การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อหาแนวทางการปรับปรุง
ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต
กรณีศึกษา บริษัทผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิคส์

APPLICATION OF COMPUTER SIMULATION FOR PRODUCTION IMPROVEMENT: A CASE STUDY OF ELECTRONIC PART MANUFACTURING COMPANY

นายสุรสิทธิ์ แซ่เล้า รหัส 57361692

นายอดิศัย กุลอัก รหัส 57361722

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2560

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต กรณีศึกษา บริษัทผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิคส์

ผู้ดำเนินโครงงาน นายสุรสิทธิ์ แซ่เล้า รหัส 57361692
นายอดิศัย กุลอัก รหัส 57361722

ที่ปรึกษาโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ปีการศึกษา 2560

....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.... ที่ปรึกษาโครงงาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ)

.... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง)

.... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีสัจจา วิทยศักดิ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต กรณีศึกษา บริษัทผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิคส์
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายสุรสิทธิ์ แซ่เล้า รหัส 57361692
	นายอดิศัย กุลอัก รหัส 57361722
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2560

....

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ทำการศึกษาและสร้างแบบจำลองกระบวนการผลิตของบริษัทผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิคส์ เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต ให้กับผู้ประกอบการในการแก้ไขปัญหาความไม่ต่อเนื่องในการทำงาน ปัญหาจุดคอขวดที่เกิดขึ้นในสายการผลิต ให้มีประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มขึ้นและปัญหาแถวคอยในจุดคอขวดลดลง ดังนั้นจึงได้ศึกษากระบวนการขั้นตอนการทำงานและเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อที่จะสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ ที่ได้จำลองระบบการผลิตของสายการผลิตจริง เพื่อที่จะศึกษาและเรียนรู้ปัญหาที่เกิดขึ้นของกระบวนการผลิตและหาแนวทางปรับปรุงเพื่อให้ประสิทธิภาพการทำงานของสายการผลิตนั้นดีขึ้น

สำหรับการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ ในการทำโครงงานนี้ ได้ใช้โปรแกรม Arena ในการสร้าง โดยได้ทำการหาแนวทางการปรับปรุงและสร้างแบบจำลองไว้ 5 แนวทาง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากแนวทางการปรับปรุงแต่ละแนวทาง คือ แนวทางจัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการปรับปรุงตามหลักทฤษฎี การจัดสมดุลสายการผลิต จะทำให้เวลารอคอยในแถวคอยเฉลี่ยลดลงร้อยละ 31.41 ประสิทธิภาพในการทำงานจะคิดเป็นร้อยละ 85.07 แนวทางจัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่ จะทำให้เวลารอคอยในแถวคอยเฉลี่ยลดลงร้อยละ 7.02 ประสิทธิภาพในการทำงานจะคิดเป็นร้อยละ 77.48 แนวทางจัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการเพิ่มสถานีงาน 1 สถานีงาน จะทำให้เวลารอคอยในแถวคอยเฉลี่ยลดลงร้อยละ 9.69 ประสิทธิภาพในการทำงานจะคิดเป็นร้อยละ 76.91 แนวทางจัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการเพิ่มสถานีงาน 2 สถานีงาน จะทำให้เวลารอคอยในแถวคอยเฉลี่ยลดลงร้อยละ 22.21 ประสิทธิภาพในการทำงานจะคิดเป็นร้อยละ 83.91 และแนวทางจัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการลดสถานีงาน 1 สถานีงาน จะทำให้เวลารอคอยในแถวคอยเฉลี่ยลดลงร้อยละ 32.83 ประสิทธิภาพในการทำงานจะคิดเป็นร้อยละ 96.85

Project Title	APPLICATION OF COMPUTER SIMULATION FOR PRODUCTION IMPROVEMENT: A CASE STUDY OF ELECTRONIC PART MANUFACTURING COMPANY
Name	Mr. Surasit Saelao Code 57361692
	Mr. Adisai Kul-ak Code 57361722
Project Advisor	Asst.Prof.Dr.Pupong Pongcharoen
Major	Industrial Engineering
Department	Industrial Engineering
Academic	2560

Abstract

This study was aimed to improve the efficiency of electronic part production system.

Raw data such as manufacturing process, were collected and analyzed using input analyzer provided by simulation programming package called Arena. There were 5 process improvement. The result from developed was hierarchy of workstation, which improved based theorical (1) Improvement, The waiting time was decreased by 31.41% with 85.07% work efficiency. (2) Applied Line balancing, the waiting time was decreased by 7.02% with 77.48% work efficiency. (3) Adding one more workstation, the waiting time was decreased by 9.69% with 76.91% work efficiency. (4) Adding two more workstation, the waiting time was decreased by 22.21% with 83.91% work efficiency. (5) Reducing one workstation, the waiting time was decreased by 32.83% with 96.85% work efficiency.

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี จากความช่วยเหลือและความร่วมมือที่ได้รับจากหลายๆ ฝ่าย หลายบุคคล อันได้แก่

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่คอยให้ความช่วยเหลือชี้แนะในเรื่องต่างๆ ทั้งการวิเคราะห์ปัญหา การแก้ปัญหา และติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินงาน จนทำให้การทำปริญญานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ รวมถึงการนำเอาความรู้ที่ได้จากการทำโครงงานไปใช้จริงให้เกิดประโยชน์มากที่สุด จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีสัจจา วิทยศักดิ์ กรรมการสอบปริญญานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะ แนวทางแก้ไข และให้แนวคิดต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำโครงงานครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ บริษัท ผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิคส์ ที่ให้ข้อมูลที่จำเป็นในการทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้เป็นอย่างดี และขาดไม่ได้ต้องขอขอบพระคุณพนักงานภายในบริษัท ผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิคส์ทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลด้วยดีตลอดมาจนกระทั่งการทำโครงงานเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนบุคคลต่างๆ ที่ให้ความช่วยเหลืออีกมากมาย ที่ผู้ดำเนินโครงงานไม่สามารถกล่าวนามได้หมดในที่นี้ ผู้ดำเนินโครงงานรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและความปรารถนาดีของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณไว้ในโอกาสนี้

ผู้ดำเนินโครงงาน
นายสุรสิทธิ์ แซ่เล้า
นายอดิศัย กุลอัก

พฤษภาคม 2561

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข

Abstract ..... ค

กิตติกรรมประกาศ ..... ง

สารบัญ ..... จ

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูป ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output) 2

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome) 2

1.5 ขอบเขตในการโครงงาน 3

1.6 สถานที่ในการดำเนินการโครงงาน 3

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินการโครงงาน 3

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 4

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น 5

2.1 ระบบงาน 5

2.2 ประเภทของระบบงาน 6

2.2.1 ระบบต่อเนื่องหรือเป็นช่วงเวลา 6

2.2.2 ระบบตายตัวหรือระบบไม่แน่นอน 6

2.3 แบบจำลอง 6

2.3.1 เครื่องมือช่วยคิด 6

2.3.2 เครื่องสื่อความหมาย 7

2.3.3 เครื่องช่วยสอนและฝึกอบรม 7

2.3.4 เครื่องมือสำหรับการทำนาย 7

2.3.5 เครื่องมือสำหรับทดลอง 7

2.4 กระบวนการจำลองแบบปัญหา 7

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.1 การตั้งปัญหาและการให้คำจำกัดความของระบบงาน..8
2.4.2 การสร้างแบบจำลอง..8
2.4.3 การจัดเตรียมข้อมูล..8
2.4.4 การแปรรูปแบบจำลอง..8
2.4.5 การทดสอบความถูกต้อง..8
2.4.6 การออกแบบการทดลอง..9
2.4.7 การวางแผนการใช้งานแบบจำลอง..9
2.4.8 การดำเนินการทดลอง..9
2.4.9 การตีความผลการทดลอง..9
2.4.10 การนำไปใช้งาน..9
2.4.11 การจัดทำเป็นเอกสารการใช้งาน..9
2.5 การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์..9
2.6 การศึกษาเวลา..10
2.6.1 เวลามาตรฐาน..10
2.6.2 เทคนิคที่ใช้ในการหาเวลามาตรฐาน..11
2.6.3 การหาเวลามาตรฐานโดยใช้วิธีการจับเวลาโดยตรง..11
2.7 การศึกษาการทำงาน..12
2.7.1 การศึกษาวิธีการทำงาน..13
2.7.2 การวัดงาน..13
2.8 การสร้างแบบจำลอง..13
2.9 ประเภทของกระบวนการผลิต..13
2.9.1 กระบวนการผลิต..13
2.9.2 แผนผังกระบวนการผลิต..14
2.10 การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง..16
2.10.1 การพิสูจน์ยืนยัน..16
2.10.2 การทดสอบความถูกต้อง..16
2.11 ผังก้างปลา..17
2.11.1 วิธีการสร้างแผนผังก้างปลา..17
2.11.2 การกำหนดปัจจัยบนแผนผังก้างปลา..17
2.11.3 การกำหนดหัวข้อปัญหาที่หัวปลา..18
2.11.4 ส่วนประกอบของแผนผังก้างปลา..18

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.11.5 หลักการเบื้องต้นของแผนผังก้างปลา 19
2.12 ผังงาน 19
2.13 วงจรคุณภาพ 20
2.13.1 การวางแผน 20
2.13.2 การปฏิบัติ 20
2.13.3 การตรวจสอบ 20
2.13.4 การปรับปรุงแก้ไข 20
2.14 หลักการ ECRS 21
2.14.1 การกำจัด 21
2.14.2 การรวมกัน 21
2.14.3 การจัดใหม่ 21
2.14.4 การทำให้ง่าย 21
2.15 การจัดสมดุลสายการผลิต 21
2.16 การทดสอบสมมติฐาน สถิติทดสอบที (T-test) 24
2.16.1 ข้อตกลงเบื้องต้นของการทดสอบ T–test 24
2.16.2 ขั้นตอนการทดสอบ 24

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการโครงงาน 27
3.1 การศึกษาและรวบรวมข้อมูล 28
3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล 28
3.2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้โปรแกรม Arena 29
3.2.2 ข้อมูลผังโรงงานและผังสายการผลิต 29
3.2.3 วิเคราะห์ลำดับขั้นตอนกระบวนการทำงาน 30
3.2.4 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยใช้ทฤษฎีผังก้างปลา 31
3.2.5 วิเคราะห์หลักการศึกษาการปฏิบัติงานทางอุตสาหกรรม 31
3.3 หาแนวทางการปรับปรุงการทำงานในสายการผลิต 35
3.3.1 .ใช้แผนผังก้างปลาในการวิเคราะห์หาสาเหตุ 35
3.3.2 สร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ 36
3.4 การนำเสนอแนวทางการปรับปรุงให้กับผู้ที่เกี่ยวข้องพิจารณา 36
3.5 จัดเตรียมข้อมูลที่ใช้สร้างแบบจำลอง 36

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5.1 การเก็บข้อมูล......36
3.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลและแปรรูปข้อมูล......37
3.6 การสร้างแบบจำลอง......41
3.6.1 การสร้างแบบจำลอง......41
3.6.2 การทดลองประมวลผล......50
3.7 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง......53
3.7.1 การพิสูจน์ยืนยัน......53
3.7.2 การทดสอบความถูกต้อง......53
3.8 การปรับปรุงการทำงานในสายการผลิต......56
3.8.1 จัดสถานีการทำงานใหม่ โดยทำการปรับปรุงตามหลักทฤษฎี......58
3.8.2 จัดสถานีการทำงานใหม่โดยการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่......63
3.8.3 จัดสถานีการทำงานใหม่โดยการเพิ่มสถานีงาน 1 สถานีงาน......66
3.8.4 จัดสถานีการทำงานใหม่โดยการเพิ่มสถานีงาน 2 สถานีงาน......70
3.8.5 จัดสถานีการทำงานใหม่โดยการลดสถานีงาน 1 สถานีงาน......73
3.9 การสรุปผลการดำเนินโครงงาน......76

บทที่ 4 วิธีการดำเนินการโครงงาน......77
4.1 การสร้างแบบจำลองจากแนวทำการปรับปรุง......77
4.1.1 แบบจำลองแนวทางจัดสถานีการทำงานใหม่ ปรับปรุงตามหลักทฤษฎี......79
4.1.2 แนวทางจัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่......81
4.1.3 แนวทางจัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการเพิ่มสถานีงาน 1 สถานีงาน......83
4.1.4 แนวทางจัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการเพิ่มสถานีงาน 2 สถานีงาน......85
4.1.5 แนวทางจัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการลดสถานีงาน 1 สถานีงาน......87
4.2 ผลการทดลอง......89
4.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง......89

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ......93
5.1 สรุปผลการทดลอง......93
5.2 ข้อดีและข้อเสียของโครงงาน......95
5.2.1 ข้อดี......95
5.2.2 ข้อเสีย......96

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม 96
5.4 แนวทางในการพัฒนาต่อไป 97

เอกสารอ้างอิง 98

ภาคผนวก ก วิธีการใช้การวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า (Input Analyzer)..99

ภาคผนวก ข การเขียนแบบจำลอง 123
ภาคผนวก ข.1 ตัวอย่างการเขียนแบบจำลอง...124
ภาคผนวก ข.2 การทดลองประมวลผลโปรแกรม 148

ภาคผนวก ค การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง 149

ภาคผนวก ง การปรับปรุงการทำงานในสายการผลิต...152
ภาคผนวก ง.1 ตารางแสดงลำดับขั้นตอนการผลิตและขั้นตอนถัดไป........................153
ภาคผนวก ง.2 รูปแสดงแผนผังการไหล 158
ภาคผนวก ง.3 ตารางแผนผังขั้นตอนการผลิต ของแต่ละแนวทางการปรับปรุง 161

ภาคผนวก จ แบบประเมินความพึงพอใจ 166

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 4
2.2 สัญลักษณ์และความหมายที่ใช้ในผังงาน 19
3.1 ขั้นตอนการทำงานของแต่ละสถานีงาน (Station) 33
3.2 กิจกรรมและสถานีงานที่ทำการจับเวลา 38
3.3 แสดงผลข้อมูลที่ได้จากการใช้ Input Analyzer วิเคราะห์ทั้งหมด 41
3.4 แผนผังขั้นตอนการผลิต (Process Chart) 42
3.5 ตารางแสดงการกำหนดชื่อของแต่ละ Module 43
3.6 ตารางแสดงการจัดสมดุลสายการผลิตตามหลักทฤษฎี 60
4.1 แสดงผลการประมวลผลของแบบจำลองต้นแบบ 77
4.2 แสดงเวลาแถวคอยเฉลี่ยของแต่ละสถานีงาน 78
4.3 ตารางสรุปผลการประมวลผลของแบบจำลองที่เป็นแนวทางการปรับปรุง 89
5.1 แสดงการสรุปผลการทดลอง 94

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 แผนผังก้างปลาในการวิเคราะห์ ... 2
2.1 แผนผังตามกระบวนการผลิต ... 14
2.2 แผนผังตามผลิตภัณฑ์ ... 15
2.3 แผนผังแบบผลิตภัณฑ์อยู่กับที่ ... 15
2.4 ตัวอย่างแผนผังก้างปลา ... 18
3.1 ผังแสดงขั้นตอนการดำเนินโครงงาน ... 27
3.2 แผนผังโรงงาน ... 29
3.3 แผนผังสายการผลิตที่ทำการศึกษา ... 29
3.4 ผังลำดับขั้นตอนการผลิต ... 30
3.5 แผนผังการปลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา ... 31
3.6 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ข้อมูลการนำสเตเตอร์เข้าสู่ระบบการประกอบฝาหลัง ... 38
3.7 แบบจำลองของสายการผลิต PD-5 ... 45
3.8 แบบจำลองในส่วนของสถานีงาน (Station) ที่ 1 ... 46
3.9 แบบจำลองในส่วนของสถานีงาน (Station) ที่ 2 ... 47
3.10 แบบจำลองในส่วนของสถานีงาน (Station) ที่ 3 ... 47
3.11 แบบจำลองในส่วนของสถานีงาน (Station) ที่ 4 ... 48
3.12 แบบจำลองในส่วนของสถานีงาน (Station) ที่ 5 ... 49
3.13 ภาพเคลื่อนไหว (Animation) แสดงสถานะว่างงาน (Idle) ... 50
3.14 ภาพเคลื่อนไหว (Animation) แสดงสถานะทำงาน (Busy) ... 50
3.15 ช่วงเวลาคงที่ (Warm-up Period) ... 51
3.16 แสดงจำนวนชิ้นงานเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลอง (Number Out) ... 52
3.17 แสดงจำนวนเวลาเฉลี่ยที่ใช้ของชิ้นงานในแบบจำลอง (Time) ต่อชิ้นงาน 1 ชิ้น ... 52
3.18 แสดงผลลัพธ์จากการทดสอบสมมติฐานของสายการผลิต PD-5 ... 54
3.19 แผนผังการไหลของสายการผลิต ก่อนทำการปรับปรุง ... 56
3.20 กราฟแสดงเวลาในการทำงานของสายการผลิต ก่อนทำการปรับปรุง ... 57
3.21 กราฟแสดงเวลาในการทำงานของสายการผลิต หลังทำการปรับปรุงตามหลักทฤษฎี ... 62
3.22 กราฟแสดงเวลาในการทำงานของสายการผลิต หลังจัดสมดุลสายการผลิตใหม่ ... 65
3.23 กราฟแสดงเวลาในการทำงานของสายการผลิต หลังเพิ่มสถานีงาน 1 สถานีงาน ... 69
3.24 กราฟแสดงเวลาในการทำงานของสายการผลิต หลังเพิ่มสถานีงาน 2 สถานีงาน ... 72
3.25 กราฟแสดงเวลาในการทำงานของสายการผลิต หลังลดสถานีงาน 1 สถานีงาน ... 75

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.2 แผนผังโรงงาน 29
4.1 แบบจำลองของการปรับปรุงตามหลักทฤษฎี 79
4.2 แสดงจำนวนชิ้นงานเฉลี่ย (Number Out) ของการปรับปรุงตามหลักทฤษฎี 80
4.3 แสดงเวลารอคอยเฉลี่ยที่ได้การปรับปรุงตามหลักทฤษฎี 80
4.4 แบบจำลองของการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่ 81
4.5 แสดงจำนวนชิ้นงานเฉลี่ย (Number Out) ของการการจัดสมดลสายการผลิตใหม่ 82
4.6 แสดงเวลารอคอยเฉลี่ยของการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่....... 82
4.7 แบบจำลองของการเพิ่มสถานีงาน 1 สถานีงาน 83
4.8 แสดงจำนวนชิ้นงานเฉลี่ย (Number Out) ของการเพิ่มสถานีงาน 1 สถานีงาน....... 84
4.9 แสดงเวลารอคอยเฉลี่ยของการเพิ่มสถานีงาน 1 สถานีงาน....... 84
4.10 แบบจำลองของการเพิ่มสถานีงาน 2 สถานีงาน 85
4.11 แสดงจำนวนชิ้นงานเฉลี่ย (Number Out) ของการเพิ่มสถานีงาน 2 สถานีงาน 86
4.12 แสดงเวลารอคอยเฉลี่ยของการเพิ่มสถานีงาน 2 สถานีงาน....... 86
4.13 แบบจำลองของการลดสถานีงาน 1 สถานีงาน....... 87
4.14 แสดงจำนวนชิ้นงานเฉลี่ย (Number Out) ของการลดสถานีงาน 1 สถานีงาน 88
4.15 แสดงเวลารอคอยเฉลี่ยของการลดสถานีงาน 1 สถานีงาน 88

มหาวิทยาลัยนเรศวร

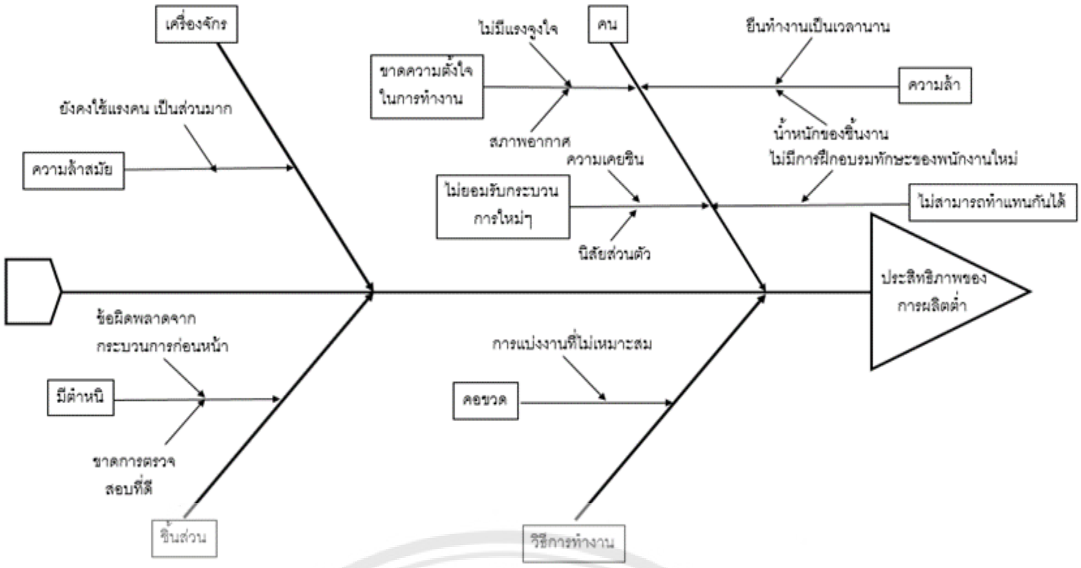
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันระบบงานในกระบวนการทางอุตสาหกรรมนั้น ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ทราบถึงกระบวนการขั้นตอน หรือกรรมวิธีของอุตสาหกรรมนั้น เพื่อให้เกิดการพัฒนากระบวนการขั้นตอนหรือกรรมวิธีอย่างมีประสิทธิภาพ จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาระบบงานของอุตสาหกรรมนั้นให้เข้าใจ เช่น ระบบการให้บริการ ระบบการขนส่ง ระบบการผลิต ในทางอุตสาหกรรม ซึ่งการศึกษาระบบต่างๆนั้น หากระบบที่ต้องการศึกษานั้นเป็นระบบเล็กๆที่ไม่ซับซ้อนและการทำการศึกษาไม่มีผลกระทบต่อตัวระบบทำให้สามารถทำการศึกษาจากตัวระบบจริงได้ แต่ถ้าหากระบบที่ต้องการศึกษานั้นเป็นระบบที่ใหญ่และค่อนข้างซับซ้อน การที่จะศึกษาจากตัวระบบจริงนั้นอาจจะทำได้ยาก เพราะอาจส่งผลกระทบต่อกระบวนการในระบบ เช่น เวลา ค่าใช้จ่าย เป็นต้น ดังนั้น จึงมีการจำลองระบบที่ต้องศึกษาขึ้นมาเพื่อความสะดวก และไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการในระบบจริง วิธีการดังกล่าวเรียกว่า “การจำลองแบบปัญหา”

ด้วยเหตุนี้ เมื่อกระบวนการผลิตมีความสำคัญในการผลิตผลิตภัณฑ์ขึ้นมาชนิดหนึ่ง เป็นเหตุผลให้มีแนวคิดที่จะปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยอาศัยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่ทำการจำลองผังของโรงงานและกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งยังลดเวลาในการรอคอยของชิ้นงานและช่วยลดอัตราการใช้งานของเครื่องจักรลงได้อีกด้วย

โครงงานนี้เป็นการศึกษาแบบจำลองระบบการทำงานของกระบวนการผลิต ของสายการผลิต PD-5 ที่ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ประเภท ไดชาร์จ คัทเอาท์ ในบริษัทผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิคส์ที่ประสบปัญหาเรื่องการรอคอยงานเกิดจุดคอขวด จึงทำให้การไหลของชิ้นงานไม่ต่อเนื่อง และการแบ่งงานที่ไม่เหมาะสมเพราะเวลาที่ใช้ในการทำงานแต่ละสถานีงานไม่สมดุลกัน และหากจะทำการปรับปรุงในสายการผลิตจริงอาจจะทำให้เกิดความยุ่งยาก เช่น การปรับเปลี่ยนสถานีงาน การลดหรือเพิ่มคนเข้าไปในสายการผลิต อาจทำให้ต้องมีการหยุดสายการผลิตเพื่อทำการปรับเปลี่ยน จึงทำให้เสียเวลาและเสียโอกาสในการเพิ่มผลกำไรให้กับทางบริษัท ซึ่งเมื่อศึกษาเข้าไปถึงกระบวนการวิธีการทำงานของสายการผลิต PD-5 พบว่าผลิตภัณฑ์ รุ่น Big M AL3001 เป็นรุ่นที่มีปริมาณการผลิตที่สูง แต่ในกระบวนการผลิตเกิดความไม่ต่อเนื่องของการไหลของชิ้นงานทำให้เกิดจุดคอขวดในสายการผลิต จึงได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น จากการใช้แผนผังก้างปลาในการวิเคราะห์ สามารถสรุปสาเหตุที่ทำให้การผลิตเกิดจุดคอขวดได้ ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แผนผังก้างปลาในการวิเคราะห์

ดังนั้น ในโครงงานนี้จึงเลือกใช้ Computer Simulation จำลองเหตุการณ์ต่างๆ ในการทำงานของสายการผลิตในโรงงาน เพื่อที่จะจำลองรูปแบบการทำงานของสายการผลิตและศึกษาความเป็นไปได้ในการหาแนวทางปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของสายการผลิตในโรงงานจริง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Model) ที่สามารถประยุกต์ใช้ในการหาแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตของสายการผลิตในโรงงาน

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Outputs)

1.3.1 แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม Arena ที่สามารถไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิตของสายการผลิตในโรงงาน

1.3.2 แนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต 5 แนวทางการปรับปรุง

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcomes)

1.4.1 แบบจำลองสามารถจำลองกระบวนการผลิต สายการผลิต PD-5 รุ่น Big M AL3001 ของบริษัทผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิคส์ได้

1.4.2 เพิ่มประสิทธิภาพด้านอัตราการผลิตของกระบวนการผลิตได้ อย่างน้อย ร้อยละ 5 เมื่อเทียบกับระบบงานปัจจุบัน

1.5 ขอบเขตในการทำโครงงาน

1.5.1 โปรแกรมที่นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการจำลองแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยใช้โปรแกรม Arena

1.5.2 จำลองแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิต 5 แนวทาง ดังนี้ จัดสถานีการทำงานใหม่โดยการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่, จัดสถานีการทำงานใหม่โดยการลดสถานีงาน 1 สถานีงาน, จัดสถานีการทำงานใหม่โดยการให้หลักการทฤษฎี การจัดสมดุลสายการผลิต, จัดสถานีการทำงานใหม่โดยการเพิ่มสถานีงาน 1 สถานีงาน, จัดสถานีการทำงานใหม่โดยการเพิ่มสถานีงาน 2 สถานีงาน

1.5.3 จำลองระบบและขั้นตอนการผลิตของกระบวนการผลิตสายการผลิต PD-5 ผลิตภัณฑ์หลักรุ่น Big M AL3001 ของบริษัทผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิคส์

1.5.4 ปรับปรุงกระบวนการผลิตในรูปของ แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ เพื่อหาเวลาเฉลี่ยต่อชิ้นที่ใช้ และประสิทธิภาพด้านอัตราการผลิตของกระบวนการผลิต

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

1.6.1 สำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.6.2 ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.6.3 บริษัทผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิคส์

1.6.4 ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2560 ถึง เดือน เมษายน พ.ศ. 2561

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

ลำดับ	การดำเนินโครงงาน	ช่วงเวลา								
		2560					2561			
		ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย
1.8.1	ศึกษาและรวบรวมข้อมูล	↔	↔							
1.8.2	วิเคราะห์ข้อมูล		↔							
1.8.3	หาแนวทางการปรับปรุงการทำงานในสายการผลิต			↔						
1.8.4	เสนอแนวทางการปรับปรุงให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องพิจารณา			↔						
1.8.5	จัดเตรียมข้อมูลที่ใช้สร้างแบบจำลอง				↔	↔	↔			
1.8.6	การสร้างแบบจำลอง					↔	↔			
1.8.7	การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง						↔	↔		
1.8.8	ปรับปรุงการทำงานในสายการผลิต								↔	
1.8.9	สรุปผลการดำเนินโครงการ								↔	
1.8.10	จัดทำรูปเล่มโครงงานฉบับสมบูรณ์									↔

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

การจำลองแบบปัญหา (Simulation) ถือเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ได้รับความสนใจ โดยใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาในด้านต่างๆ และนำมาใช้แก้ปัญหาในสาขาอาชีพต่างๆอย่างแพร่หลายในปัจจุบันนั้นเป็นผลเนื่องจากความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในยุคปัจจุบัน

การจำลองแบบปัญหา คือ กระบวนการออกแบบ แบบจำลอง (Model) ของระบบงานที่ทำจริง (Real System) และดำเนินการทดลองใช้แบบจำลองนั้น เพื่อศึกษาเรียนรู้กระบวนการทำงานของระบบงานนั้นๆ หรือเพื่อใช้ในการประเมินผลการใช้แผนในการดำเนินงานต่างๆของระบบภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้

สำหรับกระบวนการของการจำลองแบบปัญหานั้น สามารถแบ่งได้เป็นสองส่วนคือ การสร้างแบบจำลอง และการนำเอาแบบจำลองนั้นไปใช้งานในเชิงวิเคราะห์ โดยกลไกสำคัญของวิธีการการจำลองแบบปัญหานั้น ขึ้นอยู่กับกับแบบจำลองและวิธีการใช้งานแบบจำลองนั้นๆ ซึ่งแบบจำลองที่ใช้ในการจำลองแบบปัญหานั้นอาจเป็นแบบหุ่นแบบระบบ หรือเป็นแบบแนวความคิดลักษณะใดลักษณะหนึ่ง โดยไม่จำเป็นต้องมีลักษณะเหมือนกับระบบงานที่ทำจริง แต่สามารถช่วยในการอธิบายให้เข้าใจถึงระบบงานที่ทำจริงและปรับปรุงการดำเนินงานของระบบงานที่ทำจริงได้

2.1 ระบบงาน

กลไกสำคัญในการจำลองแบบปัญหานั้น ขึ้นอยู่กับแบบจำลองที่ได้สร้างมา ซึ่งการที่จะสร้างแบบจำลองที่สามารถนำไปใช้ในการจำลองแบบปัญหาได้นั้น ผู้สร้างต้องมีความรู้และความเข้าใจในระบบงานที่ทำจริงเป็นอย่างดี โดยความรู้และความเข้าใจในระบบงานจริงนั้น ถือได้ว่าเป็นหัวใจสำคัญในการสร้างแบบจำลองและใช้งานแบบจำลองนั้นๆ ซึ่งระบบงานที่กล่าวมานี้หมายถึงกลุ่มขององค์ประกอบ (Elements) ที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยความหมายของระบบงานจะบอกถึงลักษณะเฉพาะว่าระบบงานนั้นมีลักษณะอย่างไร โดยไม่บอกรูปร่างลักษณะที่แน่ชัด ดังนั้น เมื่อจะทำการศึกษาระบบงานใดระบบงานหนึ่ง จึงจำเป็นที่จะต้องบอกลักษณะรูปร่างหน้าตาของระบบงานที่กำลังศึกษาอยู่อย่างชัดเจน ซึ่งการที่จะบอกรูปร่างหน้าตาของระบบงานที่ชัดเจนนั้นมักจะบอกโดยการกำหนดขอบเขตของระบบงาน (System Boundaries) นั้นก็คือการกำหนดองค์ประกอบของระบบงาน การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบและการกำหนดองค์ประกอบอื่นๆ ที่อยู่นอกระบบงานแต่มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบองค์ประกอบอื่นๆ ที่อยู่นอกระบบนี้ ซึ่งเรียกโดยรวมว่าสิ่งแวดล้อมของระบบงาน (System Environment) โดยองค์ประกอบต่างๆทั้งภายในและภายนอกของระบบงานนั้นจะมีลักษณะเฉพาะตัว (Attributes) ที่จะทำให้เกิดกิจกรรม (Activities)

และกิจกรรมเหล่านั้นภายใต้เงื่อนไขบางประการจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบงาน (System Status) (ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, 2535)

2.2 ประเภทของระบบงาน

ประเภทของระบบงานนั้นสามารถจำแนกออกได้หลายแบบ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะการนำไปใช้งาน การจำลองแบบปัญหา การจำแนกประเภทของระบบงานนั้นเพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน มักจะจำแนกโดยอาศัยลักษณะการเปลี่ยนสถานภาพของระบบ โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท (ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, 2535)

2.2.1 ระบบต่อเนื่องหรือเป็นช่วงเวลา (Continuous Versus Discrete Systems)

ระบบต่อเนื่อง หมายถึง ระบบมีการเปลี่ยนสถานะภาพไปตามระยะเวลาอย่างต่อเนื่อง ระบบช่วงเวลา หมายถึง ระบบมีการเปลี่ยนสถานะภาพ โดยเกิดขึ้นที่ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งอย่างไม่ต่อเนื่อง

2.2.2 ระบบตายตัวหรือระบบไม่แน่นอน (Deterministic Versus Stochastic Systems)

ระบบตายตัว หมายถึง ระบบซึ่งการเปลี่ยนแปลงสถานภาพที่ระดับใหม่ ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากสถานภาพและ กิจกรรมของระบบที่ระดับก่อนหน้านั้น

ระบบไม่แน่นอน หมายถึง ระบบซึ่งการเปลี่ยนสถานภาพเป็นแบบสุ่ม และในบางกรณีก็สามรถหาค่าความน่าจะเป็น (Probability) ของการเปลี่ยนสถานะภาพ

2.3 แบบจำลอง

แบบจำลอง หมายถึง ตัวแทนของวัตถุ ระบบ หรือแนวคิดลักษณะใดลักษณะหนึ่ง แบบจำลองอาจนำไปใช้งานในหลายลักษณะ ดังนี้ (ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, 2535)

2.3.1 เครื่องมือช่วยคิด (An Aid To Thought)

เครื่องมือช่วยคิด (An Aid To Thought) เช่น แบบจำลองโครงข่าย (Network Model) ช่วยทำให้ผู้สร้างแบบจำลองได้มองเห็นว่าจะมีกิจกรรมที่ต้องทำอะไรบ้างและจะต้องทำอะไรก่อนและหลัง

2.3.2 เครื่องสื่อความหมาย (An Aid To Communication)

เครื่องสื่อความหมาย (An Aid To Communication) แบบจำลองจะช่วยให้เข้าใจถึงพฤติกรรมของระบบงานและสามารถช่วยให้อธิบายพฤติกรรมของปัญหา และวิธีการแก้ปัญหาของระบบงานนั้นได้

2.3.3 เครื่องช่วยสอนและฝึกอบรม (Purposes Of Training And Instruction)

เครื่องช่วยสอนและฝึกอบรม (Purposes Of Training And Instruction) เช่น แบบจำลองควบคุมเครื่องบิน จะช่วยให้นักบินสามารถทำความเข้าใจและความคุ้นเคยกับระบบการควบคุมเครื่องบินจริงก่อนขึ้นฝึกบินจริง

2.3.4 เครื่องมือสำหรับการทำนาย (A Tool Of Prediction)

เครื่องมือสำหรับการทำนาย (A Tool Of Prediction) แบบจำลองจะช่วยให้เข้าใจถึงพฤติกรรมของระบบงาน ทำให้ผู้สร้างแบบจำลองนั้นสามารถคาดคะเนหรือทำนายได้ว่า เมื่อมีเหตุการณ์ที่มีผลกระทบต่อองค์ประกอบของระบบงานเกิดขึ้นจะมีผลอะไรเกิดขึ้นกับระบบงานนั้นบ้าง

2.3.5 เครื่องมือสำหรับการทดลอง (An Aid To Experimentation)

เครื่องมือสำหรับการทดลอง (An Aid To Experimentation) โดยแบบจำลองเป็นสิ่งที่สร้างขึ้นมาเพื่อแทนระบบงานจริงในกรณีที่ต้องการทดลองเงื่อนไขต่างๆกับระบบงานจริงแต่ทำไม่ได้ ก็จะนำเอาเงื่อนไขนั้นๆมาทดลองกับแบบจำลองเพื่อดูว่าจะให้ผลอย่างไร เพื่อประโยชน์ในการตัดสินใจว่าควรจะนำเงื่อนไขนั้นๆ ไปใช้กับระบบงานจริงหรือไม่

2.4 กระบวนการจำลองแบบปัญหา

การออกแบบและสร้างแบบจำลองในการจำลองแบบปัญหานั้นไม่มีทฤษฎี หลักเกณฑ์ หรือสูตรที่ตายตัวแน่นอน การออกแบบนั้นจำเป็นต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจในโครงสร้างของระบบงานจริงและปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างถ่องแท้ นอกจากนั้นยังต้องอาศัยศิลปะในการแปลงลักษณะของโครงสร้างของระบบงานให้อยู่ในลักษณะแบบจำลองที่สามารถนำไปใช้ศึกษาปัญหาที่เกิดที่เกิดขึ้นในระบบงานจริง ซึ่งนักจำลองแบบปัญหามักจะมีศิลปะเฉพาะตัวที่ได้รับจากประสบการณ์ในการใช้งานการจำลองแบบปัญหา ปัญหาในการออกแบบและสร้างแบบจำลองเพื่อเป็นการช่วยจัดลำดับความคิดและการทำความเข้าใจกับระบบงานจริงและเพื่อเป็นแนวทางสำหรับการสร้างแบบจำลองอย่างเป็นระเบียบ ซึ่งมีผู้เสนอแนะขั้นตอนต่างๆที่อาจช่วยเป็นแนวทางสำหรับการสร้างแบบจำลอง ดังที่ได้กล่าวมาแล้วขั้นต้นโดยสังเขป ขั้นตอนต่างๆที่กล่าวมานั้นจะประกอบไปด้วย การจัดเตรียมข้อมูล การแปรรูปแบบจำลอง การทดสอบความถูกต้อง การออกแบบการทดลอง การวางแผนการใช้งานแบบจำลอง

การดำเนินการทดลอง การตีความผลการทดลอง การนำไปใช้งาน และการจัดทำเป็นเอกสารการใช้งาน

แม้การจำลองแบบปัญหานั้น อาจไม่จำเป็นที่ต้องอาศัยคอมพิวเตอร์ในการแก้ปัญหาเสมอไป แต่การใช้แบบจำลองปัญหาในปัจจุบันนี้มักจะใช้กับปัญหาที่มีความยุ่งยากซับซ้อนจึงจำเป็นต้องอาศัยคอมพิวเตอร์มาช่วยคำนวณหาข้อมูลต่างๆ ที่ต้องการสำหรับการวิเคราะห์หาวิธีการแก้ปัญหานั้น โดยขั้นตอนต่างๆต่อไปนี้จะเป็นข้อเสนอแนะสำหรับการดำเนินการจำลองแบบปัญหาที่ใช้ คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการคำนวณ (ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, 2535)

2.4.1 การตั้งปัญหาและการให้คำจำกัดความของระบบงาน (Problem Formulation and System Definition)

การตั้งปัญหาและการให้คำจำกัดความของระบบงาน (Problem Formulation and System Definition) ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการจำลองแบบปัญหา ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนของการกำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาระบบงาน การกำหนดขอบเขต ข้อจำกัดต่างๆและวิธีการวัดผลของระบบงาน

2.4.2 การสร้างแบบจำลอง (Model Formulation)

การสร้างแบบจำลอง (Model Formulation) จากลักษณะของระบบงานที่จะต้องทำการศึกษา เขียนแบบจำลองที่สามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบงานตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา

2.4.3 การจัดเตรียมข้อมูล (Data Preparation)

การจัดเตรียมข้อมูล (Data Preparation) วิเคราะห์หาข้อมูลต่างๆที่จำเป็นสำหรับแบบจำลองและจัดเตรียมข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่จะนำไปใช้งานกับแบบจำลองได้

2.4.4 การแปรรูปแบบจำลอง (Model Translation)

การแปรรูปแบบจำลอง (Model Translation) แปลงแบบจำลองไปอยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

2.4.5 การทดสอบความถูกต้อง (Validation)

การทดสอบความถูกต้อง (Validation) เป็นการวิเคราะห์เพื่อช่วยให้ผู้เขียนและผู้ใช้แบบจำลองมั่นใจว่าแบบจำลองที่ได้นั้น สามารถใช้แทนระบบงานจริงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาได้

2.4.6 การออกแบบการทดลอง (Strategic Planning)

การออกแบบการทดลอง (Strategic Planning) เป็นการออกแบบการทดลองที่ทำให้แบบจำลองสามารถให้ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์หาผลลัพธ์ตามที่ต้องการ

2.4.7 การวางแผนการใช้งานแบบจำลอง (Tactical Planning)

การวางแผนการใช้งานแบบจำลอง (Tactical Planning) เป็นการวางแผนว่าจะใช้งานแบบจำลองในการทดลองอย่างไร จึงจะได้ข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ผลเพียงพอ (ด้วยระดับความเชื่อมั่นในผลการวิเคราะห์ที่เหมาะสม) ความแตกต่างระหว่างขั้นตอนนี้กับขั้นตอนการออกแบบการทดลองมีอยู่ว่า ในการออกแบบการทดลองเป็นแต่เพียงการบอกเงื่อนไขของการทดลอง ส่วนขั้นตอนนี้เป็นการบอกว่าจะต้องดำเนินการทดลองตามเงื่อนไขดังกล่าวกี่ครั้งจึงจะได้จำนวนข้อมูลที่เหมาะสม กล่าวคือได้ความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ยอมรับได้ในราคาที่เหมาะสม

2.4.8 การดำเนินการทดลอง (Experimentation)

การดำเนินการทดลอง (Experimentation) เป็นการคำนวณหาข้อมูลต่างๆที่ต้องการและความไวของการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจากแบบจำลอง

2.4.9 การตีความผลการทดลอง (Interpretation)

การตีความผลการทดลอง (Interpretation) จากผลการทดลอง ตีความว่าระบบงานจริงมีปัญหาอย่างไร และการแก้ปัญหาจะได้ผลอย่างไร

2.4.10 การนำไปใช้งาน (Implementation)

การนำไปใช้งาน (Implementation) จากผลการทดลอง เลือกวิธีการที่จะแก้ปัญหาได้ดีที่สุดไปใช้กับระบบงานจริง

2.4.11 การจัดทำเป็นเอกสารการใช้งาน (Documentation)

การจัดทำเป็นเอกสารการใช้งาน (Documentation) เป็นการบันทึกกิจกรรมในการจัดทำแบบจำลอง โครงสร้างของแบบจำลอง วิธีการใช้งานและผลที่ได้จากการใช้งาน เพื่อประโยชน์สำหรับผู้ที่จะนำแบบจำลองไปใช้งานและเพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงดัดแปลงแบบจำลองเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงระบบ ฯลฯ

2.5 การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์

การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ เป็นการศึกษาปัญหาของระบบงานด้วยการสร้างแบบจำลองซึ่งอยู่ในรูปของโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ โดยก่อนที่แบบจำลองจะมาอยู่ในรูปของ

โปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้น อาจจะอยู่ในรูปของแบบจำลองประเภทหนึ่งประเภทใดดังได้กล่าวมาแล้วขั้นต้น ในหัวข้อที่ 2.4 โดยการจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์นั้นเป็นที่นิยมใช้มากที่สุดในการสร้างแบบจำลองแบบปัญหา เพราะสามารถใช้กับปัญหาของระบบงานได้มากมายหลายประเภท ปัจจุบันเป็นเทคนิคที่ได้รับการนำเอาไปใช้อย่างกว้างขวาง ในสหรัฐอเมริกาจัดการจำลองแบบปัญหาเป็นวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่ได้รับการนำไปใช้มากที่สุดและได้นำไปใช้ในงานในด้านต่างๆ มากกว่า 70 สาขาอาชีพ และเมื่อมีผู้กล่าวถึงการจำลองแบบปัญหาทุกคนก็มักจะนึกถึง เข้าใจว่าเป็นการจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์เสมอ ดังนั้น หลักการที่ใช้กับการจำลองแบบปัญหาทางคอมพิวเตอร์จะเป็นหลักการแบบเดียวกับ ที่ใช้กับการจำลองแบบปัญหาอื่นๆ โดยความจำเป็นที่จะสร้างเป็นแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์หรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับความยุ่งยากและความซับซ้อนในการคำนวณของปัญหานั้นๆ

โดยการจำลองแบบปัญหาทางคอมพิวเตอร์จะต้องมีการคำนวณ มีข้อมูลทั้งที่เป็นข้อมูลนำเข้าและผลลัพธ์จากแบบจำลอง และโดยปกติข้อมูลต่างๆ ในระบบงานจะเป็นข้อมูลที่มีความผันแปรไม่แน่นอน และมีการแปรเปลี่ยนตามเวลา ดังนั้น การจัดเตรียมและการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆรวมทั้งขั้นตอนต่างๆที่ใช้ กับการจำลองแบบปัญหานี้จึงต้องอาศัยวิธีการต่างๆทางสถิติเข้าช่วย โดยที่นี้จะไม่กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานทางสถิติที่เกี่ยวข้อง เพราะผู้อ่านควรจะมีพื้นฐานความรู้อยู่แล้วหรือหาอ่านได้จากหนังสือสถิติ ทั่วไป ซึ่งในบทถัดไปจะกล่าวถึงวิธีการทางสถิติที่จำเป็นต่อการใช้ในการสร้างแบบจำลองปัญหา (ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, 2535)

2.6 การศึกษาเวลา (Time Study)

การศึกษาเวลา คือ การศึกษาเวลาที่ใช้การจับเวลาของพนักงานที่มีการเลือกไว้มาทำการจับเวลาโดยใช้อุปกรณ์จับเวลาและมีการคำนวณครั้งในการจับเวลา แล้วจึงนำมาหาเวลาทำงานปกติ (Normal Time) เพื่อหาเวลามาตรฐาน (วันชัย ริจิรวนิช, 2539)

2.6.1 เวลามาตรฐาน (Standard Time)

เวลามาตรฐาน คือ เวลาที่ใช้ในการผลิตในสถานีงาน โดยมีเงื่อนไข 3 ประการ ดังนี้

2.6.1.1 ผู้ปฏิบัติงานต้องผ่านการคัดเลือก ซึ่งจะมีประสบการณ์ในการทำงาน และได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับการงานอย่างเหมาะสม

2.6.1.2 ผู้ปฏิบัติงานต้องทำงานในจังหวะปกติ ซึ่งจังหวะการทำงานที่พนักงานส่วนใหญ่สามารถทำได้โดยปกติ ไม่เร็วหรือช้าจนเกินไป เพื่อที่จะหาเวลามาตรฐานที่ใช้ไปกับพนักงานส่วนใหญ่

2.6.1.3 ผู้ปฏิบัติงานต้องมีการกำหนดวิธีการในการทำงาน กำหนดสมบัติของวัสดุที่ใช้ การกำหนดเครื่องมือ เครื่องจักร การกำหนดวัสดุเข้าออก และการกำหนดด้านอื่นๆ เช่น ความปลอดภัยด้านคุณภาพ เป็นต้น

2.6.2 เทคนิคที่ใช้ในการหาเวลามาตรฐาน

เทคนิคที่ใช้ในการหาเวลามาตรฐาน สามารถหาได้ด้วย 4 วิธีการ คือ

2.6.2.1 การหาเวลาโดยตรง คือ การศึกษาเวลา ที่ใช้การจับเวลาของพนักงานที่มีการเลือกไว้แล้วว่าทำการจับเวลาโดยนาฬิกา ทั้งนี้ต้องมีการคำนวณจำนวนครั้งในการจับเวลา แล้วจึงนำเวลาที่ได้จากการจับเวลามาหาเวลาปกติ (Normal Time) และหาเวลามาตรฐาน (Standard Time)

2.6.2.2 การสุ่มงาน เป็นการศึกษาเวลาเพื่อให้ได้เวลามาตรฐาน จากการสุ่มจับเวลาการทำงานจริงของพนักงานในสายการผลิต ทำให้ใช้เวลานานหลายสัปดาห์ในการศึกษาเวลา

2.6.2.3 การศึกษาเวลาข้อมูลเวลามาตรฐานและสูตร (Standard Data and Formulas) เป็นการศึกษาเวลาที่ใช้ข้อมูลเวลาที่จัดทำเป็นมาตรฐานของโรงงานนั้น รวมทั้งการคำนวณหาเวลาจากสูตรสำเร็จ เช่น สูตรมาตรฐานในการคำนวณเวลาการทำงาน และสูตรที่โรงงานคิดขึ้นเอง เป็นต้น

2.6.2.4 การศึกษาเวลาโดยระบบหาเวลาก่อนล่วงหน้า หรือการสังเคราะห์เวลา (Predetermined – Time System or Synthesis Time) การศึกษาเวลาโดยระบบหาเวลาก่อนล่วงหน้า หรือการสังเคราะห์เวลา เป็นการศึกษาเวลา เพื่อให้ได้เวลามาตรฐานจากการหาเวลาล่วงหน้า ก่อนที่งานจะเกิดขึ้นจริง หรือการสังเคราะห์เวลาโดยใช้ระบบการหาเวลาชนิดต่างๆ เช่น ระบบ MTM และระบบ Work Factor เป็นต้น

2.6.3 การหาเวลามาตรฐานโดยใช้วิธีการจับเวลาโดยตรง (Direct Time Study)

การหาเวลามาตรฐานโดยใช้วิธีการจับเวลาโดยตรง ผู้จับเวลาจะเข้าไปจับเวลาในบริเวณที่พนักงานทำงาน ซึ่งมีข้อดี คือ ผู้ศึกษาสามารถมองเห็นลักษณะการทำงานอย่างละเอียด และเวลาที่ได้เป็นเวลาจริง แต่ก็มีข้อเสีย คือ พนักงานที่ถูกทำการจับเวลานั้น อาจจะทำงานเร็วหรือช้าเกินไป ดังนั้น ก่อนทำการศึกษา ควรอธิบายให้พนักงานทราบเกี่ยวกับการจับเวลาในการทำงาน เพื่อไม่ให้พนักงานเกิดการทำงานที่ไม่ปกติ ซึ่งมีขั้นตอนการหาเวลามาตรฐาน 6 ขั้นตอน คือ

2.6.3.1 การแบ่งปฏิบัติงานออกเป็นงานย่อย (Element)

การแบ่งปฏิบัติงานออกเป็นงานย่อย มีหลักการแบ่งงานย่อย ดังนี้

ก. เวลาของงานย่อย ควรมีระยะเวลาสั้น สามารถวัดได้โดยง่าย เที่ยงตรง เวลาควรอยู่ระหว่าง 2.4 ถึง 20 วินาที ถ้ามีระยะเวลาสั้นเกินไปควรรวมงานย่อยเข้าด้วยกัน

ข. งานย่อยที่ทำด้วยคนหรือเครื่องจักรควรแยกออกจากกัน

ค. แยกงานที่เกิดประจำออกจากงานที่ทำเป็นครั้งคราวให้ชัดเจน คือ งานที่เกิดเป็นประจำ จะเป็นงานที่เกิดทุกรอบการทำงาน และที่เกิดเป็นครั้งคราว จะไม่เกิดทุกรอบการทำงาน เช่น การตั้งเครื่องจักร การเปลี่ยนมีดกลึง เป็นต้น

2.6.3.2 การบันทึกเวลาทำงาน

การบันทึกเวลาทำงาน สามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ

ก. Continuous Timing เป็นการปล่อยให้นาฬิกาจับเวลาเดินไปเรื่อยๆ แล้วอ่านค่าเวลาเมื่อสิ้นสุดงานย่อยแต่ละงาน การหาเวลาในงานย่อยแต่ละงานได้จากนำเวลาสะสมมาลบกัน

ข. Repetitive Timing เป็นการจับเมื่อสิ้นสุดงานย่อย และอ่านค่าเวลา จากนั้นปรับตั้งเข็มนาฬิกาให้ไปตั้งต้นที่ 0 ใหม่ ทำให้ทราบเวลางานย่อยโดยไม่ต้องทำการหักลบภายหลัง

2.6.3.3 การคำนวณหาจำนวนรอบในการจับเวลา

การคำนวณหาจำนวนรอบในการจับเวลา สาเหตุที่ต้องหาจำนวนรอบที่เหมาะสมเพราะการจับเวลาย่อมมีการคลาดเคลื่อน และมีงานย่อยแปลกปลอมเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ดังนั้น การจับเพียงรอบเดียว หรือ 2 ถึง 3 รอบ ย่อมไม่มีค่าที่แน่นอนพอที่จะใช้เป็นเวลามาตรฐาน

2.6.3.4 การให้อัตราความเร็วพนักงาน (Rating)

การให้อัตราความเร็วพนักงาน คือ กระบวนการที่ผู้ทำการศึกษาเวลาใช้เปรียบเทียบการทำงานของคนงาน ซึ่งถูกศึกษาอยู่กับระดับการทำงานปกติ ระบบความเร็วที่ให้อัตราเร็วที่นิยมคือ Westinghouse System of Rating ซึ่งใช้ปัจจัย 4 ข้อในการพิจารณา คือ

ก. ความชำนาญ (Skill) จะเป็นความสามารถในการปฏิบัติงานตามวิธีที่ให้อย่างคล่องแคล่ว

ข. ความพยายาม (Effort) จะเป็นการแสดงความต้องการในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

ค. เงื่อนไข (Condition) จะเป็นสิ่งที่มีผลต่อผู้ปฏิบัติ และผู้ที่ไม่ได้ปฏิบัติ เช่น วัสดุ เครื่องจักร สภาพแวดล้อม

ง. ความสม่ำเสมอ (Consistency) จะเป็นการปฏิบัติงานด้วยอัตราคงที่

2.6.3.5 การกำหนดค่าความเผื่อ (Allowance)

การกำหนดค่าความเผื่อ ในการทำงานทุกอย่างย่อมมีการหยุดพัก หรือเกิดเหตุการณ์ที่ล่าช้า ดังนั้น ต้องมีเวลาเผื่อไว้ให้สำหรับกรณีต่างๆ ซึ่งจะสมเหตุสมผล การกำหนดค่าความเผื่อเหล่านี้ ควรพิจารณาต่างหากออกจากการให้อัตราความเร็วในการทำงาน

2.6.3.6 การหาเวลามาตรฐาน (Standard Time)

การหาเวลามาตรฐาน เป็นการนำเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการทำงาน (Average Time) และค่าอัตราเร็วในการทำงาน (Rating) มาคูณกัน เพื่อคำนวณหาค่าเวลาปกติ (Normal Time ; NT) ของแต่ละงานย่อย

2.7 การศึกษาการทำงาน (Work Study)

การศึกษาการทำงาน เป็นการนำเครื่องมือที่จะรวมเอาเทคนิค 2 ประการ คือ การศึกษาวิธีการทำงานและการวัดงานเข้าด้วยกัน เพื่อปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น มุ่งใช้แรงงานคน เครื่องจักร และวัตถุดิบให้เกิดผลมากที่สุดในการทำงาน ซึ่งเทคนิคทั้ง 2 เทคนิค มีดังนี้ (วันชัย ริจิรวนิช, 2539)

2.7.1 การศึกษาวิธีการทำงาน (Method Study)

การศึกษาวิธีการทำงาน คือ วิเคราะห์วิธีการทำงาน รวมไปถึงเครื่องจักรเครื่องมืออุปกรณ์และสถานีงาน เพื่อเพิ่มผลผลิตโดยมีหลักการที่ปรับปรุงวิธีการทำงานให้ได้มาตรฐาน

2.7.2 การวัดงาน (Work Measurement)

การวัดงาน คือ การใช้เทคนิคกำหนดเวลาทำงานให้แก่พนักงาน เพื่อทำงานเฉพาะอย่างในระดับการทำงานที่ได้ระบุไว้ โดยมีหลักการใช้ คือ ใช้เวลาเป็นตัวกำหนดการทำงาน เพื่อให้พนักงานทำงานได้ตามต้องการ การทำงานจึงช่วยให้อยู่ในระบบคงที่เสมอ

2.8 การสร้างแบบจำลอง

กล่าวถึงความเหมือนของแบบจำลองกับระบบงานจริง แบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ แบบ "Isomorphic" เป็นลักษณะของแบบจำลองเหมือนกับระบบงานจริงทุกประการ โดยมีเงื่อนไขอยู่ 2 ประการ คือ ทุกๆ องค์ประกอบของแบบจำลองต้องมีความเหมือนกับระบบงานจริง ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทั้งสองต้องเหมือนกันกัน และ แบบ "Homomorphic" โดยจะทำการแบ่งระบบงานออกเป็นระบบงานย่อยต่างๆ และทำการศึกษาระบบย่อยต่างๆ เหล่านั้นก่อน โดยแต่ละระบบมีความเป็นอิสระต่อกัน แล้วจึงนำข้อมูลมาที่ได้ของแต่ละระบบมาเรียบเรียงต่อกัน เพื่อทำการศึกษาระบบใหญ่ทั้งหมดอีกที และนอกจากนี้ยังมีวิธีการที่จะช่วยให้ได้แบบจำลองที่เหมาะสม (ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, 2535)

2.9 ประเภทของกระบวนการผลิต

ประเภทของกระบวนการผลิตสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ
(ดร.วิทยา อินทร์สอน , อ.ปัทมาพร ท่อชู)

2.9.1 กระบวนการผลิต

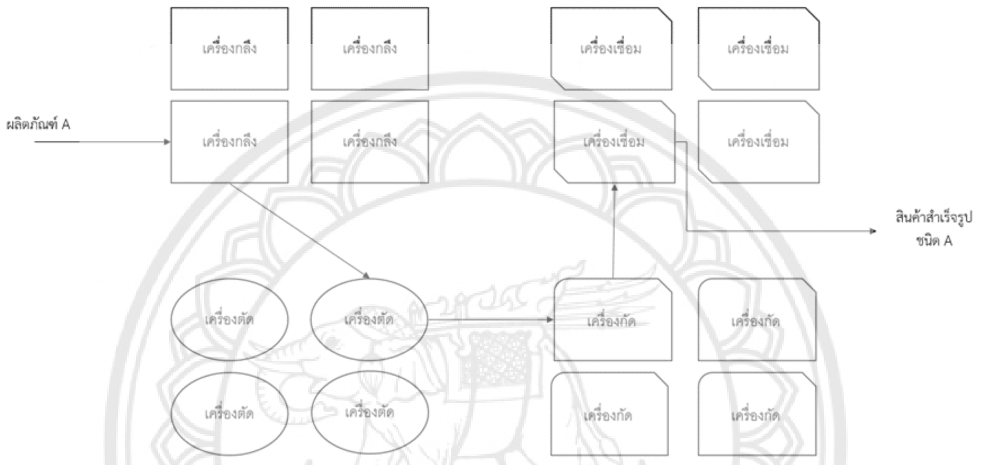
กระบวนการผลิตสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.9.1.1 กระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง เป็นกระบวนการผลิตที่ชิ้นงานในสายการผลิตจะมีการไหลอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว ซึ่งวิธีนี้จะเหมาะกับการผลิตครั้งละมากๆ เป็นในลักษณะของการผลิตเพื่อรอจำหน่าย มีการใช้เครื่องจักรเครื่องมือที่มีลักษณะพิเศษและลงทุนมาก ใช้ช่างที่ไม่จำเป็นต้องมีความชำนาญงานมากก็ได้

2.9.1.2 กระบวนการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง เป็นการผลิตที่ชิ้นงานจะไม่มีการไหลอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากต้องมีการผ่านกระบวนการหลายสถานีงาน ซึ่งมีชื่อเรียกอีกอย่างว่า กระบวนการผลิตตามสั่ง เหมาะกับการผลิตในปริมาณที่น้อย และผลิตตามที่ลูกค้าสั่ง โดยมีรูปแบบที่ไม่มาตรฐานจะเปลี่ยนแปลงไปตามความต้องการของลูกค้า เครื่องจักรเครื่องมือที่ใช้จะเป็นแบบอเนกประสงค์

2.9.2 แผนผังกระบวนการผลิต

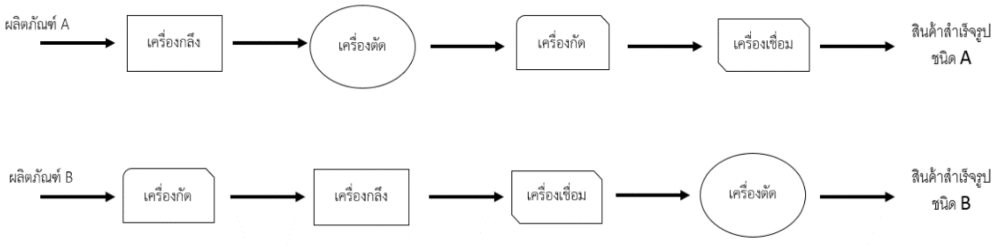
แผนผังกระบวนการผลิต (Basic Layout Types) แบ่งออกเป็น 3 แบบพื้นฐาน ได้ดังนี้ 2.9.2.1 แผนผังตามกระบวนการผลิต (Process Layout) จะเป็นในลักษณะของการจัดวางเครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ ไว้เป็นหมวดหมู่ หรือแบ่งตามลักษณะการใช้งาน เหมาะสำหรบการผลิตในปริมาณจำนวนไม่มาก ซึ่งอาจผลิตตามใบสั่งซื้อ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมีขนาดไม่แน่นอน สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาและสามารถผลิตได้หลายชนิด ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แผนผังตามกระบวนการผลิต

ที่มา: http://www.thailandindustry.com/onlinemag/view2.php?id=1229&section=16&issues=79, ดร.วิทยา อินทร์สอน , อ.ปัทมาพร ท่อชู

2.9.2.2 แผนผังตามผลิตภัณฑ์ (Product Layout) จะเป็นในลักษณะการจัดวางเครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์ ตามลำดับขั้นตอนของการผลิต ซึ่งเหมาะกับการผลิตในปริมาณมาก อาจเป็นการผลิตไว้รอการสั่งซื้อ แต่สามารถผลิตได้แค่ชนิดเดียว เช่น ผลิตสิ่งของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน (แปรงฟัน ยาสีฟัน สบู่ ฯลฯ) อาหารกระป๋อง เป็นต้น ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แผนผังตามผลิตภัณฑ์

ที่มา: http://www.thailandindustry.com/onlinemag/view2.php?id=1229&section=16&issues=79, ดร.วิทยา อินทร์สอน , อ.ปัทมาพร ท่อชู

2.9.2.3 แผนผังแบบผลิตภัณฑ์อยู่กับที่ (Fixed Position Layout) จะเป็นการวางผังโดยให้ผลิตภัณฑ์อยู่กับที่ โดยจะนำเครื่องจักร เครื่องมือ มาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลิตภัณฑ์ในการวางผังแบบนี้จะมีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก เช่น การสร้างเรือ สร้างเครื่องบิน เป็นต้น ดังรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 แผนผังแบบผลิตภัณฑ์อยู่กับที่

ที่มา: http://www.thailandindustry.com/onlinemag/view2.php?id=1229&section=16&issues=79, ดร.วิทยา อินทร์สอน , อ.ปัทมาพร ท่อชู

2.10 การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

สำหรับกรรมวิธีที่ใช้ทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองนั้นมี ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้ (ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, 2535)

2.10.1 การพิสูจน์ยืนยัน (Verification)

การพิสูจน์ยืนยัน (Verification) เป็นการทดสอบที่ทำให้แน่ใจว่าแบบจำลองที่สร้างเป็นไปตามหลักวิธีการที่ต้องการ โดยจะแบ่งได้ดังนี้

2.10.1.1. การถามผู้เชียวชาญ (Face Validity) เป็นการถามความเห็นจากผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญ ว่าองค์ประกอบและระบบงานที่สร้างมานั้น ถูกต้องและสอดคล้องกับระบบจริงหรือไม่

2.10.1.2. การทดสอบความถูกต้องของกลไกภายในแบบจำลอง (Internal Validity) ทดสอบโดยการใส่เงื่อนไข แล้วสังเกตผลลัพธ์ที่ได้หลายรอบว่ามีความแปรมากน้อยเพียงใด และถ้ามีความแปรปรวนมาก องค์ประกอบในแบบจำลองนั้นควรจะถูกต้องหรือไม่

2.10.1.3. การทดสอบความถูกต้องของตัวแปรและพารามิเตอร์ (Variables-Parameters Validity) เป็นการทดสอบความไวในการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรและพารามิเตอร์ว่ามีผลกระทบต่อผลลัพธ์ที่ได้จากองค์ประกอบของแบบจำลองอย่างไร

2.10.1.4. การทดสอบความถูกต้องของสมมติฐาน (Hypothesis Validity) ถือว่าเป็นการทดสอบความถูกต้องทางสถิติ โดยเทียบจากผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองว่าเหมือนกับองค์ประกอบของระบบจริงหรือไม่ โดยใช่เงื่อนไขต่างที่มีข้อมูลในอดีต ใส่ให้กับองค์ประกอบของแบบจำลอง และเทียบผลลัพธ์ที่ได้ในปัจจุบันกับอดีตว่าสามารถยอมรับได้หรือไม่

2.10.2 การทดสอบความถูกต้อง (Validation)

การทดสอบความถูกต้อง (Validation) เป็นการทดสอบความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมของแบบจำลองกับระบบงานจริง โดยการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลในอดีตของระบบงานจริง ที่มีเงื่อนไขเหมือนกัน ได้แก่

2.10.2.1. การทดสอบสมมติฐานในการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ ของแบบจำลองกับระบบงานจริง

2.10.2.2. การทดสอบสมมติฐานของลักษณะการกระจายความน่าจะเป็น ของข้อมูลแบบจำลองและระบบงานจริง

ก. การประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองเทียบกับระบบงานจริง

ข. การพยากรณ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและพารามิเตอร์ของแบบจำลองกับระบบงานจริง

2.11 ผังก้างปลา

ผังก้างปลา คือผังที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหากับสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหา ผังก้างปลาที่มีลักษณะคล้ายปลาที่เหลือแต่ก้าง (Sirichai Permkanchana, 2555)

2.11.1 วิธีการสร้างแผนผังก้างปลา

วิธีการสร้างแผนผังก้างปลามีขั้นตอน 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

2.11.1.1 กำหนดประโยคปัญหาที่หัวปลา

2.11.1.2 กำหนดกลุ่มปัจจัยที่จะทำให้เกิดปัญหานั้นๆ

2.11.1.3 หาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาในแต่ละปัจจัย

2.11.1.4 หาสาเหตุหลักของปัญหา

2.11.1.5 จัดลำดับความสำคัญของสาเหตุ

2.11.1.6 ใช้แนวทางการปรับปรุงที่จำเป็น

2.11.2 การกำหนดปัจจัยบนแผนผังก้างปลา

การกำหนดปัจจัยบนแผนผังก้างปลา โดยปกติแล้วสามารถที่จะกำหนดกลุ่มปัจจัยอะไรก็ได้ แต่ต้องมั่นใจปัจจัยที่กำหนดขึ้นมานั้นสามารถที่จะช่วยให้ในการแยกแยะและกำหนดสาเหตุต่างๆ ได้อย่างเป็นระบบ เป็นเหตุและผล สำหรับในทางอุตสาหกรรมแล้ว จะใช้หลักการ 4M 1E เป็นกลุ่มปัจจัย (Factors) เพื่อที่จะนำไปสู่การแยกแยะสาเหตุต่างๆ ที่ทำให้เกิดปัญหา ซึ่งหลักการ 4M 1E นี้มาจาก

M – Man คนงาน หรือพนักงาน หรือบุคลากร

M – Machine เครื่องจักร เครื่องมือหรืออุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่างๆ

M – Material วัตถุดิบหรืออะไหล่ อุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิต

M – Method กระบวนการทำงาน

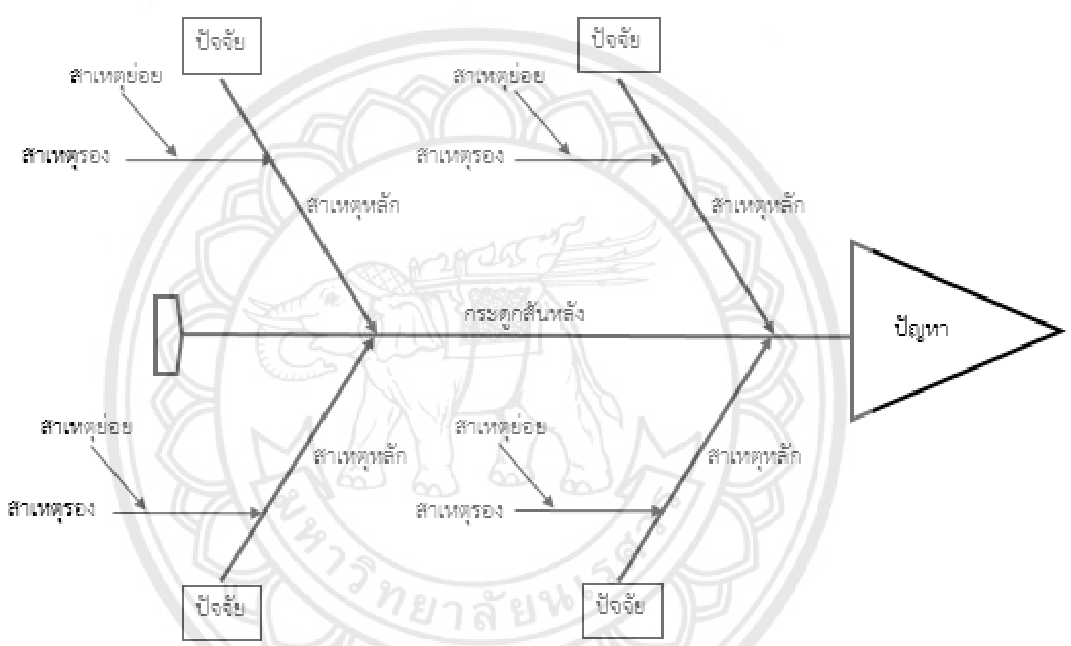
E – Environment สภาพแวดล้อมในการทำงาน อากาศ สถานที่ ความสว่าง และบรรยากาศการในการทำงาน

และหากปัญหาที่เกิดขึ้นไม่ได้อยู่ในกระบวนการผลิตแล้ว ปัจจัยนำเข้า (Input) ในกระบวนการก็จะเปลี่ยนไป เช่น ปัจจัยการนำเข้าเป็น 4P ได้แก่ Place , Procedure, People และ Policy หรือจะเป็น 4S Surrounding, Supplier, System และ Skill ก็ได้ หรืออาจจะเป็น MILK Management, Information, Leadership, Knowledge ก็ได้ เป็นต้น นอกจากนี้แล้วยังสามารถที่จะกำหนดกลุ่มปัจจัยใหม่ให้เหมาะสมกับปัญหาก็ได้ เช่นกัน

2.11.3 การกำหนดหัวข้อปัญหาที่หัวปลา

การกำหนดหัวข้อปัญหาที่หัวปลา ควรมีกำหนดให้ชัดเจนและมีความเป็นไปได้ ซึ่งหากกำหนดประโยคปัญหานี้ไม่ชัดเจนตั้งแต่แรกแล้ว จะทำให้เสียเวลามากในการค้นหา สาเหตุ และจะทำให้ใช้เวลานานในการทำแผนผังก้างปลา

ตัวอย่างการกำหนดปัญหาที่หัวปลา เช่น อัตราของเสีย อัตราชั่วโมงการทำงานของคนที่ไม่มีประสิทธิภาพ อัตราการเกิดอุบัติเหตุ หรืออัตราต้นทุนต่อสินค้าหนึ่งชิ้น เป็นต้น ซึ่งในการกำหนดหัวข้อปัญหานี้ ควรกำหนดในเชิงลบ โดยอาจมีเทคนิคที่จะได้ก้างปลาที่ละเอียดมากขึ้น คือการใช้วิธีการถาม ทำไม ทำไม ทำไม ในการเขียนแต่ละก้างย่อยๆ ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างแผนผังก้างปลา

ที่มา: https://perchai.wordpress.com/2012/06/07/25/ , Sirichai Permkanchana

2.11.4 ส่วนประกอบของแผนผังก้างปลา

2.11.4.1 ส่วนปัญหาหรือผลลัพธ์ (Problem or Effect) ซึ่งจะแสดงอยู่ที่หัวปลา

2.11.4.2 ส่วนสาเหตุของปัญหา (Causes) ซึ่งจะสามารถแยกย่อยออกได้เป็น

ก. ปัจจัย (Factors) ที่ส่งผลกระทบต่อปัญหา (หัวปลา)

ข. สาเหตุหลัก

ค. สาเหตุย่อย

ในส่วนสาเหตุของปัญหา จะเขียนไว้ในก้างปลาแต่ละก้าง โดยที่ก้างย่อยเป็นสาเหตุของก้างรอง และก้างรองเป็นสาเหตุของก้างหลัก เป็นต้น

2.11.5 หลักการเบื้องต้นของแผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram)

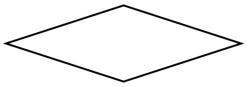
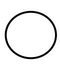
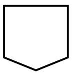
หลักการเบื้องต้นของแผนภูมิก้างปลา (Fishbone Diagram) คือการใส่ชื่อของปัญหาที่ต้องการวิเคราะห์ ลงทางด้านขวาสุดหรือซ้ายสุดของแผนภูมิ โดยมีเส้นหลักตามแนวยาวของกระดูกสันหลัง จากนั้นใส่ชื่อของปัญหาย่อย ซึ่งเป็นสาเหตุของปัญหาหลัก 3 - 6 หัวข้อ โดยลากเป็นเส้นก้างปลา (Sub-Bone) ทำมุมเฉียงจากเส้นหลัก เส้นก้างปลาแต่ละเส้นให้ใส่ชื่อของสิ่งที่ทำให้เกิดปัญหานั้นขึ้นมา ระดับของปัญหาสามารถแบ่งย่อยลงไปได้อีก โดยทั่วไปมักจะมีการแบ่งระดับของสาเหตุย่อยลงไปมากที่สุด 4 - 5 ระดับ เมื่อมีข้อมูลในแผนภูมิที่สมบูรณ์แล้ว จะทำให้มองเห็นภาพขององค์ประกอบทั้งหมด ที่จะเป็นสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น

2.12 ผังงาน (Flowchart)

ผังงานเป็นเครื่องมือที่แสดงขั้นตอนหรือกระบวนการทำงาน โดยใช้สัญลักษณ์ที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน ซึ่งในสัญลักษณ์จะมีข้อความสั้นๆ อธิบายข้อมูลที่ต้องใช้ หรือผลลัพธ์ของขั้นตอนนั้นๆ และเชื่อมโยงขั้นตอนเหล่านั้นด้วยเส้นที่มีลูกศรชี้ทิศทางการทำงานตั้งแต่เริ่มต้นจนจบกระบวนการ

ผังงานใช้แสดงขั้นตอนการทำงาน โดยแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของส่วนสำคัญต่างๆ เช่น เอกสารเบื้องต้น หรือสื่อบันทึกที่ใช้อยู่เป็นอะไร และผ่านไปยังหน่วยงานใด มีกิจกรรมอะไรในหน่วยงานนั้นๆ แล้วส่งต่อไปยังหน่วยงานใด เป็นต้น ดังนั้นผังงานจะเกี่ยวข้องกับ คน วัสดุ และเครื่องจักร สัญลักษณ์และความหมายที่ใช้ในผังงาน แสดงดังตารางที่ 2.2 (วิโรจน์ ชัยมูล, 2558)

ตารางที่ 2.2 สัญลักษณ์และความหมายที่ใช้ในผังงาน

สัญลักษณ์	ความหมาย
	จุดเริ่มต้น หรือจุดสิ้นสุดของกระบวนการทำงาน
	การทำงานในขั้นตอนการทำงานต่างๆ
	กำหนดเงื่อนไข ทางเลือกเพื่อการตัดสินใจ
	จุดเชื่อมต่อผังงานในหน้าเดียวกัน
	จุดเชื่อมต่อผังงานที่อยู่ต่างหน้ากัน
	ลูกศรแสดงทิศทางการทำงานของผังงาน

ที่มา: http://www.thaiall.com/flowchart/indexo.html. , วิโรจน์ ชัยมูล.

2.13 วงจรคุณภาพ (PDCA)

วงจรคุณภาพ หรือการบริหารงานอย่างมีคุณภาพ (Sirichai Permkanchana, 2555) เป็นกิจกรรมปรับปรุง และพัฒนางานให้มีประสิทธิภาพ วงจรคุณภาพตามแนวคิดของเดมมิ่ง จัดเป็นกระบวนการที่ทุกคนรู้จักกันเป็นอย่างดี เดมมิ่งกล่าวว่า การจัดการอย่างมีคุณภาพเป็นกระบวนการที่ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เกิดผลผลิตและบริการที่มีคุณภาพขึ้น ซึ่งวงจรเดมมิ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ การวางแผน การปฏิบัติตามแผน การตรวจสอบ และการปรับปรุงแก้ไข ดังนี้

2.13.1 การวางแผน (Plan)

การวางแผน (Plan) เป็นส่วนประกอบของวงจร เนื่องจากการวางแผนจะเป็นจุดเริ่มต้นของงาน และเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้การทำงานในส่วนอื่นมีประสิทธิภาพ

2.13.2 การปฏิบัติ (Do)

การปฏิบัติ (Do) คือ การลงมือทำงานตามขั้นตอนในการวางแผน ไว้อย่างเป็นระบบและมีความต่อเนื่อง

2.13.3 การตรวจสอบ (Check)

การตรวจสอบ (Check) เป็นการตรวจสอบเพื่อให้ทราบว่าบรรลุผลตามแผนที่วางไว้หรือหากมีสิ่งใดที่ทำผิดพลาดมาแล้วบ้าง

2.13.4 การปรับปรุงแก้ไข (Action)

การปรับปรุงแก้ไข (Action) เป็นการปรับปรุงแก้ไขส่วนที่มีปัญหา หรือถ้าไม่มีปัญหาก็ยอมรับแนวทางในการปฏิบัติตามแผนงานที่ได้ผลสำเร็จ เพื่อนำไปใช้ในการทำงานครั้งต่อไป

แม้ว่าวงจรคุณภาพจะเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่อง แต่สามารถเริ่มต้นจากขั้นตอนใดก็ได้ขึ้นอยู่กับปัญหาและขั้นตอนการทำงาน หรืออาจจะเริ่มจากการตรวจสอบสภาพความต้องการเปรียบเทียบกับสภาพความเป็นจริงที่จะทำ เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่าจะต้องดำเนินการอย่างไรในการแก้ไขปัญหา ซึ่งจะทำให้เกิดการปรับเปลี่ยนไปตามเป้าหมายที่วางไว้

2.14 หลักการ ECRS

หลักการ ECRS (ผศ.ประเสริฐ อัครประถมพงศ์, 2552) เป็นหลักการที่ใช้ในการปรังปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น โดยจะประกอบด้วย

2.14.1 การกำจัด (Eliminate)

การกำจัด (Eliminate) หมายถึง การตัดขั้นตอนการทำงานที่ไม่จำเป็นออก โดยจะเป็นการตัดทอนหรือยุบงานในส่วนที่ไม่จำเป็นออกไป เพราะการที่ทำงานในส่วนที่ไม่จำเป็นจะเป็นการทำงานที่สูญเปล่า โดยไม่เกิดประโยชน์แก่กระบวนการผลิต

2.14.2 การรวมกัน (Combine)

การรวมกัน (Combine) หมายถึง เป็นการรวมขั้นตอนการทำงานที่จำเป็นเข้าด้วยกันแล้วทำการปรับปรุงให้ดีขึ้นกว่าเดิม เพื่อให้ประหยัดเวลาหรือแรงงานในการทำงาน

2.14.3 การจัดใหม่ (Rearrange)

การจัดใหม่ (Rearrange) หมายถึง การจัดลำดับการทำงานใหม่ให้มีความเหมาะสมและสมดุลกันมากขึ้นในแต่ละสถานีงาน

2.14.4 การทำให้ง่าย (Simplify)

การทำให้ง่าย (Simplify) หมายถึง การปรับปรุงวิธีการทำงาน หรือสร้างอุปกรณ์ช่วยให้ทำงาน เพื่อให้กระบวนการทำงานมีความเข้าใจและสามารถทำได้ง่ายขึ้นกว่าเดิม

ทั้งนี้ หลักการ ECRS นี้ไม่จำเป็นต้องใช้ทั้งหมดพร้อมกัน แต่สามารถเลือกใช้ ECRS ตัวใดตัวหนึ่งก็ได้ตามความเหมาะสมที่ต้องการ

2.15 การจัดสมดุลสายการผลิต (Production Line Balancing)

สายงานผลิต (Production Line) คือสายงานผลิตที่ชิ้นงานจะถูกผลิตและเคลื่อนย้ายจากสถานีงานหนึ่งไปยังสถานีถัดไป ซึ่งในแต่ละสถานีงานจะถูกแบ่งและกำหนดงานให้รับไปทำ เพื่อทำการประกอบให้ได้ชิ้นงานสำเร็จรูปขึ้นมา และจะทำเหมือนเดิมทุกประการในการผลิตชิ้นงานแต่ละชิ้นและสามารถที่จะประมาณระยะเวลาในการผลิตชิ้นงานของแต่ละสถานีงานได้

การจัดสมดุล (Line Balancing) คือการกำหนดงานหรือเวลาที่ใช้ในการทำงานของแต่ละสถานีงานในสายการผลิตให้มีความเท่ากันมากที่สุด ซึ่งถ้าหากในแต่ละสถานีงานของสายการผลิตมีความสมดุลอย่างสมบูรณ์แบบ (Perfect Line Balancing) คือเวลาที่ใช้ในการทำงานของแต่ละสถานีงานเท่ากันทั้งหมด จะทำให้การไหลของชิ้นงานจะมีความต่อเนื่อง ราบรื่น ไม่มีเวลาสูญเปล่า (Idle Time)

หรือไม่เกิดจุดคอขวดในสายการผลิต แต่ถ้าหากเวลาที่ใช้ในแต่ละสถานีงานไม่เท่ากัน จะทำให้สายการผลิตเกิดจุดคอขวดขึ้น และขาดความต่อเนื่องในการทำงาน โดยอัตราการผลิตจะถูกกำหนดโดยเวลาการทำงานของสถานีงานที่ให้เวลามากที่สุด เวลาที่ใช้ในการกำหนดอัตราการผลิตนี้ เรียกว่า รอบเวลาการผลิต (Cycle Time) ในการจัดสมดุลของสายการผลิตนี้จะมีเงื่อนไขอยู่ 2 ประการ คือ เงื่อนไขลำดับก่อนหน้า และ ข้อจำกัดของรอบเวลาการทำงาน โดยเงื่อนไขลำดับก่อนหน้า เป็นเงื่อนไขที่กำหนดการทำงานของสายการผลิต โดยจะถูกแสดงด้วยแผนผังที่เรียกว่า ผังแสดงลำดับขั้นตอน

รอบเวลาการทำงาน คือเวลาของสถานีงานที่มากที่สุด ที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานหนึ่งชิ้นก่อนที่จะส่งไปยังสถานีงานถัดไป และรอบเวลาการทำงานยังเป็นเวลาที่ใช้ในการกำหนดอัตราผลผลิตที่ได้จากสายการผลิตนั้นๆ ด้วย (ผศ.ดร.บุษบา พฤกษาพันธุ์รัตน์, 2552 , รศ.ดร.ศุภชัย ปทุมนากุล, 2555) สามารถคำนวณหากำลังการผลิตได้ดังสมการที่ 2.1 ถึง 2.4

$$\text{กำลังการผลิต} = \frac{OT}{CT} \quad (2.1)$$

เมื่อ OT = เวลาในการทำงานใน 1 วัน

CT = รอบเวลาการทำงาน (Cycle Time) ของสายการผลิตนั้น

การคำนวณหารอบเวลาการทำงานจากอัตราผลผลิตที่ต้องการได้ดังสมการ

$$CT = \frac{OT}{D} \quad (2.2)$$

เมื่อ D = อัตราผลผลิตที่ต้องการ

จำนวนสถานีงานที่ใช้ในการจัดสายการผลิตซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราการผลิตที่ต้องการ และการรวมงานไว้ด้วยกัน แต่จำนวนสถานีงานต่ำสุดตามทฤษฎีนั้นสามารถที่จะประมาณได้ดังสมการ

$$N = \frac{\sum t}{CT} \quad (2.3)$$

เมื่อ N = จำนวนสถานีงานต่ำสุดตามทฤษฎี

$\sum t$ = ผลรวมของเวลาการทำงานทั้งหมด

การคำนวณหาประสิทธิภาพสามารถหาได้จากสมการ

$$E = \frac{\sum_{i=1}^{j} t_i}{nC_a} \quad (2.4)$$

เมื่อ E= ประสิทธิภาพ

t_i = เวลาของงานย่อย i

j = จำนวนงานย่อยทั้งหมด

n = จำนวนสถานีงาน

C_a = รอบเวลาจริง

ซึ่งเวลาว่างที่เกิดจากการทำงานจะเรียกว่า การสูญเสียความสมดุล (Balance Delay) สามารถคำนวณได้จาก $(1 - E)$ โดยส่วนมากแล้วประสิทธิภาพจะถูกกล่าวถึงเป็น ร้อยละ ซึ่งในทางปฏิบัติเป็นไปได้ยากมากที่จะทำให้ได้ประสิทธิภาพ ร้อยละ 100

ลำดับขั้นตอนในการจัดสมดุลสายการผลิตโดยทั่วไป เป็นดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดรอบเวลาการทำงาน (Cycle Time) และ จำนวนสถานีงาน (Work Station) ต่ำสุด

ขั้นตอนที่ 2 จัดสรรงานลงในสถานีงานตามลำดับ โดยเริ่มจากสถานีงานที่ 1 ก่อน

ขั้นตอนที่ 3 ก่อนการจัดสรรงานลงในสถานีงานแต่ละครั้ง ให้พิจารณาจัดสรรงานที่ผ่านเงื่อนไขต่างๆ ดังนี้

ก. งานทุกงานก่อนหน้างานนี้ในแผนภาพ ได้ถูกจัดสรรไปแล้ว

ข. เวลาการทำงานของงานที่จะจัดสรรนั้น ไม่เกินเวลาที่เหลืออยู่ของสถานีงานนั้น ถ้าเกินให้พิจารณาจัดสรรงานนั้นในสถานีงานถัดไป

ขั้นตอนที่ 4 หลังจากจัดสรรงานแล้ว ให้คำนวณเวลาที่เหลืออยู่ของสถานีงานนั้นได้ถูกจัดสรรลง โดยลบเวลาการทำงานของงานที่ถูกจัดสรรออกจากรอบเวลาการทำงาน

ขั้นตอนที่ 5 หากมีงานที่มีคุณสมบัติพร้อมต่อการจัดสรรมากกว่า 1 งาน ให้พิจารณาเลือกงานที่จะจัดสรรโดยพิจารณาจากกฎเกณฑ์ ต่อไปนี้

ก. จัดสรรงานที่มีเวลาการทำงานมากที่สุด

ข. จัดสรรงานที่มีจำนวนงานตามหลังมากที่สุด

ถ้าหากมีงานที่มีคุณสมบัติทั้งในข้อ ก และ ข้อ ข เท่ากันมากกว่า 1 งาน ให้เลือกงานนั้นโดยการสุ่มเลือก

ขั้นตอนที่ 6 ให้เลือกจัดสรรงานตามวิธีข้างต้น (ขั้นตอนที่ 3 - 6) สำหรบทุกงานจนกว่างานทุกงานจะถูกจัดสรรหมด

ขั้นตอนที่ 7 คำนวณหาประสิทธิภาพของการจัดสมดุลของสายการผลิต ที่ได้จัดไว้

2.16 การทดสอบสมมติฐาน สถิติทดสอบที (T-Test)

เป็นเทคนิคการทดสอบสมมติฐานชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ในการทดสอบ ผู้ที่ค้นพบการแจกแจงของ t มีชื่อว่า W.S.Gosset ใช้นามปากกาว่า "Student" ต่อมาการแจกแจงใหม่นี้มีชื่อว่า Student T-Distribution และเรียกกันเวลาใช้ทดสอบโดยคุณสมบัติการแจกแจงนี้ว่า T-Test การทดสอบ t ใช้ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยใช้ได้กับกรณีที่มีประชากรหนึ่งกลุ่มและสองกลุ่ม ซึ่งได้แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ T-Test แบบ Independent และ T-Test แบบ Dependent (ประคอง สาธรรม, 2556)

2.16.1 การใช้ T-Test แบบ Independent

เป็นสถิตที่ใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน ข้อมูลที่รวบรวมได้อยู่ในระดับ อันตรภาคหรืออัตราส่วน ใช้สถิติการทดสอบค่า t มีชื่อเฉพาะว่า T-Test for Independent Samples นิยมใช้กันมากในการวิจัยเชิงเปรียบเทียบ และการวิจัยเชิงข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบ กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน (Two Independent Samples)

2.16.1.1 กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มไม่สัมพันธ์กัน (เป็นอิสระต่อกัน)

2.16.1.2 ค่าของตัวแปรตามในแต่ละหน่วยเป็นอิสระต่อกัน

2.16.1.3 กลุ่มตัวอย่างได้มาอย่างสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ

2.16.1.4 ไม่ทราบความแปรปรวนของแต่ละประชากร

2.16.2 การใช้ T- Test แบบ Dependent

เป็นสถิตที่ใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน และกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียว ได้แก่ สถิติการทดสอบค่า t มีชื่อเฉพาะว่า T-Test for Dependent Samples ซึ่งมักพบในการวิจัยเชิงทดลองที่ต้องการเปรียบเทียบผลระหว่างก่อนทดลองกับหลังทดลองหรือเปรียบเทียบผลระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมที่ได้จากการจับคู่ ซึ่งมีคุณสมบัติสำคัญที่จะต้องเกี่ยวข้องกัน (Dependent Sample) มีข้อมูลอยู่ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

2.16.2.1 ประเภทแรก ข้อมูลที่วัดได้จากตัวอย่างเดียวกัน 2 ครั้ง ข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบ T-Test (Mean One Sample Test) กรณีมีกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม (One Sample)

ก. ข้อมูลอยู่ในมาตรอันตรภาค (Interval Scale) หรือมาตราอัตราส่วน (Ratio Scale)

ข. กลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มตัวอย่างแบบสุ่มได้จากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ

ค. ค่าของตัวแปรตามแต่ละหน่วยเป็นอิสระต่อกัน

ง. ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร

2.16.2.2 ประเภทที่สอง เป็นประเภทคุณลักษณะของตัวอย่างที่เหมือนกันหรือใกล้เคียงกันมากที่สุดเลือกมาเป็นคู่ๆ (Math-Pairs) ข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กัน (Two Related-Samples)

ก. ข้อมูล 2 ชุดได้มาจากลุ่มตัวอย่างเดียวกัน หรือมาจากกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม สัมพันธ์กัน

ข. ค่าของตัวแปรตามแต่ละหน่วยเป็นอิสระต่อกัน

ค. กลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มตัวอย่างแบบสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ

ง. ไม่ทราบความแปรปรวนของประชากร

2.16.3 ขั้นตอนการทดสอบ

2.16.3.1 หลักการตั้งสมมุติฐานทางสถิติจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ คือ สมมติฐานหลัก (Null Hypothesis : H_0) และสมมติฐานรอง (Alternative Hypothesis : H_1) ซึ่งสมมติฐานรองตั้งได้ 2 แบบ คือสมมติฐานรองแบบมีทิศทาง จะต้องทำการทดสอบแบบทางเดียว (One-Tailed Test) และสมมติฐานรองแบบไม่มีทิศทาง จะทำการทดสอบแบบสองทาง (Two-Tailed Test)

2.16.3.2 กำหนดระดับนัยสำคัญ (α) เป็นการกำหนดความน่าจะเป็นที่จะยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (α) จากการปฏิเสธสมมติฐานหลักที่เป็น ซึ่งในกรณีการทดสอบแบบสองทาง (Two-Tailed Test) การหาค่าวิกฤตจะต้องหารค่า α ด้วย 2 ($\alpha/2$) ก่อน แล้วใช้ผลหารที่ได้ไปเปิดตารางการแจกแจงของตัวอย่างสถิติทดสอบ แต่กรณีทดสอบแบบทางเดียว (One-Tailed Test) สามารถใช้ค่า α ไปเปิดตารางได้เลย

2.16.3.3 เลือกสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐาน ในการทดสอบค่าเฉลี่ย สถิติที่ใช้ในการทดสอบมี Z-Test, T-Test และ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Anova) ซึ่ง Z–Test และ T-Test ใช้ทดสอบกรณีมีกลุ่มตัวอย่างหนึ่งหรือสองกลุ่ม สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Anova) จะใช้ทดสอบกรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างมากกว่าสองกลุ่มขึ้นไป โดยสถิติจะต้องพิจารณาข้อตกลงเบื้องต้นก่อนการเลือกใช้

2.16.3.4 กำหนดขอบเขตวิกฤติ เป็นการกำหนดพื้นที่หรือบริเวณในการแจกแจงตัวอย่างของสถิติทดสอบที่ใช้สำหรับปฏิเสธหรือยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) ซึ่งในการกำหนดขอบเขตวิกฤติจะพิจารณาสมมติฐานรอง (H_0) ที่ตั้งขึ้นว่า เป็นแบบทางเดียว (One-Tailed Test) หรือแบบสองทาง (Two-Tailed Test) เพื่อนำค่าระดับนัยสำคัญ (α) ไปหาค่าวิกฤติ (Critical Value) มาใช้ในการเปรียบเทียบกับค่า ที่คำนวณได้จากกลุ่มตัวอย่าง สำหรับการตัดสินใจว่า จะยอมรับ (Acceptance) หรือปฏิเสธ (Rejection) สมมติฐานหลัก (H_0) ซึ่งในการกำหนดขอบเขตวิกฤติเพื่อสรุปผลการทดสอบนั้นจะสามารถพิจารณาได้ 2 แนวทางด้วยกัน คือ กรณีที่ 1 พิจารณาจากค่าวิกฤติ

ที่เปิดจากตารางเทียบกับค่าสถิติที่คำนวณได้เป็นหลักโดยพิจารณาค่าที่อยู่ในแนวแกนนอนของการแจกแจงของค่าสถิตินั้นๆ หรือ กรณีที่ 2 พิจารณาจากพื้นที่ใต้โค้งการแจกแจง

2.16.2.5 คำนวณค่าสถิติทดสอบตามสูตร การคำนวณค่าสถิติโดยนำข้อมูลที่ได้จากตัวอย่างที่ศึกษาไปแทนค่าต่างๆ ตามสูตรของสถิติทดสอบ

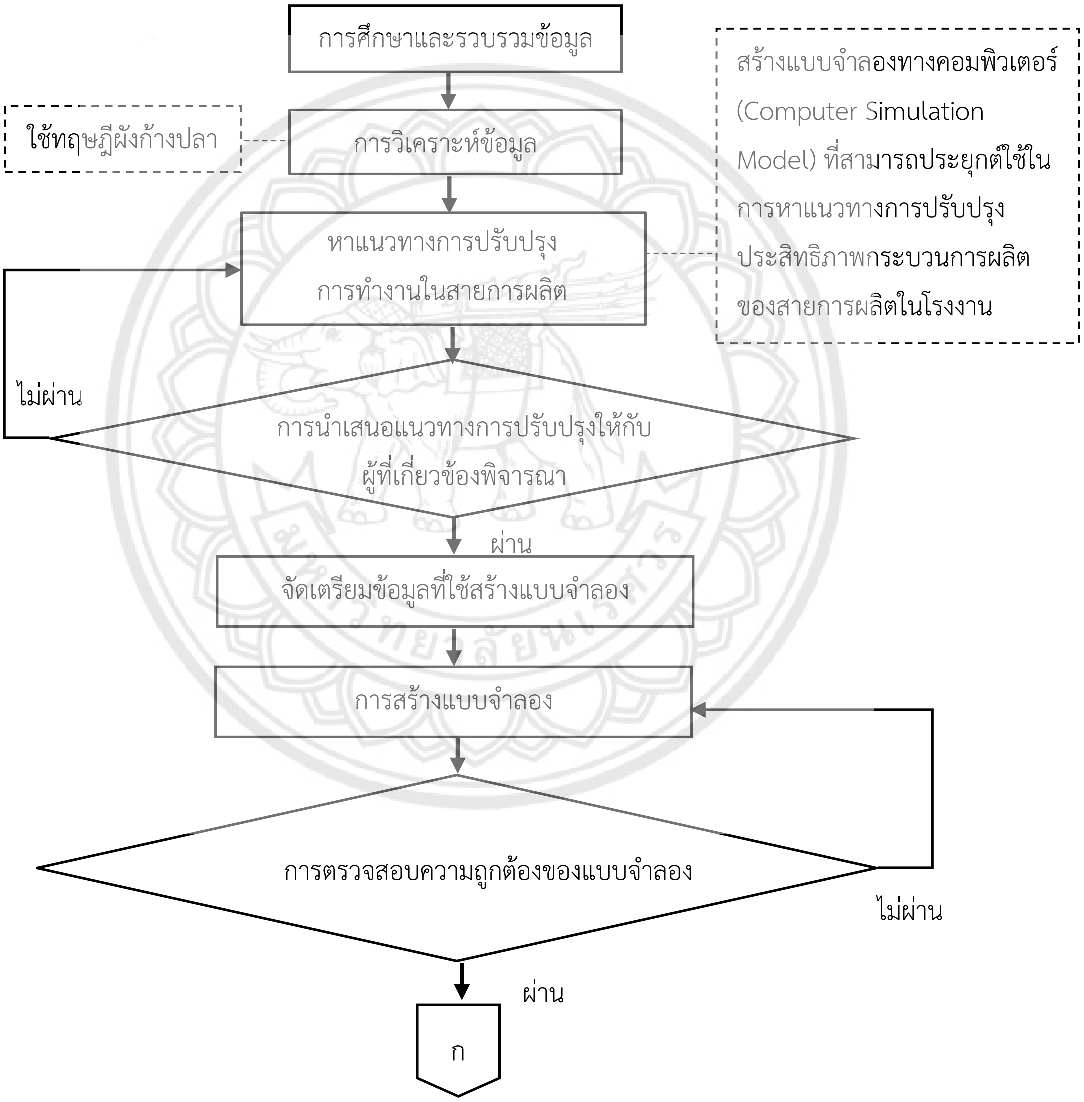
2.16.2.6 สรุปตัดสินใจ การน่าค่าสถิติจากการคำนวณมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากตาราง แล้วจึงจะตัดสินใจเกี่ยวกับผลทดสอบ โดยมีหลักพิจารณา ดังนี้

ก. ถ้าสถิติที่คำนวณได้ตกอยู่ในขอบเขตค่าวิกฤติ (ค่าคำนวณมากกว่าหรือเท่ากับค่าวิกฤติ โดยไม่คิดเครื่องหมาย) จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติรอง (H_1) นั่นคือจะยอมรับสมมติฐานการวิจัยตามที่ผู้วิจัยกำหนด

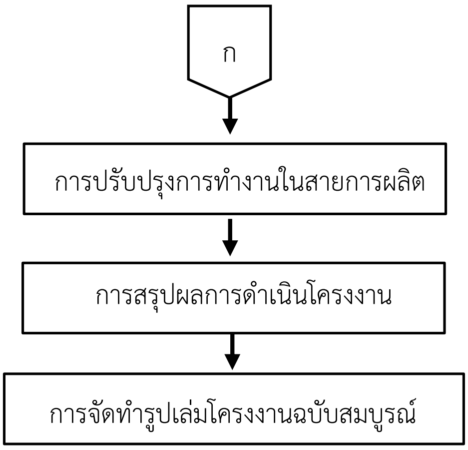
ข. ถ้าค่าสถิติที่คำนวณได้ตกอยู่นอกขอบเขตค่าวิกฤติ (ค่าคำนวณน้อยกว่าค่าวิกฤติโดยไม่คิดเครื่องหมาย) จะยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0)

บทที่ 3
วิธีการดำเนินโครงงาน

ในการดำเนินโครงงานการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต ตั้งแต่ขั้นตอนการศึกษารวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง จนถึงการจัดทำรูปเล่มโครงงานฉบับสมบูรณ์ สามารถแสดงขั้นตอนการดำเนินโครงงานในรูปของผังงานแสดงขั้นตอนการดำเนินโครงงาน แสดงดังรูปที่ 3.1 ผังแสดงขั้นตอนการดำเนินโครงงาน



รูปที่ 3.1 ผังแสดงขั้นตอนการดำเนินโครงงาน



หมายเหตุ แสดงรายละเอียดขั้นตอนการทำงาน

รูปที่ 3.1 (ต่อ) ผังแสดงขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

3.1 การศึกษาและรวบรวมข้อมูล

ผู้จัดทำโครงงานได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับโครงงานทั้งหมด โดยแหล่งข้อมูลที่ทำการศึกษา ได้มาจากข้อมูลของ บริษัทผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ที่ทำการศึกษา หนังสือ งานวิจัย ปริญญานิพนธ์ และสื่อทางอินเทอร์เน็ต ดังนี้

3.1.1 การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการใช้โปรแกรม Arena

3.1.2 การศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับแผนผังโรงงานของบริษัทผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ที่ทำการศึกษา

3.1.3 การศึกษาและรวบรวมข้อมูลกระบวนการผลิต โดยใช้ทฤษฎีผังงานระบบ

3.1.4 การศึกษาข้อมูลและวิธีการหาสาเหตุของปัญหา โดยใช้ทฤษฎีผังก้างปลา

3.1.5 การศึกษาและเก็บข้อมูลการศึกษาการปฏิบัติงานทางอุตสาหกรรม โดยใช้ทฤษฎีการศึกษาเวลา

3.1.6 การวางแผนการดำเนินงาน โดยใช้ทฤษฎีวงจรคุณภาพ (PDCA)

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

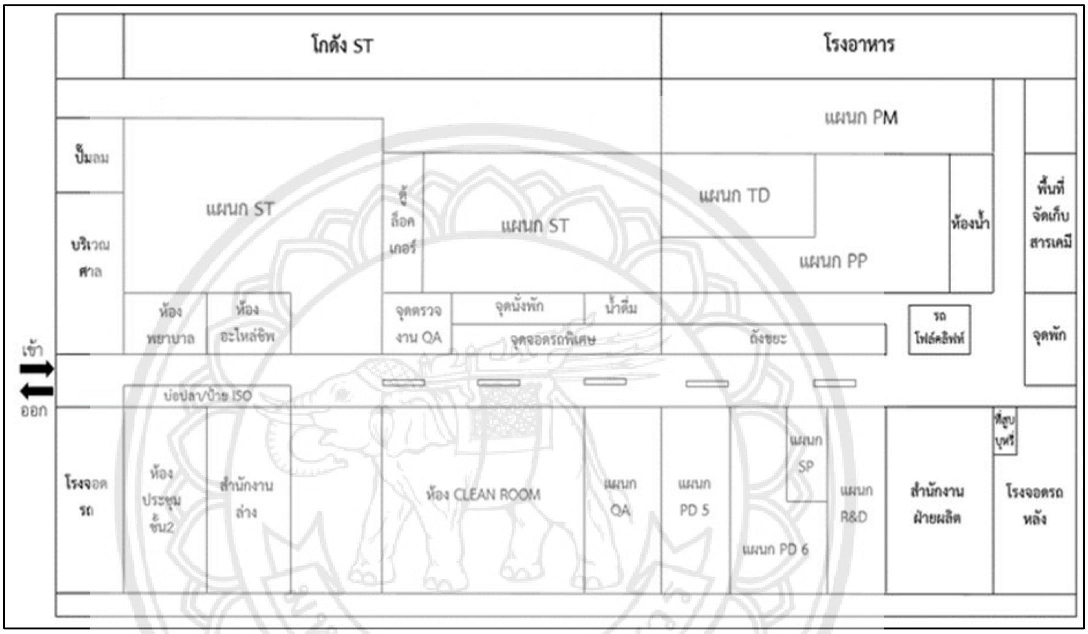
จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลกระบวนการผลิตในสายการผลิตของบริษัทผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์แล้ว จะนำข้อมูลที่ได้จากข้อที่ 3.1 มาทำการวิเคราะห์ โดยใช้ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง มีรายละเอียด ดังนี้

3.2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ โปรแกรม Arena

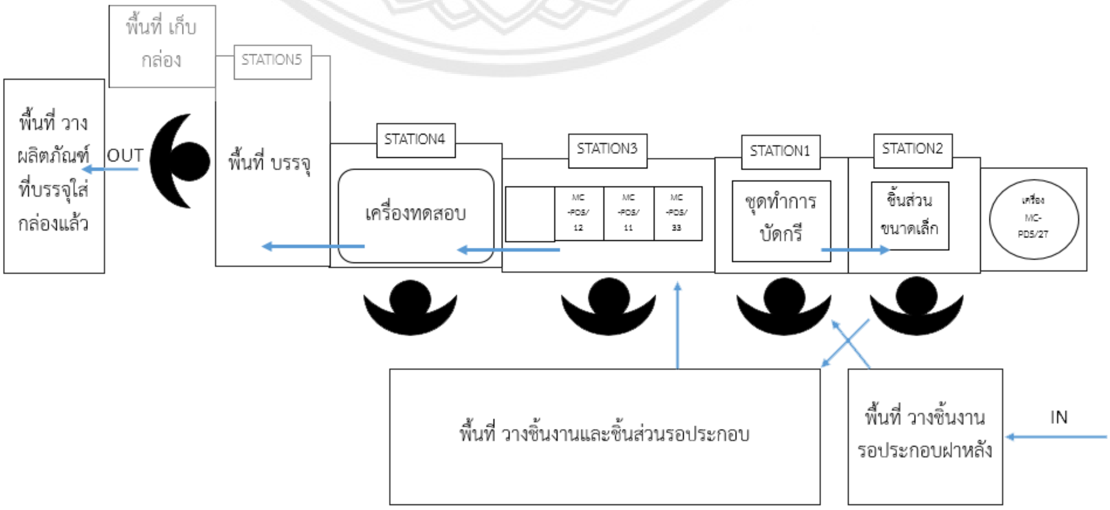
โปรแกรม Arena เป็นโปรแกรมสำหรับสร้างแบบจำลองและดำเนินการทดลองในตัวแบบจำลองที่สร้างขึ้น โดยตัวแบบจำลองจะถูกทดสอบความคิดทางคอมพิวเตอร์ เพื่อศึกษาพฤติกรรมของระบบและจะนำไปสู่แนวทางในการวิเคราะห์ปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

3.2.2 ข้อมูลผังโรงงานและผังสายการผลิต

ข้อมูลผังโรงงานและผังสายการผลิตของบริษัทผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ที่ทำการศึกษา



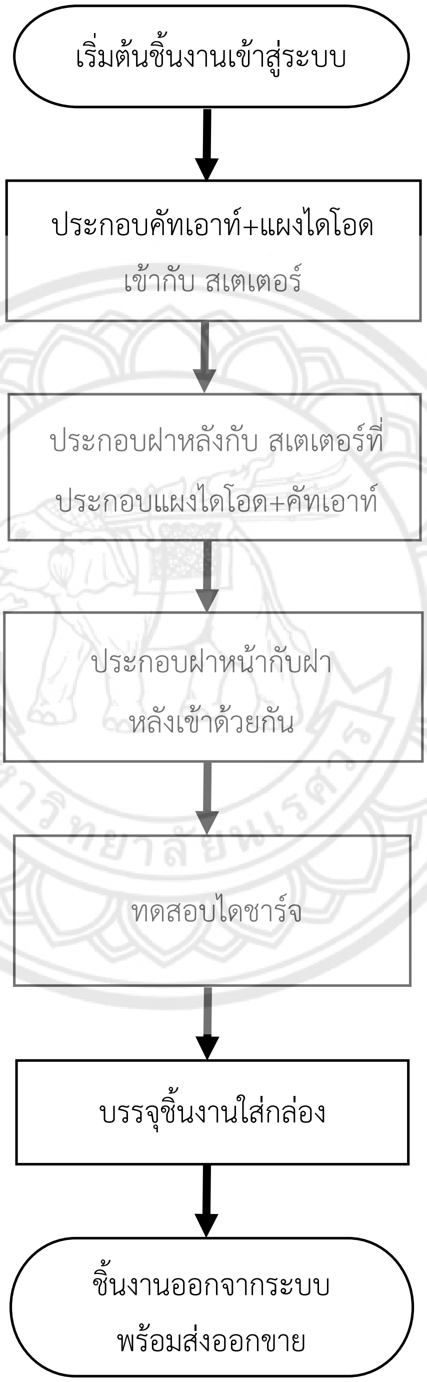
รูปที่ 3.2 แผนผังโรงงาน



รูปที่ 3.3 แผนผังสายการผลิตที่ทำการศึกษา

3.2.3 วิเคราะห์ลำดับขั้นตอนกระบวนการทำงาน

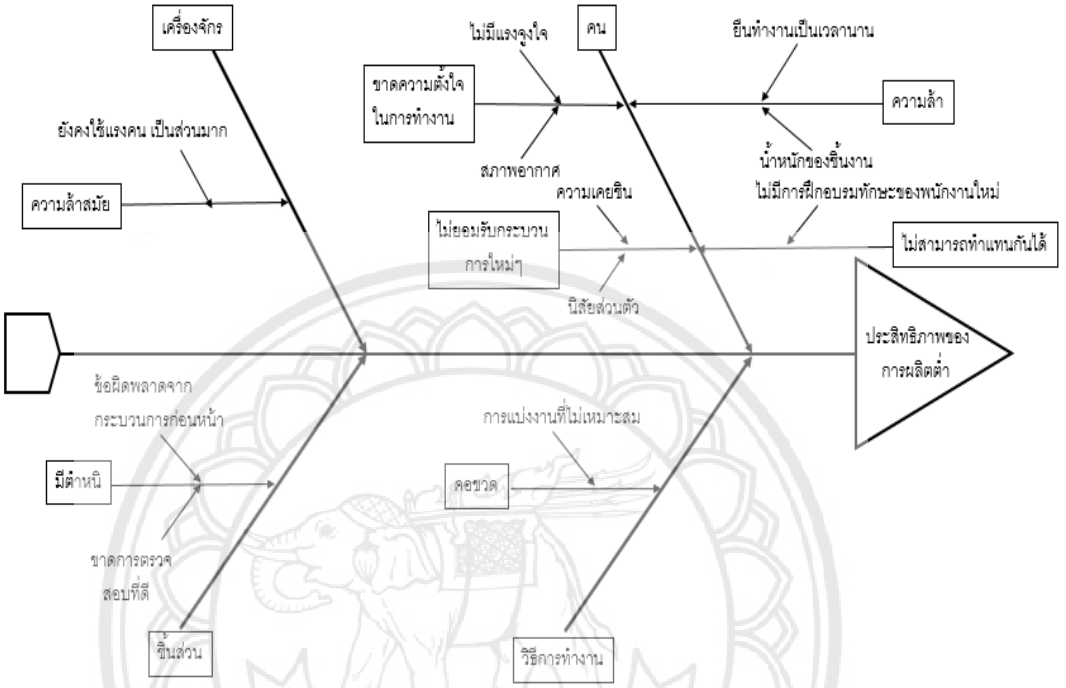
วิเคราะห์ลำดับขั้นตอนกระบวนการทำงานในสายการผลิตของบริษัทผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ โดยใช้การใช้ผังงาน (Flowchart) สามารถสรุปขั้นตอนในการผลิตได้ ตามผังขั้นตอนการผลิต ดังรูปที่ 3.4 ผังลำดับขั้นตอนการผลิต



รูปที่ 3.4 ผังลำดับขั้นตอนการผลิต

3.2.4 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยใช้ทฤษฎีผังก้างปลา

จากการที่ใช้แผนผังก้างปลาในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา สามารถสรุปสาเหตุที่ทำให้สายการผลิต เกิดความไม่ต่อเนื่องในการทำงาน ได้ดังรูปที่ 3.5 แผนผังการปลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา



รูปที่ 3.5 แผนผังการปลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา

3.2.5 วิเคราะห์หลักการศึกษาการปฏิบัติงานทางอุตสาหกรรม

การจัดสถานีงานให้มีความเหมาะสมกับการทำงาน โดยใช้หลักการศึกษาเวลา การศึกษาการทำงาน การหารอบเวลาการผลิต (Cycle Time) ในโครงงานนี้จะทำการจับเวลาการทำงานในแต่ละขั้นตอนของแต่ละสถานีงาน (Station) โดยจะทำการสุ่มจับเวลาการทำงานของพนักงาน (Operator) ในแต่ละขั้นตอนจำนวน 50 รอบ ของแต่ละขั้นตอน เพื่อที่จะมาหาค่าเฉลี่ยในการทำงานของแต่ละขั้นตอน แล้วนำค่าเฉลี่ยที่ได้ของแต่ละขั้นตอนในสถานีงานนั้นๆ มารวมกันเพื่อเป็นรอบเวลาในการผลิต (Cycle Time) สามารถดูเวลาที่จับได้จาก ภาคผนวก ก ตารางที่ ก.3 ถึงตารางที่ ก.5 เมื่อได้ค่าเวลาเฉลี่ยของแต่ละขั้นตอนในแต่ละสถานีงาน (Station) ก็จะนำมารวมกันเพื่อเป็นรอบเวลาในการผลิต (Cycle Time) ของสถานีงานนั้นๆ แสดงดังตารางที่ 3.1 ขั้นตอนการทำงานของแต่ละสถานีงาน (Station)

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนการทำงานของแต่ละสถานีงาน (Station)

NO.	STATION	DESCRIPTION	PLAN-TIME (s.)	CYCLE TIME (s.)
1	STATION 1	1. นำสเตเตอร์เข้าสู่ระบบการประกอบฝาหลัง	3.11	95.21
		2. นำสเตเตอร์ประกอบกับแผงไดโอต	56.28	
		3. ทำการบัดกรียึด	32.80	
		4. ส่งไป Station 2	3.03	
2	STATION 2	5. แต้มสีจุดบัดกรี	6.19	87.60
		6. ประกอบฝาหลังกับชิ้นงาน	10.93	
		7. ขันน็อตยึดฝาหลัง 6จุด	47.12	
		8. เช็คทดสอบ	10.65	
		9. เช็คซองถ่าน	9.70	
		10. ส่งไป Station 3	3.01	
3	STATION 3	11. นำฝาหลังเข้าสู่ระบบการประกอบหลัก	3.09	198.40
		12. ประกอบฝาหน้ากับลูกปืน	14.80	
		13. ขันสกรูปิดลูกปืนกับฝาหน้าและแต้มสี	32.60	
		14. ประกอบทุ่นกับฝาหน้า	30.03	
		15. ทาน้ำมันที่แกนทุ่น	9.85	
		16. ประกอบฝาหลังกับฝาหน้า	40.50	
		17. ขันสกรูยึดฝาหลังกับฝาหน้าและย้ำหัวน็อตฝาหลัง	43.24	
		18. ใส่มูเล่และใบพัด	7.37	
		19. ขันสกรูยึดกับตัวไดร์	9.43	
		20. เป่าลมที่แกน	4.56	
		21. ส่งไป Station 4	2.94	
4	STATION 4	22. ใส่ปั๊มและขันสกรูยึดปั๊มกับตัวไดร์	59.31	161.12
		23. เอาไดร์เข้าเครื่องทดสอบ	60.62	
		24. เอาไดร์ออกจากเครื่องทดสอบ	38.26	
		25. ส่งไป Station 5	2.92	
5	STATION 5	26. เอาไดร์เข้าเครื่องเช็คหนีด	22.18	226.31
		27. เอาไดร์ออกจากเครื่องเช็คหนีด	13.47	
		28. ใส่แหวนทองแดงและลูกยาง	13.96	
		29. นำฟองน้ำชุบน้ำมัน เช็คทำความสะอาดไดชาร์จ	15.16	
		30. ทำการย้ำสกรูทั้งหมด อีกครั้ง แต้มจุด	25.27	
		31. ติดแสตมป์ JOB NO.	15.36	
		32. เตรียมกล่อง	45.87	
		33. แพ็คเกจ	75.04	
			รวม	768.65

ตัวอย่างการหารอบเวลาการผลิต (Cycle Time) ของสถานีงาน (Station) ที่ 1 นำค่าเวลาการทำงานเฉลี่ยของแต่ละขั้นตอนในสถานีงาน (Station) ที่ 1 ทั้ง 4 ขั้นตอน มารวมกันเป็นรอบเวลาการผลิต (Cycle Time) ซึ่งจะได้ดังนี้

รอบเวลาการผลิตของสถานีงาน (Station) ที่ 1 = 3.11+56.28+32.80+3.03

= 95.21 วินาที

จากตารางการทำงาน ของแต่ละสถานีงาน (Station) ในสายการผลิต จะสามารถสรุปได้ ดังนี้

สามารถคำนวณการผลิตตามหลักทฤษฎีที่ควรจะได้ของสายการผลิต

Max Station 1-5	= 226.31	วินาที/ชิ้น
อัตราการผลิต	= 16	ชิ้น/ชม.
50 นาที	= 13	ชิ้น
อัตราการผลิต/วัน	= 106	ชิ้น

ระบบงานจริงในปัจจุบัน โดยเฉลี่ยของสายการผลิต (อ้างอิงจากข้อมูลการผลิตของบริษัทผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์)

Max Station 1-5	= 226.31	วินาที/ชิ้น
อัตราการผลิต	= 16	ชิ้น/ชม.
50 นาที	= 13	ชิ้น
อัตราการผลิต/วัน	≈ 106	ชิ้น
ประสิทธิภาพ (Efficiency)	= ร้อยละ67.93	
ค่าการสูญเสียความสมดุล (Balance Delay)	= ร้อยละ32.07	
ค่าดัชนีความราบรื่นของการทำงาน (Smoothness Index)	= 203.61	

วิธีการคำนวณมาตรฐานการผลิตที่ควรจะได้ โดยใน 1 วัน จะมีการทำงาน 8 ชั่วโมง หรือ 480 นาที และ 1 ชั่วโมง เท่ากับ 3600 วินาที ซึ่งในที่นี้ ใน 1 ชั่วโมง จะมีคำนวณการทำงานเพียง 50 นาที เพื่อเป็นค่าเผื่อในการทำงาน เพราะชิ้นงานมีน้ำหนักมากพอสมควร อาจทำให้เกิดความเมื่อยล้า จึงเผื่อไว้สำหรับเติมชิ้นส่วนประกอบเวลาชิ้นส่วนประกอบหมด และเผื่อเวลาในการทำธุระส่วนตัวของพนักงาน รวมกันทั้งหมดเป็นเวลา 10 นาทีที่เหลือ ทำให้สามารถสรุปเวลาในการทำงานได้ คือ 1 ชม. ทำงาน 50 นาที หรือ 3000 วินาที และใน 1 วัน จะมีการทำงาน 400 นาที จึงทำให้สามารถคำนวณได้ดังนี้

Max (Station) = 226.31 วินาที/ชิ้น

อัตราการผลิต $= \frac{\mathbf{OT}}{\mathbf{CT}}$ จากสมการ **(2.1)**

เมื่อ $\mathbf{OT}$ = เวลาในการทำงาน

$\mathbf{CT}$ = รอบเวลาสูงสุดในการทำงานของสายการผลิต

อัตราการผลิต/ชม.	= (60×60)/226.31	= 16 ชิ้น/ชม.
50 นาที	= (50×60)/226.31	= 13 ชิ้น
อัตราการผลิต/วัน	= ((50×60)/226.31)×8	= 106 ชิ้น/วัน

วิธีการคำนวณประสิทธิภาพการผลิตที่ได้ระบบงานจริงในปัจจุบัน ของสายการผลิต แสดงได้ดังนี้

คำนวณหาประสิทธิภาพ (Efficiency)

$$E = \frac{\sum_{i=1}^{j} t_i}{nC_a}$$ จากสมการ **(2.4)**

โดยที่ E คือ ประสิทธิภาพ (Efficiency)

t_i คือ เวลาของงานย่อย i

j คือ จำนวนงานย่อยทั้งหมด

n คือ จำนวนสถานีงาน (Station)

C_a คือ รอบเวลาจริง, เวลาของสถานีงาน (Station) ที่มากที่สุด

จะได้ ประสิทธิภาพ (Efficiency) = (768.65/(5×226.31)) ×100

= ร้อยละ 67.93

คำนวณหาค่าการสูญเสียความสมดุล (Balance Delay)

$$\text{Balance Delay} = 1 - E \tag{3.1}$$

จะได้ ค่าการสูญเสียความสมดุล (Balance Delay) = 1- ((768.65/(5×226.31)) × 100)

= ร้อยละ 32.07

คำนวณหาค่าดัชนีความราบรื่นของการทำงาน (Smoothness Index, SI)

$$SI = \sqrt{\sum (S_{Max} - S_K)^2} \tag{3.2}$$

โดยที่ SI คือ ดัชนีความราบรื่นของการทำงาน (Smoothness Index)

S_{Max} คือ เวลาของสถานีงาน (Station) ที่มากที่สุด

S_K คือ เวลาของสถานีงาน (Station) ที่ K

จะได้ค่าดัชนีความราบรื่นของการทำงาน = $\sqrt{}$((226.31-95.21)^2+(226.31-87.60)^2

+(226.31-198.40)^2+(226.31-161.12)^2

+(226.31-226.31)^2)

= 203.61

3.3 หาแนวทางการปรับปรุงการทำงานในสายการผลิต

สำหรับการหาแนวทางการปรับปรุงในสายการผลิตนั้น เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ในข้อที่ 3.2 มาใช้ในการหาแนวการปรับปรุงกระบวนการทำงานให้มีประสิทธิภาพในการผลิตเพิ่มมากขึ้น โดยจะดำเนินการได้ ดังนี้

3.3.1 ใช้แผนผังก้างปลา ในการวิเคราะห์หาสาเหตุ

จากการที่ใช้แผนผังก้างปลา ในการวิเคราะห์หาสาเหตุ ที่ทำให้สายการผลิตมีความไม่ต่อเนื่องในการทำงาน โดยการที่นำหลัก 4M เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ จะทำให้การเสนอหาแนวทางปรับปรุงในแต่ละปัจจัย ได้ดังนี้

3.3.1.1 ปัจจัยที่เกิดจากคน แนวทางการปรับปรุงคือ การเพิ่มขั้นตอนในการฝึกอบรมทักษะพนักงานใหม่ การเพิ่มแรงจูงใจในการทำงาน

3.3.1.2 ปัจจัยที่เกิดจากเครื่องจักร แนวทางการปรับปรุงคือ การเพิ่มเครื่องจักรที่มีความทันสมัยมากขึ้นเข้ามาใช้ในการทำงาน

3.3.1.3 ปัจจัยที่เกิดจากชิ้นส่วน แนวทางการปรับปรุงคือ การเพิ่มขั้นตอนกระบวนการตรวจชิ้นส่วนทั้งที่ผลิตเองและสั่งซื้อมาให้มีคุณภาพมากขึ้น

3.3.1.4 ปัจจัยที่เกิดจากวิธีการทำงาน แนวทางการปรับปรุงคือ การแบ่งการทำงานของแต่ละสถานีงานให้มีความเหมาะสมมากขึ้น

ซึ่งหากวิเคราะห์ในเรื่องของค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้น หากทำการปรับปรุงจากทั้ง 4 ปัจจัย ที่กล่าวมาข้างต้น จะมีอยู่ 3 ปัจจัย ที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายของโรงงานเพิ่มมากขึ้นหากทำการปรับปรุงจริง คือ ปัจจัยที่เกิดจากคน เครื่องจักร และชิ้นส่วน

แต่จะมีปัจจัยที่เกิดจากวิธีการทำงาน ที่อาจจะมีน้อยหรือไม่มีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นเลย เพราะจะทำการปรับปรุงเพียงในเรื่องของการแบ่งการทำงานให้มีความเหมาะสมมากขึ้น เพื่อลดปัญหาในเรื่องของการเกิดจุดคอขวดในสายการผลิต แต่จะมีความยุ่งยากถ้าหากจะมีการปรับปรุงในสายการผลิตจริงๆ ไม่ว่าจะเป็นการปรับเปลี่ยนสถานีงาน หรือเพิ่มคนลดคนเข้าไปในสายการผลิต อาจทำให้ต้องมีการหยุดสายการผลิต เพื่อทำการปรับเปลี่ยน จึงทำให้ต้องเสียเวลาและเสียโอกาสในการเพิ่มกำไรให้กับทางโรงงาน อีกด้วย

ดังนั้น ในโครงงานนี้จึงเลือกที่จะทำการศึกษาและหาแนวทางการปรับปรุงเฉพาะในส่วนของปัจจัยที่เกิดจากวิธีการทำงาน ซึ่งจะทำการปรับปรุงโดยการ แบ่งการทำงานของแต่ละสถานีงานในสายการผลิตให้มีความเหมาะสมและสมดุลกันมากขึ้น โดยใช้ทฤษฎีหลัก ECRS การศึกษาเวลา การศึกษาการทำงาน และการจัดสมดุลสายการผลิต (Line Balancing)

3.3.2 สร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Model)

สร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Model) ที่สามารถประยุกต์ใช้ในการหาแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตของสายการผลิตในโรงงาน โดยใช้โปรแกรม Arena ในการสร้างแบบจำลอง

3.4 การนำเสนอแนวทางการปรับปรุงให้กับผู้ที่เกี่ยวข้องพิจารณา

เมื่อทำวิเคราะห์หาแนวทางการปรับปรุงการทำงานในสายการผลิตแล้ว จากนั้นก็จะทำการนำเสนอแนวทางการปรับปรุงกระบวนการทำงานให้กับผู้ที่เกี่ยวข้องพิจารณา ซึ่งก็คือโรงงานที่ทำการศึกษาและอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานนี้ กรณีที่แนวทางการปรับปรุงการทำงานในสายการผลิตผ่านการพิจารณา ก็จะดำเนินการปรับปรุงการทำงานตามแนวทางที่ได้เสนอ แต่หากไม่ผ่านการพิจารณาก็จะดูความคิดเห็นจากผู้ที่เกี่ยวข้องว่า เพราะสาเหตุใดจึงไม่ผ่านการพิจารณาหรือสามารถแก้ไขส่วนใดของแนวทำการปรับปรุงเพิ่มเติมได้หรือไม่ ก็จะต้องกลับไปหาแนวทางการปรับปรุงการทำงานแล้วนำเสนอใหม่

3.5 จัดเตรียมข้อมูลที่ใช้สร้างแบบจำลอง

เมื่อสามารถวิเคราะห์หาสาเหตุและหาแนวทางการปรับปรุงได้แล้ว ก็จะนำมาสู่การจัดเตรียมข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง ดังนี้

3.5.1 การเก็บข้อมูล

การศึกษาเวลาโดยตรง (Direct Time Study) ถือว่าเป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันมากที่สุด โดยอาศัยในเรื่องของการจับเวลาการทำงาน ดังนั้นเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัยมีดังนี้

3.5.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

ก. นาฬิกาจับเวลาแบบตัวเลข

ข. แผ่นสำหรับใช้รองเวลาเขียนบันทึกข้อมูล

ค. แบบฟอร์มสำหรับใช้บันทึกเวลา

ง. เครื่องคิดเลขหรือใช้เป็นโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อสะดวกต่อการหาค่าเฉลี่ยเวลา

3.5.1.2 วางแผนการจับเวลา

สำหรับการวางแผนการจับเวลานั้น จะจับเวลาตามสถานีงาน (Station) โดยในโครงงานนี้ ทำการศึกษาเกี่ยวกับสายการผลิต PD-5 ที่มีสถานีงาน (Station) อยู่ 5 สถานีงาน ทำการออกแบบ แบบฟอร์มที่จะใช้ในการจับเวลา ซึ่งรายละเอียดของกิจกรรมและชื่อสถานีงานที่ทำการจับเวลา จะแสดงในตารางที่ 3.2 กิจกรรมและสถานีงานที่ทำการจับเวลา ดังนี้

ตารางที่ 3.2 กิจกรรมและสถานีงานที่ทำการจับเวลา

จุดที่	กิจกรรม	ชื่อสถานีงาน
1	ประกอบผังแผงไดโอดเข้ากับ สเตเตอร์	Station 1
2	ประกอบฝาหลัง	Station 2
3	ประกอบฝาหน้ากับฝาหลังเข้าด้วยกัน	Station 3
4	ทดสอบไดชาร์จ	Station 4
5	บรรจุชิ้นงานใส่กล่อง	Station 5

3.5.1.3 การจับเวลา สำหรับการจับเวลานั้น จะเริ่มจับเวลาตั้งแต่ชิ้นงานเข้าสถานีงานจนออกสถานีงานนั้นๆ ซึ่งจะทำการจับการทำงานในแต่ละขั้นตอนของแต่ละสถานีงาน (Station) ขั้นตอนละ 50 รอบ โดยใช้วิธีตามหลักการ เรื่องการศึกษาเวลาโดยตรง (Direct Time Study) เป็นหลักการในการจับเวลา ซึ่งเวลาการทำงานที่จับได้ในขั้นตอนต่างๆ และแบบฟอร์มในการจับเวลาการทำงานสามารถดูได้จาก ภาคผนวก ก

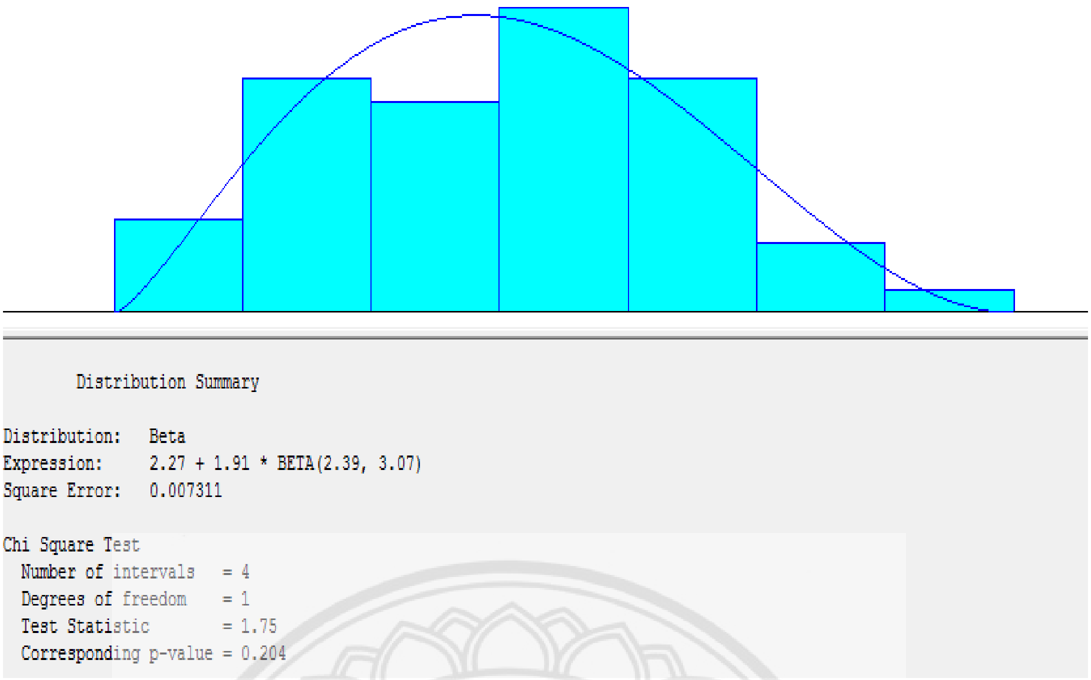
3.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลและแปรรูปข้อมูล

เนื่องจากเวลาที่จับได้เป็นข้อมูลดิบ ที่มีการกระจายตัวของข้อมูลแตกต่างกันไป ซึ่งในการป้อนข้อมูลลงในแบบจำลอง (Model) นั้นจะต้องมีการแปลงจากข้อมูลดิบให้มาอยู่ในรูปแบบที่มีการกระจายตัวแบบเฉลี่ยก่อน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีตัวช่วยในการวิเคราะห์ทางสถิติ ในส่วนของโปรแกรม Arena นี้เรียกว่า การวิเคราะห์ข้อมูลป้อนเข้า (Input Analyzer) ซึ่งใช้วิธีทดสอบ Goodness of Fit และใช้ Chi Square Test ในการวิเคราะห์ เมื่อใช้ Input Analyzer วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อระบุการแจกแจงทางสถิติพื้นฐานที่จะใช้แทนที่ข้อมูลในการสร้างจำลอง ผ่านการทดสอบสมมติฐานทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีการตั้งสมมิติฐาน ดังนี้

H_0: ข้อมูลมีการแจกแจงตามรูปแบบที่ทำการทดสอบ

H_1: ข้อมูลไม่มีการแจกแจงตามรูปแบบที่ทำการทดสอบ

โปรแกรมจะแสดงการกระจายตัวของข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์ได้เป็นรูปภาพที่มีลักษณะเป็นกราฟแท่ง และเมื่อเลือก Fit All จะปรากฏค่าที่ต้องการเป็นข้อมูลที่ดีที่สุด ที่มีค่า P-Value > 0.05 จึงจะสามารถนำข้อมูลนั้นไปใช้ในการสร้างแบบจำลองต่อไป ดังรูปที่ 3.6 ตัวอย่างหน้าต่างแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลการนำสเตเตอร์เข้าสู่ระบบการประกอบฝาหลัง



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ข้อมูลการนำสเตเตอร์เข้าสู่ระบบการประกอบฝาหลัง

จากรูปที่ 3.6 แสดงตัวอย่างผลการวิเคราะห์ข้อมูลเวลาการทำงาน ของขั้นตอนการนำสเตเตอร์เข้าสู่ระบบการประกอบฝาหลัง (Part Arrives to Station 1) ที่มีจำนวนข้อมูลดิบ 50 ข้อมูล แล้วนำจำนวนข้อมูลดิบที่ได้มาบันทึกไว้เป็นไฟล์ตัวอักขระ (Text Files) ในโปรแกรม Note Pad จากนั้นนำไฟล์ตัวอักขระ (Text Files) ในโปรแกรม Note Pad ที่ได้บันทึกไว้ มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลป้อนเข้า (Input Analyzer) ซึ่งพบว่าข้อมูลนี้ มีการแจกแจงแบบ Beta มีค่าเฉพาะ (Expression) เท่ากับ 2.27 + 1.91 * BETA(2.39, 3.07) และมีค่าความผิดพลาด (Square Error) เท่ากับ 0.007311 ซึ่งวิธีการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลนี้ คือแบบ Chi Square Test ที่มีค่า P-Value เท่ากับ 0.204 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่านัยสำคัญที่ 0.05 ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเวลาการทำงาน ของขั้นตอนการนำสเตเตอร์เข้าสู่ระบบการประกอบฝาหลัง (Part Arrives to Station 1) ด้วย Input Analyzer สามารถสรุปได้ ดังนี้

Distribution Summary

Distribution:	Beta
Expression:	2.27 + 1.91 * BETA(2.39, 3.07)
Square Error:	0.007311

Chi Square Test

Number of intervals	= 4
Degrees of freedom	= 1
Test Statistic	= 1.75

Corresponding p-value = 0.204

Data Summary

Number of Data Points = 50

Min Data Value = 2.43

Max Data Value = 4.02

Sample Mean = 3.11

Sample Std Dev = 0.373

นำข้อมูลที่ได้ไปป้อนลงในแบบจำลองต้นแบบ (Model) ของแต่ละโมดูล (Module) ที่สร้างขึ้นมา โดยนำค่าเฉพาะ (Expression) ที่ได้จากการใช้ Input Analyzer วิเคราะห์ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้งหมดสามารถดูได้จาก ภาคผนวก ก

ผลที่ได้จากการใช้ Input Analyzer วิเคราะห์ทั้งหมดที่จะนำไปป้อนลงในแต่ละโมดูล (Module) ที่อยู่ในแบบจำลอง (Model) ที่สร้างไว้โดยการนำค่าเฉพาะ (Expression) ของขั้นตอนต่างๆที่ได้ทำการจับเวลาและวิเคราะห์ ซึ่งจะแสดงในตารางที่ 3.3 แสดงผลข้อมูลที่ได้จากการใช้ Input Analyzer วิเคราะห์ทั้งหมด

ตารางที่ 3.3 แสดงผลข้อมูลที่ได้จากการใช้ Input Analyzer วิเคราะห์ทั้งหมด

NO.	จุดที่ต้องป้อนค่า	Module	Distribution	Expression	P-value
1	Part Arrives to Station 1	Create	Beta	2.27 + 1.91 * BETA(2.39, 3.07)	0.204
2	Station 1.1	Process	Normal	NORM(56.3, 1.7)	0.0537
3	Station 1.2	Process	Normal	NORM(32.8, 1.52)	0.328
4	Station 1 to Station 2	Process	Triangular	TRIA(2.27, 2.64, 4)	0.363
5	Station 2.1	Process	Normal	NORM(6.19, 0.916)	0.315
6	Station 2.2	Process	Erlang	8 + ERLA(0.733, 4)	0.48
7	Station 2.3	Process	Normal	NORM(47.1, 2.54)	0.513
8	Station 2.4	Process	Triangular	TRIA(8, 9.5, 15)	0.52
9	Station 2.5	Process	Normal	NORM(9.7, 1.41)	0.652
10	Station 2 to Station 3	Process	Beta	2.37 + 1.63 * BETA(1.85, 2.83)	0.065
11	Part Arrives to Station 3	Process	Beta	2.03 + 1.97 * BETA(2.15, 1.84)	0.49
12	Station 3.1	Process	Normal	NORM(14.8, 1.06)	0.0949
13	Station 3.2	Process	Beta	30 + 5.98 * BETA(1.85, 2.41)	0.416
14	Station 3.3	Process	Gamma	27 + GAMM(0.85, 3.56)	0.61
15	Station 3.4	Process	Erlang	7.14 + ERLA(0.542, 5)	0.442
16	Station 3.5	Process	Beta	37 + 10 * BETA(1.47, 2.72)	0.573
17	Station 3.6	Process	Beta	40.4 + 5.61 * BETA(2.11, 2.01)	0.341
18	Station 3.7	Process	Erlang	6 + ERLA(0.342, 4)	0.165
19	Station 3.8	Process	Gamma	7.55 + GAMM(0.383, 4.91)	0.206
20	Station 3.9	Process	Normal	NORM(4.56, 0.736)	0.329
21	Station 3 to Station 4	Process	Triangular	TRIA(2, 2.5, 4.35)	0.711
22	Station 4.1	Process	Beta	56 + 7 * BETA(1.94, 2.17)	0.746
23	Station 4.2	Process	Normal	NORM(60.6, 4.85)	0.224
24	Station 4.3	Process	Beta	35 + 6.95 * BETA(1.47, 1.7)	0.506
25	Station 4 to Station 5	Process	Beta	2.19 + 1.39 * BETA(1.68, 1.5)	0.204
26	Station 5.1	Process	Beta	19 + 7 * BETA(1.04, 1.22)	0.226
27	Station 5.2	Process	Normal	NORM(13.5, 1.59)	0.734
28	Station 5.3	Process	Beta	12.3 + 4.67 * BETA(1.33, 2.49)	0.352
29	Station 5.4	Process	Beta	13 + 4 * BETA(1.75, 1.49)	0.0991
30	Station 5.5	Process	Triangular	TRIA(23.1, 24.9, 27.8)	0.336
31	Station 5.6	Process	Beta	13 + 5 * BETA(2.72, 3.04)	0.748
32	Station 5.7	Process	Triangular	TRIA(38, 44.1, 55)	0.171
33	Station 5.8	Process	Beta	69 + 13 * BETA(1.31, 1.51)	0.197

3.6 การสร้างแบบจำลอง

สำหรับการสร้างแบบจำลอง (Model) นี้ จะใช้โปรแกรม Arena ในการสร้าง ซึ่งจะนำข้อมูลที่วิเคราะห์ได้จาก Input Analyzer มาใช้ในการสร้างแบบจำลอง

3.6.1 การสร้างแบบจำลอง

นำข้อมูลที่วิเคราะห์ได้จาก Input Analyzer มาใช้ในการสร้างแบบจำลอง ที่จะจำลองการทำงานของระบบงานจริงก่อนที่จะทำการปรับปรุง โดยแบบจำลอง (Model) ที่สร้างขึ้นมานี้จะเป็นแบบ Terminated ที่จะกำหนดว่าระยะเวลาในการทำงานมีจุดสิ้นสุด

ซึ่งการสร้างแบบจำลอง (Model) นี้ จะสร้างตามแผนผังขั้นตอนการผลิต ของรุ่น Big-M AL3001 ที่ได้จากการการวิเคราะห์ข้อมูล หัวข้อที่ 3.2 และการจัดเตรียมข้อมูลที่ใช้สร้างแบบจำลอง หัวข้อที่ 3.5 ดังแสดงในตารางที่ 3.4 แผนผังขั้นตอนการผลิตของรุ่น Big-M AL3001

ตารางที่ 3.4 แผนผังขั้นตอนการผลิตของรุ่น Big-M AL3001 (Process Chart)

FLOW PROCESS CHART				
CHART NO.	SUMMARY			
ACTIVITY: การผลิตรุ่น BIG-M 3001	ACTIVITY	PRESENT	PROPOSE	SAVING
METHOD: PROCESS	OPERATION ○	27		
LOCATION: สายการผลิต PD-5	TRANSPORT ⇨	6		
OPERATOR: 5	DELAY D			
CHART BY: / DATE:	INSPECTION □			
APPROVED BY: / DATE:	STORAGE ▽	1		
	DISTRANCE (m)			
	TIME(s)	768.65		
DESCRIPTION	TIME(s)	DIST(s)	SYMBOL	REM
1. นำสเตเตอร์เข้าสู่ระบบการประกอบฝาหลัง	3.11		○ ➡ D □ ▽	Part to S1
2. นำสเตเตอร์ประกอบกับแผงไดโอต	56.28		● ⇨ D □ ▽	S1.1
3. ทำการบัดกรียึด	32.80		● ⇨ D □ ▽	S1.2
4. ส่งไป Station 2	3.03		○ ➡ D □ ▽	S1 to S2
5. แต้มสีจุดบัดกรี	6.19		● ⇨ D □ ▽	S2.1
6. ประกอบฝาหลังกับชินงาน	10.93		● ⇨ D □ ▽	S2.2
7. ขันน็อตยึดฝาหลัง 6จุด	47.12		● ⇨ D □ ▽	S2.3
8. เช็คทดสอบ	10.65		● ⇨ D □ ▽	S2.4
9. เช็คซองถ่าน	9.70		● ⇨ D □ ▽	S2.5
10. ส่งไป Station 3	3.01		○ ➡ D □ ▽	S2 to S3
11. นำฝาหลังเข้าสู่ระบบการประกอบหลัก	3.09		○ ➡ D □ ▽	Part to S3
12. ประกอบฝาหน้ากับลูกปืน	14.80		● ⇨ D □ ▽	S3.1
13. ขันสกรูปิดลูกปืนกับฝาหน้าและแต้มสี	32.60		● ⇨ D □ ▽	S3.2
14. ประกอบทุ่นกับฝาหน้า	30.03		● ⇨ D □ ▽	S3.3
15. ทาน้ำมันที่แกนทุ่น	9.85		● ⇨ D □ ▽	S3.4
16. ประกอบฝาหลังกับฝาหน้า	40.50		● ⇨ D □ ▽	S3.5
17. ขันสกรูยึดฝาหลังกับฝาหน้าและย้ำหัวน็อต	43.24		● ⇨ D □ ▽	S3.6
18. ใส่มูเล่และใบพัด	7.37		● ⇨ D □ ▽	S3.7
19. ขันสกรูยึดกับตัวไดร์	9.43		● ⇨ D □ ▽	S3.8
20. เป่าลมที่แกน	4.56		● ⇨ D □ ▽	S3.9
21. ส่งไป Station 4	2.94		○ ➡ D □ ▽	S3 to S4
22. ใส่ปั้มและขันสกรูยึดปั้มกับตัวไดร์	59.31		● ⇨ D □ ▽	S4.1
23. เอาไดร์เข้าเครื่องทดสอบ	60.62		● ⇨ D □ ▽	S4.2
24. เอาไดร์ออกจากเครื่องทดสอบ	38.26		● ⇨ D □ ▽	S4.3
25. ส่งไป Station 5	2.92		○ ➡ D □ ▽	S4 to S5
26. เอาไดร์เข้าเครื่องเช็คหนืด	22.18		● ⇨ D □ ▽	S5.1
27. เอาไดร์ออกจากเครื่องเช็คหนืด	13.47		● ⇨ D □ ▽	S5.2
28. ใส่แหวนทองแดงและลูกยาง	13.96		● ⇨ D □ ▽	S5.3
29. นำฟองน้ำชุบน้ำมัน เช็คทำความสะอาดได	15.16		● ⇨ D □ ▽	S5.4
30. ทำการย้ำสกรูทั้งหมด อีกครั้ง แต้มจุด	25.27		● ⇨ D □ ▽	S5.5
31. ติดแสตมป์ JOB NO.	15.36		● ⇨ D □ ▽	S5.6
32. เตรียมกล่อง	45.87		● ⇨ D □ ▽	S5.7
33. แพ็คเกจ	75.04		● ⇨ D □ ▽	S5.8
34. จัดเก็บ ออกจากระบบ			○ ⇨ D □ ▼	

และเพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจในการสร้างแบบจำลอง จึงได้นำลำดับขั้นตอนกิจกรรม ที่แสดงในแผนผังขั้นตอนการผลิตของรุ่น Big-M AL3001 (Process Chart) จากตารางที่ 3.4 มาเปลี่ยนเป็นชื่อที่จะนำไปแทนค่าในแบบจำลอง เพื่อที่จะใช้กำหนดชื่อของโมดูล (Module) แต่ละโมดูลในแบบจำลอง (Model) ที่จะสร้างขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 3.5

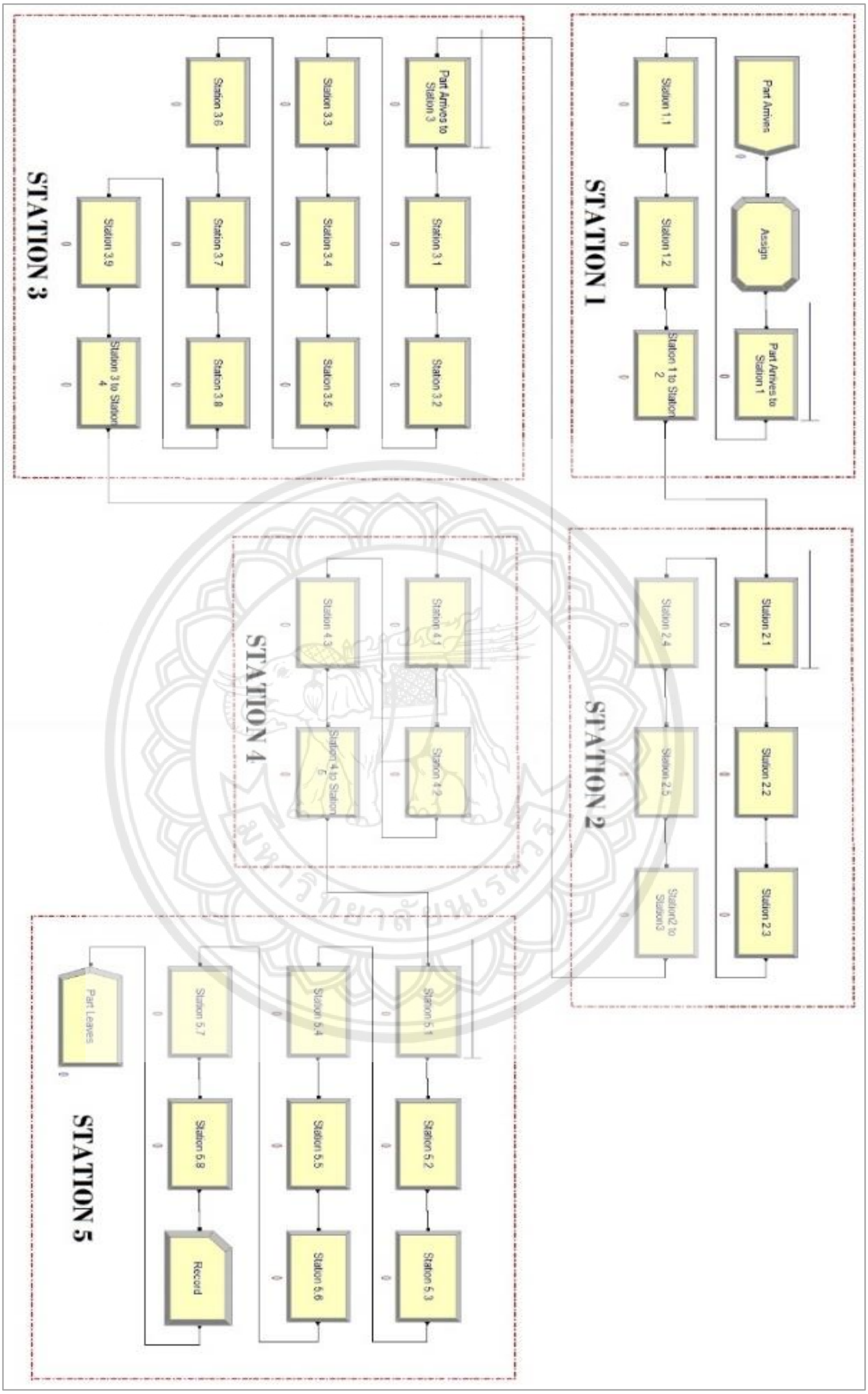
ตารางที่ 3.5 ตารางแสดงการกำหนดชื่อของแต่ละโมดูล (Module)

ลำดับ	กิจกรรม/ขั้นตอน	Module
1	นำสเตเตอร์เข้าสู่ระบบการประกอบฝาหลัง	Part Arrives to Station 1
2	นำสเตเตอร์ประกอบกับแผงไดโอต	Station 1.1
3	ทำการบัดกรียึด	Station 1.2
4	ส่งไป Station 2	Station 1 to Station 2
5	แต้มสีจุดบัดกรี	Station 2.1
6	ประกอบฝาหลังกับชิ้นงาน	Station 2.2
7	ขันน็อตยึดฝาหลัง 6จุด	Station 2.3
8	เช็คทดสอบ	Station 2.4
9	เช็คซองถ่าน	Station 2.5
10	ส่งไป Station 3	Station 2 to Station 3
11	นำฝาหลังเข้าสู่ระบบการประกอบหลัก	Part Arrives to Station 3
12	ประกอบฝาหน้ากับลูกปืน	Station 3.1
13	ขันสกรูปิดลูกปืนกับฝาหน้าและแต้มสี	Station 3.2
14	ประกอบทุ่นกับฝาหน้า	Station 3.3
15	ทาน้ำมันที่แกนทุ่น	Station 3.4
16	ประกอบฝาหลังกับฝาหน้า	Station 3.5
17	ขันสกรูยึดฝาหลังกับฝาหน้าและย้ำหัวน็อตฝาหลัง	Station 3.6
18	ใส่มูเล่และใบพัด	Station 3.7
19	ขันสกรูยึดกับตัวไดร์	Station 3.8
20	เป่าลมที่แกน	Station 3.9
21	ส่งไป Station 4	Station 3 to Station 4

ตารางที่ 3.6 (ต่อ) ตารางแสดงการกำหนดชื่อของแต่ละโมดูล (Module)

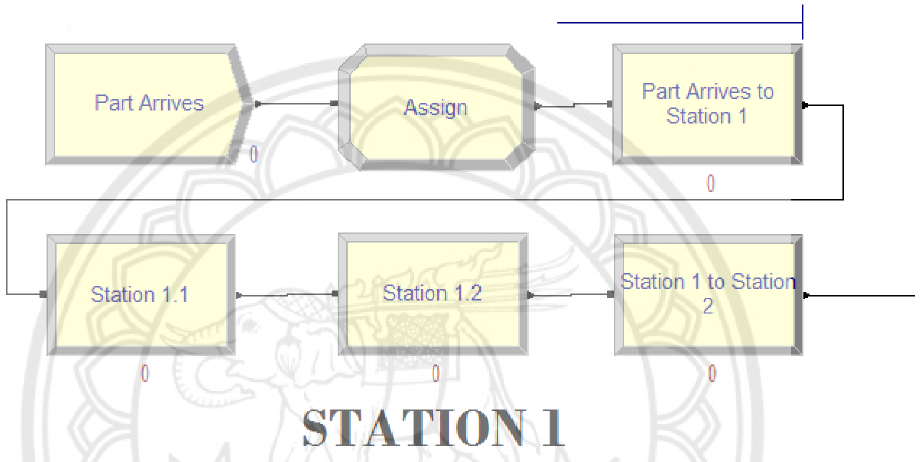
ลำดับ	กิจกรรม/ขั้นตอน	Module
22	ใส่ปั้มและขันสกรูยึดปั้มกับตัวไดร์	Station 4.1
23	เอาไดร์เข้าเครื่องทดสอบ	Station 4.2
24	เอาไดร์ออกจากเครื่องทดสอบ	Station 4.3
25	ส่งไป Station 5	Station 4 to Station 5
26	เอาไดร์เข้าเครื่องเช็คหนีด	Station 5.1
27	เอาไดร์ออกจากเครื่องเช็คหนีด	Station 5.2
28	ใส่แหวนทองแดงและลูกยาง	Station 5.3
29	นำฟองน้ำชุบน้ำมัน เช็คทำความสะอาดไดชาร์จ	Station 5.4
30	ทำการย้ำสกรูทั้งหมด อีกครั้ง แต้มจุด	Station 5.5
31	ติดแสตมป์ JOB NO.	Station 5.6
32	เตรียมกล่อง	Station 5.7
33	แพ็คเกจ	Station 5.8

โดยในการสร้างแบบจำลองนี้จะเริ่มจากสร้าง Create Module ที่ทำหน้าที่ป้อน Entity เข้าสู่กระบวนการ ผ่าน Assign Module ที่ทำหน้าที่กำหนดเวลาการทำงานของแต่ละขั้นตอนให้ติดกับ Entity ไป โดย Entity จะเข้าสู่ Process Module ที่จะเป็นการแสดงถึงกระบวนการทำงานในแต่ละขั้นตอนของแต่ละ Station และเมื่อสิ้นสุด Process Module สุดท้ายของ Station 5 แล้วจะมี Record Module ที่จะทำหน้าที่ในการบันทึกเวลาการทำงานทั้งหมดที่ Entity อยู่ในแบบจำลองนี้ และ Entity จะผ่านเข้าสู่ Dispose Module เพื่อแสดงถึงการสิ้นสุดการเก็บข้อมูลทางสถิติพื้นฐานของ Entity นั้น และเพื่อเป็นการแสดงการของออกจากระบบแบบจำลองของ Entity นั้นๆ ซึ่งแบบจำลองการทำงานของสายการผลิต PD-5 จะแสดงดังในรูปที่ 3.7 แบบจำลองของสายการผลิต PD-5



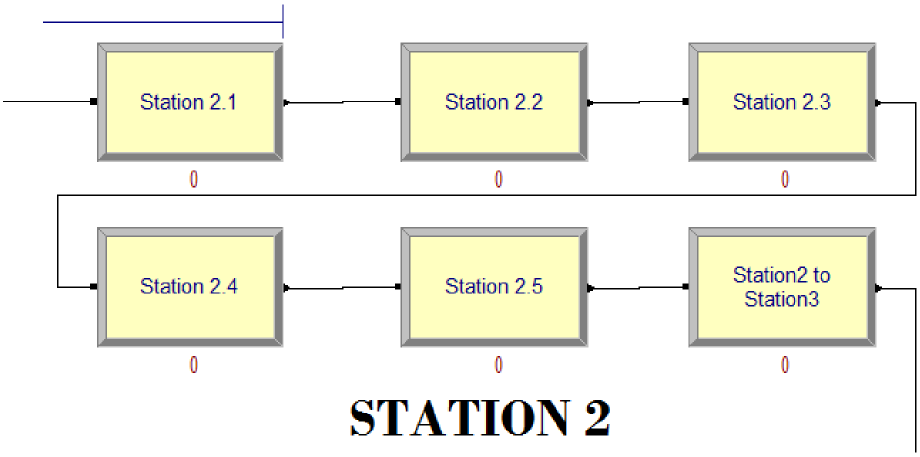
รูปที่ 3.7 แบบจำลองของสายการผลิต PD-5

ส่วนแรกนี้ จะเป็นการจำลองการมาถึงของชิ้นงาน (Entity) ที่จะทำการเข้าสู่แบบจำลองและขั้นตอนการทำงานในโมดูล (Module) ต่างๆ ของสถานีงาน (Station) ที่ 1 ที่มีหน้าที่ในการประกอบผังแผงไดโอดเข้ากับสเตเตอร์ ซึ่งเป็นสถานีงานแรกของการประกอบชิ้นงาน (Entity) มีพนักงาน (Operator) ประจำอยู่ 1 คน โดยจะนำชิ้นงาน (Entity) เข้าสู่สถานีงาน (Station) ที่ 1 ซึ่งเริ่มจาก Process Module ที่มีชื่อว่า Part Arrives to Station 1 และเมื่อทำเสร็จขั้นตอนการทำงานในแต่ละ Process Module แล้วชิ้นงาน (Entity) จะถูกส่งไปยังสถานีงาน (Station) ที่ 2 ต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 3.8 แบบจำลองในส่วนของสถานีงาน (Station) ที่ 1



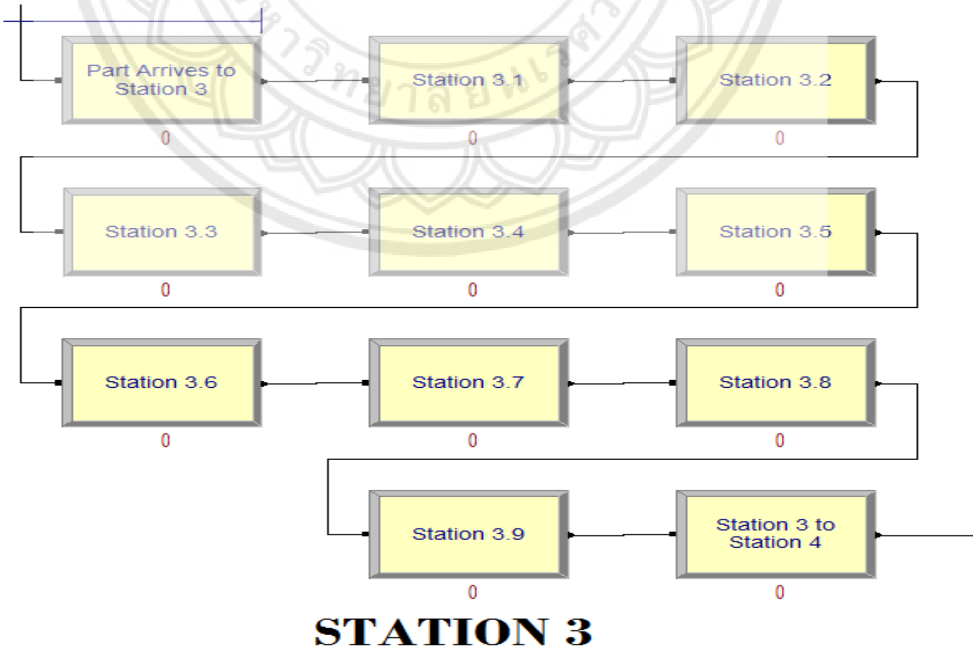
รูปที่ 3.8 แบบจำลองในส่วนของสถานีงาน (Station) ที่ 1

ในส่วนที่ 2 นี้จะจำลองขั้นตอนการทำงานในโมดูล (Module) ต่างๆ ของสถานีงาน (Station) ที่ 2 ที่มีหน้าที่ในการประกอบฝาหลัง ซึ่งจะรับชิ้นงาน (Entity) ต่อจากสถานีงาน (Station) ที่ 1 มา โดยในสถานีงาน (Station) ที่ 2 นี้ จะมีพนักงาน (Operator) ประจำอยู่ 1 คน เมื่อทำเสร็จขั้นตอนการทำงานในแต่ละ Process Module แล้วจะส่งชิ้นงาน (Entity) ไปยังสถานีงาน (Station) ที่ 3 ต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 3.9 แบบจำลองในส่วนของสถานีงาน (Station) ที่ 2



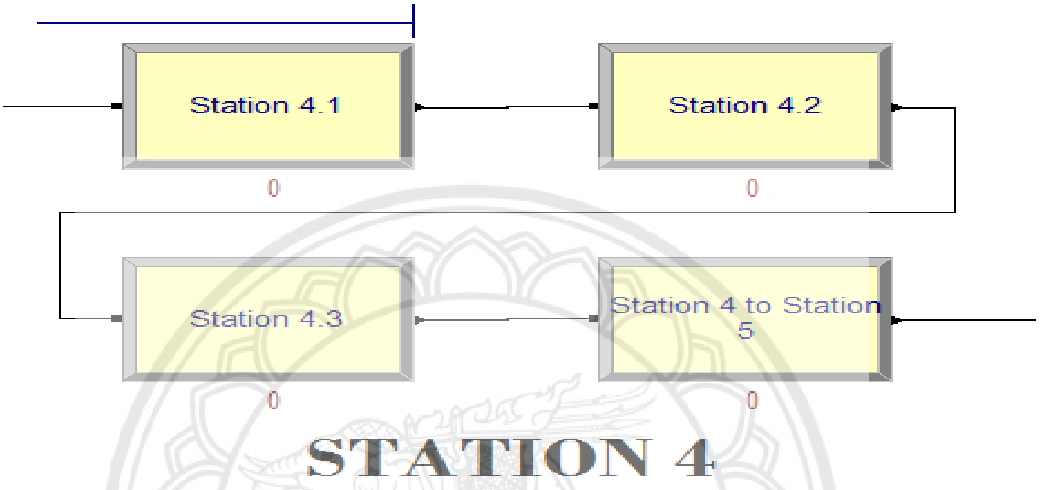
รูปที่ 3.9 แบบจำลองในส่วนของสถานีงาน (Station) ที่ 2

ในส่วนที่ 3 นี้จะจำลองขั้นตอนการทำงานในโมดูล (Module) ต่างๆ ของสถานีงาน (Station) ที่ 3 ที่มีหน้าที่ในการประกอบฝาหน้ากับฝาหลังเข้าด้วยกัน มีพนักงาน (Operator) ประจำอยู่ 1 คน ซึ่งจะรับชิ้นงาน (Entity) ที่ส่งมาจากสถานีงาน (Station) ที่ 2 โดยเริ่มจาก Process Module ที่มีชื่อว่า Part Arrives to Station 3 เมื่อทำเสร็จขั้นตอนการทำงานในแต่ละ Process Module แล้ว ชิ้นงาน (Entity) จะถูกส่งไปยังสถานีงาน (Station) ที่ 4 ต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 3.10 แบบจำลองในส่วนของสถานีงาน (Station) ที่ 3



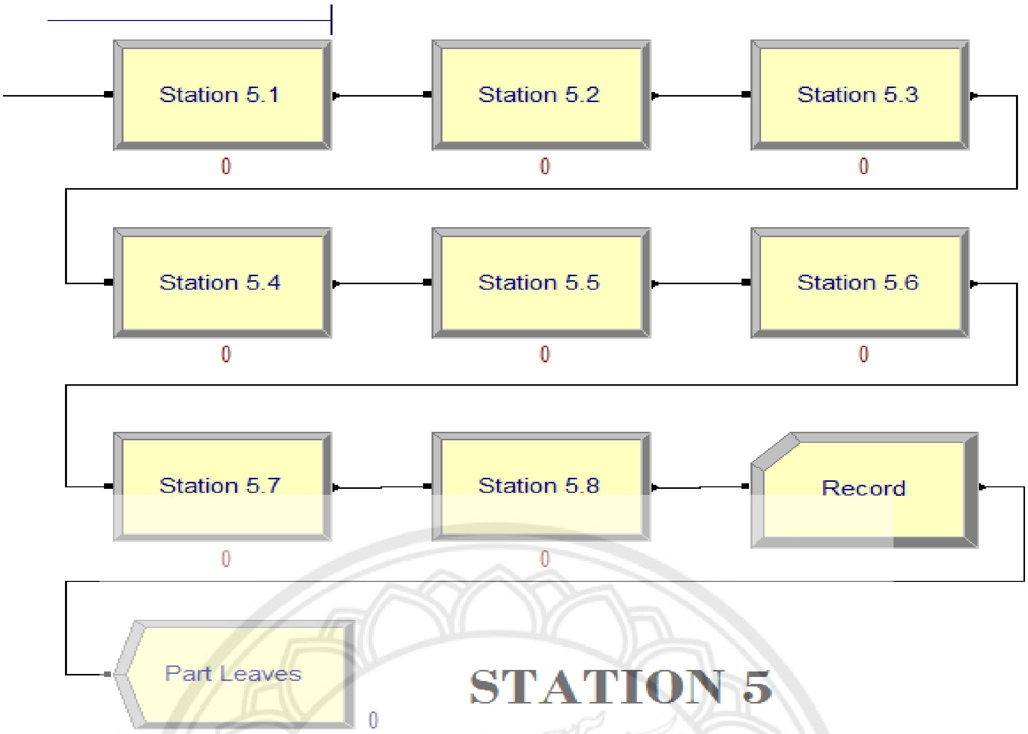
รูปที่ 3.10 แบบจำลองในส่วนของสถานีงาน (Station) ที่ 3

ในส่วนที่ 4 นี้จะจำลองขั้นตอนการทำงานในโมดูล (Module) ต่างๆ ของ Station 4 ที่มีหน้าที่ในการทดสอบไดชาร์จ มีพนักงาน (Operator) ประจำอยู่ 1 คน ซึ่งจะรับชิ้นงาน (Entity) ที่ถูกส่งมาจากสถานีงาน (Station) ที่ 3 เมื่อทำเสร็จขั้นตอนการทำงานในแต่ละ Process Module แล้ว ชิ้นงาน (Entity) จะถูกส่งไปยังสถานีงาน (Station) ที่ 5 ต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 3.11 แบบจำลองในส่วนของสถานีงาน (Station) ที่ 4

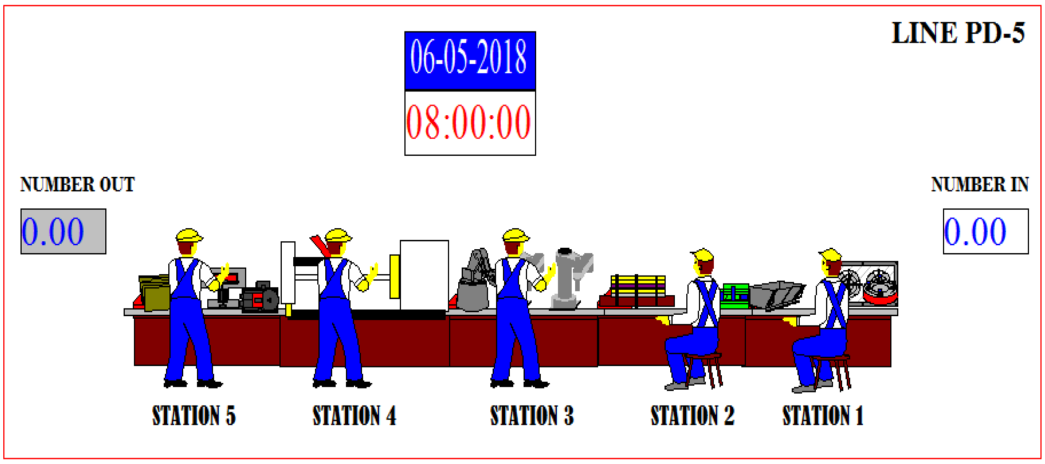


รูปที่ 3.11 แบบจำลองในส่วนของสถานีงาน (Station) ที่ 4

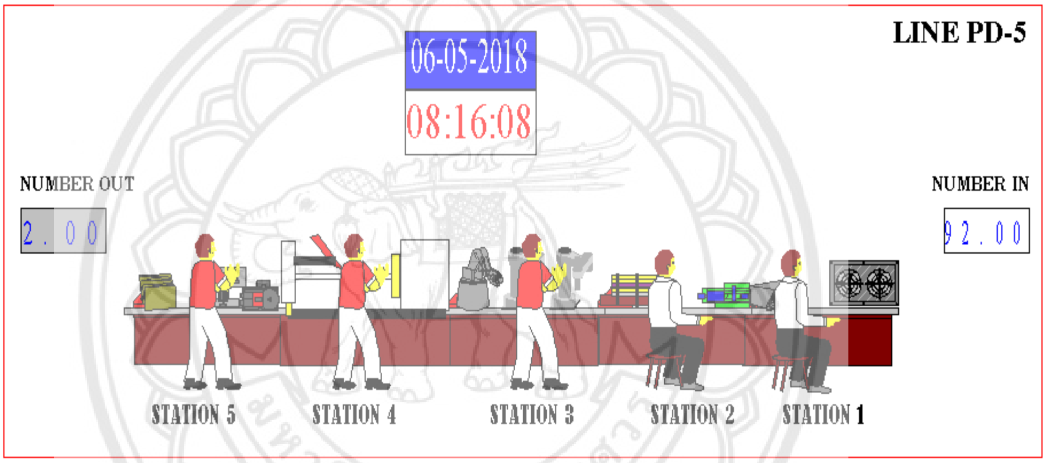
ในส่วนที่ 5 นี้จะจำลองขั้นตอนการทำงานในโมดูล (Module) ต่างๆ ของสถานีงาน (Station) ที่ 5 ที่มีหน้าที่ในการทดสอบไดชาร์จ มีพนักงาน (Operator) ประจำอยู่ 1 คน ซึ่งจะรับชิ้นงาน (Entity) ที่ถูกส่งมาจากสถานีงาน (Station) ที่ 4 เมื่อทำเสร็จขั้นตอนการทำงานในแต่ละ Process Module แล้ว ชิ้นงาน (Entity) จะผ่าน Record Module ที่จะทำหน้าที่ในการบันทึกเวลาการทำงานทั้งหมดที่ชิ้นงาน (Entity) อยู่ในแบบจำลองนี้ และชิ้นงาน (Entity) จะไหลผ่านเข้าสู่ Dispose Module เพื่อแสดงถึงการสิ้นสุดการเก็บข้อมูลทางสถิติพื้นฐานของชิ้นงาน (Entity) นั้น และออกจากระบบของแบบจำลอง ดังแสดงในรูปที่ 3.12 แบบจำลองในส่วนของสถานีงาน (Station) ที่ 5



รูปที่ 3.12 แบบจำลองในส่วนของสถานีงาน (Station) ที่ 5



รูปที่ 3.13 ภาพเคลื่อนไหว (Animation) แสดงสถานะว่างงาน (Idle)



รูปที่ 3.14 ภาพเคลื่อนไหว (Animation) แสดงสถานะทำงาน (Busy)

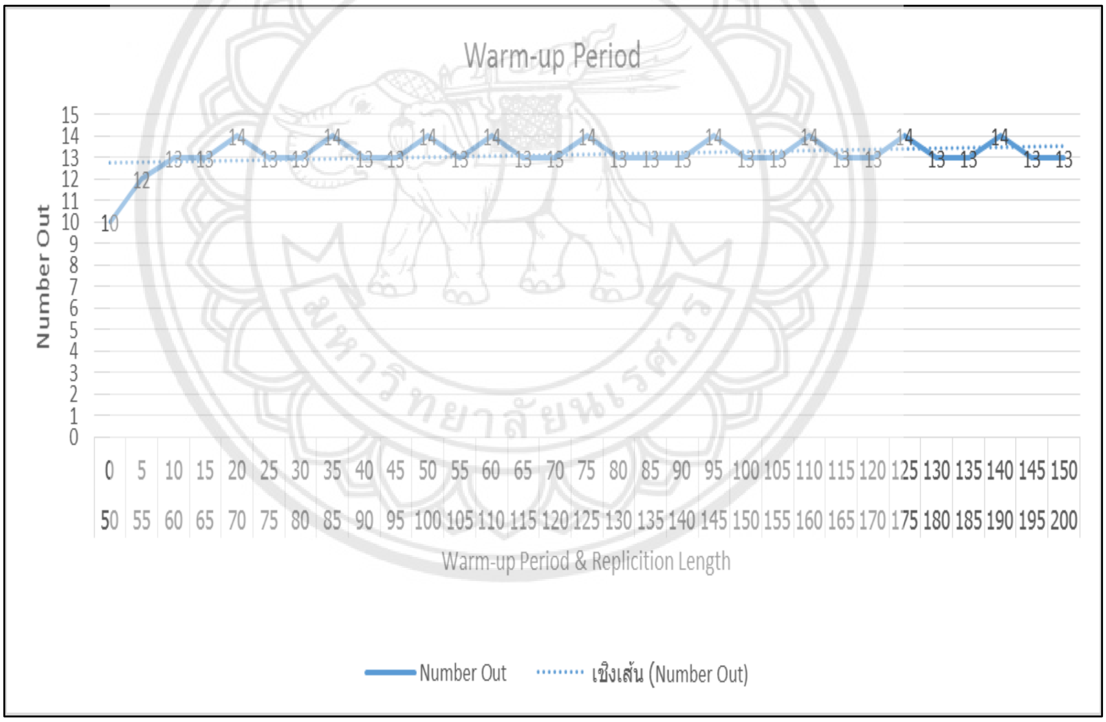
3.6.2 การทดลองประมวลผล

สำหรับในการทดลองประมวลผลนั้น มีขั้นตอนในการกำหนดค่าสำหรับช่วงเวลาของการที่จะให้โปรแกรม Arena นั้น ทำการประมวลผลออกมาตามค่าช่วงเวลาที่ได้ตั้งไว้ (Run Setup) ซึ่งจะแสดงได้ดัง ภาคผนวก ข

ค่าที่กำหนดในการประมวลผลสำหรับแบบจำลองสายการผลิต PD-5 คือ

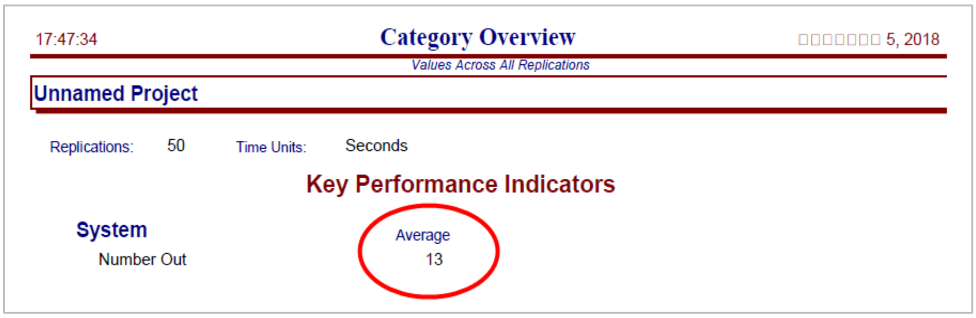
Number of Replication	=	50
Warm-up Period	=	100 Minutes
Replication Length	=	150 Minutes
Hours per Day	=	8 Hours
Base Time Unit	=	Seconds

วิธีการหาช่วงเวลาคงที่ (Warm-up Period) เนื่องช่วงเริ่มต้นของการประมวลผล อาจทำให้ผลที่ได้ (Number Out) ที่ได้มีความแกว่งและไม่คงที่ แต่เมื่อประมวลผลในเวลาที่เพิ่มขึ้นผลที่ได้ (Number Out) ก็จะเริ่มเข้าสู่สภาวะคงที่ ดังนั้น เพื่อทำการประมวลผลในเวลาที่เชื่อถือได้และสามารถอ้างอิงได้นั้น ในโครงงานนี้จะทำโดยการปรับค่า Warm-up Period และค่า Replication Length ขึ้นไปเรื่อยๆ โดยมีช่วงระยะห่างกัน 50 นาทีตลอดทุกช่วงเวลาที่ทำการทดลอง แล้วทำการประมวลผลซ้ำ 50 รอบ ของช่วงเวลาที่ทำการทดลองนั้น เพื่อที่จะหาค่าช่วงเวลาคงที่ผลที่ได้ (Number Out) ที่ได้นั้นขึ้นลงคงที่อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองตั้งค่า Warm-up Period นี้ ในช่วงเวลา Warm-up Period ตั้งแต่ 10 นาที ขึ้นไป ผลที่ได้จากการประมวลจะคงที่อยู่ตลอด คือได้ Number Out อยู่ที่ 13 ถึง 14 ชิ้น สลับกันตลอดช่วงเวลาของการทดลองที่เหลือ ซึ่งถือว่าเข้าสู่สภาวะคงที่แล้ว ดังนั้นในที่นี้จึงกำหนดช่วงเวลา Warm-up Period ที่ 100 นาที เพื่อมาใช้ในการประมวลผลของโครงงานนี้ ซึ่งช่วงเวลาต่างๆ ของการทำลองสามารถแสดงได้ดัง รูปที่ 3.15 ช่วงเวลาคงที่ (Warm-up Period)

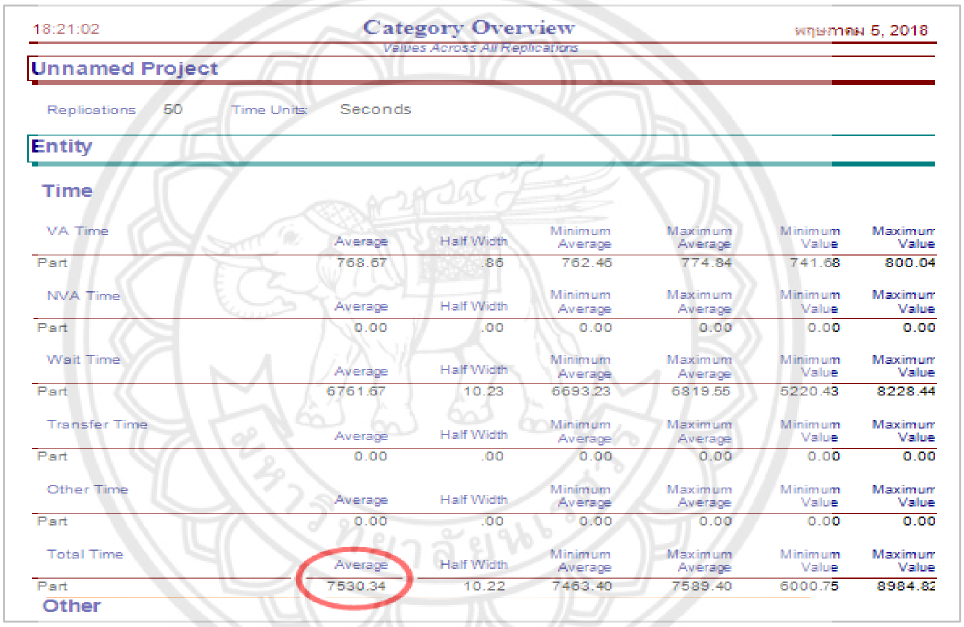


รูปที่ 3.15 ช่วงเวลาคงที่ (Warm-up Period)

เมื่อสั่งให้โปรแกรม Arena ทำการประมวลออกมา จะแสดงได้ดังรูป



รูปที่ 3.16 แสดงจำนวนชิ้นงานเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลอง (Number Out)


18:21:02 **Category Overview** พฤษภาคม 5, 2018

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 50 Time Units: Seconds

Entity

Time

Time		Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
VA Time	Part	768.67	.86	762.46	774.84	741.68	800.04
NVA Time	Part	0.00	.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wait Time	Part	6761.67	10.23	6693.23	6819.55	5220.43	8228.44
Transfer Time	Part	0.00	.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Part	0.00	.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Time	Part	7530.34	10.22	7463.40	7589.40	6000.75	8984.82

Other

รูปที่ 3.17 แสดงจำนวนเวลาเฉลี่ยที่ใช้ของชิ้นงานในแบบจำลอง (Time) ต่อชิ้นงาน 1 ชิ้น

ผลที่ได้จากการประมวลของโปรแกรม Arena ด้วยการสั่งให้มีการประมวลผลซ้ำ 50 รอบ โดยในแต่ละรอบจะมีการกำหนดค่าช่วงเวลาการแกว่งของข้อมูลไว้ที่ 100 นาที และกำหนดค่าความยาวของการประมวลผลไว้ที่ 150 นาที เนื่องจากต้องการวัดชิ้นงานที่ได้จากแบบจำลองเพียง 50 นาที เพื่อที่จะนำไปเทียบกับระบบงานจริงของสายการผลิตในปัจจุบัน สามารถสรุปได้ ดังนี้

ชิ้นงานเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลอง (Number Out)	=	13 ชิ้น
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการทำงานต่อชิ้น	=	768.67 วินาที
เวลารอคอยเฉลี่ยของชิ้นงานเมื่ออยู่ในระบบ	=	6761.67 วินาที
เวลาเฉลี่ยรวมทั้งหมดของชิ้นงาน	=	7530.34 วินาที

3.7 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

สำหรับวิธีการที่ใช้ในการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองนั้น ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ

3.7.1 การพิสูจน์ยืนยัน (Verification)

การพิสูจน์ยืนยัน (Verification) เป็นการตรวจสอบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมานั้น เป็นไปตามเงื่อนไข และทำงานได้ตามที่ได้ทำการออกแบบไว้หรือไม่ ดังนี้

3.7.1.1 ตรวจสอบว่าจำนวนโมดูล (Module) ที่สร้างขึ้นมาในแบบจำลองนั้น ครบตามจำนวนขั้นตอนการทำงานที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งดูได้จากค่าเฉพาะ (Expression) ที่ได้จากการใช้ Input Analyzer วิเคราะห์ของแต่ละโมดูล (Module) ดังตารางที่ 3.3 แสดงผลข้อมูลที่ได้จากการใช้ Input Analyzer วิเคราะห์ทั้งหมด ดังตารางที่ 3.4 แผนผังขั้นตอนการผลิตของรุ่น Big-M AL3001 และตารางที่ 3.5 ตารางแสดงการกำหนดชื่อของแต่ละโมดูล Module

3.7.1.2 ทดสอบความถูกต้อง ว่ามีพฤติกรรมใกล้เคียงกับระบบงานจริง โดยใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นเทียบกับระบบงานจริง และให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตของบริษัทผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิคส์ ได้ทำการประเมิน ดังแสดงแบบประเมินใน ภาคผนวก จ

3.7.1.3 ตรวจสอบความถูกต้องโดยการถามผู้เชียวชาญ (Face Validity) ที่มีความรู้เกี่ยวกับการใช้งานโปรแกรม Arena

3.7.2 การทดสอบความถูกต้อง (Validation)

ตรวจสอบว่าแบบจำลองสามารถทำงานเสมือนระบบงานจริงหรือไม่ โดยใช้การทดสอบสมมติฐานทางสถิติ โดยได้ทำการทดสอบความแตกต่างระหว่างเวลาในการทำงานที่ใช้ประกอบชิ้นงานขึ้น 1 ชิ้นจากกระบวนการผลิตจริง โดยไม่รวมเวลารอคอย 1 รอบต่อ 1 ชิ้น จำนวน 50 รอบเทียบกับเวลาเฉลี่ยในการทำงานต่อชิ้นของการประมวลผลของแบบจำลองที่สร้างขึ้นในแต่ละรอบของการประมวลผล โดยการทำการประมวลผลซ้ำ 50 รอบ ดูได้จาก ภาคผนวก ค ด้วยการทดสอบสมมติฐานทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 โดยกำหนดสมมติฐานในการทดสอบดังนี้

$H_0 : \mu_0 = \mu_1$ คือ เวลาที่ได้จากแบบจำลองกับเวลาของระบบงานจริงมีค่าไม่แตกต่างกัน ข้อมูลสามารถใช้เป็นตัวแทนกันได้

$H_1 : \mu_0 \neq \mu_1$ คือ เวลาที่ได้จากแบบจำลองกับเวลาของระบบงานจริงมีค่าแตกต่างกันข้อมูลไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนกันได้

จึงได้ทำการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์โดยใช้การทดสอบทางสถิติด้วยการทดสอบสมมติฐานแบบ Two-Sample T-test and CI ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
ซึ่งจะให้โปรแกรม Minitab ในการทดสอบสมมติฐาน จะได้ผลดังรูปที่ 3.16 แสดงผลลัพธ์จากการทดสอบสมมติฐานของสายการผลิต PD-5

Two-Sample T-Test and CI: VA Time, Model

Method

μ_1: mean of VA Time when Model = Simulation
μ_2: mean of VA Time when Model = System
Difference: $\mu_1 - \mu_2$

Equal variances are not assumed for this analysis.

Descriptive Statistics: VA Time

Model	N	Mean	StDev	SE Mean
Simulation	50	768.15	2.67	0.38
System	50	768.6	10.1	1.4

Estimation for Difference

Difference	95% CI for Difference
-0.50	(-3.46, 2.46)

Test

Null hypothesis H_0: $\mu_1 - \mu_2 = 0$
Alternative hypothesis H_1: $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$

T-Value	DF	P-Value
-0.34	55	0.737

รูปที่ 3.18 แสดงผลลัพธ์จากการทดสอบสมมติฐานของสายการผลิต PD-5

โดยผลที่ได้จากการทดสอบสมมติฐานผ่านโปรแกรม Minitab พบว่า ค่า P-Value ของการทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.737 ซึ่งมากกว่าค่านัยสำคัญที่ 0.05 จึงสามารถสรุปได้ว่า ยอมรับ H_0 ค่าเวลาในการทำงานของระบบงานจริงและค่าเวลาในการทำงานของแบบจำลองไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น สามารถใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นแทนที่ระบบงานจริงได้

พิสูจน์สมการที่โปรแกรม Minitab ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ซึ่งเป็นการนำข้อมูลจากภาคผนวก ค มาใช้ในการหาค่าตัวแปรต่างๆ ได้ดังนี้

จำนวนข้อมูลเวลาที่ได้จากแบบจำลอง (Simulation)	n_1	= 50 ข้อมูล
จำนวนข้อมูลเวลาที่ได้จากระบบงานจริง (System)	n_2	= 50 ข้อมูล
ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ได้จากแบบจำลอง (Simulation)	$\bar{x}_1$	= 768.15 วินาที
ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ได้จากระบบงานจริง (System)	$\bar{x}_2$	= 768.65 วินาที
ค่าความแปรปรวนของเวลาที่ได้จากแบบจำลอง (Simulation)	s_1^2	= 6.00
ค่าความแปรปรวนของเวลาที่ได้จากระบบงานจริง (System)	s_2^2	= 98.98

โดยที่ค่าความแปรปรวนหาได้จากสมการ

$$S_i^2 = \frac{\Sigma(X_i - \bar{X})^2}{n-1} \tag{3.3}$$

เนื่องจากค่าความแปร ไม่เท่ากัน $(s_1^2 \neq s_2^2)$ จึงเลือกใช้สมการในการทดสอบสมมติฐาน ดังขั้นตอนต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ตั้งสมมุติฐาน

สมมุติฐานทางสถิติ : $H_0 : \mu_1 = \mu_2$

$H_0 : \mu_1 \neq \mu_2$

ขั้นที่ 2 กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

ขั้นที่ 3 กำหนดขอบเขตวิกฤติ

$$\text{หาค่าองศาเสรี } df = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1}+\frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1+1}+\frac{\left(\frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2+1}} - 2 \quad (3.4)$$

ค่าองศาเสรี = 55.16 ≈ 55

หาค่าวิกฤตของ t จะได้จากตารางการแจกแจง t (T-Distribution) จะได้ $t_{0.05,55} = 2.004$

ขั้นที่ 4 คำนวณค่าสถิติตามสมการ หา t_0 ได้จากสมการ

$$t_0 = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_2}+\frac{s_2^2}{n_1}}} \quad (3.5)$$

t_0 = -0.34

ขั้นที่ 5 สรุปตัดสินใจ

จากการคำนวณสามารถสรุปได้ว่า $t_{\text{ตาราง}} > t_0$ ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 นั่นคือ ค่าเวลาในการทำงานของระบบงานจริงและค่าเวลาในการทำงานของแบบจำลองไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ขั้นที่ 6 หาค่าความน่าจะเป็นหรือระดับนัยสำคัญต่ำสุดที่จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (P-value)

P–Value = 1 – $p(t > t_0)$ **(3.6)**

= 1- p(t > (-0.34)); เปิดตารางใต้โค้งปกติของ p(t > (-0.34))

= 1- 0.36693

= 0.633

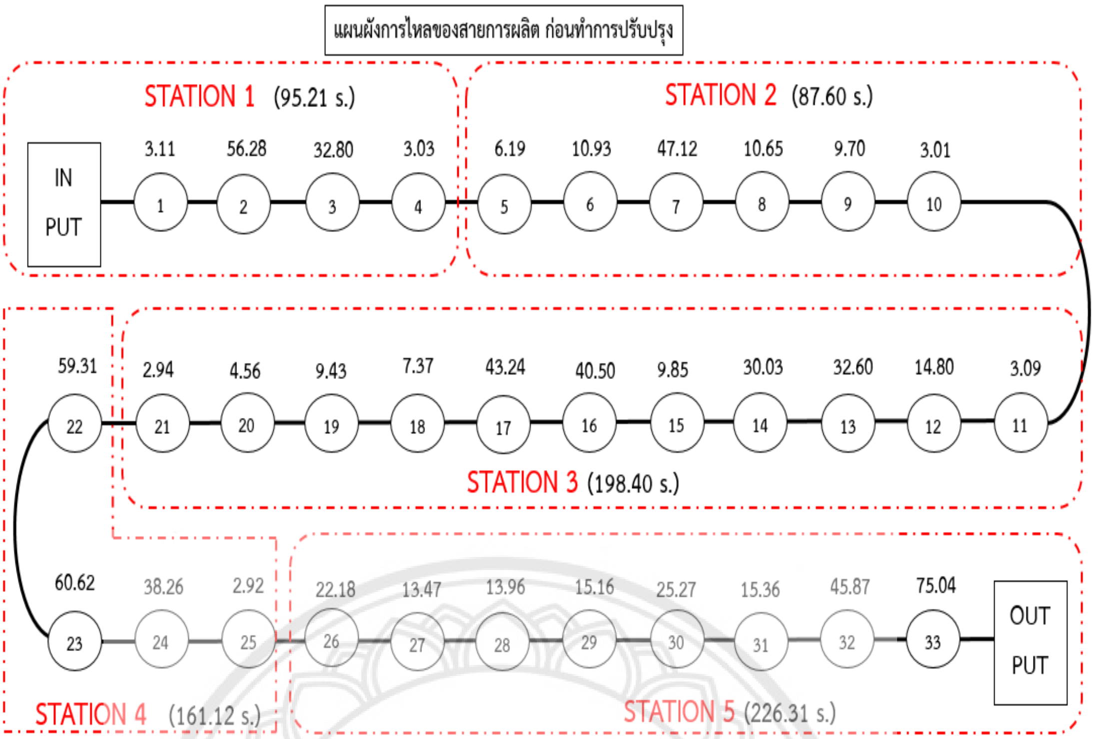
จะสามารถสรุปได้ว่า ค่า P-Value ของการทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.633 ซึ่งมากกว่าค่านัยสำคัญที่ 0.05 จึงสามารถสรุปได้ว่า ยอมรับ H_0 ค่าเวลาในการทำงานของระบบงานจริงและค่าเวลาในการทำงานของแบบจำลองไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น สามารถใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นแทนที่ระบบงานจริงได้

เมื่อผ่านการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง จากข้อที่ 3.7 ทั้งสองข้อแล้ว จึงนำแบบจำลองที่สร้างขึ้น มาใช้เป็นต้นแบบในการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงการทำงานของสายการผลิตต่อไป ในข้อ 3.8 การปรับปรุงการทำงานในสายการผลิต

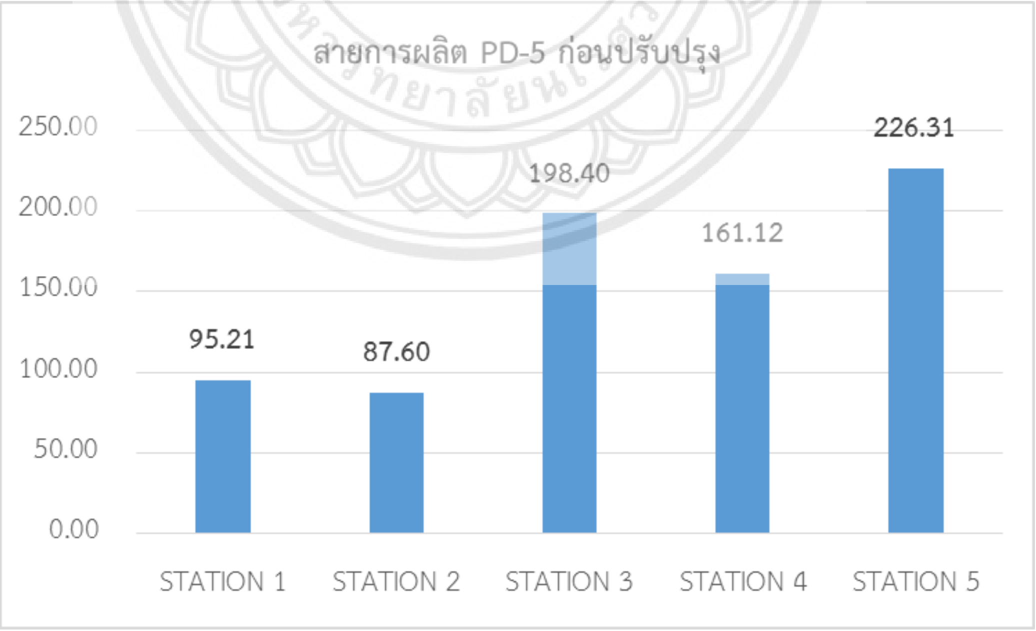
3.8 การปรับปรุงการทำงานในสายการผลิต

จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลในกระบวนการผลิต แล้วนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น และได้หาแนวการปรับปรุงการทำงานในสายการผลิต โดยใช้หลักการของการจัดสมดุลสายการผลิต (Line Balancing) และหลักการ ECRS ในการวิเคราะห์และปรับปรุงการทำงานในสายการผลิต ซึ่งจะมีแนวทางการปรับปรุง 5 แนวทาง และนำระบบการทำงานใหม่ที่จะแสดงใน ข้อ 3.8.1 ถึง 3.8.5 มาสร้างเป็นแบบจำลอง เพื่อวิเคราะห์หาประสิทธิภาพในการทำงานของทั้ง 5 แบบ และนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพกันระหว่างระบบงานจริงกับระบบงานที่ได้จากแนวทางการปรับปรุง เพื่อที่จะเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตของสายการผลิตในโรงงาน ต่อไป

ซึ่งจะสามารถดูภาพแผนผัง (Layout) ของสายการผลิตจริงประกอบได้จากรูปที่ 3.3 แผนผังสายการผลิตที่ทำการศึกษา โดยขั้นตอนการทำงาน (Description) เวลาที่ใช้ (Time) ขั้นตอนถัดไป (Remaining NO.) ของแต่ละขั้นตอนการทำงาน (Description) สามารถดูได้จาก ภาคผนวก ง ตารางที่ ง.1 แสดงลำดับขั้นตอนการผลิตและขั้นตอนถัดไป ก่อนปรับปรุง และนำมาอธิบายเป็นรูปแผนผังการไหลของสายการผลิต ก่อนทำการปรับปรุง ได้ดังรูป 3.17 และแสดงเป็นกราฟเวลาการทำงานของแต่ละสถานีงาน (Station) ดังรูป



รูปที่ 3.19 แผนผังการไหลของสายการผลิต ก่อนทำการปรับปรุง



รูปที่ 3.20 กราฟแสดงเวลาในการทำงานของสายการผลิต ก่อนทำการปรับปรุง

จากตารางการทำงานและผังการไหลของสายการผลิตของแต่ละสถานีงานของสายการผลิต สามารถคำนวณการผลิตตามหลักทฤษฎีที่จะได้ของสายการผลิต ซึ่งจะสามารถสรุปได้ ดังนี้

Max Station 1-5	= 226.31	วินาที/ชิ้น
อัตราการผลิต	= 16	ชิ้น/ชม.
50 นาที	= 13	ชิ้น
อัตราการผลิต/วัน	= 106	ชิ้น
ประสิทธิภาพ (Efficiency)	= ร้อยละ67.93	
ค่าการสูญเสียความสมดุล (Balance Delay)	= ร้อยละ32.07	
ค่าดัชนีความราบรื่นของการทำงาน (Smoothness Index)	= 203.61	

ตัวอย่างวิธีการคำนวณสามารถดูได้จากหัวข้อที่ 3.2.5 วิเคราะห์หลักการศึกษาการปฏิบัติงานทางอุตสาหกรรม

ซึ่งลักษณะการทำงานของสายการผลิต PD-5 จะมีการแบ่งสถานีงาน (Station) ออกเป็น 5 สถานีงาน ในแต่ละสถานีงาน (Station) จะมีพนักงาน (Operator) ประจำอยู่สถานีงานละ 1 คน โดยลักษณะการทำงานของแต่ละขั้นตอนในสายการผลิต จะมีลักษณะดังนี้

ขั้นตอนการทำงาน (Description) ที่ 1 ถึง 10 จะมีลักษณะการทำงาน คือ นั่งทำงาน

ขั้นตอนการทำงาน (Description) ที่ 11 ถึง 27 จะมีลักษณะการทำงาน คือ ยืนทำงาน

ขั้นตอนการทำงาน (Description) ที่ 28 ถึง 33 จะมีลักษณะการทำงาน คือ นั่งทำงาน

เนื่องจากลักษณะการทำงานของแต่ละขั้นตอนการทำงาน (Description) นั้นมีลักษณะที่ต่างกัน ดังนั้นในการจัดสมดุลสายการผลิตของโครงงานนี้ จึงจะจัดโดยยึดตามหลักการใช้วิจารณญาณและตรรกวิทยา ลักษณะงานที่ทำในแต่ละขั้นตอนการทำงาน (Description) ความรู้ความเข้าใจระบบงานจริงที่ได้ทำการศึกษาเก็บข้อมูลมา และความน่าจะเป็น โดยจะดำเนินการภายใต้เงื่อนไข 2 ประการ ดังนี้

เงื่อนไขลำดับก่อนหน้าคือ เงื่อนไขทางกายภาพที่กำหนดลำดับการดำเนินงานของสายการผลิต ซึ่งถูกแสดงด้วยแผนผังโครงข่ายที่เรียกว่า แผนผังการไหลของสายการผลิต โดยงานแต่ละงานจะแทนด้วยวงกลม และลำดับก่อนหน้าแสดงด้วยหมายเลขที่เชื่อมมาก่อนหน้านั้น ดังแสดงในภาพที่ 3.17 แผนผังการไหลของสายการผลิต ก่อนทำการปรับปรุง

รอบเวลาการผลิตคือ เวลาของสถานีงาน (Station) ที่มากที่สุดของสายการผลิต โดยแต่ละรอบเวลาการผลิต (Desired Cycle Time, C_d)

ดังนั้น แนวทางการปรับปรุงการทำงานในสายการผลิต โดยการจัดสมดุลสายการผลิต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตและลดปัญหาความไม่ต่อเนื่องในการทำงานของสายการผลิตได้ดังนี้

3.8.1 จัดสถานีการทำงานใหม่ โดยทำการปรับปรุงตามหลักทฤษฎี การจัดสมดุลสายการผลิต

จัดสถานีการทำงานใหม่ โดยทำการปรับปรุงตามหลักการ การจัดสมดุลสายการผลิต (Line Balancing) โดยใช้วิธีการจัดสมดุลแบบ The Line Balancing Process โดยจะดำเนินการภายใต้เงื่อนไข 2 ประการ จะมีวิธีการดังนี้

3.8.1.1 วาดแผนผังการไหลของสายการผลิตก่อนปรับปรุง ซึ่งจะเป็นการแสดงถึงเงื่อนไขลำดับก่อนหน้า แสดงได้รูปที่ 3.17 แผนผังการไหลของสายการผลิต ก่อนทำการปรับปรุง

3.8.1.2 เวลาที่ต้องการ (Desired Cycle Time, C_d) คือเวลาของสถานีงาน (Station) ที่มากที่สุดของสายการผลิตก่อนทำการปรับปรุง โดยสถานีงาน (Station) ที่ใช้เวลามากที่สุด คือสถานีงาน (Station) ที่ 5 ใช้เวลาในการทำงานโดยเฉลี่ย 226.31 วินาที/ชิ้น สามารถดูได้จากรูปที่ 3.18 กราฟแสดงเวลาในการทำงานของสายการผลิต ก่อนทำการปรับปรุง

3.8.1.3 คำนวณหาจำนวนสถานีงาน (Station) ที่น้อยที่สุดตามทฤษฎี

$$N = \frac{\sum_{i=1}^{j} t_i}{C_d} \tag{3.7}$$

โดยที่ N คือ จำนวนสถานีงาน

t_i คือ เวลาของงานย่อย i

j คือ จำนวนงานย่อยทั้งหมด

C_d คือ รอบเวลาการผลิต

จะได้ จำนวนสถานีงาน (Station) = 768.65/226.31

= 3.40 ≈ 4 สถานีงาน

3.8.1.4 จัดลำดับขั้นตอนการทำงานใหม่ โดยใช้ค่าเวลาที่ต้องการ (Desired Cycle Time, C_d) จากข้อ 3.8.1.2 มาใช้ในการจัดสมดุล และให้ได้สถานีงาน (Station) ตามจำนวนสถานีงานที่น้อยที่สุดตามทฤษฎี ที่คำนวณได้จากข้อ 3.8.1.3 จะแสดงได้ดังตารางที่ 3.6 ตารางแสดงการจัดสมดุลสายการผลิตตามหลักทฤษฎี

ตารางที่ 3.6 ตารางแสดงการจัดสมดุลสายการผลิตตามหลักทฤษฎี

NO.	DESCRIPTION	REMAINING NO.	TIME(s)	C_d	$C_d - Time$	STATION	CYCLE TIME (s.)
1	นำสเตเตอร์เข้าสู่ระบบการประกอบฝาหลัง	2	3.11	226.31	223.20	STATION 1	200.71
2	นำสเตเตอร์ประกอบกับแผงไดโอต	3	56.28	223.20	166.93		
3	ทำการบัดกรียึด	4	32.80	166.93	134.13		
4	ส่งไป Station 2	5	3.03	134.13	131.10		
5	แต้มสีจุดบัดกรี	6	6.19	131.10	124.91		
6	ประกอบฝาหลังกับชิ้นงาน	7	10.93	124.91	113.98		
7	ขันน็อตยึดฝาหลัง 6จุด	8	47.12	113.98	66.85		
8	เช็คทดสอบ	9	10.65	66.85	56.20		
9	เช็คซองถ่าน	10	9.70	56.20	46.51		
10	ส่งไป Station 3	11	3.01	46.51	43.49		
11	นำฝาหลังเข้าสู่ระบบการประกอบหลัก	12	3.09	43.49	40.40		
12	ประกอบฝาหน้ากับลูกปืน	13	14.80	40.40	25.60		
13	ขันสกรูปิดลูกปืนกับฝาหน้าและแต้มสี	14	32.60	226.31	193.71	STATION 2	180.51
14	ประกอบทุ่นกับฝาหน้า	15	30.03	193.71	163.69		
15	ทาน้ำมันที่แกนทุ่น	16	9.85	163.69	153.83		
16	ประกอบฝาหลังกับฝาหน้า	17	40.50	153.83	113.33		
17	ขันสกรูยึดฝาหลังกับฝาหน้าและย้ำหัวน็อตฝาหลัง	18	43.24	113.33	70.10		
18	ใส่มูเล่และใบพัด	19	7.37	70.10	62.73		
19	ขันสกรูยึดกับตัวไดร์	20	9.43	62.73	53.30		
20	เป่าลมที่แกน	21	4.56	53.30	48.74		
21	ส่งไป Station 4	22	2.94	48.74	45.80		
22	ใส่ปั้มและขันสกรูยึดปั้มกับตัวไดร์	23	59.31	226.31	167.00	STATION 3	225.89
23	เอาไดร์เข้าเครื่องทดสอบ	24	60.62	167.00	106.38		
24	เอาไดร์ออกจากเครื่องทดสอบ	25	38.26	106.38	68.12		
25	ส่งไป Station 5	26	2.92	68.12	65.19		
26	เอาไดร์เข้าเครื่องเช็คหนีด	27	22.18	65.19	43.02		
27	เอาไดร์ออกจากเครื่องเช็คหนีด	28	13.47	43.02	29.54		
28	ใส่แหวนทองแดงและลูกยาง	29	13.96	29.54	15.58		
29	นำฟองน้ำชุบน้ำมัน เช็คทำความสะอาดไดชาร์จ	30	15.16	15.58	0.42		
30	ทำการย้ำสกรูทั้งหมด อีกครั้ง แต้มจุด	31	25.27	226.31	201.04	STATION 4	161.54
31	ติดแสตมป์ JOB NO.	32	15.36	201.04	185.68		
32	เตรียมกล่อง	33	45.87	185.68	110.64		
33	แพ็คเกจ	34	75.04	110.64	35.60		
34	จัดเก็บ ออกจากระบบ	NONE					
	รวม		768.65			4	768.65

3.8.1.5 คำนวณหาประสิทธิภาพ (Efficiency, E) และค่าการสูญเสียความสมดุล (Balance Delay, d) ค่าดัชนีความราบรื่นของการทำงาน (Smoothness Index, SI) ซึ่งสามารถแสดงวิธีคำนวณ ได้ดังนี้

คำนวณหาประสิทธิภาพ (Efficiency) ; $C_a = C_d$

$$E = \frac{\sum_{i=1}^{j} t_i}{nC_a}$$ จากสมการ **(2.4)**

โดยที่	E	คือ ประสิทธิภาพ (Efficiency)
	t_i	คือ เวลาของงานย่อย i
	j	คือ จำนวนงานย่อยทั้งหมด
	n	คือ จำนวนสถานีงาน (Station)
	C_a	คือ รอบเวลาจริง, เวลาของสถานีงาน (Station) ที่มากที่สุด

จะได้ ประสิทธิภาพ (Efficiency) = (768.65/(4×225.89)) ×100
= ร้อยละ 85.07

คำนวณหาค่าการสูญเสียความสมดุล (Balance Delay)

$$\text{Balance Delay} = 1 - E$$ จากสมการ **(3.1)**

จะได้ ค่าการสูญเสียความสมดุล (Balance Delay) = 1- ((768.65/(4×225.89)) × 100)
= ร้อยละ 14.93

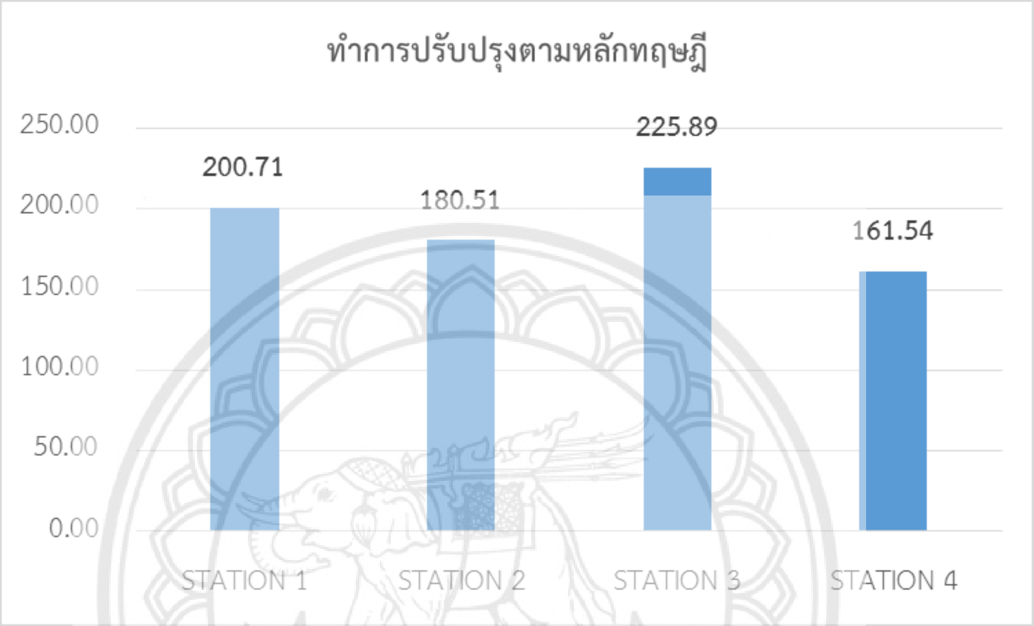
คำนวณหาค่าดัชนีความราบรื่นของการทำงาน (Smoothness Index, SI)

$$SI = \sqrt{\sum (S_{Max} - S_K)^2}$$ จากสมการ **(3.2)**

โดยที่	SI	คือ ดัชนีความราบรื่นของการทำงาน (Smoothness Index)
	S_{Max}	คือ เวลาของสถานีงาน (Station) ที่มากที่สุด
	S_K	คือ เวลาของสถานีงาน (Station) ที่ K

จะได้ค่าดัชนีความราบรื่นของการทำงาน $= \sqrt{(225.89-200.71)^2+(225.89-180.51)^2 +(225.89-225.89)^2+(225.89-161.54)^2}$
= 82.66

จากนั้นนำผลที่ได้การจัดลำดับขั้นตอนการทำงานใหม่ จากข้อ 3.8.1.4 มาจัดเรียงขั้นตอนการทำงานใหม่ (Description) และสามารถเขียนเป็นแผนผังการไหลของสายการผลิตใหม่ ได้ดังผนวก รูปที่ ง.1 แผนผังการไหลของสายการผลิต หลังทำการปรับปรุงตามหลักทฤษฎีการจัดสมดุลสายการผลิต และสามารถแสดงเป็นกราฟข้อมูล ได้ดังรูปที่ 3.19 กราฟแสดงเวลาในการทำงานของสายการผลิต หลังทำการปรับปรุงตามหลักทฤษฎี



รูปที่ 3.21 กราฟแสดงเวลาในการทำงานของสายการผลิต หลังทำการปรับปรุงตามหลักทฤษฎี

จากตารางการทำงานและผังการไหลของสายการผลิต ของแต่ละสถานีงานของสายการผลิตที่ได้จากการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่ตามหลักทฤษฎี สามารถคำนวณการผลิตตามหลักทฤษฎีที่จะได้ของสายการผลิต จะสามารถสรุปได้ ดังนี้

Max Station 1-4	= 225.89	วินาที/ชิ้น
อัตราการผลิต	= 16	ชิ้น/ชม.
50 นาที	= 13	ชิ้น
อัตราการผลิต/วัน	= 106	ชิ้น
ประสิทธิภาพ (Efficiency)	= ร้อยละ 85.07	
ค่าการสูญเสียความสมดุล (Balance Delay)	= ร้อยละ 14.93	
ค่าดัชนีความราบรื่นของการทำงาน (Smoothness Index)	= 82.66	

ตัวอย่างวิธีการคำนวณสามารถดูได้จากหัวข้อที่ 3.2.5 วิเคราะห์หลักการศึกษาการปฏิบัติงานทางอุตสาหกรรม

เนื่องจากการจัดสมดุลสายการผลิตตามหลักการตามหลักทฤษฎี (Line Balancing) โดยใช้วิธีการจัดสมดุลแบบ The Line Balancing Process นั้น ไม่ได้คำนึงถึงลักษณะงานที่ทำในแต่ละขั้นตอนการทำงาน (Description) ว่าในการทำงานของขั้นตอนนั้นๆ พนักงาน (Operator) ที่รับผิดชอบในการทำงาน จะต้องการทำงานโดยการที่ต้องนั่งทำงานหรือยืนทำงาน ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้น ในการจัดสมดุลสายการผลิตของโครงงานนี้ จึงจะจัดโดยยึดตามหลักการใช้วิจารณญาณ และตรรกวิทยา ลักษณะงานที่ทำในแต่ละขั้นตอนการทำงาน (Description) ความรู้ความเข้าใจระบบงานจริงที่ได้ทำการศึกษาเก็บข้อมูลมา และความน่าจะเป็น โดยจะดำเนินการภายใต้เงื่อนไข 2 ประการ เพิ่มขึ้นอีก 4 แนวทาง เพื่อเป็นทางเลือกในการตัดสินใจ ในการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตและลดปัญหาความไม่ต่อเนื่องในการทำงานของสายการผลิต ซึ่งจะแสดงในข้อ 3.8.2 ถึง 3.8.5 ต่อจากนี้

3.8.2 จัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่

จัดสถานีการทำงานใหม่โดยการจัดสมดุลของสายการผลิตปัจจุบันให้เวลาในการทำงานแต่ละสถานีงานมีความใกล้เคียงกันมากที่สุด (Line Balancing) โดยจะดำเนินการภายใต้เงื่อนไข 2 ประการ คือ เงื่อนไขลำดับก่อนหน้าและรอบเวลาการผลิต จะมีวิธีการดังนี้

3.8.2.1 วาดแผนผังการไหลของสายการผลิตก่อนปรับปรุง ซึ่งจะเป็นการแสดงถึงเงื่อนไขลำดับก่อนหน้า แสดงได้รูปที่ 3.17 แผนผังการไหลของสายการผลิต ก่อนทำการปรับปรุง

3.8.2.2 หาเวลาที่ต้องการ (Desired Cycle Time, C_d) โดยในที่นี้หมายถึง จำนวนเวลาการทำงานของแต่ละสถานีงานที่ควรจะเป็น คำนวณโดยการหาส่วนต่างระหว่างเวลาการทำงานในแต่ละขั้นตอนการทำงาน (Description) ของสายการผลิตรวมทั้งหมดกับจำนวนสถานีงาน (Station) แต่เนื่องจากสายการผลิตจริงปัจจุบัน มีลักษณะการทำงานในแต่ละขั้นตอนการทำงาน (Description) ของสถานีงาน (Station) ที่ 1 และ 2 มีลักษณะที่ต้องนั่งทำงาน ส่วนลักษณะการทำงานในแต่ละขั้นตอนการทำงาน (Description) ของสถานีงาน (Station) ที่ 3 และ 4 มีลักษณะที่ต้องยืนทำงาน ถ้าหากนำเอาขั้นตอนการทำงาน (Description) ที่มีลักษณะที่ต้องนั่งทำงานและยืนทำงาน มารวมอยู่ในสถานีงาน (Station) เดียวกัน อาจทำให้พนักงาน (Operator) ที่ประจำอยู่ในสถานีงาน (Station) เกิดความเหนื่อยล้าในการทำงาน และไม่มีขวัญกำลังใจในการทำงาน เนื่องจากต้องทั้งนั่งและยืนในการทำงานตลอดเวลา และเนื่องจากเวลาที่ใช้ในการทำงาน (Cycle Time) ของสถานีงาน (Station) ที่ 1 และ 2 มีการใช้เวลาน้อยมาก เมื่อเทียบกับเวลาของสถานีงาน (Station) ที่ 3, 4 และ 5 ดังนั้นในจัดสถานีการทำงานใหม่โดยการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่นี้ จัดเฉพาะในส่วนของสถานีงาน (Station) ที่ 3, 4 และ 5 ซึ่งจะได้ค่าเวลาที่ต้องการ (Desired Cycle Time, C_d) ค่าเวลาโดยเฉลี่ยของสถานีงาน (Station) ได้ ดังต่อไปนี้

$$C_d = \frac{\sum_{i=1}^{j} t_i}{n} \quad (3.8)$$

โดยที่ C_d คือ ค่าเวลาที่ต้องการ

t_i คือ เวลาของงานย่อย i

j คือ จำนวนงานย่อยทั้งหมด

n คือ จำนวนสถานีงาน (Station)

จะได้ ค่าเวลาที่ต้องการ (Desired Cycle Time, C_d) = (198.40+161.12+ 226.31)/3

= 585.83/3

= 195.28 วินาที

ดังนั้น จะสามารถสรุปได้ว่า ค่าเวลาที่ต้องการ (Desired Cycle Time) ของสถานีงาน (Station) ที่ 3, 4 และ 5 ใหม่ ในแต่ละสถานีงาน (Station) ต้องมีค่าเท่ากับ 195.28 วินาทีหรือใกล้เคียงให้ได้มากที่สุด

3.8.2.3 จัดลำดับขั้นตอนการทำงานใหม่ โดยใช้ค่าเวลาที่ต้องการ (Desired Cycle Time, Cd) ข้อ 3.8.2.2 มาใช้ในการจัด โดยต้องมีค่าเท่ากับ 195.28 วินาทีหรือใกล้เคียงให้ได้มากที่สุด จะแสดงได้ดังภาคผนวก ง ตารางที่ ง.3 ตารางแสดงการจัดสมดุลสายการผลิตโดยการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่

3.8.2.4 คำนวณหาประสิทธิภาพ (Efficiency, E) และค่าการสูญเสียความสมดุล (Balance Delay, d) ค่าดัชนีความราบรื่นของการทำงาน (Smoothness Index, SI) ซึ่งสามารถคำนวณ ได้ดังนี้

คำนวณหาประสิทธิภาพ (Efficiency) ; $C_a = C_d$

$$E = \frac{\sum_{i=1}^{j} t_i}{nC_a} \quad \text{จากสมการ } (2.4)$$

โดยที่ E คือ ประสิทธิภาพ (Efficiency)

t_i คือ เวลาของงานย่อย i

j คือ จำนวนงานย่อยทั้งหมด

n คือ จำนวนสถานีงาน (Station)

C_a คือ รอบเวลาจริง, เวลาของสถานีงาน (Station) ที่มากที่สุด

จะได้ ประสิทธิภาพ (Efficiency) = (768.65/(5×198.40)) ×100

= ร้อยละ 77.48

คำนวณหาค่าการสูญเสียความสมดุล (Balance Delay)

$$\text{Balance Delay} = 1 - E \quad \text{จากสมการ } (3.1)$$

จะได้ ค่าการสูญเสียความสมดุล (Balance Delay) = 1- ((768.65/(5×198.40)) × 100)

= ร้อยละ 22.52

ค่าดัชนีความราบรื่นของการทำงาน (Smoothness Index, SI)

$$SI = \sqrt{\sum (S_{Max} - S_K)^2}$$ จากสมการ **(3.2)**

โดยที่ SI คือ ดัชนีความราบรื่นของการทำงาน (Smoothness Index)

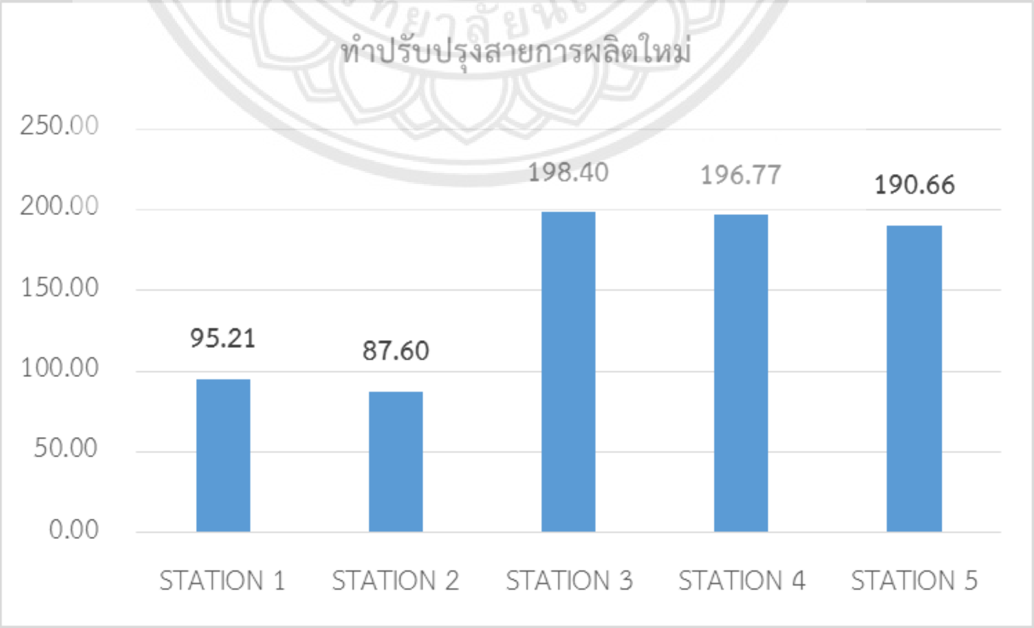
S_{Max} คือ เวลาของสถานีงาน (Station) ที่มากที่สุด

S_K คือ เวลาของสถานีงาน (Station) ที่ K

จะได้ค่าดัชนีความราบรื่นของการทำงาน = $\sqrt{((198.40-95.21)^2+(198.40-87.60)^2 +(198.40-198.40)^2+(198.40-196.77)^2 +(198.40-190.66)^2)}$

= 151.61

จากนั้นนำผลที่ได้การจัดลำดับขั้นตอนการทำงานใหม่ จากข้อ 3.5.5.4 มาจัดเรียงขั้นตอนการทำงานใหม่ (Description) และสามารถเขียนเป็นแผนผังการไหลของสายการผลิตใหม่ ได้ดังภาคผนวก ง รูปที่ ง.2 แผนผังการไหลของสายการผลิต หลังทำการปรับปรุง โดยการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่ ซึ่งสามารถแสดงเป็นกราฟข้อมูล ได้รูปที่ 3.20 กราฟแสดงเวลาในการทำงานของสายการผลิต หลังทำการปรับปรุงโดยการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่



รูปที่ 3.22 กราฟแสดงเวลาในการทำงานของสายการผลิต หลังจัดสมดุลสายการผลิตใหม่

จากตารางการทำงานและผังการไหลของสายการผลิต ของแต่ละสถานีงานของสายการผลิต ที่ได้จากการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่สามารถคำนวณการผลิตตามหลักทฤษฎีที่จะได้ของสายการผลิต จะสามารถสรุปได้ ดังนี้

Max Station 1-5	= 198.40	วินาที/ชิ้น
อัตราการผลิต	= 18	ชิ้น/ชม.
50 นาที	= 15	ชิ้น
อัตราการผลิต/วัน	= 121	ชิ้น
ประสิทธิภาพ (Efficiency)	= ร้อยละ 77.48	
ค่าการสูญเสียความสมดุล (Balance Delay)	= ร้อยละ 22.52	
ค่าดัชนีความราบรื่นของการทำงาน (Smoothness Index)	= 151.61	

ตัวอย่างวิธีการคำนวณสามารถดูได้จากหัวข้อที่ 3.2.5 วิเคราะห์หลักการศึกษาการปฏิบัติงานทางอุตสาหกรรม

3.8.3 จัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการเพิ่มสถานีงาน 1 สถานีงาน

จัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการเพิ่มสถานีงาน 1 สถานีงาน แล้วทำการจัดการทำงานให้สมดุลกันกับสถานีงาน (Line Balancing) โดยจะดำเนินการภายใต้เงื่อนไข 2 ประการ คือ เงื่อนไขลำดับก่อนหน้าและรอบเวลาการผลิต จะมีวิธีการดังนี้

3.8.3.1 วาดแผนผังการไหลของสายการผลิตก่อนปรับปรุง ซึ่งจะเป็นการแสดงถึงเงื่อนไขลำดับก่อนหน้า แสดงได้รูปที่ 3.17 แผนผังการไหลของสายการผลิต ก่อนทำการปรับปรุง

3.8.3.2 หาเวลาที่ต้องการ (Desired Cycle Time, C_d) โดยในที่นี้หมายถึง จำนวนเวลาการทำงานของแต่ละสถานีงานที่ควรจะเป็น คำนวณโดยการหาส่วนต่างระหว่างเวลาการทำงานในแต่ละขั้นตอนการทำงาน (Description) ของสายการผลิตรวมทั้งหมดกับจำนวนสถานีงาน (Station) แต่เนื่องจากสายการผลิตจริงปัจจุบัน มีลักษณะการทำงานในแต่ละขั้นตอนการทำงาน (Description) ของสถานีงาน (Station) ที่ 1 และ 2 มีลักษณะที่ต้องนั่งทำงาน ส่วนลักษณะการทำงานในแต่ละขั้นตอนการทำงาน (Description) ของสถานีงาน (Station) ที่ 3 และ 4 มีลักษณะที่ต้องยืนทำงาน ถ้าหากนำเอาขั้นตอนการทำงาน (Description) ที่มีลักษณะที่ต้องนั่งทำงานและยืนทำงาน มารวมอยู่ในสถานีงาน (Station) เดียวกัน อาจทำให้พนักงาน (Operator) ที่ประจำอยู่ในสถานีงาน (Station) เกิดความเหนื่อยล้าในการทำงาน และไม่มีขวัญกำลังใจในการทำงาน เนื่องจากต้องทั้งนั่งและยืนในการทำงานตลอดเวลา และเนื่องจากเวลาที่ใช้ในการทำงาน (Cycle Time) ของสถานีงาน (Station) ที่ 1 และ 2 มีการใช้เวลาน้อยมาก เมื่อเทียบกับเวลาของสถานีงาน (Station) ที่ 3, 4 และ 5 ดังนั้นในจัดสถานีการทำงานใหม่โดยการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่นี้ จัดเฉพาะในส่วนของสถานีงาน (Station) ที่ 3, 4 และ 5 ซึ่งจะจัดโดยการเพิ่มสถานีงาน (Station) เข้าไปในสายการผลิตอีก

1 สถานีงาน ซึ่งจะได้ค่าเวลาที่ต้องการ (Desired Cycle Time, C_d) ค่าเวลาโดยเฉลี่ยของสถานีงาน (Station) ได้ดังต่อไปนี้

$$C_d = \frac{\sum_{i=1}^{j} t_i}{n}$$ จากสมการ **(3.8)**

โดยที่ C_d คือ ค่าเวลาที่ต้องการ

t_i คือ เวลาของงานย่อย i

j คือ จำนวนงานย่อยทั้งหมด

n คือ จำนวนสถานีงาน (Station)

จะได้ ค่าเวลาที่ต้องการ (Desired Cycle Time, C_d) = (198.40+161.12+ 226.31)/4

= 585.83/4

= 146.46 วินาที

ดังนั้น จะสามารถสรุปได้ว่า ค่าเวลาที่ต้องการ (Desired Cycle Time) ของสถานีงาน (Station) ที่ 3, 4, 5 และ 6 ใหม่ ในแต่ละสถานีงาน (Station) ต้องมีค่าเท่ากับ 146.46 วินาทีหรือใกล้เคียงให้ได้มากที่สุด

3.8.3.3 จัดลำดับขั้นตอนการทำงานใหม่ โดยใช้ค่าเวลาที่ต้องการ (Desired Cycle Time, C_d) ข้อ 3.8.2.2 มาใช้ในการจัดซึ่งจะจัดเฉพาะ สถานีงาน (Station) ที่ 3, 4, 5 และ 6 ใหม่เท่านั้น โดยต้องมีค่าเท่ากับ 146.46 วินาทีหรือใกล้เคียงให้ได้มากที่สุด จะแสดงได้ดังภาคผนวก ง ตารางที่ ง.5 ตารางแสดงการจัดสมดุลสายการผลิตโดยการเพิ่มสถานีงาน 1 สถานีงาน

3.8.3.4 คำนวณหาประสิทธิภาพ (Efficiency, E) และค่าการสูญเสียความสมดุล (Balance Delay, d) ค่าดัชนีความราบรื่นของการทำงาน (Smoothness Index, SI) ซึ่งสามารถคำนวณ ได้ดังนี้

คำนวณหาประสิทธิภาพ (Efficiency) ; $C_a = C_d$

$$E = \frac{\sum_{i=1}^{j} t_i}{nC_a}$$ จากสมการ **(2.4)**

โดยที่ E คือ ประสิทธิภาพ (Efficiency)

t_i คือ เวลาของงานย่อย i

j คือ จำนวนงานย่อยทั้งหมด

n คือ จำนวนสถานีงาน (Station)

C_a คือ รอบเวลาจริง, เวลาของสถานีงาน (Station) ที่มากที่สุด

จะได้ ประสิทธิภาพ (Efficiency) = (768.65/(6×166.58)) ×100

= ร้อยละ 76.91

คำนวณหาค่าการสูญเสียความสมดุล (Balance Delay)

$$\text{Balance Delay} = 1 - \text{E} \qquad \text{จากสมการ } \mathbf{(3.1)}$$

จะได้ ค่าการสูญเสียความสมดุล (Balance Delay) = 1- ((768.65/(6×166.58)) × 100)

= ร้อยละ 23.09

ค่าดัชนีความราบรื่นของการทำงาน (Smoothness Index, SI)

$$\text{SI} = \sqrt{\sum(\text{S}_{\text{Max}} - \text{S}_{\text{K}})^2} \qquad \text{จากสมการ } \mathbf{(3.2)}$$

โดยที่ SI คือ ดัชนีความราบรื่นของการทำงาน (Smoothness Index)

S_{Max} คือ เวลาของสถานีงาน (Station) ที่มากที่สุด

S_{K} คือ เวลาของสถานีงาน (Station) ที่ K

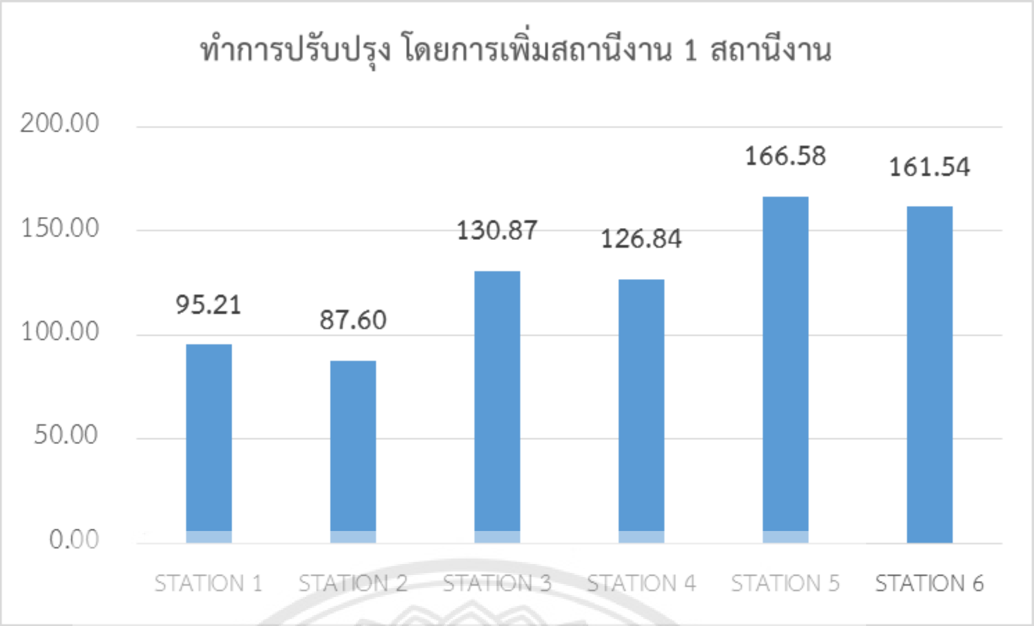
จะได้ ค่าดัชนีความราบรื่นของการทำงาน $= \sqrt{((166.58-95.21)^2 + (166.58-87.60)^2}$

$+ (166.58-130.87)^2 + (166.58-126.84)^2$

$+ (166.58-166.58)^2 + (166.58-161.54)^2)$

$= 119.20$

จากนั้นนำผลที่ได้การจัดลำดับขั้นตอนการทำงานใหม่ จากข้อ 3.5.5.4 มาจัดเรียงขั้นตอนการทำงานใหม่ (Description) และสามารถเขียนเป็นแผนผังการไหลของสายการผลิตใหม่ ได้ดังรูปผนวก ง รูปที่ ง.3 แผนผังการไหลของสายการผลิตหลังทำการปรับปรุง โดยการเพิ่มจำนวนสถานีงาน 1 สถานีงาน ซึ่งสามารถแสดงเป็นกราฟข้อมูล ได้ดังรูปที่ 3.21 กราฟแสดงเวลาในการทำงานของสายการผลิต หลังทำการปรับปรุงโดยเพิ่มสถานีงาน 1 สถานีงาน



รูปที่ 3.23 กราฟแสดงเวลาในการทำงานของสายการผลิต
หลังทำการปรับปรุงโดยเพิ่มสถานีงาน 1 สถานีงาน

จากตารางการทำงานและผังการไหลของสายการผลิต ของแต่ละสถานีงานของสายการผลิตที่ได้จากการเพิ่มสถานีงาน 1 สถานีงาน และจัดสมดุลสายการผลิตใหม่สามารถคำนวณการผลิตตามหลักทฤษฎีที่จะได้ของสายการผลิต จะสามารถสรุปได้ ดังนี้

Max Station 1-6	= 166.58	วินาที/ชิ้น
อัตราการผลิต	= 22	ชิ้น/ชม.
50 นาที	= 18	ชิ้น
อัตราการผลิต/วัน	= 144	ชิ้น
ประสิทธิภาพ (Efficiency)	= ร้อยละ 76.91	
ค่าการสูญเสียความสมดุล (Balance Delay)	= ร้อยละ 23.09	
ค่าดัชนีความราบรื่นของการทำงาน (Smoothness Index)	= 119.20	

ตัวอย่างวิธีการคำนวณสามารถดูได้จากหัวข้อที่ 3.2.5 วิเคราะห์หลักการศึกษาการปฏิบัติงานทางอุตสาหกรรม

3.8.4 จัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการเพิ่มสถานีงาน 2 สถานีงาน

จัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการเพิ่มสถานีงาน 2 สถานีงาน แล้วทำการจัดการทำงานให้สมดุลกันกับสถานีงาน (Line Balancing) โดยจะดำเนินการภายใต้เงื่อนไข 2 ประการ คือ เงื่อนไขลำดับก่อนหน้าและรอบเวลาการผลิต จะมีวิธีการดังนี้

3.8.4.1 วาดแผนผังการไหลของสายการผลิตก่อนปรับปรุง ซึ่งจะเป็นการแสดงถึงเงื่อนไขลำดับก่อนหน้า แสดงได้รูปที่ 3.17 แผนผังการไหลของสายการผลิต ก่อนทำการปรับปรุง

3.8.4.2 หาเวลาที่ต้องการ (Desired Cycle Time, C_d) โดยในที่นี้หมายถึง จำนวนเวลาการทำงานของแต่ละสถานีงานที่ควรจะเป็น คำนวณโดยการหาส่วนต่างระหว่างเวลาการทำงานในแต่ละขั้นตอนการทำงาน (Description) ของสายการผลิตรวมทั้งหมดกับจำนวนสถานีงาน (Station) แต่เนื่องจากสายการผลิตจริงปัจจุบัน มีลักษณะการทำงานในแต่ละขั้นตอนการทำงาน (Description) ของสถานีงาน (Station) ที่ 1 และ 2 มีลักษณะที่ต้องนั่งทำงาน ส่วนลักษณะการทำงานในแต่ละขั้นตอนการทำงาน (Description) ของสถานีงาน (Station) ที่ 3 และ 4 มีลักษณะที่ต้องยืนทำงาน ถ้าหากนำเอาขั้นตอนการทำงาน (Description) ที่มีลักษณะที่ต้องนั่งทำงานและยืนทำงาน มารวมอยู่ในสถานีงาน (Station) เดียวกัน อาจทำให้พนักงาน (Operator) ที่ประจำอยู่ในสถานีงาน (Station) เกิดความเหนื่อยล้าในการทำงาน และไม่มีขวัญกำลังใจในการทำงาน เนื่องจากต้องทั้งนั่งและยืน ในการทำงานตลอดเวลา และเนื่องจากเวลาที่ใช้ในการทำงาน (Cycle Time) ของสถานีงาน (Station) ที่ 1 และ 2 มีการใช้เวลาน้อยมาก เมื่อเทียบกับเวลาของสถานีงาน (Station) ที่ 3, 4 และ 5 ดังนั้น ในจัดสถานีการทำงานใหม่โดยการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่นี้ จัดเฉพาะในส่วนของสถานีงาน (Station) ที่ 3, 4 และ 5 ซึ่งจะจัดโดยการเพิ่มสถานีงาน (Station) เข้าไปในสายการผลิตอีก 2 สถานี จะได้ค่าเวลาที่ต้องการ (Desired Cycle Time, C_d) ค่าเวลาโดยเฉลี่ยของสถานีงาน (Station) ได้ดังต่อไปนี้

$$C_d = \frac{\sum_{i=1}^{j} t_i}{n} \qquad \text{จากสมการ } \mathbf{(3.8)}$$

โดยที่ C_d คือ ค่าเวลาที่ต้องการ

t_i คือ เวลาของงานย่อย i

j คือ จำนวนงานย่อยทั้งหมด

n คือ จำนวนสถานีงาน (Station)

จะได้ ค่าเวลาที่ต้องการ (Desired Cycle Time, C_d) = (198.40+161.12+ 226.31)/5

= 585.83/5

= 117.17 วินาที

ดังนั้น จะสามารถสรุปได้ว่า ได้ค่าเวลาที่ต้องการ (Desired Cycle Time) ของสถานีงาน (Station) ที่ 3, 4, 5, 6 และ 7 ใหม่ ในแต่ละสถานีงาน (Station) ต้องมีค่าเท่ากับ 117.17 วินาที หรือใกล้เคียงให้ได้มากที่สุด

3.8.4.3 จัดลำดับขั้นตอนการทำงานใหม่ โดยใช้ค่าเวลาที่ต้องการ (Desired Cycle Time, C_d) ข้อ 3.8.4.2 มาใช้ในการจัด ซึ่งจะจัดเฉพาะสถานีงาน (Station) ที่ 3, 4, 5, 6 และ 7 ใหม่เท่านั้น โดยต้องมีค่าเท่ากับ 117.17 วินาที หรือใกล้เคียงให้ได้มากที่สุดแสดงได้ดัง ภาคผนวก ง ตารางที่ ง.7 ตารางแสดงการจัดสมดุลสายการผลิตโดยการเพิ่มสถานีงาน 2 สถานีงาน

3.8.4.4 คำนวณหาประสิทธิภาพ (Efficiency, E) และค่าการสูญเสียความสมดุล (Balance Delay, d) ค่าดัชนีความราบรื่นของการทำงาน (Smoothness Index, SI) ซึ่งสามารถคำนวณ ได้ดังนี้

คำนวณหาประสิทธิภาพ (Efficiency) $;\mathrm{C_a} = \mathrm{C_d}$

$$E = \frac{\sum_{i=1}^{j} t_i}{nC_a}$$ จากสมการ **(2.4)**

โดยที่ E คือ ประสิทธิภาพ (Efficiency)

t_i คือ เวลาของงานย่อย i

j คือ จำนวนงานย่อยทั้งหมด

n คือ จำนวนสถานีงาน (Station)

C_a คือ รอบเวลาจริง, เวลาของสถานีงาน (Station) ที่มากที่สุด

จะได้ ประสิทธิภาพ (Efficiency) = (768.65/(7× 130.87)) ×100

= ร้อยละ 83.91

คำนวณหาค่าการสูญเสียความสมดุล (Balance Delay)

$$\text{Balance Delay} = 1 - E$$ จากสมการ **(3.1)**

จะได้ ค่าการสูญเสียความสมดุล (Balance Delay) = 1- ((768.65/(7× 130.87)) × 100)

= ร้อยละ 16.09

ค่าดัชนีความราบรื่นของการทำงาน (Smoothness Index, SI)

$$SI = \sqrt{\sum(S_{Max} - S_K)^2}$$ จากสมการ **(3.2)**

โดยที่ SI คือ ดัชนีความราบรื่นของการทำงาน (Smoothness Index)

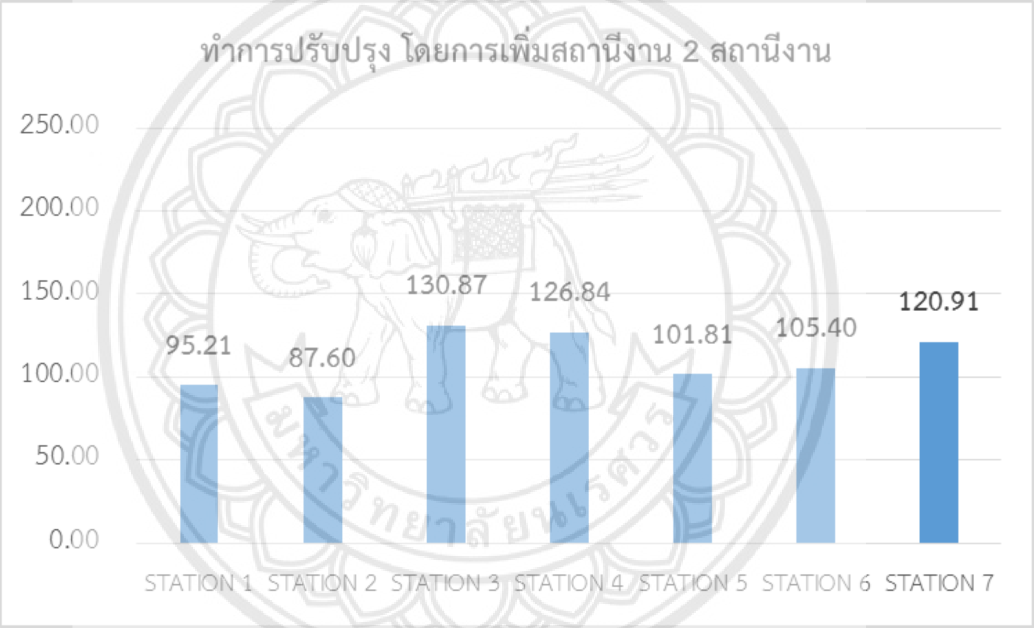
S_{Max} คือ เวลาของสถานีงาน (Station) ที่มากที่สุด

S_K คือ เวลาของสถานีงาน (Station) ที่ K

จะได้ ค่าดัชนีความราบรื่นของการทำงาน $= \sqrt{(130.87-95.21)^2+(130.87-87.60)^2+(130.87-130.87)^2+(130.87-126.84)^2+(130.87-101.81)^2+(130.87-105.40)^2+(130.87-120.91)^2}$

$= 68.93$

จากนั้นนำผลที่ได้การจัดลำดับขั้นตอนการทำงานใหม่ จากข้อ 3.5.5.4 มาจัดเรียงขั้นตอนการทำงานใหม่ (Description) และสามารถเขียนเป็นแผนผังการไหลของสายการผลิตใหม่ได้ดังรูป ภาคผนวก ง รูปที่ ง.4 แผนผังการไหลของสายการผลิต หลังทำการปรับปรุง โดยการเพิ่ม 2 สถานีงาน และสามารถแสดงเป็นกราฟข้อมูล ได้ดังรูปที่ 3.22 กราฟแสดงเวลาในการทำงานของสายการผลิต หลังทำการปรับปรุงโดยเพิ่มสถานีงาน 2 สถานีงาน



รูปที่ 3.24 กราฟแสดงเวลาในการทำงานของสายการผลิต
หลังทำการปรับปรุงโดยเพิ่มสถานีงาน 2 สถานีงาน

จากตารางการทำงานและผังการไหลของสายการผลิต ของแต่ละสถานีงานของสายการผลิตที่ได้จากการเพิ่มสถานีงาน 2 สถานี และจัดสมดุลสายการผลิตใหม่สามารถคำนวณการผลิตตามหลักทฤษฎีที่จะได้ของสายการผลิต จะสามารถสรุปได้ ดังนี้

Max Station 1-7	= 130.87	วินาที/ชิ้น
อัตราการผลิต	= 28	ชิ้น/ชม.
50 นาที	= 23	ชิ้น
อัตราการผลิต/วัน	= 183	ชิ้น

ประสิทธิภาพ (Efficiency) = ร้อยละ 83.91

ค่าการสูญเสียความสมดุล (Balance Delay) = ร้อยละ 16.09

ค่าดัชนีความราบรื่นของการทำงาน (Smoothness Index) = 68.93

ตัวอย่าง วิธีการคำนวณสามารถดูได้จากหัวข้อที่ 3.2.5 วิเคราะห์หลักการศึกษาการปฏิบัติงานทางอุตสาหกรรม

3.8.5 จัดสถานีการทำงานใหม่โดยการลดสถานีงาน 1 สถานีงาน

จัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการลดสถานีงาน 1 สถานีงาน แล้วทำการจัดการทำงานให้สมดุลกันกับสถานีงาน (Line Balancing) โดยจะดำเนินการภายใต้เงื่อนไข 2 ประการ คือ เงื่อนไขลำดับก่อนหน้าและรอบเวลาการผลิต จะมีวิธีการดังนี้

3.8.5.1 วาดแผนผังการไหลของสายการผลิตก่อนปรับปรุง ซึ่งจะเป็นการแสดงถึงเงื่อนไขลำดับก่อนหน้า แสดงได้รูปที่ 3.17 แผนผังการไหลของสายการผลิต ก่อนทำการปรับปรุง

3.8.5.2 หาเวลาที่ต้องการ (Desired Cycle Time, C_d) โดยในที่นี้หมายถึง จำนวนเวลาการทำงานของแต่ละสถานีงานที่ควรจะเป็น คำนวณโดยการหาส่วนต่างระหว่างเวลาการทำงานในแต่ละขั้นตอนการทำงาน (Description) ของสายการผลิตรวมทั้งหมดกับจำนวนสถานีงาน (Station) แต่เนื่องจากสายการผลิตจริงปัจจุบัน มีลักษณะการทำงานในแต่ละขั้นตอนการทำงาน (Description) ของสถานีงาน (Station) ที่ 1 และ 2 มีลักษณะที่ต้องนั่งทำงาน ส่วนลักษณะการทำงานในแต่ละขั้นตอนการทำงาน (Description) ของสถานีงาน (Station) ที่ 3 และ 4 มีลักษณะที่ต้องยืนทำงาน ถ้าหากนำเอาขั้นตอนการทำงาน (Description) ที่มีลักษณะที่ต้องนั่งทำงานและยืนทำงาน มารวมอยู่ในสถานีงาน (Station) เดียวกัน อาจทำให้พนักงาน (Operator) ที่ประจำอยู่ในสถานีงาน (Station) เกิดความเหนื่อยล้าในการทำงาน และไม่มีขวัญกำลังใจในการทำงาน เนื่องจากต้องทั้งนั่งและยืน ในการทำงานตลอดเวลา และเนื่องจากเวลาที่ใช้ในการทำงาน (Cycle Time) ของสถานีงาน (Station) ที่ 1 และ 2 มีการใช้เวลาน้อยมาก เมื่อเทียบกับเวลาของสถานีงาน (Station) ที่ 3, 4 และ 5 ดังนั้นในจัดสถานีการทำงานใหม่โดยการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่นี้ จัดโดยการรวมสถานีงาน (Station) ที่ 1 และ 2 เข้าด้วยกัน และจะจัดสมดุลเฉพาะในส่วนของสถานีงาน (Station) ที่ 3, 4 และ 5 ซึ่งจะได้ค่าเวลาที่ต้องการ (Desired Cycle Time, C_d) ค่าเวลาโดยเฉลี่ยของสถานีงาน (Station) ได้ดังต่อไปนี้

$$C_d = \frac{\sum_{i=1}^{j} t_i}{n}$$ จากสมการ **(3.8)**

โดยที่ C_d คือ ค่าเวลาที่ต้องการ

t_i คือ เวลาของงานย่อย i

j คือ จำนวนงานย่อยทั้งหมด

n คือ จำนวนสถานีงาน (Station)

จะได้ ค่าเวลาที่ต้องการ (Desired Cycle Time, C_d) = (198.40+161.12+ 226.31)/3

= 585.83/3

= 195.28 วินาที

จะได้ เวลาของสถานีงาน (Station) ที่ 1 รวมกับสถานีงาน (Station) ที่ 2 = 95.21+ 87.60

= 182.82 วินาที

ดังนั้น จะสามารถสรุปได้ว่า ได้ค่าเวลาที่ต้องการ (Desired Cycle Time) ของสถานีงาน (Station) ที่ 2, 3 และ 4 ใหม่ ในแต่ละสถานีงาน (Station) ต้องมีค่าเท่ากับ 195.28 วินาทีหรือใกล้เคียงให้ได้มากที่สุด และ สถานีงาน (Station) ที่ 1 ใหม่ มีค่าเท่ากับ 182.82 วินาที

3.8.5.3 จัดลำดับขั้นตอนการทำงานใหม่ โดยใช้ค่าเวลาที่ต้องการ (Desired Cycle Time, C_d) ข้อ 3.8.5.2 มาใช้ในการจัดซึ่งจะจัดเฉพาะสถานีงาน (Station) ที่ 2, 3 และ 4 ใหม่ เท่านั้น โดยต้องมีค่าเท่ากับ 195.28 วินาทีหรือใกล้เคียงให้ได้มากที่สุด และสถานีงาน (Station) ที่ 1 ใหม่ มีค่าเท่ากับ 182.82 วินาที จะแสดงได้ดัง ภาคผนวก ง ตารางที่ ง.9 ตารางแสดงการจัดสมดุลสายการผลิตโดยการลดสถานีงาน 1 สถานีงาน

3.8.5.4 คำนวณหาประสิทธิภาพ (Efficiency, E) และค่าการสูญเสียความสมดุล (Balance Delay, d) ค่าดัชนีความราบรื่นของการทำงาน (Smoothness Index, SI) ซึ่งสามารถคำนวณ ได้ดังนี้

คำนวณหาประสิทธิภาพ (Efficiency) ; $C_a = C_d$

$$E = \frac{\sum_{i=1}^{j} t_i}{nC_a}$$ จากสมการ **(2.4)**

โดยที่ E คือ ประสิทธิภาพ (Efficiency)

t_i คือ เวลาของงานย่อย i

j คือ จำนวนงานย่อยทั้งหมด

n คือ จำนวนสถานีงาน (Station)

C_a คือ รอบเวลาจริง, เวลาของสถานีงาน (Station) ที่มากที่สุด

จะได้ ประสิทธิภาพ (Efficiency) = (768.65/(4×198.40)) ×100

= ร้อยละ 96.85

คำนวณหาค่าการสูญเสียความสมดุล (Balance Delay)

$$\text{Balance Delay} = 1 - E$$ จากสมการ **(3.1)**

จะได้ ค่าการสูญเสียความสมดุล (Balance Delay) = 1- ((768.65/(4×198.40)) × 100)

= ร้อยละ 3.15

ค่าดัชนีความราบรื่นของการทำงาน (Smoothness Index, SI)

$$SI = \sqrt{\sum(S_{Max} - S_K)^2}$$ จากสมการ **(3.2)**

โดยที่ SI คือ ดัชนีความราบรื่นของการทำงาน (Smoothness Index)

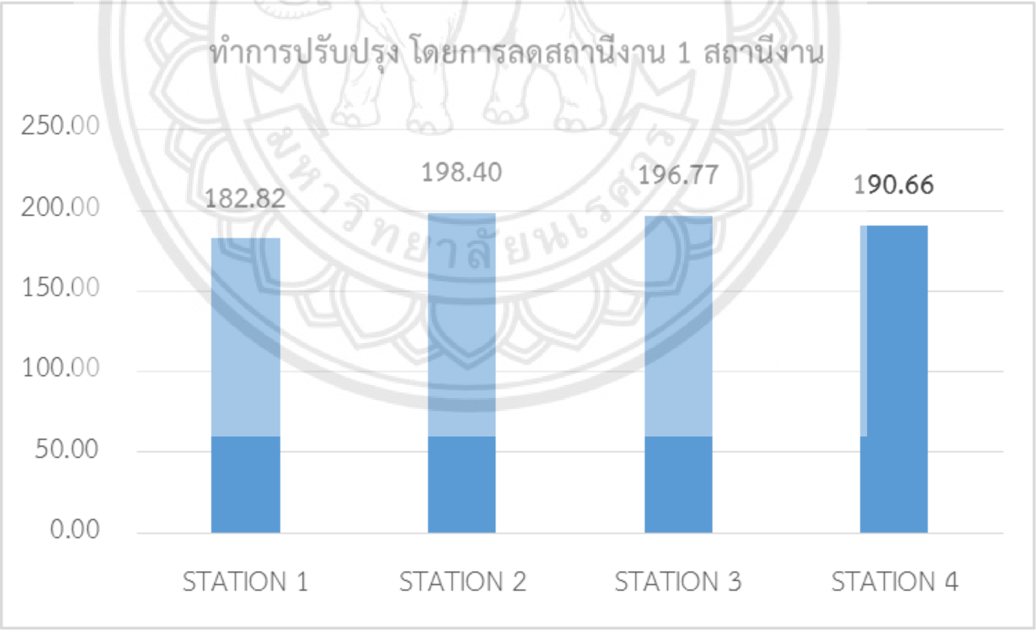
S_{Max} คือ เวลาของสถานีงาน (Station) ที่มากที่สุด

S_K คือ เวลาของสถานีงาน (Station) ที่ K

จะได้ ค่าดัชนีความราบรื่นของการทำงาน $= \sqrt{((198.40-182.82)^2+(198.40-198.40)^2 +(198.40-196.77)^2+(198.40-190.66)^2)}$

$= 17.48$

จากนั้นนำผลที่ได้การจัดลำดับขั้นตอนการทำงานใหม่ จากข้อ 3.5.5.4 มาจัดเรียงขั้นตอนการทำงานใหม่ (Description) และสามารถเขียนเป็นแผนผังการไหลของสายการผลิตใหม่ ได้ดังภาคผนวก ง รูปที่ ง.5 แผนผังการไหลของสายการผลิต หลังทำการปรับปรุง โดยการลดสถานีงาน 1 สถานีงาน สามารถแสดงเป็นกราฟข้อมูล ได้ดังรูปที่ 3.23 กราฟแสดงเวลาในการทำงานของสายการผลิต หลังทำการปรับปรุงโดยลดสถานีงาน 1 สถานีงาน



รูปที่ 3.25 กราฟแสดงเวลาในการทำงานของสายการผลิต

หลังทำการปรับปรุงโดยลดสถานีงาน 1 สถานีงาน

จากตารางการทำงานและผังการไหลของสายการผลิต ของแต่ละสถานีงานของสายการผลิตที่ได้จากการลดสถานีงาน 1 สถานี จัดสมดุลสายการผลิตใหม่สามารถคำนวณการผลิตตามหลักทฤษฎีที่จะได้ของสายการผลิต จะสามารถสรุปได้ ดังนี้

Max Station 1-4	= 198.40	วินาที/ชิ้น
อัตราการผลิต	= 18	ชิ้น/ชม.
50 นาที	= 15	ชิ้น
อัตราการผลิต/วัน	= 121	ชิ้น
ประสิทธิภาพ (Efficiency)	= ร้อยละ 96.85	
ค่าการสูญเสียความสมดุล (Balance Delay)	= ร้อยละ 3.15	
ค่าดัชนีความราบรื่นของการทำงาน (Smoothness Index)	= 17.48	

ตัวอย่าง วิธีการคำนวณสามารถดูได้จากหัวข้อที่ 3.2.5 วิเคราะห์หลักการศึกษาการปฏิบัติงานทางอุตสาหกรรม

เมื่อได้แนวทางการปรับปรุงการทำงานในสายการผลิต โดยจัดสมดุลสายการผลิตตามหลักทฤษฎีการจัดสมดุลสายการผลิต การจัดสมดุลสายการผลติใหม่ การเพิ่มสถานีงาน 1 สถานีงาน การเพิ่มสถานีงาน 2 สถานีงาน และการลดสถานีงาน 1 สถานีงาน ที่ได้จากข้อ 3.8 แล้วก็จะนำมาเขียนเป็นแผนผังขั้นตอนการผลิต (Process Chart) ของแต่ละแนวทางการปรับปรุง แล้วนำไปสร้างเป็นแบบจำลองของแต่ละแนวทางต่อไปในบทที่ 4 เพื่อทำการเปรียบเทียบกับระบบงานจริง และระบบงานที่ได้จากแบบจำลองของแต่ละแนวทางการปรับปรุง ว่าแนวทางไหนมีประสิทธิภาพดีที่สุดต่อไป

3.9 การสรุปผลการดำเนินโครงงาน

การสรุปผลการดำเนินโครงงานนี้ จะเป็นการวัดค่าจำนวนชิ้นงานที่ได้จากแบบจำลองของแต่ละแนวทางการปรับปรุง (Number Out) ต่อหน่วยเวลาที่ใช้ในการผลิต และประสิทธิภาพที่ได้จากแนวทางการปรังปรุงแต่ละแนวทาง เพื่อทำการเปรียบเทียบกับระบบงานจริง และระบบงานที่ได้จากแบบจำลองของแต่ละแนวทางการปรับปรุง ว่าแนวทางไหนมีประสิทธิภาพดีที่สุด และเลือกแนวทางนั้นมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงระบบงานจริงต่อไป

บทที่ 4
ผลการทดลองและผลการวิเคราะห์

จากการหาสาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนผังก้างปลาในการวิเคราะห์ ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตของสายการผลิต และรวมถึงการเก็บข้อมูลเวลาของกระบวนการต่างๆ ที่ได้นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม Arena ในการสร้างแบบจำลองที่ได้จำลองลักษณะการทำงานจริงของสายการผลิตที่ได้ทำการศึกษา เพื่อทำการศึกษาและเป็นต้นแบบในหาแนวทางการปรับปรุงการทำงานของสายการผลิต และได้ทำการปรับปรุงโดยการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่ ซึ่งรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินการต่างๆ ได้ แสดงดังวิธีการดำเนินโครงงาน ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยผลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองต้นแบบเป็นเวลา 50 นาที ที่แสดงในรูปที่ 3.13 แสดงจำนวนชิ้นงานเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลอง (Output) และ รูปที่ 3.15 แสดงจำนวนเวลาเฉลี่ยที่ใช้ของชิ้นงานในแบบจำลอง (Time) ต่อชิ้นงาน 1 ชิ้น สามารถสรุปได้ดังในตารางที่ 4.1 แสดงผลการประมวลผลของแบบจำลองต้นแบบ

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการประมวลผลของแบบจำลองต้นแบบ

จำนวนชิ้นงานที่ได้จากแบบจำลอง (Output)	13	ชิ้น
เวลาเฉลี่ยที่ชิ้นงานได้รับการทำงานในระบบ (VA Time)	768.68	วินาที
เวลารอคอยรวมเฉลี่ยที่ชิ้นงานรอในระบบ (Wait Time)	6,761.67	วินาที
เวลาเฉลี่ยทั้งหมดที่ชิ้นงานใช้ในระบบ (Total Time)	7,530.34	วินาที

จากแบบจำลองที่ได้ เมื่อได้ทำการประมวลผลการทำงานที่ 50 นาทีแล้ว จะได้จำนวนชิ้นงานที่ได้จากแบบจำลอง (Output) เฉลี่ย 13 ชิ้น โดยมีเวลารอคอยเฉลี่ย เท่ากับ 6,761.67 วินาที และเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในระบบ เท่ากับ 7,530.34 วินาที ซึ่งถือว่าค่อนข้างสูงมาก เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ทำในการทำงานของระบบ ที่ใช้เวลา 768.68 วินาทีต่อชิ้นงาน 1 ชิ้น ดังนั้นจึงต้องดูผลการประมวลเวลาแถวคอยเฉลี่ยของแต่ละสถานีงาน จากตารางที่ 4.2 แสดงเวลาแถวคอยเฉลี่ย

ตารางที่ 4.2 แสดงเวลาแถวคอยเฉลี่ยของแต่ละสถานีงาน

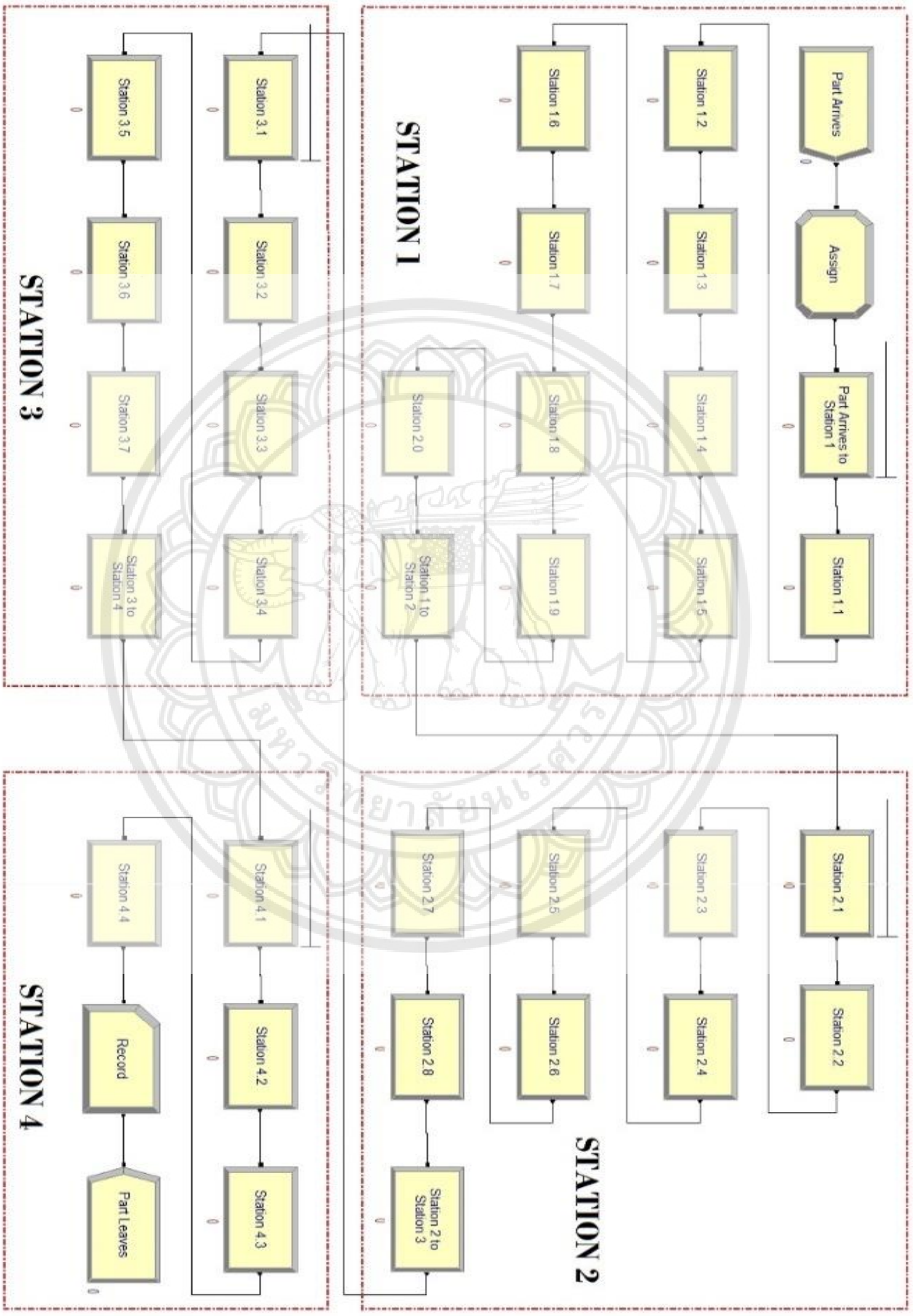
Part Arrives to Station 1.Queue	7,353.27	วินาที
Station 2.1.Queue	0.08152	วินาที
Part Arrives to Station 3.Queue	3,818.33	วินาที
Station 4.1.Queue	0.000	วินาที
Station 5.1.Queue	860.98	วินาที

ทำการวิเคราะห์เวลาแถวคอยเฉลี่ยของแต่ละสถานีงาน จากผลที่ประมวลได้นั้น เป็นเวลารอเพื่อเข้าสู่ขั้นตอนการทำงานแรกของสถานีงาน (Station) นั้นๆ ซึ่งจากการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ว่าเนื่องจาก Part Arrives to Station 1.Queue เป็นการแสดงถึงการนำชิ้นงานมาเพื่อรอเข้าสู่ระบบตามจำนวนที่ได้วางแผนการผลิตไว้ จึงทำให้ไม่จำเป็นต้องคำนึงถึง ดังนั้นจุดที่มีเวลาแถวคอยเฉลี่ยมากที่สุดคือ Part Arrives to Station 3.Queue ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสถานีงาน (Station) ที่ 3 มีเวลาการทำการที่ช้ากว่าสถานีงาน (Station) ที่ 1 และ 2 ค่อนข้างมาก จึงทำให้เกิดจุดคอขวด ณ สถานีงาน (Station) ที่ 3 ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่ เพื่อที่จะเป็นการลดเวลาของจุดคอขวดลง และกระจายเวลาการทำงานของแต่ละสถานีงาน (Station) ให้มีความใกล้เคียงกันมากที่สุด เพื่อหาแนวทางการเพิ่มผลผลิต (Output) ด้วย

4.1 การสร้างแบบจำลองจากแนวทำการปรับปรุง

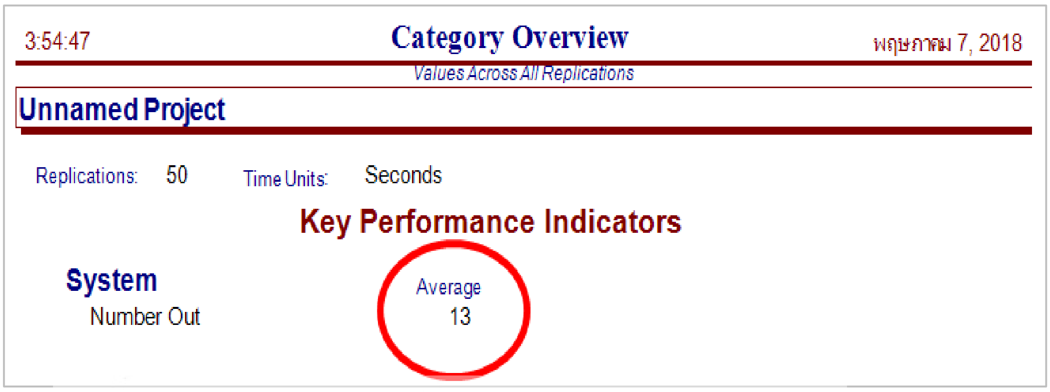
นำแนวทางการปรับปรุงที่ได้จากการจัดสมดุลสายการผลิต ในข้อที่ 3.8 การปรับปรุงการทำงานในสายการผลิต มาเขียนเป็นตารางแผนผังขั้นตอนการผลิต (Process Chart) ที่ได้จากการจัดสมดุลการผลิตของแต่ละแนวทางการปรับปรุง แสดงดังภาคผนวก ง.3 แล้วสร้างแบบจำลองตามตารางแผนผังขั้นตอนการผลิต (Process Chart) ของแต่ละแนวทางการปรับปรุง โดยการย้ายหรือจัดเรียง Module ต่างๆ ของแบบจำลองต้นแบบให้ได้ตามแผนผังขั้นตอนการผลิต (Process Chart) แล้วทำการเปลี่ยนชื่อ Module ที่ทำการย้ายหรือจัดเรียงใหม่นั้น ให้สอดคล้องกับชื่อของสถานีงาน (Station) นั้นๆ เพื่อให้โปรแกรมประมวลผล และเป็นการทดสอบว่าผลที่ได้ของแต่ละแนวทางการปรับปรุงนั้นได้ตรงตามที่คำนวณไว้ในข้อที่ 3.8 การปรับปรุงการทำงานในสายการผลิต และศึกษาเวลารอคอยของชิ้นงานว่าจะเปลี่ยนไปมากน้อยเพียงใด

4.1.1 แบบจำลองของแนวทางจัดสถานีการทำงานใหม่ โดยทำการปรับปรุงตามหลักทฤษฎีการจัดสมดุลสายการผลิต



รูปที่ 4.1 แบบจำลองของการปรับปรุงตามหลักทฤษฎี

ผลที่ได้จากการประมวลของโปรแกรม



3:54:47 **Category Overview** พฤษภาคม 7, 2018

Values Across All Replications

Unnamed Project

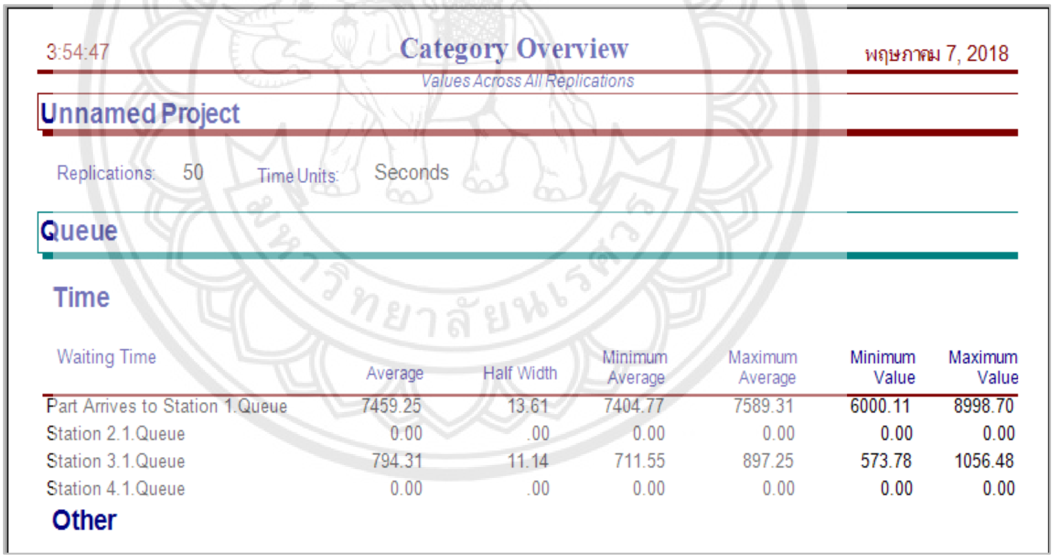
Replications: 50 Time Units: Seconds

Key Performance Indicators

System

	Average
Number Out	13

รูปที่ 4.2 แสดงจำนวนชิ้นงานเฉลี่ย (Number Out) ของการปรับปรุงตาม**หลักทฤษฎี**



3:54:47 **Category Overview** พฤษภาคม 7, 2018

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 50 Time Units: Seconds

Queue

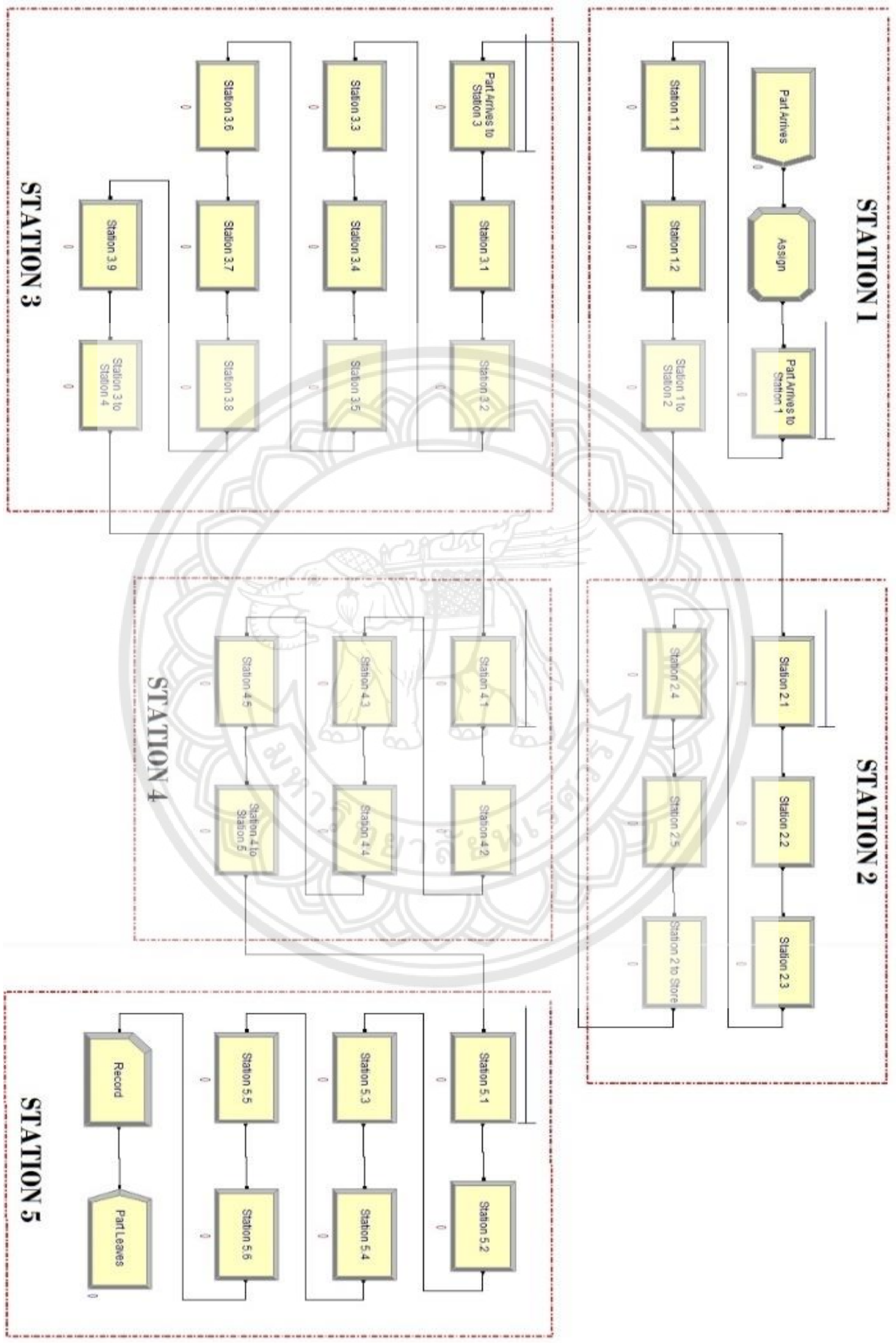
Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Part Arrives to Station 1.Queue	7459.25	13.61	7404.77	7589.31	6000.11	8998.70
Station 2.1.Queue	0.00	.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Station 3.1.Queue	794.31	11.14	711.55	897.25	573.78	1056.48
Station 4.1.Queue	0.00	.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Other

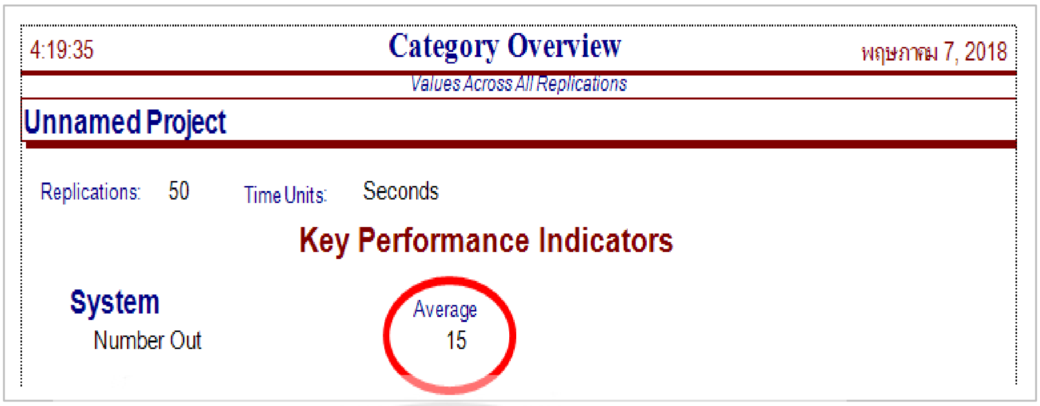
รูปที่ 4.3 แสดงเวลารอคอยเฉลี่ยที่ได้การปรับปรุงตามหลักทฤษฎี

4.1.2 แนวทางจัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่



รูปที่ 4.4 แบบจำลองของการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่

ผลที่ได้จากการประมวลของโปรแกรม



4:19:35 **Category Overview** พฤษภาคม 7, 2018

Values Across All Replications

Unnamed Project

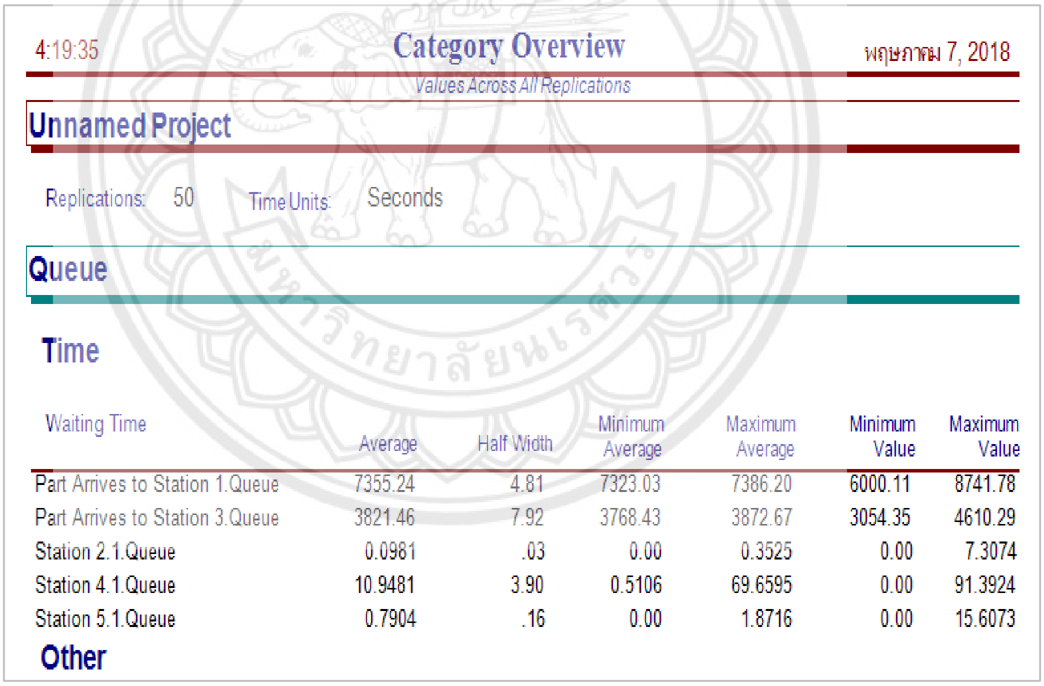
Replications: 50 Time Units: Seconds

Key Performance Indicators

System Average

Number Out 15

รูปที่ 4.5 แสดงจำนวนชิ้นงานเฉลี่ย (Number Out) ของการการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่



4:19:35 **Category Overview** พฤษภาคม 7, 2018

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 50 Time Units: Seconds

Queue

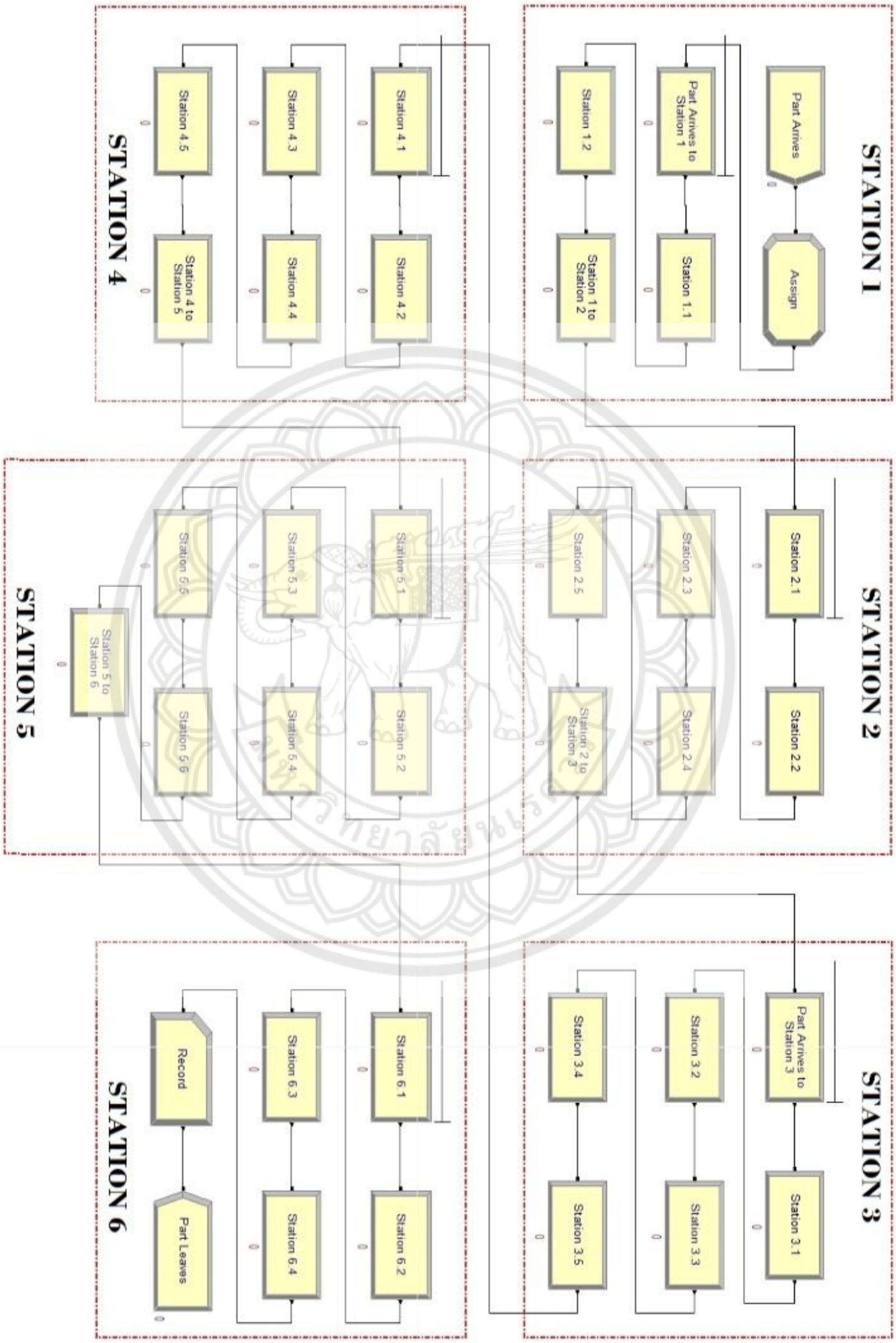
Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Part Arrives to Station 1.Queue	7355.24	4.81	7323.03	7386.20	6000.11	8741.78
Part Arrives to Station 3.Queue	3821.46	7.92	3768.43	3872.67	3054.35	4610.29
Station 2.1.Queue	0.0981	.03	0.00	0.3525	0.00	7.3074
Station 4.1.Queue	10.9481	3.90	0.5106	69.6595	0.00	91.3924
Station 5.1.Queue	0.7904	.16	0.00	1.8716	0.00	15.6073

Other

รูปที่ 4.6 แสดงเวลารอคอยเฉลี่ยของการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่

4.1.3 แบบจำลองของแนวทางจัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการเพิ่มสถานีงาน 1 สถานีงาน



รูปที่ 4.7 แบบจำลองของการเพิ่มสถานีงาน 1 สถานีงาน

ผลที่ได้จากการประมวลของโปรแกรม

4:16:19 **Category Overview** พฤษภาคม 7, 2018

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 50 Time Units: Seconds

Key Performance Indicators

System	Average
Number Out	18

รูปที่ 4.8 แสดงจำนวนชิ้นงานเฉลี่ย (Number Out) ของการเพิ่มสถานีงาน 1 สถานีงาน

4:29:30 **Category Overview** พฤษภาคม 7, 2018

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 50 Time Units: Seconds

Queue

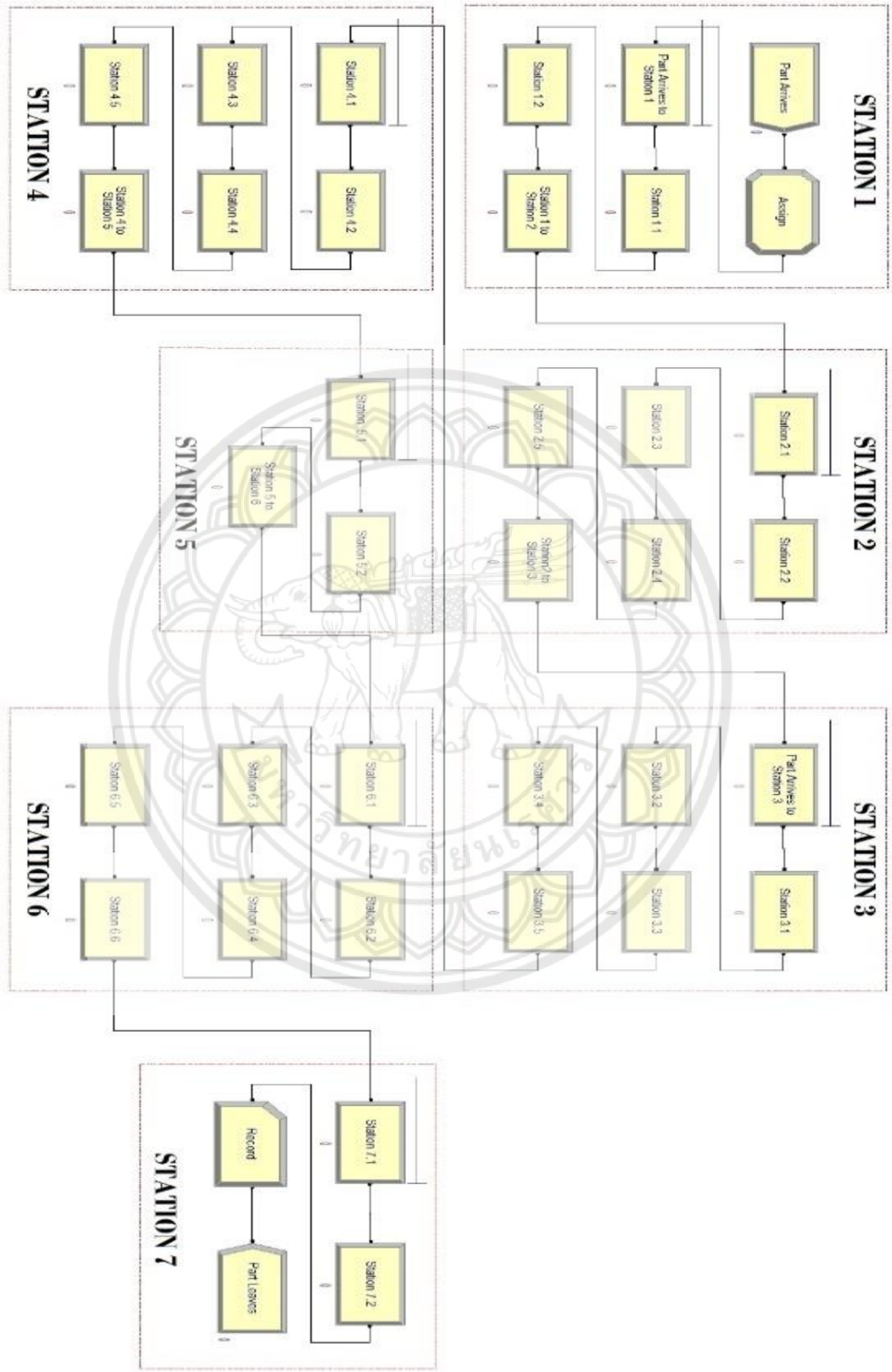
Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Part Arrives to Station 1.Queue	7356.62	5.19	7315.01	7388.30	6000.53	8714.36
Part Arrives to Station 3.Queue	1991.75	7.59	1922.24	2042.08	1551.65	2447.52
Station 2.1.Queue	0.0916	.03	0.00	0.4033	0.00	8.7286
Station 4.1.Queue	0.5310	.14	0.01417951	2.6699	0.00	12.0708
Station 5.1.Queue	1515.80	12.25	1420.82	1594.84	1120.19	1923.80
Station 6.1.Queue	2.1786	.52	0.2081	9.0026	0.00	35.1960

Other

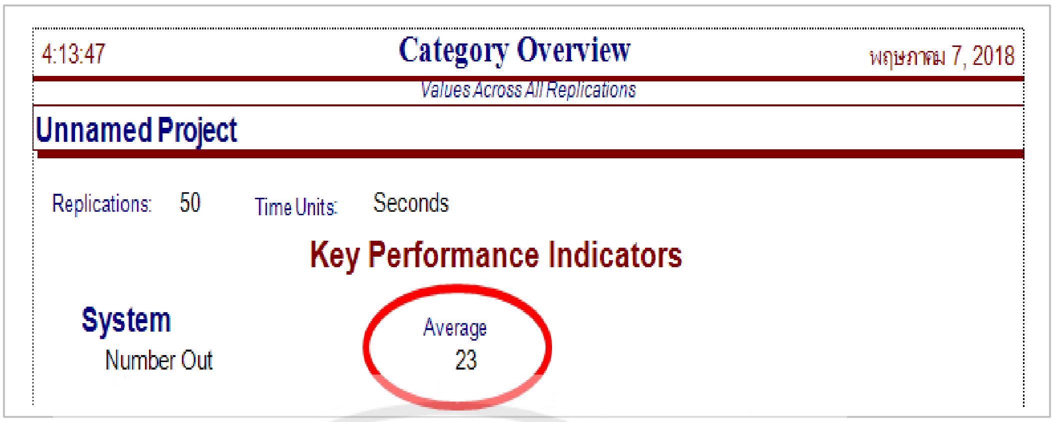
รูปที่ 4.9 แสดงเวลารอคอยเฉลี่ยของการเพิ่มสถานีงาน 1 สถานีงาน

4.1.4 แนวทางจัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการเพิ่มสถานีงาน 2 สถานีงาน



รูปที่ 4.10 แบบจำลองของการเพิ่มสถานีงาน 2 สถานีงาน

ผลที่ได้จากการประมวลของโปรแกรม



4:13:47 Category Overview พฤษภาคม 7, 2018

Values Across All Replications

Unnamed Project

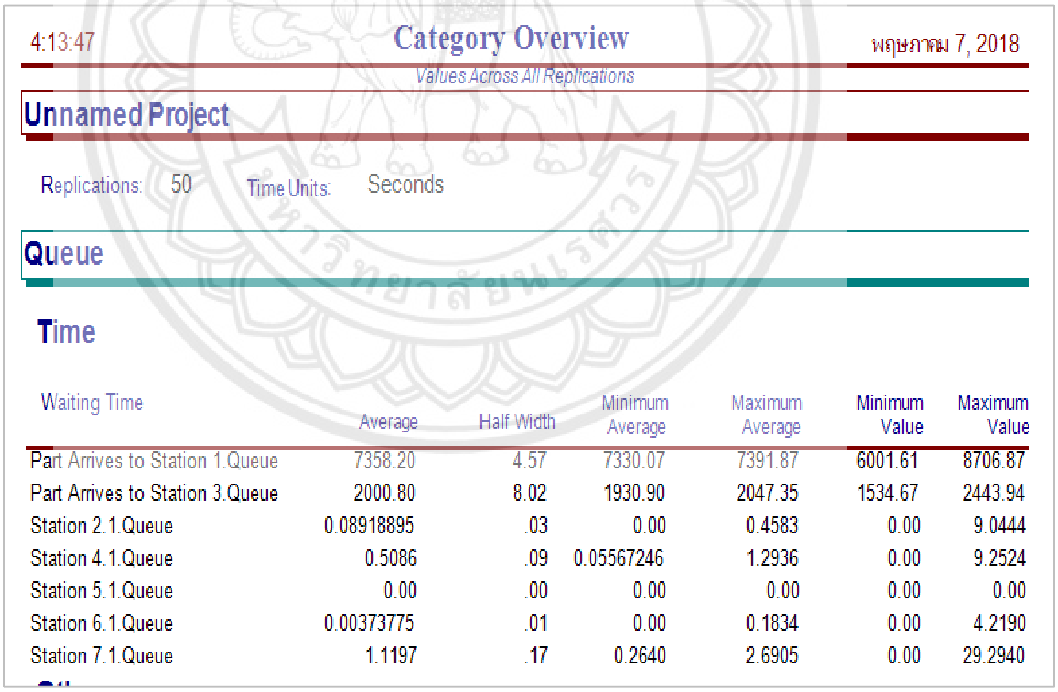
Replications: 50 Time Units: Seconds

Key Performance Indicators

System

	Average
Number Out	23

รูปที่ 4.11 แสดงจำนวนชิ้นงานเฉลี่ย (Number Out) ของการเพิ่มสถานีงาน 2 สถานีงาน



4:13:47 Category Overview พฤษภาคม 7, 2018

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 50 Time Units: Seconds

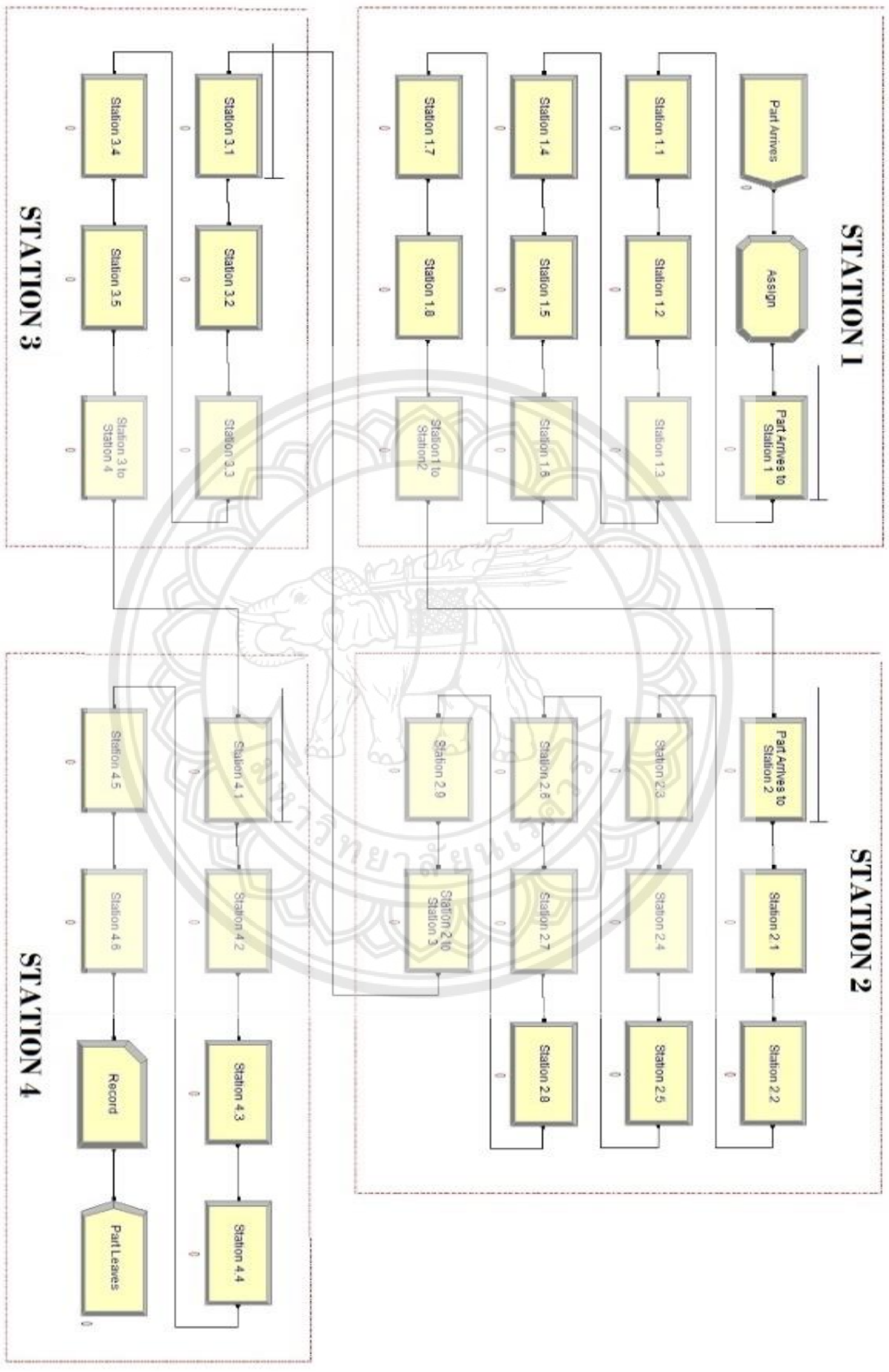
Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Part Arrives to Station 1.Queue	7358.20	4.57	7330.07	7391.87	6001.61	8706.87
Part Arrives to Station 3.Queue	2000.80	8.02	1930.90	2047.35	1534.67	2443.94
Station 2.1.Queue	0.08918895	.03	0.00	0.4583	0.00	9.0444
Station 4.1.Queue	0.5086	.09	0.05567246	1.2936	0.00	9.2524
Station 5.1.Queue	0.00	.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Station 6.1.Queue	0.00373775	.01	0.00	0.1834	0.00	4.2190
Station 7.1.Queue	1.1197	.17	0.2640	2.6905	0.00	29.2940

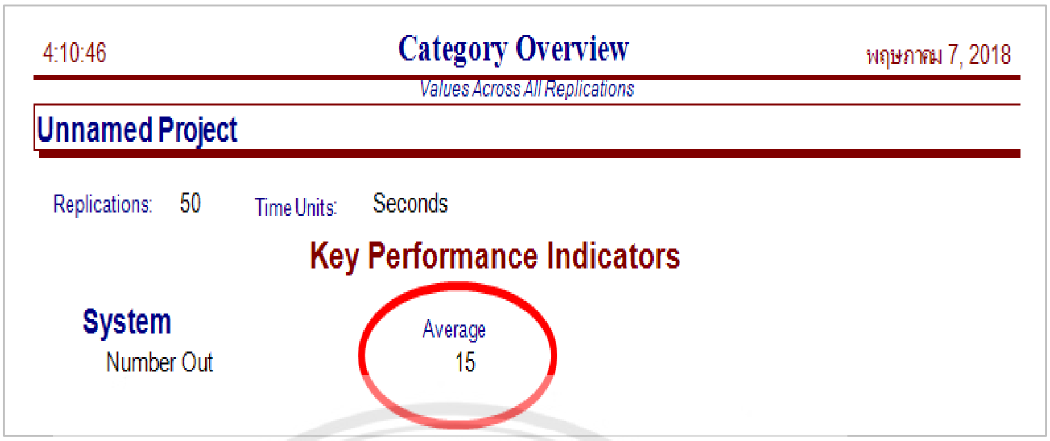
รูปที่ 4.12 แสดงเวลารอคอยเฉลี่ยของการเพิ่มสถานีงาน 2 สถานีงาน

4.1.5 แนวทางจัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการลดสถานีงาน 1 สถานีงาน



รูปที่ 4.13 แบบจำลองของการลดสถานีงาน 1 สถานีงาน

ผลที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม



4:10:46 **Category Overview** พฤษภาคม 7, 2018

Values Across All Replications

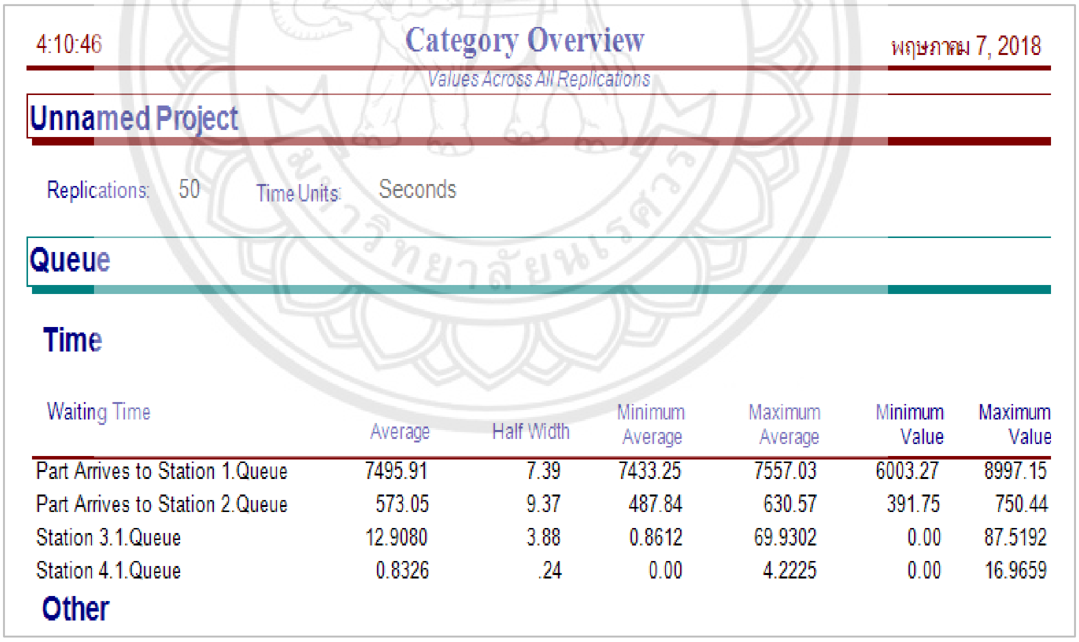
Unnamed Project

Replications: 50 Time Units: Seconds

Key Performance Indicators

System	Average
Number Out	15

รูปที่ 4.14 แสดงจำนวนชิ้นงานเฉลี่ย (Number Out) ของการลดสถานีงาน 1 สถานีงาน



4:10:46 **Category Overview** พฤษภาคม 7, 2018

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 50 Time Units: Seconds

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Part Arrives to Station 1.Queue	7495.91	7.39	7433.25	7557.03	6003.27	8997.15
Part Arrives to Station 2.Queue	573.05	9.37	487.84	630.57	391.75	750.44
Station 3.1.Queue	12.9080	3.88	0.8612	69.9302	0.00	87.5192
Station 4.1.Queue	0.8326	.24	0.00	4.2225	0.00	16.9659

Other

รูปที่ 4.15 แสดงเวลารอคอยเฉลี่ยของการลดสถานีงาน 1 สถานีงาน

4.2 ผลการทดลอง

จากการประมวลผลของแบบจำลองที่ได้จากข้อ 4.1 การสร้างแบบจำลองจากแนวทำการปรับปรุง ที่ได้ทำการจัดสมดุลสายการผลิต เพื่อลดเวลาของจุดคอขวดและกระจายเวลาการทำงานของแต่ละสถานีงาน (Station) ให้มีความใกล้เคียงกันมากที่สุด และเพื่อหาแนวทางการเพิ่มผลผลิต (Output) ด้วยนั้น จะสามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 4.3 ตารางสรุปผลการประมวลผลของแบบจำลองที่เป็นแนวทางการปรับปรุง

ตารางที่ 4.3 ตารางสรุปผลการประมวลผลของแบบจำลองที่เป็นแนวทางการปรับปรุง

แบบจำลอง	ต้นแบบ	ทฤษฎี	ปรับปรุง	เพิ่ม 1	เพิ่ม 2	ลด 1
เวลาแถวคอยเฉลี่ย (วินาที)	12032.66	8253.56	11188.54	10866.97	9360.721	8082.701
จำนวนชิ้นงานที่ได้ (Output) (ชิ้น)	13	13	15	18	23	15

4.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองจะเห็นว่า แบบจำลองต้นแบบ ก่อนที่จะทำการปรับปรุงนั้น จะมีเวลาแถวคอยเฉลี่ยของแต่ละสถานีงาน (Station) รวมกันจะมีเวลาค่อนข้างมาก จึงทำให้จำนวนชิ้นงานที่ได้ (Output) น้อยตามไปด้วย และเมื่อได้หาแนวทางในการปรับปรุง โดยการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่ จึงทำให้เวลาแถวคอยเฉลี่ยของแต่ละสถานีงาน (Station) สามารถลดลงได้จริง ซึ่งผลการทดลองนี้สามารถคิดเป็นร้อยละ เพื่อที่จะทำการเปรียบเทียบได้ดังนี้

4.3.1 แนวทางจัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการปรับปรุงตามหลักทฤษฎี การจัดสมดุลสายการผลิต

คิดร้อยละของเวลาที่ลดลงจากแบบจำลองต้นแบบ = (1- (8253.56/ 12032.66)) ×100

= ร้อยละ 31.41 ที่ลดลง

คิดร้อยละของจำนวนชิ้นงานที่ได้ที่เพิ่มขึ้นจากแบบจำลองต้นแบบ

= ((13-13)/13) ×100

= ร้อยละ 0 ที่เพิ่มขึ้น

อัตราการผลิต (Productivity) = ผลผลิตที่ได้ (Output)/ ทรัพยากรที่ใช้ (Input)

= 13/4 = 3.25

ประสิทธิภาพการผลิตของกระบวนการผลิตได้ = ร้อยละ 85.07

4.3.2 แนวทางจัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่

คิดร้อยละของเวลาที่ลดลงจากแบบจำลองต้นแบบ = (1- (11188.54/ 12032.66)) ×100

= ร้อยละ 7.02 ที่ลดลง

คิดร้อยละของจำนวนชิ้นงานที่ได้ที่เพิ่มขึ้นจากแบบจำลองต้นแบบ

= ((15-13)/13) ×100

= ร้อยละ 15.38 ที่เพิ่มขึ้น

อัตราการผลิต (Productivity) = ผลผลิตที่ได้ (Output)/ ทรัพยากรที่ใช้ (Input)

= 15/5 = 3

ประสิทธิภาพการผลิตของกระบวนการผลิตได้ = ร้อยละ 77.48

4.3.3 แนวทางจัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการเพิ่มสถานีงาน 1 สถานีงาน

คิดร้อยละของเวลาที่ลดลงจากแบบจำลองต้นแบบ = (1- (10866.98/ 12032.66)) ×100

= ร้อยละ 9.69 ที่ลดลง

คิดร้อยละของจำนวนชิ้นงานที่ได้ที่เพิ่มขึ้นจากแบบจำลองต้นแบบ

= ((18-13)/13) ×100

= ร้อยละ 38.46 ที่เพิ่มขึ้น

อัตราการผลิต (Productivity) = ผลผลิตที่ได้ (Output)/ ทรัพยากรที่ใช้ (Input)

= 18/6 = 3

ประสิทธิภาพการผลิตของกระบวนการผลิตได้ = ร้อยละ 76.91

4.3.4 แนวทางจัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการเพิ่มสถานีงาน 2 สถานีงาน

คิดร้อยละของเวลาที่ลดลงจากแบบจำลองต้นแบบ = (1- (9360.72/ 12032.66)) ×100

= ร้อยละ 22.21 ที่ลดลง

คิดร้อยละของจำนวนชิ้นงานที่ได้ที่เพิ่มขึ้นจากแบบจำลองต้นแบบ

= ((23-13)/13) ×100

= ร้อยละ 76.92 ที่เพิ่มขึ้น

อัตราการผลิต (Productivity) = ผลผลิตที่ได้ (Output)/ ทรัพยากรที่ใช้ (Input)

= 23/7 = 3.29

ประสิทธิภาพการผลิตของกระบวนการผลิตได้ = ร้อยละ 83.91

4.3.5 แนวทางจัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการลดสถานีงาน 1 สถานีงาน

คิดร้อยละของเวลาที่ลดลงจากแบบจำลองต้นแบบ = (1- (8082.70/ 12032.66)) ×100

= ร้อยละ 32.83 ที่ลดลง

คิดร้อยละของจำนวนชิ้นงานที่ได้ที่เพิ่มขึ้นจากแบบจำลองต้นแบบ

= ((15-13)/13) ×100

= ร้อยละ 15.38 ที่เพิ่มขึ้น

อัตราการผลิต (Productivity) = ผลผลิตที่ได้ (Output)/ ทรัพยากรที่ใช้ (Input)

= 15/4 = 3.75

ประสิทธิภาพการผลิตของกระบวนการผลิตได้ = ร้อยละ 96.85

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองจะสรุปได้ว่า การปรับปรุงสายการผลิตใหม่ของแต่ละแนวทางการปรับปรุงนั้น จะมีร้อยละ การเพิ่มหรือลดของประสิทธิภาพการผลิตของกระบวนการผลิตและเวลาในแถวคอยเฉลี่ยที่แตกต่างกันไป ซึ่งจะมีแนวทางที่มีทั้งการใช้ทฤษฎีเป็นหลักในการจัด การจัดสมดุลสายการผลิตเดิมใหม่ การเพิ่มหรือลดสถานีงาน (Station) และเมื่อมีการเพิ่มหรือลดสถานีงาน (Station) จึงทำให้ต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังนั้น จึงต้องคำนวณหาค่าใช้จ่ายที่อาจจะเพิ่มขึ้นของแต่ละแนวทางการปรับปรุง ได้ดังนี้

เนื่องจากสายการผลิต DP-5 นี้ มีการผลิตผลิตภัณฑ์หลายรุ่นด้วยกัน ซึ่งในแต่ละวันก็จะมีแผนการผลิตที่ไม่แน่นอน บางวันก็อาจจะมีการผลิต 2 รุ่น บางวันก็ผลิต 3 รุ่น และบางวันก็จะผลิตเพียงรุ่นเดียว ตามจำนวนคำสั่งซื้อจากลูกค้าและแผนการผลิตในแต่ละวัน และจากทั้ง 5 แนวทางการปรับปรุงที่ได้ทำการวิเคราะห์มานั้น ต่างก็มีการเพิ่มของชิ้นงานที่ผลิตขึ้นในแต่ละชั่วโมงการทำงานที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งเมื่อการมีการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่เกิดขึ้น ก็จะทำให้ส่งผลต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ทุกรุ่นจะที่ผลิตในสายการผลิตนี้ด้วย และจะทำการผลิตชิ้นงานต่อชั่วโมงการทำงานเพิ่มขึ้นจึงมีผลให้ต้องมีการวางแผนการผลิตในแต่ละวันเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

ดังนั้น ในการคำนวณหาค่าใช้จ่ายในโครงงานนี้ จึงจะคิดในส่วนเฉพาะของกำไรจากชิ้นงานที่ผลิตได้และค่าใช้จ่ายรายวัน ซึ่งไม่รวมช่วงเวลาการทำงานล่วงเวลา ของแต่ละแนวทางการปรับปรุงเมื่อเทียบกับระบบงานจริงในปัจจุบัน

โดยจะให้ กำไรจากชิ้นงานที่ผลิตได้ในแต่ละวัน = X

(เนื่องจากไม่สามารถระบุได้ว่าในแต่ละวันจะมีแผนการผลิตชิ้นงานกี่ชิ้น)

ค่าแรงงานต่อวัน คนละ = 300 บาท/วัน

เวลาทำงานวันละ = 8 ชม.

จะแสดงการคำนวณหาค่าใช้จ่ายของแต่ละแนวทางการปรับปรุงได้ ดังนี้

แนวทางจัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการปรับปรุงตามหลักทฤษฎี การจัดสมดุลสายการผลิต เนื่องจากแนวทางการปรับปรุงนี้ มีสถานีงานอยู่ 4 สถานีงาน ซึ่งก็จะแสดงว่ามีพนักงานประจำอยู่ 4 คนด้วย

จะได้กำไรต่อวัน = X – 300(4) = X – 1200 บาทต่อวัน

แนวทางจัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่ เนื่องจากแนวทางการปรับปรุงนี้ มีสถานีงานอยู่ 5 สถานีงาน ซึ่งก็จะมีพนักงานประจำอยู่ 5 คนด้วย

จะได้กำไรต่อวัน = X – 300(5) = X – 1500 บาทต่อวัน

แนวทางจัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการเพิ่มสถานีงาน 1 สถานีงาน เนื่องจากแนวทางการปรับปรุงนี้ มีสถานีงานอยู่ 6 สถานีงาน ซึ่งก็จะมีพนักงานประจำอยู่ 6 คนด้วย

จะได้กำไรต่อวัน = X – 300(6) = X – 1800 บาทต่อวัน

แนวทางจัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการเพิ่มสถานีงาน 2 สถานีงาน เนื่องจากแนวทางการปรับปรุงนี้ มีสถานีงานอยู่ 7 สถานีงาน ซึ่งก็จะมีพนักงานประจำอยู่ 7 คนด้วย

จะได้กำไรต่อวัน = X – 300(7) = X – 2100 บาทต่อวัน

แนวทางจัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการลดสถานีงาน 1 สถานีงาน เนื่องจากแนวทางการปรับปรุงนี้ มีสถานีงานอยู่ 4 สถานีงาน ซึ่งก็จะมีพนักงานประจำอยู่ 4 คนด้วย

จะได้กำไรต่อวัน = X – 300(4) = X – 1200 บาทต่อวัน

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 แบบจำลองสามารถจำลองขั้นตอนในกระบวนการผลิตได้สอดคล้องกับระบบงานจริง ตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้น สังเกตได้จากผลของเวลาในกระบวนการที่สอดคล้องกับระบบการผลิตจริง รวมถึงจำนวนชิ้นงานที่ออกจากระบบ

5.1.2 แบบจำลองสามารถแสดงผลของกระบวนการทำงานเชิงสถิติได้สอดคล้องกับระบบงานจริง และแสดงการเคลื่อนที่ของชิ้นงานได้สอดคล้องกับระบบงานจริง

5.1.3 แบบจำลองสามารถหาแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตและนำมาแสดงผลเชิงสถิติได้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านอัตราการผลิตของกระบวนการผลิตได้

5.1.4 จากการทดลองสามารถสรุปผลที่ได้จากการประมวลแบบจำลองของแต่ละแนวทางการปรับปรุง และข้อเสียของแต่ละแนวทางการปรับปรุงเมื่อเทียบกับแบบจำลองที่ได้จากสายการผลิตจริงได้ ดังนี้

แนวทางจัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการปรับปรุงตามหลักทฤษฎี การจัดสมดุลสายการผลิต เมื่อทำการจัดสมดุลแล้วจะทำให้สถานีงาน (Station) ลดลงเหลือ 4 สถานีงาน และจำนวนพนักงาน (Operator) ที่ประจำอยู่ก็จะเหลือ 4 คนด้วยเช่นกัน ซึ่งจะทำให้เวลารอคอยในแถวคอยเฉลี่ยลดลงร้อยละ 31.41 ประสิทธิภาพในการทำงานจะคิดเป็นร้อยละ 85.07 ในส่วนของชิ้นงานที่ได้ (Output) จะไม่มีการเพิ่มขึ้นจากแบบจำลองที่ได้จากสายการผลิตจริง นั่นคือ ได้ 13 ชิ้นต่อ 50 นาทีของเวลาการทำงาน เนื่องจากจำนวนพนักงาน (Operator) ที่ลดลง ข้อเสีย คือการจัดสถานีการทำงานใหม่โดยการปรับปรุงตามหลักทฤษฎี ไม่ได้คำนึงถึงลักษณะการทำงานของแต่ละขั้นตอน ว่าต้องมีการนั่งทำหรือว่ายืนทำ เมื่อทำการจัดสมดุลใหม่มาแล้วนั้น แสดงว่ามีสถานีงาน (Station) ที่ 1 มีขั้นตอนที่ต้องยืนทำงานอยู่ด้วย ซึ่งถ้าคิดตามหลักความเป็นจริงก็อาจจะทำให้พนักงาน (Operator) ที่รับผิดชอบนั้น เกิดความเมื่อยล้าในการทำงานเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากต้องทั้งนั่งและยืนทำงาน

แนวทางจัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่ เมื่อทำการจัดสมดุลใหม่แล้วจะทำให้เวลารอคอยในแถวคอยเฉลี่ยลดลงร้อยละ 7.02 ประสิทธิภาพในการทำงานจะคิดเป็นร้อยละ 77.48 ในส่วนของชิ้นงานที่ได้ (Output) จะมีการเพิ่มขึ้นจากแบบจำลองที่ได้จากสายการผลิตจริง คิดเป็นร้อยละ 15.38 เพิ่มขึ้นจาก 13 ชิ้นไปเป็น 15 ชิ้นต่อ 50 นาทีของเวลาการทำงาน

แนวทางจัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการเพิ่มสถานีงาน 1 สถานีงาน เมื่อทำการจัดสมดุลใหม่จะทำให้สถานีงาน (Station) เพิ่มขึ้นเป็น 6 สถานีงาน และจำนวนพนักงาน (Operator) ที่ประจำอยู่ก็จะเป็น 6 คนด้วยเช่นกัน แล้วจะทำให้เวลารอคอยในแถวคอยเฉลี่ยลดลงร้อยละ 9.69 ประสิทธิภาพในการทำงานจะคิดเป็นร้อยละ 76.91 ในส่วนของชิ้นงานที่ได้ (Output) จะมีการเพิ่มขึ้นจาก

แบบจำลองที่ได้จากสายการผลิตจริง คิดเป็นร้อยละ 38.46 เพิ่มขึ้นจาก 13 ชิ้นไปเป็น 18 ชิ้นต่อ 50 นาทีของเวลาการทำงาน

แนวทางจัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการเพิ่มสถานีงาน 2 สถานีงาน เมื่อทำการจัดสมดุลใหม่จะทำให้สถานีงาน (Station) เพิ่มขึ้นเป็น 7 สถานีงาน และจำนวนพนักงาน (Operator) ที่ประจำอยู่ก็จะเป็น 7 คนด้วยเช่นกัน แล้วจะทำให้เวลารอคอยในแถวคอยเฉลี่ยลดลงร้อยละ 22.21 ประสิทธิภาพในการทำงานจะคิดเป็นร้อยละ 83.91 ในส่วนของชิ้นงานที่ได้ (Output) จะมีการเพิ่มขึ้นจากแบบจำลองที่ได้จากสายการผลิตจริง คิดเป็นร้อยละ 76.92 เพิ่มขึ้นจาก 13 ชิ้นไปเป็น 23 ชิ้นต่อ 50 นาทีของเวลาการทำงาน ข้อเสีย คืออาจจะเกินความจำเป็นมากไป สำหรับการที่ต้องมีการเพิ่มจำนวนพนักงาน (Operator) ถึง 2 คน ด้วยกัน ซึ่งตามหลักความเป็นจริงแล้วแนวทางการเพิ่มคนเพิ่มเครื่องจักร ในการทำงานเพื่อเพิ่มผลผลิต จะเป็นแนวทางสุดท้ายเสมอที่จะเลือก

แนวทางจัดสถานีการทำงานใหม่ โดยการลดสถานีงาน 1 สถานีงาน เมื่อทำการจัดสมดุลใหม่จะทำให้สถานีงาน (Station) ลดลงเหลือ 4 สถานีงาน และจำนวนพนักงาน (Operator) ที่ประจำอยู่ก็จะเป็น 4 คนด้วยเช่นกัน ซึ่งจะทำให้เวลารอคอยในแถวคอยเฉลี่ยลดลงร้อยละ 32.83 ประสิทธิภาพในการทำงานจะคิดเป็นร้อยละ 96.85 ในส่วนของชิ้นงานที่ได้ (Output) จะมีการเพิ่มขึ้นจากแบบจำลองที่ได้จากสายการผลิตจริง คิดเป็นร้อยละ 15.38 เพิ่มขึ้นจาก 13 ชิ้นไปเป็น 15 ชิ้นต่อ 50 นาทีของเวลาการทำงาน ข้อเสีย คือพนักงาน (Operator) ที่อยู่ในสายการผลิตอาจจะเกิดความเมื่อยล้าจากการทำงาน เนื่องจากต้องทำงานที่เพิ่มมากขึ้น และชิ้นงานก็มีน้ำหนักมากพอสมควร

ซึ่งผลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองแนวทางการปรับปรุงทั้ง 5 แนวทาง สามารถสรุปรวมได้ ดังตารางที่ 5.1 แสดงการสรุปผลการทดลอง

ตารางที่ 5.1 แสดงการสรุปผลการทดลอง

แบบจำลองแนวทางการปรับปรุง	ต้นแบบ	ทฤษฎี	ปรับปรุง	เพิ่ม 1	เพิ่ม 2	ลด 1
จำนวนพนักงาน (Operator)	5	4	5	6	7	4
เวลาแถวคอยเฉลี่ย (วินาที)	12032.66	8253.56	11188.54	10866.97	9360.72	8082.70
ร้อยละของเวลาแถวอยเฉลี่ยที่ลดลง		31.41	7.02	9.69	22.21	32.83
จำนวนชิ้นงานที่ได้ (Output) (ชิ้น)	13	13	15	18	23	15
ร้อยละของชิ้นงานเฉลี่ยที่ได้ที่เพิ่มขึ้น		0	15.38	38.46	76.92	15.38
ประสิทธิภาพการผลิตของการผลิต	67.93	85.07	77.48	76.91	83.91	96.85
กำไรต่อวัน (บาท)	X – 1500	X – 1200	X – 1500	X – 1800	X – 2100	X – 1200

อย่างไรก็ดีการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตที่มีจำนวนพนักงานทำงานเท่าเดิมโดยไม่ต้องลดคนหรือเพิ่มคน ก็คือพนักงาน 5 คน ตามปกติ แต่เป็นการปรับปรุงกระบวนการในการทำงานให้ดีขึ้น ก็เป็นแนวทางที่ควรคำนึงถึงเป็นอันดับแรกเสมอ

ทั้งนี้แบบจำลองและผลที่ได้จากการประมวลของแนวทางการปรับปรุงทั้ง 5 แนวทางนี้ เป็นเพียงแนวทางที่ได้สร้างและจำลองขึ้น เพื่อเป็นทางเลือกและประกอบการตัดสินใจของสถานประกอบการว่าควรจะเลือกแนวทางการปรับปรุงแบบไหน ในการที่จะปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของตนเอง และยังมีแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตในรูปแบบอื่นๆ นอกเหนือจากการจัดสมดุลสายการผลิตอีกมากมายที่จะเป็นทางเลือกในการเลือกที่จะปรับปรุง ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับความต้องการของสถานประกอบการต่อไป

5.2 ข้อดีและข้อเสียของโครงงาน

โครงงานนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษา หาแนวทางของการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต โดยคำนึงถึงผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุงเป็นอันแรก

5.2.1 ข้อดี

5.2.1.1 สามารถใช้ข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลและแบบจำลองที่ได้จากแนวทางการปรับปรุง เป็นการประกอบการตัดสินใจ ว่าถ้าจะมีการปรับปรุงสายการผลิตจริงๆ ควรจะปรับปรุงในแนวทางไหน เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นมากที่สุด

5.2.1.2 สามารถที่ใช้แบบจำลองของสายการผลิตที่ได้นั้น เป็นต้นแบบในการทำการปรับปรุงสายการผลิต ซึ่งสามารถทำการจำลองการปรับปรุงตามที่ต้องการในแบบจำลองต้นแบบได้เลย เพื่อจำลองการทำงานของระบบงานจริง ก่อนที่จะไปปรับปรุงกับระบบงานของสายการผลิตจริง

5.2.2 ข้อเสีย

5.2.2.1 เนื่องจากตัวซอฟต์แวร์ที่ใช้ยังเป็นซอฟต์แวร์ที่มีข้อกำหนดในการใช้งาน เพราะเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับการศึกษาทดลอง (Student Version) จึงไปใช้งานกับระบบงานจริงที่มีกระบวนการผลิตที่มีขนาดใหญ่ ที่มี Entity รอคอยในแถวคอยของแต่ละ Module ที่สร้างขึ้นเกิน 150 ชิ้น จะทำให้ซอฟต์แวร์ไม่สามารถประมวลผลได้ (Error)

5.2.2.2 ค่าที่โปรแกรมทำการประมวลผลออกมานั้นสามารถที่จะใช้ได้ แต่ไม่สามารถที่จะยึดเอาค่านั้น ตั้งเป็นค่ามาตรฐานได้ เนื่องจากระบบงานจริง ขั้นตอนการทำงานต่างๆมีความยืนหยุ่นมาก

5.2.2.3 เนื่องจากสายการผลิตมีความไม่ต่อเนื่องในการทำงาน จึงทำให้เกิดจุดคอขวดขึ้นทำให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลเวลาของชิ้นงานนั้นๆ ไปจนสุดกระบวนการผลิตได้ โดยจะขอยกตัวอย่าง

เพื่อเป็นการอธิบายให้เข้าใจมากขึ้น คือจากเดิมที่ทำการเก็บข้อมูลเวลาของชิ้นงาน A โดยเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนแรกของสถานีงานที่ 1 ไปสถานีงานที่ 2 และเมื่อสถานีงานที่ 2 ส่งไปสถานีงานที่ 3 นั้น เป็นจุดที่เกิดคอขวดขึ้น จึงทำให้ชิ้นงาน A นั้น ต้องไปรอในแถวคอย เพื่อรอเข้าสู่สถานีงานที่ 3 ต่อไป เนื่องจากมีชิ้นงานที่รอในแถวคอยก่อนชิ้นงาน A เป็นจำนวนมาก จึงได้ข้ามไปเก็บข้อมูลของชิ้นงาน B ซึ่งกำลังเริ่มเข้าสู่ขั้นตอนแรกของสถานีงานที่ 3 และเก็บไปจนสุดกระบวนการของสายการผลิต โดยไม่ได้เก็บข้อมูลในการรอคอยในแถวคอยของชิ้นงาน A และข้อมูลเวลาที่เก็บได้มานั้น จึงเป็นข้อมูลของทั้งชิ้นงาน A และ B ซึ่งนับว่าเป็น 1 รอบของการทำงาน จึงอาจทำให้ข้อมูลนั้น มีความไม่ต่อเนื่องกัน

5.2.2.4 เนื่องจากข้อมูลเวลาที่ได้เก็บรวมๆ เพื่อที่จะใช้ในการสร้างแบบจำลองของโครงงานนี้ ได้เก็บมาเฉพาะในส่วนของช่วงเวลาที่ชิ้นงานนั้น ได้รับการทำงานจากพนักงาน (Operator) เท่านั้น ซึ่งไม่ได้เก็บในส่วนของเวลาที่ชิ้นงานรอคอยที่จะได้รับทำงานมาด้วย จึงทำให้ไม่สามารถอธิบายได้ว่า เวลารวมทั้งหมดที่ชิ้นงานอยู่ในระบบนั้น ใช้เวลามากน้อยเพียงใด

5.3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

5.3.1 การทำงานต่างๆ ที่ต้องใช้เวลาในการทำย่อมมีข้อบกพร่องด้วยกันทั้งสิ้น และเนื่องจากแบบจำลองนี้ เป็นการจำลองเพียงสายการผลิตเดียว ซึ่งสายการผลิตนี้ในช่วงเวลาอื่นก็จะมีผลิตภัณฑ์ประเภทอื่นมาทำด้วย โดยขั้นตอนการทำงานของแต่ละผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกัน ซึ่งรายละเอียดเหล่านี้ต้องใช้เวลาที่เพียงพอในการศึกษา ดังนั้นผู้ที่สนใจในโครงงานนี้ควรคำนึงถึงรายละเอียดเหล่านี้ด้วย

5.3.2 ในการเก็บข้อมูลนั้น มีขั้นตอนในการจับเวลาซึ่งอาจทำให้ข้อมูลเวลาที่เก็บได้มีความคลาดเคลื่อนไปบ้าง เนื่องจากชุดข้อมูลเวลามีความหลากหลายไม่คงที่ เช่น ในช่วงที่ชิ้นงานเข้าอาจมีการตรวจเช็คการชำรุดของชิ้นงานบ้างเล็กน้อย หรือบางช่วงเวลามีการติดขัดของชิ้นงาน แต่เหตุการณ์ลักษณะนี้นานๆจะพบ ซึ่งอาจจะส่งผลต่อชุดข้อมูลเวลาที่ได้ หรือแม้กระทั่งความเมื่อยล้าของพนักงานระหว่างการทำงานช่วงเช้ากับช่วงบ่าย ความเร็วในการทำงานก็อาจจะแตกต่างกันด้วย ดังนั้นจึงต้องมีการคำนึงถึงค่าเผื่อของความเมื่อยล้าด้วย

5.3.3 ผลที่ได้จากประมวลผล และนำไปวิเคราะห์หาแนวทางในการปรับปรุง หรือการปรับเปลี่ยนขั้นตอนการผลิตนั้น ควรคำนึงความต้องการของสถานประกอบการด้วย เพื่อที่จะได้นำแนวทางที่ดีที่สุดมาทำการปรับปรุง และเพื่อทำให้เกิดความพึงพอใจร่วมกัน โดยใช้แบบจำลองเป็นตัวช่วยในการวิเคราะห์หาทางเลือกที่เหมาะสม

5.3.4 สำหรับการประมวลผลของแบบจำลองนั้น ควรทำการประมวลผลโดยให้ชิ้นงานที่ได้ (Output) ออกมานั้น ครบตามจำนวนที่ป้อนเข้าสู่ระบบ (Input) เพื่อศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตในแต่ละรอบของแบบจำลองต้นแบบและของแต่ละแนวทางการปรับปรุง และไม่ควรมีการกำหนดช่วงเวลาคงที่ในการทำงาน (Warm-up Period) เนื่องลักษณะของการผลิตนั้นเป็นการผลิตระยะสั้น

หรือเป็นการผลิตแบบตามคำสั่งผลิต (Make to Order) ไม่ใช่การผลิตระยะยาว หรือการผลิตเพื่อเก็บไว้ในสต็อก (Make to Stock)

5.4 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

5.4.1 ในอนาคตอัตราการผลิตอาจเพิ่มมากขึ้น เพราะฉะนั้นในการเขียนโมเดล จำนวน Entity อาจมีจำนวนมากขึ้นจึงจำเป็นที่ต้องใช้ซอฟต์แวร์ที่ไม่มีข้อจำกัดในการทำงาน เพื่อให้ได้โมเดลที่สมบูรณ์

5.4.2 ปรับปรุงโมเดลให้ตรงกับความต้องการของสถานประกอบการ เพื่อที่จะสามารถนำไปปรับปรุงระบบการผลิตหรือระบบการทำงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และสามารถแสดงภาพเคลื่อนไหวเสมือนจริงของระบบได้ เพื่อเป็นตัวสนับสนุนในการตัดสินใจมากขึ้น

5.4.3 โมเดลสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในส่วนงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องได้ เช่น อุตสาหกรรมการขนส่ง อุตสาหกรรมการให้บริการ เพื่อนำไปสู่แนวทางการแก้ปัญหาของอุตสาหกรรม โดยปราศจากการรบกวนงานในระบบงานจริง

เอกสารอ้างอิง

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, **การจำลองแบบปัญหา (Simulation)**, กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535

รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ, **คู่มือสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena (ฉบับปรับปรุง)**, กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2553

วันชัย ริจิรวนิช. (2539). **การศึกษาการทำงาน (หลักการและกรณีศึกษา).** กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิโรจน์ ชัยมูล. (2558). **ผังงาน (Flowchart Diagram)**. สืบค้นเมื่อ 1 ตุลาคม 2560, จาก http://www.thaiall.com/flowchart/indexo.html.

Sirichai Permkanchana. (2555). **แผนผังก้างปลา (Cause and Effect Diagram)** สืบค้นเมื่อ 1 ตุลาคม 2560, จาก https://perchai.wordpress.com/2012/06/07/25/

ผศ.ดร.บุษบา พฤกษาพันธุ์รัตน์, **การวางแผนและควบคุมการผลิต (Production Planning and Control)**, กรุงเทพฯ : ท้อป, 2552.

รศ.ดร.ศุภชัย ปทุมนากุล, **การวางแผนและควบคุมการผลิต (Production Planning and Control)**, ขอนแก่น : โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา, 2555

Sirichai Permkanchana. (2555). **วงจร PDCA**. สืบค้นเมื่อ 1 ตุลาคม 2560, จาก https://perchai.wordpress.com/2012/06/07

ดร.วิทยา อินทร์สอน , อ.ปัทมาพร ท่อชู, **แผนผังกระบวนการผลิต.** สืบค้นเมื่อ 1 ตุลาคม 2560, จาก http://www.thailandindustry.com/onlinemag/view2.php?id

ผศ.ประเสริฐ อัครประถมพงศ์, (2552). **การลดความสูญเปล่า ด้วยหลักการECRS.** สืบค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2560, จาก https://cpico.wordpress.com/2009/11/29/)

นาง ประคอง สาธรรม, (2556). **การทดสอบสมมติฐานการวิจัย ด้วยสถิติ t-test.** สืบค้นเมื่อ 30 เมษายน 2561, จาก https://www.gotoknow.org/posts/399528

ภาคผนวก ก
วิธีการใช้การวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า
(Input Analyzer)

ภาคผนวก ก
วิธีการใช้การวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า (Input Analyzer)

เนื่องจากเวลาที่ได้เป็นข้อมูลจำนวนมากและมีการกระจายตัวของข้อมูลแตกต่างกันไปนั้น เรียกว่าข้อมูลดิบ ซึ่งในการป้อนข้อมูลลงในโมเดลนั้นจะต้องมีการแปลงข้อมูลดิบทั้งหมดที่ได้มาให้มีการกระจายตัวแบบเฉลี่ย ดังนั้น จึงต้องใช้ตัวช่วยวิเคราะห์ซึ่งในโปรแกรม Arena นี้เรียกว่าการวิเคราะห์ข้อมูลป้อนเข้า (Input Analyzer)

ตารางที่ ก.1 ตารางแบบฟอร์มการเก็บข้อมูลเวลาของการทำงาน

แบบฟอร์มตารางการเก็บข้อมูล

PROCESS NAME : การผลิตรุ่น BIG-M 3001 LOCATION : สายการผลิต PD-5

DATA : TIME :

UNIT : SECOND ROUND :

NO.	TIME(s.)	NO.	TIME(s.)	NO.	TIME(s.)	NO.	TIME(s.)
1		11		21		31	
2		12		22		32	
3		13		23		33	
4		14		24		34	
5		15		25			
6		16		26			
7		17		27			
8		18		28			
9		19		29			
10		20		30			

ตารางที่ ก.2 กระบวนการทำงานที่ทำการจับเวลา

ลำดับ	กิจกรรม/ขั้นตอน	Module
1	นำสเตเตอร์เข้าสู่ระบบการประกอบฝาหลัง	Part Arrives to Station 1
2	นำสเตเตอร์ประกอบกับแผงไดโอด	Station 1.1
3	ทำการบัดกรีย์ด	Station 1.2
4	ส่งไป Station 2	Station 1 to Station 2
5	แต้มสีจุดบัดกรี	Station 2.1
6	ประกอบฝาหลังกับชิ้นงาน	Station 2.2
7	ขันน็อตยึดฝาหลัง 6จุด	Station 2.3
8	เช็คทดสอบ	Station 2.4
9	เช็คซองถ่าน	Station 2.5
10	ส่งไป Station 3	Station 2 to Station 3
11	นำฝาหลังเข้าสู่ระบบการประกอบหลัก	Part Arrives to Station 3
12	ประกอบฝาหน้ากับลูกปืน	Station 3.1
13	ขันสกรูปิดลูกปืนกับฝาหน้าและแต้มสี	Station 3.2
14	ประกอบทุ่นกับฝาหน้า	Station 3.3
15	ทาน้ำมันที่แกนทุ่น	Station 3.4
16	ประกอบฝาหลังกับฝาหน้า	Station 3.5
17	ขันสกรูยึดฝาหลังกับฝาหน้าและย้ำหัวน็อตฝาหลัง	Station 3.6
18	ใส่มูเล่และใบพัด	Station 3.7
19	ขันสกรูยึดกับตัวไดร์	Station 3.8
20	เป่าลมที่แกน	Station 3.9
21	ส่งไป Station 4	Station 3 to Station 4
22	ใส่ปั๊มและขันสกรูยึดปั๊มกับตัวไดร์	Station 4.1
23	เอาไดร์เข้าเครื่องทดสอบ	Station 4.2
24	เอาไดร์ออกจากเครื่องทดสอบ	Station 4.3
25	ส่งไป Station 5	Station 4 to Station 5
26	เอาไดร์เข้าเครื่องเช็คหนีด	Station 5.1
27	เอาไดร์ออกจากเครื่องเช็คหนีด	Station 5.2
28	ใส่แหวนทองแดงและลูกยาง	Station 5.3
29	นำฟองน้ำชุบน้ำมัน เช็คทำความสะอาดไดชาร์จ	Station 5.4
30	ทำการย้ำสกรูทั้งหมด อีกครั้ง แต้มจุด	Station 5.5
31	ติดแสตมป์ JOB NO.	Station 5.6
32	เตรียมกล่อง	Station 5.7
33	แพ็คเกจ	Station 5.8

ตารางที่ ก.3 ตารางข้อมูลดิบ Station 1 และ Station 2 (หน่วย : วินาที)

NO	PROCESS									
	STATION 1				STATION 2					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	3.07	53.75	31.09	3.36	6.69	10.53	43.23	13.14	11.92	2.76
2	3.19	54.57	32.51	2.72	7.19	9.66	47.53	12.95	10.81	2.93
3	3.46	58.27	30.42	2.85	6.07	12.42	51.11	9.95	7.45	3.15
4	3.3	56.96	34.73	2.47	6.22	11.54	49.54	10.25	8.78	2.62
5	2.68	57.93	32.92	2.58	7.11	10.88	48.55	11.48	7.75	2.76
6	3.32	56.23	31.86	2.62	6.25	12.65	48.62	13.54	8.12	3.28
7	2.59	55.64	31.53	3.35	6.98	11.47	49.17	12.44	9.45	3.14
8	2.53	54.8	34.29	2.71	5.79	14.52	53.24	11.23	6.45	2.93
9	3.24	56.36	31.68	2.74	6.24	13.78	52.67	10.95	7.73	2.75
10	2.91	56.34	34.09	3.25	7.63	11.96	48.36	9.46	8.62	3.18
11	3.37	58.79	32.36	3.42	8.12	9.63	47.7	9.63	9.78	3.25
12	3.52	57.46	30.43	2.86	7.67	10.57	45.63	10.32	7.35	2.63
13	2.78	58.83	33.11	3.32	6.98	10.36	44.75	11.76	7.66	2.71
14	4.02	58.86	33.96	2.69	5.73	11.69	44.14	10.65	8.92	3.19
15	3.3	59.17	30.83	2.64	6.45	10.34	43.93	10.34	10.31	3.45
16	3.07	57.29	32.61	3.02	5.67	9.77	45.76	9.78	10.67	3.21
17	3.14	56.27	33.42	2.82	5.43	9.98	44.89	9.45	11.74	2.53
18	2.43	62.05	31.43	3.51	6.15	11.31	42.68	8.96	9.63	2.79
19	3.32	58.42	32.86	3.43	6.32	12.03	46.37	10.12	10.45	2.81
20	3.13	57.18	34.66	2.95	5.48	11.46	47.13	10.36	7.41	3.26
21	3.05	54.33	30.65	3.28	4.93	10.93	42.97	9.35	8.32	3.44
22	2.91	56.04	32.23	2.76	4.32	12.41	43.36	8.47	8.94	2.98
23	2.67	55.15	33.76	2.98	5.78	11.03	45.88	8.02	9.36	2.74
24	2.84	53.36	30.56	2.86	6.19	10.45	43.81	9.31	9.73	2.86
25	2.68	57.46	32.84	3.25	5.58	9.98	45.37	11.49	9.61	3.14
26	3.41	54.16	30.72	2.69	4.37	9.83	48.83	13.41	10.07	3.36
27	2.95	56.52	32.71	2.42	6.61	8.72	49.03	13.27	11.39	3.88
28	3.28	58.02	33.74	3.51	6.73	10.43	49.93	14.43	10.83	3.25
29	3.43	55.46	32.24	3.28	4.43	11.18	51.04	11.36	9.97	2.57
30	2.77	53.53	33.21	2.63	5.37	13.39	48.31	11.09	9.15	2.92
31	3.53	54.4	34.73	3.46	6.42	12.95	47.07	10.64	10.04	2.68
32	2.54	56.87	34.92	3.24	7.84	10.48	45.53	9.87	11.42	3.15
33	3.31	56.59	34.07	2.85	6.53	13.62	43.39	9.31	10.36	3.47
34	2.45	55.84	33.56	3.47	5.92	12.74	44.08	8.42	8.48	2.52
35	3.51	54.92	32.06	3.51	5.31	11.04	45.64	8.39	8.91	3.49
36	2.74	56.61	33.78	2.48	7.46	10.34	48.93	10.03	9.05	2.91
37	2.95	55.29	30.51	3.92	6.64	9.59	47.05	11.15	9.36	3.62
38	3.64	54.75	33.59	3.24	4.88	9.35	46.91	9.83	12.93	3.26
39	3.39	57.38	33.83	3.25	6.63	8.42	47.18	9.17	10.42	2.54
40	3.68	56.12	36.29	2.65	6.51	9.29	45.29	10.06	10.16	2.78
41	2.61	56.42	35.16	3.25	5.35	10.33	48.89	12.63	9.82	2.95
42	3.71	55.64	32.45	3.08	5.79	11.95	49.03	13.57	9.04	2.77
43	2.76	56.75	32.76	2.71	6.84	10.37	45.51	10.43	9.37	3.23
44	3.23	53.89	30.18	2.88	4.32	12.34	46.94	10.58	10.59	3.16
45	3.39	54.36	31.07	3.42	6.71	10.93	48.82	11.73	10.92	2.67
46	2.87	56.46	31.33	2.64	6.98	9.45	50.02	11.04	11.43	2.84
47	3.38	56.58	33.36	3.25	7.03	9.83	51.11	9.83	12.91	2.51
48	3.34	54.27	34.86	2.86	5.16	9.14	47.73	9.49	10.37	3.69
49	2.69	55.34	35.72	3.12	5.73	10.49	45.67	9.03	11.37	3.22
50	3.21	56.28	32.29	3.24	6.81	9.07	47.84	10.29	9.57	2.79
Avg.	3.1058	56.2792	32.7994	3.0298	6.1868	10.9324	47.1232	10.649	9.6978	3.0144

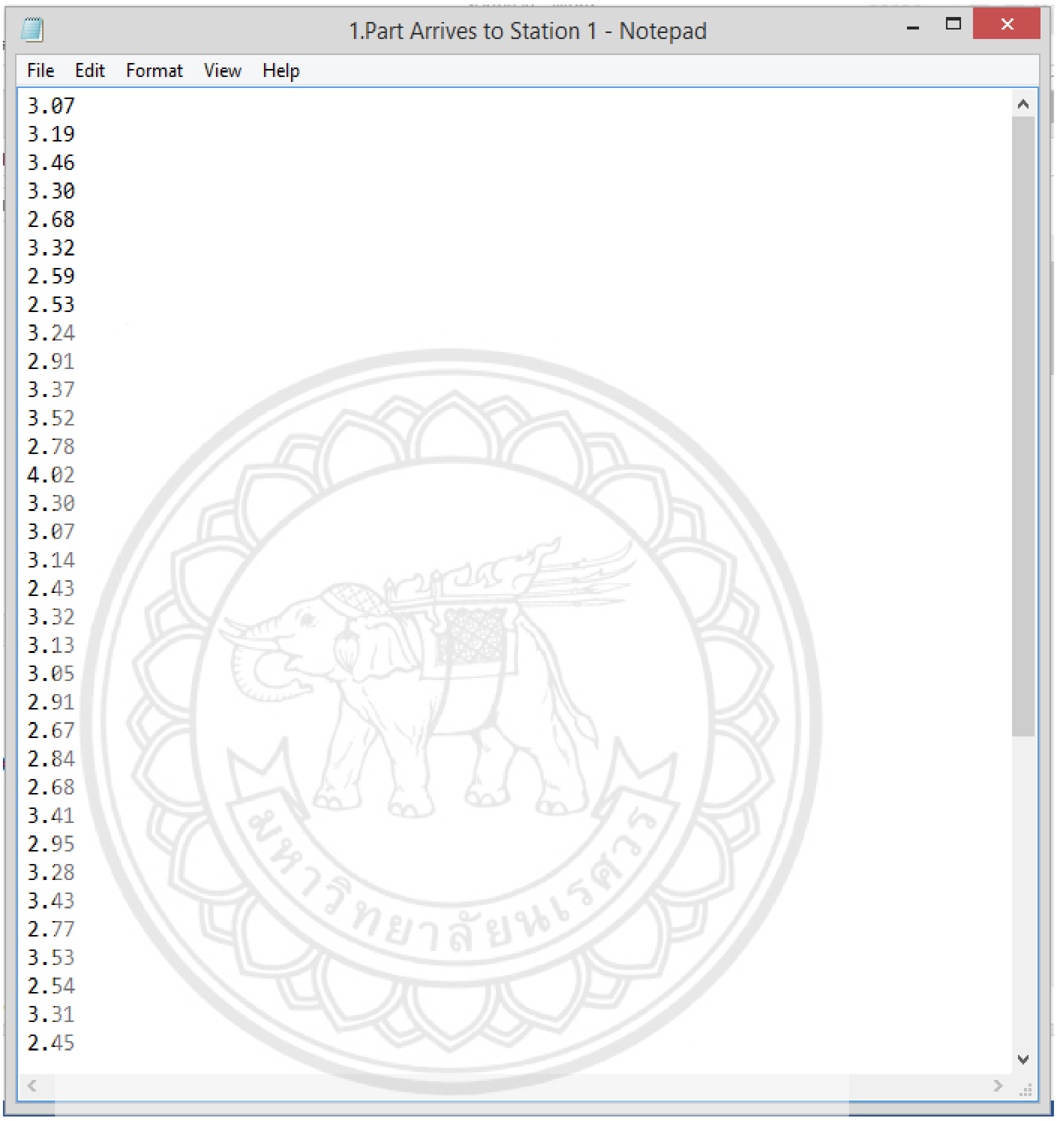
ตารางที่ ก.4 ตารางข้อมูลดิบ Station 3 (หน่วย : วินาที)

NO	PROCESS STATION 3										
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2.89	15.22	34.03	31.57	10.84	46.78	43.83	7.16	9.39	4.97	2.19
2	2.69	14.68	33.29	30.54	11.22	43.31	42.59	6.24	8.46	4.32	2.68
3	2.21	15.93	32.91	32.96	10.95	44.52	45.28	6.68	11.24	3.48	3.26
4	3.45	13.22	34.06	31.54	12.36	41.21	42.93	7.63	9.64	5.13	4.12
5	3.34	14.03	33.49	33.22	11.54	42.88	42.64	7.19	10.72	4.92	3.52
6	2.96	15.62	32.88	31.74	9.05	43.65	43.47	8.47	8.63	5.67	3.53
7	3.03	16.24	31.47	32.06	10.74	40.51	43.81	6.53	9.35	6.45	2.93
8	3.42	14.65	34.35	28.67	8.43	39.65	41.16	7.39	9.86	5.11	3.28
9	2.72	15.34	31.4	29.08	9.92	38.87	42.46	6.82	10.03	4.78	2.74
10	3.09	13.24	32.79	30.56	9.27	40.24	43.62	7.19	8.42	4.35	2.21
11	2.53	14.67	33.68	31.11	11.45	42.39	41.28	7.21	8.74	4.09	2.69
12	3.71	14.93	31.39	32.47	8.71	43.01	43.86	6.74	7.89	3.64	3.46
13	2.91	15.68	33.56	30.25	8.05	40.67	43.14	6.53	9.47	6.03	3.18
14	2.98	17.35	34.05	29.46	9.43	39.56	43.83	7.27	9.61	5.42	2.87
15	3.21	13.42	33.58	28.63	11.68	39.29	43.71	8.39	11.28	4.61	2.49
16	3.81	14.55	30.43	28.71	10.41	38.43	44.76	8.04	10.72	4.59	2.73
17	3.42	15.78	33.18	29.59	9.52	40.45	42.82	7.36	10.06	3.78	3.53
18	2.94	13.09	31.57	30.43	12.24	41.32	42.49	7.13	9.32	5.26	2.64
19	3.96	13.66	30.73	29.84	8.37	42.64	45.03	7.68	9.59	4.17	3.48
20	3.5	14.59	35.44	28.53	9.05	42.35	43.26	6.93	8.76	4.79	2.36
21	3.74	15.01	32.56	30.36	8.91	40.14	41.89	8.45	9.1	3.93	2.69
22	3.15	13.95	32.28	32.67	9.73	40.59	42.67	7.23	8.55	4.15	4.15
23	3.53	14.73	33.14	31.59	8.79	41.17	44.01	7.19	8.47	5.24	2.72
24	3.29	15.59	30.19	32.27	10.24	42.24	41.69	6.54	9.35	5.71	3.29
25	2.27	16.32	31.56	30.04	10.57	42.98	40.89	7.08	10.11	4.62	2.37
26	2.83	14.51	32.08	29.93	11.32	39.06	41.56	7.35	9.04	4.67	2.59
27	3.25	13.72	31.93	28.11	12.05	38.42	43.7	8.42	11.24	4.84	3.18
28	3.11	13.96	30.36	29.91	10.38	38.77	44.38	8.13	9.76	5.31	2.23
29	3.14	15.64	31.38	27.74	9.64	37.42	43.19	7.39	8.53	3.25	2.54
30	3.55	13.97	32.03	28.39	9.87	37.19	41.45	7.44	8.39	3.34	3.71
31	2.52	13.92	32.51	28.06	10.23	40.53	40.98	8.61	9.74	5.21	2.52
32	2.46	13.04	31.78	30.47	11.04	41.26	42.57	7.28	9.12	4.75	3.49
33	3.53	14.49	32.97	29.04	9.94	42.38	42.83	6.34	8.79	4.61	2.76
34	2.84	15.02	32.92	28.63	9.36	38.84	44.63	6.57	8.64	4.38	2.64
35	2.52	14.94	32.41	29.91	9.15	37.26	43.28	7.28	9.26	5.09	3.25
36	3.75	16.48	34.69	30.92	10.38	38.63	41.72	7.49	9.43	3.72	3.19
37	2.94	15.31	32.97	27.79	9.13	39.42	45.83	8.36	10.74	3.98	2.63
38	3.51	14.43	31.43	30.63	8.42	42.93	44.53	8.02	9.83	4.22	2.59
39	3.28	15.27	34.12	28.72	7.62	40.03	42.29	7.35	9.41	4.06	2.72
40	3.31	16.35	33.48	29.04	8.91	39.36	43.17	6.42	8.58	5.47	2.39
41	2.59	14.92	34.19	29.31	8.05	41.65	41.86	6.91	9.07	3.55	2.91
42	3.42	14.03	31.34	30.48	9.31	37.74	43.91	7.47	10.15	3.69	3.4
43	3.19	15.68	35.15	31.97	10.12	39.24	45.73	7.75	9.38	4.91	3.05
44	2.75	15.93	30.11	29.83	9.45	38.89	43.83	8.42	11.24	4.38	2.27
45	2.26	16.67	31.54	28.46	8.14	42.31	42.57	7.56	10.06	5.26	2.73
46	3.51	14.48	31.41	29.05	8.93	41.35	43.61	6.48	9.17	4.63	3.34
47	3.43	13.35	32.17	27.38	9.04	38.91	43.68	7.21	8.46	3.39	2.28
48	2.84	15.93	33.93	28.91	9.47	39.36	45.24	7.39	8.57	3.46	2.59
49	2.94	13.37	32.57	29.09	10.16	38.01	44.59	8.63	9.21	4.73	3.41
50	2.39	13.09	32.43	31.64	11.04	37.26	43.52	7.12	9.05	3.85	3.29
Avg.	3.0922	14.7998	32.5982	30.026	9.8524	40.5014	43.2354	7.3692	9.4324	4.5592	2.9362

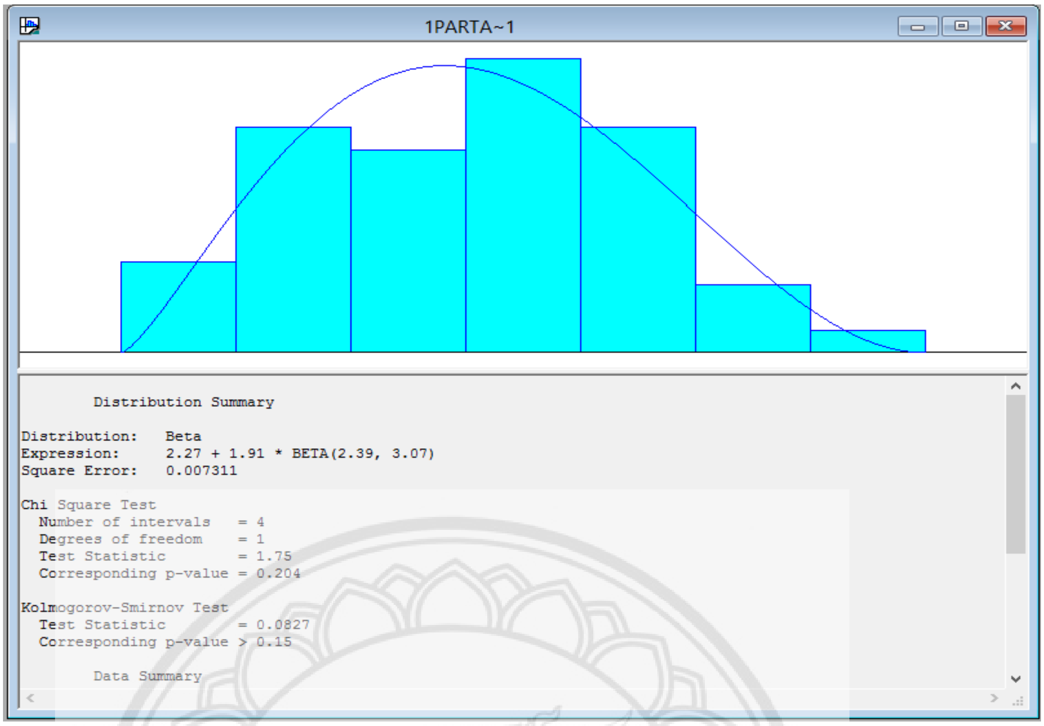
ตารางที่ ก.5 ตารางข้อมูลดิบ Station 4 และ Station 5 (หน่วย : วินาที)

NO	PROCESS											
	STATION 4				STATION 5							
	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
1	61.06	60.72	37.38	3.37	24.72	13.37	13.46	16.13	25.03	14.34	43.13	71.36
2	59.34	57.43	36.62	2.93	25.65	15.48	15.24	16.47	24.56	15.27	43.13	80.19
3	60.25	51.71	38.34	3.08	24.98	14.32	16.73	15.89	24.35	14.82	47.58	75.47
4	62.31	62.28	35.78	3.46	24.33	13.65	14.93	14.32	25.78	15.69	47.58	78.92
5	60.58	69.34	35.81	2.61	24.57	14.98	12.96	15.05	26.19	13.51	44.93	70.31
6	61.33	70.41	36.19	2.69	25.87	13.54	13.28	13.98	26.37	16.64	44.93	69.48
7	60.98	73.62	37.42	3.16	23.14	13.55	14.01	15.74	25.92	15.42	54.64	73.63
8	58.39	58.44	38.36	2.37	20.47	12.76	13.72	15.68	24.35	15.94	54.64	78.84
9	56.78	59.02	39.04	2.59	21.69	13.31	13.28	16.09	24.71	16.71	47.96	72.58
10	58.94	58.53	37.92	3.28	22.43	14.68	12.76	15.21	25.18	14.58	47.96	73.32
11	57.32	59.98	39.73	2.31	25.64	15.21	14.32	14.63	25.04	14.32	43.76	70.95
12	59.71	65.34	40.58	3.18	24.72	16.49	13.69	15.47	26.89	15.29	43.76	77.83
13	60.63	67.31	37.89	2.34	22.09	13.57	13.43	16.84	27.42	15.54	42.96	72.19
14	61.38	69.24	36.12	3.04	20.31	12.46	14.52	16.92	24.57	16.79	42.96	79.63
15	59.04	60.19	35.71	2.48	21.47	13.14	12.89	15.34	23.51	16.05	53.14	81.54
16	57.73	66.63	36.64	2.32	24.93	14.03	12.74	14.62	25.63	14.25	53.14	71.85
17	58.47	57.42	38.47	3.41	22.68	12.44	14.61	14.92	25.84	14.58	42.27	76.68
18	57.84	59.51	41.28	3.22	20.31	16.47	15.09	15.68	25.92	15.63	42.27	77.14
19	59.73	51.57	36.53	2.97	21.42	13.58	13.28	16.9	24.61	16.42	48.31	75.92
20	58.43	54.42	38.13	2.53	20.67	12.26	13.42	15.71	24.88	15.71	48.31	79.03
21	56.93	58.13	39.43	3.36	19.91	13.64	14.65	15.73	23.47	14.58	44.19	77.82
22	58.27	64.76	39.51	3.15	21.47	14.52	12.78	14.32	25.93	14.39	44.19	71.51
23	59.06	57.24	37.79	3.19	22.68	15.69	14.32	14.58	26.71	14.47	50.63	75.94
24	60.63	59.91	39.02	2.63	23.61	14.37	13.79	13.69	25.49	14.56	50.63	76.08
25	58.42	52.48	40.71	2.48	21.43	15.82	13.94	13.25	23.52	14.68	49.83	73.92
26	57.39	54.39	41.37	2.74	22.84	16.08	14.52	13.89	25.04	15.33	49.83	77.45
27	56.03	57.25	39.87	3.18	23.96	14.25	15.48	15.03	25.16	16.72	38.83	70.14
28	57.82	58.36	35.69	2.42	24.09	15.86	15.93	14.67	26.13	16.86	38.83	78.87
29	58.91	63.37	37.72	3.24	22.27	14.91	13.04	16.11	24.74	15.73	47.24	73.25
30	59.52	60.92	38.11	2.78	19.47	13.24	12.91	15.72	23.58	16.09	47.24	71.73
31	59.05	64.78	39.47	3.12	19.35	12.57	14.35	15.53	25.23	16.36	44.68	72.24
32	60.72	57.25	37.57	3.18	20.42	12.89	15.47	14.42	25.15	17.78	44.68	73.69
33	62.94	55.81	35.64	2.68	21.89	14.36	16.83	13.74	26.59	14.35	41.14	75.48
34	61.69	61.37	41.21	3.16	22.36	15.48	14.52	14.58	24.52	13.42	41.14	77.01
35	60.37	53.42	38.26	2.36	22.09	12.63	13.21	13.91	24.37	16.07	49.03	80.52
36	59.13	55.89	40.59	2.98	20.13	13.86	13.79	14.63	25.94	13.79	49.03	71.43
37	58.57	56.47	39.96	2.71	19.46	12.47	12.84	15.72	24.48	14.53	43.38	74.84
38	57.91	64.02	36.74	2.65	19.67	11.56	12.75	15.48	24.51	15.16	43.38	78.39
39	58.36	61.35	38.13	2.92	19.97	12.73	13.26	16.04	26.74	15.35	45.86	79.48
40	59.05	62.47	38.55	2.79	21.46	10.28	14.69	16.18	27.17	16.13	45.86	71.51
41	62.37	57.34	36.19	3.39	22.39	12.74	13.04	14.35	26.53	16.37	51.02	78.16
42	61.03	65.81	39.04	3.25	20.05	13.64	13.55	14.17	24.81	14.63	51.02	73.02
43	59.43	63.33	41.53	3.09	21.97	10.42	14.58	13.98	25.93	14.28	39.61	70.93
44	58.91	65.54	37.87	3.11	19.03	11.05	12.92	15.67	24.47	15.47	39.61	75.53
45	59.03	60.19	41.27	3.29	19.69	10.53	13.35	16.29	24.51	15.89	38.37	79.42
46	57.24	63.25	36.64	3.2	21.48	12.91	13.27	14.03	25.18	16.03	38.37	70.47
47	57.81	59.74	37.78	3.03	25.36	11.37	14.94	13.61	25.62	14.52	43.59	72.51
48	58.93	57.53	37.91	2.78	24.47	12.83	13.79	15.72	26.01	15.31	43.59	75.43
49	59.52	61.75	37.15	3.29	22.75	11.03	13.52	16.75	24.57	15.48	50.63	76.81
50	60.14	63.82	38.54	2.73	21.03	10.72	13.45	14.59	24.73	16.25	50.63	71.46
Avg.	59.308	60.621	38.264	2.9244	22.177	13.475	13.957	15.159	25.272	15.362	45.868	75.038

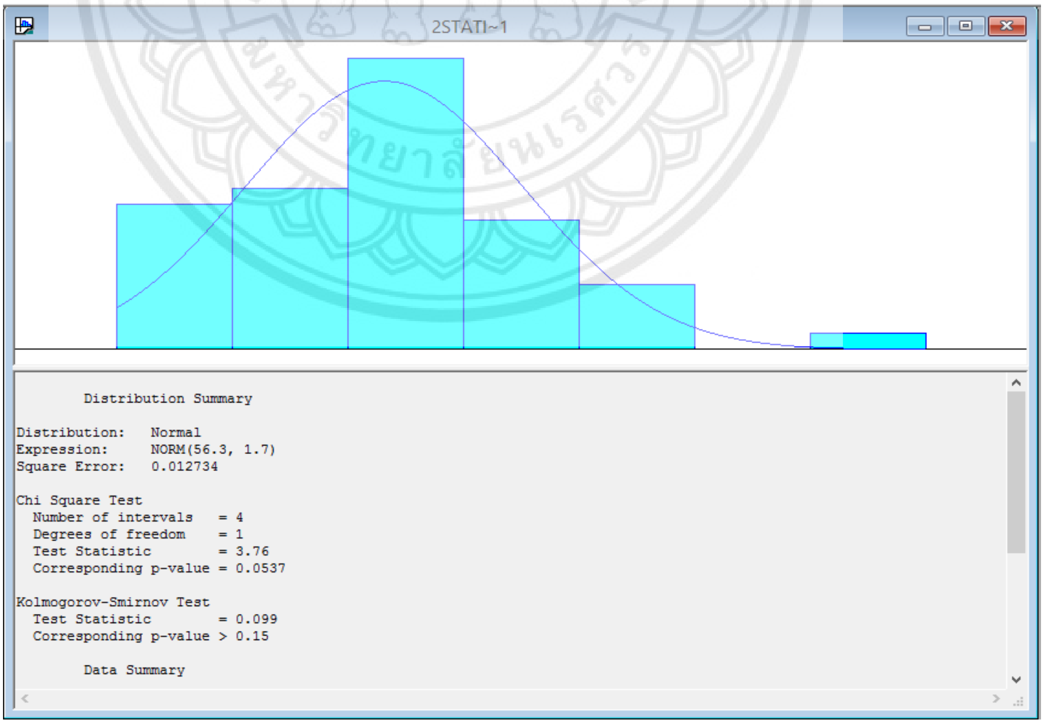
จากตารางข้อมูลดิบข้างต้น ให้นำข้อมูลดิบที่ได้มาบันทึกไว้ให้บันทึกเป็นไฟล์ตัวอักขระ (Text Files) ในโปรแกรม Note Pad ดังรูปที่ ก.1



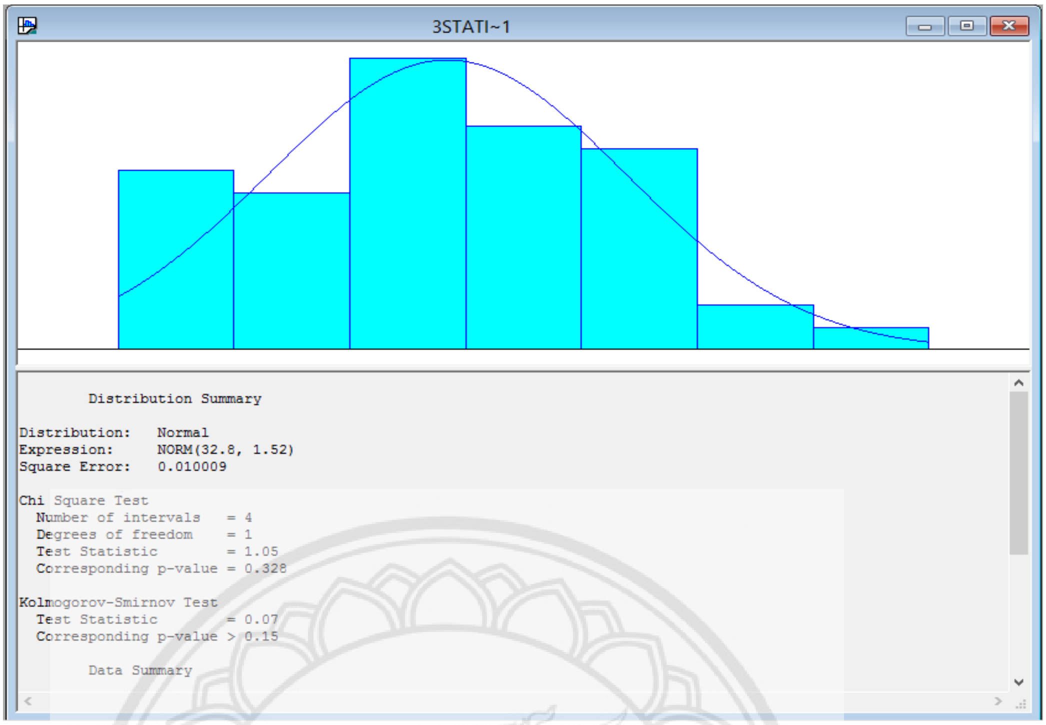
รูปที่ ก.1 ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลในโปรแกรม Note Pad



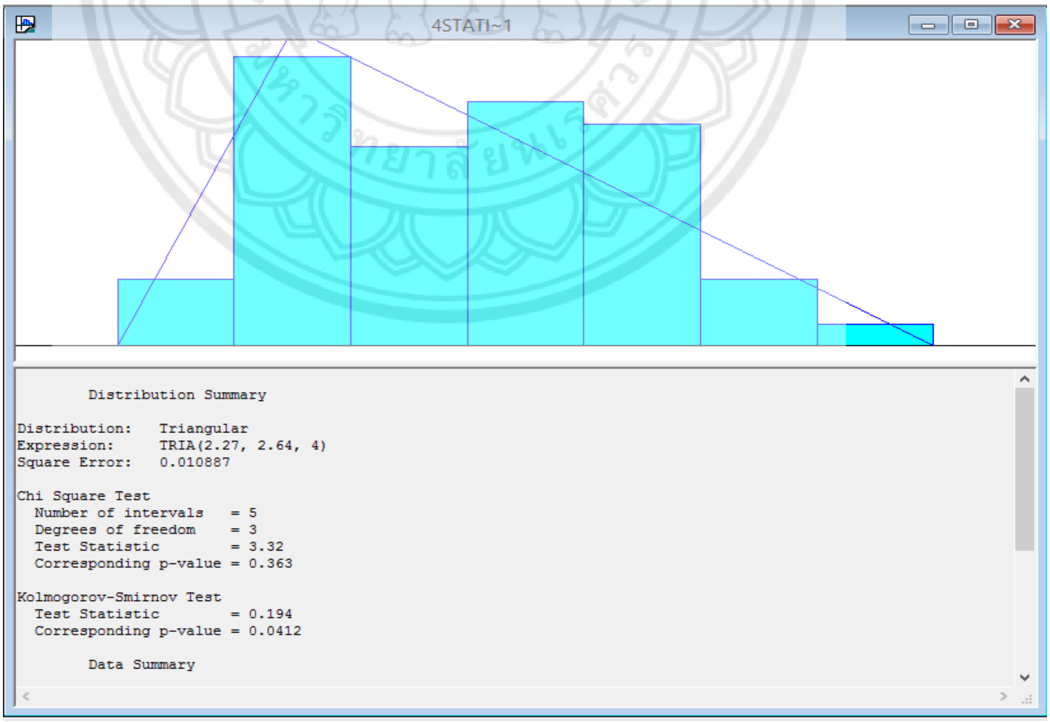
รูปที่ ก.2 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการเข้ามาของชิ้นงาน



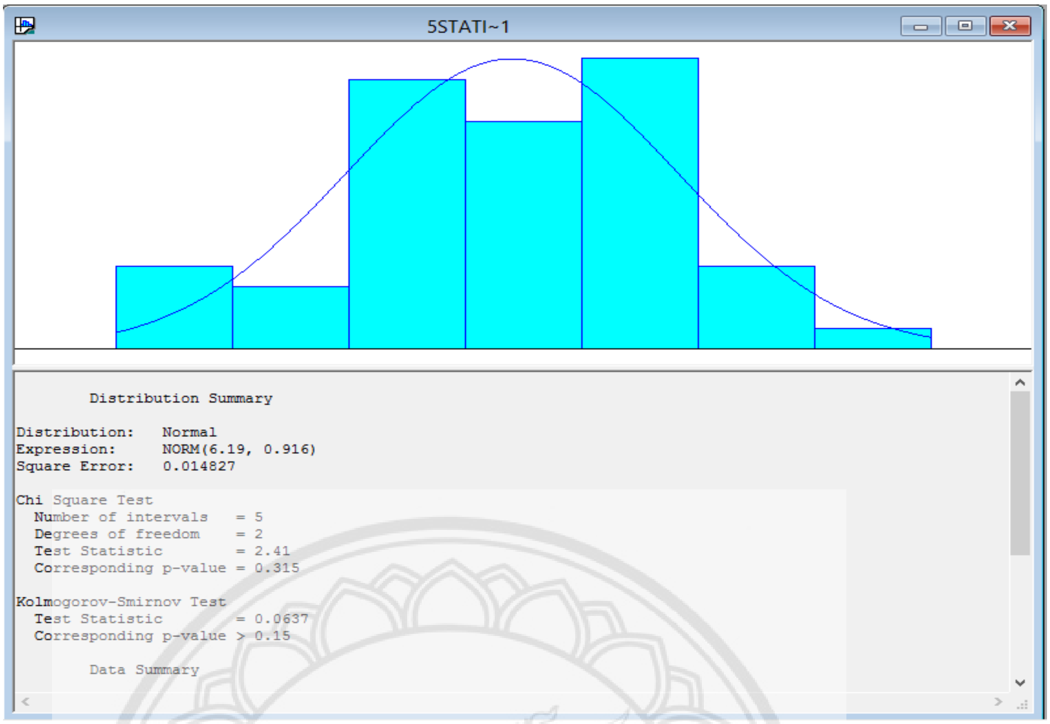
รูปที่ ก.3 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการประกอบสเตเตอร์เข้ากับฝาหลัง



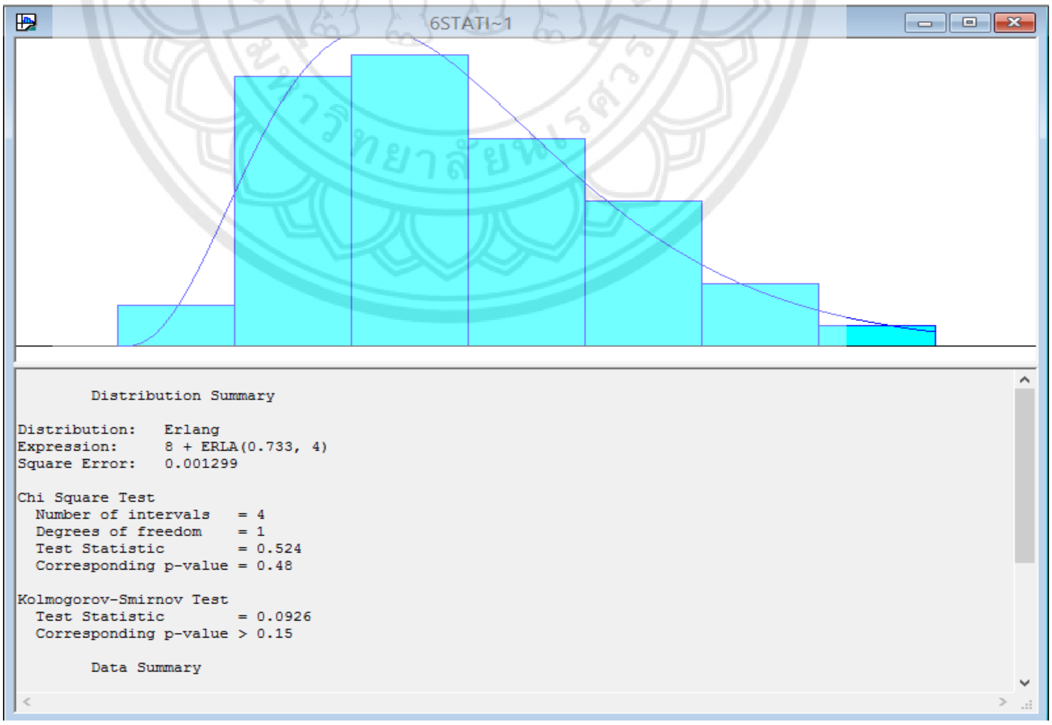
รูปที่ ก.4 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการทำการบัดกรียึด



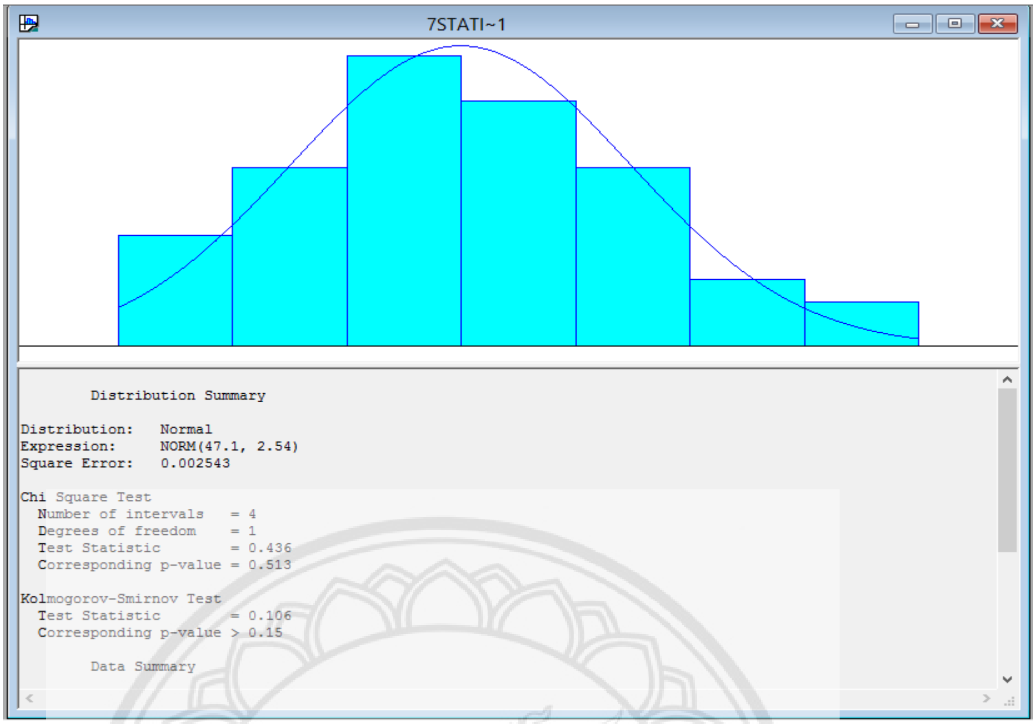
รูปที่ ก.5 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการส่งไป Station 2



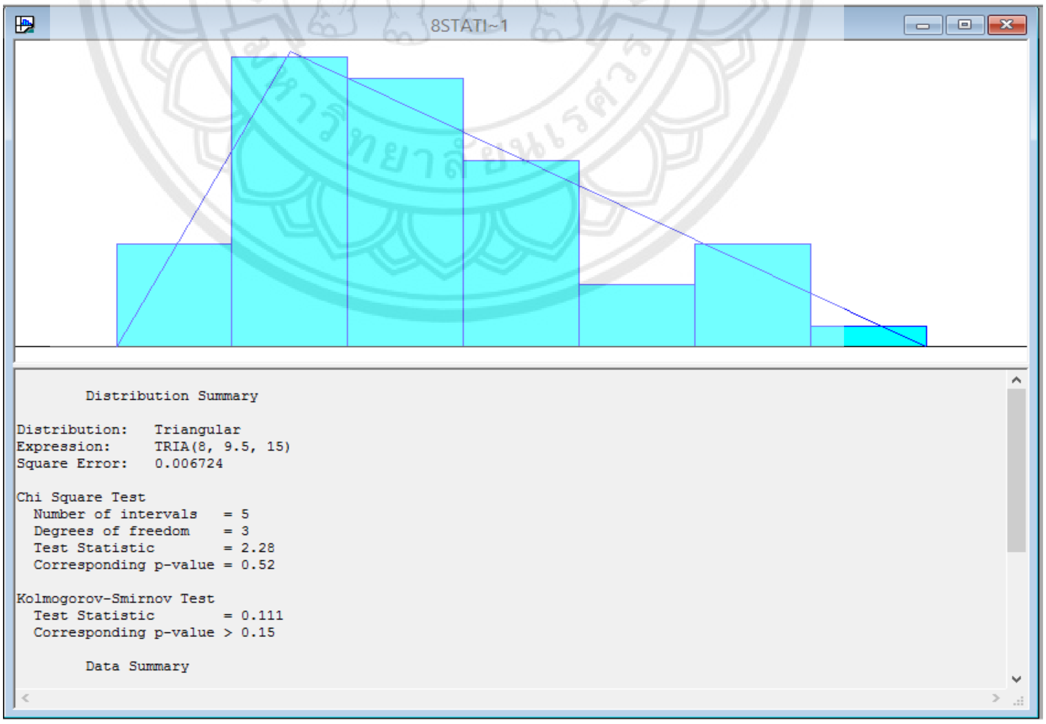
รูปที่ ก.6 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการแต้มสีจุดบัดกรี



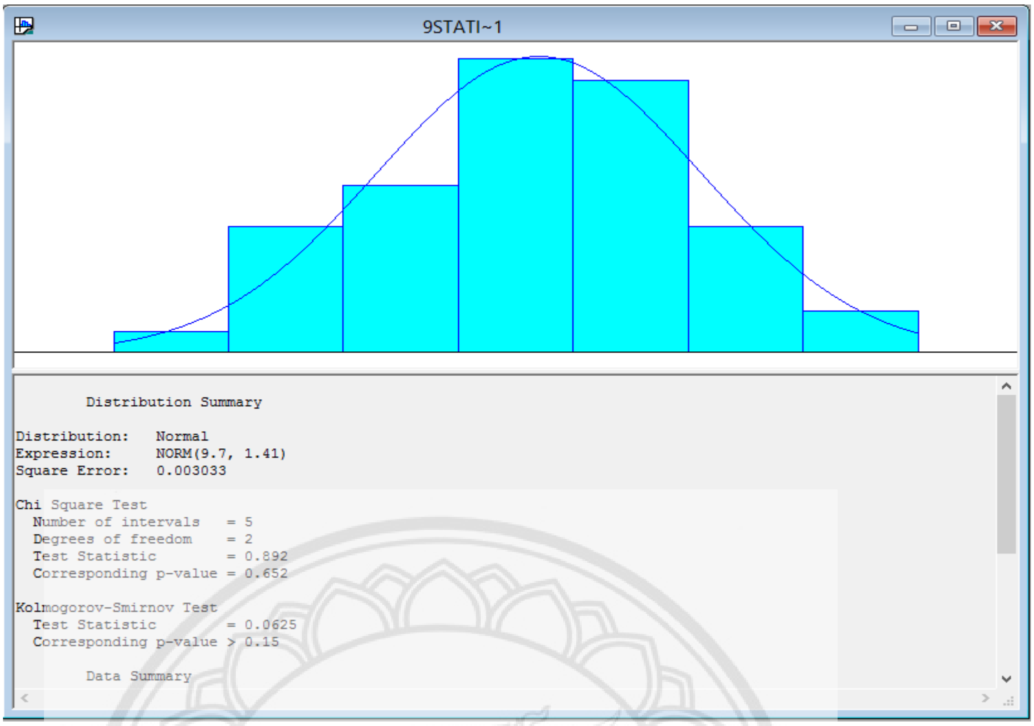
รูปที่ ก.7 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการประกอบฝาหลังกับชิ้นงาน



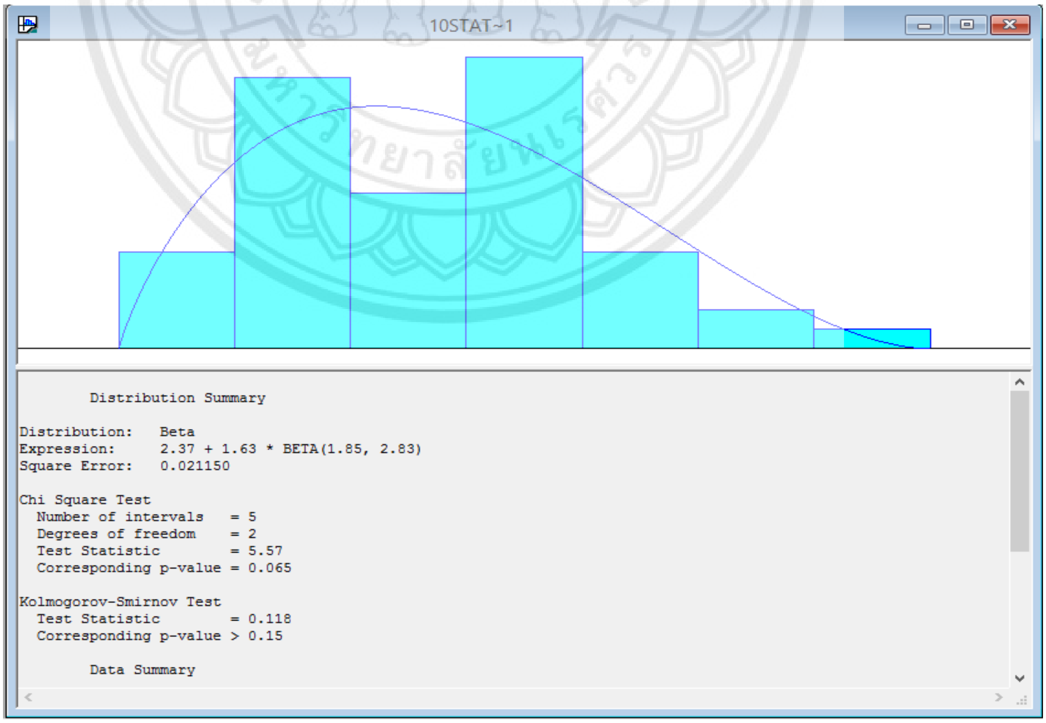
รูปที่ ก.8 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการขันน็อตยึดฝาหลัง 6จุด



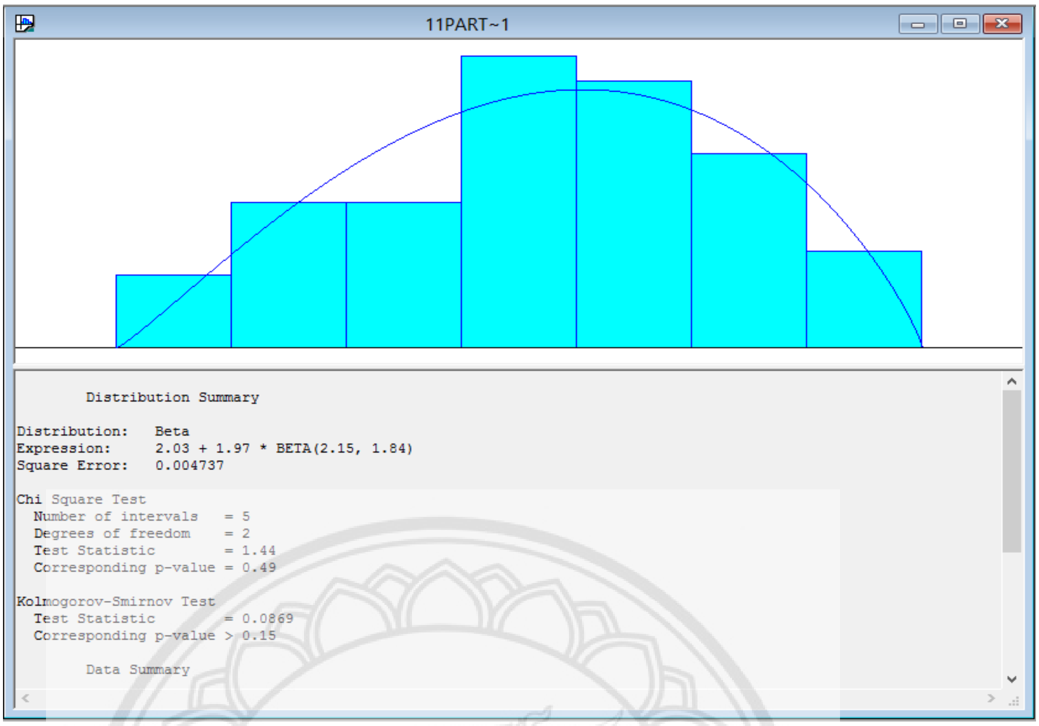
รูปที่ ก.9 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการเช็คทดสอบ



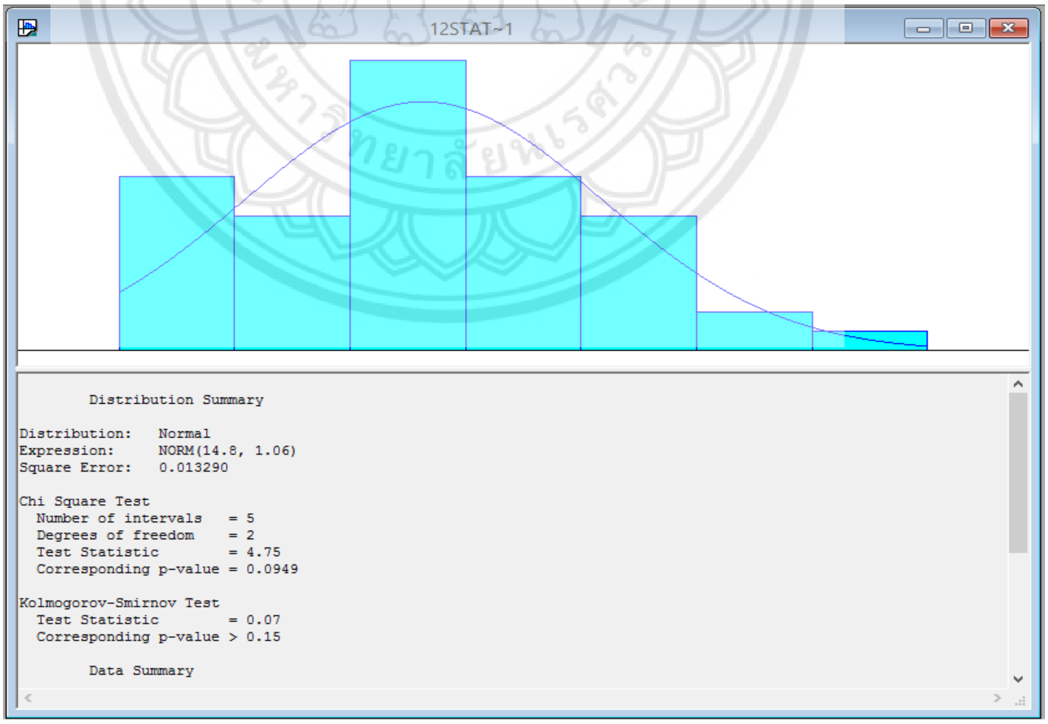
รูปที่ ก.10 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการเช็คซองถ่าน



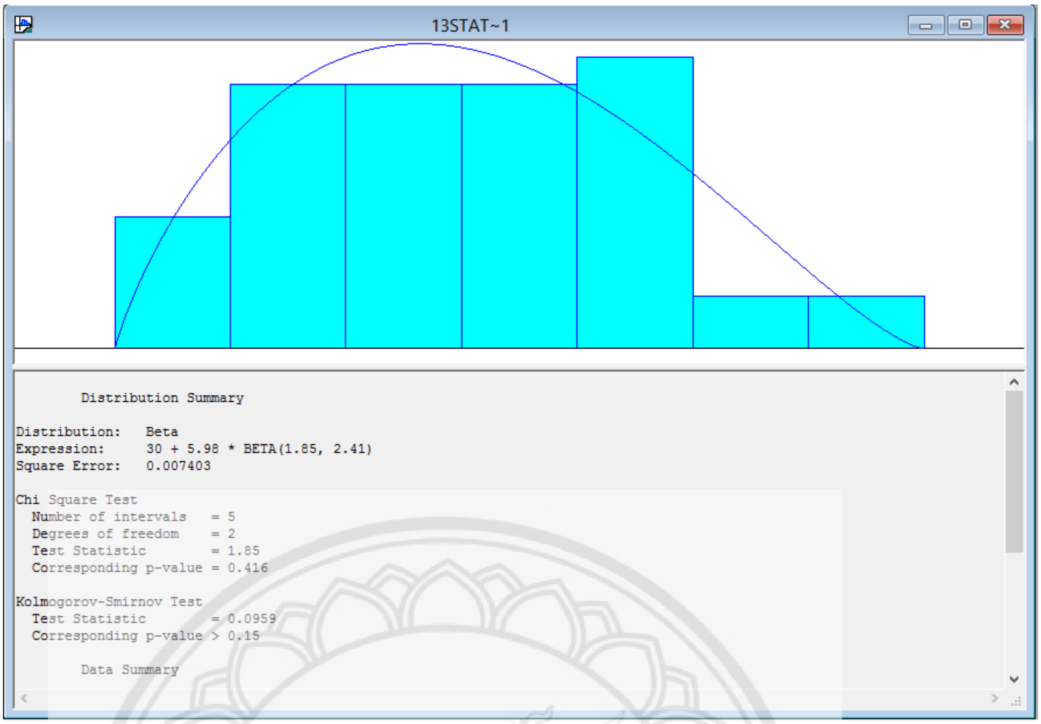
รูปที่ ก.11 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการส่งไป Station 3



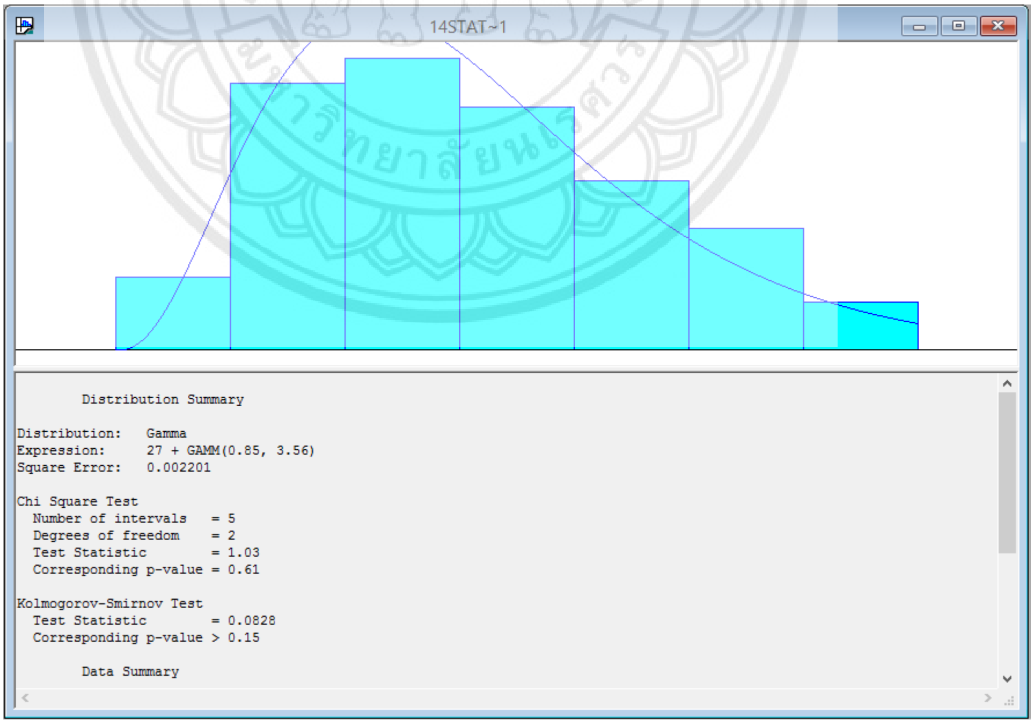
รูปที่ ก.12 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการนำฝาหลังเข้าสู่ระบบการประกอบหลัก



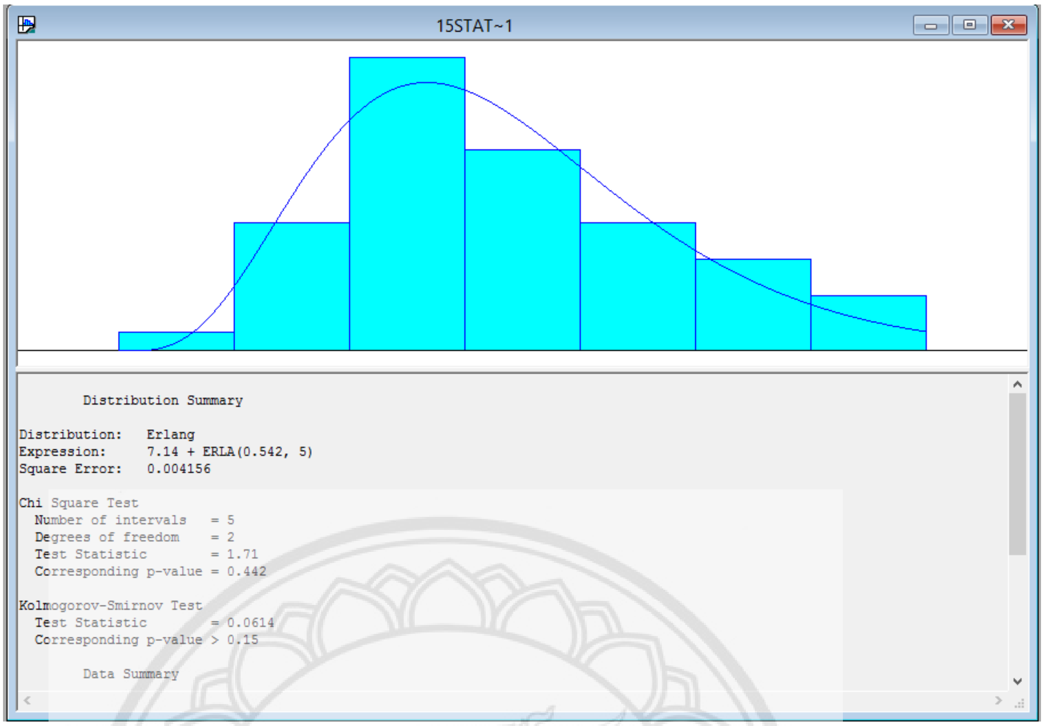
รูปที่ ก.13 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการประกอบฝาหน้ากับลูกปืน



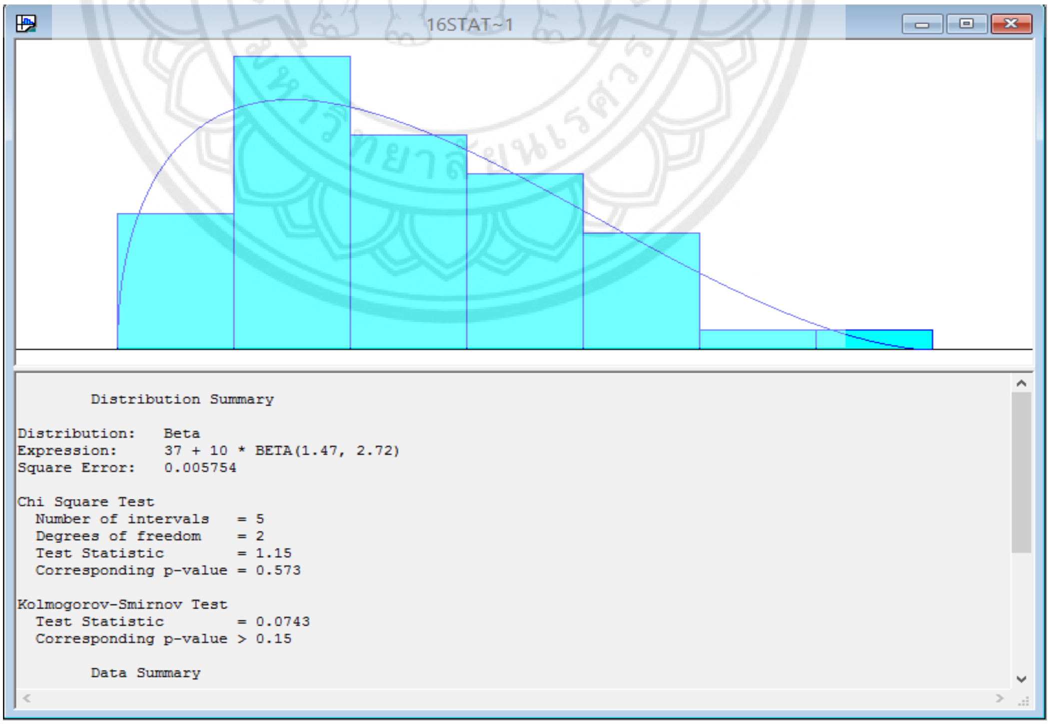
รูปที่ ก.14 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการขันสกรูปิดลูกปืนกับฝาหน้าและแต้มสี



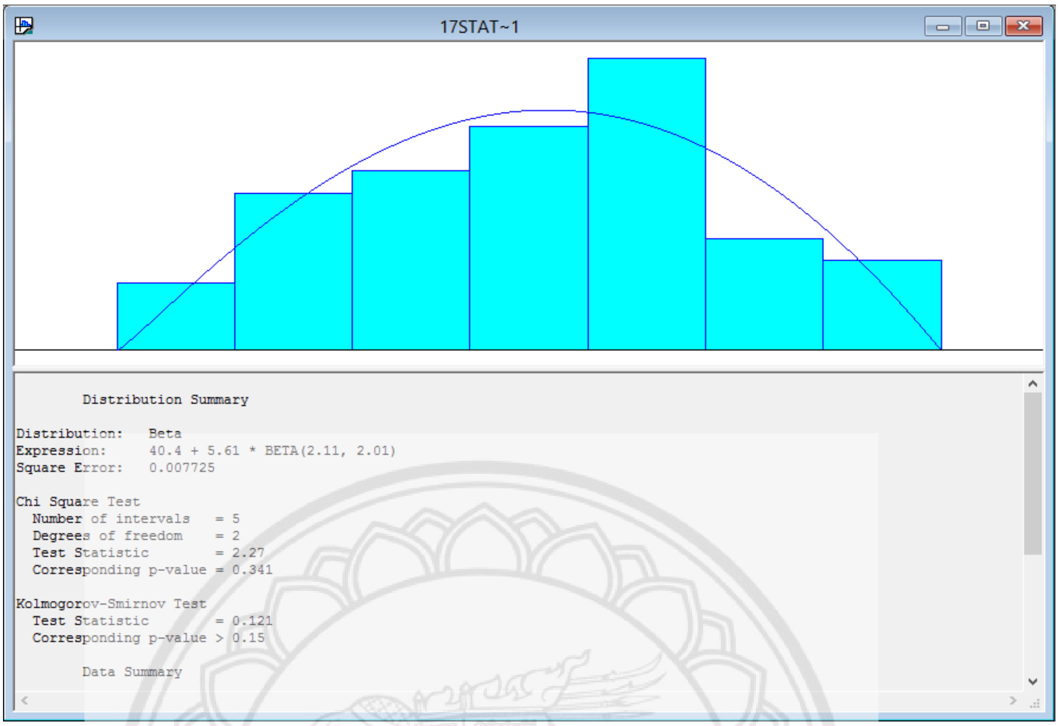
รูปที่ ก.15 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการประกอบทุ่นกับฝาหน้า



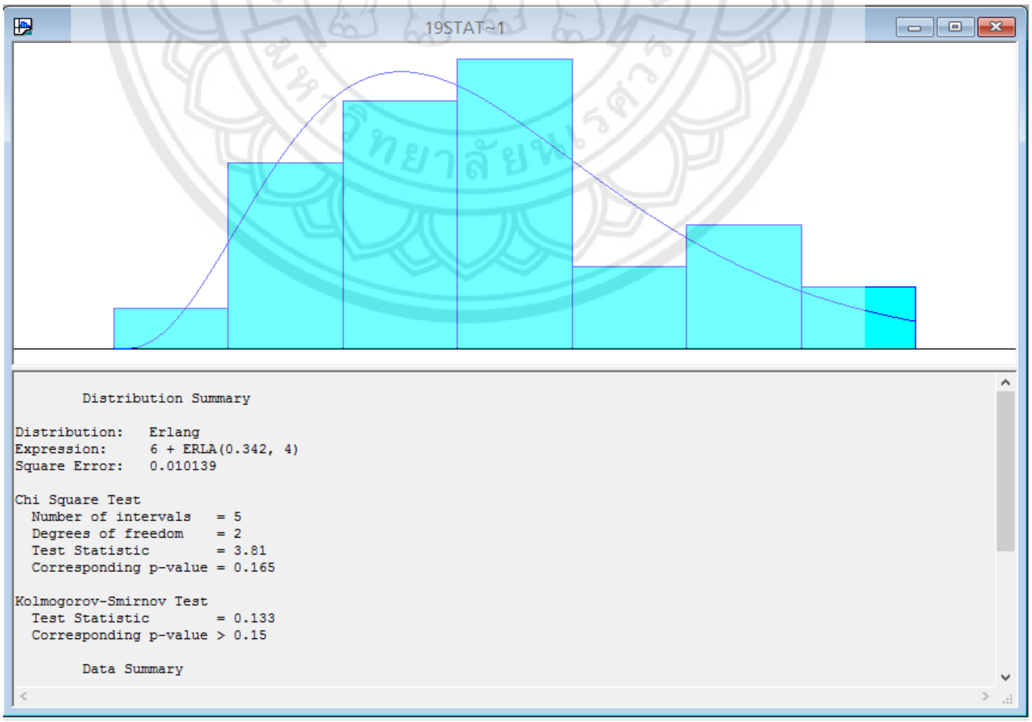
รูปที่ ก.16 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการทาน้ำมันที่แกนทุ่น



รูปที่ ก.17 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการประกอบฝาหลังกับฝาหน้า

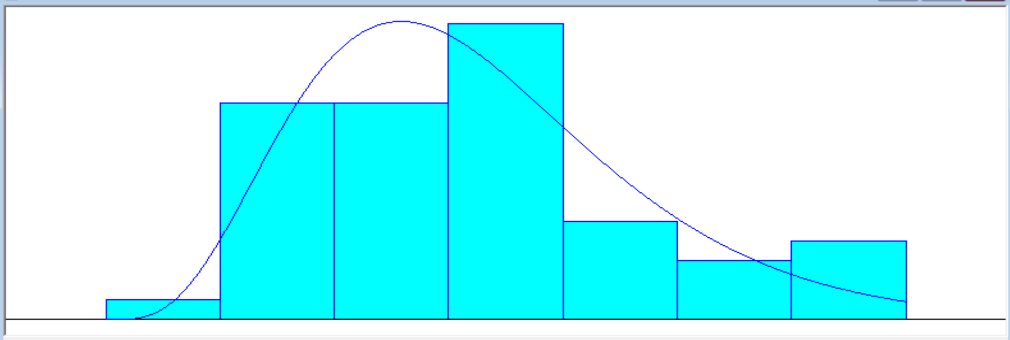


รูปที่ ก.18 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการขันสกรูยึดฝาหลังกับฝาหน้าและย้ำหัวน็อตฝาหลัง



รูปที่ ก.19 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการใส่มูเล่และใบพัด

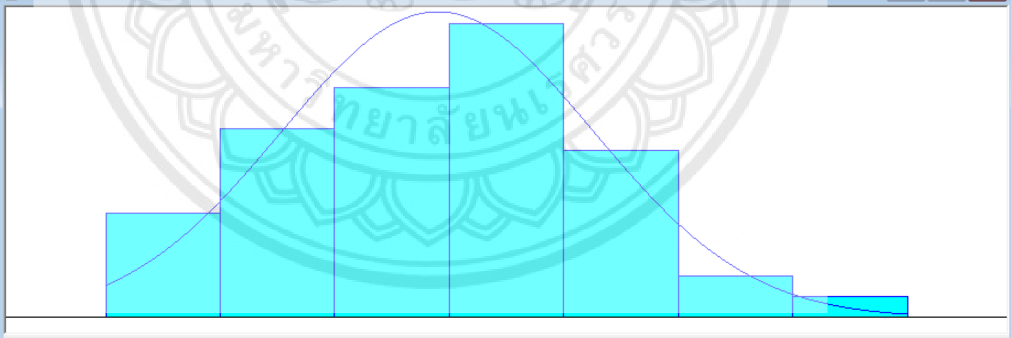
20STAT~1



```
        Distribution Summary

Distribution:   Gamma
Expression:     7.55 + GAMM(0.383, 4.91)
Square Error:   0.014640

Chi Square Test
  Number of intervals   = 5
  Degrees of freedom    = 2
  Test Statistic        = 3.31
  Corresponding p-value = 0.206

Kolmogorov-Smirnov Test
  Test Statistic        = 0.0706
  Corresponding p-value > 0.15
```

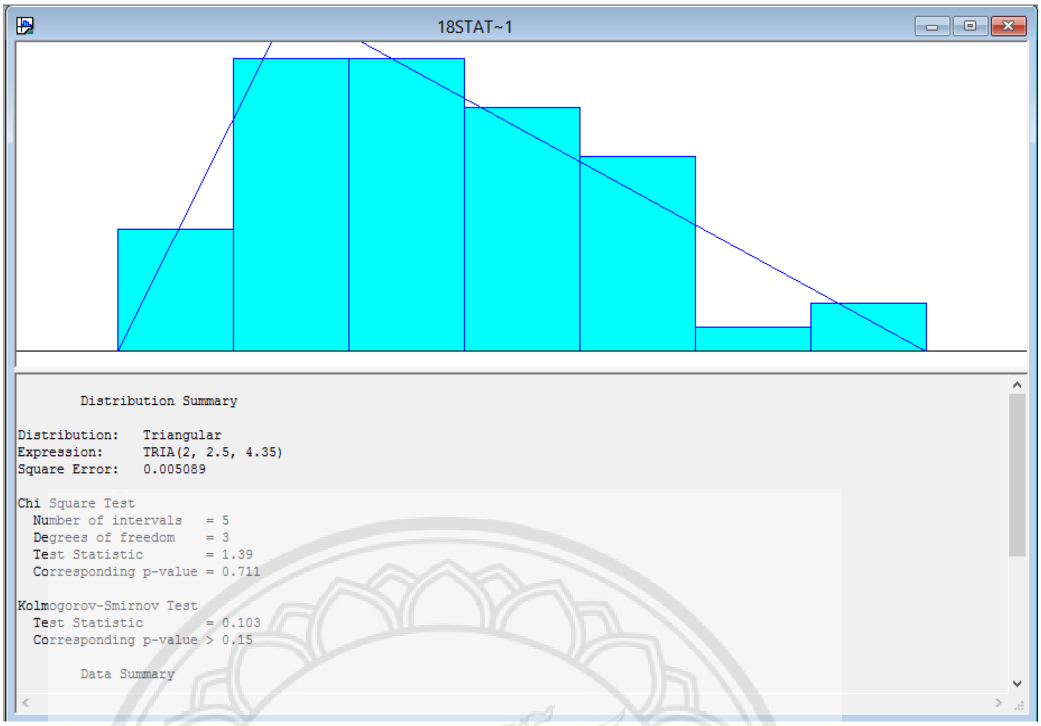
รูปที่ ก.20 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการขันสกรูยึดกับตัวไดร์

21STAT~1

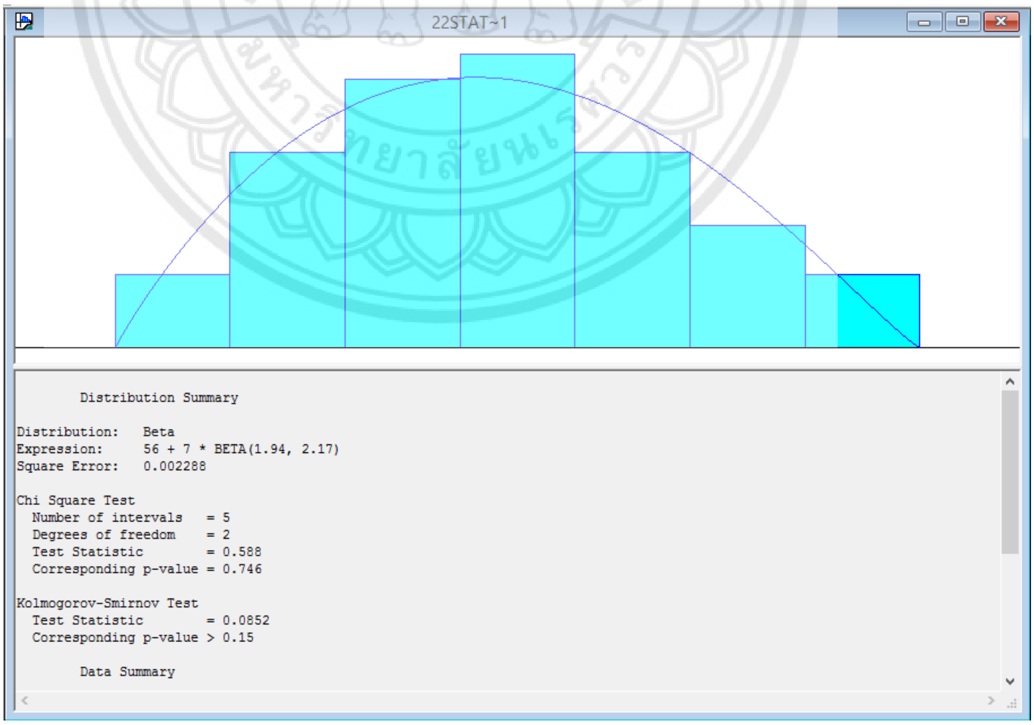


```
        Distribution Summary

Distribution:   Normal
Expression:     NORM(4.56, 0.736)
Square Error:   0.004929

Chi Square Test
  Number of intervals   = 4
  Degrees of freedom    = 1
  Test Statistic        = 1.05
  Corresponding p-value = 0.329

Kolmogorov-Smirnov Test
  Test Statistic        = 0.0757
  Corresponding p-value > 0.15

        Data Summary
```

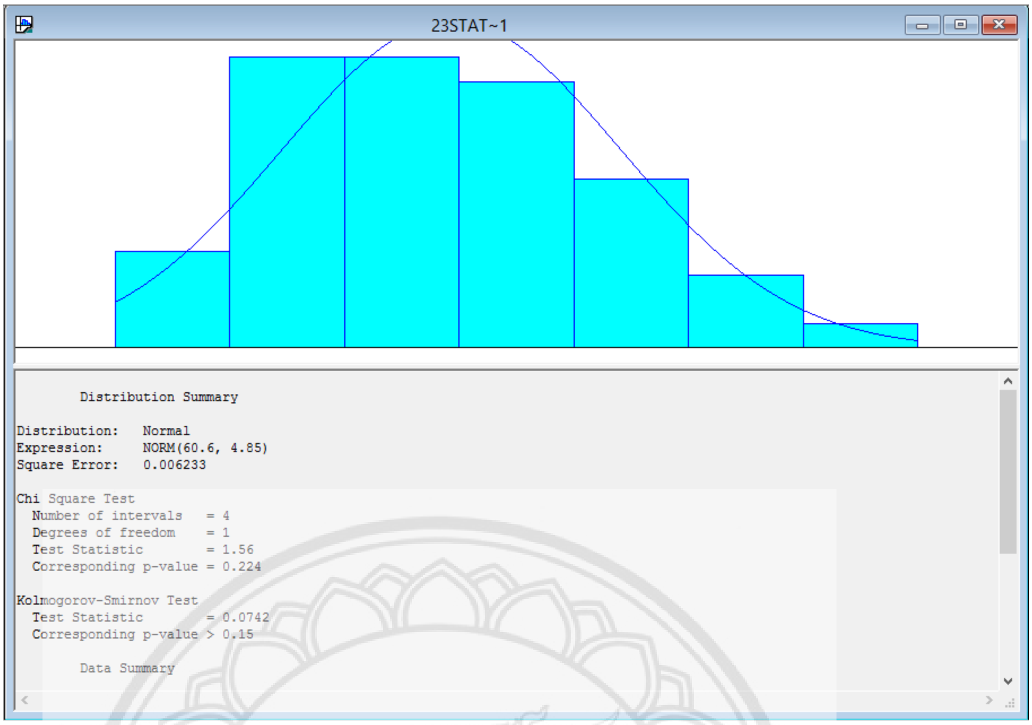
รูปที่ ก.21 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการเป่าลมที่แกน



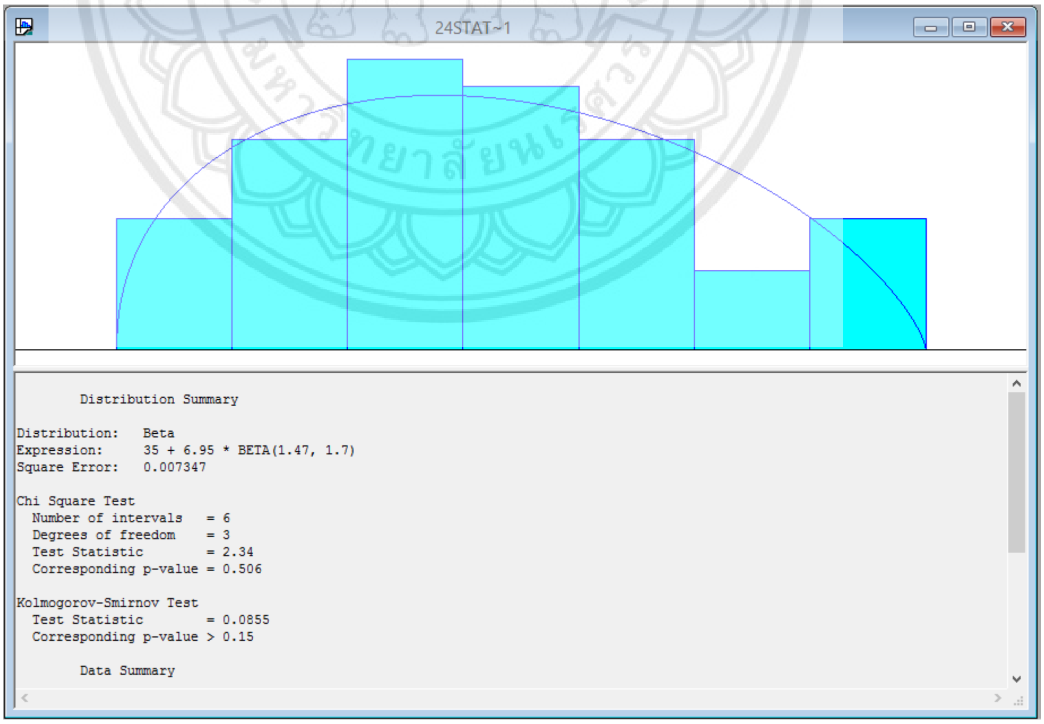
รูปที่ ก.22 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการส่งไป Station 4



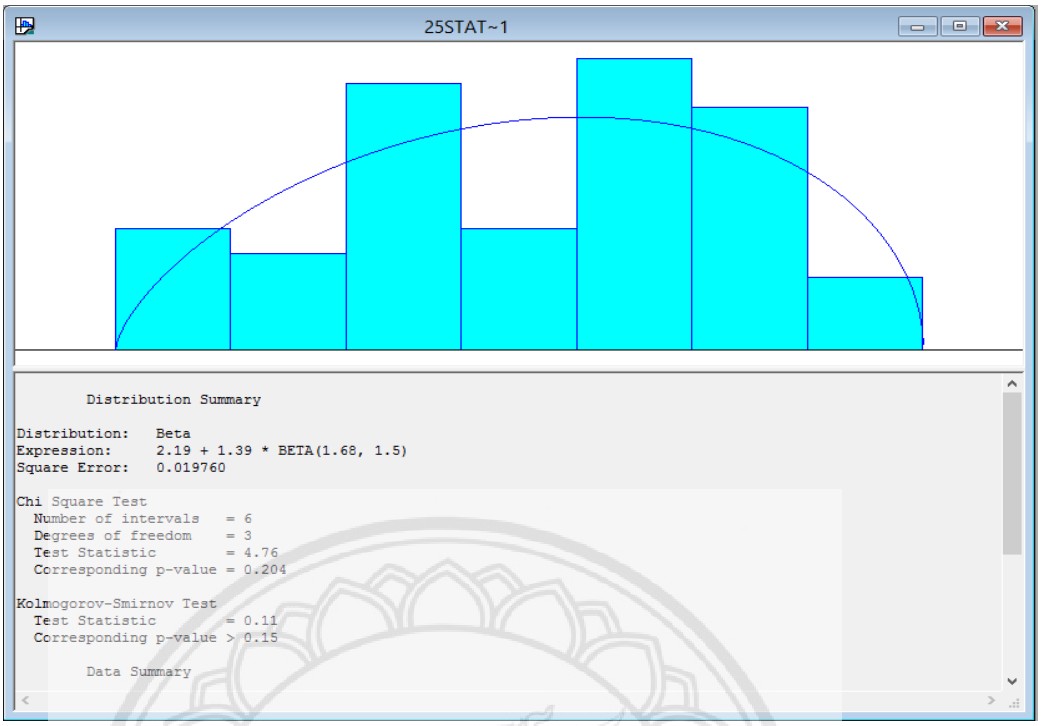
รูปที่ ก.23 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการใส่ปั๊มและขันสกรูยึดปั๊มกับตัวไดร์



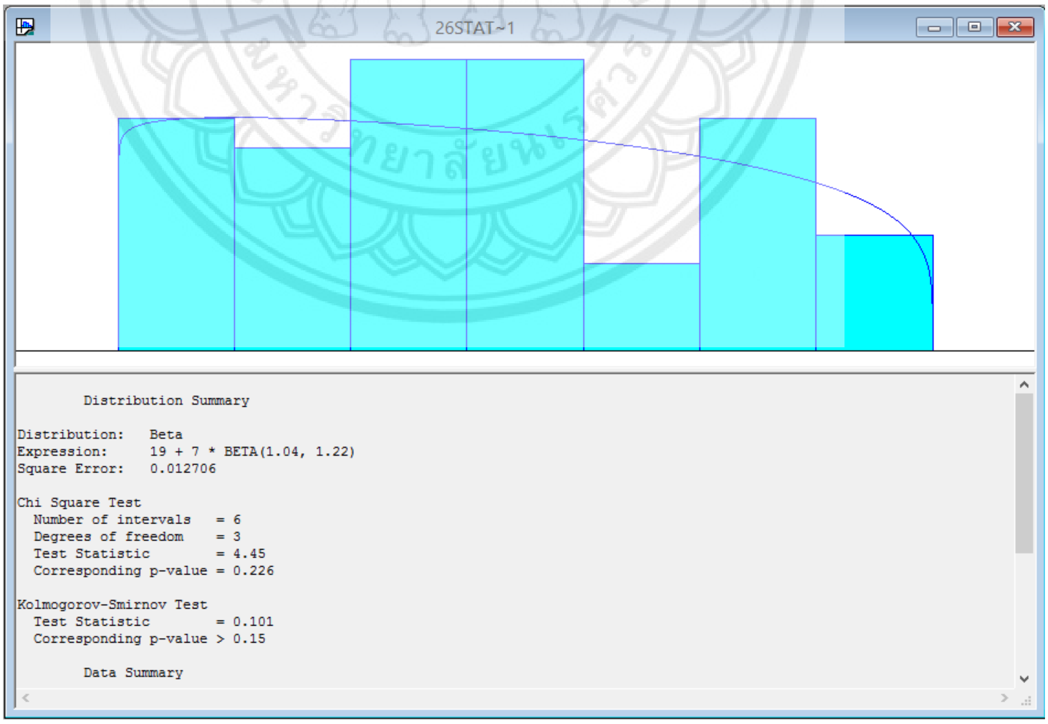
รูปที่ ก.24 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการเอาไดร์เข้าเครื่องทดสอบ



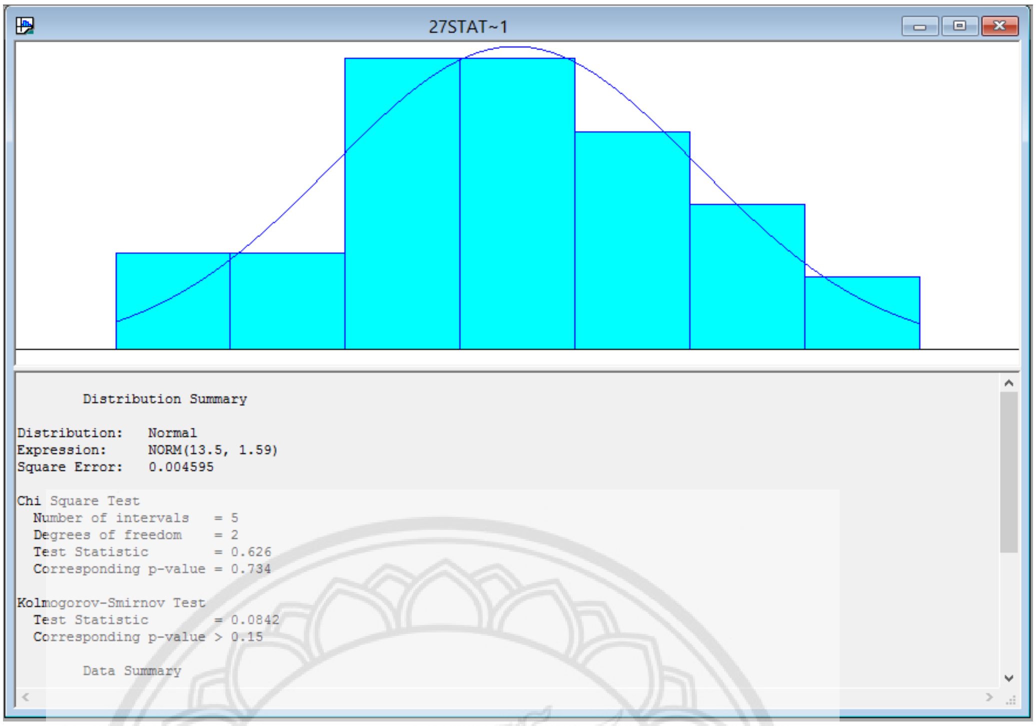
รูปที่ ก.25 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการเอาไดร์ออกจากเครื่องทดสอบ



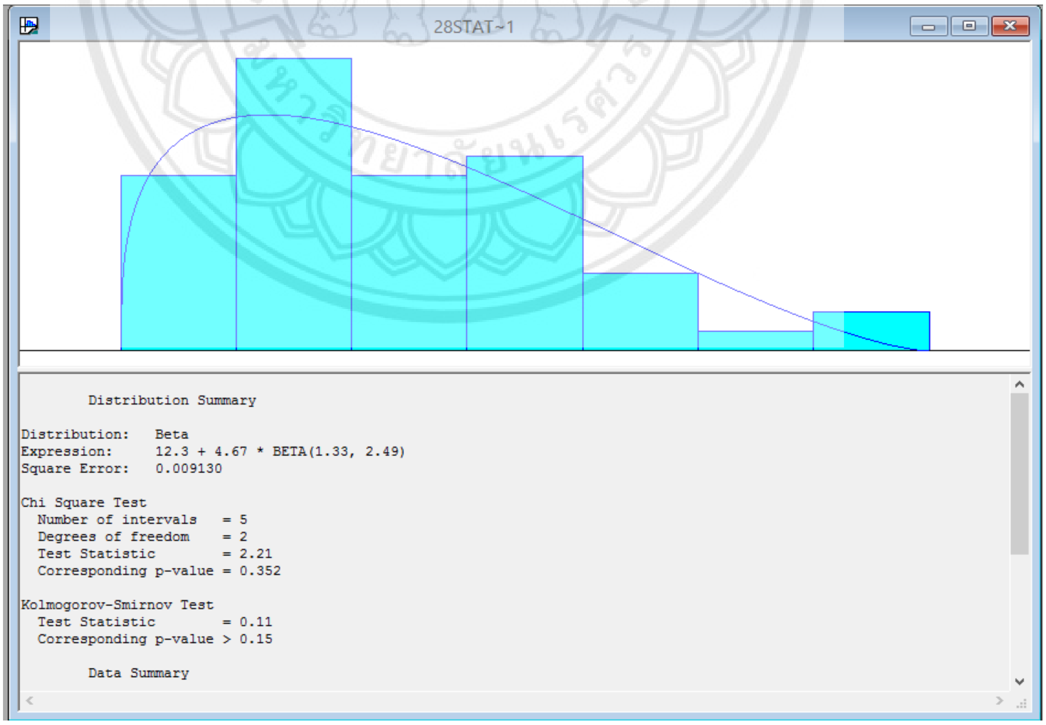
รูปที่ ก.26 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการส่งไป Station 5



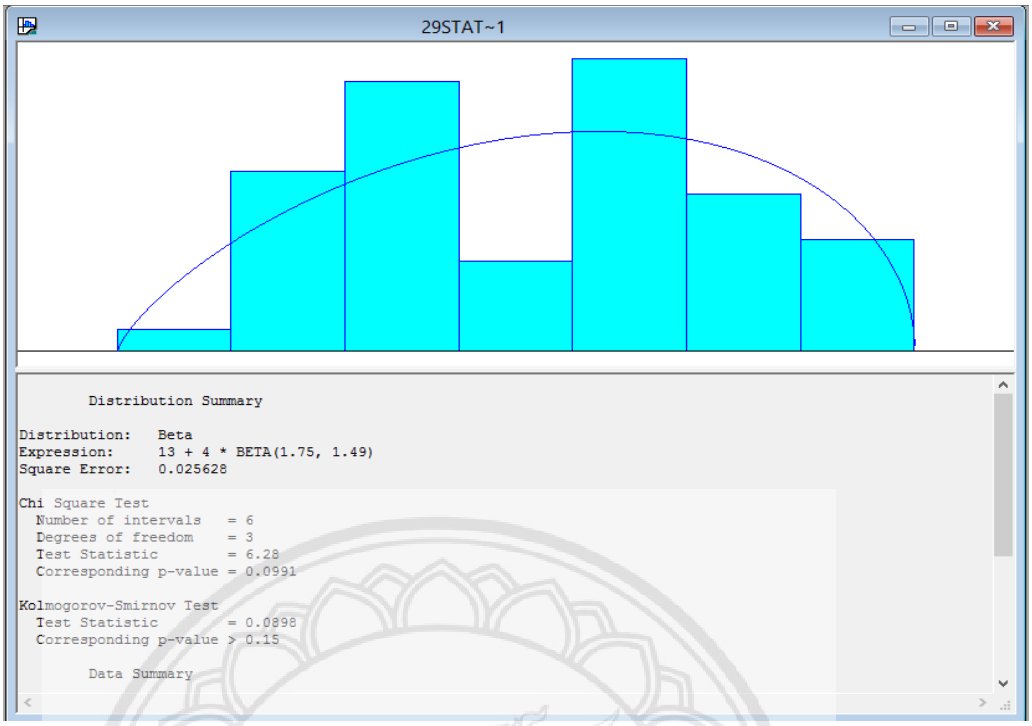
รูปที่ ก.27 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการเอาไดร์เข้าเครื่องเช็คหนีด



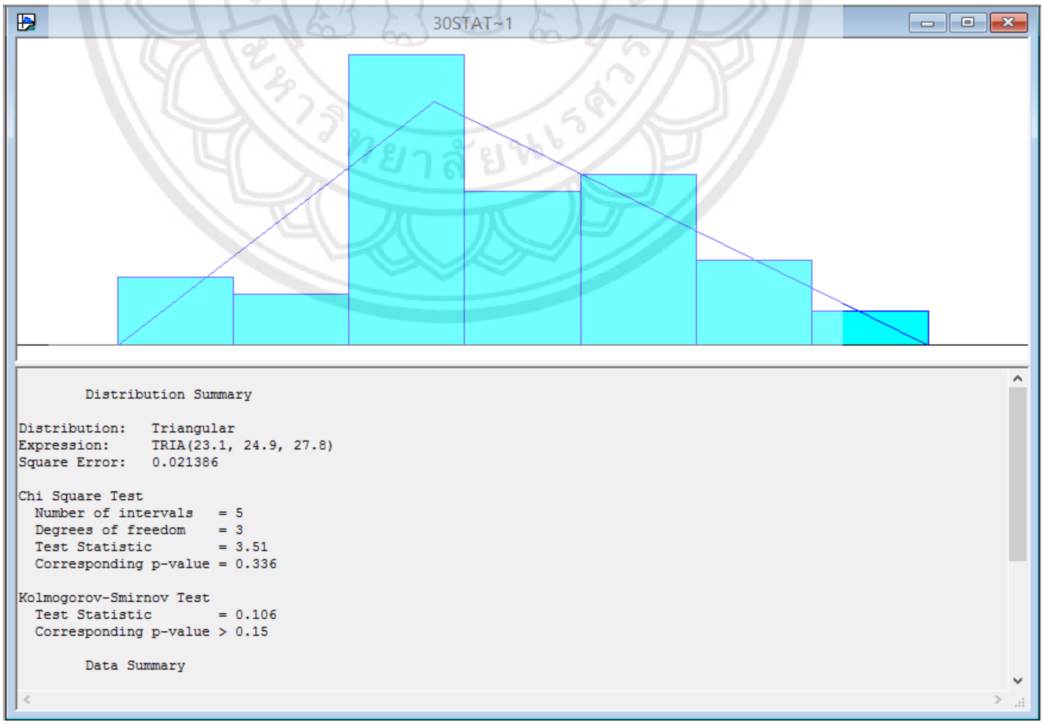
รูปที่ ก.28 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการเอาไดร์ออกจากเครื่องเช็คหนีด



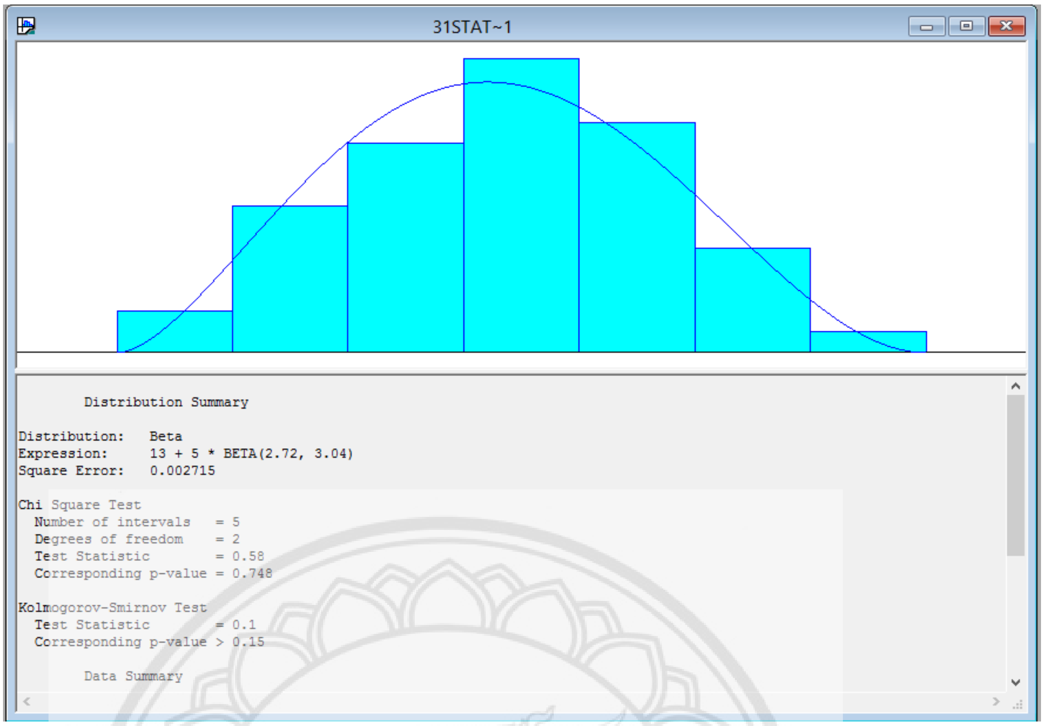
รูปที่ ก.29 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการใส่แหวนทองแดงและลูกยาง



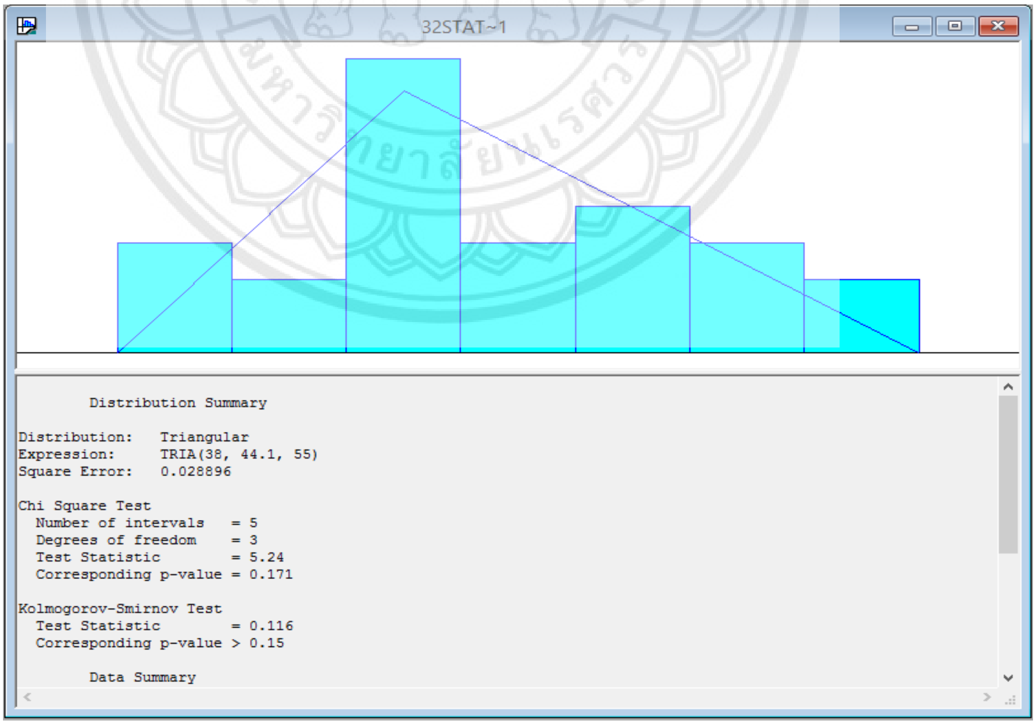
รูปที่ ก.30 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการนำฟองน้ำชุบน้ำมัน เช็คทำความสะอาดไดชาร์จ



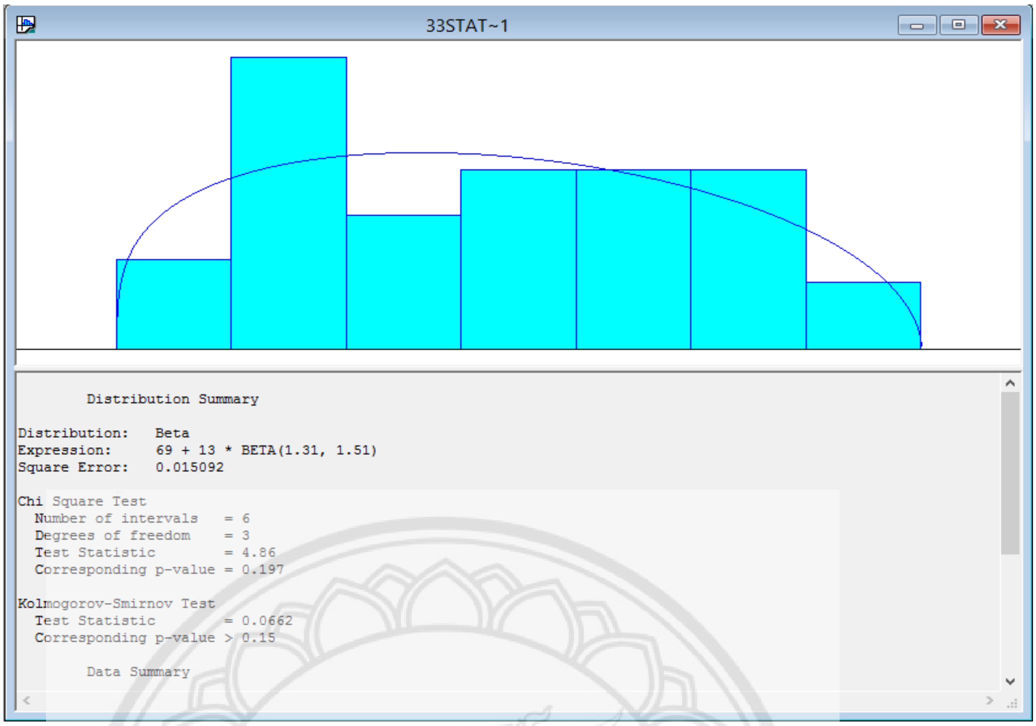
รูปที่ ก.31 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการทำการย้ำสกรูทั้งหมด อีกครั้ง แต้มจุด



รูปที่ ก.32 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการติดแสตมป์ JOB NO.



รูปที่ ก.33 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการเตรียมกล่อง



รูปที่ ก.34 การแสดงข้อมูลการกระจายตัวการแพ็คเกจ

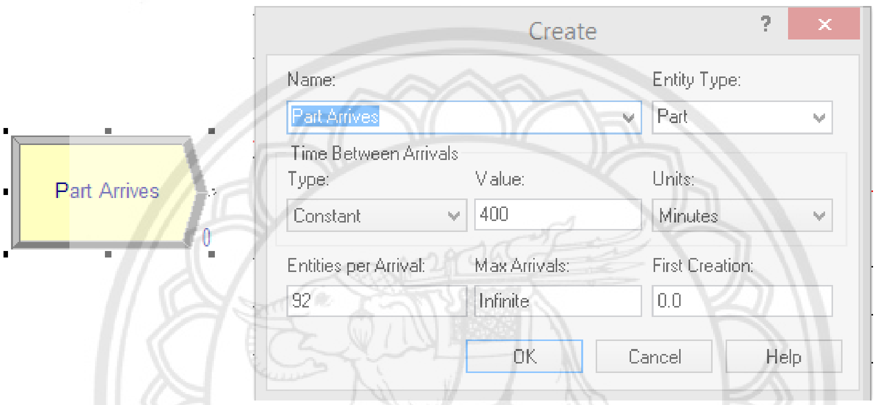
ภาคผนวก ข

การเขียนแบบจำลอง

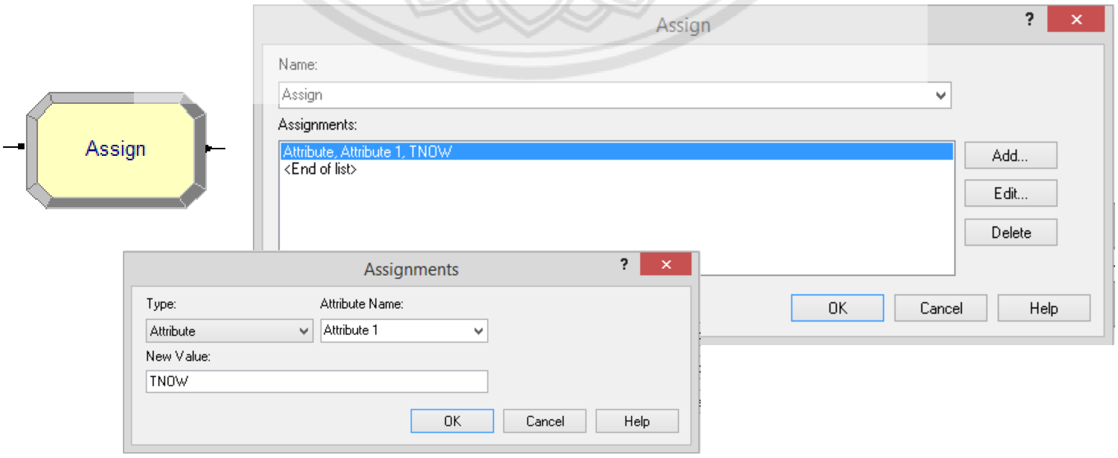
ภาคผนวก ข
การเขียนแบบจำลอง

ข.1 ตัวอย่างการเขียนแบบจำลอง

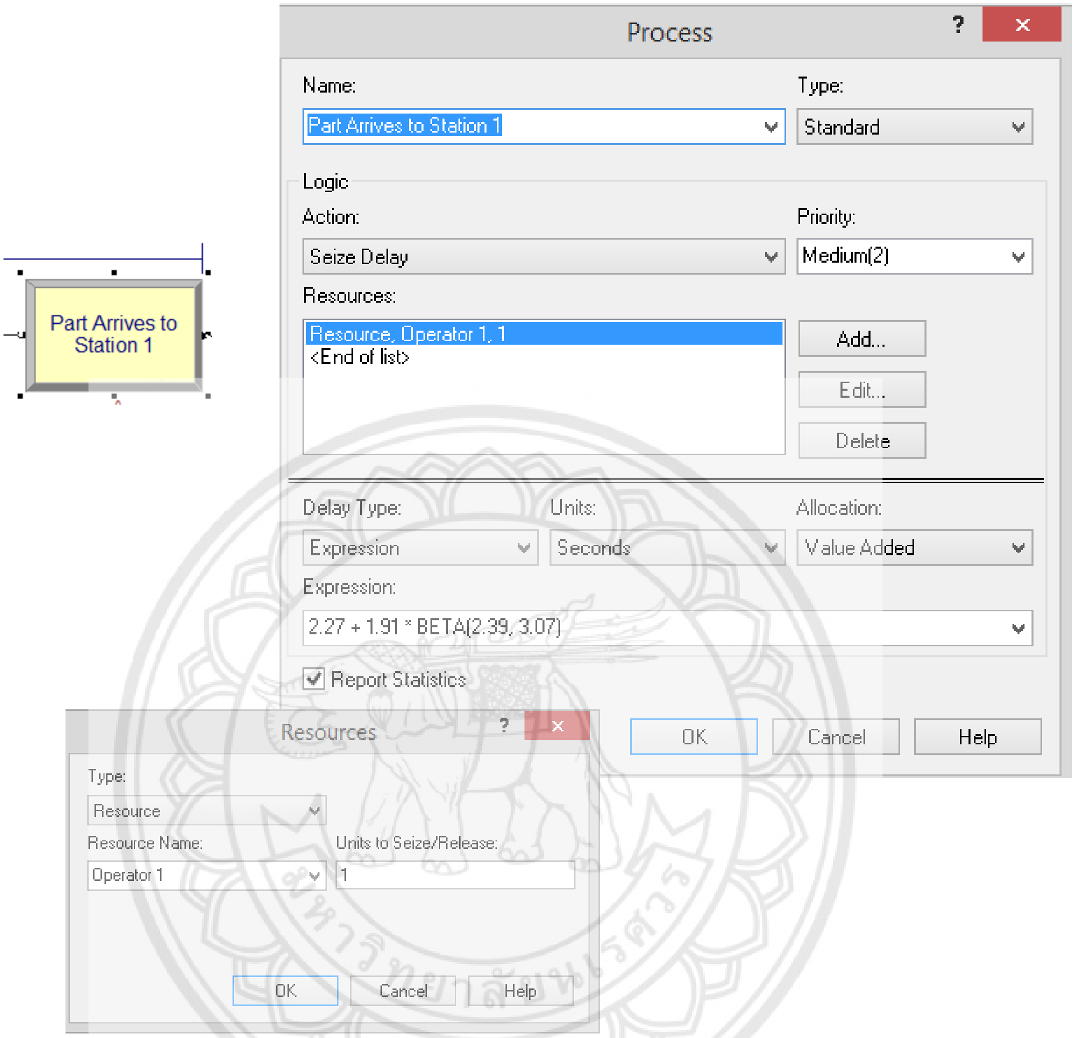
Create Module สร้างชิ้นงานเข้ามาในแบบจำลองด้วย Create Module ใส่ข้อมูลใน Create Module ชื่อ Part Arrives เพื่อสร้างวัตถุชื่อ Part เข้ามาในระบบด้วยช่วงเวลาห่างของการมาถึงแบบ Constant ด้วย 400 นาที วัตถุชื่อ Part เข้ามา 92 ชิ้น



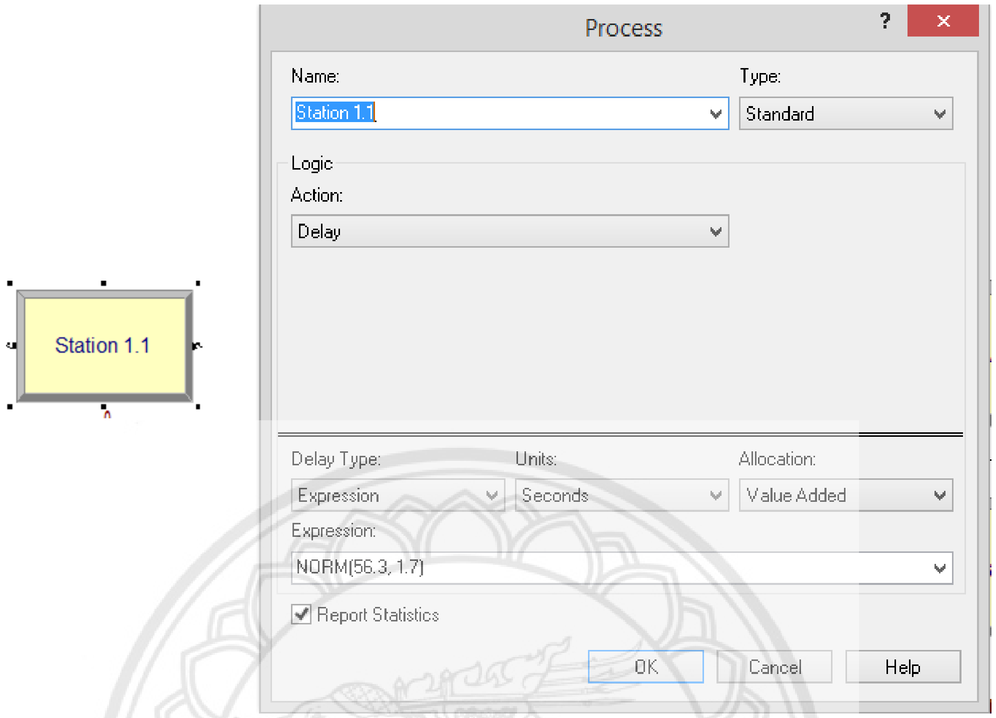
รูปที่ ข.1 ตัวอย่างการกำหนดค่า Create Module



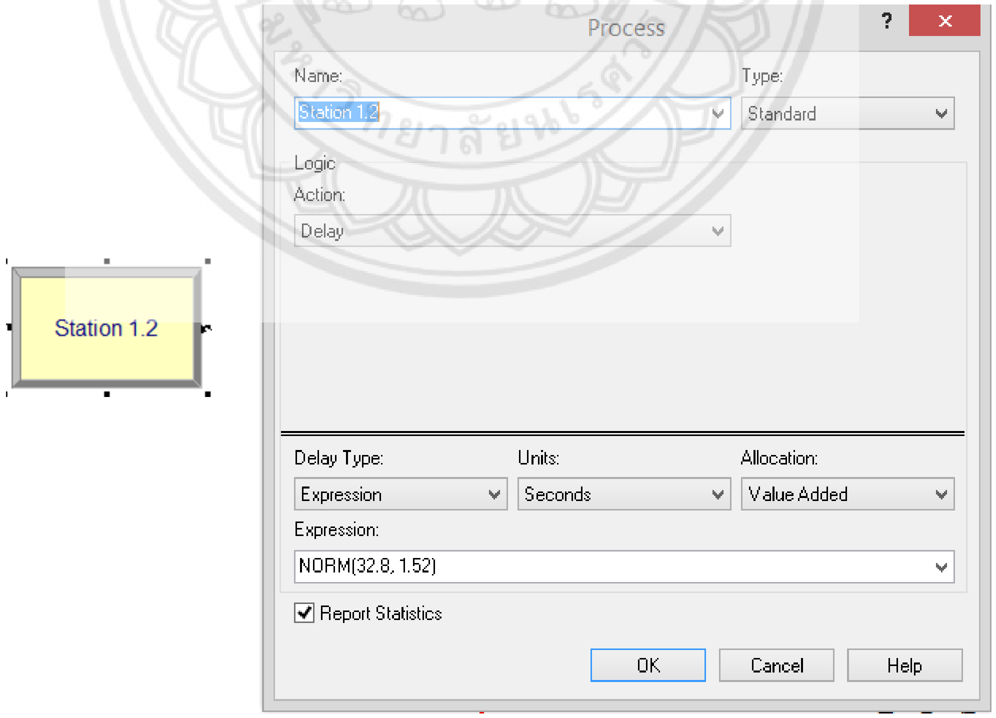
รูปที่ ข.2 ตัวอย่างการกำหนดค่า Assign Module



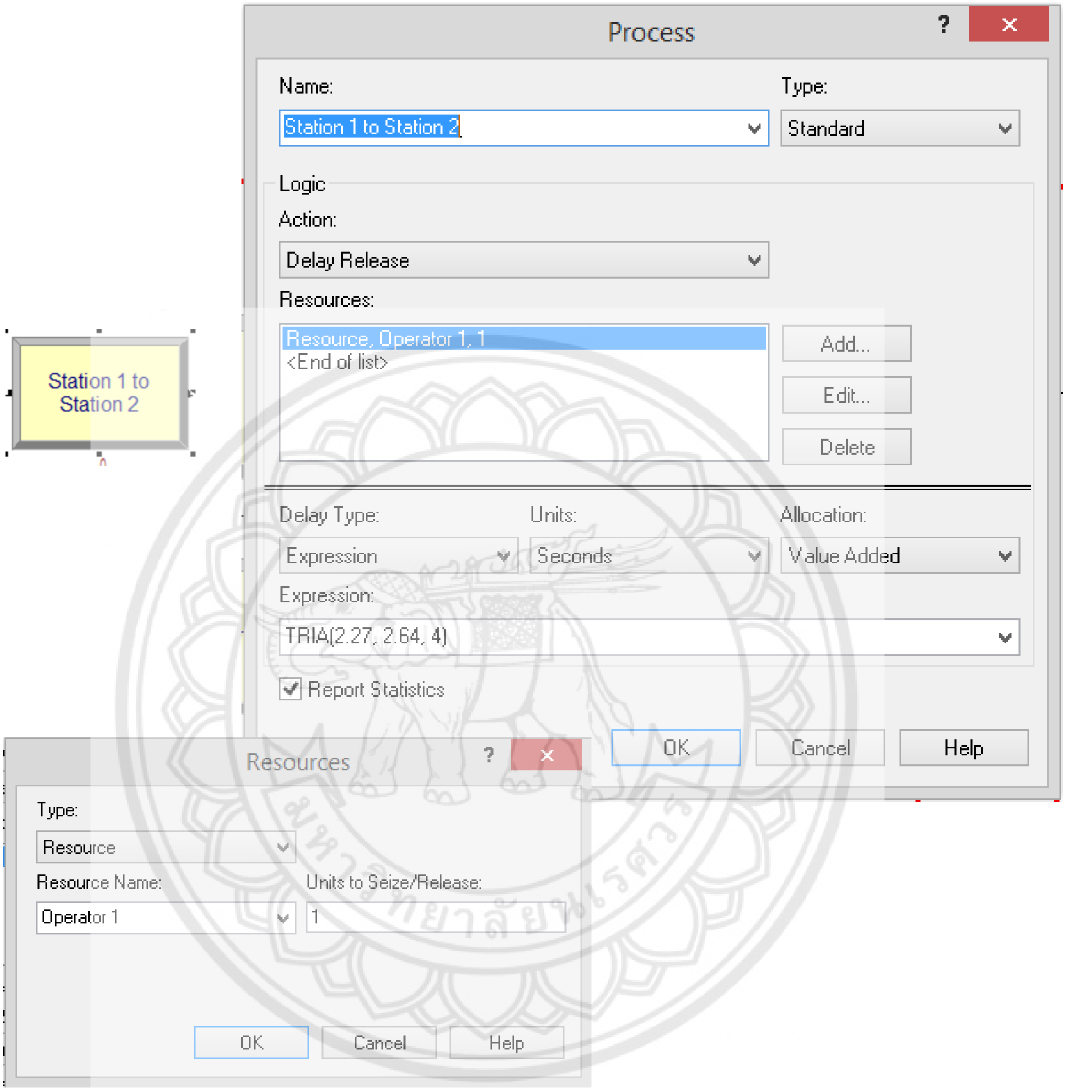
รูปที่ ข.3 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การนำสเตเตอร์เข้าสู่ระบบการประกอบฝาหลัง



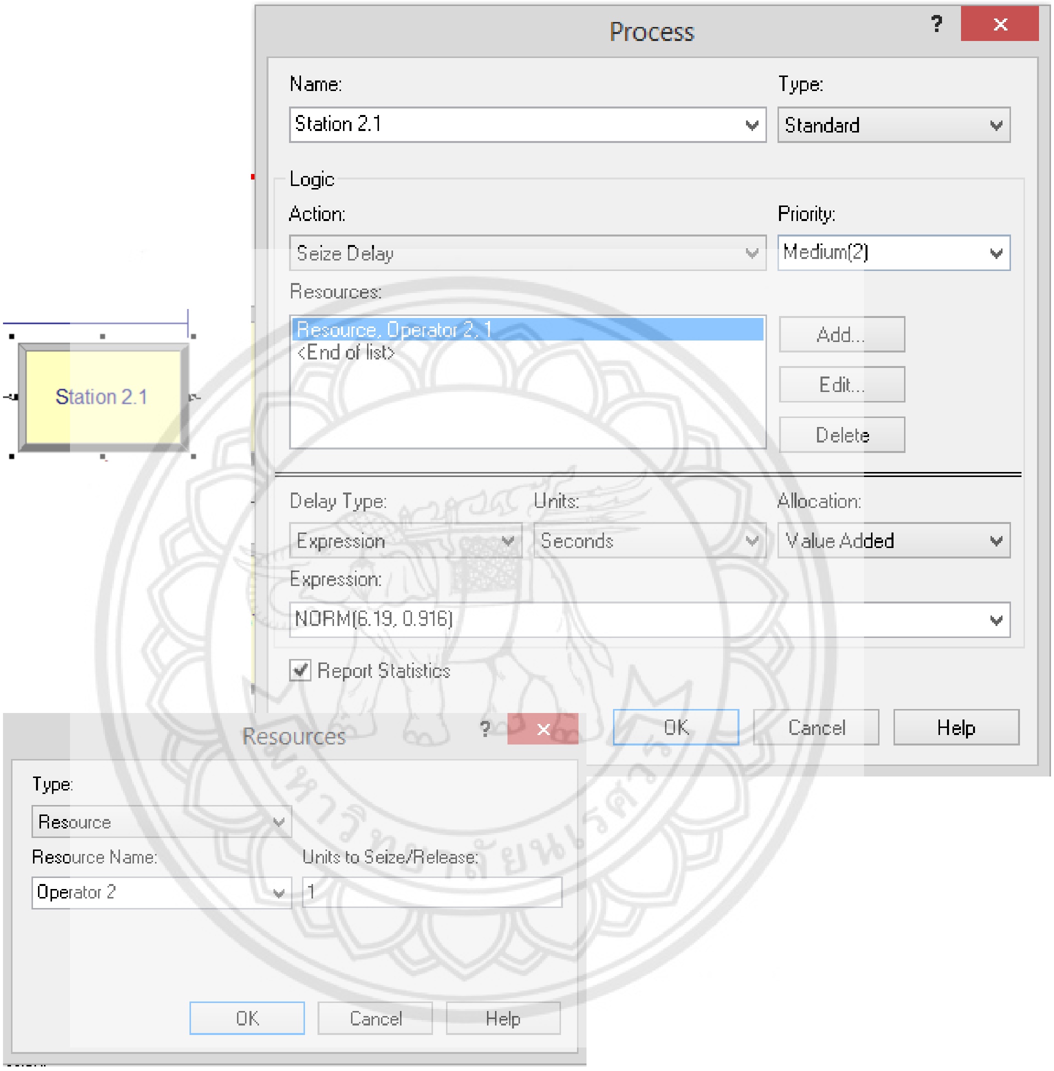
รูปที่ ข.4 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การนำสเตเตอร์ประกอบกับแผงไดโอด



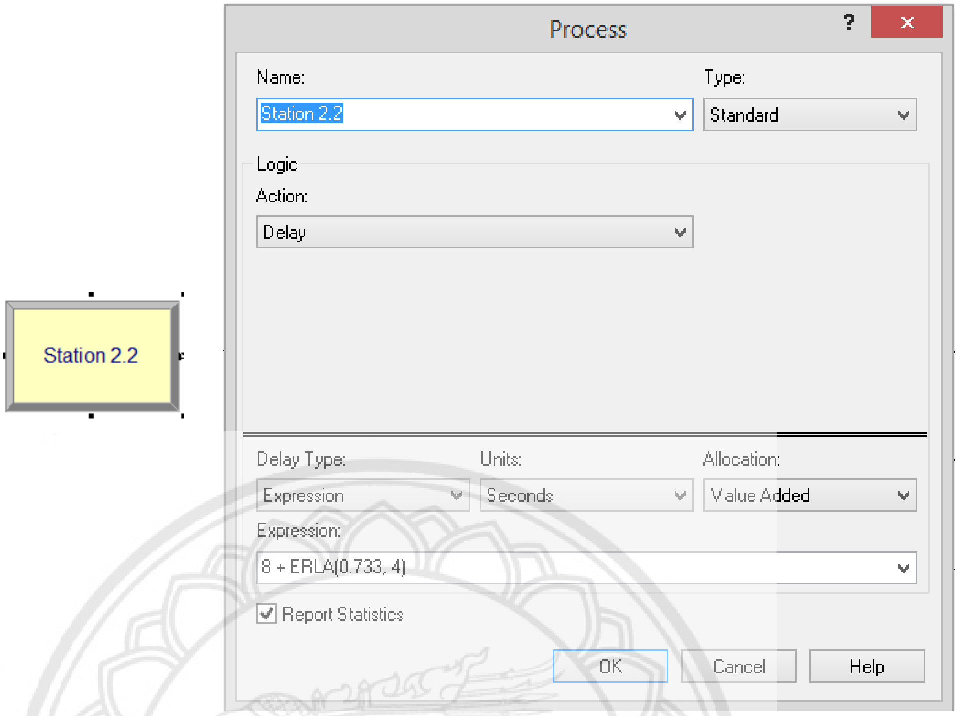
รูปที่ ข.5 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การทำการบัดกรียึด



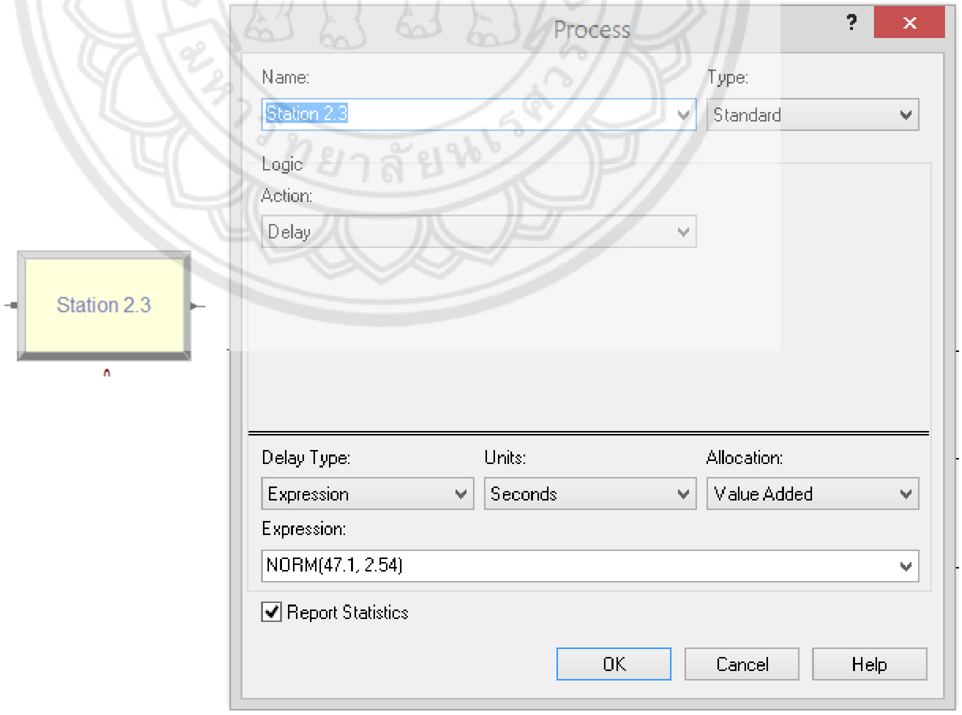
รูปที่ ข.6 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การส่งไป Station 2



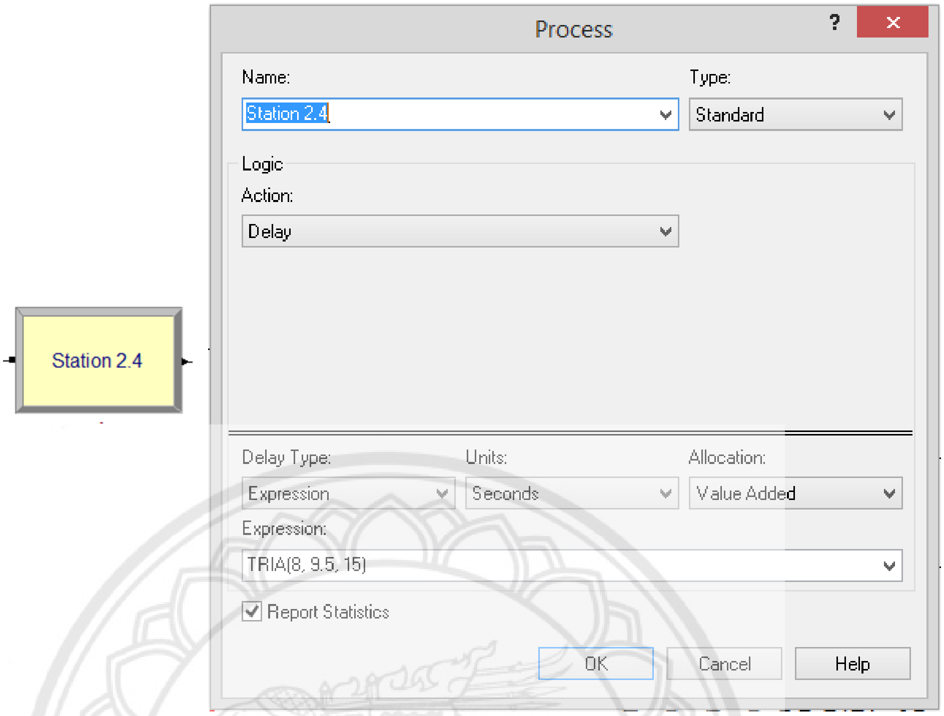
รูปที่ ข.7 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การแต้มสีจุดบัดกรี



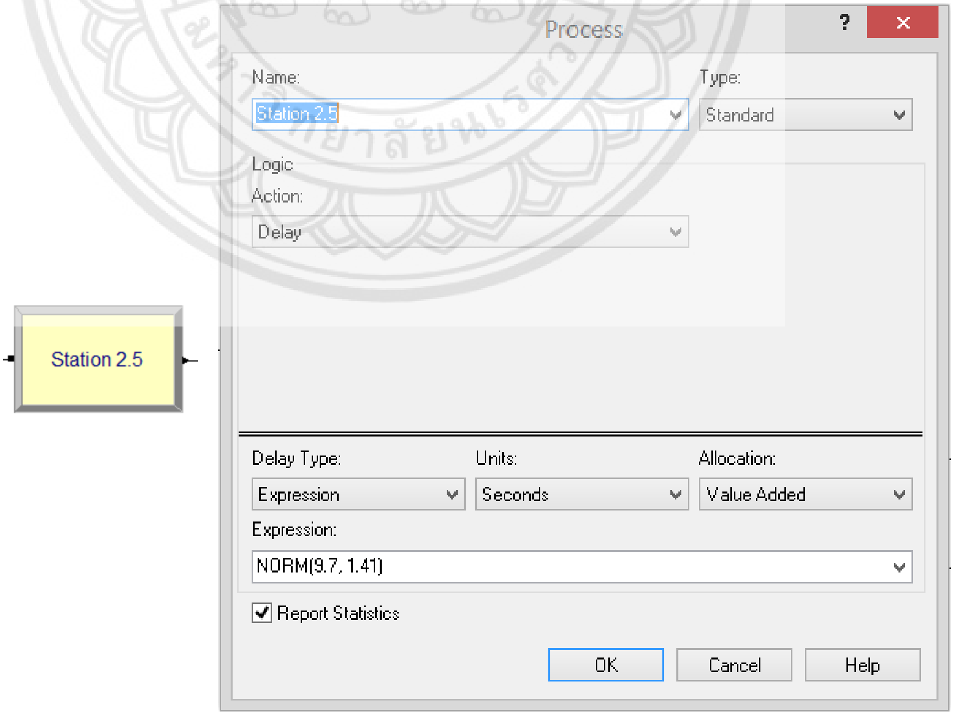
รูปที่ ข.8 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การประกอบฝาหลังกับชิ้นงาน



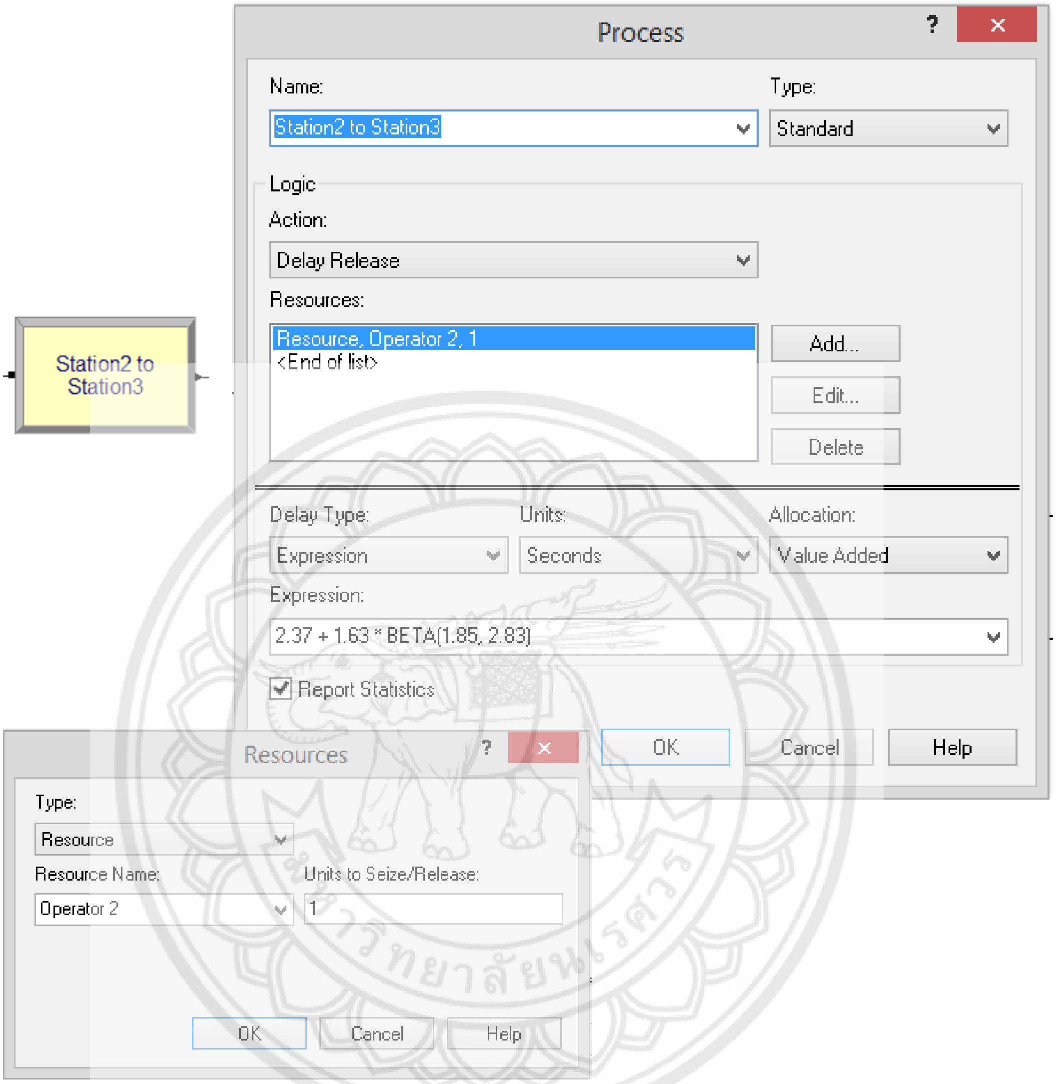
รูปที่ ข.9 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การขันน็อตยึดฝาหลัง 6จุด



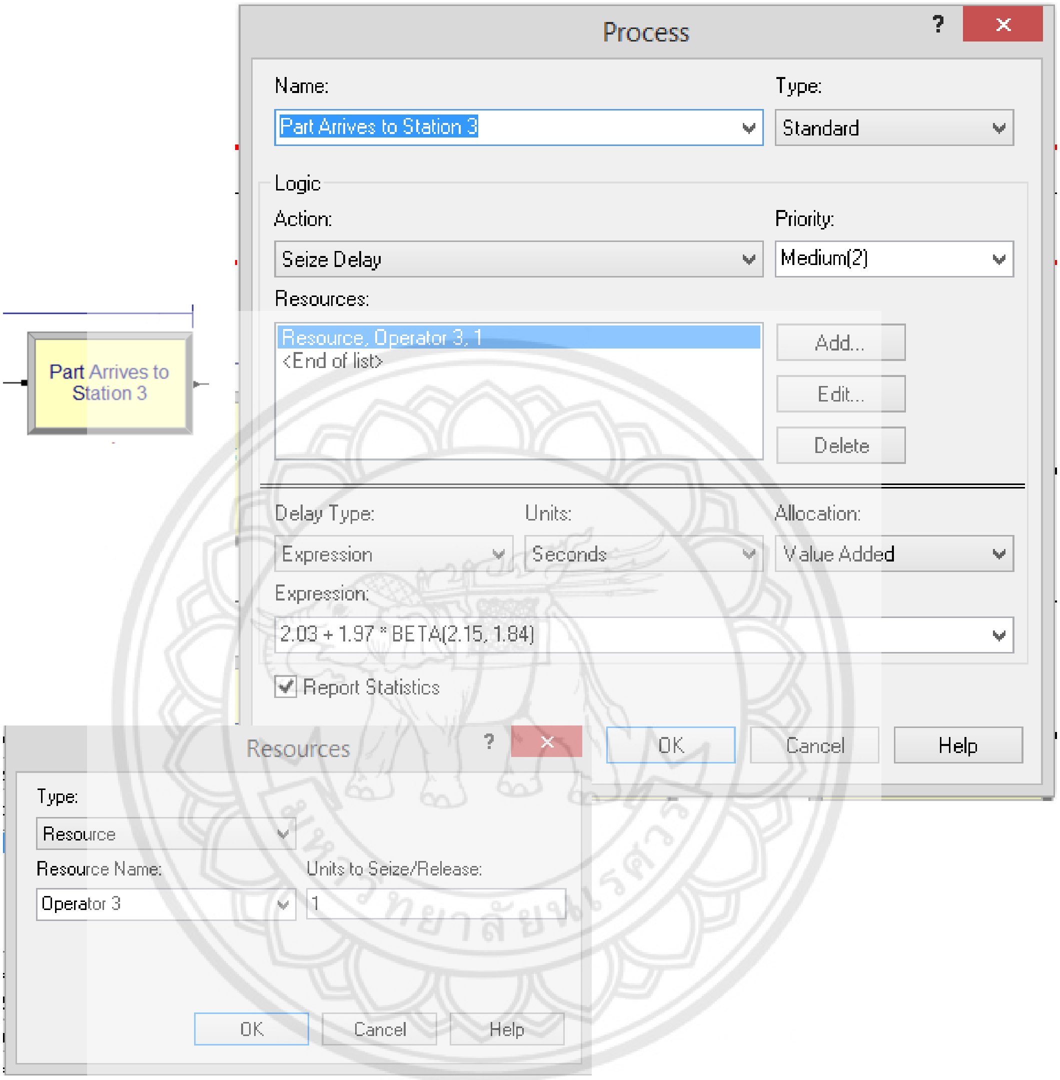
รูปที่ ข.10 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การเช็คทดสอบ



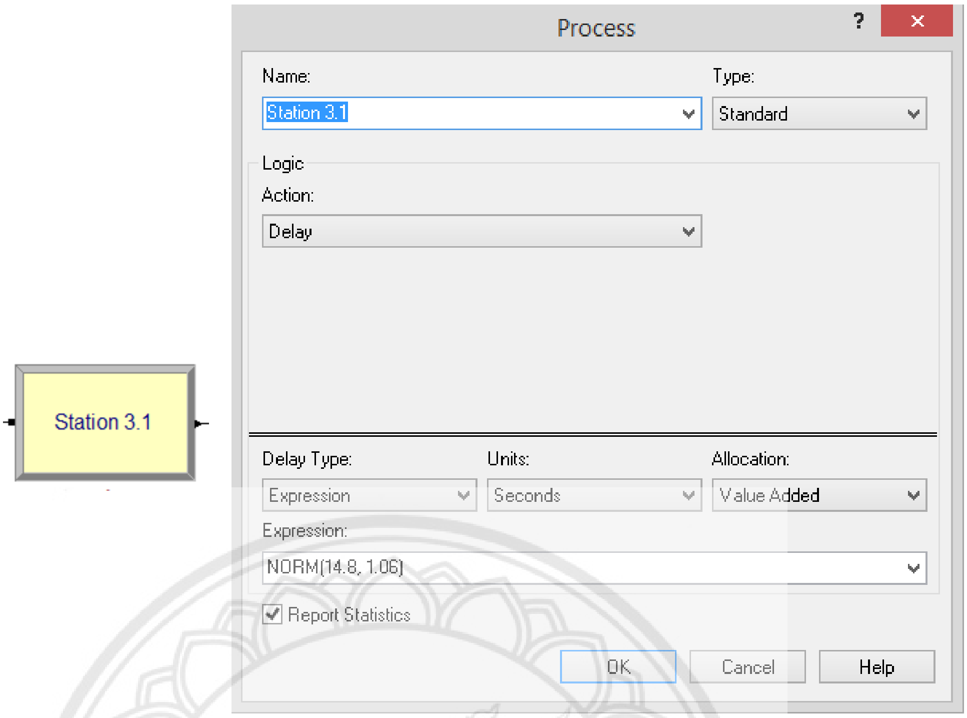
รูปที่ ข.11 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การเช็คซองถ่าน



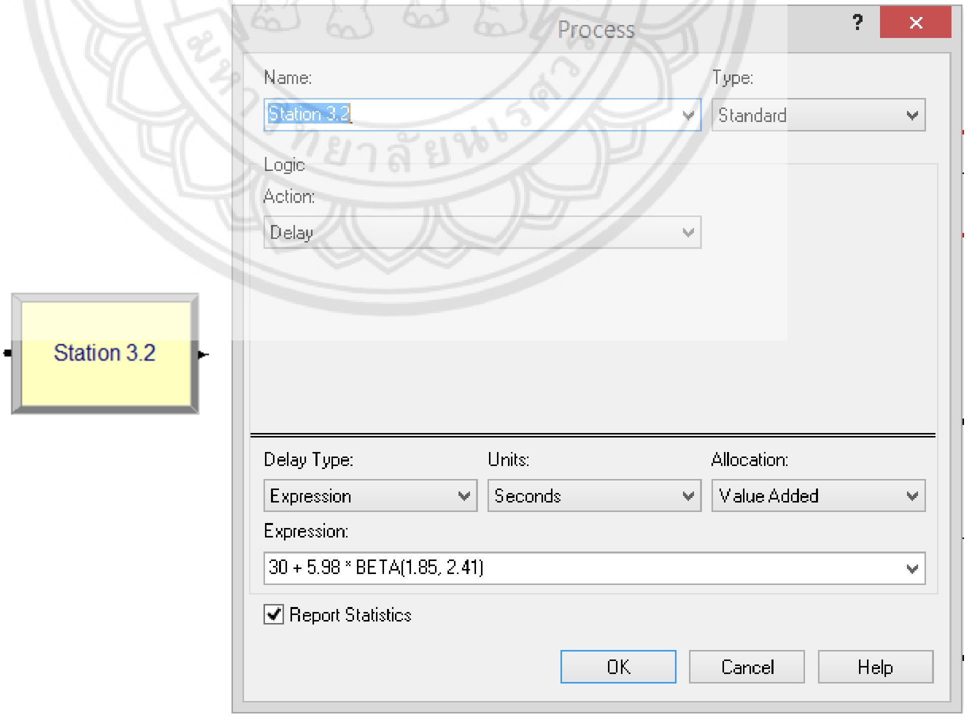
รูปที่ ข.12 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การส่งไป Station 3



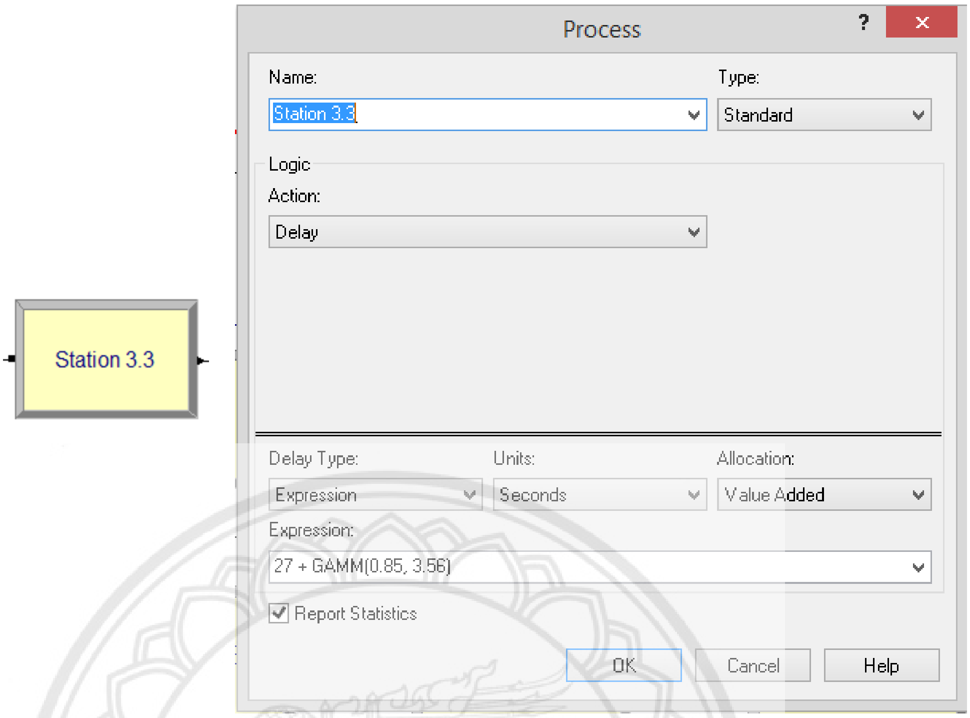
รูปที่ ข.13 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การนำฝาหลังเข้าสู่ระบบการประกอบหลัก



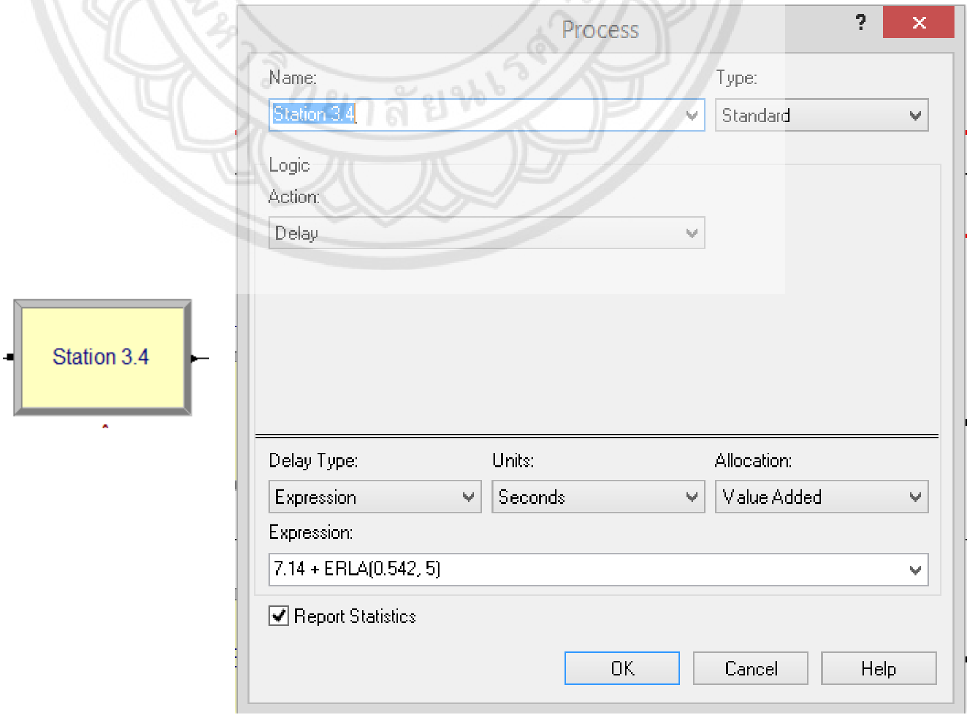
รูปที่ ข.14 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การประกอบฝาหน้ากับลูกปืน



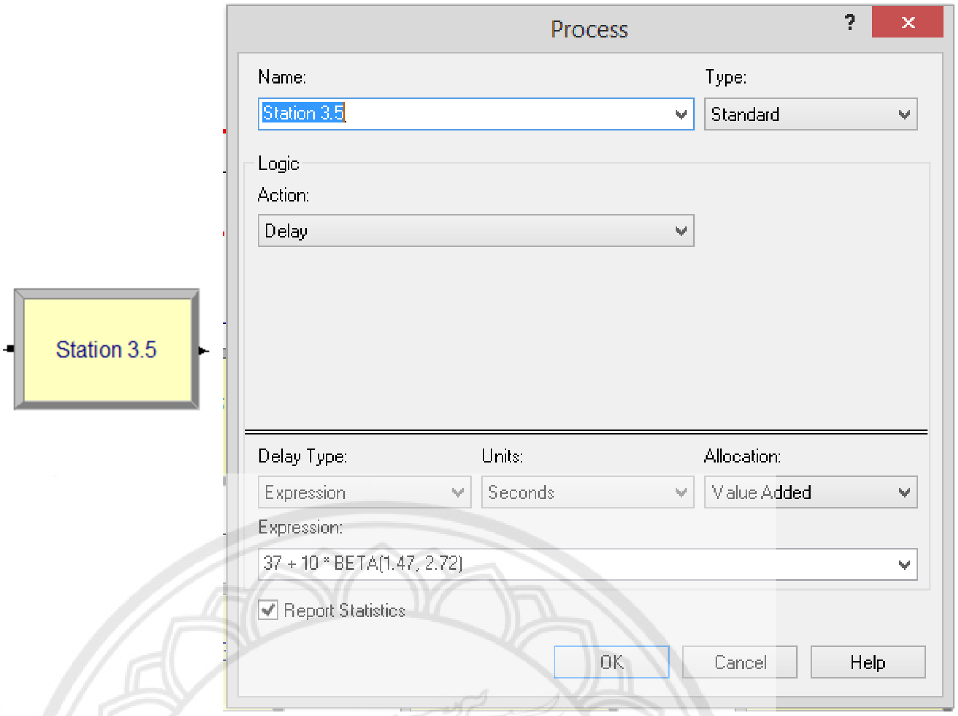
รูปที่ ข.15 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การขันสกรูปิดลูกปืนกับฝาหน้าและแต้มสี



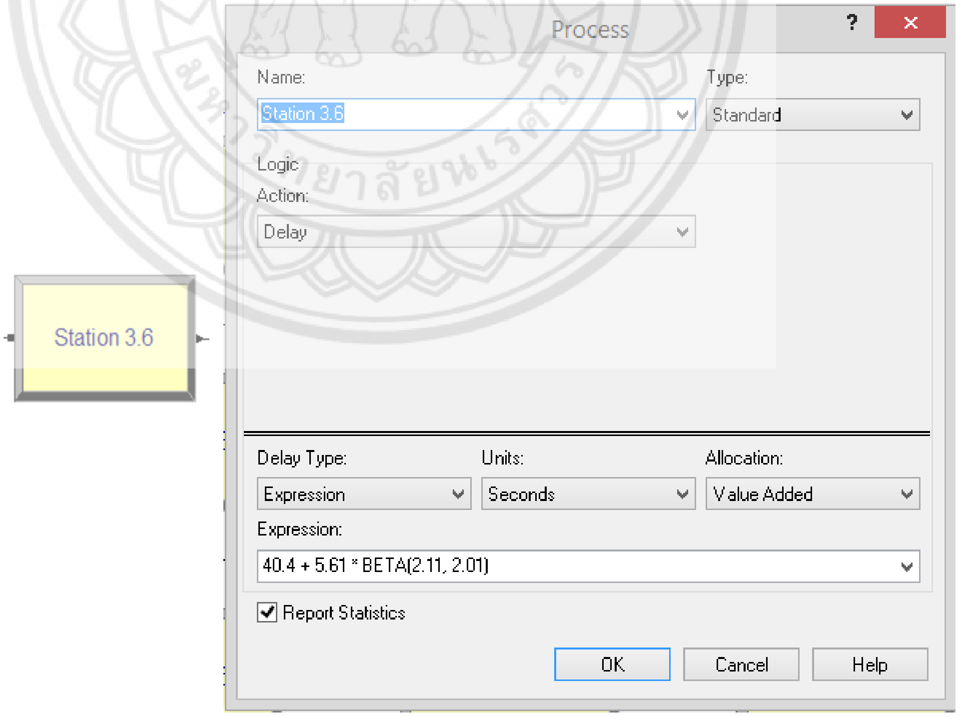
รูปที่ ข.16 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การประกอบทุ่นกับฝาหน้า



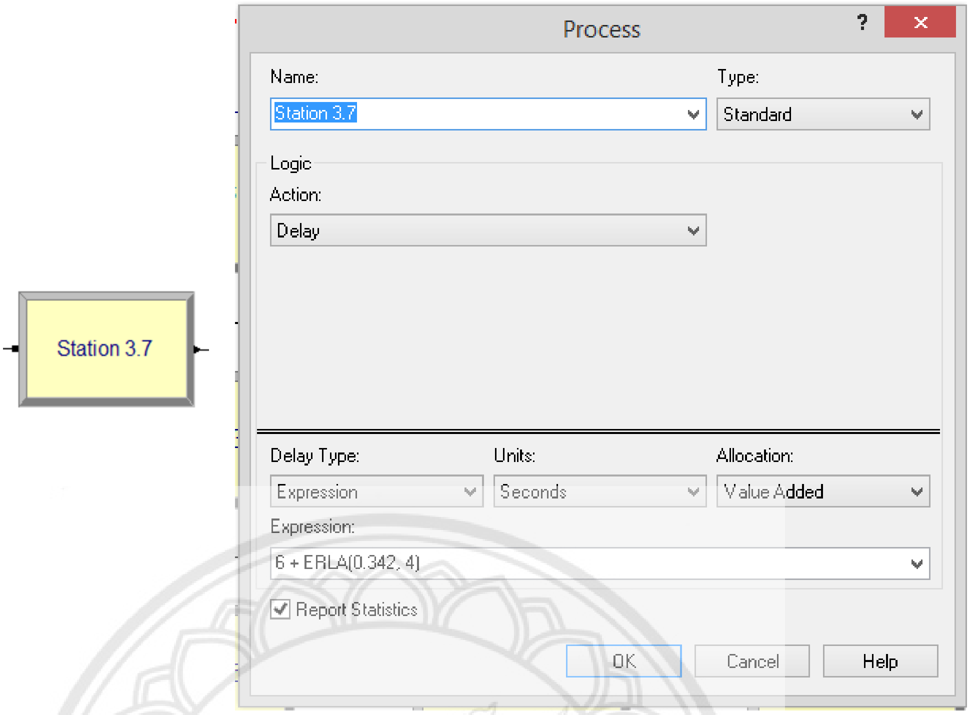
รูปที่ ข.17 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การทาน้ำมันที่แกนทุ่น



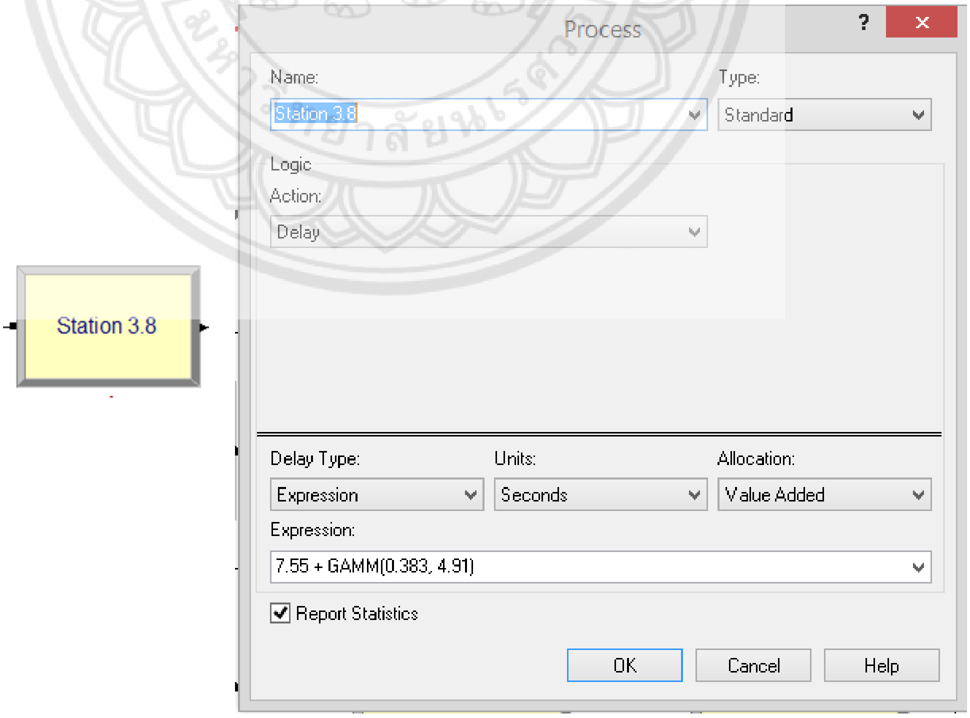
รูปที่ ข.18 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การประกอบฝาหลังกับฝาหน้า



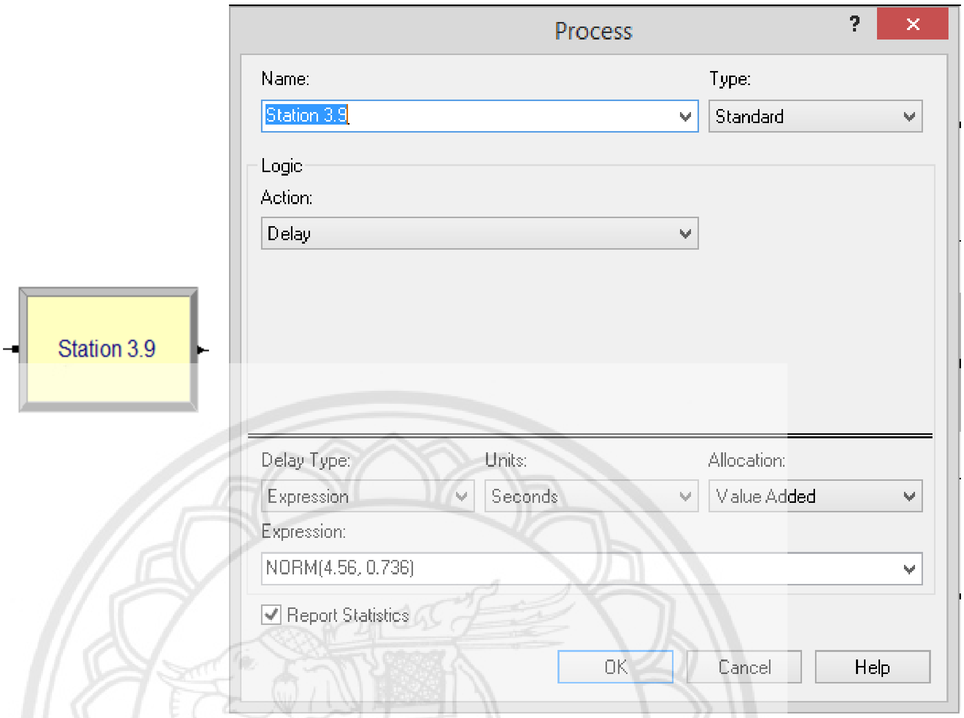
รูปที่ ข.19 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การขันสกรูยึดฝาหลังกับฝาหน้า
และย้ำหัวน็อตฝาหลัง



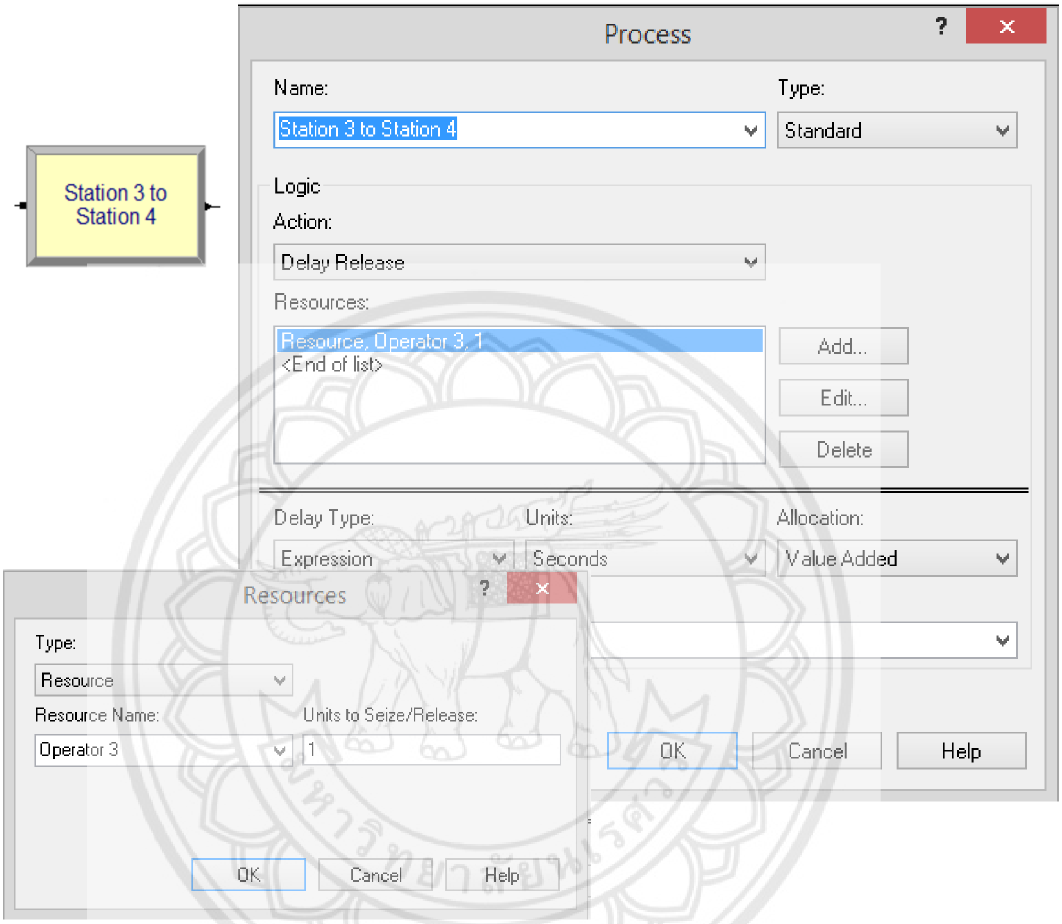
รูปที่ ข.20 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การใส่มู่เล่และใบพัด



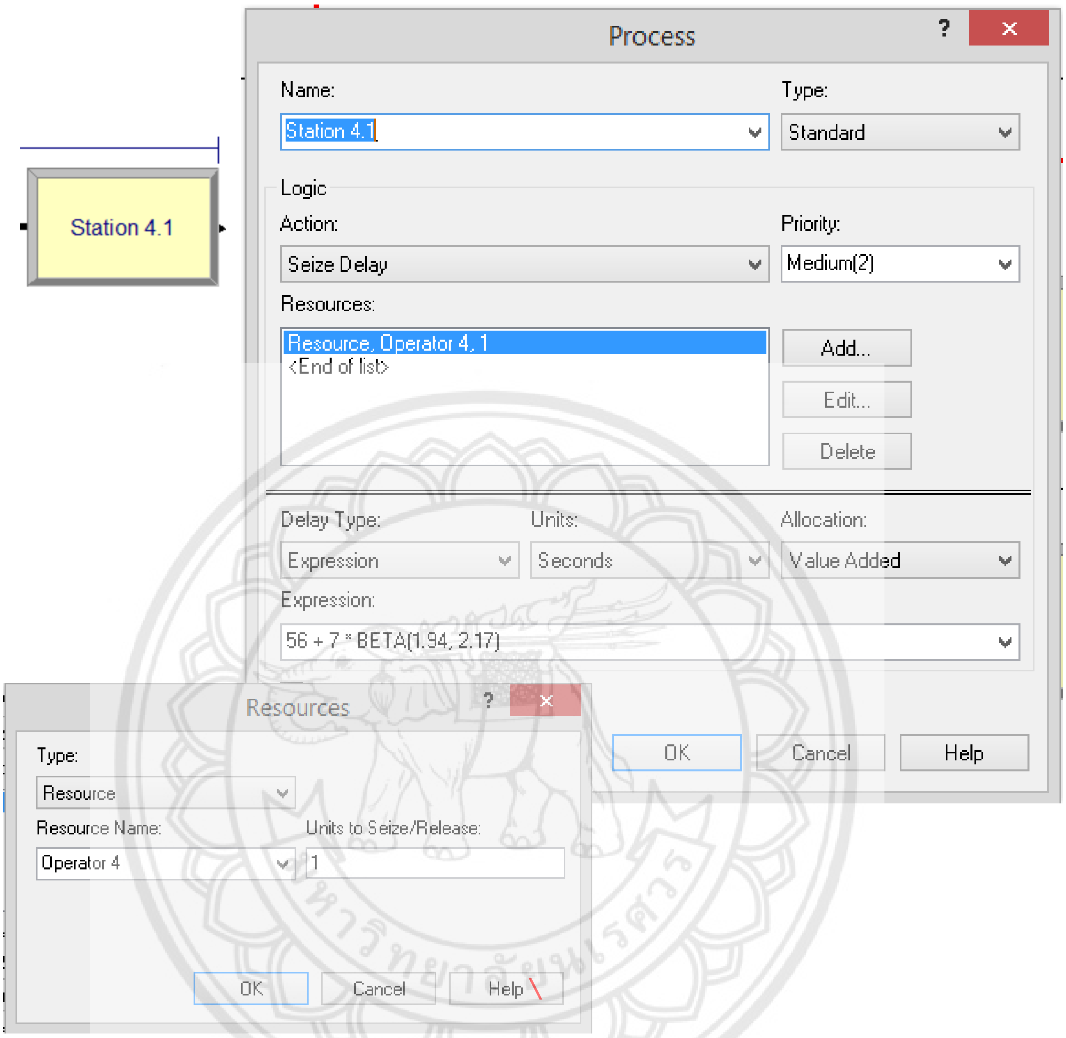
รูปที่ ข.21 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การขันสกรูยึดกับตัวไดร์



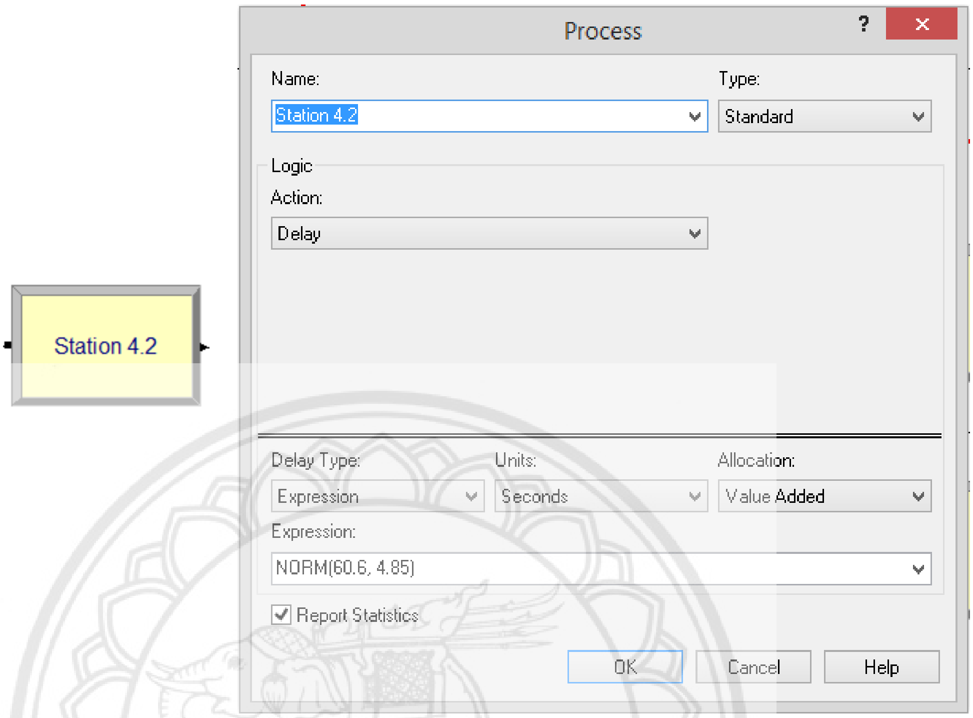
รูปที่ ข.22 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การเป่าลมที่แกน



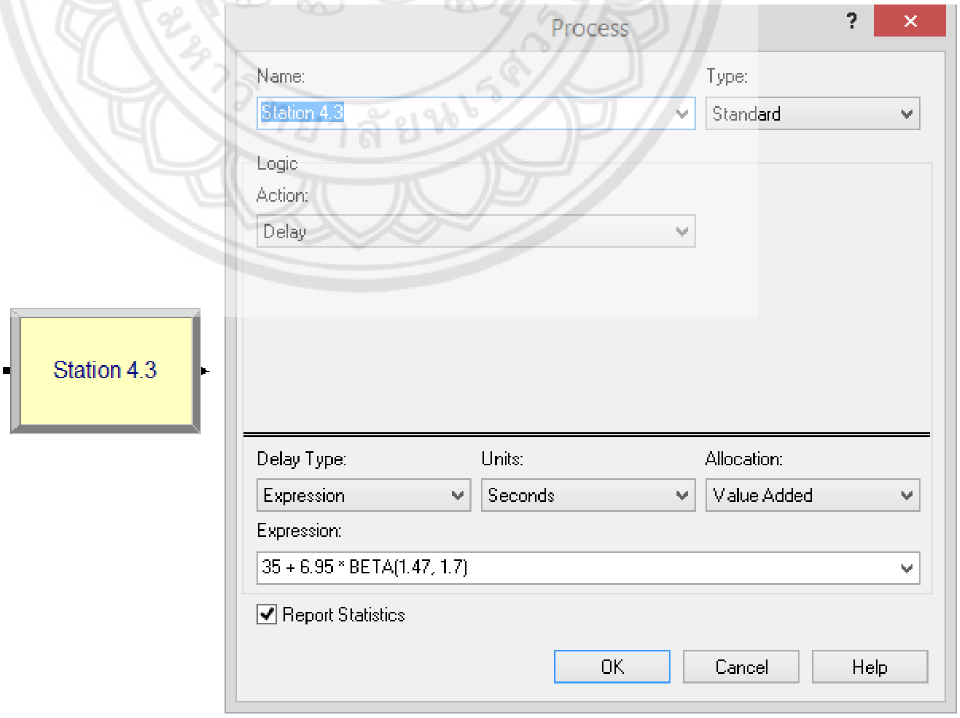
รูปที่ ข.23 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การส่งไป Station 4



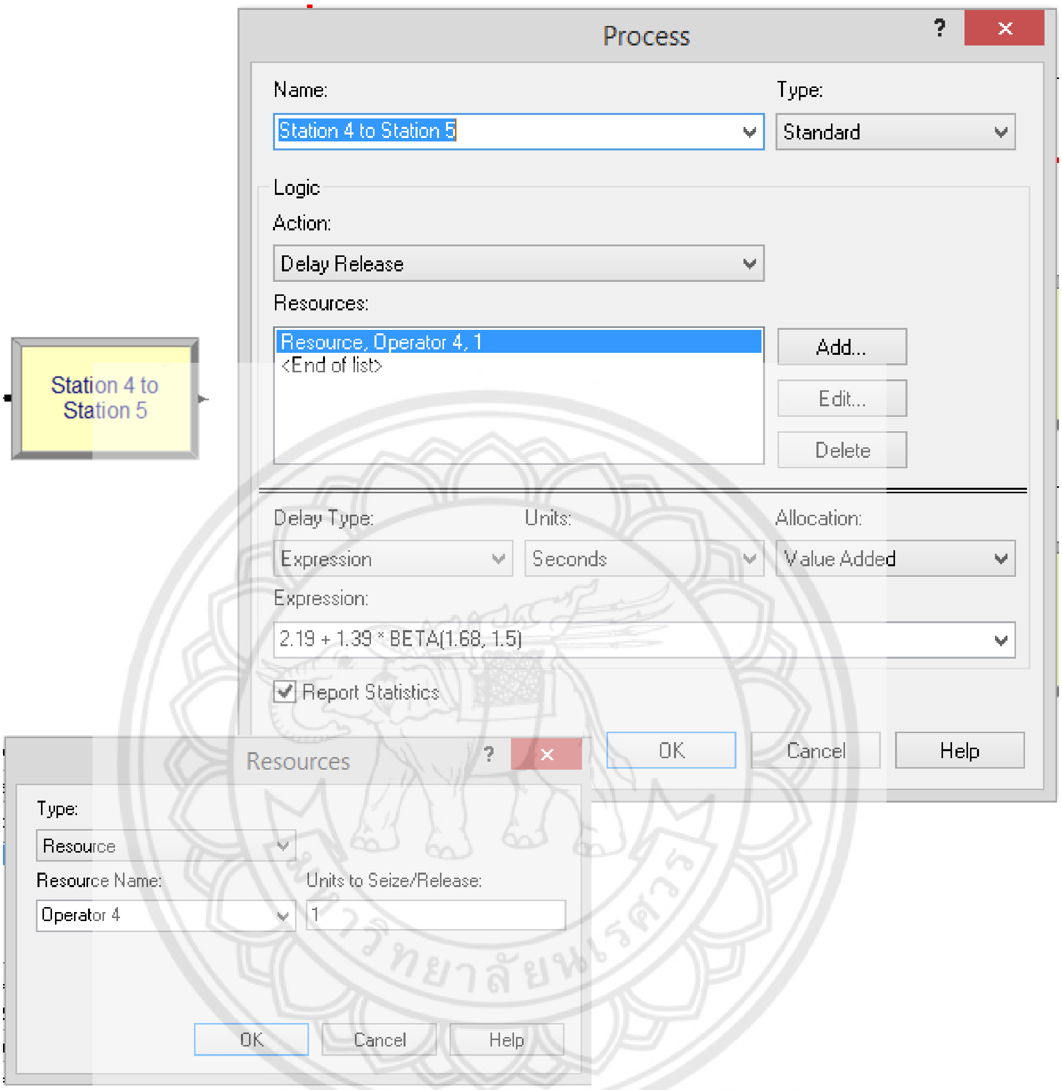
รูปที่ ข.24 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การใส่ปั้มและขันสกรูยึดปั้มกับตัวไดร์



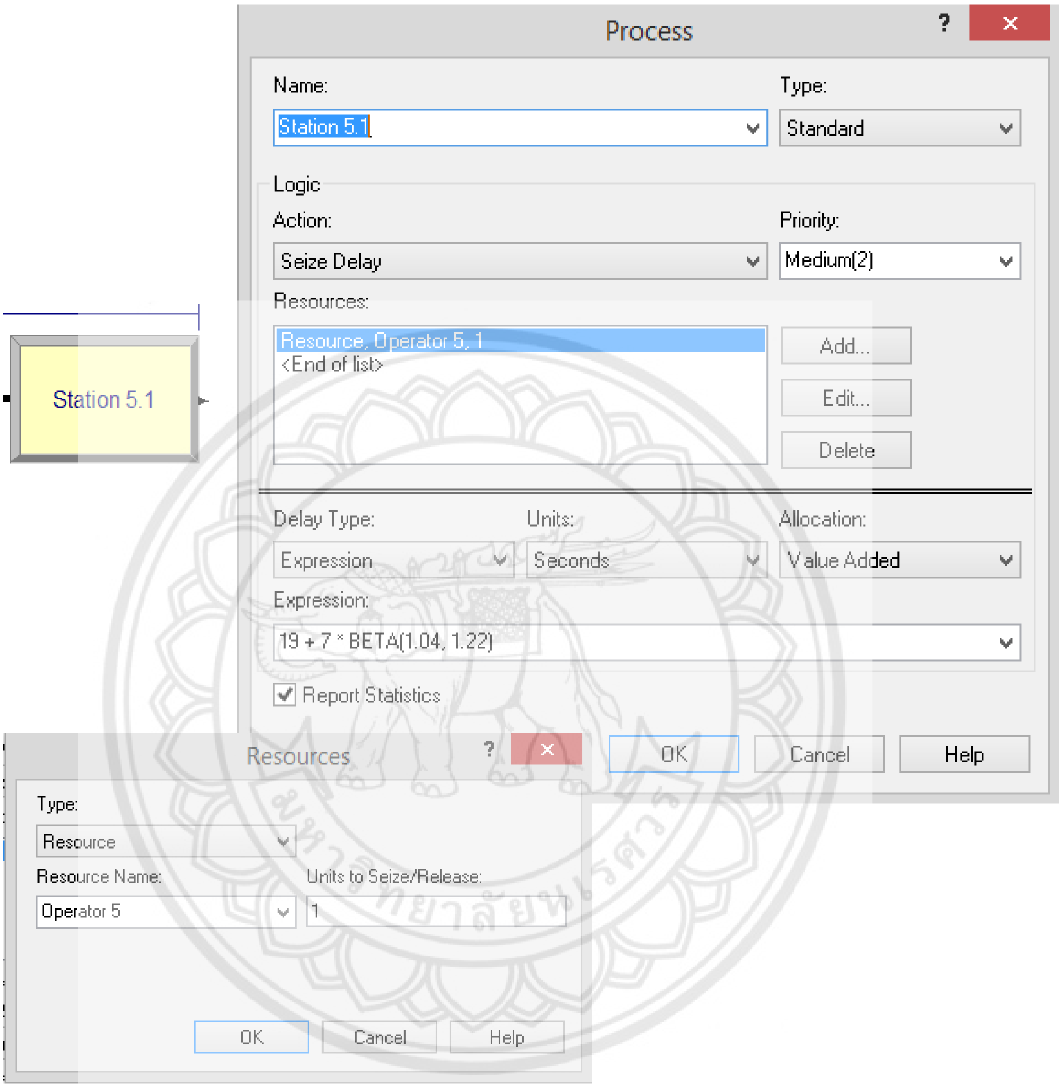
รูปที่ ข.25 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การเอาไดร์เข้าเครื่องทดสอบ



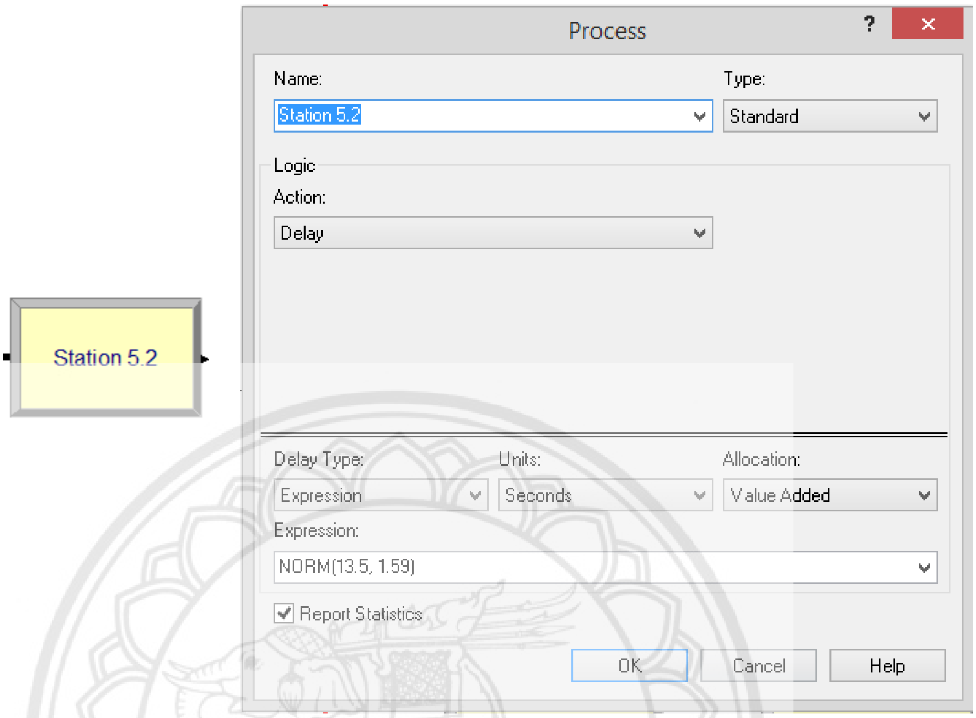
รูปที่ ข.26 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การเอาไดร์ออกจากเครื่องทดสอบ



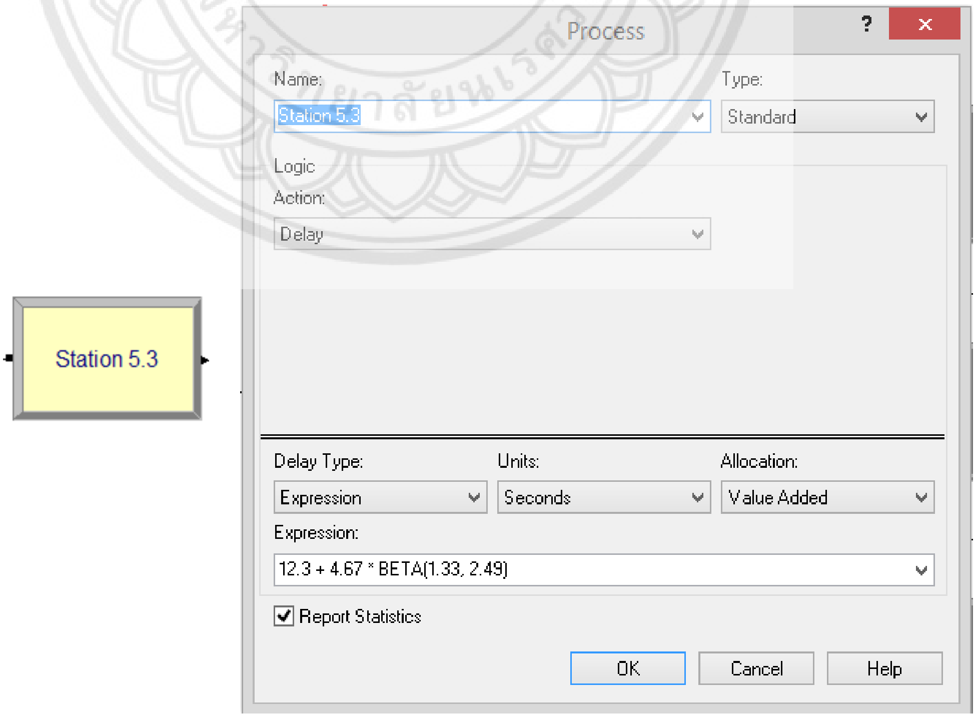
รูปที่ ข.27 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การส่งไป Station 5



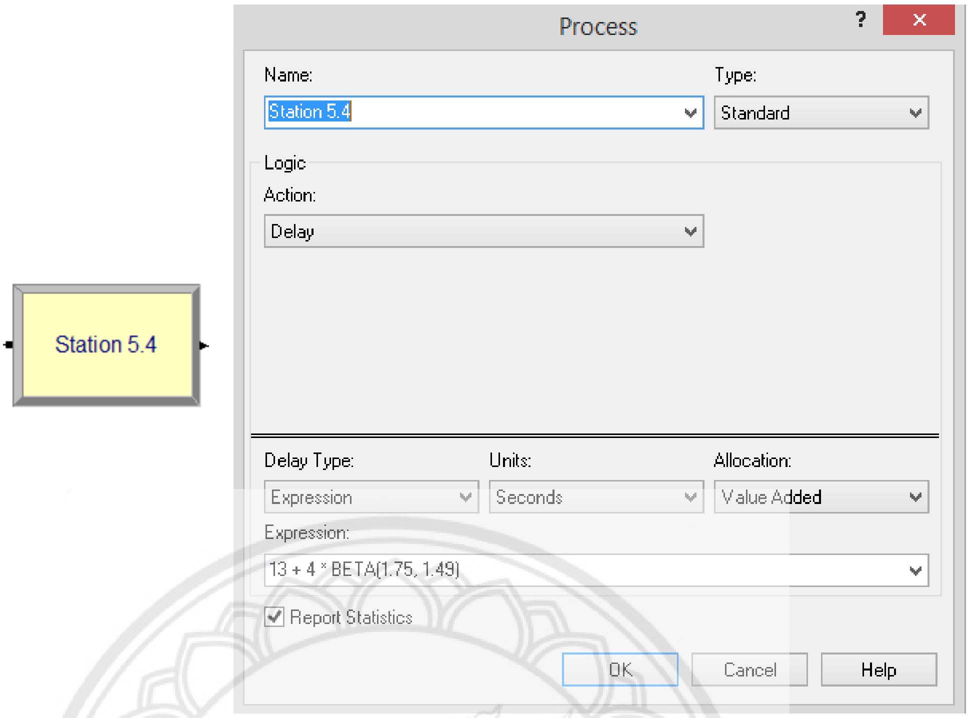
รูปที่ ข.28 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การเอาไดร์เข้าเครื่องเช็คหนืด



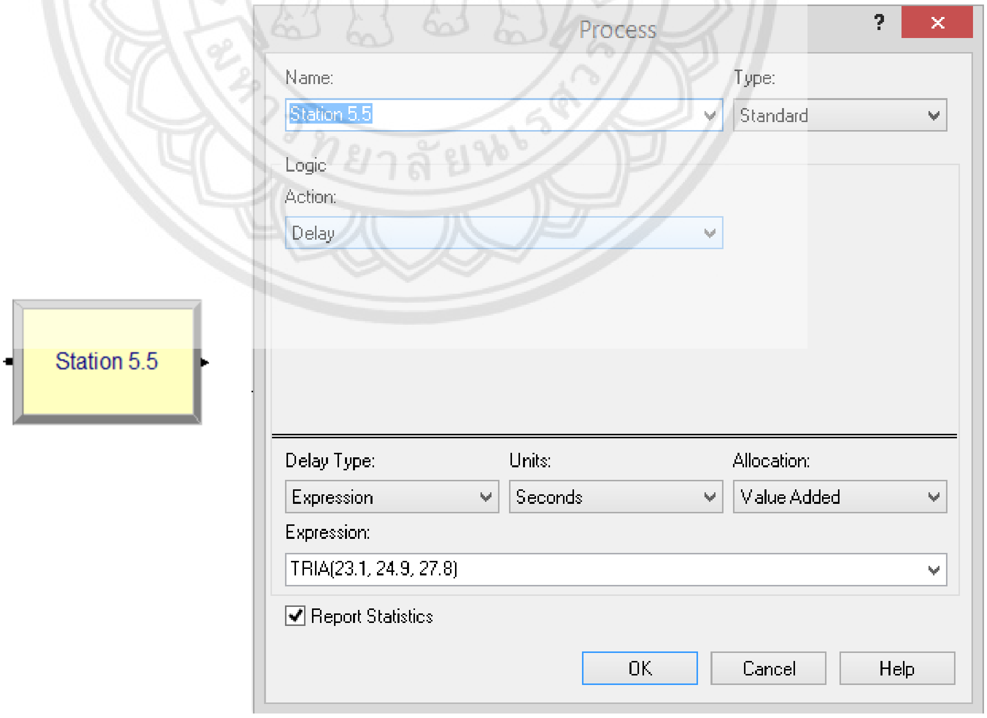
รูปที่ ข.29 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การเอาไดร์ออกจากเครื่องเช็คหนีด



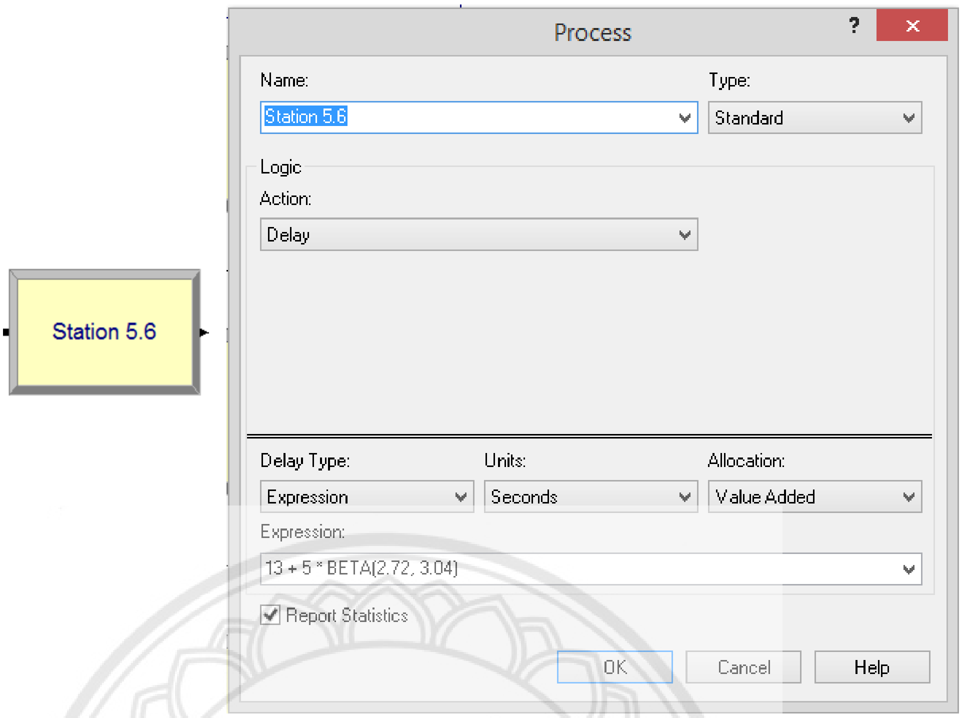
รูปที่ ข.30 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การใส่แหวนทองแดงและลูกยาง



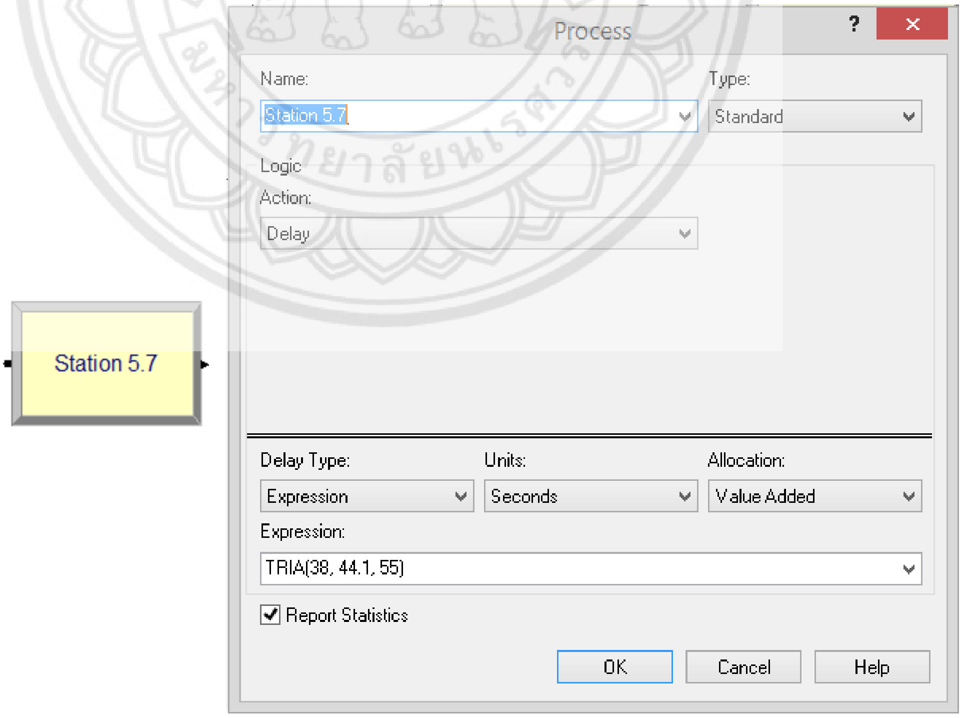
รูปที่ ข.31 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การนำฟองน้ำชุบน้ำมันเช็คทำความสะอาดไดชาร์จ



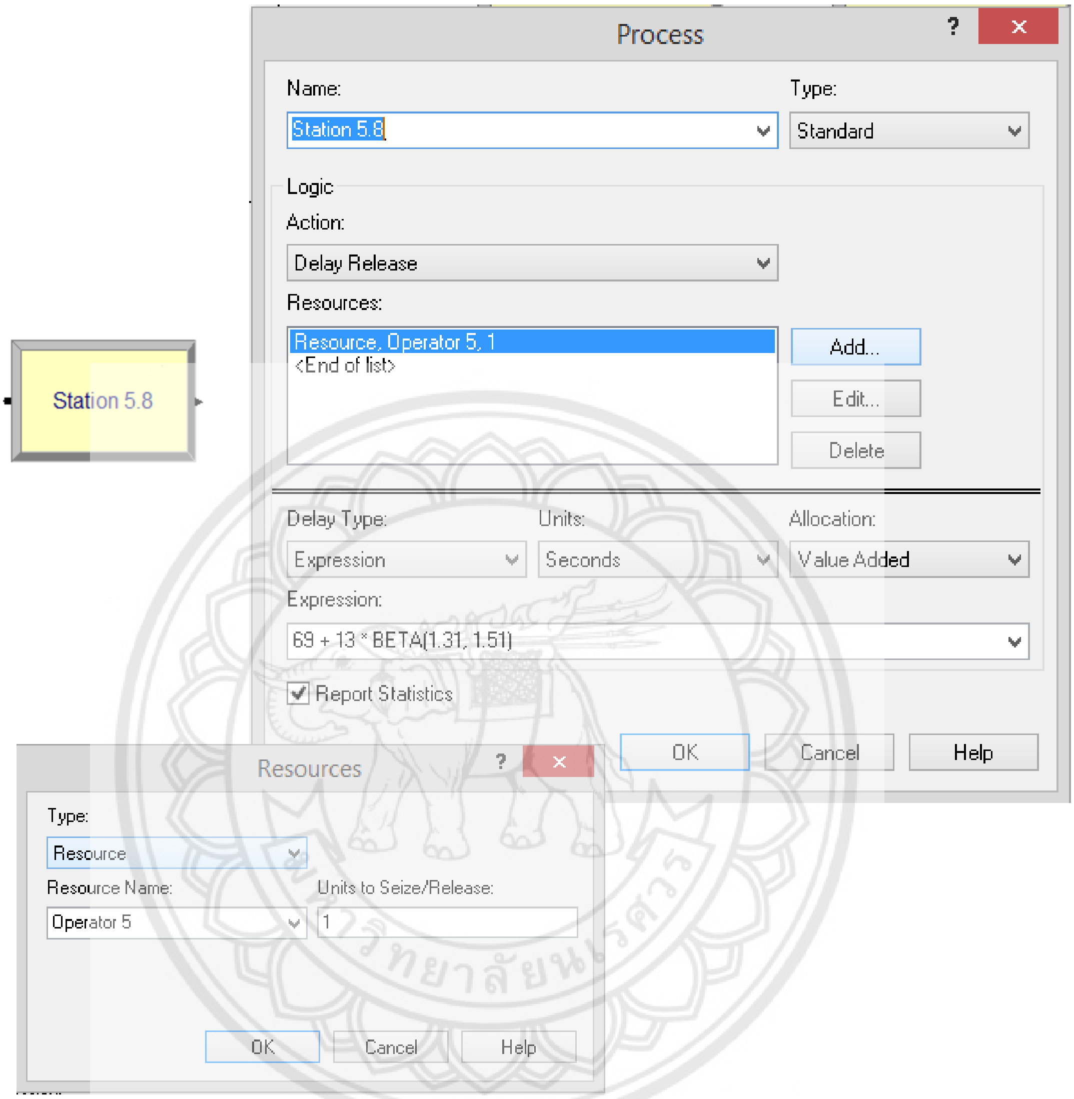
รูปที่ ข.32 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การทำการย้ำสกรูทั้งหมด อีกครั้ง แต้มจุด



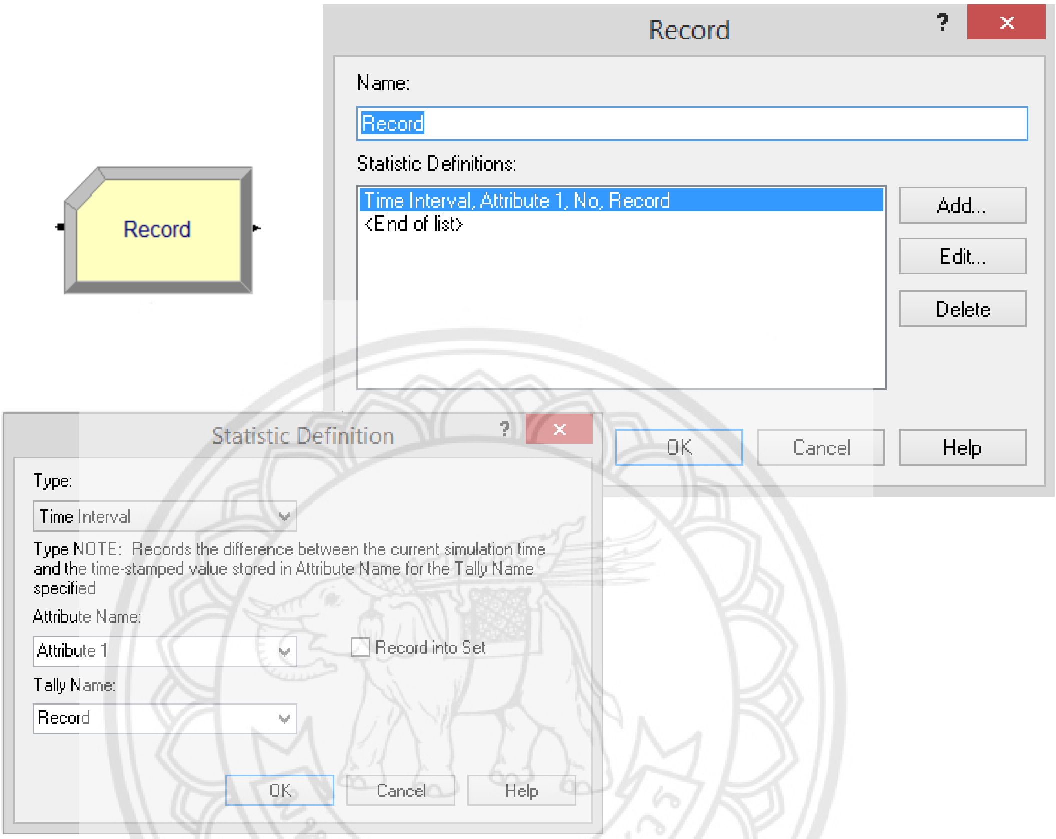
รูปที่ ข.33 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การติดแสตมป์ JOB NO.



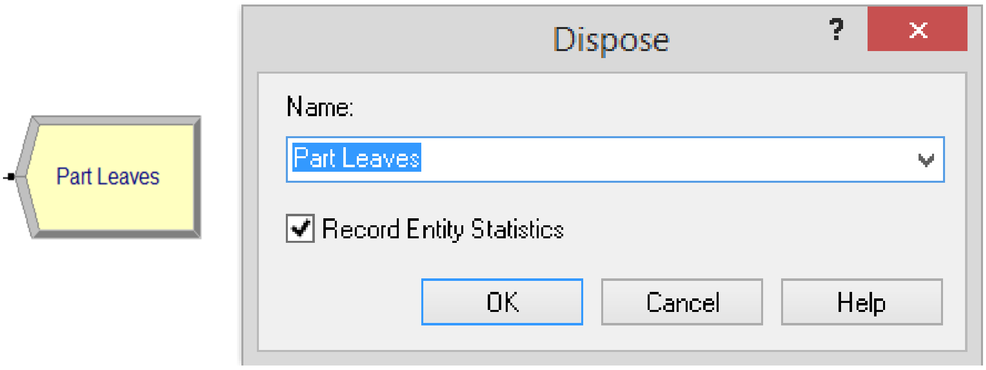
รูปที่ ข.34 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การเตรียมกล่อง



รูปที่ ข.35 ตัวอย่างการกำหนดค่า Process Module การแพ็คเกจ

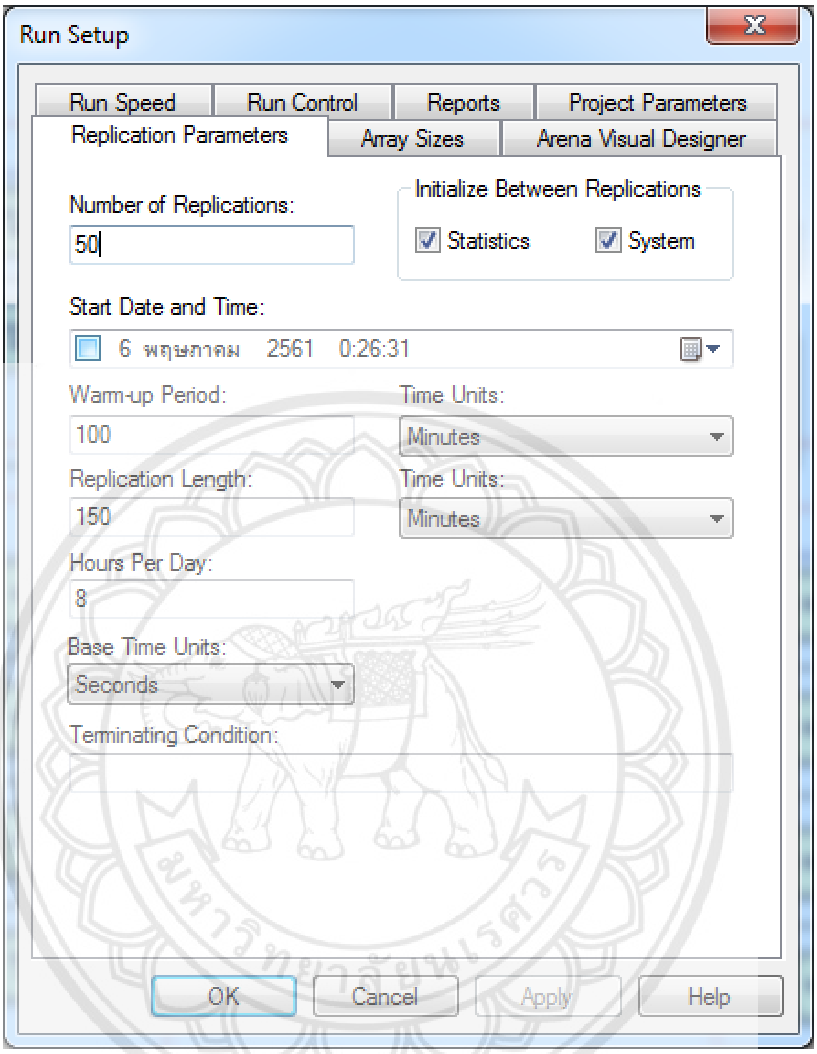


รูปที่ ข.36 ตัวอย่างการกำหนดค่า Record Module



รูปที่ ข.37 ตัวอย่างการกำหนดค่า Dispose Module

ข.2 การทดลองประมวลผลโปรแกรม



รูปที่ ข.12 หน้าต่างแสดงการตั้งค่าการทดลองประมวลผลโปรแกรม

ซึ่งความหมายของตัวแปรที่ต้องการกำหนด มีดังนี้

Number of Replication	คือ	การกำหนดรอบของการประมวลผล
Warm-up Period	คือ	ให้มีการ Warm ก่อนที่จะทำการประมวลผล
Replication Length	คือ	ระยะเวลาที่ต้องการให้ประมวลผล
Hours per Day	คือ	ระยะเวลาการทำงานต่อวัน
Base Time Unit	คือ	หน่วยเวลาพื้นฐานที่ต้องการให้แสดงผล

ภาคผนวก ค

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

ภาคผนวก ค
การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

ตารางที่ ค.1 เวลาเฉลี่ยในการทำงานต่อชิ้นของการประมวลผลจากแบบจำลอง

Simulation (s.)									
NO.	VA Time	NO.	VA Time	NO.	VA Time	NO.	VA Time	NO.	VA Time
1	765.85	11	770.43	21	770.2	31	770.25	41	767.72
2	764.14	12	766.55	22	771.85	32	766.18	42	771.15
3	762.84	13	769.21	23	766.42	33	762.61	43	766.1
4	766.03	14	775.43	24	770.92	34	772.38	44	770.87
5	768.67	15	768.22	25	764	35	768.89	45	764.35
6	767.11	16	770.02	26	766.2	36	769.74	46	766.5
7	768.65	17	769.14	27	765.75	37	766.83	47	767.89
8	766.31	18	771.5	28	769.35	38	767.85	48	766.9
9	767.06	19	768.46	29	773.43	39	765.32	49	765.62
10	768.6	20	771.07	30	769.43	40	768.15	50	769.17

ตารางที่ ค.2 เวลาในการทำงานที่ใช้ประกอบชิ้นงานขึ้น 1 ชิ้นจากกระบวนการผลิตจริง

System (s.)									
NO.	VA Time	NO.	VA Time	NO.	VA Time	NO.	VA Time	NO.	VA Time
1	772.48	11	769.1	21	749.87	31	767.48	41	776.31
2	776.39	12	781.2	22	758.34	32	766.34	42	775.99
3	782.09	13	773.94	23	770.25	33	762.63	43	765.98
4	790.73	14	783.62	24	766.78	34	762.41	44	754.39
5	782.97	15	775.55	25	760.69	35	757.37	45	763.41
6	786.87	16	772.54	26	766.66	36	765.92	46	753.09
7	800.11	17	760.95	27	762.26	37	754.61	47	758.97
8	778.42	18	769.73	28	775.98	38	765.14	48	762.9
9	766.06	19	766.52	29	765.35	39	767.27	49	772.34
10	765.57	20	766.08	30	753.01	40	765.45	50	764.16

ภาคผนวก ง
การปรับปรุงการทำงานในสายการผลิต

ภาคผนวก ง
การปรับปรุงการทำงานในสายการผลิต

ง.1 ตารางแสดงลำดับขั้นตอนการผลิตและขั้นตอนถัดไป

ตารางที่ ง.1 ลำดับขั้นตอนการผลิตและขั้นตอนถัดไป ก่อนปรับปรุง

NO.	DESCRIPTION	REMAINING NO.	TIME(s)	STATION	CYCLE TIME (s.)
1	นำสเตเตอร์เข้าสู่ระบบการประกอบฝาหลัง	2	3.11	STATION 1	95.21
2	นำสเตเตอร์ประกอบกับแผงไดโอต	3	56.28		
3	ทำการบัดกรียึด	4	32.80		
4	ส่งไป Station 2	5	3.03		
5	แต้มสีจุดบัดกรี	6	6.19	STATION 2	87.60
6	ประกอบฝาหลังกับชิ้นงาน	7	10.93		
7	ขันน็อตยึดฝาหลัง 6จุด	8	47.12		
8	เช็คทดสอบ	9	10.65		
9	เช็คซองถ่าน	10	9.70		
10	ส่งไป Station 3	11	3.01		
11	นำฝาหลังเข้าสู่ระบบการประกอบหลัก	12	3.09	STATION 3	198.40
12	ประกอบฝาหน้ากับลูกปืน	13	14.80		
13	ขันสกรูปิดลูกปืนกับฝาหน้าและแต้มสี	14	32.60		
14	ประกอบทุ่นกับฝาหน้า	15	30.03		
15	ทาน้ำมันที่แกนทุ่น	16	9.85		
16	ประกอบฝาหลังกับฝาหน้า	17	40.50		
17	ขันสกรูยึดฝาหลังกับฝาหน้าและย้ำหัวน็อตฝาหลัง	18	43.24		
18	ใส่มูเล่และใบพัด	19	7.37		
19	ขันสกรูยึดกับตัวไดร์	20	9.43		
20	เป่าลมที่แกน	21	4.56		
21	ส่งไป Station 4	22	2.94		
22	ใส่ปั้มและขันสกรูยึดปั้มกับตัวไดร์	23	59.31	STATION 4	161.12
23	เอาไดร์เข้าเครื่องทดสอบ	24	60.62		
24	เอาไดร์ออกจากเครื่องทดสอบ	25	38.26		
25	ส่งไป Station 5	26	2.92		
26	เอาไดร์เข้าเครื่องเช็คหนีด	27	22.18	STATION 5	226.31
27	เอาไดร์ออกจากเครื่องเช็คหนีด	28	13.47		
28	ใส่แหวนทองแดงและลูกยาง	29	13.96		
29	นำฟองน้ำชุบน้ำมัน เช็คทำความสะอาดไดชาร์จ	30	15.16		
30	ทำการย้ำสกรูทั้งหมด อีกครั้ง แต้มจุด	31	25.27		
31	ติดแสตมป์ JOB NO.	32	15.36		
32	เตรียมกล่อง	33	45.87		
33	แพ็คเกจ	34	75.04		
34	จัดเก็บ ออกจากระบบ	NONE			
รวม			768.65	5	768.65

ตารางที่ ง.2 ตารางแสดงการจัดสมดุลสายการผลิตโดยการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่

NO.	DESCRIPTION	REMAINING NO.	TIME(s)	STATION	CYCLE TIME (s.)
1	นำสเตเตอร์เข้าสู่ระบบการประกอบฝาหลัง	2	3.11	STATION 1	95.21
2	นำสเตเตอร์ประกอบกับแผงไดโอต	3	56.28		
3	ทำการบัดกรียึด	4	32.80		
4	ส่งไป Station 2	5	3.03		
5	แต้มสีจุดบัดกรี	6	6.19	STATION 2	87.60
6	ประกอบฝาหลังกับชิ้นงาน	7	10.93		
7	ขันน็อตยึดฝาหลัง 6จุด	8	47.12		
8	เช็คทดสอบ	9	10.65		
9	เช็คซองถ่าน	10	9.70		
10	ส่งไป Station 3	11	3.01		
11	นำฝาหลังเข้าสู่ระบบการประกอบหลัก	12	3.09	STATION 3	198.40
12	ประกอบฝาหน้ากับลูกปืน	13	14.80		
13	ขันสกรูปิดลูกปืนกับฝาหน้าและแต้มสี	14	32.60		
14	ประกอบทุ่นกับฝาหน้า	15	30.03		
15	ทาน้ำมันที่แกนทุ่น	16	9.85		
16	ประกอบฝาหลังกับฝาหน้า	17	40.50		
17	ขันสกรูยึดฝาหลังกับฝาหน้าและย้ำหัวน็อตฝาหลัง	18	43.24		
18	ใส่มูเล่และใบพัด	19	7.37		
19	ขันสกรูยึดกับตัวไดร์	20	9.43		
20	เป่าลมที่แกน	21	4.56		
21	ส่งไป Station 4	22	2.94		
22	ใส่ปั๊มและขันสกรูยึดปั๊มกับตัวไดร์	23	59.31	STATION 4	196.77
23	เอาไดร์เข้าเครื่องทดสอบ	24	60.62		
24	เอาไดร์ออกจากเครื่องทดสอบ	25	38.26		
25	ส่งไป Station 5	26	2.92		
26	เอาไดร์เข้าเครื่องเช็คหนีด	27	22.18		
27	เอาไดร์ออกจากเครื่องเช็คหนีด	28	13.47		
28	ใส่แหวนทองแดงและลูกยาง	29	13.96	STATION 5	190.66
29	นำฟองน้ำชุบน้ำมัน เช็คทำความสะอาดไดชาร์จ	30	15.16		
30	ทำการย้ำสกรูทั้งหมด อีกครั้ง แต้มจุด	31	25.27		
31	ติดแสตมป์ JOB NO.	32	15.36		
32	เตรียมกล่อง	33	45.87		
33	แพ็คเกจ	34	75.04		
34	จัดเก็บ ออกจากระบบ	NONE			
	รวม		768.65	5	768.65

ตารางที่ ง.3 ตารางแสดงการจัดสมดุลสายการผลิตโดยการเพิ่มสถานีงาน 1 สถานีงาน

NO.	DESCRIPTION	REMAINING NO.	TIME(s)	STATION	CYCLE TIME (s.)
1	นำสเตเตอร์เข้าสู่ระบบการประกอบฝาหลัง	2	3.11	STATION 1	95.21
2	นำสเตเตอร์ประกอบกับแผงไดโอต	3	56.28		
3	ทำการบัดกรียึด	4	32.80		
4	ส่งไป Station 2	5	3.03		
5	แต้มสีจุดบัดกรี	6	6.19	STATION 2	87.60
6	ประกอบฝาหลังกับชิ้นงาน	7	10.93		
7	ขันน็อตยึดฝาหลัง 6จุด	8	47.12		
8	เช็คทดสอบ	9	10.65		
9	เช็คซองถ่าน	10	9.70		
10	ส่งไป Station 3	11	3.01		
11	นำฝาหลังเข้าสู่ระบบการประกอบหลัก	12	3.09	STATION 3	130.87
12	ประกอบฝาหน้ากับลูกปืน	13	14.80		
13	ขันสกรูปิดลูกปืนกับฝาหน้าและแต้มสี	14	32.60		
14	ประกอบทุ่นกับฝาหน้า	15	30.03		
15	ทาน้ำมันที่แกนทุ่น	16	9.85		
16	ประกอบฝาหลังกับฝาหน้า	17	40.50		
17	ขันสกรูยึดฝาหลังกับฝาหน้าและย้ำหัวน็อตฝาหลัง	18	43.24	STATION 4	126.84
18	ใส่มูเล่และใบพัด	19	7.37		
19	ขันสกรูยึดกับตัวไดร์	20	9.43		
20	เป่าลมที่แกน	21	4.56		
21	ส่งไป Station 4	22	2.94		
22	ใส่ปั๊มและขันสกรูยึดปั๊มกับตัวไดร์	23	59.31		
23	เอาไดร์เข้าเครื่องทดสอบ	24	60.62	STATION 5	166.58
24	เอาไดร์ออกจากเครื่องทดสอบ	25	38.26		
25	ส่งไป Station 5	26	2.92		
26	เอาไดร์เข้าเครื่องเช็คหนืด	27	22.18		
27	เอาไดร์ออกจากเครื่องเช็คหนืด	28	13.47		
28	ใส่แหวนทองแดงและลูกยาง	29	13.96		
29	นำฟองน้ำชุบน้ำมัน เช็คทำความสะอาดไดชาร์จ	30	15.16		
30	ทำการย้ำสกรูทั้งหมด อีกครั้ง แต้มจุด	31	25.27	STATION 6	161.54
31	ติดแสตมป์ JOB NO.	32	15.36		
32	เตรียมกล่อง	33	45.87		
33	แพ็คเกจ	34	75.04		
34	จัดเก็บ ออกจากระบบ	NONE			
	รวม		768.65	6	768.65

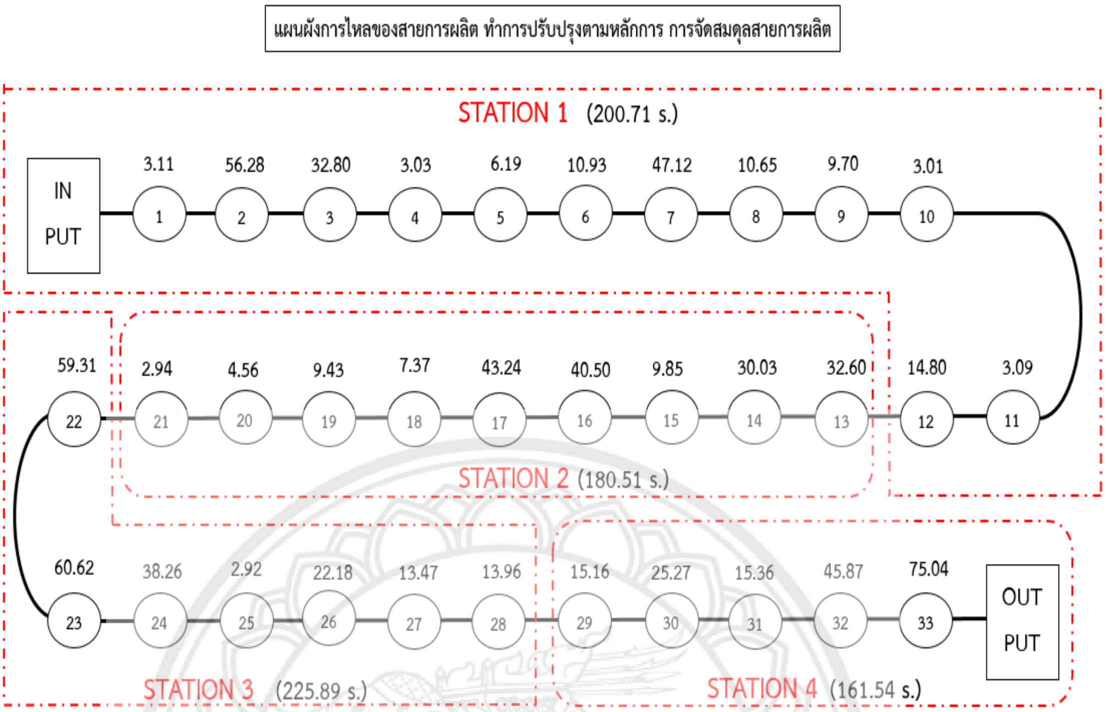
ตารางที่ ง.4 ตารางแสดงการจัดสมดุลสายการผลิตโดยการเพิ่มสถานีงาน 2 สถานีงาน

NO.	DESCRIPTION	REMAINING NO.	TIME(s)	STATION	CYCLE TIME (s.)
1	นำสเตเตอร์เข้าสู่ระบบการประกอบฝาหลัง	2	3.11	STATION 1	95.21
2	นำสเตเตอร์ประกอบกับแผงไดโอต	3	56.28		
3	ทำการบัดกรียึด	4	32.80		
4	ส่งไป Station 2	5	3.03		
5	แต้มสีจุดบัดกรี	6	6.19	STATION 2	87.60
6	ประกอบฝาหลังกับชิ้นงาน	7	10.93		
7	ขันน็อตยึดฝาหลัง 6จุด	8	47.12		
8	เช็คทดสอบ	9	10.65		
9	เช็คซองถ่าน	10	9.70		
10	ส่งไป Station 3	11	3.01		
11	นำฝาหลังเข้าสู่ระบบการประกอบหลัก	12	3.09	STATION 3	130.87
12	ประกอบฝาหน้ากับลูกปืน	13	14.80		
13	ขันสกรูปิดลูกปืนกับฝาหน้าและแต้มสี	14	32.60		
14	ประกอบทุ่นกับฝาหน้า	15	30.03		
15	ทาน้ำมันที่แกนทุ่น	16	9.85		
16	ประกอบฝาหลังกับฝาหน้า	17	40.50		
17	ขันสกรูยึดฝาหลังกับฝาหน้าและย้ำหัวน็อตฝาหลัง	18	43.24	STATION 4	126.84
18	ใส่มูเล่และใบพัด	19	7.37		
19	ขันสกรูยึดกับตัวไดร์	20	9.43		
20	เป่าลมที่แกน	21	4.56		
21	ส่งไป Station 4	22	2.94		
22	ใส่ปั๊มและขันสกรูยึดปั๊มกับตัวไดร์	23	59.31		
23	เอาไดร์เข้าเครื่องทดสอบ	24	60.62	STATION 5	101.81
24	เอาไดร์ออกจากเครื่องทดสอบ	25	38.26		
25	ส่งไป Station 5	26	2.92		
26	เอาไดร์เข้าเครื่องเช็คหนีด	27	22.18	STATION 6	105.40
27	เอาไดร์ออกจากเครื่องเช็คหนีด	28	13.47		
28	ใส่แหวนทองแดงและลูกยาง	29	13.96		
29	นำฟองน้ำชุบน้ำมัน เช็คทำความสะอาดไดชาร์จ	30	15.16		
30	ทำการย้ำสกรูทั้งหมด อีกครั้ง แต้มจุด	31	25.27		
31	ติดแสตมป์ JOB NO.	32	15.36		
32	เตรียมกล่อง	33	45.87	STATION 7	120.91
33	แพ็คเกจ	34	75.04		
34	จัดเก็บ ออกจากระบบ	NONE			
รวม			768.65	7	768.65

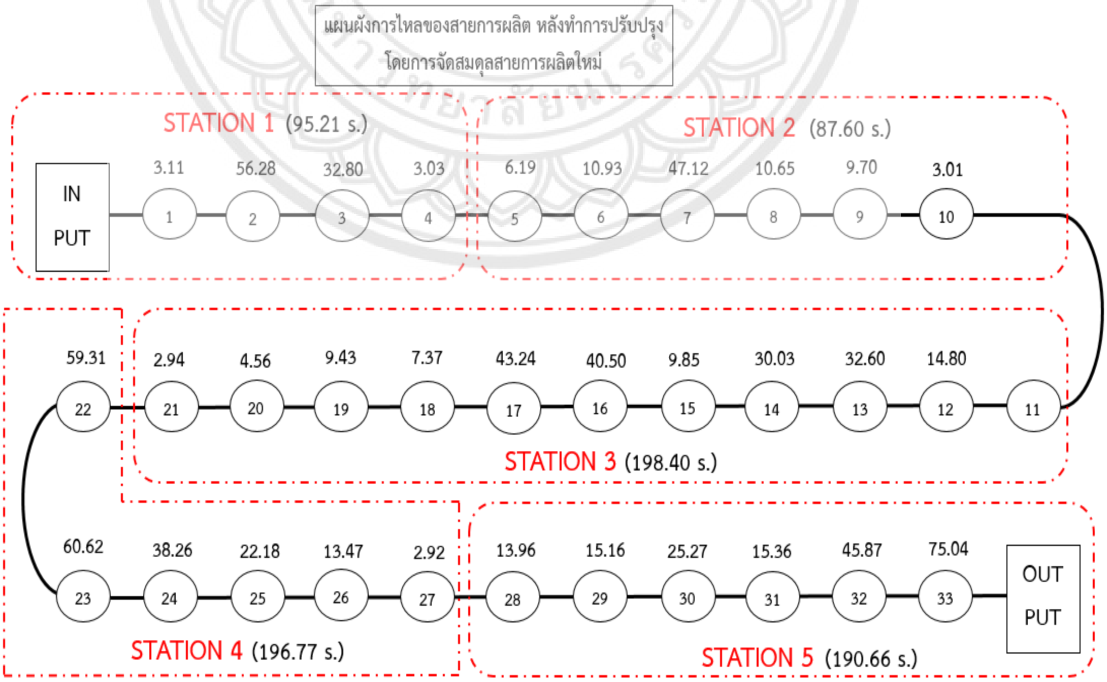
ตารางที่ ง.5 ตารางแสดงการจัดสมดุลสายการผลิตโดยการลดสถานีงาน 1 สถานีงาน

NO.	DESCRIPTION	REMAINING NO.	TIME(s)	STATION	CYCLE TIME (s.)
1	นำสเตเตอร์เข้าสู่ระบบการประกอบฝาหลัง	2	3.11	STATION 1	182.82
2	นำสเตเตอร์ประกอบกับแผงไดโอต	3	56.28		
3	ทำการบัดกรียึด	4	32.80		
4	ส่งไป Station 2	5	3.03		
5	แต้มสีจุดบัดกรี	6	6.19		
6	ประกอบฝาหลังกับชิ้นงาน	7	10.93		
7	ขันน็อตยึดฝาหลัง 6จุด	8	47.12		
8	เช็คทดสอบ	9	10.65		
9	เช็คซองถ่าน	10	9.70		
10	ส่งไป Station 3	11	3.01		
11	นำฝาหลังเข้าสู่ระบบการประกอบหลัก	12	3.09	STATION 2	198.40
12	ประกอบฝาหน้ากับลูกปืน	13	14.80		
13	ขันสกรูปิดลูกปืนกับฝาหน้าและแต้มสี	14	32.60		
14	ประกอบทุ่นกับฝาหน้า	15	30.03		
15	ทาน้ำมันที่แกนทุ่น	16	9.85		
16	ประกอบฝาหลังกับฝาหน้า	17	40.50		
17	ขันสกรูยึดฝาหลังกับฝาหน้าและย้ำหัวน็อตฝาหลัง	18	43.24		
18	ใส่มูเล่และใบพัด	19	7.37		
19	ขันสกรูยึดกับตัวไดร์	20	9.43		
20	เป่าลมที่แกน	21	4.56		
21	ส่งไป Station 4	22	2.94		
22	ใส่ปั๊มและขันสกรูยึดปั๊มกับตัวไดร์	23	59.31	STATION 3	196.77
23	เอาไดร์เข้าเครื่องทดสอบ	24	60.62		
24	เอาไดร์ออกจากเครื่องทดสอบ	25	38.26		
25	ส่งไป Station 5	26	2.92		
26	เอาไดร์เข้าเครื่องเช็คหนีด	27	22.18		
27	เอาไดร์ออกจากเครื่องเช็คหนีด	28	13.47		
28	ใส่แหวนทองแดงและลูกยาง	29	13.96	STATION 4	190.66
29	นำฟองน้ำชุบน้ำมัน เช็คทำความสะอาดไดชาร์จ	30	15.16		
30	ทำการย้ำสกรูทั้งหมด อีกครั้ง แต้มจุด	31	25.27		
31	ติดแสตมป์ JOB NO.	32	15.36		
32	เตรียมกล่อง	33	45.87		
33	แพ็คเกจ	34	75.04		
34	จัดเก็บ ออกจากระบบ	NONE			
รวม			768.65	4	768.65

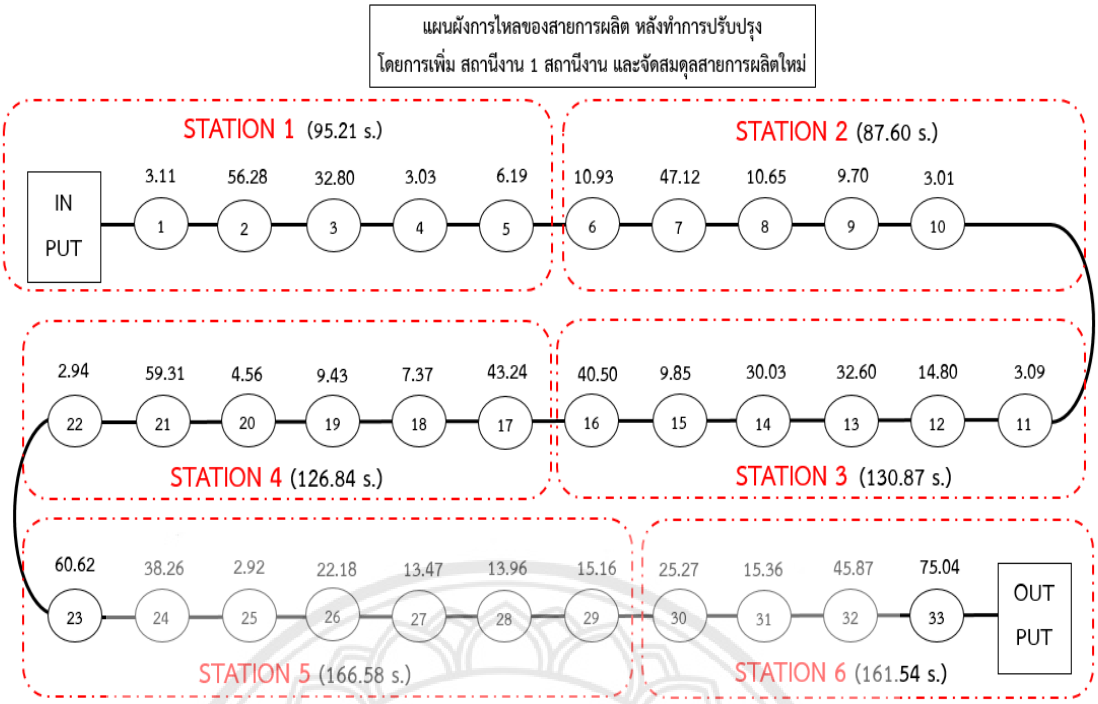
ง.2 รูปแสดงแผนผังการไหล



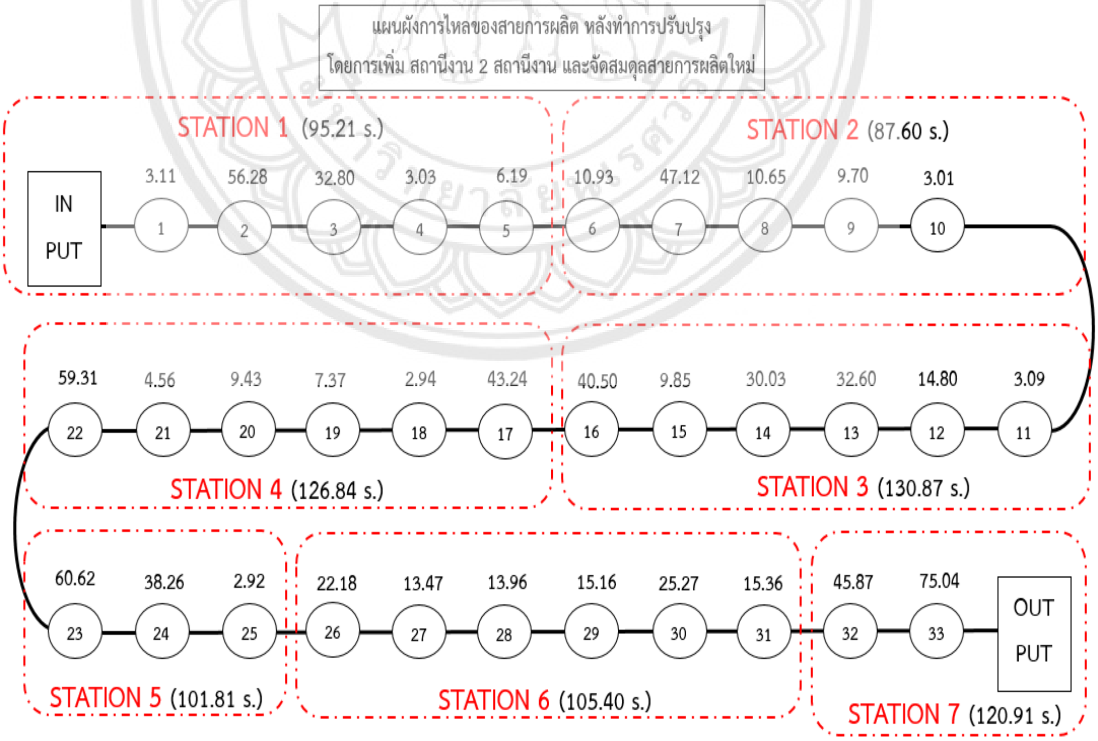
รูปที่ ง.1 แผนผังการไหลของการปรับปรุงตามหลักทฤษฎี



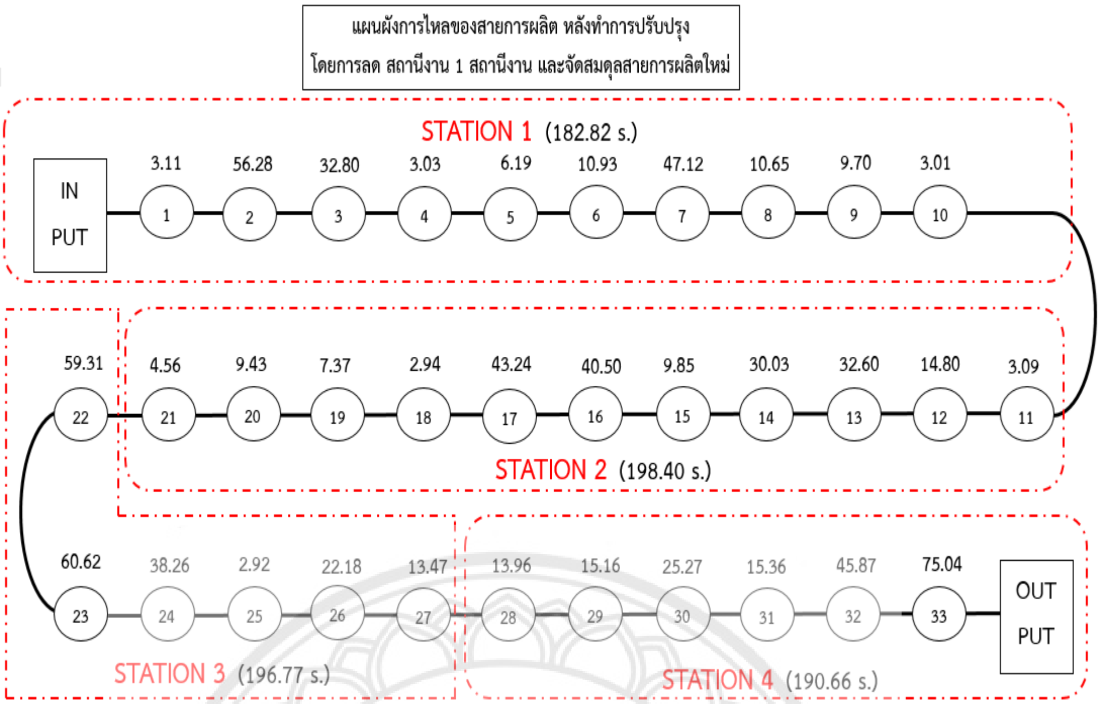
รูปที่ ง.2 แผนผังการไหลของสายการผลิต
หลังทำการปรับปรุง โดยการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่



รูปที่ ง.3 แผนผังการไหลของสายการผลิต
หลังทำการปรับปรุง โดยการเพิ่มสถานีงาน 1 สถานีงาน



รูปที่ ง.4 แผนผังการไหลของสายการผลิต
หลังทำการปรับปรุง โดยการเพิ่มสถานีงาน 2 สถานีงาน



รูปที่ ง.5 แผนผังการไหลของสายการผลิต
หลังทำการปรับปรุง โดยการลดสถานีงาน 1 สถานีงาน

ง.3 ตารางแผนผังขั้นตอนการผลิต (Process chart) ที่ได้จากการจัดสมดุลการผลิตของแต่ละแนวทางการปรับปรุง

ตารางที่ ง.6 แผนผังขั้นตอนการผลิตของการปรับปรุงตามหลักทฤษฎี

FLOW PROCESS CHART					
CHART NO.		SUMMARY			
ACTIVITY: การผลิตรุ่น BIG-M 3001		ACTIVITY	PRESENT	PROPOSE	SAVING
METHOD: PROCESS		OPERATION ○	27		
LOCATION: สายการผลิต PD-5		TRANSPORT ⇨	6		
OPERATOR: 5		DELAY D			
CHART BY:	DATE:	INSPECTION □			
APPROVED BY:	DATE:	STORAGE ▽	1		
		DISTRANCE (m)			
		TIME(s)	768.65		

DESCRIPTION	TIME(s)	DIST(s)	SYMBOL	REM
1. นำสเตเตอร์เข้าสู่ระบบการประกอบฝาหลัง	3.11		○ ➡ D □ ▽	Part to S1
2. นำสเตเตอร์ประกอบกับแผงไดโอด	56.28		● ⇨ D □ ▽	S1.1
3. ทำการบัดกรียึด	32.80		● ⇨ D □ ▽	S1.2
4. นำไปแต้มสีจุดบัดกรี	3.03		○ ➡ D □ ▽	S1.3
5. แต้มสีจุดบัดกรี	6.19		● ⇨ D □ ▽	S1.4
6. ประกอบฝาหลังกับชิ้นงาน	10.93		● ⇨ D □ ▽	S1.5
7. ขันน็อตยึดฝาหลัง 6จุด	47.12		● ⇨ D □ ▽	S1.6
8. เช็คทดสอบ	10.65		● ⇨ D □ ▽	S1.7
9. เช็คซองถ่าน	9.70		● ⇨ D □ ▽	S1.8
10. นำฝาหลังเข้าสู่ระบบการประกอบหลัก	3.09		○ ➡ D □ ▽	S1.9
11. ประกอบฝาหน้ากับลูกปืน	14.80		● ⇨ D □ ▽	S1.10
12. ส่งไป Station 2	3.01		○ ➡ D □ ▽	S1 to S2
13. ขันสกรูปิดลูกปืนกับฝาหน้าและแต้มสี	32.60		● ⇨ D □ ▽	S2.1
14. ประกอบทุ่นกับฝาหน้า	30.03		● ⇨ D □ ▽	S2.2
15. ทาน้ำมันที่แกนทุ่น	9.85		● ⇨ D □ ▽	S2.3
16. ประกอบฝาหลังกับฝาหน้า	40.50		● ⇨ D □ ▽	S2.4
17. ขันสกรูยึดฝาหลังกับฝาหน้าและย้ำหัวน็อต	43.24		● ⇨ D □ ▽	S2.5
18. ใส่มูเล่และใบพัด	7.37		● ⇨ D □ ▽	S2.6
19. ขันสกรูยึดกับตัวไดร์	9.43		● ⇨ D □ ▽	S2.7
20. เป่าลมที่แกน	4.56		● ⇨ D □ ▽	S2.8
21. ส่งไป Station 3	2.94		○ ➡ D □ ▽	S2 to S3
22. ใส่ปั๊มและขันสกรูยึดปั๊มกับตัวไดร์	59.31		● ⇨ D □ ▽	S3.1
23. เอาไดร์เข้าเครื่องทดสอบ	60.62		● ⇨ D □ ▽	S3.2
24. เอาไดร์ออกจากเครื่องทดสอบ	38.26		● ⇨ D □ ▽	S3.3
25. เอาไดร์เข้าเครื่องเช็คหนืด	22.18		● ⇨ D □ ▽	S3.4
26. เอาไดร์ออกจากเครื่องเช็คหนืด	13.47		● ⇨ D □ ▽	S3.5
27. ใส่แหวนทองแดงและลูกยาง	13.96		● ⇨ D □ ▽	S3.6
28. นำฟองน้ำชุบน้ำมัน เช็คทำความสะอาดได	15.16		● ⇨ D □ ▽	S3.7
29. ส่งไป Station 5	2.92		○ ➡ D □ ▽	S3 to S4
30. ทำการย้ำสกรูทั้งหมด อีกครั้ง แต้มจุด	25.27		● ⇨ D □ ▽	S4.1
31. ติดแสตมป์ JOB NO.	15.36		● ⇨ D □ ▽	S4.2
32. เตรียมกล่อง	45.87		● ⇨ D □ ▽	S4.3
33. แพ็คเกจ	75.04		● ⇨ D □ ▽	S4.4
34. จัดเก็บ ออกจากระบบ			○ ⇨ D □ ▼	

ตารางที่ ง.7 แผนผังขั้นตอนการผลิตของการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่

FLOW PROCESS CHART					
CHART NO.		SUMMARY			
ACTIVITY: การผลิตรุ่น BIG-M 3001		ACTIVITY	PRESENT	PROPOSE	SAVING
METHOD: PROCESS		OPERATION ○	27		
LOCATION: สายการผลิต PD-5		TRANSPORT ⇨	6		
OPERATOR: 5		DELAY D			
CHART BY:	DATE:	INSPECTION □			
APPROVED BY:	DATE:	STORAGE ▽	1		
		DISTRANCE (m)			
		TIME(s)	768.65		

DESCRIPTION	TIME(s)	DIST(s)	SYMBOL	REM
1. นำสเตเตอร์เข้าสู่ระบบการประกอบฝาหลัง	3.11		○ ➡ D □ ▽	Part to S1
2. นำสเตเตอร์ประกอบกับแผงไดโอต	56.28		● ⇨ D □ ▽	S1.1
3. ทำการบัดกรียึด	32.80		● ⇨ D □ ▽	S1.2
4. ส่งไป Station 2	3.03		○ ➡ D □ ▽	S1 to S2
5. แต้มสีจุดบัดกรี	6.19		● ⇨ D □ ▽	S2.1
6. ประกอบฝาหลังกับชินงาน	10.93		● ⇨ D □ ▽	S2.2
7. ขันน็อตยึดฝาหลัง 6จุด	47.12		● ⇨ D □ ▽	S2.3
8. เช็คทดสอบ	10.65		● ⇨ D □ ▽	S2.4
9. เช็คซองถ่าน	9.70		● ⇨ D □ ▽	S2.5
10. ส่งไป Station 3	3.01		○ ➡ D □ ▽	S2 to S3
11. นำฝาหลังเข้าสู่ระบบการประกอบหลัก	3.09		○ ➡ D □ ▽	Part to S3
12. ประกอบฝาหน้ากับลูกปืน	14.80		● ⇨ D □ ▽	S3.1
13. ขันสกรูปิดลูกปืนกับฝาหน้าและแต้มสี	32.60		● ⇨ D □ ▽	S3.2
14. ประกอบทุ่นกับฝาหน้า	30.03		● ⇨ D □ ▽	S3.3
15. ทาน้ำมันที่แกนทุ่น	9.85		● ⇨ D □ ▽	S3.4
16. ประกอบฝาหลังกับฝาหน้า	40.50		● ⇨ D □ ▽	S3.5
17. ขันสกรูยึดฝาหลังกับฝาหน้าและย้ำหัวน็อต	43.24		● ⇨ D □ ▽	S3.6
18. ใส่มูเล่และใบพัด	7.37		● ⇨ D □ ▽	S3.7
19. ขันสกรูยึดกับตัวไดร์	9.43		● ⇨ D □ ▽	S3.8
20. เป่าลมที่แกน	4.56		● ⇨ D □ ▽	S3.9
21. ส่งไป Station 4	2.94		○ ➡ D □ ▽	S3 to S4
22. ใส่ปั๊มและขันสกรูยึดปั๊มกับตัวไดร์	59.31		● ⇨ D □ ▽	S4.1
23. เอาไดร์เข้าเครื่องทดสอบ	60.62		● ⇨ D □ ▽	S4.2
24. เอาไดร์ออกจากเครื่องทดสอบ	38.26		● ⇨ D □ ▽	S4.3
25. เอาไดร์เข้าเครื่องเช็คหนีด	22.18		● ⇨ D □ ▽	S4.4
26. เอาไดร์ออกจากเครื่องเช็คหนีด	13.47		● ⇨ D □ ▽	S4.5
27. ส่งไป Station 5	2.92		○ ➡ D □ ▽	S4 to S5
28. ใส่แหวนทองแดงและลูกยาง	13.96		● ⇨ D □ ▽	S5.1
29. นำฟองน้ำชุบน้ำมัน เช็คทำความสะอาดได	15.16		● ⇨ D □ ▽	S5.2
30. ทำการย้ำสกรูทั้งหมด อีกครั้ง แต้มจุด	25.27		● ⇨ D □ ▽	S5.3
31. ติดแสตมป์ JOB NO.	15.36		● ⇨ D □ ▽	S5.4
32. เตรียมกล่อง	45.87		● ⇨ D □ ▽	S5.5
33. แพ็คเกจ	75.04		● ⇨ D □ ▽	S5.6
34. จัดเก็บ ออกจากระบบ			○ ⇨ D □ ▼	

ตารางที่ ง.8 แผนผังขั้นตอนการผลิตของการเพิ่มสถานีงาน 1 สถานีงาน

FLOW PROCESS CHART				
CHART NO.	SUMMARY			
ACTIVITY: การผลิตรุ่น BIG-M 3001	ACTIVITY	PRESENT	PROPOSE	SAVING
METHOD: PROCESS	OPERATION ○	27		
LOCATION: สายการผลิต PD-5	TRANSPORT ⇨	6		
OPERATOR: 5	DELAY D			
CHART BY: DATE:	INSPECTION □			
APPROVED BY: DATE:	STORAGE ▽	1		
	DISTRANCE (m)			
	TIME(s)	768.65		
DESCRIPTION	TIME(s)	DIST(s)	SYMBOL	REM
1. นำสเตเตอร์เข้าสู่ระบบการประกอบฝาหลัง	3.11		○ ➡ D □ ▽	Part to S1
2. นำสเตเตอร์ประกอบกับแผงไดโอด	56.28		● ⇨ D □ ▽	S1.1
3. ทำการบัดกรียึด	32.80		● ⇨ D □ ▽	S1.2
4. ส่งไป Station 2	3.03		○ ➡ D □ ▽	S1 To S2
5. แต้มสีจุดบัดกรี	6.19		● ⇨ D □ ▽	S2.1
6. ประกอบฝาหลังกับชิ้นงาน	10.93		● ⇨ D □ ▽	S2.2
7. ขันน็อตยึดฝาหลัง 6จุด	47.12		● ⇨ D □ ▽	S2.3
8. เช็คทดสอบ	10.65		● ⇨ D □ ▽	S2.4
9. เช็คซองถ่าน	9.70		● ⇨ D □ ▽	S2.5
10. ส่งไป Station 3	3.01		○ ➡ D □ ▽	S2 to S3
11. นำฝาหลังเข้าสู่ระบบการประกอบหลัก	3.09		○ ➡ D □ ▽	Part to S3
12. ประกอบฝาหน้ากับลูกปืน	14.80		● ⇨ D □ ▽	S3.1
13. ขันสกรูปิดลูกปืนกับฝาหน้าและแต้มสี	32.60		● ⇨ D □ ▽	S3.2
14. ประกอบทุ่นกับฝาหน้า	30.03		● ⇨ D □ ▽	S3.3
15. ทาน้ำมันที่แกนทุ่น	9.85		● ⇨ D □ ▽	S3.4
16. ประกอบฝาหลังกับฝาหน้า	40.50		● ⇨ D □ ▽	S3.5
17. ขันสกรูยึดฝาหลังกับฝาหน้าและย้ำหัวน็อต	43.24		● ⇨ D □ ▽	S4.1
18. ใส่มูเล่และใบพัด	7.37		● ⇨ D □ ▽	S4.2
19. ขันสกรูยึดกับตัวไดร์	9.43		● ⇨ D □ ▽	S4.3
20. เป่าลมที่แกน	4.56		● ⇨ D □ ▽	S4.4
21. ใส่ปั้มและขันสกรูยึดปั้มกับตัวไดร์	59.31		● ⇨ D □ ▽	S4.5
22. ส่งไป Station 5	2.94		○ ➡ D □ ▽	S4 to S5
23. เอาไดร์เข้าเครื่องทดสอบ	60.62		● ⇨ D □ ▽	S5.1
24. เอาไดร์ออกจากเครื่องทดสอบ	38.26		● ⇨ D □ ▽	S5.2
26. เอาไดร์เข้าเครื่องเช็คหนีด	22.18		● ⇨ D □ ▽	S5.3
27. เอาไดร์ออกจากเครื่องเช็คหนีด	13.47		● ⇨ D □ ▽	S5.4
28. ใส่แหวนทองแดงและลูกยาง	13.96		● ⇨ D □ ▽	S5.5
29. นำฟองน้ำชุบน้ำมัน เช็คทำความสะอาดได	15.16		● ⇨ D □ ▽	S5.6
25. ส่งไป Station 5	2.92		○ ➡ D □ ▽	S5 to S6
30. ทำการย้ำสกรูทั้งหมด อีกครั้ง แต้มจุด	25.27		● ⇨ D □ ▽	S6.1
31. ติดแสตมป์ JOB NO.	15.36		● ⇨ D □ ▽	S6.2
32. เตรียมกล่อง	45.87		● ⇨ D □ ▽	S6.3
33. แพ็คเกจ	75.04		● ⇨ D □ ▽	S6.4
34. จัดเก็บ ออกจากระบบ			○ ⇨ D □ ▼	

ตารางที่ ง.9 แผนผังขั้นตอนการผลิตของการเพิ่มสถานีงาน 2 สถานีงาน

FLOW PROCESS CHART					
CHART NO.		SUMMARY			
ACTIVITY: การผลิตรุ่น BIG-M 3001		ACTIVITY	PRESENT	PROPOSE	SAVING
METHOD: PROCESS		OPERATION ○	27		
LOCATION: สายการผลิต PD-5		TRANSPORT ⇨	6		
OPERATOR: 5		DELAY D			
CHART BY:	DATE:	INSPECTION □			
APPROVED BY:	DATE:	STORAGE ▽	1		
		DISTRANCE (m)			
		TIME(s)	768.65		

DESCRIPTION	TIME(s)	DIST(s)	SYMBOL	REM
1. นำสเตเตอร์เข้าสู่ระบบการประกอบฝาหลัง	3.11		○ ➡ D □ ▽	Part to S1
2. นำสเตเตอร์ประกอบกับแผงไดโอต	56.28		● ⇨ D □ ▽	S1.1
3. ทำการบัดกรียึด	32.80		● ⇨ D □ ▽	S1.2
4. ส่งไป Station 2	3.03		○ ➡ D □ ▽	S1 To S2
5. แต้มสีจุดบัดกรี	6.19		● ⇨ D □ ▽	S2.1
6. ประกอบฝาหลังกับชินงาน	10.93		● ⇨ D □ ▽	S2.2
7. ขันน็อตยึดฝาหลัง 6จุด	47.12		● ⇨ D □ ▽	S2.3
8. เช็คทดสอบ	10.65		● ⇨ D □ ▽	S2.4
9. เช็คซองถ่าน	9.70		● ⇨ D □ ▽	S2.5
10. ส่งไป Station 3	3.01		○ ➡ D □ ▽	S2 to S3
11. นำฝาหลังเข้าสู่ระบบการประกอบหลัก	3.09		○ ➡ D □ ▽	Part to S3
12. ประกอบฝาหน้ากับลูกปืน	14.80		● ⇨ D □ ▽	S3.1
13. ขันสกรูปิดลูกปืนกับฝาหน้าและแต้มสี	32.60		● ⇨ D □ ▽	S3.2
14. ประกอบทุ่นกับฝาหน้า	30.03		● ⇨ D □ ▽	S3.3
15. ทาน้ำมันที่แกนทุ่น	9.85		● ⇨ D □ ▽	S3.4
16. ประกอบฝาหลังกับฝาหน้า	40.50		● ⇨ D □ ▽	S3.5
17. ขันสกรูยึดฝาหลังกับฝาหน้าและย้ำหัวน็อต	43.24		● ⇨ D □ ▽	S4.1
18. ใส่มูเล่และใบพัด	7.37		● ⇨ D □ ▽	S4.2
19. ขันสกรูยึดกับตัวไดร์	9.43		● ⇨ D □ ▽	S4.3
20. เป่าลมที่แกน	4.56		● ⇨ D □ ▽	S4.4
21. ใส่ปั๊มและขันสกรูยึดปั๊มกับตัวไดร์	59.31		● ⇨ D □ ▽	S4.5
22. ส่งไป Station 5	2.94		○ ➡ D □ ▽	S4 to S5
23. เอาไดร์เข้าเครื่องทดสอบ	60.62		● ⇨ D □ ▽	S5.1
24. เอาไดร์ออกจากเครื่องทดสอบ	38.26		● ⇨ D □ ▽	S5.2
25. ส่งไป Station 6	2.92		○ ➡ D □ ▽	S5 to S6
26. เอาไดร์เข้าเครื่องเช็คหนืด	22.18		● ⇨ D □ ▽	S6.1
27. เอาไดร์ออกจากเครื่องเช็คหนืด	13.47		● ⇨ D □ ▽	S6.2
28. ใส่แหวนทองแดงและลูกยาง	13.96		● ⇨ D □ ▽	S6.3
29. นำฟองน้ำชุบน้ำมัน เช็คทำความสะอาดได	15.16		● ⇨ D □ ▽	S6.4
30. ทำการย้ำสกรูทั้งหมด อีกครั้ง แต้มจุด	25.27		● ⇨ D □ ▽	S6.5
31. ติดแสตมป์ JOB NO.	15.36		● ⇨ D □ ▽	S6.6
32. เตรียมกล่อง	45.87		● ⇨ D □ ▽	S7.1
33. แพ็คเกจ	75.04		● ⇨ D □ ▽	S7.2
34. จัดเก็บ ออกจากระบบ			○ ⇨ D □ ▼	

ตารางที่ ง.10 แผนผังขั้นตอนการผลิตของการลดสถานีงาน 1 สถานีงาน

FLOW PROCESS CHART				
CHART NO.	SUMMARY			
ACTIVITY: การผลิตรุ่น BIG-M 3001	ACTIVITY	PRESENT	PROPOSE	SAVING
METHOD: PROCESS	OPERATION ○	27		
LOCATION: สายการผลิต PD-5	TRANSPORT ⇨	6		
OPERATOR: 5	DELAY D			
CHART BY: DATE:	INSPECTION □			
APPROVED BY: DATE:	STORAGE ▽	1		
	DISTRANCE (m)			
	TIME(s)	768.65		
DESCRIPTION	TIME(s)	DIST(s)	SYMBOL	REM
1. นำสเตเตอร์เข้าสู่ระบบการประกอบฝาหลัง	3.11		○ ➡ D □ ▽	Part to S1
2. นำสเตเตอร์ประกอบกับแผงไดโอต	56.28		● ⇨ D □ ▽	S1.1
3. ทำการบัดกรียึด	32.80		● ⇨ D □ ▽	S1.2
4. นำไปแต้มสีจุดบัดกรี	3.03		○ ➡ D □ ▽	S1.3
5. แต้มสีจุดบัดกรี	6.19		● ⇨ D □ ▽	S1.4
6. ประกอบฝาหลังกับชิ้นงาน	10.93		● ⇨ D □ ▽	S1.5
7. ขันน็อตยึดฝาหลัง 6จุด	47.12		● ⇨ D □ ▽	S1.6
8. เช็คทดสอบ	10.65		● ⇨ D □ ▽	S1.7
9. เช็คซองถ่าน	9.70		● ⇨ D □ ▽	S1.8
10. ส่งไป Station 2	3.01		○ ➡ D □ ▽	S1 to S2
11. นำฝาหลังเข้าสู่ระบบการประกอบหลัก	3.09		○ ➡ D □ ▽	Part to S2
12. ประกอบฝาหน้ากับลูกปืน	14.80		● ⇨ D □ ▽	S2.1
13. ขันสกรูปิดลูกปืนกับฝาหน้าและแต้มสี	32.60		● ⇨ D □ ▽	S2.2
14. ประกอบทุ่นกับฝาหน้า	30.03		● ⇨ D □ ▽	S2.3
15. ทาน้ำมันที่แกนทุ่น	9.85		● ⇨ D □ ▽	S2.4
16. ประกอบฝาหลังกับฝาหน้า	40.50		● ⇨ D □ ▽	S2.5
17. ขันสกรูยึดฝาหลังกับฝาหน้าและย้ำหัวน็อต	43.24		● ⇨ D □ ▽	S2.6
18. ใส่มูเล่และใบพัด	7.37		● ⇨ D □ ▽	S2.7
19. ขันสกรูยึดกับตัวไดร์	9.43		● ⇨ D □ ▽	S2.8
20. เป่าลมที่แกน	4.56		● ⇨ D □ ▽	S2.9
21. ส่งไป Station 3	2.94		○ ➡ D □ ▽	S2 to S3
22. ใส่ปั๊มและขันสกรูยึดปั๊มกับตัวไดร์	59.31		● ⇨ D □ ▽	S3.1
23. เอาไดร์เข้าเครื่องทดสอบ	60.62		◒ ⇨ D □ ▽	S3.2
24. เอาไดร์ออกจากเครื่องทดสอบ	38.26		● ⇨ D □ ▽	S3.3
25. เอาไดร์เข้าเครื่องเช็คหนีด	22.18		● ⇨ D □ ▽	S3.4
26. เอาไดร์ออกจากเครื่องเช็คหนีด	13.47		● ⇨ D □ ▽	S3.5
27. ส่งไป Station 5	2.92		○ ➡ D □ ▽	S3 to S4
28. ใส่แหวนทองแดงและลูกยาง	13.96		● ⇨ D □ ▽	S4.1
29. นำฟองน้ำชุบน้ำมัน เช็คทำความสะอาดได	15.16		● ⇨ D □ ▽	S4.2
30. ทำการย้ำสกรูทั้งหมด อีกครั้ง แต้มจุด	25.27		● ⇨ D □ ▽	S4.3
31. ติดแสตมป์ JOB NO.	15.36		● ⇨ D □ ▽	S4.4
32. เตรียมกล่อง	45.87		● ⇨ D □ ▽	S4.5
33. แพ็คเกจ	75.04		● ⇨ D □ ▽	S4.6
34. จัดเก็บ ออกจากระบบ			○ ⇨ D □ ▼	

ภาคผนวก จ

แบบประเมินความพึงพอใจ

แบบประเมินความพึงพอใจ

การใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อหาแนวทางการปรับปรุง ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต

สายการผลิต PD-5 รุ่น Big-M AL 3001

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย √ ในช่องที่ต้องการ

5 หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด 3 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง 1 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด

4 หมายถึง เห็นด้วยมาก 2 หมายถึง เห็นด้วยน้อย

หัวข้อพิจารณา	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
1. ด้านการจำลองระบบงานจริง					
1.1 แบบจำลองสามารถจำลองขั้นตอนในกระบวนการผลิตได้สอดคล้องกับระบบงานจริงตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้น					
1.2 ขั้นตอนของกระบวนการในแบบจำลองมีขั้นตอนที่เป็นไปตามระบบงานจริงตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้น					
1.3 ข้อมูลเวลาในแบบจำลองมีค่าเหมือนหรือใกล้เคียงระบบงานจริง					
1.4 ลักษณะของของการเก็บข้อมูลมีการกระจายของการเก็บข้อมูลเพียงพอ					
2. ด้านข้อมูล					
2.1 เวลาในการทำงานของแต่ละขั้นตอนตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้น					
2.2 จำนวนคนงานและเครื่องจักร					
2.3 จำนวนสถานีงาน					
3. ด้านการใช้งานแบบจำลอง					
3.1 แบบจำลองสามารถใช้งานได้ง่าย					
3.2 แบบจำลองสามารถใช้งานได้จริงตามวัตถุประสงค์					
3.3 แบบจำลองสามารถปรับเปลี่ยนตามแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตได้สอดคล้องกับระบบงานจริง					
4. ด้านประสิทธิภาพของแบบจำลอง					
4.1 แบบจำลองสามารถแสดงการเคลื่อนที่ของชิ้นงานได้สอดคล้องกับระบบงานจริง					
4.2 แบบจำลองสามารถแสดงผลของกระบวนการทำงานเชิงสถิติได้สอดคล้องกับระบบงานจริง					
4.3 แบบจำลองสามารถหาแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตและนำมาแสดงผลเชิงสถิติได้					

ปัญหา / ข้อเสนอแนะอื่นๆ

....

....

....

....

....

....

....

....

....

มหาวิทยาลัยนเรศวร