัดในการผลิตของความสามารถในการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์ ดังนี้ พื้นที่แม่พิมพ์ ชนิดของวัสดุ ความหนาของวัสดุ และความสูงของแม่พิมพ์ ความสามารถในการผลิตงานของเครื่องจักรพิจารณาจากปัจจัยและข้อจำกัด ดังนี้ พื้นที่แม่พิมพ์และพื้นที่แผ่นพิมพ์ และการจัดลำดับงานเข้าเครื่องจักร พิจารณาจากความสามารถในการผลิตงานของเครื่องจักร ดังนั้นสมมติฐานของการสร้างแบบจำลองสถานการณ์กระบวนการจัดลำดับการผลิตมีดังต่อไปนี้

- การสร้างแบบจำลองสามารถลดเวลาทำงานรวมของระบบการผลิตได้หรือไม่
- การสร้างแบบจำลองสามารถเพิ่มอัตราการใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบของระบบการผลิตได้หรือไม่
- การสร้างแบบจำลองสามารถส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้ลูกค้าได้ทันเวลาที่กำหนดได้หรือไม่

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

จากการทดลองออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตทั้งหมด 3 ขั้นตอน โดยพิจารณาจากปัจจัยและข้อจำกัดในกระบวนการผลิตของความสามารถในการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์ ความสามารถในการผลิตงานของเครื่องจักร และการจัดลำดับงานเข้าเครื่องจักร โดยใช้การเขียนโค้ด VBA บนโปรแกรม Microsoft Office Excel มาประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรม Flexsim พบว่าสามารถสร้างทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการหาเวลาทำงานรวมของระบบที่เหมาะสมที่สุด

จากการสร้างทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมดเพื่อหาเวลาทำงานรวมต่ำที่สุดของการจัดลำดับการผลิตบนเครื่องจักรแบบขนาน โดยการออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตทั้งหมด 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย ความสามารถในการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์ ความสามารถในการผลิตงานของเครื่องจักร และการจัดลำดับงานเข้าเครื่องจักร พบว่าสามารถจัดกลุ่มงานได้ทั้งหมด 4 กลุ่ม จากตัวอย่างสินค้า 8 ตัวอย่าง และในแต่ละกลุ่มงานมีความสามารถในการผลิตงานบนเครื่องจักรแตกต่างกัน รวมทั้งลำดับของกลุ่มงานในการผลิตบนเครื่องจักรมีผลต่อเวลาทำงานรวมของระบบแตกต่างกันส่งผลให้งานวิจัยนี้สามารถสร้างทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมด 40 ทางเลือก สำหรับจัดลำดับงานบนเครื่องจักร 2 เครื่อง โดยใช้เวลาในการประมวลผลการจัดลำดับกลุ่มงานบนโปรแกรม Flexsim ประมาณ 1 ชั่วโมง ซึ่งเวลาในการประมวลผลบนโปรแกรม Flexsim จะขึ้นอยู่กับเวลาการผลิตในแบบจำลองและจำนวนคำตอบที่ต้องการหา ตัวอย่างผลจากการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Flexsim แสดงดังตารางที่ 6

จากผลการจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรม Flexsim 2021 เวอร์ชั่น 21.0.7 สำหรับจัดลำดับงานบนเครื่องจักรเพื่อหาเวลาทำงานรวมต่ำที่สุดได้นำผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการจำลองสถานการณ์มาเปรียบเทียบกับการจัดลำดับการผลิตปัจจุบัน พบว่าทางเลือกที่ 25 คือกลุ่มงานที่ 2 และกลุ่มงานที่ 4 ผลิตบนเครื่องจักรที่ A ตามลำดับ กับกลุ่มงานที่ 1 และกลุ่มงานที่ 3 ผลิตบนเครื่องจักร B ตามลำดับ เป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากใช้เวลาในการผลิตงานน้อยที่สุดเท่ากับ 96,018.01 วินาที เมื่อเปรียบเทียบกับทางเลือกทั้งหมดที่เป็นไปได้ และสามารถลดเวลาทำงานรวมของระบบการจัดลำดับการผลิตจากปัจจุบันลงได้เท่ากับ 112,831.99 วินาที คิดเป็นร้อยละ 54.03 จากเดิมใช้เวลาทำงานรวมเท่ากับ 208,850 วินาที ซึ่งเก็บข้อมูลจากกระบวนการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันและการจำลองกระบวนการจัดลำดับปัจจุบันในโปรแกรม Flexsim ของตัวอย่างสินค้า 8 ชนิด โดยจัดลำดับการผลิตจากตัวอย่างสินค้าทั้ง 8 ชนิด ตามวันส่งมอบสินค้าของลูกค้าเป็นหลักและขนาดของแม่พิมพ์เพื่อลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักร จึงทำให้ตัวอย่างสินค้าที่ 1-4 ผลิตบนเครื่องจักร B และสินค้าตัวอย่างที่ 5-8 ผลิตบนเครื่องจักร A นอกจากนี้การออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตยังส่งผลให้สามารถส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าได้ทันเวลาที่กำหนดทั้งหมด 4 กลุ่มงาน จากเดิมของการจำลองสถานการณ์โรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกปัจจุบันสามารถส่งมอบสินค้าได้ทันเวลาทั้งหมด 8 ตัวอย่างสินค้า และเปอร์เซ็นต์การใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบเฉลี่ยของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกจากการออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิตเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเท่ากับ 88.83

(ข้อมูลจากตารางที่ 4) จากเดิมการจัดลำดับการผลิตของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกปัจจุบันเฉลี่ยเท่ากับ 61.25 (ข้อมูลจากตารางที่ 2) ส่งผลให้สามารถตอบสนองต่อเป้าหมายขององค์กรได้

ตารางที่ 6 ตัวอย่างผลการทดลองจากโปรแกรมจำลองสถานการณ์

ทางเลือก	เครื่องจักรในการผลิต		เวลาทำรวมของระบบ (วินาที)
	เครื่องจักร A	เครื่องจักร B	
25	2, 4	1, 3	96,018.01
26	2, 4	3, 1	99,591.01
27	4, 2	1, 3	96,018.01
28	4, 2	3, 1	99,591.01
29	1, 2, 4	3	141,997.01
30	1, 4, 2	3	142,009.01
31	2, 1, 4	3	145,597.01
32	2, 4, 1	3	145,597.01
33	4, 1, 2	3	145,609.01
34	4, 2, 1	3	145,597.01
ค่าเฉลี่ยของเวลาทำงานรวมของระบบ			160,260.01
Standard Deviation			32,038.8

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้นำเทคนิคการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Flexsim มาใช้ในการจัดลำดับการผลิตบนเครื่องจักรแบบขนานเพื่อหาเวลาทำงานรวมที่เหมาะสมที่สุด จากการศึกษากระบวนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก พบว่าไม่มีการศึกษาวิธีการจัดลำดับการผลิตอย่างเป็นระบบ เนื่องจากในการจัดลำดับการผลิตจะอาศัยประสบการณ์ของพนักงานวางแผนในฝ่ายวางแผนการผลิต รวมทั้งเครื่องมือในการจัดลำดับการผลิตไม่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากไม่สามารถตรวจสอบได้ว่ากระบวนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับการผลิต 3 ขั้นตอน ดังนี้ ความสามารถในการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์ ความสามารถในการผลิตงานของเครื่องจักร และการจัดลำดับงานเข้าเครื่องจักร เพื่อสร้างทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการจัดลำดับการผลิตบนเครื่องจักร และใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ Flexsim ในการประมวลผลเพื่อหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดและทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการจำลองสถานการณ์กับการจัดลำดับการผลิตปัจจุบัน ผลจากการทดลองด้วยอย่างสินค้า 8 ตัวอย่าง พบว่าสามารถจัดกลุ่มงานเพื่อผลิตบนเครื่องจักรเดียวกันและเวลาเดียวกันหรือความสามารถในการขึ้นรูปคู่ผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาจากปัจจัยในกระบวนการผลิตได้ทั้งหมด 4 กลุ่มงาน ทั้งนี้แต่ละกลุ่มงานมีข้อจำกัดของเวลาการผลิต ปริมาณการผลิต และจำนวนช่อง (Cavity) ไม่เท่ากัน รวมทั้งกลุ่มงานบางกลุ่มสามารถผลิตงานได้บางเครื่องจักรเท่านั้น ส่งผลให้สามารถสร้างทางเลือกที่เป็นไปได้ในการจัดลำดับการผลิตทั้งหมด 40 ทางเลือก เมื่อนำทางเลือกทั้งหมดมาประมวลผลบนโปรแกรมจำลองสถานการณ์ Flexsim พบว่ากลุ่มงานที่ 2 และกลุ่มงานที่ 4 ผลิตบนเครื่องจักร A ตามลำดับ กับกลุ่มงานที่ 1 และกลุ่มงานที่ 3 ผลิตบนเครื่องจักร B ตามลำดับ ทำให้เวลาทำงานรวมต่ำที่สุดเท่ากับ 96,018.01 วินาที จากเดิมเวลาทำงานรวมของการจัดลำดับการผลิตปัจจุบันเท่ากับ 208,850 วินาที ซึ่งสามารถลดเวลาทำงานรวมได้ถึง 112,831.99 วินาที คิดเป็นร้อยละ 54.03 แต่ถ้ามีการเพิ่มจำนวนงานที่ต้องการประมวลผลมากกว่า 8 งาน จะใช้เวลาในการประมวลผลเพิ่มขึ้นตามเวลาการผลิตในแบบจำลองและจำนวนคำตอบที่ต้องการหา และจะต้องทำการตั้งค่าพารามิเตอร์ในโปรแกรม Flexsim ใหม่ เพื่อกำหนดข้อจำกัดในการผลิตงานบนเครื่องจักรและข้อจำกัดของแต่ละกลุ่มงาน โดยไม่ต้องทำการออกแบบขั้นตอนการจัดลำดับใหม่ อย่างไรก็ตามถ้าสามารถพัฒนาการใช้งานให้โปรแกรม Flexsim สามารถประมวลผลได้เพียงโปรแกรมเดียวจะสามารถลดความยุ่งยากและซับซ้อนในการใช้งานได้ รวมถึงการนำซอฟแวร์ที่ช่วยในการประมวลผลให้เร็วขึ้นมาใช้งานจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานและลดความล่าช้าในการประมวลผลข้อมูลได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่ได้เอื้อเฟื้อข้อมูลและให้สัมภาษณ์เกี่ยวกับข้อมูลต่าง ๆ ในกระบวนการวางแผนและการจัดลำดับการผลิต รวมทั้งสละเวลาในการให้คำปรึกษาอันเป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัยในการดำเนินงานครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] ศูนย์วิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกอุตสาหกรรมพลาสติก. โครงสร้างอุตสาหกรรมพลาสติกไทยปี 2564. เข้าถึงได้จาก: http://plastic.oie.go.th/ReadArticle.aspx?id=21857 [เข้าถึงเมื่อวันที่ 13 มิถุนายน 2565].

[2] Flexsim software products, Inc. Flexsim Simulation Software. Available from: www.flexsim.com [Accessed 13th June 2022].

[3] นนิตา ศรีผล. *การจัดตารางการผลิตเพื่อปรับปรุงปริมาณงานล่าช้า: กรณีศึกษา[วิทยานิพนธ์]*. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2560.

[4] พงษ์ธาดา คุรุกิจกำจร. *การเปรียบเทียบการจัดตารางการผลิตเครื่องจักรแบบขนานที่ไม่สัมพันธ์กันโดยใช้โปรแกรมการจัดการผลิตและการใช้แบบจำลองมอบหมายงาน [วิทยานิพนธ์]*. ภาควิชาวิศวกรรม อุตสาหการและการจัดการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร; 2556.

[5] พิภพ ลลิตาภรณ์. *ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต*. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย ญี่ปุ่น); 2545.

[6] ปารเมศ ชุติมา. *เทคนิคการจัดตารางการดำเนินงาน*. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2546.

[7] ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. *การจำลองสถานการณ์*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2544.

[8] พรศิริ จงกล และทวีศักดิ์ ภรามร. การวิเคราะห์หาระยะเวลาในการดำเนินการของแบบจำลองเหตุการณ์แถวคอย. *วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*. 2553; 3(1): 12-19.

[9] นัฐพงศ์ สุดพุ่ม และสรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์. การจัดตารางการผลิตสำหรับเครื่องจักรแบบขนานโดยมีเวลาเตรียมการผลิตเป็นแบบไม่อิสระ. *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46 กรุงเทพฯ*. 2551 หน้า 329-336.

[10] ธนวัฒน์ วงศ์เครือ และวรวุฒิ หวังวัชรกุล. การจัดตารางการผลิตเครื่องจักรขนานในกระบวนการทดสอบวงจรรวม. *วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน*. 2564; 9(1): 153-162.

[11] Caputo G, Mose Gallo M, Guizzi G. Optimization of production plan through simulation techniques. *Wseas Transactions on Information Science and Applications*. 2009; 3(6). 352-362.

[12] Cheng HC, Chan DYK. Simulation optimization of part input sequence in a flexible manufacturing system. In: *Proceeding of 2011 Winter Simulation Conference (WSC)*. Phoenix Arizona, USA: IEEE. 2011. p. 2374-2382.

[13] วัสพล ธารณา, ฐิติมา ชูกิจรุ่งโรจน์, มธุรดา วิริยะ พงษ์. การจัดตารางการผลิตของเครื่องพิมพ์บรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษลูกฟูก. *การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2555 เพชรบุรี*. 2555 หน้า 339-345.

[14] บุริม นิลแป้น, พงษ์ชัย จิตตะมัย. การวางแผนการขนส่งอ้อยโดยการกำหนดลำดับการทำงานของรถตัดอ้อย. *วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*. 2552; 2(2): 17-25.

[15] ณัฐวุฒิ เหลียวอินทร์. *การจัดตารางการผลิตบนเครื่องจักรขนานที่แตกต่างกันของแผนกบรรจุ: กรณีศึกษาโรงงานผลิตยาแห่งหนึ่ง[วิทยานิพนธ์]*. การจัดการงานวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศิลปากร; 2560.

[16] อารดา ไชยโคตร. *การจัดตารางการผลิตเครื่องจักรแบบขนานที่ลำดับงานมีผลต่อเวลาการตั้งเครื่องจักรในกระบวนการขึ้นรูปยางรถยนต์ [วิทยานิพนธ์]*. สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา; 2561.

[17] ธนวัฒน์ วงศ์เครือ, วรวุฒิ หวังวัชรกุล. การจัดตารางการผลิตเครื่องจักรขนานในกระบวนการทดสอบวงจรรวม. *วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน*. 2564; 9(1): 153-162.

[18] Sargent RG. Verification and validation of simulation models: an advanced tutorial. *Proceeding of Winter Simulation Conference (WSC)*. Orlando Florida, USA: IEEE. 2020. p. 16-29.

[19] Thongman P, Samattapapong N. Production sequence using simulation techniques: case study of mineral production plants for dairy cow.

In: Proceeding of 11th Annual International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. Singapore: IEOM Society International. 2021. p. 650-659.

[20] พัฒนพงศ์ น้อยนวล, ธนัญญา วสุศรี. การปรับปรุงกระบวนการขนส่งภายในคลังสินค้าโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์กรณีศึกษาอุตสาหกรรมน้ำอัดลม. *วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี*. 2555; 35(3): 323-334.

[21] Chung CA. *Simualtion modeling handbook a practical approach*. Boca Raton, London, New York, Washington: United States; 2004.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อบทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการ

Jiratsaya Panasri, Nara Samattapapong and Sathitthep Sangthong. Production scheduling for parallel machines using simulation techniques: Case study of plastic packaging factory. Proceedings of the 2022 Winter Simulation Conference.: 1-12.

Proceedings of the 2022 Winter Simulation Conference
B. Feng, G. Pedrielli, Y. Peng, S. Shashaani, E. Song, C.G. Corlu, L.H. Lee, E.P. Chew, T. Roeder, and P. Lendermann, eds.

PRODUCTION SCHEDULING FOR PARALLEL MACHINES USING SIMULATION TECHNIQUES: CASE STUDY OF PLASTIC PACKAGING FACTORY

Jiratsaya Panasri
Nara Samattapapong
Sathitthep Sangthong

Department of Industrial Engineering
Suranaree University of Technology
111 University Road, Suranaree Subdistrict, Mueang District
Nakhon Ratchasima, 30000, THAILAND

ABSTRACT

The purpose of this study is to use simulation techniques to examine the production scheduling process for parallel machines. This examination focuses on improving the work sequence in the machine and making the most cost-effective use of raw materials, as well as delivering goods on time to customers and reducing total uptime. After examining and collecting data on the planning and sequencing operations, it was discovered that there was a problem in determining how to assign work to the machines due to a lack of systematic analysis of production scheduling, so scheduling systems and tools cannot tell if the current sequence is the best one. The researchers then used simulation techniques to create all possible alternatives and identify the best solution for the sequencing process on the machine. The simulation results showed that sequencing using simulation techniques can reduce the total working time to 112,831.99 seconds by 54%.

1 INTRODUCTION

Plastic manufacturing is an important part of the Thai economy because it adds value to the system and its economy is worth hundreds of billions of baht each year. According to the statistics of the plastic products industry insights analysis center in 2020, Thailand has a value from the plastic product processing industry for domestic use of over 8.4 hundred thousand million baht. It has a growth rate of 0.9 percent from the previous year. In addition, the plastic packaging industry, the country's main plastic product processing industry, generates a value of more than a 200-billion-baht, accounting for 24.3 percent of the total value, and has a growth rate of 4.5 percent compared to the previous year, which was predicted. This is expected to result from the coronavirus disease 2019 epidemic that has resulted in changes in consumer behavior, with consumers paying more attention to health and hygiene. In addition, the level of competition in the plastic products industry is expected to rise. Therefore, in order to maintain the business and strengthen its competitiveness, the strategy must be modified to the present circumstances to satisfy the demands of consumers. The most important factors that affect production and business operations include timely deliveries of goods, resources, and raw materials, etc. These factors are critical because they will enable the company to accomplish its goals. The production planning and scheduling processes are tools that play a big role in managing production factors and making it easier for businesses to adapt to changes in the market.

This study focuses on the plastic packaging factory, which is a medium-sized industry that makes on-demand products for customers. It produces a wide variety of plastic trays for automotive, electronics,

consumer, medical devices, and hard disk drives in various forms and quantities at a certain time under the same production line. In addition, there are five production bases in 3 countries, resulting in 200 full-time employees, 15 production machines, and a monthly production capacity of up to 1.5 million plastic trays. The study found that the production scheduling problem in this research is very complicated because plastic tray packaging has a different number of cavity, production materials, and sizes. Due to the demand of customers who need a variety of products, plastic packaging factories face problems in the production scheduling process. It was found that the planning employees did not study how to organize the production systematically. The production order depends mainly on the experience of the planning employees in the production planning department who decided to set the machines based on the delivery date of the products to the customers. As a result, the total working time is large, the production of products is not in time to meet the needs of the customers, and the utilization of materials is lower than the organization's target. As the production scheduling problem is a complex process, it needs different techniques or methods to help optimize work priorities. In addition, the current production scheduling tool from microsoft office excel is inefficient because it cannot verify that the current planning and scheduling process is producing the proper results.

Therefore, this research was conducted to arrange production scheduling on parallel machines by using simulation techniques and Flexsim to find the most suitable alternative to sequencing production on machines according to practical conditions and constraints without compromising on the actual work system. Some other advantages include knowing what will happen in the future, using production sequencing choices efficiently, and delivering products to consumers on time.

2 RELATED THEORIES AND STUDIES

2.1 Related Theories

Production scheduling is a decision-making process for allocating tasks to limited resources such as people, machines, and equipment, as well as the time it takes to complete tasks (Sriphol 2017). It is a process with different characteristics according to limitations and process conditions that make up a scheduling system. They are produced in a variety of styles and are very complex (Kurukidcumchorn 2013). Therefore, business organizations need to find techniques and methods to enable production scheduling to achieve their goals (Lalitaporn 2002). This research aims to study the production scheduling of parallel machines with the same operating characteristics and working patterns but different production rates (Chutima 2003). Computer simulations are used to mimic the behavior or operations of various operating systems, such as industrial production systems, services, transportation systems, etc. (Thongprasert 2001) It is beneficial to analyze current operations and find the most efficient operation method without affecting the actual operation (Jongkol and Paramorn 2010).

Parallel machine scheduling is a scheduling solution with a variable number of jobs, production time, and delivery deadlines for different customers (Sudpum and Limnorarat 2008), including constraints of Limited production machinery. The capacity of existing production machines has the same or different performance depending on the service life or technology of the machines (Wongkrue and Wangwatcharakul 2021). Suppose the parallel machines used in production have different performances. In that case, it will result in different work completion times, which may result in the production of products that cannot keep up with customers' needs. Therefore, the production scheduling of parallel machines requires efficient tools and systematic management to respond to customer needs on time.

2.2 Related Studies

Caputo, Mose and Guizzi (2009) used a simulation to help schedule production, using OptQuest in Arena software to analyze possible sequences in the production process. The operation procedure began with allocating resources to various workstations, followed by writing commands to process production data

using VBA code in the database, and finally bringing the processed data into the simulation model. According to research, Arena software can assess the best solution for the production scheduling model.

Cheng and Chan (2011) used simulations to assist in production planning to find the minimum total working time using the Flexsim simulation program. It starts with taking production data from a Microsoft Office Excel spreadsheet and processing it into a Flexsim model by grouping the data as much as possible and sorting the data group that gives the highest Slack time to production first. According to the simulation, improving production sequences resulted in decreased slack time values but longer model processing times to select the optimal solution.

Tharana, Chukijrungrog and Wiriyaphong (2012) developed a production scheduling method of printer machine in corrugated boxes industry to minimize the total working time by using a two-step solution as follows: work grouping, which uses a mathematical model to optimize work for machines; and 2) a work sequence applied based on the earliest deadlines and time-consuming tasks. According to the findings of the study, the production scheduling method can boost production scheduling efficiency by 7.83 percent when compared to traditional production scheduling.

Kongsomboon (2012) developed a method for scheduling the production of plastic injection molding factories to reduce the number of delays (products that are not produced in time for delivery). Since the case study factory does not have a plan to purchase raw materials and relies on the employee's experience in scheduling production, it results in the wrong delivery date with the customer. This research has developed a computer program to help estimate the production time and find a method for forecasting the appropriate number of raw materials. It is also used in the planning and scheduling of production using the heuristic method using the fastest delivery time priority rule. The study's results showed that the number of factory delays in the case study was reduced from as much as 39.93% to 16.87%.

Pushpakom (2014) presents a production schedule to produce printed plastic bottles in order to minimize the total untimely delivery by using a 2-step production scheduling method as follows: 1) work segmentation where tasks are set to machines using the earliest delivery date prioritization rules taking into account production constraints and customer priorities. 2) sequencing tasks to machines using a Tabu method to find the best results. From the study, it was found that such production scheduling gave the total late delivery times less than the old production scheduling by using the first-come-first-make rule by about 95% and the production scheduling time was shorter than the old production scheduling method using a first-come-first-make rule by about 80% in every stage of work.

According to Leawin (2017), a mathematical model called Mixed Integer Linear Programming was used to identify the shortest system shutdown time by transmitting it to the NEOS Server for processing. Because the data is big and there are numerous variables, the software CPLEX with a larger server is applied to assist the analysis. Studies demonstrate that using CPLEX on NEOS servers reduces system shutdown times by 17.49%. This research focused on reducing system shutdown time and avoiding other production costs.

Chaiyacod (2018) presented a method for scheduling the production of machinery for forming tires to reduce the total cost of labor and electricity costs using Mixed Integer Linear Programming, which is a mathematical model. It was used to solve problems using OpenSolver and Gurobi 7.5.2. The manufacturing process has its limitations. Some machines cannot handle specific sizes of work, and the order in which they are made has an impact on how long it takes to set up the machine. The study found that the total cost could be reduced by 328,848 baht per month, or 13.3%.

Wongkrue and Wangwatcharakul (2021) have proposed a strategy for scheduling production to minimize the number of machines used, boost machine utilization efficiency, and reduce the system's overall cost. This study used mathematical modeling to find optimally appropriate alternatives. The research indicated that combining heuristic scheduling with traditional production scheduling methods produces better results. Compared with the overall system, it was 13.43%.

A review of the relevant literature reveals that the production scheduling problem of parallel machines is a given problem. Methods for determining the minimal total uptime and the best solution have been developed continuously. Furthermore, computer simulations are used to assist in managing production

scheduling issues and determine the most suitable solution. Therefore, this research applied Flexsim (3D simulation modeling and analysis software) to develop the production scheduling of parallel machines in a plastic packaging factory.

3 RESEARCH METHODOLOGY

The first step in the implementation process was to look at how the plastic packaging factory planned and sequenced its work. Then the environment of the current operation was analyzed and collected data in the scheduling process. The results of the collection and analysis of such data were used to create the current production sequencing model. The model's validity and accuracy were then examined, and a sequencing design based on the factors in the production process was created to develop the model for identifying the appropriate sequencing. Finally, the results obtained from the experiment were analyzed and summarized. The procedures for conducting this research are shown in Figure 1.

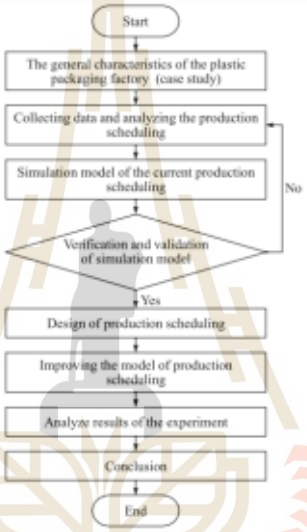


Figure 1: Procedures for conducting this research.

3.1 The General Characteristics of Plastic Packaging Factory (Case Study)

The case study of this research was a factory that manufactures vacuum-formed plastic packaging, primarily producing products according to customer demand. The production process in this case study is complicated because there are so many different types and quantities of goods being made. The planning and production scheduling procedures depend on the expertise of the production planning staff, who prioritize production based on customer delivery schedules to satisfy customer demands quickly, and they would like to earn consumers' trust and loyalty. In addition, there are two machines used in vacuum forming plastic packaging that have the same function but different production rates. The process of planning and sequencing for the factory case study is as follows:

1) Receive orders from customers.
2) Search for data and record production rates in the Master List on Microsoft Office Excel.

3) Plan production by taking into account the delivery schedule, products, and mold sizes.
4) Examine the materials used in the production process.
5) Record the production scheduling plan.

Note: If an operation is urgent, the staff will change the production plan to meet the customer's needs.

3.2 Collecting Data and Analyzing The Production Scheduling

The data collecting phase started with interviews with employees in factory case study. The data collection started with interviews with employees in the factory. In addition, the researcher also asked for samples of products produced for customers to use as samples in the research. There were eight samples of products used in the experiment with the ability to be produced on different machines. Examples of products used in the study are shown in Table 1.

Table 1: Examples used in this study.

Product	Production time (seconds)	Number of Cavity	Production rate (pcs per day)	Machine
Product 1	18.8	1	3,000	6
Product 2	12.0	2	4,900	6
Product 3	11.6	2	1,000	6
Product 4	11.6	2	440	6
Product 5	27.0	1	1,000	3
Product 6	27.0	2	3,000	3
Product 7	23.9	2	10,000	3
Product 8	22.1	2	1,000	3

Note: The machine setup time is one hour for each product.

From Table 1, the production of plastic tray packaging will have cavities for food or others. In the production of plastic trays, customers make production requirements, including the number of cavities. For example, if the customer wants one cavity, it means that the plastic tray must be produced with only one cavity per plastic tray. However, the customer wants two cavities, which means that the plastic tray must be produced with only two cavities per plastic tray.

3.3 Simulation Model of The Current Production Scheduling

Modeling simulation with Flexsim software for the sequencing process starts with defining all the units used in the model. It would then be crucial to design the machines and tools that were utilized in the experiment. In the next step, parameters were defined to assign different properties to the simulation model. Once the simulation was complete, the program would be run to view the results of the experiment. Following that, the simulation model's validity and validation were checked, as shown in Figure 2.

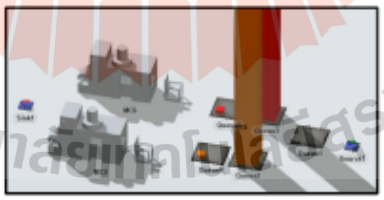


Figure 2: Simulation of current production scheduling.

3.4 Verification and Validation of Simulation Model

Computer simulations should first be checked to make sure they are accurate and work as close to reality as possible. Based on the validation of the simulation model, it was found that the model can operate in the actual operating environment and has no error notifications. For the model validation process, the researchers compared the current total working time and the model total working time using the Minitab program to calculate the statistical values. It started with checking the distribution of the data by using the Normality Test to see if the data set has a normal distribution (Thongman and Samattapapong 2021) as shown in Figures 3 and 4. The test results showed that the current sequencing process P-value was 0.200 and the simulation model was 0.359, where the P-value of both sets was higher than the significance level determined in the test, 0.05. It shows that the distribution of the two sets of data is normal. It is then examined whether the simulation model can be representative of the current scheduling process using the Paired T-Test. The test hypotheses are:

H0 = The model can represent the current sequencing process.

H1 = The model cannot represent the current sequencing process.

The result of the Paired T-Test to compare the current sequencing process with the simulation model is shown in Figure 5. It was found that the P-value was 0.748, which was higher than the significance level determined in the test, 0.05. The developed sequencing process model was found to be acceptable and capable of representing the functionality of the current sequencing process.

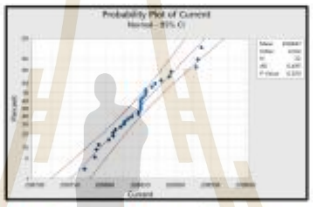


Figure 3: Results from the Normality Test of the current scheduling process.

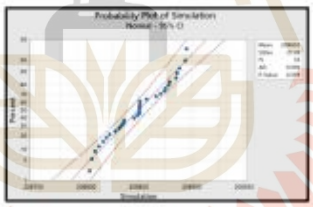


Figure 4: Results from the Normality Test of the simulation model.

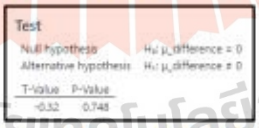


Figure 5: Results from the Paired T-Test.

The number of replications was then determined (Noinual and Wasusri 2012), such that the model processing errors could not exceed 10% of the mean (Christopher 2004). The formula is as follows:

$$N = \left(\frac{t_{1-\frac{\alpha}{2},n-1} * s}{e}\right)^2,$$

$$Standard\ Error = t_{1-\frac{\alpha}{2},n-1} * s/\sqrt{n}$$

where
N = Number of replications
n = Amount of data for replications
t = Use the t-table to find t-values for a confidence interval.
s = The standard deviation of ten initial processing replications
e = Acceptable Error Value is defined as being less than 10% of the average.

According to Table 2, a preliminary simulation result with 10 cycles and a number of rounds of 10 cycles gave an error value of 16.17. This is higher than the acceptable error value. Therefore, the appropriate number of replications must be recalculated as shown in Equation 1.

Table 2: At 10 cycles, the model error is calculated.

Mean	208851.40
Standard Deviation	22.60
t for alpha = 0.05, 9 d.f.	2.26
Standard Error	16.17

$$N = \left(\frac{2.26\ x\ 22.60}{10.00}\right)^2 = 26.13 \approx 30 \quad (1)$$

The result of the calculation using the number of repetitions of 30 showed that the error value was 10.31, which was higher than the acceptable error value as shown in Table 3. Therefore, the appropriate number of replications must be recalculated as shown in Equation 2. And after 32 repetitions, it was found that the error value was 9.91, which was less than the acceptable error value of 10% of the mean, as shown in Table 4. Therefore, the number of replications was 32.

Table 3: At 30 cycles, the model error is calculated.

Mean	208849.47
Standard Deviation	27.61
t for alpha = 0.05, 29 d.f.	2.05
Standard Error	10.31

Table 4: At 32 cycles, the model error is calculated.

Mean	208849.66
Standard Deviation	27.49
t for alpha = 0.05, 31 d.f.	2.04
Standard Error	9.91

$$N = \left(\frac{2.05\ x\ 27.61}{10.00}\right)^2 = 31.89 \approx 32 \quad (2)$$

3.5 Design of Production Scheduling

For the current production schedule of the case study, the production planning department will plan the production. The planning staff receives orders from customers, and then they will plan the production about a day in advance. The capacity of the machine was then determined by considering the machine's size. The production plan will be then forwarded to the production team, who are responsible for producing the work each day under the purchase orders. From the study of the planning and production scheduling of the plastic packaging factory, it was found that the problem was caused by not systematically studying the method of sequencing the production. The production order is based on the expertise of the production planning team, who assign jobs to machines based on the customer's delivery schedule. As a result, the use of raw materials is lower than the goals of the organization. As well as the production sequencing tools that use Microsoft Office Excel, it isn't possible to see if the current planning and sequencing processes are working well.

So, this research has planned and sequenced production to find a way to arrange the production order that is best for the most cost-effective use of raw materials and the fastest delivery of products. Additionally, it minimizes overall uptime. The design of the production sequencing is divided into three major processes.

- Step 1 the ability to form a pair of products.
- Step 2 Machine Productivity
- Step 3 Scheduling the work into the machine

A computer program called VBA (Visual Basic for Applications) is used to make decisions and find possible alternatives in Microsoft Office Excel. The design takes into account factors and limitations in the production process of all eight samples of the product. All possible alternatives were imported into the Flexsim software.

Step 1: The ability to form a pair of products from 8 samples.

It can be considered by the factors of production, including mold area, type of material, and material thickness, as well as mold height. It can be derived from the aforementioned production factors, resulting in the grouping of all four workgroups. For example, product 1 cannot be molded with another product, so it is in workgroup 1. Products 2, 3, and 4 can be molded together on the same machine and at the same time, so they can be in workgroup 2, etc. The results of the decision in step 1 are shown in Table 5.

Table 5: All workgroup information was obtained from step 1.

Workgroup	Product	Production time (seconds)	Number of Cavity	Production rate (pcs per day)
1	1	18.8	1	3,000
2	2, 3, 4	12.0	6	6,340
3	5, 6	27.0	3	4,000
4	7, 8	23.9	4	11,000

Step 2: Machine Productivity of four workgroups

From the factors and limitations of production, it can be considered as follows:

- Machine 3: The mold area can be less than / or greater than the area of the sixth machine's printing plate.
- Machine 6: The mold area must be less than the area of the sixth machine's printing plate only.

Based on the factors and conditions of production, workgroups 1 and 3 can produce work on machines 3 and 6, whereas workgroups 2 and 4 can only produce work on machine 3, as indicated in Table 6. It was also discovered that the number 1 represents workgroups that can be produced on that machine, while the number 0 represents workgroups that cannot.

Step 3: Scheduling the work into the machine

The permutation and combination approaches were used to determine all possible workgroup sequences based on the machine characteristics. As a result, it came up with 40 alternatives.

Table 6: Limitations of workgroup-producing machines.

Workgroup	Available Machines	
	Machine 3	Machine 6
1	1	1
2	1	0
3	1	1
4	1	0

3.6 Improving The Model of Production Scheduling

From the design of the production sequence, all possible alternatives were pulled into the Flexsim simulation software. The schedule of production by using the experiment tool is shown in Figure 6. Performance measurement tools and parameters were used to set up production parameters and conditions. The work being done on the machine includes figuring out how long the production system has been running. Then, the software was run to examine the Flexsim simulation program's findings.

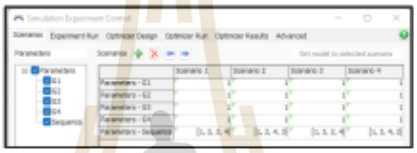


Figure 6: All alternatives were defined using the experiment tool.

The production sequence in the Flexsim simulation program starts by importing the production data processed in Microsoft office Excel into the Flexsim database. Next, set the production machine data and all possible production sequences using the Parameter tool. After that, set all possible alternatives obtained from the microsoft office excel processing on the Experiment tool, as shown in Figure 6. Then use the optimizer run tool to process the lowest total run time of the model.

4 RESULTS

Creating all possible options for the lowest total uptime of sequencing on parallel machines involves three sequencing steps. They include the ability to form a pair of products, machine manufacturing capabilities, and the ability to schedule work on machines. It was discovered that all four workgroups can be grouped by eight product samples, and each workgroup can produce jobs differently. Furthermore, the order of workgroups influences the overall uptime of the different systems. Therefore, this research generated a total of 40 potential sequencing alternatives for two machines. The result of simulation with Flexsim software is shown in Table 7.

From the simulation results using Flexsim 2021 version 21.0.7, it was found that workgroup 2 and workgroup 4 were produced on machine 3, and workgroup 1 and workgroup 3 were produced on machine 6 were the most suitable choices. This is because the production time is as low as 96,018.01 seconds compared to all possible alternatives, and the total uptime of the current sequencing system was lowered. Originally, the total working time was 208,850 seconds, which was reduced to 112,831.99 seconds, or 54.03 percent. A great production scheduling process can also result in the timely delivery of products to customers and the utilization of material of plastic packaging factories increased to 88.23% from 61.25%, resulting in meeting organizational goals.

Table 7: Examples of experimental results from simulation.

Alternative	Machines		Total time (second)
	Machine 3	Machine 6	
25	2, 4	1, 3	96,018.01
26	2, 4	3, 1	99,591.01
27	4, 2	1, 3	96,018.01
28	4, 2	3, 1	99,591.01
29	1, 2, 4	3	141,997.01
30	1, 4, 2	3	142,009.01
31	2, 1, 4	3	145,597.01
32	2, 4, 1	3	145,597.01
33	4, 1, 2	3	145,609.01
34	4, 2, 1	3	145,597.01

5 DISCUSSION OF RESULT

This research studied the production scheduling process by using simulation techniques with Flexsim to find the appropriate workflow for the production on machines according to the conditions and constraints of the actual production process, to find the lowest total uptime and be able to deliver the product on time. According to the study of plastic packaging factories, it was found that the problem is from the planning employee, who did not know how to arrange the production order systematically. Moreover, the production order is based on the experience of the planning employee, resulting in large total working time and insufficient production of products according to customer requirements. In addition, the current production scheduling tool from microsoft office excel is inefficient because it cannot verify that the current planning and sequencing processes are producing optimal results. Therefore, this research has designed a total of 3 new production sequence steps as follows: product matching capability, machine productivity, and machine work ordering. The experiment's results using simulation techniques showed that the program was able to sequence the tasks that reduce the total working time. Therefore, having the right techniques or methods will increase the efficiency of production scheduling as well as being able to deliver products to customers on time.

6 CONCLUSION

Flexsim simulation techniques were used in this study to schedule production on parallel machines and figure out the best total uptime for each machine. After analyzing the planning and scheduling processes of the plastic packaging factory, it was found that there was no systematic strategy for sequencing production since sequencing depends only on the experience of the production planning staff. In addition, the tools for sequencing production are ineffective because it isn't possible to make sure that the current planning and sequencing processes are getting the best results. As a result, the researcher has considered three phases of the production scheduling process: the ability to make products, machine capacity, and the sequence of work that enters into the machine. Its purpose is to create all possible alternatives for ordering production on a machine and use the Flexsim to achieve the best results. Following that, the best outcomes from the simulations were compared to the current production schedule. The results of the experiment with eight product samples showed that the work can be grouped for production on the same machine and at the same time; in other words, the ability to produce pairs of products based on factors in the production process for a total of four workgroups. However, each work group has limitations on production time, production volume, and the number of cavities. Furthermore, some workgroups are limited to producing work on specific machines, resulting in a total of 40 production sequencing alternatives. When all of the alternatives

were run through the Flexsim software, it was discovered that the best alternatives were Workgroup 2 and 4 (machine 3) and Workgroup 1 and 3 (machine 6). They had the shortest total working time of 96,018.01 seconds, compared to the original time of 208,850 seconds, for a total working time reduction of 54.03 percent to 112,831.99 seconds.

ACKNOWLEDGMENTS

Thank you to the plastic packaging factory for providing information and giving interviews on various aspects of the planning and sequencing process, as well as for taking the time to provide useful advice to researchers in this implementation.

REFERENCES

Caputo, G., G. Mose, and G. Guizzi. 2009. "Optimization of Production Plan through Simulation Techniques". *Wseas Transactions on Information Science and Applications* 3(6):352–362.

Chaiyacod, A. 2018. "Parallel Machine Scheduling with Sequence Dependent Setup Time for Tire Building Process". Department of Industrial Engineering, Mueang, Chonburi.

Cheng, H. C., and D. Y. K. Chan. 2011. "Simulation Optimization of Part Input Sequence in a Flexible Manufacturing System". In *Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference*, edited by S. Jain, R.R. Creasey, J. Himmelspach, K.P. White, and M. Fu, 2374–2382. Piscataway, New Jersey: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

Christopher, A. C. 2004. *Simulation Modeling Handbook: A Practical Approach*. Boca Raton, London, New York, Washington: CRC Press LLC.

Chutima, P. 2003. *Techniques for Scheduling Operations*. Bangkok: Chulalongkorn University.

Hammersley, J. M., and D. C. Handscomb. 1964. *Monte Carlo Methods*. London: Methuen.

Jongkol, P., and T. Paramorn. 2010. "Run Length Analysis for Queueing Simulation Model". *UBU Engineering Journal* 3(1): 12–19.

Kongsomboon, W. 2012. "Reduction of the Tardy Jobs in the Plastic Injection Molding Factory". In *Proceeding of the 50th Kasetsart University Annual Conference: Architecture and Engineering*, January 31th-February 2nd, Thailand, 315–321.

Kurukidcumchorn, P. 2013. "Comparison Unrelated Parallel Machines Scheduling of Result from Scheduling Program and Assignment Problem". Department of Industrial Engineering Management, Silpakorn University, Mueang, Nakhon Pathom.

Lalitaporn, P. 2002. *Production Planning and Control System*. Bangkok: Technology Promotion Association (Thailand-Japan).

Leuwin, N. 2017. "Heterogeneous Parallel Machine Scheduling of a Packing Department: The Case Study of Pharmaceutical Factory". Department of Industrial Engineering and Management, Silpakorn University, Mueang, Nakhon Pathom.

Noinual, P., and T. Wasusri. 2012. "An Improvement of Transportation in Warehouse with Simulation a Case Study of Soft Drinks Industry". *KMUTT Research & Development Journal* 35(3):323–334.

Pushpakom, P. 2014. "Job Shop Scheduling for Color Printing of Plastic Bottom Production". *MUT Journal of Business Administration* 11(1):27–42.

Sriphol, N. 2017. "Scheduling for Number of Tardy Job Improvement: A Case Study". Department of Industrial Engineering, Thammasat University, Khlong Luang, Pathum Thani.

Sudpum, N., and S. Limnorarat. 2008. "Production Scheduling for Parallel Machines with Dependent Setup Times". In *Proceedings of the 46th Kasetsart University Annual Conference: Architecture and Engineering and Natural Resources and Environment*, January 29th-February 1st, Thailand, 329–336.

Tharana, W., T. Chukijrungrog, and M. Wiriyaphong. 2012. "Production Scheduling of Printer Machine in Corrugated Boxes Industry". *Conference of Industrial Engineering Network*, Phetchaburi: Sripatum University, 339–345.

Thongman, P., and N. Samattapapong. 2021. "Production Sequence using Simulation Techniques: Case Study of Mineral Production Plants for Dairy Cow". In *Proceedings of the 11th Annual International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Singapore: IEOM Society International, 650–659.

Thongprasert, S. 2001. *Simulation*. Bangkok: Chulalongkorn University Printing House.

Wongkrue, T., and W. Wangwatcharakul. 2021. "Parallel Machine Scheduling in the Integrated Circuits Testing Process". *Thai Journal of Operations Research* 9(1):153–162.

AUTHOR BIOGRAPHIES

JIRATSAYA PANASRI is a master's degree student in Industrial Systems and Environmental Engineering at Suranaree University of Technology. She holds a bachelor's degree in Industrial Engineering from Suranaree University of Technology. Her research interests include modeling and simulation optimization, as well as production planning and control. Her email address is jiratsaya.panasri@hotmail.com.

NARA SAMATTAPAPONG is an Assistant Professor in the Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering at Suranaree University of Technology. He holds a bachelor's degree in Industrial Engineering from Suranaree University of Technology and holds a Master's and Ph.D. in Mechatronics from the Asian Institute of Technology. His e-mail address is nara@sut.ac.th.

SATHITTHEP SANGTHONG is a lecturer in the Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering at Rajamangala University of Technology Rattanakosin. He holds a bachelor's degree in Industrial Engineering from Naresuan University and a Master's degree in Industrial Engineering from Chulalongkorn University. He has special expertise in production planning control and sequencing and scheduling. His email address is sathitthep.san@rmutr.ac.th.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นางสาวจิรัสยา ปาณะศรี เกิดเมื่อวันที่ 25 เมษายน พ.ศ. 2541 เริ่มศึกษาชั้นประถมศึกษาที่ 1-6 ที่โรงเรียนทศพรวิทยา ตำบลนิคม อำเภอสตึก จังหวัดบุรีรัมย์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 ที่โรงเรียน วิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย บุรีรัมย์ ตำบลสตึก อำเภอสตึก จังหวัดบุรีรัมย์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ตำบลสุรนารี อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา และในปี พ.ศ. 2563 ได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมระบบอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี