การเปรียบเทียบประสิทธิภาพกฎการจัดลำดับงานสำหรับงานสั่งผลิตแบบมีเงื่อนไขเวลาขนส่ง

นางสาวทิติยา วาปีเน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและระบบกระบวนการ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2561

COMPARISON OF EFFICIENT SCHEDULING RULES FOR JOB ORDER PRODUCTION WITH TRANSFER TIME

Titiya Vapeenae

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering in Mechanical and Process System Engineering

Suranaree University of Technology

Academic Year 2018

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพกฎการจัดลำดับงานสำหรับงานสั่งผลิต
แบบมีเงื่อนไขเวลาขนส่ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผศ. ดร.สุนาริน จันทะ)
ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร.กัญชลา สุดตาชาติ)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(อ. ดร.ประเสริฐ เอ่งฉ้วน)
กรรมการ

(อ. ดร.สมศักดิ์ ศิวดำรงพงศ์)
กรรมการ

(ศ. ดร.สันติ แม้นศิริ)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาความเป็นสากล

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ทิติยา วาปีเน : การเปรียบเทียบประสิทธิภาพกฎการจัดลำดับงานสำหรับงานสั่งผลิตแบบมีเงื่อนไขเวลาขนส่ง (COMPARISON OF EFFICIENT SCHEDULING RULES FOR JOB ORDER PRODUCTION WITH TRANSFER TIME) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญชลา สุดตาชาติ, 88 หน้า.

เป้าหมายของการจัดลำดับการผลิต คือการจัดสรรทรัพยากรที่มีอย่างจำกัดให้บรรลุเป้าหมายที่ถูกกำหนดขึ้นโดยการจัดลำดับงานให้กับเครื่องจักรและกำหนดเส้นทางให้แก่งาน เพื่อให้ตอบสนองความต้องการของลูกค้าให้ทันเวลาซึ่งส่งผลถึงประสิทธิภาพการผลิตที่ดี

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการพัฒนาวิธีการฮิวริสติกสำหรับกฎการจัดลำดับงานด้วยการเพิ่มเงื่อนไขเป็นระยะทางระหว่างเครื่องจักรและสถานีงาน เพื่อให้ได้กฎการจัดลำดับงานที่มีประสิทธิภาพดีขึ้น พิจารณาระบบผลิตแบบงานตามสั่งและการจัดวางเครื่องจักรแบบขนาน เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของกฎการจัดลำดับงานพื้นฐานเปรียบเทียบกับวิธีการฮิวริสติกที่พัฒนาขึ้น โดยมีจุดประสงค์ที่พิจารณา คือ เวลาการไหลเฉลี่ยของงาน, เวลาการไหลสูงสุดของงาน และจำนวนงานระหว่างกระบวนการ มีสมมติฐานอ้างอิงระบบจริงจากโรงงานกรณีศึกษาที่มีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ ศึกษาผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 8 แบบ แบ่งเป็นผลิตภัณฑ์กลม 4 แบบและผลิตภัณฑ์เหลี่ยม 4 แบบ ซึ่งทำการศึกษาจากกระบวนการ 2 ขั้นตอนคือ ตะไบและขัดเงา พิจารณาเวลาในการผลิตและเวลาในการขนส่งที่ไม่แน่นอนตามการแจกแจงความน่าจะเป็น ดำเนินการโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองกระบวนการการผลิต ผลการดำเนินงานมีการใช้ข้อมูลนำเข้าจากระบบผลิตจริงโดยใช้โปรแกรมจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ พบว่าวิธีจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกนั้นมีประสิทธิภาพด้านเวลาการไหลของงานดีกว่ากฎเวลากระบวนการสั้นสุด คิดเป็น 55.56% และดีกว่ากฎเวลากระบวนการมากสุด 86.32% และได้ทำการวิเคราะห์ความไวของระบบการจัดลำดับงานแบบฮิวริสติกเมื่อมีการเปลี่ยนไปของเวลาของกระบวนการและระยะห่างเวลาขนส่งพบว่า เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของเวลาในการผลิตทำให้ปริมาณงานที่ผลิตได้ทั้งหมดลดลงแต่ทำให้ปริมาณงานระหว่างกระบวนการเพิ่มขึ้น และการเปลี่ยนไปของระยะห่างเวลาขนส่ง ส่งผลให้ปริมาณงานที่ผลิตได้ทั้งหมดลดลงรวมทั้งปริมาณงานระหว่างกระบวนก็ลดลงด้วย ทั้งนี้การตอบสนองของระบบเมื่อมีการเปลี่ยนข้อมูลนำเข้าทั้ง 2 ปัจจัยนั้น เป็นการตอบสนองที่มีแนวโน้มที่สามารถคาดการณ์ได้ซึ่งแสดงถึงความน่าเชื่อถือของระบบ

สาขาวิชา วิศวกรรมการผลิต ลายมือชื่อนักศึกษา ทิติยา วาปีเน

ปีการศึกษา 2561 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

TITIYA VAPEENAE : COMPARISON OF EFFICIENT SCHEDULING RULES FOR JOB ORDER PRODUCTION WITH TRANSFER TIME. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. KANCHALA SUDTACHAT, Ph.D., 88 PP.

SIMULATION/TRANSPORTATION/PRODUCTION SCHEDULING

The goal of scheduling the production order is to manage the resource which is limited to achieving the set goal. Prioritizing job orders to assign to set of machines and routing to the product to meet the needs of customers in a timely manner, resulting in good production is one important things that makes higher efficiency to resource management.

This thesis presents the development of a heuristic method by condering the distance between machines and workstations to get a better scheduling rule. The job order of production system was considered which the machines were layout parallel to study the effects of the Shortest Process Time (SPT) and Longest Process Time (LPT). The approaches compared to our heuristics algorithm. The objectives were to minimize the average flow time, the maximum flow time and minimize the number of works in process. The real world data used to verify our heuristics algorithm. There were 8 products (4 round-shape products and 4 square-shape products) that were processed on the same finishing process; sharpening and polishing. Although the difference was, the machines were specifically to produce on round and square shapes of each product. The process time and the transfer time were following on uncertainty with known probability distribution. The input data collected from the real world

production system. The simulation models used to examine the algorithms. The results o show that the heuristic algorithm provided the efficiency over the SPT rule at 55.56% and better than the LPT rule at 86.32%. The sensitivity analysis investigated by the change on the process times and the transfer times. The results indicated that the processing times were increased, the number of throughputs were increased, but number of work in processes were decreased. The sensitivity analysis of interval time shows that the interval times were increased; the number of throughputs and number of work in processes were decreased. These results implied that the production reflects the reliability of the system although the input parameters were changed.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Manufacturing Engineering

Academic Year 2018

Student's Signature ทิติยา วีศิลา

Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญชลา สุดตาชาติ ที่คอยให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางการแก้ไขปัญหา อีกทั้งยังช่วยแก้ไขความผิดพลาดและปรับปรุงเนื้อหาวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณท่านอาจารย์ที่คอยสละเวลาเพื่อให้คำปรึกษาตลอดระยะเวลาการศึกษาทำวิจัยเสมอมา จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณ บริษัท ศรีไทยซุปเปอร์แวร์ จำกัด ที่ให้ข้อมูลที่เชิงลึกในกระบวนการผลิตในสถานที่จริงจำเป็นในการทำวิจัย

สุดท้ายขอขอบคุณบิดา มารดา ครอบครัว เพื่อนๆ ที่สนับสนุนด้านการศึกษา และเป็นกำลังใจในการดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ตลอดจนการใช้ชีวิตในรั้วมหาวิทยาลัยจนสามารถทำวิทยานิพนธ์ได้เกิดผลสำเร็จ

ทิติยา วาปีเน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญรูป ..... ญ

บทที่

1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 2
1.3 ขอบเขตการวิจัย 3
1.4 วิธีดำเนินการศึกษาวิจัย 3
1.5 สถานที่ทำงานวิจัย 4
1.6 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย 4
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ 5
2.2 ประเภทของการผลิต 5
2.3 การจัดการผลิต 6
2.4 กฎการจัดลำดับงาน 7
2.5 องค์ประกอบของการจำลอง 9
2.5.1 สมมติฐาน 9
2.5.2 เวลาดำเนินงาน 10
2.5.3 ขนาดของระบบ 10
2.5.4 จำนวนของการดำเนินงานและเส้นทางงาน 10

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5.5 การใช้งานระบบ 11
2.6 วัตถุประสงค์และตัววัดสมรรถนะ 11
2.6.1 เวลาการไหลของงาน (Fl ow Time) 11
2.6.2 พัสดุคงคลังของงานระหว่างกระบวนการ (Work in Process: WIP) 11
2.7 การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบ (Sensitivity analysis) 12
2.8 ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13
2.9 สรุปการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 14
3 วิธีการดำเนินการวิจัย
3.1 บทนำ 17
3.2 ข้อมูลนำเข้า 17
3.2.1 ผลิตภัณฑ์ 17
3.2.2 ความต้องการต่อสัปดาห์ 18
3.2.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน 19
3.2.4 เวลาการดำเนินงาน 19
3.2.5 เส้นทางและระยะทางระหว่างสถานีงานกับเครื่องจักร 21
3.3 สร้างแบบจำลองจากกฎพื้นฐาน 25
3.3.1 SPT Rule (Shortest Process Time), LPT Rule (Longest Process Time) 27
3.3.1.1 ขั้นตอนการจัดลำดับงานของผลิตภัณฑ์กลม 27
3.3.1.2 ขั้นตอนการจัดลำดับงานของผลิตภัณฑ์เหลี่ยม 30
3.3.2 สร้างแบบจำลองด้วยวิธีฮิวริสติก 30
3.3.2.1 ขั้นตอนการจัดลำดับงานของผลิตภัณฑ์กลม 30
3.3.2.2 ขั้นตอนการจัดลำดับงานของผลิตภัณฑ์เหลี่ยม 33
3.4 วิธีการเขียนโปรแกรมและการรันโปรแกรม 34
3.4.1 อธิบายระบบ 34
3.4.2 เงื่อนไขการจำลองสถานการณ์ 35
3.4.3 ผลลัพธ์ 35

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4.4 การเขียนโปรแกรม....36
3.5 การวิเคราะห์ความไวของระบบ....36
4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล
4.1 บทนำ....40
4.2 การรันซ้ำ (Replication)....40
4.3 เวลาการไหลเฉลี่ยของงาน (Average Flow Time)....41
4.4 เวลาการไหลสูงสุดของงาน (Maximum Flow Time)....43
4.5 จำนวนงานระหว่างกระบวนการ (Work in Process)....46
4.6 วิเคราะห์แบบหลายวัตถุประสงค์ (Miltiple Objective)....48
4.7 วิเคราะห์ความไวของระบบ (Sensitivity)....49
4.7.1 Process time....50
4.7.2 Interval time....55
5 ผลการวิจัยและอภิปรายผล....61
5.1 สรุปผลการวิจัย....61
5.2 การนำวิธีการจัดตารางงานแบบฮิวริสติกไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง....62
รายการอ้างอิง....63
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. การเขียนโปรแกรม Arena....64
ภาคผนวก ข. บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่....86
ประวัติผู้เขียน....88

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แสดงผลการรวบรวมปริทัศน์วรรณกรรม 16
3.1 แสดงปริมาณความต้องการของงานกลม 18
3.2 แสดงปริมาณความต้องการของงานเหลี่ยม 19
3.3 แสดงเวลาดำเนินการของงานกลมแบบเอกซ์โพเนนเชียล 20
3.4 แสดงเวลาดำเนินการของงานเหลี่ยมแบบเอกซ์โพเนนเชียล 21
3.5 แสดงเวลาดำเนินการของงานกลมแบบปกติ 21
3.6 แสดงเวลาดำเนินการของงานเหลี่ยมแบบปกติ 21
3.7 แสดงระยะทางระหว่างสถานีงานและเครื่องจักร (เซนติเมตร) 23
3.8 คำอธิบายสัญลักษณ์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง 25
3.9 เวลาดำเนินการของผลิตภัณฑ์กลมแบบเอกซ์โพเนนเชียล (EXPO (μ) วินาที) : ขั้นตอนตะไบ 36
3.10 เวลาดำเนินการของผลิตภัณฑ์กลมแบบปกติ (NORM (μ, σ) วินาที) : ขั้นตอนตะไบ 37
3.11 เวลาดำเนินการของผลิตภัณฑ์เหลี่ยมแบบเอกซ์โพเนนเชียล (EXPO (μ) วินาที) : ขั้นตอนตะไบ 37
3.12 เวลาดำเนินการของผลิตภัณฑ์เหลี่ยมแบบปกติ (NORM (μ, σ) วินาที) : ขั้นตอนตะไบ 37
3.13 เวลาดำเนินการของผลิตภัณฑ์กลมแบบเอกซ์โพเนนเชียล (EXPO (μ) วินาที) : ขั้นตอนขัดเงา 37
3.14 เวลาดำเนินการของผลิตภัณฑ์กลมแบบปกติ (NORM (μ, σ) วินาที) : ขั้นตอนขัดเงา 38
3.15 เวลาดำเนินการของผลิตภัณฑ์เหลี่ยมแบบเอกซ์โพเนนเชียล (EXPO (μ) วินาที) : ขั้นตอนขัดเงา 38
3.16 เวลาดำเนินการของผลิตภัณฑ์เหลี่ยมแบบปกติ (NORM (μ, σ) วินาที) : ขั้นตอนขัดเงา 38

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

3.17 ระยะห่างของเวลาการขนส่งของงานกลม (นาทีต่อล็อต) 38

3.18 ระยะห่างของเวลาการขนส่งของงานเหลี่ยม (นาทีต่อล็อต) 39

4.1 แสดงจำนวนงานที่ผลิตได้ทั้งหมดเมื่อเปลี่ยนแปลงเวลาของกระบวนการลดลงและเพิ่มขึ้น 5%, 10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงเวลาของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียล) 51

4.2 แสดงจำนวนงานที่ผลิตได้ทั้งหมดเมื่อเปลี่ยนแปลงเวลาของกระบวนการลดลงและเพิ่มขึ้น 5%, 10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงเวลาของกระบวนการแบบปกติ) 52

4.3 แสดงจำนวนงานระหว่างกระบวนการเมื่อเปลี่ยนแปลงเวลาของกระบวนการลดลงและเพิ่มขึ้น 5%, 10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงเวลาของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียล) 53

4.4 แสดงจำนวนงานระหว่างกระบวนการเมื่อเปลี่ยนแปลงเวลาของกระบวนการลดลงและเพิ่มขึ้น 5%, 10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงเวลาของกระบวนการแบบปกติ) 54

4.5 แสดงจำนวนงานที่ผลิตได้ทั้งหมดเมื่อเปลี่ยนแปลงระยะห่างของเวลาการขนส่งลดลงและเพิ่มขึ้น 5%, 10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงเวลาของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียล) 56

4.6 แสดงจำนวนงานที่ผลิตได้ทั้งหมดเมื่อเปลี่ยนแปลงระยะห่างของเวลาการขนส่งลดลงและเพิ่มขึ้น 5%, 10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงเวลาของกระบวนการแบบปกติ) 57

4.7 แสดงจำนวนงานระหว่างกระบวนการเมื่อเปลี่ยนแปลงระยะห่างของเวลาการขนส่งลดลงและเพิ่มขึ้น 5%, 10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียล)
เวลาของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียล) 58

4.8 แสดงจำนวนงานระหว่างกระบวนการเมื่อเปลี่ยนแปลงระยะห่างของเวลาการขนส่งลดลงและเพิ่มขึ้น 5%, 10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงเวลาของกระบวนการแบบปกติ) 59

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 เส้นทางการไหลของงานแบบ Job shop 7
2.2 เวลาการไหลของงาน 12
3.1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์กลม 17
3.2 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์เหลี่ยม 18
3.3 แสดงแผนผังการไหลของผลิตภัณฑ์ 19
3.4 แสดงแผนผังการไหลของผลิตภัณฑ์ 20
3.5 แสดงระยะทางระหว่างสถานีงานและเครื่องจักร (เซนติเมตร) 22
3.6 ขั้นตอนการจัดลำดับงานของผลิตภัณฑ์กลม ขั้นที่ 1 ตามกฎ SPT 27
3.7 ขั้นตอนการจัดลำดับงานของผลิตภัณฑ์กลม ขั้นที่ 1 ตามกฎ LPT 28
3.8 ขั้นตอนการจัดลำดับงานของผลิตภัณฑ์กลม ขั้นที่ 2 28
3.9 ขั้นตอนการจัดลำดับงานของผลิตภัณฑ์กลม ขั้นที่ 4 ตามกฎ SPT 29
3.10 ขั้นตอนการจัดลำดับงานของผลิตภัณฑ์กลม ขั้นที่ 4 ตามกฎ LPT 29
3.11 ขั้นตอนการจัดลำดับงานของผลิตภัณฑ์กลม ขั้นที่ 5 30
3.12 ขั้นตอนการจัดลำดับงานของผลิตภัณฑ์กลม ขั้นที่ 1 ตามฮิวริสติก 31
3.13 ขั้นตอนการจัดลำดับงานของผลิตภัณฑ์กลม ขั้นที่ 2 31
3.14 ขั้นตอนการจัดลำดับงานของผลิตภัณฑ์กลม ขั้นที่ 4 ตามฮิวริสติก 32
3.15 ขั้นตอนการจัดลำดับงานของผลิตภัณฑ์กลม ขั้นที่ 5 32
3.16 แผนผังโดยรวมการทำงานของโปรแกรม ARENA 33
4.1 แสดงค่าเฉลี่ยการไหลของงานของการรันซ้ำ 40
4.2 แสดงการเปรียบเทียบกันของค่าเวลาเฉลี่ยการไหลของงานงานสมมติฐาน การแจกแจงของเวลาของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียล 42
4.3 แสดงการเปรียบเทียบกันของค่าเวลาเฉลี่ยการไหลของงานสมมติฐานที่ การแจกแจงของเวลาของกระบวนการแบบปกติ 43
4.4 แสดงการเปรียบเทียบกันของค่าเวลาสูงสุดการไหลของงานสมมติฐาน การแจกแจงของเวลาของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียล 44

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.5 แสดงการเปรียบเทียบกันของค่าเวลาสูงสุดการไหลของงานสมมติฐานการแจกแจงของเวลาของกระบวนการแบบปกติ....45
4.6 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณงานระหว่างกระบวนการสมมติฐานการแจกแจงของเวลาของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียล....46
4.7 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณงานระหว่างกระบวนการสมมติฐานการแจกแจงของเวลาของกระบวนการแบบปกติ....46
4.8 การวิเคราะห์แบบหลายวัตถุประสงค์ระหว่างค่าเวลาเฉลี่ยการไหล (Average Flow Time)และปริมาณงานทั้งหมดที่ผลิตได้ (Output) สมมติฐานการแจกแจงของเวลาของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียล....48
4.9 การวิเคราะห์แบบวัตถุประสงค์ระหว่างค่าเวลาเฉลี่ยการไหล (Average Flow Time) และปริมาณงานระหว่างกระบวนการ (Work in process) สมมติฐานการแจกแจงของเวลาของกระบวนการแบบปกติ....49
4.10 แสดงจำนวนงานที่ผลิตได้ทั้งหมด (Number of Output) ของการจัดลำดับงานด้วยกฎ SPT, LPT และฮิวริสติกเมื่อเปลี่ยนแปลงเวลาของกระบวนการลดลงและเพิ่มขึ้น 5%, 10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงเวลาของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียล)....51
4.11 แสดงจำนวนงานที่ผลิตได้ทั้งหมด (Number of Output) ของการจัดลำดับงานด้วยกฎ SPT, LPT และฮิวริสติกเมื่อเปลี่ยนแปลงเวลาของกระบวนการลดลงและเพิ่มขึ้น 5%, 10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงเวลาของกระบวนการแบบปกติ)....52
4.12 แสดงจำนวนงานระหว่างกระบวนการ (Number of Work in Process) ของการจัดลำดับงานด้วยกฎ SPT, LPT และฮิวริสติกเมื่อเปลี่ยนแปลงเวลาของกระบวนการลดลงและเพิ่มขึ้น 5%, 10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงของเวลาของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียล)....53

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.13 แสดงจำนวนงานระหว่างกระบวนการ (Number of Work in Process) ของการจัดลำดับงานด้วยกฎ SPT, LPT และฮิวริสติกเมื่อเปลี่ยนแปลงเวลาของกระบวนการลดลงและเพิ่มขึ้น 5%, 10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงของเวลาของกระบวนการแบบปกติ) 54

4.14 แสดงจำนวนงานที่ผลิตได้ทั้งหมด (Number of Output) ของการจัดลำดับงานด้วยกฎ SPT, LPT และฮิวริสติกเมื่อเปลี่ยนแปลงระยะห่างของเวลาการขนส่งลดลงและเพิ่มขึ้น 5%, 10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงของเวลาของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียล) 55

4.15 แสดงจำนวนงานที่ผลิตได้ทั้งหมด (Number of Output) ของการจัดลำดับงานด้วยกฎ SPT, LPT และฮิวริสติกเมื่อเปลี่ยนแปลงระยะห่างของเวลาการขนส่งลดลงและเพิ่มขึ้น 5%, 10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงเวลาของกระบวนการแบบปกติ) การแจกแจงของเวลาของกระบวนการแบบปกติ) 56

4.16 แสดงจำนวนงานระหว่างกระบวนการ (Number of Work in Process) ของการจัดลำดับงานด้วยกฎ SPT, LPT และฮิวริสติกเมื่อเปลี่ยนแปลงระยะห่างของเวลาการขนส่งลดลงและเพิ่มขึ้น 5%, 10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงเวลาของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียล) 58

4.17 แสดงจำนวนงานระหว่างกระบวนการ (Number of Work in Process) ของการจัดลำดับงานด้วยกฎ SPT, LPT และฮิวริสติกเมื่อเปลี่ยนแปลงระยะห่างของเวลาการขนส่งและเพิ่มขึ้น 5%, 10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงของเวลาของกระบวนการแบบปกติ) 59

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การจัดตารางงานนั้นมีความสำคัญและเป็นประโยชน์ในอุตสาหกรรมมาก เนื่องจากการจัดตารางงานนั้นเป็นขั้นตอนแรกในการวางแผนก่อนการผลิต การจัดตารางงานมีหน้าที่กำหนดลำดับงานให้กับเครื่องจักรซึ่งเป้าหมายของการจัดตารางงานนั้นคือการทำให้การดำเนินการผลิตบรรลุตามความต้องการของลูกค้า การจัดตารางงานนั้นเป็นการกำหนดลำดับงานให้กับเครื่องจักรและกำหนดเส้นทางการไหลให้แก่ผลิตภัณฑ์ซึ่งมีความซับซ้อน ดังนั้นในปัจจุบันนั้นมีกฎการจัดตารางงานที่คิดค้นขึ้นเพื่อแก้ปัญหานี้ ซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้นั้นได้เลือกใช้กฎการจัดตารางงานพื้นฐานที่มีความนิยม คือ กฎที่ให้ความสำคัญกับงานที่มีเวลาของกระบวนการสั้นที่สุด (SPT), กฎที่ให้ความสำคัญกับงานที่มีเวลาของกระบวนการมากที่สุด (LPT) แต่ในกฎที่กล่าวไปข้างต้นนั้นไม่มีกฎใดที่ให้ผลดีที่สุดตามวัตถุประสงค์

กฎแต่ละกฎนั้นมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันไปในวัตถุประสงค์ที่ต่างกัน กฎการจัดตารางงานนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามพฤติกรรมของการทำงานคือ 1) ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงตามเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป 2) ใช้ข้อมูลสถานการณ์ปัจจุบันของงานที่อยู่ในแถวคอยของเครื่องจักร ในสถานการณ์จริงในอุตสาหกรรมจะมีเป้าหมายในการดำเนินการผลิตให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตนั้นสามารถใช้เวลาผลิตสั้นที่สุดเพื่อให้ส่งมอบให้แก่ลูกค้าได้ทันเวลานั่นเป็นสาเหตุให้การจัดตารางงานนั้นจึงเป็นส่วนสำคัญต่ออุตสาหกรรมการผลิต

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เราจึงทำการศึกษาประสิทธิภาพของกฎการจัดตารางงานในประเภทของกฎที่มีการเปลี่ยนแปลงของความสำคัญไปตามเวลาที่เปลี่ยนไป โดยใช้กฎการจัดตารางงานแบบใหม่ที่มีการเพิ่มเงื่อนไขเรื่องเวลาการขนส่งระหว่างสถานีงานมาเปรียบเทียบกับกฎการจัดตารางงานพื้นฐาน ด้วยการสร้างแบบจำลองของกฎใหม่ด้วยวิธีคิดแบบฮิวริสติก มาเปรียบเทียบกับกฎ SPT rules และLPT rules เพื่อศึกษาว่าผลลัพธ์ของประสิทธิภาพของกฎเหล่านี้ โดยใช้ชุดข้อมูลการผลิตจากโรงงานผลิตเครื่องครัวจากเมลามีนซึ่งมีการผลิต ผลิตภัณฑ์หลายหลายรูปแบบจึงเลือกศึกษาผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเหลี่ยมและผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะกลมที่มีการผลิตอย่างต่อเนื่อง และ

ภายในโรงงานนั้นมีการจัดวางเครื่องจักรแบบขนาน โดยวัดผลประสิทธิภาพด้วย เวลาการไหลเฉลี่ยของงาน (Average flow time), เวลาการไหลของงานสูงสุด (Maximum flow time) และจำนวนงานระหว่างกระบวนการเฉลี่ย (Average work in process) รวมทั้งการวิเคราะห์จุดประสงค์

ร่วมมากกว่าหนึ่งจุดประสงค์ นอกจากนั้นยังมีการวิเคราะห์ความไวของระบบเพื่อความน่าเชื่อถือของแบบจำลองสถานการณ์อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพจากแบบจำลองระบบการผลิตของกฎการลำดับงานกฎ SPT, กฎ LPT และฮิวริสติกเมื่อเพิ่มเงื่อนไขเวลาขนส่ง พิจารณากฎการตารางงานปัจจุบัน มีจุดประสงค์เพื่อลดเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย เวลาการไหลของงานสูงสุด และปริมาณงานระหว่างกระบวนการ โดยทำการวิเคราะห์แต่ละจุดประสงค์เดี่ยว และวิเคราะห์จุดประสงค์ร่วมมากกว่าหนึ่งจุดประสงค์

1.2.2 พิจารณาขนาดสั่งผลิต (lot size) ร่วมกับการพัฒนาฮิวริสติกเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างกฎการจัดตารางงานเดิมกับวิธีการฮิวริสติก ด้วยจุดประสงค์เพื่อลดเวลาการไหลของงานโดยเฉลี่ย เวลาการไหลของงานสูงสุด และปริมาณงานระหว่างกระบวนการ

1.2.3 วิเคราะห์ความไวของระบบ (เปลี่ยนแปลงเวลากระบวนการของระบบ) เมื่อใช้กฎการลำดับงานกฎ SPT, กฎ LPT และฮิวริสติกเมื่อเพิ่มเงื่อนไขเวลาขนส่ง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษากฎการจัดตารางงานพื้นฐานประเภทลักษณะของการเปลี่ยนแปลงตามเวลา ได้แก่กฎ SPT และกฎ LPT

1.3.2 ศึกษาการจัดตารางการผลิตในกระบวนการตกแต่งผลิตภัณฑ์หลังการปั๊มขึ้นรูปซึ่งมี 2 กระบวนการคือกระบวนตะไบ และกระบวนการขัดเงา หลังจากการขึ้นรูป

1.3.3 ทราบแผนการผลิตของโรงงาน

1.3.4 การจัดวางเครื่องจักรเป็นแบบขนาน ตามประเภทของเครื่องจักร จำนวนเครื่องจักรในแต่ละกระบวนการมีจำนวนแน่นอน และไม่มีการหยุดการทำงานในระหว่างการผลิต

1.3.5 ชนิดผลิตภัณฑ์ที่ศึกษามีทั้งหมด 8 แบบแบ่งงานกลม 4แบบและงานเหลี่ยม 4 แบบ

1.3.6 อัตราการเข้าสู่ระบบของผลิตภัณฑ์จากกระบวนการขึ้นรูปเพื่อเข้าสู่กระบวนการตกแต่งทั้ง 8 แบบ และเวลาผลิตของผลิตภัณฑ์ในแต่ละเครื่องจักร มีความไม่แน่นอนสามารถหารูปแบบการแจกแจงได้

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.4.1 ทบทวนการทำวิจัยและศึกษาทฤษฎีการจัดตารางงาน

1.4.2 ศึกษาการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของการจัดตารางงาน

1.4.3 รวบรวมข้อมูลการดำเนินการจัดตารางงาน ภายในสถานที่จริง (บริษัท ศรีไทย ซุปเปอร์แวร์ จำกัด (มหาชน) สาขานครราชสีมา)

1.4.3.1 ผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตอย่างต่อเนื่องทั้งหมด 10 แบบ

1.4.3.2 เวลาของกระบวนการผลิตของทุกผลิตภัณฑ์

1.4.3.4 แผนผังการจัดวางเครื่องจักรในโรงงาน

1.4.3.5 ระยะทางระหว่างเครื่องจักร ในแต่ละสถานี

1.4.3.6 อัตราการเข้าสู่กระบวนการ (ชิ้นต่อชั่วโมง)

1.4.3.7 จำนวนของผลิตภัณฑ์ที่สามารถผลิตได้

1.4.3.8 รูปแบบการจัดตารางงานที่ใช้ในปัจจุบัน

1.4.4 สร้างแบบจำลองสถานการณ์ของการจัดตารางงานด้วยการใช้กฎการจัดตารางงานพื้นฐาน กฎ SPT และ LPT

1.4.5 สร้างแบบจำลองสถานการณ์ของการจัดตารางงานด้วยการประยุกต์ใช้ฮิวริสติก โดยการเพิ่มเงื่อนไขการพิจารณาการจัดตารางาน เป็นเวลาการขนส่งระหว่างสถานี

ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ สิ่งที่สำคัญคือสมมติฐานของการเริ่มต้นสร้างแบบจำลองซึ่งในงานวิจัยนี้มีสมติฐานดังต่อไปนี้

1.4.5.1 เป็นการผลิตรูปแบบตามสั่ง (Job shop)

1.4.5.2 เวลาเข้าสู่กระบวนการ (Arrival time) ไม่แน่นอน

1.4.5.3 การส่งเข้าผลิตเป็นล็อต

1.4.5.4 การวางเครื่องจักรแบบขนาน (Parallel machine)

1.4.6 ทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองด้วยการใช้สถิติศาสตร์

1.4.7 สร้างแบบจำลองสถานการณ์ของการจัดตารางงานด้วยการประยุกต์ใช้ฮิวริสติก โดยการเพิ่มเงื่อนไขการพิจารณาการจัดตารางาน เป็นเวลาการขนส่งระหว่างสถานี โดยพิจารณาขนาดสั่งผลิตร่วมด้วย

1.4.8 ทดสอบความไวของแบบจำลองเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลนำเข้า

1.4.9 ประมวลผล โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการจัดตารางงานด้วยกฎการจัดตารางงานพื้นฐานและการประยุกต์ใช้ฮิวริสติก โดยการเพิ่มเงื่อนไขเป็นเวลาขนส่งระหว่างสถานี

1.4.10 สรุปผลของการศึกษากฎการจัดตารางงาน และฮิวริสติกที่ใช้ในงานวิจัยนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.5 สถานที่ทำการวิจัย

1.5.1 อาคารเครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.5.2 บริษัท ศรีไทยซุปเปอร์แวร์ จำกัด (มหาชน) สาขานครราชสีมา เขตอุตสาหกรรมสุรนารี

1.6 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.6.1 ประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ Intel Core i5-7300HQ Quad Core RAM 8GB, DDR4, 2400MHz ระบบปฏิบัติการ Window 10 Home

1.6.2 ซอฟแวร์ Arena version 10.0

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 สามารถใช้ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกฎการจัดตารางงานมาช่วยในการตัดสินใจเลือกใช้กฎที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ขององค์กร

1.7.2 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตด้วยการเพิ่มเงื่อนไขเวลาการขนส่ง เพื่อพิจารณาร่วมกับกฎการจัดตารางงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ในอุตสาหกรรมการผลิตสิ่งต่างๆ ในปัจจุบันนี้มีการใช้กฎการจัดลำดับงานที่มีอยู่มากมายตามวัตถุประสงค์ของแต่ละสถานประกอบการณ์เพื่อให้เกิดความคุ้มค่า งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษากฎการจัดลำดับงานที่เป็นที่นิยม 2 กฎคือ Shortest Process Time (SPT) และ Largest Process Time (LPT) อีกทั้งใช้วิธีฮิวริสติกเพิ่มประสิทธิภาพให้กฎการจัดลำดับงานด้วยการเพิ่มเงื่อนไขเป็นระยะทางระหว่างสถานีงานและระยะทางระหว่างเครื่องจักรในการพิจารณาลำดับงาน โดยใช้โปรแกรม ARENA ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ให้ใกล้เคียงกับระบบจริง ด้วยการเปรียบเทียบผลประสิทธิภาพคือ เวลาการไหลเฉลี่ยของงาน (Average Flow Time) เวลาการไหลสูงสุดของงาน (Maximum Flow Time) และจำนวนงานระหว่างกระบวนการ (Number of Work in Process)

2.2 ประเภทของการผลิต

1) การผลิตแบบโครงการ (Project Manufacturing) เป็นการผลิตผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ราคาแพง และมีลักษณะเฉพาะตามความต้องการของลูกค้าเฉพาะราย เช่น การสร้างเขื่อน การสร้างทางด่วน การต่อเรือดำน้ำ การต่อเครื่องบิน ฯลฯ การผลิตแบบโครงการมักมีปริมาณการผลิตต่อครั้งน้อยมากหรือผลิตครั้งละชิ้นเดียวและใช้เวลานาน การผลิตจะเกิดขึ้นที่สถานที่ตั้งของโครงการ (Site) เมื่อเสร็จงานโครงการหนึ่งจึงย้ายทั้งคนและวัสดุสิ่งของเครื่องมือต่างๆ ไปรับงานใหม่ เครื่องมือที่ใช้จึงเป็นแบบอเนกประสงค์ซึ่งเคลื่อนย้ายได้ง่าย และคนงานต้องสามารถทำงานได้หลายอย่างจึงต้องใช้แรงงานมีฝีมือที่ผ่านการอบรมอย่างดี

2) การผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Job Shop หรือ Intermit ten Production) เป็นการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะหลากหลายตามความต้องการของลูกค้า โดยมีปริมาณการผลิตต่อครั้งเป็นล็อต มีการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ที่ผลิตค่อนข้างบ่อย และผลผลิตไม่มีมาตรฐานมากนัก การผลิตแยกเป็นหมวดหมู่อยู่ตามส่วนต่างๆ ของผังโรงงานในจุดที่จะสามารถทำให้กระบวนการผลิตทุกผลิตภัณฑ์สามารถดำเนินไปตามขั้นตอนการผลิตที่กำหนดไว้อย่างคล่องตัว การเดินเครื่องจักรผลิตจะผลิตสินค้าชนิดหนึ่งจนได้ปริมาณตามที่ต้องการแล้วจึงเปลี่ยนไปผลิตสินค้าชนิดอื่นโดยใช้เครื่องจักชุดเดิม

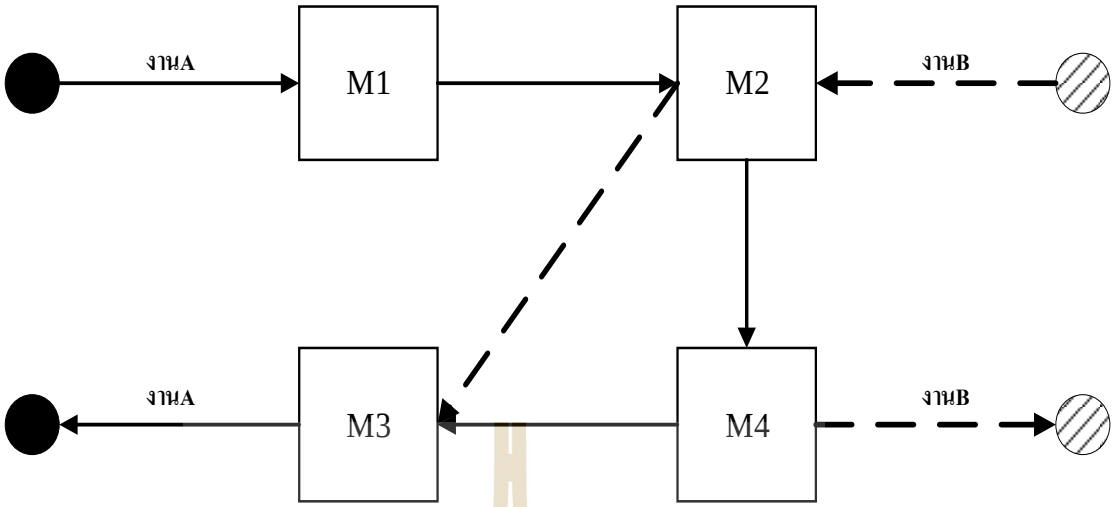
3) การผลิตแบบกลุ่ม (Batch Production) เป็นการผลิตที่คล้ายกับการผลิตแบบไม่ต่อเนื่องมาก จนบางครั้งจัดเป็นการผลิตประเภทเดียวกัน แต่จะแตกต่างกนตรงที่การผลิตแบบกลุ่มจะมีลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตแยกเป็นกลุ่มๆ ในแต่ละกลุ่มจะผลิตตามมาตรฐานเดียวกันทั้งล็อต ในขณะที่การผลิตแบบไม่ต่อเนื่องจะมีลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์หลากหลายมากกว่า ลักษณะการจัดเครื่องจักรอุปกรณ์ของการผลิตแบบกลุ่มจะเหมือนกับการผลิตแบบไม่ต่อเนื่องคือจัดเครื่องจักรตามหน้าที่การใช้งานเป็นสถานีแล้วงานจะไหลผ่านไปแต่ละสถานีตามลำดับขึ้นตอนของงาน และเนื่องจากการผลิตแบบกลุ่มเป็นการผลิตของเป็นล็อต ขั้นตอนการผลิตจึงมีแบบแผนลำดับเหมือนกันเป็นกลุ่มๆ ตามล็อตการผลิตเหล่านั้น การผลิตแบบกลุ่มนี้ใช้ได้กับการผลิตตามคำสั่งซื้อและการผลิตเพื่อรอจำหน่าย เช่น การเย็บเสื้อโหล เป็นต้น

4) การผลิตแบบไหลผ่าน หรือการผลิตตามสายการประกอบ หรือการผลิตแบบซ้ำ (Line-Flow หรือ Assembly หรือ Repetitive Production) เป็นการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เหมือนกันในปริมาณมาก เช่น การผลิตแชมพู การผลิตรถยนต์ การผลิตเครื่องซักผ้า การผลิตแบบไหลผ่านจะมีเครื่องจักอุปกรณ์เฉพาะของแต่ละสายผลิตภัณฑ์แยกต่างหาก โดยไม่มีการใช้เครื่องจักรร่วมกันเครื่องจักรอุปกรณ์จะเป็นแบบเฉพาะงานสำหรับแต่ละสายผลิตภัณฑ์เพื่อการผลิตที่รวดเร็ว และได้ปริมาณมาก การผลิตแบบนี้จะเหมาะสมกับการผลิตเพื่อรอจำหน่ายหรือใช้ในการประกอบโมดูลในการผลิตเพื่อรอคำสั่งซื้อจากลูกค้าต่อไป

5) การผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous Process หรือ Continuous Flow Production) เป็นการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวในปริมาณที่มากมายอย่างต่อเนื่องโดยใช้เครื่องจักรเฉพาะอย่าง ซึ่งมักจะเป็นการผลิตหรือแปรรูปทรัพยากรธรรมชาติให้เป็นวัตถุดิบในการผลิตขั้นตอนต่อไป เช่น การกลั่นน้ำมัน การผลิตสารเคมี

2.3 การจัดการผลิต

การผลิตแบบตามงาน (Job shop) ระบบนี้ประกอบด้วย M เครื่องจักร แต่ละงานจะมีเส้นทางการไหลของงานเฉพาะของตนเองตามที่ผู้วางแผนกระบวนการกำหนดให้เท่านั้น โดยเส้นทางจะไม่ซ้ำกัน และเครื่องจักรเริ่มต้นและเครื่องจักรสุดท้ายที่แต่ละงานจะทำงานก็ไม่จำเป็นต้องเหมือนกัน ดังรูปที่ 2.1 แต่ละงานสามารถทำงานบนเครื่องจักรใดๆ ก็ตามที่อยู่บนเส้นทางของตนได้เพียงหนึ่งเท่านั้น จากรูปที่ 2.1 จะเห็นว่า งาน A มีเส้นทางการไหลผ่านเครื่องจักร M1, M2, M3 และ M4 ตามลำดับ ในขณะที่งาน B มีเส้นทางการไหลผ่านเครื่องจักร M2, M3 และ M4 ตามลำดับ พบว่าเส้นทางการไหลของงานทั้งสองงานนี้ไม่เหมือนกัน



รูปที่ 2.1 เส้นทางการไหลของงานแบบ Job shop

2.4 กฎการจัดลำดับงาน

กฎการจัดลำดับงานถูกนำมาใช้เพื่อแก้ไขความขัดแย้งที่เกิดขึ้นในกรณีที่มีงานตั้งแต่ 2 งานขึ้นไปมีการคอยที่จะใช้เครื่องจักร เครื่องเดียวกันดังนั้นจึงมีการตัดสินใจว่าจะทำงานไหนก่อน เราพบว่าในบางสถานการณ์การใช้กฎการจัดลำดับงานบางกฎที่เหมาะสมอาจทำให้ความแออัดในระบบลดลง หรือทำให้สามารถส่งสินค้าทันตามกำหนดเวลาที่สัญญาไว้กับลูกค้า เนื่องจากมีการศึกษากฎการจัดลำดับงานกันอย่างแพร่หลาย นักวิจัยจำนวนมากจึงแบ่งกฎการจัดลำดับงานออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

1) ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงตามเวลา ซึ่งแบ่งได้เป็น
   - กฎแบบสถิต (Static Rule) เป็นกฎที่หลังจากกำหนดค่าลำดับความสำคัญให้กับแต่ละงานแล้วค่าเหล่านี้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา
   - กฎแบบพลวัต (Dynamic Rule) เป็นกฎที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าลำดับความสำคัญของงานตามเวลา ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงค่าลำดับความสำคัญของงานให้เป็นปัจจุบันทุกครั้งก่อนที่จะทำการตัดสินใจว่าจะเลือกทำงานไหนก่อน
2) ชนิดของข้อมูลที่ใช้
   - กฎแบบเฉพาะที่ (Local Rule) เป็นกฎที่ใช้ข้อมูลเกี่ยวกับงานที่อยู่ในแถวคอยของเครื่องจักรที่กำลังพิจารณาการจัดตารางอยู่ในการกำหนดลำดับความสำคัญของงานเท่านั้น

- กฎแบบวงกว้าง (Global Rule) เป็นกฎที่นอกจากจะใช้ข้อมูลเกี่ยวกับงานเช่นเดียวกับกฎแบบเฉพาะที่แล้ว ยังใช้ข้อมูลเพิ่มเติมที่เกี่ยวกับสถานะของงานที่อยู่บนแถวคอยของเครื่องจักรอื่นหรือสถานะของเครื่องจักรเครื่องอื่น ในการกำหนดลำดับความสำคัญของงานก็ได้ ถึงแม้ว่ากฎแบบวงกว้างน่าจะให้ประสิทธิผลที่ดีกว่ากฎแบบเฉพาะที่ก็ตาม แต่ว่าข้อมูลจำนวนมากที่ต้องนำมาใช้สำหรับกฎแบบวงกว้างนี้ ทำให้กฎแบบวงกว้างไม่เป็นที่นิยมในทางปฏิบัติตัวอย่างของกฎแบบวงกว้าง

เนื่องจากระบบผลิตสมัยใหม่เป็นระบบที่ซับซ้อน การทำงานของแต่ละส่วนที่ประกอบขึ้นเป็นระบบจะมีความสัมพันธ์กันเป็นอย่างมาก เช่นประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรมีความสัมพันธ์กับการทำงานของอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ เป็นต้น ระบบเช่นนี้มีวัตถุประสงค์ในการผลิตคือการตอบสนองต่อความเปลี่ยนแปลงในด้านความต้องการที่เปลี่ยนอย่างรวดเร็วของลูกค้าในปัจจุบันได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากความซับซ้อนในตัวปัญหาเช่นนี้ ทำให้การหาคำตอบโดยใช้วิธีการหาค่าที่ดีที่สุดแทบจะเป็นไปไม่ได้สำหรับปัญหาขนาดใหญ่ ดังนั้นการหาคำตอบโดยใช้ได นามิกโปรแกรมมิง หรือการแตกกิ่งและจำกัดเขต เป็นวิธีการที่แทบจะเป็นไปไม่ได้เลยในทางปฏิบัติทั้งนี้เพราะจะต้องใช้เวลาในการหาคำตอบนานมาก ผู้จัดตารางส่วนมากจึงยอมรับกับคำตอบที่ ดี ซึ่งอาจหมายถึง ดีที่สุด หรือไม่ก็ได้ ที่ได้รับจากการจัดตารางโดยใช้ขั้นตอนวิธีประเภทที่เรียกว่า “กฎการจัดลำดับงาน” ซึ่งมีกฎที่เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย ดังนี้

1) EDD (Earliest Due Date) : เลือกการทำงานซึ่งมีกำหนดส่งงานเร็วสุดทำก่อน
2) SPT (Shortest Processing Time) : เลือกการทำงานที่มีเวลาปฏิบัติงานสั้นที่สุดทำก่อน
3) LPT (Longest Processing Time) : เลือกการทำงานที่มีเวลาปฏิบัติงานมากที่สุดทำก่อน
4) SDT (Smallest Ratio by Dividing Processing Time) : เลือกการทำงานที่มีอัตราส่วนน้อยที่สุดจากการนำเวลาปฏิบัติงานหารด้วยเวลาปฏิบัติงานรวมทั้งหมดทำก่อน
5) LDT (Longest Ratio by Dividing Processing Time) : เลือกการทำงานที่มีอัตราส่วนมากที่สุดจากการนำเวลาปฏิบัติงานหารด้วยเวลาปฏิบัติงานรวมทั้งหมดทำก่อน
6) SMT (Smallest Ratio by Multiplying Processing Time) : เลือกการทำงานที่มีอัตราส่วนน้อยที่สุดจากการนำเวลาปฏิบัติงานคูณด้วยเวลาปฏิบัติงานรวมทั้งหมดทำก่อน
7) LMT (Longest Ratio by Multiplying Processing Time) : เลือกการทำงานที่มีอัตราส่วนมากที่สุดจากการนำเวลาปฏิบัติงานคูณด้วยเวลาปฏิบัติงานรวมทั้งหมดทำก่อน
8) SLACK (Slack) : เลือกการทำงานที่มีเวลาเหลือก่อนถึงกำหนดส่งงานลบด้วยเวลาปฏิบัติงานที่น้อยที่สุดทำก่อน

9) SLACK/TP (Smallest Ratio Slack Time) :เลือกการทำงานที่มีเวลาเหลือก่อนถึงกำหนดส่งงานลบด้วยเวลาปฏิบัติงาน จากนั้นหารด้วยเวลาปฏิบัติงานรวมทั้งหมดของงานนั้นที่น้อยที่สุดทำก่อน

10) RANDOM (Random) : เลือกงานแบบสุ่ม

2.5 องค์ประกอบของการจำลอง

2.5.1 สมมติฐาน

สมมติฐานที่ใช้บ่อยในการศึกษาการจำลองระบบผลิตแบบตามงานเชิงพลวัตมีดังต่อไปนี้

1) เวลามาถึงของงาน (Arrival Time) หรือเวลาพร้อมทำของงาน (Ready Time) และเวลาดำเนินงานสร้างจากการกระจายมาตรฐานบางรูปแบบ
2) ค่าเฉลี่ยของอัตราให้บริการของระบบจะมากกว่าค่าเฉลี่ยขอองอัตราการมาถึงของงาน
3) เวลาปรับตั้งเครื่องสำหรับแต่ละการดำเนินงานจะไม่ขึ้นกับลำดับงานที่อยู่ก่อนหน้า และถูกรวมเอาไว้แล้วกับเวลาดำเนินงาน
4) เวลาส่งมอบถูกกำหนดให้และมีค่าคงที่
5) ไม่ยอมให้มีการแทรกงานเกิดขึ้น
6) เวลาขนย้ายชิ้นงานระหว่างเครื่องจักรมีค่าน้อยมากและสามารถตัดทิ้ง
7) เครื่องจักรทุกเครื่องไม่มีการเสีย
8) ไม่มีงานเสียหรืองานที่ต้องนำกลับไปซ่อมใหม่เกิดขึ้นจากการทำงานของทุกเครื่องจักร
9) พนักงาน คนงาน เครื่องมือ และวัตถุดิบมีความพร้อมทำงานหรือใช้งาน
10) ไม่พิจารณาถึงการนำเอาเครื่องจักรที่คล้ายกันมาจัดเป็นกลุ่มของเครื่องจักร
11) การดำเนินงานที่ต่อเนื่องกันไม่สามารถทำซ้ำบนเครื่องจักรเดิมได้
12) เส้นทางงานถูกกำหนดให้และไม่มีเส้นทางอื่นให้เลือกนอกจากเส้นทางที่กำหนดให้นี้
13) ไม่มีการดำเนินงานในลักษณะที่เป็นการรวมชิ้นงานหรือการประกอบชิ้นงานต่างๆ เข้าด้วยกัน
14) งานทั้งชิ้นหรือทั้งรุ่นจะต้องถูกทำให้เสร็จก่อนที่จะส่งไปยังเครื่องจักรอื่นได้
15) ไม่มีการแบ่งแยกรุ่นของงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

16) ไม่มีการทำงานล่วงเวลาหรือการรับเหมาช่วง

17) ระบบผลิตประกอบด้วยคนงานและเครื่องจักรที่มีความสามารถในการทำงานที่คง

18) มีเพียงหนึ่งงานเท่านั้นที่อยู่บนเครื่องจักรได้ที่เวลาใดเวลาหนึ่ง

19) มีเพียงหนึ่งเครื่องจักรเท่านั้นที่สามารถทำการดำเนินงานที่กำหนดให้ได้

20) ไม่มีการยกเลิกคำสั่งซื้อจากลูกค้า

21) ค่าทางสถิติจะถูกเก็บหลังจากที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวแล้ว

2.5.2 เวลาดำเนินงาน

การศึกษาทางด้านการจำลองส่วนมาก จะกำหนดเวลาดำเนินงานของแต่ละงานในขณะที่งานเข้าสู่ระบบ นอกจากนั้นแล้วยังสมมติว่าเวลาปรับตั้งเครื่องไม่ขึ้นกับลำดับของงานที่อยู่ก่อนหน้า ทำให้เวลาปรับตั้งเครื่องที่เกิดขึ้นถูกรวมเอาไว้กับเวลาดำเนินงานแล้ว ในการศึกษาส่วนมากจะใช้การกระจายแบบเลขชี้กำลังเป็นตัวสร้างเวลาดำเนินงานของแต่ละงาน จากการศึกษาพบว่าพารามิเตอร์ของการกระจายของเวลาดำเนินงานแบบต่างกันจะมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อสมรรถนะของกฎการจ่ายงาน

2.5.3 ขนาดของระบบ

จำนวนเครื่องจักรที่ถูกนำมาใช้ในการศึกษาการจำลองส่วนมากจะไม่ค่อยมีมากนัก ประมาณ 4-10 เครื่อง เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนเครื่องจักรจริงในโรงงานจริงซึ่งอาจจะมีได้ตั้งแต่ 30 จนถึง 100 เครื่อง หรืออาจจะมากกว่านี้ก็ได้ในกรณีที่โรงงานมีขนาดใหญ่มาก แต่จากการศึกษาพบว่าจำนวนของเครื่องจักร (ขนาดของระบบ) ไม่ได้เป็นตัวแปรหลักที่ทำให้เกิดผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อกฎการจัดลำดับงาน ดังนั้นจึงเป็นการเพียงพอที่จะทำการทดลองกับระบบที่มีขนาดค่อนข้างเล็ก แล้วขยายข้อสรุปไปสู่กรณีทั่วไป มีผู้เสนอว่าแบบจำลองของระบบที่ประกอบด้วย 6 เครื่องจักรก็เพียงพอที่แสดงให้เห็นถึงความซับซ้อนที่มีอยู่ในปัญหาของระบบผลิตแบบตามงานในทางปฏิบัติ

2.5.4 จำนวนของการดำเนินงานและเส้นทางงาน

จำนวนของการดำเนินงานสำหรับแต่ละงานสามารถหาได้จากการชักตัวอย่างแบบสุ่มจากฟังก์ชันการแจกแจงแบบต่อเนื่อง (Continuous Distribution) แล้วแปลงไปสู่ตัวเลขจำนวนเต็ม หรือจากฟังก์ชันการแจกแจงแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Distribution) ก็ได้ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดจำนวนของการดำเนินงานมากเกินไป เราอาจจะต้องกำหนดขีดจำกัดที่ถูกตัดปลายให้ และในทำนองเดียวกัน เราอาจจะต้องกำหนดจำนวนของการดำเนินงานขั้นต่ำเอาไว้อีกด้วย เส้นทางงานหรือลำดับของเครื่องจักรที่งานจะต้องผ่านสามารถกำหนดขึ้นอย่างสุ่มได้จากเมทริกซ์การเปลี่ยนสถานะ ตามปกติแล้วจะตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับเส้นทางงานว่า แต่ละงานสามารถที่จะทำการดำเนินงานแรกได้บนเครื่องจักรเครื่องอื่น หรือออกจากระบบไปได้เลยก็ได้ การศึกษาส่วนมากไม่ยอมให้สองการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ดำเนินงานที่มีลำดับติดกันทำงานบนเครื่องเดียวกัน แต่งานอาจจะกลับมาทำซ้ำบนเครื่องจักรเดิมได้หลังจากที่ได้ทำบนเครื่องแล้ว

2.5.5 การใช้งานระบบ

ระดับของการใช้งานระบบ (System Utilization) สามารถกำหนดได้จากการปรับอัตราการเข้าสู่ระบบของงาน เส้นทาง และเวลาดำเนินงาน การศึกษาส่วนมากใช้ระดับของการใช้งานระบบประมาณตั้งแต่ 85-95 เปอร์เซ็น ถ้าระดับของการใช้งานระบบมีค่าต่ำจนเกินไป สมรรถนะที่ดีของกฎการจัดลำดับงานอาจไม่แสดงอย่างมีนัยสำคัญได้ เนื่องจากว่าความยาวของแถวคอยอาจสั้นเกินกว่าที่จะทำให้กฎการจัดลำดับงานสามารถเลือกงานบนแถวคอยที่ก่อให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

2.6 วัตถุประสงค์และตัววัดสมรรถนะ

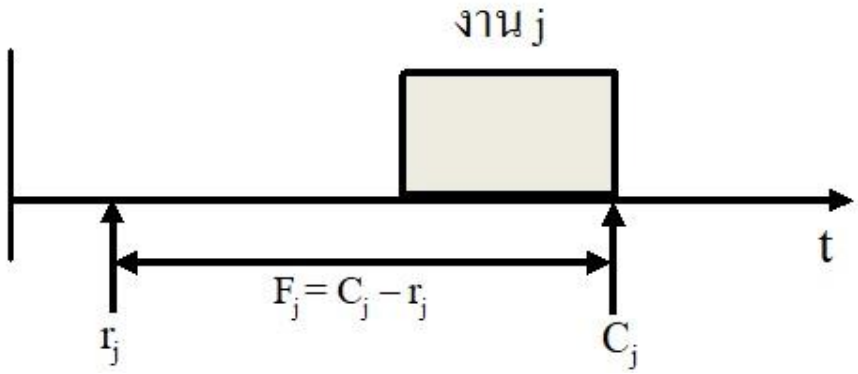
เราสามารถประเมินประสิทธิภาพของตารางที่จัดขึ้นได้โดยการพิจารณาจากผลรวมของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานทั้งหมด ซึ่งผลรวมนี้จะเป็นข้อมูลแบบมิติเดียว เรียกว่า ตัววัดสมรรถนะ (Measure of Performance) ส่วนคำว่า วัตถุประสงค์ (Objective) ของการจัดตารางหมายถึง เป้าหมายของตัววัดสมรรถนะที่ผู้จัดตารางต้องการที่จะให้เกิดขึ้น เช่น การหาค่าที่มากที่สุด (Maximize) หรือการหาค่าที่น้อยที่สุด (Minimize) ของตัววัดสมรรถนะนั่นเอง ในงานวิจัยนี้มีการใช้ 2 ตัววัดสมรรถนะในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการจักตารางงานดังนี้

2.6.1 เวลาการไหลของงาน (Flow Time)

เวลาการไหลของงาน (Flow Time) หมายถึง ระยะเวลาทั้งหมดที่งานใช้เวลาอยู่ในระบบเขียนแทนด้วย $F_j = C_j - r_j$ ดังรูปที่ 2.2 C_j คือเวลาที่งาน j ทำเสร็จและ r_j คือ เวลาที่งาน j มีความพร้อมที่จะเริ่มงานได้ เวลาไหลของงานนี้จะเป็นตัววัดความสามารถในการตอบสนองต่อแต่ละอุปสงค์ (Demand) ของระบบ นอกจากนั้นยังสะท้อนให้เห็นถึงเวลาที่แต่ละงานต้องคอยในระบบตั้งแต่งานนั้นเข้าสู่ระบบจนออกจากระบบ

2.6.2 พัสดุคงคลังของงานระหว่างกระบวนการ (Work in Process: WIP)

พัสดุคงคลังของงานระหว่างกระบวนการ (Work in Process: WIP) การทำให้งานระหว่างกระบวนการมีค่าน้อยที่สุดเป็นวัตถุประสงค์ที่มีความสำคัญอย่างมากประหนึ่งในการบริหารจัดการ ตัวอย่างของข้อเสียของการมี WIP ในระบบมากคือ ทำให้เกิดเงินจม ทำให้เกิดการติดขัดหรือการบล็อกของการดำเนินงาน เพิ่มค่าใช้จ่ายด้านขนย้ายวัสดุ เป็นต้น



รูปที่ 2.2 เวลาการไหลของงาน

2.7 การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบ (Sensitivity analysis) (LPL)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) เป็นการทดสอบความมั่นคงของข้อสรุปที่ได้จากการวิเคราะห์บนพิสัยของการประมาณค่าความน่าจะเป็น การใช้ดุลพินิจเกี่ยวกับตัวเลขต่างๆ ตลอดจนข้อสมมติพื้นฐานที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนั้น ทั้งนี้โดยการแทนที่ข้อสมมติ หรือตัวเลขตัวใหม่ ซึ่งแตกต่างไปจากเดิมในระดับที่กำหนดหรือต้องการทดสอบ ลงไปแทนข้อสมมติหรือตัวเลขที่ใช้อยู่เดิมในการประมาณการงบประมาณ และทำการคำนวณใหม่อีกครั้ง แล้วพิจารณาผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ว่า แตกต่างไปจากเดิมมากน้อยเพียงใด หากผลการวิเคราะห์ไม่แตกต่างไปจากเดิมมากนัก หรือแตกต่างเพียงเล็กน้อยในระดับที่ไม่มีผลในทางปฏิบัติ อาจกล่าวได้ว่า วิธีการที่ใช้วิเคราะห์ต้นทุนหรือประมาณการงบประมาณนั้นมีความมั่นคง ไม่อ่อนไหว ได้ผลการวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือและถูกต้อง แต่หากผลลัพธ์ที่ได้แตกต่างจากเดิมมาก จะทำให้เกิดความไม่มั่นใจในความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของผลการวิเคราะห์ที่ได้มาก่อนหน้า

คำถามที่สำคัญในการทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหว คือ

1. ตัวแปรใด หรือข้อมูลตัวใดที่ควรนำมาประเมินความอ่อนไหว

โดยทั่วไปมักพิจารณาตัวแปรที่มีความสำคัญ และผู้วิเคราะห์ไม่มีความมั่นใจในความถูกต้องของข้อมูลที่ได้มา และต้องการประเมินว่า หากข้อมูลตัวเลขหรือข้อสมมติที่ใช้มีความคลาดเคลื่อน จะทำให้ตัวเลขผลลัพธ์คำนวณได้แตกต่างไปจากค่าเดิมมากน้อยเพียงใด เช่น สัดส่วนเวลาการทำงานของแพทย์ในคลินิกต่างๆ การใช้เกณฑ์การจัดสรรต้นทุนของฝ่ายเภสัชกรรมและฝ่ายบริหารงานทั่วไป วิธีคิดค่าเสื่อมราคาของครุภัณฑ์และอาคารสถานที่ และการประมาณการจำนวนครั้งของการมาใช้บริการในปีต่อไป เป็นต้น

2. ตัวเลขใด หรือวิธีการทำงานแบบใดที่ควรนำมาใช้แทนค่าตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ไว้เดิมเพื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหว

โดยทั่วไปในกรณีของตัวเลข มักจะใช้ค่าสูงสุดหรือค่าต่ำสุดที่มีความเป็นไปได้มาใช้เป็นตัวแทนเพื่อการคำนวณในการวิเคราะห์ความอ่อนไหว บางครั้งอาจนำร้อยละของความคาดเคลื่อนที่ยอมรับได้หรือมีความเป็นไปได้มาใช้ และนำตัวเลขเป้าหมายหรือตัวเลขที่คาดหวังให้เป็นมาทดแทน หรืออาจนำตัวเลขของโรงพยาบาลอื่นๆ มาใช้ในการคำนวณก็ได้

2.8 ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Gur Mosheiov และ Daniel Oraon (2002) ได้ศึกษาการแก้ปัญหาการจัดลำดับงานขนเครื่องจักรที่มีการจัดวางแบบขนาน ด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมุ่งเน้นไปทีกำหนดเวลาการส่งงาน ในที่นี้ตัวชี้วัดที่ใช้คือ Minimizing maximum tardiness และ Minimizing total tardiness โดยในงานวิจัยนี้มีการพิสูจน์เปรียบเทียบกันระหว่างการจัดลำดับงาน 2 แบบคือ การใช้วิธีจัดงานที่เวลาการทำงานสั้นที่สุดทำก่อน (SPT) และวิธี simple lower bounds พบว่าวิธี SPT มีประสิทธิภาพในด้านการส่งงานตรงเวลาดีกว่าวิธี simple lower bounds

Oliver Holthaus และ Chandrasekharan Rajendranb (1996) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของกฎการจัดตารางการผลิตแบบใหม่ที่เกิดจากการรวมกันของกฎพื้นฐานที่มีใช้กันอยู่ก่อนแล้วโดยการนำมาสร้างแบบจำลองสถานการณ์จริง เพื่อวัดประสิทธิภาพของกฎการจัดตารางการผลิตทั้งที่สร้างขึ้นใหม่และมีอยู่เดิม ได้ผลว่ากฎ PT+WINQ นั้นเป็นกฎที่ให้ค่าเฉลี่ยการไหลของงานต่ำที่สุด และกฎ PT+WINQ+AT และ กฎ PT+WINQ+AT+SL ให้ผลที่ดีเยี่ยมรวมถึงค่าความล่าช้าของงาน ด้วยนอกจากนั้นยัง กล่าวอีกว่ากฎ SPT ยังเป็นอีกกฎหนึ่งที่ดีที่สุดในแง่การไหลของงาน จากที่ผู้วิจัยได้ทำการวิจัยนั้นได้กล่าวว่าไม่มีกฎใดที่ดี ที่สุด เพราะแต่ละกฎจะมีข้อดีของดัชนีการวัดผลที่แตกต่างกันไป

Oliver Holthaus และ Chandrasekharan Rajendranb (1997) ได้ศึกษากฎ SPT และกฎ WINQ ที่มีข้อดีที่แตกต่างกันคือ กฎ SPT มีข้อดีในแง่ของการวัดเวลาในการไหลเฉลี่ยและความล่าช้าเฉลี่ย และกฎ WINQ สามารถช่วยลดเวลาในการรองานได้ จำนำทั้ง 2 กฎนี้มาพัฒนาเป็นกฎใหม่ที่มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น โดยนำข้อดีของทั้ง 2 กฎมาทำให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น พบว่าเมื่อนำข้อดีของทั้ง 2 กฎมาประยุกต์ใช้รวมกันสามารถทำให้เวลาเฉลี่ยการไหลลดลงได้

Kaban, Othman และRohmah (2012) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกฎการจัดลำดับงาน 14 แบบและนำมารวมกันระหว่างกฎทั้ง 14 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในด้านงานระหว่างกระบวนการ (Work in Process), เวลารอคอยในคิว (Waiting time)และจำนวนงานรอคอยในคิว (Queue length) ภายใต้การผลิตแบบตามสั่งด้วยการจำลองสถานการณ์ พบว่าการรวมกันของกฎ MTWR และ LCT เป็นการรวมกันของกฎการจัดลำดับงานที่ดีที่สุด แต่ว่าการรวมกันของกฎการจัดลำดับงานในระบบที่ศึกษานี้ถึงจะมีประสิทธิภาพดี แต่ยังไม่ดีมากกว่ากฎเดี่ยวทั้ง 14 กฎที่ใช้ใน

งานวิจัยนี้และในงานวิจัยนี้ยังพบอีกว่า กฎMTWR ยังมีประสิทธิภาพดีกว่ากฎ SPT ภายใต้ข้อมูลที่ใช้ทดสอบในงานวิจัยนี้

Chen Tsiushuang (1993) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกฎการจัดลำดับงานทั้งหมด 7 กฎ เป็นการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เมื่ออยู่ภายใต้การแปรปรวนของภาระงานและเวลาการส่งมอบงาน พบว่า กฎ P+S/ OPN and MPS สามารถลดความล่าช้าของงานได้ดี แต่ในการใช้กฎ MPS จะมีการควบคุมพารามิเตอร์คือค่าสัมประสิทธิ์ถ่วงน้ำหนัก จะต้องเท่ากับ 0.5 จะทำให้กฎ MPS มีประสิทธิภาพดี

ทัศนีย์ แก้วไพฑูรย์ (2003) ได้ทำการวิเคราะห์ถึงข้อดีและข้อเสียของวิธีการจัดตารางการผลิต ทั้ง 5 รูปแบบ คือ SPT, FCFS, SRT, EDD และ LPT โดยคำนึงถึงกำหนดการส่งมอบสินค้าให้ตรงเวลาเป็นสำคัญ จากนั้นมีการพัฒนาแนวทางการจัดตารางการผลิตแบบใหม่ จากกฎ EDD และ SPT รูปแบบจะให้ผลดีเรื่องการส่งมอบงานล่าช้าที่ต่ำแต่มีปัญหาเรื่องค่าเฉลี่ยแล้วเสร็จของงาน (Average Completion Time) สูงและความสามารถการใช้เครื่องจักร (%Utilization) ต่ำ จึงทำการปรับปรุงเพิ่มทั้ง 2 รูปแบบที่เหมือนกัน คือ การจัดเวลาการทำงานรวมทุกกระบวนการที่มีกำหนดส่งมอบพร้อมกันที่เวลาการทำงานสั้นที่สุดทำก่อน (Shortest Processing Time :SPT) จัด งานเข้าในกระบวนการแรก และทำการจัดเรียงงานใหม่ในทุกๆ เครื่องจักรของกระบวนการแรก โดยวิธีจัดงานที่เวลาการทำงานสั้นที่สุดทำก่อน (SPT) จากนั้นจัดรูปแบบการจัดตารางการผลิต เข้าก่อนออกก่อนในกระบวนการถัดๆ ไป ซึ่งผลที่ได้ดีเรื่องค่าเฉลี่ยแล้วเสร็จของงานลดลงทั้ง 2 รูปแบบจะส่งผลเรื่องการส่งมอบล่าช้าเพิ่มขึ้นด้วย วิธีการจัดลำดับงานแบบเวลาการ ทำงานน้อยสุดทำก่อน (Shortest Processing Time: SPT) จึงเป็นวิธีที่ให้ค่าเฉลี่ยเวลาแล้วเสร็จงานที่ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการจัดตารางการผลิตที่เป็นที่รู้จักโดยทั่วไปวิธีอื่นๆ

ประสาน นาคอ่อน (2557) ได้ศึกษาแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีความคับคั่งของงานในกระบวนการการผลิต ด้วยการเปลี่ยนแปลงของอุปสงค์ของงาน โดยทำการจำลองสถานการณ์ให้สอดคล้องกับสถานการณ์จริงในโรงงานเพื่อศึกษาการตอบสนองของกฎการจัดลำดับงานเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงไปของปริมาณอุปสงค์ ซึ่งเปรียบเทียบกันระหว่าง วิธีจัดงานที่เวลาการทำงานสั้นที่สุดทำก่อน (SPT) และวิธีจัดงานที่เวลาการทำงานยาวที่สุดทำก่อน (LPT) พบว่าการจัดตารางการผลิตแบบ SPT มีเวลาปิดงานของกระบวนการทดสอบมากกว่าแบบ LPT นอกจากนี้แบบ LPT ยังมีความสมดุลของประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรอีกด้วย

2.9 สรุปการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดลำดับงานที่ใช้ในการผลิตแบบตามสั่งนั้น จะมีการนำกฎการจัดลำดับงานที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายมาประยุกต์ใช้ ซึ่งกฎที่เป็นที่นิยมจะเป็นกฎที่มีการใช้งานง่ายมีการควบคุมตัวแปรไม่มาก และจำนวนเครื่องจักรในการศึกษาจะไม่เกิน 10 เครื่อง เพื่อลดความซับซ้อนของการจัดลำดับงาน ซึ่งในการศึกษากฎการจัดลำดับงานจะเป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกฎการจัดลำดับงาน ในด้านต่างๆเช่น เวลาการไหลของงาน, เวลาส่งมอบงาน, จำนวนงานที่รอในคิว และอีกมากมายโดยในวัตถุประสงค์ที่ใช้วัดประสิทธิภาพเหล่านี้ล้วนเป็นการปรับปรุงการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า และในการวิจัยเกี่ยวกับกฎการจัดลำดับงานนี้ส่วนใหญ่จะเป็นการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจำลองสถานการณ์เพื่อความรวดเร็วและลดการสิ้นเปลืองในการศึกษานั่นเอง ซึ่งในการศึกษากฎการจัดลำดับงานนั้นจะเป็นการประยุกต์กฎการจัดลำดับงานที่มีอยู่เป็นพื้นฐาน ในที่นี้กฎการจัดลำดับงานแต่ละกฎจะมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน และข้อดีก็จะดีต่างกันตามวัตถุประสงค์ต่างๆ ทำให้ผู้วิจัยส่วนใหญ่นำมาศึกษาโดยการรวมกันของกฎที่มีข้อดีที่ต้องการนั้นเองหรือนำมารวมกับตัวแปรที่ส่งผลต่อระบบการผลิตเพื่อช่วยในการเลือกนำไปใช้ขององค์กรต่างๆ ให้ตรงตามวัตถุประสงค์ขององค์กรนั่นเอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.1 แสดงผลการรวบรวมปริทัศน์วรรณกรรม

ผู้วิจัย	ปี	ชื่อเรื่อง	Method		ตัวชี้วัด						จุดประสงค์		กฎการจัดลำดับงานที่ศึกษา
			Simulation	Numerical	Flowtime	Tardiness	WIP	Waiting time	Queue	Utilization	ศึกษากฎ	เปรียบเทียบกฎ	
Gur Mosheiov, Daneil Oron	2002	A NOTE ON THE SPT HEURISTIC FOR SOLVING SCHEDULING PROBLEMS WITH GENERALIZED DUE DATE		✓		✓					✓		SPT
Oliver Holthaus, Chandrasekharan Rajendran	1996	EFFICIENT DISPATCHING RULES FOR SCHEDULING IN A JOB SHOP	✓		✓	✓						✓	SPT, WINQ, FIFP, COVERT
Oliver Holthaus, Chandrasekharan Rajendran	1997	NEW DISPATCHING RULES FOR SCHEDULING IN A JOB SHOP - AN EXPERIMENT STUDY	✓		✓	✓						✓	SPT, WINQ
Kaban, Othman, Rohmah	2012	COMPARISON OF DISPATCHING RULES IN JOB SHOP SCHEDULING PROBLEM USING SIMULATION : A CASE STUDY	✓				✓	✓	✓				FIFO, LIFO, SPT, LPT, LPS, STPT, LTPT, ECT, LCT, SWT, LWT, LTWR, MTWR
Chen Tslushuang	1993	DISPATCHING RULES FOR MANUFACTURING JOB SHOP OPERATION	✓		✓	✓						✓	SPT, EDD, SLACK, S/OPN, FIFS, P+S, MPS
ทัศนีย์ แก้วไพฑูรย์	2553	แนวทางการศึกษาการจัดตารางการผลิตแบบใหม่ : กรณีศึกษาอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์	✓		✓	✓				✓	✓		FCFS, SPT, SRT, EDD, LPT
ประสาน นาคอ่อน	2557	กลยุทธ์ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์	✓							✓	✓		SPT, LPT

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 บทนำ

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกฎการจัดลำดับงานพื้นฐานและการใช้ฮิวริสติกเมื่อเพิ่มเงื่อนไขระยะทางระหว่างสถานีงานและระยะทางระหว่างเครื่องจักร โดยการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม ARENA จึงได้มีการเข้าไปศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่โรงงานในขั้นตอนของการตะไบ ตกแต่งหลังจากการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ เพื่อนำมาประกอบการสร้างแบบจำลองให้ใกล้เคียงกับของจริงมากที่สุด เช่น จำนวนงานที่จะศึกษา เวลาการดำเนินงาน ระยะทางระหว่างสถานีงานและระยะทางระหว่างเครื่องจักร เป็นต้น

3.2 ข้อมูลนำเข้า

3.2.1 ผลิตภัณฑ์

เนื่องจากภายในโรงงานที่ศึกษาเป็นโรงงานที่ผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องครัวจากเมลามีน ที่มีความหลายหลายของผลิตภัณฑ์ แต่การศึกษาในงานวิจัยนี้จะเลือกศึกษาผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณความต้องการผลิตมากภายในเวลา 1 สัปดาห์มาเป็นกลุ่มตัวอย่าง เพื่อเป็นการง่ายต่อการสร้างแบบจำลองจึงเลือกศึกษาทั้งหมด 8 ผลิตภัณฑ์ แบ่งเป็นงานกลม 4 แบบและงานเหลี่ยม 4 แบบ ดังนี้

1) งานกลม

งานกลม เป็นงานที่มีลักษณะกลมมน ไม่เป็นมุมและเหลี่ยมที่เครื่องมือในการตะไบและขัดเงาเข้าถึงได้ง่าย

รูปที่ 3.1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์กลม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2) งานเหลี่ยม

งานเหลี่ยม เป็นงานที่มีลักษณะเหลี่ยม เป็นมุมหรือซอกเล็กๆ ทำให้ยากต่อการเข้าถึงของเครื่องมือตะไบและขัดเงา

รูปที่ 3.2 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์เหลี่ยม

3.2.2 ความต้องการต่อสัปดาห์

ระยะเวลาที่รวบรวมข้อมูลของผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณความต้องการมากใน 1 สัปดาห์ ผลิตภัณฑ์ทั้ง 8 แบบ ดังนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงปริมาณความต้องการของงานกลม

ผลิตภัณฑ์	ชิ้นต่อสัปดาห์
งานกลม1	380000
งานกลม2	7200
งานกลม3	171000
งานกลม4	9120

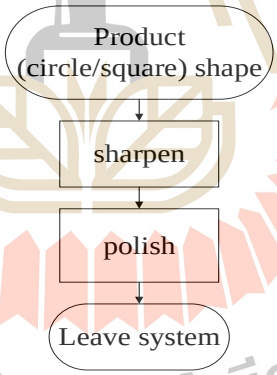
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.2 แสดงปริมาณความต้องการของงานเหลี่ยม

ผลิตภัณฑ์	ชิ้นต่อสัปดาห์
งานเหลี่ยม1	2400
งานเหลี่ยม2	4800
งานเหลี่ยม3	2772
งานเหลี่ยม4	1620

3.2.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

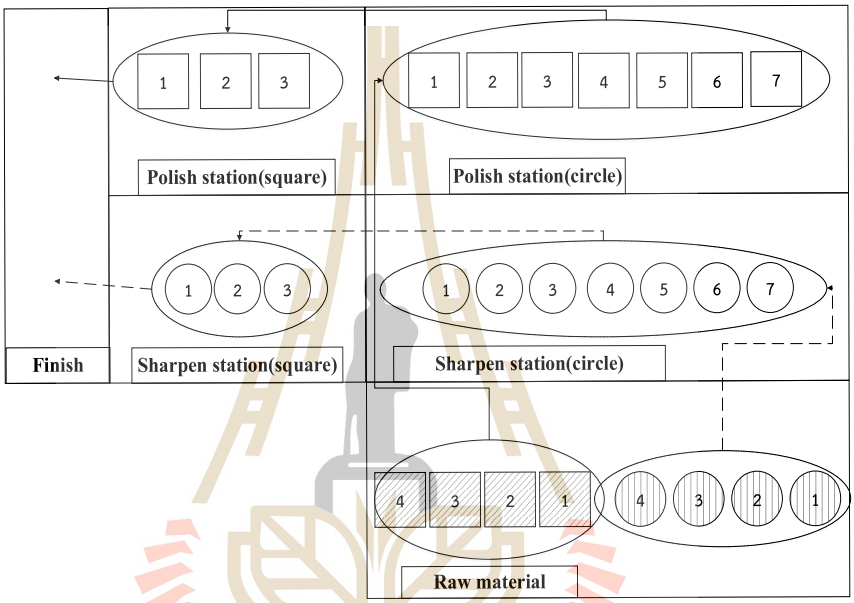
ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาในขั้นตอนการตะไบตกแต่งผลิตภัณฑ์หลังจากกระบวนการปั๊มขึ้นรูป ซึ่งในขั้นตอนการปั๊มขึ้นรูปนั้นจะทำให้เกิดครีบที่ขอบของผลิตภัณฑ์ จึงต้องมีการตะไบออก จากนั้นจะทำการขัดเงาเพื่อความสวยงามของผลิตภัณฑ์ จึงมีขั้นตอนดังรูปที่ 3.3 คือ เมื่อผลิตภัณฑ์ผ่านการขึ้นปั๊มรูปแล้วจะเข้าสู่ขั้นตอนการตะไบตกแต่ง (Sharpen) ตามด้วยการขัดเงา (Polish) ก่อนจะถูกส่งออกจากระบบไป



รูปที่ 3.3 แสดงแผนผังการไหลของผลิตภัณฑ์

เราพิจารณาการจัดตารางการผลิตของผลิตภัณฑ์สองประเภทคือ ผลิตภัณฑ์กลมและผลิตภัณฑ์เหลี่ยม ตามแผนภาพการไหลแสดงในรูปที่ 3.4 โดยการผลิตแต่ละผลิตภัณฑ์จะผลิตเป็นล็อตขนาด 50, 100 และ150 ชิ้นต่อล็อต และมีการแจกแจงของเวลาของกระบวนการผลิต (Processing Time) 2 แบบ คือ การแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential Distribution) และ การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ซึ่งผลิตภัณฑ์จากขั้นตอนการปั๊มขึ้นรูปจะถูกนำมาไว้ที่พื้นที่เตรียมงาน จากนั้นจะนำส่งเข้ากระบวนการตะไบลบคมตามด้วยการขัดเงา โดยเครื่องตะไบจะมี 14 เครื่องแบ่งเป็นเครื่องตะไบขนาดใหญ่ 7 เครื่องสำหรับผลิตภัณฑ์กลมและเครื่องตะไบขนาดเล็ก 7

เครื่องสำหรับผลิตภัณฑ์เหลี่ยม หลังจากที่ตะไบเสร็จแล้วจะส่งไปยังสถานีขัดเงา เครื่องขัดเงาจะมีเครื่องจักร 6 เครื่องแบ่งเป็นเครื่องขัดผิวขนาดใหญ่ 3 เครื่องสำหรับผลิตภัณฑ์กลมและเครื่องขัดขนาดเล็ก 3 เครื่องสำหรับผลิตภัณฑ์เหลี่ยม หลังจากดำเนินการขัดเงาแล้วผลิตภัณฑ์จะขนส่งไปยังคลังเก็บสินค้า ซึ่งการขนส่งนั้นจะมีการใช้รถเข็นที่มีความเร็ว 30 เมตรต่อนาที ด้วยการใช้กฎการจัดลำดับงานซึ่งลำดับความสำคัญของงานจะได้รับการจัดตารางการผลิตตามกฎของกฎ SPT กฎของ LPT และการใช้ฮิวริสติกเมื่อเพิ่มเงื่อนไขเป็นระยะทางระหว่างเครื่องจักรและระยะทางระหว่างสถานีงาน



รูปที่ 3.4 แสดงแผนผังการไหลของผลิตภัณฑ์

3.2.4 เวลาการดำเนินงาน

1) เวลาดำเนินงานของงานกลมแบบเอกซ์โพเนนเชียล

ตารางที่ 3.3 แสดงเวลาดำเนินการของงานกลมแบบเอกซ์โพเนนเชียล : EXPO(Lambda): Lambda คือ อัตราเข้าเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ (นาที)

ผลิตภัณฑ์	ตะไบ(วินาที)	ขัดเงา(วินาที)
งานกลม1	EXPO(3.7)	EXPO(18.6)
งานกลม2	EXPO(4.5)	EXPO(08.8)
งานกลม3	EXPO(3.2)	EXPO(10.3)
งานกลม4	EXPO(17)	EXPO(10.8)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2) เวลาดำเนินงานงานเหลี่ยมแบบเอกซ์โพเนนเชียล

ตารางที่ 3.4 แสดงเวลาดำเนินการของงานเหลี่ยมแบบเอกซ์โพเนนเชียล : EXPO(Lambda): Lambda คือ อัตราเข้าเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ (นาที)

ผลิตภัณฑ์	ตะไบ(วินาที)	ขัดเงา(วินาที)
งานเหลี่ยม1	EXPO(15.8)	EXPO(9.8)
งานเหลี่ยม2	EXPO(40.7)	EXPO(15.4)
งานเหลี่ยม3	EXPO(18.4)	EXPO(9.8)
งานเหลี่ยม4	EXPO(40.7)	EXPO(15.4)

3) เวลาดำเนินงานของงานกลมแบบปกติ

ตารางที่ 3.5 แสดงเวลาดำเนินการของงานกลมแบบปกติ : Norm(Mean, Standard deviation)

ผลิตภัณฑ์	ตะไบ (วินาที)	ขัดเงา (วินาที)
งานกลม1	NORM(3.66, 0.320)	NORM(18.6, 4.62)
งานกลม2	NORM(4.46, 0.421)	NORM(8.8, 0.608)
งานกลม3	NORM(3.20, 0.196)	NORM(10.3, 1.23)
งานกลม4	NORM(10.8, 1.180)	NORM(17, 2.60)

4) เวลาดำเนินงานงานเหลี่ยมแบบปกติ

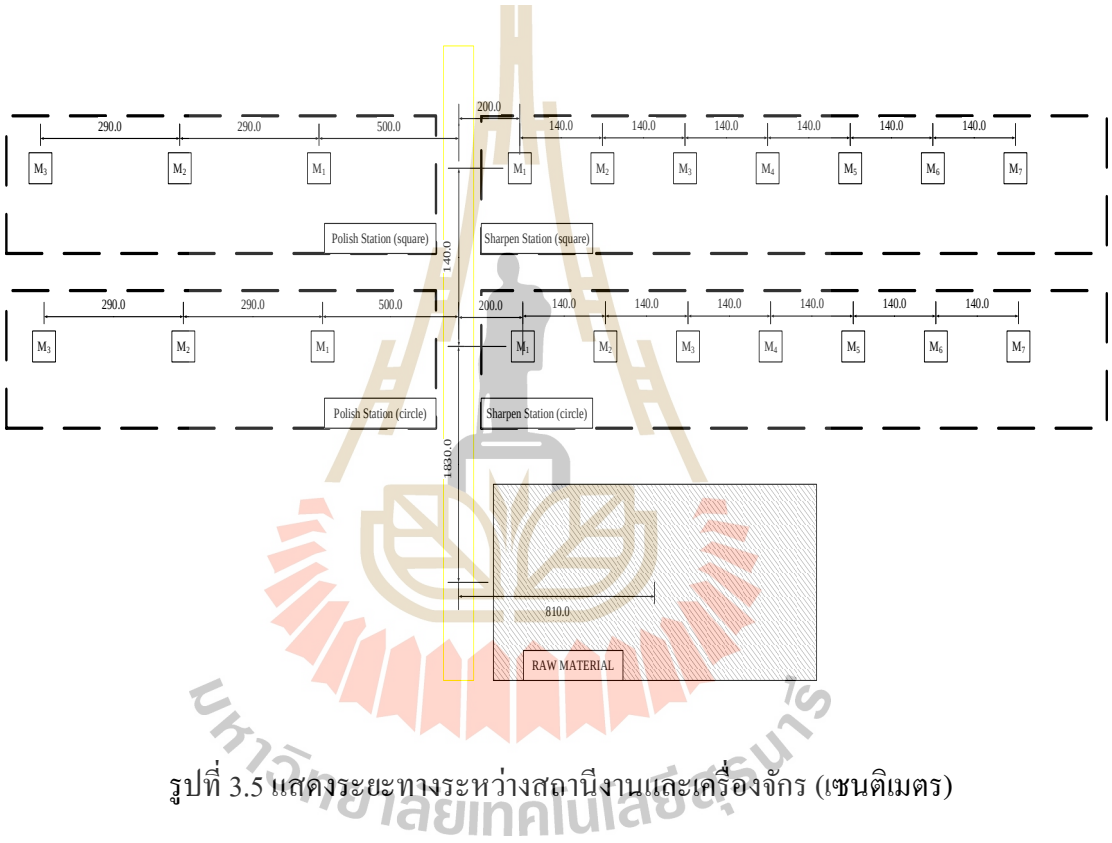
ตารางที่ 3.6 แสดงเวลาดำเนินการของงานเหลี่ยมแบบปกติ : Norm(Mean, Standard deviation)

ผลิตภัณฑ์	ตะไบ (วินาที)	ขัดเงา (วินาที)
งานเหลี่ยม1	NORM(15.8, 0.739)	NORM(9.84, 1.04)
งานเหลี่ยม2	NORM(40.7, 4.27)	NORM(15.4, 2.27)
งานเหลี่ยม3	NORM(18.4, 2.05)	NORM(9.84, 1.04)
งานเหลี่ยม4	NORM(40.7, 4.27)	NORM(15.4, 2.27)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.2.5 เส้นทางและระยะทางระหว่างสถานีงานกับเครื่องจักร

เนื่องจากกระบวนการผลิตนั้นจะมีขั้นตอนคือ เมื่องานถูกส่งมาจากกระบวนการปั๊มขึ้นรูปแล้ว ทั้งงานกลมและงานเหลี่ยมจะถูกนำมาวางไว้ที่พื้นที่เตรียมงาน(Raw Material) ก่อนจะถูกนำใส่รถเข็นเพื่อส่งไปที่สถานีตะไบ (Sharpen Station) จากนั้นก็จะถูกส่งไปที่สถานีขัดเงา (Polish Station) ก่อนจะถูกนำออกจากระบบไปสู่กระบวนการต่อไป ดังรูปที่ 3.5 ซึ่งจะมีการเก็บข้อมูลเรื่องระยะทางระหว่างสถานีงานและระยะทางระหว่างเครื่องจักรเพื่อใช้ในกระบวนการฮิวริสติก ดังตารางที่ 3.7



รูปที่ 3.5 แสดงระยะทางระหว่างสถานีงานและเครื่องจักร (เซนติเมตร)

ตารางที่ 3.7 แสดงระยะทางระหว่างสถานีงานและเครื่องจักร (เซนติเมตร)

สถานีเริ่มต้น	สถานีสิ้นสุด	ระยะทาง(เซนติเมตร)
Raw Material	Sharpen Station (circle) :M_1	2840
Raw Material	Sharpen Station (circle) :M_2	2980
Raw Material	Sharpen Station (circle) :M_3	3120
Raw Material	Sharpen Station (circle) :M_4	3260
Raw Material	Sharpen Station (circle) :M_5	3400
Raw Material	Sharpen Station (circle) :M_6	3540
Raw Material	Sharpen Station (circle) :M_7	3680
Raw Material	Sharpen Station (square) :M_1	2980
Raw Material	Sharpen Station (square) :M_2	3120
Raw Material	Sharpen Station (square) :M_3	3260
Raw Material	Sharpen Station (square) :M_4	3400
Raw Material	Sharpen Station (square) :M_5	3540
Raw Material	Sharpen Station (square) :M_6	3680
Raw Material	Sharpen Station (square) :M_7	3820
Sharpen Station (circle) :M_1	Polish Station (circle) :M_1	720
Sharpen Station (circle) :M_1	Polish Station (circle) :M_2	1010
Sharpen Station (circle) :M_1	Polish Station (circle) :M_3	1300
Sharpen Station (circle) :M_2	Polish Station (circle) :M_1	860
Sharpen Station (circle) :M_2	Polish Station (circle) :M_2	1150
Sharpen Station (circle) :M_2	Polish Station (circle) :M_3	1440
Sharpen Station (circle) :M_3	Polish Station (circle) :M_1	1000
Sharpen Station (circle) :M_3	Polish Station (circle) :M_2	1290
Sharpen Station (circle) :M_3	Polish Station (circle) :M_3	1580
Sharpen Station (circle) :M_4	Polish Station (circle) :M_1	1140
Sharpen Station (circle) :M_4	Polish Station (circle) :M_2	1430
Sharpen Station (circle) :M_4	Polish Station (circle) :M_3	1720
Sharpen Station (circle) :M_5	Polish Station (circle) :M_1	1280
Sharpen Station (circle) :M_5	Polish Station (circle) :M_2	1570

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.7 แสดงระยะทางระหว่างสถานีงานและเครื่องจักร (เซนติเมตร) (ต่อ)

สถานีเริ่มต้น	สถานีสิ้นสุด	ระยะทาง(เซนติเมตร)
Sharpen Station (circle) :M_5	Polish Station (circle) :M_3	1860
Sharpen Station (circle) :M_6	Polish Station (circle) :M_1	1420
Sharpen Station (circle) :M_6	Polish Station (circle) :M_2	1710
Sharpen Station (circle) :M_6	Polish Station (circle) :M_3	2000
Sharpen Station (circle) :M_7	Polish Station (circle) :M_1	1380
Sharpen Station (circle) :M_7	Polish Station (circle) :M_2	1670
Sharpen Station (circle) :M_7	Polish Station (circle) :M_3	1960
Sharpen Station (square) :M_1	Polish Station (square) :M_1	700
Sharpen Station (square) :M_1	Polish Station (square) :M_2	990
Sharpen Station (square) :M_1	Polish Station (square) :M_3	1280
Sharpen Station (square) :M_2	Polish Station (square) :M_1	840
Sharpen Station (square) :M_2	Polish Station (square) :M_2	1130
Sharpen Station (square) :M_2	Polish Station (square) :M_3	1420
Sharpen Station (square) :M_3	Polish Station (square) :M_1	980
Sharpen Station (square) :M_3	Polish Station (square) :M_2	1270
Sharpen Station (square) :M_3	Polish Station (square) :M_3	1560
Sharpen Station (square) :M_4	Polish Station (square) :M_1	1120
Sharpen Station (square) :M_4	Polish Station (square) :M_2	1410
Sharpen Station (square) :M_4	Polish Station (square) :M_3	1700
Sharpen Station (square) :M_5	Polish Station (square) :M_1	1260
Sharpen Station (square) :M_5	Polish Station (square) :M_2	1550
Sharpen Station (square) :M_5	Polish Station (square) :M_3	1840
Sharpen Station (square) :M_6	Polish Station (square) :M_1	1400
Sharpen Station (square) :M_6	Polish Station (square) :M_2	1690
Sharpen Station (square) :M_6	Polish Station (square) :M_3	1980
Sharpen Station (square) :M_7	Polish Station (square) :M_1	1540
Sharpen Station (square) :M_7	Polish Station (square) :M_2	1830
Sharpen Station (square) :M_7	Polish Station (square) :M_3	2120

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.3 สร้างแบบจำลองจากกฎพื้นฐาน

นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลมาสร้างแบบจำลอง ในโปรแกรม Arena โดยแบ่งเป็นงานกลม 4 แบบและงานเหลี่ยม 4 แบบ หลังจากนั้นงานทั้ง 8 แบบจะถูกส่งเข้าเครื่องตะไบแกนขนาดใหญ่สำหรับงานกลม 4 แบบและตะไบแกนขนาดเล็กสำหรับงานเหลี่ยม 4 แบบโดยให้ความสำคัญตามกฎการจัดลำดับงานทั้ง 3 กฎ คือกฎ SPT ,กฎ LPT และฮิวริสติก งานที่มีความสำคัญมากกว่าจะถูกจัดเข้าเครื่องที่อยู่ใกล้ที่สุดก่อน แต่ในฮิวริสติกจะพิจารณาระยะทางระหว่างเครื่องจักรและสถานีงานร่วมด้วย หลังจากนั้นจะถูกนำส่งไปขัดเงาตามความสำคัญเป็นลำดับถัดไปแล้วออกจากระบบ ดังรูปที่ 3.3

ตารางที่ 3.8 คำอธิบายสัญลักษณ์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง

Notation	Description
n	ตัวบ่งชี้ลำดับความสำคัญของผลิตภัณฑ์
n_1	จำนวนชนิดของผลิตภัณฑ์งานกลม
n_2	จำนวนชนิดของผลิตภัณฑ์งานเหลี่ยม
M_s	จำนวนของเครื่องตะไบ
M_p	จำนวนเครื่องขัดเงา
i	ตัวบ่งชี้ประเภทของผลิตภัณฑ์กลม ($i = 1,\ldots, n_1$)
j	ตัวบ่งชี้ประเภทของผลิตภัณฑ์เหลี่ยม ($j = 1,\ldots, n_2$)
u	คลังสินค้าก่อนเริ่มผลิต
w	คลังสินค้าหลังผลิตเสร็จ
s	ตัวบ่งชี้ประเภทของเครื่องตะไบ
p	ตัวบ่งชี้ประเภทของเครื่องขัดเงา
m_s	ตัวบ่งชี้จำนวนของเครื่องตะไบ ($m_s = 1,\ldots, M_s$) $m_s = 1,.., 7$: เครื่องตะไบสำหรับงานกลม $m_s = 8,.., 14$: เครื่องตะไบสำหรับงานเหลี่ยม
m_p	ตัวบ่งชี้จำนวนของเครื่องขัดเงา($m_p = 1,\ldots, M_p$) $m_p = 1,.., 3$: เครื่องขัดเงาสำหรับงานกลม $m_p = 4,.., 6$: เครื่องขัดเงาสำหรับงานเหลี่ยม
Q_{ms}	จำนวนที่อยู่ในคิว ที่กำลังดำเนินการอยู่บนเครื่อง m_s ณ เวลาใดๆ
Q_{mp}	จำนวนที่อยู่ในคิว ที่กำลังดำเนินการอยู่บนเครื่อง m_p ณ เวลาใดๆ

ตารางที่ 3.8 คำอธิบายสัญลักษณ์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง (ต่อ)

Notation	Description
$p_{i,ms}$	เวลากระบวนการของงาน i ที่เครื่องตะไบ
$p_{i,mp}$	เวลากระบวนการของงาน i ที่เครื่องขัดเงา
$p_{j,ms}$	เวลากระบวนการของงาน j ที่เครื่องตะไบ
$p_{j,mp}$	เวลากระบวนการของงาน j ที่เครื่องขัดเงา
$d_{u,ms}$	เวลาขนส่งระหว่างคลังสินค้าก่อนเริ่มผลิต u และเครื่องตะไบ m_s
$d_{ms,mp}$	เวลาขนส่งระหว่างเครื่องตะไบ m_s และเครื่องขัดเงา m_p
$d_{mp,w}$	เวลาขนส่งระหว่างเครื่องขัดเงา m_p และคลังสินค้าหลังผลิตเสร็จ w
P_n	ลำดับความสำคัญของงาน

ในบทความนี้เป็นการศึกษาปัญหาการจัดลำดับงานในอุตสาหกรรมผลิตเครื่องครัวจากเมลามีนในกระบวนการการตกแต่งหลังจากการขึ้นรูปของผลิตภัณฑ์ 8 แบบ แบ่งเป็นงานกลม 4 แบบ และงานเหลี่ยม 4 แบบ โดยมีสมมติฐานดังนี้

1. การจัดวางเครื่องจักร m_s และ m_p แบบขนาน โดยเครื่องตะไบ m_s จะถูกตั้งห่างกันระยะทาง 1 เมตรและเครื่องขัดเงา m_p ติดตั้งห่างกันระยะทาง 2 เมตร
2. เป็นการผลิตแบบตามสั่ง (Job shop)
3. เครื่องจักรแต่ละเครื่องมีประสิทธิภาพเท่ากัน
4. อุปกรณ์การขนส่งมีอย่างไม่จำกัด
5. เครื่องจักรแต่ละเครื่องไม่สามารถใช้ร่วมกันได้ระหว่างเครื่องจักรของผลิตภัณฑ์กลมและเครื่องจักรของผลิตภัณฑ์เหลี่ยม
6. เวลาในการผลิต ผลิตภัณฑ์ทั้ง 8 แบบ ไม่แน่นอน สามารถหารูปแบบการแจกแจงได้
7. อัตราเข้าระบบของงาน ซึ่งมาจากแผนกปั๊ม ทั้ง 8 ผลิตภัณฑ์ไม่แน่นอน สามารถหารูปแบบจากแจกแจงได้
8. เวลาในการขนส่งแต่ละสถานีงาน ไม่แน่นอน สามารถหารูปแบบการแจกแจงได้

การสร้างแบบจำลองใช้ซอฟต์แวร์ Arena ในการจำลองการจัดลำดับงานโดยใช้ข้อมูลของเวลาของกระบวนการผลิตภัณฑ์ (Process time), เวลาการเข้าสู่ระบบของผลิตภัณฑ์ (Arrival time) และความต้องการของผลิตภัณฑ์จะถูกใช้สร้างแบบจำลอง ด้วยการทำซ้ำ 30 ครั้งโดยกำหนดระยะเวลาของวันทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวันเป็นเวลา 6 วัน แผนการจัดลำดับงานงานแต่ละกฎจะกำหนดเป็นพารามิเตอร์ป้อนข้อมูลตามกฎการจัดลำดับงานแต่ละกฎ ผลลัพธ์ที่ได้จะพิจารณาตาม

วัตถุประสงค์คือ เวลาการไหลโดยเฉลี่ยของงาน เวลาการไหลสูงสุดของงานและจำนวนงานโดยเฉลี่ยในกระบวนการ

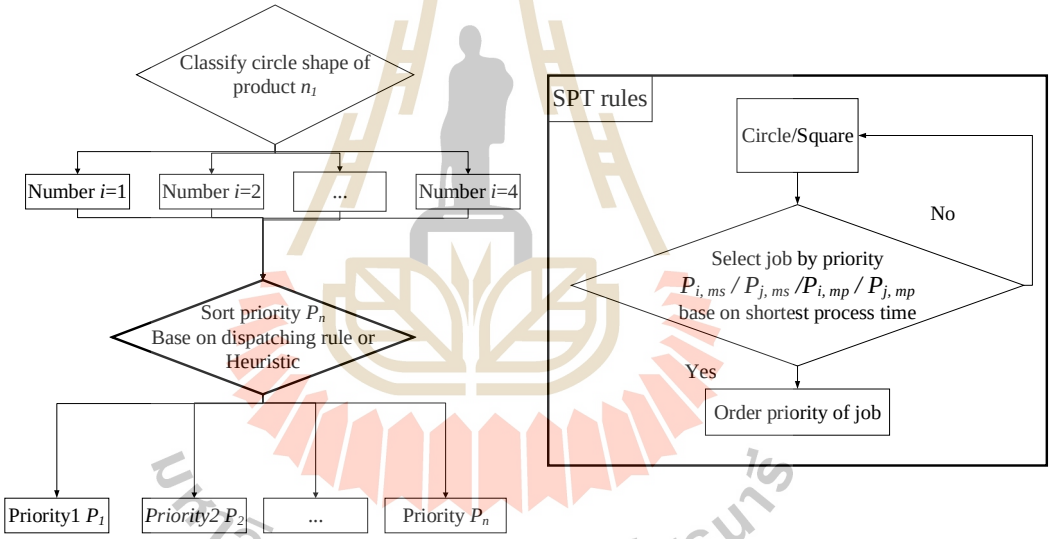
3.3.1 SPT Rule (Shortest Process Time) และ LPT Rule (Longest Process Time)

3.3.1.1 ขั้นตอนการจัดลำดับงานของผลิตภัณฑ์กลม

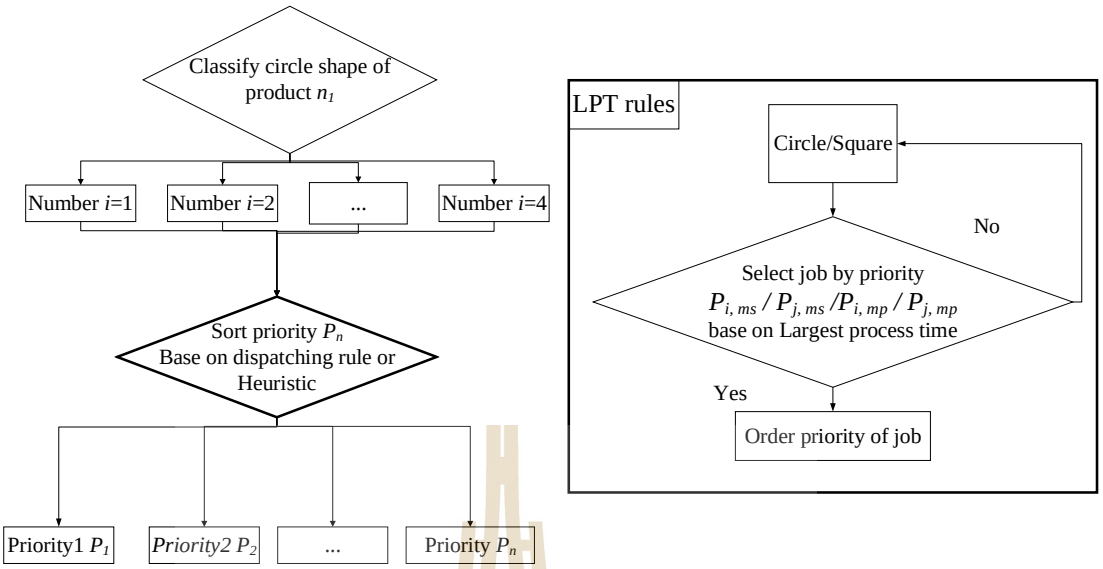
1. เมื่องานเข้าสู่ระบบ (งานกลม) งานจะถูกส่งเข้าสู่กระบวนการตะไบเป็นอันดับแรก ด้วยการเลือกงาน i ด้วยการพิจารณาจากเวลาของกระบวนการของงาน $p_{i,ms}$ เพื่อให้ลำดับความสำคัญแก่งานตามกฎที่เลือกใช้ให้เข้าผลิตในเครื่องจักร m_s (m_s=1,…,7)

การให้ลำดับความสำคัญตามกฎการจัดลำดับงาน

- SPT rules: ให้ความสำคัญกับงานที่มีเวลาของกระบวนการน้อยที่สุด ดังรูปที่ 3.6
- LPT rules: ให้ความสำคัญกับงานที่มีเวลาของกระบวนการมากที่สุด ดังรูปที่ 3.7

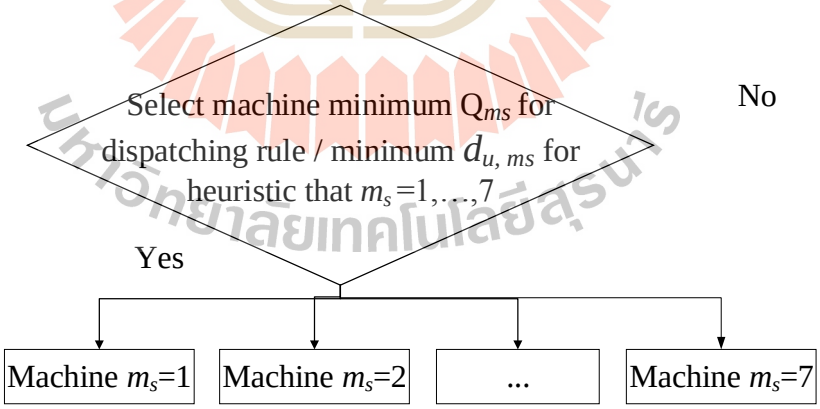


รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการจัดลำดับงานของผลิตภัณฑ์กลม ขั้นที่ 1 ตามกฎ SPT



รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการจัดลำดับงานของผลิตภัณฑ์กลม ขั้นที่ 1 ตามกฎ LPT

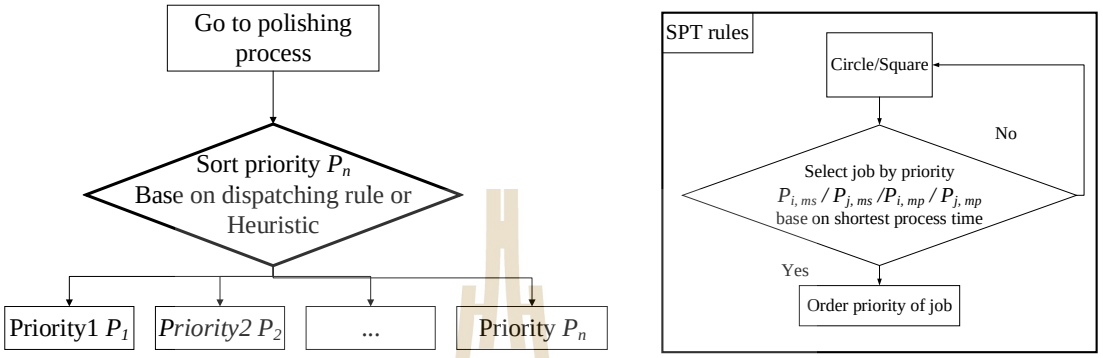
2. เลือกเครื่องจักร (เครื่องตะไบ) tm_s (m_s=1,…, 7) โดยพิจารณาจากงานในคิวและเวลาของงานที่กำลังดำเนินการอยู่บนเครื่อง ณ เวลาใดๆ เพื่อดำเนินการผลิตงานที่มีลำดับความสำคัญเป็นอันดับแรก จากขั้นตอนที่ 1 ดังรูปที่ 3.8



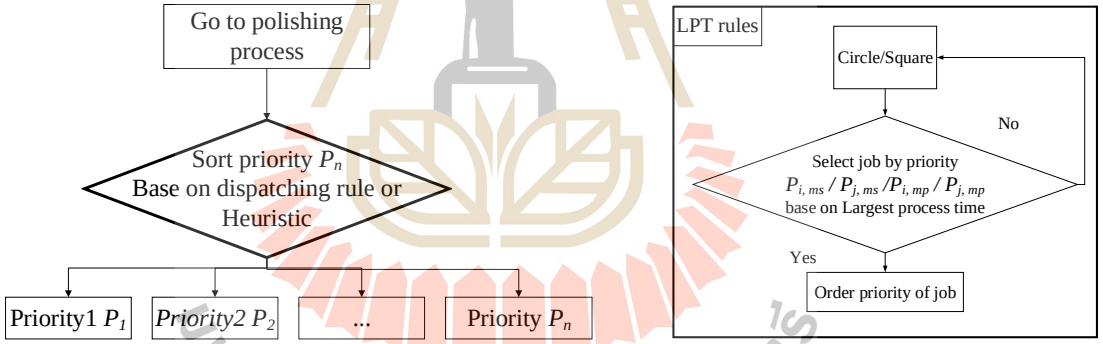
รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการจัดลำดับงานของผลิตภัณฑ์กลม ขั้นที่ 2

3. เมื่อขั้นตอนการตะไบเสร็จสิ้นแล้วจะถูกส่งไปยังสถานีการขัดเงา โดยไม่คำนึงถึงเวลาการขนส่ง

4. กำหนดลำดับความสำคัญให้กับงาน i ด้วยการพิจารณาจากเวลาของกระบวนการของงาน $p_{i,mp}$ เพื่อให้ลำดับความสำคัญแก่งานตามกฎที่เลือกใช้ให้เข้าผลิตในเครื่องจักร m_p (m_p=1,…,3) ดังรูปที่ 3.9 และ 3.10

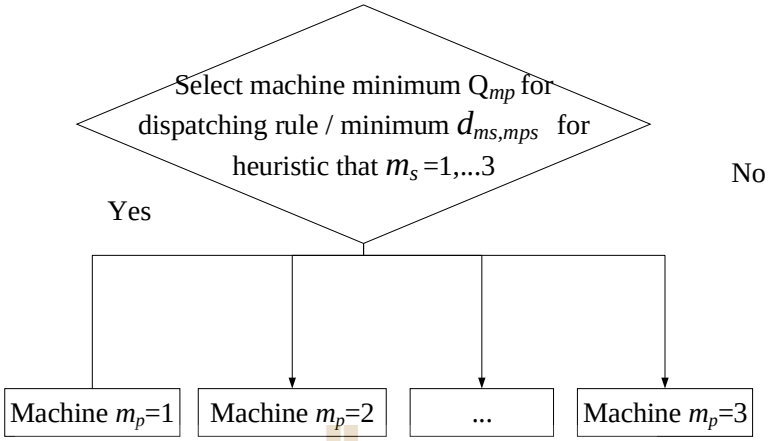


รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการจัดลำดับงานของผลิตภัณฑ์กลม ขั้นที่ 4 ตามกฎ SPT



รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการจัดลำดับงานของผลิตภัณฑ์กลม ขั้นที่ 4 ตามกฎ LPT

5. เลือกเครื่องจักร (เครื่องขัดเงา) m_p (m_p=1, …, 3) โดยพิจารณาจากงานในคิวและเวลาของงานที่กำลังดำเนินการอยู่บนเครื่อง ณ เวลาใดๆ เพื่อดำเนินการผลิตงานที่มีลำดับความสำคัญเป็นอันดับแรก จากขั้นตอนที่ 4 ตามกฎที่เลือกใช้ SPT rules และ LPT rules ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ขั้นตอนการจัดลำดับงานของผลิตภัณฑ์กลม ขั้นที่5

6. เมื่อผลิตภัณฑ์ผ่านกระบวนการตะไบและขัดเงาแล้วจะถูกส่งออกจากระบบ ดังรูปที่ 3.16

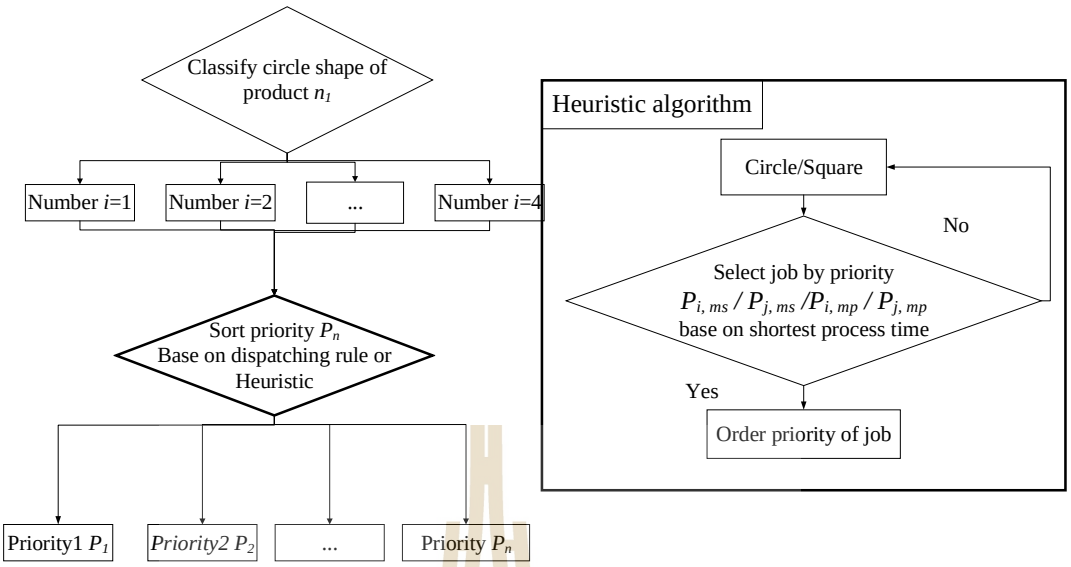
3.3.1.2 ขั้นตอนการจัดลำดับงานของผลิตภัณฑ์เหลี่ยม

การจัดตารางเวลาของผลิตภัณฑ์เหลี่ยมมีขั้นตอนเดียวกันของผลิตภัณฑ์กลมในส่วน 3.3.1.1 แต่ขั้นตอนการตะไบเราจะเลือกเครื่องตะไบ m_s (m_s = 8, .. , 14) และกระบวนการขัดเงาเราจะเลือกเครื่องขัดเงา m_p (m_p = 4, …, 6)

3.3.2 สร้างแบบจำลองด้วยวิธีฮิวริสติก

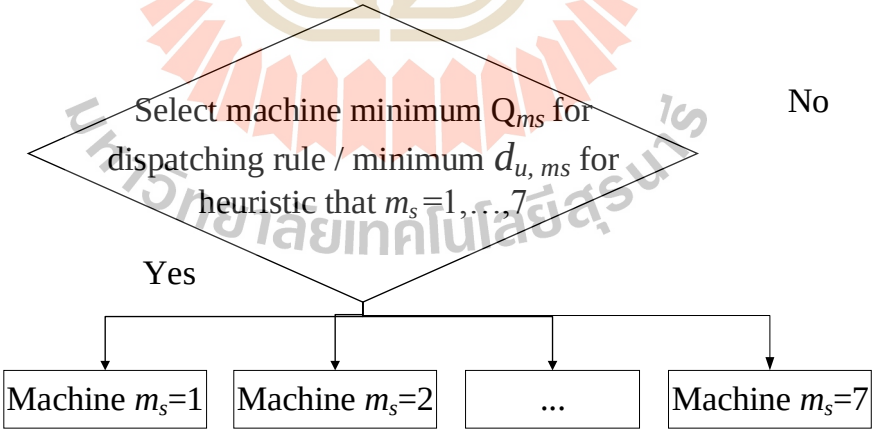
3.3.2.1 ขั้นตอนการจัดลำดับงานของผลิตภัณฑ์กลม

1. เมื่องานเข้าสู่ระบบ (งานกลม) งานจะถูกส่งเข้าสู่กระบวนการตะไบเป็นอันดับแรก ด้วยการเลือกงาน i ด้วยการพิจารณาจากเวลาของกระบวนการของงาน $p_{i,ms}$ เพื่อให้ลำดับความสำคัญแก่งานตามกฎที่เลือกใช้ให้เข้าผลิตในเครื่องจักร m_s (m_s=1,…,7) การให้ลำดับความสำคัญตามกฎการจัดลำดับงาน ให้ความสำคัญกับงานที่มีเวลาของกระบวนการน้อยที่สุด ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ขั้นตอนการจัดลำดับงานของผลิตภัณฑ์กลม ขั้นที่ 1 ตามฮิวริสติก

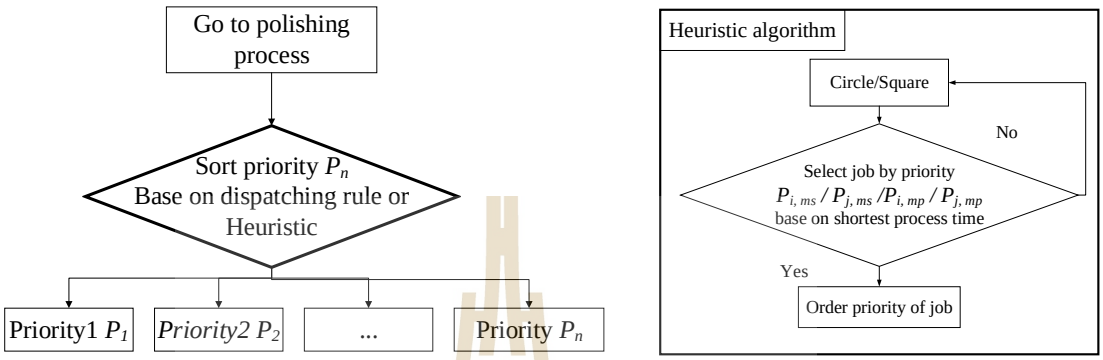
2. เลือกเครื่อง (เครื่องตะไบ) ที่มีระยะเวลาการขนส่งสั้นที่สุดของหรือคือเครื่องจักรที่ใกล้ที่สุด d_u, m_s (m_s = 1, …, 7) เราไม่พิจารณาเวลารวมของงานในคิวและเวลาของงานที่กำลังดำเนินการอยู่ในเครื่องนี้ งานที่สำคัญที่สุดคือไปที่เครื่อง m_s ที่ใกล้ที่สุด ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 ขั้นตอนการจัดลำดับงานของผลิตภัณฑ์กลม ขั้นที่ 2

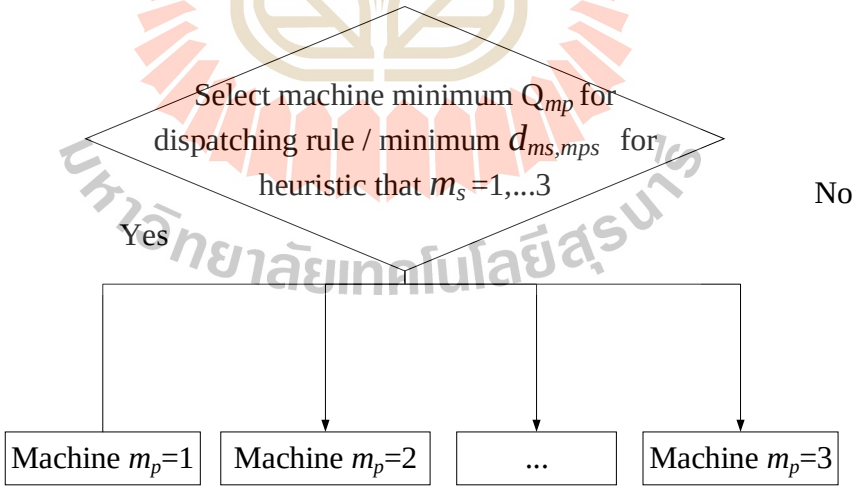
3. เมื่อขั้นตอนการตะไบเสร็จสิ้นแล้วจะถูกส่งไปยังสถานีการขัดเงา ด้วยการพิจารณาเวลาการขนส่ง

4. กำหนดลำดับความสำคัญให้กับงาน i ด้วยการพิจารณาจากเวลาของกระบวนการของงาน $p_{i,mp}$ เพื่อให้ลำดับความสำคัญแก่งานตามกฎที่เลือกใช้ให้เข้าผลิตในเครื่องจักร m_p (m_p=1,…,3)



รูปที่ 3.14 ขั้นตอนการจัดลำดับงานของผลิตภัณฑ์กลม ขั้นที่ 4 ตามฮิวริสติก

5. เลือกเครื่องจักร (เครื่องขัดเงา) m_p (m_p=1,…,3) โดยพิจารณาระยะเวลาการขนส่ง เพื่อดำเนินการผลิตงานที่มีลำดับความสำคัญเป็นอันดับแรก ดังรูปที่ 3.15

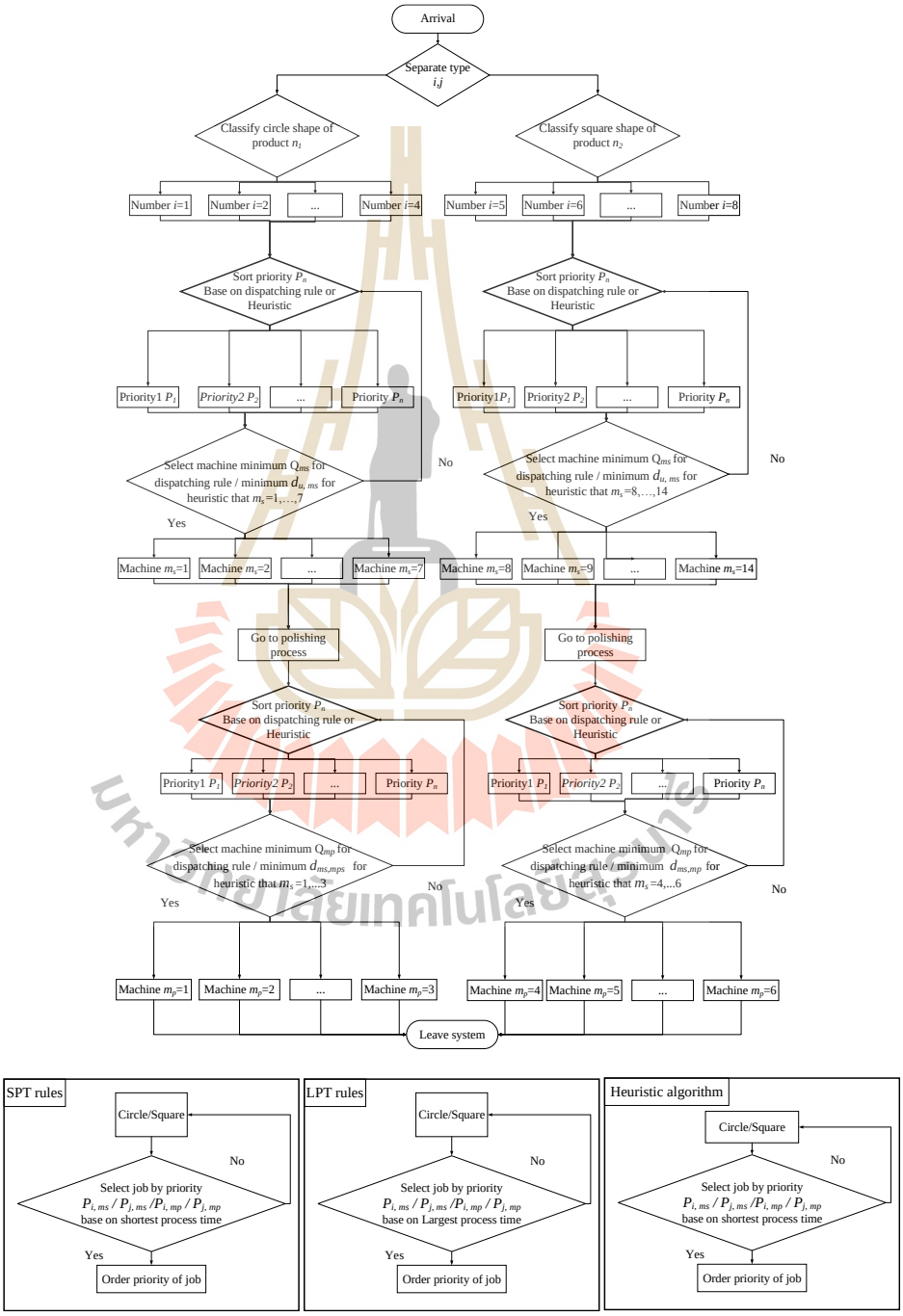


รูปที่ 3.15 ขั้นตอนการจัดลำดับงานของผลิตภัณฑ์กลม ขั้นที่ 5

6. เมื่อผลิตภัณฑ์ผ่านกระบวนการตะไบและขัดเงาแล้วจะถูกส่งออกจากระบบ ดังรูปที่ 3.16

3.3.2.2 ขั้นตอนการจัดลำดับงานของผลิตภัณฑ์เหลี่ยม

การจัดตารางเวลาของผลิตภัณฑ์เหลี่ยมมีขั้นตอนเดียวกันของผลิตภัณฑ์กลมในส่วน 3.3.2.1 แต่ขั้นตอนการตะไบเราจะเลือกเครื่องตะไบ m_s (m_s = 8,…, 14) และกระบวนการขัดเงาเราจะเลือกเครื่องขัดเงา m_p (m_p = 4, …, 6)



รูปที่ 3.16 แผนผังโดยรวมการทำงานของโปรแกรม ARENA

3.4 วิธีการเขียนโปรแกรมและการรันโปรแกรม

3.4.1 อธิบายระบบ

- งานกลม 4 แบบ
  - งานกลม1 เข้าระบบแบบ EXPO 34 ชิ้นต่อชั่วโมง มีความต้องการทั้งหมด 380,000 ชิ้น
  - งานกลม2 เข้าระบบแบบ EXPO 44 ชิ้นต่อชั่วโมง มีความต้องการทั้งหมด 72,000 ชิ้น
  - งานกลม3 เข้าระบบแบบ EXPO 38 ชิ้นต่อชั่วโมง มีความต้องการทั้งหมด 171,000 ชิ้น
  - งานกลม4 เข้าระบบแบบ EXPO 80 ชิ้นต่อชั่วโมง มีความต้องการทั้งหมด 9,120 ชิ้น
- งานเหลี่ยม 4 แบบ
  - งานเหลี่ยม1 เข้าระบบแบบ EXPO 104 ชิ้นต่อชั่วโมง มีความต้องการทั้งหมด 2,400 ชิ้น
  - งานเหลี่ยม2 เข้าระบบแบบ EXPO 34 ชิ้นต่อชั่วโมง มีความต้องการทั้งหมด 4,800 ชิ้น
  - งานเหลี่ยม3 เข้าระบบแบบ EXPO 30 ชิ้นต่อชั่วโมง มีความต้องการทั้งหมด 2,772 ชิ้น
  - งานเหลี่ยม4 เข้าระบบแบบ EXPO 30 ชิ้นต่อชั่วโมง มีความต้องการทั้งหมด 1,620 ชิ้น
- เมื่องานเข้าสู่ระบบจะมีการรวมกันเป็นล็อต (Batch size) ในแต่ละงาน ก่อนจะถูกขนส่งไปด้วยอุปกรณ์ขนส่งที่ใช้ความเร็ว 3,000 เซนติเมตรต่อนาที เพื่อไปที่สถานีตะไบ
  - Batch size 50
  - Batch size 100
  - Batch size 150
- จากการรวมกันตาม Batch size แล้ว ทุกงานจะถูกส่งไปสถานีตะไบ โดยงานกลมจะมีเครื่องตะไบ 7 เครื่อง และเครื่องตะไบงานเหลี่ยมอีก 7 เครื่อง ซึ่งการเข้าดำเนินการในเครื่องจักรนั้นจะเข้าไปได้ทีละ 1 ชิ้น และมีการตั้งเงื่อนไขการเลือกเครื่องจักรตามกฎการจัดลำดับงาน
  - กฎ SPT , กฎ LPT พิจารณาจากจำนวนคิวที่น้อยที่สุดในเครื่องจักร : NQ

(เครื่องตะไบ.Queue)

- ฮิวริสติก พิจารณาจากจำนวนคิวที่น้อยที่สุดในเครื่องจักรรวมกับระยะทางจากจุดเตรียมงานไปถึงเครื่องตะไบ : NQ(เครื่องตะไบ.Queue)+ระยะทาง

- ลำดับความสำคัญของงานแต่ละแบบจะขึ้นอยู่กับกฎการจัดลำดับงาน
  - กฎ SPT และ ฮิวริสติก ให้ความสำคัญกับงานที่มีเวลาของกระบวนการ (Process Time) สั้นที่สุดก่อน
  - กฎ LPT ให้ความสำคัญกับงานที่มีเวลาของกระบวนการ (Process Time) ยาวที่สุดก่อน
- เมื่อตัดสินใจเลือกเครื่องจักรตามเงื่อนไขแล้ว งานจะถูกขนส่งด้วยอุปกรณ์เดิมไปยังเครื่องตะไบ และดำเนินการตามเวลาของกระบวนตะไบของแต่ละงาน
- หลังจากดำเนินการตะไบเสร็จแล้ว งานจะถูกรวมเป็นล็อตอีกครั้งก่อนจะใช้อุปกรณ์การขนส่งเดิมไปส่งยังสถานีขัดเงา ซึ่งจะมีเครื่องขัดเงาสำหรับงาน กลม 3 เครื่องและงานเหลี่ยม 3 เครื่อง โดยพิจารณาการเข้าเครื่องจักรตามกฎการจัดลำดับงานทั้ง 3 กฎในที่นี้คือ กฎ SPT, กฎ LPT และฮิวริสติก
- โดยการเข้าเครื่องขัดเงานั้น จะเข้าไปทีละชิ้นเหมือนกับเครื่องตะไบ และรวมกันเป็นล็อตหลังจากดำเนินการขัดเงาเสร็จ ตามเวลาของกระบวนการ
- หลังจากขัดเงาเสร็จแล้ว งานจะถูกส่งออกจากระบบด้วยอุปกรณ์การขนส่งเดิม และถูกแยกออกเป็นชิ้นเพื่อเก็บผลลัพธ์ของเวลาตั้งแต่งานเข้าสู่ระบบจนกระทั่งออกจากระบบ ด้วยการใช้เวลาปัจจุบัน ลบด้วยเวลาการเข้าสู่ระบบ
- การใช้อุปกรณ์การขนส่งนั้นมีอย่างไปจำกัด และอุปกรณ์นี้มีความเร็ว 3,000 เซตติเมตรต่อนาที และมีระยะทางระหว่างสถานีงาน

3.4.2 เงื่อนไขการจำลองสถานการณ์

- ทำการจำลองสถานการณ์ 6 วันต่อสัปดาห์
- ใน 1 วันทำงาน 8 ชั่วโมง
- เก็บผลลัพธ์หน่วยเป็น นาที
- รันซ้ำ 100 ครั้ง

3.4.3 ผลลัพธ์

- เวลาเฉลี่ยการไหลของงาน (Average Flow Time)
- เวลาสูงสุดการไหลของงาน (Maximum Flow Time)
- ปริมาณงานระหว่างกระบวนการ (Number of Work in Process)

3.4.4 การเขียนโปรแกรม

- โมดูลที่ใช้ในโปรแกรม
  - Create (x8)
  - Assign (x65)
  - Batch (x28)
  - Enter (x8)
  - Request (x28)
  - Decide (x84)
  - Station (x21)
  - Separate (x21)
  - Process (x20)
  - Transport (x56)
  - Record (x1)
  - Dispose (x1)

3.5 การวิเคราะห์ความไวของระบบ

ในบทความนี้ถือว่ามีความจำเป็นที่จะต้องทำการวิเคราะห์ความไวของระบบ เนื่องจากในสถานการณ์การผลิตจริงภายในสถานประกอบการนั้นมีการผลิตผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย ซึ่งแต่ละแบบนั้นจะมีอัตราการเข้าสู่ระบบที่แตกต่างกัน ทั้งนี้การศึกษาการจัดลำดับงานของบทความนี้เป็นแค่การศึกษาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่มีการสั่งผลิตในปริมาณมากเท่านั้น จึงได้มีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลเปลี่ยนแปลงเวลาดำเนินงานของแต่ละผลิตภัณฑ์คือ เมื่อเวลาดำเนินงานลดลงจากเวลาเดิม -5%, -10% และเพิ่มขึ้น 5%, 10% โดยมีข้อมูลดังตารางที่ 3.9 ถึง 3.16 และเปลี่ยนแปลงระยะห่างของเวลาการขนส่งดังตารางที่ 3.17 และ 3.18

ตารางที่ 3.9 เวลาดำเนินการของผลิตภัณฑ์กลมแบบเอกซ์โพเนนเชียล (EXPO (μ) วินาที) : ขั้นตอนตะไบ

ผลิตภัณฑ์	อัตราเดิม	ลดลง 5%	ลดลง 10%	เพิ่มขึ้น 5%	เพิ่มขึ้น 10%
งานกลม1	3.7	3.515	3.33	3.885	4.07
งานกลม2	4.5	4.275	4.05	4.725	4.95
งานกลม3	3.2	3.04	2.88	3.2	3.52
งานกลม4	17	16.15	15.3	17.85	18.7

ตารางที่ 3.10 เวลาดำเนินการของผลิตภัณฑ์กลมแบบปกติ (NORM (μ, σ) วินาที) : ขั้นตอนตะไบ

ผลิตภัณฑ์	อัตราเดิม	ลดลง 5%	ลดลง 10%	เพิ่มขึ้น 5%	เพิ่มขึ้น 10%
งานกลม1	3.66, 0.32	3.477, 0.32	3.294, 0.32	3.843, 0.32	4.026, 0.32
งานกลม2	4.46, 0.421	4.237, 0.421	4.014, 0.421	4.683, 0.421	4.906, 0.421
งานกลม3	3.2, 0.196	3.04, 0.196	2.88, 0.196	3.36, 0.196	3.35, 0.196
งานกลม4	10.8, 1.18	10.26, 1.18	9.72, 1.18	11.34, 1.18	11.88, 1.18

ตารางที่ 3.11 เวลาดำเนินการของผลิตภัณฑ์เหลี่ยมแบบเอกซ์โพเนนเชียล (EXPO (μ) วินาที) : ขั้นตอนตะไบ

ผลิตภัณฑ์	อัตราเดิม	ลดลง 5%	ลดลง 10%	เพิ่มขึ้น 5%	เพิ่มขึ้น 10%
งานเหลี่ยม1	15.8	15.01	14.22	16.59	17.38
งานเหลี่ยม2	40.7	38.665	36.63	42.735	44.77
งานเหลี่ยม3	18.4	17.48	16.56	19.32	20.24
งานเหลี่ยม4	40.7	38.665	36.63	42.735	44.77

ตารางที่ 3.12 เวลาดำเนินการของผลิตภัณฑ์เหลี่ยมแบบปกติ (NORM (μ, σ) วินาที) : ขั้นตอนตะไบ

ผลิตภัณฑ์	อัตราเดิม	ลดลง 5%	ลดลง 10%	เพิ่มขึ้น 5%	เพิ่มขึ้น 10%
งานเหลี่ยม1	15.8, 0.739	15.01, 0.739	14.22, 0.739	16.59, 0.739	17.38, 0.739
งานเหลี่ยม2	40.7, 4.27	38.665, 4.27	36.63, 4.27	42.735, 4.27	44.77, 4.27
งานเหลี่ยม3	18.4, 2.05	17.765, 2.05	16.83, 2.05	19.635, 2.05	20.57, 2.05
งานเหลี่ยม4	40.7, 4.27	38.665, 4.27	36.63, 4.27	42.735, 4.27	44.77, 4.27

ตารางที่ 3.13 เวลาดำเนินการของผลิตภัณฑ์กลมแบบเอกซ์โพเนนเชียล (EXPO (μ) วินาที) : ขั้นตอนขัดเงา

ผลิตภัณฑ์	อัตราเดิม	ลดลง 5%	ลดลง 10%	เพิ่มขึ้น 5%	เพิ่มขึ้น 10%
งานกลม1	18.6	17.67	16.74	19.53	20.46
งานกลม2	8.8	8.36	7.92	9.24	9.68
งานกลม3	10.3	9.785	9.27	10.815	11.33
งานกลม4	10.8	10.26	9.72	11.34	11.88

ตารางที่ 3.14 เวลาดำเนินการของผลิตภัณฑ์กลมแบบปกติ (NORM (μ, σ) วินาที) : ขั้นตอนขัดเงา

ผลิตภัณฑ์	อัตราเดิม	ลดลง 5%	ลดลง 10%	เพิ่มขึ้น 5%	เพิ่มขึ้น 10%
งานกลม1	18.6, 4.62	17.67, 4.62	16.74, 4.62	19.53, 4.62	20.46, 4.62
งานกลม2	8.8, 0.608	8.36, 0.608	7.92, 0.608	9.24, 0.608	9.68, 0.608
งานกลม3	10.3, 1.23	9.785, 1.23	9.27, 1.23	10.815, 1.23	11.33, 1.23
งานกลม4	17, 2.6	16.15, 2.6	15.3, 2.6	17.85, 2.6	18.7, 2.6

ตารางที่ 3.15 เวลาดำเนินการของผลิตภัณฑ์เหลี่ยมแบบเอกซ์โพเนนเชียล (EXPO (μ) วินาที) : ขั้นตอนขัดเงา

ผลิตภัณฑ์	อัตราเดิม	ลดลง 5%	ลดลง 10%	เพิ่มขึ้น 5%	เพิ่มขึ้น 10%
งานเหลี่ยม1	9.8	9.31	8.82	10.29	10.78
งานเหลี่ยม2	15.4	14.63	13.86	16.17	16.94
งานเหลี่ยม3	9.8	9.31	8.82	10.29	10.78
งานเหลี่ยม4	15.4	14.63	13.86	16.17	16.94

ตารางที่ 3.16 เวลาดำเนินการของผลิตภัณฑ์เหลี่ยมแบบปกติ (NORM (μ, σ) วินาที) : ขั้นตอนขัดเงา

ผลิตภัณฑ์	อัตราเดิม	ลดลง 5%	ลดลง 10%	เพิ่มขึ้น 5%	เพิ่มขึ้น 10%
งานเหลี่ยม1	9.84, 1.04	9.348, 1.04	8.856, 1.04	10.332, 1.04	10.824, 1.04
งานเหลี่ยม2	15.4, 2.27	14.63, 2.27	13.86, 2.27	16.17, 2.27	16.94, 2.27
งานเหลี่ยม3	9.84, 1.04	9.348, 1.04	8.856, 1.04	10.332, 1.04	10.824, 1.04
งานเหลี่ยม4	15.4, 2.27	14.63, 2.27	13.86, 2.27	16.17, 2.27	16.94, 2.27

ตารางที่ 3.17 ระยะห่างของเวลาการขนส่งของงานกลม (นาทีต่อล็อต)

ผลิตภัณฑ์	อัตราเดิม	ลดลง 5%	ลดลง 10%	เพิ่มขึ้น 5%	เพิ่มขึ้น 10%
งานกลม1	34	35.75	37.4	32.25	30.6
งานกลม2	44	46.2	48.4	41.8	39.6
งานกลม3	38	39.9	41.8	36.1	34.2
งานกลม4	80	84	88	76	72

ตารางที่ 3.18 ระยะห่างของเวลาการขนส่งของงานเหลี่ยม (นาทีต่อล็อต)

ผลิตภัณฑ์	อัตราเดิม	ลดลง 5%	ลดลง 10%	เพิ่มขึ้น 5%	เพิ่มขึ้น 10%
งานเหลี่ยม1	104	109.2	114.4	98.8	93.6
งานเหลี่ยม2	34	35.75	37.4	32.25	30.6
งานเหลี่ยม3	30	31.5	33	28.5	27
งานเหลี่ยม4	30	31.5	33	28.5	27

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

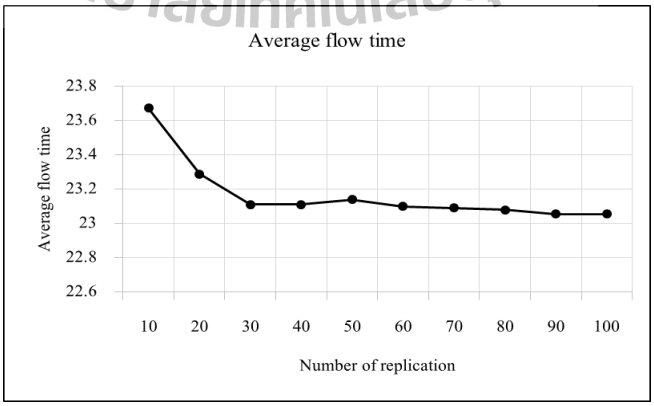
บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 บทนำ

จากการที่ได้ทำการจำลองสถานการณ์ของระบบการผลิตในขั้นตอนการตกแต่งหลังจากขั้นตอนการขึ้นรูป ด้วยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการจำลองสถานการณ์โดยการใช้กฎการจัดลำดับงานที่เป็นกฎพื้นฐานที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย คือกฎ SPT และ กฎ LPT ทั้งยังประยุกต์จากกฎ SPT เพื่อให้เป็นการคิดแบบฮิวริสติก เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการผลิต ด้วยการวัดผลจาก เวลาเฉลี่ยการไหลของงาน เวลาสูงสุดของการไหลของงาน และปริมาณงานระหว่างกระบวนการ ทั้งการวิเคราะห์ในแต่ละจุดประสงค์เดี่ยว และการวิเคราะห์จุดประสงค์ร่วมมากกว่าหนึ่งจุดประสงค์ พร้อมทั้งวิเคราะห์ความไวของระบบนี้ด้วยการเปลี่ยนแปลงตัวแปรที่มีผลกับระบบ

4.2 การรันซ้ำ (Replication)

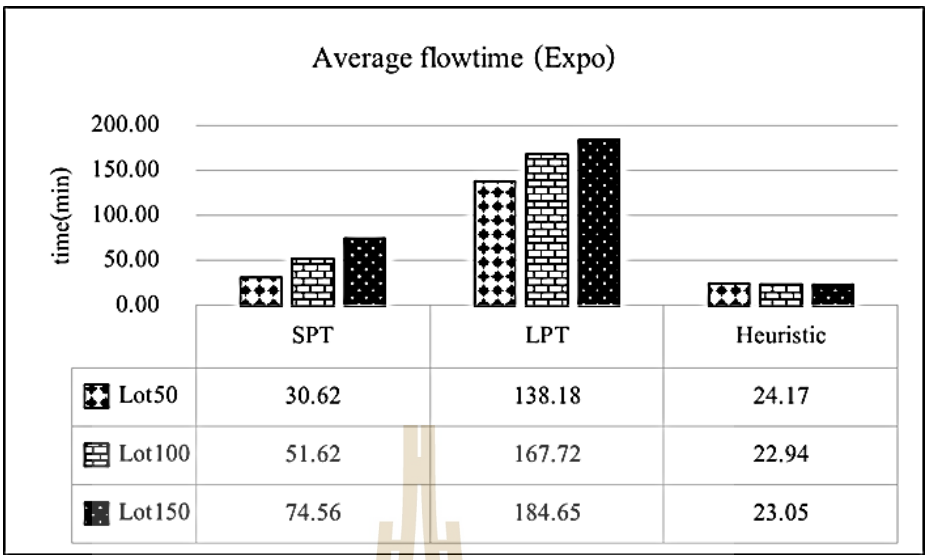
การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมนั้นมีขั้นตอนการรันซ้ำเพื่อลดความคาดเคลื่อนของผลที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม จึงทำการทดลองรันซ้ำเพิ่มครั้งละ 10 รอบ และวัดผลด้วยค่าเฉลี่ยการไหลของงาน พบว่าจากการรันซ้ำ 10 รอบแรกจนถึงการรันซ้ำ 100 รอบทำให้ผลการจำลองสถานการณ์ ด้วยการวัดผลของค่าเฉลี่ยการไหลของงานลู่เข้าสู่ความเสถียรที่ 100 รอบการรัน ดังรูปที่ 4.1 ในงานวิจัยฉบับนี้จึงเลือกใช้จำนวนการรันซ้ำที่ 100 รอบ ในการรวบรวมผลการวิจัย



รูปที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยการไหลของงานของการรันซ้ำ

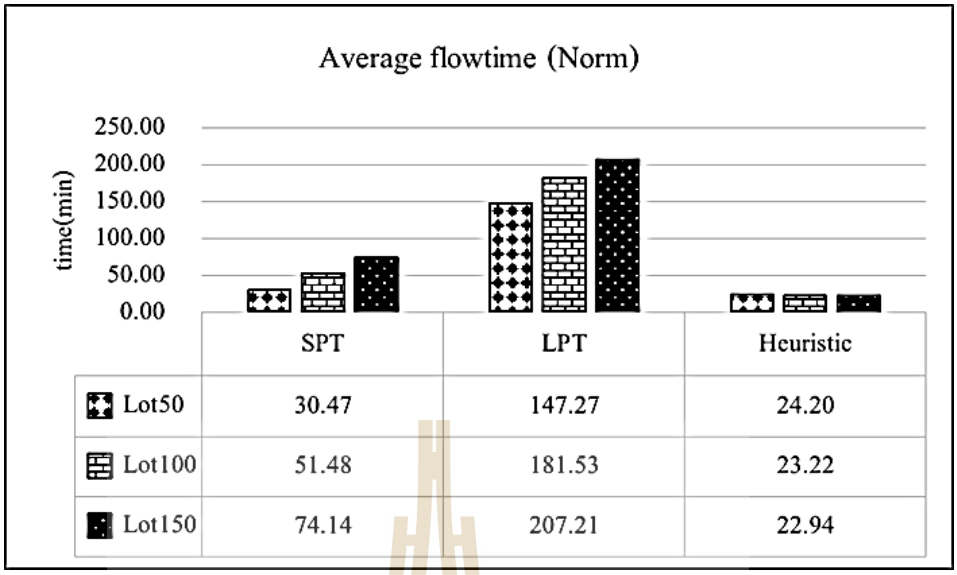
4.3 เวลาการไหลเฉลี่ยของงาน (Average Flow Time)

จากการสร้างแบบจำลองการจัดลำดับงานตามกฎ SPT rule, LPT rule และการใช้ฮิวริสติกด้วยการเพิ่มเงื่อนไขเป็นระยะทางระหว่างเครื่องจักรและสถานีงาน ด้วยโปรแกรมArena โดยใช้ข้อมูลในช่วง 1 สัปดาห์ ในกระบวนการตกแต่งชิ้นงานหลังจากกระบวนการปั๊มขึ้นรูปของผลิตภัณฑ์ 8 แบบ และมีการใช้เวลาของกระบวนการ (Process Time) สมมติฐานให้มีการแจกแจงตัว 2 แบบคือ การแจกแจงเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential Distribution) และ การแจกแจงปกติ (Normal Distribution) และมีการแบ่งล็อต (Lot size) การผลิตในแต่ละครั้งเป็น 3 แบบ คือ 50 ชิ้น/ล็อต, 100 ชิ้น/ล็อต และ 150 ชิ้น/ล็อต การกำหนดจำนวนล็อตอ้างอิงตามขนาดภาชนะในการขนย้ายซึ่งสามารถขนย้ายได้จำนวน 100 ชิ้นต่อหนึ่งรอบการขนส่งโดยทำการรันเป็นเวลา 6 วัน วันละ 8 ชั่วโมง ซ้ำทั้งหมด 100 รอบ ได้ผลตามตัวชี้วัดคือ ค่าเวลาเฉลี่ยการไหลของงาน (Average Flow Time), ค่าเวลาสูงสุดของเวลาการไหลของงาน (Maximum Flow Time) และจำนวนงานระหว่างกระบวนการ (Work in process) ดังรูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบกันของค่าเวลาเฉลี่ยการไหลของงานที่สมมติฐานการแจกแจงของเวลาของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียล โดยการใช้กฎ SPT และฮิวริสติกในการจัดลำดับงานจะให้ความสำคัญกับงานที่มีเวลาของกระบวนการสั้นที่สุดให้เข้าดำเนินการในเครื่องจักรก่อน ในงานวิจัยนี้จะมีการเปรียบเทียบให้ความสำคัญของงานกลม 4 แบบ และงานเหลี่ยม 4 แบบ ซึ่งการเปรียบเทียบนั้นงานกลมจะทำการเปรียบเทียบกันระหว่างงานกลมทั้ง 4 แบบ เช่นเดียวกับงานเหลี่ยมก็จะเปรียบเทียบกันระหว่างงานเหลี่ยม 4 แบบ ตรงกันข้ามกับกฎ LPT ที่จะให้ความสำคัญกับงานที่มีเวลาของกระบวนการที่มากที่สุดเข้าเครื่องจักรก่อน โดยมีการเปรียบเทียบกันของงานกลมและการเปรียบเทียบกันของงานเหลี่ยม เมื่อได้งานที่มีความสำคัญที่สุดเรียงตามลำดับแล้ว งานจะถูกส่งเข้าเครื่องจักรที่จะทำการผลิตในขั้นตอนต่อไป โดยกฎ SPT และกฎ LPT จะดูจากจำนวนงานที่อยู่ในคิวของเครื่องจักรที่น้อยที่สุด งานที่สำคัญที่สุดก็จะเข้าเครื่องจักรที่มีงานในคิวน้อยที่สุดตามลำดับ ต่างจากกฎฮิวริสติกที่จะพิจารณาเลือกเข้าเครื่องจักรจาก ค่าผลรวมของจำนวนงานในคิวของเครื่องจักรบวกกับ ค่าแฟคเตอร์คูณกับระยะทางระหว่างจุดที่งานวางอยู่ก่อนหน้าไปยังเครื่องจักร โดยจะเลือกส่งงานไปยังเครื่องจักรที่มีค่าผลรวมที่น้อยที่สุด เมื่อทำการจำลองสถานการณ์ดังกล่าวแล้ว พบว่าเมื่อพิจารณาเวลาการไหลของงานตั้งแต่เข้าสู่ระบบจนเสร็จสิ้นออกจากระบบ พบว่าวิธีจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกให้ค่าเวลาการไหลเฉลี่ยน้อยที่สุดโดยที่จำนวนการผลิต 50 ชิ้น/ล็อต ให้เวลาเฉลี่ยการไหลเท่ากับ 24.17 นาที คิดเป็น 21.16% เมื่อเทียบกับกฎ SPT และคิดเป็น 82.59% เมื่อเทียบกับกฎ LPT และเมื่อมีจำนวนการผลิตเป็น 100 ชิ้น/ล็อต ให้เวลาเฉลี่ยการไหลเท่ากับ 22.94 นาที คิดเป็น 55.56% เมื่อเทียบกับกฎ SPT และคิดเป็น 86.32% เมื่อเทียบกับกฎ LPT และเมื่อมีจำนวนการผลิตเท่ากับ 150 ชิ้น/ล็อต ให้เวลาเฉลี่ยการไหลเท่ากับ 23.05 นาที คิดเป็น 69.21% เมื่อเทียบกับกฎ SPT และ 87.52% เมื่อเทียบกับกฎ LPT ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบกันของค่าเวลาเฉลี่ยการไหลของงาน สมมติฐานว่ามีการแจกแจงของเวลาของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียล

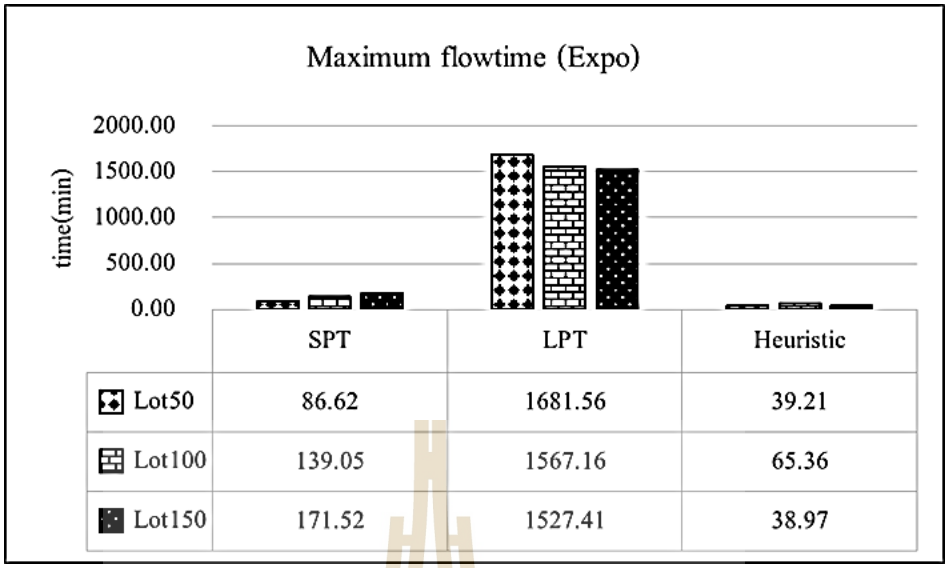
เช่นเดียวกันกับในรูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบกันของค่าเวลาเฉลี่ยการไหลของงาน สมมติฐานว่ามีการแจกแจงของเวลาของกระบวนการแบบปกติพบว่าเวลาการไหลของงานตั้งแต่เข้าสู่ระบบจนออกจากระบบ พบว่าการใช้วิธีจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกยังทำได้ดี ทั้งที่จำนวนการผลิต 50 ชิ้น/ล็อต ให้เวลาเฉลี่ยการไหลเท่ากับ 24.20 นาที คิดเป็น 20.58% เมื่อเทียบกับกฎ SPT และคิดเป็น 83.57% เมื่อเทียบกับกฎ LPT และเมื่อจำนวนการผลิตเท่ากับ 100 ชิ้น/ล็อต ให้เวลาเฉลี่ยการไหลเท่ากับ 23.22 นาที คิดเป็น 54.90% เมื่อเทียบกับกฎ SPT และคิดเป็น 87.21% เมื่อเทียบกับกฎ LPT และเมื่อมีจำนวนการผลิตเท่ากับ 150 ชิ้น/ล็อต ให้เวลาเฉลี่ยการไหลเท่ากับ 22.94 นาที คิดเป็น 69.06% เมื่อเทียบกับกฎ SPT และ 88.93% เมื่อเทียบกับกฎ LPT



รูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบกันของค่าเวลาเฉลี่ยการไหลของงานสมมติฐานว่ามีการแจกแจงของเวลาของกระบวนการแบบปกติ

4.4 เวลาการไหลสูงสุดของงาน (Maximum Flow Time)

ในรูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบกันของค่าเวลาสูงสุดการไหลของงาน สมมติฐานว่ามีการแจกแจงของเวลาของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียล พบว่าเมื่อจำนวนการผลิต 50 ชิ้น/ล็อต วิธีจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกให้เวลาสูงสุดการไหลเท่ากับ 39.21 นาที คิดเป็น 54.74% เมื่อเทียบกับกฎ SPT และคิดเป็น 97.63% เมื่อเทียบกับกฎ LPT และเมื่อจำนวนการผลิตเท่ากับ 100 ชิ้น/ล็อต ให้เวลาสูงสุดการไหลเท่ากับ 65.36 นาที คิดเป็น 53% เมื่อเทียบกับกฎ SPT และคิดเป็น 95.83% เมื่อเทียบกับกฎ LPT และเมื่อมีจำนวนการผลิตเท่ากับ 150 ชิ้น/ล็อต ให้เวลาสูงสุดการไหลเท่ากับ 38.97 นาที คิดเป็น 86.02% เมื่อเทียบกับกฎ SPT และ 97.45% เมื่อเทียบกับกฎ LPT

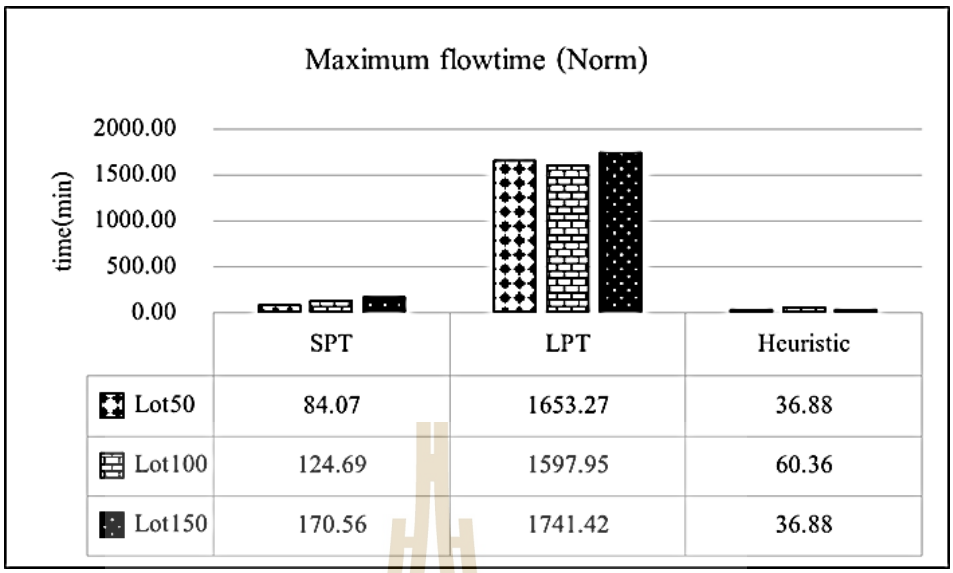


	SPT	LPT	Heuristic
Lot50	86.62	1681.56	39.21
Lot100	139.05	1567.16	65.36
Lot150	171.52	1527.41	38.97

รูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบกันของค่าเวลาสูงสุดการไหลของงานสมมติฐานการแจกแจงของเวลาของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียล

ในรูปที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบกันของค่าเวลาสูงสุดการไหลของงานสมมติฐานการแจกแจงของเวลาของกระบวนการแบบปกติ พบว่าวิธีจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกเมื่อจำนวนการผลิต 50 ชิ้น/ล็อต ให้เวลาสูงสุดการไหลเท่ากับ 36.88 นาที คิดเป็น 56.13% เมื่อเทียบกับกฎ SPT และคิดเป็น 97.77% เมื่อเทียบกับกฎ LPT และเมื่อจำนวนการผลิตเท่ากับ 100 ชิ้น/ล็อต ให้เวลาสูงสุดการไหลเท่ากับ 60.36 นาที คิดเป็น 51.59% เมื่อเทียบกับกฎ SPT และคิดเป็น 96.22 % เมื่อเทียบกับกฎ LPT และเมื่อมีจำนวนการผลิตเท่ากับ 150 ชิ้น/ล็อต ให้เวลาสูงสุดการไหลเท่ากับ 36.88 นาที คิดเป็น 78.38% เมื่อเทียบกับกฎ SPT และ 97.88% เมื่อเทียบกับกฎ LPT

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

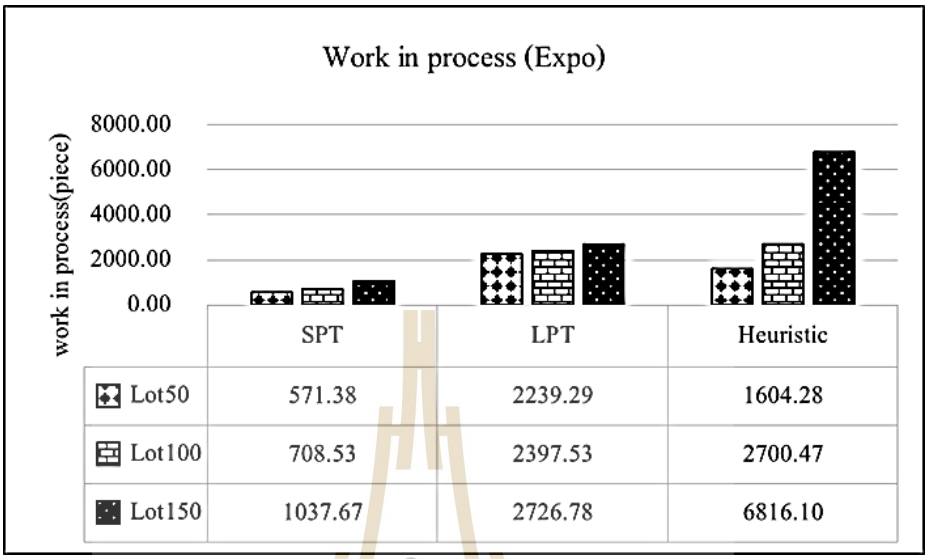


	SPT	LPT	Heuristic
Lot50	84.07	1653.27	36.88
Lot100	124.69	1597.95	60.36
Lot150	170.56	1741.42	36.88

รูปที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบกันของค่าเวลาสูงสุดการไหลของงานสมมติฐานการแจกแจงของเวลาของกระบวนการแบบปกติ

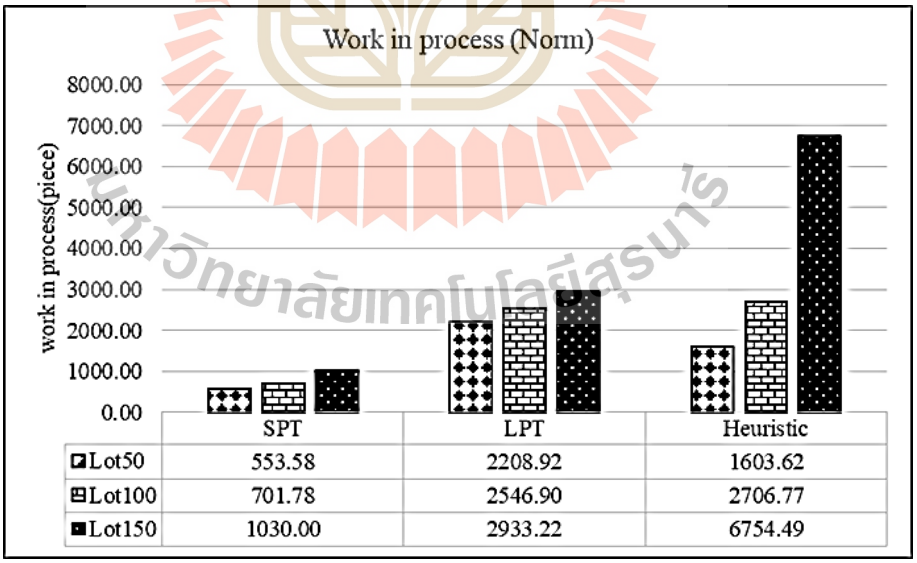
จากผลการเปรียบเทียบของค่าเวลาเฉลี่ยการไหลของงาน ในรูปที่ 4.2, 4.3 และการเปรียบเทียบค่าเวลาสูงสุดการไหลของงาน ในรูปที่ 4.4, 4.5 นั้นพบว่าการใช้วิธีจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกโดยเพิ่มเงื่อนไขพิจารณาเป็นระยะทางระหว่างเครื่องจักรและระยะทางระหว่างสถานีงานที่สั้นที่สุดร่วมกับจำนวนคิวน้อยที่สุดที่อยู่ในเครื่องจักรในการจัดลำดับของงานในการเข้าเครื่องจักรเพื่อดำเนินการผลิต สามารถทำให้เวลาการไหลของงาน (Flow Time) มีค่าน้อยที่สุดทั้งค่าเวลาเฉลี่ยการไหล (Average Flow Time) และค่าเวลาสูงสุดการไหล (Maximum Flow Time) เมื่อเทียบกับการใช้กฎ SPT และ LPT ในการจัดลำดับความสำคัญของระบบ เนื่องด้วยจากการใช้วิธีจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกในการจัดลำดับงานและเลือกเครื่องจักรเข้าดำเนินการในเครื่องจักรที่มีระยะทางที่สั้นนั้นทำให้ใช้เวลาการขนส่งน้อย โดยเมื่อทำการขนส่งงานไปถึงเครื่องจักรได้เร็วร่วมกับเป็นเครื่องจักรที่มีคิวรอคอยน้อยส่งผลให้งานใช้เวลาผ่านเข้าสู่ระบบและออกจากระบบได้เร็วนั่นเอง

4.5 จำนวนงานระหว่างกระบวนการ (Work in Process)



	SPT	LPT	Heuristic
Lot50	571.38	2239.29	1604.28
Lot100	708.53	2397.53	2700.47
Lot150	1037.67	2726.78	6816.10

รูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณงานระหว่างกระบวนการสมมติฐานการแจกแจงของเวลาของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียล



	SPT	LPT	Heuristic
Lot50	553.58	2208.92	1603.62
Lot100	701.78	2546.90	2706.77
Lot150	1030.00	2933.22	6754.49

รูปที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณงานระหว่างกระบวนการสมมติฐานการแจกแจงของเวลาของกระบวนการแบบปกติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ในรูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณงานระหว่างกระบวนการสมมติฐานการแจกแจงของเวลาของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียล และรูปที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณงานระหว่างกระบวนการสมมติฐานการแจกแจงของเวลาของกระบวนการแบบปกติ พบว่าการวิธีจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกเมื่อเพิ่มเงื่อนไขเป็นระยะทางระหว่างสถานีงานและระยะทางระหว่างเครื่องจักรในการพิจารณาจัดลำดับงาน ทำให้ปริมาณงานระหว่างกระบวนการมากกว่าการจัดลำดับงานด้วยกฎ SPT และกฎ LPT เนื่องจากการตัดสินใจเลือกเข้าเครื่องจักรของวิธีฮิวริสติกนั้นจะพิจารณาด้วยจำนวนงานในคิวบวกกับระยะทางระหว่างเครื่องจักร จึงทำให้มีโอกาสที่การตัดสินใจเลือกเข้าเครื่องจักรที่อยู่ใกล้แต่มีงานรออยู่ในคิวมากอยู่แล้ว ทำให้เป็นการเพิ่มจำนวนงานที่สะสมอยู่ที่เครื่องจักรมากขึ้นส่งผลทำให้ปริมาณงานระหว่างกระบวนการมีปริมาณมากนั่นเอง

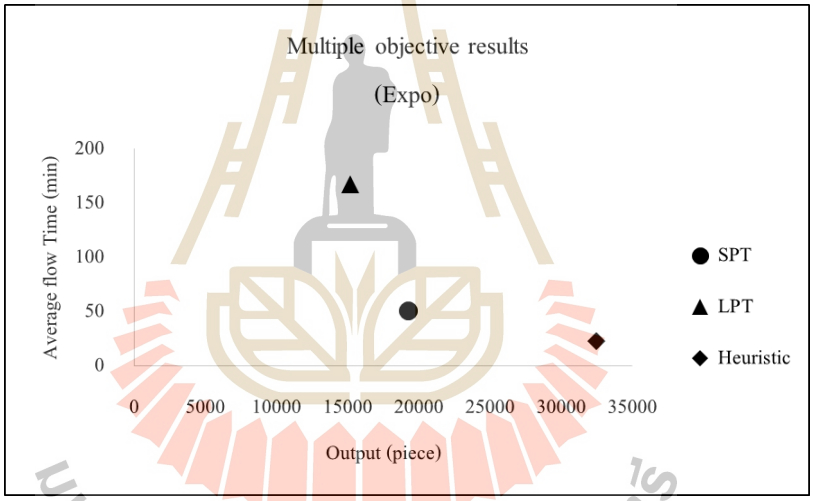
จากผลของวิทยานิพนธ์นี้ได้แสดงให้เห็นว่าการใช้วิธีการฮิวริสติกในการจัดตารางงานนั้นทำให้เวลาการไหลของงาน (Flow time) ทั้งเวลาเฉลี่ยการไหลและเวลาสูงสุดการไหลของวิธีฮิวริสติกน้อยกว่าการใช้กฎ SPT ที่เป็นกฎพื้นฐานและเป็นที่นิยมในการใช้จัดตารางงาน เนื่องมาจากในขั้นตอนการจัดตารางงานของวิธีฮิวริสติกนั้นเป็นการพัฒนามาจากกฎ SPT คือการให้ความสำคัญกับงานที่มีเวลาของกระบวนการสั้นที่สุด ได้รับเลือกในการเข้าดำเนินการในเครื่องจักรก่อน ซึ่งการเลือกให้งานที่มีเวลากระบวนการสั้นที่สุดเข้าดำเนินก่อนนั้นจะทำให้เวลาตั้งแต่งานนั้นเข้าสู่ระบบจนกระทั่งออกจากระบบใช้เวลาน้อยหรืองานนั้นจะใช้เวลาอยู่ในระบบน้อยนั่นเอง แต่ความแตกต่างของกฎ SPT และวิธีฮิวริสติกนั้นคือ ขั้นตอนการเลือกเครื่องจักรในการผลิตงานที่ให้ลำดับความสำคัญจากขั้นตอนแรกแล้ว โดยการเลือกเครื่องจักรของวิธี SPT จะพิจารณาจำนวนคิวในเครื่องจักรที่มีน้อยที่สุดจะให้ชิ้นงานเข้าดำเนินการที่เครื่องจักรนั้น แต่สำหรับการจัดตารางงานด้วยวิธีฮิวริสติกนั้นการเลือกเครื่องจักรจะพิจารณา จำนวนคิวในเครื่องจักรร่วมกับระยะทางระหว่างเครื่องจักร และจากผลของการใช้โปรแกรมในการวิเคราะห์พบว่า ในเครื่องจักรภายในสถานีเดียวกันนั้น มีจำนวนของคิวหรือเวลาในการรอคิวที่ไม่ต่างกันมากนัก ยกตัวอย่างเช่น ในเครื่องตะไบ1 มีเวลาในการรอคิว 9.43 นาที และในเครื่องตะไบ2 มีเวลารอในคิว 9.59 นาที แต่ระยะเวลาการขนส่งจากพื้นที่เตรียมงานไปถึงเครื่องตะไบ1 และ 2 ต่างกัน 1 นาที ทำให้เวลาการไหลของงานนั้นขึ้นอยู่กับระยะเวลาการขนส่งซึ่งการจัดตารางงานด้วยวิธีฮิวริสติกจะเลือกเครื่องที่ใกล้ ต่างจากวิธีของกฎ SPT ที่จะเลือกเครื่องจักรที่มีเวลารอคิวน้อย ทำให้วิธีฮิวริสติกให้เวลาการไหลของงานน้อยกว่าวิธีของกฎ SPT นั่นเอง

จากวิธีการเลือกเครื่องจักรของวิธีจัดตารางงานด้วยวิธีฮิวริสติก ที่จะเลือกเครื่องจักที่มีเวลารอคิวน้อยร่วมกับมีระยะทางที่ใกล้ที่สุดทำให้ในบางครั้งอาจมีโอกาสที่จะเลือกเครื่องจักรที่มีเวลาการรอคิวมากอยู่แล้ว ทำให้มีงานสะสมอยู่ในระบบมาก จึงทำให้ปริมาณงานระหว่างกระบวนการ

(Work in Process) ของวิธีการจัดตารางงานด้วยวิธีฮิวริกติกนั้นมากกว่าปริมาณงานระหว่างกระบวนการของการจัดตารางงานด้วยกฎ SPT

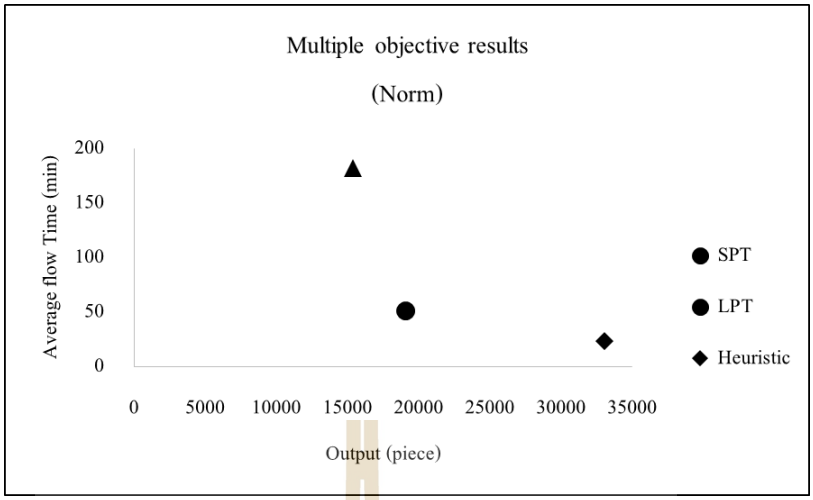
4.6 วิเคราะห์แบบหลายวัตถุประสงค์ (Multiple Objective)

จากผลการวิจัยทั้งหมดนั้นสามารถนำมาวิเคราะห์แบบหลายวัตถุประสงค์เพื่อให้เป็นประโยชน์ในการพิจารณาเลือกใช้กฎการจัดลำดับงาน ให้เหมาะสมตามวัตถุประสงค์ที่ความต้องการของแต่ละองค์กร โดยในงานวิจัยนี้ได้วัดผลของวิธีจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกด้วยตัวชี้วัดต่างๆ จึงนำมาวิเคราะห์แบบหลายวัตถุประสงค์คือ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเวลาเฉลี่ยการไหล (Average Flow Time)และปริมาณงานทั้งหมดที่ผลิตได้ (Output) ที่การแจกแจงของเวลาของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียลในรูปที่ 4.8 และแบบปกติดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.8 การวิเคราะห์แบบหลายวัตถุประสงค์ระหว่างค่าเวลาเฉลี่ยการไหล (Average Flow Time) และปริมาณงานทั้งหมดที่ผลิตได้ (Output) สมมติฐานการแจกแจงของเวลาของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.9 การวิเคราะห์แบบวัตถุประสงค์ระหว่างค่าเวลาเฉลี่ยการไหล (Average Flow Time)และปริมาณงานทั้งหมดที่ผลิตได้ (Output) สมมติฐานการแจกแจงของเวลาของกระบวนการแบบปกติ

ในรูปที่ 4.9 แสดงการวิเคราะห์แบบหลายวัตถุประสงค์ระหว่างค่าเวลาเฉลี่ยการไหล (Average Flow Time)และปริมาณงานทั้งหมดที่ผลิตได้ (Output) สมมติฐานการแจกแจงของเวลาของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียล และในรูปที่ 4.9 แสดงการวิเคราะห์แบบวัตถุประสงค์ระหว่างค่าเวลาเฉลี่ยการไหล (Average Flow Time)และปริมาณงานระหว่างกระบวนการ (Work in process)สมมติฐานการแจกแจงของเวลาของกระบวนการแบบปกติ พบว่าวิธีจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกในการพิจารณาจัดลำดับงานส่งผลให้ เวลาเฉลี่ยการไหลของงานน้อยที่สุดและปริมาณงานที่ผลิตได้ทั้งหมดมากที่สุด เมื่อเทียบกับการจัดลำดับงานด้วยกฎ SPT และกฎ LPT เนื่องจากการใช้วิธีจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกในการจัดลำดับงานนั้นมีการพิจารณาระยะทางที่สั้นที่สุดในการเลือกเข้าเครื่องจักร ทำให้เวลาตั้งแต่งานเข้าสู่ระบบจนกระทั่งเสร็จสิ้นออกจากระบบใช้เวลาน้อยทำให้มีปริมาณงานที่ผลิตเสร็จแล้วนั้นออกจากระบบเป็นจำนวนมากกว่าการใช้กฎจัดลำดับงานแบบ SPT และ LPT ดังนั้นการใช้วิธีฮิวริสติกในการจัดลำดับงานนั้นส่งผลให้มีดีต่อกระบวนการผลิต

4.7 วิเคราะห์ความไวของระบบ (Sensitivity)

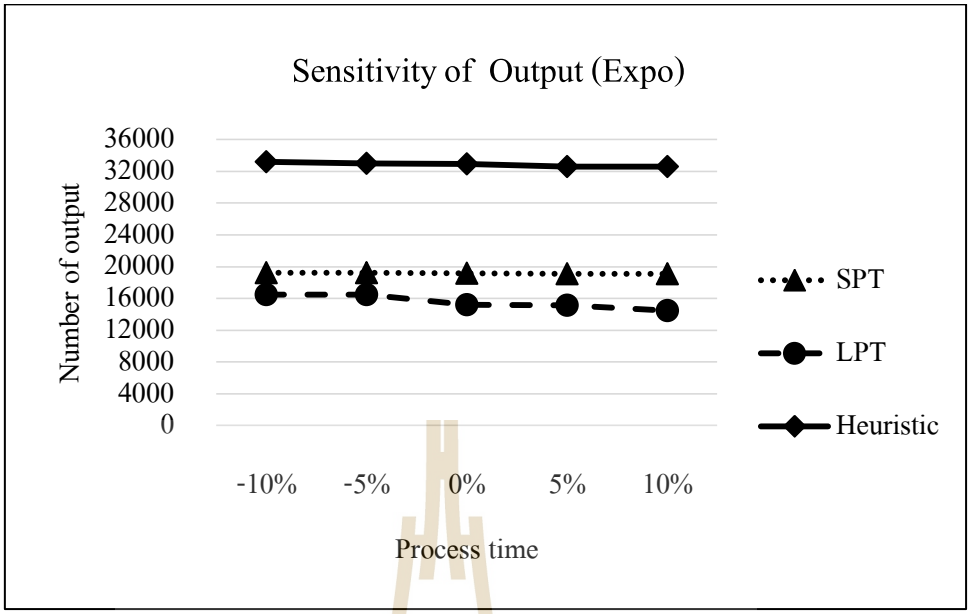
เพื่อความน่าเชื่อถือของระบบที่ใช้ในการศึกษาในงานวิจัยนี้จึงมีการทำการวิเคราะห์ความไวของระบบ (Sensitivity Analysis) จากการใช้กฎการจัดลำดับงานพื้นฐาน กฎ SPT ,กฎ LPT และการใช้วิธีจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกเมื่อเพิ่มเงื่อนไขระยะทางระหว่างสถานีงานและระยะทางระหว่างเครื่องจักรในการพิจารณาจัดลำดับงาน โดยมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลนำเข้า เวลาดำเนินการ

(Process Time) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงคือมีการเพิ่มขึ้นของข้อมูลนำเข้าดังกล่าวจากค่าเดิม 5%, 10% และการลดลงของข้ามูลนำเข้า 5%, 10% ดังตารางที่ 3.9 ถึง ตารางที่ 3.16ได้ทำการวิเคราะห์ความไวของระบบ สมมติฐานการแจกแจงของเวลากระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential Distribution) และแบบปกติ (Normal Distribution) จากความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ได้แก่งานที่ผลิตได้ทั้งหมด (Number of Output) และปริมาณงานระหว่างกระบวนการ (Number of Work in Process)

4.7.1 Process time

จากการเปลี่ยนแปลงเวลากระบวนการของงานด้วยการลดลง 5%, 10% และเพิ่มขึ้น 5%, 10% จากเวลาเดิม ในสมมติฐานการแจกแจงเวลาของกระบวนการเอกซ์โพเนนเชียลและแบบปกติ ในรูปที่ 4.10 และรูปที่ 4.11 พบว่าเมื่อมีการลดลงของเวลาของกระบวนการ จะทำให้จำนวนงานทั้งหมดที่ออกจากระบบมากขึ้น เนื่องจากใช้เวลาในการผลิตน้อยส่งผลให้มีงานออกจากระบบเพิ่มมากขึ้น เช่นเดียวกับการที่เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของเวลาของกระบวนการก็จะทำให้มีงานออกจากระบบน้อย เนื่องจากมีการใช้เวลาผลิตนานก็จะทำให้งานออกจากระบบลดลงนั่นเอง เมื่อสังเกตจากรูปที่ 4.10 และ 4.11 หรือการแสดงข้อมูลในตารางที่ 4.1 และ 4.2 เพื่อความชัดเจนของข้อมูลจะเห็นได้ว่าการจัดลำดับงานด้วยกฎ SPT และฮิวริสติกนั้นมีความไวต่อการเปลี่ยนไปของเวลากระบวนการเล็กน้อยและมีแนวโน้มที่คาดการได้ ซึ่งแสดงถึงความน่าเชื่อถือได้ของแบบจำลอง เช่นเดียวกันกับการใช้กฎ LPT ที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงไปของเวลากระบวนการมากกว่ากฎ SPT และฮิวริสติก แต่ยังมีลักษณะที่เป็นเส้นตรงที่มีแนวโน้มที่คาดการณ์ได้ ทำให้มีความน่าเชื่อถือนั่นเอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

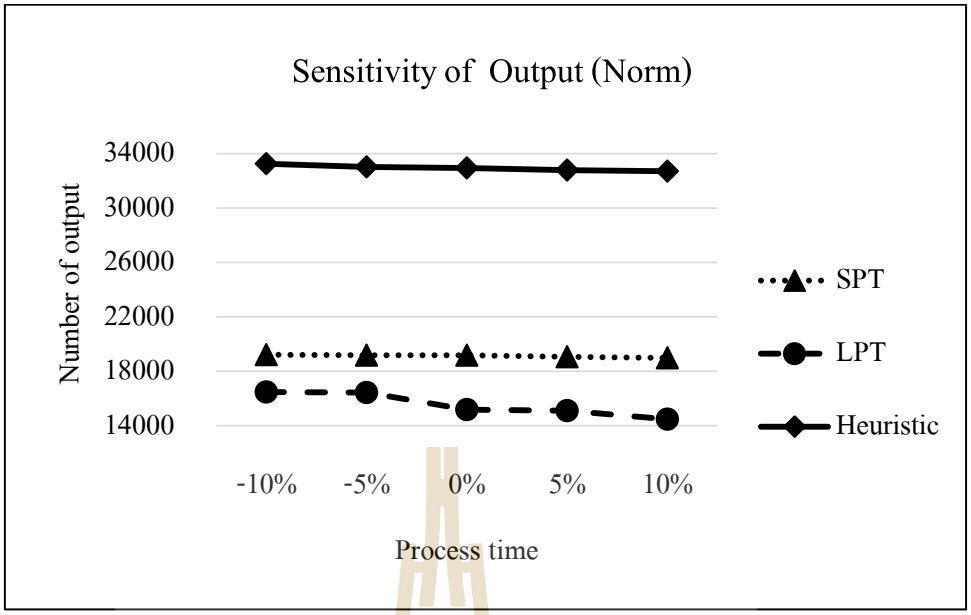


รูปที่ 4.10 แสดงจำนวนงานที่ผลิตได้ทั้งหมด (Number of Output) ของการจัดลำดับงานด้วยกฎ SPT, LPT และฮิวริสติกเมื่อเปลี่ยนแปลงเวลาของกระบวนการลดลงและเพิ่มขึ้น 5%, 10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงเวลาของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียล)

ตารางที่ 4.1 แสดงจำนวนงานที่ผลิตได้ทั้งหมดเมื่อเปลี่ยนแปลงเวลาของกระบวนการลดลงและเพิ่มขึ้น 5%, 10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงเวลาของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียล)

	Output (Expo)				
	-10%	-5%	0%	5%	10%
SPT	19246.0	19214.2	19174.1	19087.3	19067.4
LPT	16491.7	16456.5	15186.3	15123.2	14491.3
Hueristic	33220.0	32996.6	32922.5	32603.1	32588.6

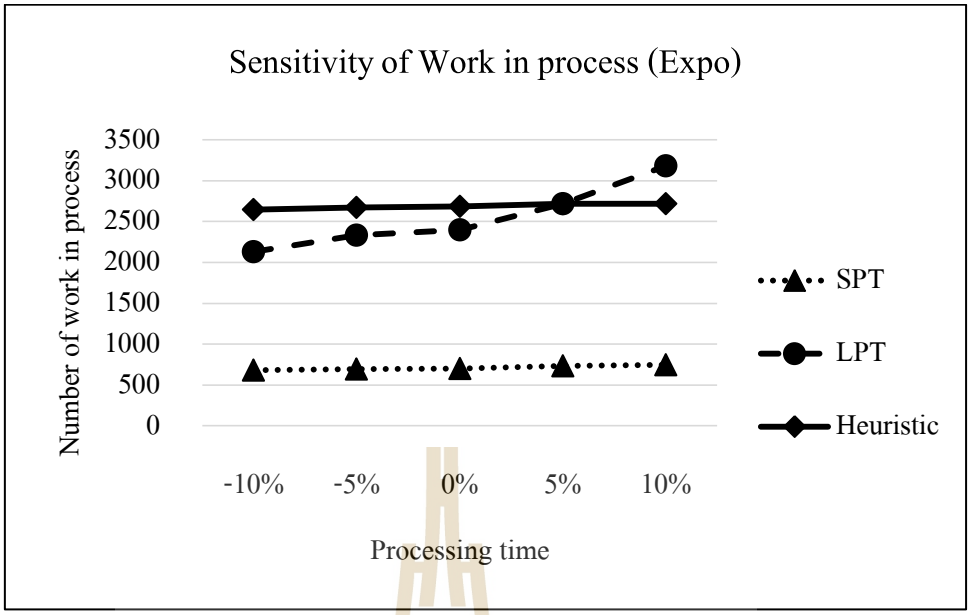
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.11 แสดงจำนวนงานที่ผลิตได้ทั้งหมด (Number of Output) ของการจัดลำดับงานด้วยกฎ SPT, LPT และฮิวริสติกเมื่อเปลี่ยนแปลงเวลาของกระบวนการลดลงและเพิ่มขึ้น 5%, 10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงเวลาของกระบวนการแบบปกติ)

ตารางที่ 4.2 แสดงจำนวนงานที่ผลิตได้ทั้งหมดเมื่อเปลี่ยนแปลงเวลาของกระบวนการลดลงและเพิ่มขึ้น 5%,10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงเวลาของกระบวนการแบบปกติ)

Output (Norm)					
	-10%	-5%	0%	5%	10%
SPT	19220.0	19200.8	19169.9	19087.3	19007.4
LPT	16347.6	16123.6	15442.5	15123.2	14491.3
Hueristic	33240.0	33001.8	32930.5	32770.0	32688.6

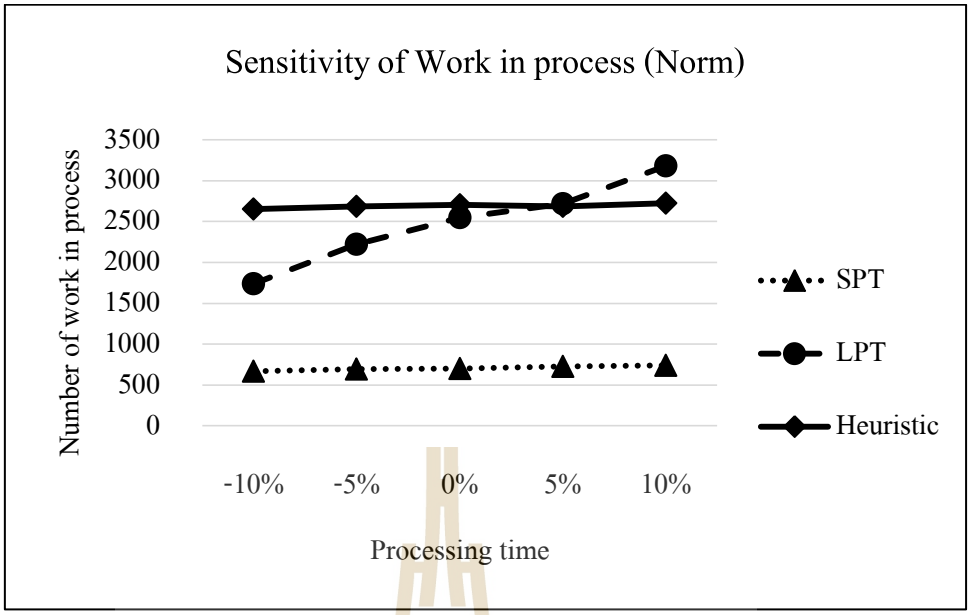


รูปที่ 4.12 แสดงจำนวนงานระหว่างกระบวนการ (Number of Work in Process) ของการจัดลำดับงานด้วยกฎ SPT, LPT และฮิวริสติกเมื่อเปลี่ยนแปลงเวลาของกระบวนการลดลงและเพิ่มขึ้น 5%,10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงเวลาของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียล)

ตารางที่ 4.3 แสดงจำนวนงานระหว่างกระบวนการเมื่อเปลี่ยนแปลงเวลาของกระบวนการลดลงและเพิ่มขึ้น 5%,10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงเวลาของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียล)

	Work in process (Expo)				
	-10%	-5%	0%	5%	10%
SPT	678.7	694.8	704.4	736.4	743.9
LPT	2131.2	2335.7	2397.5	2717.3	3178.6
Heuristic	2648.7	2674.7	2683.9	2717.8	2720.3

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.13 แสดงจำนวนงานระหว่างกระบวนการ (Number of Work in Process) ของการจัดลำดับงานด้วยกฎ SPT, LPT และฮิวริสติกเมื่อเปลี่ยนแปลงเวลาของกระบวนการลดลงและเพิ่มขึ้น 5%,10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงเวลาของกระบวนการแบบปกติ)

ตารางที่ 4.4 แสดงจำนวนงานระหว่างกระบวนการเมื่อเปลี่ยนแปลงเวลาของกระบวนการลดลงและเพิ่มขึ้น 5%, 10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงเวลาของกระบวนการแบบปกติ)

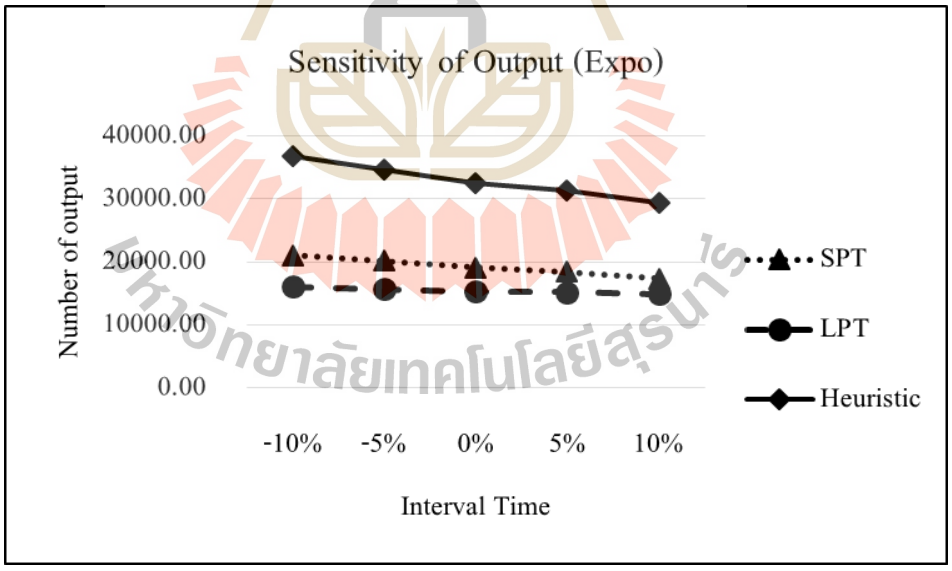
Work in process (Norm)					
	-10%	-5%	0%	5%	10%
SPT	671.5	692.6	701.8	724.1	742.9
LPT	1737.9	2223.3	2546.9	2717.3	3178.6
Hueristic	2655.4	2685.3	2706.8	2683.1	2726.5

ในรูปที่ 4.12 และ 4.13 แสดงจำนวนงานระหว่างกระบวนการ (Number of Work in Process) ของการจัดลำดับงานด้วยกฎ SPT, LPT และฮิวริสติกเมื่อเปลี่ยนแปลงเวลาของกระบวนการลดลงและเพิ่มขึ้น 5%, 10% จากค่าเดิม ด้วยสมมติฐานการแจกแจงเวลาของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียลและแบบปกติ จากการวิเคราะห์ความไวของระบบด้วยการเปลี่ยนแปลงเวลาแต่ละกระบวนการของงานพบว่า ความไวของระบบของสมมตฐานทั้ง 2 แบบนั้นเป็นไปในลักษณะที่เหมือนกัน คือ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงไปของเวลาของกระบวนส่งผลให้จำนวน

งานระหว่างกระบวนการมีความเปลี่ยนแปลงไปด้วย โดยสังเกตได้จากรูปที่ 4.12 และ 4.13 หรือเพื่อความชัดเจนมากขึ้นจากตารางที่ 4.3 และ 4.4 จะเห็นได้ว่าการเพิ่มขึ้นและลดลงของเวลาของกระบวนการนั้นส่งผลให้จำนวนงานระหว่างกระบวนการของการใช้กฎ SPT , LPT และฮิวริสติก คือเมื่อเวลาของกระบวนการลดลง งานระหว่างกระบวนการจะลดน้อยลง เช่นเดียวกับเมื่อเวลาของกระบวนการเพิ่มขึ้น งานระหว่างกระบวนการก็จะเพิ่มมากขึ้นด้วย แต่การเปลี่ยนไปนั้นทำให้เห็นว่าการจัดลำดับงานด้วยกฎ SPT และฮิวริสติกนั้นมีความไวตอบการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยสังเกตได้จากเส้นกราฟที่เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย แต่การจัดลำดับงานด้วยกฎ LPT มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงไปของเวลาของกระบวนการ มากกว่ากฎ SPT และฮิวริสติก ซึ่งเห็นได้จากเส้นกราฟที่มีความเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้จากเส้นกราฟทั้งหมดนั้นมีลักษณะที่เป็นเส้นตรงและมีแนวโน้มที่สามารถคาดการณ์ได้ แสดงถึงความน่าเชื่อถือของระบบด้วย

4.7.2 Interval time

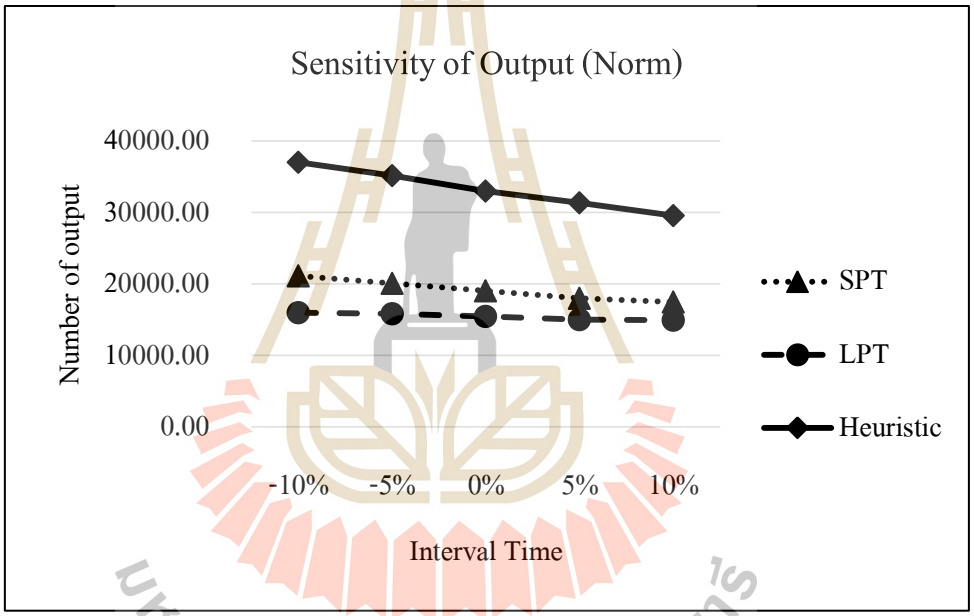
การทดสอบความไวของระบบด้วยการเปลี่ยนแปลงระยะห่างเวลาขนส่ง (Interval time) เป็นอีกข้อมูลนำเข้าที่นำมาทดสอบความไวของระบบนี้ คือการเปลี่ยนแปลงระยะห่างเวลาการขนส่งต่อล็อต ถ้าระยะห่างของเวลาขนส่งมากจะทำให้งานที่จะเข้าผลิตต่อล็อต มีเวลาห่างกันมาก



รูปที่ 4.14 แสดงจำนวนงานที่ผลิตได้ทั้งหมด (Number of Output) ของการจัดลำดับงานด้วยกฎ SPT, LPT และฮิวริสติกเมื่อเปลี่ยนแปลงระยะห่างของเวลาการขนส่งลดลงและเพิ่มขึ้น 5%, 10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงเวลาของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียล)

ตารางที่ 4.5 แสดงจำนวนงานที่ผลิตได้ทั้งหมดเมื่อเปลี่ยนแปลงระยะห่างของเวลาการขนส่งลดลงและเพิ่มขึ้น 5%, 10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงเวลาของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียล)

Output (Expo)					
	-10%	-5%	0%	5%	10%
SPT	21085.7	20117.5	19046.0	18374.0	17307.5
LPT	16056.6	15650.5	15271.3	15186.3	14926.1
Hueristic	36693.3	34610.9	32471.3	31333.2	29282.2



รูปที่ 4.15 แสดงจำนวนงานที่ผลิตได้ทั้งหมด (Number of Output) ของการจัดลำดับงานด้วยกฎ SPT, LPT และฮิวริสติกเมื่อเปลี่ยนแปลงระยะห่างของเวลาการขนส่งลดลงและเพิ่มขึ้น 5%,10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงเวลาของกระบวนการแบบปกติ)

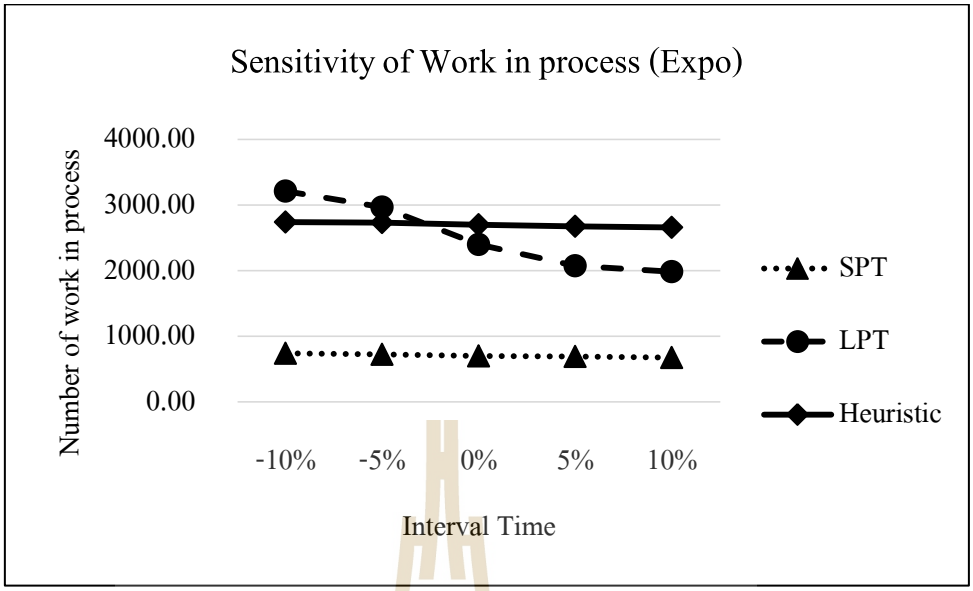
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.6 แสดงจำนวนงานที่ผลิตได้ทั้งหมดเมื่อเปลี่ยนแปลงระยะห่างของเวลาการขนส่งลดลงและเพิ่มขึ้น 5%,10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงเวลาของกระบวนการแบบปกติ)

Output (Norm)					
	-10%	-5%	0%	5%	10%
SPT	21127.4	20135	19080.6	18029.2	17462.7
LPT	15964.8	15872.1	15442.5	15058.2	14976.1
Heuristic	37047.5	35143.3	33028.9	31339.7	29594.1

จากตารางที่ 4.4 , 4.5 และรูปที่ 4.14 และ 4.15 ที่แสดงข้อมูลงานที่ผลิตได้ทั้งหมดของการจัดลำดับงานด้วยกฎการจัดลำดับงานแบบ SPT , LPT และฮิวริสติก เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงไปของระยะห่างของเวลาขนส่งต่อล็อต โดยในตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.14 มีสมมติฐานการแจกแจงเวลาของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียล และในตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.15 มีสมมติฐานการแจกแจงเวลาของกระบวนการแบบปกติ ซึ่งเมื่อเมื่อสังเกตจากข้อมูลในตารางและเส้นกราฟแล้วทั้ง 2 สมมติฐานนั้นมีไวของระบบต่อการเปลี่ยนแปลงไปของระยะห่างเวลาขนส่งที่เหมือนกันคือ การจัดลำดับงานทั้ง 3 แบบน้ำมีงานที่ผลิตได้ลดลง เมื่อมีระยะห่างของเวลาเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีการขนส่งต่อล็อตช้าลง ทำให้งานที่ผลิตออกมาได้น้อยลง ซึ่งการจัดลำดับงานด้วยกฎ SPT และ LPT มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย แต่การจัดลำดับงานแบบฮิวริสติกนั้นมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงมากว่าจึงทำให้กราฟที่แสดงนั้นเห็นได้ชัดว่าเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาขนส่งนั้นส่งผลให้ปริมาณงานที่ผลิตออกมาได้ทั้งหมดลดลง ดังแสดงในรูปที่ 4.14 และ 4.15

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

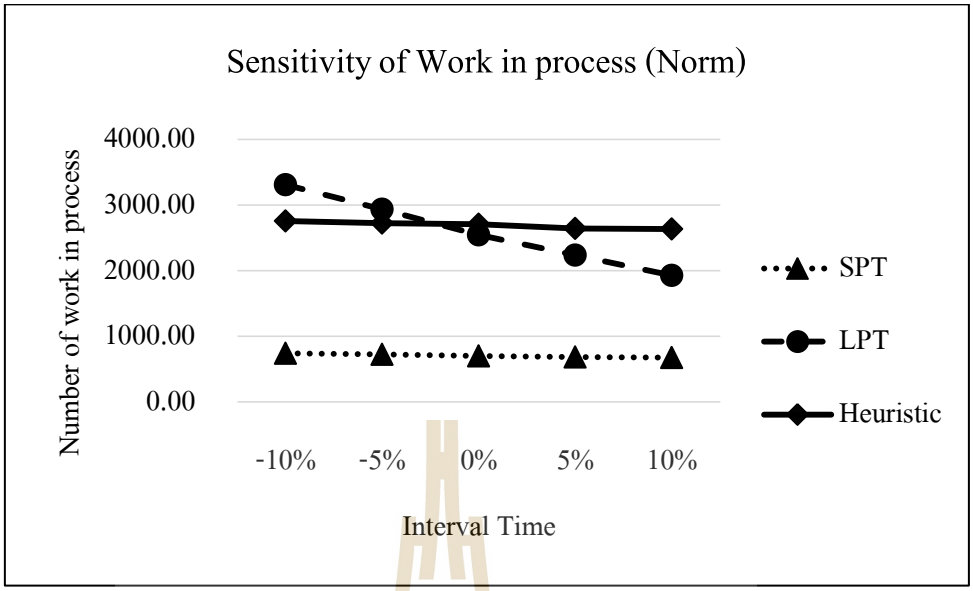


รูปที่ 4.16 แสดงจำนวนงานระหว่างกระบวนการ (Number of Work in Process) ของการจัดลำดับงานด้วยกฎ SPT, LPT และฮิวริสติกเมื่อเปลี่ยนแปลงระยะห่างของเวลาการขนส่งลดลงและเพิ่มขึ้น 5%, 10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงเวลาของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียล)

ตารางที่ 4.7 แสดงจำนวนงานระหว่างกระบวนการเมื่อเปลี่ยนแปลงระยะห่างของเวลาการขนส่งลดลงและเพิ่มขึ้น 5%, 10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงเวลาของกระบวนการแบบเอกซ์โพเนนเชียล)

	Work in process (Expo)				
	-10%	-5%	0%	5%	10%
SPT	741.8	725.7	705.7	693.7	674.0
LPT	3217.0	2969.4	2397.5	2072.7	1990.2
Hueristic	2741.6	2733.3	2700.5	2674.5	2664.8

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.17 แสดงจำนวนงานระหว่างกระบวนการ (Number of Work in Process) ของการจัดลำดับงานด้วยกฎ SPT, LPT และฮิวริสติกเมื่อเปลี่ยนแปลงระยะห่างของเวลาการขนส่งและเพิ่มขึ้น 5%, 10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงเวลาของกระบวนการแบบปกติ)

ตารางที่ 4.8 แสดงจำนวนงานระหว่างกระบวนการเมื่อเปลี่ยนแปลงระยะห่างของเวลาการขนส่งลดลงและเพิ่มขึ้น 5%, 10% จากค่าเดิม (สมมติฐานการแจกแจงเวลาของกระบวนการแบบปกติ)

	Work in process (Norm)				
	-10%	-5%	0%	5%	10%
SPT	743.2	726.6	701.8	686.6	676.8
LPT	3307.8	2934.8	2546.9	2240.4	1929.9
Heuristic	2761.9	2722.8	2706.8	2644.7	2632.5

ในการทดสอบความไวของระบบด้วยวัตถุประสงค์ด้านจำนวนงานระหว่างกระบวนการเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงไป คือการเพิ่มขึ้นและลดลงของระยะห่างของเวลาขนส่ง 5% และ 10% นั้น แสดงด้วยรูปที่ 4.16 และ 4.17 เพื่อความชัดเจนจึงแสดงด้วยตารางที่ 4.7 และ 4.8 พบว่าเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของระยะห่างเวลาขนส่งจะส่งผลให้จำนวนงานระหว่างกระบวนการลดลง ในทำนองเดียวกันการลดลงของระยะห่างเวลาขนส่งก็จะทำให้จำนวนงานระหว่างกระบวนการเพิ่มขึ้น เนื่องจากถ้ามีการขนส่งที่ถี่มากจะเพิ่มความหนาแน่นของงานภายในระบบมากขึ้นนั่นเอง

จากการจำลองการจัดลำดับงานด้วยกฎ SPT, LPT และฮิวริสติก พบว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของระยะห่างเวลาขนส่งไป การจัดลำดับงานด้วยกฎ LPT มีความไวในการเปลี่ยนไปของจำนวนงานระหว่างกระบวนการมากกว่า SPT และฮิวริสติก เห็นได้จากเส้นกราฟที่มีความลดลงที่เห็นได้ชัด ของกฎ LPT ต่างจากเส้นกราฟของกฎ SPT และฮิวริสติกที่มีการลดลงเพียงเล็กน้อย แต่โดยรวมแล้วการตอบสนองของจำนวนงานระหว่างกระบวนการของการจัดลำดับงานทั้ง 3 แบบนั้นมีการตอบสนองที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง ที่มีแนวโน้มสามารถคาดเดาได้ซึ่งแสดงถึงความน่าเชื่อถือได้ของการจำลองสถานการณ์อีกด้วย

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของกฎการจัดลำดับงาน ของกฎพื้นฐาน 2 กฎคือ SPT (Shortest Processing Time) : เลือกการทำงานที่มีเวลาปฏิบัติงานสั้นที่สุดทำก่อน และ LPT (Longest Processing Time) : เลือกการทำงานที่มีเวลาปฏิบัติงานมากที่สุดทำก่อน และมีการพัฒนากฎ SPT เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้วยวิธีจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติก คือการนำการเงื่อนไขเวลาการขนส่งมาพิจารณาร่วมกับจำนวนคิวที่อยู่ในเครื่องจักร ด้วยการใช้โปรแกรม Arena ในการช่วยจำลองสถานการณ์ โดยมีการรวบรวมข้อมูลนำเข้า จากโรงงานผลิตเครื่องครัวจากเมลามีน ซึ่งมีการศึกษาผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 8 แบบที่มีความต้องการมากภายใน 1 สัปดาห์ และในโรงงานนี้มีลักษณะการผลิตแบบตามงาน และภายในสถานีงานเดียวกันมีการจัดเรียงเครื่องจักรแบบขนาน

ทั้งนี้การวัดผลประสิทธิภาพของงานวิจัยนี้คือ เวลาเฉลี่ยการไหลของงาน (Average flow time), เวลาสูงสุดของการไหลของงาน (Maximum flow time) และปริมาณงานระหว่างกระบวนการ (Number of work in process) พบว่าจากการจำลองสถานการณ์แล้วการเทียบกันของประสิทธิภาพของทั้ง 3 กฎในที่นี้คือ SPT, LPT และฮิวริสติก การจัดลำดับงานด้วยวิธีฮิวริสติกเมื่อพิจารณาเงื่อนไขเวลาการขนส่งระหว่างสถานีงานและระยะทางระหว่างเครื่องจักรนั้นทำให้ระบบที่ใช้วิธีจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกนี้มีเวลาการไหลของงานน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับ 2 กฎพื้นฐานเนื่องจากการเลือกเครื่องจักรที่อยู่ใกล้กว่าในการผลิตนั้นทำให้ลดเวลาการขนส่งลง เพราะฉะนั้นเวลาตั้งแต่งานเข้าสู่ระบบจนกระทั่งออกจากระบบจะใช้เวลาน้อยนั่นเอง แต่การใช้วิธีจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกนี้ทำให้ปริมาณงานระหว่างกระบวนการมากกว่าการใช้กฎพื้นฐาน นั่นเป็นเพราะว่าการพิจารณาของวิธีจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกนี้จะพิจารณาจำนวนคิวที่อยู่ในเครื่องจักรบวกกับระยะทางระหว่างเครื่องจักร จึงมีโอกาสที่จะเลือกเครื่องจักรที่มีคิวมากอยู่ก่อนแล้วแต่มีระยะทางใกล้ ทำให้มีงานสะสมเพิ่มมากขึ้นนั่นเอง

เนื่องจากการจัดลำดับงานนั้นเป็นที่นิยมมากในการวางแผนก่อนการผลิต และมีกฎการจัดลำดับงานมากมายให้เลือกใช้ จึงมีการวิเคราะห์แบบหลายวัตถุประสงค์เพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกใช้ โดยพบว่าการวิเคราะห์แบบหลายวัตถุประสงค์ระหว่างเวลาเฉลี่ยการไหลของงานและงานแล้วเสร็จทั้งหมด พบว่าเทียบแบบหลายวัตถุประสงค์ระหว่างทั้ง 3 กฎแล้ว ภายใต้วิธีจัดตารางการ

ผลิตแบบฮิวริสติกนั้นทำได้ดีในเวลาการไหลเฉลี่ยและจำนวนงานแล้วเสร็จทั้งหมด

จากการทำการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมแล้วได้มีการวิเคราะห์ความไวของระบบเพื่อทดสอบความน่าเชื่อถือของโปรแกรม พบว่ามีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของเวลากระบวนการ (Process Time) และระยะห่างของเวลาขนส่งต่อล็อต (Interval Time) แบบเส้นตรงมีแนวโน้มที่สามารถคาดการณ์ได้จึงมีความน่าเชื่อถือของโปรแกรม

ดังนั้นการใช้วิธีจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกนี้สามารถลดเวลาการไหลของงานได้ และในขณะเดียวกันการใช้วิธีจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกนี้จะเหมาะกับระบบที่มีเวลารอในคิวไม่เยอะไปกว่าเวลาการขนส่งระหว่างสถานีงานและระหว่างเครื่องจักรเฉลี่ยเนื่องจากถ้าเวลาในคิวมากกว่าเวลาการขนส่งระหว่างสถานีงานมากๆ อาจทำให้เวลาการไหลของงานนั้นขึ้นอยู่กับเวลาของกระบวนการผลิตแทนนั่นเอง

5.2 การนำวิธีการจัดตารางงานแบบฮิวริสติกไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง

การนำวิธีการจัดตารางงานแบบฮิวริสติกไปใช้ในสถานการจริงนั้น เนื่องจากในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของกฎการจัดตารางงานของกฎ SPT, LPT และวิธีการจัดตารางงานแบบฮิวริสติก ด้วยการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ด้วยการใช้ข้อมูลนำเข้าจากการรวบรวมข้อมูลจากสถานการณ์จริงภายในโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องครัวจากเมลามีน ซึ่งในสถานการณ์จริงนี้ทำให้มีโมเดลนี้มีข้อสมมติฐานตามสถานการณ์จริงคือ ศึกษาผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 8 แบบที่มีกระบวนการผลิตเหมือนกันซึ่งไม่ใช่ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดของโรงงานแต่เป็นการเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีความต้องการมากภายใน 1 สัปดาห์ และภายในโรงงานนั้นมีการวางแผนผังของเครื่องจักรแบบขนานโดยในกรณีศึกษานี้ ในแต่สถานีงานมีเครื่องจักรไม่เกิน 10 เครื่อง และติดตั้งห่างกันหรือเมื่อคิดเป็นเวลาการขนส่งแล้วไม่น้อยกว่า เวลาของกระบวนการ เนื่องจากการที่วิธีการจัดตารางงานแบบฮิวริสติกให้ผลเวลาการไหลของงาน (Flow time) น้อยกว่า SPT และ LPT นั้นเกิดจากความแตกต่างกันของระยะเวลาการขนส่งไปยังเครื่องจักรที่ติดตั้งอยู่ห่างจากจุดที่งานอยู่ปัจจุบันนั้นเอง

รายการอ้างอิง

Gur Mosheiov, and Daniel Oron. (2002). **A Note on the SPT for Solving Scheduling Problems with Generalized Due Date.** Computer and Operations Research. 31 : 645-655.

Oliver Holthaus, and Chandrasekharan Rajendran. (1996). **Efficient Dispatching Rules for Scheduling in a Job Shop.** International Journal of Production Economics. 48 : 87-105.

Oliver Holthaus, and Chandrasekharan Rajendran. (1997). **New Dispatching Rules For Scheduling in a Job Shop-An Experimental Study.** The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 13(2). 148-153.

Zalinda Othman, and Desy Rohmah. (2012). **Comparison of Dispatching Rules in Job Shop Scheduling Problem Using Simulation : A Case Study.** International Journal of Simulation Modelling. 11(3). 129-140.

Chen Tsiushuang. (1993). **Didpatching Rules for Manufacturing Job Shop Operations.** IFAC Proceedings Volumes. 26(2). 975-978.

ทัศนีย์ แก้วไพฑูรย์. (2553). **แนวทางศึกษาการจัดตารางงานการผลิตแบบใหม่ : กรณีศึกษาอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์.** วิทยานิพนธ์. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ประสาน นาคอ่อน. (2557). **กลยุทธ์ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์.** วิทยานิพนธ์. สาขาวิชาแมคคาทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ปารเมศ ชุติมา. (2555). **เทคนิคการจัดตารางการดำเนินงาน.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ผศ.ดร. รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ. (2553). **คู่มือสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก

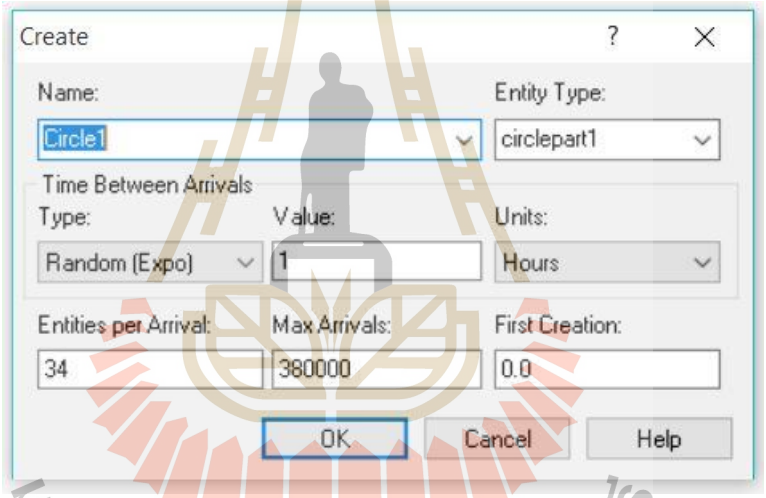
การเขียนโปรแกรม Arena

ก.1 วิธีการเขียนโปรแกรมและการรันโปรแกรม

ก.1.1 ขั้นตอนที่ 1

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนแรก จะเป็นการสร้างการเข้าสู่ระบบของงานทั้งหมดที่ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้

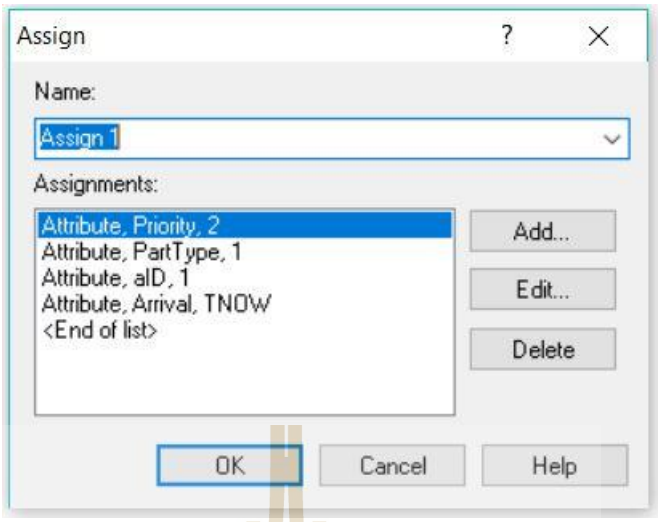
1. ในขั้นตอนแรกของการเขียนโปรแกรมจะต้องมีการใช้โมดูล Create เพื่อสร้างให้มีงานเข้าสู่ระบบในงานวิจัยนี้มีทั้งหมด 8 แบบแบ่งเป็น งานกลม 4 แบบและงานเหลี่ยม 4 แบบจึงมีการสร้างโมดูล Create 8 อัน ในแต่ละอันนั้นจะมีการตั้งค่าเป็นชื่อของงาน อัตราการเข้าสู่ระบบและจำนวนความต้องการที่จะผลิต ดังภาพที่ ก.1



รูปที่ ก.1 ตัวอย่างการตั้งค่าในโมดูล Create

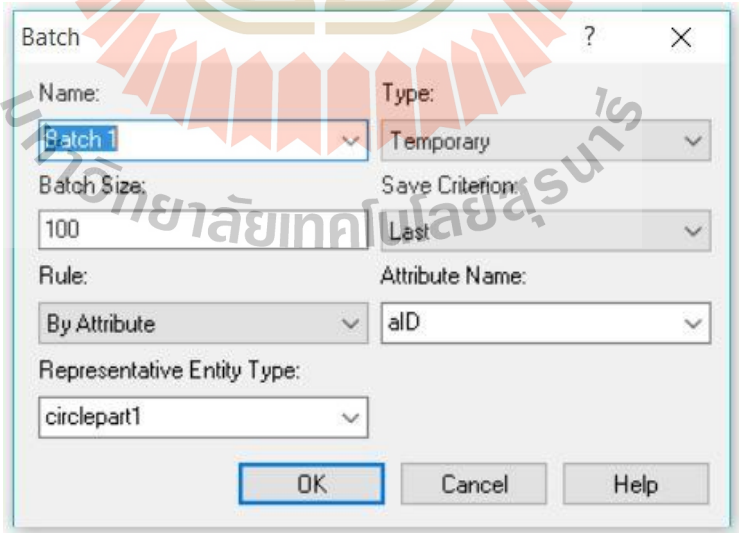
2. ต่อจากโมดูล create จะเป็นโมดูล assign ซึ่งใช้เป็นโมดูลสำหรับใส่ค่าประจำตัวให้กับงานนั้นๆ ให้ค่านั้นติดไปกับงานนั้นตั้งแต่เข้าสู่ระบบจนออกจากระบบและสามารถเรียกค่านี้ออกมาใช้ในโมดูลอื่นๆ ดังรูปที่ ก.2

- Priority
- PartType
- aID
- Arrival



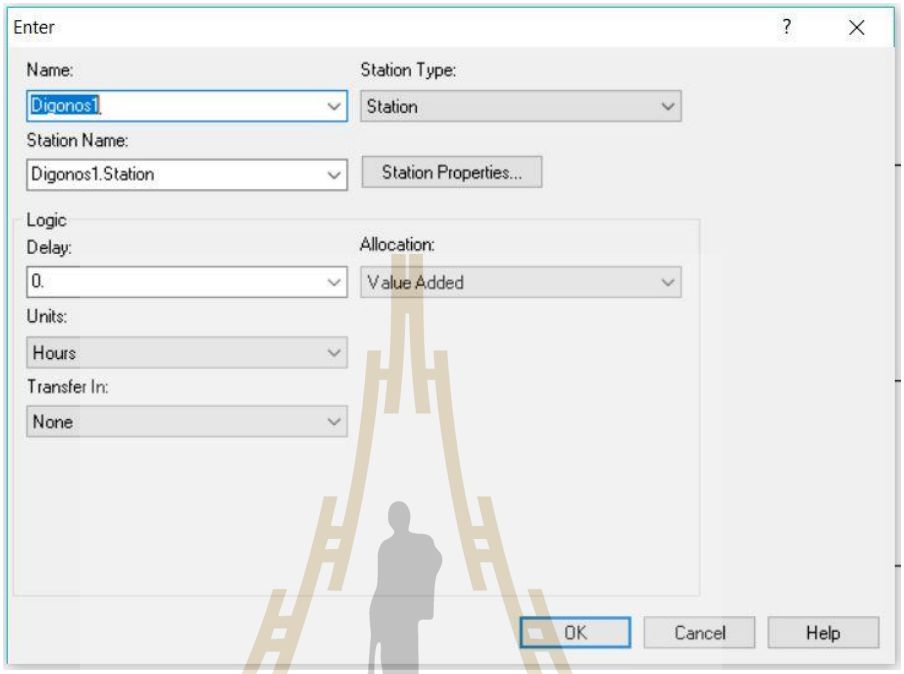
รูปที่ ก.2 ตัวอย่างการตั้งค่าในโมดูล Assign ในขั้นตอนที่ 1

3. เมื่อมีงานเข้ามาสู่ระบบแล้ว จากการเก็บข้อมูลจากโรงงานในแต่ละครั้งที่มีการนำงานไปที่เครื่องจักรผลิต จะมีการขนส่งด้วยการใช้รถเข็นซึ่งในแต่ละครั้งจะขนไปได้ครั้งละ 100 ชิ้น ด้วยการใช่กล่องพลาสติกซึ่งใส่ได้อย่างน้อย 50 ชิ้นและมากที่สุด 150 ชิ้น ทำให้มีการใช้โมดูล Batch ในการรวบรวมงานให้ได้ตามจำนวนที่กำหนด โดยรวมจากค่า Assign ชื่อ aID ดังรูปที่ ก.3



รูปที่ ก.3 การตั้งค่าตัวอย่างการตั้งค่าในโมดูล Batch ในขั้นตอนที่ 1

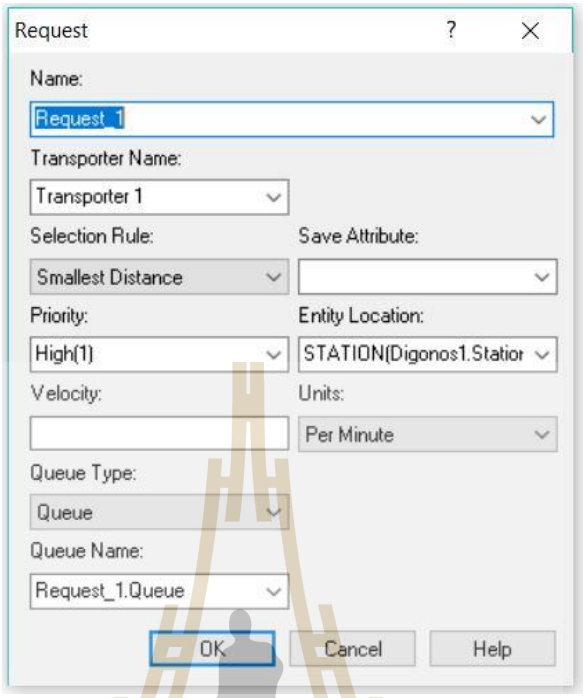
4. ใช้โมดูล Enter เพื่อใช้ในการรอเรียกอุปกรณ์การขนส่งในงานวิจัยนี้คือรถเข็น ที่มีความเร็ว 30 เมตรต่อนาที ดังรูปที่ ก.4



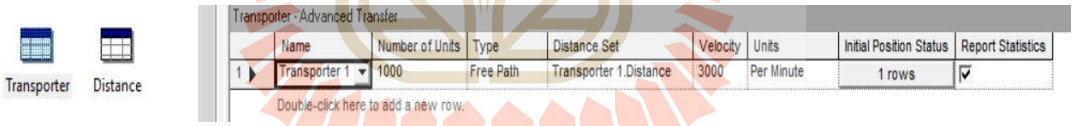
รูปที่ ก.4 การตั้งค่าตัวอย่างการตั้งค่าในโมดูล Enter ในขั้นตอนที่ 1

5. ต่อไปเป็นโมดูล Request เป็นโมดูลที่ใช้เรียกอุปกรณ์การขนส่งที่ใช้ในระบบ ดังรูปที่ ก.5

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

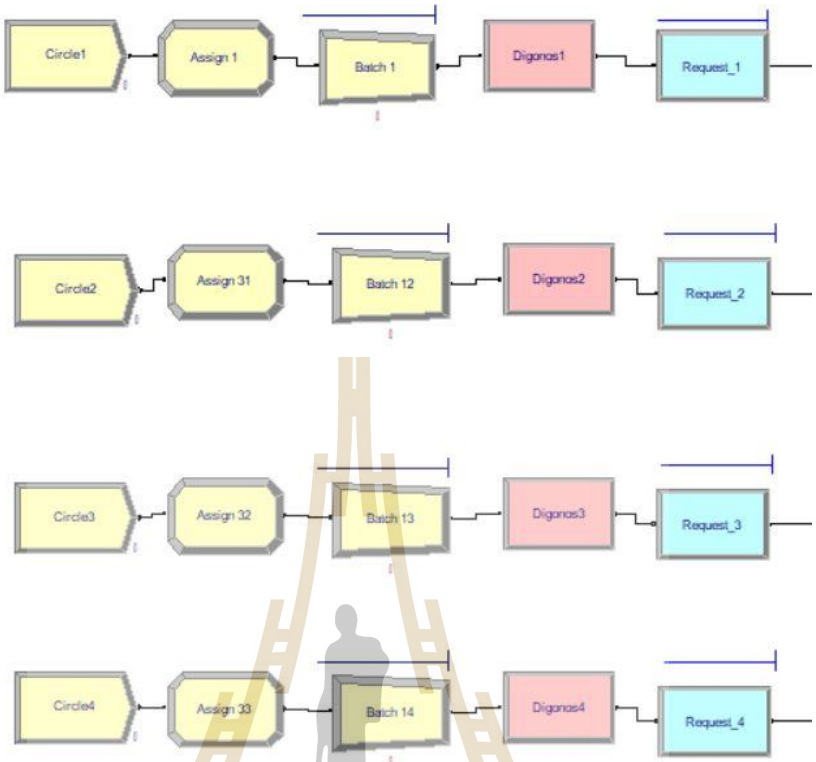


รูปที่ ก.5 การตั้งค่าตัวอย่างการตั้งค่าในโมดูล Request ในขั้นตอนที่ 1



รูปที่ ก.6 ซับโมดูล Transporter ในขั้นตอนที่ 1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



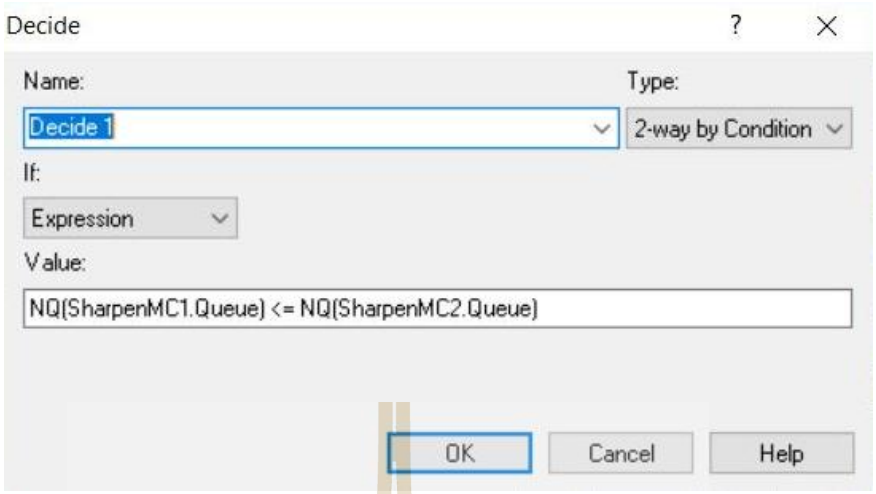
รูปที่ ก.7 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรม Arena ของงานกลม ในขั้นตอนที่ 1

ก.1.2 ขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนในการตัดสินใจเลือกเครื่องจักรที่งานจะข้าทำการผลิต โดยจะตัดสินใจตามกฎการจัดลำดับงานที่เลือกใช้ คือ กฎ SPT, กฎ LPT และ ฮิวริสติก

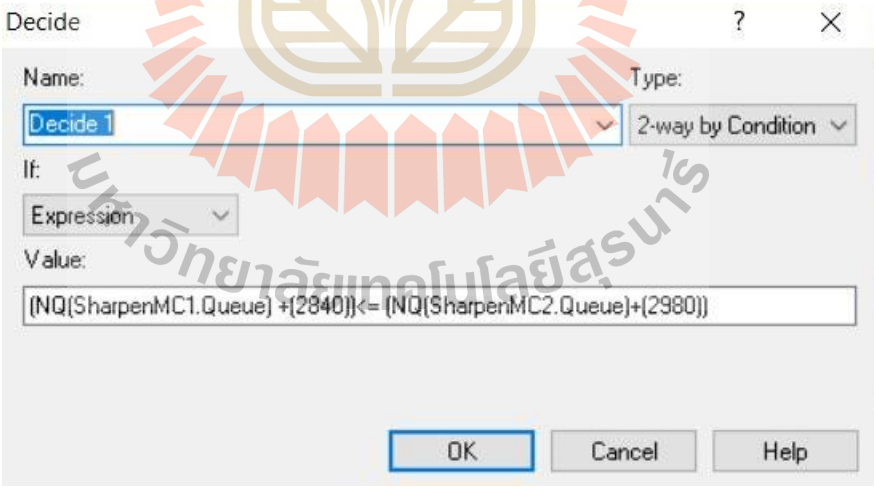
1. ใช้โมดูล Decide เพื่อตัดสินใจโดยในขั้นตอนนี้จะมีเครื่อง ตะไบทั้งหมด 7 เครื่องสำหรับงานกลม การตัดสินใจนั้นจะต้องตัดสินใจตามกฎที่เลือกใช้ซึ่งแต่ละกฎจะมีเงื่อนไขในการพิจารณาแตกต่างกันดังนี้

- กฎ SPT และ LPT จะมีเงื่อนไขพิจารณาเป็นจำนวนคิวที่อยู่ในเครื่อง ซึ่งจะเลือกเครื่องจักรที่มีคิวรออยู่ในเครื่องน้อยที่สุด ดังรูปที่ ก.8



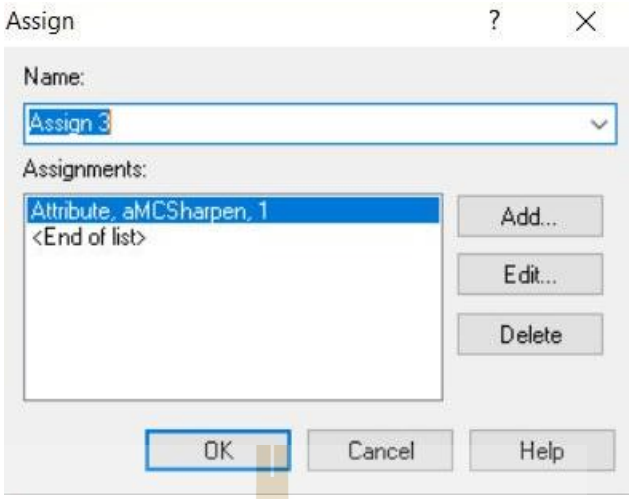
รูปที่ ก.8 การตั้งค่าตัวอย่างการตั้งค่าในโมดูล Decide ของกฎ SPT และ LPT ในขั้นตอนที่ 2

- ฮิวริสติก เงื่อนไขคือ พิจารณาจำนวนคิวที่อยู่ในเครื่องบวกกับระยะทางการขนส่ง จะเลือกเครื่องที่มีงานรออยู่ในคิวน้อยและมีระยะทางใกล้ เพื่อทำการผลิต ดังรูปที่ ก.9



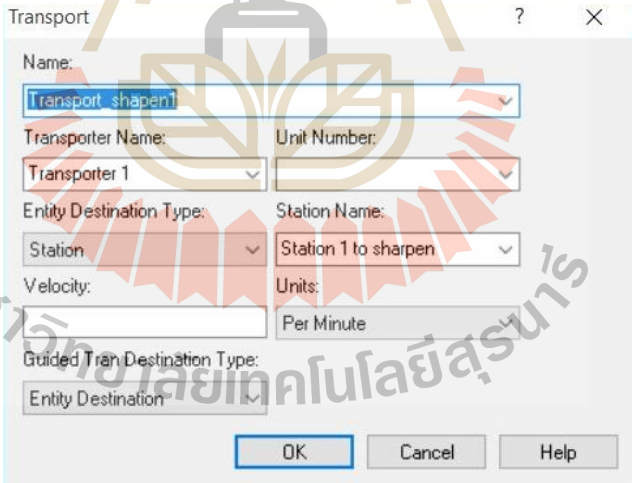
รูปที่ ก.9 ตัวอย่างการตั้งค่าในโมดูล Decide ของฮิวริสติก ในขั้นตอนที่ 2

2. เมื่อมีการผ่านเงื่อนไขตัดสินใจแล้ว ต่อไปเป็นการใช้โมดูล Assign เพื่อกำหนดให้เข้าเครื่องจักรที่เลือกตากกฎการจัดลำดับงาน ดังรูปที่ ก.10

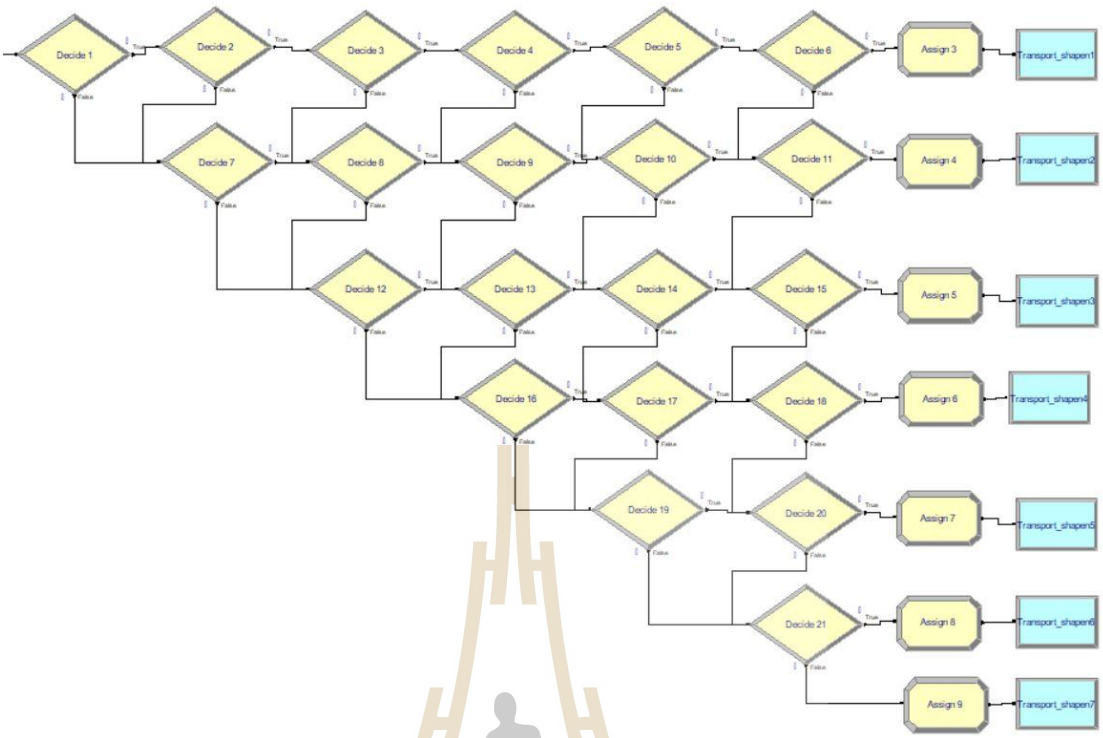


รูปที่ ก.10 ตัวอย่างการตั้งค่าในโมดูล Assign ในขั้นตอนที่ 2

3. หลังจาก Assign เครื่องจักรแล้วจะใช้โมดูล Transport ในการเรียกอุปกรณ์การขนส่งมารับงานไปส่งตามเครื่องจักรที่ได้ Assign ไว้ ดังรูปที่ ก.11



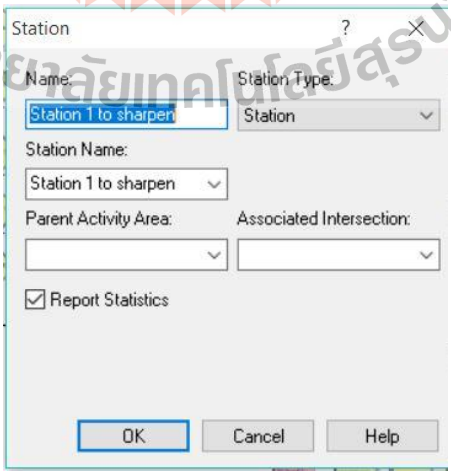
รูปที่ ก.12 ตัวอย่างการตั้งค่าในโมดูล Transport ในขั้นตอนที่ 2



รูปที่ ก.13 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรม Arena ของงานกลม ในขั้นตอนที่ 2

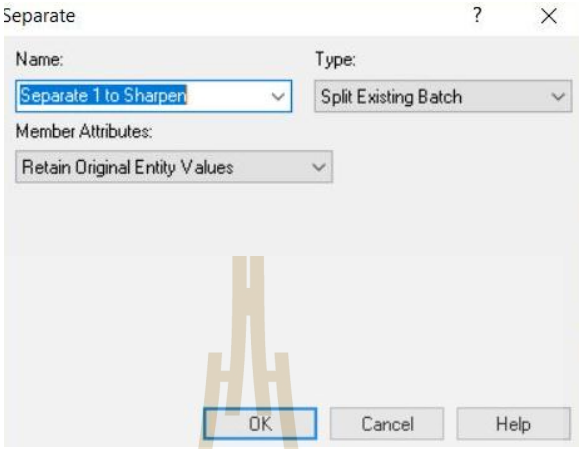
ก.1.3 ขั้นตอนที่ 3

1. ขั้นตอนนี้เป็นการสร้างสถานีงานด้วยการใช้โมดูล Station เพื่อเป็นการกำหนดจุดเพื่อให้อุปกรณ์ขนส่งมาส่งงานตามจุดที่ได้เลือกไว้ตามกฎการจัดลำดับงาน ดังรูปที่ ก.14



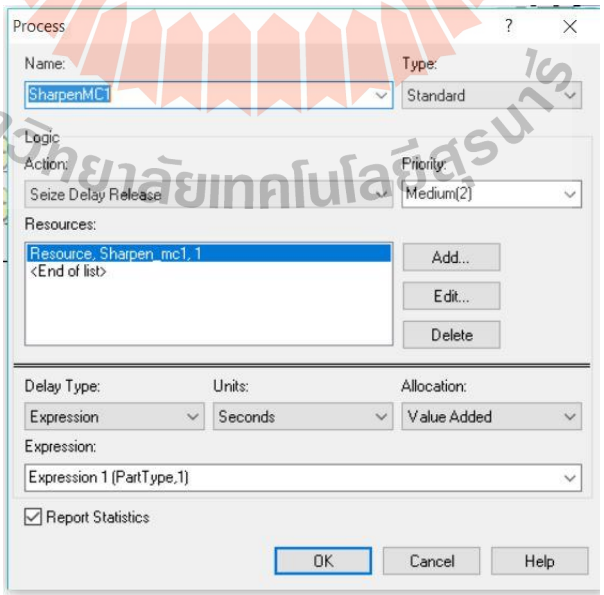
รูปที่ ก.14 ตัวอย่างการตั้งค่าในโมดูล Station ขั้นตอนที่ 3

2. เมื่องานถูกนำส่งเรียบร้อยแล้ว งานจะถูกแยกออกจากกล่องที่ใส่รวมกันมาจากโมดูล Batch ทีละอันด้วยโมดูล Separate เพื่อนำเข้ากระบวนการผลิตทีละอัน ดังรูปที่ ก.15

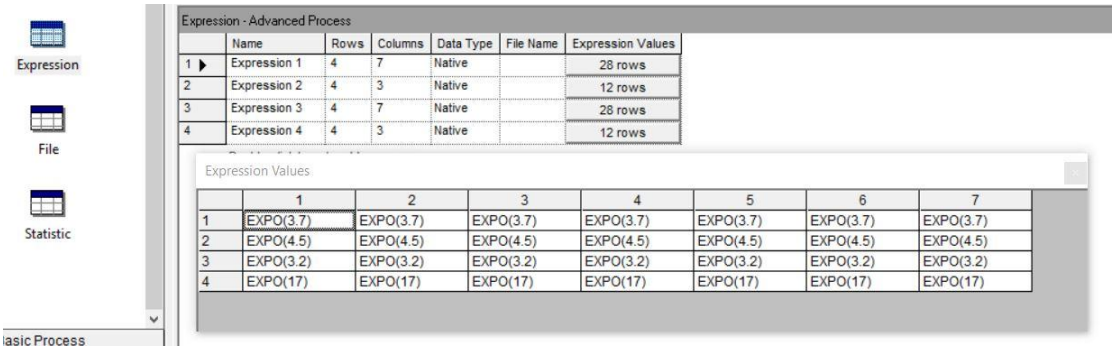


รูปที่ ก.15 ตัวอย่างการตั้งค่าในโมดูล Separate ขั้นตอนที่ 3

3. ต่อไปเป็นการใช้โมดูล Process เพื่อใช้เป็นจุดที่ทำการผลิต ดังรูปที่ ก.16 โดยมีการเรียกใช้เวลาการผลิตของแต่ละงาน ซึ่งในขั้นตอนนี้จะเป็นเวลาของขั้นตอนการตะไบ จากการใช้ซับโมดูล Expression ดังรูปที่ ก.17

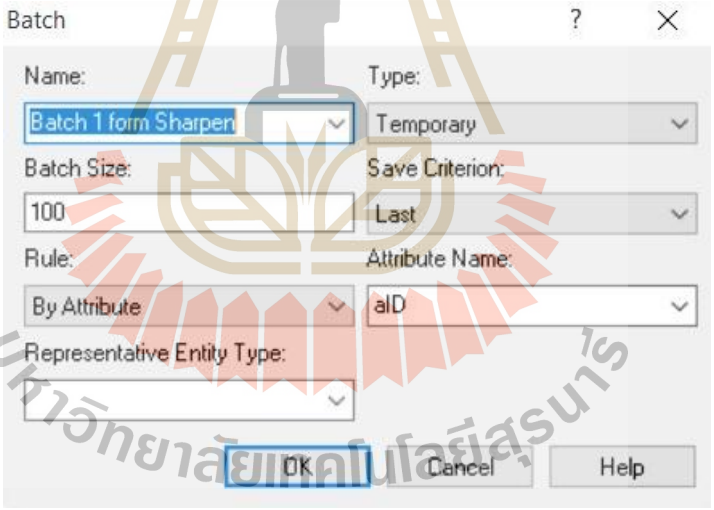


รูปที่ ก.16 ตัวอย่างการตั้งค่าในโมดูล Process ขั้นตอนที่ 3



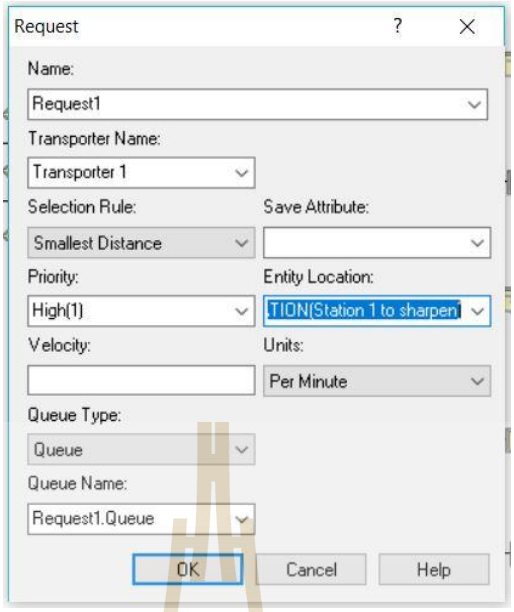
รูปที่ ก.17 ตัวอย่างการตั้งค่าในซับโมดูล Expression ขั้นตอนที่ 3

4. เมื่อชิ้นงานผ่านกระบวนการตะไบจากโมดูล Process แล้ว จะใช้โมดูล Batch ในการรวบรวมชิ้นงานให้พร้อมสำหรับการขนส่งไปยังสถานีต่อไป โดยการรวมจะเท่ากับตอนที่ขนส่งมานั่นเอง ดังรูปที่ ก.18



รูปที่ ก.18 ตัวอย่างการตั้งค่าในซับโมดูล Batch ขั้นตอนที่ 3

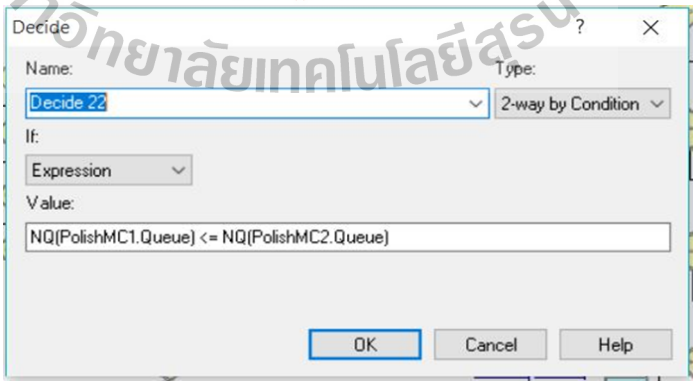
5. หลังจากรวบรวมงานพร้อมสำหรับขนส่งแล้ว จะใช้โมดูล Request เพื่อเรียกอุปกรณ์ขนส่งมารับเพื่อนำไปส่งในสถานีต่อไป ดังรูปที่ ก.19



รูปที่ ก.19 ตัวอย่างการตั้งค่าในซับโมดูล Request ขั้นตอนที่ 3

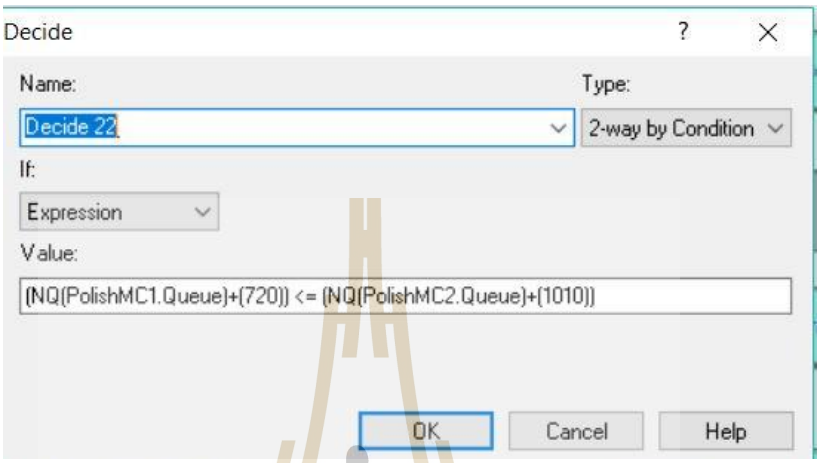
6. สร้างโมดูล Decide เพื่อให้เกิดการตัดสินใจในการเลือกเครื่องจักรสำหรับการขัดเงา ตามกฎการจัดลำดับงานที่เลือกใช้เช่นเดียวกับในขั้นตอนที่ 2 แต่เครื่องจักรสำหรับขัดเงานั้นมีทั้งหมด 3 เครื่องเท่านั้น จึงมีการเลือกเครื่องจักรแค่ 3 เครื่อง ดังรูปที่ ก.24

- กฎ SPT และ LPT จะมีเงื่อนไขพิจารณาเป็นจำนวนคิวที่อยู่ในเครื่อง ซึ่งจะเลือกเครื่องจักรที่มีคิวรออยู่ในเครื่องน้อยที่สุด ดังรูปที่ ก.20



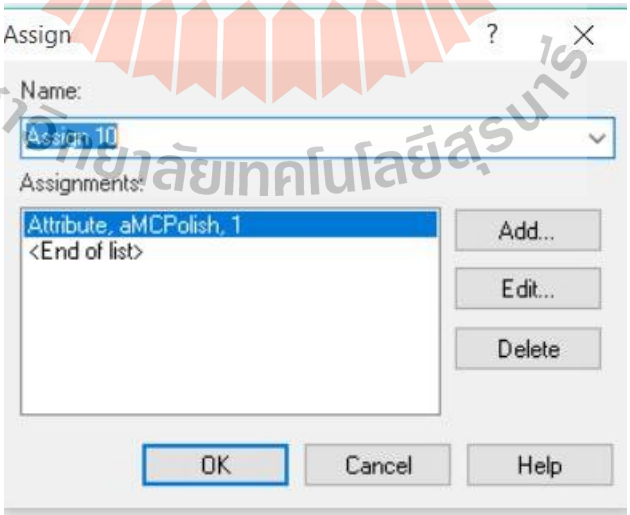
รูปที่ ก.20 การตั้งค่าตัวอย่างการตั้งค่าในโมดูล Decide ของกฎ SPT และ LPT ในขั้นตอนที่ 3

- ฮิวริสติก เงื่อนไขคือ พิจารณาจำนวนคิวที่อยู่ในเครื่องบวกกับระยะทางการขนส่ง จะเลือกเครื่องที่มีงานรออยู่ในคิวน้อยและมีระยะทางใกล้ เพื่อทำการผลิต ดังรูปที่ ก.21



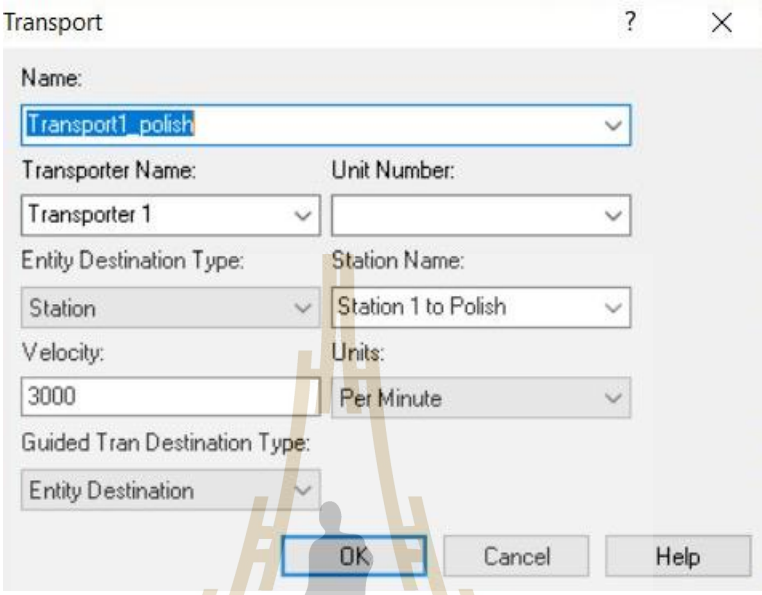
รูปที่ ก.21 การตั้งค่าตัวอย่างการตั้งค่าในโมดูล Decide ของฮิวริสติก ในขั้นตอนที่ 3

7. เมื่อมีการผ่านเงื่อนไขตัดสินใจแล้ว ต่อไปเป็นการใช้โมดูล Assign เพื่อกำหนดให้เข้าเครื่องจักรที่เลือกตากกฎการจัดลำดับงาน ดังรูปที่ ก.22

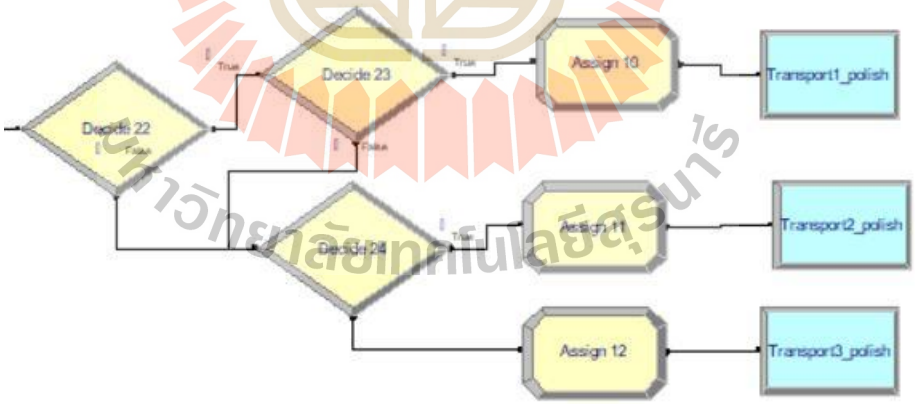


รูปที่ ก.22 ตัวอย่างการตั้งค่าในโมดูล Assign ในขั้นตอนที่ 3

8. หลังจาก Assign เครื่องจักรแล้วจะใช้โมดูล Transport ในการเรียกอุปกรณ์การขนส่งมารับงานไปส่งตามเครื่องจักรที่ได้ Assign ไว้ ดังรูปที่ ก.23



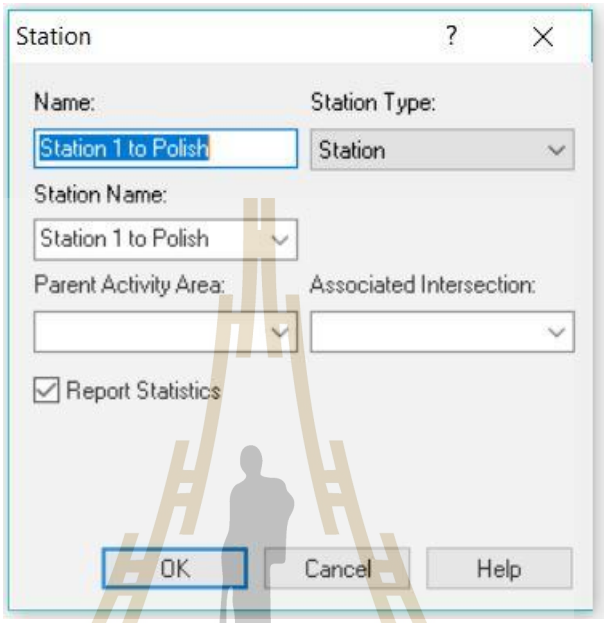
รูปที่ ก.23 ตัวอย่างการตั้งค่าในโมดูล Transport ในขั้นตอนที่ 3



รูปที่ ก.24 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรม Arena ของงานกลม ในขั้นตอนที่ 3

ก.1.4 ขั้นตอนที่ 4

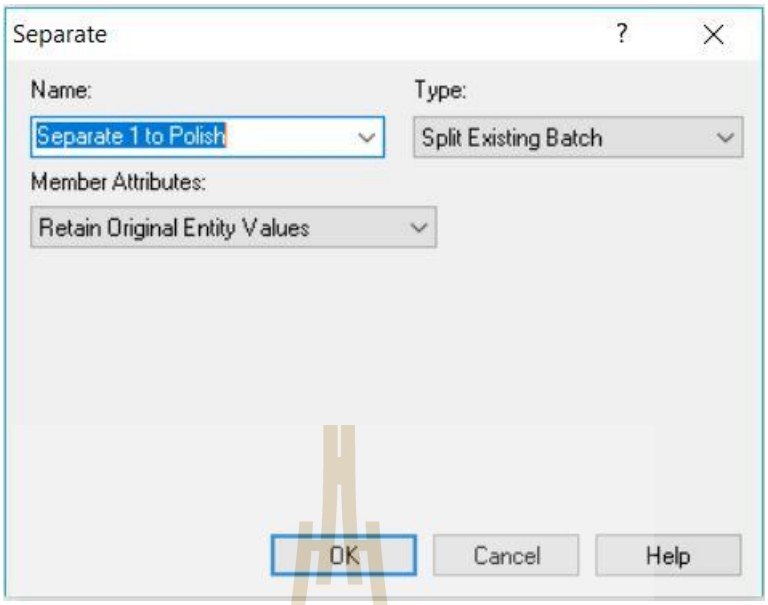
1. ขั้นตอนนี้เป็นการสร้างสถานีงานด้วยการใช้โมดูล Station เพื่อเป็นการกำหนดจุดเพื่อให้อุปกรณ์ขนส่งมาส่งงานตามจุดที่ได้เลือกไว้ตามกฎการจัดลำดับงาน ดังรูปที่ ก.25



รูปที่ ก.25 ตัวอย่างการตั้งค่าในโมดูล Station ขั้นตอนที่ 4

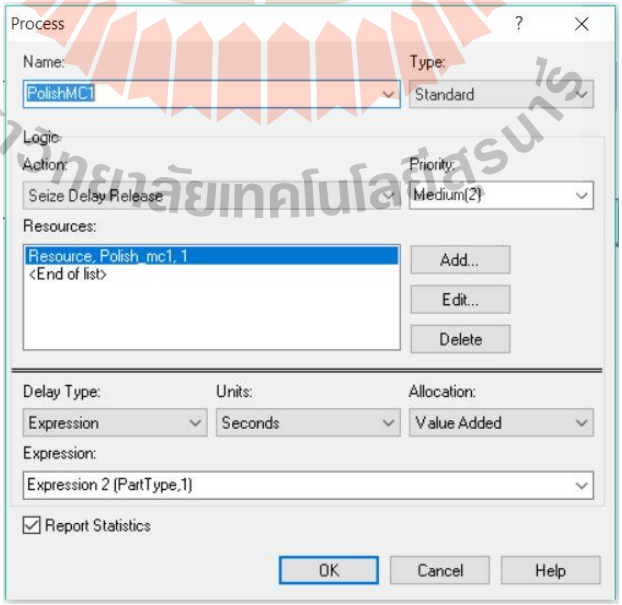
2. เมื่องานถูกนำส่งเรียบร้อยแล้ว งานจะถูกแยกออกจากกล่องที่ใส่รวมกันมาจากโมดูล Batch ทีละอันด้วยโมดูล Separate เพื่อนำเข้ากระบวนการผลิตทีละอัน ดังรูปที่ ก.25

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

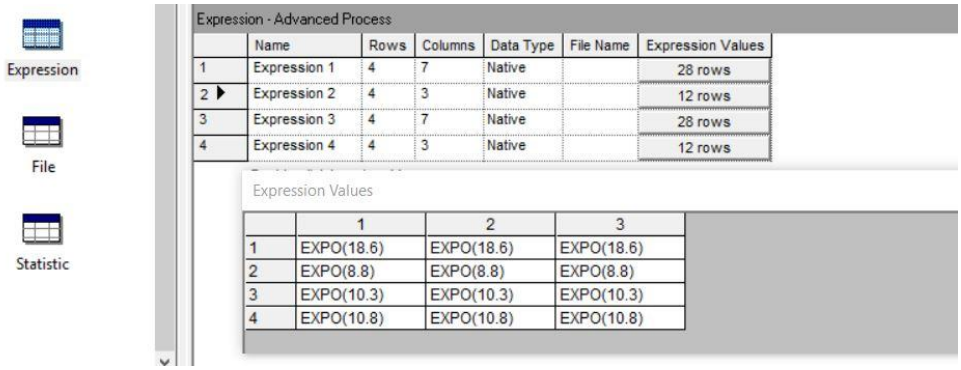


รูปที่ ก.25 ตัวอย่างการตั้งค่าในโมดูล Separate ขั้นตอนที่ 4

3. ต่อไปเป็นการใช้โมดูล Process เพื่อใช้เป็นจุดที่ทำการผลิต ดังรูปที่ 3.42 โดยมีการเรียกใช้เวลาการผลิตของแต่ละงาน ซึ่งในขั้นตอนนี้จะเป็นเวลาของขั้นตอนการขัดเงา จากการใช้ซับโมดูล Expression ดังรูปที่ ก.26

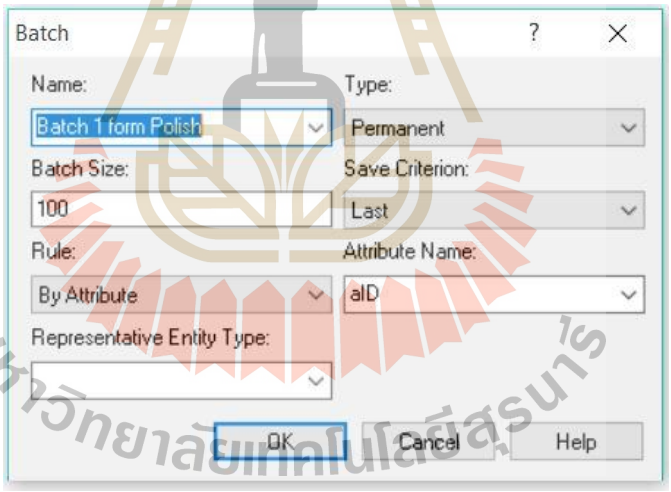


รูปที่ ก.27 ตัวอย่างการตั้งค่าในโมดูล Process ขั้นตอนที่ 4



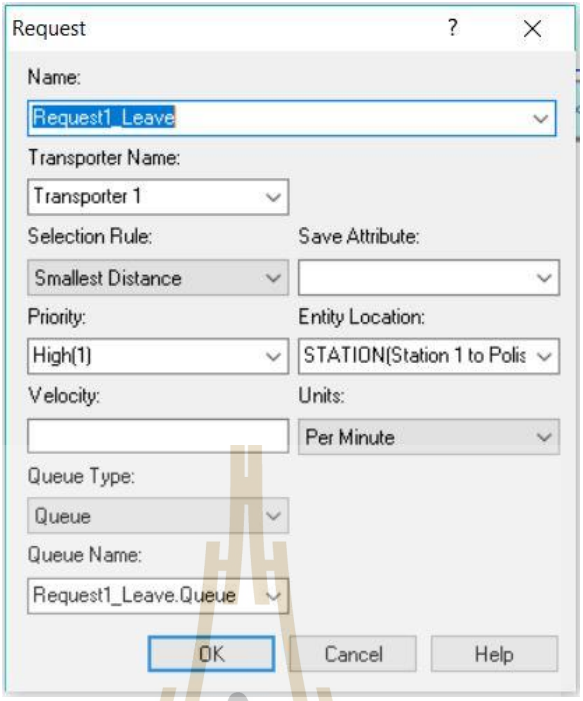
รูปที่ ก.28 ตัวอย่างการตั้งค่าในซับโมดูล Expression ขั้นตอนที่ 4

4. เมื่อชิ้นงานผ่านกระบวนการตะไบจากโมดูล Process แล้ว จะใช้โมดูล Batch ในการรวบรวมชิ้นงานให้พร้อมสำหรับการขนส่งไปยังสถานีต่อไป โดยการรวมจะเท่ากับตอนที่ขนส่งมานั่นเอง ดังรูปที่ ก.29



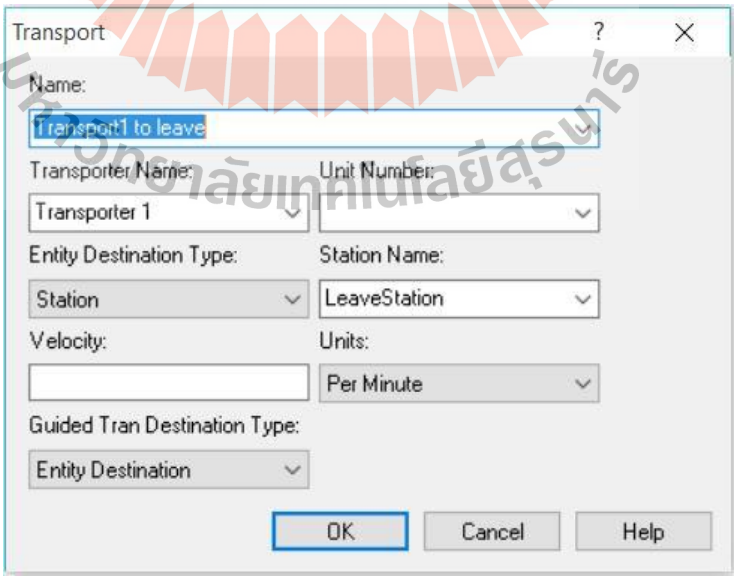
รูปที่ ก.29 ตัวอย่างการตั้งค่าในซับโมดูล Batch ขั้นตอนที่ 4

5. หลังจากรวบรวมงานพร้อมสำหรับขนส่งแล้ว จะใช้โมดูล Request เพื่อเรียกอุปกรณ์ขนส่งมารับเพื่อนำไปส่งในสถานีต่อไป ดังรูปที่ ก.30

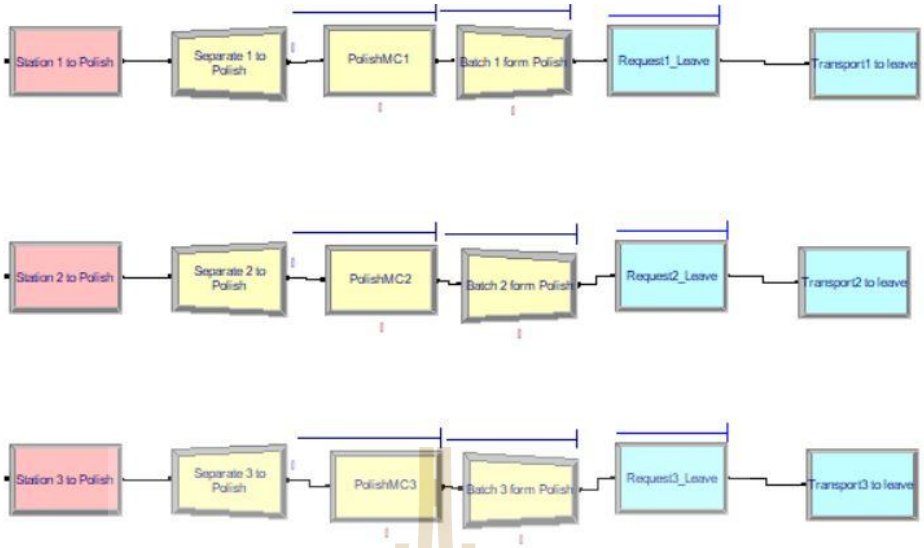


รูปที่ ก.30 ตัวอย่างการตั้งค่าในซับโมดูล Request ขั้นตอนที่ 4

6. ใช้โมดูล Transport เพื่อใช้อุปกรณ์ขนส่ง นำงานส่งต่อไปยังสถานีต่อไป คือการนำงานออกจากระบบ ดังรูปที่ ก.31



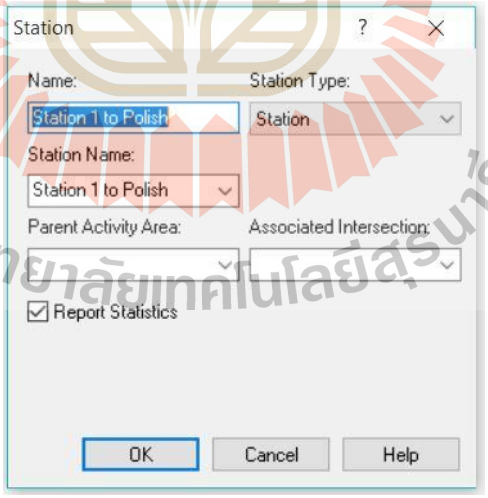
รูปที่ ก.31 ตัวอย่างการตั้งค่าในซับโมดูล Transport ขั้นตอนที่ 4



รูปที่ ก.32 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรม Arena ของงานกลม ในขั้นตอนที่ 4

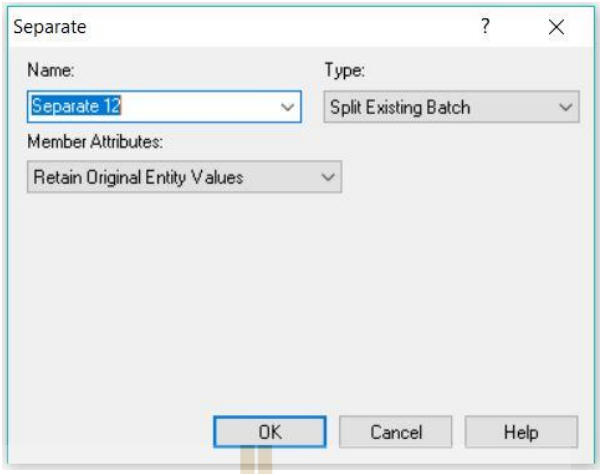
ก.1.5 ขั้นตอนที่ 5

1. ใช้โมดูล Station เพื่อกำหนดจุดให้อุปกรณ์ขนส่งน้ำงานมาส่ง ซึ่ง Station นี้เป็นสถานีออกจากระบบ ดังรูปที่ ก.33



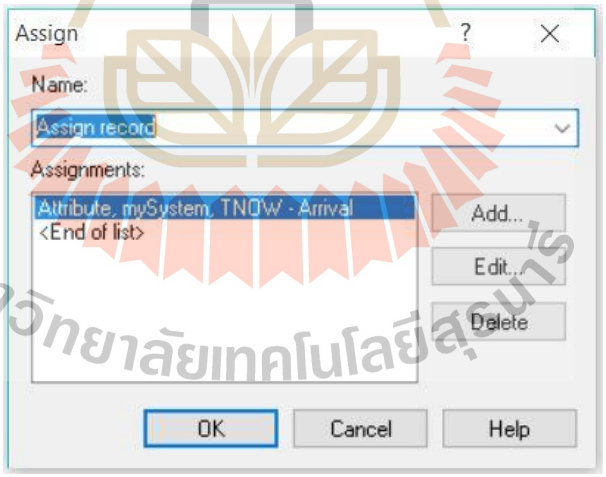
รูปที่ ก.33 ตัวอย่างการตั้งค่าในโมดูล Station ขั้นตอนที่ 5

2. เมื่องานออกจากระบบแล้ว จะทำการแยกงานออกเป็นชิ้นเพื่อเก็บผลลัพธ์ ด้วยการใช้โมดูล Separate ดังรูปที่ ก.34



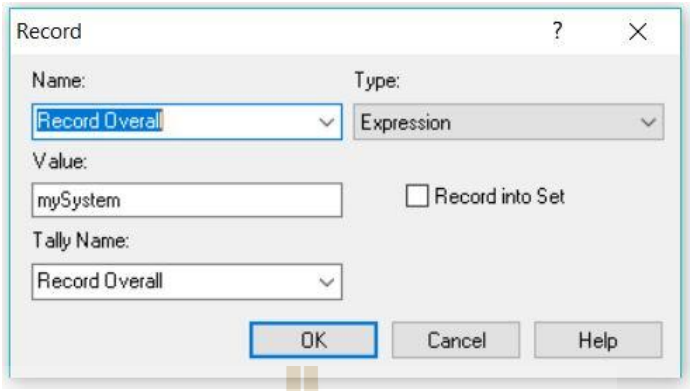
รูปที่ ก.34 ตัวอย่างการตั้งค่าในโมดูล Separate ขั้นตอนที่ 5

3. ใช้โมดูล Assign ในการกำหนดค่าเพื่อเก็บผลลัพธ์เวลาตั้งแต่งานเข้าสู่ระบบจนออกจากระบบ ในชื่อ mySystem ซึ่งมีค่า TNOW เป็นเวลาเริ่มต้นจากการ Assign ในขั้นตอนที่ 1 ลบด้วยเวลาการเข้าสู่ระบบคือ Arrival ดังรูปที่ ก.35



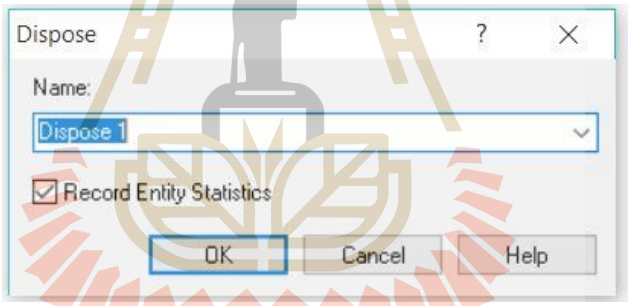
รูปที่ ก.35 ตัวอย่างการตั้งค่าในโมดูล Assign ในขั้นตอนที่ 5

4. ช้าโมดูล Record ในการเก็บข้อมูลที่เราต้อง ในที่นี้คือเก็บผลลัพธ์ในชื่อ Record Overall ซึ่งเป็นการเก็บค่า mySystem ที่ได้จากการใช้โมดูล Assign ดังรูปที่ ก.36

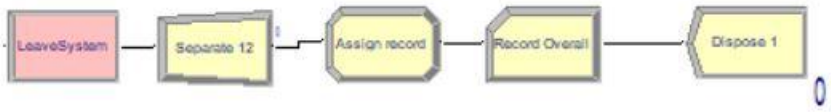


รูปที่ ก.37 ตัวอย่างการตั้งค่าในโมดูล Record ในขั้นตอนที่ 5

5. โมดูล Dispose ใช้สำหรับจบโปรแกรม ดังรูปที่ ก.38

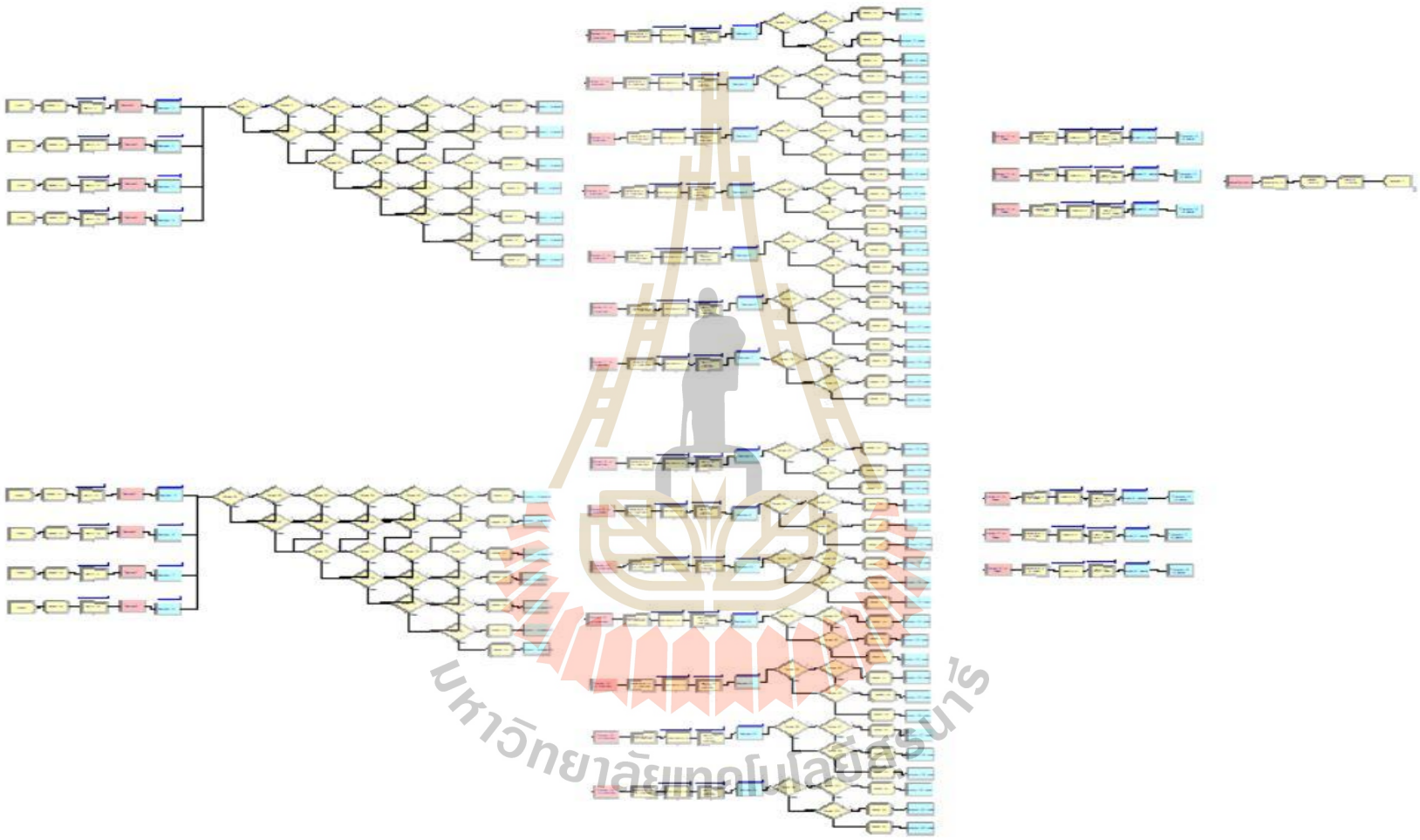


รูปที่ ก.38 ตัวอย่างการตั้งค่าในโมดูล Record



รูปที่ ก.39 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรม Arena ของงานกลม ในขั้นตอนที่ 5

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ ก.40 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรม Arena โดยรวม

ภาคผนวก ข

บทความที่ได้รับการเผยแพร่

รายชื่อบทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

ทิติยา วาปีเน และ กัญชา สุดตาชาติ. **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพกฎการจัดลำดับงานสำหรับงานสั่งผลิต เมื่อมีเงื่อนไขเวลาส่ง**. การประชุม วิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2560 (IE-Net), โรงแรมดิเอ็มเพรส เชียงใหม่, เชียงใหม่, 12-15 กรกฎาคม 2560.

Titiya Vapeenae and Kanchala Sudtachart. **Comparison of an Efficiency of Dispatching Rules and Heuristic for Scheduling Model with Transfers Time.** 2018 International Conference on Frontiers of Industrial Engineering (ICFIE 2018), Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, 15-17 March 2018.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นางสาวทิติยา วาปีเน เกิดเมื่อวันที่ 5 ตุลาคม 2535 ที่อยู่เลขที่ 45 หมู่ 1 ตำบลโคกขี้หนอน อำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี

ประวัติการศึกษา

เริ่มการศึกษาในระดับประถมศึกษาที่ โรงเรียนประชาสงค์เคราะห์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่1-6 ที่โรงเรียนดัดดรุณี จังหวัดฉะเชิงเทรา และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต หลักสูตรวิศวกรรมการผลิต สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปีพ.ศ.2558 จากนั้นเข้าศึกษาระดับปริญญาโท ในมหาวิทยาลัยเดิม ภายใต้หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกลและระบบกระบวนการ โดยได้รับทุนการศึกษา “ ทุนวิจัยจากแหล่งทุนภายนอกจากกองทุนสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา ”

ประสบการณ์

เมื่อปีพ.ศ. 2558 ได้เข้าสหกิจศึกษา ณ บริษัท ดาน่า สไปเซอร์ (ประเทศไทย) ตำบลปลวกแดง อำเภอปลวกแดง จังหวัดระยอง ตำแหน่งผู้ช่วยวิศวกร

ในระหว่างการศึกษาระดับปริญญาโท ได้เข้าร่วมงานประชุมวิชาการได้รับการตีพิมพ์บทความทางวิชาการจำนวน 1 ฉบับ ในวารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ ปีที่ 5 ฉบับที่2 ด้วยหัวข้อ “ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพกฎการจัดลำดับงานสำหรับงานสั่งผลิต เมื่อมีเงื่อนไขเวลาขนส่ง ” และได้นำเสนอผลงานทางวิชาการระดับนานาชาติในหัวข้อ “COMPARISON OF AN EFFICIENCY OF DISPATCHING RULE AND HEURISTIC FOR A SCHEDULING MADEL WITH TRANFERS TIME” ในงานสัมมนาวิชาการ 2018 INTERNATIONAL CONFERENCE ON FRONTIERS OF INDUSTRIAL ENGINEERING (ICFIE 2018) ครั้งที่ 5 ณ The Hong Kong Polytechnic University