การจัดตารางการผลิตเครื่องจักรแบบขนานสำหรับกระบวนการตัดสายไฟอัตโนมัติ

ศศิธร โรจนพร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2567
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

การจัดตารางการผลิตเครื่องจักรแบบขนานสำหรับกระบวนการตัดสายไฟอัตโนมัติ

ศศิธร โรจนพร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

PARALLEL MACHINE SCHEDULING FOR AUTOMATIC WIRE CUTTING PROCESS

SASITHORN ROTJANAPORN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENTS FOR MASTER DEGREE OF ENGINEERING

IN INDUSTRIAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

BURAPHA UNIVERSITY

2024

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ ศศิธร โรจนพร ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

.....
(ดร.จักรวาล คุณะดิลก)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรอุไร แสงสว่าง)

..... กรรมการ
(ดร.จักรวาล คุณะดิลก)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฤภูวัลย์ จันทรสา)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บรรหาญ ลิลา)

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณยศ คุรุกิจโกศล)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทวัส แจ้งเอี่ยม)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

63920362: สาขาวิชา: วิศวกรรมอุตสาหการ; วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ)
คำสำคัญ: เครื่องจักรขนาน/ ฮิวริสติก/ เวลาปรับตั้งเครื่องจักรที่ขึ้นอยู่กับงานก่อนหน้า/ เวลาปิดงานของระบบ

ศศิธร โรจนพร : การจัดตารางการผลิตเครื่องจักรแบบขนานสำหรับกระบวนการตัดสายไฟอัตโนมัติ. (PARALLEL MACHINE SCHEDULING FOR AUTOMATIC WIRE CUTTING PROCESS) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: จักรวาล คุณะดิลก ปี พ.ศ. 2567.

งานวิจัยนี้เสนอวิธีการจัดตารางการผลิตสำหรับกระบวนการตัดสายไฟอัตโนมัติที่มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาตั้งเครื่องจักรและลดเวลาปิดงานของระบบ ระบบการผลิตนี้มีลักษณะเป็นแบบเครื่องจักรขนานจำนวน 20 เครื่อง สำหรับผลิตงานประมาณ 140 งานต่อวัน ซึ่งเวลาในการตั้งเครื่องจักรจะขึ้นอยู่กับลำดับการผลิตของงานก่อนหน้า การจัดตารางการผลิตนี้จัดทำเป็นรายวัน งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอวิธีการฮิวริสติก 2 รูปแบบ ได้แก่ การเลือกปฏิบัติงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อน (Longest Processing Time: LPT) โดยวิธีนี้จะเลือกจัดงานที่ใช้เวลาในการผลิตมากที่สุดลงบนเครื่องจักร จากนั้นคำนวณเวลาผลิตเสร็จ และเวลาผลิตเสร็จจะต้องไม่ให้เกินเวลาวิกฤตที่กำหนด และการเลือกปฏิบัติงานที่มีเวลาปรับตั้งเครื่องจักรน้อยที่สุดก่อน (Similar Required Setups: MinSetup) โดยวิธี MinSetup ได้ออกแบบโดยประยุกต์ใช้วิธี LPT และกำหนดเวลาวิกฤตตั้งต้นแล้วเพิ่มเวลาวิกฤตครั้งละ 10 นาที เพื่อให้ได้ตารางการผลิตหลายตาราง จากนั้นนำตารางการผลิตที่ได้มาสร้างแผนภาพพาเรโต และกำหนดเกณฑ์การตัดสินใจเพื่อเลือกตารางการผลิตที่ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากวิธีฮิวริสติกที่เสนอทั้ง 2 วิธีและวิธีการเดิมพบว่า เมื่อจัดตารางการผลิตด้วยวิธี LPT ทำให้ได้ตารางการผลิตที่มีเวลาปิดงานของระบบต่ำ แต่วิธีการนี้จะไม่ได้คำนึงถึงเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร จึงส่งผลให้มีเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรที่ค่อนข้างสูง แต่ในส่วนของวิธี MinSetup สามารถลดเวลาตั้งเครื่องจักรและเวลาปิดงานของระบบลงได้ โดยสามารถลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรเฉลี่ยลงได้ 77.31 นาทีต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 10.11 ของวิธีการเดิม และลดเวลาปิดงานของระบบเฉลี่ยลง 58.31 นาทีต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 4.71 ของวิธีการเดิม

63920362: MAJOR: INDUSTRIAL ENGINEERING; M.Eng. (INDUSTRIAL ENGINEERING)
KEYWORDS: PARALLEL MACHINES/ HEURISTIC/ SEQUENCE DEPENDENT SETUP TIME/ MAKESPAN

SASITHORN ROTJANAPORN : PARALLEL MACHINE SCHEDULING FOR AUTOMATIC WIRE CUTTING PROCESS. ADVISORY COMMITTEE: JAKKRAWARN KUNADILOK, Ph.D. 2024.

This research proposed a scheduling method for automatic wire cutting process with reducing the setup times and makespan of production. The production system in the automatic wire cutting of 20 parallel machines that the responsible for producing 140 jobs/day. Each machine's setup time when changing the models in production depends on the wire cutting model that produced previously. Production scheduling in this process is a daily planning activity for generating daily production schedules that meet all demands for each day indicated in the master production plan. This research has designed production scheduling by applying 2 heuristic such as Longest processing time (LPT) and Similar required setups (MinSetup). LPT is heuristic determines which longest processing time, inputs it into machine and calculate the completion times. The completion times cannot extend past the designated critical time. MinSetup applied with LPT and need to increase the critical times 10 minutes to get the production schedules and creted a pareto diagram and choose the best production scheduling. When comparing the original method, The production scheduling from LPT, it results in a production schedule with a low makespan. But this heuristic does not take into account the machine setup times. Therefore resulting in the heuristic of having a setup machine time is relatively high. But MinSetup was found that it was able to reduce the average setup time by 77.31 minutes/day, or 10.11 % and reduce the average makespan of the system by 58.31 minutes/day or 4.71 % of the original method.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ ดร. จักรวาล คุณะดิลก อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำปรึกษา ช่วยเหลือ ชี้แนะ และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์นี้จนเสร็จสมบูรณ์ รวมถึงคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว รวมไปถึงเพื่อน ๆ ทุกคนที่มีส่วนสำคัญในการให้กำลังใจและเป็นแรงผลักดันให้ผู้วิจัยตลอดจนสำเร็จการศึกษา ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจศึกษาค้นคว้าข้อมูลได้เป็นอย่างดี

ศศิธร โรจนพร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

ที่มาและความสำคัญ 1

วัตถุประสงค์ 2

ขอบเขตการวิจัย 2

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3

การวางแผนการผลิตและการจัดตารางการผลิต 3

วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิต 4

ประเภทของการผลิต 4

การจัดเรียงเครื่องจักร 6

เทคนิคที่ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิต 10

การหาคำตอบด้วยวิธีฮิวริกติก 10

วิธีการหาค่าที่เหมาะสมสำหรับวัตถุประสงค์หลายอย่าง 12

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย....16
ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย....16
การศึกษาสภาพปัจจุบันของการจัดตารางการผลิตประจำวันของบริษัทกรณีศึกษา....17
กระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา....17
การวางแผนการผลิต....18
การวิเคราะห์ข้อมูล....20
การวิเคราะห์ปัญหา....21
บทที่ 4 ผลการวิจัย....25
วิธีการเลือกปฏิบัติงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อน (Longest Processing Time: LPT)....26
ตัวอย่างการจัดตารางการผลิตด้วยวิธี LPT....28
วิธีการเลือกปฏิบัติงานที่มีเวลาปรับตั้งเครื่องจักรน้อยที่สุดก่อน (Similar Required Setups: MinSetup)....34
ตัวอย่างการจัดตารางการผลิตด้วยวิธี MinSetup....38
ผลการวิจัย....48
1. ปัญหาสำหรับทดสอบของบริษัทกรณีศึกษา....48
2. ผลการทดสอบเปรียบเทียบฮิวริสติกทั้ง 2 วิธี....49
3. ผลการทดสอบเปรียบเทียบกับวิธีการเดิม....51
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผล....56
สรุปผลการวิจัย....56
อภิปรายผล....57
ข้อเสนอแนะ....58
บรรณานุกรม....60
ภาคผนวก....62
ภาคผนวก ก....63

ภาคผนวก ข 75

ประวัติย่อของผู้วิจัย 96

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรของลักษณะการตัดสายไฟ....20
ตารางที่ 2 ความถี่ในการปรับตั้งเครื่องจักรตามลักษณะของการตัดสายไฟ....21
ตารางที่ 3 ตัวอย่างลำดับงานบนเครื่องจักร....22
ตารางที่ 4 สรุปข้อมูลสภาพปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา....23
ตารางที่ 5 ตัวอย่างลำดับงานในการจัดตารางการผลิต....29
ตารางที่ 6 ลำดับงานที่ได้จากวิธี LPT....29
ตารางที่ 7 ตัวอย่างผลของการจัดตารางการผลิตด้วยวิธี LPT....30
ตารางที่ 8 สรุปผลของตัวอย่างการจัดตารางการผลิตด้วยวิธี LPT....33
ตารางที่ 9 ตัวอย่างลำดับงานในการจัดตารางการผลิต....38
ตารางที่ 10 ตัวอย่างผลของการจัดตารางการผลิตด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 1....39
ตารางที่ 11 สรุปผลของตัวอย่างการจัดตารางการผลิตด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 1....42
ตารางที่ 12 ตัวอย่างผลของการจัดตารางการผลิตด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 2....43
ตารางที่ 13 สรุปผลของตัวอย่างการจัดตารางการผลิตด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 2....46
ตารางที่ 14 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือก....48
ตารางที่ 15 ผลการเปรียบเทียบผลทดสอบของวิธีการฮิวริสติกที่เสนอ....50
ตารางที่ 16 ผลการเปรียบเทียบการจัดตารางการผลิตของวิธีการเดิมและวิธีการฮิวริสติกที่เสนอ....52
ตารางที่ 17 เวลาในการประมวลผลของปัญหาทดสอบ....54

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ระดับความเป็นเอกประสงค์และอเนกประสงค์ของระบบการผลิต 4
ภาพที่ 2 เครื่องจักรเดี่ยว 6
ภาพที่ 3 เครื่องจักรขนานที่เหมือนกัน 7
ภาพที่ 4 ระบบผลิตแบบไหลเลื่อน 7
ภาพที่ 5 การไหลของงานในระบบผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่น 8
ภาพที่ 6 ระบบผลิตแบบตามงาน 8
ภาพที่ 7 ระบบผลิตแบบตามงานยืดหยุ่น 9
ภาพที่ 8 ระบบผลิตแบบเปิด 9
ภาพที่ 9 วิธีผลรวมถ่วงน้ำหนัก 12
ภาพที่ 10 พื้นฐานพาเรโต 12
ภาพที่ 11 ภาพรวมของขั้นตอนการวางแผนการผลิต 19
ภาพที่ 12 โครงสร้างของปัญหากรณีศึกษา 20
ภาพที่ 13 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 1 พฤศจิกายน 2564 22
ภาพที่ 14 วิธีพื้นฐานพาเรโต 26
ภาพที่ 15 ขั้นตอนการหาผลลัพธ์ของวิธี LPT 27
ภาพที่ 16 จัดงานที่ 4 ลงบนเครื่องจักร A ด้วยวิธี LPT 30
ภาพที่ 17 จัดงานที่ 6 ลงบนเครื่องจักร B ด้วยวิธี LPT 31
ภาพที่ 18 จัดงานที่ 3 ลงบนเครื่องจักร A ด้วยวิธี LPT 31
ภาพที่ 19 จัดงานที่ 2 ลงบนเครื่องจักร B ด้วยวิธี LPT 32
ภาพที่ 20 จัดงานที่ 1 ลงบนเครื่องจักร A ด้วยวิธี LPT 32
ภาพที่ 21 จัดงานที่ 5 ลงบนเครื่องจักร B ด้วยวิธี LPT 33

ภาพที่ 22 ขั้นตอนการหาผลลัพธ์ของวิธี MinSetup 35
ภาพที่ 23 แผนภาพความสัมพันธ์ของจำนวนงานและเวลาปรับตั้งเครื่องจักของวิธีการเดิม 36
ภาพที่ 24 แผนภาพความสัมพันธ์ของจำนวนงานและเวลาปิดงานของระบบของวิธีการเดิม 37
ภาพที่ 25 จัดงานที่ 2 ลงบนเครื่องจักร A ด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 1 38
ภาพที่ 26 จัดงานที่ 6 ลงบนเครื่องจักร A ด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 1 40
ภาพที่ 27 จัดงานที่ 5 ลงบนเครื่องจักร B ด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 1 40
ภาพที่ 28 จัดงานที่ 4 ลงบนเครื่องจักร B ด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 1 41
ภาพที่ 29 จัดงานที่ 3 ลงบนเครื่องจักร A ด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 1 41
ภาพที่ 30 จัดงานที่ 1 ลงบนเครื่องจักร B ด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 1 42
ภาพที่ 31 แผนภาพพาเรโตในการจัดตารางการผลิตรอบที่ 1 42
ภาพที่ 32 จัดงานที่ 2 ลงบนเครื่องจักร A ด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 2 44
ภาพที่ 33 จัดงานที่ 6 ลงบนเครื่องจักร A ด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 2 44
ภาพที่ 34 จัดงานที่ 5 ลงบนเครื่องจักร B ด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 2 44
ภาพที่ 35 จัดงานที่ 4 ลงบนเครื่องจักร B ด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 2 45
ภาพที่ 36 จัดงานที่ 3 ลงบนเครื่องจักร B ด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 2 45
ภาพที่ 37 จัดงานที่ 1 ลงบนเครื่องจักร B ด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 2 46
ภาพที่ 38 แผนภาพพาเรโตในการจัดตารางการผลิตรอบที่ 2 46
ภาพที่ 39 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 9 47
ภาพที่ 40 ความสัมพันธ์ของจำนวนงานและค่า Diff ของเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของวิธี LPT และ MinSetup 51
ภาพที่ 41 ความสัมพันธ์ของจำนวนงานและค่า Diff ของเวลาปิดงานของระบบของวิธี LPT และ MinSetup 51
ภาพที่ 42 ความสัมพันธ์ของจำนวนงานและค่า Diff ของเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของวิธีการเดิม และ MinSetup 53

ภาพที่ 43 ความสัมพันธ์ของจำนวนงานและค่า Diff ของเวลาปิดงานของระบบของวิธีการเดิม และ MinSetup.....53

บทที่ 1
บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

จากสถานการณ์ปัจจุบันพบว่าหลายประเทศในโลกกำลังเข้าสู่สภาวะเศรษฐกิจถดถอย รวมทั้งเศรษฐกิจในประเทศไทยที่มีแนวโน้มจะชะลอตัวต่ำกว่าระดับศักยภาพ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการดำเนินการในภาคธุรกิจและภาคอุตสาหกรรม รวมทั้งอัตราการจ้างงานของภาคเอกชนเป็นอย่างมาก

สภาพปัญหาในปัจจุบันทำให้ภาคเอกชนหลาย ๆ ส่วนจำเป็นต้องดิ้นรนเพื่อให้สามารถอยู่รอดได้ในสถานการณ์เศรษฐกิจเช่นนี้ ประกอบกับอุตสาหกรรมในประเทศไทยมีอัตราการแข่งขันที่สูงขึ้น ทำให้องค์กรต่าง ๆ ต้องมีการปรับตัวให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงและเข้ากับความต้องการของลูกค้า นอกจากนี้ยังต้องมีการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้มีความหลากหลายอีกด้วย การปรับปรุงสภาพการดำเนินงานขององค์กรจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันกับองค์กรอื่น ๆ รวมถึงการลดต้นทุนการดำเนินงานในทุก ๆ ส่วนขององค์กรก็เป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพขององค์กร การวางแผนการผลิตที่สามารถใช้ทรัพยากรการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพจะช่วยลดต้นทุนในการผลิตลงได้ การจัดตารางการผลิตจึงเป็นกิจกรรมสำคัญของการวางแผนการผลิตเพื่อให้สามารถใช้ทรัพยากรการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ (อารดา ไชยโคตร, 2561) ในระบบการผลิตจะมีรูปแบบของการจัดเรียงเครื่องจักรอยู่หลายลักษณะขึ้นอยู่กับระบบการทำงานและปัจจัยแวดล้อมขององค์กร ระบบการผลิตที่ประกอบด้วยเครื่องจักรแบบขนาน (Parallel Machines) เป็นระบบที่สามารถเลือกผลิตงานบนเครื่องจักรใดก็ได้จากจำนวนเครื่องจักรที่มีอยู่ เครื่องจักรขนานเป็นที่นิยมในการดำเนินการภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากการใช้เครื่องจักรขนานทำให้ระบบการผลิตมีกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้น ถ้ามีการจัดสรรงานให้กับเครื่องจักรขนานอย่างเหมาะสมจะทำให้เวลาปิดงานของระบบลดลงอย่างมาก (ปารเมศ ชุติมา, 2551) การผลิตงานแต่ละชนิดจะต้องมีการปรับตั้งเครื่องจักรเมื่อมีการเปลี่ยนรุ่นงานก่อนเริ่มการผลิต เวลาในการตั้งเครื่องจักรงานรุ่นเดียวกันอาจใช้เวลาไม่เท่ากันเนื่องจากงานรุ่นที่ผลิตในลำดับก่อนหน้ามีความแตกต่างกัน การจัดลำดับการผลิตที่ไม่ดีจะส่งผลให้สูญเสียเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร ทำให้ใช้เวลารวมในการผลิตนาน ซึ่งอาจจะส่งผลให้ผลิตงานไม่ทันต่อความต้องการของลูกค้า (บุษบา พฤกษาพันธุ์รัตน์, 2552) ทำให้เกิดผลกระทบเกี่ยวกับต้นทุนต่อหน่วยที่เพิ่มขึ้น ต้นทุนค่าปรับที่จ่ายให้กับลูกค้าเมื่อไม่สามารถส่งงานได้ทันตามกำหนด (เชฎฐา ชำนาญหล่อ และคณะ, 2561)

ในโรงงานอุตสาหกรรมบางแห่งโดยเฉพาะโรงงานประเภทประกอบชุดสายไฟอาจประกอบด้วยเครื่องจักรแบบขนานที่สามารถผลิตงานให้เสร็จตามเป้าหมายได้โดยใช้เครื่องจักรใดเครื่องจักรหนึ่งที่สามารถทำงานชนิดเดียวกันได้ แต่มีเงื่อนไขในส่วนของเวลาในการผลิตงานหนึ่งเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงทำให้ยากต่อการตัดสินใจเลือกเครื่องจักรที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงพิจารณาปัญหาการจัดตารางการผลิตของกระบวนการตัดสายไฟที่ใช้สำหรับประกอบชุดสายไฟในเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเครื่องจักรแบบขนานที่ผลิตงานหลากหลายรูปแบบ (ทวีพร ขำดี, 2554)

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาวิธีการจัดตารางการผลิตสำหรับกระบวนการตัดสายไฟอัตโนมัติที่ทำให้เวลาการตั้งเครื่องจักรและเวลาปิดงานของระบบลดลง

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้จะศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิตเฉพาะในขั้นตอนของกระบวนการตัดสายไฟโดยใช้เครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติโดยมีขอบเขตการวิจัยดังนี้

1. ศึกษาผลิตภัณฑ์ที่เคยทำการผลิตโดยใช้ข้อมูลคำสั่งผลิตในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564
2. งานแต่ละงานเป็นอิสระต่อกัน
3. งานแต่ละงานพร้อมผลิตในเวลาที่ $t = 0$
4. เครื่องจักรแต่ละเครื่องเป็นอิสระต่อกัน
5. เครื่องจักรแต่ละเครื่องพร้อมผลิตในเวลาที่ $t = 0$
6. ไม่มีเครื่องจักรเสียหรือซ่อมบำรุงในระหว่างการผลิตงาน
7. ทราบเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรอย่างชัดเจน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการตัดสายไฟด้วยเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติ
2. เพิ่มความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า และสามารถส่งมอบงานได้ทันตามเวลาที่ลูกค้ากำหนด

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎี งานวิจัย รวมทั้งแนวคิดที่นำมาใช้ในวิจัยฉบับนี้ เป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการดำเนินการเพื่อใช้อ้างอิงหรือเป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัย ประกอบด้วย

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวางแผนการผลิตและการจัดตารางการผลิต

การวางแผนและควบคุมการผลิต (Production Planning and Control; PPC) เป็นเครื่องมือสำคัญในการบริหารจัดการและใช้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับความต้องการทรัพยากรในอนาคตสำหรับการดำเนินการผลิต อันได้แก่ การวางแผน การจัดสรรทรัพยากร การจัดตารางการผลิต การควบคุมการผลิต เพื่อให้ได้ผลผลิตตามที่วางแผนไว้ ทั้งในเชิงคุณภาพ เชิงปริมาณ และเวลาที่กำหนดไว้ ภายใต้ต้นทุนการผลิตที่ต่ำที่สุด

การจัดตารางการผลิต (Production Scheduling) หมายถึง การจัดสรรทรัพยากรการผลิตที่มีอยู่อย่างจำกัดไม่ว่าจะเป็นแรงงาน เครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์ หรือสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ที่มีอยู่อย่างจำกัดให้แก่ชิ้นงาน เพื่อทำการผลิตสินค้าตามที่ได้กำหนดไว้ โดยผลของการจัดตารางการผลิตจะออกมาในรูปแบบของเวลาของการใช้กำลังการผลิตและทรัพยากร โดยจะบ่งบอกว่าจะผลิตอะไร เมื่อไหร่ ใครเป็นผู้รับผิดชอบ ใช้อุปกรณ์ใดบ้าง ใช้เวลานานแค่ไหน เป็นต้น โดยการจัดตารางการผลิตจะดำเนินการต่อจากการวางแผนความต้องการวัสดุ (Material Requirement Planning; MRP) และการวางแผนความต้องการกำลังการผลิต (Capacity Requirement Planning; CRP) ซึ่งการจัดตารางการผลิตนั้นจะแตกต่างกันไปตามลักษณะของการดำเนินการ และเป็นกระบวนการตัดสินใจที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมการผลิต

การจัดตารางการผลิตที่ไม่เหมาะสมจะทำให้งานเกิดข้อผิดพลาด เพราะขาดความชัดเจนในการกำหนดความสำคัญของใบสั่งงาน โดยความไม่มีประสิทธิภาพของหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการจัดตารางการผลิต และสภาพการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลากับงาน ส่งผลให้การผลิตต้องหยุดชะงัก เนื่องจากมีงานที่มีลำดับความสำคัญเพิ่มขึ้นโดยทันที มีการปรับเครื่องจักรสำหรับการผลิตเพิ่มขึ้น และงานที่ได้จัดตารางการผลิตไว้เสร็จช้ากว่ากำหนด (พิภพ ลลิตาภรณ์, 2556)

วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิต

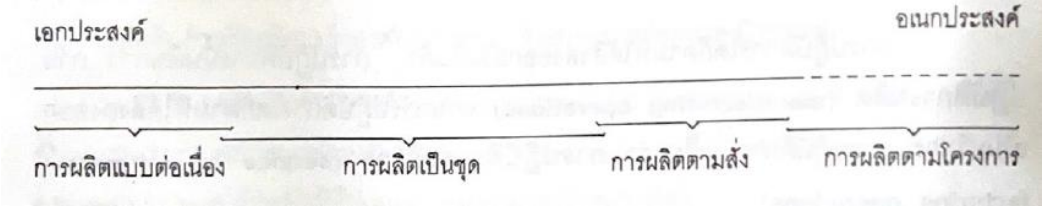
การจัดตารางการผลิตเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยาก เนื่องจากงานแต่ละงานนั้นมีลักษณะที่หลากหลายและแตกต่างกันไปตามรายละเอียดของงานนั้น ๆ โดยเป้าหมายในการจัดตารางการผลิตมักถูกใช้ในหลาย ๆ ลักษณะ ได้แก่

1. การทันกำหนดส่งงานของลูกค้า (Meeting customer due date)
2. การลดเวลางานล่าช้า (Minimizing job lateness)
3. การลดเวลาตอบสนอง (Minimizing response time)
4. การลดเวลาเสร็จงาน (Minimizing completion time)
5. การลดจำนวนชั่วโมงล่วงเวลา (Minimizing overtime)
6. การเพิ่มประโยชน์ในการใช้งานเครื่องจักร หรือแรงงาน (Maximizing machine or labor utilization)
7. การลดเวลาว่าง (Minimizing idle time)
8. การลดงานค้างในกระบวนการ (Minimizing work-in-process inventory)

เป้าหมายต่าง ๆ นี้เป็นเป้าหมายที่นิยมนำมาใช้ในการประเมินผลการจัดตารางการผลิตโดยทั่วไปรูปแบบที่มักกำหนด ได้แก่ เวลาในระบบทั้งหมดต่ำที่สุด เวลาส่งงานไม่ทันตามกำหนดต่ำที่สุด เวลากำหนดงานเสร็จสูงสุด ฯลฯ (บุษบา พฤกษาพันธุ์รัตน์, 2552)

ประเภทของการผลิต

สุปัญญา ไชยชาญ (2540) ได้กล่าวว่าระบบการผลิต (Production system) สามารถแบ่งได้เป็น 2 ระบบใหญ่ ๆ ได้แก่ ระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous production) และระบบการผลิตเป็นบางครั้งคราวหรือแบบตามสั่ง (Intermittent production or Job shop) นอกจากนี้ยังมีการผสมผสานระหว่างระบบการผลิตทั้งสองเรียกว่า ระบบการผลิตแบบเป็นชุด (Batch production) และระบบการผลิตแบบโครงการ (Project production) ที่มีความคล้ายคลึงกับระบบการผลิตแบบตามสั่ง แต่ตรงกันข้ามกับระบบการผลิตแบบต่อเนื่องเป็นอย่างมาก ตามการจำแนกประเภทของระบบการผลิตดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ระดับความเป็นเอกประสงค์และอเนกประสงค์ของระบบการผลิต

1. ระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง เป็นระบบการผลิตที่รวมเอาเครื่องจักร และอุปกรณ์การผลิตมาวางเรียงไว้ตามลำดับก่อนหลังของความจำเป็นในขั้นตอนการผลิตสินค้าแต่ละจุดที่เครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตชุดหนึ่ง ๆ ต้องทำงานร่วมกัน เรียกว่า สถานีงาน (Work station) ซึ่งเป็นจุดที่จะต้องแปรเปลี่ยนวัตถุดิบให้เปลี่ยนแปลงสภาพ สถานีงานหลาย ๆ สถานีงานเมื่อเรียงเป็นลำดับเข้าไว้ทั้งหมดแล้ว เรียกว่า สายการผลิต (Production line) ที่สถานีงานสุดท้ายของสายการผลิตจะเป็นจุดที่วัตถุดิบแปรสภาพเป็นสินค้าสำเร็จรูป สถานีงานในสายการผลิตต้องเรียงตามลำดับขั้นตอนของการผลิต ดังนั้นในการผลิตงานอย่างเดียวกัน อาจต้องแยกกันกระทำในหลายสถานีงานก็ได้

การผลิตแบบต่อเนื่องเป็นการผลิตสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่เป็นมาตรฐาน มีจำนวนน้อยชนิด ปริมาณความต้องการมีลักษณะเป็นแนวโน้มที่แน่นอน ทำให้เกิดการผลิตสินค้าและเก็บไว้ในสต๊อกเพื่อรอการจำหน่าย โดยปกติการผลิตแบบต่อเนื่องมักจะเป็นการผลิตสินค้าครั้งละมาก ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่มีอัตราสูง ดังนั้นในสายงานผลิตหรือสายงานประกอบจึงนิยมใช้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์การผลิตที่เป็นแบบเฉพาะอย่าง (Special purpose machine) เพราะมีความสามารถและความเที่ยงตรงในการผลิตสูง จุดสำคัญอย่างหนึ่งสำหรับการดำเนินการผลิตแบบต่อเนื่องคือ ความสามารถในการผลิตของหน่วยผลิตหรือศูนย์การผลิตจะต้องมีขนาดเท่ากัน จึงจะทำให้สายงานการผลิตเกิดความสมดุล

การประเมินประสิทธิภาพและการจัดลำดับการผลิตบนระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง (m machine stochastic flow shop) โดยใช้วิธีการผสมผสานระหว่างฮิวริสติกของ (RA, CDS) พบว่าฮิวริสติก จะให้ค่าคำตอบที่ดีในกรณีที่มีเครื่องจักร 2 เครื่อง ส่วนในกรณี m machine พบว่า เมตาฮิวริสติก จะให้คำตอบดีกว่าการผสมผสานระหว่างฮิวริสติก (อารดา ไชยโคตร, 2561)

2. ระบบการผลิตเป็นบางครั้งคราวหรือแบบตามสั่ง เป็นระบบการผลิตที่รวมเอาอุปกรณ์การผลิตหรือสถานีงานที่ทำหน้าที่แบบเดียวกันไว้ด้วยกัน เรียกว่าศูนย์การทำงาน (Work center) แต่ไม่มีการเรียงลำดับก่อนหลังของศูนย์การทำงานไว้คงที่ เนื่องจากการผลิตต้องเป็นไปตามคำสั่งซื้อของลูกค้า ซึ่งแต่ละคำสั่งซื้อหรือสินค้าแต่ละรายการไม่จำเป็นต้องใช้วิธีการและลำดับการผลิตแบบเดียวกัน อุปกรณ์การผลิตประจำแต่ละศูนย์การทำงานต้องมีความเป็นอเนกประสงค์สูง เพื่อให้การผลิตสินค้าสำเร็จได้โดยผ่านศูนย์การทำงานจำนวนน้อยที่สุด และจะทำให้ต้นทุนในการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบต่ำที่สุด

การผลิตตามสั่งเป็นการผลิตสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ตามความต้องการของลูกค้า ปริมาณการสั่งทำแต่ละครั้งมักจะมีจำนวนไม่มากนัก โดยทั่วไปประเภทของผลิตภัณฑ์มักจะมีรูปแบบที่หลากหลาย จุดสำคัญของการดำเนินงานชนิดแบบทำตามสั่งคือ ทรัพยากรต่าง ๆ จะต้องมีความ

ยืดหยุ่น (Flexible) สามารถปรับแต่งให้ใช้ได้ตามความแปรปรวนของอุปสงค์ (Demand) ที่ไม่สามารถจะพยากรณ์ค่าได้อย่างแม่นยำ

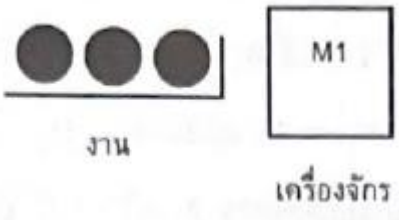
3. การผลิตแบบชุด เป็นการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีทั้งจำนวนในการผลิตและความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ปานกลางโดยทั่วไปการผลิตแบบชุดจะเป็นการผลิตที่มีจำนวนชิ้นงานในแต่ละชุดน้อย ๆ และการดำเนินงานแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นบนชิ้นงาน ซึ่งจัดอยู่ในชุดเดียวกันจะต้องทำให้เสร็จสมบูรณ์ก่อนที่จะดำเนินงานชนิดถัดไปจะเริ่มได้ ระบบผลิตที่ใช้ในการผลิตแบบชุดจะต้องมีความยืดหยุ่นพอสมควร เพื่อให้สามารถดำเนินการผลิตได้ตรงตามความต้องการที่หลากหลายของลูกค้า

4. การผลิตตามโครงการ เป็นการผลิตผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่และมีราคาในการลงทุนสูง จะมีลักษณะเฉพาะตามความต้องการของลูกค้าเฉพาะราย โดยจะผลิตครั้งละชิ้นเดียวและใช้เวลานาน การผลิตจะเกิดขึ้นที่สถานที่ตั้งของโครงการ

การจัดเรียงเครื่องจักร

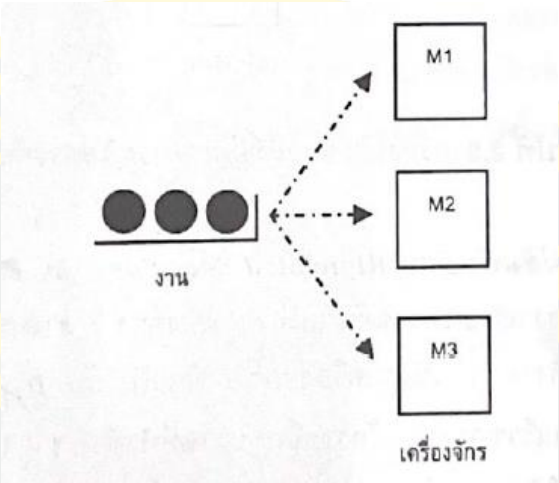
รูปแบบของการจัดเรียงเครื่องจักรมีอยู่ด้วยกันหลายลักษณะ ขึ้นอยู่กับระบบการทำงานและปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ รูปแบบในการจัดเรียงเครื่องจักรนี้จะส่งผลถึงแบบจำลองที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิต (ปารเมศ ชุติมา, 2555) ซึ่งสามารถแบ่งได้ดังนี้

1. เครื่องจักรเดี่ยว (Single machine) ระบบนี้จะประกอบด้วยเครื่องจักรเพียงเครื่องเดียว ดังภาพที่ 2 ซึ่งระบบนี้เป็นระบบที่มีรูปแบบที่ง่ายที่สุดของการจัดเรียงเครื่องจักรที่เป็นไปได้ทั้งหมด นอกจากนี้แล้วระบบนี้ยังอาจจะเป็นรูปแบบในกรณีพิเศษของการจัดเรียงเครื่องจักรแบบซับซ้อนก็ได้ และยังสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาแบบแยกส่วนได้ โดยปัญหาการจัดตารางการผลิตของระบบผลิตที่ซับซ้อนจะถูกแยกออกเป็นปัญหาการจัดตารางการเครื่องจักรเดี่ยวย่อย ๆ จำนวนหนึ่ง



ภาพที่ 2 เครื่องจักรเดี่ยว

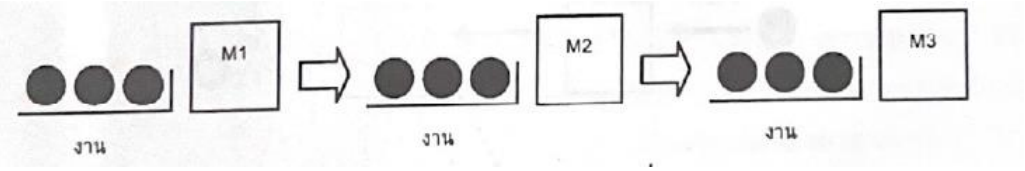
2. เครื่องจักรขนานที่เหมือนกัน (Identical machines in parallel) ระบบนี้ประกอบด้วยเครื่องจักร m เครื่องที่เหมือนกันทุกประการ มีการทำงานแบบขนานกัน หรือสามารถทำงานแทนกันได้ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 เครื่องจักรขนานที่เหมือนกัน

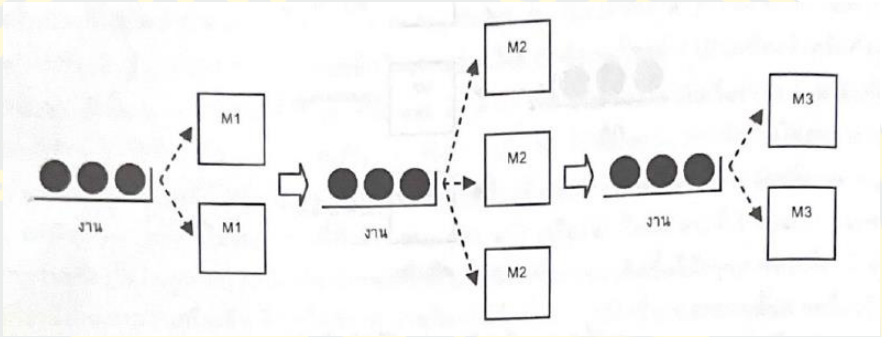
3. เครื่องจักรแบบขนานที่มีอัตราการผลิตต่างกัน (Parallel machines with different speed) ระบบนี้จะประกอบด้วยเครื่องจักร m เครื่องที่มีการทำงานแบบขนานกัน แต่ว่าอัตราในการทำงานของเครื่องจักรมีความแตกต่างกัน

4. การผลิตแบบไหลเลื่อน (Flow shop) ในระบบนี้ประกอบด้วยเครื่องจักร m เครื่อง ซึ่งงานทั้งหมดจะมีเส้นทางการไหลและรูปแบบของงานไปในทิศทางเดียวกัน ดังภาพที่ 4 การดำเนินงานทั้งหมดที่อยู่ในลำดับเดียวกันจะถูกดำเนินงานโดยเครื่องจักรเดียวกัน หลังจากงานเสร็จจากเครื่องจักรใด ๆ งานนั้นจะไปรอที่เครื่องจักรที่อยู่ในลำดับถัดไป โดยทั่วไปแล้วการเรียงลำดับงานจะเป็นแบบเข้าก่อนออกก่อน (First In First Out; FIFO) ส่วนใหญ่เราจะพบระบบนี้ได้ในสายการประกอบหรือสายการผลิตจำนวนมาก



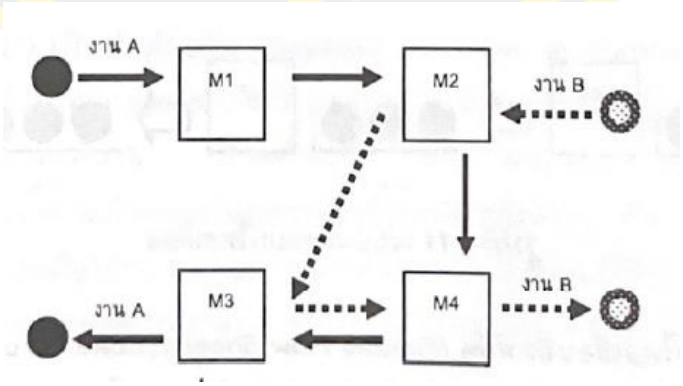
ภาพที่ 4 ระบบผลิตแบบไหลเลื่อน

5. การผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่น (Flexible flow shop) ระบบการผลิตนี้โดยทั่วไปจะประกอบด้วยระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนและระบบการผลิตแบบเครื่องจักรขนาน โดยในระบบจะประกอบด้วย c ขั้นตอนการดำเนินงานที่เรียงกันอยู่ ในแต่ละขั้นตอนจะมีการดำเนินงานที่เป็นเครื่องจักรแบบขนานที่เหมือนกัน งานแต่ละงานจะต้องดำเนินงานในขั้นตอนที่ 1 และ 2 ไปจนถึงขั้นตอนสุดท้ายโดยสามารถเลือกดำเนินงานที่กำหนดไว้ได้ในเครื่องจักรใดเครื่องจักรหนึ่งที่ขนานกันอยู่ ดังภาพที่ 5



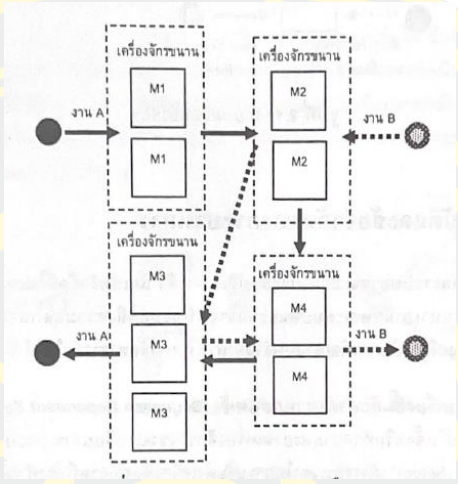
ภาพที่ 5 การไหลของงานในระบบผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่น

6. การผลิตแบบตามงาน (Job shop) ระบบนี้จะประกอบด้วยเครื่องจักร m เครื่องโดยที่งานแต่ละงานจะมีเส้นทางการไหลเฉพาะตามลักษณะของงานนั้น ๆ ตามที่ผู้วางแผนกระบวนการผลิตกำหนด โดยเส้นทางการไหลของงานจะไม่ซ้ำกัน และอาจเกิดความแตกต่างกันระหว่างเครื่องจักรแรกและเครื่องจักรสุดท้ายของแต่ละงาน ดังภาพที่ 6



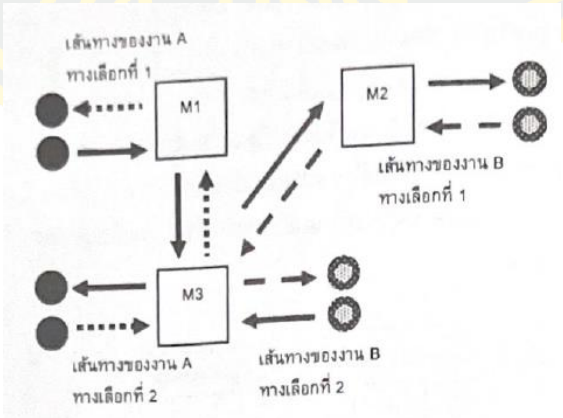
ภาพที่ 6 ระบบผลิตแบบตามงาน

7. การผลิตแบบตามงานหยืดหยุ่น (Flexible job shop) ระบบนี้จะประกอบด้วยระบบการผลิตแบบตามงานและระบบการผลิตแบบขนาน ซึ่งในแต่ละสถานีงานจะมีเครื่องแบบขนานอยู่จำนวนหนึ่ง งานแต่ละงานจะมีเส้นทางเฉพาะของตนเอง และสามารถเลือกดำเนินงานบนเครื่องจักรใดเครื่องจักรหนึ่งที่ขนานกันอยู่ ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ระบบผลิตแบบตามงานยืดหยุ่น

8. การผลิตแบบเปิด (Open shop) ระบบนี้จะคล้ายกับระบบการผลิตแบบตามงาน แต่จะไม่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับลำดับก่อนหลังของการดำเนินงานในเส้นทางของแต่ละงาน โดยงานสามารถยืดหยุ่นในลำดับก่อนหลังได้ ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ระบบผลิตแบบเปิด

เทคนิคที่ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิต

เทคนิคที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาการจัดตารางการผลิตสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะ โดยแต่ละลักษณะนั้นมีแนวทางในการดำเนินการที่แตกต่างกัน ซึ่งความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้กับงานจริงในอุตสาหกรรมก็แตกต่างกัน (อารดา ไชยโคตร, 2561) ดังนี้

1. การแจงนับบริบูรณ์ เป็นการแก้ปัญหาที่มีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้ความล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งจะต้องใช้เวลาในการคำนวณอย่างมาก เริ่มจากการสร้างลำดับของงานที่เป็นไปได้ทั้งหมด จากนั้นจึงคำนวณค่าปรับให้แต่ละลำดับงาน และเลือกลำดับงานที่มีค่าปรับที่น้อยที่สุดเป็นลำดับของงานที่ดีที่สุด (ปารเมศ ชุติมา, 2551) ข้อเสียของการแจงนับบริบูรณ์คือ ในกรณีที่มีงานเป็นจำนวนมากจะทำให้เสียเวลาในการหาคำตอบมากเช่นกัน

2. ขั้นตอนวิธีสร้างเสริม เป็นแนวทางในการจัดลำดับงานบนเครื่องจักรจากข้อมูลที่มาพร้อมกับปัญหา โดยเพิ่มงานที่ต้องการให้ผลิตก่อนลงในตารางการผลิตบางส่วน จนครบทุกงานในรอบการจัดตารางการผลิต โดยในแนวทางนี้มักใช้กฎพื้นฐานในการแก้ไขปัญหา ซึ่งผลลัพธ์ก็คือลำดับงานที่มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่กำหนดให้มีค่าดีที่สุด เช่น ในแบบจำลองเครื่องจักรเดี่ยว กฎงานที่ใช้เวลาในการผลิตน้อยที่สุดผลิตก่อน จะทำให้วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตด้านเวลาไหลเฉลี่ยของงานมีค่าต่ำที่สุด เป็นต้น การจัดตารางการผลิตด้วยวิธีนี้สามารถสร้างตารางการผลิตได้อย่างรวดเร็ว แต่ตารางการผลิตที่สร้างขึ้นอาจไม่ใช่ตารางการผลิตที่มีประสิทธิภาพที่สุด

3. การแจงนับโดยนัย เป็นแนวทางการจัดลำดับงานบนเครื่องจักรที่ใช้ขั้นตอนวิธีที่ชาญฉลาดในการตัดทอนคำตอบ หรือคำตอบแบบบางส่วนออกจากการพิจารณา เนื่องจากว่า คำตอบดังกล่าวนี้ไม่มีโอกาสที่จะนำไปสู่คำตอบสุดท้ายที่ดีที่สุดได้ โดยมากแล้วแนวทางนี้จะช่วยลดการค้นหาคำตอบลง จากจำนวนของคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดอย่างมาก ตัวอย่างของวิธีการแจงนับโดยนัย คือ ไดนามิกโปรแกรม หรือการแตกกิ่งและจำกัดเขต เป็นต้น

ขั้นตอนวิธีสร้างเสริมเป็นวิธีการที่สมควรนำมาให้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุด (ถ้ามี) เมื่อเปรียบเทียบกับแนวทางอื่น เพราะมีการคำนวณที่ไม่ยุ่งยากมากนัก และใช้เวลาในการคำนวณน้อย แต่ในทางกลับกันวิธีการแจงนับบริบูรณ์เป็นวิธีการที่ควรนำมาใช้ก็ต่อเมื่อไม่สามารถหาคำตอบได้จากวิธีการอื่น ๆ แล้วทั้งหมด

การหาคำตอบด้วยวิธีฮิวริกติก

การแก้ไขปัญหาการจัดตารางการผลิตส่วนใหญ่ในอุตสาหกรรมมักใช้วิธีการหาคำตอบโดยวิธีฮิวริกติกมีแนวโน้มที่จะสามารถให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยการหาคำตอบด้วยวิธีฮิวริกติกที่มักพบได้ในอุตสาหากรรมมีดังนี้ (บุษบา พฤกษาพันธุ์รัตน์, 2552)

1. เข้าก่อนออกก่อน (First-come First-served; FCFS) คือการให้ความสำคัญกับงานที่เข้ามาถึงหน่วยผลิตหรือเครื่องจักรตามลำดับก่อน-หลังของการมาถึง

2. เข้าหลังออกก่อน (Last-come First-served; LCFS) คือการให้ความสำคัญกับงานที่เข้ามาถึงหน่วยผลิตหรือเครื่องจักรเป็นลำดับหลังสุดก่อน

3. ปฏิบัติงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน (Shortest Processing Time: SPT) คือการให้ความสำคัญกับงานที่ใช้เวลาในการผลิตงานต่ำที่สุด จะได้เข้าดำเนินการเป็นลำดับแรก เพื่อให้มีปริมาณงานเสร็จสูง งานที่มีเวลาในการปฏิบัติงานต่ำถัดมาก็จะได้เข้าดำเนินงานในลำดับที่ 2, 3, 4 จนกระทั่งครบจำนวนงานที่รอคอยทั้งหมด SPT เป็นวิธีการที่มุ่งเน้นในการลดเวลารวมในการผลิตและผลักดันให้งานแต่ละงานออกจากระบบไปโดยเร็วที่สุด ซึ่งจะทำให้เกิดสินค้าคงเหลือระหว่างผลิตน้อย แต่งานที่ใช้เวลาในการผลิตนานจะถูกผลักให้ไปอยู่ในลำดับการผลิตท้าย ๆ และเกิดการรอคอยเป็นระยะเวลานาน

4. ปฏิบัติงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อน (Longest Processing Time: LPT) คือการให้ความสำคัญกับงานที่ใช้เวลาในการผลิตงานมากที่สุดก่อน จะได้เข้าดำเนินการเป็นลำดับแรก ข้อดีของ LPT คือสามารถสร้างขวัญและกำลังใจให้การทำงานให้กับพนักงานได้ เนื่องจากสามารถนำงานที่ใช้เวลานานและอาจมีความยากในการผลิตมากกว่าออกจากระบบได้โดยเร็ว แต่ LPT มีข้อเสียคือเวลาในการผลิตงานทั้งหมดจะยาวนาน และมีประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรในส่วนของแรงงานคนและเครื่องจักรต่ำอีกด้วย

5. เวลากำหนดส่งงานเร็วที่สุด (Earliest Due Date: EDD) คือการให้ความสำคัญกับงานที่มีกำหนดส่งมอบเร็วที่สุดจะได้เข้าดำเนินการเป็นลำดับแรก ซึ่งงานที่มีกำหนดในการส่งมอบกระชั้นกว่าจะถูกวางลำดับไว้ก่อนงานที่มีกำหนดส่งมอบที่ช้ากว่า EDD เป็นวิธีการที่มุ่งเน้นในส่วนของการลดความล่าช้าในการส่งมอบงาน แต่อาจจะทำให้เกิดสินค้าคงเหลือระหว่างการผลิตค่อนข้างสูง เนื่องจากวิธีการนี้ไม่ได้นำเวลาในการทำงานมาร่วมพิจารณา

6. การติดตั้ง (Similar Required Setups; MinSetup) คือการให้ความสำคัญกับงานที่มีลักษณะการติดตั้งคล้ายคลึงกันก่อน มักใช้ในกรณีที่เวลาในการติดตั้งงานมาก วิธีนี้มักส่งผลให้เวลาในการติดตั้งรวมน้อยที่สุด

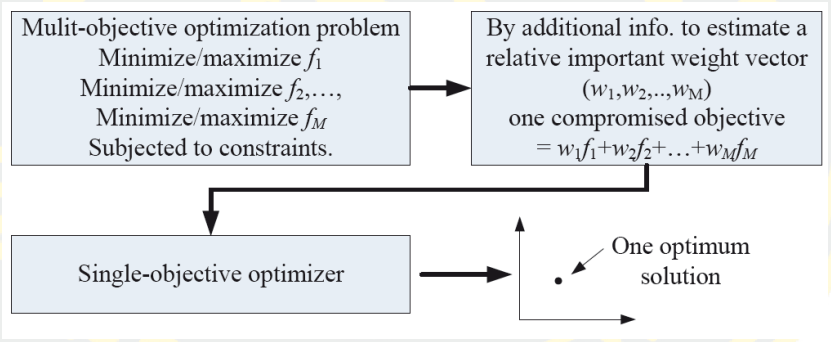
7. เวลาเหลือน้อยที่สุด (Minimize Slack Time: MSL) คือการให้ความสำคัญกับงานที่มีเวลาเหลือในการส่งมอบน้อยที่สุดเข้าดำเนินการผลิตก่อน

วิธีการต่าง ๆ ที่ได้เสนอไปในข้างต้นนั้นมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันไปตามเงื่อนไข ในบางสถานการณ์วิธีการหนึ่งอาจให้ผลลัพธ์ที่ดี แต่ในบางสถานการณ์วิธีการเดียวกันนั้นอาจจะให้

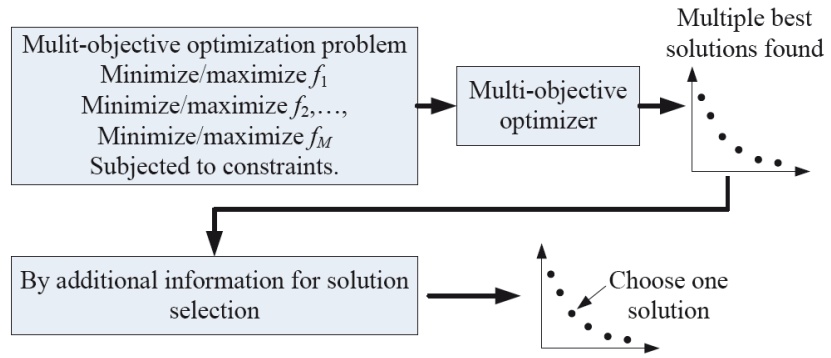
ผลเสีย อย่างไรก็ตามการเลือกวิธีการแก้ไขปัญหาควรเลือกให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของงานนั้น ๆ (อารดา ไชยโคตร, 2561)

วิธีการหาค่าที่เหมาะสมสำหรับวัตถุประสงค์หลายอย่าง

การหาค่าที่เหมาะสมสำหรับปัญหาที่มีวัตถุประสงค์หลายอย่างจะมี 2 วิธีที่นิยมใช้ได้แก่ วิธีผลรวมถ่วงน้ำหนัก (Weighted-sum approach) และวิธีพื้นฐานพาเรโต (Pareto-based approach) โดยกระบวนการของวิธีทั้งสองจะอธิบายดังภาพที่ 9 และภาพที่ 10 ตามลำดับ สำหรับวิธีผลรวมถ่วงน้ำหนักซึ่งเป็นวิธีหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของวัตถุประสงค์หลายอย่างแบบดั้งเดิม โดยทุกวัตถุประสงค์จะถูกนำมารวมกันโดยถ่วงน้ำหนักจนเหลือเพียงวัตถุประสงค์เดียว หลังจากนั้นก็ใช้ตัวหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเพียงวัตถุประสงค์เดียวในการหาคำตอบ ซึ่งโดยส่วนใหญ่ก็จะได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดเพียงคำตอบเดียว แต่ก็จะเป็นคำตอบที่ขึ้นอยู่ความคิดส่วนตัวของผู้ใช้ เนื่องจากการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก จะให้คำตอบแบบกลางๆ (Compromised solution) ที่ดีที่สุดเพียงคำตอบเดียว เทคนิคนี้จึงค่อนข้างเป็นที่นิยม เนื่องจากง่ายต่อการนำไปใช้งาน



ภาพที่ 9 วิธีผลรวมถ่วงน้ำหนัก



ภาพที่ 10 พื้นฐานพาเรโต

เนื่องจากเป็นไปไม่ได้ที่จะมีเพียงคำตอบเดียวที่ให้ค่าวัตถุประสงค์ที่ดีที่สุดพร้อมกันทุกวัตถุประสงค์สำหรับปัญหาวัตถุประสงค์หลายอย่าง จึงได้มีการหาคำตอบของค่าวัตถุประสงค์โดยใช้หลักการของการคลอบงำแบบพาเรโต (Pareto domination) โดยคำตอบ x ใด ๆ จะคลอบงำหรือดีกว่าคำตอบ y ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ x และ y ถ้าเงื่อนไขทั้งสองข้อต่อไปนี้เป็นความจริง

1. ไม่มีวัตถุประสงค์ใด ที่คำตอบของ x แย่กว่าคำตอบของ y
2. มีอย่างน้อย 1 วัตถุประสงค์ ที่คำตอบของ x ดีกว่าคำตอบของ y

ในการเปรียบเทียบคำตอบของปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับวัตถุประสงค์หลายอย่าง (Multi-objective Optimization Problem, MOOP) วิธีนี้จะได้คำตอบที่ดีที่สุดหลายคำตอบ หลังจากนั้นสร้างเกณฑ์พิจารณาเพิ่มเติม เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมหนึ่งคำตอบและถูกเลือกสำหรับปัญหาดังกล่าว ดังภาพที่ 10 (กิตติพงศ์ บุญโล่ง, 2554)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อารดา ไชยโคตร (2561)ได้ศึกษาปัญหาในการจัดตารางการผลิตของกระบวนการขึ้นรูปยางรถยนต์ที่มีรูปแบบในการผลิตที่ใช้เครื่องจักรแบบขนาน โดยมีเป้าหมายเพื่อลดต้นทุนรวมจากค่าแรงงาน และค่าไฟฟ้าในการเดินเครื่องจักร ในกระบวนการขึ้นรูปยางรถยนต์จะต้องจัดตารางการผลิตรายวันสำหรับปริมาณการผลิตรวมประมาณ 7,000 เส้น ของรุ่นผลิตภัณฑ์ประมาณ 80 รุ่น บนเครื่องจักร 32 เครื่อง โดยที่เวลาในการปรับตั้งงานของเครื่องจักรจะขึ้นอยู่กับงานในลำดับก่อนหน้า งานวิจัยนี้ได้สร้างแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed integer linear programming, MILP) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว และทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองโดยเทียบกับตารางการผลิตจริง 30 วัน ซึ่งผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมที่สร้างขึ้นนั้นสามารถลดต้นทุนรวมในการผลิตได้เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเดิม และมีจำนวนการใช้งานของเครื่องจักรลดลง

กัญชลา สุดตาชาติ (2552)ได้นำเสนอปัญหาการจัดลำดับการผลิตในระบบการผลิตที่ประกอบด้วยเครื่องจักรที่ทำงานแบบขนาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เวลาในการผลิตรวมของระบบมีค่าต่ำที่สุด ในกรณีที่ลำดับการผลิตมีผลต่อเวลาการติดตั้งเครื่องจักรและมีข้อกำหนดของเครื่องจักร งานวิจัยนี้ได้เสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรมมิงจำนวนเต็ม (Integer Programming) และฮิวริสติกสำหรับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ จากผลการทดสอบพบว่า วิธีการดังกล่าวที่ใช้สำหรับปัญหาขนาดเล็ก (ไม่เกิน 12 งาน) จะได้เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 7.60 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6.76 ในส่วนของปัญหาที่มีขนาดใหญ่สามารถให้คำตอบที่ดีที่สุด ร้อยละ 23.08 ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมดที่ใช้ในการทดลอง

ทวีพร ขำดี (2554)ได้ศึกษาและพัฒนาวิธีการจัดตารางการผลิตของกลุ่มงานให้กับเครื่องจักรแบบขนานที่เครื่องจักรมีประสิทธิภาพแตกต่างกัน และเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรจะขึ้นอยู่กับลำดับงานก่อนหน้า โดยในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีเวลาปิดงานต่ำที่สุด และมีจำนวนงานสายน้อยที่สุด ผู้วิจัยได้ใช้แนวทางการจัดตารางการผลิตโดยการค้นหาซ้ำด้วยวิธีทาบู ได้ออกแบบโครงสร้างเนเบอร์ฮูดและออกแบบรายการข้อห้ามหลายรูปแบบที่มีความสอดคล้องกับเป้าหมายในการจัดตารางการผลิต ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่าเวลาปิดงานและจำนวนงานสายลดลงเมื่อเทียบกับการใช้กฎการจัดลำดับงานโดยจัดลำดับงานที่ใช้เวลาในการผลิตน้อยที่สุดก่อน (STP) และกำหนดส่งมอบหลังสุด (EDD) โดยค่าเฉลี่ยของเวลาปิดงานลดลง 17.5 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนงานสายโดยเฉลี่ยลดลง 1.8 งาน

คณิศร ศรีทาพักตร์ (2564)ได้ศึกษาปัญหาการจัดตารางการผลิตของกระบวนการขึ้นรูปยางรถยนต์ โดยใช้วิธีเมตาฮิวริสติก มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเมตาฮิวริสติกที่ทำให้ต้นทุนรวมมีค่าต่ำอย่างเหมาะสม และเพิ่มทางเลือกของวิธีการจัดตารางการผลิต ผู้วิจัยได้เสนอวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแล้วนำไปทดสอบกับปัญหาของบริษัทกรณีศึกษา พบว่าต้นทุนในการผลิตเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 2,935.8 บาทต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 4.1 แต่ในด้านของเวลาการประมวลผลสูงสุดลดลง 950 วินาที หรือคิดเป็นร้อยละ 63.3 และไม่มีค่าใช้จ่ายสำหรับเครื่องมือในการประมวลผลคิดเป็นเงิน 420,000 บาท

นัฐพงค์ สุดพุ่ม และสรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์ (2551)ได้พัฒนาฮิวริสติกอัลกอริทึมสำหรับการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรขนานโดยมีเวลาเตรียมการผลิตเป็นแบบไม่อิสระ ซึ่งมีจำนวนงานที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมด 10 งาน และมีจำนวนเครื่องจักร 3 เครื่อง โดยในงานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการจัดตารางการผลิตทั้งหมด 4 วิธี ได้แก่ วิธีใช้เวลาการผลิตน้อยที่สุดและเวลาเตรียมการผลิตน้อยที่สุดก่อน (SPAST) วิธีใช้เวลาการผลิตน้อยที่สุดและเวลาการผลิตเสร็จน้อยที่สุดก่อน (SPACT) วิธีใช้เวลาการผลิตน้อยที่สุดและอัตราส่วนระหว่างเวลาเตรียมการผลิตกับเวลาการผลิตเสร็จมากที่สุดทำการผลิตก่อน (SPASCR) และวิธีใช้เวลาการผลิตน้อยที่สุดและอัตราส่วนระหว่างเวลาเตรียมการผลิตกับเวลาการผลิตน้อยที่สุดก่อน (SPASPR) ผลการทดสอบการจัดตารางการผลิตทั้ง 4 วิธี โดยใช้แผนการออกแบบล็อกแบบสุ่ม พบว่าวิธี SPACT ให้ผลลัพธ์ของการจัดตารางการผลิตดีที่สุด และให้ค่าเวลาปิดงานของระบบต่ำที่สุด

จิรัสยา ปาณะศรี และนรา สมัตถภาพงศ์ (2566) ได้ศึกษากระบวนการจัดตารางการผลิตสำหรับเครื่องจักรขนานโดยใช้เทคนิคจำลองสถานการณ์ เพื่อจัดงานลงบนเครื่องจักรอย่างเหมาะสม และใช้วัตถุดิบอย่างคุ้มค่า รวมทั้งเพื่อลดเวลาปิดงานของระบบลง งานวิจัยนี้ได้ใช้เทคนิคจำลองสถานการณ์ เพื่อสร้างทางเลือกที่เป็นไปได้ และให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด จากเทคนิคจำลอง

สถานการณ์พบว่าสามารถสร้างทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมด 40 ทางเลือก และทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดสามารถลดเวลาทำงานรวมลงได้ 112,831.99 วินาที หรือคิดเป็นร้อยละ 54.03

ธนวัฒน์ วงศ์เครือ และวรวุฒิ หวังวัชรกุล (2564)ได้ศึกษาการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรขนาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนเครื่องจักรที่ใช้ให้เหมาะสม และเพิ่มประสิทธิภาพของอัตราการใช้เครื่องจักร งานวิจัยนี้ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมและวิธีการจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกผสมผสาน โดยใช้หลักการของ Earliest Due Date (EDD) และ Longest Processing Time (LPT) จากผลการวิจัยพบว่า ผลของการจัดตารางการผลิตโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ซึ่งสามารถลดต้นทุนรวมของการผลิตลงได้ 13.43 เปอร์เซ็นต์ ลดเวลารวมที่งานเสร็จล่าช้ากว่ากำหนดลง 24.63 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดเวลารวมที่งานเสร็จก่อนกำหนดลงได้ 10.35 เปอร์เซ็นต์

Chiuh-Cheng Chyu and Wei-Shung Chang (2010)ใช้ขั้นตอนวิธีด้านวิวัฒนาการแบบพาเรโต (Pareto evolutionary algorithm) ในการแก้ปัญหาที่มีสองวัตถุประสงค์ ขั้นตอนวิธีด้านวิวัฒนาการใช้สำหรับการสร้างตารางการผลิตที่เป็นไปได้ (Feasible schedule) หลายตาราง แล้วเลือกกลุ่มตารางการผลิตที่มีค่าวัตถุประสงค์ทั้งสองที่เหมาะสมแบบพาเรโต

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการศึกษาวิธีฮิวริสติกสำหรับการจัดตารางการผลิตประจำวันของกระบวนการตัดสายไฟอัตโนมัติของบริษัทแห่งหนึ่ง โดยมีเป้าหมายเพื่อให้มีเวลารวมในการปิดงานต่ำที่สุด ซึ่งเนื้อหาในบทนี้จะนำเสนอภาพรวมของขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย และนำเสนอรายละเอียดที่ประกอบด้วยสภาพปัจจุบันของการวางแผนในการผลิต จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลในอดีตและปัญหาของการจัดตารางการผลิต

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. การศึกษาสภาพปัจจุบันของการจัดตารางการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา

ขั้นตอนนี้จะแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับกำลังการผลิตของแผนกตัดสายไฟอัตโนมัติ

2. การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนั้นได้นำเสนอไว้ในบทที่ 2 เกี่ยวกับทฤษฎีต่าง ๆ ที่นำมาใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหา ได้แก่ การวางแผนการผลิตและการจัดตารางการผลิต เทคนิคที่ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิต การหาคำตอบด้วยวิธีฮิวริสติก และศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการแก้ไขปัญหาการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรแบบขนาน

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนนี้จะแสดงการวิเคราะห์ข้อมูลของการผลิตในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2564 มีรายละเอียดต่าง ๆ ได้แก่ จำนวนงานที่มีการสั่งผลิตในรอบ 1 เดือน ชนิดของเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการตัดสายไฟอัตโนมัติ และเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรของลักษณะการตัดสายไฟในแบบต่าง ๆ

4. การวิเคราะห์ปัญหาการจัดตารางการผลิตและเสนอแนวทางการแก้ไข

ขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์ปัญหาการจัดตารางการผลิตในปัจจุบัน และเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาการจัดตารางการผลิต

5. การสร้างฮิวริสติกสำหรับจัดตารางการผลิต

ขั้นตอนนี้จะนำเสนอรายละเอียดเกี่ยวกับการออกแบบฮิวริสติกในการจัดตารางการผลิตที่ต้องตัดสินใจว่าลำดับในการผลิตงานบนเครื่องจักรแต่ละเครื่องจะต้องเป็นอย่างไร และจะต้องใช้เครื่องจักรเป็นจำนวนเท่าใด โดยฮิวริสติกที่สร้างขึ้นจะนำเสนอในบทที่ 4

6. การทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง

ขั้นตอนนี้จะนำเสนอรายละเอียดในการเปรียบเทียบผลของการจัดตารางการผลิตกับตารางการผลิตของบริษัทกรณีศึกษาในเดือนพฤศจิกายนพ.ศ. 2564 จำนวน 30 วัน โดยวัดผลการประเมินจากเวลาปรับตั้งเครื่องจักรและเวลาปิดานของระบบ

7. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ขั้นตอนนี้เป็นการสรุปผลในการดำเนินการของงานวิจัย และอภิปรายของการจัดตารางการผลิตของแบบจำลองที่นำเสนอ พร้อมทั้งสรุปข้อจำกัดต่าง ๆ ในการใช้งาน และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงการใช้งานของแบบจำลอง ซึ่งขั้นตอนของการสรุปและอภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะจะนำเสนอในบทที่ 5

การศึกษาสภาพปัจจุบันของการจัดตารางการผลิตประจำวันของบริษัทกรณีศึกษา

การศึกษาวิจัยอุตสาหกรรมนี้เป็นการศึกษาเพื่อปรับปรุงกระบวนการวางแผนการผลิตในส่วนของแผนกตัดสายไฟอัตโนมัติของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งในส่วนนี้จะกล่าวถึงกระบวนการผลิตโดยรวมของบริษัทกรณีศึกษา ขั้นตอนการวางแผนการผลิต ตลอดจนข้อมูลและเงื่อนไขในการวางแผนการผลิตโดยมีรายละเอียดดังนี้

กระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา

กระบวนการตัดสายไฟเป็นกระบวนการหนึ่งของการประกอบชุดสายไฟสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าและรถยนต์ ซึ่งกระบวนการผลิตโดยรวมของบริษัทกรณีศึกษาจะเริ่มจากการรับแบบของชุดสายไฟที่ลูกค้าต้องการ แล้วนำมากำหนดรูปแบบหรือกระบวนการในการผลิต เนื่องจากแบบของชุดสายไฟที่ได้รับจากลูกค้าค่อนข้างมีความหลากหลายและมีความเฉพาะตัวสูง ซึ่งแต่ละแบบนั้นจะมีความแตกต่างกันไปตามข้อกำหนดที่ลูกค้าต้องการ

ขั้นตอนในการตัดสายไฟเป็นขั้นตอนเริ่มแรกของการประกอบชุดสายไฟ โดยสายไฟที่ถูกตัดและย้ำขั้วต่อสายไฟ (Terminal) จะถูกนำออกจากเครื่องจักรและถูกส่งต่อไปยังแผนกประกอบ เพื่อเพิ่มเติมอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้า โดยเครื่องจักรที่ใช้ในการตัดสายไฟอัตโนมัติที่ผู้วิจัยเลือกศึกษาเป็นในส่วนงานของสายไฟที่นำไปประกอบในเครื่องใช้ไฟฟ้าของบริษัทกรณีศึกษา ในส่วนนี้จะมีเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติทั้งหมด 20 เครื่อง

ในกระบวนการตัดสายไฟจะแบ่งลักษณะของการตัดสายไฟเป็นดังนี้

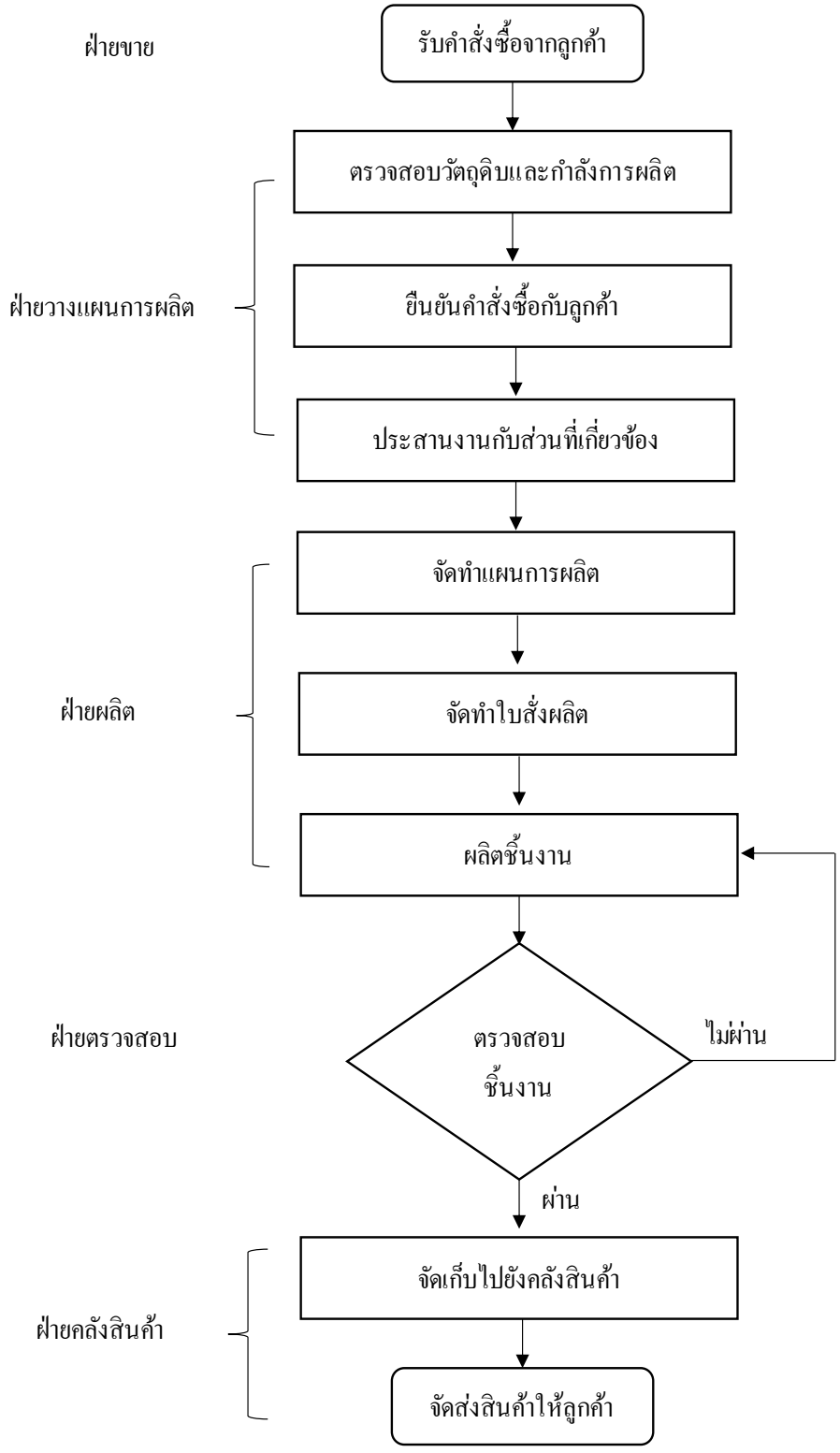
1. การตัดสายไฟโดยไม่มีการย้ำขั้วต่อสายไฟ
2. การตัดสายไฟโดยมีการย้ำขั้วต่อสายไฟด้านใดด้านหนึ่ง
3. การตัดสายไฟโดยมีการย้ำขั้วต่อสายไฟทั้ง 2 ด้าน

4. การตัดสายไฟโดยมีด้านหนึ่งย้ำขั้วต่อสายไฟ และอีกด้านหนึ่งเป็นกระบวนการในการชุบดีบุก

การวางแผนการผลิต

ในการวางแผนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษาจะเริ่มจากการที่ฝ่ายขายได้รับคำสั่งซื้อมาจากลูกค้า จากนั้นฝ่ายวางแผนการผลิตก็จะตรวจสอบวัตถุดิบที่ต้องใช้ในการผลิตที่มีจัดเก็บอยู่ในคลังวัตถุดิบ และตรวจสอบกำลังการผลิตกับฝ่ายผลิต เพื่อยืนยันวันส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้า และจากนั้นจะประสานงานกับฝ่ายจัดซื้อ เพื่อเตรียมความพร้อมของวัตถุดิบเพิ่มเติม ซึ่งอาจมีการสั่งซื้อเพิ่มเติม ขึ้นอยู่กับปริมาณคำสั่งซื้อของลูกค้านั้น ๆ จากนั้นฝ่ายวางแผนจะประสานงานกับฝ่ายผลิตเพื่อจัดทำแผนในการผลิตและใบสั่งผลิต หากผลิตงานได้ไม่ทันตามที่กำหนดจะมีการปรับแผนในการผลิตแล้วแจ้งให้ฝ่ายต่าง ๆ รับทราบ แต่หากมีงานด่วนจากลูกค้าเข้ามาก็จะมีการแทรกงานนั้น ๆ ไปยังแผนที่วางไว้ตามที่ฝ่ายผลิตเห็นว่าเหมาะสม จากนั้นชิ้นงานจะถูกส่งให้ฝ่ายตรวจสอบ เพื่อเช็ครายละเอียดให้เป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้า และส่งเข้าไปยังคลังสินค้าเพื่อรอการส่งมอบต่อไป ซึ่งรายละเอียดต่าง ๆ จะเป็นไปตามภาพที่ 11

ในการวางแผนการผลิตในส่วนของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติจะเป็นการวางแผนตามคำสั่งซื้อของลูกค้า และวางแผนการตัดสายไฟในทุก ๆ วัน โดยในการวางแผนจะวางแผนของทั้งสองกะทำงานคือวางแผนของกะกลางวันรวมถึงการทำงานล่วงเวลาของกะกลางวัน และวางแผนของกะกลางคืนรวมถึงการทำงานล่วงเวลาของกะกลางคืน โดยพนักงานที่ปฏิบัติงานในกะกลางวันจะเริ่มงานตั้งแต่เวลา 8.00 – 17.05 น. และสามารถทำงานล่วงเวลาเพิ่มได้ 2 - 4 ชั่วโมง ส่วนพนักงานที่ปฏิบัติงานในกะกลางคืนจะเริ่มงานตั้งแต่เวลา 20.00 – 04.20 น. และสามารถทำงานล่วงเวลาเพิ่มได้ 2 - 4 ชั่วโมงเช่นกัน ซึ่งเวลาในการทำงานล่วงเวลาขึ้นอยู่กับปริมาณของงานที่ผลิตในแต่ละวัน



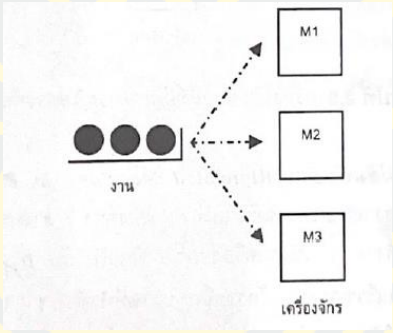
ภาพที่ 11 ภาพรวมของขั้นตอนการวางแผนการผลิต

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลการวางแผนการผลิตของแผนกตัดสายไฟอัตโนมัติในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 มีรายละเอียดต่าง ๆ ได้แก่ จำนวนงานสั่งผลิตในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ชนิดของเครื่องจักร และเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร

1. ข้อมูลจำนวนงานที่สั่งผลิตในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ที่ได้จากการเก็บข้อมูล พบว่า จำนวนงานสั่งผลิตเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 140 งาน

2. เครื่องตัดสายไฟในอัตโนมัติแต่ละเครื่องสามารถทำงานได้ไม่แตกต่างกัน กล่าวคือ งานทุกชนิดสามารถใช้เครื่องตัดสายไฟเครื่องใดก็ได้ ในการทำงาน เครื่องจักรเป็นแบบขนาน ทุกเครื่องสามารถทำงานได้เหมือนกัน และมีกำลังในการผลิตเท่ากัน โดยมีโครงสร้างของปัญหาเป็นดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 โครงสร้างของปัญหากรณีศึกษา

3. เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับลักษณะของการตัดสายไฟ ดังตารางที่ 1 และสัดส่วนของรุ่นงานตามลักษณะของการตัดสายไฟในรอบการจัดตารางการผลิต ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรของลักษณะการตัดสายไฟ

ลักษณะของการตั้งเครื่องจักร	เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร (นาที/ด้าน)
ถอดหัวย้ำขั้วต่อสายไฟที่ผลิตก่อนหน้า เพื่อผลิตงานแบบไม่มีการย้ำขั้วต่อสายไฟ	2
ใส่หัวย้ำขั้วต่อสายไฟ	11
ใส่เครื่องมือสำหรับผลิตงานแบบชุบดีบุก	11.8

ตารางที่ 2 ความถี่ในการปรับตั้งเครื่องจักรตามลักษณะของการตัดสายไฟ

ลักษณะของการตัดสายไฟ	ร้อยละ
แบบไม่มีการย้ำขั้วต่อสายไฟ	8.49
แบบย้ำขั้วต่อสายไฟด้านใดด้านหนึ่ง	45.10
แบบย้ำขั้วต่อสายไฟทั้ง 2 ด้าน	11.76
แบบชุบดีบุกหนึ่งด้าน	34.64

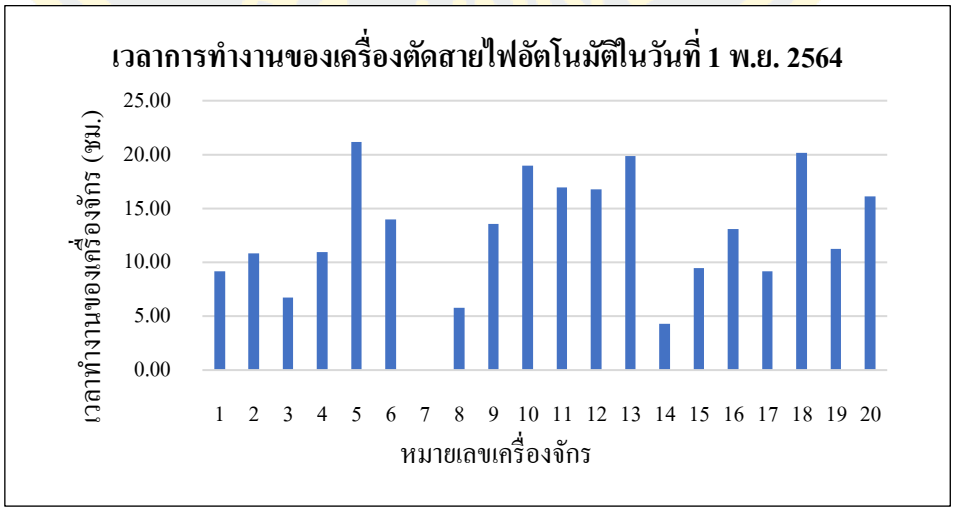
การวิเคราะห์ปัญหา

ในการจัดตารางการผลิตจะจัดโดยอาศัยประสบการณ์ของพนักงาน โดยจัดตารางการผลิตตามกำหนดส่งงานให้ลูกค้าเป็นหลักโดยส่วนใหญ่แล้วพนักงานจะจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรในแต่ละเครื่องโดยอ้างอิงลูกค้านั้น ๆ กล่าวคือลูกค้าเดียวกันก็มักจะจัดให้มีการผลิตอยู่ในเครื่องจักรเดียวกัน แต่อาจมีการรวมลูกค้าอื่น ๆ เข้าไปด้วยได้ ซึ่งพนักงานจะดูจากความเหมาะสม ซึ่งจะทำการวางแผนเป็นรายวันและวางแผนการทำงานทั้งในเวลาการทำงานปกติและการทำงานล่วงเวลา จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ปัญหาในการจัดตารางการผลิตเกิดจากการจัดลำดับงานของลักษณะการตัดสายไฟ กล่าวคือการเปลี่ยนหัวขั้วต่อสายไฟที่แตกต่างกันจะส่งผลให้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรแตกต่างด้วย เพราะสาเหตุดังกล่าวทำให้ต้องมีการปรับตั้งค่าของเครื่องจักรบ่อยครั้ง ตัวอย่างการคำนวณเวลาการตั้งเครื่องจักรจากลำดับงานในตารางที่ 3 ดังนี้ ลำดับงานที่ 1, 2 และ 3 ไม่มีกิจกรรมการตั้งเครื่องจักร เนื่องจากขั้วต่อสายไฟที่ 1 และ 2 เหมือนกัน, ลำดับงานที่ 4 ต้องเปลี่ยนขั้วต่อสายไฟที่ 1 จาก 925801-2MAC ไปเป็น SRC-51T-M4 ใช้เวลา 11 นาที, ลำดับงานที่ 5 ต้องถอดขั้วต่อสายไฟที่ 2 ใช้เวลา 2 นาที, ลำดับงานที่ 6 ต้องถอดขั้วต่อสายไฟที่ 1 ใช้เวลา 2 นาที และใส่ขั้วต่อสายไฟที่ 2 (179974-1) ใช้เวลา 11 นาที รวมเวลาตั้งเครื่องจักร 13 นาที และลำดับที่ 7 ต้องใส่ขั้วต่อไฟฟ้าที่ 1 (179975-1) ใช้เวลา 11 นาที และเปลี่ยนเครื่องมือเป็นชุบดีบุกที่ขั้วต่อไฟฟ้าที่ 2 ใช้เวลา 11.8 นาที รวมเวลาปรับตั้งเครื่องจักร 22.8 นาที ดังนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนรุ่นในการผลิตหรือเปลี่ยนขั้วต่อสายไฟบ่อยครั้งก็จะทำให้เสียเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร

ตารางที่ 3 ตัวอย่างลำดับงานบนเครื่องจักร

ลำดับงาน	ขั้วต่อไฟฟ้าที่ 1	ขั้วต่อไฟฟ้าที่ 2
1	925801-2MAC	179975-1
2	925801-2MAC	179975-1
3	925801-2MAC	179975-1
4	SRC-51T-M4	179975-1
5	SRC-51T-M4	-
6	-	179974-1
7	179975-1	ชุบดีบุก

อีกสาเหตุหนึ่งอาจเกิดจากการแบ่งภาระงานของเครื่องจักรไม่เหมาะสมทำให้แผนการทำงานของเครื่องจักรเกิดความไม่สมดุลกัน เนื่องจากเครื่องจักรบางเครื่องมีเวลาการทำงานสูง แต่เครื่องจักรบางเครื่องยังคงมีเวลาว่างงาน และบางเครื่องไม่มีการผลิตงาน ดังตัวอย่างเวลาการทำงานของเครื่องจักรในวันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ดังภาพที่ 13 พบว่าเครื่องจักรหมายเลข 5 จะมีเวลาการทำงานประมาณ 21 ชั่วโมง ซึ่งทำให้เครื่องจักรนี้มีเวลาทำงานมากที่สุด ส่วนเครื่องจักรหมายเลข 14 มีเวลาในการทำงานประมาณ 4 ชั่วโมง ซึ่งเวลาการทำงานของเครื่องจักรหมายเลข 14 น้อยกว่าเวลาการทำงานของเครื่องจักรหมายเลข 5 ถึง 17 ชั่วโมง นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าเครื่องจักรหมายเลข 7 มีเวลาการทำงานเป็นศูนย์ นั่นก็คือไม่มีการตัดสายไฟบนเครื่องจักรหมายเลขนี้



ภาพที่ 13 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 1 พฤศจิกายน 2564

เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร เวลาปิดงานของระบบ และอัตราการใช้งานของเครื่องจักร จากสภาพปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สรุปข้อมูลสภาพปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา

วันที่	จำนวนงาน	จำนวนเครื่องจักร	เวลารวมการตั้งเครื่องจักร (ชม.)	เวลาปิดงาน (ชม.)	อัตราการใช้งานของเครื่องจักร (%)
1	169	19	14.04	21.15	51.69
2	152	19	12.96	22.60	59.64
3	132	19	14.66	23.37	49.67
4	141	18	13.81	22.39	47.24
5	121	17	9.57	22.47	48.65
6	164	17	11.93	21.54	36.46
7	40	13	4.94	10.35	19.44
8	100	18	10.35	22.97	55.25
9	223	20	17.56	23.84	47.78
10	110	18	10.30	21.96	43.71
11	138	19	15.20	22.21	45.71
12	141	18	12.65	21.73	43.81
13	144	18	14.21	20.05	37.90
14	40	12	6.06	10.93	13.01
15	128	20	13.20	23.21	52.99
16	120	17	13.12	21.37	50.35
17	192	19	19.18	22.53	52.97
18	144	19	12.72	22.85	57.48
19	127	19	14.46	20.80	48.71
20	127	19	13.58	19.54	46.83
21	55	15	6.90	16.72	25.62
22	170	20	15.93	21.69	58.99
23	182	20	15.71	22.63	57.45
24	173	19	16.41	21.61	52.54
25	118	19	13.46	21.55	51.37
26	111	18	11.63	20.77	47.75
27	138	19	12.87	20.65	44.67
28	17	7	2.63	12.12	12.21
29	155	19	15.93	20.94	53.87
30	198	18	16.29	23.27	53.76

วิธีที่ใช้สำหรับการจัดตารางการผลิตเครื่องจักรแบบขนานที่เวลาปรับตั้งเครื่องจักรขึ้นอยู่กับลำดับงานก่อนหน้านั้นมีด้วยกันหลากหลายรูปแบบ โดยวิธีการแก้ไขปัญหาการจัดตารางการผลิตในอุตสาหกรรมจะใช้วิธีการหาคำตอบโดยวิธีฮิวริสติก ได้แก่ วิธีการจัดงานที่ใช้เวลาการผลิตมากที่สุดผลิตก่อน (Longest processing time; LPT) วิธีนี้เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการจัดตารางการผลิตเครื่องจักรขนานที่มีเป้าหมายในการลดเวลาปิดงานของระบบ ส่วนวิธีการเลือกปฏิบัติงานที่มีเวลาปรับตั้งเครื่องจักรน้อยที่สุดก่อน (Similar Required Setups; MinSetup) เป็นวิธีที่ทำให้ลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรโดยรวมลงได้ อีกทั้งปัญหาการจัดตารางการผลิตในงานวิจัยนี้มีสองวัตถุประสงค์ วิธีการแก้ปัญหาอย่างง่าย เช่น LPT หรือ MinSetup เป็นต้น อาจไม่สามารถสร้างตารางการผลิตที่บรรลุจุดประสงค์ทั้งสองได้ การหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดของปัญหาที่มีสองจุดประสงค์ทำได้ 2 วิธีคือ วิธีผลรวมถ่วงน้ำหนักซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดของวัตถุประสงค์ที่เกิดจากการถ่วงน้ำหนักสองจุดประสงค์นั้น และวิธีพื้นฐานพาเรโต (Pareto-based approach)

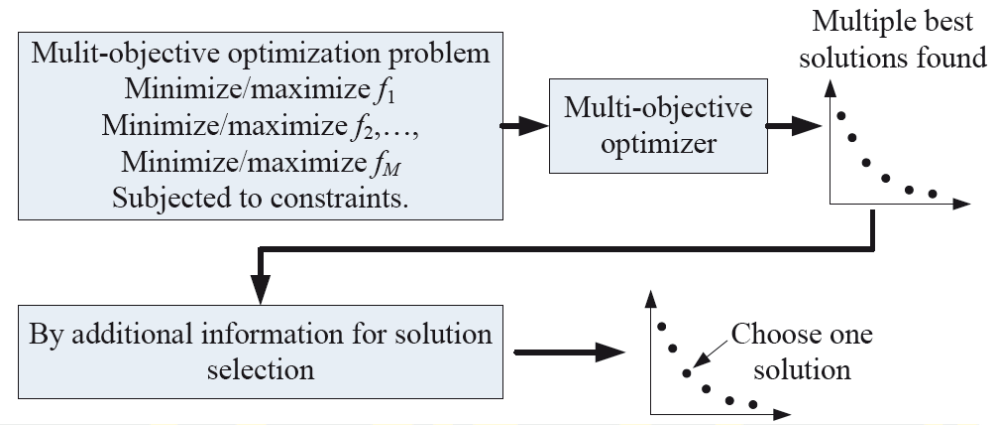
บทที่ 4
ผลการวิจัย

จากเนื้อหาในบทที่ 3 ได้กล่าวถึงสภาพปัญหาของการจัดตารางการผลิตของกระบวนการตัดสายไฟอัตโนมัติในปัจจุบันที่มีการวางแผนการผลิตโดยใช้ประสบการณ์ของผู้วางแผนเป็นหลัก ขาดการคำนึงถึงเวลาการในการปรับตั้งเครื่องจักรที่จะต้องสูญเสียไป ทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับสมดุลของภาระงานบนเครื่องจักรแต่ละเครื่อง การจัดตารางการผลิตของแผนกตัดสายไฟอัตโนมัติเป็นกิจกรรมที่จำเป็นที่จะต้องเกิดขึ้นในทุกวัน ซึ่งจะได้รับข้อมูลรายละเอียดของรุ่นการผลิตละปริมาณการสั่งผลิต จากนั้นพนักงานจะต้องตัดสินใจจัดลำดับการผลิตลงบนเครื่องจักรที่เป็นไปได้จาก 20 เครื่องจักร เพื่อสร้างตารางการผลิต สำหรับเนื้อหาในบทนี้จะนำเสนอวิธีการจัดตารางการผลิตรายวันโดยใช้ฮิวริสติก 2 วิธี ได้แก่

1. การเลือกปฏิบัติงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อน (Longest Processing Time: LPT) ซึ่งวิธีนี้จะถูกออกแบบร่วมกับวิธีการเลือกปฏิบัติงานที่มีเวลาปรับตั้งเครื่องจักรน้อยที่สุดก่อน (Similar Required Setups: MinSetup) โดยการกำหนดเวลาวิกฤตตั้งต้นจากการคำนวณผลรวมเวลาผลิตงานของทุกงานกับผลรวมเวลาปรับตั้งเครื่องจักรเฉลี่ยของทุกงานต่อจำนวนเครื่องจักรของวิธีการเดิม จากนั้นจะเรียงลำดับงานที่ใช้เวลาในการผลิตมากที่สุดไปจนถึงงานที่ใช้เวลาในการผลิตน้อยที่สุด แล้วจัดงานลงบนเครื่องจักรที่ทำให้มีเวลาปรับตั้งเครื่องจักรน้อยที่สุด หากเกินเวลาวิกฤตที่กำหนดจึงจะจัดงานลงบนเครื่องจักรที่ทำให้มีเวลาผลิตเสร็จเร็วที่สุด เมื่อครบทุกงานแล้วจึงตรวจสอบว่าเวลาปิดงานของระบบเกินกว่าเวลาวิกฤตหรือไม่ หากเวลาปิดงานของระบบไม่เกินเวลาวิกฤตก็จะนำไปกำหนดเป็นเวลาวิกฤตตั้งต้นและจัดตารางการผลิตใหม่ หากเกินเวลาวิกฤตก็จะได้ลำดับการผลิตใหม่

2. การเลือกปฏิบัติงานที่มีเวลาปรับตั้งเครื่องจักรน้อยที่สุดก่อน (Similar Required Setups: MinSetup) ถูกออกแบบโดยกำหนดเวลาวิกฤตตั้งต้นเท่ากับ 960 นาที แล้วเรียงลำดับเครื่องจักรจากเครื่องจักรที่ใช้เวลาปรับตั้งน้อยที่สุดไปยังเครื่องจักรที่ใช้เวลาปรับตั้งมากที่สุด จากนั้นจึงเลือกจัดงานที่มีเวลาผลิตงานมากที่สุดลงบนเครื่องจักรในกลุ่มที่มีเวลาปรับตั้งเครื่องจักรน้อยที่สุด หากเวลาผลิตเสร็จเกินเวลาวิกฤตก็จะตรวจสอบงานถัดไป หากครบทุกงานแล้วจะจัดงานลงบนเครื่องจักรที่ทำให้เวลาผลิตเสร็จเร็วที่สุด จากนั้นจะบันทึกเวลาปรับตั้งเครื่องจักรและเวลาปิดงานของระบบเพื่อนำไปสร้างแผนภาพการกระจายพาเรโต เพิ่มเวลาวิกฤตครั้งละ 10 นาที แล้วจัดตารางการผลิตแบบเดิม จนกระทั่งเวลาวิกฤตเท่ากับ 1440 นาที จะทำให้ได้ตารางการผลิตทั้งหมด 49 ตารางการผลิต และ 49 คู่อันดับบนแผนภาพการกระจายพาเรโต แล้วเลือกกลุ่มผลลัพธ์ที่คาดว่า

จะเป็นคำตอบที่ดีที่สุด (Multiple best solutions found) โดยที่กลุ่มผลลัพธ์นั้นไม่ถูกครอบงำโดยค่าวัตถุประสงค์อื่น ๆ ของปัญหาจากหลักการการครอบงำแบบพาเรโต จากนั้นใช้เกณฑ์อื่น ๆ เพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกผลลัพธ์ที่ดีที่สุดที่มีค่าวัตถุประสงค์ที่เหมาะสม ดังภาพที่ 14

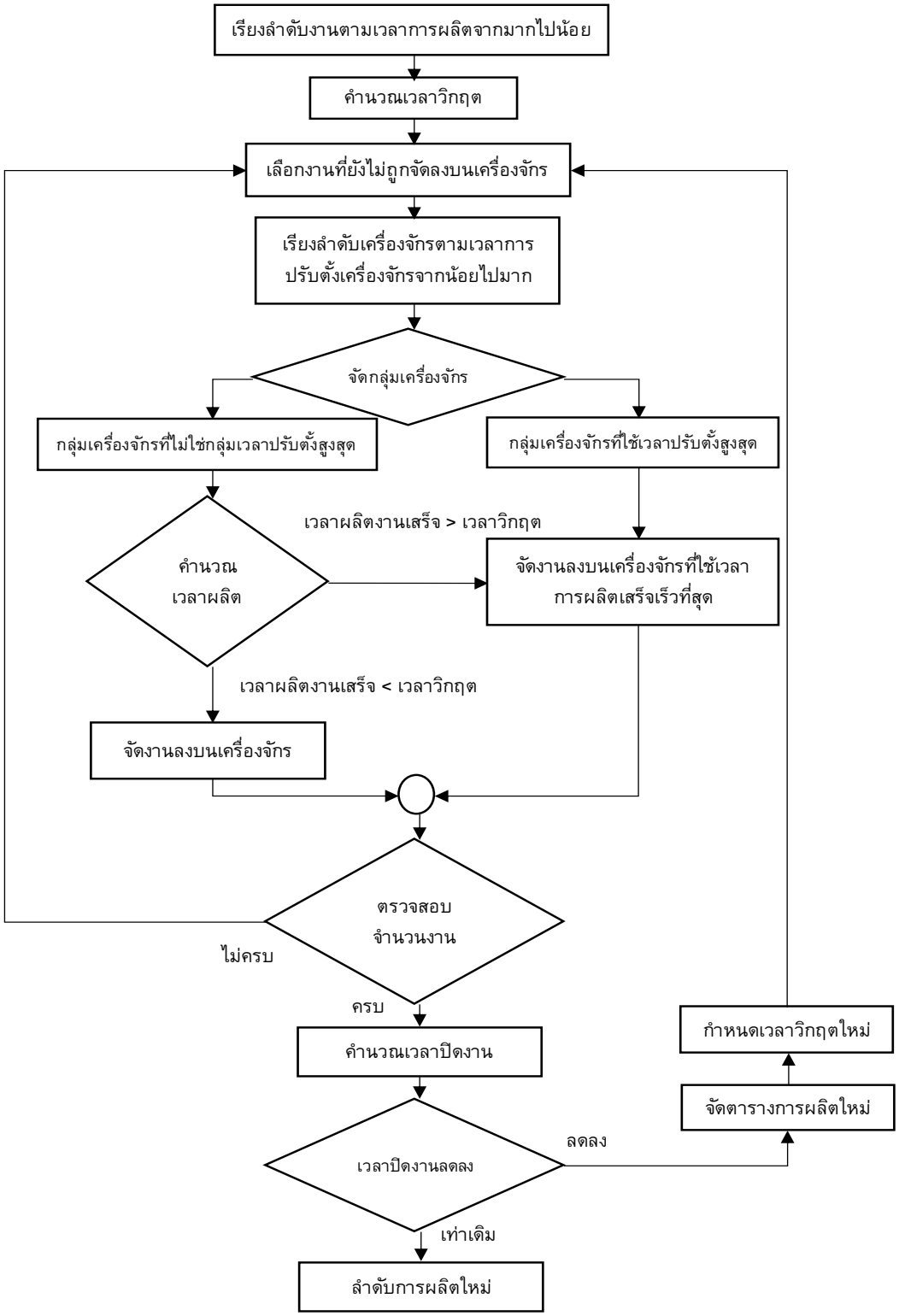


ภาพที่ 14 วิธีพื้นฐานพาเรโต

จากนั้นจะนำเสนอการทดสอบประสิทธิภาพของตารางการผลิตที่สร้างจากทั้ง 2 วิธีโดยเปรียบเทียบกับตารางการผลิตที่ใช้งานอยู่ในกระบวนการตัดสายไฟอัตโนมัติในปัจจุบัน โดยมีดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพคือ เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร และเวลาปิดงานของระบบ

วิธีการเลือกปฏิบัติงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อน (Longest Processing Time: LPT)

วิธีนี้เป็นการดำเนินการจัดลำดับงานโดยพิจารณาจากเวลาผลิตงานเป็นหลักเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ในการลดเวลาปิดงานของระบบ วิธีการทางฮิวริสติกที่ออกแบบโดยใช้กฎของการเลือกปฏิบัติงานที่ใช้เวลาปฏิบัติงานมากที่สุดก่อนมีขั้นตอนในการค้นหาผลลัพธ์ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 ขั้นตอนการหาผลลัพธ์ของวิธี LPT

1. เรียงลำดับงานที่ใช้เวลาในการผลิตมากที่สุดก่อน

2. คำนวณเวลาคาดการณ์ของเวลาปิดงานของระบบที่เป็นไปได้ เพื่อหาวิธีการจัดตารางการผลิตที่ทำให้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรน้อยที่สุด หรือเรียกว่า เวลาวิกฤต จากผลรวมเวลาผลิตของทุกงานกับผลรวมเวลาปรับตั้งเครื่องจักร โดยเฉลี่ยของทุกงานต่อจำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตดังสมการที่ 4-1

$$rpt = (tpt+(avgSetup \times numOfJob))/numOfMc \quad (4\text{-}1)$$

โดยที่

rpt = เวลาวิกฤต

tpt = เวลาการผลิตงานรวม

avgSetup = เวลาเฉลี่ยของการปรับตั้งเครื่องจักร

numOfJob = จำนวนงานทั้งหมด

numOfMc = จำนวนเครื่องจักรทั้งหมด

3. เลือกงานที่ยังไม่ถูกจัดลงในตารางการผลิตจากลำดับงานในข้อ 1 แล้วจัดเรียงลำดับเครื่องจักรที่ใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรน้อยที่สุดก่อน

4. เลือกเครื่องจักรตามลำดับเวลาการปรับตั้งน้อยที่สุดในขั้นตอนที่ 3 และไม่ใช่กลุ่มเครื่องจักรที่ใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรสูงสุด แล้วคำนวณเวลาผลิตเสร็จของงานบนเครื่องจักรที่เลือก

4.1 เวลาผลิตงานเสร็จภายในเวลาวิกฤตให้จัดงานลงบนเครื่องจักรนั้น

4.2 เวลาผลิตงานเสร็จมากกว่าเวลาวิกฤต และไม่สามาถจัดงานลงในกลุ่มเครื่องจักรที่เป็นไปได้แล้ว ให้เลือกจัดงานที่ใช้เวลาผลิตงานเสร็จเร็วที่สุดจากทุกเครื่องจักร

5. จัดตารางการผลิตสำหรับงานลำดับถัดไปตามขั้นตอนที่ 3 จนครบทุกงาน

6. คำนวณเวลาปิดงานของระบบ และกำหนดให้เป็นเวลาวิกฤตใหม่ แล้วจัดตารางการผลิตใหม่ตามขั้นตอนที่ 3 ถึง 6 จนเวลาปิดงานของระบบไม่ลดลง

ตัวอย่างการจัดตารางการผลิตด้วยวิธี LPT

ตัวอย่างการจัดลำดับการผลิตด้วยวิธีการ LPT นี้กำหนดให้จัดงาน 6 งาน ลงบนเครื่องจักร 2 เครื่องได้แก่ เครื่องจักร A และ เครื่องจักร B โดยลำดับงานดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตัวอย่างลำดับงานในการจัดตารางการผลิต

ลำดับงาน	ขั้วต่อไฟฟ้าที่ 1	ขั้วต่อไฟฟ้าที่ 2	เวลาผลิตงาน (นาที)
1	925801-2MAC	179975-1	15
2	-	-	20
3	925801-2MAC	179975-1	25
4	SRC-51T-M4	179975-1	50
5	SRC-51T-M4	-	10
6	-	179974-1	40

จากตัวอย่างลำดับงานในการจัดตารางการผลิตทั้ง 6 งาน ทำให้ได้ลำดับงานจากการเรียงลำดับงานที่ใช้เวลามากที่สุดไปยังลำดับงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุด ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ลำดับงานที่ได้จากวิธี LPT

ลำดับงาน	1	2	3	4	5	6
งาน	4	6	3	2	1	5
เวลาผลิตงาน (นาที)	50	40	25	20	15	10

คำนวณเวลาวิกฤตโดยมีข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ คือ เวลาการผลิตงานรวมเท่ากับ 160 นาที เวลาเฉลี่ยของการปรับตั้งเครื่องจักรเท่ากับ 15 นาที และจำนวนเครื่องจักรทั้งหมดเท่ากับ 2 เครื่อง ดังนั้นเวลาวิกฤตเท่ากับ 125 นาที ผลของการจัดตารางการผลิตเป็นดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ตัวอย่างผลของการจัดตารางการผลิตด้วยวิธี LPT

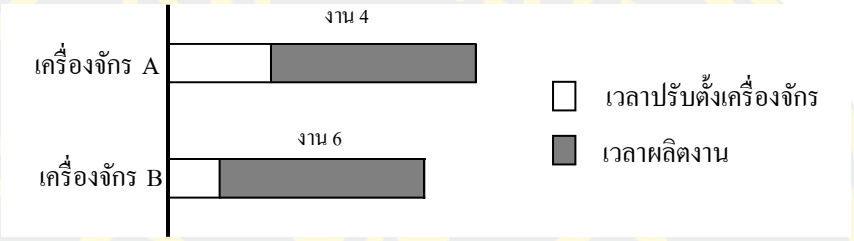
ครั้งที่	เครื่องจักร	งานปัจจุบัน	เวลาพร้อมเริ่มงานบนเครื่องจักร (นาที)	งานที่เลือกจาก LPT	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	จัดงานลงบนเครื่องจักร	เวลาผลิตเสร็จ (นาที)
1	A	-	0	4	22*	✓	72
	B	-	0		22*	-	0
2	A	4	72	6	13	-	72
	B	-	0		11*	✓	51
3	A	4	72	3	11*	✓	108
	B	6	51		22	-	51
4	A	3	108	2	4	-	108
	B	6	51		2*	✓	73
5	A	3	108	1	0*	✓	123
	B	2	73		22	-	73
6	A	1	123	5	13	-	123
	B	2	73		11*	✓	94

หมายเหตุ * คือเวลาปรับตั้งเครื่องจักรที่น้อยที่สุดของการจัดตารางการผลิตในครั้งนั้น ๆ

ในการจัดตารางการผลิตครั้งที่ 1 เลือกงานที่ยังไม่ถูกจัดลงในตารางการผลิตได้แก่ งานที่ 4 มีเวลาผลิตงานเท่ากับ 50 นาที (จากลำดับงานที่ 1 ในตารางที่ 6) จากนั้นคำนวณเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของงานที่ 4 บนเครื่องจักร A และ B ได้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรเท่ากับ 22 นาทีเท่ากันทั้ง 2 เครื่อง เนื่องจากเครื่องจักร A และ B ไม่มีงานที่ผลิตก่อนหน้า จัดงานที่ 4 ลงบนเครื่องจักร A ทำให้เครื่องจักร A มีเวลาผลิตเสร็จเท่ากับ 72 นาที และเครื่องจักร B มีเวลาผลิตเสร็จเท่ากับ 0 นาที ดังภาพที่ 16

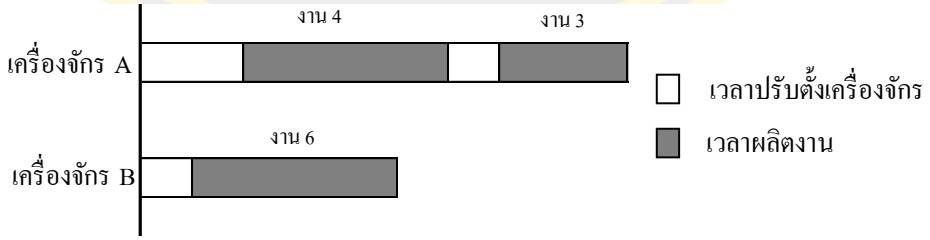
ภาพที่ 16 จัดงานที่ 4 ลงบนเครื่องจักร A ด้วยวิธี LPT

จัดตารางการผลิตในครั้งที่ 2 โดยเลือกงานลำดับที่ 2 จากตารางที่ 6 ได้แก่ งานที่ 6 ซึ่งมีเวลาผลิตงานเท่ากับ 40 นาที จากนั้นคำนวณเวลาปรับตั้งเครื่องจักรบนเครื่องจักร A ได้เท่ากับ 13 นาที และคำนวณเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของงานที่ 6 บนเครื่องจักร B ได้เท่ากับ 11 นาที จากเวลาปรับตั้งเครื่องจักรทั้งสองเครื่องทำให้เลือกจัดงานที่ 6 ลงบนเครื่องจักร B เนื่องจากมีเวลาปรับตั้งน้อยที่สุด ทำให้เวลาผลิตงานเสร็จของเครื่องจักร A เท่ากับ 72 นาที และเวลาผลิตงานเสร็จของเครื่องจักร B เท่ากับ 51 นาที ดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 จัดงานที่ 6 ลงบนเครื่องจักร B ด้วยวิธี LPT

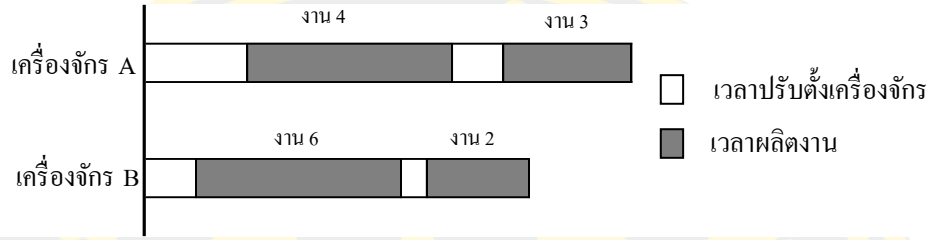
จัดตารางการผลิตในครั้งที่ 3 โดยเลือกงานลำดับที่ 3 จากตารางที่ 6 ได้แก่ งานที่ 3 ซึ่งมีเวลาผลิตงานเท่ากับ 25 นาที จากนั้นคำนวณเวลาปรับตั้งเครื่องจักรบนเครื่องจักร A ได้เท่ากับ 11 นาที และคำนวณเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของงานที่ 3 บนเครื่องจักร B ได้เท่ากับ 22 นาที จากเวลาปรับตั้งเครื่องจักรทั้งสองเครื่องทำให้เลือกจัดงานที่ 3 ลงบนเครื่องจักร A เนื่องจากมีเวลาปรับตั้งน้อยที่สุด ทำให้เวลาผลิตงานเสร็จของเครื่องจักร A เท่ากับ 108 นาที และเวลาผลิตเสร็จของเครื่องจักร B เท่ากับ 51 นาที ดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 จัดงานที่ 3 ลงบนเครื่องจักร A ด้วยวิธี LPT

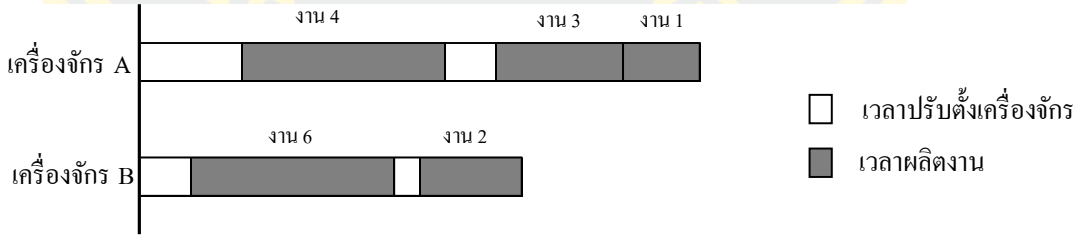
จัดตารางการผลิตในครั้งที่ 4 โดยเลือกงานลำดับที่ 4 จากตารางที่ 6 ได้แก่ งานที่ 2 ซึ่งมีเวลาผลิตงานเท่ากับ 20 นาที จากนั้นคำนวณเวลาปรับตั้งเครื่องจักรบนเครื่องจักร A ได้เท่ากับ 4

นาที และคำนวณเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของงานที่ 2 บนเครื่องจักร B ได้เท่ากับ 2 นาที จากเวลาปรับตั้งเครื่องจักรทั้งสองเครื่องทำให้เลือกจัดงานที่ 2 ลงบนเครื่องจักร B เนื่องจากมีเวลาปรับตั้งน้อยที่สุด ทำให้เวลาผลิตงานเสร็จของเครื่องจักร A เท่ากับ 108 นาที และเวลาผลิตเสร็จของเครื่องจักร B เท่ากับ 73 นาที ดังภาพที่ 19



ภาพที่ 19 จัดงานที่ 2 ลงบนเครื่องจักร B ด้วยวิธี LPT

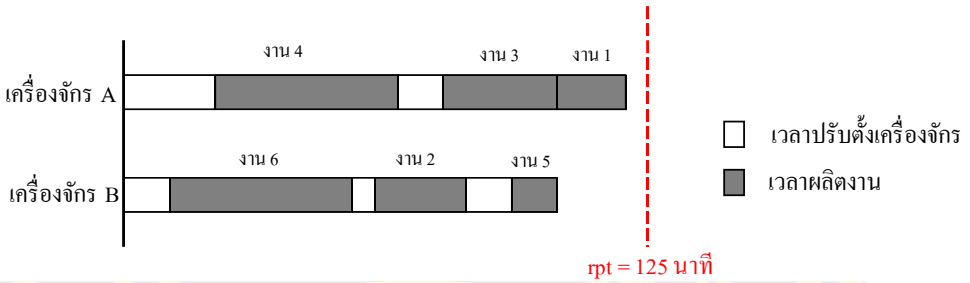
จัดตารางการผลิตในครั้งที่ 5 โดยเลือกงานลำดับที่ 5 จากตารางที่ 6 ได้แก่ งานที่ 1 ซึ่งมีเวลาผลิตงานเท่ากับ 15 นาที จากนั้นคำนวณเวลาปรับตั้งเครื่องจักรบนเครื่องจักร A ได้เท่ากับ 0 นาที และคำนวณเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของงานที่ 1 บนเครื่องจักร B ได้เท่ากับ 22 นาที จากเวลาปรับตั้งเครื่องจักรทั้งสองเครื่องทำให้เลือกจัดงานที่ 1 ลงบนเครื่องจักร A เนื่องจากมีเวลาปรับตั้งน้อยที่สุด ทำให้เวลาผลิตงานเสร็จของเครื่องจักร A เท่ากับ 123 นาที และเวลาผลิตเสร็จของเครื่องจักร B เท่ากับ 73 นาที ดังภาพที่ 20



ภาพที่ 20 จัดงานที่ 1 ลงบนเครื่องจักร A ด้วยวิธี LPT

จัดตารางการผลิตในครั้งที่ 6 โดยเลือกงานลำดับที่ 6 จากตารางที่ 6 ได้แก่ งานที่ 5 ซึ่งมีเวลาผลิตงานเท่ากับ 10 นาที จากนั้นคำนวณเวลาปรับตั้งเครื่องจักรบนเครื่องจักร A ได้เท่ากับ 13 นาที และคำนวณเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของงานที่ 5 บนเครื่องจักร B ได้เท่ากับ 11 นาที จากเวลาปรับตั้งเครื่องจักรทั้งสองเครื่องทำให้เลือกจัดงานที่ 5 ลงบนเครื่องจักร B เนื่องจากมีเวลาปรับตั้ง

น้อยที่สุด ทำให้เวลาผลิตงานเสร็จของเครื่องจักร A เท่ากับ 123 นาที และเวลาผลิตเสร็จของเครื่องจักร B เท่ากับ 94 นาที ดังภาพที่ 21



ภาพที่ 21 จัดงานที่ 5 ลงบนเครื่องจักร B ด้วยวิธี LPT

จากตัวอย่างการจัดตารางการผลิตด้วยวิธี LPT จนครบทุกงาน พบว่าใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรทั้งหมดเท่ากับ 57 นาที เวลาผลิตเสร็จที่มากที่สุดอยู่บนเครื่องจักร A ใช้เวลาเท่ากับ 123 นาที ซึ่งน้อยกว่าเวลาวิกฤตตั้งต้นที่กำหนดไว้เท่ากับ 125 นาที ดังตารางที่ 8 ดังนั้นจึงใช้เวลาดังกล่าวเพื่อกำหนดเวลาวิกฤตของการจัดตารางการผลิตในรอบถัดไปด้วยวิธีการเดิม จนกระทั่งเวลาวิกฤตไม่สามารถลดลงได้อีก จากวิธีการนี้จะทำให้ได้ลำดับการผลิตใหม่

ตารางที่ 8 สรุปผลของตัวอย่างการจัดตารางการผลิตด้วยวิธี LPT

เวลาวิกฤต (นาที)	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
125	57	123

เมื่อจัดตารางการผลิตด้วยวิธี LPT ทำให้ผลลัพธ์ของเวลาปิดงานของระบบเป็นที่น่าพอใจ แต่อาจจะทำให้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรสูง เนื่องจากวิธีการนี้จะให้น้ำหนักในการตัดสินใจในการจัดลำดับงานจากเวลาปิดงานมากกว่าเวลาปรับตั้งเครื่องจักร ซึ่งในการผลิตจริงอาจมีอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นและส่งผลให้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรมากกว่าที่คาดการณ์ไว้ เช่น เครื่องจักรเสียในระหว่างการผลิต อุบัติเหตุต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการปฏิบัติงาน เป็นต้น ในงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอวิธีการ MinSetup ในการจัดตารางการผลิตที่ทำให้มีเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรต่ำ และเวลาปิดงานของระบบสามารถยอมรับได้

วิธีการเลือกปฏิบัติงานที่มีเวลาปรับตั้งเครื่องจักรน้อยที่สุดก่อน (Similar Required Setups: MinSetup)

วิธีการทางฮิวริสติกที่ออกแบบโดยใช้กฎของการเลือกปฏิบัติงานที่มีเวลาปรับตั้งเครื่องจักรน้อยที่สุดก่อนมีขั้นตอนในการค้นหาผลลัพธ์แสดงในภาพที่ 22 ดังนี้

1. กำหนดเวลาวิกฤตตั้งต้นเท่ากับ 960 นาที ตามเวลาการทำงานปกติ (16 ชั่วโมง)

2. เรียงลำดับเครื่องจักรที่ใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรน้อยที่สุดจากทุกงานที่ยังไม่ถูกจัดลงตารางการผลิต และจัดกลุ่มงานที่มีเวลาปรับตั้งเครื่องจักรเท่ากัน โดยพิจารณาจากขั้วต่อสายไฟทั้ง 2 ของงานนั้น ๆ เช่น กลุ่มเครื่องจักรที่ไม่ต้องเปลี่ยนขั้วต่อสายไฟ กลุ่มเครื่องจักรที่เปลี่ยนขั้วต่อสายไฟ 1 ด้าน กลุ่มเครื่องจักรที่เปลี่ยนขั้วต่อสายไฟ 2 ด้าน เป็นต้น

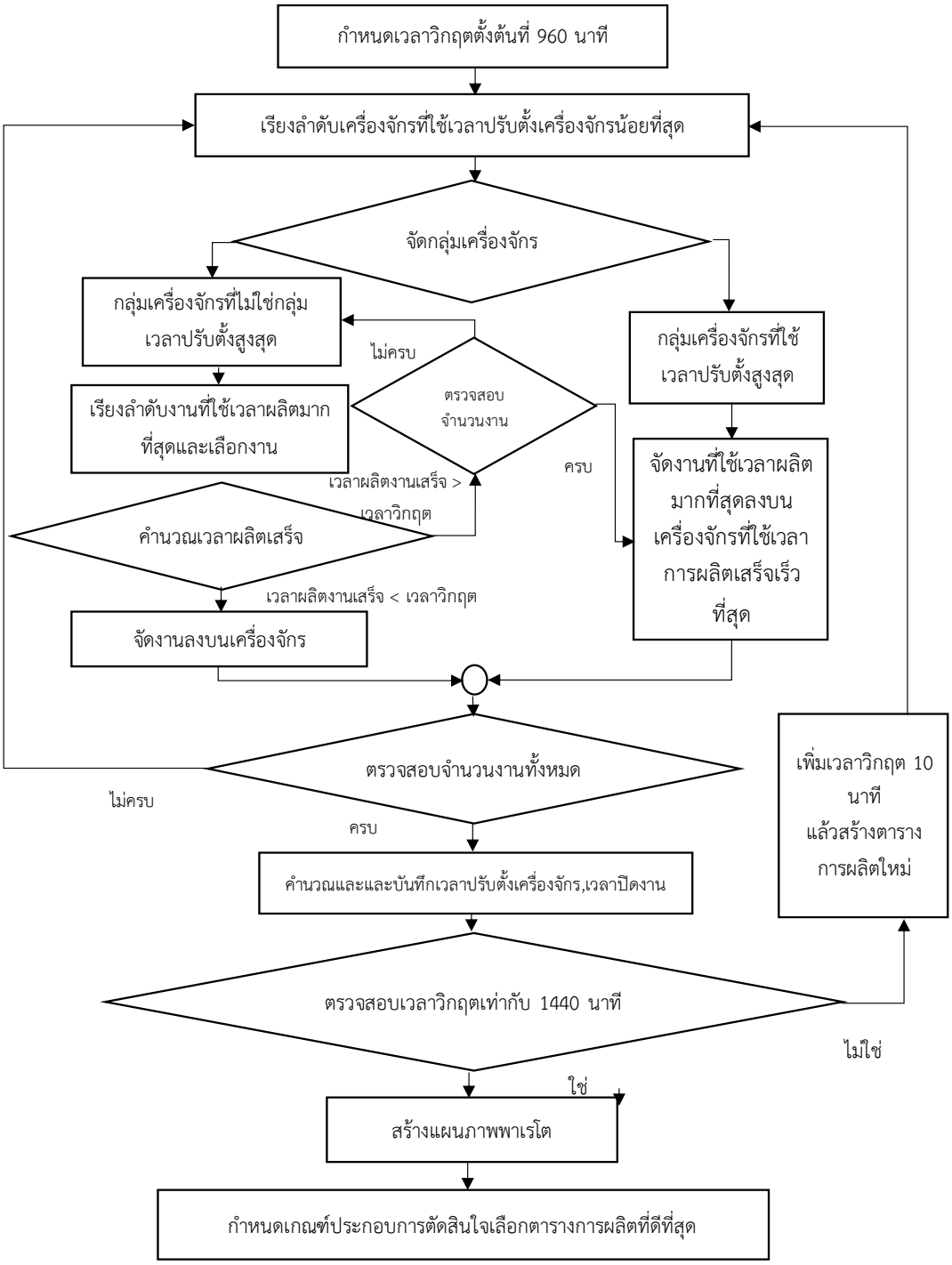
3. กำหนดงานที่ใช้เวลาผลิตมากที่สุดของแต่ละกลุ่มงานในขั้นตอนที่ 2

4. เลือกงานในขั้นตอนที่ 3 ตามลำดับกลุ่มงานที่ใช้เวลาการปรับตั้งเครื่องจักรน้อยที่สุดก่อน แล้วคำนวณเวลาผลิตเสร็จของงานบนเครื่องจักรที่เลือกแล้วพิจารณาจัดงานลงบนเครื่องจักร หากเวลาผลิตงานเสร็จภายในเวลาวิกฤตให้จัดงานลงบนเครื่องจักรนั้น หากเวลาผลิตงานเสร็จมากกว่าเวลาวิกฤต ให้ตรวจสอบจำนวนงาน หากยังไม่ครบทุกงานให้เลือกงานที่ใช้เวลาการผลิตมากที่สุดจากกลุ่มเครื่องที่ใช้เวลาปรับตั้งน้อยที่สุดกลุ่มถัดไป หากครบทุกงานแล้วให้จัดงานลงบนเครื่องจักรที่ใช้เวลาผลิตงานนั้นเสร็จเร็วที่สุด

5. จัดตารางการผลิตสำหรับงานลำดับถัดไปตามขั้นตอนที่ 2 - 4 จนครบทุกงาน แล้วบันทึกเวลาวิกฤต เวลารวมของการปรับตั้งเครื่องจักรและเวลาปิดงานของระบบไว้

6. เพิ่มเวลาวิกฤต 10 นาที จากเวลาเดิม แล้วจัดตารางการผลิตใหม่ตามขั้นตอนที่ 2 - 5 จนเวลาวิกฤตเท่ากับ 1440 นาที (24 ชั่วโมง)

7. สร้างแผนภาพพาเรโตแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลารวมของการปรับตั้งเครื่องจักรและเวลาปิดงานของระบบ แล้วแสดงกลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือก ตารางการผลิตในกลุ่มนี้เป็นตารางที่มีค่าวัตถุประสงค์หนึ่ง ๆ ที่ดีกว่าตารางการผลิตอื่นจากทั้งหมด 49 ตารางการผลิต



ภาพที่ 22 ขั้นตอนการหาผลลัพธ์ของวิธี MinSetup

8. เลือกตารางการผลิตจากกลุ่มที่มีโอกาสถูกเลือก โดยขั้นตอนสร้างเกณฑ์สำหรับพิจารณาดังนี้

8.1 สร้างสมการทำนายค่าเวลารวมของการปรับตั้งเครื่องจักรและเวลาปิดงานของระบบ จากจำนวนงานที่ต้องจัดตารางการผลิตในปัจจุบัน สมการนี้สร้างจากค่าเวลารวมของการปรับตั้งเครื่องจักร เวลาปิดงานของระบบ และจำนวนงานทั้งหมดในตารางการผลิต 30 วันของบริษัทกรณีศึกษา ดังภาพที่ 23 และ 24 โดยพิจารณาสมการเส้นแนวโน้มของกราฟความสัมพันธ์ของเวลารวมของการปรับตั้งเครื่องจักรกับจำนวนงานทั้งหมดดังสมการที่ 4-2 ที่มีค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (Coefficient of determination, R^2) เท่ากับ 0.86 และสมการเส้นแนวโน้มของกราฟความสัมพันธ์ของเวลาปิดงานของระบบกับจำนวนงานทั้งหมดดังสมการที่ 4-3 ที่มีค่า R^2 เท่ากับ 0.79

$$S = 4.4131x + 180.51 \quad (4\text{-}2)$$

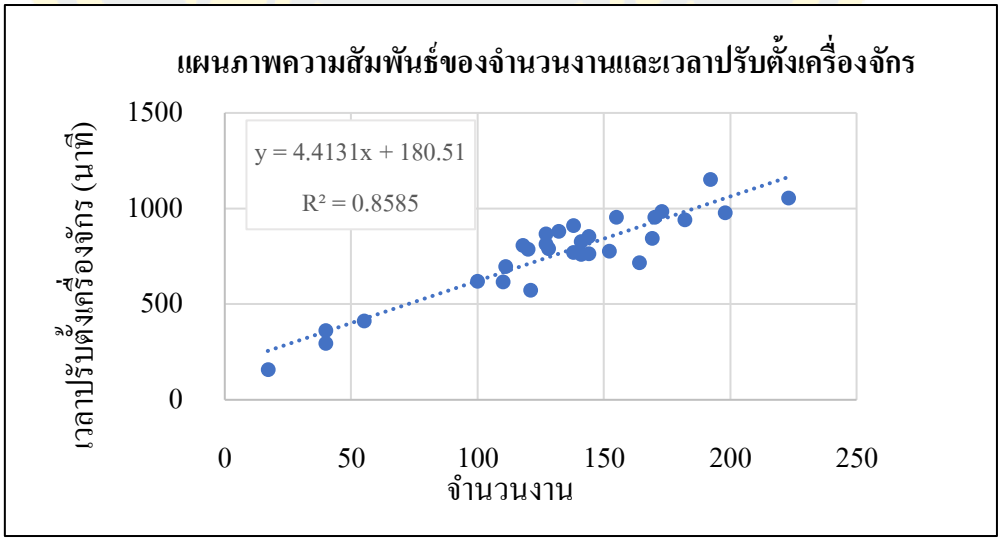
$$Z = 347.57 \ln(x) - 423.41 \quad (4\text{-}3)$$

โดยที่

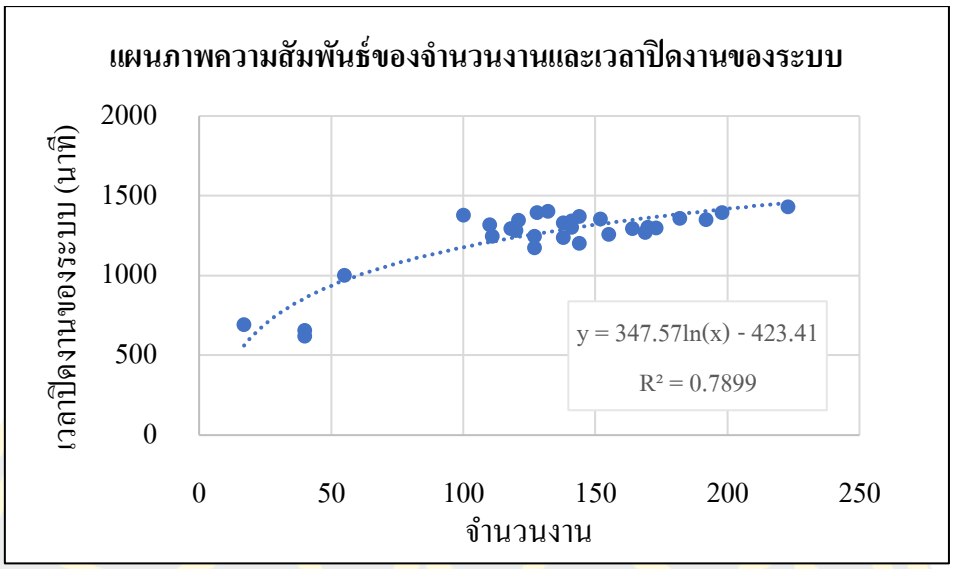
S = เวลารวมของการปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)

x = จำนวนงานทั้งหมด

Z = เวลาปิดงานของระบบ (นาที)



ภาพที่ 23 แผนภาพความสัมพันธ์ของจำนวนงานและเวลาปรับตั้งเครื่องจักของวิธีการเดิม



ภาพที่ 24 แผนภาพความสัมพันธ์ของจำนวนงานและเวลาปิดงานของระบบของวิธีการเดิม

8.2 หาค่าประมาณของเวลารวมของการปรับตั้งเครื่องจักรและเวลาปิดงานของระบบจากสมการ

8.3 เลือกตารางการผลิตที่ดีที่สุดจากกลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกในขั้นตอนที่ 7 โดยให้ความสำคัญกับเวลารวมของการปรับตั้งเครื่องจักรมากกว่าเวลาปิดงานของระบบ ตามลำดับต่อไปนี้

8.3.1 เลือกตารางการผลิตที่มีเวลารวมของปรับตั้งเครื่องจักรน้อยที่สุด และมีเวลาปิดงานของระบบน้อยกว่าค่าประมาณจากสมการที่ 4-3

8.3.2 กรณีที่ตารางการผลิตในกลุ่มที่มีโอกาสถูกเลือกมีเวลารวมของการปรับตั้งเครื่องจักรน้อยกว่าค่าประมาณจากสมการที่ 4-2 แต่ทุกตารางมีเวลาปิดงานของระบบมากกว่าค่าประมาณจากสมการที่ 4-3 ให้เลือกตารางการผลิตที่มีเวลารวมของปรับตั้งเครื่องจักรน้อยกว่าค่าประมาณจากสมการที่ 4-2 และมีเวลาปิดงานของระบบมากกว่าค่าประมาณจากสมการที่ 4-3 น้อยที่สุด

8.3.3 กรณีที่ตารางการผลิตในกลุ่มที่มีโอกาสถูกเลือกทุกตาราง มีค่าวัตถุประสงค์ทั้งสองมากกว่าค่าประมาณที่เกี่ยวข้องจากสมการที่ 4-2 และ 4-3 ให้เลือกตารางการผลิตที่มีเวลารวมของปรับตั้งเครื่องจักรน้อยที่สุด

ตัวอย่างการจัดตารางการผลิตด้วยวิธี MinSetup

ตัวอย่างการจัดลำดับการผลิตด้วยวิธีการ MinSetup นี้ กำหนดให้จัดงาน 6 งาน ลงบนเครื่องจักร 2 เครื่องได้แก่ เครื่องจักร A และ เครื่องจักร B มีเวลาวิกฤตตั้งต้นเท่ากับ 80 นาที โดยลำดับงานที่ต้องจัดตารางการผลิตจะเป็นเช่นเดียวกับวิธี LPT ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ตัวอย่างลำดับงานในการจัดตารางการผลิต

ลำดับงาน	ขั้วต่อไฟฟ้าที่ 1	ขั้วต่อไฟฟ้าที่ 2	เวลาผลิตงาน (นาที)
1	925801-2MAC	179975-1	15
2	-	-	20
3	925801-2MAC	179975-1	25
4	SRC-51T-M4	179975-1	50
5	SRC-51T-M4	-	10
6	-	179974-1	40

<u>จัดตารางการผลิตรอบที่ 1</u>

เมื่อกำหนดเวลาวิกฤตตั้งต้นเท่ากับ 80 นาที ผลของการจัดตารางการผลิตด้วยฮิวริสติกที่นำเสนอเป็นไปตามตารางที่ 10

ในการจัดตารางการผลิตครั้งที่ 1 สามารถจัดกลุ่มเครื่องจักรได้ 1 กลุ่ม ซึ่งใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรเท่ากับ 0 นาที ในการผลิตงานที่ 2 ดังนั้นจึงเลือกจัดงานที่ 2 ซึ่งมีเวลาผลิตงานเท่ากับ 20 นาที ลงบนเครื่องจักร A ทำให้เวลาผลิตเสร็จของเครื่องจักร A เท่ากับ 20 นาที และเวลาผลิตเสร็จบนเครื่องจักร B เท่ากับ 0 นาที ดังภาพที่ 25

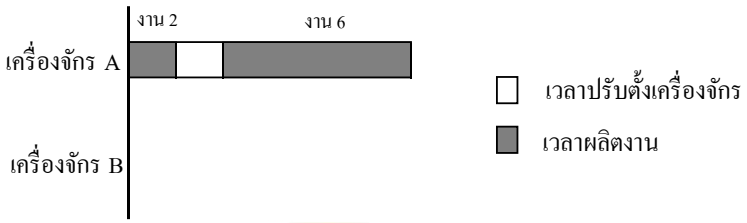
ภาพที่ 25 จัดงานที่ 2 ลงบนเครื่องจักร A ด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 1

ตารางที่ 10 ตัวอย่างผลของการจัดตารางการผลิตด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 1

ครั้งที่	เครื่องจักร	งานปัจจุบัน	เวลาพร้อมเริ่มงานบนเครื่องจักร (นาที)	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)						เวลาปรับตั้งเครื่องจักรที่น้อยที่สุด (นาที)	งานที่ทำให้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรน้อยที่สุด	จัดงานลงบนเครื่องจักร	เวลาผลิตเสร็จ (นาที)
				งานที่ 1	งานที่ 2	งานที่ 3	งานที่ 4	งานที่ 5	งานที่ 6				
1	A	-	0	22	0	22	22	11	11	0*	2	จัดงานที่ 2 ลงบนเครื่องจักร A	20
	B	-	0	22	0	22	22	11	11	0*	2		0
2	A	2	20	22	-	22	22	11	11	11*	5,6	จัดงานที่ 6 ลงบนเครื่องจักร A	71
	B	-	0	22	-	22	22	11	11	11*	5,6		0
3	A	6	71	22	-	22	22	13	-	13	5	จัดงานที่ 5 ลงบนเครื่องจักร B	71
	B	-	0	22	-	22	22	11	-	11*	5		21
4	A	6	71	22	-	22	22	-	-	22	1,3,4	จัดงานที่ 4 ลงบนเครื่องจักร B	71
	B	5	21	22	-	22	11	-	-	11*	4		82
5	A	6	71	22	-	22	-	-	-	22	1,3	จัดงานที่ 3 ลงบนเครื่องจักร A	118
	B	4	82	11	-	11	-	-	-	11*	1,3		82
6	A	3	118	0	-	-	-	-	-	0*	1	จัดงานที่ 1 ลงบนเครื่องจักร B	118
	B	4	82	11	-	-	-	-	-	11	1		108

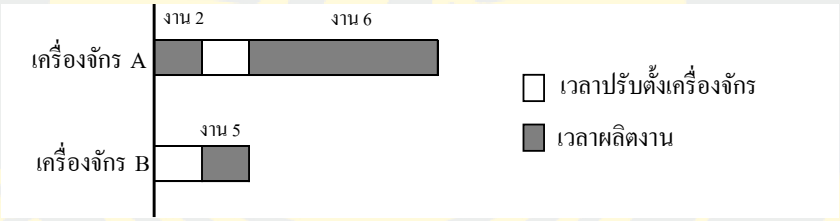
หมายเหตุ * คือเวลาปรับตั้งเครื่องจักรที่น้อยที่สุดของการจัดตารางการผลิตในครั้งนั้น ๆ

ในการจัดตารางการผลิตครั้งที่ 2 สามารถจัดกลุ่มเครื่องจักรได้ 1 กลุ่ม ซึ่งใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรเท่ากับ 11 นาที ในการผลิตงานที่ 5 และ 6 จึงเลือกจัดงานที่ 6 ลงบนเครื่องจักร A เนื่องจากงานที่ 6 มีเวลาผลิตงานเท่ากับ 40 นาที ซึ่งมากกว่างานที่ 5 ซึ่งมีเวลาผลิตงานเท่ากับ 10 นาที ทำให้เวลาผลิตเสร็จของเครื่องจักร A เท่ากับ 71 นาที และเวลาผลิตเสร็จบนเครื่องจักร B เท่ากับ 0 นาที ดังภาพที่ 26



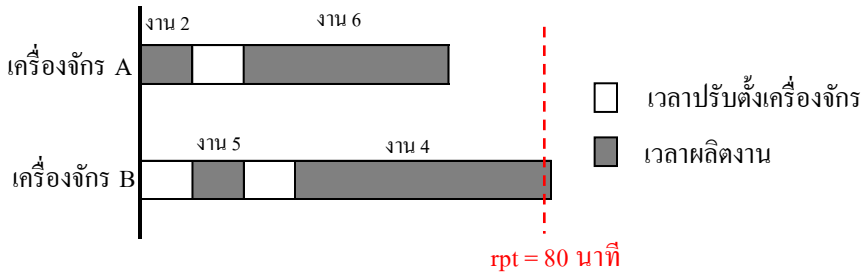
ภาพที่ 26 จัดงานที่ 6 ลงบนเครื่องจักร A ด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 1

ในการจัดตารางการผลิตครั้งที่ 3 สามารถจัดกลุ่มเครื่องจักรได้ 2 กลุ่ม ซึ่งใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรเท่ากับ 11 และ 13 นาที จึงเลือกเวลาปรับตั้งเครื่องจักรที่ 11 นาที ในการผลิตงานที่ 5 บนเครื่องจักร B จึงเลือกจัดงานที่ 5 ซึ่งมีเวลาผลิตงานเท่ากับ 10 นาที ลงบนเครื่องจักร B ทำให้เวลาผลิตเสร็จของเครื่องจักร A เท่ากับ 71 นาที และเวลาผลิตเสร็จบนเครื่องจักร B เท่ากับ 21 นาที ดังภาพที่ 27



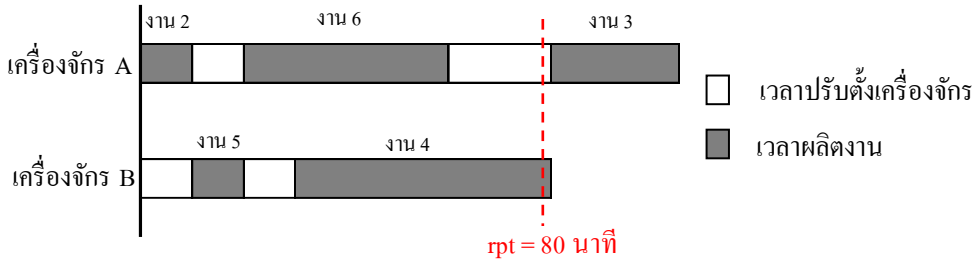
ภาพที่ 27 จัดงานที่ 5 ลงบนเครื่องจักร B ด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 1

ในการจัดตารางการผลิตครั้งที่ 4 สามารถจัดกลุ่มเครื่องจักรได้ 2 กลุ่ม ซึ่งใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรเท่ากับ 11 และ 22 นาที จึงเลือกเวลาปรับตั้งเครื่องจักรที่ 11 นาที ในการผลิตงานที่ 4 บนเครื่องจักร B จึงเลือกจัดงานที่ 4 ซึ่งมีเวลาผลิตงานเท่ากับ 50 นาที ลงบนเครื่องจักร B แต่เมื่อคำนวณเวลาผลิตเสร็จพบว่าเกินค่าเวลาวิกฤตที่กำหนดไว้เท่ากับ 80 นาที ทำให้ต้องพิจารณาที่งานถัดไป แต่เมื่อพิจารณางานถัดไปแล้วพบว่าอยู่ในกลุ่มงานที่มีเวลาปรับตั้งสูงสุด จึงต้องเลือกจัดงานที่ 4 ตามเกณฑ์ของเวลาที่ใช้ผลิตงานมากที่สุดลงบนเครื่องจักรที่ทำให้ผลิตงานเสร็จเร็วที่สุด จึงจัดงานที่ 4 ลงบนเครื่องจักร B ทำให้เวลาผลิตเสร็จของเครื่องจักร A เท่ากับ 71 นาที และเวลาผลิตเสร็จบนเครื่องจักร B เท่ากับ 82 นาที ดังภาพที่ 28



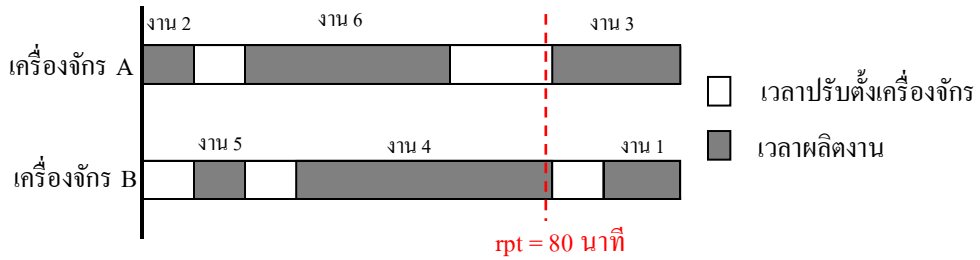
ภาพที่ 28 จัดงานที่ 4 ลงบนเครื่องจักร B ด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 1

ในการจัดตารางการผลิตครั้งที่ 5 สามารถจัดกลุ่มเครื่องจักรได้ 2 กลุ่ม ซึ่งใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรเท่ากับ 11 และ 22 นาที จึงเลือกเวลาปรับตั้งเครื่องจักรที่ 11 นาที ในการผลิตงานที่ 1 และ 3 บนเครื่องจักร B จึงเลือกจัดงานที่ 3 ซึ่งมีเวลาผลิตงานเท่ากับ 25 นาที ซึ่งมากกว่างานที่ 1 ซึ่งมีเวลาผลิตงานเท่ากับ 15 นาที เมื่อจัดงานลงบนเครื่องจัดทั้ง 2 เครื่องพบว่าเกินค่าเวลาวิกฤต แต่เนื่องจากใช้เกณฑ์ของเวลาที่ใช้ผลิตงานมากที่สุดลงบนเครื่องจักรที่ทำให้ผลิตงานเสร็จเร็วที่สุด จึงจัดงานที่ 3 ลงบนเครื่องจักร A ตามลำดับของเครื่องจักร ทำให้เวลาผลิตเสร็จของเครื่องจักร A เท่ากับ 118 นาที และเวลาผลิตเสร็จบนเครื่องจักร B เท่ากับ 82 นาที ดังภาพที่ 29



ภาพที่ 29 จัดงานที่ 3 ลงบนเครื่องจักร A ด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 1

ในการจัดตารางการผลิตครั้งที่ 6 สามารถจัดกลุ่มเครื่องจักรได้ 2 กลุ่ม ซึ่งใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรเท่ากับ 0 และ 11 นาที ในการผลิตงานที่ 1 บนเครื่องจักร A และ B ตามลำดับ แต่เนื่องจากเวลาผลิตเสร็จของทั้งสองเครื่องจักรเกินค่าเวลาวิกฤตที่กำหนดไว้แล้ว จึงใช้เกณฑ์ของเวลาที่ใช้ผลิตงานมากที่สุดลงบนเครื่องจักรที่ทำให้ผลิตงานเสร็จเร็วที่สุด จึงจัดงานที่ 1 ที่ใช้เวลาผลิตเท่ากับ 15 นาที ลงบนเครื่องจักร B ทำให้เวลาผลิตเสร็จของเครื่องจักร A เท่ากับ 118 นาที และเวลาผลิตเสร็จบนเครื่องจักร B เท่ากับ 108 นาที ดังภาพที่ 30



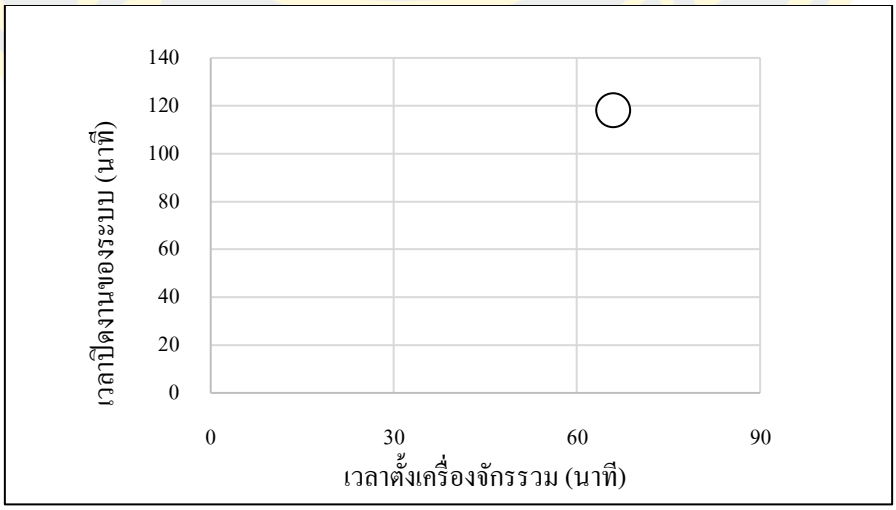
ภาพที่ 30 จัดงานที่ 1 ลงบนเครื่องจักร B ด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 1

จากการจัดตารางการผลิตในรอบที่ 1 ทำให้ได้ผลลัพธ์ของเวลาปรับตั้งเครื่องจักร และเวลาปิดงานของระบบดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 สรุปผลของตัวอย่างการจัดตารางการผลิตด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 1

เวลาวิกฤต (นาที)	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
80	66	118

จากนั้นนำตารางการผลิตที่ได้จากการจัดตารางการผลิตในรอบที่ 1 บันทึกค่าเวลาปรับตั้งเครื่องจักร และเวลาปิดงานของระบบแล้วเขียนแผนภาพเพเรโต ดังภาพที่ 31



ภาพที่ 31 แผนภาพพาเรโตในการจัดตารางการผลิตรอบที่ 1

จัดตารางการผลิตรอบที่ 2

เมื่อกำหนดเวลาวิกฤตตั้งต้นเท่ากับ 135 นาที ผลของการจัดตารางการผลิตด้วยฮิวริสติกที่นำเสนอเป็นไปตามตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ตัวอย่างผลของการจัดตารางการผลิตด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 2

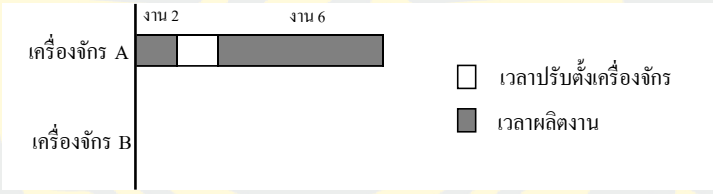
ครั้งที่	เครื่องจักร	งานปัจจุบัน	เวลาพร้อมเริ่มงานบนเครื่องจักร (นาที)	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)						เวลาปรับตั้งเครื่องจักรที่น้อยที่สุด (นาที)	งานที่ทำให้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรน้อยที่สุด	จัดงานลงบนเครื่องจักร	เวลาผลิตเสร็จ (นาที)
				งานที่ 1	งานที่ 2	งานที่ 3	งานที่ 4	งานที่ 5	งานที่ 6				
1	A	-	0	22	0	22	22	11	11	0*	2	จัดงานที่ 2 ลงบนเครื่องจักร A	20
	B	-	0	22	0	22	22	11	11	0*	2		0
2	A	2	20	22	-	22	22	11	11	11*	5,6	จัดงานที่ 6 ลงบนเครื่องจักร A	71
	B	-	0	22	-	22	22	11	11	11*	5,6		0
3	A	6	71	22	-	22	22	13	-	13	5	จัดงานที่ 5 ลงบนเครื่องจักร B	71
	B	-	0	22	-	22	22	11	-	11*	5		21
4	A	6	71	22	-	22	22	-	-	22	1,3,4	จัดงานที่ 4 ลงบนเครื่องจักร B	71
	B	5	21	22	-	22	11	-	-	11*	4		82
5	A	6	71	22	-	22	-	-	-	22	1,3	จัดงานที่ 3 ลงบนเครื่องจักร B	71
	B	4	82	11	-	11	-	-	-	11*	1,3		118
6	A	6	71	22	-	-	-	-	-	22	1	จัดงานที่ 1 ลงบนเครื่องจักร B	71
	B	3	118	0	-	-	-	-	-	0*	1		133

หมายเหตุ * คือเวลาปรับตั้งเครื่องจักรที่น้อยที่สุดของการจัดตารางการผลิตในครั้งนั้น ๆ

ในการจัดตารางการผลิตครั้งที่ 1 สามารถจัดกลุ่มเครื่องจักรได้ 1 กลุ่ม ซึ่งใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรเท่ากับ 0 นาที ในการผลิตงานที่ 2 ดังนั้นจึงเลือกจัดงานที่ 2 ซึ่งมีเวลาผลิตงานเท่ากับ 20 นาที ลงบนเครื่องจักร A ทำให้เวลาผลิตเสร็จของเครื่องจักร A เท่ากับ 20 นาที และเวลาผลิตเสร็จบนเครื่องจักร B เท่ากับ 0 นาที ดังภาพที่ 32

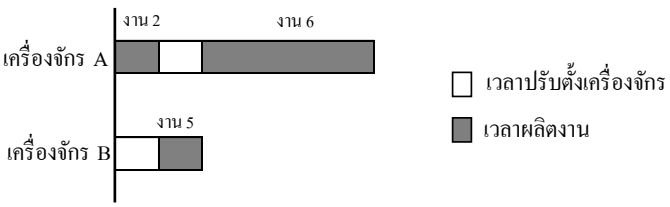
ภาพที่ 32 จัดงานที่ 2 ลงบนเครื่องจักร A ด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 2

ในการจัดตารางการผลิตครั้งที่ 2 สามารถจัดกลุ่มเครื่องจักรได้ 1 กลุ่ม ซึ่งใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรเท่ากับ 11 นาที ในการผลิตงานที่ 5 และ 6 จึงเลือกจัดงานที่ 6 ลงบนเครื่องจักร A เนื่องจากงานที่ 6 มีเวลาผลิตงานเท่ากับ 40 นาที ซึ่งมากกว่างานที่ 5 ซึ่งมีเวลาผลิตงานเท่ากับ 10 นาที ทำให้เวลาผลิตเสร็จของเครื่องจักร A เท่ากับ 71 นาที และเวลาผลิตเสร็จบนเครื่องจักร B เท่ากับ 0 นาที ดังภาพที่ 33



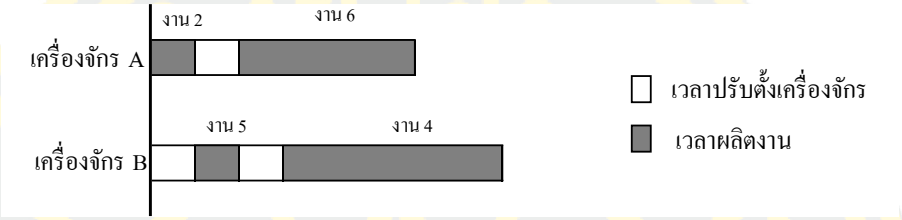
ภาพที่ 33 จัดงานที่ 6 ลงบนเครื่องจักร A ด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 2

ในการจัดตารางการผลิตครั้งที่ 3 สามารถจัดกลุ่มเครื่องจักรได้ 2 กลุ่ม ซึ่งใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรเท่ากับ 11 และ 13 นาที จึงเลือกเวลาปรับตั้งเครื่องจักรที่ 11 นาที ในการผลิตงานที่ 5 บนเครื่องจักร B จึงเลือกจัดงานที่ 5 ซึ่งมีเวลาผลิตงานเท่ากับ 10 นาที ลงบนเครื่องจักร B ทำให้เวลาผลิตเสร็จของเครื่องจักร A เท่ากับ 71 นาที และเวลาผลิตเสร็จบนเครื่องจักร B เท่ากับ 21 นาที ดังภาพที่ 34



ภาพที่ 34 จัดงานที่ 5 ลงบนเครื่องจักร B ด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 2

ในการจัดตารางการผลิตครั้งที่ 4 สามารถจัดกลุ่มเครื่องจักรได้ 2 กลุ่ม ซึ่งใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรเท่ากับ 11 และ 22 นาที จึงเลือกเวลาปรับตั้งเครื่องจักรที่ 11 นาที ในการผลิตงานที่ 4 บนเครื่องจักร B จึงเลือกจัดงานที่ 4 ซึ่งมีเวลาผลิตงานเท่ากับ 50 นาที ลงบนเครื่องจักร B ทำให้เวลาผลิตเสร็จของเครื่องจักร A เท่ากับ 71 นาที และเวลาผลิตเสร็จบนเครื่องจักร B เท่ากับ 82 นาที ดังภาพที่ 35

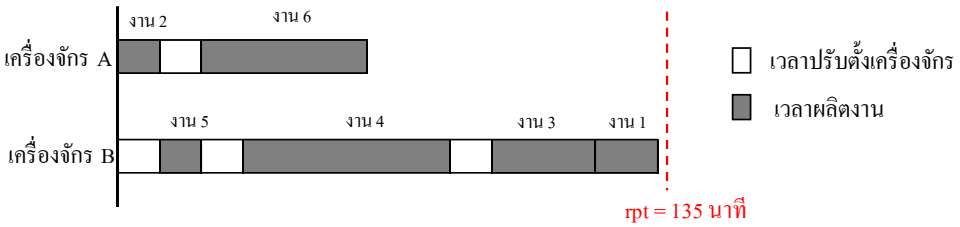


ภาพที่ 35 จัดงานที่ 4 ลงบนเครื่องจักร B ด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 2

ในการจัดตารางการผลิตครั้งที่ 5 สามารถจัดกลุ่มเครื่องจักรได้ 2 กลุ่ม ซึ่งใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรเท่ากับ 11 และ 22 นาที จึงเลือกเวลาปรับตั้งเครื่องจักรที่ 11 นาที ในการผลิตงานที่ 1 และ 3 บนเครื่องจักร B จึงเลือกจัดงานที่ 3 ที่มีเวลาผลิตงานเท่ากับ 25 นาที ซึ่งมากว่างานที่ 1 ที่มีเวลาผลิตงานเท่ากับ 15 นาที ลงบนเครื่องจักร B ทำให้เวลาผลิตเสร็จของเครื่องจักร A เท่ากับ 71 นาที และเวลาผลิตเสร็จบนเครื่องจักร B เท่ากับ 118 นาที ดังภาพที่ 36

ภาพที่ 36 จัดงานที่ 3 ลงบนเครื่องจักร B ด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 2

ในการจัดตารางการผลิตครั้งที่ 6 สามารถจัดกลุ่มเครื่องจักรได้ 2 กลุ่ม ซึ่งใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรเท่ากับ 0 และ 22 นาที จึงเลือกเวลาปรับตั้งเครื่องจักรที่ 0 นาที ในการผลิตงานที่ 1 บนเครื่องจักร B จึงเลือกจัดงานที่ 1 ที่มีเวลาผลิตงานเท่ากับ 15 นาที ลงบนเครื่องจักร B ทำให้เวลาผลิตเสร็จของเครื่องจักร A เท่ากับ 71 นาที และเวลาผลิตเสร็จบนเครื่องจักร B เท่ากับ 133 นาที ดังภาพที่ 37



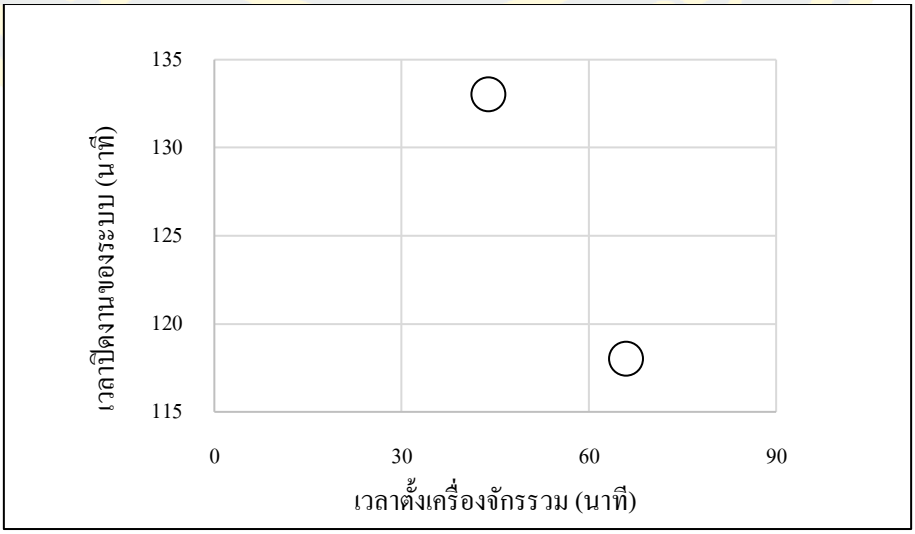
ภาพที่ 37 จัดงานที่ 1 ลงบนเครื่องจักร B ด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 2

จากการจัดตารางการผลิตในรอบที่ 2 ทำให้ได้ผลลัพธ์ของเวลาปรับตั้งเครื่องจักร และเวลาปิดงานของระบบดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 สรุปผลของตัวอย่างการจัดตารางการผลิตด้วยวิธี MinSetup ในรอบที่ 2

เวลาวิกฤต (นาที)	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
135	44	133

จากนั้นนำตารางการผลิตที่ได้จากการจัดตารางการผลิตในรอบที่ 2 บันทึกค่าเวลาปรับตั้งเครื่องจักร และเวลาปิดงานของระบบแล้วเขียนแผนภาพเพเรโต ดังภาพที่ 38



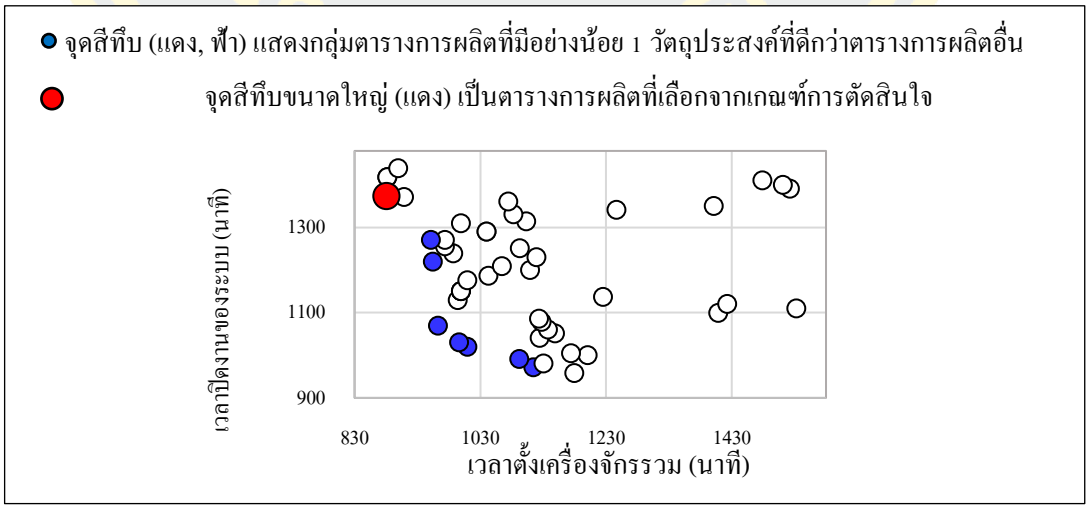
ภาพที่ 38 แผนภาพพาเรโตในการจัดตารางการผลิตรอบที่ 2

เมื่อมีการปรับค่าของเวลาวิกฤตแล้วจัดตารางการผลิตใหม่จะทำให้ได้ลำดับการผลิตที่แตกต่างไปจากเดิม ซึ่งอาจส่งผลถึงเวลาปรับตั้งเครื่องจักรหรือเวลาปิดงานของระบบที่เปลี่ยนไป ดังภาพที่ 38 ที่แสดงตัวอย่างการจัดตารางการผลิตด้านทำให้บนแผนภาพการกระจายมีจุดคู่อันดับที่เพิ่มขึ้นจาก 1 จุดเป็น 2 จุด ตารางการจัดตารางการผลิตที่เพิ่มเวลาวิกฤตจาก 80 นาที เป็น 135 นาที

ในงานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบให้วิธีการ MinSetup ที่กำหนดเวลาวิกฤตตั้งต้นเท่ากับ 960 นาที และเพิ่มเวลาวิกฤตครั้งละ 10 นาที จนถึงเวลาวิกฤตที่ 1440 นาที เพื่อให้ได้ตารางการผลิตที่มีค่าเวลาปรับตั้งเครื่องจักรและเวลาปิดงานของระบบที่แตกต่างกัน และเมื่อเพิ่มเวลาวิกฤตถึง 1440 นาที จะทำให้ได้ผลของตารางการผลิตทั้งหมด 49 ตารางการผลิต เพื่อนำไปสร้างแผนภาพพาเรโต ตามสำหรับการวิเคราะห์หาตารางการผลิตที่ทำให้มีเวลาปิดงานของระบบ และเวลาปรับตั้งเครื่องจักรที่เหมาะสมตามเกณฑ์การตัดสินใจที่กำหนดไว้ในข้อที่ 8.3

<u>ตัวอย่างผลการทดสอบด้วยวิธี MinSetup</u>

ในปัญหาทดสอบที่ 9 มีจำนวนงาน 223 งาน และเครื่องจักร 20 เครื่อง ถูกนำมาใช้เป็นตัวอย่างผลลัพธ์การจัดตารางการผลิตตามวิธีการ MinSetup ที่เสนอ แผนภาพการกระจายของคู่ลำดับเวลาตั้งเครื่องจักรรวมกับเวลาการปิดงานของระบบจำนวน 49 ตารางการผลิตถูกสร้างขึ้นดังภาพที่ 40 จากนั้นทำการเลือกตารางการผลิตในจุดสีทึบ (แดง, ฟ้า) ที่มีค่าเวลารวมของการตั้งเครื่องจักรกับเวลาการปิดงานของระบบอย่างน้อยหนึ่งค่าที่ดีกว่าตารางการผลิตอื่นถูกบันทึกให้เป็นกลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือก (Multiple best solutions found) ดังตารางที่ 14 และแผนภาพพาเรโตในภาพที่ 39



ภาพที่ 39 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 9

ตารางที่ 14 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือก

ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)	ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
1	881	1374	5	997	1029
2	953	1270	6	1011	1018
3	955	1218	7	1093	990
4	963	1069	8	1116	970

ค่าประมาณของเวลาปรับตั้งเครื่องจักรรวมและเวลาปิดงานของระบบสำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีจำนวนงาน 223 งาน จากสมการที่ 4-2 และ 4-3 มีค่าเท่ากับ 1142.33 นาที และ 1455.96 นาที ตามลำดับ ดังนั้นเมื่อพิจารณาเกณฑ์การตัดสินใจจึงเลือกตารางการผลิตลำดับที่ 1 (จุดทึบขนาดใหญ่สีแดงบนแผนภาพการกระจาย) ในตารางที่ 14 เป็นผลลัพธ์ตารางการผลิตของวิธีการฮิวริสติกนี้ เนื่องจากตารางการผลิตในลำดับที่ 1 เป็นไปตามเกณฑ์การตัดสินใจเลือกตารางการผลิตในข้อที่ 1 คือ เลือกตารางการผลิตที่มีเวลารวมของเวลาปรับตั้งเครื่องจักรที่น้อยที่สุด และมีเวลาปิดงานของระบบน้อยกว่าค่าสมการประมาณค่าเวลาปิดงานของระบบ

นอกจากนี้ในภาพที่ 39 จะเห็นได้ว่ามีจุดสีขาวที่ไม่ได้นำมาพิจารณาเลือกตารางการผลิต เนื่องจากจุดสีขาวทั้งหมดนั้นเป็นตารางการผลิตที่ให้ค่าของเวลาปรับตั้งเครื่องจักรและค่าเวลาปิดงานของระบบมากกว่าตารางการผลิตที่แสดงโดยจุดสีฟ้า และสีแดง (ตามตารางที่ 14) ซึ่งเป็นกลุ่มผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

ผลการวิจัย

การจัดตารางการผลิตด้วยวิธีการทางฮิวริสติกที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรมวิชวลเบสิคแอพพลิเคชัน (Visual Basic Application; VBA) บนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล 2016 แบบ 64 บิทบนคอมพิวเตอร์ที่ใช้ Intel® Core™ i7-3520M CPU @ 2.90 GHz เป็นหน่วยประมวลและ RAM 8.0 GB การนำเสนอผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังต่อไปนี้

1. ปัญหาสำหรับทดสอบของบริษัทกรณีศึกษา

ปัญหาการจัดตารางการผลิตของบริษัทกรณีศึกษาจำนวน 30 ปัญหา ถูกนำมาใช้ในการทดสอบจัดตารางการผลิตด้วยวิธีฮิวริสติกที่เสนอ ได้แก่ วิธี LPT และวิธี MinSetup ซึ่งปัญหาทดสอบนี้มีคำสั่งผลิตประมาณ 140 งานใน 1 วัน และสามารถเลือกใช้เครื่องจักรได้ทั้งหมด 20 เครื่อง เครื่องจักรทุกเครื่องสามารถทำงานได้ไม่ต่างกัน และมีประสิทธิภาพในการผลิตเหมือนกัน

ทุกประการ จำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตในแต่ละปัญหากำหนดให้เท่ากับจำนวนเครื่องจักรที่ใช้ตามตารางการผลิตที่สร้างจากวิธีการเดิม

2. ผลการทดสอบเปรียบเทียบฮิวริสติกทั้ง 2 วิธี

ปัญหาการจัดตารางการผลิตของบริษัทกรณีศึกษาจำนวน 30 ปัญหาที่ถูกนำมาใช้ในการทดลองจัดตารางการผลิตด้วยฮิวริสติกทั้ง 2 วิธีที่นำเสนอ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจัดตารางการผลิตจากฮิวริสติทั้ง 2 วิธีที่นำเสนอเป็นไปดังตารางที่ 15

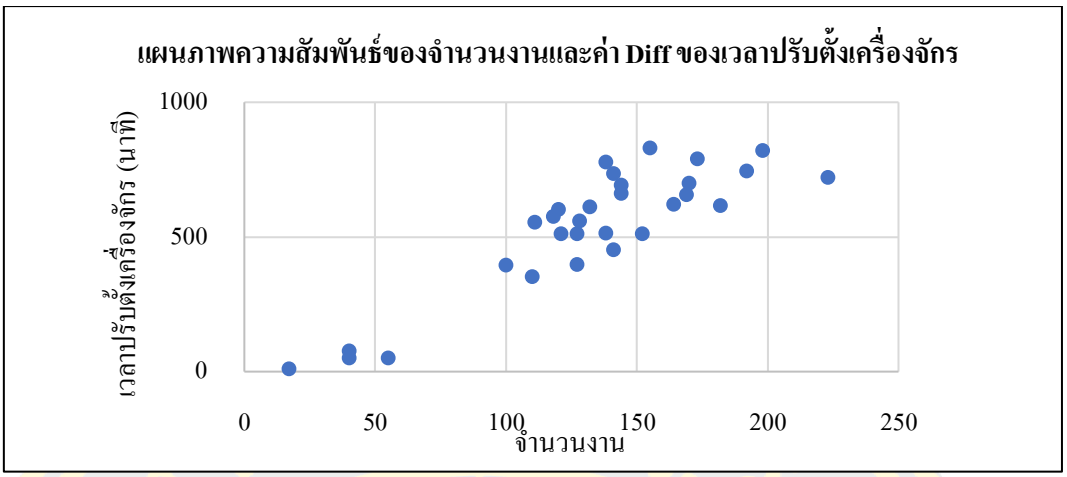
การจัดตารางการผลิตด้วยฮิวริสติกที่เสนอทั้ง 2 วิธี เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการแก้ไขปัญหานี้โดยเมื่อเปรียบเทียบผลของการจัดตารางการผลิตด้วยวิธี LPT และวิธี MinSetup พบว่า ในปัญหาทดสอบทุก ๆ ปัญหา วิธี LPT สามารถลดเวลาปิดงานของระบบลงได้มากกว่าวิธี MinSetup เฉลี่ย 398.28 นาที หรือคิดเป็นร้อยละ 50.94 แต่เมื่อพิจารณาในด้านของเวลาปรับตั้งเครื่องจักรจะพบว่า วิธี LPT มีเวลาปรับตั้งเครื่องจักรเฉลี่ยสูงกว่าวิธี MinSetup ถึง 536.99 นาที หรือคิดเป็นร้อยละ 43.86

จากการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของฮิวริสติกทั้ง 2 วิธี สามารถกล่าวได้ว่า วิธี LPT จะให้ผลลัพธ์ของตารางการผลิตที่ดีกว่าวิธี MinSetup เมื่อมีเป้าหมายในการจัดตารางการผลิตคือการลดเวลาปิดงานของระบบ และวิธี MinSetup จะให้ผลลัพธ์ของตารางการผลิตที่ดีกว่าวิธี LPT เมื่อมีเป้าหมายในการจัดตารางการผลิตคือการลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักร แต่เมื่อพิจารณาเงื่อนไขในด้านของจำนวนงานสั่งผลิตในปัญหานั้น ๆ พบว่า ในปัญหาที่มีจำนวนงานสั่งผลิตน้อยจะให้ผลลัพธ์ค่าความแตกต่างของเวลาปรับตั้งเครื่องจักรและเวลาปิดงานของระบบไม่แตกต่างกันมากนัก ดังภาพที่ 40 และ 41 ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ให้ความสำคัญกับการลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรมากกว่าการลดเวลาปิดงานของระบบ เนื่องจากบริษัทกรณีศึกษาไม่ได้มีการจำกัดในส่วนของการทำงานล่วงเวลาของพนักงาน และถึงแม้ว่าวิธี LPT ให้ผลลัพธ์การทดสอบของเวลาปิดงานที่ต่ำมาก แต่เมื่อพิจารณาในด้านของเวลาปรับตั้งเครื่องจักร พบว่า วิธี LPT ยังคงมีความไม่เหมาะสม เนื่องจากวิธีนี้ให้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรที่สูงมาก ในสถานการณ์การปฏิบัติงานจริงอาจจะเกิดเหตุการณ์ที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ และส่งผลให้สูญเสียเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรเพิ่มมากขึ้น เช่น การซ่อมแซมเครื่องจักร เครื่องจักรหยุดทำงาน หรือการเกิดอุบัติเหตุต่าง ๆ อีกทั้งยังมีโอกาสในการปรับตั้งเครื่องจักรหลายเครื่องในเวลาเดียวกัน ซึ่งสาเหตุเหล่านี้จะทำให้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรสูงขึ้นจากเดิม และอาจส่งผลกระทบต่อเวลาในการปิดงานของระบบ ซึ่งเป็นเหตุทำให้ไม่สามารถส่งงานได้ทันตามที่ลูกค้ากำหนดได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เลือกวิธี MinSetup เพื่อนำมาเปรียบเทียบผลกับวิธีการเดิม เนื่องจากวิธี MinSetup ให้เวลาการปรับตั้งเครื่องจักรที่น้อยกว่า วิธี LPT และสามารถปฏิบัติได้ในสภาพการผลิตจริง

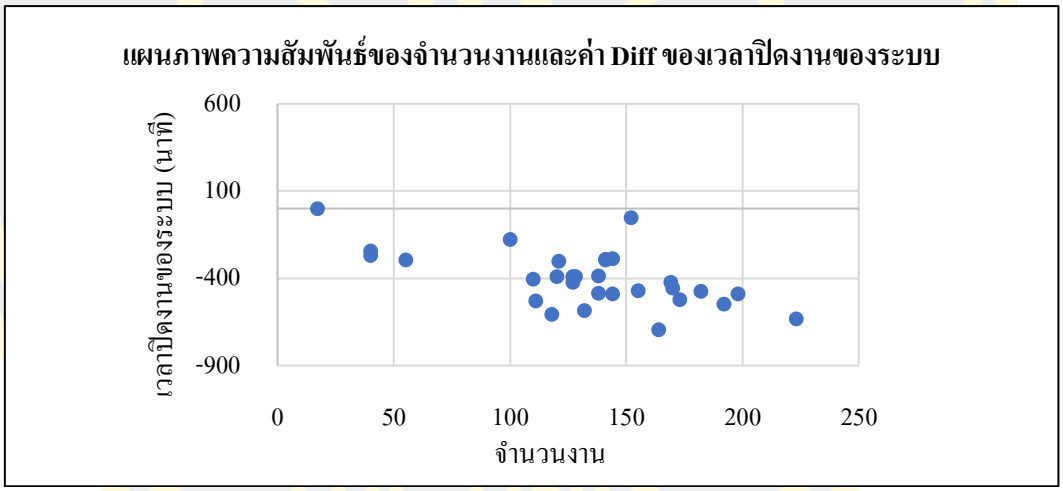
ตารางที่ 15 ผลการเปรียบเทียบผลทดสอบของวิธีการฮิวริสติกที่เสนอ

ปัญหา	จำนวนงาน	จำนวนเครื่องจักร	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)			เวลาปิดงานของระบบ (นาที)		
			LPT	MinSetup	Diff*	LPT	MinSetup	Diff*
1	169	19	1459	802	657	819	1240	-422
2	152	19	1143	631	512	1210	1261	-51
3	132	19	1354	742	612	785	1368	-583
4	141	18	1484	748	736	799	1089	-290
5	121	17	1114	603	511	863	1164	-301
6	164	17	1220	598	622	656	1348	-692
7	40	13	355	278	77	507	747	-240
8	100	18	1070	675	395	920	1097	-177
9	223	20	1602	881	721	745	1374	-629
10	110	18	1018	665	353	732	1136	-404
11	138	19	1527	750	777	732	1217	-485
12	141	18	1166	713	453	758	1049	-291
13	144	18	1352	691	661	648	1135	-487
14	40	12	371	321	50	533	802	-269
15	128	20	1284	724	560	793	1180	-387
16	120	17	1320	717	603	892	1282	-390
17	192	19	1718	973	745	845	1390	-545
18	144	19	1416	724	692	912	1196	-284
19	127	19	1275	764	511	767	1188	-421
20	127	19	1183	784	399	738	1125	-387
21	55	15	475	424	51	551	843	-292
22	170	20	1480	781	699	880	1333	-453
23	182	20	1512	895	617	862	1334	-472
24	173	19	1569	779	790	832	1354	-522
25	118	19	1302	725	577	809	1415	-606
26	111	18	1207	652	555	799	1327	-528
27	138	19	1183	670	513	704	1089	-385
28	17	7	167	156	11	598	598	0
29	155	19	1657	827	830	860	1329	-469
30	198	18	1743	923	820	908	1396	-488
เฉลี่ยต่อวัน			1224.19	687.20	536.99	781.92	1146.87	-398.28
ร้อยละการลดลง					43.86			-50.94

หมายเหตุ *Diff = LPT – MinSetup



ภาพที่ 40 ความสัมพันธ์ของจำนวนงานและค่า Diff ของเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของวิธี LPT และ MinSetup



ภาพที่ 41 ความสัมพันธ์ของจำนวนงานและค่า Diff ของเวลาปิดงานของระบบของวิธี LPT และ MinSetup

3. ผลการทดสอบเปรียบเทียบกับวิธีการเดิม

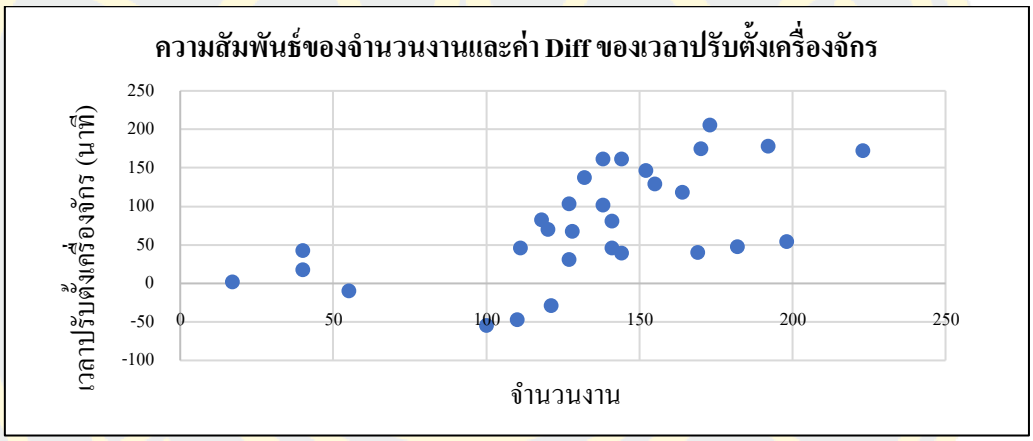
ปัญหาการจัดตารางการผลิตของบริษัทกรณีศึกษาจำนวน 30 ปัญหาที่ถูกนำมาใช้ในการทดลองจัดตารางการผลิตด้วยวิธี MinSetup ได้ผลลัพธ์ของแผนภาพพาเรโตแสดงในภาคผนวก ข และเลือกตารางการผลิตที่ดีที่สุดจากกลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกโดยอ้างอิงตามเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจแล้ว พบว่าผลลัพธ์ของตารางการผลิตที่ถูกเลือกดังจุดสีทึบขนาดใหญ่ (แดง) เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจัดตารางการผลิตจากฮิวริสติกที่นำเสนอกับวิธีการเดิมของบริษัทกรณีศึกษาเป็นไปดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ผลการเปรียบเทียบการจัดตารางการผลิตของวิธีการเดิมและวิธีการฮิวริสติกที่เสนอ

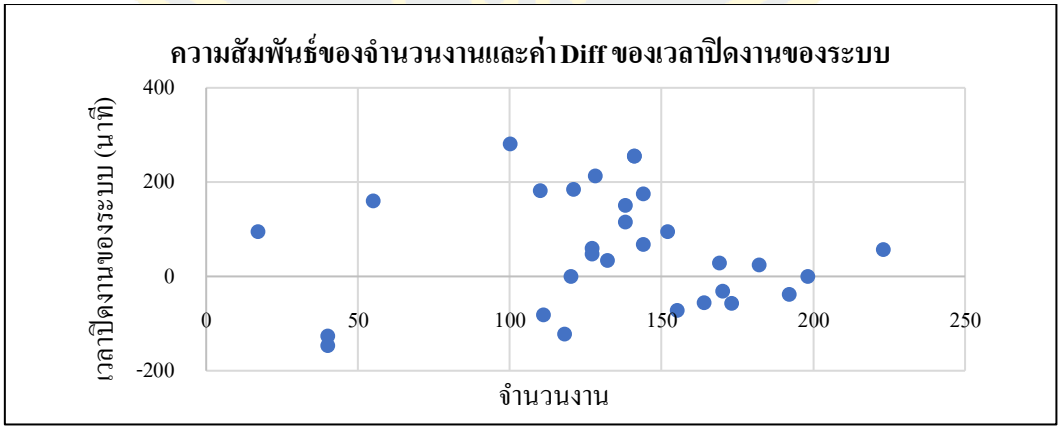
ปัญหา	จำนวนงาน	จำนวนเครื่องจักร	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)			เวลาปิดงานของระบบ (นาที)		
			วิธีการเดิม	MinSetup	Diff*	วิธีการเดิม	MinSetup	Diff*
1	169	19	843	802	41	1269	1240	29
2	152	19	778	631	147	1356	1261	95
3	132	19	880	742	138	1402	1368	34
4	141	18	829	748	81	1344	1089	255
5	121	17	574	603	-29	1348	1164	184
6	164	17	716	598	118	1293	1348	-55
7	40	13	296	278	18	621	747	-126
8	100	18	621	675	-54	1378	1097	281
9	223	20	1054	881	173	1430	1374	56
10	110	18	618	665	-47	1318	1136	182
11	138	19	912	750	162	1332	1217	115
12	141	18	759	713	46	1304	1049	255
13	144	18	853	691	162	1203	1135	68
14	40	12	363	321	42	656	802	-146
15	128	20	792	724	68	1393	1180	213
16	120	17	787	717	70	1282	1282	0
17	192	19	1151	973	178	1352	1390	-38
18	144	19	763	724	39	1371	1196	175
19	127	19	867	764	103	1248	1188	60
20	127	19	815	784	31	1173	1125	48
21	55	15	414	424	-10	1003	843	160
22	170	20	956	781	175	1301	1333	-32
23	182	20	943	895	48	1358	1334	24
24	173	19	984	779	205	1297	1354	-57
25	118	19	808	725	83	1293	1415	-122
26	111	18	698	652	46	1246	1327	-81
27	138	19	772	670	102	1239	1089	150
28	17	7	158	156	2	694	598	96
29	155	19	956	827	129	1256	1329	-73
30	198	18	977	923	54	1396	1396	0
เฉลี่ยต่อวัน			764.51	687.20	77.31	1238.51	1180.20	58.31
ร้อยละการลดลง					10.11			4.71

หมายเหตุ *Diff = วิธีการเดิม – MinSetup

การจัดตารางการผลิตด้วยฮิวริสติกที่เสนอเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการแก้ไขปัญหานี้โดยสามารถลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรและเวลาปิดงานของระบบลงได้ โดยพบว่าฮิวริสติกนี้มีปัญหาจำนวน 15 ปัญหาที่สามารถลดเวลาปิดงานของระบบและเวลาตั้งเครื่องจักรลงได้ ปัญหาจำนวน 11 ปัญหาที่ลดได้เพียงเวลาตั้งเครื่องจักร ปัญหาจำนวน 4 ปัญหาที่ลดได้เพียงเวลาปิดงานของระบบ และไม่มีปัญหาใดที่ไม่สามารถลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรหรือเวลาปิดงานของระบบลงได้ ถึงแม้ว่าในปัญหาที่ 5, 8, 10 และ 21 จะไม่สามารถลดเวลาตั้งเครื่องจักรลงได้ และปัญหาที่ 6, 7, 14, 17, 22, 24, 25, 26 และ 29 ไม่สามารถลดเวลาปิดงานของระบบลงได้ แต่โดยภาพรวมแล้ววิธีฮิวริสติกนี้สามารถลดเวลาตั้งเครื่องเฉลี่ยลงได้ 77.31 นาที คิดเป็นการลดลงร้อยละ 10.11 และสามารถลดเวลาปิดงานของระบบเฉลี่ยลงได้ 58.31 นาที คิดเป็นการลดลงร้อยละ 4.71



ภาพที่ 42 ความสัมพันธ์ของจำนวนงานและค่า Diff ของเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของวิธีการเดิม และ MinSetup



ภาพที่ 43 ความสัมพันธ์ของจำนวนงานและค่า Diff ของเวลาปิดงานของระบบของวิธีการเดิม และ MinSetup

จากภาพที่ 42 และ 43 ปัญหาที่ไม่สามารถลดเวลาปรับตั้งของเครื่องจักรหรือเวลาปิดงานของระบบลงได้นั้นจะมีลักษณะของปัญหาที่มีจำนวนงานสั่งผลิตน้อย นั่นสามารถแสดงได้ว่าวิธีการเดิมในการจัดตารางการผลิตของบริษัทกรณีศึกษาสามารถใช้ได้กับปัญหาที่มีจำนวนงานสั่งผลิตไม่มากนัก หากแต่เมื่อมีจำนวนงานสั่งผลิตมากขึ้นจะทำให้ยากต่อการวิเคราะห์และจัดตารางการผลิตได้อย่างเหมาะสม ส่วนปัญหาที่มีจำนวนงานสั่งผลิตมากแต่ไม่สามารถลดเวลาปิดงานของระบบลงได้นั้นมีสาเหตุมาจากงานวิจัยนี้ให้ความสำคัญในด้านของเวลาปรับตั้งเครื่องจักรมากกว่าเวลาปิดงานของระบบทำให้ฮิวริสติกที่นำเสนอจะเลือกจัดงานลงในเครื่องจักรที่ใช้เวลาปรับตั้งน้อยเป็นหลัก ทำให้เวลาปิดงานของระบบสูงกว่าวิธีการเดิม อย่างไรก็ตามวิธีนี้จะช่วยให้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรลดลง

ตารางที่ 17 เวลาในการประมวลผลของปัญหาทดสอบ

ปัญหา	จำนวนงาน	เวลาประมวลผล (วินาที)	ปัญหา	จำนวนงาน	เวลาประมวลผล (วินาที)
1	169	247.83	16	120	51.73
2	152	187.67	17	192	218.63
3	132	133.52	18	144	106.92
4	141	132.15	19	127	64.57
5	121	87.36	20	127	66.59
6	164	180.52	21	55	5.36
7	40	3.24	22	170	215.43
8	100	56.74	23	182	206.23
9	223	621.17	24	173	149.27
10	110	63.35	25	118	67.36
11	138	118.86	26	111	44.64
12	141	121.06	27	138	96.41
13	144	149.16	28	17	0.21
14	40	2.02	29	155	110.06
15	128	67.38	30	198	163.23
	ค่าเฉลี่ย			124.62	

จากตารางที่ 17 วิธีฮิวริสติกนี้ใช้เวลาในการประมวลผลเฉลี่ยประมาณ 124.62 วินาที และมีเวลาประมวลผลสูงสุดประมาณ 621.17 วินาที ซึ่งสามารถทำให้มั่นใจได้ว่าจะสามารถจัดตาราง

การผลิตได้ทันต่อความต้องการในการผลิต อย่างไรก็ตามปัญหาทดสอบที่ไม่สามารถลดเวลาตั้งเครื่องจักรหรือเวลาปิดงานของระบบลงได้ วิธีนี้จะสามารถช่วยเวลาปิดงานของระบบได้ซึ่งทำให้เครื่องจักรแต่ละเครื่องมีภาระงานที่ใกล้เคียงกัน

ฮิวริสติกที่เสนอนี้สามารถสร้างตารางการผลิตที่ทำให้ลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรและเวลาปิดงานของระบบลงได้ ซึ่งช่วยให้พนักงานไม่ต้องสูญเสียเวลาในการตั้งเครื่องจักรและสามารถใช้เวลาที่ลดลงสำหรับผลิตงานเพื่อให้ทันตามกำหนดการที่วางแผนไว้รายวันได้ และการลดเวลาปิดงานของระบบลงจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักร รวมทั้งยังช่วยจัดลำดับงานเพื่อปรับสมดุลของงานบนเครื่องจักร ทำให้เครื่องจักรมีภาระงานไม่มากจนเกินไป

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผล

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการจัดตารางการผลิตสำหรับกระบวนการตัดสายไฟอัตโนมัติที่ทำให้เวลาการตั้งเครื่องจักรและเวลาปิดงานของระบบลดลง จากการเก็บข้อมูลของบริษัทผลิตชุดสายไฟแห่งหนึ่งในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ที่มีการวางแผนการผลิตของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติแบบรายวันตามคำสั่งซื้อของลูกค้า โดยวางแผนของทั้งสองกะทำงานและรวมเวลาการทำงานล่วงเวลาที่ขึ้นอยู่กับปริมาณของงานที่ผลิตในแต่ละวัน รวมเวลาที่เป็นไปได้ในการวางแผนการผลิตเท่ากับ 16 ถึง 24 ชั่วโมง ข้อมูลจำนวนงานสั่งผลิตเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 140 งาน บนเครื่องจักร 20 เครื่อง โดยที่เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรมีผลต่อลำดับงาน และลักษณะของการตัดสายไฟจะแบ่งออกเป็น 4 ลักษณะ ได้แก่ แบบไม่มีการย้ำขั้วต่อสายไฟ แบบย้ำขั้วต่อสายไฟด้านใดด้านหนึ่ง แบบย้ำขั้วต่อสายไฟทั้ง 2 ด้าน แบบชุบดีบุกหนึ่งด้าน ซึ่งลักษณะของการตัดสายไฟมีผลต่อเวลาปรับตั้งเครื่องจักร วิธีการจัดตารางการผลิตเดิมใช้ประสบการณ์ของผู้วางแผนการผลิตโดยจัดตารางการผลิตตามกำหนดส่งงานให้ลูกค้าเป็นหลัก ซึ่งอาจไม่ได้คำนึงถึงเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอวิธีการฮิวริสติก 2 รูปแบบ ได้แก่ การเลือกปฏิบัติงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อน (Longest Processing Time: LPT) และการเลือกปฏิบัติงานที่มีเวลาปรับตั้งเครื่องจักรน้อยที่สุดก่อน (Similar Required Setups: MinSetup) เพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตนี้ เนื่องจากวิธีการทั้ง 2 นี้สามารถนำมาใช้สำหรับการจัดตารางการผลิตได้จริง และให้ผลลัพธ์ของผลการทดสอบในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ ซึ่งแตกต่างจากวิธีการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming Model) เพราะปัญหาการจัดตารางการผลิตนี้เป็นปัญหาขนาดใหญ่ ทำให้ใช้เวลานานในการประมวลผลเพื่อหาผลลัพธ์ ซึ่งไม่สามารถนำมาใช้จัดตารางการผลิตตามรอบการจัดตารางการผลิตของบริษัทกรณีศึกษาได้ วิธีฮิวริสติกทั้ง 2 วิธี เป็นดังนี้

1. การเลือกปฏิบัติงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อน (Longest Processing Time: LPT) วิธีการนี้จะเลือกจัดตารางการผลิตโดยเรียงลำดับงานจากงานที่ใช้เวลามากที่สุด จากนั้นคำนวณเวลาวิกฤตจากผลรวมเวลาผลิตของทุกงานกับผลรวมเวลาปรับตั้งเครื่องจักรโดยเฉลี่ยของทุกงานต่อจำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตเป็นเวลาวิกฤตตั้งต้น แล้วเลือกจัดงานจากงานที่เรียงลำดับไว้ลงบนเครื่องจักรที่ใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรน้อยที่สุด แล้วคำนวณเวลาผลิตเสร็จ เพื่อจัดงานลงบนเครื่องจักรที่มีเวลาผลิตเสร็จไม่เกินเวลาวิกฤต

2. การเลือกปฏิบัติงานที่มีเวลาปรับตั้งเครื่องจักรน้อยที่สุดก่อน (Similar Required Setups: MinSetup) วิธีการนี้จะเริ่มจากการกำหนดเวลาวิกฤตตั้งต้น แล้วจัดกลุ่มเครื่องจักรที่ใช้เวลาในการปรับตั้งน้อยที่สุด จากนั้นจึงเรียงลำดับงานในกลุ่มเครื่องจักรจากเวลาที่มากที่สุด แล้วจึงจัดงานลงบนเครื่องจักร จากนั้นเพิ่มเวลาวิกฤตครั้งละ 10 นาที และนำค่าวัตถุประสงค์ทั้งสองที่ได้จากการจัดตารางการผลิตมาสร้างแผนภาพการกระจายพาเรโต แล้วเริ่มจัดตารางการผลิตใหม่ จากนั้นกำหนดเกณฑ์การตัดสินใจเพื่อเลือกตารางการผลิตที่ดีที่สุด

การจัดตารางการผลิตด้วยวิธีการทางฮิวริสติกที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม VBA บนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล เมื่อเปรียบเทียบผลของการจัดตารางการผลิตของฮิวริสติกทั้ง 2 วิธี พบว่าวิธี LPT สามารถลดเวลาปิดงานของระบบลงได้ค่อนข้างสูง แต่วิธีนี้ไม่สามารถลดเวลาของการปรับตั้งเครื่องจักรลงได้ อีกทั้งยังทำให้ตารางการผลิตที่ได้มีเวลาปรับตั้งเครื่องจักรที่สูง หากนำไปใช้ในการผลิตจริงอาจส่งผลให้ไม่สามารถส่งงานได้ทันตามที่ลูกค้ากำหนด ในงานวิจัยนี้จึงได้นำของฮิวริสติกวิธี MinSetup มาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของผลการทดสอบเทียบกับวิธีการเดิม แล้วพบว่าวิธี MinSetup สามารถลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรและเวลาปิดงานของระบบลงได้ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีของฮิวริสติกที่ประยุกต์ใช้วิธี MinSetup และ LPT เข้าด้วยกัน วิธีการนี้สามารถลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรและเวลาปิดงานของระบบลงได้ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ถึงแม้ว่าในบางปัญหาไม่สามารถลดเวลาของการปรับตั้งเครื่องจักร หรือวลาปิดงานของระบบลงได้ แต่วิธีการนี้จะช่วยให้เครื่องจักรมีภาระงานที่ใกล้เคียงกัน

อภิปรายผล

การจัดตารางการผลิตด้วยวิธีการเลือกปฏิบัติงานที่มากที่สุดก่อน (LPT) ทำให้ได้ตารางการผลิตที่มีเวลาปิดงานของระบบต่ำ แต่วิธีการนี้จะไม่ได้คำนึงถึงเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร จึงส่งผลให้วิธีการมีเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรที่ค่อนข้างสูง ทำให้พนักงานที่มีหน้าที่ปรับตั้งเครื่องจักรมีภาระงานมากขึ้น หากเกิดเหตุที่ไม่ได้คาดการณ์ หรือการตั้งเครื่องจักรหลายเครื่องในเวลาเดียวกันจะส่งผลต่อเวลาปิดงานของระบบที่เพิ่มสูงขึ้น วิจัยนี้จึงเลือกการประยุกต์วิธีพื้นฐานพาเรโตที่สร้างกลุ่มตารางการผลิตที่มีค่า 2 วัตถุประสงค์ที่ดีที่สุดที่สร้างจากฮิวริสติกที่ออกแบบภายใต้แนวคิดการจัดงานที่ใช้เวลาตั้งเครื่องจักรน้อยที่สุดก่อน (MinSetup) ร่วมกับการจัดงานที่ใช้เวลามากที่สุดก่อน (LPT) แล้วเลือกตารางการผลิตที่ดีที่สุดจากเกณฑ์การตัดสินใจที่กำหนด ทำให้วิธีการนี้สามารถลดเวลาตั้งเครื่องจักรและเวลาปิดงานของระบบลงได้เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเดิม ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย อีกทั้งยังใช้เวลาในการประมวลผลสูงสุด 621.17 วินาทีในปัญหาที่มีจำนวนงาน 223 งาน ทำให้มั่นใจได้ว่าบริษัทจะสามารถวางแผนการผลิตได้ทันตามเวลาที่

กำหนด ปัญหาทดสอบที่ไม่สามารถลดเวลาปิดงานของระบบหรือเวลาตั้งเครื่องจักรลงได้ เนื่องจากตารางการผลิตทุกตารางในกลุ่มที่มีโอกาสถูกเลือกมีค่าเวลาตั้งเครื่องจักรหรือเวลาปิดงานของระบบสูงกว่าตารางการผลิตที่สร้างจากวิธีการเดิม เกิดขึ้นเนื่องจากวิธีสร้างกลุ่มตารางการผลิต 49 ตารางในขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 6 ที่เสนอในงานวิจัยนี้เป็นวิธีการจัดตารางการผลิตอย่างง่าย ทำให้เวลาปิดงานของระบบหรือเวลาตั้งเครื่องจักรของกลุ่มตารางการผลิตที่สร้างขึ้นอาจยังเป็นค่าที่ไม่ดีพอ

เกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกตารางการผลิตจากกลุ่มที่มีโอกาสถูกเลือกตามวิธีพื้นฐานพาเรโตที่กำหนดในงานวิจัยนี้ พิจารณาเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ทั้งสองกับค่าประมาณที่คำนวณจากจำนวนงานที่ต้องจัดตารางการผลิต สมการความสัมพันธ์นี้ถูกสร้างจากค่าเวลาปิดงานและเวลาตั้งเครื่องจักรของตารางการผลิตที่สร้างจากวิธีการเดิมซึ่งเป็นค่าเวลาปิดงานและเวลาตั้งเครื่องจักรที่ต่ำพอที่มั่นใจได้ว่า เมื่อนำตารางการผลิตไปใช้งานจะสามารถผลิตได้ตามแผน สำหรับการกำหนดเกณฑ์การตัดสินใจที่ให้ความสำคัญกับเวลาปรับตั้งเครื่องจักรมากกว่าเวลาปิดงานของระบบ ทำให้สูญเสียโอกาสในการลดต้นทุนการทำงานล่วงเวลาลงได้ ในปัญหาทดสอบบางปัญหาสามารถเลือกตารางการผลิตที่มีเวลาปิดงานต่ำที่สุด ซึ่งเป็นเวลาที่ไม่ต้องทำงานล่วงเวลา อย่างไรก็ตามการลดลงของเวลาปรับตั้งเครื่องจักรจะส่งผลต่อภาระงานที่เหมาะสมของพนักงานที่มีหน้าที่ในการตั้งเครื่องจักร หากภาระงานการตั้งเครื่องจักรมากเกินไปทำให้มีโอกาสที่ต้องตั้งเครื่องจักรหลายเครื่องในเวลาเดียวกันซึ่งทำให้การผลิตจริงจะใช้เวลาตั้งเครื่องจักรเสร็จช้ากว่าแผนที่กำหนดไว้ในตารางการผลิต และจะส่งผลต่อเวลาปิดงานของระบบล่าช้าออกไปด้วย ซึ่งอาจทำให้ผลิตงานทั้งหมดเสร็จไม่ทันภายใน 1 วันได้ แต่หากต้นทุนของการทำงานล่วงเวลาเพิ่มมากขึ้น อาจต้องพิจารณาในการปรับเปลี่ยนเกณฑ์ในการตัดสินใจเกี่ยวกับต้นทุนที่บริษัทสามารถยอมรับได้

ข้อเสนอแนะ

1. พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีการฮิวริสติกที่เสนอที่ทำให้ผู้วางแผนการผลิตสามารถใช้วิธีการนี้ในการจัดตารางการผลิตประจำวันได้จริง โดยโปรแกรมควรมีความยืดหยุ่นในการเลือกตารางการผลิตที่ดีที่สุดจากกลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือก ที่ผู้วางแผนการผลิตสามารถเลือกตารางการผลิตที่ไม่เป็นไปตามวิธีการที่เสนอนี้ได้

2. กำหนดวิธีการสร้างกลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกโดยเพิ่มการปรับเปลี่ยนจำนวนเครื่องจักรให้มีมากกว่า 1 ค่า จะทำให้เลือกตารางการผลิตที่มีจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมได้

3. กำหนดรอบเวลาในการปรับปรุงสมการทำนายค่าเวลาปรับตั้งเครื่องจักรรวม และเวลาปิดงานของระบบ ที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจของวิธีการฮิวริสติกที่เสนอในงานวิจัยนี้

4. ออกแบบเกณฑ์การตัดสินใจอื่น ๆ เช่น การให้ความสำคัญกับเวลาปิดงานของระบบที่สัมพันธ์กับการทำงานล่วงเวลาของบริษัทกรณีศึกษาที่ทำงานตามเวลาปกติรวมการทำงานล่วงเวลาสองรูปแบบคือ 20 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง เป็นต้น

5. ออกแบบเมตาฮิวริสติกสำหรับสร้างกลุ่มตารางการผลิตทดแทนวิธีประยุกต์การเลือกงานที่ใช้เวลาตั้งเครื่องจักรน้อยที่สุดกับงานที่ใช้เวลาการผลิตมากที่สุด ซึ่งอาจทำให้เวลาการตั้งเครื่องจักรและเวลาปิดงานของระบบลดลงได้

บรรณานุกรม

กัญชลา สุดตาชาติ. (2552). ฮิวริสติกสำหรับการจัดตารางการผลิตเครื่องจักรขนานกรณีมีเวลาติดตั้งเครื่องจักร และมีข้อจำกัดของเครื่องจักร. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, 5*(2), 77-88.

กิตติพงศ์ บุญโล่ง. (2554). ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับการหาค่าเหมาะที่สุดวัตถุประสงค์หลายอย่าง. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 16*(1), 107-114.

คณิศร ศรีทาพักตร์. (2564). *เมตาฮิวริสติกสาหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรแบบขนานในกระบวนการขึ้นรูปยางรถยนต์*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

จิรัสยา ปาณะศรี และนรา สมัตถภาพงศ์. (2566). การจัดตารางการผลิตสำหรับเครื่องจักรขนานด้วยเทคนิคจำลองสถานการณ์: กรณีศึกษาโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม, 16*(3), 178-190.

เชฏฐา ชำนาญหล่อ และคณะ. (2561). ฮิวริสติกส์สำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตในอุตสาหกรรมที่มีเครื่องจักรขนาน. *วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ., 12*(9), 13-27.

ทวีพร ขำดี. (2554). *การจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรขนานแบบหลายจุดประสงค์*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ธนวัฒน์ วงศ์เครือ และวรวุฒิ หวังวัชรกุล. (2564). การจัดตารางการผลิตเครื่องจักรขนานในกระบวนการทดสอบวงจรรวม. *วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน, 9*(1), 153-162.

นัฐพงค์ สุดพุ่ม และสรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์. (2551). การจัดตารางการผลิตสำหรับเครื่องจักรแบบขนานโดยมีเวลาเตรียมการผลิตเป็นแบบไม่อิสระ. *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2551*(329-336.

บุษบา พฤกษาพันธุ์รัตน์. (2552). *การวางแผนและควบคุมการผลิต* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: ท้อป.

ปารเมศ ชุติมา. (2551). *การประยุกต์เทคนิคการจัดตารางในอุตสาหกรรม* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: วี.พริ้นท์.

ปารเมศ ชุติมา. (2555). *เทคนิคการจัดตารางการดำเนินงาน* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: แอคทีฟพริ้นท์.

พิภพ ลลิตาภรณ์. (2556). *การวางแผนและควบคุมการผลิต* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สุปัญญา ไชยชาญ. (2540). *การบริหารการผลิต* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: พี.เอ.ลีฟวิ่ง.

อารดา ไชยโคตร. (2561). *การจัดตารางการผลิตเครื่องจักรแบบขนานที่ลำดับงานมีผลต่อเวลาการตั้งเครื่องจักรในกระบวนการขึ้นรูปยางรถยนต์*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

Chiuh-Cheng Chyu and Wei-Shung Chang. (2010). A Pareto evolutionary algorithm approach to bi-objective unrelated parallel machine scheduling problems. *Int J Adv Manuf Technol, 2010*(49), 697-708.

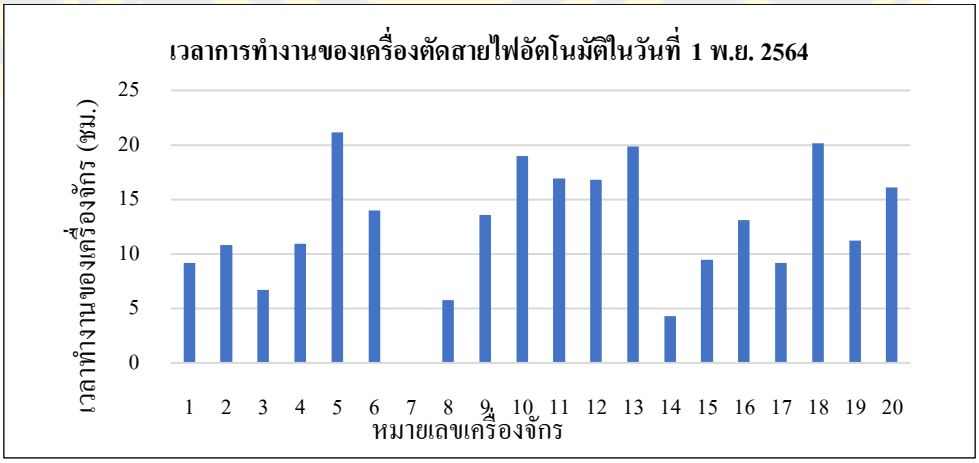
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

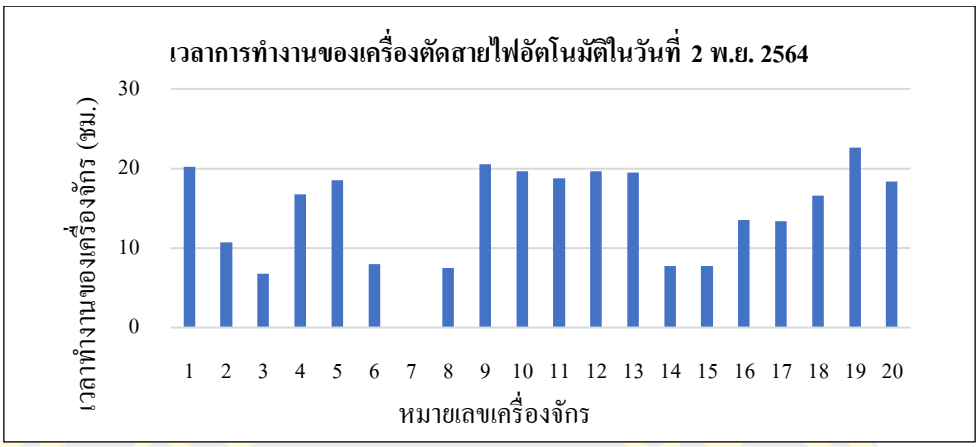
เวลาการทำงานของเครื่องจักรในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564

ตารางภาคผนวก ก-1 เวลาการทำงานของเครื่องจักรในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564

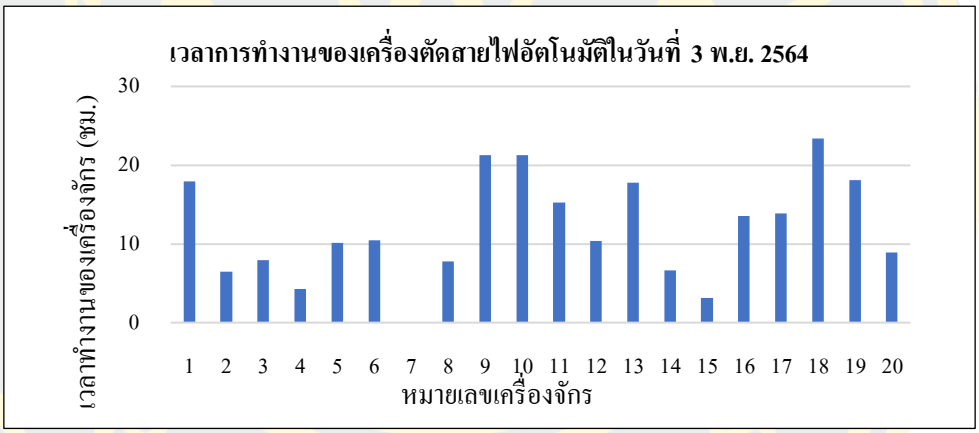
	เวลาทำงานของเครื่องจักร (ชั่วโมง)																			
ปัญหา	MC No.1	MC No.2	MC No.3	MC No.4	MC No.5	MC No.6	MC No.7	MC No.8	MC No.9	MC No.10	MC No.11	MC No.12	MC No.13	MC No.14	MC No.15	MC No.16	MC No.17	MC No.18	MC No.19	MC No.20
1	9.19	10.83	6.73	10.94	21.15	14.01	0.00	5.77	13.58	18.95	16.93	16.79	19.87	4.27	9.44	13.08	9.15	20.13	11.22	16.09
2	20.17	10.69	6.73	16.73	18.53	8.00	0.00	7.50	20.53	19.65	18.79	19.61	19.50	7.76	7.71	13.52	13.34	16.57	22.60	18.33
3	17.93	6.45	7.93	4.28	10.14	10.45	0.00	7.81	21.25	21.27	15.25	10.38	17.78	6.62	3.14	13.51	13.87	23.37	18.09	8.89
4	14.13	6.97	6.97	9.50	11.91	20.43	0.00	0.00	15.80	22.25	16.90	9.50	8.13	10.32	3.62	14.93	7.41	22.39	5.57	20.06
5	18.54	7.26	0.00	15.35	19.21	16.54	0.00	0.00	10.52	5.44	17.62	9.49	17.84	5.44	7.26	17.83	14.89	6.95	22.47	20.86
6	9.65	7.88	0.00	3.58	15.12	19.10	0.00	0.00	21.54	19.31	17.50	13.64	4.40	5.96	9.23	7.05	4.51	6.37	8.02	2.15
7	8.45	4.69	0.00	0.00	5.53	7.81	0.00	0.00	0.00	10.35	9.42	2.45	9.07	6.30	0.00	6.16	0.00	6.86	7.41	8.81
8	15.17	8.24	11.41	9.58	18.85	22.97	0.00	0.00	11.77	13.41	19.98	15.90	22.06	20.38	2.91	17.69	13.53	11.03	15.61	14.73
9	10.72	5.73	6.13	6.67	20.47	23.84	2.57	0.37	6.86	13.64	17.42	7.23	22.75	8.21	3.92	12.26	17.15	13.42	12.38	17.58
10	9.49	5.91	3.25	3.10	18.08	19.13	0.00	0.00	13.45	11.93	9.57	3.56	13.69	14.15	4.57	11.22	13.98	18.40	14.38	21.96
11	5.13	5.82	9.65	5.79	16.44	15.03	0.00	2.29	15.55	8.55	10.87	12.75	14.81	5.56	3.18	11.30	15.79	20.31	22.21	18.39
12	12.55	6.41	4.69	8.80	21.15	10.58	0.00	0.00	14.07	6.80	5.72	6.54	14.81	9.54	3.56	12.56	14.89	19.43	21.73	16.49
13	7.59	7.28	5.29	3.32	13.42	15.41	0.00	0.00	5.71	15.59	9.90	5.21	11.39	6.86	3.83	11.23	7.63	17.45	20.05	14.74
14	0.00	3.63	0.00	7.43	5.19	0.00	0.00	0.00	3.48	7.85	4.50	5.89	0.00	0.00	0.00	4.66	0.00	0.00	10.93	8.89
15	10.53	8.59	12.73	11.58	16.22	19.89	4.80	5.89	19.49	14.54	3.30	12.97	17.00	7.43	3.42	18.16	12.85	14.61	23.21	17.12
16	5.95	7.72	5.57	16.65	21.37	21.27	6.18	0.00	20.12	16.68	9.98	14.12	20.89	16.03	4.18	20.13	0.00	0.00	16.01	18.85
17	21.80	10.45	6.95	10.60	18.37	18.49	5.71	2.05	16.80	14.09	10.85	11.17	22.53	8.78	6.37	20.35	12.85	0.00	21.21	14.85
18	18.28	7.87	11.05	19.23	19.15	9.71	6.55	0.00	17.33	17.95	12.13	13.01	22.85	13.15	4.23	16.29	13.05	14.61	22.69	16.77
19	16.39	7.65	5.29	13.37	15.62	16.58	6.46	0.00	15.23	16.06	4.32	7.81	19.73	8.27	3.16	14.95	10.82	16.44	20.80	14.85
20	11.02	13.80	6.01	10.28	12.47	16.41	0.00	6.37	8.17	14.94	15.27	7.77	19.54	4.28	3.25	11.19	12.62	18.37	17.85	15.19
21	7.18	6.20	0.00	0.00	5.54	8.53	0.00	0.00	8.17	7.86	16.72	5.02	10.29	1.69	0.00	9.40	7.18	12.51	6.21	10.47
22	12.33	10.89	6.73	14.40	21.69	14.95	16.28	4.33	16.69	19.38	9.38	14.61	17.93	10.85	9.40	17.53	15.78	17.58	17.52	14.94
23	16.71	10.29	5.41	16.75	20.22	7.23	5.53	8.30	17.95	20.40	10.93	9.27	20.98	10.04	5.48	16.71	16.70	22.63	19.54	14.71
24	19.91	8.40	8.41	8.44	15.15	14.81	0.00	7.45	13.15	10.44	15.76	12.94	20.32	8.26	8.98	19.57	15.79	12.71	21.61	10.11
25	17.87	9.58	5.41	1.57	17.71	20.38	0.00	6.37	14.00	19.62	16.38	9.05	21.55	5.90	6.20	18.48	12.62	16.96	20.69	6.26
26	12.58	8.96	8.56	0.00	14.65	16.73	0.00	5.46	19.46	13.44	19.82	9.01	16.05	4.26	5.65	13.43	6.73	20.12	20.77	13.53
27	18.43	8.76	0.73	11.77	14.11	20.65	0.00	4.87	7.12	11.87	10.06	12.79	15.25	9.03	3.38	9.37	4.46	16.24	20.59	14.96
28	0.00	0.00	0.00	0.00	6.43	0.00	0.00	0.00	6.67	0.00	0.00	9.18	9.73	7.79	0.00	0.00	0.00	0.00	12.11	6.73
29	18.67	9.74	5.41	10.37	16.93	19.38	6.79	1.90	13.12	16.47	16.13	20.04	20.85	11.20	4.58	12.95	0.00	19.35	20.94	13.79
30	12.20	4.98	5.59	7.39	19.73	23.27	17.58	0.00	15.08	17.72	16.92	9.38	20.61	9.52	6.91	16.93	0.00	16.66	19.41	18.15



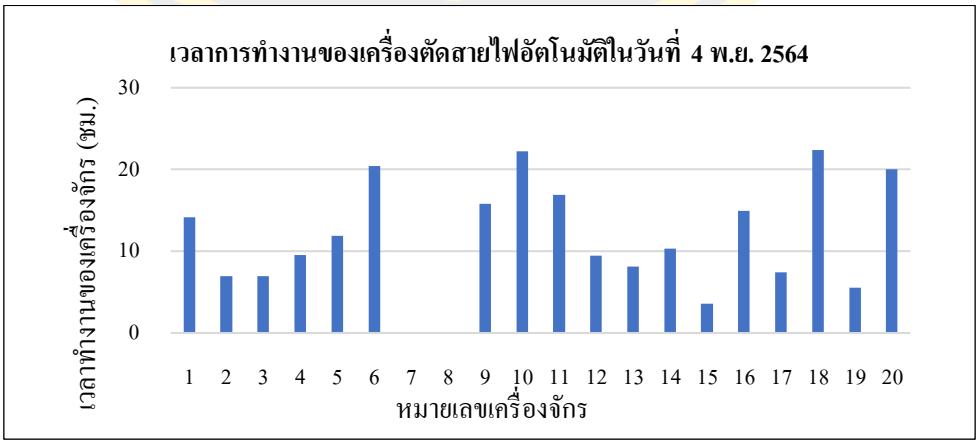
ภาพภาคผนวก ก-1 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 1 พฤศจิกายน 2564



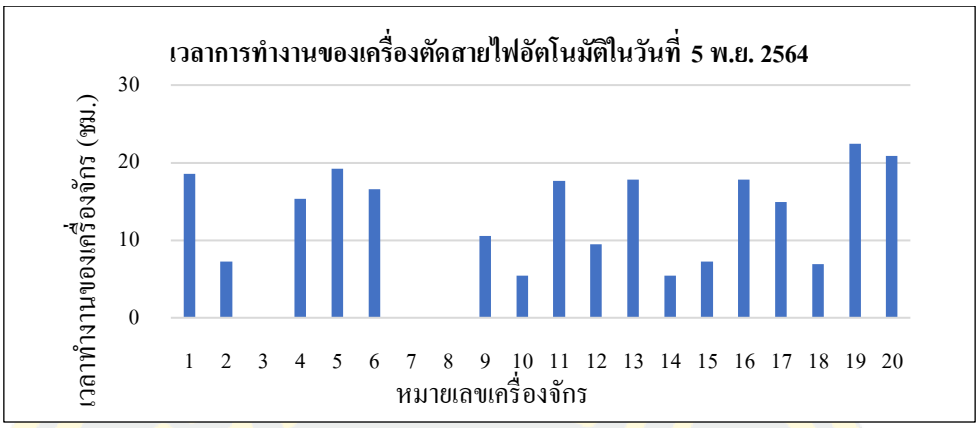
ภาพภาคผนวก ก-2 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 2 พฤศจิกายน 2564



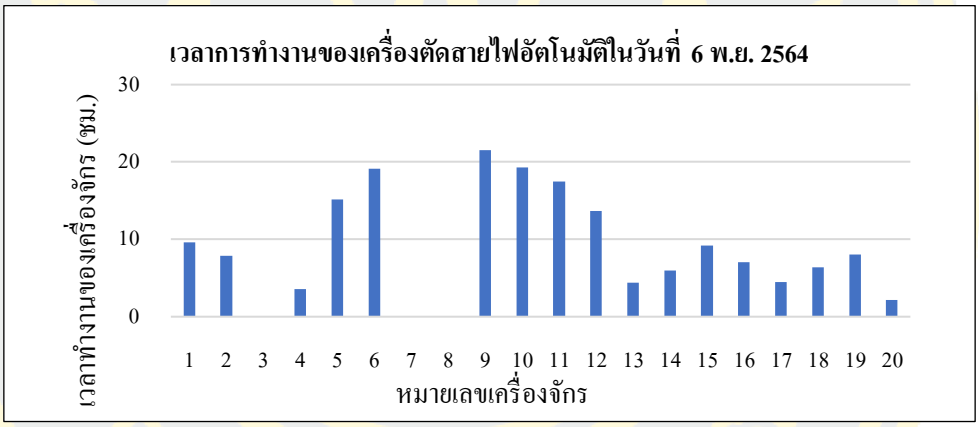
ภาพภาคผนวก ก-3 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 3 พฤศจิกายน 2564



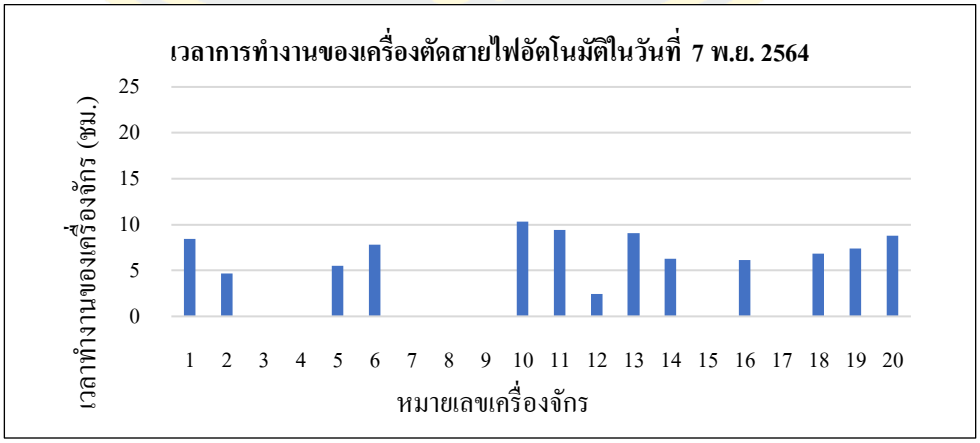
ภาพภาคผนวก ก-4 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 4 พฤศจิกายน 2564



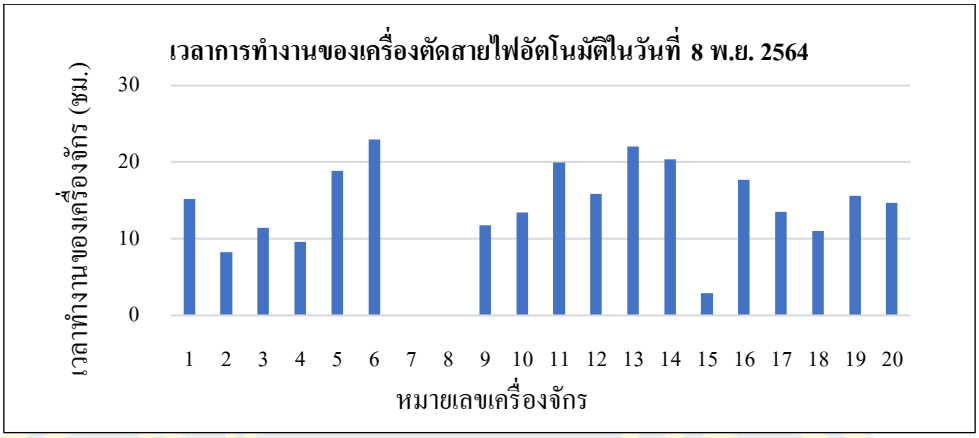
ภาพภาคผนวก ก-5 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 5 พฤศจิกายน 2564



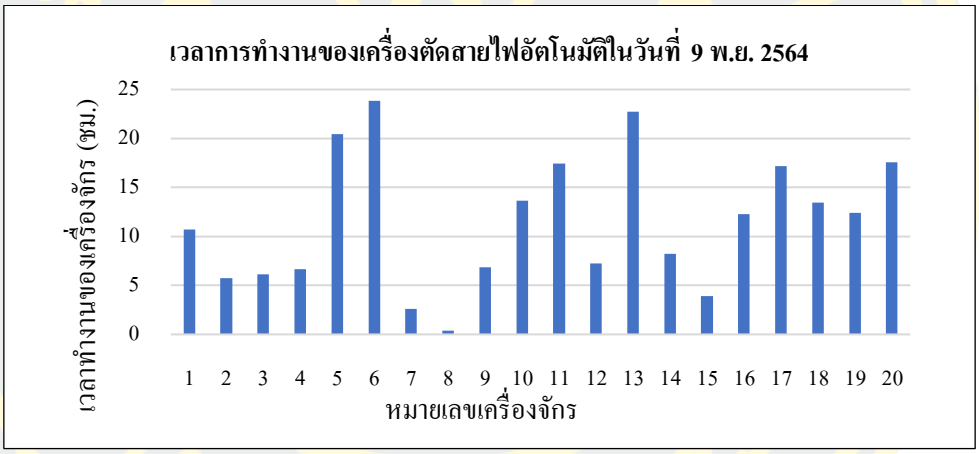
ภาพภาคผนวก ก-6 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 6 พฤศจิกายน 2564



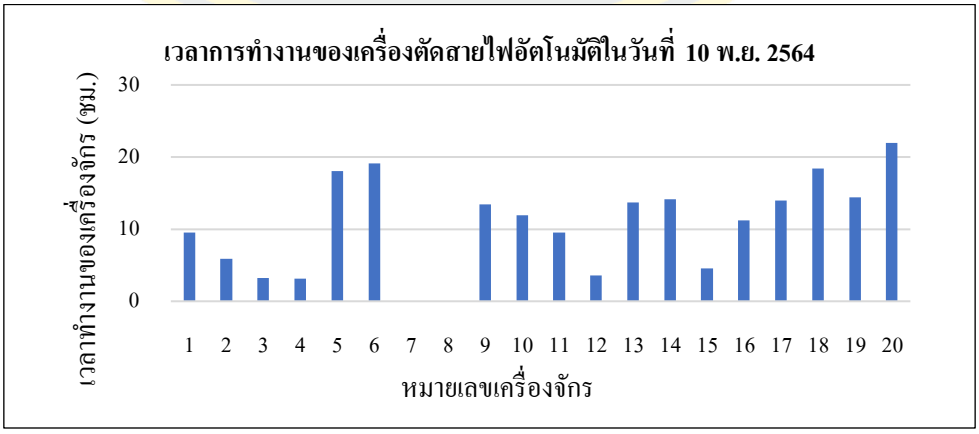
ภาพภาคผนวก ก-7 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 7 พฤศจิกายน 2564



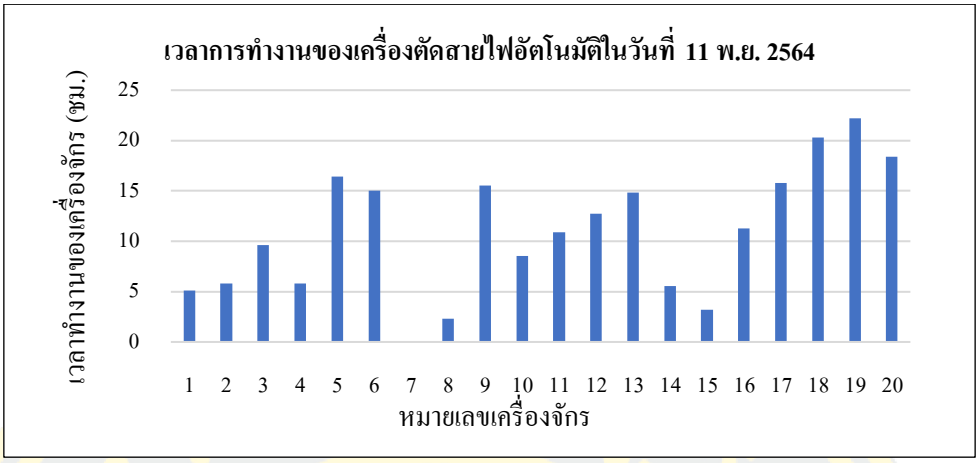
ภาพภาคผนวก ก-8 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 8 พฤศจิกายน 2564



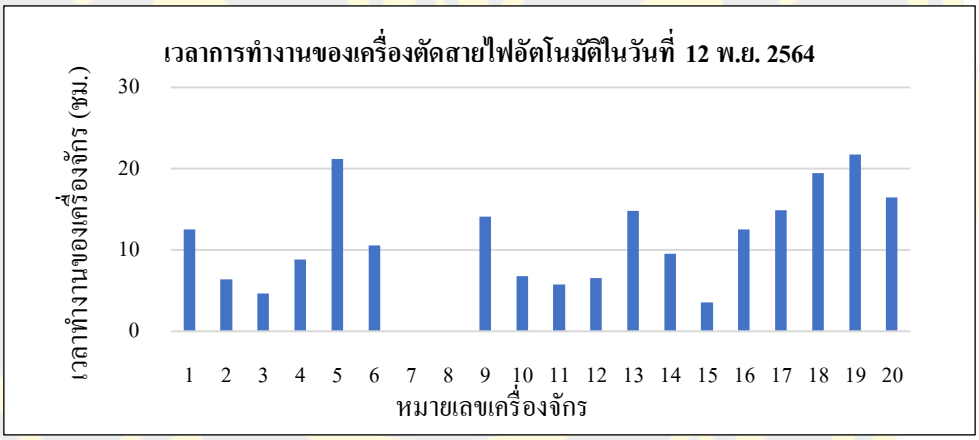
ภาพภาคผนวก ก-9 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 9 พฤศจิกายน 2564



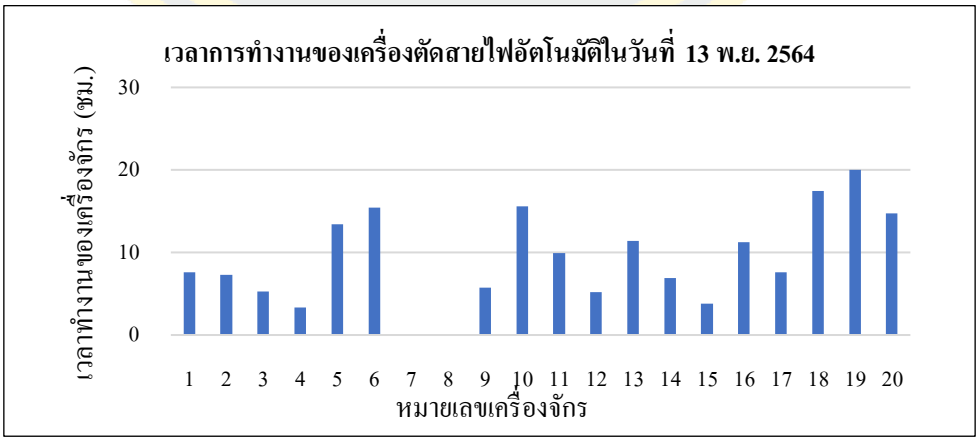
ภาพภาคผนวก ก-10 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 10 พฤศจิกายน 2564



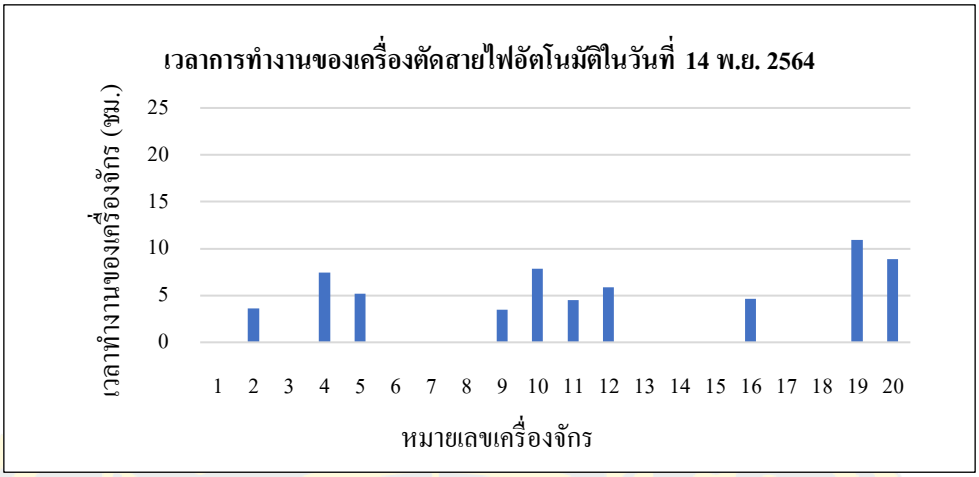
ภาพภาคผนวก ก-11 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 11 พฤศจิกายน 2564



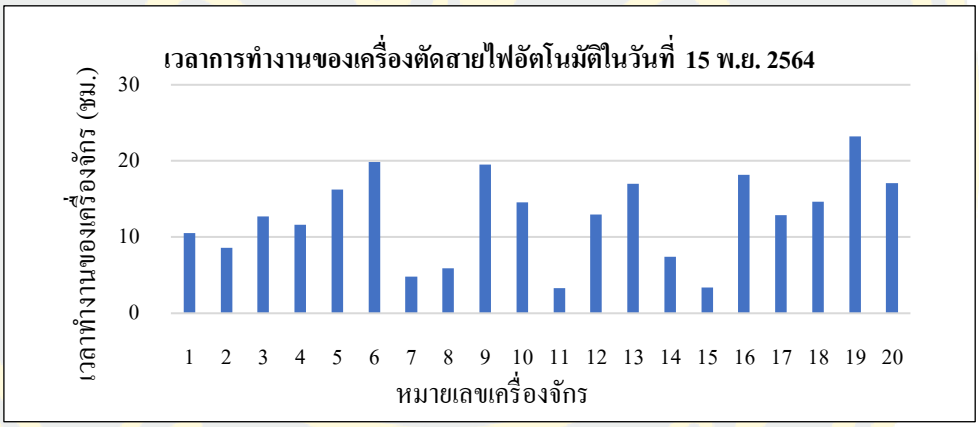
ภาพภาคผนวก ก-12 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 12 พฤศจิกายน 2564



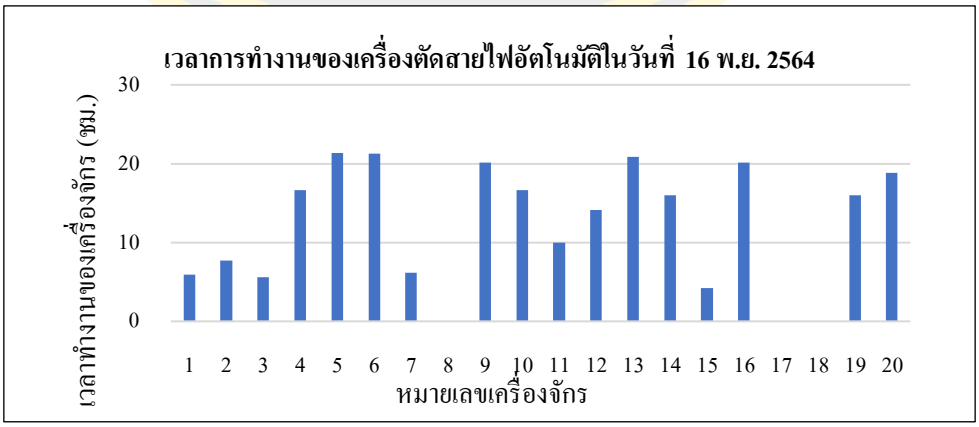
ภาพภาคผนวก ก-13 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 13 พฤศจิกายน 2564



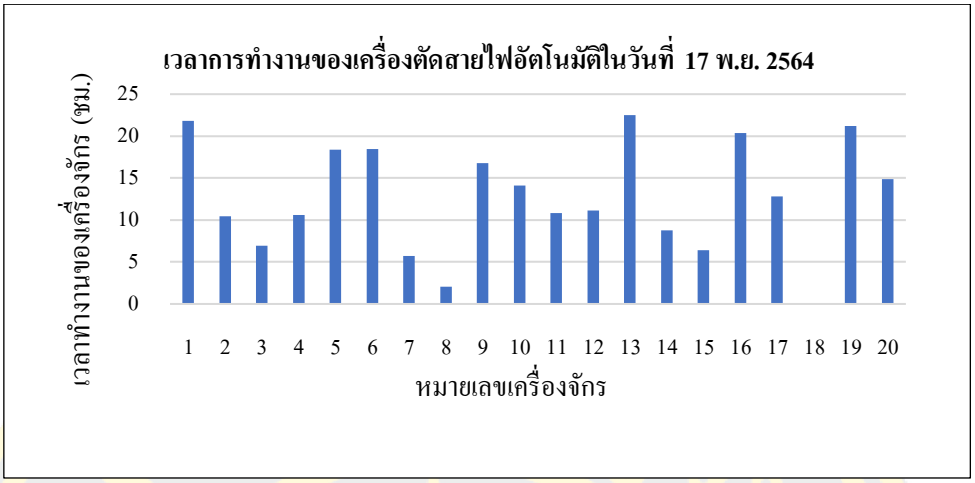
ภาพภาคผนวก ก-14 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 14 พฤศจิกายน 2564



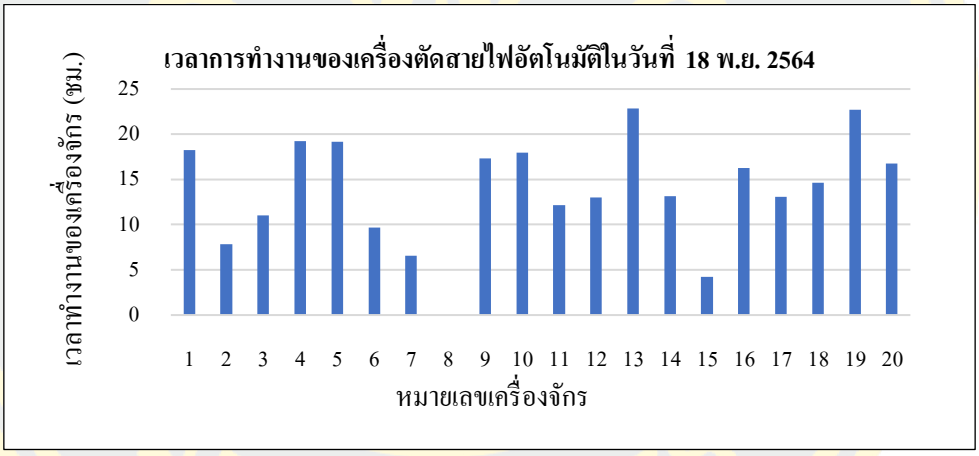
ภาพภาคผนวก ก-15 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 15 พฤศจิกายน 2564



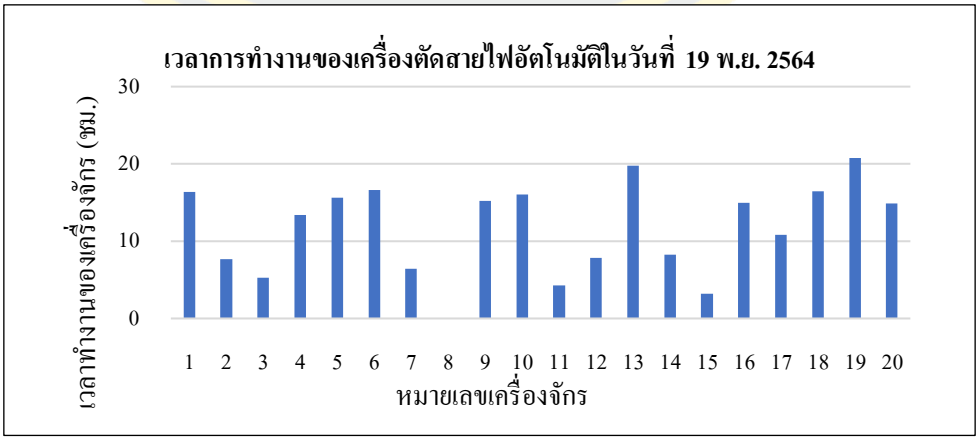
ภาพภาคผนวก ก-16 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 16 พฤศจิกายน 2564



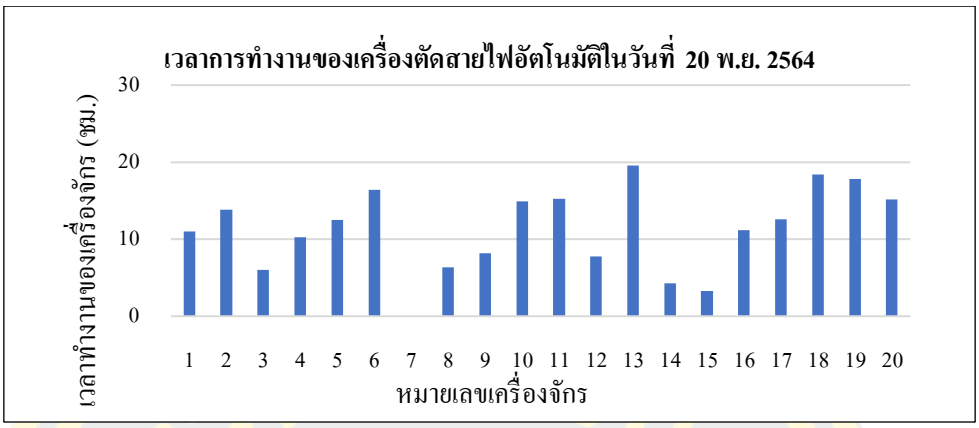
ภาพภาคผนวก ก-17 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 17 พฤศจิกายน 2564



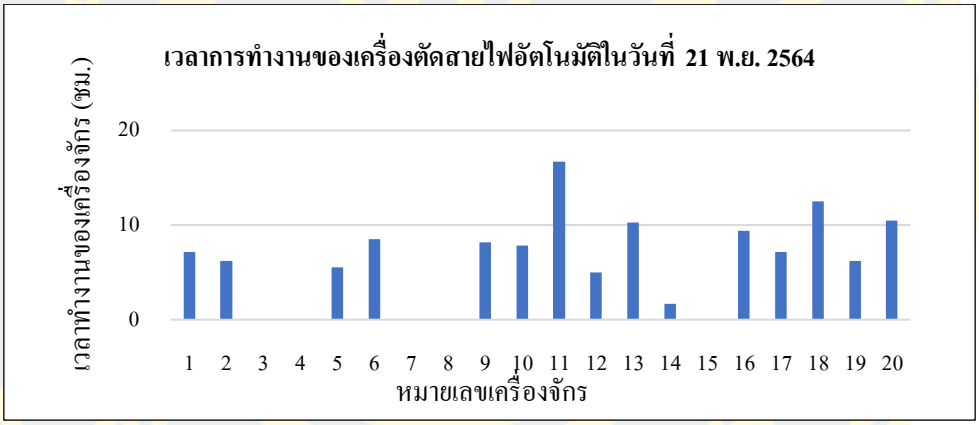
ภาพภาคผนวก ก-18 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 18 พฤศจิกายน 2564



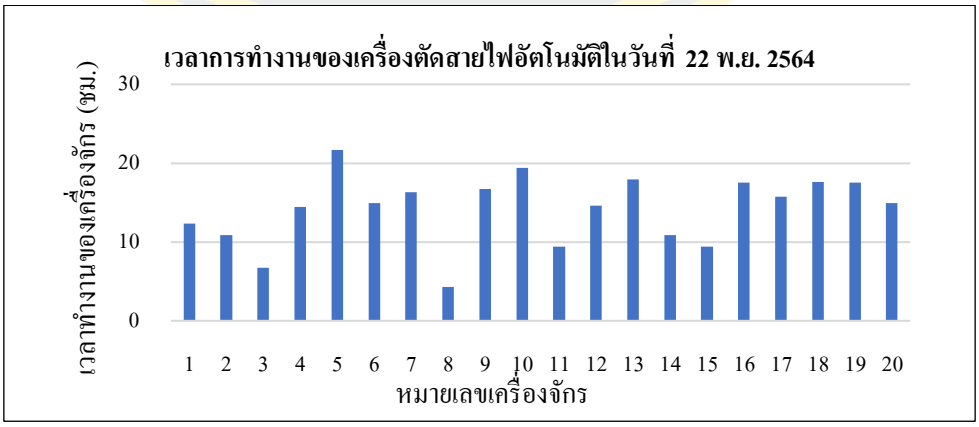
ภาพภาคผนวก ก-19 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 19 พฤศจิกายน 2564



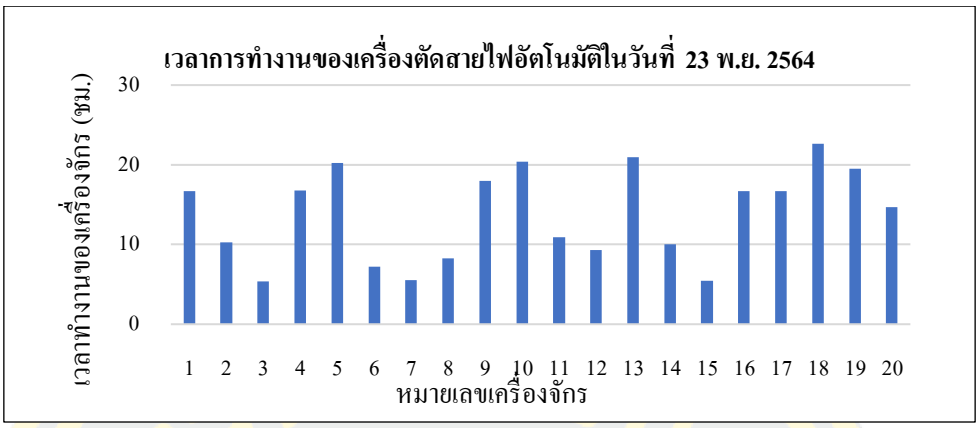
ภาพภาคผนวก ก-20 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 20 พฤศจิกายน 2564



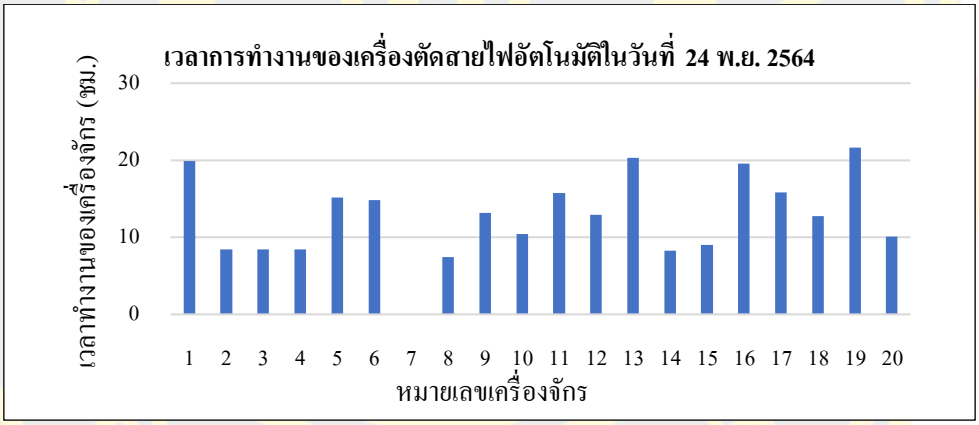
ภาพภาคผนวก ก-21 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 21 พฤศจิกายน 2564



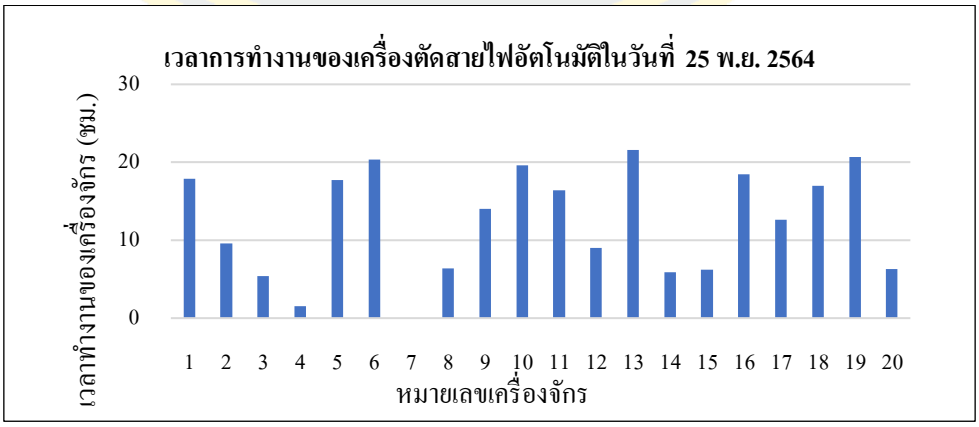
ภาพภาคผนวก ก-22 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 22 พฤศจิกายน 2564



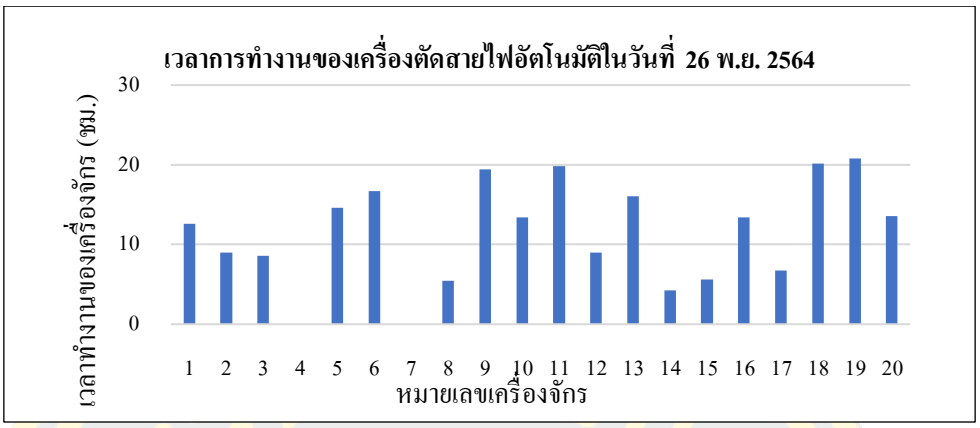
ภาพภาคผนวก ก-23 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 23 พฤศจิกายน 2564



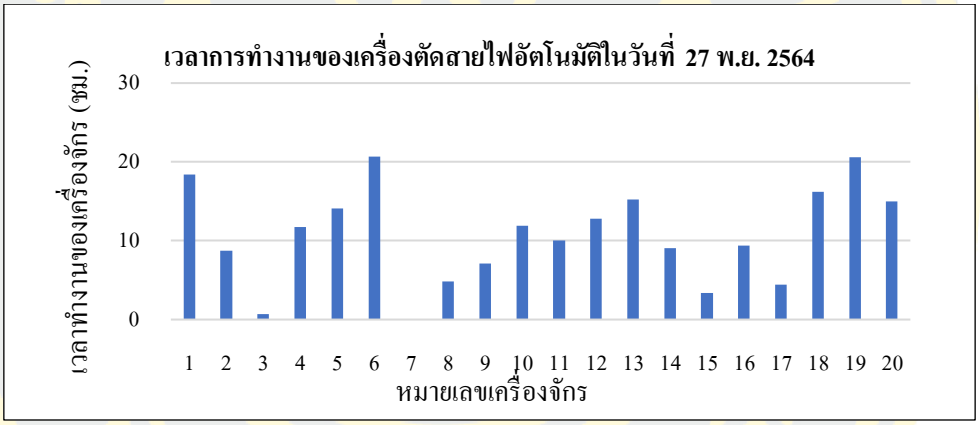
ภาพภาคผนวก ก-24 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 24 พฤศจิกายน 2564



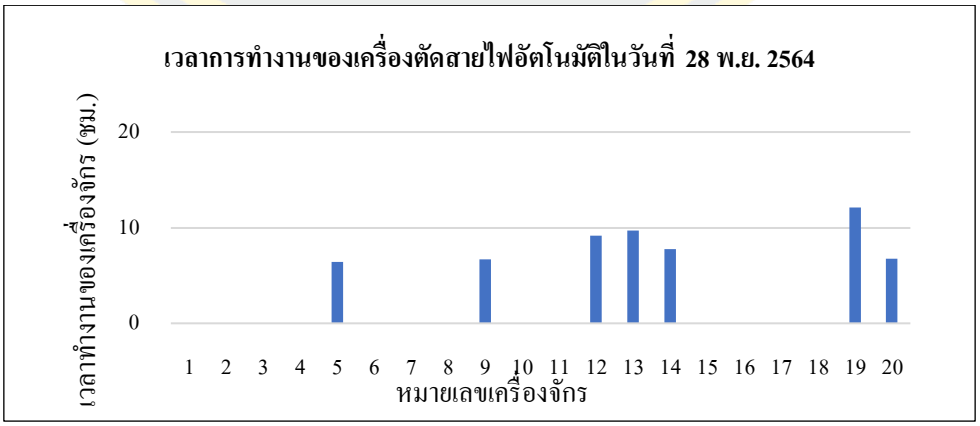
ภาพภาคผนวก ก-25 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 25 พฤศจิกายน 2564



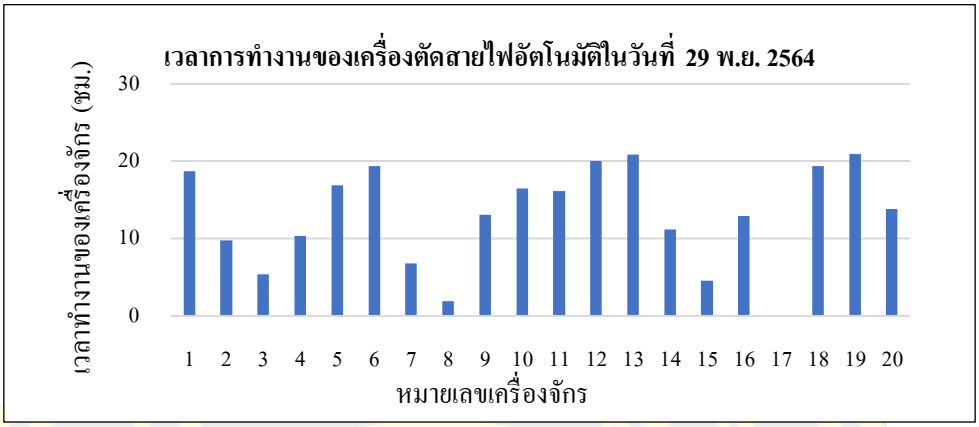
ภาพภาคผนวก ก-26 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 26 พฤศจิกายน 2564



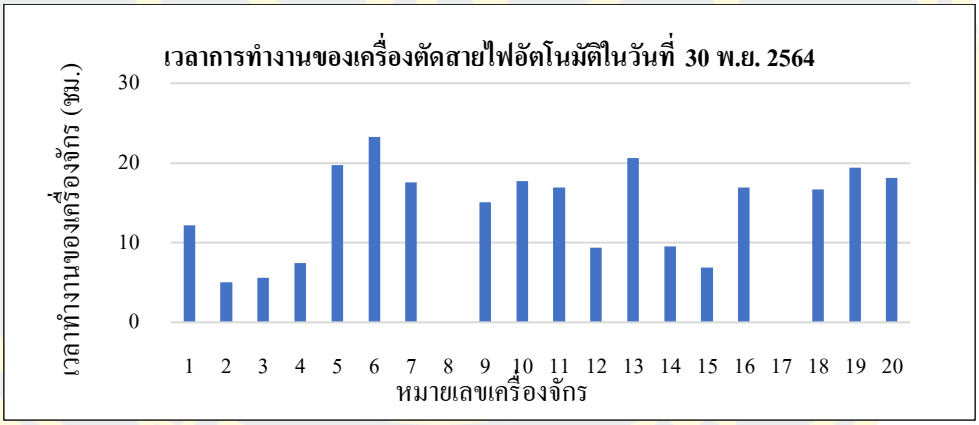
ภาพภาคผนวก ก-27 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 27 พฤศจิกายน 2564



ภาพภาคผนวก ก-28 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 28 พฤศจิกายน 2564



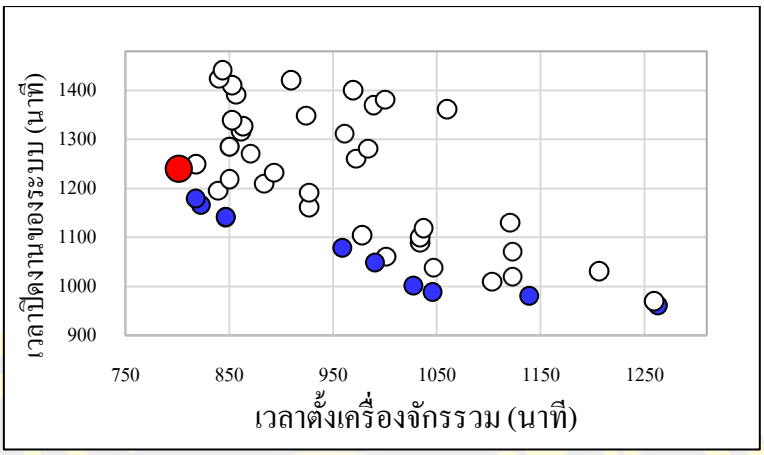
ภาพภาคผนวก ก-29 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 29 พฤศจิกายน 2564



ภาพภาคผนวก ก-30 เวลาการทำงานของเครื่องตัดสายไฟอัตโนมัติในวันที่ 30 พฤศจิกายน 2564

ภาคผนวก ข

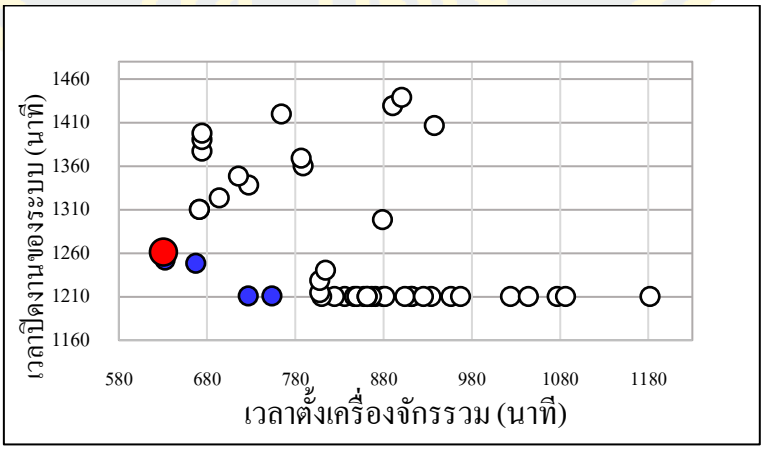
แผนภาพพาเรโตและกลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกของปัญหาทดสอบด้วยวิธี MinSetup



ภาพภาคผนวก ข-1 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 1

ตารางภาคผนวก ข-1 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกของปัญหาทดสอบที่ 1

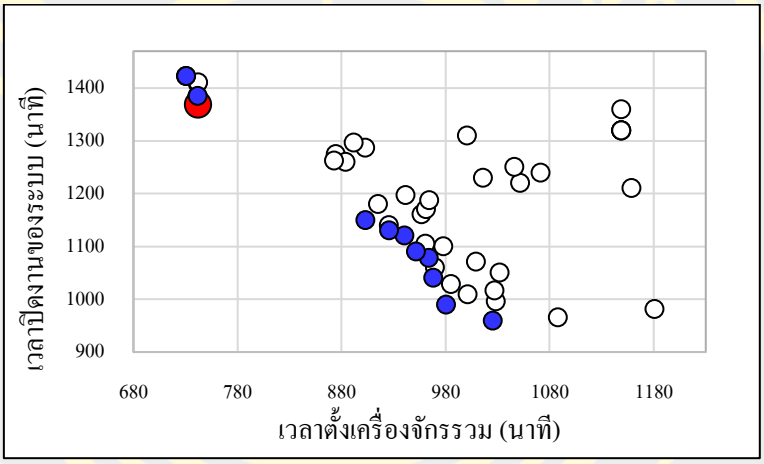
ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)	ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
1	802	1240	6	991	1048
2	818	1179	7	1028	1000
3	823	1165	8	1046	988
4	847	1140	9	1139	980
5	960	1078	10	1236	970



ภาพภาคผนวก ข-2 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 2

ตารางภาคผนวก ข-2 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกของปัญหาทดสอบที่ 2

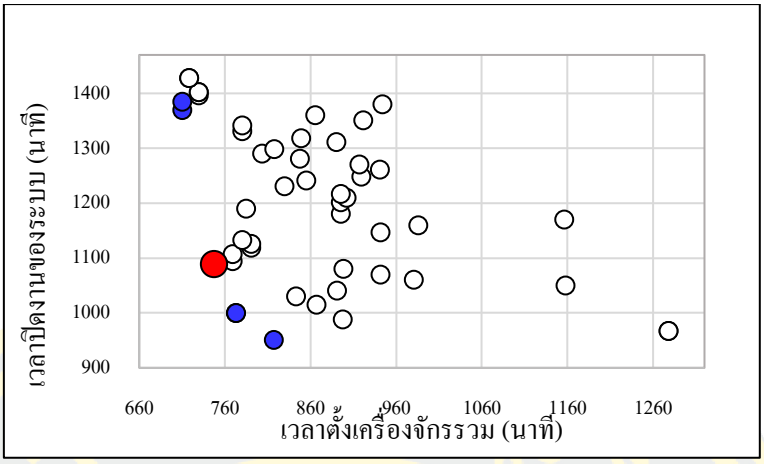
ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)	ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
1	631	1261	4	727	1210
2	632	1251	5	754	1210
3	668	1248			



ภาพภาคผนวก ข-3 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 3

ตารางภาคผนวก ข-3 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกของปัญหาทดสอบที่ 3

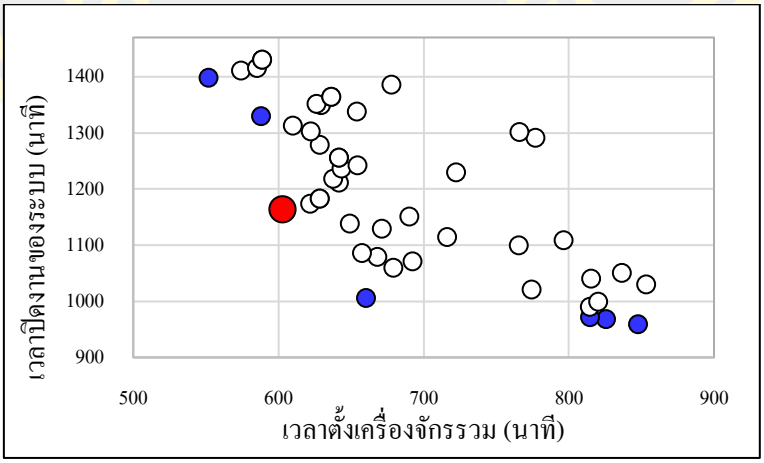
ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)	ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
1	731	1422	7	952	1089
2	742	1384	8	964	1077
3	742	1368	9	968	1039
4	903	1149	10	981	989
5	926	1129	11	1026	959
6	941	1120			



ภาพภาคผนวก ข-4 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 4

ตารางภาคผนวก ข-4 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกของปัญหาทดสอบที่ 4

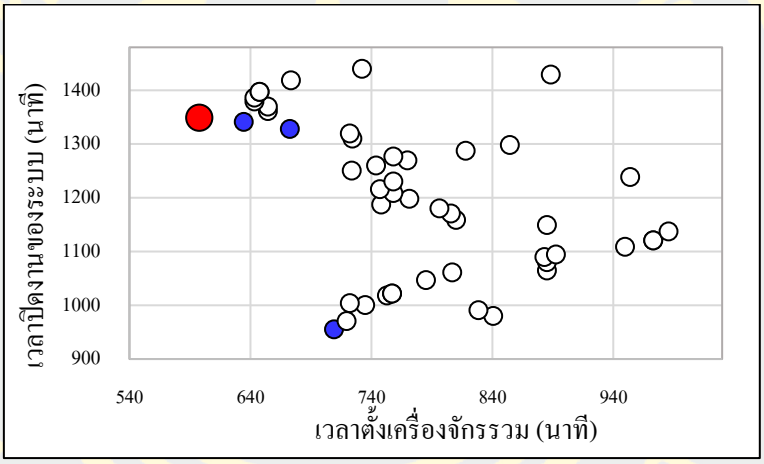
ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)	ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
1	711	1383	4	774	999
2	711	1368	5	817	950
3	748	1089			



ภาพภาคผนวก ข-5 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 5

ตารางภาคผนวก ข-5 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกของปัญหาทดสอบที่ 5

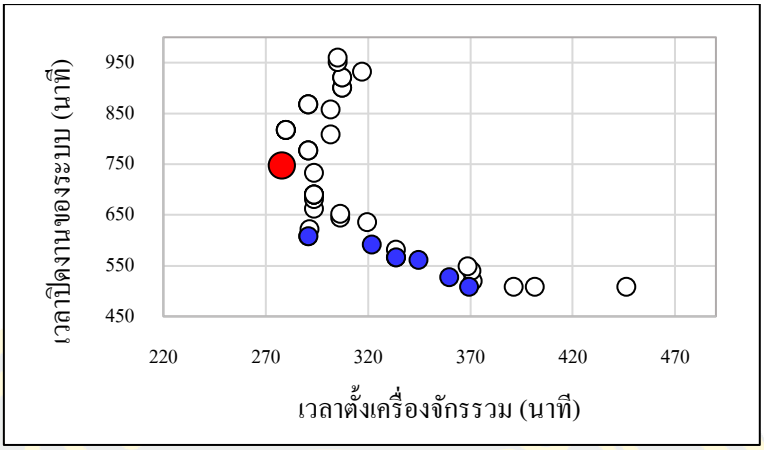
ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)	ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
1	552	1397	5	815	970
2	588	1329	6	826	967
3	603	1164	7	848	958
4	889	1428			



ภาพภาคผนวก ข-6 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 6

ตารางภาคผนวก ข-6 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกของปัญหาทดสอบที่ 6

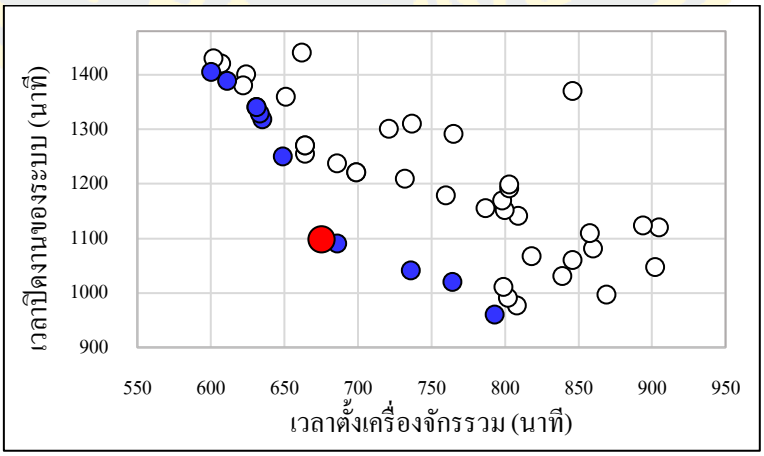
ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)	ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
1	598	1348	3	673	1326
2	635	1339	4	709	954



ภาพภาคผนวก ข-7 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 7

ตารางภาคผนวก ข-7 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกของปัญหาทดสอบที่ 7

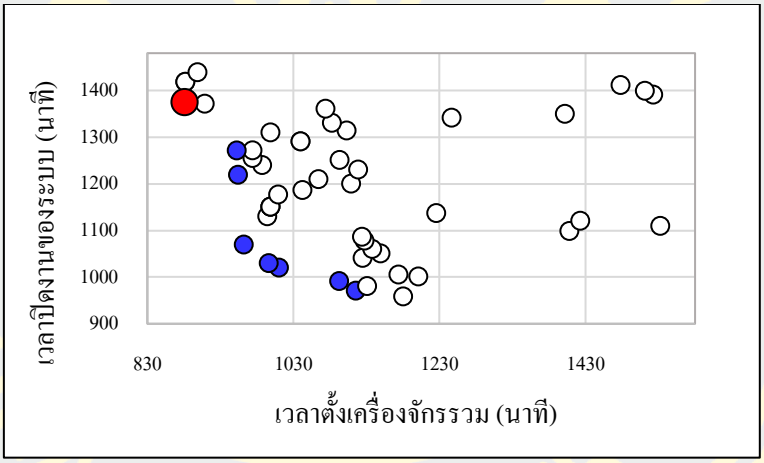
ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)	ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
1	278	747	5	345	560
2	291	606	6	360	527
3	322	590	7	370	507
4	333	565			



ภาพภาคผนวก ข-8 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 8

ตารางภาคผนวก ข-8 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกของปัญหาทดสอบที่ 8

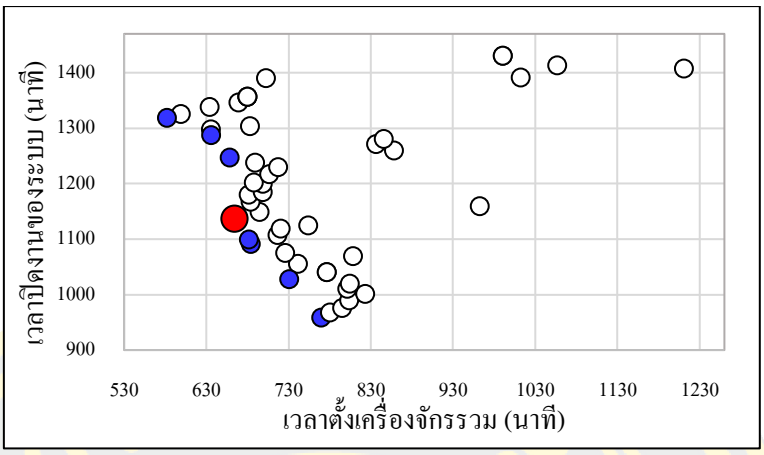
ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)	ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
1	600	1404	7	675	1097
2	611	1388	8	686	1088
3	631	1340	9	736	1039
4	633	1328	10	764	1018
5	635	1317	11	793	959
6	649	1250			



ภาพภาคผนวก ข-9 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 9

ตารางภาคผนวก ข-9 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกของปัญหาทดสอบที่ 9

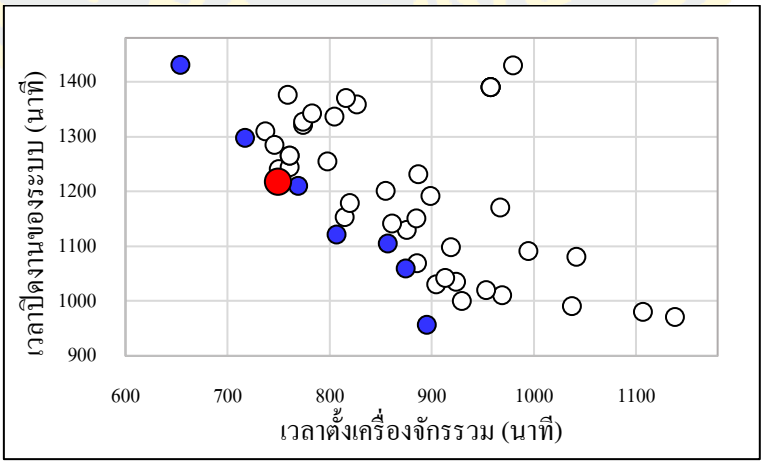
ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)	ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
1	881	1374	5	997	1029
2	953	1270	6	1011	1018
3	955	1218	7	1093	990
4	963	1069	8	1116	970



ภาพภาคผนวก ข-10 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 10

ตารางภาคผนวก ข-10 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกของปัญหาทดสอบที่ 10

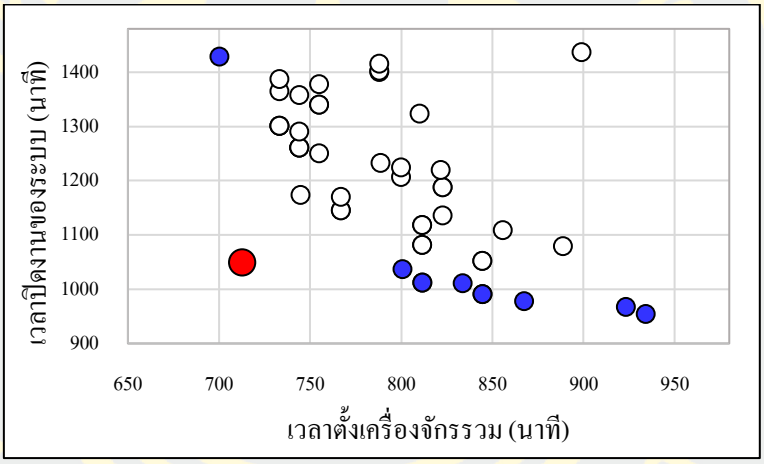
ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)	ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
1	583	1318	5	683	1099
2	637	1287	6	685	1090
3	659	1246	7	732	1026
4	665	1136	8	781	967



ภาพภาคผนวก ข-11 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 11

ตารางภาคผนวก ข-11 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกของปัญหาทดสอบที่ 11

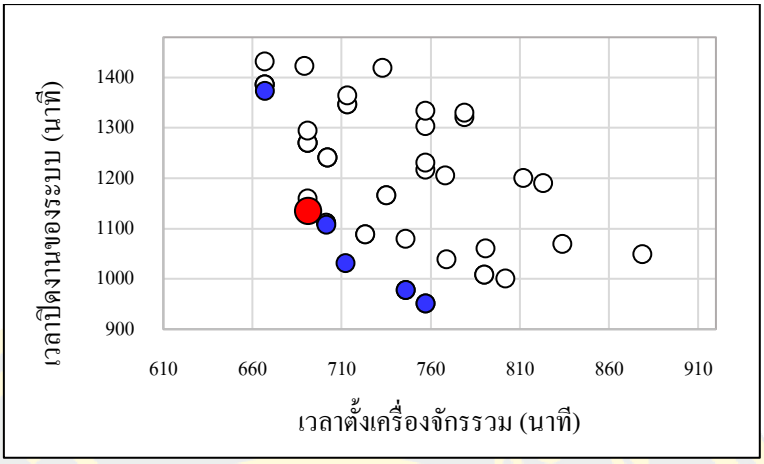
ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)	ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
1	655	1430	5	807	1120
2	718	1297	6	857	1104
3	750	1217	7	875	1059
4	770	1209	8	896	955



ภาพภาคผนวก ข-12 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 12

ตารางภาคผนวก ข-12 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกของปัญหาทดสอบที่ 12

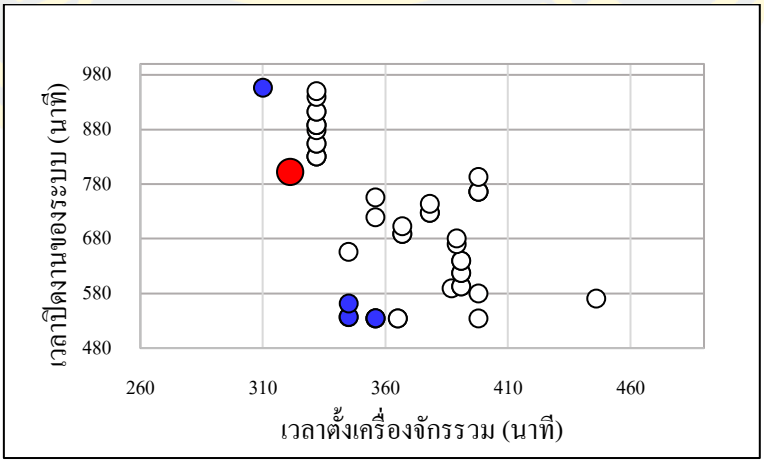
ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)	ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
1	700	1428	6	845	990
2	713	1049	7	868	977
3	801	1035	8	924	966
4	812	1011	9	935	953
5	834	1010			



ภาพภาคผนวก ข-13 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 13

ตารางภาคผนวก ข-13 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกของปัญหาทดสอบที่ 13

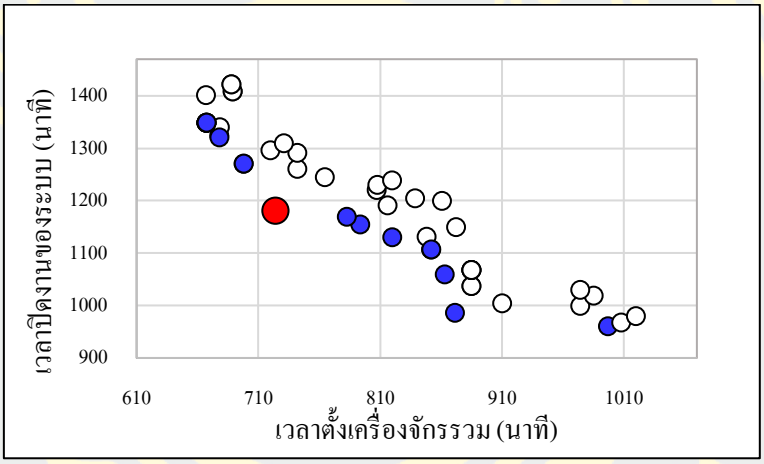
ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)	ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
1	667	1372	4	713	1030
2	691	1135	5	746	977
3	702	1106	6	757	950



ภาพภาคผนวก ข-14 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 14

ตารางภาคผนวก ข-14 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกของปัญหาทดสอบที่ 14

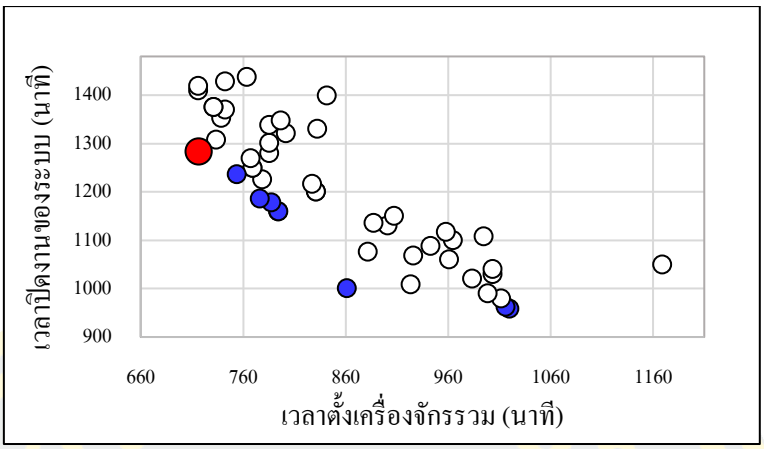
ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)	ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
1	310	956	4	345	535
2	321	802	5	356	533
3	345	560			



ภาพภาคผนวก ข-15 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 15

ตารางภาคผนวก ข-15 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกของปัญหาทดสอบที่ 15

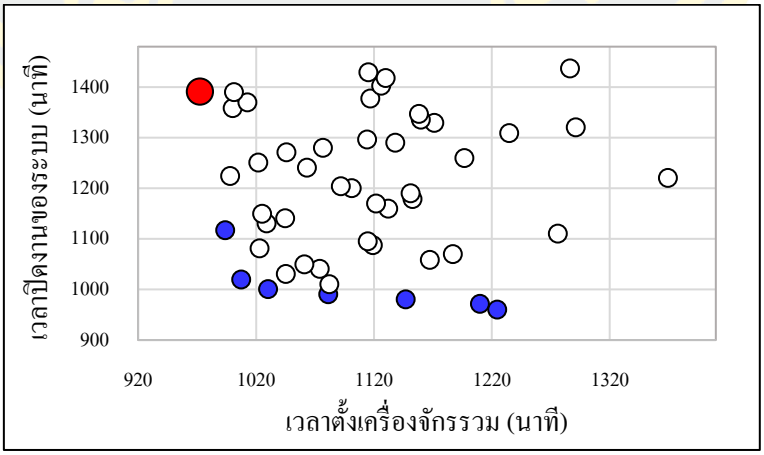
ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)	ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
1	668	1348	7	820	1129
2	678	1320	8	852	1106
3	698	1269	9	863	1059
4	724	1180	10	872	985
5	783	1168	11	998	959
6	794	1153			



ภาพภาคผนวก ข-16 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 16

ตารางภาคผนวก ข-16 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกของปัญหาทดสอบที่ 16

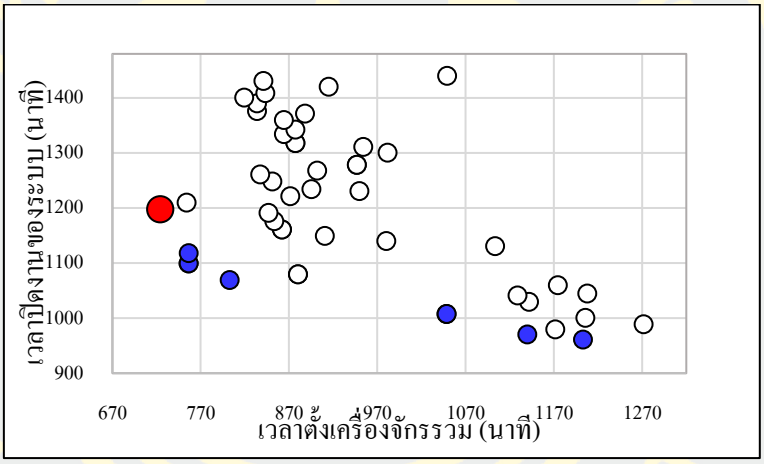
ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)	ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
1	717	1283	5	795	1158
2	754	1235	6	861	999
3	777	1186	7	1016	961
4	788	1177			



ภาพภาคผนวก ข-17 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 17

ตารางภาคผนวก ข-17 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกของปัญหาทดสอบที่ 17

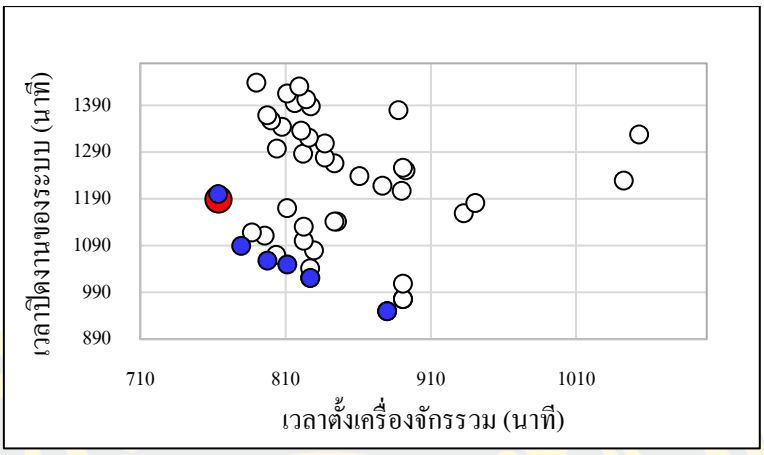
ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)	ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
1	973	1390	5	1082	990
2	995	1116	6	1148	979
3	1008	1018	7	1211	970
4	1046	1030	8	1225	959



ภาพภาคผนวก ข-18 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 18

ตารางภาคผนวก ข-18 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกของปัญหาทดสอบที่ 18

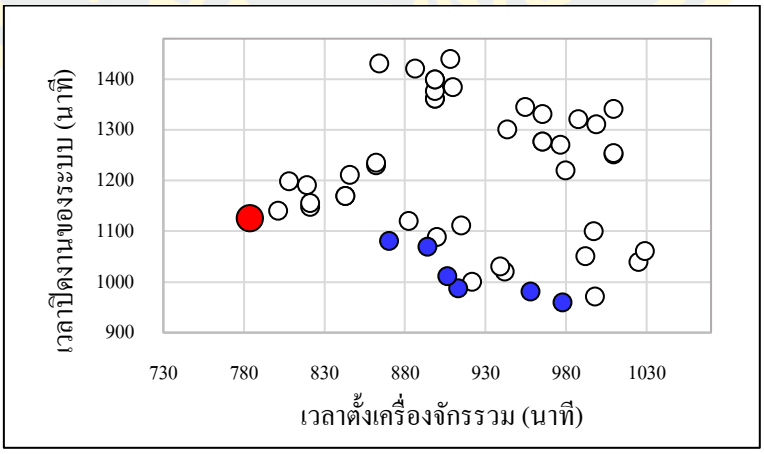
ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)	ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
1	724	1197	5	1050	1006
2	757	1117	6	1140	969
3	757	1098	7	1203	959
4	804	1068			



ภาพภาคผนวก ข-19 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 19

ตารางภาคผนวก ข-19 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกของปัญหาทดสอบที่ 19

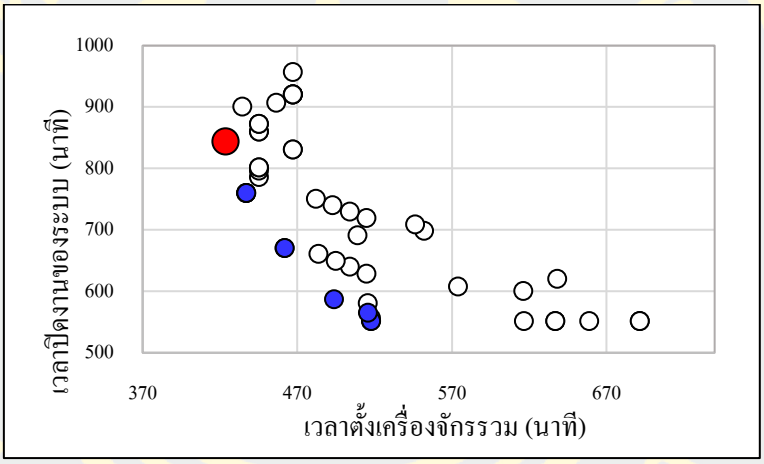
ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)	ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
1	764	1198	5	811	1049
2	764	1187	6	828	1020
3	780	1088	7	880	949
4	798	1056			



ภาพภาคผนวก ข-20 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 20

ตารางภาคผนวก ข-20 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกของปัญหาทดสอบที่ 20

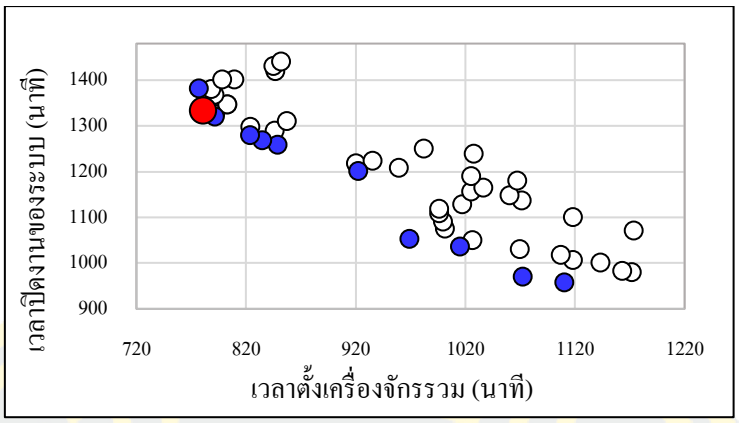
ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)	ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
1	784	1125	5	913	986
2	870	1080	6	958	980
3	894	1069	7	978	958
4	906	1010			



ภาพภาคผนวก ข-21 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 21

ตารางภาคผนวก ข-21 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกของปัญหาทดสอบที่ 21

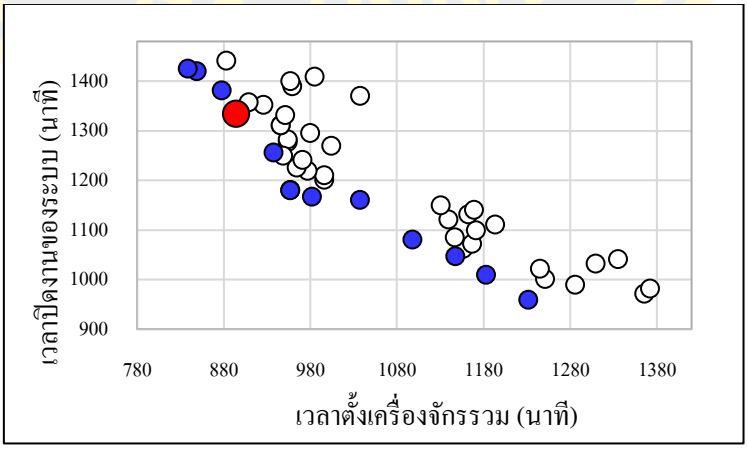
ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)	ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
1	424	843	4	494	586
2	438	760	5	516	564
3	462	670	6	518	551



ภาพภาคผนวก ข-22 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 22

ตารางภาคผนวก ข-22 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกของปัญหาทดสอบที่ 22

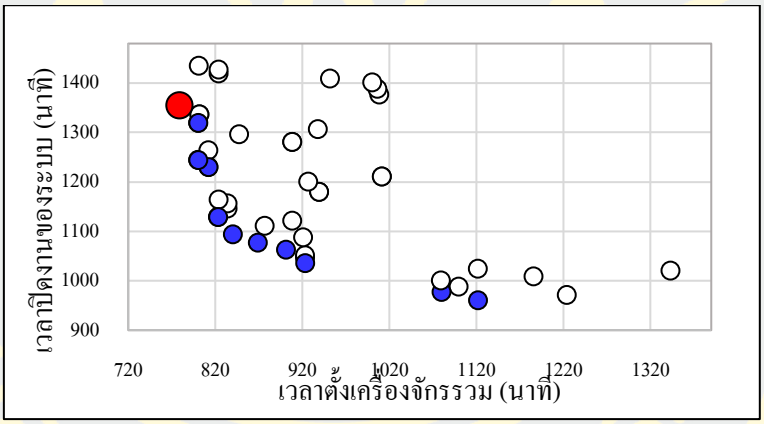
ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)	ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
1	778	1381	7	923	1200
2	781	1333	8	970	1051
3	782	1333	9	1016	1035
4	824	1279	10	1073	970
5	835	1268	11	1111	957
6	849	1257			



ภาพภาคผนวก ข-23 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 23

ตารางภาคผนวก ข-23 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกของปัญหาทดสอบที่ 23

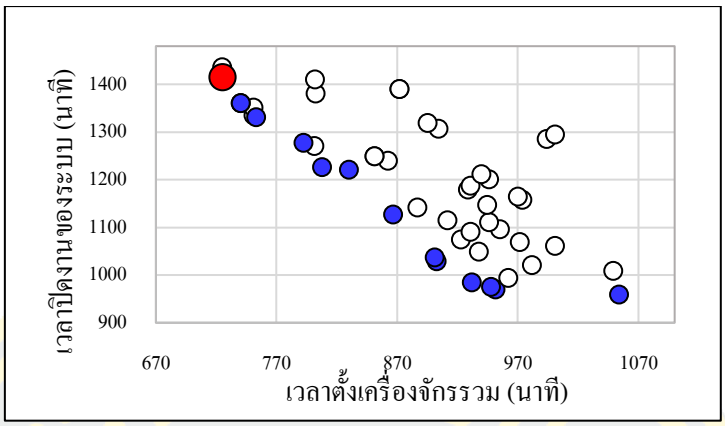
ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)	ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
1	840	1424	7	982	1166
2	850	1418	8	1038	1160
3	879	1380	9	1099	1080
4	895	1334	10	1148	1046
5	938	1255	11	1183	1008
6	957	1179	12	1232	958



ภาพภาคผนวก ข-24 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 24

ตารางภาคผนวก ข-24 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกของปัญหาทดสอบที่ 24

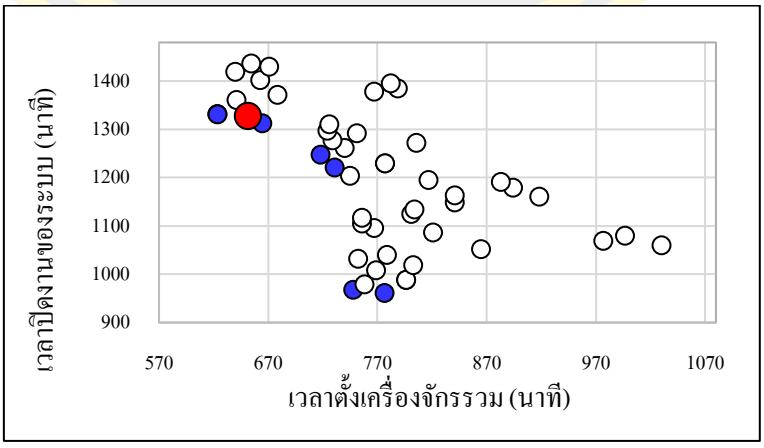
ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)	ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
1	779	1354	7	869	1076
2	801	1318	8	902	1062
3	801	1243	9	924	1034
4	813	1228	10	1080	999
5	824	1128	11	1123	960
6	841	1093			



ภาพภาคผนวก ข-25 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 25

ตารางภาคผนวก ข-25 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกของปัญหาทดสอบที่ 25

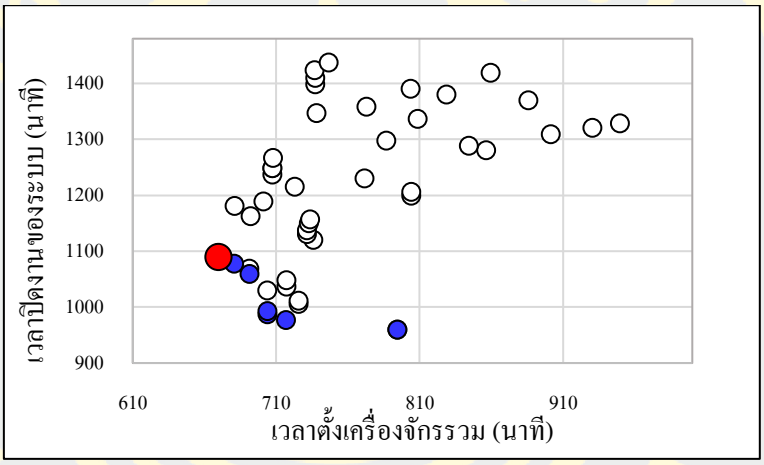
ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)	ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
1	725	1415	8	901	1035
2	741	1359	9	903	1028
3	754	1330	10	932	983
4	793	1276	11	948	974
5	808	1225	12	952	968
6	830	1219	13	1054	958
7	867	1125			



ภาพภาคผนวก ข-26 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 26

ตารางภาคผนวก ข-26 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกของปัญหาทดสอบที่ 26

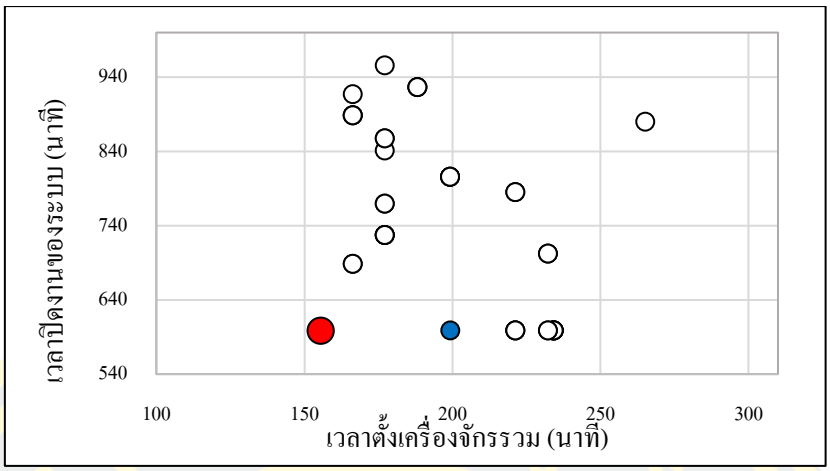
ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)	ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
1	624	1330	5	732	1219
2	652	1327	6	748	967
3	665	1311	7	777	959
4	719	1246			



ภาพภาคผนวก ข-27 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 27

ตารางภาคผนวก ข-27 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกของปัญหาทดสอบที่ 27

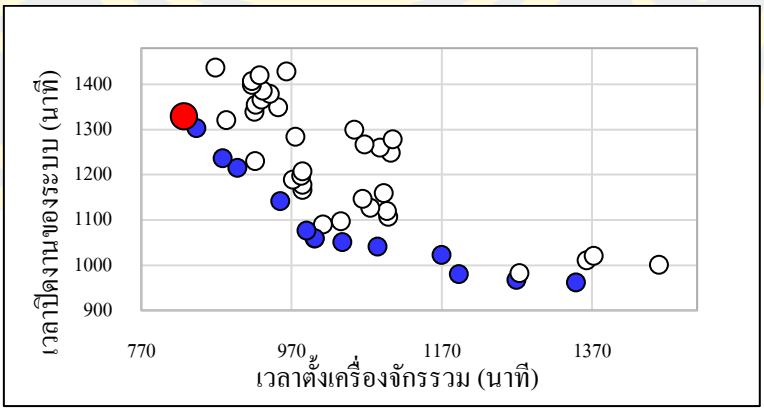
ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)	ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
1	670	1089	4	704	992
2	681	1076	5	717	976
3	692	1058	6	795	958



ภาพภาคผนวก ข-28 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 28

ตารางภาคผนวก ข-28 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกของปัญหาทดสอบที่ 28

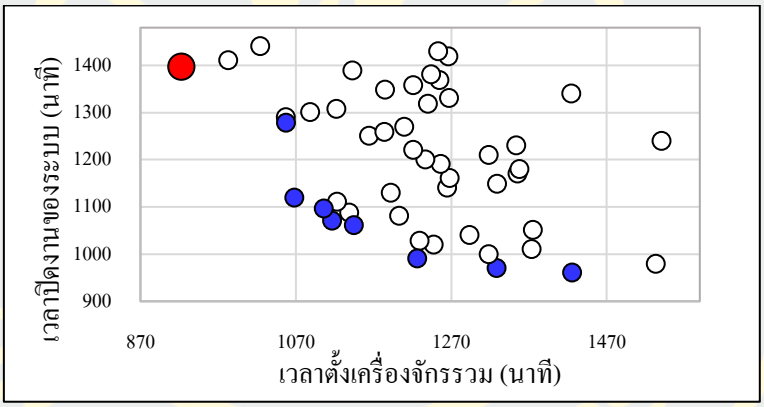
ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)	ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
1	156	598	2	199	598



ภาพภาคผนวก ข-29 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 29

ตารางภาคผนวก ข-29 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกของปัญหาทดสอบที่ 29

ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)	ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
1	827	1329	8	1038	1050
2	826	1329	9	1085	1040
3	879	1235	10	1170	1022
4	899	1214	11	1193	980
5	956	1140	12	1274	982
6	990	1075	13	1349	960
7	1001	1058			



ภาพภาคผนวก ข-30 แผนภาพพาเรโตของปัญหาทดสอบที่ 30

ตารางภาคผนวก ข-30 กลุ่มตารางการผลิตที่มีโอกาสถูกเลือกของปัญหาทดสอบที่ 30

ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)	ลำดับ	เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที)	เวลาปิดงานของระบบ (นาที)
1	923	1396	6	1146	1060
2	1058	1277	7	1227	990
3	1069	1119	8	1329	970
4	1107	1096	9	1426	960
5	1118	1070			

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวศศิธร โรจนพร
วัน เดือน ปี เกิด	19 ตุลาคม 2539
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลพุทธโสธร จังหวัดฉะเชิงเทรา
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	79/3 หมู่ 13 ตำบลบางตีนเป็ด อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา
ตำแหน่งและประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2562 - 2565 Design Engineer บริษัท ฮายากาว่า อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด พ.ศ. 2565 - ปัจจุบัน Industrial Engineer บริษัท ซาวี่ เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2558 - 2561 วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยบูรพา