สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การวิเคราะห์จำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่เหมาะสม ด้วยแบบจำลองปัญหา กรณีศึกษา โรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์

นายโดม เศรษฐตานนท์

นางสาวทรรศนีย์ ปิติสุวรรณรัตน์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 62004
วัน,เดือน,ปี 25 ต.ค. 2549

b.11604191
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANALYSIS OF AN APPROPRIATE NUMBER OF MAGAZINES BY SIMULATION APPROACH: A CASE STUDY IN AN ELECTRONIC PART MANUFACTURING PLANT

MR. DOME SETTHATANON

MISS THASSANEE PITISUWANNARAT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การวิเคราะห์จำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่เหมาะสมด้วยแบบจำลองปัญหา กรณีศึกษา โรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ ANALYSIS OF AN APPROPRIATE NUMBER OF MAGAZINES BY SIMULATION APPROACH: A CASE STUDY IN AN ELECTRONIC PART MANUFACTURING PLANT
นักศึกษา	นายโคม เศรษฐตานนท์ รหัสประจำตัว 44010709 นางสาวทรรศนีย์ ปิติสุวรรณรัตน์ รหัสประจำตัว 44010714
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	

(ดร.สิทธิพร พิมพ์สกุล)

(อาจารย์เชาวลิต หามนตรี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การวิเคราะห์จำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่เหมาะสมด้วยแบบจำลองปัญหา กรณีศึกษา: แผนกชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์
นักศึกษา	นายโดม เศรษฐตานนท์ นางสาวทรรศนีย์ ปิติสุวรรณรัตน์
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2547
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ดร. สิทธิพร พิมพ์สกุล อาจารย์ เชาวลิต หามนตรี

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการค้นหาขนาดของแมกกาซีนที่เหมาะสม สำหรับกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ โดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์ เพื่อศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมของรูปแบบการผลิตที่กำหนด วัตถุประสงค์ของการทดลองคือการหาขนาดของแมกกาซีนที่เหมาะสม โดยทำการทดลองกับผลิตภัณฑ์จำนวน 16 ประเภท ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ แบบจำลองสามารถใช้ในการวิเคราะห์ผลลัพธ์ของปัญหา และแสดงถึงจำนวนแมกกาซีนที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Analysis of an Appropriate Number of Magazines by Simulation Approach: A Case Study in an Electronic Part Manufacturing Plant
Student	Mr. Dome Setthatanon Miss Thassanee Pitisuwannarat
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2004
Thesis Advisor	Dr. Sittiporn Pimsakul Mr. Chouwalit Hamontree

ABSTRACT

This thesis is study the methodology and investigates an appropriate magazines in electronics part manufacturing department with simulation model. The objective is to learn about its behavior and determine the optimal magazines by applying analysis to electronics part 16 model. The result from the simulation run can be summarized, as program can be analyzed the problem and shown an appropriate magazine.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่องการวิเคราะห์จำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่เหมาะสมในโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคลทุกคนที่มีส่วนเกี่ยวข้องส่งผลให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ดร.สิทธิพร พิมพ์สกุล อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับการให้โอกาสในการศึกษาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งความรู้ คำแนะนำ ความช่วยเหลือและความเอาใจใส่ในทุกๆด้านตลอดเวลาที่ผ่านมา

อาจารย์เชาวลิต หามนตรี อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับการให้โอกาสในการศึกษาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งความรู้ คำแนะนำ ความช่วยเหลือและความเอาใจใส่ในทุกๆด้านตลอดเวลาที่ผ่านมา

รศ.พรศักดิ์ อรรถวานิช หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับการให้โอกาสในการศึกษาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ คำแนะนำ ความเอาใจใส่และทุกสิ่งทุกอย่างตลอดการศึกษาระดับปริญญาตรี ในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ

ผศ.ดร.สรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์ กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับคำแนะนำ กำลังใจในการทำงาน ความเอาใจใส่ ความช่วยเหลือในทุกๆด้านและทุกสิ่งทุกอย่างตลอดการศึกษาระดับปริญญาตรี ในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์พลชัย โชติปรายนกุล กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับความรู้ คำแนะนำ และความช่วยเหลือทุกๆด้าน

ดร.กรรณชัย กัลยาศิริ กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับความรู้ และความช่วยเหลือทุกๆด้าน

อาจารย์กิตติวัฒน์ สิริเกษมสุข กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับความรู้ และความช่วยเหลือทุกๆด้าน

ขอบพระคุณพี่ ๆ ที่โรงงานกรณีศึกษาของโครงงานนี้ สำหรับการให้โอกาส ความช่วยเหลือทางด้านข้อมูลและคำแนะนำต่าง ๆ จนทำให้ปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วง

นายโดม เศรษฐตานนท์

นางสาวทรรศนีย์ ปิติสุวรรณรัตน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูป ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 หัวข้อที่จะอธิบายในบทนี้ 1

1.2 ความสำคัญของโครงงาน 1

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

1.4 ขอบเขตการศึกษา 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หัวข้อที่จะอธิบายในบทนี้ 4

2.2 การจำลองแบบปัญหา 4

2.2.1 หลักการเบื้องต้น 4

2.2.2 ระบบงานและแบบจำลอง 5

2.3 ประเภทของแบบจำลองในการจำลองแบบปัญหา 6

2.3.1 แบบจำลองปัญหาจำแนกตามความแตกต่างของระบบงาน 6

2.3.1.1 แบบจำลองทางกายภาพ 6

2.3.1.2 แบบจำลองทางสัญลักษณ์ 7

2.3.2 แบบจำลองปัญหาจำแนกตามชนิดของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ถูกใช้เพื่อปฏิบัติงานกับแบบจำลอง 7

2.3.2.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ชนิดอนาลอก 7

2.3.2.2 เครื่องคอมพิวเตอร์ชนิดดิจิตอล 7

2.3.2.3 เครื่องคอมพิวเตอร์ชนิดไฮบริดจ์ 7

2.3.3 แบบจำลองปัญหาจำแนกตามการยอมรับต่อความผันแปรอย่างสุ่มที่เกิดขึ้นในระบบงานจริงที่ถูกจำลองขึ้น 7

2.3.3.1 แบบจำลองที่มีความผันแปรอย่างแน่นอน หรือตายตัว 7

2.3.3.2 แบบจำลองที่มีความผันแปรอย่างไม่แน่นอน 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

2.3.4 แบบจำลองปัญหาจำแนกตามความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับเวลา 8
2.3.4.1 แบบจำลองชนิดพลวัต 8
2.3.4.2 แบบจำลองชนิดสถิต 8
2.3.5 แบบจำลองปัญหาจำแนกตามชนิดการเปลี่ยนแปลงของสถานภาพ ภายในระบบงานที่ถูกจำลองขึ้น 8
2.3.5.1 แบบจำลองที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพภายในเป็นช่วง 8
2.3.5.2 แบบจำลองที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพภายในอย่างต่อเนื่อง 8
2.3.5.3 แบบจำลองที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพในแบบผสมผสาน 8
2.4 การประยุกต์ใช้งานของการจำลองแบบปัญหา 13
2.5 ข้อดีและข้อเสียของการใช้การจำลองแบบปัญหา 15
2.5.1 ข้อดีของการใช้การจำลองแบบปัญหา 15
2.5.2 ข้อเสียของการใช้การจำลองแบบปัญหา 16
2.6 การวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า 17
2.6.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล 17
2.6.2 การจัดรูปแบบแจกแจงความน่าจะเป็นให้ข้อมูลนำเข้า 17
2.6.2.1 การจัดทำกราฟแท่ง 17
2.6.2.2 การทำนายรูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นในกราฟแท่ง 17
2.6.2.3 การประมาณค่าพารามิเตอร์ 17
2.6.2.4 การทดสอบสาระรูปสนิทดี 18
2.7 การประมาณค่า 19
2.7.1 ชนิดของการประมาณค่า 19
2.7.1.1 การประมาณค่าแบบจุด 19
2.7.1.2 การประมาณค่าแบบช่วง 19
2.7.2 การประมาณค่าเฉลี่ยประชากรเดียว 20
2.7.2.1 การประมาณค่าเฉลี่ยประชากรเดียวแบบจุด 20
2.7.2.2 การประมาณค่าเฉลี่ยประชากรเดียวแบบช่วง 20
2.7.3 การหาขนาดตัวอย่าง 22
2.7.4 การประมาณค่าผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยประชากรของสองประชากรเมื่อสุ่มตัวอย่างเป็นอิสระกัน 23
2.7.4.1 การประมาณค่าผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยประชากรของสองประชากรแบบจุด 23
2.7.4.2 การประมาณค่าผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยประชากรของสองประชากรแบบช่วง 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

2.7.5 การประมาณค่าความแปรปรวนของสองประชากร 25

บทที่ 3 การดำเนินงาน

3.1 บทนำ 26
3.2 หัวข้อที่จะอธิบายในบทนี้ 27
3.3 ขั้นตอนในการดำเนินงานโดยการจำลองแบบปัญหา 27
3.3.1 กำหนดปัญหา 27
3.3.2 กำหนดวัตถุประสงค์ 28
3.3.3 การเตรียมและรวบรวมข้อมูล 29
3.3.4 การออกแบบ และสร้างแบบจำลองปัญหา 29
3.3.5 การตรวจสอบความถูกต้อง และการสนองตอบต่อระบบงานจริง 30
3.3.6 การดำเนินการทดลอง และแปรความหมายของผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองปัญหา 30
3.3.7 สรุปผลและนำมาทดลองปฏิบัติ 31
3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองปัญหา 31
3.4.1 เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์และเครื่องพิมพ์ 31
3.4.2 โปรแกรมสำเร็จรูปทางด้านการจำลองแบบปัญหา 31
3.4.3 แบบฟอร์มบันทึกข้อมูล 32
3.5 เหตุผลของการศึกษากระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ 33
3.6 ข้อสมมติฐาน ขอบเขต และข้อจำกัดในการสร้างแบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ 33
3.7 ข้อมูลนำเข้าสำหรับแบบจำลองปัญหาในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ 35
3.7.1 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Die Attach ในแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ 35
3.7.2 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Cure ในแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ 36
3.7.3 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Die Attach with Snap Cure ในแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ 36
3.7.4 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Mold Dual 4 ในแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ 37
3.7.5 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Mold Pro 8 ในแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

3.7.6 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Wire Bond ในแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ 38
3.8 การสร้างแบบจำลองปัญหา สำหรับกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ 38
3.8.1 รูปแบบของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ 39
3.8.1.1 รูปแบบที่ 1 39
3.8.1.2 รูปแบบที่ 2 39
3.8.1.3 รูปแบบที่ 3 39
3.8.2 แนวคิดในการออกแบบ และสร้างแบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ 39
3.8.2.1 การสร้างแบบจำลองปัญหารูปแบบที่ 1 39
3.8.2.2 การสร้างแบบจำลองปัญหารูปแบบที่ 2 40
3.8.2.3 การสร้างแบบจำลองปัญหารูปแบบที่ 3 41
3.8.3 คำอธิบายของชื่อต่างๆ ที่ใช้ในโครงร่างแบบจำลอง สำหรับแบบจำลองปัญหา 42
3.9 ผลลัพธ์ของแบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ 43
3.10 สรุป 43

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

4.1 หัวข้อที่จะอธิบายในบทนี้ 44
4.2 การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองปัญหา 44
4.2.1 การหาขนาดตัวอย่าง 44
4.2.2 การทดสอบสมมติฐาน 45
4.2.2.1 การทดสอบด้วย F-test 45
4.2.2.2 การทดสอบด้วย t–test 46
4.3 ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองปัญหา 47
4.4 สรุป 47

บทที่ 5 สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

5.1 หัวข้อที่จะอธิบายในบทนี้ 49
5.2 สรุปผลของโครงงาน 49
5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับโครงงาน 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

หนังสืออ้างอิง 51

ภาคผนวก ก ..... ผก 1

ภาคผนวก ข ..... ผข 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 จำนวนลูกค้าที่เข้ามาติดต่อร้านค้า 18
ตารางที่ 3.1 แสดงแบบฟอร์มบันทึกข้อมูลเวลาของเครื่องจักร 32
ตารางที่ 3.2 แสดงจำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละผลิตภัณฑ์ 34
ตารางที่ 3.3 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Die Attach 35
ตารางที่ 3.4 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Cure 36
ตารางที่ 3.5 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Die Attach with Snap Cure 36
ตารางที่ 3.6 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Mold Dual 4 37
ตารางที่ 3.7 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Mold Pro 8 37
ตารางที่ 3.8 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Wire Bond 38
ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่ได้จากแบบจำลองปัญหาเปรียบเทียบกับจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่ใช้ในระบบของกระบวนการผลิตจริง 46
ตารางที่ 4.2 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองปัญหา 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 แนวทางต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษาระบบงานที่มีความแตกต่างกัน 9
รูปที่ 2.2 รูปแบบการแจกแจงในกราฟ 18
รูปที่ 3.1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองปัญหา 28
รูปที่ 3.2 การทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Die Attach 29
รูปที่ 3.3 แบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ L 30
รูปที่ 3.4 รูปแบบหน้าต่างการทำงานของโปรแกรมไซมูล 8 31
รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการผลิตรูปแบบที่ 1 39
รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการผลิตรูปแบบที่ 2 39
รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการผลิตรูปแบบที่ 3 39
รูปที่ 3.8 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองปัญหาของผลิตภัณฑ์ L 40
รูปที่ 3.9 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองปัญหาของผลิตภัณฑ์ D 41
รูปที่ 3.10 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองปัญหาของผลิตภัณฑ์ E 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หัวข้อที่จะอธิบายในบทนี้

1. ความสำคัญของโครงงาน
2. วัตถุประสงค์ของโครงงาน
3. ขอบเขตการศึกษา
4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.2 ความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากในปัจจุบัน ธุรกิจอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ภายในประเทศได้เจริญเติบโตขึ้น ตามการเติบโตของอุตสาหกรรมประเภทอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ทางด้านอิเลคทรอนิกส์ อาทิเช่น อุตสาหกรรมประกอบรถยนต์ อุตสาหกรรมผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า อุตสาหกรรมผลิตเครื่องคอมพิวเตอร์ ฯลฯ ส่งผลให้ปริมาณความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์ทางด้านอิเลคทรอนิกส์มีจำนวนเพิ่มขึ้น บริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์หลายราย จึงได้พยายามเร่งผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์เพื่อตอบสนองต่อปริมาณความต้องการของตลาด ทำให้เกิดการแข่งขันในธุรกิจอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์สูงขึ้น ซึ่งปัจจุบันโรงงานที่ผู้วิจัยใช้เป็นกรณีศึกษานี้กำลังประสบปัญหา ไม่สามารถผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ได้ทันความต้องการของลูกค้า จากการศึกษาข้อมูลในอดีตพบว่าสายการผลิตของโรงงานนี้ ใช้ภาชนะลำเลียงชิ้นงานเป็นอุปกรณ์ในการลำเลียงชิ้นงานระหว่างกระบวนการ เมื่อปริมาณการสั่งซื้อของลูกค้าเพิ่มขึ้น ภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่ใช้ในการดำเนินงานมีไม่เพียงพอในการผลิต ส่งผลให้ไม่สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้ตามกำหนด ถึงแม้ว่าเหตุการณ์ที่ภาชนะลำเลียงชิ้นงานมีไม่เพียงพอในการผลิตเกิดขึ้นไม่บ่อยครั้งนัก แต่ก็มีผลทำให้ความเชื่อมั่นและความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อโรงงานลดลง ในภาวะที่มีการแข่งขันที่สูงเช่นนี้ โรงงานอาจเสียโอกาสในการดำเนินธุรกิจได้ อีกทั้งเมื่อมีการวางแผนเพื่อเพิ่มสายการผลิตของผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ จะต้องมีการสั่งซื้อภาชนะลำเลียงชิ้นงานสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดนั้นด้วย สำหรับภาชนะลำเลียงชิ้นงานนั้น โรงงานผู้ผลิตจะผลิตก็ต่อเมื่อมีการสั่งซื้อ ทั้งยังเป็นการนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้เสียเวลานานในการที่จะได้ภาชนะลำเลียงชิ้นงานมาใช้ดำเนินงานให้ทันตามความต้องการ ซึ่งถ้าหากโรงงานสั่งซื้อมาไม่เพียงพอกับความต้องการ ก็จะต้องสั่งซื้อเพิ่มอีกทำให้เสียเวลา โอกาสในการทำรายได้และค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ แต่ถ้าโรงงานสั่งซื้อมาในจำนวนมากเกินความจำเป็นในการดำเนินงานจะก่อให้เกิดต้นทุนจมในส่วนของภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่ไม่ได้ใช้งาน ปัจจุบันทางโรงงานพยายามค้นหาเครื่องมือที่จะช่วยในการคำนวณหาจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่ควรจะใช้ในกระบวนการผลิต

เนื่องจากระบบการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ เป็นการดำเนินงานที่มีปัจจัยต่างๆ เข้ามาเกี่ยวข้องมาก และมีความสัมพันธ์กันเป็นอย่างมาก รวมทั้งระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์นั้นไม่สามารถที่จะหาเวลามาตรฐานได้อย่างแน่นอน ทั้งนี้เป็นเพราะว่าความชำนาญของพนักงานแต่ละคนในการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องจักรมีความแตกต่างกัน เกิดการชำรุดขัดข้องของเครื่องจักรแต่ละกระบวนการในสายการผลิตซึ่งต้องรอการซ่อมแซม เวลาการเดินทางของพนักงานระหว่างกระบวนการเพื่อลำเลียงภาชนะลำเลียงชิ้นงานไม่มีความแน่นอนและปัจจัยอื่นๆอีกมาก ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องมีเครื่องมือมาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลให้เกิดความแม่นยำและใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด เพื่อที่จะกำหนดเป็นเวลามาตรฐานในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ รวมทั้งจะต้องมีการออกแบบแบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ เพื่อวิเคราะห์หาจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่เหมาะสมในการดำเนินงานโดยการนำวิธีการจำลองแบบปัญหา (Simulation Method) มาใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการออกแบบแบบจำลองปัญหาเพื่อวิเคราะห์หาจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่เหมาะสม ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่จะถูกนำมาใช้สำหรับพนักงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการสั่งซื้อภาชนะลำเลียงชิ้นงาน

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อออกแบบและสร้างแบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์
2. เพื่อวิเคราะห์จำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการผลิตในปัจจุบัน
3. เป็นแนวทางในการวิเคราะห์จำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ใหม่ในอนาคต

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1. การทำวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ โดยการใช้วิธีการการจำลองแบบปัญหา เพื่อจะวิเคราะห์ว่าในสายการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์ต้องการใช้ภาชนะลำเลียงชิ้นงานเป็นจำนวนเท่าใดจึงจะทำให้การสั่งซื้อภาชนะลำเลียงชิ้นงานมีประสิทธิภาพ

2. การศึกษาแบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์นี้ ได้ศึกษาเกี่ยวกับขั้นตอนการติดตัว Die ลงบน Lead Frame โดยเครื่อง Die Attach ขั้นตอนการติดตัว Die ลงบน Lead Frame โดยเครื่อง Die Attach with Snap Cure ขั้นตอนการอบโดยเครื่อง Oven ขั้นตอนการอบโดยเครื่อง Cure ขั้นตอนการเชื่อมวงจรโดยเครื่อง Wire Bond และขั้นตอนการฉีดสารห่อหุ้ม Die โดยเครื่อง Mold ซึ่งมีสายการผลิตทั้งหมด 16 สายการผลิตตามชนิดผลิตภัณฑ์

3. การวิเคราะห์แบบจำลองแบบปัญหาในการทำปริญญานิพนธ์นี้ ได้ใช้โปรแกรมการจำลองแบบปัญหา (Simulation Program) ชื่อ ไซมูล 8 (SIMUL8) ซึ่งเป็นโปรแกรมทรัพย์สินทางปัญญา (Patent Software) โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรมนี้ จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากระบบงานที่เป็นอยู่จริง

4. ในการวิเคราะห์ข้อมูลและนำข้อมูลมาใช้ประกอบ เพื่อสร้างเป็นแบบจำลองปัญหา (Simulation Model) สำหรับใช้ในการหาผลลัพธ์ต่างๆ ที่ได้จากการจำลองแบบปัญหาจะเป็นข้อมูลที่ได้จากความสัมพันธ์ในขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ที่เป็นอยู่จริง และข้อมูลที่ได้นำมาใช้ประกอบเพื่อสร้างแบบจำลองปัญหานั้น ได้ผ่านกระบวนการประมวลผลด้วยโปรแกรมทางสถิติ ชื่อสแตท ฟิท (Stat Fit) เพื่อหารูปแบบของการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลที่ถูกต้องและใกล้เคียงกับความเป็นจริง

5. การทำวิจัยนี้ จะไม่นำปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ ซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ มาใช้ประกอบในการจำลองแบบปัญหา อาทิเช่น การหยุดทำงานของเครื่องจักรอันเกิดจากความขัดข้อง (Machine Down) การปรับเปลี่ยนเครื่องจักรเพื่อใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆ

6. การจำลองแบบปัญหาของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์นี้ จะไม่นำระยะเวลาในการทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิจกรรมอื่นๆ ของพนักงานที่อยู่นอกเหนือจากขั้นตอนการทำงานจริงมาพิจารณา เพราะว่ามีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตโดยรวม ซึ่งสามารถตัดทิ้งได้โดยไม่มีผลกระทบต่อผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองแบบปัญหา

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ค้นหาจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่เหมาะสมในสายการผลิต
2. เป็นเครื่องมือในการวางแผนสั่งซื้อภาชนะลำเลียงชิ้นงานเมื่อมีการเพิ่มสายการผลิตของผลิตภัณฑ์ใหม่
3. หลีกเลี่ยงค่าใช้จ่ายและเวลาที่จะเสียไปกับการสั่งซื้อภาชนะลำเลียงชิ้นงาน
4. เป็นแนวทางสำหรับการศึกษาวิจัยและประยุกต์ใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ในการวิเคราะห์และแก้ปัญหาในอุตสาหกรรมที่คล้ายคลึงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หัวข้อที่จะอธิบายในบทนี้

1. การจำลองแบบปัญหา
2. ประเภทของแบบจำลองในการจำลองแบบปัญหา
3. การประยุกต์ใช้งานของการจำลองแบบปัญหา
4. ข้อดีและข้อเสียของการใช้การจำลองแบบปัญหา
5. การวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า
6. การประมาณค่า

2.2 การจำลองแบบปัญหา

2.2.1 หลักการเบื้องต้น

การจำลองแบบปัญหา (Simulation) เป็นวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพอย่างมาก ที่นำมาช่วยสำหรับการทำการศึกษาและวิเคราะห์หาผลลัพธ์ เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในด้านต่างๆ ซึ่งมีระบบหรือขั้นตอนการทำงานที่มีความยุ่งยากซับซ้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในสภาพของธุรกิจโลกปัจจุบันที่มีการแข่งขันกันอย่างรุนแรงในทุกๆด้าน การจำลองแบบปัญหาจึงกลายเป็นวิธีการอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญ และมีความเหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้งาน เพื่อช่วยในด้านการวิเคราะห์ การออกแบบ การวางแผน การควบคุมงานและอื่นๆ อีกมากมาย สำหรับระบบงานต่างๆ ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับการตัดสินใจของผู้บริหารระดับสูงและในปัจจุบันนี้การจำลองแบบจำลองปัญหาถูกมองว่า เป็นศาสตร์แห่งวิธีการในการแก้ไขปัญหาที่ขาดไม่ได้สำหรับวิศวกร นักออกแบบระบบ และผู้บริหารระดับสูง

คำนิยามของการจำลองแบบปัญหา ได้มีผู้ให้ความหมายของการจำลองแบบปัญหา ไว้หลาย ๆ อย่าง

Webster's Collegiate Dictionary ได้ให้ความหมายไว้ คือ "การปลอมแปลงเพื่อที่จะได้รับแก่นสารที่สำคัญของปัญหาโดยปราศจากความมีอยู่จริง"

Schriber (1987) ได้ให้ความหมายไว้คือ "การจำลองแบบปัญหาจะเกี่ยวข้องกับการสร้างต้นแบบ (Modeling) ของกระบวนการหรือของระบบในแนวทางซึ่งต้นแบบนั้นจะจำลองลอกแบบผลตอบสนองของระบบอย่างแท้จริง สำหรับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในเวลานั้น"

กมล เภาพิจิตร (2517) ได้ให้คำจำกัดความ คือ "การแสร้งทำ หรือการกระทำที่ดูเหมือนว่าสถานการณ์นั้นเป็นจริง"

Shannon (1975) ได้ให้คำจำกัดความของการจำลองแบบปัญหาซึ่งเป็นที่ยอมรับว่า สามารถครอบคลุมความหมายได้เหมาะสมที่สุด คือ "กระบวนการออกแบบแบบจำลอง (Model) ของระบบงานจริง แล้วดำเนินการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองใช้แบบจำลองนั้น เพื่อการเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงาน หรือเพื่อประเมินผลการใช้กลยุทธ์ต่าง ๆ ในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้"

การจำลองแบบปัญหา ตามแนวความคิดของเพ็กเดนและชานอน (Pegden and Shannon,1991) ได้จัดแบ่งกระบวนการของการจำลองแบบปัญหา ออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ คือ การสร้างแบบจำลองและการนำเอาแบบจำลองนั้นไปใช้งานเชิงวิเคราะห์ ซึ่งจะต้องรวมเอาสองส่วนนี้เข้าด้วยกัน ดังนั้น กลไกของวิธีการของการจำลองแบบปัญหาขึ้นอยู่กับแบบจำลองและการใช้แบบจำลอง แบบจำลองที่ใช้ในการจำลองแบบปัญหาอาจจะเป็นระบบงานหรือเป็นแนวความคิดลักษณะใดลักษณะหนึ่ง ซึ่งไม่จำเป็นต้องเหมือนกับระบบงานจริง แต่จะต้องสามารถช่วยให้เข้าใจในระบบงานจริง ฉะนั้น การจำลองแบบปัญหาจะเน้นถึงการสร้างแบบจำลองและการทดลองเพื่อศึกษาปัญหาต่าง ๆ ที่ต้องการเรียนรู้และแสดงผลลัพธ์ออกมาเป็นค่าทางสถิติ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ ตาม 3 หัวข้อดังนี้

1. สามารถอธิบายถึงพฤติกรรมของระบบ
2. สามารถจะสร้างทฤษฎีหรือสมมติฐานที่จะอธิบายหรือแสดงถึงสาเหตุสำหรับพฤติกรรมที่กำลังสังเกตอยู่
3. ใช้ต้นแบบที่จำลองขึ้นนี้ เพื่อจะพยากรณ์ถึงพฤติกรรมในอนาคต ตัวอย่าง เช่น ผลกระทบที่เกิดขึ้น เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของระบบหรือวิธีการในการดำเนินงานของระบบ

Law and Kelton (1991) ได้กล่าวไว้ว่า การจำลองแบบปัญหาเป็นหลักวิชาตัวหนึ่ง ที่ถูกใช้งานอย่างแพร่หลายมากที่สุดในศาสตร์แห่งการจัดการ และการวิจัยดำเนินงาน จากการสำรวจผู้ที่เรียนสำเร็จได้รับปริญญาจากแผนกวิจัยดำเนินงานที่มหาลัย Case Western Reserve University พบว่าในกลุ่มของผู้ได้รับปริญญาโท การจำลองแบบปัญหาถูกจัดประเภทให้อยู่ในลำดับที่ 5 ในจำนวน 15 ลำดับ ที่มีเนื้อหาทางด้านคุณค่าในการนำไปใช้ประโยชน์ ภายหลังจากการเรียนสำเร็จได้รับปริญญา ซึ่งมีลำดับถัดมาจากวิธีการเชิงสถิติ (Statistical Method) การพยากรณ์ (Forecasting) การวิเคราะห์ระบบ (Systems Analysis) และระบบข้อมูลข่าวสาร (Information Systems)· สำหรับในกลุ่มของผู้ได้รับปริญญาเอก การจำลองแบบปัญหา พร้อมกับการแก้ปัญหาด้วยโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) ถูกจัดวางลำดับเป็นที่ 2 ต่อจากวิธีการเชิงสถิติ

2.2.2 ระบบงานและแบบจำลอง

องค์ประกอบที่เป็นกลไกอันสำคัญในการจำลองแบบปัญหาให้ประสบผลสำเร็จ ก็คือแบบจำลอง การที่จะสามารถสร้างแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง เพื่อนำไปใช้ในการจำลองแบบปัญหา จำเป็นต้องเรียนรู้และทำความเข้าใจโดยละเอียดเกี่ยวกับระบบงานจริงนั้น ๆ เป็นอย่างดีเสียก่อน เพราะว่าสิ่งนี้ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญต่อการสร้างแบบจำลองและการนำแบบจำลองไปใช้งาน ดังนั้น ผู้ที่ไม่มีความรู้ความเข้าใจในระบบงานจริงอย่างแท้จริง จะไม่สามารถสร้างแบบจำลองเพื่อใช้เป็นตัวแทนระบบงานจริงนั้นๆ ได้ เหตุผลที่เราจะต้องใช้แบบจำลอง ก็เพราะว่าเราต้องการที่จะเรียนรู้บางสิ่งเกี่ยวกับระบบงานจริงบางระบบ ซึ่งเราไม่สามารถที่จะสังเกต หรือทำการทดลองกับระบบงานจริงโดยตรงได้ ไม่ว่าจะเป็นเพราะด้วยระบบยังไม่ได้มีอยู่จริง หรือเป็นเพราะด้วยความยากลำบากมากไปที่จะปฏิบัติด้วยความชำนาญได้ แบบจำลองที่ได้ถูกคิดขึ้นมาด้วยความระมัดระวัง จะสามารถช่วยขจัดความซับซ้อนของระบบงานจริงให้ลดลงได้

ระบบงาน (System) หมายถึง กลุ่มขององค์ประกอบ (Elements) ที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และมีความร่วมมือประสานงานกัน เพื่อให้ได้ผลสำเร็จในวัตถุประสงค์บางอย่างของระบบงานนั้นๆ สิ่งสำคัญในการศึกษาระบบงาน ก็คือ การกำหนดขอบเขตของระบบงาน (System Boundaries) ซึ่งจะประกอบด้วย การกำหนดองค์ประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของระบบงาน การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ และการกำหนดองค์ประกอบอื่นๆ ที่อยู่นอกระบบงานแต่ส่งผลกระทบต่อการปฏิบัติการของระบบงาน ซึ่งเรียกโดยรวมว่า ภาวะแวดล้อมของระบบงาน (System Environment) นอกจากการกำหนดขอบเขตของระบบงานแล้ว ยังจำเป็นต้องกำหนดลักษณะเฉพาะตัว (Attributes) ขององค์ประกอบต่าง ๆ ทั้งองค์ประกอบภายในระบบงาน และองค์ประกอบภายนอกระบบงาน ซึ่งลักษณะเฉพาะตัวนี้จะทำให้เกิดกิจกรรม และกิจกรรมบางอย่างภายใต้เงื่อนไขบางข้อ ก็จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบงาน (System Status)

ประเภทของระบบงาน เพื่อนำไปใช้ในการจำลองแบบปัญหา สามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ตามลักษณะการเปลี่ยนสถานภาพของระบบงาน (ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ,2532) ได้ดังนี้

1. ระบบต่อเนื่อง (Continuous Systems) คือ การเปลี่ยนสถานภาพของระบบงานเป็นการเปลี่ยนไปตามเวลาอย่างต่อเนื่อง ไม่สามารถแยกเวลา ณ จุดใดจุดหนึ่งได้ เช่น การเคลื่อนที่ผ่านในอากาศของเครื่องบิน เพราะว่า ตำแหน่งและความเร็วเปลี่ยนแปลงตามเวลา

2. ระบบไม่ต่อเนื่องหรือระบบเป็นช่วง (Discrete Systems) คือ การเปลี่ยนสถานภาพของระบบงานเป็นไปอย่างไม่ต่อเนื่อง โดยจะเกิดขึ้นที่ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งไม่ต่อเนื่อง เช่น การเข้ามาใช้บริการของลูกค้าที่ธนาคาร ฯลฯ

3. ระบบแน่นอนหรือระบบตายตัว (Deterministic Systems) คือ การเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบงานที่ระดับใหม่สามารถบอกได้จากสถานภาพ และกิจกรรมของระบบงานที่ระดับก่อน ซึ่งในโลกความเป็นจริงแล้วมีน้อยมาก ที่จะสามารถรู้องค์ประกอบต่างๆ ของระบบงานได้อย่างชัดเจน

4. ระบบไม่แน่นอน (Stochastic Systems) คือ การเปลี่ยนสถานภาพของระบบงาน ไม่มีความแน่นอน ต้องอาศัยการเดาสุ่ม และในบางกรณีก็สามารถหาค่าความน่าจะเป็น (Probability) ของการเปลี่ยนแปลงสถานภาพ

แบบจำลอง (Simulation Model) หมายถึง ตัวแทนของวัตถุ ระบบงาน คน กลุ่มวัตถุประสงค์หรือแนวคิดลักษณะใด ลักษณะหนึ่งของกระบวนการที่แสดงออกมา อย่างเช่น จำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่เหมาะสมในโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์

2.3 ประเภทของแบบจำลองในการจำลองแบบปัญหา

ประเภทของแบบจำลอง สามารถถูกจำแนกตามแนวทางที่แตกต่างกัน (Pegden and Shannon, 1991) ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

2.3.1 แบบจำลองปัญหาจำแนกตามความแตกต่างของระบบงาน

2.3.1.1 <u>แบบจำลองทางกายภาพ</u>

แบบจำลองทางกายภาพ (Physical or Iconic Simulation Models) เป็นแบบจำลอง ที่จำลองแบบปัญหาให้มีรูปร่างหน้าตาเหมือนระบบงานจริง ซึ่งตามปกติจะถูกเรียกว่าซิมิวเลเตอร์ (Simulator) อาจมีขนาดเท่ากับของจริงหรือมีขนาดเล็กกว่าหรือใหญ่กว่า (Scaled Models) และเป็นแบบจำลองที่มีมิติ ซึ่งอาจเป็นแบบจำลองของระบบงานจริงในมิติใดมิติหนึ่ง (Dimension) หรือมีทั้งสามมิติ แบบจำลองประเภทนี้จะถูกใช้สำหรับจุดประสงค์ เพื่อการอบรมในขั้นต้น และส่วนใหญ่จะเน้นหนักไปทางด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) ตัวอย่างของแบบจำลองประเภทนี้ เช่น แบบจำลองการบิน (Flight Simulators) สำหรับทำการฝึกสอนนักบินให้ทราบถึงวิธีการควบคุมการบิน และการจัดการกับเหตุฉุกเฉินที่เกิดขึ้นในระหว่างการบิน แบบจำลองการขับรถ (Driving Simulators) สำหรับทำการฝึกสอนนักเรียนให้เรียนรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึงวิธีการขับรถอย่างถูกต้อง เครื่องยนต์ต้นแบบ (Prototype) ที่สร้างขึ้นเพื่อทดสอบสมรรถนะก่อนการผลิตจริง เครื่องบินขนาดจำลองที่ใช้ทดสอบในอุโมงค์ลมแบบจำลองของผังโรงงาน เป็นต้น

2.3.1.2 แบบจำลองทางสัญลักษณ์

แบบจำลองทางสัญลักษณ์ (Symbolic Simulation Model) เป็นการจำลอง เพื่อหาคุณลักษณะ และคุณสมบัติของระบบงานจริง ด้วยสัญลักษณ์และฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์แทนองค์ประกอบในระบบงานจริง โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มาเป็นเครื่องมือ ตัวอย่างเช่น ใช้ A แทนค่าใช้จ่ายคงที่ในการผลิตสินค้า B แทนค่าใช้จ่ายผันแปรในการผลิตสินค้า และ C แทนจำนวนสินค้าที่ผลิตได้ เป็นต้น

2.3.2 แบบจำลองปัญหา จำแนกตามชนิดของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ถูกใช้เพื่อปฏิบัติงาน กับแบบจำลอง

2.3.2.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ชนิดอนาลอก

เครื่องคอมพิวเตอร์ชนิดอนาลอก (Analog Computer) เป็นระบบที่มีการทำงานโดยการแสดงถึงค่าตัวแปรและความสัมพันธ์ของปัญหา โดยการใช้อุปกรณ์และปริมาณทางฟิสิกส์ ที่จะถูกสร้างขึ้นและง่ายต่อการควบคุม ตัวอย่างเช่นการหมุนของเพลา และการควบคุมระดับแรงดันทางไฟฟ้า ข้อได้เปรียบของเครื่องคอมพิวเตอร์ชนิดอนาลอก ก็คือ ความเร็วของเครื่องและการปฏิบัติงานแบบขนาน (Parallel Operations) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ใช้งานสำหรับการแก้ไขปัญหาของระบบ ด้วยสมการดิฟเฟอร์เรนเชียล

2.3.2.2 เครื่องคอมพิวเตอร์ชนิดดิจิตอล

เครื่องคอมพิวเตอร์ชนิดดิจิตอล (Digital Computer) เป็นระบบที่มีขอบเขตของความเที่ยงตรงแม่นยำสูงและมีความคล่องตัวสูงมากกว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ชนิดอนาลอกเพราะว่าสามารถนับจำนวนตัวเลข ปฏิบัติตามกฎเกณฑ์ทางตรรกศาสตร์ และคำนวณค่าทางคณิตศาสตร์ที่เป็นเศษส่วนได้

2.3.2.3 เครื่องคอมพิวเตอร์ชนิดไฮบริดจ์

เครื่องคอมพิวเตอร์ชนิดไฮบริดจ์ (Hybrid Computer) เป็นระบบซึ่งได้พยายามรวบรวมคุณลักษณะที่ดีที่สุดของเครื่องคอมพิวเตอร์ ทั้งสองชนิดที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นเข้าด้วยกัน โดยมีการประมวลผลข้อมูลแบบผสมผสาน ซึ่งนับว่าเป็นระบบที่น่าสนใจมาก

2.3.3 แบบจำลองปัญหา จำแนกตามการยอมรับต่อความผันแปรอย่างสุ่มที่เกิดขึ้นในระบบงานจริงที่ถูกจำลองขึ้น

2.3.3.1 แบบจำลองที่มีความผันแปรอย่างแน่นอนหรือตายตัว

แบบจำลองที่มีความผันแปรอย่างแน่นอนหรือตายตัว (Deterministic Simulation Model) เป็นแบบจำลองที่ไม่มีการสุ่ม เข้ามาเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจในการทำงาน ซึ่งมีจำนวนน้อยมากในระบบงานจริง

2.3.3.2 แบบจำลองที่มีความผันแปรอย่างไม่แน่นอน

แบบจำลองที่มีความผันแปรอย่างไม่แน่นอน (Stochastic Simulation Model) เป็นแบบจำลองที่มีการสุ่มเข้ามาเกี่ยวข้องต่อการตัดสินใจอย่างมากในการทำงาน ซึ่งระบบงานจริงส่วนใหญ่จะมีแบบจำลองในลักษณะนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 แบบจำลองปัญหา จำแนกตามความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับเวลา

2.3.4.1 แบบจำลองชนิดพลวัต

แบบจำลองชนิดพลวัต (Dynamic Model) เป็นแบบจำลองที่ใช้สำหรับอธิบายพฤติกรรมของระบบงาน ตลอดช่วงเวลาที่ดำเนินการจำลองแบบปัญหา

2.3.4.2 แบบจำลองชนิดสถิต

แบบจำลองชนิดสถิต (Static Model) เป็นระบบจำลองที่ใช้สำหรับอธิบายพฤติกรรมของระบบงาน เพียงช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งของเวลาทั้งหมด ที่ดำเนินการจำลองแบบปัญหา

2.3.5 แบบจำลองปัญหา จำแนกตามชนิดการเปลี่ยนแปลงของสถานภาพ ภายในระบบงานที่ถูกจำลองขึ้น

2.3.5.1 แบบจำลองที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพภายในเป็นช่วง

แบบจำลองที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพภายในเป็นช่วง (Discrete Model) เป็นแบบจำลองที่ใช้สำหรับอธิบายการเปลี่ยนแปลงของสถานภาพภายในที่เกิดขึ้น เพียงจุดใดจุดหนึ่งในเวลาที่กำหนด เช่น ภาพถ่าย

2.3.5.2 แบบจำลองที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพภายในอย่างต่อเนื่อง

แบบจำลองที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพภายในอย่างต่อเนื่อง (Continuous Model) เป็นแบบจำลองที่ใช้สำหรับอธิบายการเปลี่ยนแปลงของสถานภาพภายในที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เช่น ภาพยนตร์

2.3.5.3 แบบจำลองที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพในแบบผสมผสาน

แบบจำลองที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพในแบบผสมผสาน (Combined Model) เป็นการใช้แบบจำลองปัญหาบางส่วน ด้วยวิธีแบบจำลองที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพภายในเป็นช่วง และบางส่วนด้วยวิธีแบบจำลองที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพภายในอย่างต่อเนื่อง

ในระบบงานจริงที่มีความยุ่งยากซับซ้อนมาก ๆ แบบจำลองของระบบงานอาจจะใช้แบบจำลองหลายประเภทร่วมกัน แต่สิ่งที่สำคัญมากที่สุดในการจำลองแบบปัญหา เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ก็คือ ผู้สร้างแบบจำลองจะต้องศึกษาระบบงานจริงที่สนใจอย่างละเอียดมากที่สุด เท่าที่จะกระทำได้ หรือถ้าหากระบบงานนั้นเป็นงานโครงการที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ก็จะต้องเรียนรู้ระบบงาน โดยทั้งหมดของโครงการนั้นให้มากที่สุด ซึ่งผู้สร้างแบบจำลอง ยิ่งรู้รายละเอียดความซับซ้อนของระบบงานได้มากเท่าไร ก็ยิ่งจะสามารถออกแบบแบบจำลองได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงของระบบงานมากขึ้นเท่านั้น และผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้จากการจำลองแบบปัญหา ก็จะมีความถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริง เพื่อจะได้นำไปใช้ในการตัดสินใจที่ถูกต้องสำหรับผู้บริหารต่อไป ระบบงานหรือวิธีการทำงานของโครงการหนึ่งๆ อาจจะมีวิธีการในการจำลองแบบปัญหาได้หลายวิธี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้สร้างแบบจำลอง ด้วยเหตุว่าความรู้ความสามารถ รวมถึงวัตถุประสงค์ในการจำลองแบบปัญหาของผู้สร้างแบบจำลองมีความแตกต่างกัน อย่างเช่น การจำลองแบบปัญหาของการวิเคราะห์จำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่เหมาะสมในโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ถ้ามอบให้วิศวกรอุตสาหการเป็นผู้สร้างแบบจำลอง ก็จะสร้างไม่เหมือนกับมอบให้นักเศรษฐศาสตร์เป็นผู้สร้าง เพราะว่าพื้นฐานความรู้ทางวิศวกรรม และวัตถุประสงค์ในการสร้างแบบจำลอง มีความแตกต่างกัน ฉะนั้น ด้วยเหตุนี้การจำลองแบบปัญหา อาจจะมีวิธีการในการจำลองแบบปัญหาได้หลายวิธี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของระบบงาน วัตถุประสงค์ที่ต้องการจากการจำลองแบบปัญหา และความรู้พื้นฐานในเรื่องระบบงาน

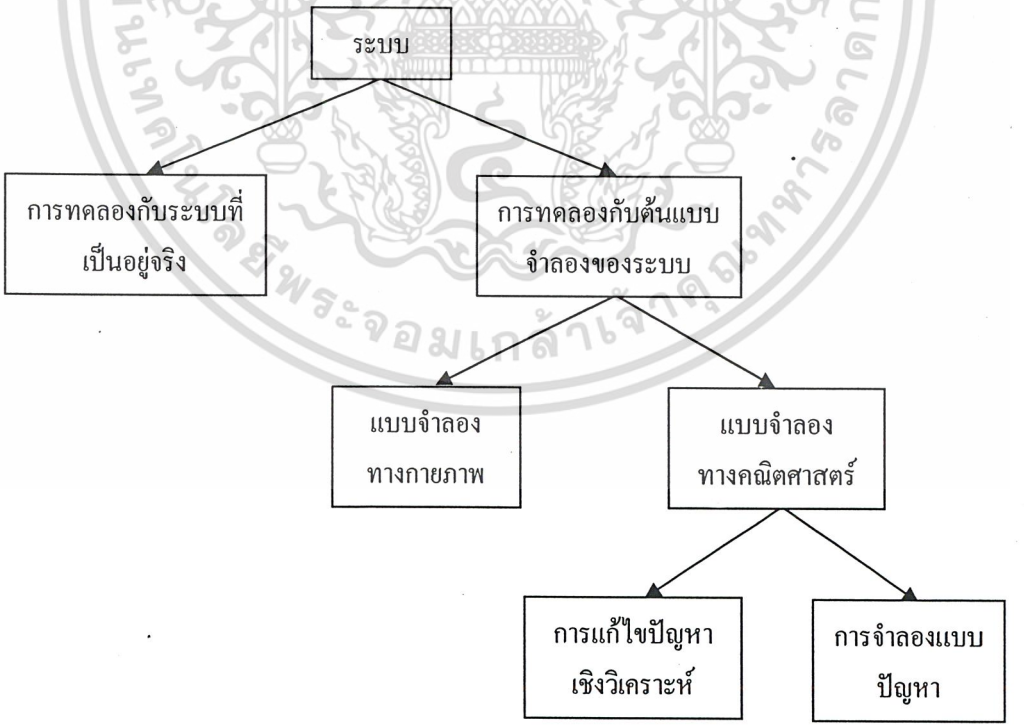
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของผู้สร้างแบบจำลอง แต่ในท้ายสุด เราก็ใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นมาจากระบบงานจริง เพื่อทำการศึกษาเกี่ยวกับระบบงานที่อยู่ในความสนใจ เพื่อจะทำความเข้าใจในพฤติกรรมของระบบงาน และกำหนดแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของระบบงาน และลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในระบบงานให้ต่ำลง ทำให้ทราบแนวโน้มหรือสามารถพยากรณ์เหตุการณ์ หรือผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ นอกจากนี้ ยังสามารถใช้ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองแบบปัญหา เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจขั้นสุดท้ายที่เหมาะสมที่สุด สำหรับผู้บริหารอีกด้วย

Law and Kelton (1991) ได้กล่าวถึงแนวทางต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษาระบบงานที่มีความแตกต่างกัน ตามที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.1 โดยมีรายละเอียดในการศึกษาสำหรับแต่ละระบบงานดังนี้ คือ สามารถจำแนกประเภทของระบบออกเป็น 2 ชนิด คือ ระบบไม่ต่อเนื่อง หรือระบบเป็นช่วงและระบบต่อเนื่อง (Continuous System) ซึ่งรายละเอียดของระบบแต่ละชนิด มีดังนี้

1. ระบบไม่ต่อเนื่องหรือระบบเป็นช่วง (Discrete System) เป็นระบบซึ่งตัวแปรสถานภาพเปลี่ยนแปลงในพริบตาที่จุดเวลาต่าง ๆ ตัวอย่างระบบเป็นช่วง คือ ธนาคาร เพราะว่าตัวแปรสถานภาพ เช่น จำนวนลูกค้าที่อยู่ในธนาคาร มีการเปลี่ยนแปลงก็ต่อเมื่อมีลูกค้าเข้ามาถึงธนาคารหรือเมื่อลูกค้าเสร็จสิ้นจากการใช้บริการและออกไปจากธนาคารเท่านั้น

2. ระบบต่อเนื่อง (Continuous System) เป็นระบบซึ่งตัวแปรสถานภาพมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเวลา ตัวอย่างของระบบต่อเนื่อง คือ การเคลื่อนที่ผ่านในอากาศของเครื่องบิน เพราะว่าตัวแปรสถานภาพ อย่างเช่น ตำแหน่งและความเร็ว สามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างต่อเนื่องในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเวลา



รูปที่ 2.1 แนวทางต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษาระบบงานที่มีความแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทางปฏิบัติแล้ว จะมีระบบส่วนน้อยที่เป็นแบบช่วงอย่างเดียว หรือเป็นแบบต่อเนื่องอย่างเดียว แต่เนื่องจากระบบส่วนใหญ่จะมีการเปลี่ยนแปลงชนิดหนึ่ง ซึ่งมีอำนาจเหนือมากกว่าการเปลี่ยนแปลงอีกชนิดหนึ่ง ดังนั้นตามปกติมันจะเป็นไปได้ที่จะจำแนกประเภทของระบบงานออกเป็นช่วง หรือแบบต่อเนื่อง และรายละเอียดเฉพาะบางอย่างที่เกี่ยวกับความแท้จริงของระบบงานส่วนใหญ่ มีความจำเป็นที่จะต้องศึกษารายละเอียดเหล่านั้นเพื่อจะพยายามได้รับความเข้าใจลึกซึ้งในความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบต่างๆ หรือเพื่อจะทำนายการกระทำที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขใหม่บางอย่างซึ่งถูกนำมาพิจารณา มี 3 เงื่อนไขด้วยกันดังนี้

1. การทดลองกับระบบงานที่เป็นอยู่จริง (Experiment with the Actual System) และการทดลองกับแบบจำลองของระบบงาน (Experiment with a Model of the System): ถ้าหากมันเป็นไปได้ที่จะเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของระบบงาน และต่อจากนั้น ยินยอมให้ระบบงานทำงานภายใต้เงื่อนไขใหม่ ซึ่งบางทีมันก็น่าจะปรารถนาที่จะทำเช่นนั้น สำหรับในกรณีนี้ ไม่มีคำถามเกี่ยวกับว่าอะไรที่เราศึกษาจะอยู่ในประเด็นหรือไม่ อย่างไรก็ตาม มันอาจจะเป็นไปได้ที่นาน ๆ ครั้ง จึงจะทำสิ่งนี้ได้ เพราะว่าการทดลองเช่นนี้จะมีค่าใช้จ่ายสูงจนเกินไปหรือจะทำให้ระบบยุ่งยากมากเกินไป ตัวอย่างเช่น ธนาคารอาจมีแผนงานที่จะลดจำนวนพนักงานรับจ่ายเงินประจำธนาคารสำหรับทำให้ต้นทุนค่าใช้จ่ายธนาคารของลดลง แต่ในความเป็นจริงแล้ว การพยายามในสิ่งนี้ สามารถก่อให้เกิดความล่าช้าในการให้บริการกับลูกค้า และทำให้เกิดความบาดหมางกับลูกค้า เพื่อให้เกิดความชัดเจนมากยิ่งขึ้น ระบบอาจจะไม่มีอยู่จริงก็ได้ แต่อย่างไรก็ตาม เราต้องการที่จะศึกษาระบบงานที่เกี่ยวกับโครงร่างของทางเลือกต่าง ๆ ที่ถูกนำเสนอเพื่อพิจารณาสำหรับระบบงาน เพื่อจะได้เห็นว่าระบบงานควรจะถูกสร้างขึ้นในสถานที่แห่งแรกได้อย่างไร ตัวอย่างของสถานการณ์นี้ อาจจะเป็นสิ่งอำนวยความสะดวกในการผลิตที่มีความทันสมัยและคล่องตัว หรือระบบอาวุธนิวเคลียร์ที่ใช้ในทางยุทธศาสตร์ ด้วยเหตุผลเหล่านี้ โดยปกติมันเป็นความจำเป็นที่จะต้องสร้างแบบจำลอง เพื่อเป็นตัวแทนของระบบงานและศึกษามันในฐานะที่เป็นตัวแทนสำหรับระบบงานจริง

2. แบบจำลองทางกายภาพ (Physical Model) และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model): เพื่อให้คนส่วนใหญ่ได้รู้จักแบบจำลอง ก็โดยทำให้ปรากฏเป็นรูปทรงของรถยนต์ที่ทำด้วยดินเหนียว เพื่อทดสอบในอุโมงค์ลมที่นั่งของคนขับ หรือผู้โดยสารเครื่องบินซึ่งถูกตัดขาดออกมาจากตัวเครื่องบิน ซึ่งถูกใช้เพื่อเป็นการฝึกอบรมนักบิน หรือเรือบรรทุกน้ำมันขนาดใหญ่ โดยถูกย่อส่วนให้เล็กลงซึ่งแล่นอยู่ในสระว่ายน้ำ สิ่งเหล่านี้ที่กล่าวมาเป็นตัวอย่างของแบบจำลองทางกายภาพ (ถูกเรียกแบบจำลองแห่งภาพ (Iconic Model) อีกด้วย) และไม่ได้เป็นตัวอย่างของแบบจำลองชนิดที่อยู่ในความสนใจของการวิเคราะห์ระบบและวิจัยดำเนินงาน อย่างไรก็ตามแบบจำลองทางกายภาพนี้ในบางครั้งพบว่า เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาระบบงานทางด้านการจัดการหรือด้านวิศวกรรมศาสตร์ แต่แบบจำลองจำนวนมากที่ถูกสร้างขึ้นมา จะเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นตัวแทนของระบบงาน ด้วยเงื่อนไขของความสัมพันธ์เชิงปริมาณ และเชิงตรรกวิทยา และต่อจากนั้นจะถูกปฏิบัติและถูกเปลี่ยนแปลงเพื่อจะให้เห็นว่าแบบจำลองแสดงปฏิกิริยาโต้ตอบอย่างไร ดังนั้น ถ้าหากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นแบบจำลองที่ถูกต้องใช้การได้ก็จะทราบว่าระบบน่าจะแสดงปฏิกิริยาโต้ตอบอย่างไร ตัวอย่างที่เรียบง่ายที่สุดของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ คือ ความสัมพันธ์ของ $d = rt$ ที่คุ้นเคยกัน เมื่อ r เป็นอัตราของการเดินทาง t เป็นเวลาที่ใช้ในการเดินทาง และ d เป็นระยะทางที่เดินทาง

3. การแก้ไขปัญหาเชิงวิเคราะห์ (Analytical Solution) และการจำลองแบบปัญหา (Simulation): ครั้นเมื่อเราได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ขึ้นมา จากนั้นแบบจำลองนี้จำเป็นจะต้องถูกตรวจสอบ เพื่อให้เห็นว่ามันสามารถถูกใช้เพื่อหาคำตอบสำหรับคำถามที่อยู่ในความสนใจที่เกี่ยวข้องกับระบบงาน ตามที่มันถูกสมมติให้เป็นตัวแทนของระบบงานได้อย่างไร ถ้าหากแบบจำลองนี้มีความเรียบง่ายอย่างเพียงพอ มันก็อาจจะเป็นไปได้ที่จะทำงานด้วยปริมาณ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และความสัมพันธ์ของมัน เพื่อจะได้รับการแก้ไขปัญหาเชิงวิเคราะห์อย่างถูกต้อง ในตัวอย่างของ d = rt ถ้าหากเราทราบระยะทางที่จะเดินทางและความเร็ว ดังนั้น เราก็สามารถทำงานพร้อมกับแบบจำลอง เพื่อจะได้รับ t = d/r ซึ่งเป็นเวลาที่ต้องการใช้ในการเดินทาง โดยที่แบบจำลองนี้เป็นการแก้ไขปัญหาแบบปิด (Closed-form Solution) ที่มีความเรียบง่ายอย่างมาก ซึ่งสามารถหาได้ด้วยการใช้กระดาษเปล่าและแท่งดินสอ แต่การแก้ไขปัญหาเชิงวิเคราะห์บางอย่าง มีความซับซ้อนอย่างผิดปกติ มีความต้องการทรัพยากรในการคำนวณอย่างมากมาย การแปลงกลับของเมตริกขนาดใหญ่ ที่มีสมาชิกภายในเมตริกเรียงตัวอย่างหนาแน่น (Large Nonsparse Matrix) เป็นตัวอย่างที่รู้จักกันดีในสถานการณ์เช่นนี้ ซึ่งมีสูตรในการวิเคราะห์เป็นกฎพื้นฐาน แต่การได้มาของคำตอบในทางตัวเลขของตัวอย่างที่กำหนดให้นี้ เป็นการแทนที่ที่ไม่สลักสำคัญ ถ้าหากการแก้ไขเชิงวิเคราะห์กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สามารถที่จะเรียกหามาใช้ได้ และได้ผลตามที่ต้องการในการคำนวณ ตามปกติมันก็น่าจะศึกษาแบบจำลองในแนวทางนี้มากกว่าที่จะศึกษา โดยผ่านการจำลองแบบปัญหา แต่อย่างไรก็ตามระบบจำนวนมากเป็นระบบที่มีความซับซ้อนอย่างมาก ดังนั้น แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องสำหรับพวกมันก็จะซับซ้อนตามด้วย ซึ่งจะเป็นการขัดขวางของความเป็นได้ของการแก้ไขปัญหาเชิงวิเคราะห์ในกรณีเช่นนี้ แบบจำลองจำเป็นจะต้องถูกศึกษา โดยวิธีการของการจำลองแบบปัญหา (Simulation) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่จะถูกศึกษา ด้วยวิธีการของการจำลองแบบปัญหา ถูกอ้างอิงให้เป็นแบบจำลองของการจำลองแบบปัญหา (Simulation Model) ดังนั้น เราจำเป็นต้องมองหาเครื่องมือพิเศษเฉพาะ เพื่อจะกระทำการจำลองแบบปัญหานี้ มันจะเป็นประโยชน์สำหรับจุดมุ่งหมายนี้ ด้วยการจำแนกแบบจำลองของการจำลองแบบปัญหา ออกเป็น 3 มิติที่แตกต่างกัน คือ

1. แบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดสถิต (Static Simulation Model) กับแบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดพลวัต (Dynamic Simulation Model): แบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดสถิต เป็นตัวแทนของระบบที่เวลาเฉพาะเจาะจงหรือเป็นตัวแทนซึ่งอาจจะถูกใช้ เพื่อจะแสดงถึงระบบในลักษณะที่เวลาเคลื่อนที่โดยอิสระอย่างเรียบง่าย ไม่มีกฎเกณฑ์ ตัวอย่างของการจำลองแบบปัญหาชนิดสถิต คือ แบบจำลองชนิดมอนติคาร์โล (Monte Carlo Models) ส่วนแบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดพลวัต เป็นตัวแทนของระบบที่เปลี่ยนแปลงช้าๆ ตลอดเวลา อย่างเช่น ระบบลำเลียงขนถ่ายในโรงงาน

2. แบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดแน่นอนหรือตายตัว (Deterministic Simulation Model) กับแบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดไม่แน่นอน (Stochastic Simulation Model): ถ้าหากแบบจำลองของการจำลองแบบปัญหา ไม่ได้บรรจุไว้ด้วยส่วนประกอบ ที่มีความน่าจะเป็น (Probabilistic Components) ตัวอย่างเช่น การสุ่ม แบบจำลองนี้จะถูกเรียกว่า แบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดแน่นอนหรือตายตัว ระบบที่ถูกทำให้ยุ่งยากสับสน ด้วยสมการดิฟเฟอร์เรนเชียล ซึ่งได้อธิบายเกี่ยวกับปฏิกิริยาทางเคมีอาจจะเป็นแบบจำลองตัวหนึ่งในลักษณะที่ว่านี้ ในแบบจำลองชนิดแน่นอนหรือตายตัว ผลลัพธ์จะถูกกำหนดเมื่อชุดของจำนวนข้อมูลสำหรับแก้ปัญหาและความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่อยู่ในแบบจำลองถูกระบุไว้อย่างแจ้งชัด ถึงแม้ว่ามันอาจจะต้องใช้เวลามากในการคำนวณเพื่อจะหาค่าของผลลัพธ์ว่าเป็นอะไร แต่อย่างไรก็ตามระบบจำนวนมากจำเป็นต้องถูกสร้าง จำลองเหมือนว่ามีส่วนประกอบเกี่ยวกับข้อมูลที่ป้อนเข้าเป็นแบบสุ่มอย่างน้อยบางส่วน และส่วนประกอบเหล่านี้ ก่อให้เกิดแบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดไม่แน่นอน ระบบสินค้าคงคลัง (Inventory System) และระบบแถวคอย (Queuing System) ส่วนใหญ่ถูกสร้างจำลองให้เป็นชนิดไม่แน่นอน แบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดไม่แน่นอนก่อให้เกิดผลลัพธ์ ซึ่งเป็นไปโดยการสุ่มด้วยตัวมันเอง เพราะฉะนั้น จำเป็นต้องถูกพิจารณาเหมือนว่าเป็นการประมาณค่าลักษณะพิเศษเฉพาะที่แท้จริงของแบบจำลอง ซึ่งสิ่งนี้ถือว่าเป็นข้อเสียอย่างหนึ่งของการจำลองแบบปัญหา

3. แบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดต่อเนื่อง (Continuous Simulation Model) กับแบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาชนิดไม่ต่อเนื่องหรือเป็นช่วง (Discrete Simulation Model): ถ้ากล่าวกันอย่างกว้างๆ เราสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปเผยแพร่ ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิยามแบบจำลองของการจำลองแบบปัญหา ชนิดเป็นช่วงและแบบจำลองของการจำลองปัญหา ชนิดต่อเนื่องได้อย่างคล้ายคลึงกัน ด้วยรูปแบบของระบบแบบเป็นช่วง (Discrete System) และระบบแบบต่อเนื่อง (Continuous System) การตัดสินใจที่จะใช้แบบจำลองชนิดเป็นช่วง หรือแบบจำลองชนิดต่อเนื่อง สำหรับระบบงานที่เจาะจงไว้ ย่อมขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ระบุไว้ในการศึกษา ตัวอย่างเช่น แบบจำลองของการเคลื่อนตัวของจราจรบนถนนที่ไม่จำกัดความเร็วจะเป็นแบบจำลองชนิดเป็นช่วง ก็ต่อเมื่อการเคลื่อนที่ของรถยนต์แต่ละคันเป็นสาระที่สำคัญกว่า ในอีกด้าน ถ้าหากว่ารถยนต์ถูกพิจารณาในลักษณะของการไหลไปรวมตัวกัน การเคลื่อนตัวของการจราจร ก็สามารถถูกอธิบายด้วยสมการดิฟเฟอร์เรนเชียลที่อยู่ในแบบจำลองชนิดต่อเนื่อง

โครงสร้างของแบบจำลองในการจำลองแบบปัญหา (Structure of Simulation Model)

โครงสร้างของแบบจำลอง (ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, 2532) สามารถเขียนเป็นรูปแบบแสดงความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้ :

$$E = f(Xi, Yi) \qquad (2.1)$$

โดยที่ E หมายถึง ผลของการปฏิบัติการของระบบ

Xi หมายถึง ตัวแปรของพารามิเตอร์ที่เราสามารถควบคุมได้

Yi หมายถึง ตัวแปรของพารามิเตอร์ที่เราไม่สามารถควบคุมได้

f หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่าง Xi และ Yi ที่ทำให้เกิด E

รูปแบบของความสัมพันธ์ดังกล่าว แสดงให้เราเห็นว่า สมรรถนะของระบบงานนั้นเป็นผลกระทบเนื่องมาจากตัวแปรต่าง ๆ ทั้งที่อยู่และไม่อยู่ในความควบคุมของเรา และโดยที่ระบบงานทุกระบบที่ทำการศึกษา จะต้องมีขอบเขตจำกัด อีกทั้งต้องมีวัตถุประสงค์ของการศึกษา เมื่อรวมเข้ากับรูปแบบของความสัมพันธ์ จะเห็นได้ว่าโครงสร้างของแบบจำลองนั้น ควรจะประกอบไปด้วย 5 ส่วนดังนี้

1. องค์ประกอบ (Components) ในทุกระบบงานจะประกอบไปด้วย องค์ประกอบต่าง ๆ ในแบบจำลองที่ใช้แทนระบบงานจริง ก็จะต้องประกอบไปด้วย องค์ประกอบที่จำเป็นสำหรับการทำงานของระบบงาน

2. ตัวแปรและพารามิเตอร์ (Variables and Parameters) พารามิเตอร์ คือ ค่าคงที่ซึ่งผู้ใช้แบบจำลองเป็นผู้กำหนดให้ อาจจะเป็นค่าที่กำหนดขึ้นเอง เพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้นจากค่าของพารามิเตอร์นั้น หรือเป็นค่าที่วัดหรือประเมินได้จากข้อมูล ส่วนตัวแปรนั้นเป็นค่าที่ผันแปร มีค่าได้หลายค่า ตามสภาวะจริงของการใช้งาน จำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ ตัวแปรภายนอก (Exogenous Variables) หรือตัวแปรนำเข้า (Input Variables) หมายถึง ตัวแปรจากภายนอกระบบ ซึ่งเข้ามามีผลกระทบต่อสมรรถนะของระบบ หรือเป็นตัวแปรที่เป็นผลเนื่องมาจากปัจจัยภายนอกระบบ และตัวแปรภายใน (Endogenous Variables) หมายถึง ตัวแปรที่เกิดขึ้นภายในระบบ ตัวแปรภายในอาจอยู่ในลักษณะตัวแปรสถานภาพ (Status Variables) ซึ่งเป็นตัวแปรที่ใช้บอกสภาพ หรือเงื่อนไขของระบบ หรืออยู่ในลักษณะของตัวแปรนำออก (Output Variables) ซึ่งก็คือ ผลที่ได้จากการใช้งานระบบ ในทางสถิติตัวแปรจากภายนอก คือ ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) และตัวแปรภายในคือ ตัวแปรตาม (Dependent Variables)

3. ฟังก์ชันความสัมพันธ์ (Functional Relationships) คือ ฟังก์ชั่นที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับพารามิเตอร์ ฟังก์ชันความสัมพันธ์นี้ อาจจะอยู่ในลักษณะแน่นอนตายตัว (Deterministic) ซึ่งเป็นลักษณะที่ เมื่อใส่ข้อมูลนำเข้าจะสามารถหาได้ว่า ผลลัพธ์เป็นเท่าไรแน่นอน และอาจจะอยู่ในลักษณะไม่แน่นอน (Stochastic) ซึ่งเมื่อใส่ข้อมูลนำเข้าให้กับฟังก์ชันไม่แน่ว่าจะได้ผลลัพธ์ออกมาเท่าไร ลักษณะของฟังก์ชั่น ความสัมพันธ์มักจะอยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งฟังก์ชั่นความสัมพันธ์เหล่านี้ อาจหามาได้จากสมมติฐาน หรือประเมินจากข้อมูลร่วมกับวิธีทางสถิติ หรือทางคณิตศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ขอบข่ายจำกัด (Constraints) คือ ข้อจำกัดของค่าของตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดที่ผู้ใช้แบบจำลองเป็นผู้กำหนด เช่น ข้อจำกัดของทรัพยากรต่างๆ ที่มีอยู่ของระบบงาน ข้อจำกัดของปริมาณที่ผลิตได้หรือเป็นข้อจำกัดของระบบงานจริงโดยธรรมชาติ เช่น เราไม่อาจจำหน่ายสินค้าได้มากกว่าปริมาณที่ผลิตได้ ของไหล ไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ

5. ฟังก์ชันเป้าหมาย (Objective Function)หมายถึงข้อความที่บอกเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ของระบบงานและวิธีประเมินผลตามเป้าหมาย วัตถุประสงค์ของระบบงานอาจแบ่งได้เป็นสองประเภท คือ การคงสภาพของระบบงาน (Retentive) ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ที่จะทำให้ระบบงาน สามารถคงสภาพการใช้ทรัพยากร เช่น เวลา พลังงาน ความชำนาญ ฯลฯ หรือคงสถานภาพของระบบ อย่างเช่น ความสะดวกสบาย ความปลอดภัย ฯลฯ และวัตถุประสงค์ประเภทการแสวงหา (Acquisitive) ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ที่จะทำให้ระบบสามารถเพิ่มทรัพยากรต่าง ๆ เช่น กำไร ลูกค้า ฯลฯ หรือเปลี่ยนสถานภาพของระบบ เช่น ได้ส่วนแบ่งของตลาดเพิ่มขึ้น

2.4 การประยุกต์ใช้งานของการจำลองแบบปัญหา

การจำลองแบบปัญหา ได้ถูกนำมาดัดแปลงเพื่อใช้ในงานต่าง ๆ มากมาย และเป็นที่รู้จักกันอย่างกว้างขวางในโลกธุรกิจปัจจุบัน ทั้งนี้ เป็นเพราะว่าการจำลองแบบปัญหา มีความสามารถรอบตัวอย่างมาก (Versatility) มีความคล่องตัวยืดหยุ่นสูง (Flexibility) และมีกำลังความสามารถ (Power) อย่างสูง จึงทำให้การจำลองแบบปัญหาเป็นที่ชื่นชอบในงานศึกษาวิจัย โดยสามารถจำลองแบบของระบบงานเกือบจะทุกประเภท และมีขอบเขตกว้างขวางในการครอบคลุมถึงแบบจำลองทุกประเภท ซึ่งมีรายละเอียดในส่วนต่าง ๆ ที่นำไปประยุกต์ใช้งาน 6 ประเภท (Pegden and Shannon, 1991) ดังนี้

1. ระบบงานคอมพิวเตอร์ (Computer System) เช่น งานองค์ประกอบของระบบฮาร์ดแวร์ ระบบซอฟแวร์ งานระบบโครงข่ายของฮาร์ดแวร์ งานบริการจัดการโครงสร้างฐานข้อมูล และงานประมวลผลข้อมูล เป็นต้น

2. งานในโรงงานอุตสาหกรรม (Manufacturing) เช่น ระบบงานลำเลียงขนถ่ายวัสดุ ระบบงานสายการประกอบ ระบบงานผลิตแบบอัตโนมัติ ระบบงานควบคุมสินค้าคงคลัง ระบบงานการบำรุงรักษาเครื่องจักร และการเพิ่มความไว้วางใจของเครื่องจักร งานจัดวางผังโรงงาน และงานออกแบบเครื่องจักร เป็นต้น

3. งานในแวดวงธุรกิจ (Business) เช่น งานวิเคราะห์พัสดุและสต็อคสินค้า งานนโยบายการกำหนดราคา งานกลยุทธ์ทางการตลาด งานศึกษาการเข้าถือครองสิทธิ งานวิเคราะห์กระแสเงินสด งานพยากรณ์ งานกำหนดทางเลือกในการขนส่ง งานวางแผนกำลังคน เป็นต้น

4. งานด้านการปกครอง (Government) เช่น งานกำหนดกลยุทธ์อาวุธของกองทัพ งานกำหนดยุทธวิธีทางทหาร การพยากรณ์ประชากรของประเทศ งานกำหนดการใช้ประโยชน์ของที่ดิน งานให้บริการดูแลและรักษาสุขภาพ งานป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ งานให้บริการของตำรวจ การตัดสินความอาชญากรรม งานออกแบบทางหลวงแผ่นดิน งานควบคุมการจราจร งานให้บริการด้านสุขาภิบาล

5. งานทางด้านสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศวิทยา (Ecology and Environment) เช่น งานระบบกำจัดมลพิษน้ำเสีย งานควบคุมปริมาณของเสีย มลภาวะทางด้านอากาศ งานควบคุมโรคระบาด งานพยากรณ์สภาพอากาศ การวิเคราะห์แผ่นดินไหวและพายุ งานเหมืองและสำรวจแร่ ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ งานเพิ่มผลผลิตด้านเกษตร

6. งานทางด้านพฤติกรรมและสังคม (Society and Behavior) เช่น การวิเคราะห์สัดส่วนระหว่างอาหารและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนประชากร งานนโยบายทางด้านการศึกษา งานโครงสร้างการจัดองค์กร การวิเคราะห์ระบบสังคม ระบบสวัสดิการ การบริหารงานของมหาวิทยาลัย

เหตุผลสนับสนุนในการนำวิธีการจำลองแบบปัญหามาใช้แทนการทดลองกับระบบงานจริง (Shannon, 1975) มี 5 เหตุผล ดังนี้

1. การทดลองกับระบบงานจริง อาจจะก่อให้เกิดความขัดข้องไม่สะดวกในการทำงานตามปกติของระบบงานจริง

2. การทดลองกับระบบงานจริง ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการวัดผลประสิทธิภาพในการทำงานของคน อาจทำให้ได้ข้อมูลที่คลาดเคลื่อน โดยมีสาเหตุมาจากความสามารถในการปรับสมรรถนะของคน จึงส่งผลให้ได้ข้อมูลที่อาจจะมีค่าสูงกว่า หรือต่ำกว่าความเป็นจริง

3. การทดลองกับระบบงานจริงนั้น มีความยุ่งยากในการควบคุมเงื่อนไขต่าง ๆ ของการทดลองให้มีค่าคงที่สม่ำเสมอ ทำให้ผลการทดลองที่ได้ในแต่ละครั้งจากการทดลอง อาจจะไม่ใช่ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น ภายใต้เงื่อนไขกลุ่มเดียวกัน

4. การทดลองกับระบบงานจริง อาจจะต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายจำนวนมาก จึงจะได้รับข้อมูลที่มีจำนวนเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์

5. การทดลองกับระบบงานจริง อาจจะเป็นไปได้ยากที่จะทดลองกับเงื่อนไขในทุกรูปแบบที่ต้องการ

เงื่อนไขของระบบงานจริงที่เหมาะสมต่อการนำวิธีการจำลองแบบปัญหามาใช้ในการวิเคราะห์ มี 7 เงื่อนไข (Shannon, 1975) ดังนี้

1. เมื่อระบบงานจริงนั้น ไม่สามารถจะวิเคราะห์ด้วยวิธีการแก้ปัญหา โดยวิธีทางคณิตศาสตร์

2. การแก้ปัญหาด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์สำหรับระบบงานจริง ก่อให้เกิดขั้นตอนและวิธีการคำนวณในการวิเคราะห์ที่ยุ่งยาก เสียเวลาและแรงงานมาก

3. ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการใช้วิธีการจำลองแบบปัญหามาวิเคราะห์ ถูกกว่าการว่าจ้างผู้เชี่ยวชาญมาแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์

4. การแก้ปัญหาด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ไม่มีความยุ่งยากลำบากมากแต่เกินขีดความสามารถของบุคลากรที่มีอยู่

5. มีความจำเป็นที่จะต้องสร้างสถานการณ์ในอดีตขึ้นมา เพื่อจะศึกษาหรือประเมินค่าพารามิเตอร์ของระบบงาน

6. มีความจำเป็นที่จะต้องใช้วิธีการจำลองแบบปัญหาเพียงวิธีการเดียว เพราะว่าไม่สามารถดำเนินการทดลองและตรวจวัดผลกับระบบงานจริงที่อยู่ในสภาวะการทำงานจริง

7. กรณีที่ต้องศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของระบบงานในช่วงระยะเวลาของการใช้งานระบบงานนานๆ อย่างเช่น การศึกษาผลกระทบจากปัญหาเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมเป็นพิษ การศึกษาสภาพความคับคั่งของการจราจรบนท้องถนน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ข้อดีและข้อเสียของการใช้การจำลองแบบปัญหา

การจำลองแบบปัญหา เป็นเครื่องมือที่ใช้บอกผลลัพธ์ต่างๆที่เกิดขึ้นมาจากระบบงานที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ของระบบงานจริง ดังนั้น ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองแบบปัญหานั้น อาจจะนำไปใช้งานได้โดยตรง หรืออาจจะต้องนำไปวิเคราะห์ต่ออีกทอดหนึ่ง แต่เนื่องจากว่าการจำลองแบบปัญหา มีแนวความคิดพื้นฐานที่สามารถเข้าใจได้โดยง่ายกว่าวิธีการวิเคราะห์ปัญหาแบบอื่นๆ และบ่อยครั้งที่แบบจำลองของการจำลองแบบปัญหาง่ายต่อการอ้างเหตุผลสนับสนุนต่อการตัดสินใจของผู้บริหารมากกว่าแบบจำลองเชิงวิเคราะห์ (Analytical Model) บางตัว จึงส่งผลให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองแบบปัญหา มีความเชื่อถือได้มากกว่า เพราะว่าพฤติกรรมของการจำลองแบบปัญหา สามารถจะถูกเปรียบเทียบกับพฤติกรรมของระบบงานจริงได้ และการจำลองแบบปัญหาต้องการข้อสมมติเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ด้วยเหตุนี้การจำลองแบบปัญหาก็ยังคงคุณลักษณะที่แท้จริง (True Characteristics) ของระบบงานจริงได้

การจำลองแบบปัญหาไม่สามารถที่จะให้คำตอบที่ดีที่สุดกับเราได้เหมือนกับวิธีการวิเคราะห์บางอย่าง แต่มันก็เปรียบเสมือนเป็นเครื่องมือที่จะช่วยในการวิเคราะห์และทำการตัดสินใจเกี่ยวกับปัญหานั้นๆ หรือสามารถเป็นแนวทางในการช่วยตัดสินใจ ภายใต้สภาวะเงื่อนไขหรือตัวแปรที่เรากำหนด แต่มีข้อยกเว้นว่า การที่จะนำเอาแบบจำลองปัญหาไปหาคำตอบที่ดีที่สุดได้นั้น จะต้องควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ภายใต้แบบจำลองที่จะป้อนข้อมูลเข้าไปให้เป็นไป ตามเงื่อนไขที่ต้องการ

การจำลองแบบปัญหาได้ช่วยในการวิเคราะห์ ปรับปรุงและพัฒนาระบบงาน สำหรับนักศึกษาพฤติกรรมของระบบงาน เพื่อประโยชน์ในการออกแบบระบบงานใหม่ ๆ หรือใช้ในการพิสูจน์ทฤษฎีต่าง ๆ ที่มีอยู่ และอื่น ๆ อีกมากมาย การจำลองแบบปัญหาเป็นวิธีการหนึ่งในหลาย ๆ วิธีการที่อาจจะช่วยแก้ปัญหาในการดำเนินงานของระบบงานได้ ดังนั้น เมื่อเราพบปัญหาภายในระบบงาน จะต้องวิเคราะห์ปัญหานั้น ๆ เสียก่อน ว่าควรจะใช้เครื่องมือใดเข้าไปช่วยแก้ไขปัญหา เมื่อเป็นดังนี้ จึงเป็นความจำเป็นที่จะต้องทราบถึงข้อดี และข้อเสียของเครื่องมือ เพื่อช่วยในการตัดสินใจว่าเครื่องมือนั้น ๆ เหมาะสมเพียงใดในการนำไปใช้แก้ปัญหา

2.5.1 ข้อดีของการใช้การจำลองแบบปัญหา

1. ใช้กำหนดนโยบายใหม่ กำหนดโครงสร้างการทำงาน มีบทบาทช่วยในการตัดสินใจสำหรับโครงการต่างๆ กำหนดขั้นตอนในการดำเนินงาน กำหนดโครงสร้างการจัดองค์กร กำหนดการไหลของข้อมูลข่าวสาร ฯลฯ ซึ่งสิ่งเหล่านี้ สามารถทดลองโดยแบบจำลองปัญหา โดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบกระเทือน หรือเกิดความยุ่งยากกับระบบงานจริงที่กำลังดำเนินการอยู่

2. สามารถนำการจำลองแบบปัญหาไปใช้ในการแก้ไขปัญหา และประเมินผลกับระบบงานที่มีความซับซ้อน ที่ไม่สามารถจะอธิบายได้ด้วยวิธีการวิเคราะห์อื่น ๆ

3. มีความสะดวก รวดเร็ว ต่อการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองปัญหา เพื่อกำหนดแนวทางเลือกอื่น ๆ แล้วนำมาเปรียบเทียบกันหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดต่อการใช้งาน (Best Solution)

4. สามารถที่จะดำเนินการทดสอบกับระบบฮาร์ดแวร์ที่ออกแบบใหม่ การจัดวางผังทางกายภาพที่ออกแบบใหม่ ระบบการขนส่งที่ออกแบบใหม่ เป็นต้น เพื่อทราบผลลัพธ์จากการออกแบบใหม่ ก่อนที่จะมีการจัดสรรทรัพยากรหรือเครื่องมือเครื่องใช้ใหม่ ๆ เพิ่มเติมให้กับระบบงานที่จะมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงจากการลงทุนที่ไม่คุ้มค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สามารถประหยัดเวลาในการวิเคราะห์ เพราะว่า เราสามารถควบคุมเวลาได้โดยการใช้โปรแกรมการจำลองแบบปัญหา และเครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นอุปกรณ์ในการช่วยการวิเคราะห์ ซึ่งใช้เวลาเพียงไม่ถึงชั่วโมงในการวิเคราะห์ และสามารถเร่งความเร็ว หรือชะลอความเร็วในการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆ ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อจะทำการศึกษา แต่ถ้าหากเราไปทดลองกับระบบงานจริง อาจจะต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์เป็นวัน เดือน กว่าที่จะได้รับผลวิเคราะห์ที่น่าพอใจ

6. การจำลองแบบปัญหา ทำให้ไม่ต้องไปทดลองกับระบบงานจริง ซึ่งเราสามารถทดลองได้กับเงื่อนไขทุกรูปแบบ และสามารถควบคุมเงื่อนไขต่าง ๆ ของการทดลองให้มีความคงที่ได้

7. การจำลองแบบปัญหาสามารถทำให้เราได้รับความเข้าใจอย่างถ่องแท้ เกี่ยวกับระบบงานว่า ตัวแปรตัวใดในระบบงานที่มีความสำคัญมากที่สุดต่อสมรรถนะของระบบงาน และยังทราบอีกด้วยว่าตัวแปรต่างๆ ในระบบงานเกิดปฏิกิริยาต่อกันอย่างไร

8. จุดคับคั่งของงานสูง (Bottle Neck) ในสายงานผลิต ระบบการขนส่งสินค้า และในระบบงานอื่น ๆ สามารถจะรู้ได้โดยการจำลองแบบปัญหา

9. สมมติฐานเกี่ยวกับการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เรายังไม่ทราบค่า จะสามารถหาคำตอบอย่างประมาณการ หรือสามารถได้รับการทดสอบ สำหรับความเป็นไปได้ในการเกิดโดยการใช้การจำลองแบบปัญหา

10. การจำลองแบบปัญหา ยังเป็นประโยชน์สำหรับระบบงานที่ยังไม่ได้มีอยู่จริง หรือระบบงานที่เรามีความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับมันอย่างจำกัด ซึ่งเราสามารถทดลองได้ในแบบจำลองปัญหา โดยสามารถออกแบบให้เป็นไปตามแนวความคิด และเงื่อนไขของตัวแปรต่าง ๆ ที่คาดว่าจะมี

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ (2532) ได้กล่าวถึงประโยชน์ที่สำคัญของการจำลองแบบปัญหาไว้ดังนี้ คือ "... ประโยชน์ที่สำคัญประการหนึ่งของการจำลองแบบปัญหา ก็คือ เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูง สำหรับการศึกษาและฝึกอบรมเกี่ยวกับระบบงาน เพราะผู้ทำการทดลองจะสามารถทราบความเป็นไปและการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ภายในระบบงาน เมื่อมีการนำเอาวิธีการใหม่เข้าไปใช้ในการดำเนินงานของระบบงาน ทำให้การวางแผนการดำเนินงานมีประสิทธิภาพดีขึ้น... "

2.5.2 ข้อเสียของการใช้การจำลองแบบปัญหา

1. เนื่องจากผลลัพธ์ของแบบจำลองปัญหา บางทีเป็นสิ่งที่ยากแก่การอธิบายได้ เพราะว่าแบบจำลองปัญหาเป็นการพยายามที่จะจำลองเหตุการณ์ในระบบงานจริง โดยใช้ตัวเลขสุ่ม มันจึงยากจะอธิบายว่าผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นเกิดจากระบบงานจริง หรือเกิดจากสุ่มตัวเลข ซึ่งมีโอกาสที่จะทำให้ข้อมูลที่ได้มีข้อผิดพลาด

2. การที่จะได้มาซึ่งแบบจำลองปัญหาที่ดีนั้น จะต้องใช้เวลา และค่าใช้จ่ายจำนวนมาก รวมทั้งต้องอาศัยความรู้ความชำนาญ และความเข้าใจในตัวระบบงานที่ซับซ้อน เป็นอย่างสูงของผู้สร้างแบบจำลอง จึงจะทำให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการจำลองแบบปัญหามีความน่าเชื่อถือสูง และเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ในงานได้อย่างแท้จริง

3. ข้อมูลที่ได้จากการใช้แบบจำลองปัญหา ไม่มีความแม่นยำและไม่สามารถวัดขนาดของความแม่นยำได้ แม้จะมีการวัดความไวของข้อมูลเหล่านั้น ก็ไม่สามารถทำให้ข้อเสียหายไปได้

4. แบบจำลองปัญหาที่ได้ในบางครั้ง ดูเหมือนว่าสามารถใช้เป็นตัวแทนของระบบงานจริงได้ แต่ในความเป็นจริง แบบจำลองปัญหานั้น อาจจะไม่ใช่ตัวแทนของระบบงานนั้นๆ และการที่จะบอกได้ว่าแบบจำลองนั้นใช้ได้หรือไม่นั้นก็ตอบได้ยาก

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.6 การวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า

ข้อมูลส่วนใหญ่ที่เก็บมาจะเป็นสิ่งไม่แน่นอน ไม่คงที่ หรือมีค่าได้หลายค่า ข้อมูลที่ได้จะสรุปเป็นการแจกแจงเชิงการทดลอง (Empirical Distribution) ซึ่งจะเป็นการแจกแจงที่มีข้อจำกัด แต่ถ้าสามารถวิเคราะห์ได้ว่า ข้อมูลนำเข้ามีการแจกแจงแบบใด จะทำให้แบบจำลองเลียนแบบสภาพการทำงานจริงมากยิ่งขึ้น ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้ามี 4 ขั้นตอน (วิชัย สุรเชิดเกียรติ, 2542) ดังนี้

2.6.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาระบบต่างๆ โดยอาศัยตัวแบบการจำลอง พิจารณาดูว่าข้อมูลใดบ้างมีส่วนสำคัญในการเปลี่ยนสถานภาพของระบบหรือที่เกี่ยวข้องจะต้องเก็บมาให้มากที่สุด ซึ่งอาจจะใช้เวลาและค่าใช้จ่าย มากน้อยแล้วแต่ละกรณี ข้อมูลที่เก็บมาต้องมีจำนวนมากพอเพื่อจะทำให้ได้ตัวแบบจำลองที่ถูกต้อง แม่นยำ

2.6.2 การจัดรูปแบบแจกแจงความน่าจะเป็นให้ข้อมูลนำเข้า

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการค้นหารูปแบบการแจกแจงทางสถิติแบบใด ๆ นั่นเอง เพราะฉะนั้นการจะทำนายว่าข้อมูลจะมีการแจกแจงทางสถิติแบบใด ต้องพิจารณาก่อนว่าข้อมูลนำเข้าได้มาจะเป็นตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง หรือตัวแปรสุ่มไม่ต่อเนื่อง จากนั้นนำข้อมูลนำเข้ามาจัดการตามกระบวนการต่อไปนี้

2.6.2.1 <u>การจัดทำกราฟแท่ง</u>

การจัดทำกราฟแท่ง (Histogram) มีวิธีการ 5 ขั้นตอนดังนี้

1. เรียงข้อมูลจากน้อยไปหามาก หรือ มากไปหาน้อยก็ได้
2. แบ่งข้อมูลที่เรียงแล้วออกเป็นช่วง ๆ เท่า ๆ กัน
3. หาความถี่ของแต่ละช่วงของข้อมูล
4. จัดทำกราฟแท่งโดยแกนตามแนวนอนคือ ช่วงที่แบ่งออกเท่ากัน แกนแนวตั้งเป็นความถี่
5. พล๊อตกราฟแท่ง

2.6.2.2 <u>การทำนายรูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นในกราฟแท่ง</u>

การทำนายรูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นในกราฟแท่ง ที่ได้มาเปรียบเทียบกับกราฟของการแจกแจงความน่าจะเป็นต่าง ๆ ว่ามีรูปร่างคล้ายกับการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบใดมากที่สุด แล้วทำนายว่าควรจะมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบใด ยกตัวอย่างจำนวนลูกค้าที่เข้ามาติดต่อร้านค้าระหว่าง 7.00 – 7.30 น. โดยเก็บข้อมูล 100 วัน ดังแสดงในตารางที่ 2.1 พิจารณารูปแบบของกราฟแท่งแล้วน่าจะมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวซอง ดังได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.2

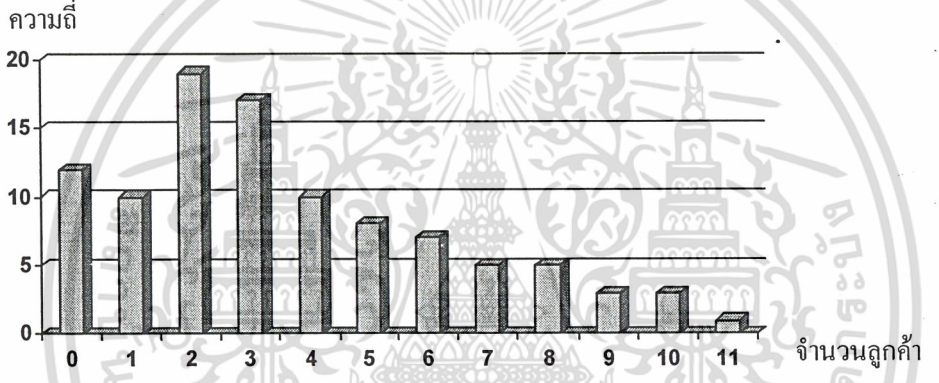
2.6.2.3 <u>การประมาณค่าพารามิเตอร์</u>

การประมาณค่าพารามิเตอร์จะกล่าวโดยละเอียดในหัวข้อที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
62004

ตารางที่ 2.1 จำนวนลูกค้าที่เข้ามาติดต่อร้านค้า

จำนวนลูกค้า	ความถี่	จำนวนลูกค้า	ความถี่
0	12	6	7
1	10	7	5
2	19	8	5
3	17	9	3
4	10	10	3
5	8	11	1



รูปที่ 2.2 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นในกราฟแท่ง

2.6.2.4 <u>การทดสอบสาระรูปสนิทดี</u>

การทดสอบสาระรูปสนิทดี (Goodness of Fit Test) เป็นการทดสอบดูว่าข้อมูลที่เก็บมามีการแจกแจงความน่าจะเป็นดังที่คาดหมายไว้หรือไม่ โดยใช้การทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square Test) ซึ่งมี 5 ขั้นตอนดังนี้

1. ตั้งสมมติฐาน

   H_0 : ข้อมูลมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ X

   H_1 : ข้อมูลมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ X

   โดยที่ X = การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบใดแบบหนึ่ง เช่น การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบยูนิฟอร์ม การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเรขาคณิต การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบพัวซอง เป็นต้น

2. กำหนดระดับนัยสำคัญ (α)

3. ตัวสถิติที่ใช้ $\chi^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ (2.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ O_i = จำนวนความถี่ของค่าสังเกตในช่วงที่ i

E_i = ค่าคาดหวังจำนวนความถี่ของค่าสังเกตในช่วงที่ i

= nP_i

n = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

P_i = ความน่าจะเป็นที่ข้อมูลจะอยู่ในช่วงที่ i

k = จำนวนช่วงของข้อมูล

s = จำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่า

4. ทดลองและคำนวณค่า

$$\chi_c^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \qquad (2.3)$$

5. สรุปผล

ถ้า $\chi_c^2 > \chi_{\alpha,k-s-1}^2$ จะปฏิเสธ H_0

แต่ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปชื่อ สแตท ฟิท (Stat Fit) เป็นเครื่องมือทดสอบเพื่อดูว่าข้อมูลที่เก็บมามีการแจกแจงความน่าจะเป็นเป็นแบบใด

2.7 การประมาณค่า

การประมาณค่า (Estimation) คือ การประมาณค่าพารามิเตอร์หรือลักษณะของประชากร โดยใช้ข้อมูลจากตัวอย่าง เป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ของประชากร โดยใช้ตัวสถิติที่เหมาะสม (สายชล สินสมบูรณ์ทอง, 2545)

2.7.1 ชนิดของการประมาณค่า

การประมาณค่าแบ่งออกเป็น 2 ชนิด

2.7.1.1 <u>การประมาณค่าแบบจุด</u>

เป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ของประชากร โดยใช้ข้อมูลจากตัวอย่าง โดยค่าประมาณแบบจุดนี้อาจจะมีค่าเท่ากับค่าพารามิเตอร์หรือไม่ก็ได้ และมีโอกาสคลาดเคลื่อนไปจากค่าพารามิเตอร์ได้ ดังนั้น การประมาณค่าแบบจุดมักจะไม่แน่นอน เราจึงไม่นิยมใช้การประมาณค่าแบบจุดนี้

2.7.1.2 <u>การประมาณค่าแบบช่วง</u>

เป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ของประชากรว่าจะอยู่ในช่วงใดช่วงหนึ่งโดยใช้ข้อมูลจากตัวอย่าง โดยที่ช่วงของการประมาณค่า จะบอกถึงค่าที่ต่ำสุดและค่าที่สูงสุดของพารามิเตอร์ เช่น ถ้าประมาณได้ว่า $L < \mu < U$ หมายความว่า ค่าเฉลี่ยประชากร μ มีค่าอยู่ระหว่าง L และ U

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับความเชื่อมั่น หมาถึง โอกาสที่พารามิเตอร์ของประชากรจะอยู่ในช่วงของค่าที่ประมาณได้ เช่น ในการสุ่มตัวอย่างขนาด n จากประชากร 100 ครั้ง ค่าเฉลี่ยประชากร μ จะมีค่าอยู่ในช่วง L และ U 95 ครั้ง จะมีเพียง 5 ครั้ง ที่ค่า μ ไม่อยู่ในช่วง L และ U จึงกล่าวได้ว่า μ มีค่าในช่วง L และ U ด้วยระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ในกรณีทั่วไป เราจะให้ระดับความเชื่อมั่นเป็น $(1-\alpha)100\%$ หมายความว่า โอกาสที่การประมาณค่าจะผิดพลาดเป็น α 100% ถ้าให้ระดับความเชื่อมั่น $1-\alpha$ มีค่ามาก จะทำให้โอกาสของความผิดพลาดในการประมาณค่า α มีค่าน้อย โอกาสของความผิดพลาดเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ระดับนัยสำคัญ (Level of Significance : α) ดังนั้น $P(L < \mu < U) = 1 - \alpha$

2.7.2 การประมาณค่าเฉลี่ยประชากรเดียว (μ)

2.7.2.1 <u>การประมาณค่าเฉลี่ยประชากรเดียวแบบจุด</u>

ประมาณค่าเฉลี่ยประชากร μ แบบจุดด้วยค่าเฉลี่ยตัวอย่าง $\overline{X}$ โดยที่

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{N} \tag{2.4}$$

และ

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n} \tag{2.5}$$

2.7.2.2 <u>การประมาณค่าเฉลี่ยประชากรเดียวแบบช่วง</u>

การประมาณค่าเฉลี่ยประชากรเดียวแบบช่วงแบ่งออกเป็น 3 กรณี คือ

<u>กรณีที่ 1</u> ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร (ทราบค่า σ^2)

เมื่อพิจารณาความน่าจะเป็นที่ μ มีค่าอยู่ระหว่าง L และ U เท่ากับ $1 - \alpha$ เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ดังนี้

$$P(L < \mu < U) = 1 - \alpha \tag{2.6a}$$

$$P(-Z_{\alpha/2} \leq Z \leq Z_{\alpha/2}) = 1 - \alpha \tag{2.6b}$$

$$P(-Z_{\alpha/2} \leq \frac{\overline{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \leq Z_{\alpha/2}) = 1 - \alpha \tag{2.6c}$$

$$P(\overline{X} - Z_{\alpha/2}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \overline{X} + Z_{\alpha/2}\frac{\sigma}{\sqrt{n}}) = 1 - \alpha \tag{2.6d}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น $(1-\alpha)100\%$ ของ μ คือ

$$\overline{X} - Z_{\alpha/2}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \overline{X} + Z_{\alpha/2}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2.7)$$

<u>กรณีที่ 2</u> ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร และตัวอย่างมีขนาดใหญ่ (ไม่ทราบค่า σ^2 และ $n \geq 30$)

เมื่อไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร และตัวอย่างที่สุ่มมาจากประชากรมีขนาดใหญ่ จะใช้ความแปรปรวนของตัวอย่าง S^2 แทนค่าความแปรปรวนของประชากร σ^2 โดยที่

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \overline{X})^2}{n-1} \quad (2.8)$$

ส่วนวิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นของ μ จะใช้หลักการเดียวกับในกรณีที่ 1

ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น $(1-\alpha)100\%$ ของ μ คือ

$$\overline{X} - Z_{\alpha/2}\frac{S}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \overline{X} + Z_{\alpha/2}\frac{S}{\sqrt{n}} \quad (2.9)$$

<u>กรณีที่ 3</u> ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร และตัวอย่างมีขนาดเล็ก (ไม่ทราบค่า σ^2 และ $n < 30$)

เมื่อไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร และตัวอย่างที่สุ่มมาจากประชากรมีขนาดเล็ก จะใช้ความแปรปรวนของตัวอย่าง S^2 แทนค่าความแปรปรวนของประชากร σ^2 และจะได้ว่า $\frac{\overline{X}-\mu}{S/\sqrt{n}}$ มีการแจกแจงแบบทีที่องศาความเป็นอิสระ $n-1$

นั่นคือ $$\frac{\overline{X}-\mu}{S/\sqrt{n}} \sim t_{n-1} \quad (2.10)$$

การประมาณช่วงความเชื่อมั่นของ μ คือ

$$P(L < \mu < U) = 1-\alpha \quad (2.11a)$$

$$P(-t_{\alpha/2,n-1} \leq Z \leq t_{\alpha/2,n-1}) = 1-\alpha \quad (2.11b)$$

$$P(-t_{\alpha/2,n-1} \leq \frac{\overline{X}-\mu}{S/\sqrt{n}} \leq t_{\alpha/2,n-1}) = 1-\alpha \quad (2.11c)$$

$$P(\overline{X} - t_{\alpha/2,n-1}\frac{S}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \overline{X} + t_{\alpha/2,n-1}\frac{S}{\sqrt{n}}) = 1-\alpha \quad (2.11d)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น $(1-\alpha)100\%$ ของ μ คือ

$$\bar{X} - t_{\alpha/2,n-1}\frac{S}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{X} + t_{\alpha/2,n-1}\frac{S}{\sqrt{n}} \quad (2.12)$$

2.7.3 การหาขนาดตัวอย่าง (n)

จากการประมาณค่าแบบช่วงของค่าเฉลี่ย จะได้ว่า ช่วงความเชื่อมั่น $(1-\alpha)100\%$ ของ μ คือ

$$\bar{X} - Z_{\alpha/2}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + Z_{\alpha/2}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2.13a)$$

หรือ

$$\left|\bar{X} - \mu\right| < Z_{\alpha/2}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2.13b)$$

ค่า $\left|\bar{X} - \mu\right|$ คือ ค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า μ ด้วย $\bar{X}$ หรือค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่สามารถยอมรับได้ ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย Error และจะมีค่ามากที่สุดเท่ากับ $Z_{\alpha/2}\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ ดังนั้น อาจเขียนได้เป็น

$$\text{Error} = Z_{\alpha/2}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2.14a)$$

$$\sqrt{n} = Z_{\alpha/2}\frac{\sigma}{\text{Error}} \quad (2.14b)$$

ดังนั้น

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2}\sigma}{\text{Error}}\right)^2 \quad (2.14c)$$

การหา n ในกรณีที่ไม่ทราบค่า σ^2 จะประมาณค่าด้วย S^2

ดังนั้น

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2}S}{\text{Error}}\right)^2 \quad (2.15)$$

การหา Error ในกรณีที่ตัวอย่างมีขนาดเล็ก ($n < 30$) จะใช้ $t_{\alpha/2,n-1}$ แทน $Z_{\alpha/2}$

ดังนั้น

$$\text{Error} = t_{\alpha/2,n-1}\frac{S}{\sqrt{n}} \quad (2.16)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.4 การประมาณค่าผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยประชากรของสองประชากร ($\mu_1 - \mu_2$) เมื่อสุ่มตัวอย่างเป็นอิสระกัน

2.7.4.1 <u>การประมาณค่าผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยประชากรของสองประชากรแบบจุด</u>

ประมาณค่าผลต่างของค่าเฉลี่ยประชากร $\mu_1 - \mu_2$ แบบจุดด้วยผลต่างของค่าเฉลี่ยตัวอย่าง $\overline{X}_1 - \overline{X}_2$ โดยที่

$$\overline{X}_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} X_{1i}}{n_1} \tag{2.17}$$

$$\overline{X}_2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_2} X_{2i}}{n_2} \tag{2.18}$$

โดยที่ X_{1i} = ค่าที่สนใจศึกษาหน่วยที่ i ในตัวอย่างที่ 1

X_{2i} = ค่าที่สนใจศึกษาหน่วยที่ i ในตัวอย่างที่ 2

2.7.4.2 <u>การประมาณค่าผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยประชากรของสองประชากรแบบช่วง</u>

ถ้าประชากรกลุ่มที่ 1 มีการแจกแจงแบบปกติ โดยมีค่าเฉลี่ย μ_1 และความแปรปรวน σ_1^2 ส่วนประชากรกลุ่มที่ 2 มีการแจกแจงแบบปกติ โดยมีค่าเฉลี่ย μ_2 และความแปรปรวน σ_2^2 ให้ $\overline{X}_1$ เป็นค่าเฉลี่ยตัวอย่างขนาด n_1 ซึ่งสุ่มจากประชากรกลุ่มที่ 1 และ $\overline{X}_2$ เป็นค่าเฉลี่ยตัวอย่างขนาด n_2 ซึ่งสุ่มจากประชากรกลุ่มที่ 2 โดนสุ่มตัวอย่างจากแต่ละประชากรอย่างเป็นอิสระกัน เราสามารถประมาณค่าผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากรแบบช่วงได้ 4 กรณี คือ

<u>กรณีที่ 1</u> ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร (ทราบค่า σ_1^2 และ σ_2^2)

จะได้ว่า $$Z = \frac{(\overline{X}_1 - \overline{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} \sim N(0,1) \tag{2.19}$$

เมื่อ $\overline{X}_1$ = ค่าเฉลี่ยตัวอย่างกลุ่มที่ 1

$\overline{X}_2$ = ค่าเฉลี่ยตัวอย่างกลุ่มที่ 2

μ_1 = ค่าเฉลี่ยประชากรกลุ่มที่ 1

μ_2 = ค่าเฉลี่ยประชากรกลุ่มที่ 2

n_1 = ขนาดตัวอย่างกลุ่มที่ 1

n_2 = ขนาดตัวอย่างกลุ่มที่ 2

σ_1^2 = ค่าความแปรปรวนประชากรกลุ่มที่ 1

σ_2^2 = ค่าความแปรปรวนประชากรกลุ่มที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>กรณีที่ 2</u> ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร และตัวอย่างมีขนาดใหญ่
(ไม่ทราบค่า σ_1^2 และ σ_2^2 และ $n_1 \geq 30$, $n_2 \geq 30$)

จะได้ว่า
$$Z = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \sim N(0,1) \quad (2.20)$$

เมื่อ S_1^2 = ค่าความแปรปรวนตัวอย่างกลุ่มที่ 1
S_2^2 = ค่าความแปรปรวนตัวอย่างกลุ่มที่ 2

<u>กรณีที่ 3</u> ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร แต่ทราบว่าความแปรปรวนของประชากรทั้งสองกลุ่มเท่ากัน และตัวอย่างมีขนาดเล็ก (ไม่ทราบค่า σ_1^2 และ σ_2^2 แต่ทราบว่า $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ และ $n_1 < 30$, $n_2 < 30$)

จะได้ว่า
$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{S_p\sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \sim t_{n_1+n_2-2} \quad (2.21)$$

โดยที่
$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)(S_1)^2 + (n_2 - 1)(S_2)^2}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1)} \quad (2.22)$$

เมื่อ S_p^2 = ความแปรปรวนรวม (Pooled Variance)

<u>กรณีที่ 4</u> ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร แต่ทราบว่าความแปรปรวนของประชากรทั้งสองกลุ่มไม่เท่ากัน และตัวอย่างมีขนาดเล็ก (ไม่ทราบค่า σ_1^2 และ σ_2^2 แต่ทราบว่า $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ และ $n_1 < 30$, $n_2 < 30$)

จะได้
$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \sim t_v \quad (2.23)$$

เมื่อ
$$v = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2 - 1}} \quad (2.24)$$

ถ้าค่า v เป็นเลขไม่ลงตัว ให้ปัดเศษขึ้นเป็นเลขจำนวนเต็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.5 การประมาณค่าความแปรปรวนของสองประชากร

ถ้าสุ่มตัวอย่างขนาด n_1 จากประชากรกลุ่มที่ 1 ที่มีการแจกแจงแบบปกติ โดยมีค่าเฉลี่ย μ_1 และความแปรปรวน σ_1^2 และสุ่มตัวอย่างขนาด n_2 จากประชากรกลุ่มที่ 2 ที่มีการแจกแจงแบบปกติ โดยมีค่าเฉลี่ย μ_2 และความแปรปรวน σ_2^2 โดยสุ่มตัวอย่างจากประชากรทั้งสองกลุ่ม อย่างอิสระกัน เพื่อทดสอบว่าความแปรปรวนของสองประชากรเท่ากันหรือไม่ มีขั้นตอน 4 ขั้นตอนดังนี้

1. ทดสอบสมมติฐาน

$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$

$H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

2. ทดสอบทางสถิติ

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \tag{2.25}$$

3. เปิดตาราง F-test

เมื่อกำหนดระดับความเชื่อมั่นให้เท่ากับ $1-\alpha$ จากการแจกแจงแบบเอฟ ที่องศาความเป็นอิสระ $\nu_1 = n_1 - 1$ และ $\nu_2 = n_2 - 1$ เราสามารถหาค่า F ซึ่งมีพื้นที่ใต้โค้งเท่ากับ $1-\alpha$ ได้ดังนี้

$$F_{L(n_1-1,n_2-1)} < F < F_{U(n_1-1,n_2-1)} \qquad \text{โดยที่} \qquad F_{L(n_1-1,n_2-1)} = \frac{1}{F_{U(n_2-1,n_1-1)}} \tag{2.26}$$

4. สรุปผล

ถ้าค่า F ที่ได้จากการทดสอบทางสถิติอยู่ในช่วงของ $F_{L(n_1-1,n_2-1)}$ และ $F_{U(n_1-1,n_2-1)}$ ที่เปิดจากตาราง F-test แสดงว่ายอมรับสมมติฐานหลัก H_0 และปฏิเสธสมมติฐานรอง H_1

ถ้าค่า F ที่ได้จากการทดสอบทางสถิติไม่อยู่ในช่วงของ $F_{L(n_1-1,n_2-1)}$ และ $F_{U(n_1-1,n_2-1)}$ ที่เปิดจากตาราง F-test แสดงว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 และ ยอมรับสมมติฐานรอง H_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การดำเนินงาน

3.1 บทนำ

จากการศึกษากระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ จะเห็นได้ว่า เครื่องจักรและพนักงานที่ใช้ในกระบวนการผลิต มีความไม่แน่นอนเกี่ยวกับระยะเวลาในการทำงาน และมีปัจจัยในด้านต่างๆ จำนวนมากเข้ามาเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ โดยที่ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้จะมีความเกี่ยวข้องและสัมพันธ์กัน ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความยุ่งยากและความซับซ้อนในการวิเคราะห์ว่า จำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่เหมาะสมในกระบวนการทำงานเป็นเท่าใด

ในการวิเคราะห์จำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานในปัจจุบัน พนักงานใช้วิธีการคำนวณโดยคำนวณจากอัตราการใช้งานจริง รวมกับจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่เผื่อให้ โดยใช้ประสบการณ์ของพนักงานในการกำหนดจำนวนจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่เผื่อให้ ซึ่งเป็นวิธีการในการวิเคราะห์และแก้ปัญหาที่ในลักษณะลองผิดลองถูก อีกทั้งยังอาจก่อให้เกิดความผิดพลาดและความไม่แน่นอนในการตัดสินใจแก้ปัญหา และสูญเสียค่าใช้จ่ายที่ไม่ควรจะเกิดขึ้น รวมถึงยังต้องใช้เวลามากในการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจากการทำงานของระบบงานจริง การประเมินผลจากการทำงานของระบบงานจริง เป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับระบบงานที่มีขนาดเล็กและไม่ซับซ้อน

อีกวิธีการหนึ่งในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาที่มีประสิทธิภาพมากกว่า คือ กระทำโดยผ่านทางการประเมินผลจากแบบจำลองที่สร้างขึ้นจากระบบงานจริง (Model of the System) ด้วยการนำวิธีการของการจำลองแบบปัญหา (Simulation) มาใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูลและประเมินผล ซึ่งเหมาะกับระบบงานที่มีความสัมพันธ์กันอย่างซับซ้อน ไม่สามารถหาความสัมพันธ์ที่แน่นอนได้ และไม่สามารถอธิบายด้วยการวิเคราะห์จากวิธีอื่นๆ การจำลองแบบปัญหาเป็นเครื่องที่เหมาะสมในการนำมาใช้ศึกษาถึงกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ ด้วยเหตุที่ว่ามีค่าใช้จ่ายต่ำกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้วิธีการวิเคราะห์แก้ไขปัญหาโดยวิธีอื่น อย่างเช่น การทดลอง การออกแบบและสร้างแบบจำลอง การออกแบบและการสร้างงานจริง เป็นต้น เนื่องจากการจำลองแบบปัญหา เป็นการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผล อีกทั้งยังใช้เวลาน้อยกว่าในการวิเคราะห์หาคำตอบ หรือการปรับปรุงพัฒนาการทำงานของโปรแกรมให้ใกล้เคียงกับระบบงานจริง สามารถกระทำได้โดยง่าย และกระทำได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ และยังสร้างความมั่นใจว่า จะได้ผลลัพธ์ตามวัตถุประสงค์ก่อนที่จะมีการเปลี่ยนแปลงระบบงานจริงที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน และยังเป็นการลดความเสี่ยงก่อนการลงทุนที่จะเกิดขึ้น

ในบทนี้จะกล่าวถึงการสร้างแบบจำลองปัญหา (Simulation Model) ของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ โดยนำขั้นตอนการติดตัววัสดุ (Die) ลงบนแผ่นทองแดง (Lead Frame) โดยเครื่องติดตัววัสดุ (Die Attach) ขั้นตอนการติดตั๋ววัสดุ (Die) ลงบนแผ่นทองแดง (Lead Frame) โดยเครื่องติดตัววัสดุและอบในตัว (Die Attach with Snap Cure) ขั้นตอนการอบด้วยเครื่องอบขนาดใหญ่ (Oven) ขั้นตอนการอบด้วยเครื่องอบขนาดเล็ก (Cure) ขั้นตอนการเชื่อมต่อวงจรด้วยเครื่องเชื่อมต่อวงจร (Wire Bond) และขั้นตอนการฉีดสารห่อหุ้มวัสดุด้วยเครื่องฉีดสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห่อหุ้ม (Mold) และข้อมูลที่สำคัญในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตมาสร้างเป็นแบบจำลองปัญหา แล้วทดสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองแบบปัญหา มาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ของระบบงานจริง เพื่อให้แบบจำลองปัญหาที่สร้างขึ้นสามารถเป็นตัวแทนของระบบงานจริงได้อย่างถูกต้อง และมีความน่าเชื่อถือมากที่สุดหรือมีความเบี่ยงเบนน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับระบบงานจริง ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ว่า จำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่ควรจะมีไว้ใช้ในการดำเนินงานควรเป็นเท่าใด

3.2 หัวข้อที่จะอธิบายในบทนี้

1. ขั้นตอนในการดำเนินงานโดยการจำลองแบบปัญหา
2. เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองปัญหา
3. เหตุผลของการศึกษากระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์
4. ข้อสมมติฐาน ขอบเขต และข้อจำกัดในการสร้างแบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์
5. ข้อมูลนำเข้าสำหรับแบบจำลองปัญหาในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์
6. การสร้างแบบจำลองปัญหา สำหรับกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์
7. ผลลัพธ์ของแบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์
8. สรุป

3.3 ขั้นตอนในการดำเนินงานโดยการจำลองแบบปัญหา

การทำวิจัยนี้ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการจำลองแบบปัญหา โดยมุ่งเน้นไปที่แบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ ของบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์รายหนึ่งในประเทศ ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักในการวิจัยคือ เพื่อที่จะวิเคราะห์หาจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่เหมาะสมในการดำเนินการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์

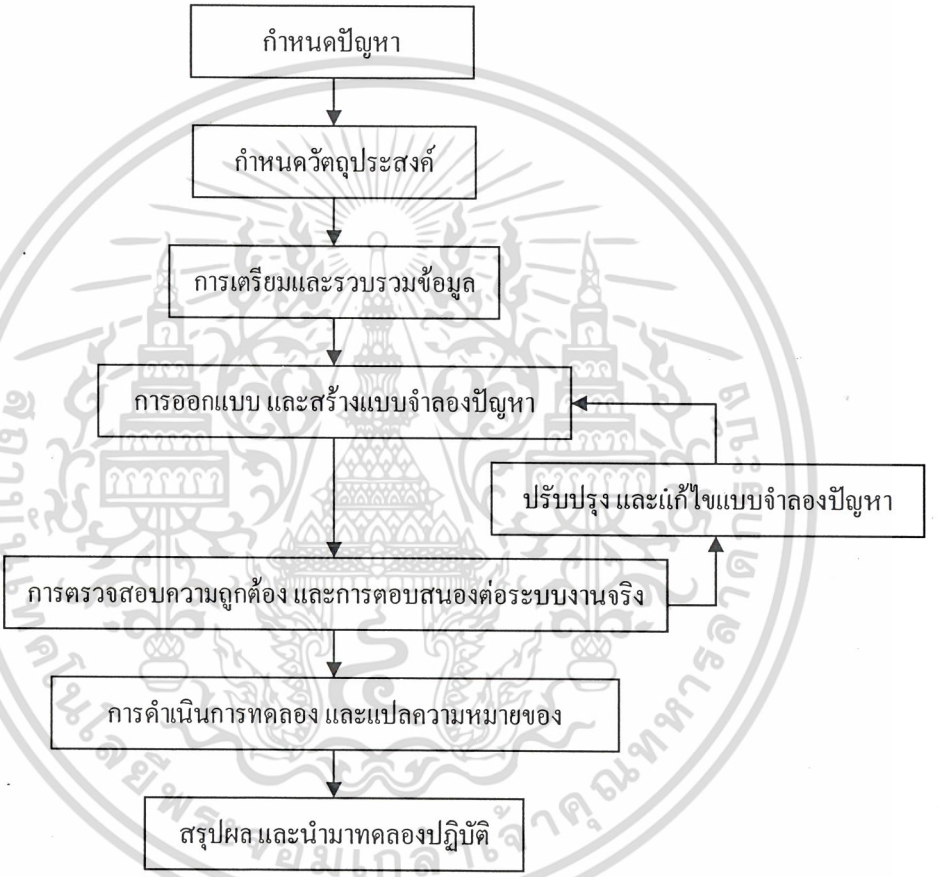
นอกจากนี้ จุดสำคัญของการสร้างแบบจำลองปัญหา คือ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือประกอบการตัดสินใจ หรือแก้ปัญหาอย่างใดอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นในระบบงานซึ่งแสดงผลลัพธ์ออกมาเป็นค่าทางสถิติ ดังนั้นผู้สร้างแบบจำลองปัญหาที่ดีจะต้องเข้าใจถึงกระบวนการทำงานของระบบงานที่ต้องศึกษา และมีความเข้าใจในวิธีใช้โปรแกรมทางวิศวกรรมมาผสมผสานกัน โดยมีลำดับขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองปัญหา แสดงดังรูปที่ 3.1 ดังนี้

3.3.1 กำหนดปัญหา

การกำหนดปัญหา เป็นขั้นตอนของการค้นหาและรวบรวมปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการทำงานของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ที่จะทำการศึกษารวมถึงสาเหตุให้ชัดเจน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบแบบจำลองปัญหา โดยปัญหาของโรงงานที่ผู้วิจัยนำมาเป็นกรณีศึกษานี้คือ โรงงานไม่สามารถผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ได้ทันความต้องการของลูกค้า จากการศึกษาข้อมูลในอดีตพบว่าสายการผลิตของโรงงานนี้ ใช้ภาชนะลำเลียงชิ้นงานเป็นอุปกรณ์ในการลำเลียงชิ้นงานระหว่างกระบวนการ เมื่อปริมาณการสั่งซื้อของลูกค้าเพิ่มขึ้น ภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่ใช้ในการดำเนินงานมีไม่เพียงพอในการผลิต ส่งผลให้ไม่สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้ตามกำหนด ถึงแม้ว่าเหตุการณ์ที่ภาชนะลำเลียงชิ้นงานมีไม่เพียงพอในการผลิตเกิดขึ้นไม่บ่อยครั้งนัก แต่ก็มีผลทำให้ความเชื่อมั่นและความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อโรงงานลดลง ในภาวะที่มีการแข่งขันที่สูงเช่นนี้ โรงงานอาจเสียโอกาสในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดำเนินธุรกิจได้ อีกทั้งเมื่อมีการวางแผนเพื่อเพิ่มสายการผลิตของผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ จะต้องมีการสั่งซื้อภาชนะลำเลียงชิ้นงานสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดนั้นด้วย สำหรับภาชนะลำเลียงชิ้นงานนั้น โรงงานผู้ผลิตจะผลิตก็ต่อเมื่อมีการสั่งซื้อ ทั้งยังเป็นการนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้เสียเวลานานในการที่จะได้ภาชนะลำเลียงชิ้นงานมาใช้ดำเนินงานให้ทันตามความต้องการ ซึ่งถ้าหากโรงงานสั่งซื้อมาไม่เพียงพอกับความต้องการ ก็จะต้องสั่งซื้อเพิ่มอีกทำให้เสียเวลา โอกาสในการทำรายได้และค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ แต่ถ้าโรงงานสั่งซื้อมาในจำนวนมากเกินความจำเป็นในการดำเนินงานจะก่อให้เกิดต้นทุนจมในส่วนของภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่ไม่ได้ใช้งาน



รูปที่ 3.1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองปัญหา

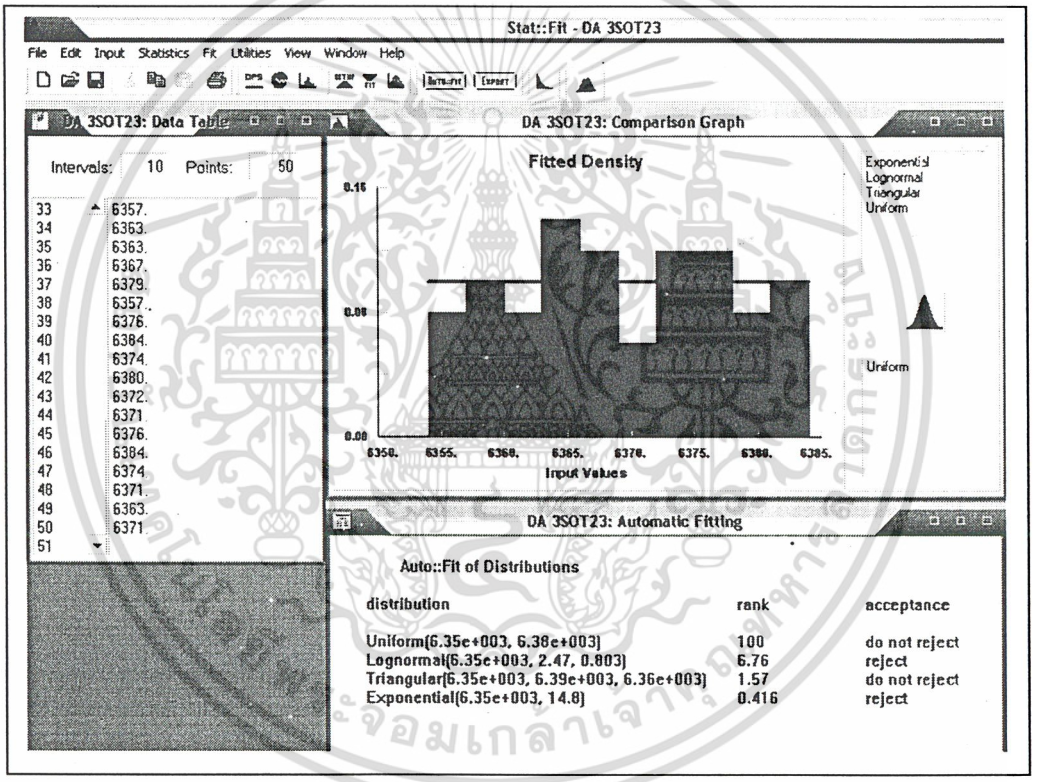
3.3.2 กำหนดวัตถุประสงค์

กำหนดวัตถุประสงค์ เป็นขั้นตอนในการกำหนดขอบเขตและข้อจำกัดต่างๆ ในระบบการทำงานของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ที่จะทำการศึกษา เพื่อให้ได้แบบจำลอง และผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการประมวลด้วยแบบจำลองนี้ มีค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริงของกระบวนการมากที่สุด ซึ่งทำได้โดยการศึกษาความสัมพันธ์ของขั้นตอนการทำงานในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ ในสภาพปัจจุบันอย่างละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การเตรียมและรวบรวมข้อมูล

การเตรียมและรวบรวมข้อมูล เพื่อใช้ป้อนเข้าสู่แบบจำลองปัญหา โดยการเก็บรวบรวมรายละเอียดของข้อมูล (Input Data) ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ และให้ครอบคลุมถึงปัญหา และขั้นตอนการทำงานทั้งหมด รวมถึงกำหนดรูปแบบการแจกแจงของข้อมูล และค่าพารามิเตอร์ต่างๆ โดยผ่านกระบวนการประมวลผลด้วยโปรแกรมทางสถิติ เพื่อให้ได้รูปแบบการแจกแจงที่ถูกต้องและใกล้เคียงกับความเป็นจริง ตัวอย่างการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Die Attach ของผลิตภัณฑ์ A แสดงดังรูปที่ 3.2 โดยข้อมูลดิบของเวลาการทำงานของเครื่องจักรต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ A - P ซึ่งเป็นข้อมูลที่จะนำมาทดสอบหาการกระจายตัวของข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่องจักรต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ A - P นั้นได้รวบรวมไว้ที่ภาคผนวก ก



รูปที่ 3.2 การทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Die Attach ของผลิตภัณฑ์ A

3.3.4 การออกแบบ และสร้างแบบจำลองปัญหา

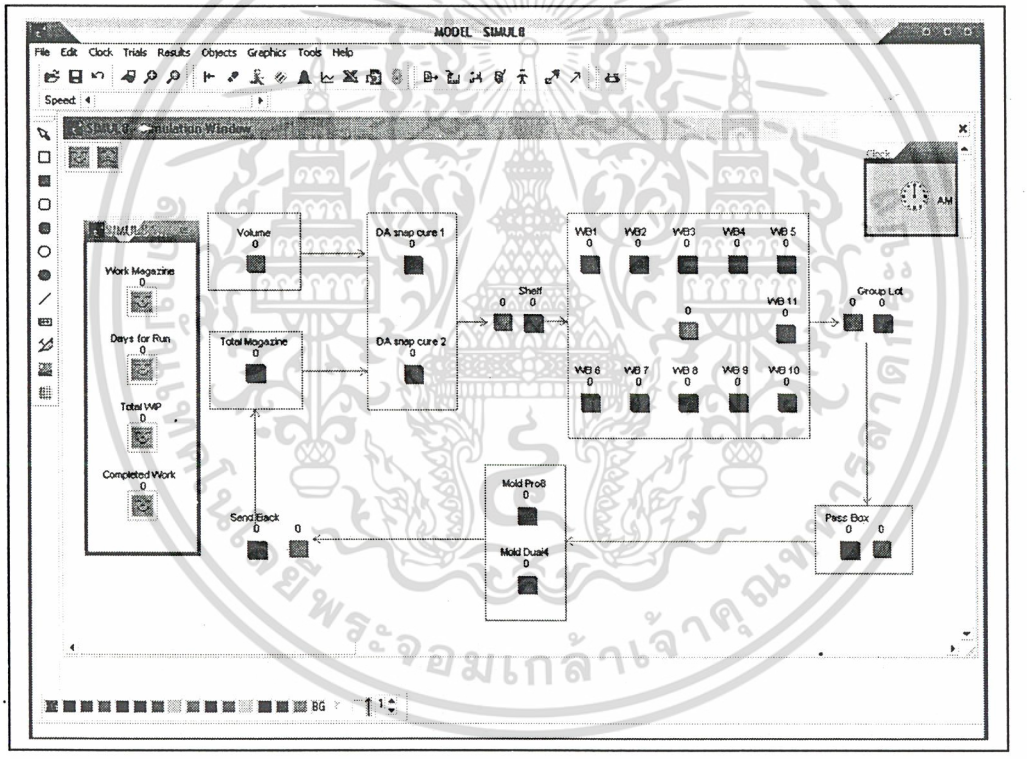
การออกแบบ และสร้างแบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน เป็นการสร้างโครงร่างแบบจำลอง (Model Frame) และโครงร่างการทดลอง (Experiment Frame) ตามขอบเขต และข้อจำกัดต่างๆ ในระบบการทำงานของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ที่ได้กำหนดไว้ รวมถึงการป้อนข้อมูลและค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่รวบรวมได้และผ่านการกำหนดรูปแบบการแจกแจงทางสถิติเข้าสู่แบบจำลอง การสร้างแบบจำลองปัญหา ควรเริ่มต้นจากแบบจำลองง่ายๆ ไม่ซับซ้อนมากนัก และทำการทดสอบเป็นระยะๆ เพื่อตรวจสอบดูความถูกต้อง และยังก่อให้เกิดความมั่นใจต่อแบบจำลองปัญหาที่ได้สร้างขึ้น ว่าใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด โดยตัวอย่างการออกแบบและสร้างแบบจำลอง แสดงในรูปที่ 3.3 แบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ L โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดย่อยของแบบจำลองปัญหาโดยแบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ L จะอยู่ในหัวข้อที่ 3.8 และแบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์อื่น ๆ อีก 15 ผลิตภัณฑ์นั้น ได้รวบรวมไว้ที่ภาคผนวก ข

3.3.5 การตรวจสอบความถูกต้อง และการสนองตอบต่อระบบงานจริง

การตรวจสอบความถูกต้อง และการสนองตอบต่อระบบงานจริง เป็นการตรวจสอบความถูกต้องโครงสร้างของภาษา หรือโปรแกรมที่เขียนขึ้น เพื่อจำลองแบบปัญหา โดยนำไปเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์จริง หรือข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาในอดีต เพื่อดูว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้น มีความแม่นยำน่าเชื่อถือได้เพียงใด แต่ถ้าผลลัพธ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบกันมีความแตกต่างกัน ก็จะแก้ไขปรับปรุงแบบจำลองปัญหา โดยพิจารณาถึงความถูกต้องทางตรรกศาสตร์ของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ที่จำลองขึ้น และข้อมูลที่นำมาใช้ป้อนเข้าสู่แบบจำลองปัญหา ซึ่งผลของการตรวจสอบความถูกต้องนี้จะเสนอในบทที่ 4 หัวข้อที่ 4.2



รูปที่ 3.3 แบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ L

3.3.6 การดำเนินการทดลอง และแปลความหมายของผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองปัญหา

การดำเนินการทดลอง และแปลความหมายของผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองปัญหา เป็นการประมวลผลการทำงานของโปรแกรมจำลองแบบปัญหา และนำผลลัพธ์ที่ได้มาทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ โดยใช้หลักการทางสถิติเพื่อตรวจสอบดูระดับความเชื่อมั่นของผลลัพธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.7 สรุปผลและนำมาทดลองปฏิบัติ

สรุปผลและนำมาทดลองปฏิบัติ เป็นการสรุปผลและจัดทำรายงาน พร้อมข้อเสนอแนะ เพื่อนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจในการสั่งซื้อภาชนะลำเลียงชิ้นงานของโรงงาน โดยผลสรุปจะนำแสนอในบทที่ 5

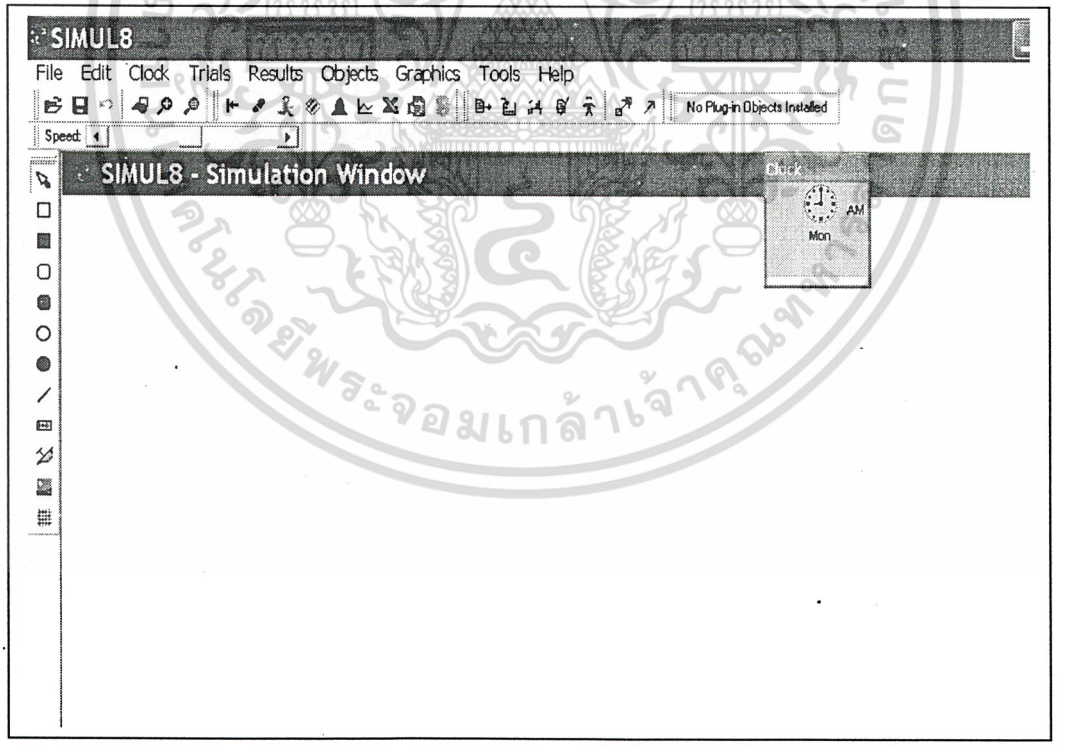
3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองปัญหา

3.4.1 เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์และเครื่องพิมพ์

เพื่อใช้ในการเก็บบันทึกข้อมูล วิเคราะห์ ประมวลผล และแสดงผล เครื่องคอมพิวเตอร์มีหน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit) ไม่ต่ำกว่า 80486 และหน่วยความจำชั่วคราว (Random Access Memory) ไม่น้อยกว่า 16 Mbyte

3.4.2 โปรแกรมสำเร็จรูปทางด้านการจำลองแบบปัญหา

โปรแกรมสำเร็จรูปทางด้านการจำลองแบบปัญหา ชื่อ ไซมูล 8 ได้ถูกนำมาใช้งานร่วมกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ในการสร้างแบบจำลองปัญหา ทั้งในส่วนของโครงร่างแบบจำลอง (Model Frame) และโครงร่างการทดลอง (Experiment Frame) การเก็บข้อมูล การวิเคราะห์และประมวลผลสำหรับแบบจำลองปัญหาที่ถูกสร้างขึ้น รูปแบบหน้าต่างการทำงานของโปรแกรมไซมูล8 ดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 รูปแบบหน้าต่างการทำงานของโปรแกรมไซมูล 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 แบบฟอร์มบันทึกข้อมูล

แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลของเวลาการทำงานของเครื่องจักรต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.1 โดยในตารางจะแสดงชนิดของผลิตภัณฑ์ (A - P) ชื่อของเครื่องจักร เช่น เครื่อง Die Attach เครื่อง Oven เป็นต้น วันที่ หมายเลขแผ่น ชื่อผู้เก็บข้อมูล หมายเลขเครื่องจักร เช่น #32 #34 เป็นต้น และเก็บข้อมูลเวลาซ้ำ 50 ครั้ง เพื่อหาค่าการแจกแจงความน่าจะเป็นของเครื่องจักรต่างๆ โดยจะนำไปเป็นข้อมูลนำเข้า ซึ่งข้อมูลนำเข้าจะแสดงในหัวข้อ 3.7 เพื่อใช้จดบันทึกข้อมูลเวลาในขั้นตอนการติดตัว Die ลงบน Lead Frame โดยเครื่อง Die Attach ข้อมูลเวลาในขั้นตอนการติดตัว Die ลงบน Lead Frame โดยเครื่อง Die Attach with Snap Cure ข้อมูลเวลาในขั้นตอนการอบด้วยเครื่อง Oven ข้อมูลเวลาในขั้นตอนการอบด้วยเครื่อง Cure ข้อมูลเวลาในขั้นตอนการเชื่อมต่อวงจรด้วยเครื่อง Wire Bond และข้อมูลเวลาในขั้นตอนการฉีดสารห่อหุ้ม Die ด้วยเครื่อง Mold ซึ่งข้อมูลที่รวบรวมได้จะถูกนำไปหารูปแบบของการแจกแจงความน่าจะเป็น โดยวิธีการทางสถิติ เพื่อจะได้ข้อมูลที่ถูกต้องและใกล้เคียงกับความเป็นจริง

ตารางที่ 3.1 แสดงแบบฟอร์มบันทึกข้อมูลเวลาของเครื่องจักร

ชนิดของผลิตภัณฑ์ : ชื่อเครื่องจักร:						วันที่: ผู้เก็บข้อมูล:			แผ่นที่:		
หมายเลข เครื่องจักร	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 เหตุผลของการศึกษากระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์

1. ปริมาณความต้องการของลูกค้ามีแนวโน้มสูงขึ้น อันเนื่องจากการเจริญเติบโตของอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่มีความต้องการผลิตภัณฑ์ทางด้านอิเลคทรอนิกส์

2. จากการศึกษาข้อมูลในอดีต ระบบของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ มีภาชนะลำเลียงชิ้นงานไม่เพียงพอที่จะใช้ในการดำเนินงาน ส่งผลให้โรงงานส่งสินค้าให้ลูกค้าช้ากว่าที่กำหนด ลูกค้าเกิดความไม่พอใจ

3. ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มมีการสั่งซื้อจนกระทั่งได้รับภาชนะลำเลียงชิ้นงานมาใช้งานยาวนาน

4. เครื่องจักรบางส่วนมีอัตราการใช้ประโยชน์ต่ำ อันเนื่องมาจากการมีภาชนะลำเลียงชิ้นงานไม่เพียงพอในการดำเนินงาน

5. ต้องการทราบจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่เหมาะสม ในระบบของการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ของสายการผลิตในปัจจุบัน และเมื่อมีการปรับเพิ่มกำลังการผลิตหรือเพิ่มสายการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

3.6 ข้อสมมติฐาน ขอบเขต และข้อจำกัดในการสร้างแบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์

1. โปรแกรมการจำลองแบบปัญหาที่ใช้ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ชื่อ ไซมูล8 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองและวิเคราะห์ผลทางด้านสถิติศาสตร์ โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรมนี้ จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากระบบงานจริง

2. โปรแกรมทางสถิติที่นำมาใช้ เพื่อหารูปแบบการแจกแจงของข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้ จากแต่ละขั้นตอนการทำงานของกระบวนการการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ ชื่อสแตท ฟิท (Stat Fit)

3. แบบจำลองปัญหาที่สร้างขึ้นสำหรับกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์นี้ จะจำลองโดยแบ่งแยกตามชนิดของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีทั้งหมด 16 ชนิดผลิตภัณฑ์ (ผลิตภัณฑ์ A - P)

4. แบบจำลองปัญหาสำหรับกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์นี้ จะประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานดังนี้

- ขั้นตอนการติดตัว Die ลงบน Lead Frame โดยเครื่องDie Attach หรือขั้นตอนการติดตัว Die ลงบน Lead Frame โดยเครื่อง Die Attach with Snap Cure
- ขั้นตอนการอบด้วยเครื่อง Oven หรือ ขั้นตอนการอบด้วยเครื่อง Cure
- ขั้นตอนการเชื่อมต่อวงจรด้วยเครื่อง Wire Bond
- ขั้นตอนการฉีดสารห่อหุ้มวัสดุ ด้วยเครื่อง Mold

5. ผู้วิจัยกำหนดทำการจำลองแบบปัญหาในระยะเวลา 1 วัน โดยระบบจะทำงานต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง เพื่อจะวิเคราะห์จำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่ควรจะต้องมีเพื่อดำเนินงานในแต่ละวัน

6. การจำลองแบบปัญหาของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์นี้ จะไม่นำปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทำงานของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ ซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ มาพิจารณาใช้ประกอบในการจำลองแบบปัญหา ตัวอย่างเช่น การหยุดทำงานของเครื่องจักรอันเกิดจากความขัดข้อง (Machine Down) การปรับเปลี่ยนเครื่องจักรเพื่อใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆ

7. การจำลองแบบปัญหาของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์นี้ จะไม่นำระยะเวลาในการทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิจกรรมอื่นๆ ของพนักงานที่อยู่นอกเหนือจากขั้นตอนการทำงานจริงมาพิจารณา เพราะว่ามีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตโดยรวม ซึ่งสามารถตัดทิ้งได้โดยไม่มีผลกระทบต่อผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองแบบปัญหา

8. ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักร และพนักงาน ในระบบการผลิตของแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากัน ปัจจัยอื่นๆ ในการผลิตเหมือนกัน

9. จำนวนเครื่องจักรในแต่ละกระบวนการ ที่ถูกจำลองขึ้นในแบบปัญหา ของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ถูกจัดสรรให้ใช้ในการผลิตตามแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในตารางที่ 3.2 ตารางแสดงจำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตแต่ละผลิตภัณฑ์ เช่น ผลิตภัณฑ์ A มีเครื่อง Die Attach alone 2 เครื่อง เครื่อง Oven 1 เครื่อง เครื่อง Wire Bond 4 เครื่อง เครื่อง Mold Pro-8 1 เครื่อง

10. หน่วยที่ใช้ในการจำลองแบบปัญหาสำหรับแบบจำลองของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ คือ พารามิเตอร์: เวลา หน่วย: วินาที

11. ผู้วิจัยจะดำเนินการจำลองแบบปัญหาจำนวนครั้งตามขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมในบทที่ 4

ตารางที่ 3.2 แสดงจำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละผลิตภัณฑ์

ชนิดผลิตภัณฑ์	เครื่อง Die Attach		เครื่อง Oven	เครื่อง Cure	เครื่อง Wire Bond	เครื่อง Mold	
	alone	มี snap				Dual-4	Pro-8
A	2		1		4		1
B	2		1		4		1
C	2	2	1	1	8		1
D	1		1		2		1
E	2		1	1	5		1
F	13	2	3	1	30		3
G		3			14	3	
H		3			15	1	1
I		1			6		1
J		1			6	1	
K		2			14		3
L		2			11	1	2
M		1			18		1
N		1			5	1	1
O		1			7		1
P		1			7		1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 ข้อมูลนำเข้าสำหรับแบบจำลองปัญหาในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์

ในการดำเนินการจำลองแบบปัญหาเพื่อให้ได้ผลลัพธ์จากการประมวลผลของแบบจำลองปัญหาที่สร้างขึ้น โดยการทำงานของโปรแกรม ไซมูล8 จะต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านตัวเลขที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ โดยข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้นั้นจะต้องผ่านการประมวลผลทางสถิติด้วยการใช้โปรแกรมทางด้านสถิติที่ชื่อว่าสแตท ฟิท (Stat Fit) เพื่อจะทำให้ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้ มีรูปแบบการแจกแจงที่ถูกต้องตามหลักวิชาสถิติ และมีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงของระบบงาน ตัวอย่างข้อมูลที่ต้องเก็บรวบรวมเช่น ระยะเวลาการทำงานของเครื่องจักรในขั้นตอนการติดตัว Die ลงบน Lead Frame โดยเครื่อง Die Attach ขั้นตอนการติดตัว Die ลงบน Lead Frame โดยเครื่อง Die Attach with Snap Cure ขั้นตอนการอบด้วยเครื่อง Oven ขั้นตอนการอบด้วยเครื่อง Cure ขั้นตอนการเชื่อมต่อวงจรด้วยเครื่อง Wire Bond และขั้นตอนการฉีดสารห่อหุ้ม Die ด้วยเครื่อง Mold เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นข้อมูลที่สำคัญที่เราจะต้องทราบ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประมวลผล สำหรับการจำลองแบบปัญหาของแบบจำลองกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ที่เป็นอยู่ ในปัจจุบัน ซึ่งข้อมูลด้านตัวเลขที่นำมาประมวลผล แบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ จากข้อมูลเก่าที่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลเอาไว้ และข้อมูลใหม่บางส่วนที่มีการจับเวลาเก็บข้อมูล เมื่อนำมาทำการวิเคราะห์แล้วพบว่า ข้อมูลมีค่าความแปรปรวนปานกลาง โดยมีองค์ประกอบมาจากหลายสาเหตุ เช่น ปัญหาการขัดข้องของเครื่องจักรในระหว่างการทำงาน ซึ่งส่งผลให้ค่าเวลาที่ใช้ในการผลิตไม่แน่นอน ความเมื่อยล้าของพนักงาน ความชำนาญของพนักงานในการควบคุม การทำงานของเครื่องจักร ช่วงเวลาที่ทำการจับเวลา การขาดช่วงในการทำงานเนื่องจากการเปลี่ยนกะของพนักงาน เป็นต้น ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้ และผ่านการวิเคราะห์ทางสถิติ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

3.7.1 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Die Attach ในแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์

เวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Die Attach มีหน่วยเป็นวินาที และมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบยูนิฟอร์ม โดยมี (ค่าน้อยสุด, มากสุด) แสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Die Attach

ผลิตภัณฑ์	การแจกแจงความน่าจะเป็น
A	U (6350, 6380)
B	U (5540, 5570)
C	U (3600, 3630)
D	U (4310, 4340)
E	U (1590, 1620)
F	U (3920, 3950)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.2 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Cure ในแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์

เวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Cure มีหน่วยเป็นวินาที และมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบยูนิฟอร์ม โดยมี (ค่าน้อยสุด, มากสุด) แสดงดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Cure

ผลิตภัณฑ์	การแจกแจงความน่าจะเป็น
C	U (535, 565)
E	U (538, 562)
F	U (542, 563)

3.7.3 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Die Attach with Snap Cure ในแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์

เวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Die Attach with Snap Cure มีหน่วยเป็นวินาที และมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบยูนิฟอร์ม โดยมี (ค่าน้อยสุด, มากสุด) แสดงดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Die Attach with Snap Cure

ผลิตภัณฑ์	การแจกแจงความน่าจะเป็น
C	U (3560, 3590)
F	U (3960, 3990)
G	U (853, 883)
H	U (1700, 1730)
I	U (1820, 1850)
J	U (595, 625)
K	U (1040, 1070)
L	U (594, 624)
M	U (1620, 1650)
N	U (574, 604)
O	U (986, 1020)
P	U (844, 874)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.4 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Mold Dual 4 ในแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์

เวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Mold Dual 4 มีหน่วยเป็นวินาที และมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบยูนิฟอร์ม โดยมี (ค่าน้อยสุด, มากสุด) แสดงดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Mold Dual 4

ผลิตภัณฑ์	การแจกแจงความน่าจะเป็น
G	U (2120, 2150)
H	U (1050,1070)
J	U (4110,4140)
L	U (3970,4000)
N	U (4780,4810)

3.7.5 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Mold Pro 8 ในแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์

เวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Mold Pro 8 มีหน่วยเป็นวินาที และมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบยูนิฟอร์ม โดยมี (ค่าน้อยสุด, มากสุด) แสดงดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Mold Pro 8

ผลิตภัณฑ์	การแจกแจงความน่าจะเป็น
A	U (1780, 1800)
B	U (1880, 1910)
C	U (1800, 1830)
D	U (1780, 1810)
E	U (1980, 2010)
F	U (1790, 1820)
H	U (1810, 1840)
I	U (1790, 1820)
K	U (3480, 3500)
L	U (3960, 3990)
M	U (1900, 1930)
N	U (8490, 8520)
O	U (2160, 2190)
P	U (2180, 2210)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.6 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Wire Bond ในแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์

เวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Wire Bond มีหน่วยเป็นวินาที และมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบยูนิฟอร์ม โดยมี (ค่าน้อยสุด, มากสุด) แสดงดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง Wire Bond

ผลิตภัณฑ์	การแจกแจงความน่าจะเป็น
A	U (11600, 11700)
B	U (11100, 11200)
C	U (7890, 7920)
D	U (11100, 11200)
E	U (3550, 3580)
F	U (8340, 8360)
G	U (3210, 3260)
H	U (8140, 8170)
I	U (7570, 7590)
J	U (1930, 1960)
K	U (6360, 6390)
L	U (2500, 2530)
M	U (10700, 10800)
N	U (1850, 1870)
O	U (7430, 7460)
P	U (9750, 9780)

3.8 การสร้างแบบจำลองปัญหา สำหรับกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์

ภายหลังจากที่ได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ รายละเอียดขั้นตอนการทำงาน รายละเอียดของเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน เหตุผลที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ข้อมูลที่สำคัญของแต่ละส่วนเหล่านี้ จะถูกนำมาสร้างเป็นแบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองแบบปัญหา มาทำการตรวจสอบ และเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการทำงานจริง ว่ามีความน่าเชื่อถือหรือเบี่ยงเบนมากน้อยเพียงใด เพื่อวิเคราะห์หาจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่เหมาะสม และเป็นข้อมูลสำหรับพนักงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการสั่งซื้อภาชนะลำเลียงชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.1 รูปแบบของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์

ในปัจจุบันโรงงานกรณีศึกษามีผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 16 ชนิด โดยรูปแบบของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์สามารถแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบด้วยกัน โดยแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ก็มีรูปแบบของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ที่มีรูปแบบเดียว 2 รูปแบบ หรือ 3 รูปแบบผสมกัน

3.8.1.1 <u>รูปแบบที่ 1</u>

รูปแบบที่ 1 มีขั้นตอนการทำงาน แสดงดังรูปที่ 3.5 โดยรูปแบบที่ 1 นี้เป็นกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ของผลิตภัณฑ์ C F G H I J K L M N O P

รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการผลิตรูปแบบที่ 1

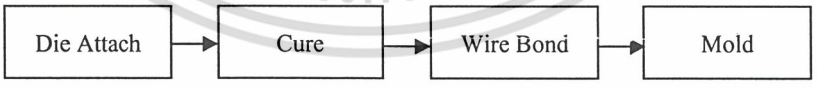
3.8.1.2 <u>รูปแบบที่ 2</u>

รูปแบบที่ 2 มีขั้นตอนการทำงาน แสดงดังรูปที่ 3.6 โดยรูปแบบที่ 2 นี้เป็นกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ของผลิตภัณฑ์ A B C D E F

รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการผลิตรูปแบบที่ 2

3.8.1.3 <u>รูปแบบที่ 3</u>

รูปแบบที่ 3 มีขั้นตอนการทำงาน แสดงดังรูปที่ 3.7 โดยรูปแบบที่ 3 นี้เป็นกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ของผลิตภัณฑ์ C E F



รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการผลิตรูปแบบที่ 3

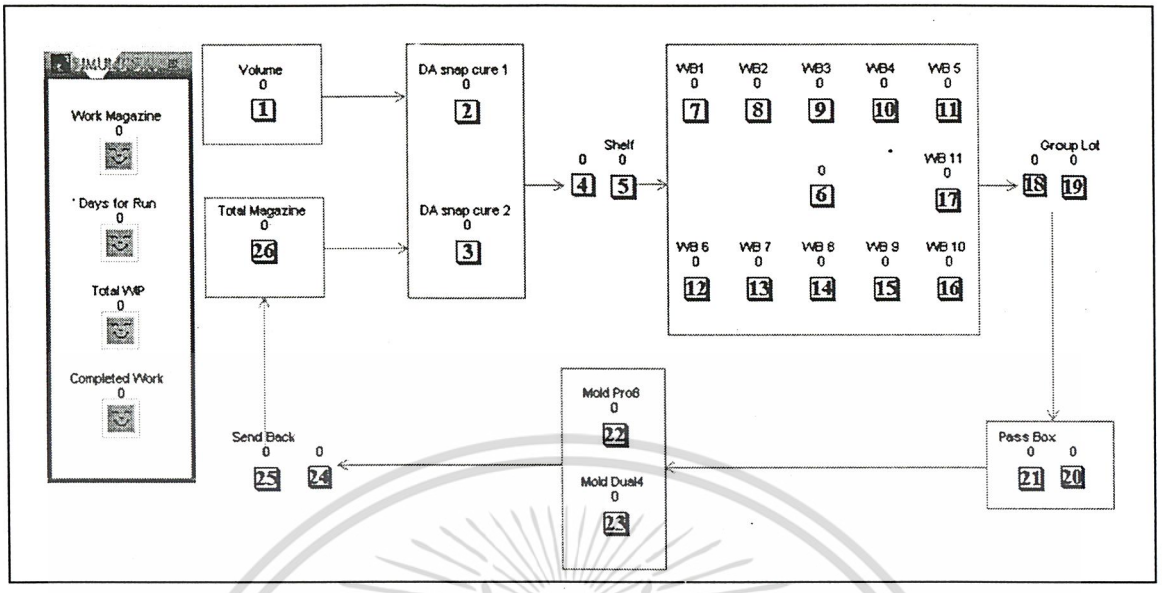
3.8.2 แนวคิดในการออกแบบ และสร้างแบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์

แนวคิดในการออกแบบ และสร้างแบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์มี 3 รูปแบบ ตามรูปแบบของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์

3.8.2.1 <u>การสร้างแบบจำลองปัญหารูปแบบที่ 1</u>

การสร้างแบบจำลองปัญหารูปแบบที่ 1 ตามรูปแบบของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์มีรายละเอียด แสดงดังรูปที่ 3.8 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองปัญหาของผลิตภัณฑ์ L ซึ่งประกอบด้วย

เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองปัญหาของผลิตภัณฑ์ L

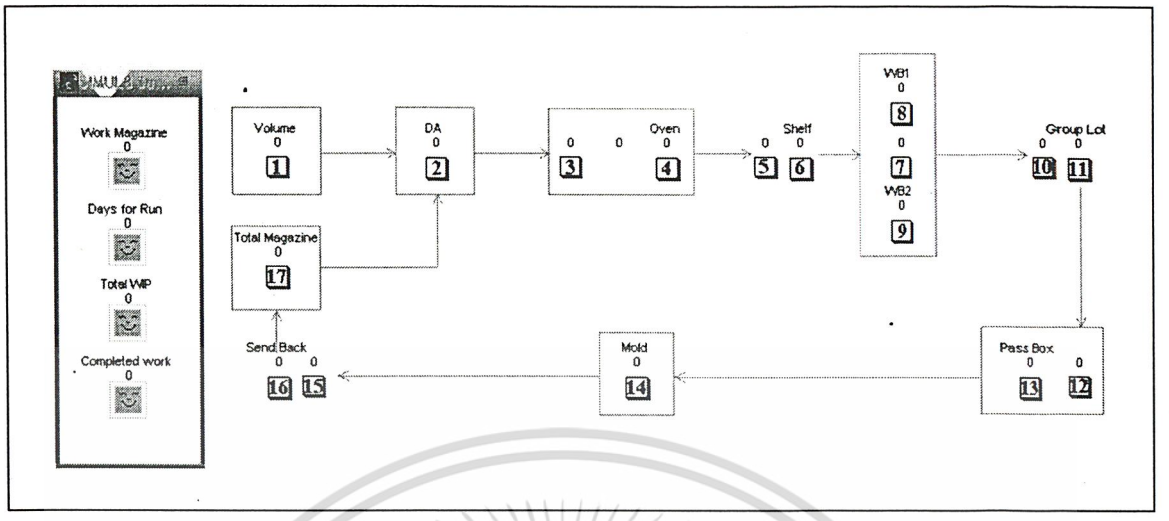
- หมายเลข 1 จำลองขั้นตอนการเข้ามาของชิ้นงาน เพื่อส่งเข้าสู่ขั้นตอนการติดตัว Die ลงบน Lead Frame โดยเครื่อง Die Attach with Snap Cure
- หมายเลข 2 และ 3 จำลองการทำงานของขั้นตอนการติดตัว Die ลงบน Lead Frame โดยเครื่อง Die Attach with Snap Cure
- หมายเลข 4 ถึง 6 จำลองขั้นตอนการเคลื่อนที่ของภาชนะลำเลียงชิ้นงานจากขั้นตอนการติดตัว Die ลงบน Lead Frame โดยเครื่อง Die Attach with Snap Cure ไปสู่ขั้นตอนการเชื่อมต่อวงจร
- หมายเลข 7 ถึง 17 จำลองการทำงานของขั้นตอนการเชื่อมต่อวงจร
- หมายเลข 18 ถึง 21 จำลองขั้นตอนการเคลื่อนที่ของภาชนะลำเลียงชิ้นงานจากขั้นตอนการเชื่อมวงจรไปสู่ขั้นตอนการฉีดสารห่อหุ้ม
- หมายเลข 22 ถึง 23 จำลองการทำงานของขั้นตอนการฉีดสารห่อหุ้ม
- หมายเลข 24 และ 25 จำลองขั้นตอนการเคลื่อนที่ของภาชนะลำเลียงชิ้นงานจากขั้นตอนการฉีดสารห่อหุ้ม ไปสู่จุดรวมภาชนะลำเลียงชิ้นงาน
- หมายเลขที่ 26 จำลองการใช้ภาชนะลำเลียงชิ้นงานโดยรวมของระบบของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ ซึ่งจำนวนของภาชนะลำเลียงชิ้นงานในส่วนนี้ จะถูกนำไปวิเคราะห์เพื่อหาจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่เหมาะสม

3.8.2.2 <u>การสร้างแบบจำลองปัญหารูปแบบที่ 2</u>

การสร้างแบบจำลองปัญหารูปแบบที่ 2 ตามรูปแบบของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์มีรายละเอียด แสดงดังรูปที่ 3.9 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองปัญหาของผลิตภัณฑ์ D ซึ่งประกอบด้วย

- หมายเลข 1 จำลองขั้นตอนการเข้ามาของชิ้นงาน เพื่อส่งเข้าสู่ขั้นตอนการติดตัว Die ลงบน Lead Frame โดยเครื่อง Die Attach
- หมายเลข 2 จำลองการทำงานของขั้นตอนการติดตัว Die ลงบน Lead Frame โดยเครื่อง Die Attach

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองปัญหาของผลิตภัณฑ์ D

- หมายเลข 3 จำลองขั้นตอนการเคลื่อนที่ของภาชนะลำเลียงชิ้นงานจากขั้นตอนการติดตัว Die ลงบน Lead Frame โดยเครื่อง Die Attach ไปสู่ขั้นตอนการอบด้วยเครื่อง Oven
- หมายเลข 4 จำลองการทำงานของขั้นตอนการอบด้วยเครื่อง Oven
- หมายเลข 5 ถึง 7 จำลองขั้นตอนการเคลื่อนที่ของภาชนะลำเลียงชิ้นงานจากขั้นตอนการอบด้วยเครื่อง Oven ไปสู่ขั้นตอนการเชื่อมต่อวงจร
- หมายเลข 8 และ 9 จำลองการทำงานของขั้นตอนการเชื่อมต่อวงจร
- หมายเลข 10 ถึง 13 จำลองขั้นตอนการเคลื่อนที่ของภาชนะลำเลียงชิ้นงานจากขั้นตอนการเชื่อมวงจร ไปสู่ขั้นตอนการฉีดสารห่อหุ้ม
- หมายเลข 14 จำลองการทำงานของขั้นตอนการฉีดสารห่อหุ้ม
- หมายเลข 15 และ 16 จำลองขั้นตอนการเคลื่อนที่ของภาชนะลำเลียงชิ้นงานจากขั้นตอนการฉีดสารห่อหุ้ม ไปสู่จุดรวมภาชนะลำเลียงชิ้นงาน
- หมายเลขที่ 17 จำลองการใช้ภาชนะลำเลียงชิ้นงาน โดยรวมของระบบของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ ซึ่งจำนวนของภาชนะลำเลียงชิ้นงานในส่วนนี้ จะถูกนำไปวิเคราะห์เพื่อหาจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่เหมาะสม

3.8.2.3 <u>การสร้างแบบจำลองปัญหารูปแบบที่ 3</u>

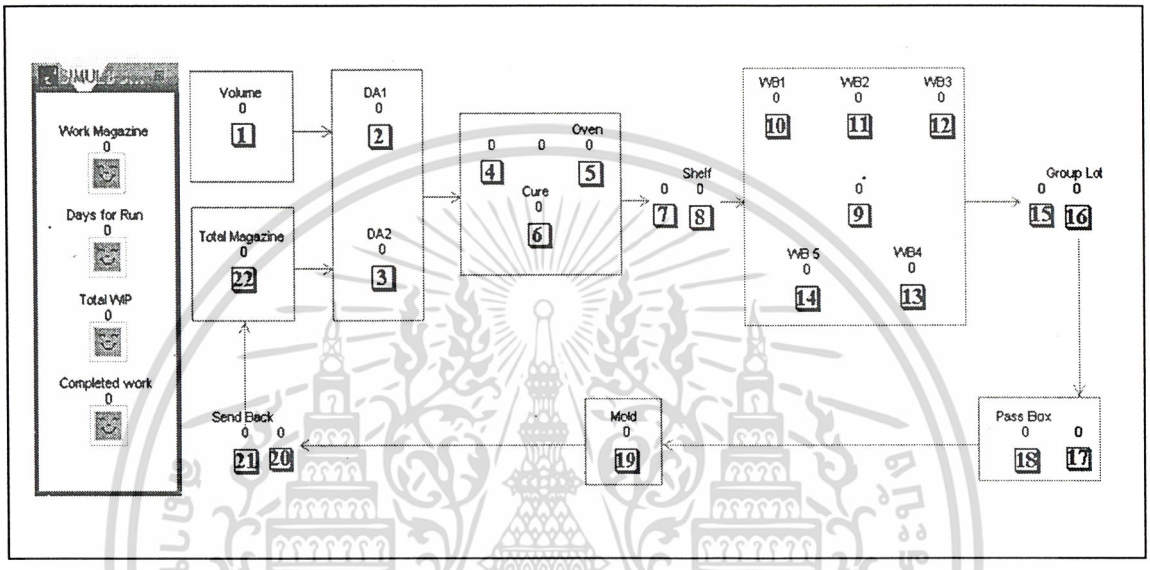
การสร้างแบบจำลองปัญหารูปแบบที่ 3 ตามรูปแบบของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์มีรายละเอียด แสดงดังรูปที่ 3.10 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองปัญหาของผลิตภัณฑ์ E ซึ่งประกอบด้วย

- หมายเลข 1 จำลองขั้นตอนการเข้ามาของชิ้นงาน เพื่อส่งเข้าสู่ขั้นตอนการติดตัว Die ลงบน Lead Frame โดยเครื่อง Die Attach
- หมายเลข 2 และ 3 จำลองการทำงานของขั้นตอนการติดตัว Die ลงบน Lead Frame โดยเครื่อง Die Attach
- หมายเลข 4 จำลองขั้นตอนการเคลื่อนที่ของภาชนะลำเลียงชิ้นงานจากขั้นตอนการติดตัว Die ลงบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lead Frame โดยเครื่อง Die Attach ไปสู่ขั้นตอนการอบด้วยเครื่อง Oven

- หมายเลข 5 จำลองการทำงานของขั้นตอนการอบด้วยเครื่อง Oven
- หมายเลข 6 จำลองขั้นตอนการเคลื่อนที่ของภาชนะลำเลียงชิ้นงานจากขั้นตอนการติดตัว Die ลงบน Lead Frame โดยเครื่อง Die Attach ไปสู่ขั้นตอนการอบด้วยเครื่อง Cure และจำลองการทำงานของขั้นตอนการอบด้วยเครื่อง Cure



รูปที่ 3.10 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองปัญหาของผลิตภัณฑ์ E

- หมายเลข 7 ถึง 9 จำลองขั้นตอนการเคลื่อนที่ของภาชนะลำเลียงชิ้นงานจากขั้นตอนการอบด้วยเครื่อง Oven และ Cure ไปสู่ขั้นตอนการเชื่อมต่อวงจร
- หมายเลข 10 ถึง 14 จำลองการทำงานของขั้นตอนการเชื่อมต่อวงจร
- หมายเลข 15 ถึง 18 จำลองขั้นตอนการเคลื่อนที่ของภาชนะลำเลียงชิ้นงานจากขั้นตอนการเชื่อมวงจรไปสู่ขั้นตอนการฉีดสารห่อหุ้ม
- หมายเลข 19 จำลองการทำงานของขั้นตอนการฉีดสารห่อหุ้ม
- หมายเลข 20 และ 21 จำลองขั้นตอนการเคลื่อนที่ของภาชนะลำเลียงชิ้นงานจากขั้นตอนการฉีดสารห่อหุ้ม ไปสู่จุดรวมภาชนะลำเลียงชิ้นงาน
- หมายเลขที่ 22 จำลองการใช้ภาชนะลำเลียงชิ้นงานโดยรวมของระบบของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ ซึ่งจำนวนของภาชนะลำเลียงชิ้นงานในส่วนนี้ จะถูกนำไปวิเคราะห์เพื่อหาจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่เหมาะสม

3.8.3 คำอธิบายของชื่อต่างๆ ที่ใช้ในโครงร่างแบบจำลอง สำหรับแบบจำลองปัญหา

1. เอ็นทีตี้ (Entities) คือ วัตถุหรือสิ่งใดๆ ที่มีการเคลื่อนที่และมีการเปลี่ยนแปลงสถานะอยู่ในระบบ เช่น ชิ้นงานที่ทำการผลิตในระบบของกระบวนการผลิต
2. ทรัพยากร (Resource) คือ ทรัพยากรที่อยู่ในระบบ ทำหน้าที่ในการดำเนินกิจกรรมใดๆ กับเอ็นทีตี้ เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องจักรในการตัด เจาะ อบชิ้นงานในระบบการผลิต พนักงานต้อนรับที่ให้บริการลูกค้า

3. คุณสมบัติเฉพาะตัว (Attributes) คือ คุณสมบัติเฉพาะของเอ็นทีตี้หนึ่งๆ ต่างกันหรือเหมือนกันก็ได้ คุณสมบัตินี้จะถูกกำหนดให้แต่ละเอ็นทีตี้ตั้งแต่เริ่มต้นและติดตัวเอ็นทีตี้นี้ตลอดไป แต่ระหว่างอยู่ในกระบวนการ อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ เช่น เวลารับบริการของลูกค้าแต่ละประเภทที่มาติดต่อเคาน์เตอร์ให้บริการ เวลาการผลิตเครื่องจักรเครื่องหนึ่งของชิ้นงานหลายชนิดที่มีความแตกต่างกัน

4. ตัวแปรของระบบ (Variable) คือ ค่าตัวแปรใดๆ ที่ผู้จำลองสถานการณ์สามารถกำหนดให้กับแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้น เพื่อการวัดค่าใดๆในระบบก็ได้

3.9 ผลลัพธ์ของแบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์

1. ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบแบบจำลองปัญหา ของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ ในแต่ละการทดลองซ้ำ (Replication) โดยสามารถกำหนดจำนวนการทดลองซ้ำ (n) จากสมการที่ 2.15 ที่ต้องการทดสอบได้ในโครงร่างการทดลอง (Experiment Frame) ของโปรแกรมการจำลองแบบปัญหา ไซมูล 8 ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะนำเสนอในบทที่ 4 หัวข้อที่ 4.2

2. ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบในทางสถิติ โดยการนำผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองแบบปัญหาในแต่ละการทดลองซ้ำ มาประเมินผลร่วมกันในระดับความเชื่อมั่นที่กำหนด ผลลัพธ์ของแบบจำลองปัญหาที่ได้จากการประเมินผลทางสถิติ จะถูกนำมาใช้ในการเปรียบเทียบจากผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ที่เกิดขึ้นจริง เนื่องจากผลลัพธ์จากทางสถิติที่ได้มาจากการประมวลผลลัพธ์หลาย ๆ ค่า จากการจำลองแบบปัญหาจะเป็นตัวแทนของระบบงานจริงได้ดีกว่า ค่าที่ได้จากการทดลองซ้ำ อันใดอันหนึ่งเท่านั้น

3.10 สรุป

บทนี้ได้กล่าวถึงการออกแบบและสร้างแบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ ซึ่งอาศัยข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบัน และปรับปรุงแบบจำลองปัญหาให้ใกล้เคียงกับกระบวนการผลิตจริง ในบทต่อไปจะแสดงถึงผลการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ เพื่อทดสอบว่าแบบจำลองปัญหาที่สร้างขึ้น สามารถแทนระบบของกระบวนการผลิตจริงได้ แล้ววิเคราะห์จำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่เหมาะสมในแต่ละผลิตภัณฑ์ พร้อมทั้งแสดงแนวทางในวิเคราะห์จำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่จะเป็นข้อมูลในการสั่งซื้อสำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่ โดยการประมวลผลแบบจำลองปัญหาในแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

จากบทที่ 3 เมื่อทำการเก็บข้อมูลทางด้านตัวเลขทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ แล้วนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้นี้ ป้อนเข้าสู่โปรแกรมการจำลองแบบปัญหา เพื่อที่จะทำให้โปรแกรมนี้ ดำเนินการจำลองแบบปัญหา ตามขั้นตอนการทำงานของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ที่ถูกสร้างไว้ในโครงร่างแบบจำลอง (Model Frame) ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ เป็นจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่เหมาะสมซึ่งจะมีการนำไปเปรียบเทียบกับจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่ใช้ในระบบของกระบวนการผลิตจริง

4.1 หัวข้อที่จะอธิบายในบทนี้

1. การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองปัญหา
2. ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองปัญหา
3. สรุป

4.2 การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองปัญหา

ในการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองปัญหา จะใช้หลักการวิเคราะห์ทางด้านสถิติศาสตร์ เพื่อทดสอบว่าแบบจำลองปัญหาที่สร้างขึ้น สามารถแทนระบบของกระบวนการผลิตจริงได้ โดยอาศัยวิธีการทดสอบสมมติฐานและทดสอบโดยใช้วิธี t-test ชนิดสองทาง มาช่วยในการวิเคราะห์ความถูกต้องของปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพารามิเตอร์ที่จะทดสอบ คือ จำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงาน

4.2.1 การหาขนาดตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่เหมาะสมจากการจำลองแบบปัญหา 15 ครั้ง โดยข้อมูลชุดนี้มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.387

การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมรับได้โดยใช้สูตร

$$\text{Error} = \frac{(t_{\alpha/2,n-1}) \times S}{\sqrt{n}} \qquad (4.1)$$

$$\text{Error} = \frac{(t_{0.025,14}) \times (1.387)}{\sqrt{15}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปิดตาราง t–test ที่ $\frac{\alpha}{2} = 0.025$ และ n = 15 ได้ค่า $t_{0.025,14} = 2.145$ จะได้ Error = 0.768

การคำนวณขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม โดยใช้สูตร

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2}S}{\text{Error}}\right)^2 \qquad (4.2)$$

$$n = \left(\frac{Z_{0.025} \times 1.387}{0.768}\right)^2$$

เปิดตาราง Z–test ที่ $\frac{\alpha}{2} = 0.025$ ได้ค่า $Z_{0.025} = 1.96$ จะได้ $n \approx 13$

สรุปได้ว่า จำนวนตัวอย่างที่เก็บรวบรวมมา 15 ครั้ง เพียงพอในการใช้คำนวณต่อไป

4.2.2 การทดสอบสมมติฐาน

การทดสอบสมมติฐานจะทำการทดสอบด้วย F-test ก่อน เพื่อจะทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างความแปรปรวนของจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานโดยเฉลี่ย ที่มีการใช้อยู่ในระบบของกระบวนการผลิตจริง และที่ถูกใช้ไปในแบบจำลองปัญหา ซึ่งเป็นอิสระต่อกัน การที่ทดสอบค่าเอฟก่อนก็เพื่อจะพิจารณาเลือกใช้สูตรใด ด้วยการทดสอบแบบ t-test ต่อไป โดยใช้ข้อมูลจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่ได้จากแบบจำลองปัญหาในการทดสอบสมมติฐาน และเปรียบเทียบกับจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่ใช้ในระบบของกระบวนการผลิตจริง ดังแสดงในตารางที่ 4.1 โดยข้อมูลในตารางนี้เป็นของผลิตภัณฑ์ L จากการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 15 วันทำงาน

4.2.2.1 <u>การทดสอบด้วย F-test</u>

การทดสอบด้วย F-test โดยใช้สมมติฐานว่า ความแปรปรวนของจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานโดยเฉลี่ยที่ใช้ในระบบของกระบวนการผลิตในแบบจำลอง ไม่มีความแตกต่างกับจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานโดยเฉลี่ยที่ใช้ในระบบของกระบวนการผลิตจริง

กำหนดให้

1. $H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$
2. $H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$
3. ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.025$ องศาความเป็นอิสระ $\nu_1 = n_1 - 1 = 14$ $\nu_2 = n_2 - 1 = 14$
4. ค่าสถิติที่ได้จากการสุ่มตัวอย่าง $F = \frac{S_1^2}{S_2^2} = 0.852$
5. เปิดตารางเอฟที่ $\nu_1 = n_1 - 1 = 14$, $\nu_2 = n_2 - 1 = 14$ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.025$ จะได้ค่า $F_{U(14,14)} = 2.9833$ และ $F_{L(14,14)} = 0.3352$ ดังนั้น จะยอมรับ H_0 เมื่อ $0.3352 \leq F \leq 2.9833$
6. สรุปค่าสถิติเอฟที่คำนวณได้ อยู่ในบริเวณที่ยอมรับ จึงยอมรับ H_0 นั่นคือ ยอมรับว่าความแปรปรวนของจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานโดยเฉลี่ยที่ใช้ในระบบของกระบวนการผลิตในแบบจำลองกับจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานโดยเฉลี่ยที่ใช้ในระบบของกระบวนการผลิตจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่มีความแตกต่างตามนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่ได้จากแบบจำลองปัญหา เปรียบเทียบกับจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่ใช้ในระบบของกระบวนการผลิตจริง

ครั้งที่	จำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงาน ที่ ได้จากแบบจำลองปัญหา (ชิ้น)	จำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงาน ที่ใช้ในระบบจริง (ชิ้น)
1	130	128
2	133	132
3	128	129
4	130	132
5	132	130
6	131	132
7	131	130
8	132	129
9	132	131
10	129	130
11	131	133
12	129	128
13	131	131
14	132	130
15	130	131

4.2.2.2 การทดสอบด้วย t-test

การทดสอบด้วย t-test โดยมีสมมติฐานว่า จำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานโดยเฉลี่ยที่ใช้ในระบบของกระบวนการผลิตในแบบจำลอง ไม่มีความแตกต่างกับจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานโดยเฉลี่ยที่ใช้ในระบบของกระบวนการผลิตจริง

กำหนดให้ 1. $H_0 : \mu_1^2 = \mu_2^2$

2. $H_1 : \mu_1^2 \neq \mu_2^2$

3. ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.025$ องศาความเป็นอิสระ $v = n_1 + n_2 - 2 = 28$

4. ค่าสถิติที่ได้จากการสุ่มตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตร

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{S_p\sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (4.3)$$

โดยที่

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)(S_1)^2 + (n_2 - 1)(S_2)^2}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1)}} \quad (4.4)$$

ดังนั้น

$$t = \frac{(130.73 - 130.4) - 0}{\sqrt{\frac{(15-1)(1.387)^2 + (15-1)(1.502)^2}{(15-1)+(15-1)}} \times \sqrt{\left(\frac{1}{15} + \frac{1}{15}\right)}}$$

$$t = 0.625$$

5. เปิดตารางสถิติ t ที่ $v = 28$ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.025$ จะได้ค่า $t_{0.025,28} = 2.048$
ดังนั้น จะยอมรับ H_0 เมื่อ $-2.048 \leq t \leq 2.048$
6. สรุปค่าสถิติ t ที่คำนวณได้ อยู่ในบริเวณที่ยอมรับ จึงยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1 นั่นคือ ยอมรับว่าจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานโดยเฉลี่ยที่ใช้ในระบบของกระบวนการผลิตในแบบจำลองไม่มีความแตกต่างกับจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานโดยเฉลี่ยที่ใช้ในระบบของกระบวนการผลิตจริง

ผลการทดสอบสมมติฐาน ได้ผลสรุปว่าจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานโดยเฉลี่ยที่ใช้ในระบบของกระบวนการผลิตในแบบจำลองปัญหา ไม่มีความแตกต่างกับจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานโดยเฉลี่ยที่ใช้ในระบบของกระบวนการผลิตจริงนั่นคือ แบบจำลองปัญหาที่สร้างขึ้น สามารถแทนระบบของกระบวนการผลิตจริงได้

4.3 ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองปัญหา

จากแบบจำลองปัญหาในหัวข้อ 4.2 สรุปว่า แบบจำลองปัญหาที่สร้างขึ้น สามารถแทนระบบของกระบวนการผลิตจริงได้ ผู้วิจัยจึงนำแบบจำลองปัญหาไปประยุกต์ใช้ในระบบของกระบวนการผลิตทั้ง 16 ประเภทตามชนิดผลิตภัณฑ์ โดยผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองปัญหา แสดงดังตารางที่ 4.2 ซึ่งจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่ใช้ในระบบงานจริงและจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่ได้จากแบบจำลองปัญหาเป็นค่าเฉลี่ยจากข้อมูลที่เก็บมา 15 วันทำงาน

4.4 สรุป

บทนี้ได้กล่าวถึงการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองปัญหา โดยหาขนาดตัวอย่างของจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงาน จากการคำนวณขนาดตัวอย่างคือ 15 ตัวอย่าง แล้วเก็บข้อมูลของจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่ใช้ในระบบงานจริงมา 15 ครั้ง และจำลองหาจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานมา 15 ครั้งเช่นกัน แล้วทำการทดสอบสมมติฐานเพื่อทดสอบว่าแบบจำลองปัญหาที่สร้างขึ้น สามารถแทนระบบของกระบวนการผลิตจริงได้หรือไม่ โดยผลลัพธ์ที่ได้สรุปว่า แบบจำลองปัญหาที่สร้างขึ้น สามารถแทนระบบของกระบวนการผลิตจริงได้ โดยไม่แตกต่างกันตามนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในบทต่อไป จะสรุปผลของโครงงานทั้งหมด และข้อแนะนำต่างๆ สำหรับการทำโครงงานนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองปัญหา

ชนิดผลิตภัณฑ์	ปริมาณความต้องการ (x1000 ชิ้น / วัน)	จำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่ใช้ในระบบจริง (ชิ้น)	จำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่ได้จากแบบจำลองปัญหา (ชิ้น)
A	205	24	23
B	205	22	23
C	270	60	62
D	100	21	20
E	140	56	58
F	1320	203	202
G	240	152	151
H	240	70	72
I	98	28	29
J	55	84	83
K	195	90	90
L	116	130	132
M	70	40	42
N	30	90	88
O	50	63	65
P	50	77	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

5.1 หัวข้อที่จะอธิบายในบทนี้

1. สรุปผลของโครงงาน
2. ข้อเสนอแนะสำหรับโครงงานนี้

5.2 สรุปผลของโครงงาน

การวิจัยเรื่องการวิเคราะห์จำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่เหมาะสม ในโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ด้วยแบบจำลองปัญหา เป็นการวิจัยที่มีวัตถุประสงค์ในการออกแบบและสร้างแบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ เพื่อที่จะวิเคราะห์หาจำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่เหมาะสม และเป็นแนวทางในการวิเคราะห์จำนวนภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่เหมาะสมสำหรับสายการผลิตใหม่ในอนาคต

งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรมการจำลองแบบปัญหาชื่อ ไซมูล 8 เป็นเครื่องมือในการวิจัย โดยแบ่งแบบจำลองปัญหาเป็น 16 ประเภทตามชนิดผลิตภัณฑ์ ซึ่งผู้วิจัยต้องเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนเครื่องจักรแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์ เวลาเครื่องจักรทุกเครื่องในสายการผลิตที่ศึกษาแล้วทำการวิเคราะห์และปรับให้สามารถนำข้อมูลเหล่านี้ลงในแบบจำลองปัญหา (SIMUL8) ได้ หลังจากนั้นนำแบบจำลองปัญหามาทดสอบความถูกต้อง โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองแบบปัญหาในแต่ละประเภทจะถูกนำไปวิเคราะห์ทางด้านสถิติศาสตร์ และทดสอบว่าแบบจำลองปัญหาที่สร้างขึ้นนี้สามารถใช้แทนระบบของกระบวนการทำงานจริงได้

5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับโครงงานนี้

1. แบบจำลองปัญหาสามารถถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือสำหรับทำการวิเคราะห์ หรือเพื่อศึกษาพฤติกรรมของระบบงานจริง แต่สิ่งที่สำคัญที่สุด คือ การเก็บและรวบรวมข้อมูลจะต้องตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด ดังนั้น ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ควรจะมีการชี้แจงถึงวัตถุประสงค์ เงื่อนไข วิธีการ และอื่นๆ ให้ผู้ที่เกี่ยวข้องได้รับทราบ เพื่อก่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกัน เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการศึกษาอย่างสูงสุด
2. ผลลัพธ์ของแบบจำลองปัญหา จะต้องสอดคล้องกับตัวแปรที่กำหนดไว้ในวัตถุประสงค์ ถ้าหากค่าของตัวแปรเปลี่ยนไป ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองปัญหา ก็จะเปลี่ยนแปลงไปด้วยเช่นกัน ดังนั้น ก่อนเริ่มดำเนินการศึกษาระบบงาน จึงควรกำหนดวัตถุประสงค์และเป้าหมายให้ชัดเจนเสียก่อน
3. ในการสร้างแบบจำลองปัญหา ควรเริ่มต้นจากการศึกษากระบวนการผลิต แล้วจึงเพิ่มตัวแปรที่มีผลต่อกระบวนการผลิตให้ครบตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ทั้งนี้เพื่อให้แบบจำลองปัญหาสามารถทำงานแทนกระบวนการผลิตจริงในปัจจุบันได้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. งานวิจัยนี้ สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ระบบงานที่มีลักษณะกระบวนการผลิตใดๆก็ได้ ที่มีการใช้อุปกรณ์หรือภาชนะลำเลียงชิ้นงานในระบบของกระบวนการทำงาน เพื่อวิเคราะห์หาจำนวนอุปกรณ์หรือภาชนะลำเลียงชิ้นงานที่เหมาะสมในระบบ

5. ในการศึกษาปริญญานิพนธ์เพิ่มเติมในอนาคต ควรมีการศึกษาข้อมูลการหยุดฉุกเฉิน (Break down) ที่เกิดขึ้นในระหว่างการใช้งานของเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิต เข้ามาร่วมพิจารณาในการศึกษากระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ เพื่อประโยชน์ในการออกแบบแบบจำลองที่จะสร้างขึ้น ให้มีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. กมล เภาพิจิตร, 2517. พจนานุกรม ไทย – อังกฤษ. กรุงเทพ : โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.
2. วิชัย สุรเชิดเกียรติ, 2542. การจำลอง. กรุงเทพ : คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า - พระนครเหนือ.
3. สมชาย วาณิชวศิน, 2540. การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มอัตราการขนส่งปูนซีเมนต์ผงทางเรือด้วยแบบจำลองปัญหา. กรุงเทพ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
4. สายชล สินสมบูรณ์ทอง, 2545. สถิติเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพ : ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
5. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, 2532. การจำลองแบบปัญหา. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
6. Law, Averill M.; Kelton, W. David, 1991. Simulation Modeling and Analysis, second edition, Singapore: McGrew – Hill Inc.
7. Pegden, Dennis C.; Shannon, R.E.; and Sadowski, Randall P., 1991. Introduction to Simulation Using Siman, Singapore: McGrew – Hill Inc.
8. Schriber, T. J., 1987. "The Nature and Role of Simulation in the Design of Manufacturing System." Simulation in CIM and Artificial Intelligence Techniques. , Edited by J. Retti and K.E. Wichmann: Society for Computer Simulation.
9. Shannon, Robert E., 1975. System Simulation: The Art and Science, Prentice – Hall Inc, New Jersey.
10. Simul8 Corporation. 1999. Manual and Simulation Guide. United States.

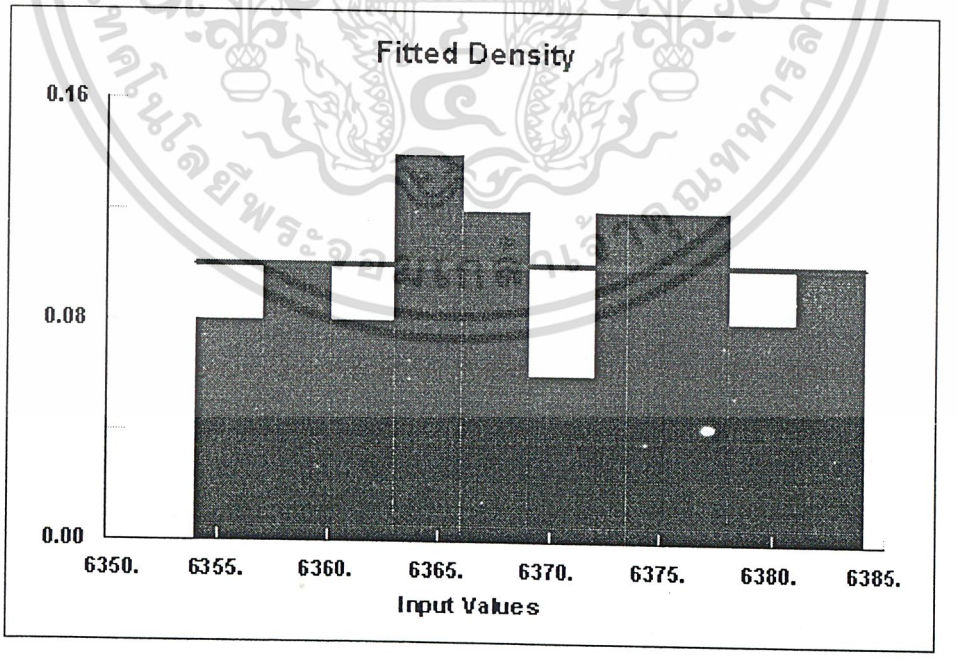
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 1 ข้อมูลดิบของเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ A (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	6361	11	6357	21	6355	31	6374	41	6374
2	6380	12	6374	22	6362	32	6354	42	6380
3	6367	13	6375	23	6367	33	6357	43	6372
4	6376	14	6367	24	6375	34	6363	44	6371
5	6363	15	6377	25	6365	35	6363	45	6376
6	6381	16	6367	26	6358	36	6367	46	6384
7	6372	17	6379	27	6359	37	6379	47	6374
8	6362	18	6365	28	6361	38	6357	48	6371
9	6381	19	6356	29	6363	39	6376	49	6363
10	6366	20	6356	30	6382	40	6384	50	6371

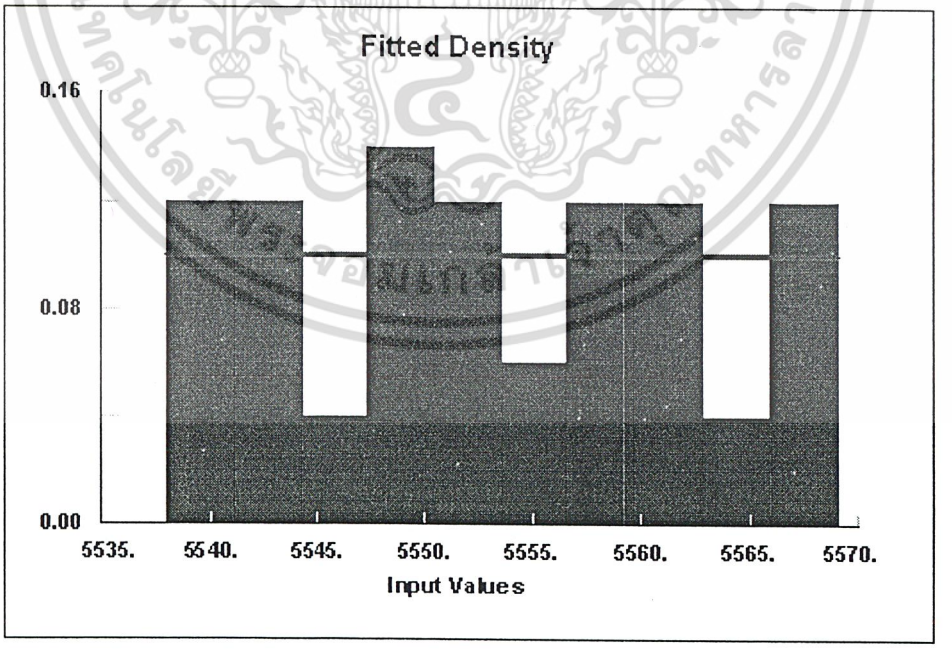


รูปที่ ผก 1 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 2 ข้อมูลดิบของเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ B (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	5546	11	5539	21	5541	31	5559	41	5559
2	5540	12	5559	22	5542	32	5539	42	5565
3	5552	13	5560	23	5552	33	5542	43	5557
4	5561	14	5552	24	5560	34	5548	44	5556
5	5549	15	5562	25	5550	35	5548	45	5561
6	5566	16	5552	26	5543	36	5552	46	5569
7	5558	17	5567	27	5544	37	5564	47	5559
8	5550	18	5550	28	5546	38	5542	48	5556
9	5568	19	5538	29	5548	39	5561	49	5543
10	5551	20	5540	30	5567	40	5569	50	5556

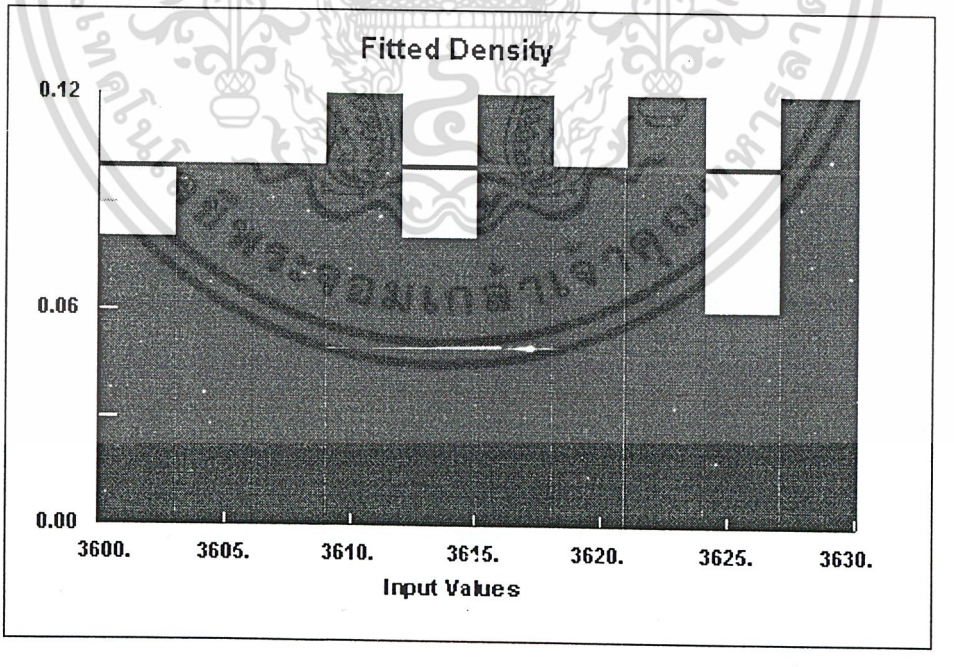


รูปที่ ผก 2 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 3 ข้อมูลดิบของเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ C (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	3606	11	3605	21	3605	31	3620	41	3620
2	3629	12	3602	22	3610	32	3600	42	3626
3	3613	13	3621	23	3613	33	3603	43	3618
4	3622	14	3613	24	3621	34	3609	44	3617
5	3627	15	3623	25	3603	35	3609	45	3622
6	3627	16	3616	26	3617	36	3617	46	3630
7	3619	17	3628	27	3625	37	3625	47	3620
8	3611	18	3606	28	3607	38	3603	48	3601
9	3608	19	3616	29	3609	39	3622	49	3609
10	3612	20	3602	30	3607	40	3630	50	3617

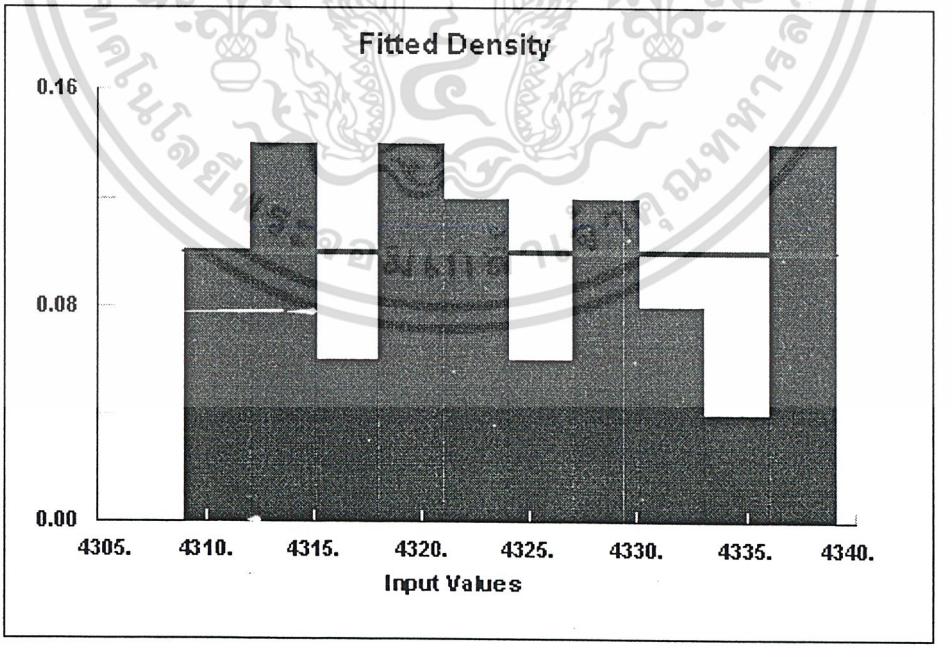


รูปที่ ผก 3 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 4 ข้อมูลดิบของเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ D (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	4316	11	4312	21	4314	31	4329	41	4329
2	4338	12	4329	22	4319	32	4309	42	4335
3	4322	13	4330	23	4322	33	4312	43	4327
4	4311	14	4322	24	4330	34	4318	44	4326
5	4319	15	4312	25	4320	35	4318	45	4331
6	4336	16	4322	26	4313	36	4322	46	4339
7	4328	17	4337	27	4314	37	4334	47	4329
8	4317	18	4317	28	4309	38	4312	48	4326
9	4338	19	4311	29	4318	39	4331	49	4318
10	4321	20	4311	30	4337	40	4339	50	4326

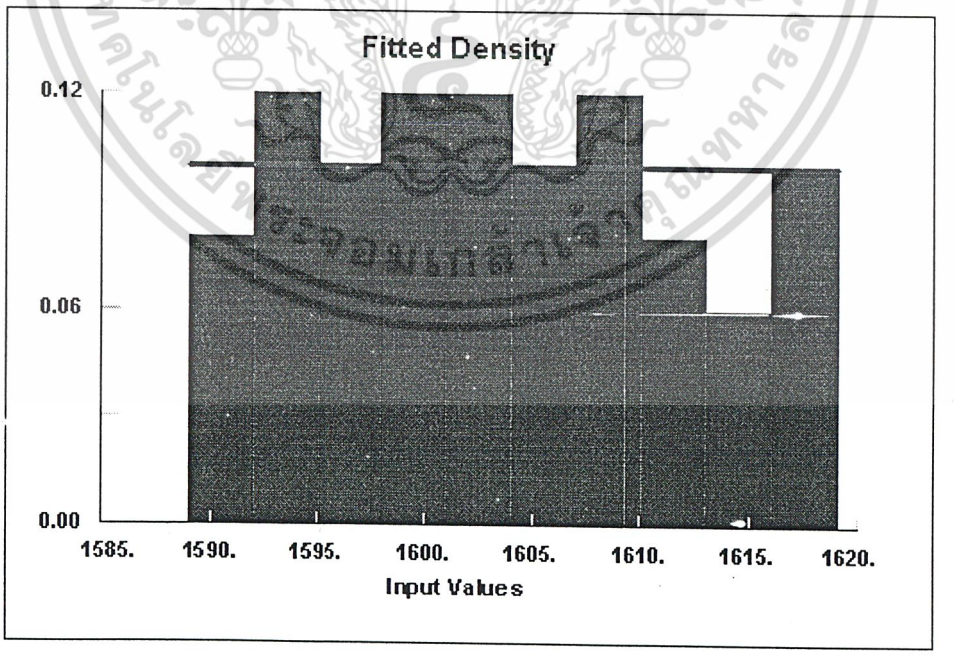


รูปที่ ผก 4 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 5 ข้อมูลดิบของเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ E (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	1599	11	1594	21	1616	31	1609	41	1609
2	1618	12	1609	22	1596	32	1589	42	1615
3	1602	13	1610	23	1602	33	1592	43	1607
4	1606	14	1602	24	1610	34	1598	44	1606
5	1596	15	1612	25	1600	35	1598	45	1611
6	1616	16	1602	26	1593	36	1602	46	1619
7	1608	17	1591	27	1615	37	1614	47	1609
8	1597	18	1596	28	1596	38	1592	48	1606
9	1592	19	1594	29	1598	39	1604	49	1598
10	1601	20	1591	30	1617	40	1591	50	1606

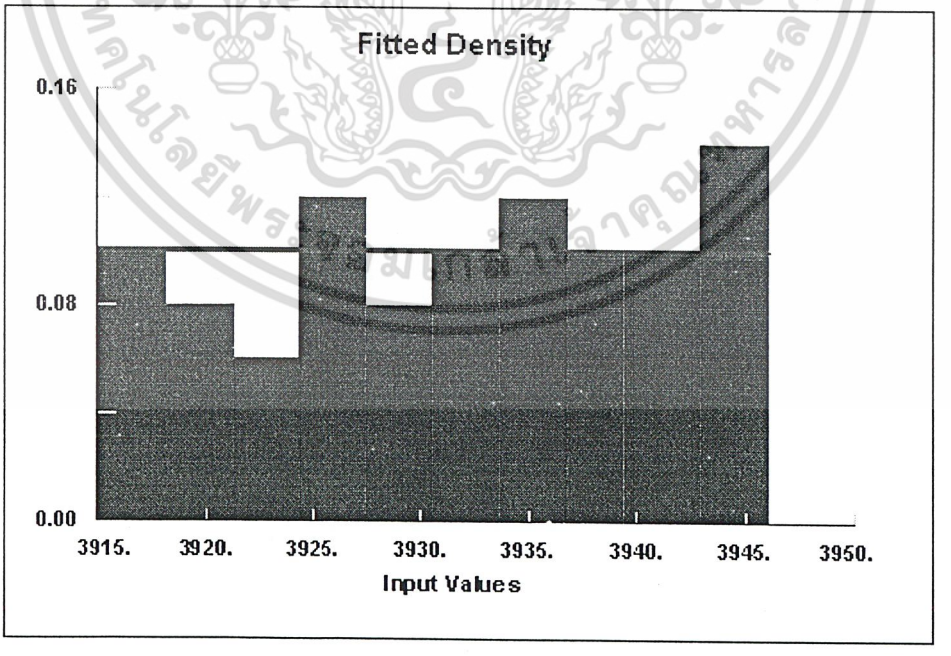


รูปที่ ผก 5 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 6 ข้อมูลดิบของเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ F (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	3923	11	3921	21	3916	31	3936	41	3936
2	3945	12	3936	22	3924	32	3916	42	3942
3	3931	13	3941	23	3929	33	3919	43	3934
4	3938	14	3929	24	3937	34	3925	44	3933
5	3926	15	3939	25	3927	35	3925	45	3938
6	3943	16	3932	26	3915	36	3929	46	3946
7	3935	17	3944	27	3917	37	3941	47	3936
8	3941	18	3942	28	3923	38	3919	48	3933
9	3945	19	3921	29	3925	39	3938	49	3925
10	3928	20	3918	30	3944	40	3946	50	3933

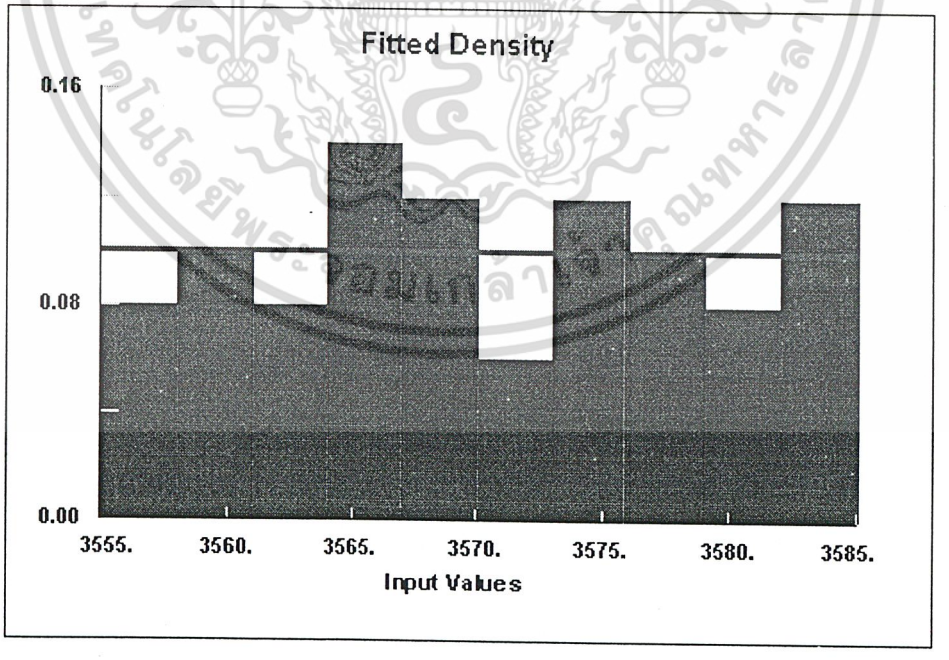


รูปที่ ผก 6 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 7 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach with Snap Cure ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ C (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	3581	11	3560	21	3560	31	3575	41	3575
2	3584	12	3575	22	3563	32	3555	42	3581
3	3568	13	3576	23	3568	33	3558	43	3573
4	3577	14	3568	24	3576	34	3564	44	3572
5	3580	15	3578	25	3566	35	3564	45	3577
6	3582	16	3568	26	3557	36	3568	46	3585
7	3574	17	3583	27	3560	37	3580	47	3575
8	3566	18	3566	28	3562	38	3558	48	3572
9	3584	19	3557	29	3564	39	3562	49	3564
10	3567	20	3557	30	3583	40	3562	50	3572

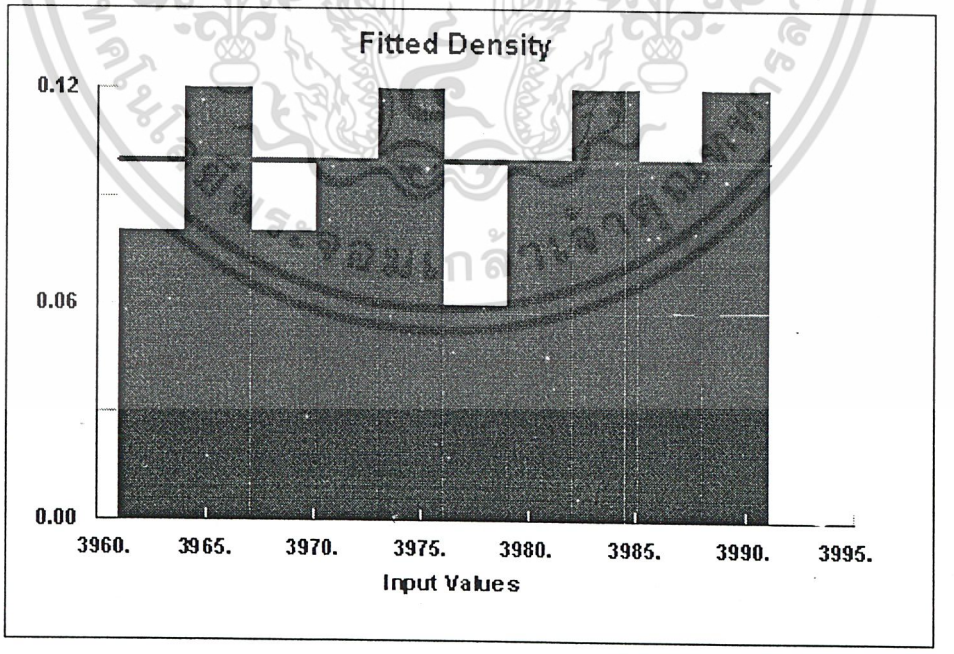


รูปที่ ผก 7 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach with Snap Cure ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 8 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach with Snap Cure ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ F (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	3986	11	3966	21	3962	31	3981	41	3981
2	3990	12	3967	22	3971	32	3961	42	3987
3	3974	13	3982	23	3974	33	3964	43	3979
4	3983	14	3974	24	3982	34	3968	44	3978
5	3961	15	3984	25	3972	35	3970	45	3983
6	3988	16	3974	26	3965	36	3974	46	3991
7	3980	17	3986	27	3966	37	3986	47	3979
8	3967	18	3986	28	3968	38	3964	48	3978
9	3990	19	3966	29	3970	39	3983	49	3970
10	3973	20	3963	30	3989	40	3991	50	3978

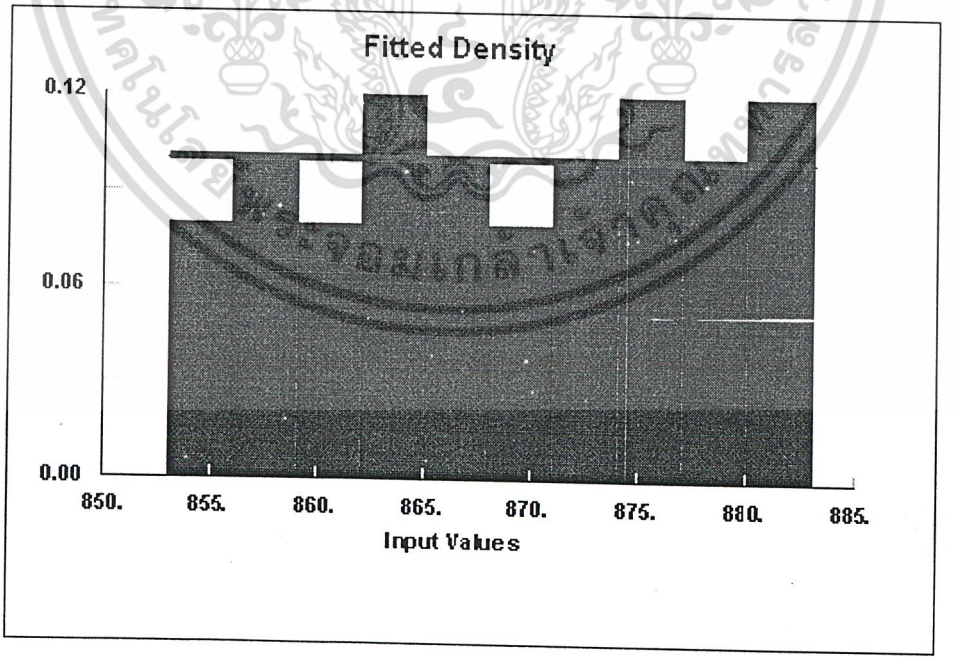


รูปที่ ผก 8 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach with Snap Cure ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 9 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach with Snap Cure ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ G (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	861	11	858	21	858	31	873	41	873
2	882	12	878	22	853	32	853	42	879
3	869	13	874	23	866	33	856	43	871
4	875	14	866	24	874	34	861	44	870
5	859	15	876	25	864	35	862	45	875
6	880	16	866	26	862	36	866	46	883
7	872	17	881	27	858	37	878	47	873
8	878	18	854	28	860	38	856	48	870
9	882	19	863	29	862	39	875	49	862
10	865	20	855	30	881	40	879	50	870

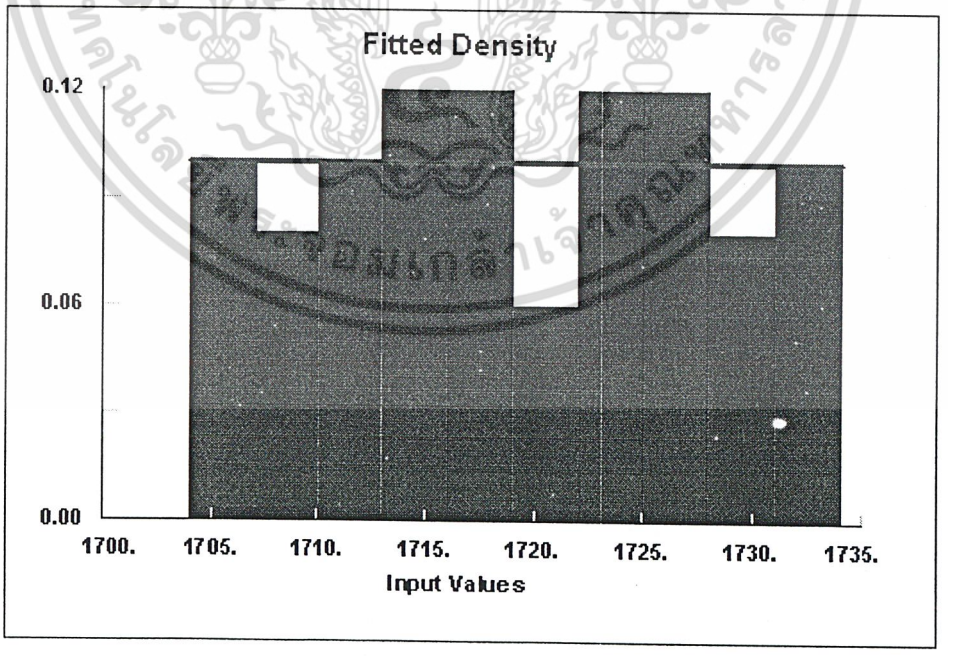


รูปที่ ผก 9 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach with Snap Cure ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 10 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach with Snap Cure ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ H (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	1711	11	1706	21	1704	31	1724	41	1724
2	1712	12	1724	22	1714	32	1704	42	1730
3	1717	13	1725	23	1717	33	1707	43	1722
4	1726	14	1717	24	1725	34	1713	44	1721
5	1712	15	1727	25	1729	35	1713	45	1726
6	1731	16	1717	26	1708	36	1717	46	1714
7	1723	17	1732	27	1709	37	1729	47	1724
8	1729	18	1712	28	1711	38	1707	48	1721
9	1733	19	1705	29	1713	39	1726	49	1713
10	1716	20	1706	30	1732	40	1734	50	1721

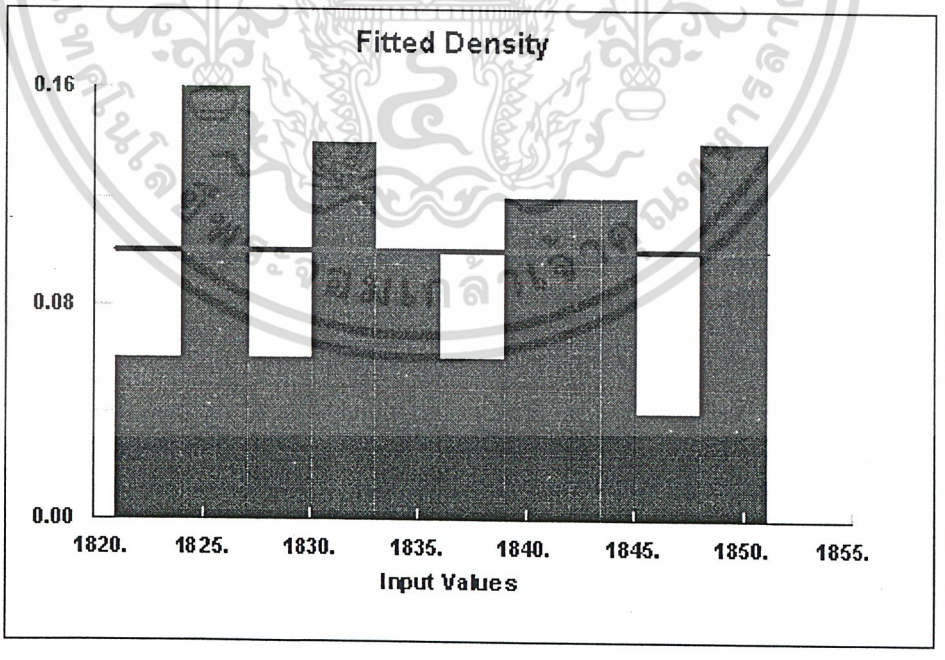


รูปที่ ผก 10 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach with Snap Cure ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 11 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach with Snap Cure ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ I (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	1824	11	1826	21	1826	31	1841	41	1841
2	1850	12	1841	22	1831	32	1821	42	1847
3	1834	13	1842	23	1834	33	1824	43	1839
4	1843	14	1834	24	1842	34	1830	44	1838
5	1827	15	1844	25	1832	35	1830	45	1843
6	1848	16	1834	26	1825	36	1834	46	1851
7	1840	17	1849	27	1826	37	1846	47	1841
8	1822	18	1832	28	1828	38	1824	48	1838
9	1850	19	1826	29	1830	39	1843	49	1830
10	1828	20	1823	30	1849	40	1851	50	1838

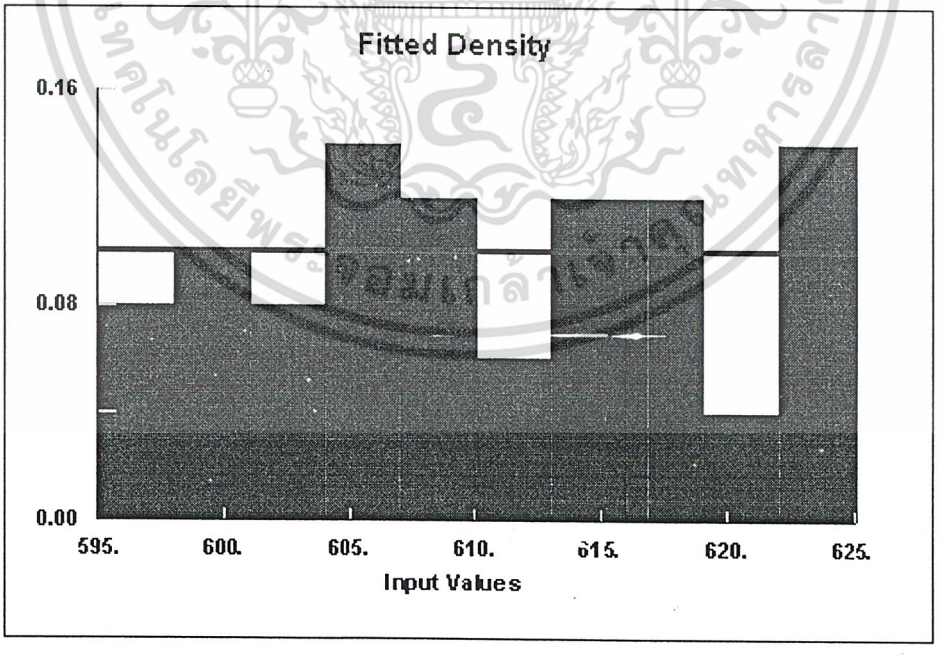


รูปที่ ผก 11 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach with Snap Cure ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ I

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 12 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach with Snap Cure ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ J (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	602	11	600	21	600	31	615	41	615
2	624	12	615	22	605	32	595	42	621
3	608	13	616	23	608	33	598	43	613
4	617	14	608	24	616	34	604	44	612
5	605	15	618	25	606	35	602	45	617
6	622	16	608	26	596	36	608	46	625
7	614	17	623	27	600	37	620	47	615
8	603	18	606	28	602	38	597	48	612
9	624	19	600	29	604	39	617	49	604
10	607	20	597	30	623	40	625	50	612

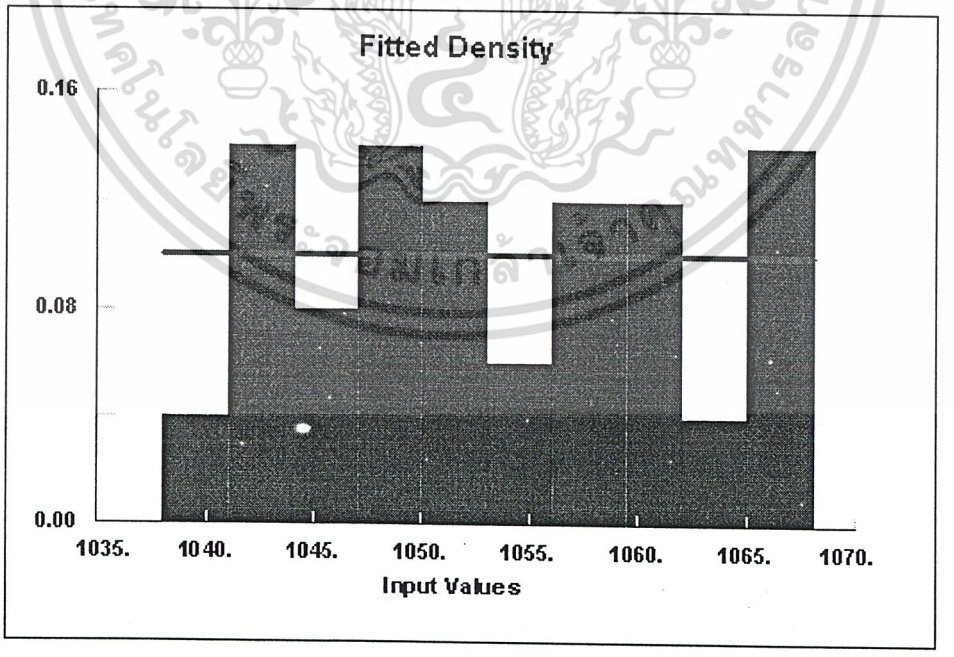


รูปที่ ผก 12 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach with Snap Cure ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ J

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 13 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach with Snap Cure ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ K (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	1048	11	1043	21	1043	31	1058	41	1058
2	1067	12	1058	22	1048	32	1038	42	1064
3	1051	13	1059	23	1051	33	1041	43	1056
4	1060	14	1051	24	1059	34	1047	44	1055
5	1045	15	1061	25	1044	35	1047	45	1060
6	1065	16	1051	26	1042	36	1051	46	1068
7	1057	17	1066	27	1043	37	1063	47	1058
8	1046	18	1049	28	1045	38	1041	48	1055
9	1067	19	1043	29	1047	39	1060	49	1047
10	1050	20	1040	30	1066	40	1068	50	1055

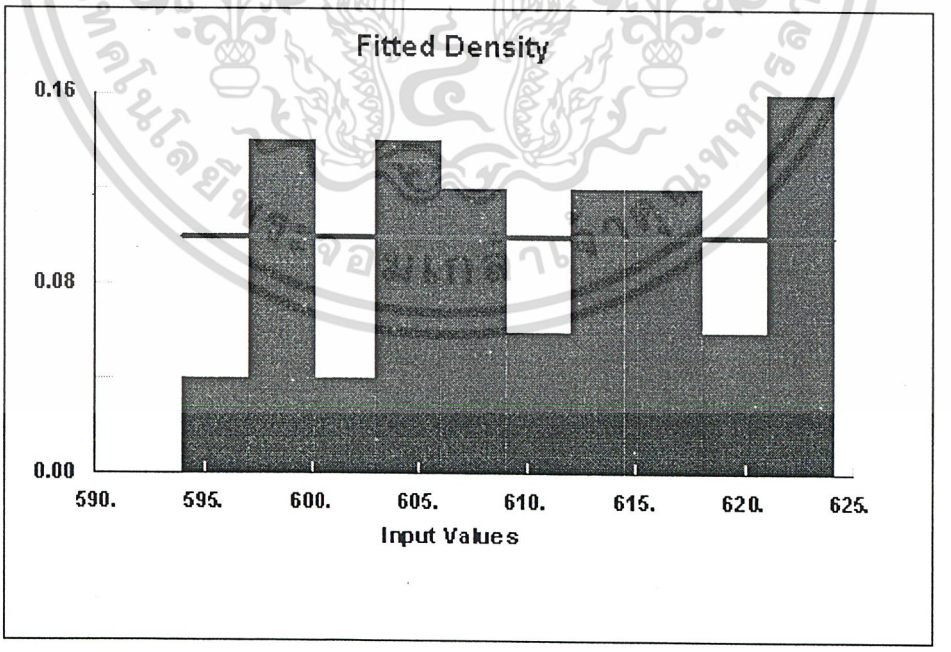


รูปที่ ผก 13 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach with Snap Cure ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 14 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach with Snap Cure ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ L (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	602	11	599	21	599	31	611	41	621
2	623	12	614	22	604	32	607	42	598
3	607	13	615	23	607	33	619	43	599
4	616	14	607	24	612	34	597	44	601
5	619	15	617	25	611	35	616	45	603
6	621	16	607	26	616	36	603	46	622
7	613	17	622	27	624	37	624	47	614
8	603	18	605	28	614	38	614	48	594
9	623	19	599	29	611	39	620	49	597
10	606	20	596	30	603	40	615	50	603

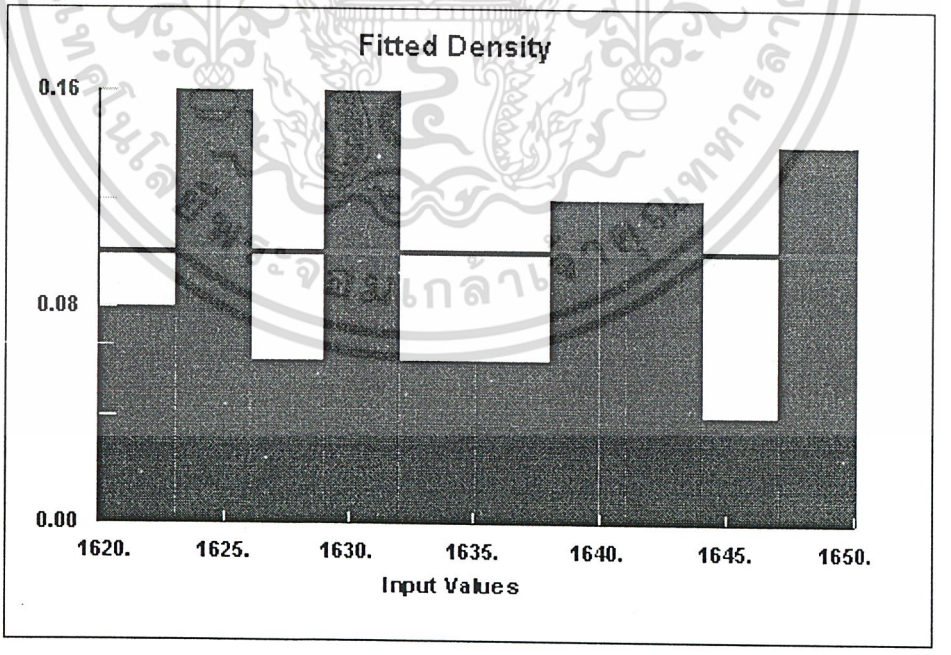


รูปที่ ผก 14 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach with Snap Cure ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 15 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach with Snap Cure ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ M (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	1627	11	1625	21	1625	31	1640	41	1640
2	1649	12	1640	22	1630	32	1620	42	1646
3	1622	13	1641	23	1625	33	1623	43	1638
4	1642	14	1633	24	1641	34	1629	44	1637
5	1630	15	1643	25	1629	35	1629	45	1642
6	1647	16	1622	26	1624	36	1633	46	1650
7	1639	17	1648	27	1625	37	1645	47	1640
8	1631	18	1628	28	1627	38	1623	48	1637
9	1649	19	1625	29	1629	39	1642	49	1629
10	1632	20	1622	30	1648	40	1650	50	1637

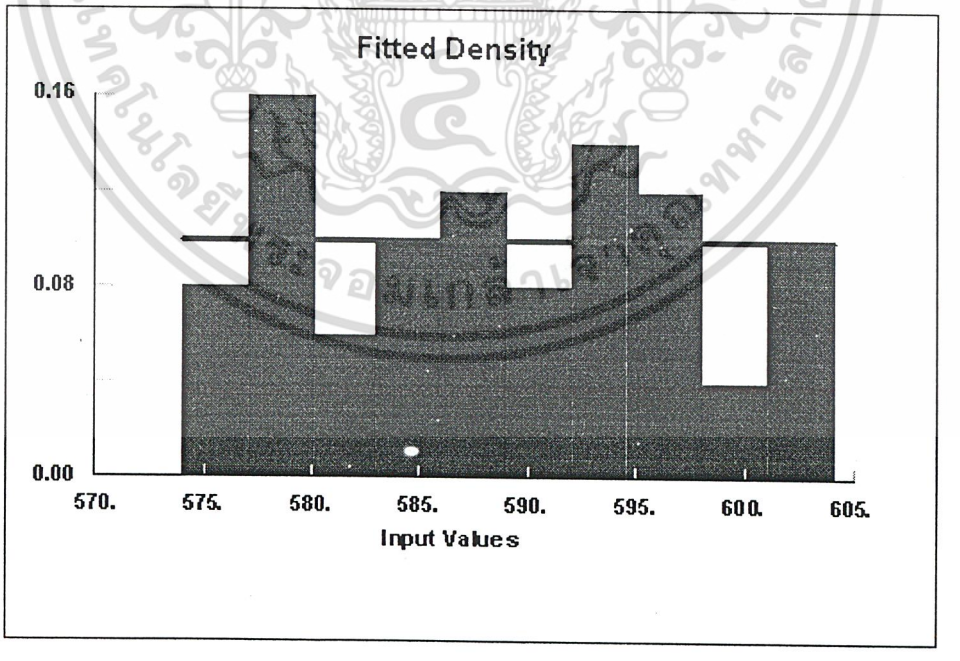


รูปที่ ผก 15 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach with Snap Cure ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 16 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach with Snap Cure ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ N (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	576	11	579	21	579	31	594	41	594
2	593	12	594	22	584	32	574	42	600
3	587	13	595	23	587	33	577	43	592
4	596	14	587	24	595	34	583	44	591
5	582	15	597	25	577	35	583	45	596
6	601	16	587	26	578	36	587	46	604
7	593	17	602	27	579	37	599	47	594
8	581	18	576	28	581	38	577	48	591
9	591	19	579	29	583	39	596	49	583
10	586	20	576	30	602	40	604	50	591

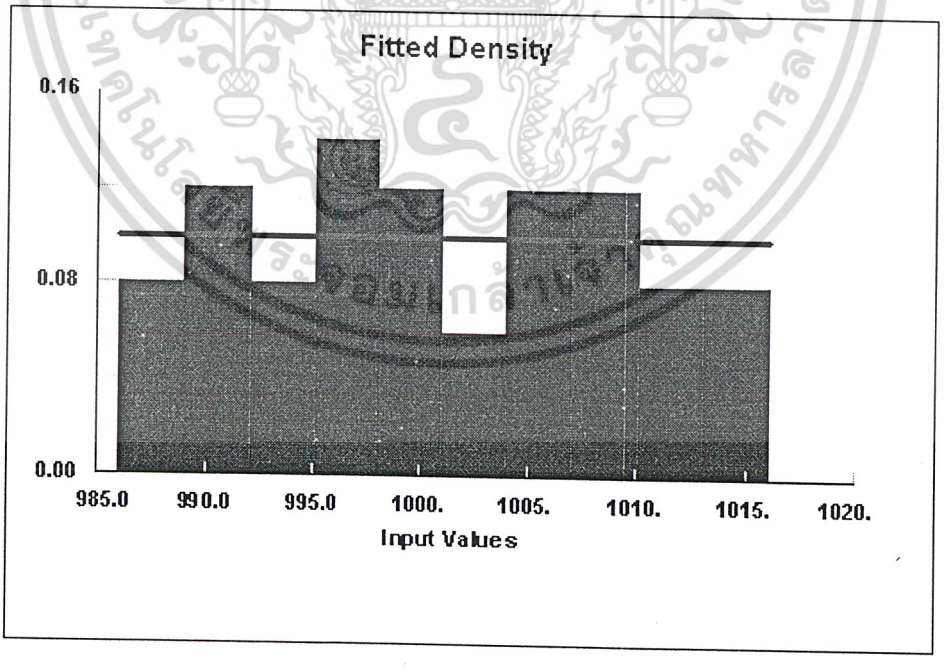


รูปที่ ผก 16 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach with Snap Cure ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 17 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach with Snap Cure ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ O (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	996	11	1012	21	991	31	1006	41	1006
2	986	12	1006	22	994	32	986	42	1012
3	999	13	1007	23	999	33	989	43	1004
4	1008	14	999	24	1007	34	995	44	1003
5	996	15	1009	25	992	35	995	45	1008
6	1013	16	999	26	990	36	999	46	989
7	1005	17	987	27	991	37	1011	47	1006
8	993	18	997	28	993	38	989	48	1003
9	1015	19	1011	29	995	39	1008	49	995
10	998	20	988	30	1014	40	1016	50	1003

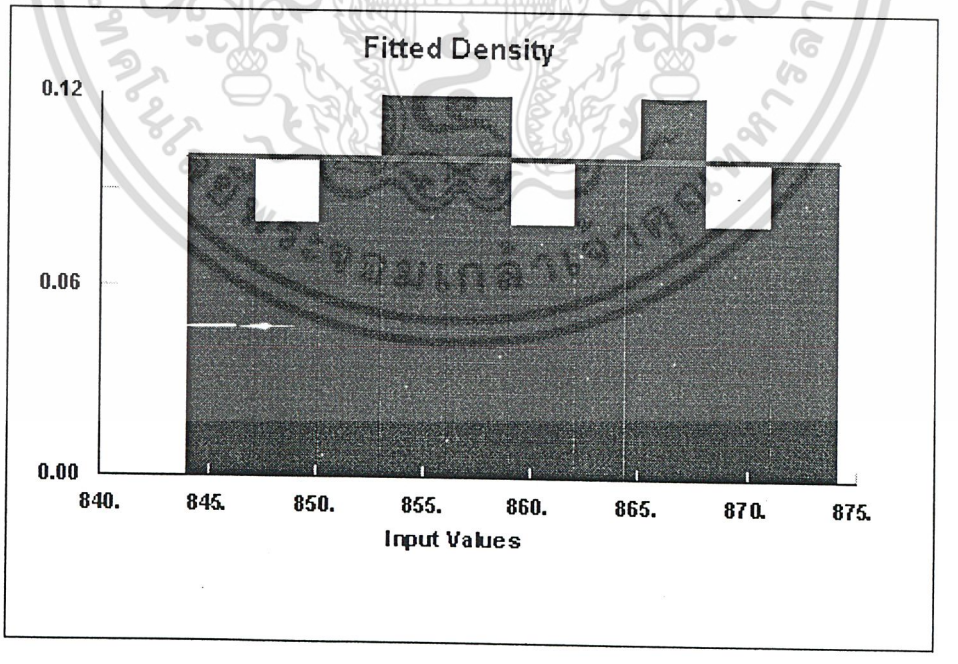


รูปที่ ผก 17 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach with Snap Cure ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ O

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 18 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach with Snap Cure ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ P (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	851	11	845	21	849	31	861	41	864
2	873	12	864	22	852	32	844	42	870
3	857	13	865	23	857	33	847	43	862
4	866	14	857	24	865	34	853	44	861
5	854	15	867	25	855	35	853	45	866
6	871	16	857	26	848	36	857	46	870
7	862	17	872	27	846	37	869	47	864
8	852	18	855	28	851	38	847	48	861
9	869	19	844	29	851	39	866	49	853
10	856	20	846	30	872	40	874	50	861

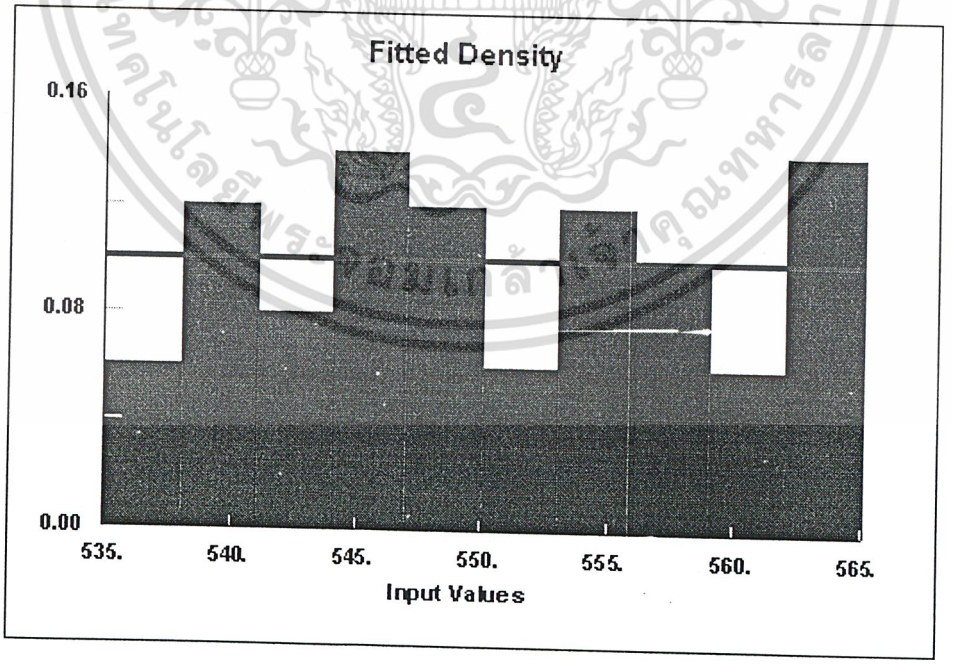


รูปที่ ผก 18 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Die Attach with Snap Cure ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 19 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Cure ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ C (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	543	11	537	21	540	31	555	41	555
2	564	12	555	22	543	32	535	42	561
3	548	13	556	23	548	33	538	43	553
4	557	14	548	24	556	34	544	44	552
5	542	15	558	25	546	35	544	45	557
6	562	16	548	26	539	36	548	46	565
7	554	17	563	27	540	37	560	47	555
8	546	18	546	28	542	38	538	48	552
9	564	19	540	29	544	39	560	49	544
10	547	20	537	30	563	40	565	50	552

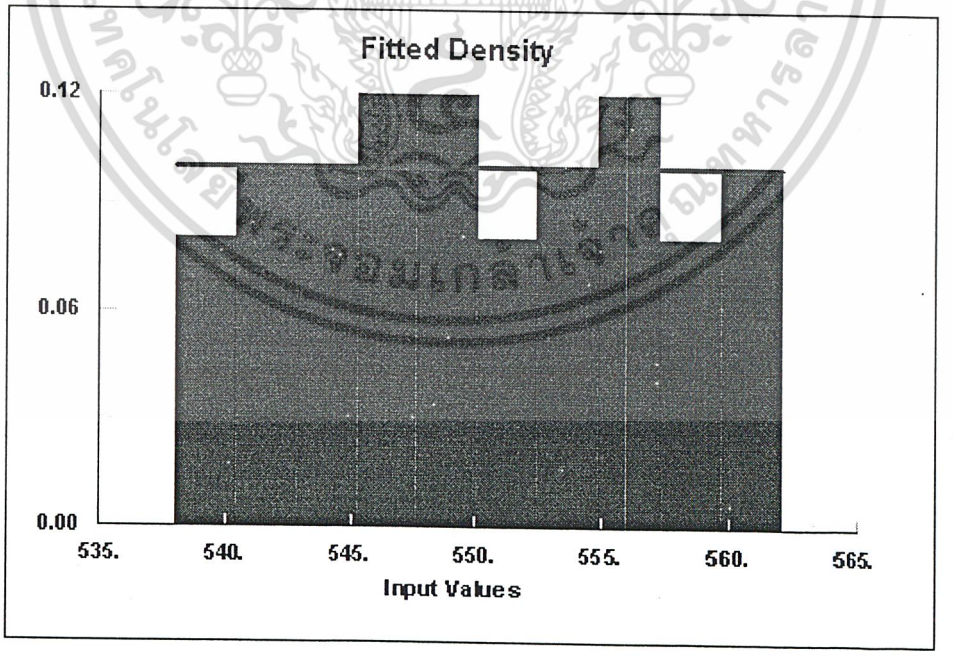


รูปที่ ผก 19 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Cure ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 20 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Cure ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ E (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	547	11	538	21	559	31	542	41	554
2	545	12	554	22	548	32	544	42	558
3	560	13	546	23	542	33	554	43	552
4	539	14	558	24	542	34	538	44	551
5	555	15	548	25	546	35	540	45	555
6	548	16	556	26	548	36	548	46	562
7	557	17	546	27	555	37	558	47	554
8	549	18	560	28	545	38	541	48	552
9	561	19	553	29	545	39	556	49	545
10	546	20	547	30	541	40	562	50	551

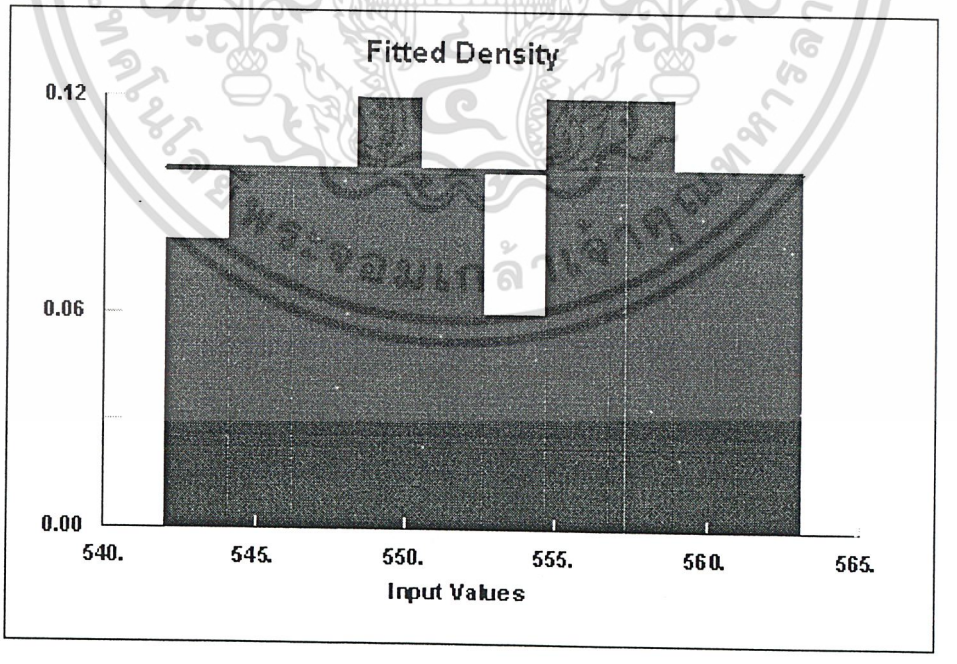


รูปที่ ผก 20 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Cure ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 21 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Cure ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ F (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	559	11	545	21	546	31	556	41	556
2	562	12	556	22	549	32	542	42	560
3	551	13	557	23	551	33	544	43	555
4	558	14	551	24	557	34	548	44	554
5	549	15	558	25	549	35	548	45	557
6	561	16	551	26	545	36	551	46	563
7	555	17	562	27	546	37	560	47	556
8	550	18	549	28	547	38	544	48	554
9	562	19	546	29	548	39	558	49	548
10	550	20	543	30	559	40	559	50	554

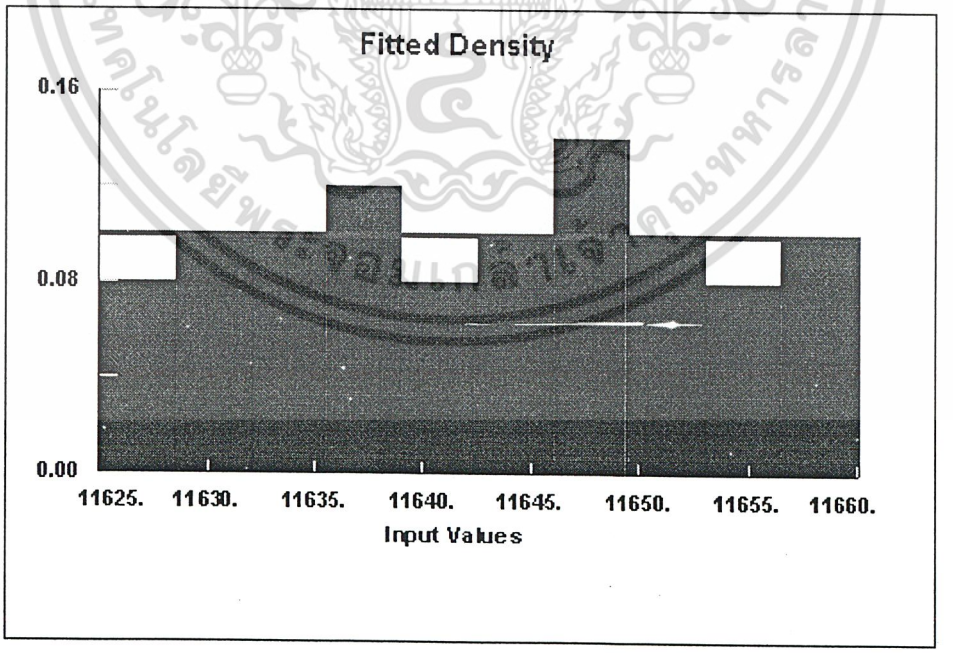


รูปที่ ผก 21 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Cure ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 22 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ A (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	11637	11	11654	21	11631	31	11648	41	11648
2	11659	12	11648	22	11637	32	11625	42	11655
3	11625	13	11649	23	11640	33	11655	43	11646
4	11651	14	11640	24	11650	34	11635	44	11645
5	11637	15	11652	25	11638	35	11635	45	11651
6	11645	16	11627	26	11630	36	11640	46	11644
7	11647	17	11658	27	11631	37	11655	47	11648
8	11638	18	11637	28	11634	38	11629	48	11645
9	11659	19	11631	29	11635	39	11651	49	11635
10	11639	20	11627	30	11658	40	11660	50	11644

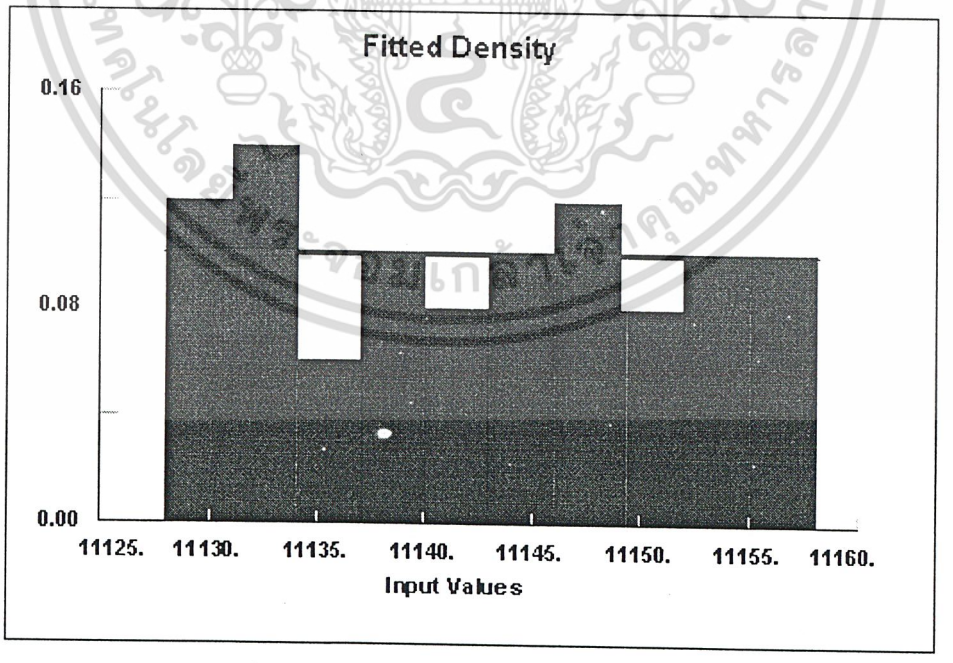


รูปที่ ผก 22 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 23 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ B (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	11149	11	11130	21	11133	31	11148	41	11148
2	11141	12	11157	22	11138	32	11128	42	11145
3	11155	13	11136	23	11135	33	11131	43	11146
4	11147	14	11129	24	11150	34	11137	44	11145
5	11129	15	11130	25	11131	35	11137	45	11150
6	11148	16	11141	26	11141	36	11154	46	11145
7	11154	17	11156	27	11153	37	11133	47	11148
8	11144	18	11153	28	11132	38	11135	48	11154
9	11140	19	11133	29	11150	39	11137	49	11137
10	11133	20	11130	30	11158	40	11158	50	11145

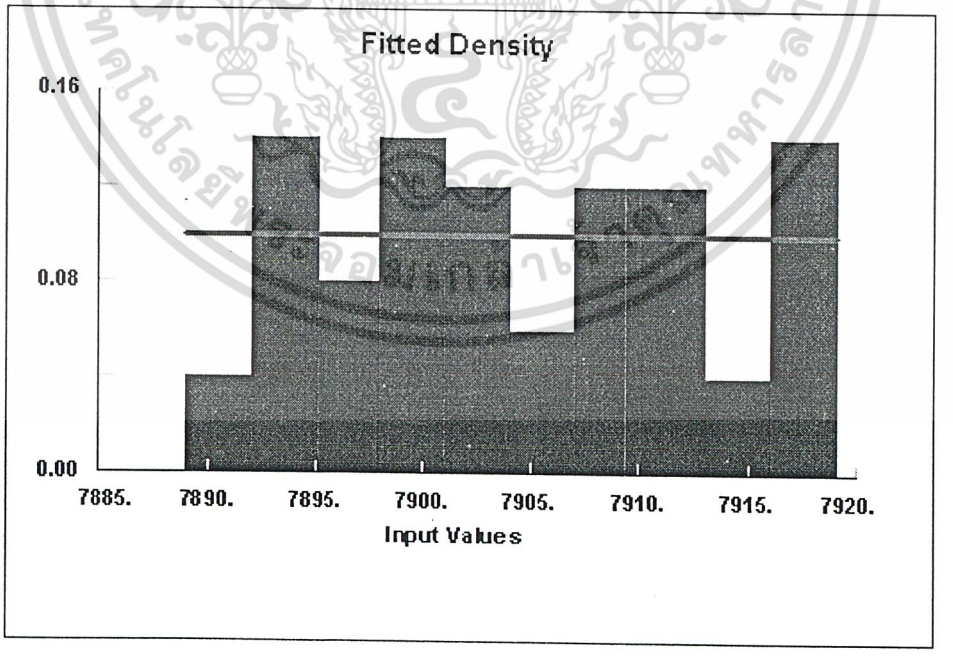


รูปที่ ผก 23 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 24 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ C (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	7895	11	7894	21	7894	31	7909	41	7909
2	7918	12	7909	22	7899	32	7889	42	7915
3	7902	13	7910	23	7902	33	7892	43	7907
4	7911	14	7902	24	7910	34	7898	44	7906
5	7899	15	7912	25	7896	35	7898	45	7911
6	7916	16	7902	26	7893	36	7902	46	7919
7	7908	17	7917	27	7894	37	7914	47	7909
8	7900	18	7897	28	7896	38	7892	48	7906
9	7918	19	7894	29	7898	39	7911	49	7898
10	7901	20	7891	30	7917	40	7919	50	7906

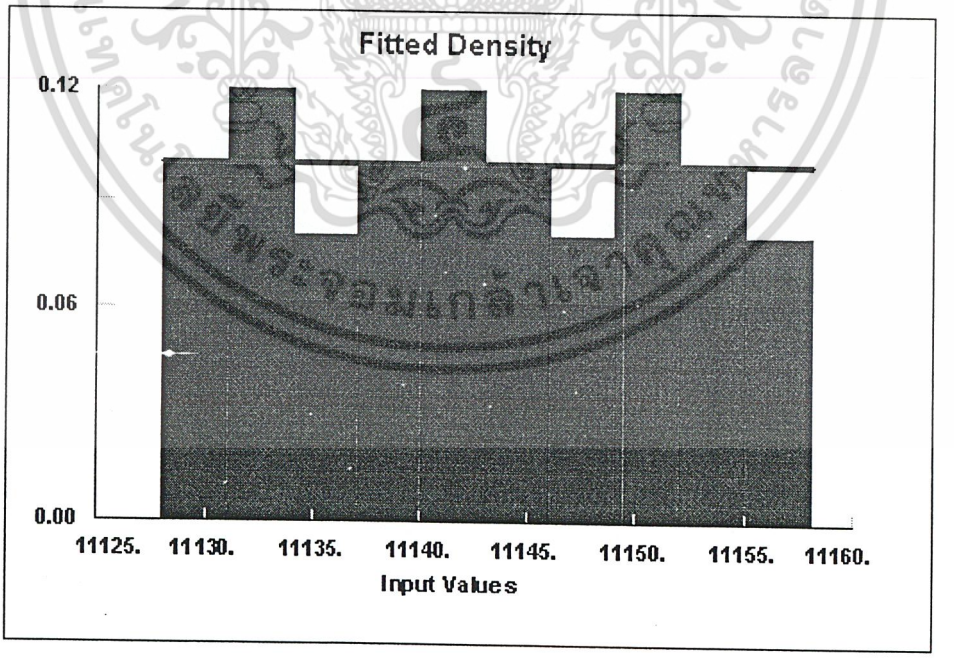


รูปที่ ผก 24 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 25 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ D (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	11140	11	11134	21	11133	31	11148	41	11148
2	11153	12	11145	22	11135	32	11128	42	11154
3	11155	13	11149	23	11141	33	11131	43	11158
4	11144	14	11141	24	11132	34	11150	44	11148
5	11154	15	11151	25	11137	35	11136	45	11145
6	11157	16	11141	26	11137	36	11133	46	11137
7	11138	17	11129	27	11141	37	11135	47	11146
8	11128	18	11133	28	11153	38	11132	48	11145
9	11141	19	11153	29	11137	39	11150	49	11150
10	11150	20	11130	30	11156	40	11130	50	11145

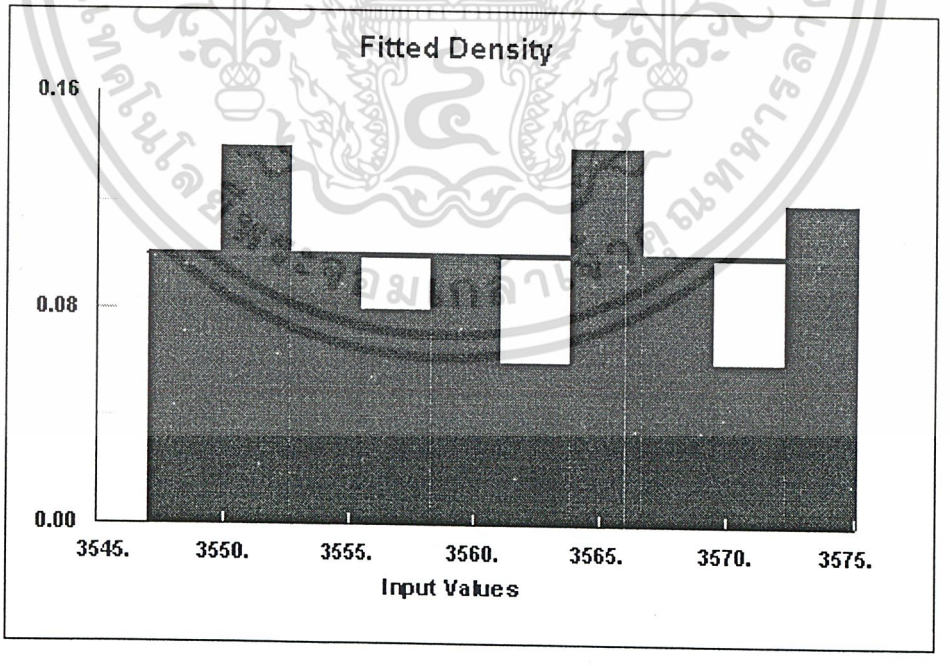


รูปที่ ผก 25 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 26 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ E (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	3548	11	3551	21	3552	31	3565	41	3565
2	3574	12	3565	22	3548	32	3547	42	3571
3	3559	13	3566	23	3559	33	3550	43	3564
4	3568	14	3559	24	3567	34	3555	44	3563
5	3557	15	3569	25	3557	35	3555	45	3567
6	3572	16	3560	26	3551	36	3559	46	3575
7	3564	17	3573	27	3552	37	3571	47	3566
8	3558	18	3549	28	3554	38	3550	48	3563
9	3574	19	3552	29	3555	39	3568	49	3555
10	3558	20	3549	30	3573	40	3575	50	3562

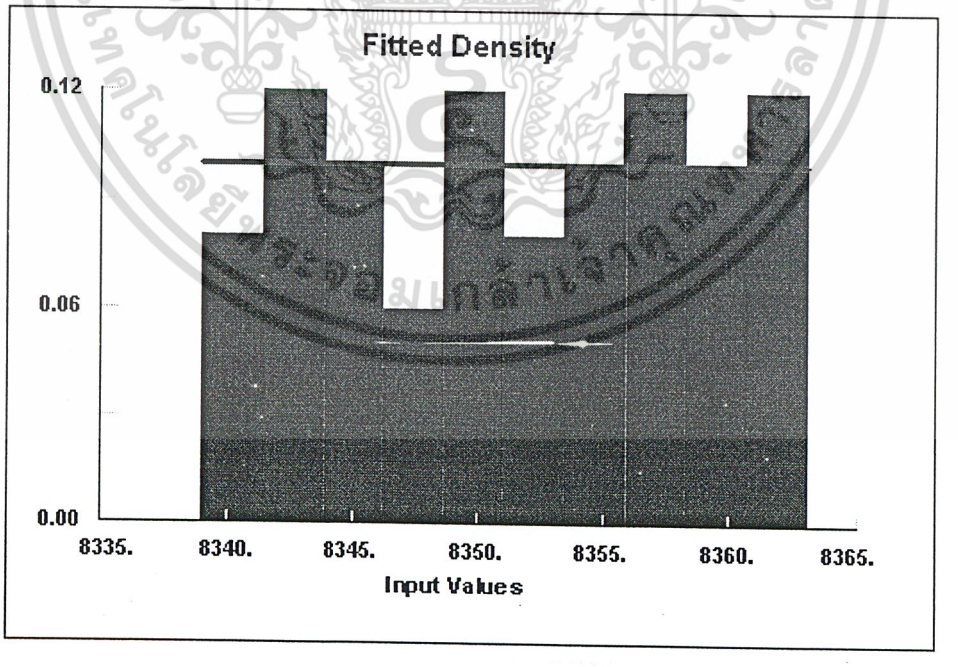


รูปที่ ผก 26 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 27 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ F (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	8347	11	8343	21	8343	31	8355	41	8355
2	8339	12	8355	22	8359	32	8339	42	8359
3	8349	13	8356	23	8349	33	8341	43	8353
4	8357	14	8349	24	8356	34	8346	44	8352
5	8347	15	8358	25	8348	35	8346	45	8356
6	8361	16	8350	26	8342	36	8349	46	8363
7	8354	17	8362	27	8343	37	8359	47	8355
8	8359	18	8360	28	8345	38	8342	48	8353
9	8362	19	8343	29	8346	39	8357	49	8346
10	8349	20	8340	30	8361	40	8363	50	8352

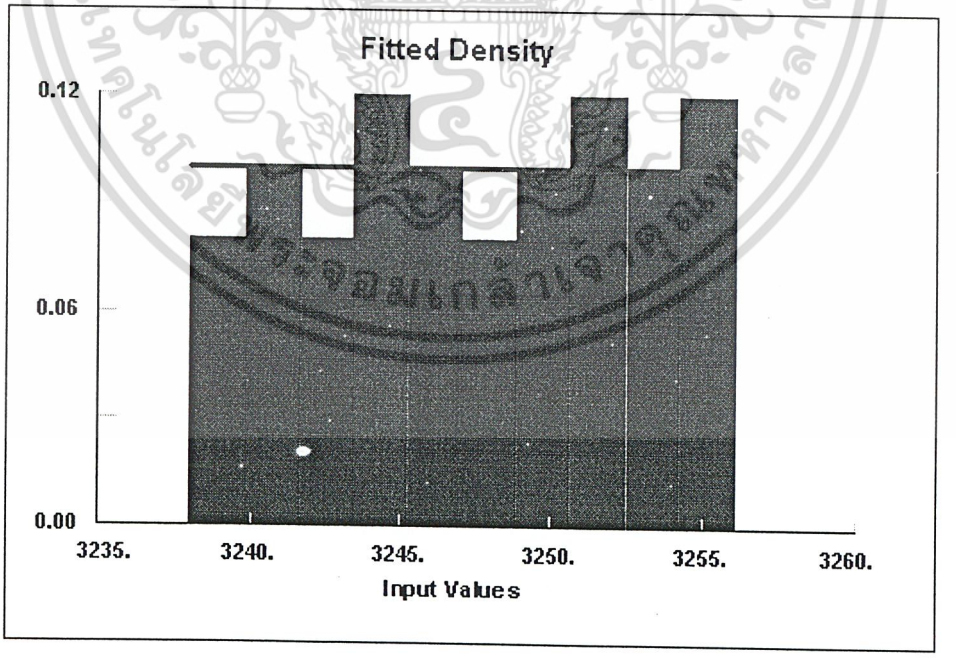


รูปที่ ผก 27 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 28 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ G (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	3244	11	3238	21	3239	31	3250	41	3250
2	3255	12	3250	22	3244	32	3238	42	3253
3	3246	13	3251	23	3246	33	3240	43	3249
4	3251	14	3246	24	3251	34	3243	44	3248
5	3254	15	3252	25	3253	35	3243	45	3251
6	3254	16	3246	26	3240	36	3246	46	3256
7	3247	17	3255	27	3241	37	3253	47	3250
8	3245	18	3244	28	3244	38	3240	48	3248
9	3256	19	3241	29	3245	39	3251	49	3243
10	3242	20	3239	30	3255	40	3256	50	3248

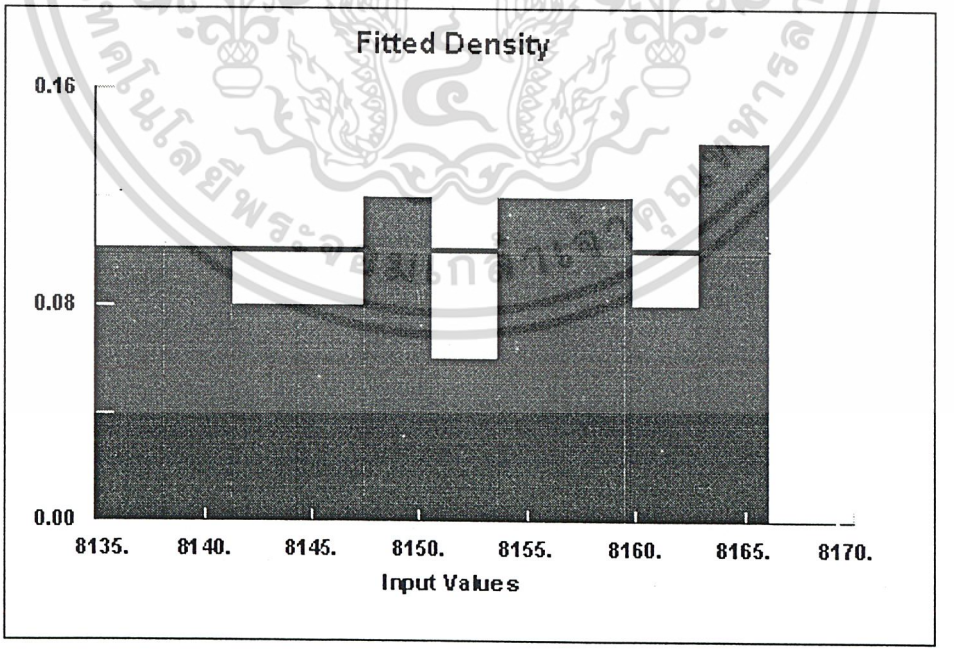


รูปที่ ผก 28 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 29 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ H (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	8143	11	8141	21	8141	31	8156	41	8156
2	8165	12	8156	22	8143	32	8136	42	8162
3	8149	13	8157	23	8149	33	8139	43	8154
4	8158	14	8149	24	8157	34	8135	44	8153
5	8136	15	8159	25	8144	35	8145	45	8158
6	8163	16	8149	26	8161	36	8149	46	8166
7	8155	17	8164	27	8141	37	8161	47	8156
8	8137	18	8147	28	8143	38	8162	48	8153
9	8165	19	8141	29	8145	39	8158	49	8145
10	8148	20	8138	30	8164	40	8166	50	8153

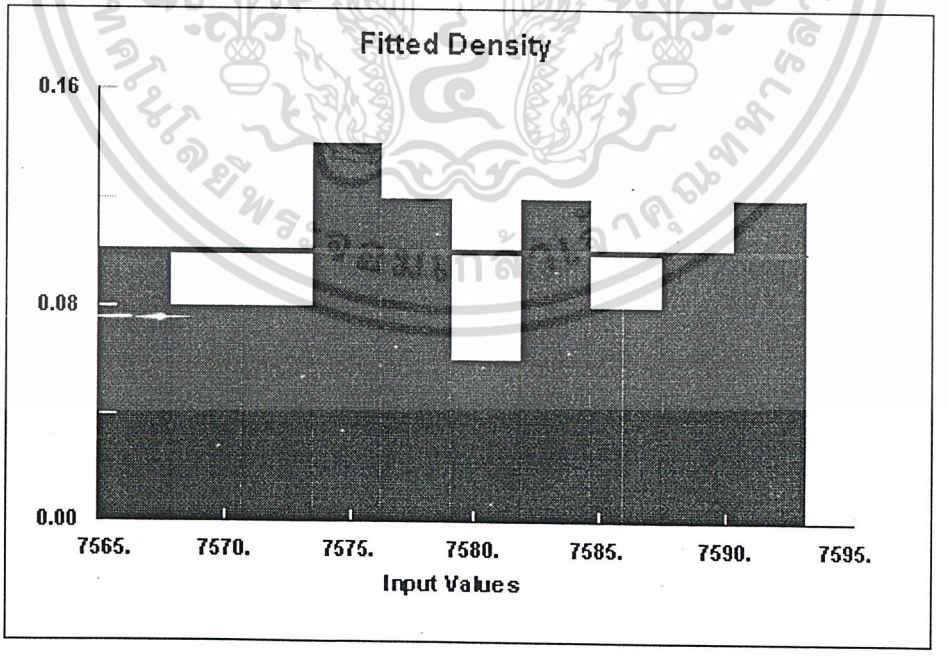


รูปที่ ผก 29 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 30 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ I (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	7566	11	7592	21	7592	31	7584	41	7584
2	7592	12	7575	22	7577	32	7566	42	7589
3	7578	13	7571	23	7577	33	7565	43	7582
4	7568	14	7570	24	7588	34	7574	44	7581
5	7571	15	7584	25	7576	35	7574	45	7588
6	7575	16	7585	26	7570	36	7578	46	7593
7	7586	17	7578	27	7571	37	7589	47	7584
8	7565	18	7587	28	7573	38	7569	48	7581
9	7590	19	7583	29	7565	39	7586	49	7574
10	7578	20	7576	30	7591	40	7593	50	7581

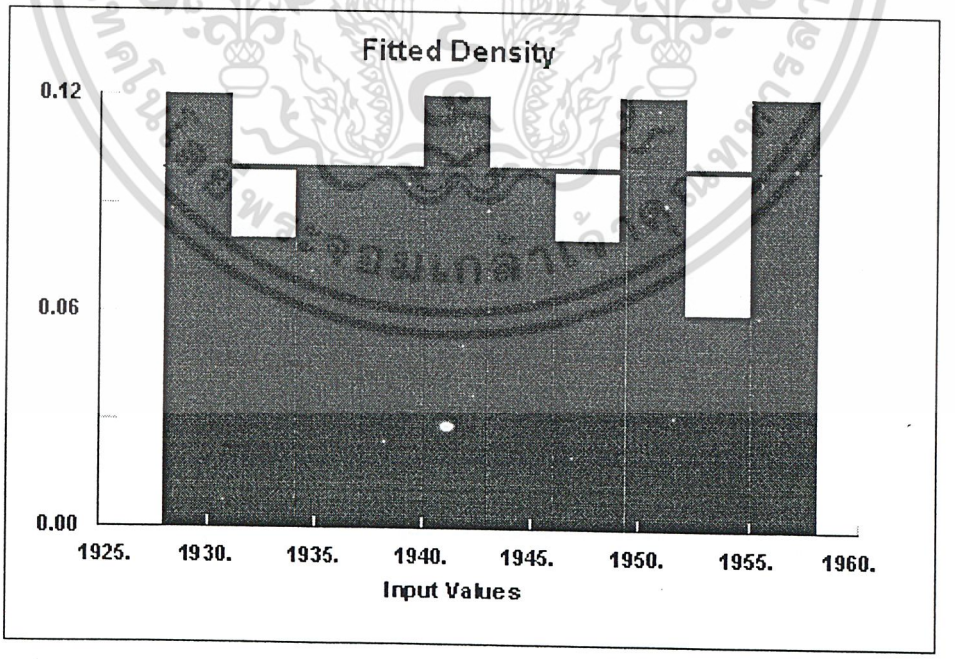


รูปที่ ผก 30 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ I

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 31 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ J (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	1935	11	1933	21	1929	31	1948	41	1945
2	1942	12	1948	22	1934	32	1928	42	1954
3	1953	13	1949	23	1941	33	1931	43	1946
4	1950	14	1941	24	1949	34	1937	44	1945
5	1932	15	1951	25	1939	35	1935	45	1950
6	1955	16	1941	26	1929	36	1941	46	1958
7	1947	17	1956	27	1930	37	1953	47	1944
8	1936	18	1939	28	1935	38	1931	48	1945
9	1957	19	1928	29	1937	39	1950	49	1937
10	1940	20	1930	30	1956	40	1958	50	1945

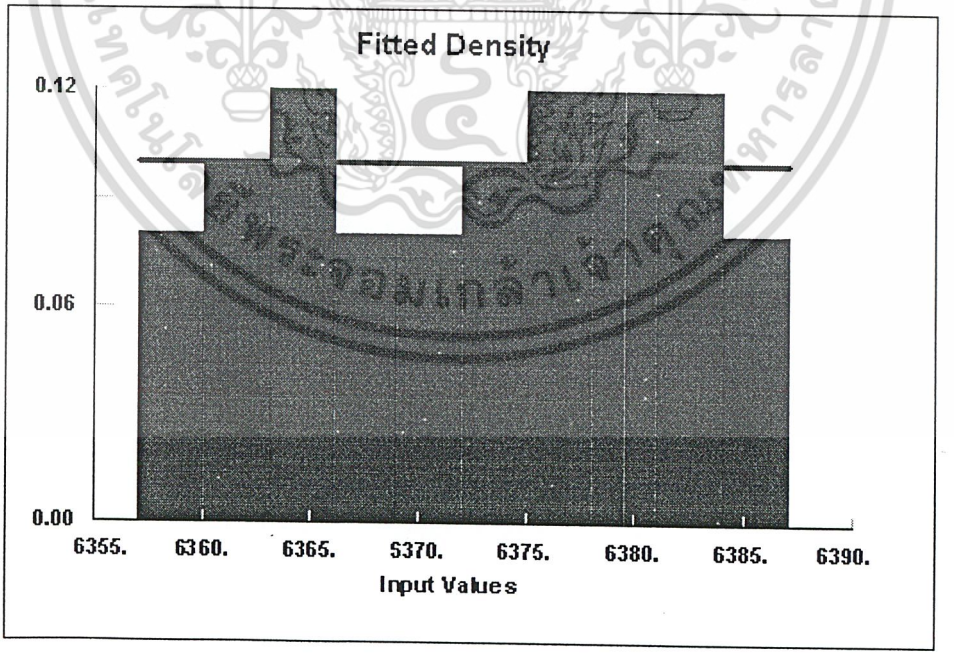


รูปที่ ผก 31 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ J

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 32 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ K (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	6367	11	6364	21	6362	31	6377	41	6377
2	6382	12	6377	22	6367	32	6357	42	6383
3	6358	13	6378	23	6358	33	6360	43	6375
4	6379	14	6370	24	6378	34	6383	44	6374
5	6384	15	6380	25	6365	35	6366	45	6379
6	6384	16	6370	26	6361	36	6370	46	6374
7	6376	17	6373	27	6362	37	6382	47	6377
8	6364	18	6364	28	6364	38	6360	48	6374
9	6383	19	6365	29	6382	39	6379	49	6366
10	6369	20	6359	30	6385	40	6387	50	6374

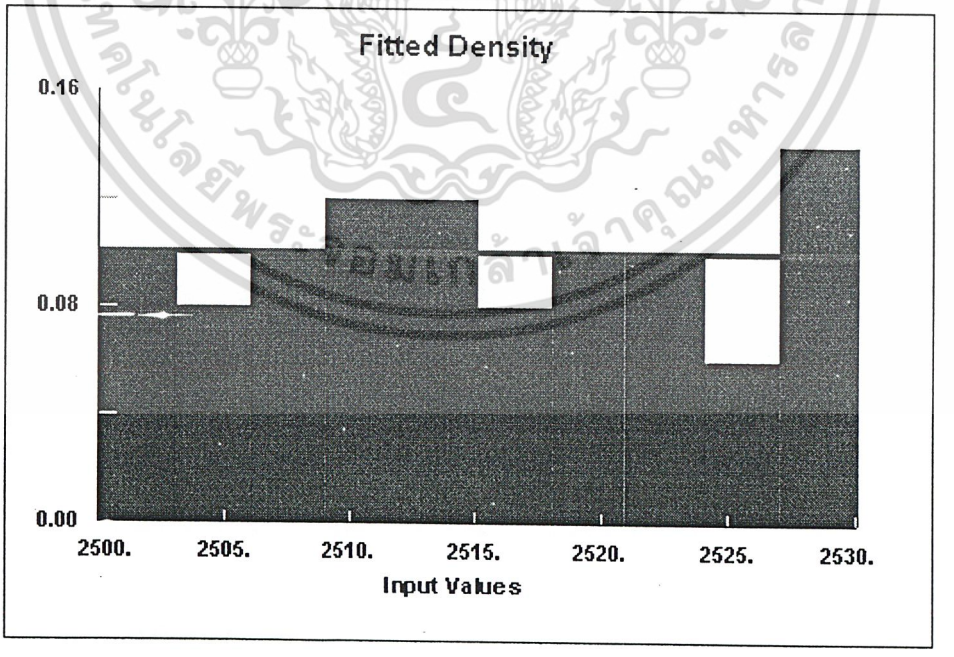


รูปที่ ผก 32 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 33 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ L (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	2508	11	2505	21	2501	31	2516	41	2520
2	2529	12	2520	22	2510	32	2500	42	2526
3	2513	13	2521	23	2513	33	2503	43	2518
4	2526	14	2513	24	2521	34	2509	44	2517
5	2507	15	2523	25	2509	35	2509	45	2522
6	2527	16	2513	26	2502	36	2513	46	2530
7	2519	17	2528	27	2501	37	2525	47	2520
8	2506	18	2511	28	2507	38	2503	48	2517
9	2529	19	2505	29	2508	39	2522	49	2509
10	2512	20	2502	30	2528	40	2530	50	2517

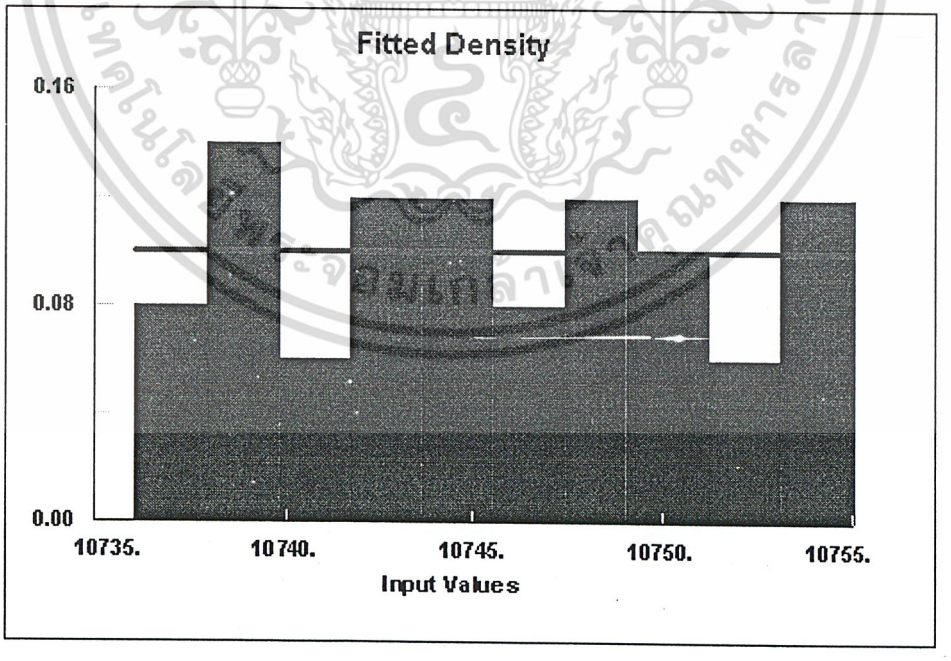


รูปที่ ผก 33 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 34 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ M (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	10742	11	10739	21	10739	31	10749	41	10748
2	10754	12	10748	22	10743	32	10736	42	10752
3	10744	13	10749	23	10744	33	10738	43	10747
4	10750	14	10744	24	10750	34	10736	44	10747
5	10743	15	10751	25	10741	35	10742	45	10750
6	10753	16	10745	26	10739	36	10744	46	10755
7	10748	17	10754	27	10739	37	10752	47	10749
8	10740	18	10743	28	10741	38	10738	48	10747
9	10755	19	10739	29	10742	39	10750	49	10736
10	10744	20	10737	30	10754	40	10755	50	10747

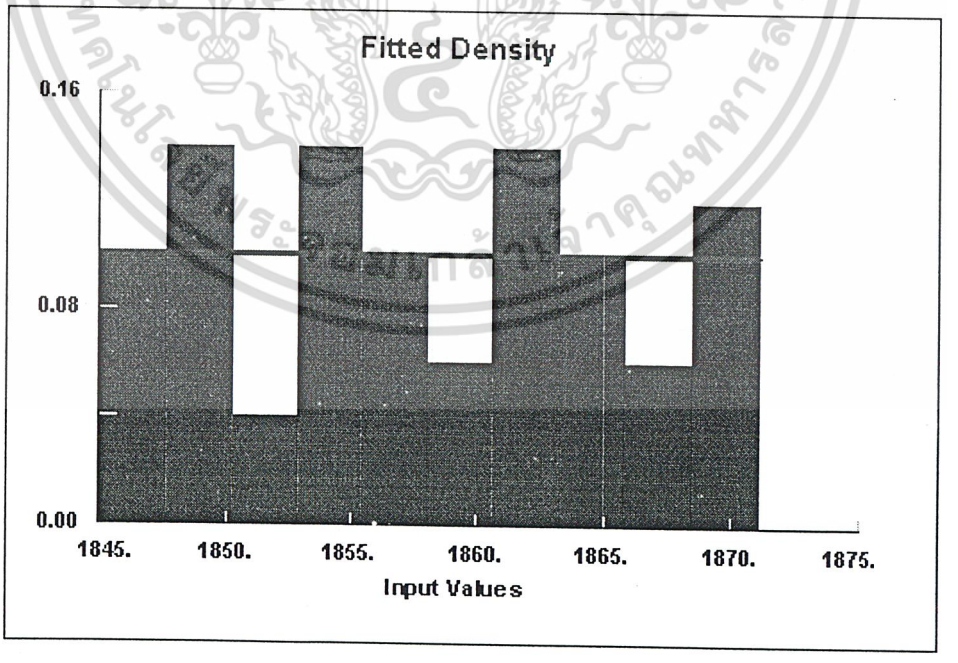


รูปที่ ผก 34 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 35 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ N (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	1846	11	1849	21	1850	31	1862	41	1862
2	1870	12	1862	22	1854	32	1845	42	1867
3	1856	13	1863	23	1856	33	1848	43	1861
4	1864	14	1856	24	1864	34	1853	44	1859
5	1854	15	1865	25	1847	35	1853	45	1864
6	1868	16	1857	26	1849	36	1856	46	1871
7	1861	17	1870	27	1849	37	1867	47	1862
8	1847	18	1854	28	1851	38	1848	48	1860
9	1870	19	1849	29	1853	39	1864	49	1852
10	1855	20	1846	30	1869	40	1871	50	1859

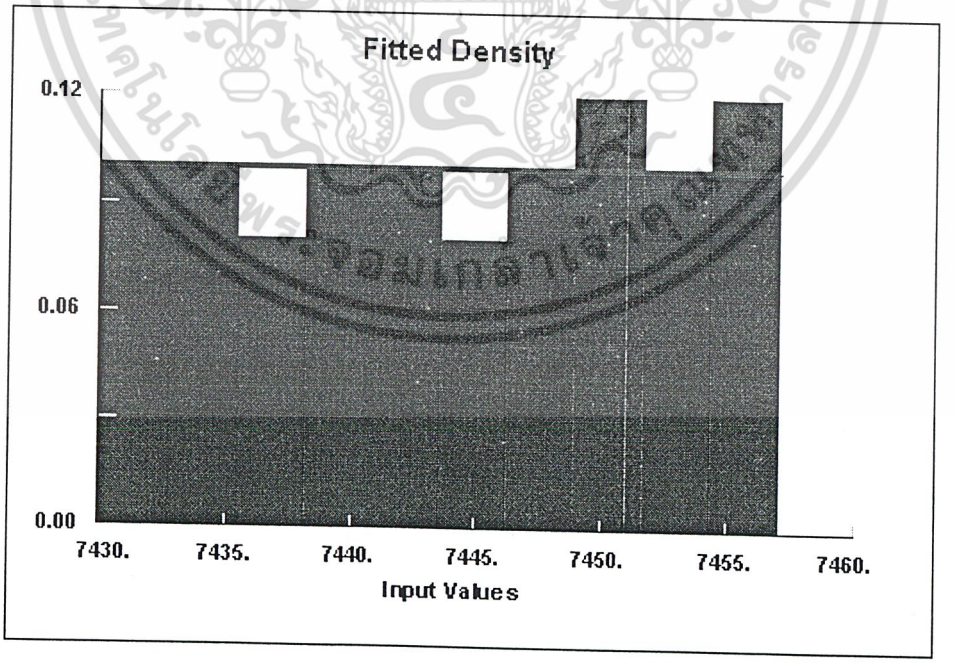


รูปที่ ผก 35 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 36 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ O (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	7439	11	7431	21	7435	31	7448	41	7448
2	7456	12	7448	22	7439	32	7430	42	7453
3	7432	13	7449	23	7441	33	7433	43	7446
4	7450	14	7442	24	7449	34	7438	44	7445
5	7453	15	7451	25	7440	35	7438	45	7450
6	7454	16	7442	26	7434	36	7442	46	7457
7	7447	17	7456	27	7431	37	7453	47	7448
8	7440	18	7439	28	7452	38	7433	48	7445
9	7456	19	7435	29	7438	39	7450	49	7438
10	7441	20	7432	30	7455	40	7457	50	7445

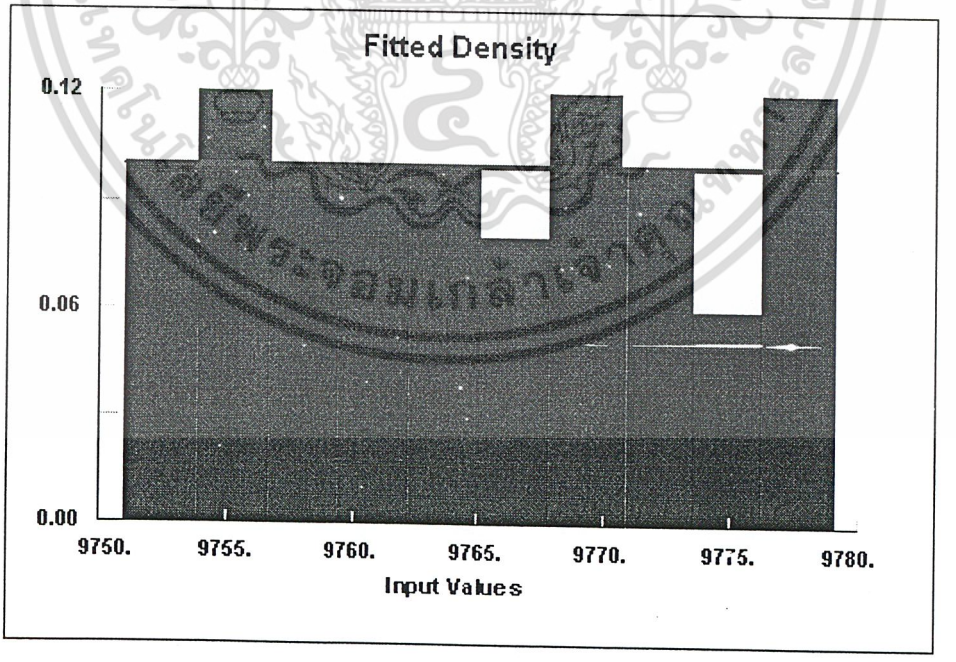


รูปที่ ผก 36 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ O

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 37 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ P (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	9761	11	9755	21	9756	31	9769	41	9769
2	9778	12	9766	22	9761	32	9751	42	9775
3	9763	13	9770	23	9763	33	9754	43	9768
4	9772	14	9763	24	9771	34	9759	44	9767
5	9761	15	9773	25	9761	35	9759	45	9771
6	9776	16	9764	26	9755	36	9763	46	9779
7	9768	17	9777	27	9756	37	9775	47	9770
8	9752	18	9761	28	9758	38	9754	48	9767
9	9778	19	9753	29	9759	39	9772	49	9759
10	9753	20	9753	30	9777	40	9779	50	9766

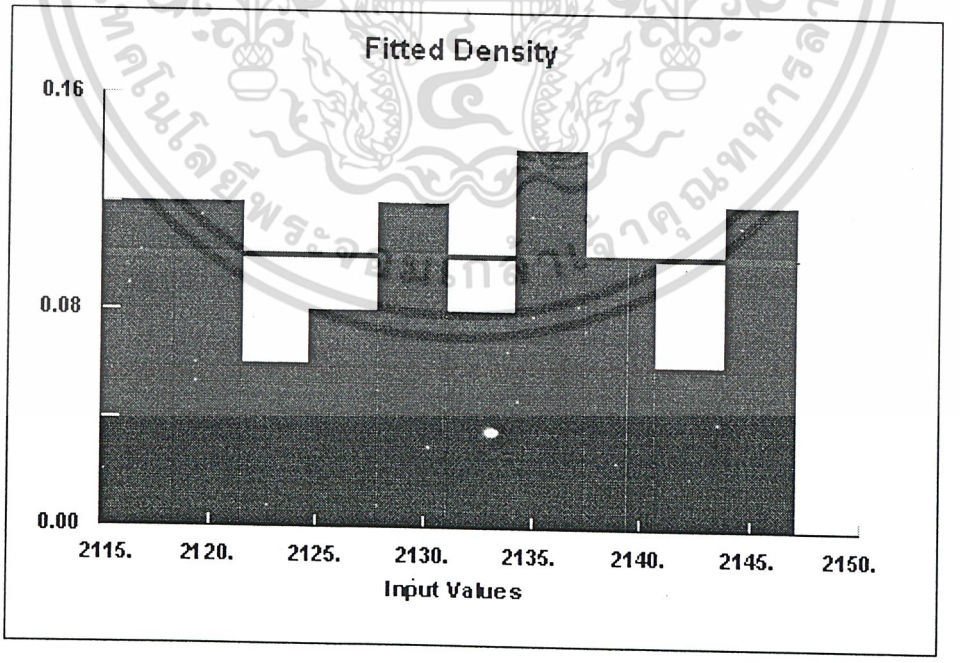


รูปที่ ผก 37 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Wire Bond ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 38 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Dual-4 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ G (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	2115	11	2120	21	2121	31	2137	41	2137
2	2147	12	2136	22	2144	32	2115	42	2143
3	2129	13	2138	23	2129	33	2118	43	2135
4	2140	14	2129	24	2139	34	2125	44	2133
5	2144	15	2141	25	2123	35	2125	45	2139
6	2145	16	2130	26	2120	36	2129	46	2117
7	2136	17	2146	27	2121	37	2143	47	2137
8	2121	18	2127	28	2123	38	2146	48	2134
9	2133	19	2121	29	2125	39	2140	49	2124
10	2128	20	2117	30	2116	40	2135	50	2133

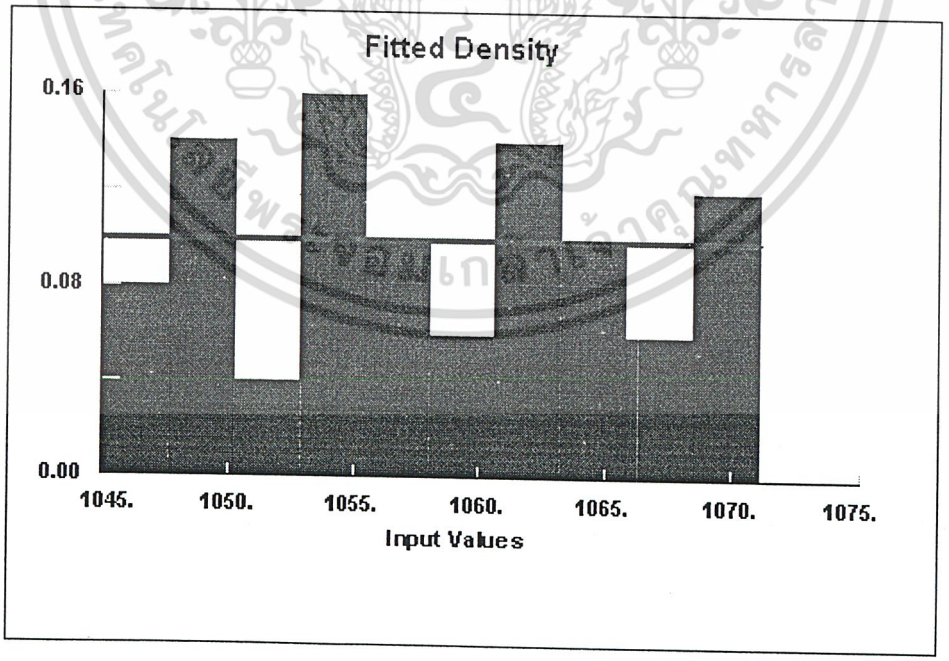


รูปที่ ผก 38 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Dual-4 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 39 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Dual-4 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ H (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	1046	11	1049	21	1050	31	1062	41	1062
2	1070	12	1062	22	1054	32	1045	42	1067
3	1056	13	1063	23	1056	33	1048	43	1061
4	1064	14	1056	24	1064	34	1053	44	1059
5	1054	15	1065	25	1054	35	1053	45	1064
6	1068	16	1057	26	1049	36	1056	46	1071
7	1061	17	1070	27	1049	37	1067	47	1062
8	1047	18	1054	28	1051	38	1048	48	1060
9	1070	19	1049	29	1053	39	1064	49	1052
10	1055	20	1046	30	1069	40	1071	50	1059

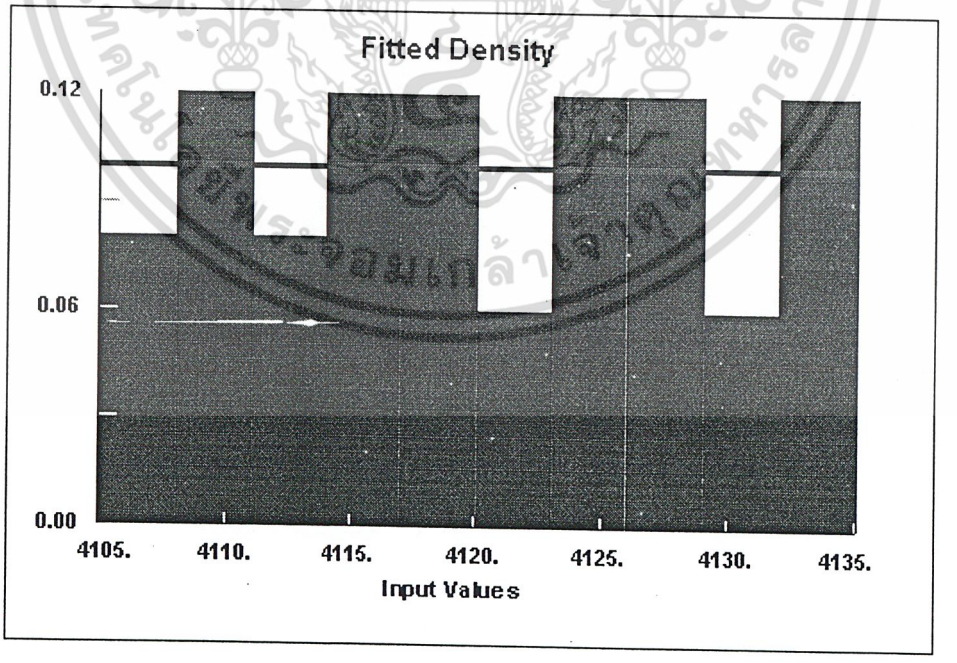


รูปที่ ผก 39 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Dual-4 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 40 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Dual-4 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ J (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	4112	11	4117	21	4110	31	4125	41	4125
2	4134	12	4130	22	4106	32	4105	42	4131
3	4118	13	4125	23	4118	33	4108	43	4123
4	4127	14	4126	24	4126	34	4114	44	4122
5	4113	15	4118	25	4107	35	4114	45	4127
6	4132	16	4128	26	4109	36	4118	46	4135
7	4124	17	4118	27	4110	37	4130	47	4125
8	4116	18	4133	28	4112	38	4108	48	4122
9	4112	19	4116	29	4114	39	4127	49	4114
10	4112	20	4110	30	4133	40	4135	50	4122

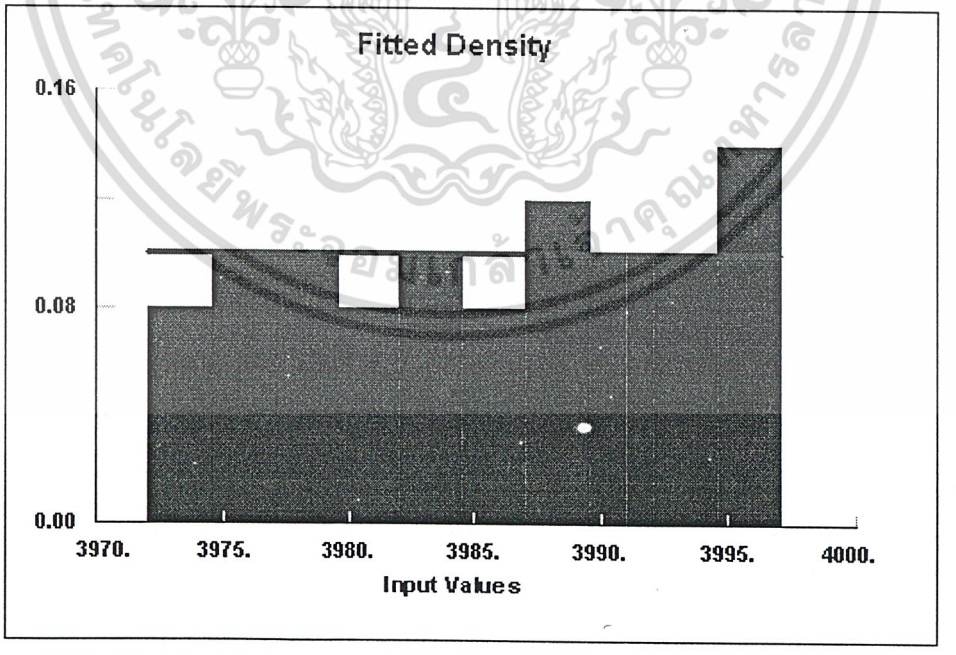


รูปที่ ผก 40 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Dual-4 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ J

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 41 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Dual-4 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ L (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	3993	11	3976	21	3976	31	3988	41	3988
2	3996	12	3994	22	3994	32	3972	42	3993
3	3983	13	3989	23	3983	33	3975	43	3987
4	3991	14	3983	24	3990	34	3979	44	3986
5	3981	15	3991	25	3981	35	3979	45	3990
6	3995	16	3985	26	3973	36	3983	46	3997
7	3988	17	3996	27	3976	37	3993	47	3989
8	3981	18	3981	28	3978	38	3974	48	3986
9	3996	19	3976	29	3979	39	3991	49	3979
10	3982	20	3973	30	3995	40	3997	50	3986

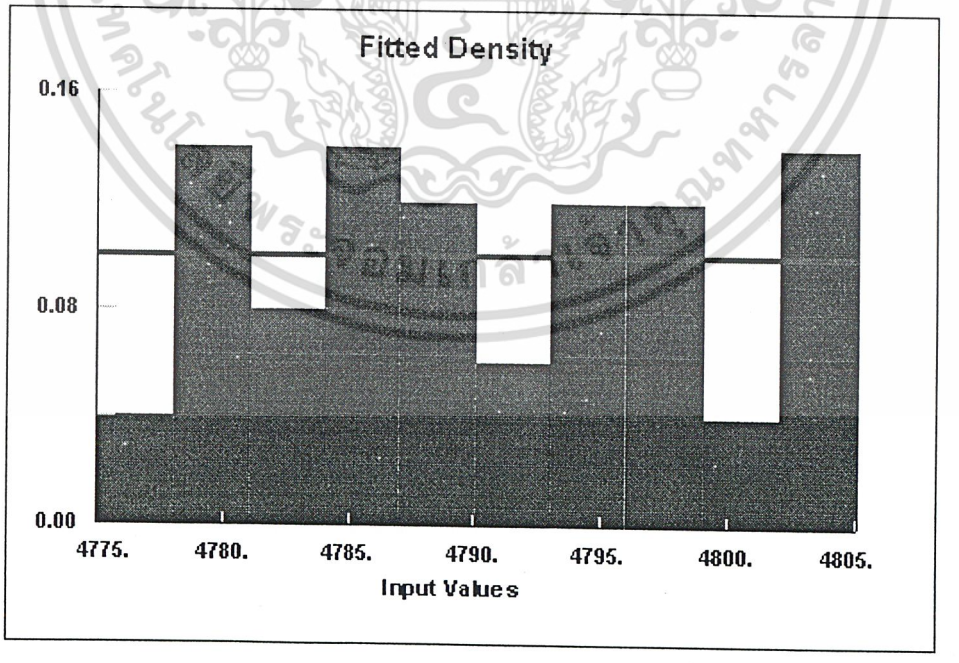


รูปที่ ผก 41 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Dual-4 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 42 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Dual-4 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ N (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	4782	11	4780	21	4780	31	4795	41	4795
2	4804	12	4795	22	4785	32	4775	42	4801
3	4788	13	4796	23	4788	33	4778	43	4793
4	4797	14	4788	24	4796	34	4784	44	4792
5	4783	15	4798	25	4786	35	4784	45	4797
6	4802	16	4788	26	4779	36	4788	46	4805
7	4794	17	4803	27	4780	37	4800	47	4795
8	4782	18	4786	28	4782	38	4778	48	4792
9	4804	19	4780	29	4784	39	4797	49	4784
10	4787	20	4777	30	4803	40	4805	50	4792

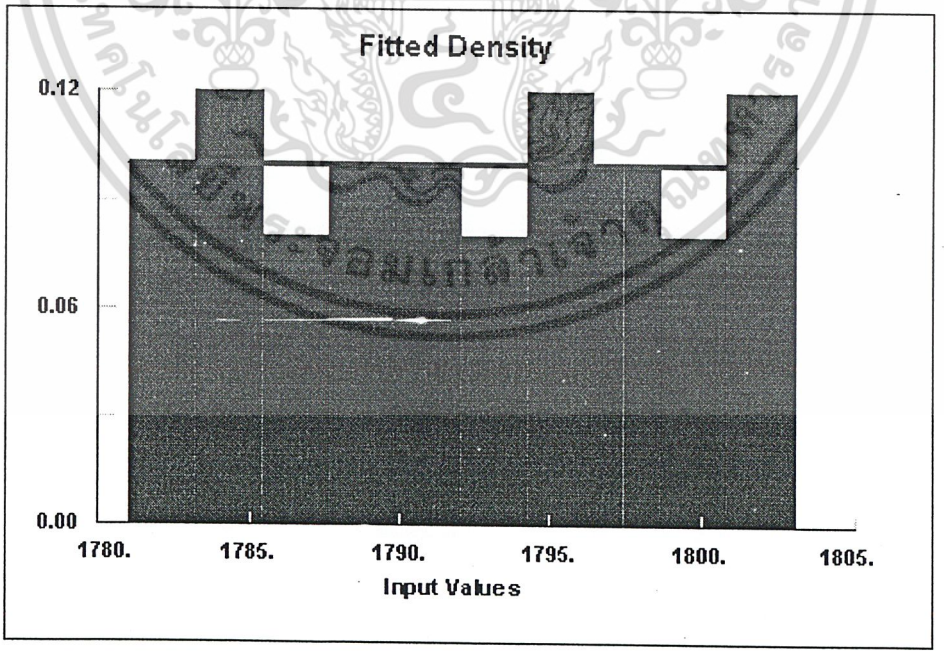


รูปที่ ผก 42 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Dual-4 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 43 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Pro-8 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ A (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	1799	11	1784	21	1785	31	1795	41	1795
2	1800	12	1795	22	1789	32	1781	42	1800
3	1790	13	1796	23	1790	33	1783	43	1794
4	1797	14	1790	24	1797	34	1787	44	1793
5	1783	15	1798	25	1789	35	1787	45	1797
6	1801	16	1791	26	1784	36	1791	46	1803
7	1795	17	1802	27	1785	37	1800	47	1796
8	1789	18	1789	28	1786	38	1784	48	1793
9	1802	19	1785	29	1788	39	1797	49	1787
10	1782	20	1782	30	1802	40	1803	50	1793

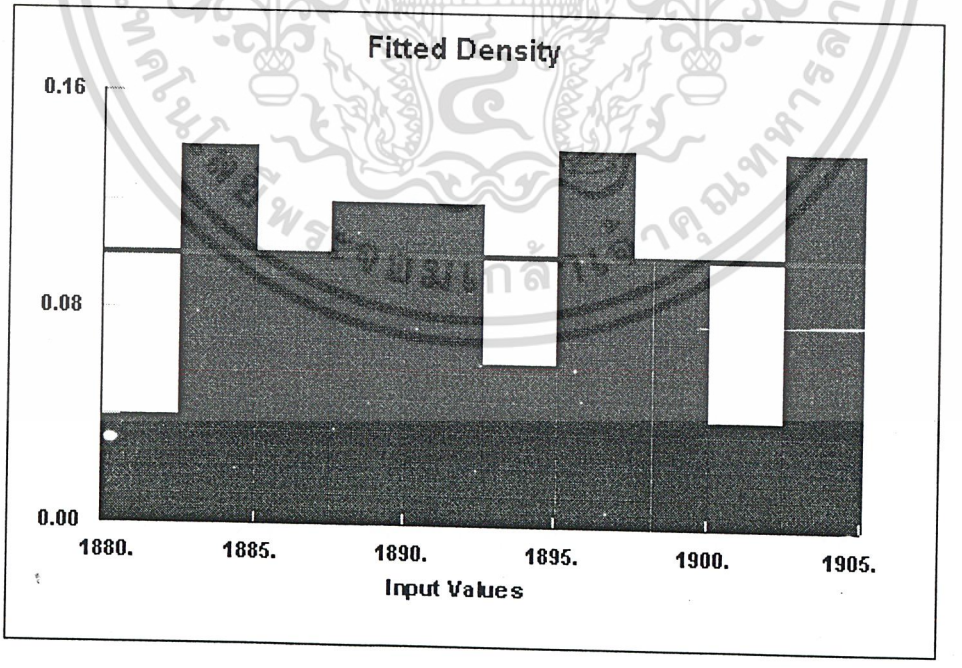


รูปที่ ผก 43 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Pro-8 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 44 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Pro-8 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ B (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	1889	11	1884	21	1884	31	1896	41	1896
2	1904	12	1896	22	1889	32	1880	42	1901
3	1891	13	1897	23	1891	33	1883	43	1895
4	1899	14	1891	24	1898	34	1887	44	1894
5	1889	15	1899	25	1889	35	1887	45	1898
6	1903	16	1891	26	1883	36	1891	46	1905
7	1896	17	1904	27	1884	37	1901	47	1897
8	1889	18	1889	28	1886	38	1883	48	1894
9	1904	19	1884	29	1887	39	1899	49	1887
10	1890	20	1881	30	1903	40	1905	50	1894

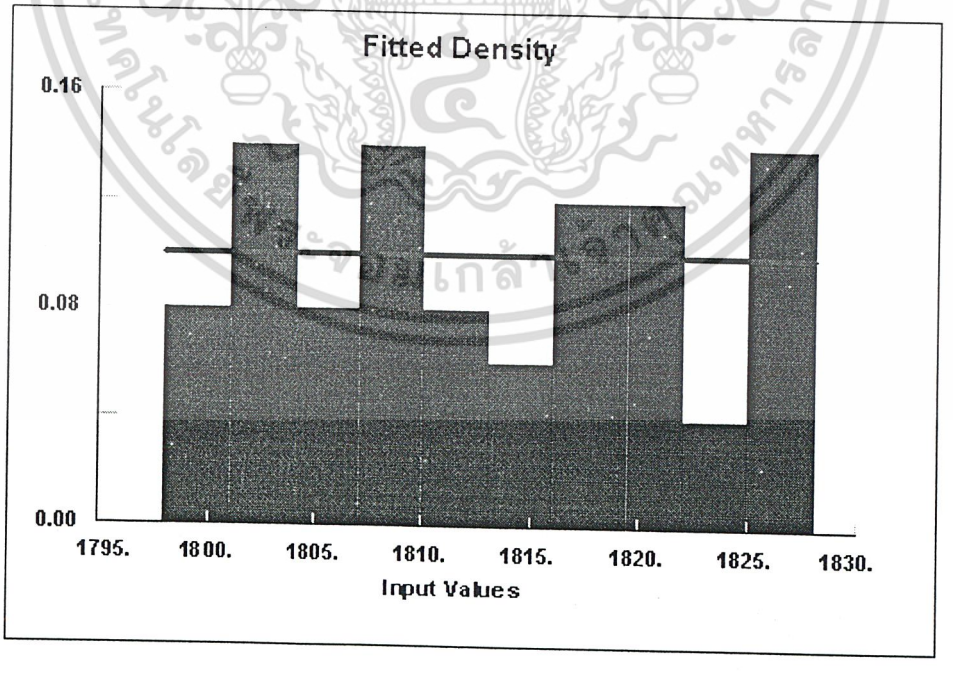


รูปที่ ผก 44 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Pro-8 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 45 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Pro-8 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ C (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	1800	11	1805	21	1803	31	1818	41	1818
2	1827	12	1818	22	1808	32	1798	42	1824
3	1811	13	1819	23	1811	33	1801	43	1816
4	1820	14	1806	24	1819	34	1799	44	1815
5	1801	15	1821	25	1809	35	1801	45	1820
6	1825	16	1807	26	1802	36	1811	46	1828
7	1817	17	1826	27	1803	37	1823	47	1818
8	1809	18	1809	28	1805	38	1801	48	1815
9	1827	19	1806	29	1807	39	1820	49	1807
10	1810	20	1800	30	1826	40	1828	50	1815

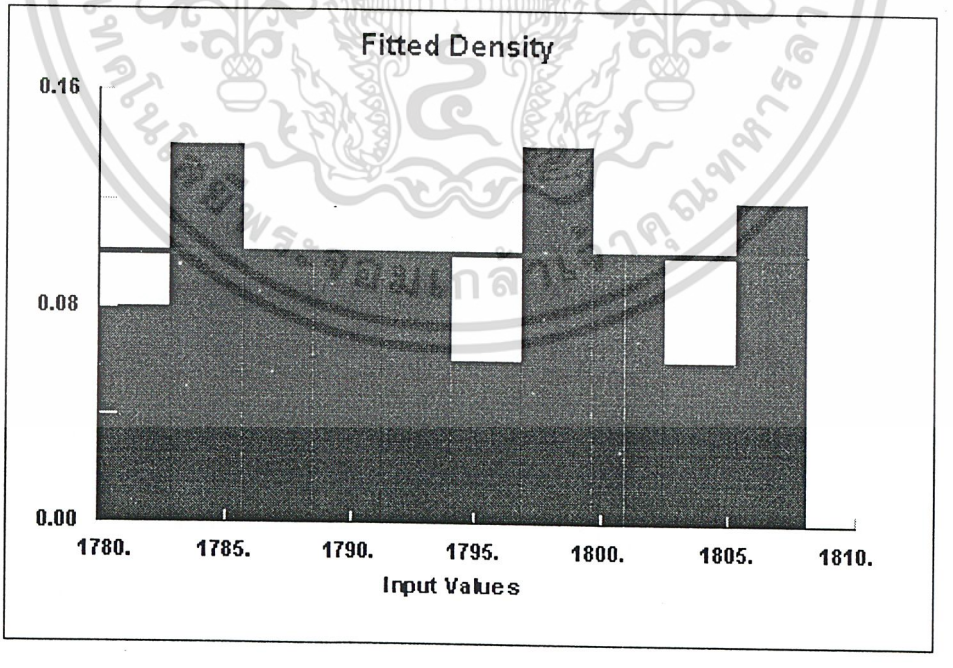


รูปที่ ผก 45 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Pro-8 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 46 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Pro-8 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ D (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	1782	11	1784	21	1785	31	1798	41	1798
2	1807	12	1798	22	1790	32	1780	42	1804
3	1792	13	1799	23	1792	33	1783	43	1797
4	1801	14	1792	24	1800	34	1788	44	1796
5	1781	15	1802	25	1790	35	1788	45	1800
6	1805	16	1793	26	1784	36	1792	46	1808
7	1797	17	1806	27	1785	37	1804	47	1799
8	1791	18	1790	28	1787	38	1783	48	1796
9	1807	19	1785	29	1788	39	1801	49	1788
10	1791	20	1782	30	1806	40	1808	50	1795

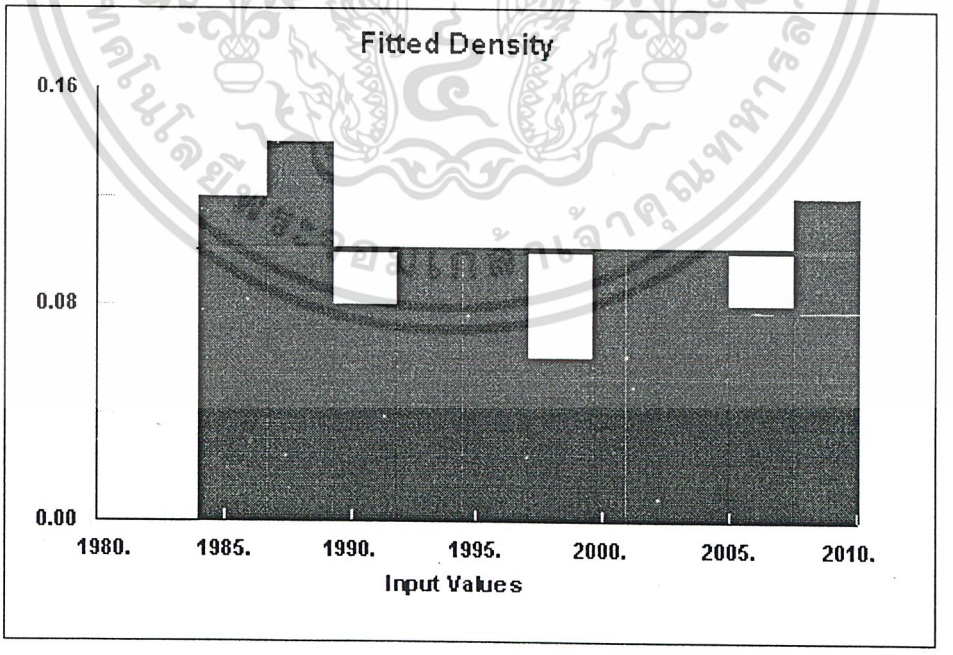


รูปที่ ผก 46 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Pro-8 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 47 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Pro-8 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ E (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	1992	11	1988	21	1989	31	2007	41	2001
2	2009	12	2006	22	1986	32	1984	42	2006
3	1995	13	2002	23	1995	33	1987	43	2000
4	2003	14	1995	24	2003	34	1992	44	1998
5	1986	15	2004	25	1991	35	1991	45	2003
6	2007	16	1996	26	1988	36	1995	46	2010
7	2000	17	2009	27	1988	37	1992	47	2001
8	1985	18	1993	28	1990	38	1987	48	1999
9	2009	19	1988	29	1992	39	2003	49	1991
10	1986	20	1985	30	2008	40	2010	50	1998

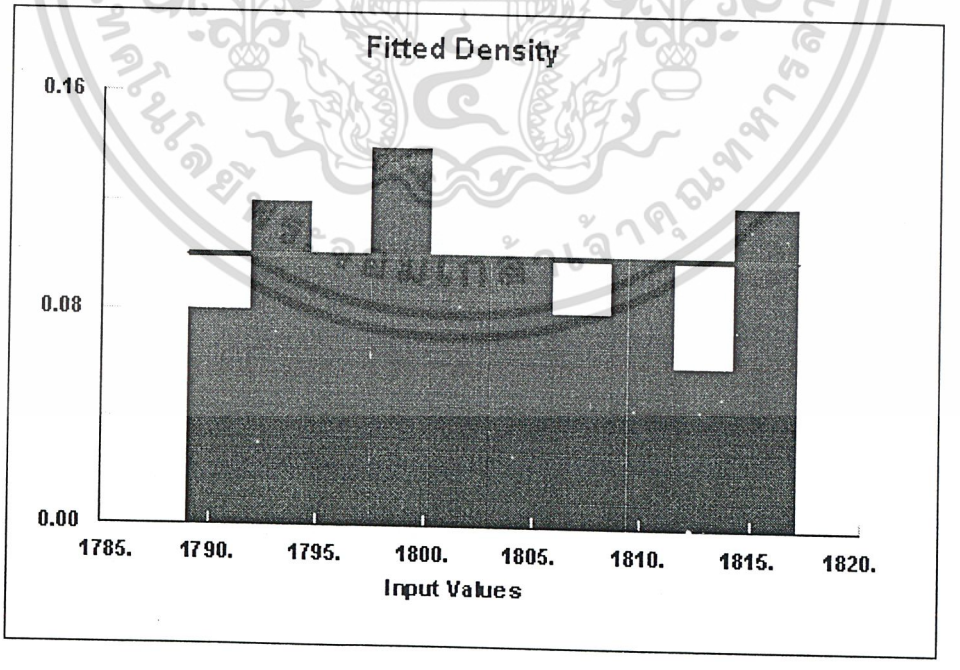


รูปที่ ผก 47 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Pro-8 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 48 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Pro-8 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ F (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	1799	11	1793	21	1794	31	1807	41	1807
2	1816	12	1805	22	1799	32	1789	42	1813
3	1801	13	1803	23	1801	33	1792	43	1806
4	1810	14	1801	24	1809	34	1797	44	1805
5	1799	15	1811	25	1799	35	1797	45	1809
6	1814	16	1802	26	1793	36	1801	46	1817
7	1791	17	1815	27	1791	37	1813	47	1808
8	1800	18	1799	28	1796	38	1792	48	1805
9	1816	19	1792	29	1797	39	1810	49	1797
10	1800	20	1791	30	1815	40	1817	50	1804

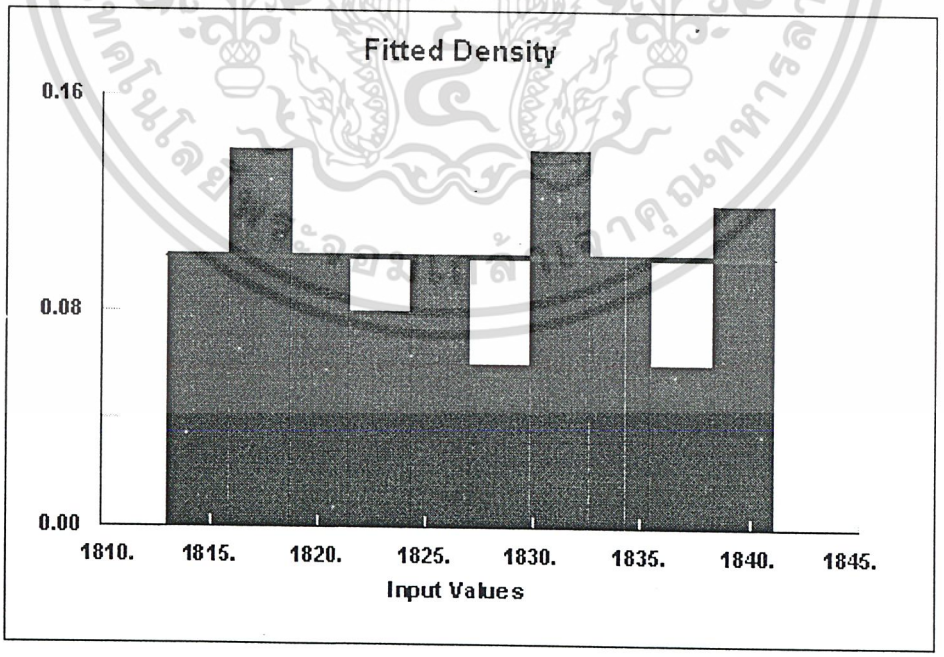


รูปที่ ผก 48 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Pro-8 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 49 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Pro-8 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ H (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	1823	11	1817	21	1818	31	1831	41	1831
2	1840	12	1831	22	1813	32	1813	42	1837
3	1825	13	1832	23	1825	33	1816	43	1830
4	1834	14	1825	24	1833	34	1821	44	1829
5	1823	15	1835	25	1823	35	1821	45	1833
6	1838	16	1826	26	1817	36	1825	46	1841
7	1830	17	1839	27	1818	37	1837	47	1832
8	1814	18	1814	28	1820	38	1816	48	1829
9	1840	19	1818	29	1821	39	1834	49	1821
10	1824	20	1815	30	1839	40	1841	50	1828

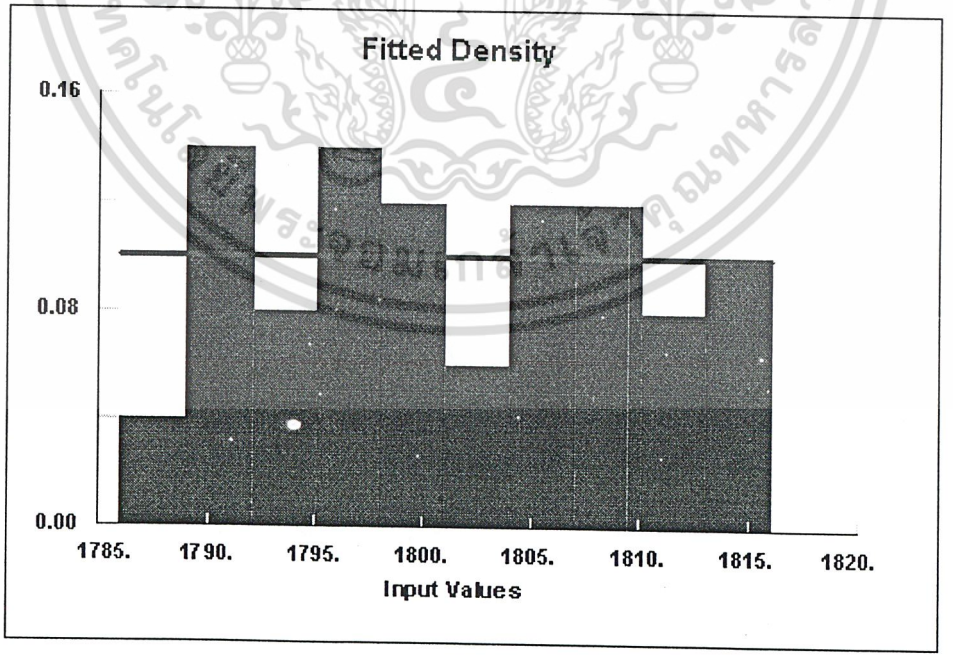


รูปที่ ผก 49 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Pro-8 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 50 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Pro-8 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ I (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	1793	11	1791	21	1791	31	1806	41	1806
2	1812	12	1806	22	1796	32	1786	42	1812
3	1799	13	1807	23	1799	33	1789	43	1804
4	1808	14	1799	24	1807	34	1795	44	1803
5	1794	15	1809	25	1797	35	1795	45	1808
6	1813	16	1799	26	1790	36	1799	46	1816
7	1805	17	1814	27	1791	37	1811	47	1806
8	1792	18	1797	28	1793	38	1789	48	1803
9	1811	19	1791	29	1795	39	1808	49	1795
10	1798	20	1788	30	1814	40	1816	50	1803

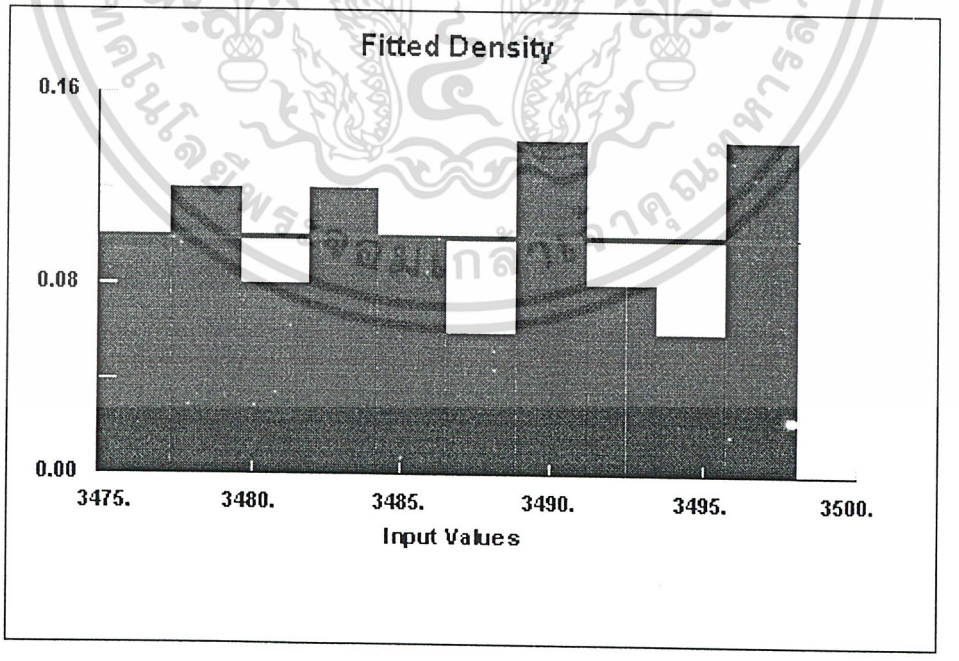


รูปที่ ผก 50 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Pro-8 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ I

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 51 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Pro-8 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ K (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	3481	11	3479	21	3479	31	3495	41	3490
2	3497	12	3490	22	3477	32	3475	42	3495
3	3485	13	3491	23	3485	33	3477	43	3489
4	3492	14	3485	24	3491	34	3482	44	3488
5	3476	15	3493	25	3481	35	3482	45	3492
6	3496	16	3485	26	3478	36	3485	46	3498
7	3489	17	3497	27	3479	37	3494	47	3490
8	3480	18	3483	28	3481	38	3478	48	3488
9	3497	19	3479	29	3482	39	3492	49	3482
10	3484	20	3476	30	3497	40	3498	50	3488

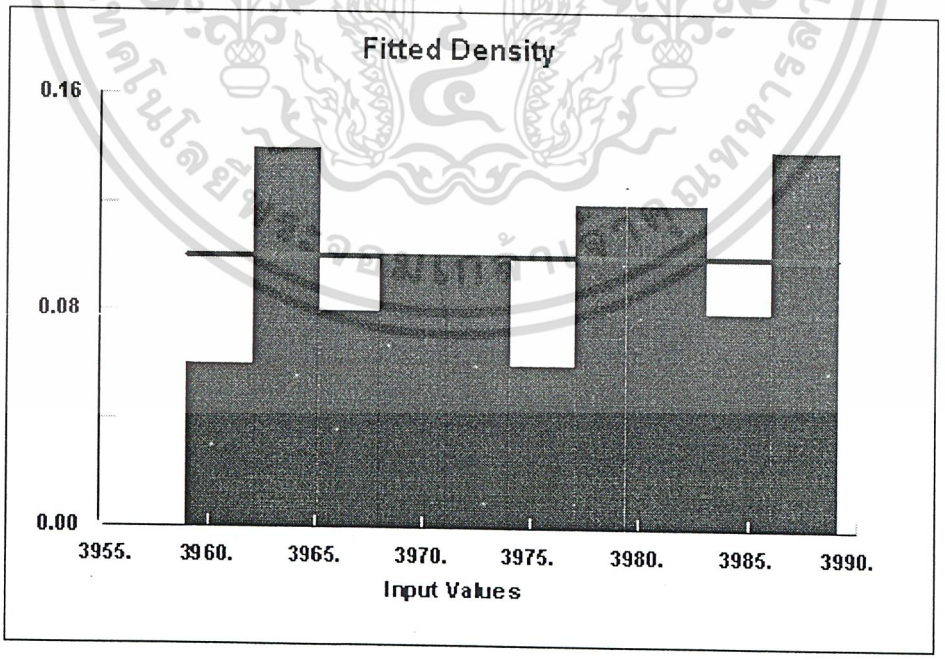


รูปที่ ผก 51 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Pro-8 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 52 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Pro-8 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ L (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	3967	11	3964	21	3964	31	3979	41	3979
2	3988	12	3979	22	3969	32	3959	42	3985
3	3972	13	3980	23	3972	33	3962	43	3977
4	3981	14	3960	24	3980	34	3967	44	3976
5	3966	15	3982	25	3970	35	3968	45	3981
6	3986	16	3972	26	3963	36	3972	46	3989
7	3978	17	3987	27	3964	37	3984	47	3979
8	3970	18	3970	28	3966	38	3962	48	3976
9	3988	19	3964	29	3984	39	3981	49	3985
10	3971	20	3961	30	3987	40	3989	50	3976

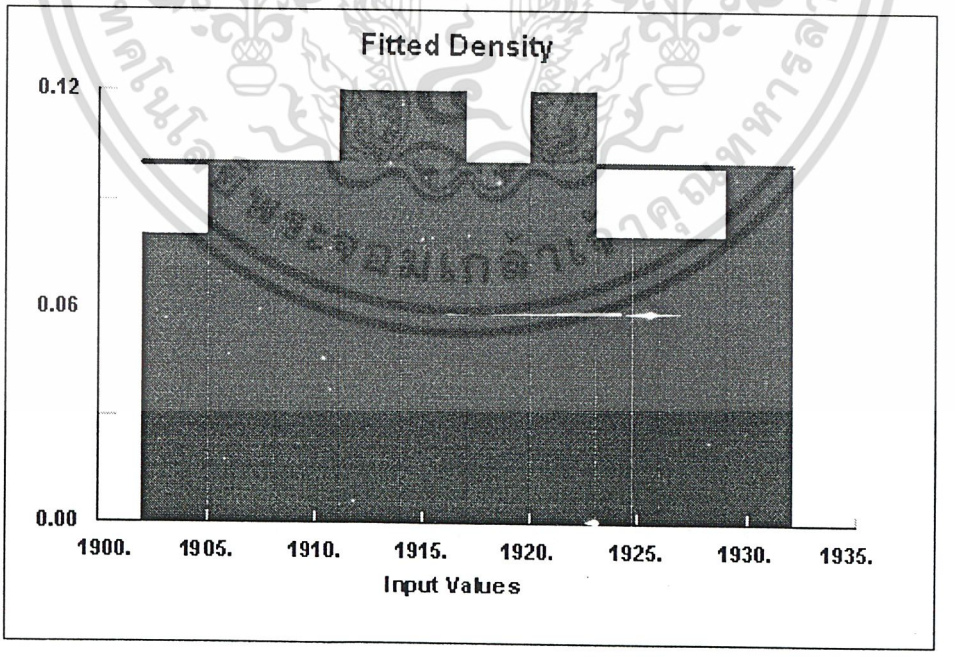


รูปที่ ผก 52 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Pro-8 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 53 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Pro-8 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ M (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	1912	11	1907	21	1907	31	1922	41	1922
2	1931	12	1922	22	1908	32	1902	42	1928
3	1915	13	1923	23	1915	33	1905	43	1920
4	1924	14	1915	24	1923	34	1908	44	1919
5	1910	15	1925	25	1913	35	1911	45	1917
6	1929	16	1915	26	1904	36	1915	46	1932
7	1921	17	1930	27	1907	37	1927	47	1922
8	1909	18	1913	28	1909	38	1905	48	1919
9	1926	19	1903	29	1911	39	1918	49	1911
10	1914	20	1904	30	1927	40	1932	50	1919

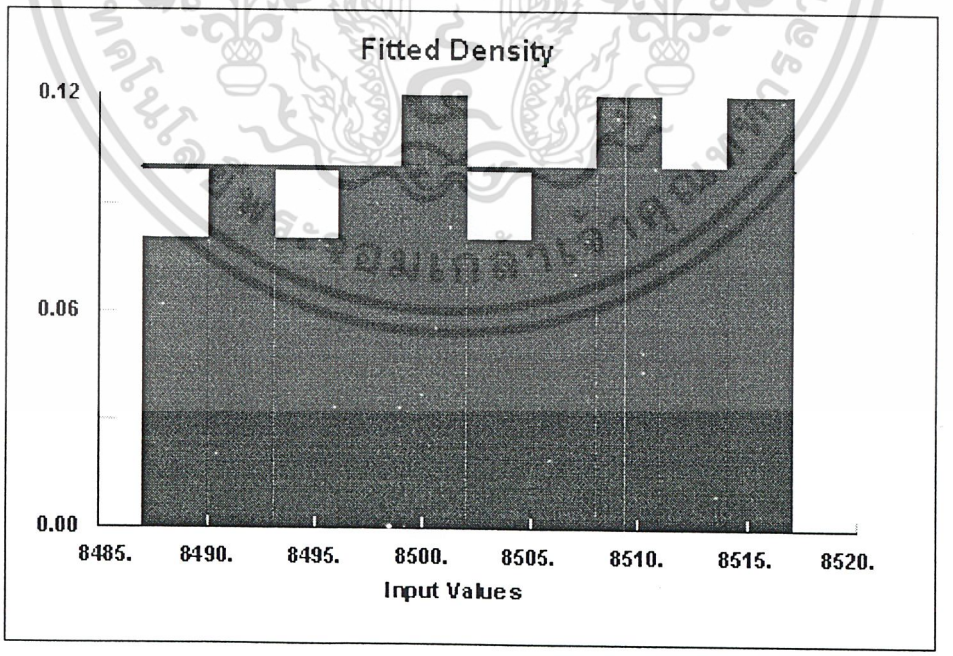


รูปที่ ผก 53 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Pro-8 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 54 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Pro-8 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ N (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	8497	11	8492	21	8488	31	8507	41	8507
2	8516	12	8504	22	8497	32	8487	42	8513
3	8500	13	8508	23	8500	33	8490	43	8505
4	8509	14	8500	24	8508	34	8496	44	8504
5	8494	15	8510	25	8512	35	8496	45	8509
6	8514	16	8500	26	8491	36	8500	46	8512
7	8505	17	8515	27	8492	37	8512	47	8507
8	8495	18	8495	28	8494	38	8490	48	8504
9	8512	19	8487	29	8514	39	8509	49	8496
10	8499	20	8489	30	8515	40	8517	50	8504

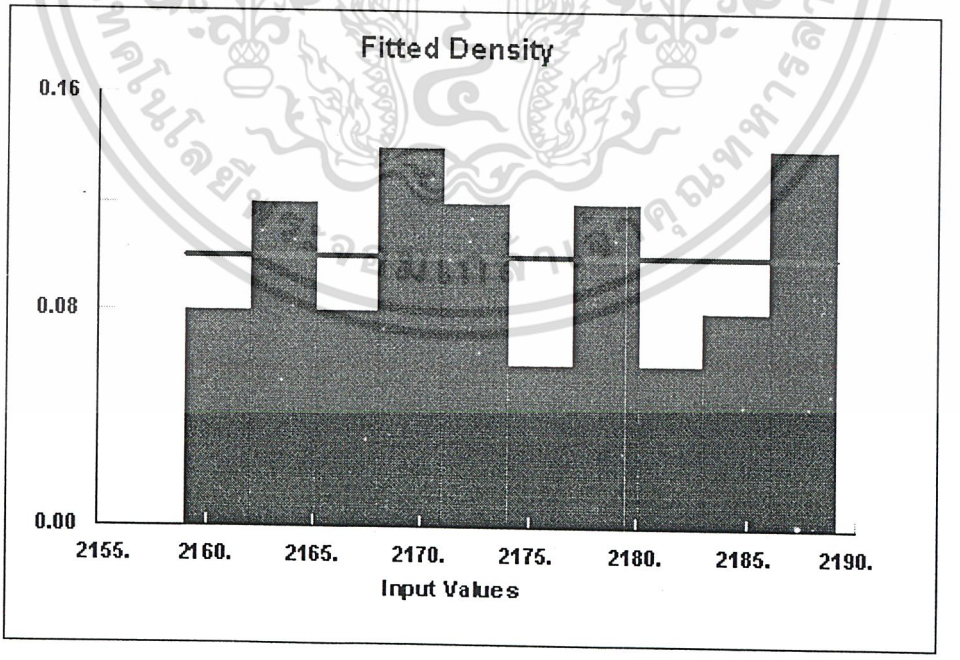


รูปที่ ผก 54 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Pro-8 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 55 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Pro-8 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ O (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	2167	11	2184	21	2164	31	2179	41	2179
2	2188	12	2179	22	2166	32	2159	42	2185
3	2172	13	2180	23	2172	33	2162	43	2177
4	2161	14	2172	24	2180	34	2168	44	2176
5	2166	15	2162	25	2168	35	2168	45	2181
6	2186	16	2172	26	2163	36	2172	46	2189
7	2178	17	2187	27	2164	37	2184	47	2179
8	2170	18	2170	28	2166	38	2162	48	2176
9	2188	19	2185	29	2168	39	2161	49	2168
10	2171	20	2161	30	2187	40	2189	50	2176

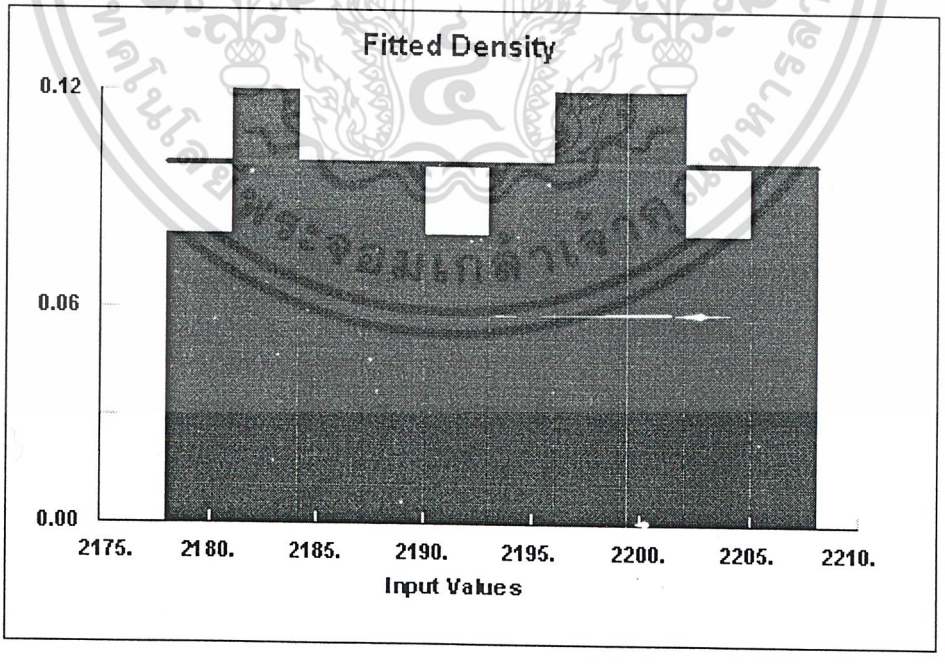


รูปที่ ผก 55 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Pro-8 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ O

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก 56 ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Pro-8 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ P (หน่วยเป็นวินาที)

ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน	ครั้งที่	เวลาการทำงาน
1	2185	11	2186	21	2183	31	2198	41	2198
2	2207	12	2198	22	2180	32	2178	42	2204
3	2191	13	2199	23	2191	33	2181	43	2196
4	2200	14	2191	24	2199	34	2187	44	2194
5	2181	15	2201	25	2187	35	2187	45	2200
6	2205	16	2194	26	2182	36	2195	46	2208
7	2197	17	2206	27	2183	37	2203	47	2198
8	2186	18	2179	28	2185	38	2181	48	2195
9	2203	19	2184	29	2187	39	2200	49	2187
10	2190	20	2180	30	2204	40	2208	50	2195

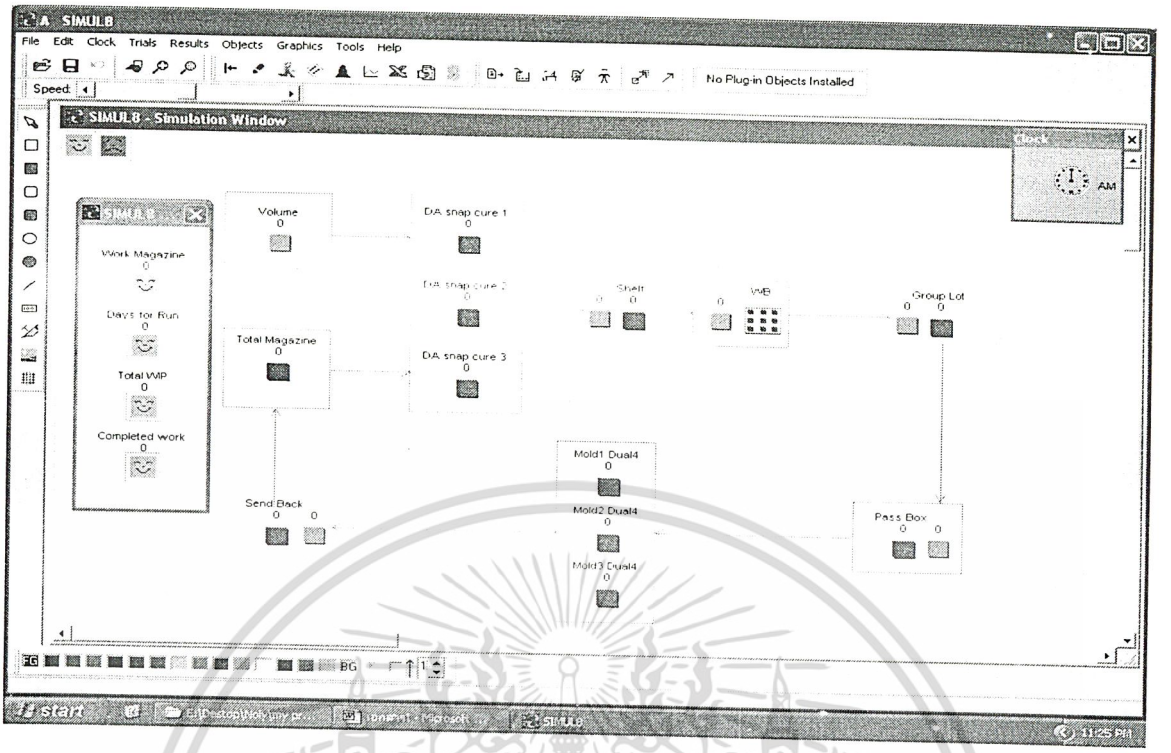


รูปที่ ผก 56 กราฟแท่งแสดงการแจกแจงข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่อง Mold Pro-8 ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ P

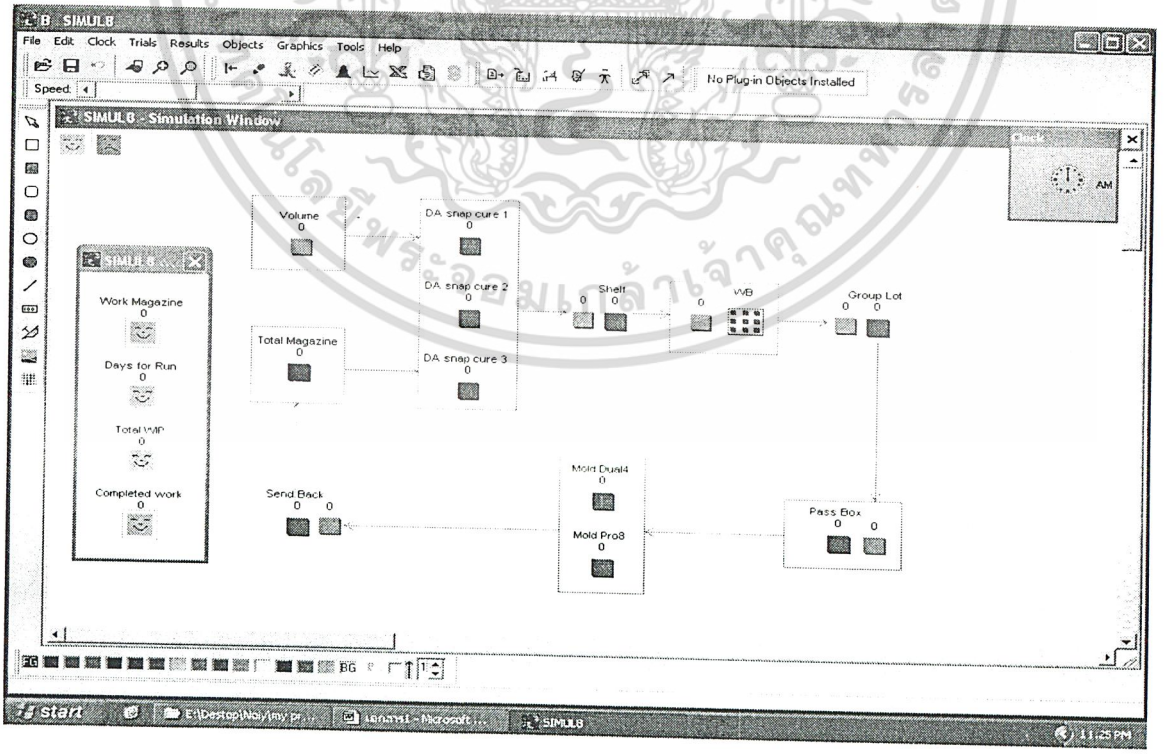
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

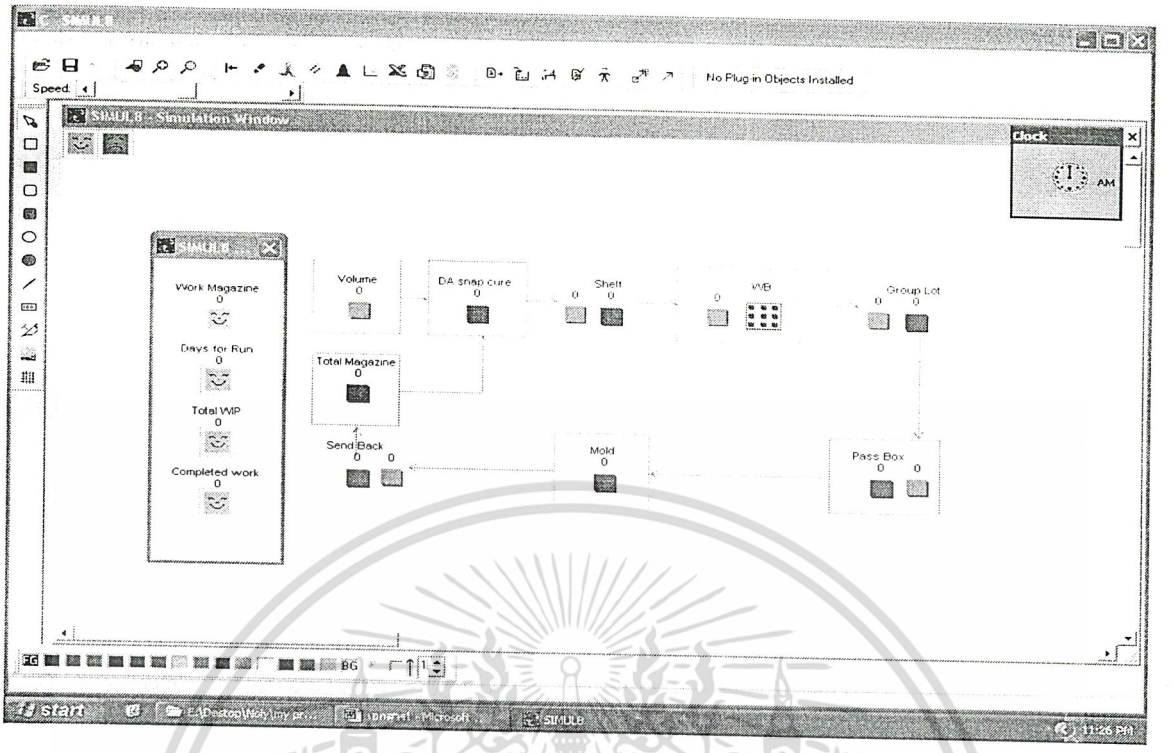


รูปที่ ผข 1 แบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ A

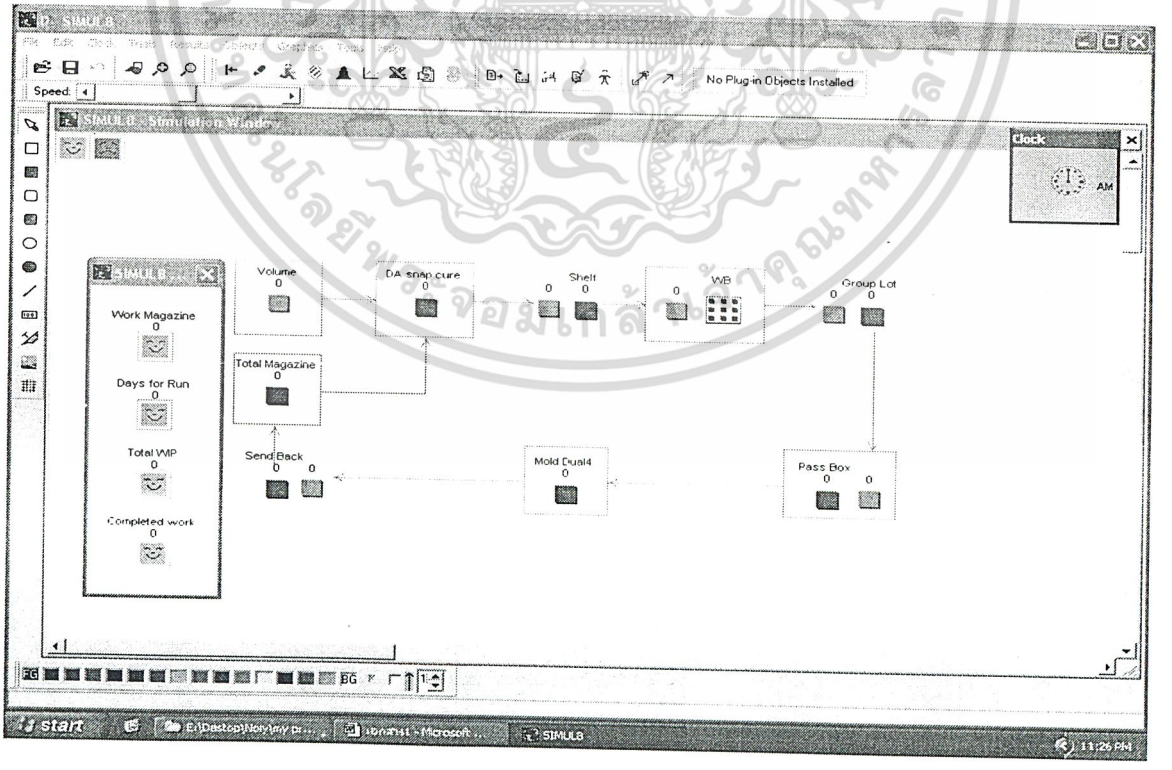


รูปที่ ผข 2 แบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

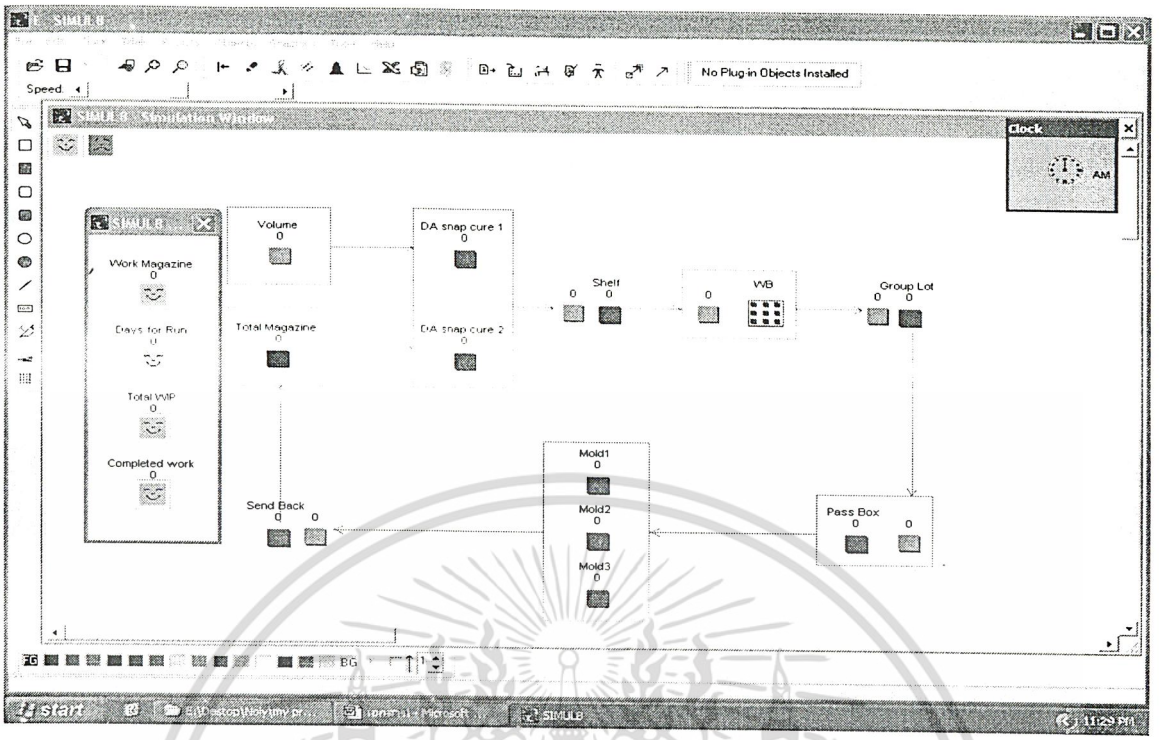


รูปที่ ผข 3 แบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ C

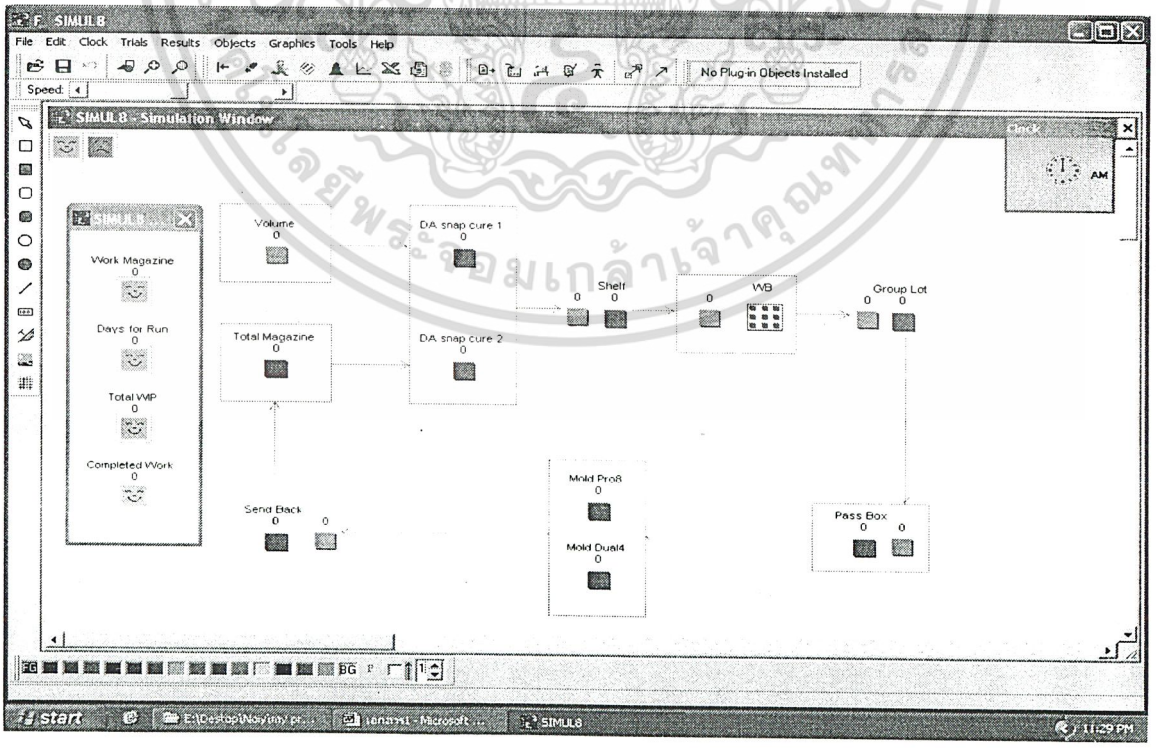


รูปที่ ผข 4 แบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

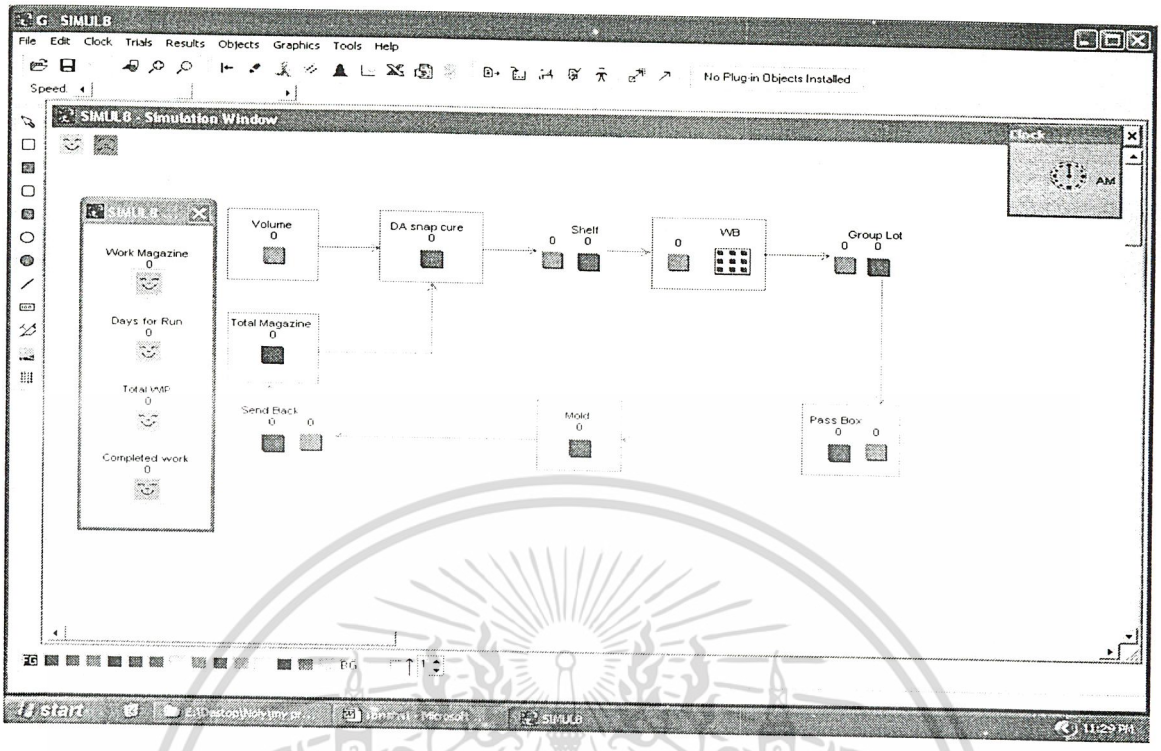


รูปที่ ผข 5 แบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ E

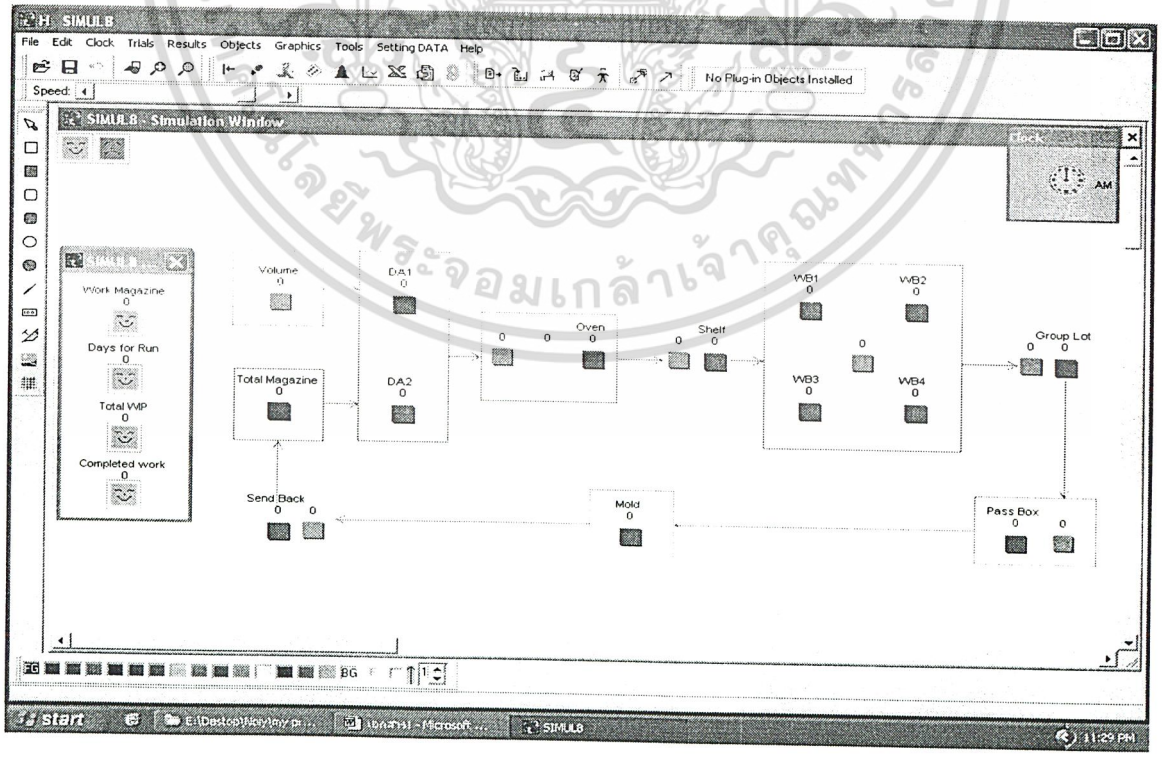


รูปที่ ผข 6 แบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

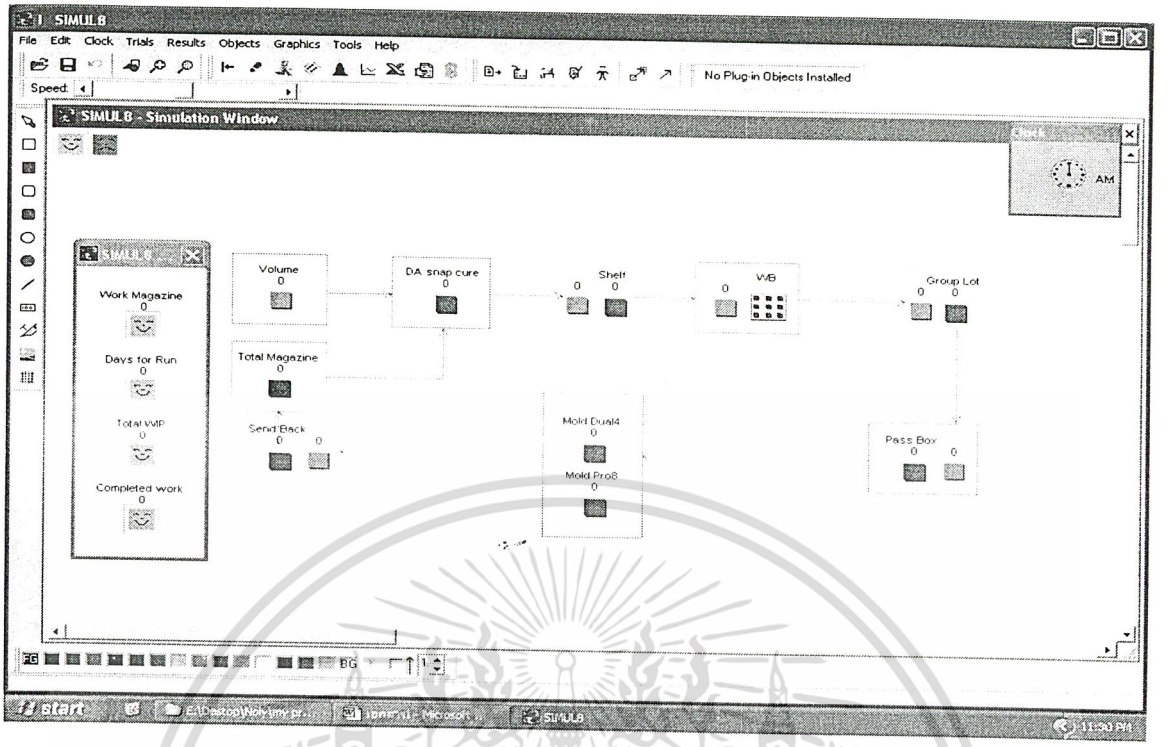


รูปที่ ผข 7 แบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ G

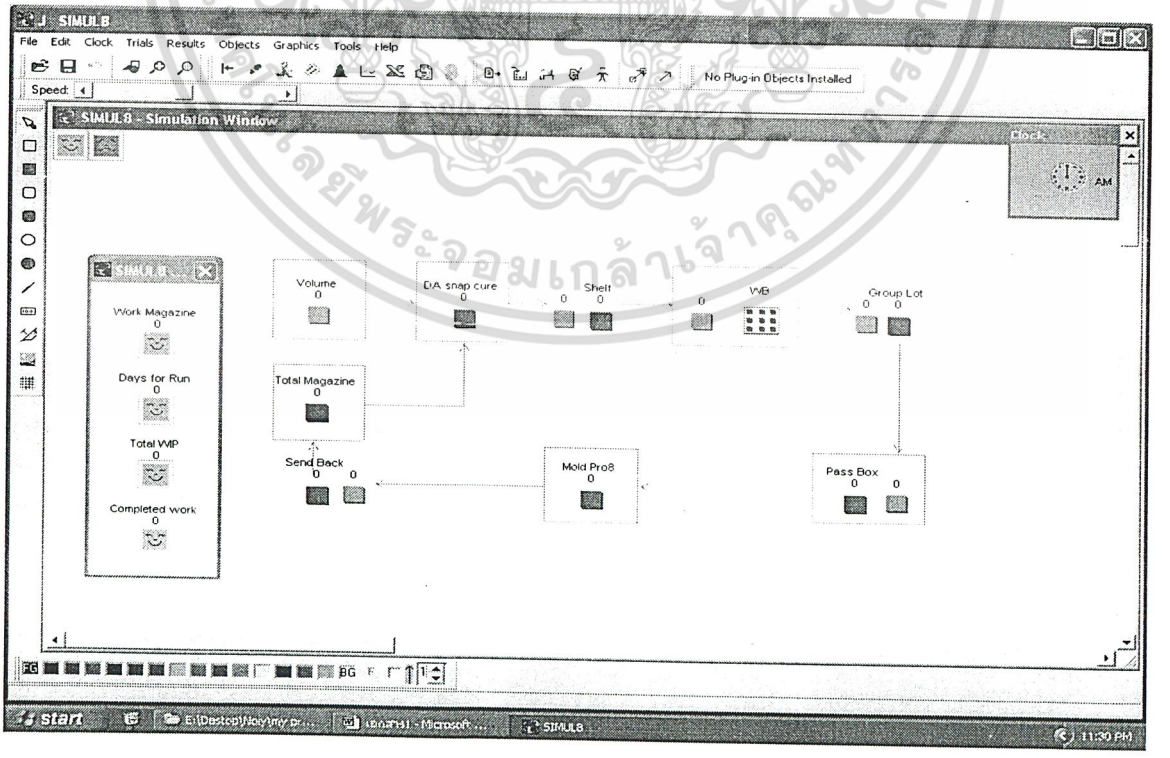


รูปที่ ผข 8 แบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

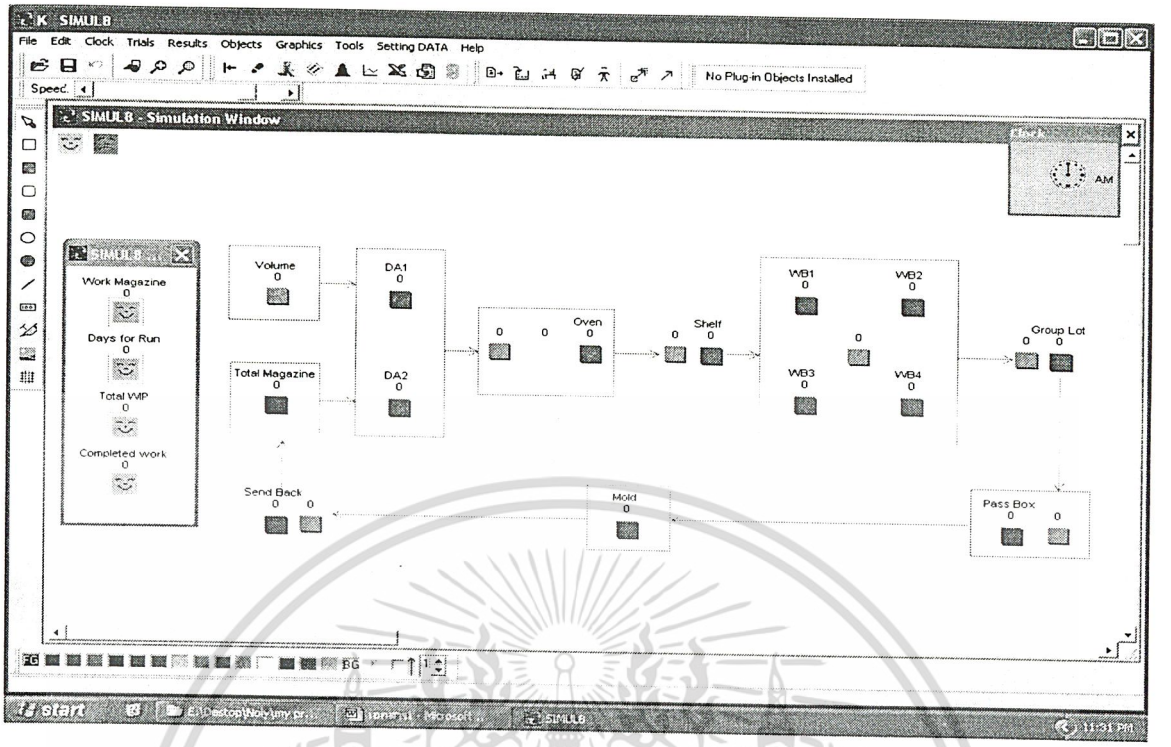


รูปที่ ผข 9 แบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ I

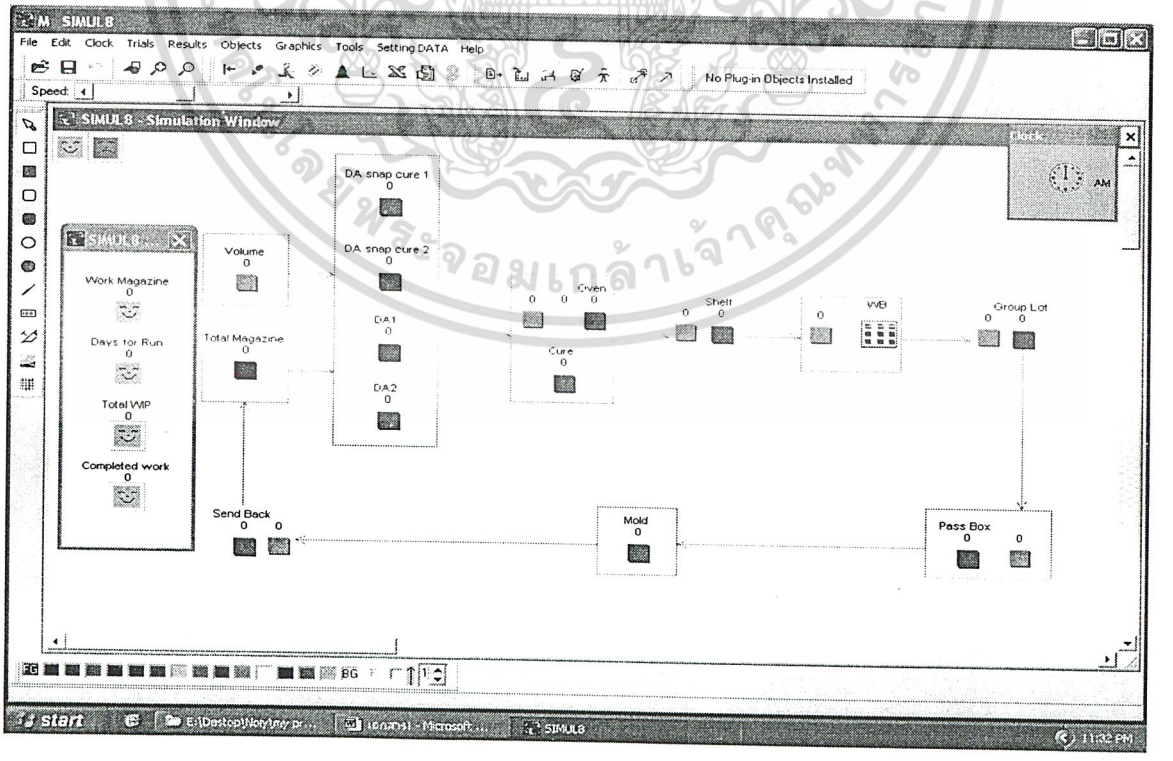


รูปที่ ผข 10 แบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ J

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

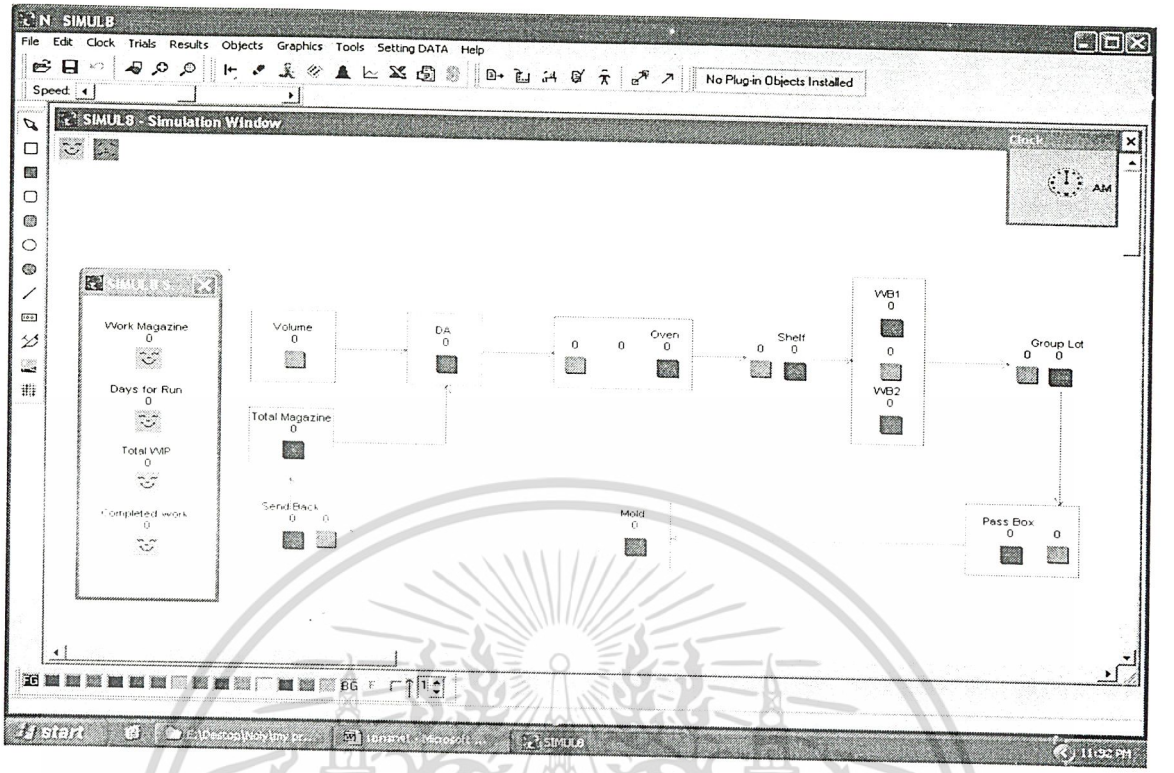


รูปที่ ผข 11 แบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ K

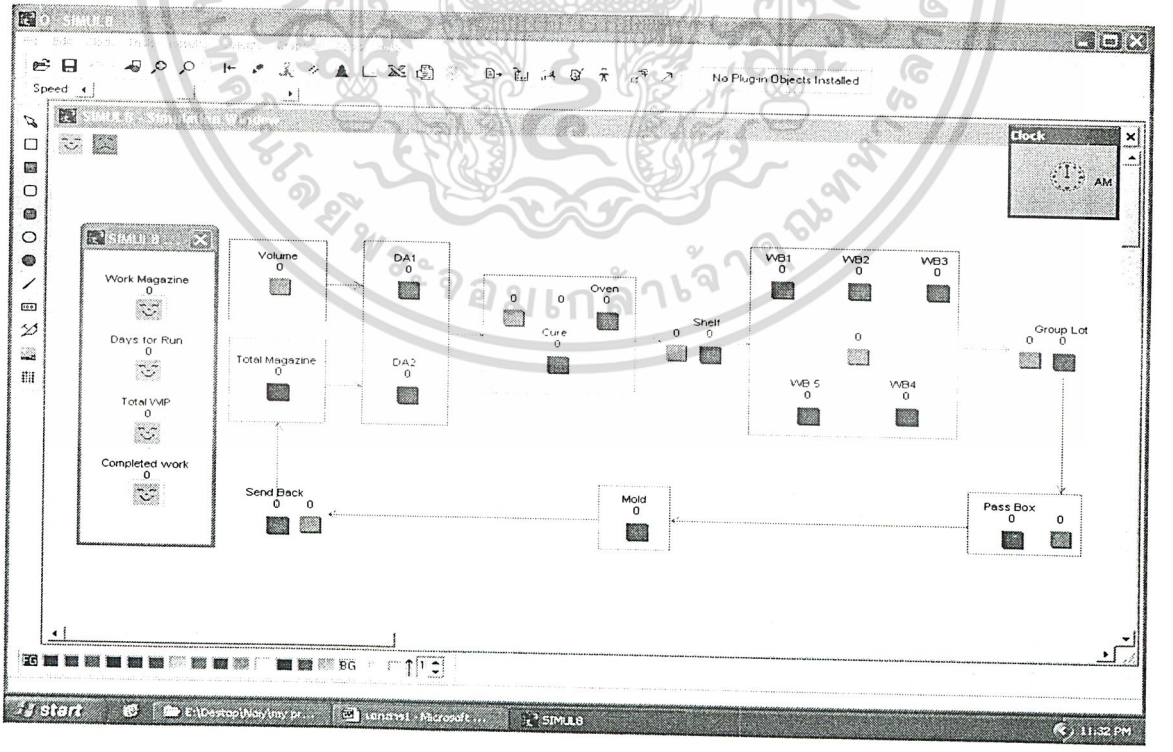


รูปที่ ผข 12 แบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

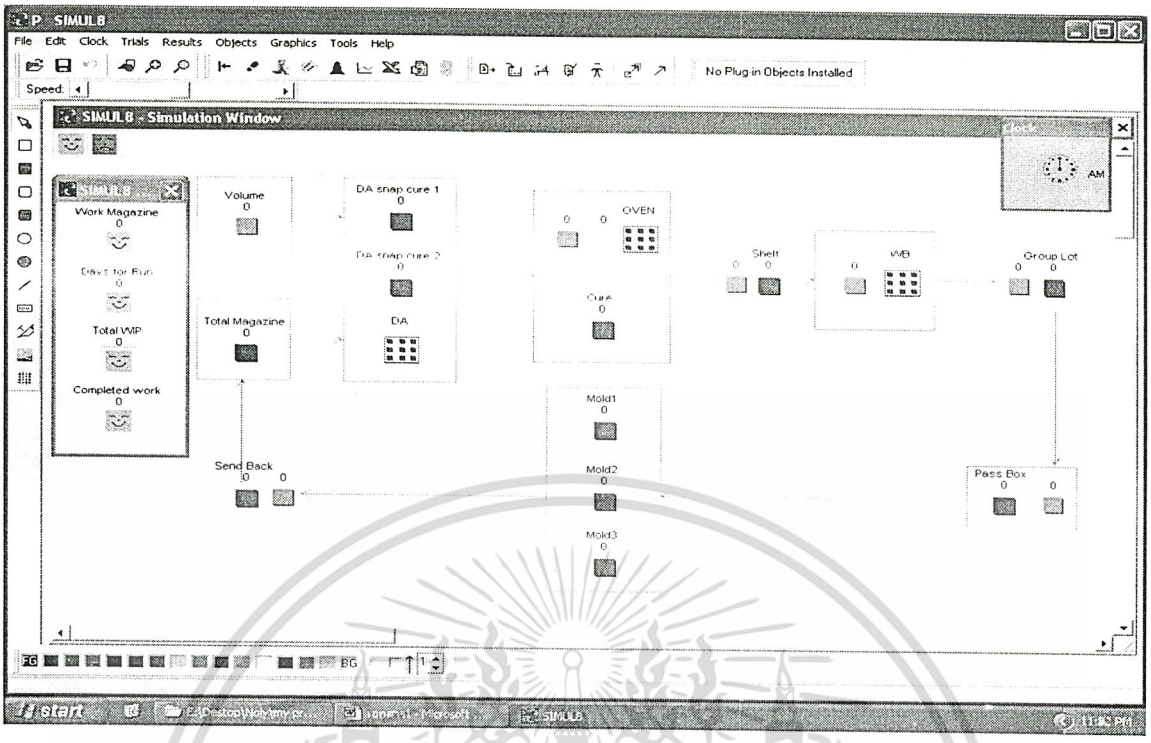


รูปที่ ผข 13 แบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ N



รูปที่ ผข 14 แบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ O

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผข 15 แบบจำลองปัญหาของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้