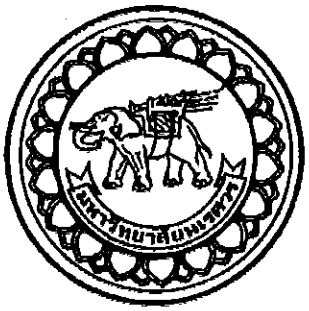


โปรแกรมแบบจำลองช่วยในการหาจำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรอง ในโรงพิมพ์ขนาดเล็ก

A PROGRAM TO SELECT COLOR OFFSET-PRINTING SPARE MACHINE QUANTITY BY SIMULATION

นางสาวกาญจนา พลเดช รหัส 51360684

นายเกรียงไกร รัชตะดำรงค์ รหัส 51363463

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2554

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 10 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 15939628
เลขเรียกหนังสือ ว15.
ว.ก. ส 426 ป
2554

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน โปรแกรมแบบจำลองช่วยในการหาจำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรองในโรงพิมพ์ขนาดเล็ก

ผู้ดำเนินโครงงาน นางสาวกาญจนา พลเดช รหัส 51360684

นายเกรียงไกร รัชตะดำรงค์ รหัส 51363463

ที่ปรึกษาโครงงาน ดร.สุธนิตย์ พุทธพนม

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ปีการศึกษา 2554

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ดร.สุธนิตย์ พุทธพนม)

.....กรรมการ

(ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง)

.....กรรมการ

(อาจารย์ศรีสัจจา วิทยศักดิ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	**โปรแกรมแบบจำลองช่วยในการหาจำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรองในโรงพิมพ์ขนาดเล็ก**
ผู้ดำเนินโครงงาน	**นางสาวกาญจนา พลเดช รหัส 51360684**
	นายเกรียงไกร รัชตะดำรงค์ รหัส 51363463
ที่ปรึกษาโครงงาน	**ดร.สุธนิตย์ พุทธพนม**
สาขาวิชา	**วิศวกรรมอุตสาหการ**
ภาควิชา	**วิศวกรรมอุตสาหการ**
ปีการศึกษา	2554

.....

บทคัดย่อ

เนื่องด้วยซอฟต์แวร์ MATLAB เป็นซอฟต์แวร์ที่มีจุดเด่นในเรื่องของฟังก์ชันสำเร็จรูปจำนวนมากที่ครอบคลุมทฤษฎีทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน และซอฟต์แวร์ MATLAB ยังสามารถใช้งานเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกี่ยวกับทางวิศวกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งรวมการเขียนโปรแกรมและการประมวลผลอยู่ในตัวเดียวกัน

โครงงานนี้ผู้ศึกษาโครงงานได้ทำการศึกษาการเขียนโปรแกรมในซอฟต์แวร์ MATLAB เพื่อเป็นการวัดผลของผู้ศึกษาโครงงานว่าสามารถใช้ประโยชน์และนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาการเขียนโปรแกรมในซอฟต์แวร์ MATLAB ไปใช้แก้ปัญหาเกี่ยวกับวิศวกรรมอุตสาหการ จึงได้ทำการเขียนโปรแกรมแบบจำลองช่วยในการหาเครื่องพิมพ์สีสำรองในโรงพิมพ์ขนาดเล็ก และนำผลที่ได้จากการประมวลผลมาวิเคราะห์ เพื่อพิจารณาว่าการเพิ่มจำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรองและจำนวนหน่วยซ่อมบำรุง ควรมีจำนวนเท่าไรที่ไม่ทำให้ระบบการผลิตหยุดทำงาน และได้นำต้นทุนเครื่องพิมพ์สีและต้นทุนในการจ้างหน่วยซ่อมบำรุงมาวิเคราะห์ด้วย เพื่อหาค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด

จากการวิเคราะห์ผล พบว่าการเพิ่มจำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรองมีผลทำให้ระบบหยุดการผลิตทำงานลดลงมากกว่าการเพิ่มจำนวนหน่วยซ่อมบำรุง ถ้านำต้นทุนมาวิเคราะห์ จะพบว่าการเพิ่มจำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรองจะมีค่าใช้จ่ายมากกว่าการเพิ่มจำนวนหน่วยซ่อมบำรุง แต่ถ้าดูจากผลที่ได้รับระยะยาวการเพิ่มจำนวนหน่วยซ่อมบำรุงก็จะทำให้เสียค่าใช้จ่ายมากกว่าการลงทุนซื้อเครื่องพิมพ์สีสำรองเพิ่มเพราะว่าเครื่องพิมพ์สีมีอายุการใช้งานนานและไม่จำเป็นต้องซื้อบ่อยลงทุนเพียงครั้งเดียว ผลที่ได้จากการวิเคราะห์เป็นการเพิ่มทางเลือกให้กับผู้ประกอบการได้นำไปใช้ในการตัดสินใจ

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงและสมบูรณ์ด้วยความอนุเคราะห์จาก ดร.สุธนิตย์ พุทธพนม ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ได้เสียสละเวลาให้คำปรึกษา ไม่ว่าจะในเรื่องการเขียนผังงาน การหาข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้แล้วยังได้ให้คำปรึกษาการเขียนโปรแกรมด้วย MATLAB ตลอดจนช่วยในการวิเคราะห์ สรุป และตรวจสอบแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นให้ถูกต้องและสมบูรณ์ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง และอาจารย์ศรีสัจจา วิทยศักดิ์ กรรมการการสอบปริญญานิพนธ์ อาจารย์กานต์ ลี่วัฒนายิ่งยง ตรวจรูปแบบของรูปเล่มวิทยานิพนธ์ ตลอดจนครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนวิชาความรู้ ซึ่งเป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัย

สุดท้ายนี้ทางผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่น้อง รวมถึงบรรดาญาติมิตรทุกคนที่คอยช่วยให้กำลังใจ อีกทั้งยังส่งเสริมด้านทุนทรัพย์ ทำให้โครงงานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์ตลอดจนสำเร็จการศึกษา

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นางสาวกาญจนา พลเดช
นายเกรียงไกร รัชตะดำรงค์

มีนาคม 2555

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก

บทคัดย่อ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญรูป ..... ช

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output) 1

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome) 1

1.5 ขอบเขตของโครงงาน 2

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน 2

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน 3

1.8 ขั้นตอนและแผนดำเนินการโครงงาน 3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น 4

2.1 แมทแลบ MATLAB 4

2.1.1 โครงสร้างของโปรแกรม MATLAB 4

2.1.2 การเขียนโปรแกรมในซอฟต์แวร์ MATLAB 5

2.1.3 ประโยชน์ของ MATLAB 6

2.2 การจำลอง (Simulation) 7

2.2.1 ระบบ (System) 8

2.2.2 ระบบย่อย (Subsystem) 8

2.2.3 ตัวแบบจำลอง (Simulation Models) 9

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.4 ประเภทแบบจำลอง 9

2.2.5 ขั้นตอนการจำลอง 10

2.2.6 ข้อดีของการจำลอง 11

2.2.7 ข้อจำกัดของการจำลอง 11

2.3 แถวคอย (Queuing Theory) 12

2.3.1 ลักษณะทั่วไปของระบบคิว 12

2.3.2 ระบบที่มีหน่วยบริการหน่วยเดียว 15

2.3.3 ระบบที่มีหน่วยบริการหลายหน่วยแบบขนานแต่มีแถวคอยเดียว 16

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน 17

3.1 การศึกษาทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้องและการเรียนรู้การเขียนโปรแกรม MATLAB 17

3.2 ศึกษาทำความเข้าใจปัญหา 17

3.3 ทำการเขียนโปรแกรมจำลองปัญหา 17

3.4 ตรวจสอบและปรับปรุงโปรแกรม 18

3.5 ทดลองและวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง 18

3.6 สรุปผลการดำเนินงาน 19

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ 20

4.1 ผังงานแสดงโปรแกรมแบบจำลองช่วยในการหาเครื่องพิมพ์สำรอง 20

4.2 ผลการทดลองชุดที่ 1 23

4.2.1 กรณีที่ 1 ประมวลผลโปรแกรมด้วยค่าต่างๆ 23

4.2.2 กรณีที่ 2 ประมวลผลโปรแกรมด้วยค่าต่างๆ 28

4.2.3 กรณีที่ 3 ประมวลผลโปรแกรมด้วยค่าต่างๆ 33

4.3 ผลการทดลองชุดที่ 2 38

4.4 ผลการทดลองชุดที่ 3 41

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4.1 จำนวนสายการพิมพ์ 2 สาย 41
4.4.2 จำนวนสายการพิมพ์ 3 สาย 43
4.4.3 จำนวนสายการพิมพ์ 4 สาย 44

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 47
5.1 สรุปผล 47
5.2 ปัญหาในการดำเนินโครงงาน 47
5.2 ข้อเสนอแนะ 48

เอกสารอ้างอิง 49
ภาคผนวก ก 50
ประวัติผู้เขียน 83

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 3

4.1 แสดงค่าของตัวแปรที่ใช้ในการจำลอง กรณีที่ 1 23

4.2 แสดงช่วงเวลาเฉลี่ยของเวลารอเข้าซ่อมและช่วงเวลาเฉลี่ยของการหยุดทำงาน กรณีที่ 1 24

4.3 แสดงค่าของตัวแปรที่ใช้ในการจำลอง กรณีที่ 2 28

4.4 แสดงช่วงเวลาเฉลี่ยของเวลารอเข้าซ่อมและช่วงเวลาเฉลี่ยของการหยุดทำงาน กรณีที่ 2 29

4.5 แสดงค่าของตัวแปรที่ใช้ในการจำลอง กรณีที่ 3 33

4.6 แสดงช่วงเวลาเฉลี่ยของเวลารอเข้าซ่อมและช่วงเวลาเฉลี่ยของการหยุดทำงาน กรณีที่ 3 35

4.7 แสดงค่าเฉลี่ยเวลารอการซ่อมบำรุงและการหยุดงานของสายการผลิตการทดลองชุดที่ 2 กรณีที่ 1 39

4.8 แสดงค่าเฉลี่ยของเวลาการซ่อมบำรุงและการหยุดงานของ 2 สายการผลิต 41

4.9 แสดงค่าเฉลี่ยของเวลาการซ่อมบำรุงและการหยุดงานของ 3 สายการผลิต 43

4.10 แสดงค่าเฉลี่ยของเวลาการซ่อมบำรุงและการหยุดงานของ 4 สายการผลิต 44

ก.1 แสดงค่าของตัวแปรที่ใช้ในการจำลอง 51

ก.2 แสดงค่าของตัวแปรที่ใช้ในการจำลอง 53

ก.3 แสดงค่าของตัวแปรที่ใช้ในการจำลอง 55

ก.4 แสดงค่าของตัวแปรที่ใช้ในการจำลอง 57

ก.5 แสดงค่าของตัวแปรที่ใช้ในการจำลอง 59

ก.6 แสดงค่าของตัวแปรที่ใช้ในการจำลอง 61

ก.7 แสดงค่าของตัวแปรที่ใช้ในการจำลอง 63

ก.8 แสดงค่าของตัวแปรที่ใช้ในการจำลอง 65

ก.9 แสดงค่าของตัวแปรที่ใช้ในการจำลอง 67

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 แสดงการดำเนินงานซ่อมบำรุงเครื่องจักร 2

2.1 ระบบการบริการที่มีหน่วยบริการหน่วยเดียว 16

2.2 ระบบที่มีหน่วยบริการหลายหน่วยแบบขนานแต่มีแถวคอยเดียว 16

4.1 แผนผังแสดงการเขียนโปรแกรมแบบจำลอง 20

4.2 กราฟแสดงอายุการใช้งานของเครื่องพิมพ์และช่วงเวลาในการซ่อมบำรุง กรณีที่ 1 23

4.3 กราฟแสดงสถานการณ์ทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ กรณีที่ 1 การทดลองลำดับที่ 1 ... 24

4.4 กราฟแสดงอายุการใช้งานของเครื่องพิมพ์และช่วงเวลาในการซ่อมบำรุง กรณีที่ 2 28

4.5 กราฟแสดงสถานการณ์ทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ กรณีที่ 2 การทดลองลำดับที่ 1 ... 29

4.6 กราฟแสดงอายุการใช้งานของเครื่องพิมพ์และช่วงเวลาในการซ่อมบำรุงกรณีที่ 3 34

4.7 กราฟแสดงสถานการณ์ทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ กรณีที่ 3 การทดลองลำดับที่ 1 ... 34

ก.1 กราฟแสดงอายุการใช้งานของเครื่องพิมพ์และช่วงเวลาในการซ่อมบำรุง กรณีที่ 1 51

ก.2 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ กรณีที่ 1 52

ก.3 กราฟแสดงอายุการใช้งานของเครื่องพิมพ์และช่วงเวลาในการซ่อมบำรุง กรณีที่ 2 53

ก.4 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ กรณีที่ 2 54

ก.5 กราฟแสดงอายุการใช้งานของเครื่องพิมพ์และช่วงเวลาในการซ่อมบำรุง กรณีที่ 3 55

ก.6 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ กรณีที่ 3 56

ก.7 กราฟแสดงอายุการใช้งานของเครื่องพิมพ์และช่วงเวลาในการซ่อมบำรุง กรณีที่ 1 57

ก.8 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ กรณีที่ 1 58

ก.9 กราฟแสดงอายุการใช้งานของเครื่องพิมพ์และช่วงเวลาในการซ่อมบำรุง กรณีที่ 2 59

ก.10 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ กรณีที่ 2 60

ก.11 กราฟแสดงอายุการใช้งานของเครื่องพิมพ์และช่วงเวลาในการซ่อมบำรุง กรณีที่ 3 61

ก.12 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ กรณีที่ 3 62

ก.13 กราฟแสดงอายุการใช้งานของเครื่องพิมพ์และช่วงเวลาในการซ่อมบำรุง กรณีที่ 1 63

ก.14 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ กรณีที่ 1 64

ก.15 กราฟแสดงอายุการใช้งานของเครื่องพิมพ์และช่วงเวลาในการซ่อมบำรุง กรณีที่ 2 65

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

ก.16 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ กรณีที่ 2 66

ก.17 กราฟแสดงอายุการใช้งานของเครื่องพิมพ์และช่วงเวลาในการซ่อมบำรุง กรณีที่ 3 67

ก.18 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ กรณีที่ 3 68

ก.19 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ การทดลองชุดที่ 2 กรณีที่ 1 69

ก.20 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ การทดลองชุดที่ 2 กรณีที่ 2 70

ก.21 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ การทดลองชุดที่ 2 กรณีที่ 3 71

ก.22 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ การทดลองชุดที่ 2 กรณีที่ 4 72

ก.23 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ การทดลองชุดที่ 2 กรณีที่ 5 73

ก.24 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ สายการผลิต 2 สาย กรณีที่ 1 74

ก.25 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ สายการผลิต 2 สาย กรณีที่ 2 75

ก.26 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ สายการผลิต 2 สาย กรณีที่ 3 76

ก.27 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ สายการผลิต 3 สาย กรณีที่ 1 77

ก.28 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ สายการผลิต 3 สาย กรณีที่ 2 78

ก.29 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ สายการผลิต 3 สาย กรณีที่ 3 79

ก.30 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ สายการผลิต 4 สาย กรณีที่ 1 80

ก.31 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ สายการผลิต 4 สาย กรณีที่ 2 81

ก.32 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ สายการผลิต 4 สาย กรณีที่ 3 82

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ปัญหาที่พบในระบบงานอุตสาหกรรมการผลิต หรือการบริการ มักจะเป็นปัญหาที่ต้องใช้การวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหา บางครั้งต้องอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาช่วยในการแก้ปัญหา แต่หลายๆ ครั้งโจทย์ปัญหาบางโจทย์ไม่สามารถแก้ได้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นการเขียนโปรแกรม Computer จึงถูกนำมาช่วยในการแก้โจทย์นั้นๆ ซึ่งในปัจจุบันมีซอฟต์แวร์ที่สามารถใช้งานในการเขียนโปรแกรมได้และซอฟต์แวร์ที่เป็นที่นิยมหนึ่งในนั้นคือ ซอฟต์แวร์ MATLAB เป็นซอฟต์แวร์สมรรถนะสูงเพื่อควบคุมทางเทคนิค ซอฟต์แวร์นี้ได้รวมการเขียนโปรแกรมและการแสดงผลรวมกันในตัวเดียวได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการเขียนโปรแกรมใน MATLAB สามารถเขียนโปรแกรมได้ง่ายกว่า ภาษา JAVA, C++ อีกทั้ง ซอฟต์แวร์ MATLAB ยังมีฟังก์ชันสำเร็จรูปที่อยู่ในลักษณะที่ง่ายต่อการใช้งาน ดังนั้นผู้ศึกษาโครงงานจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการเขียนโปรมแกรมในซอฟต์แวร์ MATLAB เพื่อเป็นการวัดผลว่าผู้ศึกษาโครงงานสามารถใช้ประโยชน์ และนำความรู้ในการเขียนโปรแกรมไปใช้ในงานเกี่ยวกับทางวิศวกรรมอุตสาหการได้ จึงเลือกที่จะเขียนโปรแกรมจำลองปัญหาช่วยในการหาจำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรองในโรงพิมพ์ขนาดเล็ก

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 ศึกษาการเขียนโปรแกรมในซอฟต์แวร์ MATLAB

1.2.2 ศึกษาการสร้างแบบจำลอง

1.2.3 สร้างโปรแกรมแบบจำลองช่วยในการหาจำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรองในโรงพิมพ์ขนาดเล็ก

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

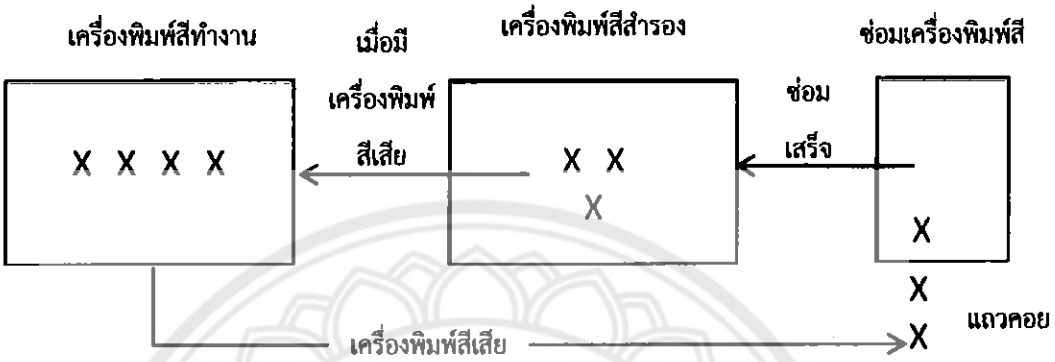
โปรแกรมแบบจำลองช่วยในการกำหนดจำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรอง

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

นำความรู้ที่ได้จากการเขียนโปรแกรมไปใช้ในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมอุตสาหการ

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน

ระบบผลิตใช้เครื่องพิมพ์สีทำงาน 4n เครื่อง และมีเครื่องพิมพ์สีสำรองสำหรับใช้แทนเครื่องพิมพ์สีที่เสีย s เครื่อง โดยที่เครื่องพิมพ์สีเป็นเครื่องพิมพ์สีชนิดเดียวกันทั้งหมด และเมื่อเครื่องพิมพ์สีทำงานตัวใดเสีย จะส่งเข้าซ่อมและนำเครื่องพิมพ์สีสำรองมาใช้แทนทันที



รูปที่ 1.1 แสดงการดำเนินงานซ่อมบำรุงเครื่องจักร

ที่มา : ร.อ.มานพ วราศักดิ์ การจำลองเบื้องต้น (การจำลองเบื้องต้น)

ข้อตกลงเบื้องต้น ก. โรงพิมพ์เป็นโรงพิมพ์ขนาดเล็ก มี 4 สายการผลิต แต่ละสายการผลิตมีเครื่องพิมพ์สี 4 เครื่อง

ข. อายุการใช้งานของเครื่องพิมพ์สีเป็นเพียงช่วงเวลาที่เริ่มใช้ จนถึงเครื่องพิมพ์สีที่ซ่อมเสร็จ

ค. เครื่องพิมพ์แต่ละเครื่องจะไม่มีการพังแบบซ่อมไม่ได้ และเครื่องพิมพ์สีลำดับต้นๆจะถูกใช้งานมากกว่า

ง. จะใช้เฉพาะเครื่องพิมพ์สีสำรองไปแทนเครื่องพิมพ์สีที่เสียเท่านั้น จะไม่เอาเครื่องพิมพ์สีที่ทำงานมาแทน

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

เดือนมิถุนายน ปี 2554 ถึง เดือนมกราคม ปี 2555

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

การดำเนินโครงงาน	ช่วงเวลา							
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.
1.8.1 ศึกษาทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้องและเรียนรู้การเขียนโปรแกรม MATLAB	←	—	—	→				
1.8.2 ศึกษาทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา				↔				
1.8.3 ออกแบบ Flow chart และ Algorithm				←	↔			
1.8.4 เขียนโปรแกรมจำลองปัญหา					←	↔		
1.8.5 ตรวจสอบและปรับปรุงโปรแกรม						↔		
1.8.6 วิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม						←	↔	
1.8.7 สรุปผลการดำเนินโครงงาน							↔	
1.8.8 จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์								↔

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

ในการดำเนินการโครงงานเรื่องการสร้างโปรแกรมแบบจำลองช่วยในการหาจำนวนเครื่องจักรสำรองในระบบการผลิต หลักการและทฤษฎีที่นำมาใช้ ดังต่อไปนี้

2.1 MATLAB

MATLAB เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ชั้นสูง (High-level Language) สำหรับการคำนวณทางเทคนิค ที่ประกอบด้วยการคำนวณเชิงตัวเลข กราฟิกที่ซับซ้อน และการจำลองแบบเพื่อให้มองเห็นภาพได้ง่าย และชัดเจนชื่อของ MATLAB ย่อมาจาก Matrix Laboratory เดิมซอฟต์แวร์ MATLAB ได้เขียนขึ้นเพื่อใช้ในการคำนวณทาง matrix และซอฟต์แวร์ MATLAB ได้พัฒนามาด้วยการแก้ปัญหาที่ส่งมาจากหลายๆ ผู้ใช้เป็นระยะเวลาหลายปีจึงทำให้ซอฟต์แวร์ MATLAB มีฟังก์ชันต่างๆ ให้เลือกใช้มากมาย นอกจากนี้ จุดเด่นของซอฟต์แวร์ MATLAB คือการที่มีชุดคำสั่งจำนวนมากสำหรับใช้ในการประมวลผลข้อมูลที่ครอบคลุมทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ทั้งที่เป็นพื้นฐานและที่สำคัญเราสามารถใช้งานโปรแกรมในการแก้ปัญหาต่างๆ ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูงซอฟต์แวร์ MATLAB ยังได้พัฒนาระบบที่ทำให้การเขียนโปรแกรมง่ายขึ้นตามที่ผู้ใช้งานต้องการและแสดงผลออกมาเป็นรูปแบบต่างๆ ได้คือการเพิ่มส่วนของการทำงานแบบพิเศษหรือกล่องเครื่องมือที่ใช้ในการหาคำตอบซึ่งจะถูกเรียกว่า Toolbox ที่เหมาะสมกับงานในแต่ละสาขา คุณสมบัติเหล่านี้ทำให้ปัจจุบันได้มีการนำซอฟต์แวร์ MATLAB มาใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนการสอนหรือนำไปประยุกต์ใช้กับงานทางด้านอุตสาหกรรม และงานวิจัยกันอย่างแพร่หลาย

2.1.1 โครงสร้างของซอฟต์แวร์MATLAB

โครงสร้างของซอฟต์แวร์ MATLAB ประกอบด้วย 5 ส่วนใหญ่ๆ ดังนี้

2.1.1.1 ภาษาโปรแกรม MATLAB

MATLAB เป็นซอฟต์แวร์ภาษาชั้นสูงที่ใช้ควบคุม Flow Statement ฟังก์ชัน โครงสร้างข้อมูล input/output และลักษณะโปรแกรม Object - Oriented Programming ทำให้การเขียนโปรแกรมไม่ยุ่งยากเมื่อเทียบกับการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาอื่นๆ เช่น C++, Fortran,

Basic, Java เป็นต้น

2.1.1.2 สถาปัตยกรรมในการทำงานของ MATLAB

ซอฟต์แวร์ MATLAB จะมีกลุ่มของเครื่องมือที่เป็นประโยชน์สำหรับการทำงานของผู้ใช้ซอฟต์แวร์ คือการจัดการตัวแปรและเครื่องมือต่างๆ เพื่อใช้สำหรับพัฒนา จัดการตรวจสอบความผิดพลาดของโปรแกรมที่เขียนขึ้น

2.1.1.3 ฟังก์ชันในการคำนวณทางคณิตศาสตร์

ซอฟต์แวร์ MATLAB จะมีไลบรารีทั่วไปที่ใช้ในการคำนวณทางคณิตศาสตร์อย่างกว้างขวาง โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นฟังก์ชันในการวิเคราะห์ข้อมูลหาความน่าจะเป็น และการแก้ปัญหาของระบบต่างๆ ได้

2.1.1.4 Handle Graphics

ระบบกราฟิกของซอฟต์แวร์ MATLAB จะประกอบด้วยส่วนคำสั่งสูงสำหรับการสร้างกราฟโดยมีพื้นฐานอยู่บนแนวความคิดที่เป็นวัตถุ ซึ่งสามารถจะแสดงได้เป็นสองมิติ ภาพสามมิติ และการสร้างภาพเคลื่อนไหว

2.1.1.5 The MATLAB Application Program Interface (API)

จะมีการใช้โปรแกรมที่เป็น mex ไฟล์ซึ่งเป็นไฟล์ที่เขียนขึ้นโดยใช้ mex ฟังก์ชันในซอฟต์แวร์ MATLAB หรืออาจจะกล่าวได้ว่า API เป็นไลบรารีที่เขียนด้วยโปรแกรมภาษา C และ Fortran ที่มีการเชื่อมต่อกับโปรแกรม MATLAB ด้วยไฟล์ที่เป็น mex ฟังก์ชัน โปรแกรม MATLAB มีการใช้อย่างกว้างขวาง นอกจากนี้ยังได้รับความนิยมมากขึ้นในภาคอุตสาหกรรม

2.1.2 การเขียนโปรแกรมในซอฟต์แวร์ MATLAB

การทำงานปกตินั้นผู้ใช้งานซอฟต์แวร์ MATLAB สามารถทำการพิมพ์คำสั่งลงไปในหน้าต่างคำสั่งแล้วดูผลการคำนวณที่เกิดขึ้นได้อย่างทันทีทันใด อย่างไรก็ตาม ขั้นตอนการคำนวณบางอย่างก็จะเป็นใช้ชุดคำสั่งซ้ำๆ จึงทำให้ผู้ใช้ไม่สะดวกนักที่จะให้ผู้ใช้แก้ไขตัวแปรบางตัวแล้วพิมพ์คำสั่งใหม่ทุกครั้ง ดังนั้นโปรแกรม MATLAB จึงถูกออกแบบมาให้ผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรมที่ประกอบด้วยชุดคำสั่งของ MATLAB ขึ้นมาเองได้ ซึ่งการเรียกใช้โปรแกรมที่ผู้ใช้เขียนขึ้นเอง จะต้องการเปิด MATLAB ขึ้นมาก่อนและเรียกใช้โปรแกรมโดยเรียกผ่าน MATLAB เท่านั้น สำหรับการเขียนโปรแกรมใน MATLAB นั้นแบ่งออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

2.1.2.1 การเขียนสคริปต์

การเขียนสคริปต์ คือการรวมเอาคำสั่งต่างๆ ของ MATLAB ที่เกี่ยวข้องกับงานหรือการคำนวณนั้นๆ ไว้ในไฟล์ที่มีนามสกุล .m หรือที่เรียกว่า M-file ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้สามารถใช้งาน MATLAB ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากผู้ใช้ไม่ต้องป้อนคำสั่งทีละคำสั่ง ยังสามารถแก้ไขตัวแปรใน M-file และสามารถสั่งให้ให้โปรแกรมทำงานใหม่หลังจากแก้ไขได้ง่ายการเขียนโปรแกรมที่เป็นสคริปต์หรือชุดคำสั่งใน MATLAB สามารถทำได้โดยไปที่ File > New > M-file หลังจากนั้น โปรแกรม MATLAB จะเรียกหน้าต่างสำหรับสร้างและแก้ไขโปรแกรมออกมา เมื่อผู้ใช้ได้ทำการเขียนโปรแกรมและบันทึกชื่อไฟล์เรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้จะสามารถสั่งให้ MATLAB ทำงานตามสคริปต์ดังกล่าวได้โดย การกด F5 หรือกลับไปที่หน้าต่างคำสั่งของ MATLAB แล้วพิมพ์ชื่อไฟล์สคริปต์นั้นๆ โปรแกรม MATLAB ก็จะทำงานตามคำสั่งที่อยู่ในสคริปต์นั้นโดยไม่ต้องมีการคอมไพล์โปรแกรม นองจากนั้น M-file ที่ผู้ใช้เขียนขึ้นเองนั้นสามารถอ้างอิงหรือเรียกใช้ M-file อื่นๆ ได้อีก

2.1.2.2 การเขียนฟังก์ชัน

สมมุติว่า หากผู้ใช้ต้องการฟังก์ชันที่ใช้คำนวณค่า sin ของมุมที่มีหน่วยเป็นองศา ซึ่งโปรแกรม MATLAB ก็มีฟังก์ชันที่ใช้คำนวณเช่นกัน แต่ค่ามุมจะต้องเป็นหน่วยเรเดียน โปรแกรม MARLAB ก็อนุญาตให้ผู้ใช้เขียนฟังก์ชันการคำนวณขึ้นมาใช้เองได้ และเช่นเดียวกันกับการเขียนสคริปต์หรือชุดคำสั่ง ไฟล์ที่ใช้เก็บฟังก์ชันที่ผู้ใช้เขียนขึ้นมาเองนั้นจะต้องมีนามสกุล .m และชื่อไฟล์จะต้องตรงเป็นชื่อเดียวกับชื่อของฟังก์ชันเท่านั้น จุดแตกต่างระหว่างการเขียนฟังก์ชันและการเขียนสคริปต์ คือการเขียนฟังก์ชันนั้นบรรทัดแรกจะต้องวางคำว่า Function ไว้หน้าชื่อฟังก์ชัน โดยให้อยู่ในรูป “function y= ชื่อฟังก์ชัน” ซึ่งทุกครั้งที่เรียกใช้ฟังก์ชัน ในโปรแกรม MATLAB ฟังก์ชันจะคือค่า sin ของมุมที่อยู่ในหน่วยองศาเสมอ นอกจากนั้นสังเกตว่า เราสามารถใช้เวกเตอร์และเมตริกซ์เป็น argument ของฟังก์ชันได้เช่นกัน

2.1.3 ประโยชน์ของ MATLAB

2.1.3.1 MATLAB เป็นโปรแกรมที่รองรับ

ก. เชิงตัวเลข (Numeric) เราสามารถใช้เป็นเครื่องคำนวณธรรมดา หรือใช้งานทางฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ชั้นสูงได้

ข. เชิงสัญลักษณ์ (Symbolic) เราสามารถคำนวณในเชิงตัวแปรได้ เช่น การอินทิเกรตหรือการแก้สมการต่างๆแบบติดตัวแปร

2.1.3.2 MATLAB สามารถเขียนโปรแกรมได้

ก. สามารถเขียนได้ทั้งแบบ Script ซึ่งทำงานในลักษณะชุดคำสั่งต่อเนื่อง หรือเขียนเป็น Function เพื่อใช้งาน

ข. สามารถใช้งานได้ทั้งแบบ Interpret หรือ Compile โดยที่เราสามารถ Compile โปรแกรม MATLAB ออกมาได้หลายหลายชนิดทั้งแบบ Standalone หรือ Library เช่น .exe หรือ .dll เป็นต้น

ค. รองรับการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุทั้งคลาสของ MATLAB เอง หรือ คลาสของภาษาอื่น เช่น JAVA หรือ .NET

ง. สามารถ Debug โปรแกรมได้ และในส่วนการติดต่อกับภาษาอื่นๆสามารถ Compile ไปเพื่อทำการ Debug ในโปรแกรมอื่น เช่น Visual Studio ได้ด้วย

2.1.3.3 MATLAB สามารถติดต่อหรือใช้งานร่วมกับโปรแกรมภาษาฮาร์ดแวร์ หรือแฟ้มข้อมูลต่างๆได้

ก. สามารถเชื่อมต่อกับภาษา หรือโปรแกรมอื่นๆได้ เช่น JAVA, C/C++, .NET, MS Excel โดยเราอาจให้โปรแกรมหลักเขียนโดย MATLAB แล้วเรียกใช้งานภาษาอื่น หรือให้ภาษาอื่นเป็นโปแกรมหลักแล้วเรียกใช้งาน MATLAB ได้

ข. สามารถอ่านหรือเขียนแฟ้มข้อมูลสื่อสารแบบมาตรฐานได้ เช่น ข้อความ รูปภาพ เสียง วิดีโอ เป็นต้น

ค. สามารถติดต่อกับฮาร์ดแวร์ กล้องวิดีโอ บอร์ด DSP ได้

2.2 การจำลอง (Simulation)

เป็นวิธีการหนึ่งซึ่งใช้ในกระบวนการในการแก้ปัญหาในด้านต่างๆโดยสามารถให้คำจำกัดความได้ว่ากระบวนการออกแบบแบบจำลอง (Model) ของระบบงานจริง (Real system) แล้วดำเนินการใช้แบบจำลองนั้นเพื่อการเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้ กระบวนการจำลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือการสร้างแบบจำลองและการนำแบบจำลองไปใช้งานในเชิงวิเคราะห์กลไกของวิธีการแบบจำลองอาจจะอยู่ในรูประบบหรือแนวความคิดโดยไม่จำเป็นต้องเหมือนกับระบบงานจริง แต่ต้องสามารถช่วยให้เข้าใจในระบบงานจริงเพื่อเป็นประโยชน์ในการอธิบายพฤติกรรมและปรับปรุงการดำเนินงานของระบบจริง

การจำลองด้วยคอมพิวเตอร์เป็นการศึกษาถึงปัญหาของระบบงานด้วยแบบจำลองที่อยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นประเภทของแบบจำลองเป็นที่นิยมใช้มากที่สุดเพราะสามารถใช้ได้กับปัญหาของระบบงานหลากหลายประเภทโดยในการทำงานจะเกี่ยวข้องกับการคำนวณข้อมูลต่างๆซึ่งในการจัดเตรียมและการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้วิธีการทางสถิติ

2.2.1 ระบบ (System)

สิ่งที่ประกอบด้วยทรัพยากรต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน และปฏิบัติงานให้บรรลุตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ซึ่งอาจจะเป็น คน เครื่องจักร วัตถุดิบ เงิน ฯลฯ หรือเรียกว่า "องค์ประกอบ" (Components) ตัวอย่างเช่น ระบบการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ จะต้องมีเครื่องจักร วัตถุดิบ คนงาน ฯลฯ เป็นองค์ประกอบ แล้วองค์ประกอบเหล่านี้มีการปฏิบัติงานที่สืบเนื่องกัน โดยที่มีวัตถุประสงค์คือผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ให้ได้ตามที่ต้องการ แต่การดำเนินงานขององค์ประกอบภายในระบบ อาจจะเกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมภายนอกระบบด้วย เช่น ความต้องการของลูกค้า ซึ่งมีผลกระทบต่อการดำเนินการผลิต ดังนั้น การจำลองระบบ เราต้องรู้ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบภายในและสิ่งแวดล้อมภายนอกด้วย

2.2.2 ระบบย่อย (Subsystem)

ส่วนหนึ่งขององค์ประกอบของระบบ อาจเป็นส่วนอิสระต่อกันหรือเชื่อมโยงกันกับส่วนอื่นของระบบก็ได้ เช่น ห้างสรรพสินค้า ถ้าศึกษาเฉพาะเรื่องจำนวนพนักงานเคาน์เตอร์เก็บเงิน ระบบงานที่ศึกษาก็เป็นเพียงระบบย่อยของระบบงานทั้งหมดของห้างสรรพสินค้า ดังนั้น อะไรคือระบบย่อย จึงแล้วแต่ประเด็นที่จะศึกษา และการดำเนินการของระบบเป็นสิ่งที่เกิดจากความสัมพันธ์ภายในระหว่างระบบย่อยด้วยกันและอาจมีความสัมพันธ์กับระบบและสิ่งแวดล้อมภายนอกตัวระบบด้วย

องค์ประกอบของแต่ละหน่วยจะมีคุณลักษณะเฉพาะ (Attributes) และมีกิจกรรม (Activities) เช่น ระบบการผลิต มีเครื่องจักรเป็นองค์ประกอบหนึ่ง มีความเร็วและขีดความสามรถเป็นลักษณะเฉพาะ และการกัด การกลึงเป็นกิจกรรม กิจกรรมเป็นการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระบบหรือทำให้สถานะ (States) ของระบบเปลี่ยนแปลง การอธิบายสถานะของระบบสามารถอธิบายด้วย ตัวแปรสถานะ (States variables) ณ เวลาหนึ่งเช่น ระบบสินค้าคงเหลือ ตัวแปรสถานะคือจำนวนสินค้าคงเหลือและจำนวนสินค้าที่ติดค้างลูกค้า เป็นต้น

เราสามารถจำแนกระบบได้เป็น 2 ประเภท คือ

ก. ระบบต่อเนื่อง (Continuous System) คือเหตุการณ์ที่เกิดในระบบ จะมีการ

เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา

ข. ระบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete System) คือ เหตุการณ์ที่เกิดในระบบ จะมีการเปลี่ยนแปลงเฉพาะบางจุดของเวลา และไม่ได้เกิดขึ้นตลอดเวลา

2.2.3 ตัวแบบจำลอง (Simulation Models)

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ประเภทหนึ่ง สามารถแบ่งประเภทของตัวแบบจำลองได้ ดังนี้

2.2.3.1 ตัวแบบจำลองแบบสถิต (Static Simulation Model) เป็นตัวแบบจำลองที่ไม่มีตัวแปรเวลา คือสถานะของระบบไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

2.2.3.2 ตัวแบบจำลองแบบพลวัต (Dynamic Simulation Model) เป็นตัวแบบจำลองที่มีตัวแปรเวลามาเกี่ยวข้องด้วย คือสถานะของระบบมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา

2.2.3.3 ตัวแบบจำลองระบบแบบเชิงกำหนด (Deterministic Simulation Model) เป็นตัวแบบจำลองที่ไม่มีตัวแปรสุ่ม จะได้ผลลัพธ์ที่แน่นอน

2.2.3.4 ตัวแบบจำลองระบบที่เกี่ยวข้องกับความไม่แน่นอน (Stochastic Simulation Model) เป็นตัวแบบจำลองทีมีตัวแปรสุ่มอย่างน้องหนึ่งตัว ผลลัพธ์ที่ได้จะออกมาในเชิงสุ่ม คือค่าต่างๆ ที่ได้จะมีความไม่แน่นอน ดังนั้น ผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบนี้จะอยู่ในรูปของค่าเฉลี่ย

2.2.3.5 ตัวแบบจำลองแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Simulation Model) เป็นตัวแบบจำลองที่ค่าของตัวแปรสถานะจะเปลี่ยนแปลงเฉพาะบางจุดของเวลา

2.2.3.6 ตัวแบบจำลองแบบต่อเนื่อง (Continuous Simulation Model) เป็นตัวแบบจำลองที่ค่าตัวแปรสถานะจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

2.2.4 ประเภทของแบบจำลอง

2.2.4.1 แบบจำลองทางกายภาพ (Physical or Iconic Models) แบบจำลองที่มีลักษณะเหมือนกับระบบงานจริง โดยอาจมีขนาดเท่ากับของจริงหรือมีขนาดที่เล็กหรือใหญ่กว่าอาจเป็นแบบจำลองในมิติใดมิติหนึ่งหรือ 3 มิติเช่น แบบจำลองผังโรงงาน

2.2.4.2 แบบจำลองอนาลอก (Analog Models) แบบจำลองที่มีพฤติกรรมเหมือนระบบงานจริง แต่อาจมีรูปลักษณะไม่เหมือนกับระบบงานจริง เช่น แผนภูมิการไหลของวัตถุดิบผ่านกระบวนการผลิต

2.2.4.3 เกมการบริหาร (Management Games) เป็นแบบจำลองการตัดสินใจในกิจการต่างๆ เช่น ธุรกิจ การลงทุนฯลฯ เป็นแบบจำลองที่ใช้แสดงผลเปรียบเทียบเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการตัดสินใจ

2.2.4.4 แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Models) แบบจำลองที่อยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยอาจเป็นแบบจำลองที่แปลงมาจากแบบจำลองประเภทอื่น ๆ

2.2.4.5 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Models) แบบจำลองที่ใช้สัญลักษณ์และฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์แทนองค์ประกอบในระบบจริง เช่น X แทนค่าใช้จ่ายในการผลิต Y แทนจำนวนสินค้า และแทนค่าลงในสูตรการคำนวณ

2.2.5 ขั้นตอนการจำลอง

การจำลองในปัจจุบันมักจะนำคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ เนื่องจากสามารถรองรับปัญหาที่มีความซับซ้อนและคำนวณหาข้อมูลต่างๆ ที่ต้องการสำหรับการวิเคราะห์หาวิธีการแก้ปัญหามีขั้นตอนการดำเนินงานสำหรับการจำลองที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณ ประกอบด้วย

2.2.5.1 การตั้งปัญหาและให้คำจำกัดความของระบบ (Problem Formulation & System Definition) การกำหนดวัตถุประสงค์ของระบบ การกำหนดขอบเขต ข้อจำกัดต่างๆ และวิธีการประเมินผล

2.2.5.2 การสร้างแบบจำลอง (Model Formulation) การเขียนแบบจำลองที่สามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา

2.2.5.3 การจัดเตรียมข้อมูล (Data Preparation) การวิเคราะห์หาข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับแบบจำลอง และจัดเตรียมให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำไปใช้งานกับแบบจำลองได้

2.2.5.4 การแปรรูปแบบจำลอง (Model Translation) แปลงแบบจำลองให้อยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

2.2.5.5 การทดสอบความถูกต้อง (Validation) การวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบว่าแบบจำลองสามารถใช้แทนระบบจริงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาได้

2.2.5.6 การออกแบบการทดลอง (Strategic Planning) การออกแบบการทดลองที่ทำให้แบบจำลองสามารถให้ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์หาผลลัพธ์ที่ต้องการ โดยกำหนดเงื่อนไขในการทดลอง

2.2.5.7 การวางแผนการใช้งานแบบจำลอง (Tactical Planning) การวางแผนว่าจะใช้แบบจำลองในการทดลองอย่างไรจึงจะได้ข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ผลเพียงพอ

2.2.5.8 การดำเนินการทดลอง (Experimentation) การคำนวณหาข้อมูลต่างๆ ที่ต้องการและความไวของการเปลี่ยนแปลงข้อมูลแบบจำลอง

2.2.5.9 การวิเคราะห์ผลการทดลอง (Interpretation) จากผลการทดลองที่ได้รับว่า

ระบบจริงมีปัญหาอย่างไรและการแก้ไขปัญหาจะได้ผลอย่างไร

2.2.5.10 การนำไปใช้งาน (Implementation) เปรียบเทียบผลการทดลอง เลือกวิธีการที่แก้ไขปัญหาได้ดีที่สุดไปใช้กับระบบจริง

2.2.5.11 การจัดทำเอกสารการใช้งาน (Documentation) การบันทึกกิจกรรมในการจัดทำแบบจำลอง โครงสร้างของแบบจำลอง วิธีการใช้งานและผลที่ได้จากการใช้งาน เพื่อประโยชน์สำหรับผู้นำแบบจำลองไปใช้งาน และการปรับปรุงแบบจำลอง

2.2.6 ข้อดีของการจำลอง

2.2.6.1 การจำลองจะช่วยลดเวลาการศึกษาและทดลองให้สั้นลง

2.2.6.2 การจำลองสามารถบรรยายให้เห็นภาพได้อย่างชัดเจนได้

2.2.6.3 สามารถจัดการกับปัญหาได้หลากหลายชนิด

2.2.6.4 สามารถทดลองกับตัวแปรที่มีความแตกต่างกันได้

2.2.6.5 การสามารถใช้ได้กับระบบจริงที่มีความซับซ้อนได้

2.2.6.6 ง่ายในการวัดประสิทธิภาพและกำหนดทิศทางของการแก้ปัญหา

2.2.7 ข้อจำกัดของการจำลอง

2.2.7.1 โดยทั่วไปผลลัพธ์หรือค่าที่ได้จากการจำลองจะเป็นค่าประมาณหรือค่าเฉลี่ย ดังนั้น ค่าที่ได้มีความ คาดเคลื่อนในระดับหนึ่ง จะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการออกแบบและความละเอียดในการจำลอง

2.2.7.2 ไม่สามารถรับประกันได้ว่า เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด

2.2.7.3 การใช้งาน Software ประเภทจำลองสถานการณ์ ค่อนข้างยากไม่สะดวกต่อผู้ใช้งาน

2.3 แถวคอย (Queuing Theory)

เรื่องแถวคอยในปัจจุบันเป็นเรื่องปกติในชีวิตประจำวันโดยที่ได้พบเห็นกันทั่วไป ตัวอย่างเช่น การเข้าแถวในการซื้ออาหารที่โรงอาหาร การเข้าแถวคอยในการรับบริการธนาคาร การเข้าแถวคอยคนไปรอซื้อตั๋วเครื่องบิน หรือเข้าแถวรอคอยอื่นๆ และการที่จะเกิดแถวคอยได้ต้องมีองค์ประกอบหลายตัวเข้าด้วยกัน เช่น อัตราการมารับบริการของผู้ค้าหรือลูกค้า การให้บริการของผู้บริการ และรูปแบบของระบบแถวรอคอย

การจัดรูปแบบของระบบแถวคอย เป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงโดยเฉพาะอย่างยิ่ง จำนวนผู้ให้บริการ เพราะเมื่อลูกค้ามาถึงสถานีบริการแต่ยังไม่ได้รับบริการทันที จะก่อให้เกิดการรอคอย และการที่ลูกค้ารอคอยเป็นเวลานาน อาจจะทำให้ลูกค้าบางคนเปลี่ยนใจออกจากการรอรับบริการ หรือลูกค้าไม่เข้ารับบริการ สิ่งต่างๆเหล่านี้ทำให้เกิดการสูญเสียทางการค้า และในทำนองกลับกัน ถ้าผู้ให้บริการมีจำนวนที่มากเกินไป คำนึงถึงส่วนของผู้รับบริการหรือลูกค้าก็จะมีความสะดวกสบายเพราะไม่ต้องมีการรอคอยหรือใช้ระยะเวลาในการรอคอยน้อยนั่งเอง แต่สำหรับทางด้านของผู้ประกอบการอาจต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงานเกินความจำเป็นในระบบแถวคอยนั้น เป็นระบบแบบพลวัตร (Dynamic system) คือระบบจะมีการเปลี่ยนแปลงสถานะตามกาลเวลา ซึ่งเมื่อเกิดเหตุการณ์ขึ้นจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบ โดยส่วนใหญ่แล้วจะมีการเปลี่ยนแปลงแบบไม่ต่อเนื่อง หรือเหตุการณ์เกิดขึ้นแบบไม่ต่อเนื่อง ในการจำลองจึงใช้วิธีการจำลองระบบที่ไม่ต่อเนื่อง และในบางระบบเป็นระบบที่ซับซ้อนสูง การจำลองทางคอมพิวเตอร์จะเป็นตัวช่วยในการอธิบายหลักการทำงานและวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นได้เป็นอย่างดี

2.3.1 ลักษณะทั่วไปของระบบแถวคอย

โดยทั่วไปแล้วระบบแถวคอยจะประกอบด้วย ผู้รับบริการหรือลูกค้า (Customer) เช่น คน สิ่งของ วัตถุดิบ อุปกรณ์ เครื่องจักร ฯลฯ เข้ามายังระบบบริการ โดยมาจากแหล่งต่างๆ ในช่วงเวลาต่างกัน ถ้าขณะนั้นผู้ให้บริการ (Servers) ซึ่งอาจเป็นคน สิ่งของ อุปกรณ์ เครื่องจักร หรืออื่นๆ ว่าง ผู้ใช้บริการจะเข้ารับบริการได้ทันทีโดยไม่ต้องคอย กรณีจะไม่มีแถวคอยเกิดขึ้นแต่ถ้าหากผู้ให้บริการขณะนั้นไม่ว่างผู้ใช้บริการ จะต้องคอยหน่วยให้บริการ จะให้บริการแก่ลูกค้าแต่ละคนตามนโยบายการให้บริการ (Service Discipline) ระบบแถวคอยโดยทั่วไปจะประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 6 องค์ประกอบ

2.3.1.1 รูปแบบการเข้ามาของผู้รับบริการ (Arrival Pattern of Customers)

ก. ค่าที่ใช้ในการพิจารณาในการอธิบายรูปแบบการเข้ามาหรือกระบวนการเข้า

(Input Process) จะอธิบายด้วยค่า2 ค่าคือ

ก.1 อัตราเข้ามาโดยเฉลี่ย (Average Arrival Rate) จำนวนผู้ใช้บริการที่เข้ามาโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลา

ก.2 ระยะห่างระหว่างการเข้ามาโดยเฉลี่ย (Average Arrival Time)

ข. ลักษณะการเข้ามา

ข.1 แน่นอน (Deterministic) การเข้ามาอธิบายด้วยอัตราการเข้าหรือระยะห่างระหว่างเข้าเป็นค่าคงที่เช่นการเข้ามาห่างกันทุกๆ 5 นาที

ข.2 สุ่ม (Random) การเข้ามาอธิบายด้วยอัตราการเข้าหรือระยะห่างระหว่างเข้าที่เป็นค่าคาดหมายหรือค่าเฉลี่ย

ค. จำนวนผู้เข้ารับบริการพิจารณาจำนวนผู้เข้ารับบริการ ณ เวลาหนึ่ง

ค.1 แบบเดี่ยว (Single)

ค.2 แบบกลุ่ม (Batch / Bulk) มากกว่าหนึ่งขนาดของกลุ่มอาจมีค่าไม่แน่นอนมี ลักษณะเป็นค่าสุ่ม

ง. ขนาดของผู้เข้ารับบริการ

ง.1 จำกัด (Finite)

ง.2 ไม่จำกัด (Infinite)

2.3.1.2 กระบวนการให้บริการ (The Service Process)

ก. ค่าที่ใช้ในการพิจารณา ในการอธิบายกระบวนการให้บริการหรือรูปแบบการให้บริการจะอธิบายด้วยค่า 2 ค่าคือ

ก.1 อัตราการให้บริการโดยเฉลี่ย (Average Service Rate) จำนวนผู้ได้รับบริการแล้วเสร็จโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลา

ก.2 เวลาบริการโดยเฉลี่ย (Average Service Time) เวลาที่ใช้ในการให้บริการแก่ผู้รับบริการแต่ละคน

ข. ลักษณะการบริการ

ข.1 แน่นอน (Deterministic) ค่าคงที่

ข.2 สุ่ม (Random) ค่าคาดหมายหรือค่าเฉลี่ย

ค. จำนวนผู้เข้ารับบริการ

ค.1 แบบเดี่ยว (Single) ครั้งละหนึ่งผู้ใช้บริการ

ค.2 แบบกลุ่ม (Batch / Bulk) ให้บริการมากกว่าหนึ่งผู้ใช้ในเวลาเดียวกัน โดยผู้ให้บริการคนเดียวกันเช่นลิฟต์ มัคคุเทศก์

ง. อัตราความเร็วในการให้บริการ อาจไม่คงที่ขึ้นกับสถานะของระบบหากในช่วงเวลาใดที่แถวคอยยาวผู้ให้บริการอาจเร่งการบริการให้เร็วขึ้นทำให้มีอัตราการให้บริการสูงขึ้นแต่ถ้าแถวคอยสั้นผู้ให้บริการอาจมีความเร็วในการบริการต่ำลงในกรณีที่มีผู้ให้บริการหลายคนที่ต่างให้บริการอย่างเดียวกันแต่ละคนอาจมีความสามารถหรือความรวดเร็วต่างกัน

จ. รูปแบบ การให้บริการสามารถจัดได้หลากหลายรูปแบบ

จ.1 หน่วยบริการช่องเดียว

จ.2 หน่วยบริการหลายช่องแบบขนาน มีผู้ให้บริการมากกว่าหนึ่ง แต่มีแถวคอยแถวเดียว

จ.3 หน่วยบริการหลายช่อง มีผู้ให้บริการมากกว่าหนึ่ง และมีแถวคอยหลายแถว

จ.4 หน่วยบริการแบบอนุกรม การเข้ารับบริการมีหลายขั้นตอนต่อเนื่องกัน

2.3.1.3 นโยบายการให้บริการ (Service Discipline)

วิธีการที่ใช้ในการเลือกผู้ใช้บริการที่คอยอยู่ในแถวเพื่อเข้ารับบริการ

ก. มาก่อน - ออกก่อน (First in First Out, FIFO)

ข. มาหลัง - ออกก่อน (Last in First Out, LIFO)

ค. เวลาน้อยที่สุด (Shortest Job First, SJF) เรียงลำดับตามระยะเวลาในการทำงาน งานที่ใช้เวลาทำงานน้อยที่สุดจะออกก่อน

ง. อภิสิทธิ์ (Priorities) กำหนดลำดับว่ากิจกรรมใดต้องทำก่อนหรือหลังกิจกรรมอื่น สำหรับกิจกรรมที่มีระดับอภิสิทธิ์เท่ากัน ให้พิจารณาจากเวลาที่มาถึง

จ. Round Robin กำหนดระยะเวลาในการทำงานสำหรับแต่ละกิจกรรมเท่ากัน เรียกว่า Time Slice เมื่อครบกำหนดเวลา ถ้ากิจกรรมยังไม่เสร็จสิ้นจะใส่กลับลงในแถวคอยเพื่อรอการทำงานรอบต่อไป ในการเลือกว่าจะทำกิจกรรมใดก่อน อาจใช้วิธี FIFO หรืออภิสิทธิ์

ฉ. Deadline เรียงลำดับตามกำหนดการที่กิจกรรมต้องเสร็จสิ้น

2.3.1.4 ขีดความสามารถของระบบในการให้บริการ (System Capacity)

จำนวนผู้ใช้บริการซึ่งรวมทั้งจำนวนผู้กำลังรับบริการและผู้ที่กำลังคอยที่ระบบสามารถรับได้ ณ เวลาหนึ่งๆ ในบางระบบจะไม่มีแถวคอย บางระบบจะมีความยาวแถวคอยจำกัด (Finite Queue) และบางระบบจะมีความยาวแถวคอยไม่จำกัด (Infinite Queue) หรือมีแถวคอย

ยาวมากจนกำหนดได้ว่ามีความยาวไม่จำกัดในการพิจารณา จะพิจารณาจากอัตราการเข้ามาถึงของผู้รับบริการและอัตราการให้บริการ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะ

ก. อัตราการเข้ามาเท่ากับอัตราการให้บริการ เช่น ลูกค้าเข้ามาในแถวคอยทุกๆ 10 นาที และเวลาในการให้บริการสำหรับลูกค้าแต่ละคนเท่ากับ 10 นาที เช่นกัน ในลักษณะนี้ หน่วยบริการจะถูกใช้ประโยชน์ต่อเนื่องกันและไม่มีแถวคอยเกิดขึ้น

ข. อัตราการเข้ามามากกว่าอัตราการให้บริการ เช่น ลูกค้าเข้ามาในแถวคอยทุกๆ 10 นาที (6 คน : ชั่วโมง) แต่อัตราการให้บริการเป็น 12 นาทีต่อ 1 คน (5 คน : ชั่วโมง) ในลักษณะนี้ จะมีแถวคอยเกิดขึ้นเนื่องจากมีลูกค้าที่ไม่ได้รับบริการ

ค. อัตราการเข้ามาน้อยกว่าอัตราการให้บริการ เช่น ลูกค้าเข้ามาในรับบริการ 6 คนต่อชั่วโมง แต่การบริการสามารถให้บริการได้ 8 คนต่อชั่วโมง ในลักษณะนี้หน่วยบริการจะถูกใช้ประโยชน์เพียงแค่ (6/8 * 100 เท่ากับ ร้อยละ 75 และไม่มีแถวคอยเกิดขึ้น)

2.3.1.5 จำนวนผู้ให้บริการคู่ขนาน (Number of Parallel Servers)

ในบางระบบอาจจะมีผู้ให้บริการเพียงหนึ่งเดียวอย่างเช่น รูปแบบการให้บริการในแบบหน่วยบริการช่องเดียวหรือในบางระบบอาจมีมากกว่าหนึ่ง อย่างเช่น รูปแบบการให้บริการในแบบหน่วยบริการหลายช่องและหน่วยบริการหลายช่องแบบขนาน นอกจากนี้จำนวนผู้ให้บริการอาจไม่คงที่โดยจะแปรเปลี่ยนไปตามจำนวนผู้รับบริการในระบบหรือตามเวลา

2.3.1.6 จำนวนขั้นตอนการให้บริการ (Number of Service Stages)

ระบบแถวคอยบางระบบมีขั้นตอนบริการเพียงขั้นตอนเดียว แต่บางระบบอาจประกอบด้วยหลายขั้นตอน อย่างเช่น รูปแบบการให้บริการในแบบอนุกรม ในระบบแถวคอยที่มีหลายขั้นตอน อาจมีกรณีวงรอบเกิดขึ้นเช่น ในระบบสายการผลิตบางระบบ ถ้าสินค้าชนิดใดไม่ได้มาตรฐานตามเกณฑ์ สินค้าชิ้นนั้นจะถูกส่งกลับเข้ากรรมวิธีการผลิตใหม่ ทำให้เกิดวงรอบภายในระบบ

2.3.2 ระบบที่มีหน่วยบริการหน่วยเดียว

กำหนดระบบแถวคอยแบบมีหนึ่งแถวคอย หนึ่งผู้ให้บริการ ความยาวแถวคอยไม่จำกัด ขนาดประชากรผู้ใช้บริการไม่จำกัด กฎเกณฑ์การบริการเป็นแบบมาก่อนได้รับบริการก่อน (FCFS) เช่น เครื่อง ATM ของธนาคาร

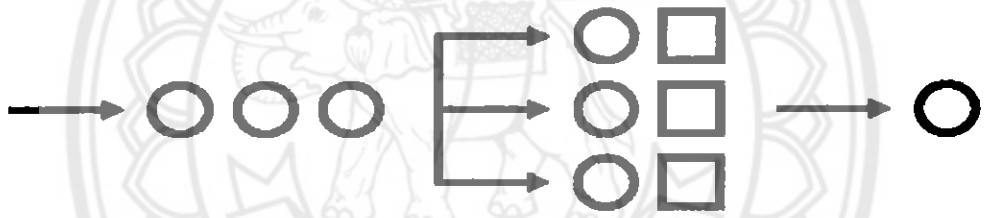
แถวคอยของลูกค้า หน่วยบริการ

รูปที่ 2.1 ระบบการบริการที่มีหน่วยบริการหน่วยเดียว

ที่มา :ผศ.ดร.เสมอแข สมหอม (204482 Simulation and Modeling)

2.3.3 ระบบที่มีหน่วยบริการหลายหน่วยแบบขนานแต่มีแถวคอยเดียว

เป็นระบบที่มีหน่วยให้บริการหลายหน่วย และให้ลูกค้าที่เข้ามาได้รับบริการเรียงตามลำดับการมาถึงเช่นระบบบริการของไปรษณีย์ ระบบบริการฝาก-ถอนเงินของธนาคาร



แถวคอยของลูกค้า หน่วยบริการ

รูปที่ 2.2 ระบบที่มีหน่วยบริการหลายหน่วยแบบขนานแต่มีแถวคอยเดียว

ที่มา :ผศ.ดร.เสมอแข สมหอม (204482 Simulation and Modeling)

บทที่ 3

วิธีดำเนินโครงงาน

โครงงานหัวข้อเรื่องการสร้างโปรแกรมแบบจำลองช่วยในการหาจำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรองในระบบการผลิตได้มีการศึกษาและจัดทำโครงงานดังต่อไปนี้

3.1 ศึกษาทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้องและเรียนรู้การเขียนโปรแกรม MATLAB

3.1.1 ศึกษาการเขียนโปรแกรมในซอฟต์แวร์ MATLAB เพื่อใช้ในการการจำลองปัญหา

3.1.2 ศึกษาทฤษฎีการสร้างแบบจำลอง

3.1.3 ศึกษาทฤษฎีแถวคอยเพื่อใช้ในการจัดการระบบการซ่อมบำรุงเครื่องจักรพร้อมทั้งมีการวางแผนเกี่ยวกับการทำโครงงานครั้งนี้

3.2 ศึกษาทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา

เมื่อได้ทำการศึกษาทฤษฎีต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว ก็ทำการวิเคราะห์ปัญหา โดยโจทย์ปัญหาที่ศึกษา คือสร้างโปรแกรมแบบจำลองช่วยในการหาจำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรองในระบบการผลิต เพื่อกำหนดจำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรองว่าควรจะมีเครื่องพิมพ์สีสำรองเท่าไร ที่จะไม่ทำให้ระบบงานหยุดทำงาน และมีปัจจัยอะไรบ้างที่มีผลต่อการกำหนดจำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรอง โดยที่ทางผู้จัดทำโครงงานได้มีการกำหนดสายการพิมพ์ ทั้งหมด 4 สายการพิมพ์ การแจกแจงอายุการใช้งานมีทั้งหมด 3 แบบ คือ Weibull ($\lambda = \frac{1}{\sqrt{3}}, \beta = \frac{1}{2}$), Exponential ($\lambda$=1), Weibull ($\lambda$=5, β=3.5) และระยะเวลาในการซ่อมบำรุงมีการแจกแจงแบบ Exponential (λ=2)

3.3 ทำการเขียนโปรแกรมจำลองปัญหา

เมื่อทำการวิเคราะห์ปัญหาแล้ว ก็จะได้ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการกำหนดจำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรองมาเขียนโปรแกรมจำลองสถานการณ์ โดยการเขียนโปรแกรมนั้นก็จะมีลำดับขั้นตอน ดังนี้

3.3.1 เขียนผังงาน (Flow Chart) เพื่อลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหามาแสดงในลักษณะรูปภาพทำให้ง่ายต่อการเขียนโปรแกรม ซึ่งผังงาน (Flow Chart) ได้ถูกนำเสนอในรูปที่ 4.1

3.3.2 ทำการเขียนโปรแกรม เพื่อสร้างโปรแกรมแบบจำลองช่วยในการหาจำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรองในระบบการผลิต ซึ่งโปรแกรมที่ได้เขียนขึ้นบนซอฟต์แวร์ MATLAB

3.4 ตรวจสอบและปรับปรุงโปรแกรม

ตรวจสอบความผิดพลาดของโปรแกรมที่เขียน คือผู้ศึกษาโครงงานจะทำการตรวจสอบด้วยตนเอง โดยการเช็คคำสั่งที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม การป้อนค่าข้อมูลของตัวแปรว่าถูกต้องหรือไม่ และจะทำการทดสอบว่าโปรแกรมให้ผลลัพธ์หรือคำตอบเป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่โดยการกำหนดกลุ่มของข้อมูลน้อยๆ เพื่อทำการจำลองด้วยมือแล้วเอาผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับการรันโปรแกรม โดยผลลัพธ์ที่ได้นั้นต้องเป็นค่าเดียวกัน

3.5 ทดลองและวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง

ทำการทดลองด้วยโจทย์ลักษณะต่างๆ เช่น

3.5.1 ทำการทดลองทั้งหมด 3 ชุด โดยชุดที่ 1 คือ ทำการประมวลผลทั้งหมด 100 วันเป็นจำนวน 30 รอบ แล้วทำการหาค่าเฉลี่ย มีทั้งหมด 3 กรณีการศึกษา ดังต่อไปนี้

3.5.1.1 ที่จำนวนสายการผลิต 1 สาย หน่อยซ่อมบำรุงเป็น 1-7 หน่วย จำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรอง 2, 3, 4, 6, 8, 9, 12, 16 เครื่อง การแจกแจงอายุการใช้งานเป็นแบบ Weibull ($\lambda = \frac{1}{\sqrt{3}}$, $\beta = \frac{1}{2}$) และการแจกแจงของระยะเวลาการซ่อมเป็นแบบ Exponential (λ=2)

3.5.1.2 ที่จำนวนสายการผลิต 1 สาย หน่อยซ่อมบำรุงเป็น 1-7 หน่วย จำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรอง 2, 3, 4, 6, 8, 9, 12, 16 เครื่อง การแจกแจงอายุการใช้งานเป็นแบบ Exponential (λ=1) และการแจกแจงของระยะเวลาการซ่อมเป็นแบบ Exponential (λ=2)

3.5.1.3 ที่จำนวนสายการผลิต 1 สาย หน่อยซ่อมบำรุงเป็น 1-7 หน่วย จำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรอง 2, 3, 4, 6, 8, 9, 12, 16 เครื่อง การแจกแจงอายุการใช้งานเป็นแบบ Weibull (λ =5,β=3.5) และการแจกแจงของระยะเวลาการซ่อมเป็นแบบ Exponential (λ=2)

3.5.2 ชุดที่ 2 คือ ทำการประมวลผลทั้งหมด 100 วันเป็นจำนวน 30 รอบ เพื่อหาว่าควรจะมีเครื่องพิมพ์สำรองเท่าไร และจำนวนหน่วยซ่อมบำรุงมีเท่าไรที่จะเหมาะสมที่สุด โดยใช้การแจกแจงอายุการใช้งานแบบ Weibull ($\lambda = \frac{1}{\sqrt{3}}, \beta = \frac{1}{2}$) และการแจกแจงการซ่อมบำรุงแบบ Exponential (λ=2)

3.5.3 ชุดที่ 3 เนื่องจากผลการทดลองชุดที่ 2 สรุปได้ว่าใน 1 สายการผลิตควรมีเครื่องพิมพ์สำรอง 4 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 4 หน่วยหรือในอัตรา 1:1:1 (เครื่องพิมพ์ทำงาน 1 เครื่อง : เครื่องพิมพ์สำรอง 1 เครื่อง : หน่วยซ่อมบำรุง 1 หน่วย) ผู้จัดทำโครงงานต้องการรู้ว่า ถ้าเพิ่มจำนวนสายการผลิตเป็น 2, 3, 4 สายการผลิต จำเป็นหรือไม่ที่จะใช้อัตรา 1:1:1 คือ ถ้า 2 สายการผลิตจำนวนเครื่องพิมพ์สำรอง 8 เครื่อง จำนวนหน่วยซ่อมบำรุง 8 หน่วย ถ้า 3 สายการผลิตจำนวนเครื่องพิมพ์สำรอง 12 เครื่อง จำนวนหน่วยซ่อมบำรุง 12 หน่วย และถ้า 4 สายการผลิตจำนวนเครื่องพิมพ์สำรอง 16 เครื่อง จำนวนหน่วยซ่อมบำรุง 16 หน่วย ทำการประมวลผลทั้งหมด 100 วัน เป็นจำนวน 30 รอบ มีการแจกแจงอายุการใช้งานแบบ Weibull ($\lambda = \frac{1}{\sqrt{3}}, \beta = \frac{1}{2}$) และการแจกแจงการซ่อมบำรุงแบบ Exponential (λ=2) แล้วทำการหาค่าเฉลี่ย

3.6 สรุปผลการดำเนินงาน

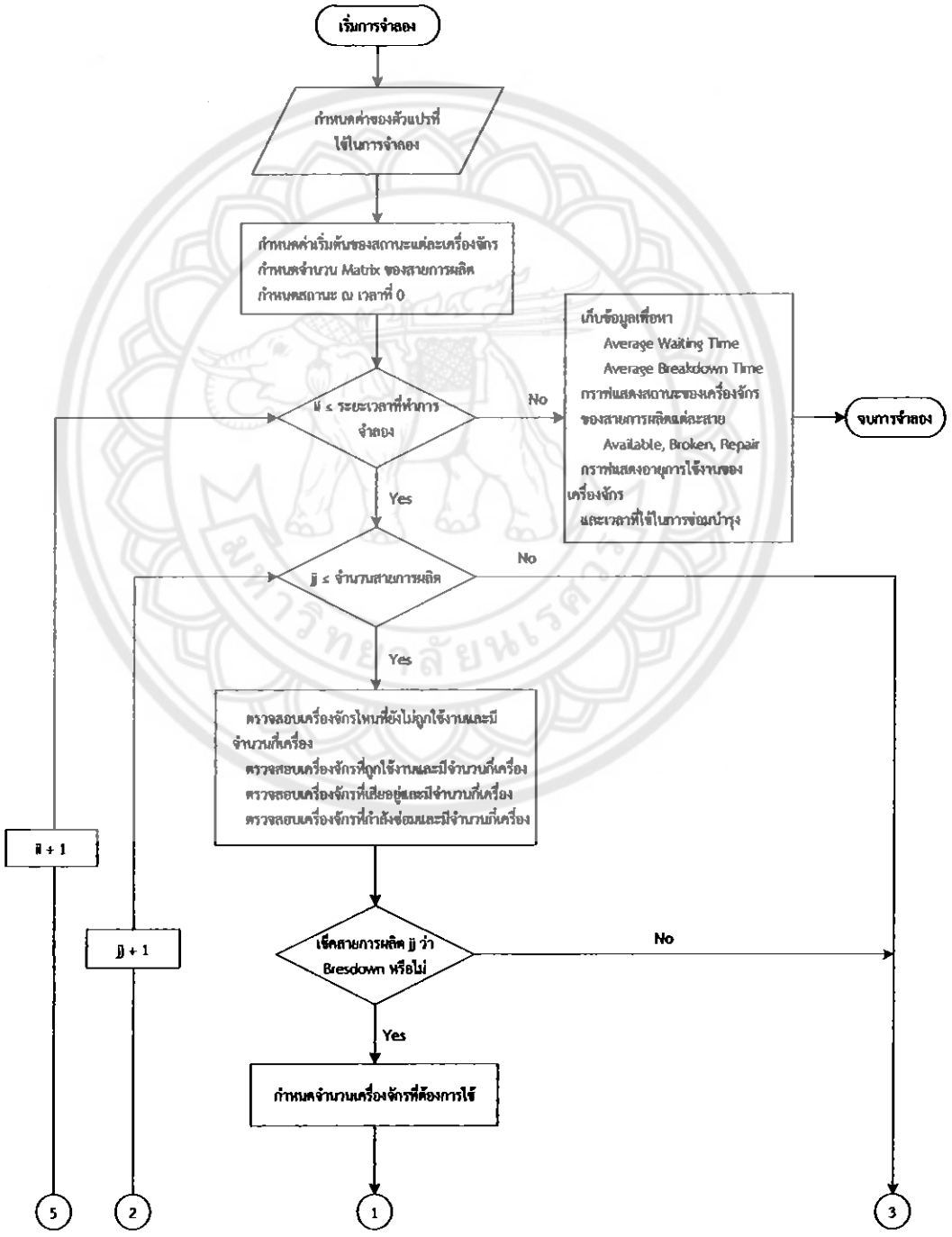
จากการสร้างโปรแกรมแบบจำลองช่วยในการหาจำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรองในระบบการผลิตและวิเคราะห์ผลลัพธ์ของโปรแกรมแล้ว จึงทำการสรุปผลการดำเนินการ พร้อมทั้งระบุข้อเสนอแนะอื่นๆ ซึ่งได้ทำการนำเสนอในบทที่ 5

บทที่ 4

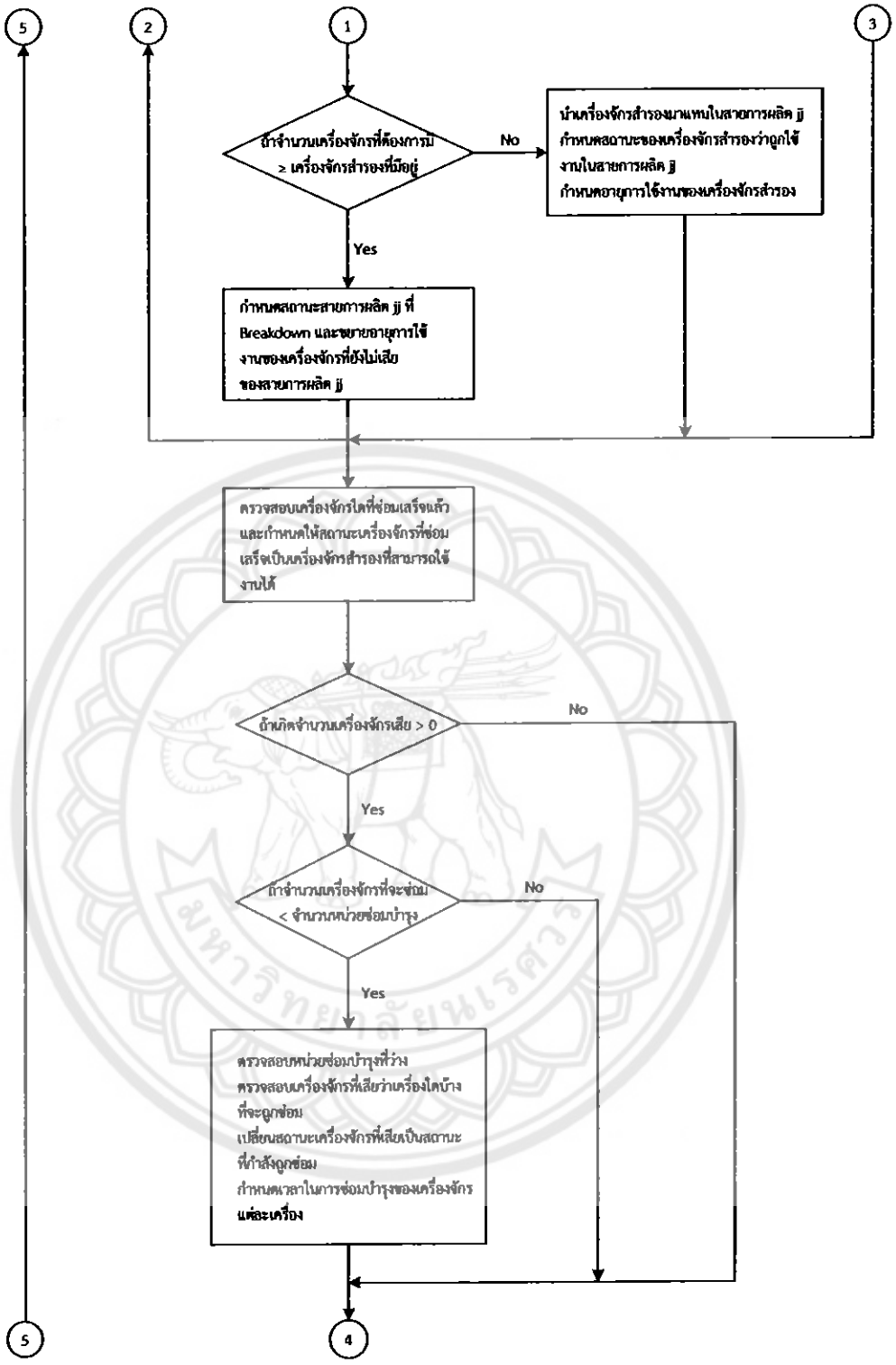
ผลการทดลองและการวิเคราะห์

4.1 ผังงานแสดงโปรแกรมแบบจำลองช่วยในการหาเครื่องพิมพ์สำรอง

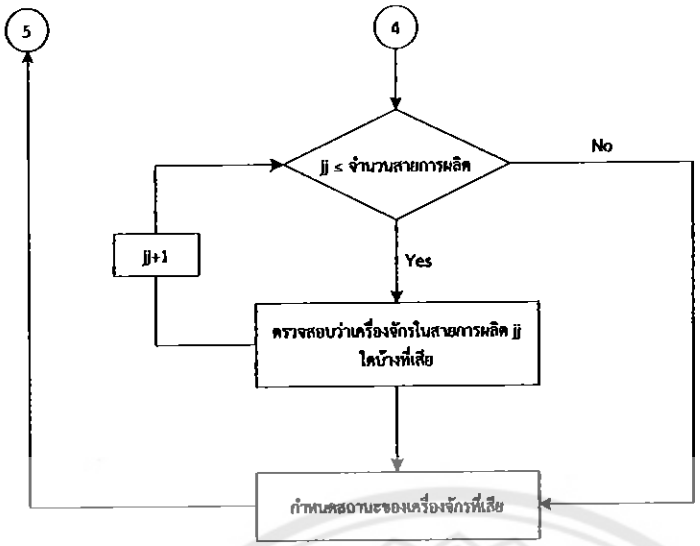
จากการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา จึงได้ทำการเขียนลำดับเหตุการณ์และตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปเขียนโปรแกรมแบบจำลองช่วยในหาเครื่องพิมพ์สำรอง ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แผนผังแสดงการเขียนโปรแกรมแบบจำลอง



รูปที่ 4.1 (ต่อ) แผนผังแสดงการเขียนโปรแกรมแบบจำลอง



รูปที่ 4.1 (ต่อ) แผนผังแสดงการเขียนโปรแกรมแบบจำลอง

4.2 ผลการทดลองชุดที่ 1

4.2.1 กรณีที่ 1 ประมวลผลโปรแกรม ดังนี้

1 สายการผลิต เครื่องพิมพ์สำรอง 2, 3, 4 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 1-7 หน่วย

2 สายการผลิต เครื่องพิมพ์สำรอง 4, 6, 8 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 1-7 หน่วย

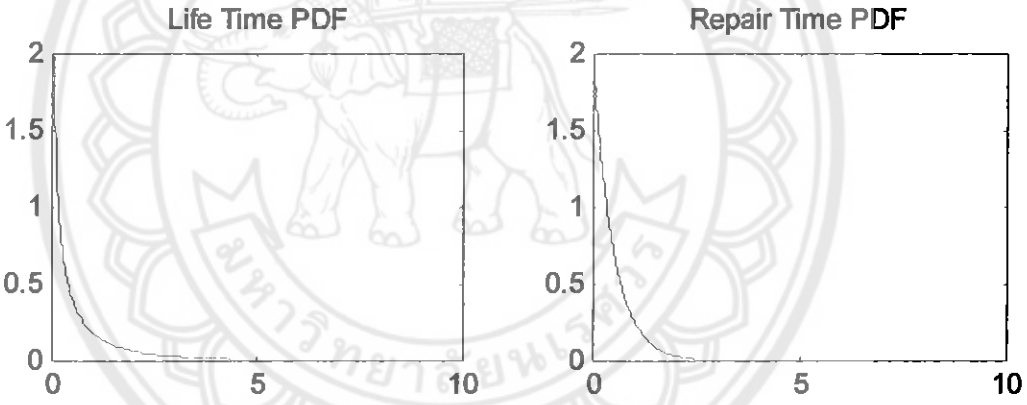
3 สายการผลิต เครื่องพิมพ์สำรอง 6, 8, 12 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 1-7 หน่วย

4 สายการผลิต เครื่องพิมพ์สำรอง 8, 12, 16 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 1-7 หน่วย

และการแจกแจงแบบต่างๆ ดังตารางที่ 4.1

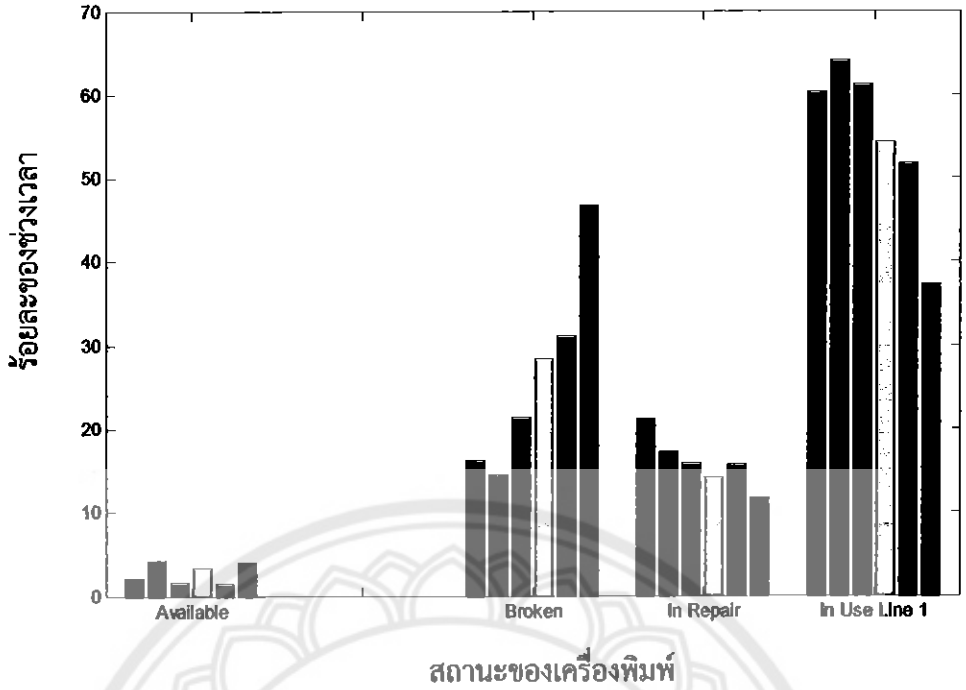
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าของตัวแปรที่ใช้ในการจำลอง กรณีที่ 1

การแจกแจง (อายุการใช้งาน)	แบบ Weibull ($\lambda = \frac{1}{\sqrt{3}}, \beta = \frac{1}{2}$)
การแจกแจง (เวลาในการซ่อม)	แบบ Exponential ($\lambda = 2$)



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงอายุการใช้งานของเครื่องพิมพ์และช่วงเวลาในการซ่อมบำรุง กรณีที่ 1

เป็นกราฟแสดงผลการทดลอง ลำดับที่ 1 (1 สายการผลิต เครื่องพิมพ์สำรอง 2 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 1 หน่วย) โดยที่สีในกราฟแท่งแต่ละแท่งแทนเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่อง ซึ่งในกรณีนี้มีทั้งหมด 6 เครื่อง และมีสถานะการใช้งานทั้งหมด 4 สถานะ คือ สถานะพร้อมใช้งาน สถานะเครื่องเสีย สถานะเข้าซ่อม และสถานะถูกใช้ในสายการพิมพ์ต่างๆ และความสูงของกราฟ คือระยะเวลา (วัน) ที่เครื่องพิมพ์เครื่องนั้นอยู่สถานะต่างๆ รูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ กรณีที่ 1 การทดลองลำดับที่ 1

ผลที่ได้จากการประมวล 30 รอบแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาในการรอเข้าซ่อมและช่วงเวลาในการหยุดทำงานของสายการผลิต ได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงช่วงเวลาเฉลี่ยเวลารอเข้าซ่อมและช่วงเวลาเฉลี่ยการหยุดทำงาน กรณีที่ 1

จำนวนสายการผลิต	จำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรอง	จำนวนหน่วยซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยในการรอซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยที่สายการผลิตหยุดทำงาน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	2	1	23.88	59.94	1.43
1	2	2	6.45	38.30	3.87
1	2	3	0.06	31.40	2.82
1	2	4	0.06	30.97	3.90
1	2	5	0.06	30.67	3.19
1	2	6	0.06	32.28	2.92
1	2	7	0.05	29.27	2.77
1	3	1	32.68	60.00	2.15
1	3	2	13.16	35.37	3.13
1	3	3	3.49	24.02	3.14

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) แสดงช่วงเวลาเฉลี่ยเวลารอเข้าซ่อมและช่วงเวลาเฉลี่ยการหยุดทำงาน กรณีที่ 1

จำนวนสายการผลิต	จำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรอง	จำนวนหน่วยซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยในการรอซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยที่สายการผลิตหยุดทำงาน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	3	4	0.06	17.46	1.54
1	3	5	0.05	15.88	2.57
1	3	6	0.06	18.09	1.71
1	3	7	0.06	18.25	3.18
1	4	1	41.30	62.60	2.06
1	4	2	18.27	31.00	1.72
1	4	3	6.82	19.22	3.30
1	4	4	1.69	13.05	1.74
1	4	5	0.06	11.18	1.96
1	4	6	0.05	9.58	2.39
1	4	7	0.05	10.65	1.70
2	4	1	38.22	80.03	1.81
2	4	2	26.10	62.77	2.30
2	4	3	14.01	44.80	2.42
2	4	4	5.84	34.33	1.44
2	4	5	1.14	24.59	2.96
2	4	6	0.07	25.23	2.38
2	4	7	0.06	25.53	2.23
2	6	1	46.77	78.89	1.37
2	6	2	36.04	61.06	1.56
2	6	3	23.96	44.35	4.31
2	6	4	12.99	27.91	2.54
2	6	5	6.15	20.26	2.38
2	6	6	2.25	15.25	2.00
2	6	7	0.48	12.13	2.70
2	8	1	53.82	80.84	2.24

1593928
ปร.
ก4262
2551

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) แสดงช่วงเวลาเฉลี่ยเวลารอเข้าซ่อมและช่วงเวลาเฉลี่ยการหยุดทำงาน กรณีที่ 1

จำนวนสายการผลิต	จำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรอง	จำนวนหน่วยซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยในการรอซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยที่สายการผลิตหยุดทำงาน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2	8	2	43.19	58.56	3.00
2	8	3	32.07	42.41	1.85
2	8	4	21.32	28.68	3.18
2	8	5	10.61	15.38	3.95
2	8	6	5.52	11.61	3.17
2	8	7	2.26	7.61	1.52
3	6	1	46.90	78.32	2.82
3	6	2	36.16	61.43	2.71
3	6	3	22.87	38.78	2.56
3	6	4	13.31	29.43	2.57
3	6	5	6.55	22.13	2.10
3	6	6	2.39	16.18	2.34
3	6	7	0.48	12.06	1.01
3	9	1	56.56	81.74	1.74
3	9	2	47.02	59.06	3.61
3	9	3	35.09	40.37	3.39
3	9	4	23.04	25.20	3.18
3	9	5	11.04	12.25	1.41
3	9	6	6.64	9.63	2.40
3	9	7	3.09	6.34	1.50
3	12	1	62.54	78.92	2.22
3	12	2	53.98	56.32	2.00
3	12	3	44.65	42.69	3.70
3	12	4	30.25	24.33	3.28
3	12	5	18.60	12.01	2.92
3	12	6	10.80	6.97	2.16
3	12	7	4.97	3.30	0.99

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) แสดงช่วงเวลาเฉลี่ยเวลารอเข้าซ่อมและช่วงเวลาเฉลี่ยการหยุดทำงาน กรณีที่ 1

จำนวนสายการผลิต	จำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรอง	จำนวนหน่วยซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยในการรอซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยที่สายการผลิตหยุดทำงาน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
4	8	1	53.63	80.20	2.08
4	8	2	44.05	61.81	1.51
4	8	3	31.89	42.30	3.56
4	8	4	20.59	28.08	1.86
4	8	5	11.30	16.87	3.22
4	8	6	4.89	9.70	1.86
4	8	7	2.34	7.85	2.00
4	12	1	62.45	78.18	3.35
4	12	2	54.78	60.56	2.50
4	12	3	43.98	41.01	1.85
4	12	4	30.89	22.94	3.21
4	12	5	17.40	11.43	3.26
4	12	6	8.53	5.37	1.82
4	12	7	5.25	4.05	2.69
4	16	1	68.96	80.37	2.73
4	16	2	61.80	60.62	3.97
4	16	3	52.45	40.45	1.80
4	16	4	38.99	20.93	1.54
4	16	5	20.10	8.05	2.59
4	16	6	12.38	4.33	2.29
4	16	7	6.27	1.71	0.71

4.2.1.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง กรณีที่ 1

ที่จำนวน 1 สายการผลิต เครื่องพิมพ์สำรอง 2, 3, 4 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 1-7 หน่วย 2 สายการผลิต เครื่องพิมพ์สำรอง 4, 6, 8 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 1-7 หน่วย 3 สายการผลิต เครื่องพิมพ์สำรอง 6, 8, 12 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 1-7 หน่วยและ 4 สายการผลิต เครื่องพิมพ์สำรอง 8, 12, 16 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 1-7 หน่วย การแจกแจงอายุการใช้งานเป็นแบบ Weibull ($\lambda = \frac{1}{\sqrt{3}}$, $\beta = \frac{1}{2}$) และการแจกแจงของระยะเวลาการซ่อมบำรุงเป็นแบบ Exponential (λ=2) ซึ่ง

การแจกแจงแบบ Weibull เป็นการแจกแจงของความเสียหายทั่วไปของเครื่องจักร จากรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของอายุการใช้งานของเครื่องพิมพ์ มีค่าเป็น 0.79 วัน แสดงให้เห็นว่าเครื่องพิมพ์เสียบ่อย จะเห็นได้ว่าหากมีเครื่องพิมพ์สำรองเพิ่มขึ้นมากเท่าไรก็จะช่วยลดเวลาเฉลี่ยที่สายการผลิตหยุดทำงาน แต่ระยะเวลาในการซ่อมบำรุงเครื่องพิมพ์ มีค่าเวลาเฉลี่ยเป็น 0.5 วัน ซึ่งเป็นเวลานาน ถึงแม้จะมีจำนวนเครื่องพิมพ์สำรองหลายเครื่อง แต่หน่วยซ่อมบำรุงมีจำนวนน้อยก็จะทำให้เกิดระยะเวลาในการรอเข้าซ่อมบำรุงและส่งผลทำให้สายการผลิตหยุดทำงานอีกด้วย จากการทดลองจะเห็นได้ว่าค่าเวลาเฉลี่ยในการรอซ่อมบำรุงจะลดลงก็ต่อเมื่อมีการเพิ่มจำนวนหน่วยซ่อมบำรุงและการหยุดทำงานของสายการผลิตจะลดลงก็ต่อเมื่อมีการเพิ่มจำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรองไปเท่าๆกับจำนวนหน่วยซ่อมบำรุง

4.2.2 กรณีที่ 2 ประมวลผลโปรแกรม ดังนี้

1 สายการผลิต เครื่องพิมพ์สำรอง 2, 3, 4 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 1-7 หน่วย

2 สายการผลิต เครื่องพิมพ์สำรอง 4, 6, 8 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 1-7 หน่วย

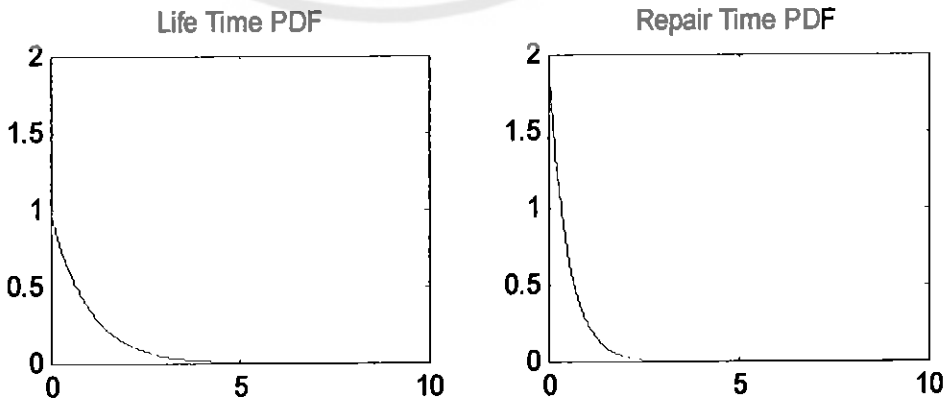
3 สายการผลิต เครื่องพิมพ์สำรอง 6, 8, 12 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 1-7 หน่วย

4 สายการผลิต เครื่องพิมพ์สำรอง 8, 12, 16 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 1-7 หน่วย

และการแจกแจงแบบต่างๆ ดังตารางที่ 4.3

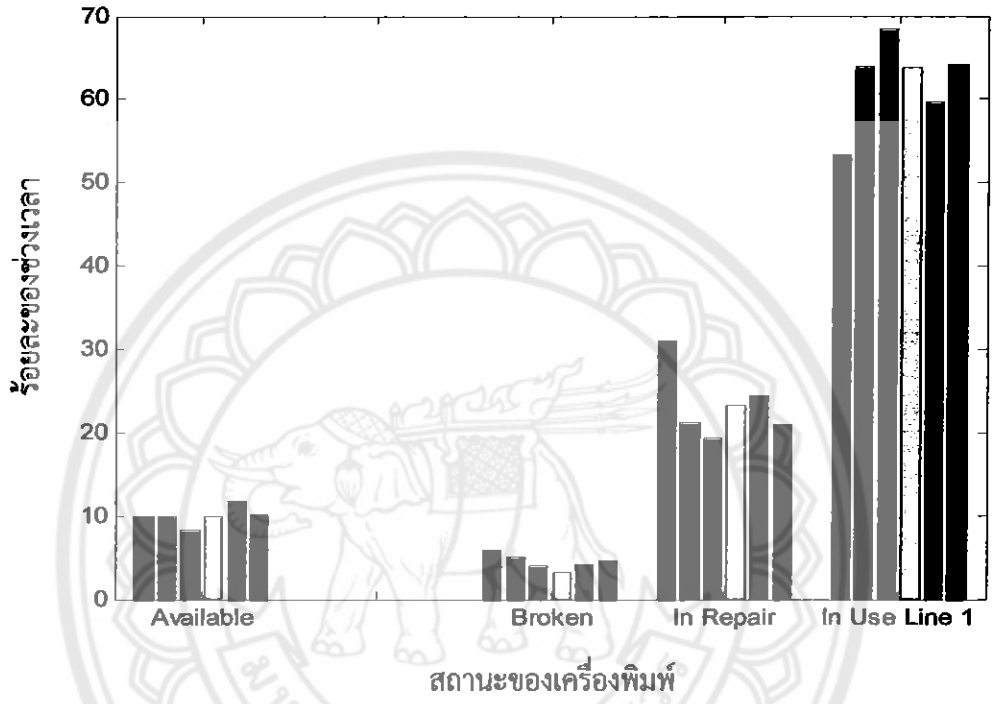
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าของตัวแปรที่ใช้ในการจำลอง กรณีที่ 2

การแจกแจง (อายุการใช้งาน)	แบบ Exponential (λ=1)
การแจกแจง (เวลาในการซ่อม)	แบบ Exponential (λ=2)



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงอายุการใช้งานของเครื่องพิมพ์และช่วงเวลาในการซ่อมบำรุง กรณีที่ 2

เป็นกราฟแสดงผลการทดลอง ลำดับที่ 1 (1 สายการผลิต เครื่องพิมพ์สำรอง 2 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 1 หน่วย) โดยที่สีในกราฟแท่งแต่ละแท่งแทนเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่อง ซึ่งในกรณีนี้มีทั้งหมด 6 เครื่อง และมีสถานะการใช้งานทั้งหมด 4 สถานะ คือ สถานะพร้อมใช้งาน สถานะเครื่องเสีย สถานะเข้าซ่อม และสถานะถูกใช้ในสายการพิมพ์ต่างๆ และความสูงของกราฟ คือระยะเวลา (วัน) ที่เครื่องพิมพ์เครื่องนั้นอยู่สถานะต่างๆ รูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ กรณีที่ 2 การทดลองลำดับที่ 1

ผลที่ได้จากการประมวล 30 รอบแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาในการรอเข้าซ่อมและช่วงเวลาในการหยุดทำงานของสายการผลิต ได้ผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงช่วงเวลาเฉลี่ยเวลารอเข้าซ่อมและช่วงเวลาเฉลี่ยการหยุดทำงาน กรณีที่ 2

จำนวนสายการผลิต	จำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรอง	จำนวนหน่วยซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยในการรอซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยที่สายการผลิตหยุดทำงาน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	2	1	21.64	51.59	3.03
1	2	2	4.69	27.86	3.80
1	2	3	0.05	19.94	2.45
1	2	4	0.05	20.76	3.21

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) แสดงช่วงเวลาเฉลี่ยเวลารอเข้าซ่อมและช่วงเวลาเฉลี่ยการหยุดทำงาน กรณีที่ 2

จำนวนสายการผลิต	จำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรอง	จำนวนหน่วยซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยในการรอซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยที่สายการผลิตหยุดทำงาน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	2	5	0.05	20.07	2.72
1	2	6	0.05	21.37	2.81
1	2	7	0.05	21.69	3.60
1	3	1	30.93	50.74	2.49
1	3	2	10.27	24.41	3.07
1	3	3	2.03	13.80	2.00
1	3	4	0.05	9.54	1.73
1	3	5	0.05	8.64	1.10
1	3	6	0.05	9.13	1.80
1	3	7	0.05	8.39	1.86
1	4	1	38.77	50.60	3.76
1	4	2	12.61	16.60	2.12
1	4	3	3.52	8.19	2.28
1	4	4	0.66	4.91	1.17
1	4	5	0.05	3.74	1.18
1	4	6	0.05	3.81	0.99
1	4	7	0.05	4.29	1.01
2	4	1	37.04	73.81	3.56
2	4	2	22.98	49.50	3.13
2	4	3	10.92	32.02	2.90
2	4	4	3.60	21.23	2.56
2	4	5	0.73	17.44	1.30
2	4	6	0.06	15.62	1.73
2	4	7	0.06	16.21	1.67
2	6	1	45.92	74.13	3.23
2	6	2	33.13	49.54	3.07
2	6	3	19.06	28.27	2.11

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) แสดงช่วงเวลาเฉลี่ยเวลารอเข้าซ่อมและช่วงเวลาเฉลี่ยการหยุดทำงาน กรณีที่ 2

จำนวนสายการผลิต	จำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรอง	จำนวนหน่วยซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยในการรอซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยที่สายการผลิตหยุดทำงาน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2	6	4	8.48	14.39	2.23
2	6	5	2.98	8.23	1.90
2	6	6	0.85	5.53	0.99
2	6	7	0.17	4.51	1.02
2	8	1	52.51	73.76	2.31
2	8	2	41.43	49.88	3.45
2	8	3	26.40	25.35	3.69
2	8	4	12.56	11.02	2.25
2	8	5	5.34	5.48	1.74
2	8	6	1.70	2.23	1.01
2	8	7	0.57	1.44	0.75
3	6	1	41.50	82.57	1.34
3	6	2	33.16	67.05	3.08
3	6	3	23.77	49.50	2.84
3	6	4	14.34	34.12	2.15
3	6	5	7.79	25.23	2.58
3	6	6	3.13	18.40	1.14
3	6	7	0.91	14.84	2.10
3	9	1	50.02	82.64	2.24
3	9	2	42.72	66.72	3.09
3	9	3	34.82	50.45	2.68
3	9	4	25.35	34.47	1.77
3	9	5	15.62	19.64	3.31
3	9	6	8.43	12.54	3.30
3	9	7	3.61	6.46	0.81
3	12	1	56.41	82.67	2.46
3	12	2	49.65	66.23	2.20

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) แสดงช่วงเวลาเฉลี่ยเวลารอเข้าซ่อมและช่วงเวลาเฉลี่ยการหยุดทำงาน กรณีที่ 2

จำนวนสายการผลิต	จำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรอง	จำนวนหน่วยซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยในการรอซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยที่สายการผลิตหยุดทำงาน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
3	12	3	42.45	49.63	2.49
3	12	4	33.45	32.40	2.66
3	12	5	22.73	17.59	1.65
3	12	6	13.12	9.19	1.86
3	12	7	6.25	4.29	0.82
4	8	1	44.14	87.17	1.25
4	8	2	37.69	74.36	0.86
4	8	3	30.78	61.00	2.11
4	8	4	24.12	48.84	1.68
4	8	5	17.29	38.12	2.33
4	8	6	11.06	28.30	2.25
4	8	7	5.90	20.61	2.01
4	12	1	52.03	85.88	1.24
4	12	2	46.61	75.34	0.94
4	12	3	40.84	62.27	1.93
4	12	4	35.06	49.55	2.12
4	12	5	28.78	38.60	2.44
4	12	6	20.94	22.76	1.85
4	12	7	13.92	16.63	3.43
4	16	1	58.08	85.74	0.69
4	16	2	53.40	74.80	1.34
4	16	3	47.69	59.24	1.41
4	16	4	42.87	49.96	3.21
4	16	5	36.92	36.73	3.00
4	16	6	30.31	25.73	2.39
4	16	7	21.90	15.98	2.01

4.2.2.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง กรณีที่ 2

ที่จำนวน 1 สายการผลิต เครื่องพิมพ์สำรอง 2, 3, 4 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 1-7 หน่วย 2 สายการผลิต เครื่องพิมพ์สำรอง 4, 6, 8 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 1-7 หน่วย 3 สายการผลิต เครื่องพิมพ์สำรอง 6, 8, 12 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 1-7 หน่วย 4 สายการผลิต เครื่องพิมพ์สำรอง 8, 12, 16 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 1-7 หน่วย การแจกแจงอายุการใช้งานเป็นแบบ Exponential (λ=1) และการแจกแจงของระยะเวลาการซ่อมเป็นแบบ Exponential (λ=2) เพื่อต้องการปรับปรุงการแจกแจงแบบ Weibull ในการทดลองชุดที่ 1 กรณีที่ 1 จึงทดลองใช้การแจกแจงแบบ Exponential สำหรับอายุการใช้งานของเครื่องพิมพ์ โดยทำการขยายเวลาก่อนที่เครื่องพิมพ์จะเสียให้มากยิ่งขึ้น จากรูปที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าเวลาเฉลี่ยอายุการใช้งานของเครื่องพิมพ์ มีค่าเป็น 1 วัน แสดงให้เห็นว่าเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่องเฉลี่ยแล้วเสียวันละ 1 ครั้ง ระยะเวลาในการซ่อมบำรุงเครื่องพิมพ์ มีค่าเป็น 0.5 วัน ซึ่งหมายความว่าหน่วยซ่อมบำรุง 1 หน่วย สามารถซ่อมบำรุงเฉลี่ยได้วันละ 2 เครื่อง ซึ่งถ้ามีเครื่องพิมพ์สำรอง 4 เครื่องต่อ 1 สายการผลิต และหน่วยซ่อมบำรุงเฉลี่ย 2-3 หน่วย ก็หน้าจะเพียงพอแต่ถ้าจำนวนเครื่องพิมพ์มีมากกว่าหน่วยซ่อมบำรุง ทำให้เกิดการรอเข้าซ่อมบำรุงเป็นเวลานาน และยังส่งผลให้สายการผลิตหยุดทำงานเป็นเวลานานเช่นกัน แต่เมื่อมีการเพิ่มจำนวนหน่วยซ่อมบำรุงจะพบว่าสามารถลดเวลาในการรอเข้าซ่อมบำรุงของเครื่องพิมพ์ลง และเมื่อทำการทดลองเพิ่มเครื่องพิมพ์สำรองจะพบว่าเวลาที่สายการผลิตหยุดทำงานลดลงเช่นกัน

4.2.3 กรณีที่ 3 ประมวลผลโปรแกรม ดังนี้

1 สายการผลิต เครื่องพิมพ์สำรอง 2, 3, 4 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 1-7 หน่วย

2 สายการผลิต เครื่องพิมพ์สำรอง 4, 6, 8 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 1-7 หน่วย

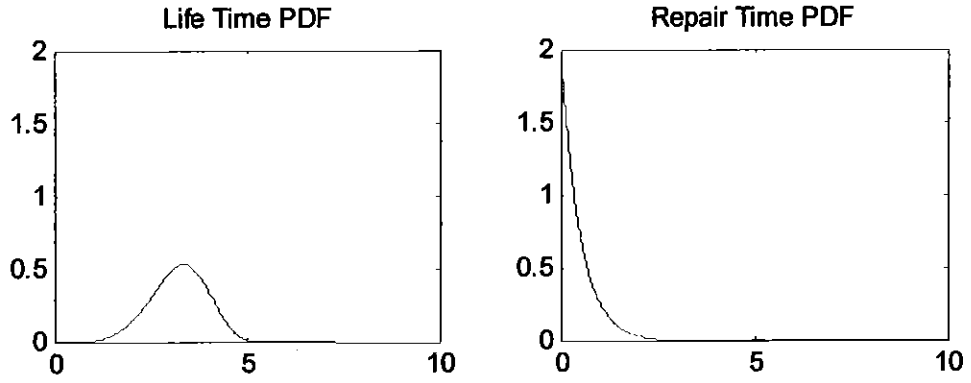
3 สายการผลิต เครื่องพิมพ์สำรอง 6, 8, 12 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 1-7 หน่วย

4 สายการผลิต เครื่องพิมพ์สำรอง 8, 12, 16 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 1-7 หน่วย

และการแจกแจงแบบต่างๆดังตารางที่ 4.5

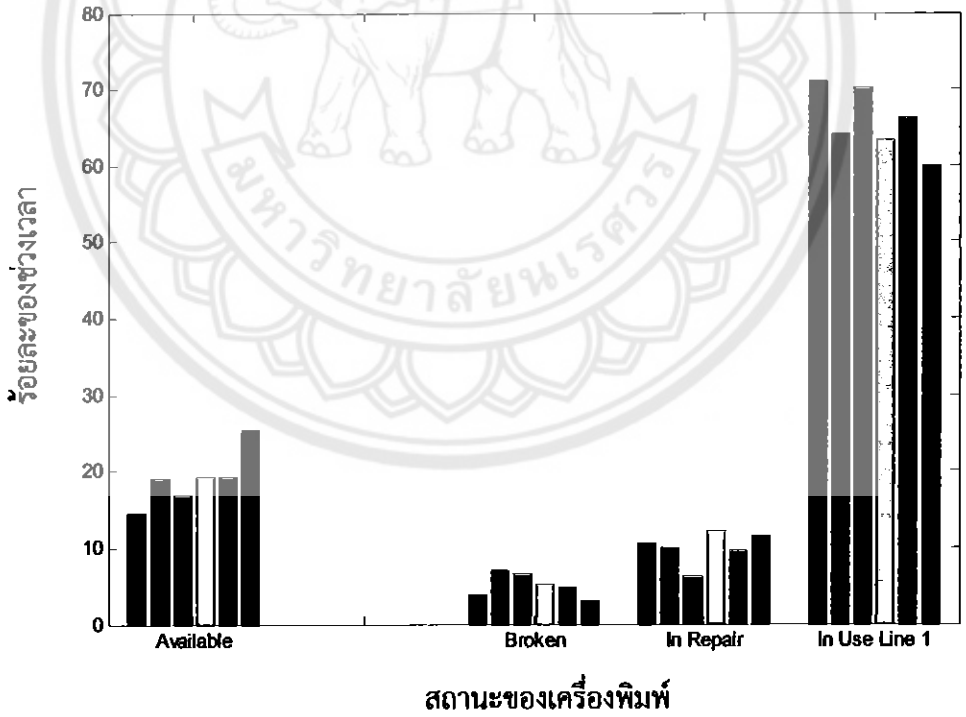
ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงค่าของตัวแปรที่ใช้ในการจำลอง กรณีที่ 3

การแจกแจง (อายุการใช้งาน)	แบบ Weibull ($\lambda = 5, \beta = 3.5$)
การแจกแจง (เวลาในการซ่อม)	แบบ Exponential (λ =2)



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงอายุการใช้งานของเครื่องพิมพ์และช่วงเวลาในการซ่อมบำรุง กรณีที่ 3

เป็นกราฟแสดงผลการทดลอง ลำดับที่ 1 (1 สายการผลิต เครื่องพิมพ์สำรอง 2 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 1 หน่วย) โดยที่สีในกราฟแท่งแต่ละแท่งแทนเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่อง ซึ่งในกรณีนี้มีทั้งหมด 6 เครื่อง และมีสถานะการใช้งานทั้งหมด 4 สถานะ คือ สถานะพร้อมใช้งาน สถานะเครื่องเสีย สถานะเข้าซ่อม และสถานะถูกใช้ในสายการพิมพ์ต่างๆ และความสูงของกราฟ คือระยะเวลา (วัน) ที่เครื่องพิมพ์เครื่องนั้นอยู่สถานะต่างๆ รูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงสถานการณ์ทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ กรณีที่ 3

ผลที่ได้จากการประมวล 30 รอบแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาในการรอเข้าซ่อมและช่วงเวลาในการหยุดทำงานของสายการผลิต ได้ผลดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงช่วงเวลาเฉลี่ยเวลารอเข้าซ่อมและช่วงเวลาเฉลี่ยการหยุดทำงาน กรณีที่ 3

จำนวนสายการผลิต	จำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรอง	จำนวนหน่วยซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยในการรอซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยที่สายการผลิตหยุดทำงาน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	2	1	4.91	5.76	1.59
1	2	2	0.29	1.61	0.67
1	2	3	0.02	1.63	0.62
1	2	4	0.02	1.46	0.51
1	2	5	0.02	1.26	0.32
1	2	6	0.02	1.55	0.60
1	2	7	0.02	1.56	0.73
1	3	1	6.01	2.76	1.38
1	3	2	0.44	0.27	0.16
1	3	3	0.02	0.04	0.06
1	3	4	0.02	0.09	0.17
1	3	5	0.02	0.12	0.14
1	3	6	0.02	0.01	0.04
1	3	7	0.02	0.00	0.00
1	4	1	5.84	0.46	0.28
1	4	2	0.37	0.00	0.00
1	4	3	0.02	0.00	0.00
1	4	4	0.02	0.00	0.00
1	4	5	0.02	0.00	0.00
1	4	6	0.02	0.00	0.00
1	4	7	0.02	0.00	0.00
2	4	1	22.09	23.45	3.67
2	4	2	2.79	1.63	0.69
2	4	3	0.43	0.45	0.31
2	4	4	0.06	0.26	0.23
2	4	5	0.02	0.21	0.14
2	4	6	0.02	0.18	0.14

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) แสดงช่วงเวลาเฉลี่ยเวลารอเข้าซ่อมและช่วงเวลาเฉลี่ยการหยุดทำงาน กรณีที่ 3

จำนวนสายการผลิต	จำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรอง	จำนวนหน่วยซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยในการรอซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยที่สายการผลิตหยุดทำงาน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2	4	7	0.02	0.13	0.13
2	6	1	29.17	19.67	3.37
2	6	2	3.01	0.34	0.53
2	6	3	0.39	0.00	0.04
2	6	4	0.06	0.03	0.06
2	6	5	0.02	0.00	0.00
2	6	6	0.02	0.00	0.00
2	6	7	0.02	0.00	0.01
2	8	1	33.10	15.48	3.33
2	8	2	2.61	0.00	0.01
2	8	3	0.31	0.00	0.00
2	8	4	0.05	0.00	0.00
2	8	5	0.02	0.00	0.00
2	8	6	0.02	0.00	0.00
2	8	7	0.02	0.00	0.00
3	6	1	29.80	21.17	3.21
3	6	2	2.96	0.27	0.38
3	6	3	0.32	0.02	0.05
3	6	4	0.04	0.00	0.00
3	6	5	0.02	0.00	0.00
3	6	6	0.02	0.00	0.00
3	6	7	0.02	0.00	0.00
3	9	1	38.27	22.22	2.35
3	9	2	2.54	0.00	0.00
3	9	3	0.38	0.00	0.00
3	9	4	0.03	0.00	0.00
3	9	5	0.02	0.00	0.00

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) แสดงช่วงเวลาเฉลี่ยเวลารอเข้าซ่อมและช่วงเวลาเฉลี่ยการหยุดทำงาน กรณีที่ 3

จำนวนสายการผลิต	จำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรอง	จำนวนหน่วยซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยในการรอซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยที่สายการผลิตหยุดทำงาน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
3	9	6	0.01	0.00	0.00
3	9	7	0.01	0.00	0.00
3	12	1	44.06	14.49	1.67
3	12	2	1.91	0.00	0.00
3	12	3	0.20	0.00	0.00
3	12	4	0.04	0.00	0.00
3	12	5	0.01	0.00	0.00
3	12	6	0.01	0.00	0.00
3	12	7	0.01	0.00	0.00
4	8	1	35.01	17.28	1.89
4	8	2	2.56	0.06	0.17
4	8	3	0.32	0.00	0.00
4	8	4	0.06	0.00	0.00
4	8	5	0.02	0.00	0.00
4	8	6	0.02	0.00	0.00
4	8	7	0.02	0.00	0.00
4	12	1	43.04	16.44	1.73
4	12	2	2.11	0.00	0.00
4	12	3	0.22	0.00	0.00
4	12	4	0.05	0.00	0.00
4	12	5	0.01	0.00	0.00
4	12	6	0.01	0.00	0.00
4	12	7	0.01	0.00	0.00
4	16	1	46.73	13.55	1.40
4	16	2	1.79	0.00	0.00
4	16	3	0.20	0.00	0.00
4	16	4	0.03	0.00	0.00

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) แสดงช่วงเวลาเฉลี่ยเวลารอเข้าซ่อมและช่วงเวลาเฉลี่ยการหยุดทำงาน กรณีที่ 3

จำนวนสายการผลิต	จำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรอง	จำนวนหน่วยซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยในการรอซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยที่สายการผลิตหยุดทำงาน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
4	16	5	0.01	0.00	0.00
4	16	6	0.01	0.00	0.00
4	16	7	0.01	0.00	0.00

4.2.3.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง กรณีที่ 3

ที่จำนวน 1 สายการผลิต เครื่องพิมพ์สำรอง 2, 3, 4 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 1-7 หน่วย 2 สายการผลิต เครื่องพิมพ์สำรอง 4, 6, 8 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 1-7 หน่วย 3 สายการผลิต เครื่องพิมพ์สำรอง 6, 8, 12 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 1-7 หน่วย 4 สายการผลิต เครื่องพิมพ์สำรอง 8, 12, 16 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 1-7 หน่วย การแจกแจงอายุการใช้งานเป็นแบบ Weibull (λ=5, β=3.5) และการแจกแจงของระยะเวลาในการซ่อมบำรุงเป็นแบบ Exponential (λ=2) จากรูปที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของอายุการใช้งานเครื่องพิมพ์ มีค่าเฉลี่ยเป็น 3.21 วัน ระยะเวลาในการซ่อมบำรุงเครื่องพิมพ์ มีค่าเฉลี่ยเป็น 0.5 วัน กล่าวคือ อายุการใช้งานของเครื่องพิมพ์ยาวนานกว่าระยะเวลาในการซ่อมบำรุงมาก ซึ่งจะทำให้ระยะเวลาในการรอเข้าซ่อมบำรุงเครื่องพิมพ์สั้น และเวลาที่สายการผลิตหยุดทำงานลดลงด้วย จากผลการทดลองเพียงเพิ่มจำนวนเครื่องพิมพ์สำรองไม่กี่เครื่อง และหน่วยซ่อมบำรุงไม่กี่หน่วย เวลาที่สายการผลิตหยุดทำงานก็เป็น 0

4.3 ผลการทดลองชุดที่ 2

เพื่อหาว่าควรจะมีเครื่องพิมพ์สำรองเท่าไร และจำนวนหน่วยซ่อมบำรุงมีเท่าไรที่จะเหมาะสมที่สุด เนื่องจากผลการศึกษากรณีที่ 2 และ 3 ในกรณีที่ 2 จะเห็นได้ว่า 1 สายการผลิตมีเครื่องพิมพ์สำรอง 4 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 3, 4 หน่วย ก็ทำให้เวลาเฉลี่ยที่สายการผลิตหยุดทำงานมีแค่ร้อยละ 4-5 เท่านั้น ในกรณีที่ 3 ถ้ามีเครื่องพิมพ์สำรอง 2-3 เครื่องและหน่วยซ่อมบำรุง 1-2 หน่วย เวลาเฉลี่ยที่สายการผลิตหยุดทำงานมีไม่ถึงร้อยละ 1

4.3.1 กรณีที่ 1 การแจกแจงอายุการใช้งานแบบ Weibull ($\lambda = \frac{1}{\sqrt{3}}, \beta = \frac{1}{2}$) และการแจกแจงการซ่อมบำรุงแบบ Exponential (λ =2) เพราะเป็นการแจกแจงของความเสียหายของเครื่องจักรทั่วไป และเป็นการแจกแจงที่นิยมใช้ในการจำลองปัญหาประเภทนี้

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าเฉลี่ยเวลารอการซ่อมบำรุงและการหยุดงานของสายการผลิต

การทดลองชุดที่ 2 กรณีที่ 1

จำนวนสายการผลิต	จำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรอง	จำนวนหน่วยซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยในการซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยที่สายการผลิตหยุดทำงาน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าใช้จ่าย
1	2	1	24.29	61.73	2.13	2000000
1	2	2	6.68	39.72	2.17	3800000
1	2	3	0.07	30.46	1.77	5600000
1	2	4	0.06	30.36	3.43	7400000
1	2	5	0.06	30.67	3.08	9200000
1	2	6	0.06	31.51	3.56	11000000
1	2	7	0.06	31.20	3.50	12800000
1	3	1	33.56	60.87	3.29	2100000
1	3	2	13.25	34.82	1.15	3900000
1	3	3	3.57	24.75	3.38	5700000
1	3	5	0.06	18.41	2.57	9300000
1	3	6	0.06	18.68	2.72	11100000
1	3	7	0.06	19.49	3.47	12900000
1	4	1	40.99	60.87	3.85	2200000
1	4	2	18.73	31.97	2.73	4000000
1	**4**	**5**	**0.06**	**10.74**	**1.95**	**9400000**
1	4	6	0.06	9.95	2.10	11200000
1	4	7	0.06	10.22	2.09	13000000
1	5	1	47.57	60.83	2.70	2300000
1	5	2	23.91	31.48	2.95	4100000
1	5	3	9.05	14.42	3.56	5900000
1	**5**	**4**	**2.97**	**8.51**	**2.44**	**7700000**
1	5	5	0.78	6.49	1.90	9500000
1	5	6	0.06	5.58	1.17	11300000

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยเวลารอการซ่อมบำรุงและการหยุดงานของสายการผลิต การทดลองชุดที่ 2 กรณีที่ 1

จำนวนสายการผลิต	จำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรอง	จำนวนหน่วยซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยในการซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยที่สายการผลิตหยุดทำงาน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าใช้จ่าย
1	5	7	0.05	5.36	1.27	13100000
1	6	1	52.63	62.37	2.55	2400000
1	6	2	28.81	31.69	3.35	4200000
1	6	3	11.74	12.95	3.35	6000000
1	6	4	4.39	6.76	2.15	7800000
1	6	5	1.54	4.62	1.73	9600000
1	6	6	0.38	3.27	0.98	11400000
1	6	7	0.05	3.02	0.83	13200000
1	7	1	56.19	61.03	3.65	2500000
1	7	2	31.30	25.71	3.64	4300000
1	7	3	13.71	11.52	3.68	6100000
1	7	4	5.24	5.25	2.16	7900000
1	7	5	1.71	2.57	1.08	9700000
1	7	6	0.66	1.92	0.73	11500000
1	7	7	0.18	1.54	0.84	13300000
1	8	1	58.94	58.93	1.09	2600000
1	8	2	33.46	24.44	1.46	4400000
1	8	3	15.68	10.42	3.16	6200000
1	8	4	5.94	3.83	2.20	8000000
1	8	5	2.17	1.88	1.03	9800000
1	8	6	0.78	1.08	0.74	11600000
1	8	7	0.28	0.80	0.42	13400000

4.3.1.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลอง จากตารางที่ 4.7 และข้อมูลที่ได้จากการสอบถามจากโรงพิมพ์ขนาดเล็กพบว่าราคาหน่วยซ่อมบำรุง 1 หน่วย มีค่าใช้จ่ายประมาณ 15,000 บาทต่อเดือน (เงินเดือนพนักงาน) ราคาเครื่องพิมพ์สำรอง 1 เครื่อง มีค่าใช้จ่ายประมาณ 100,000 บาทต่อ 10 ปี

โดยประมาณ ถ้าหากเวลาเฉลี่ยที่รอเข้าซ่อมบำรุงจะมีค่าที่น้อยเพียงใด แต่เวลาเฉลี่ยที่สายการผลิตหยุดทำงานยังมีมาก ก็ไม่ส่งผลให้เกิดประโยชน์ใดๆ ดังนั้น จึงพิจารณาเวลาที่สายการผลิตหยุดทำงานจากการสังเกตแนวโน้มจากตารางจะพบว่า ค่าที่สมเหตุสมผลมากที่สุดคือ เครื่องพิมพ์สำรอง 4 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 4 หน่วย หรืออัตรา 1:1:1 ค่านี้จะทำให้สายการผลิตการหยุดงานร้อยละ 12.96 ค่าใช้จ่าย 7,600,000 บาท แต่ถ้ามีการเพิ่มเครื่องจักรอีก 1 เครื่อง จะพบว่า เวลาเฉลี่ยที่สายการผลิตหยุดทำงานลดลงเพียงร้อยละ 4 ค่าใช้จ่ายจะเพิ่มขึ้นเป็น 7,700,000 บาท แต่ถ้าเพิ่มหน่วยซ่อมบำรุง 1 หน่วย เวลาในการหยุดของสายการผลิตก็ลดลงเพียงร้อยละ 2 ค่าใช้จ่าย 9,400,000 บาท เมื่อนำอัตราเวลาเฉลี่ยที่สายการผลิตหยุดทำงานไปเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายแล้ว พบว่าการเพิ่มหน่วยซ่อมบำรุงเพียง 1 หน่วยมีค่าใช้จ่ายมากกว่าการเพิ่มจำนวนเครื่องพิมพ์สำรอง 1 เครื่อง และเวลาที่สายการผลิตหยุดทำงานลดลงเพียงเล็กน้อย

4.4 ผลการทดลอง ชุดที่ 3

เนื่องจากผลการทดลองชุดที่ 2 สรุปได้ว่าใน 1 สายการผลิตควรมีเครื่องพิมพ์สำรอง 4 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 4 หน่วยหรือในอัตรา 1:1:1 (เครื่องพิมพ์ทำงาน 1 เครื่อง : เครื่องพิมพ์สำรอง 1 เครื่อง : หน่วยซ่อมบำรุง 1 หน่วย) ผู้จัดทำโครงงานต้องการรู้ว่า ถ้าเพิ่มจำนวนสายการผลิตเป็น 2, 3, 4 สายการผลิต จำเป็นหรือไม่ที่จะใช้อัตรา 1:1:1 คือ ถ้า 2 สายการผลิตจำนวนเครื่องพิมพ์สำรอง 8 เครื่อง จำนวนหน่วยซ่อมบำรุง 8 หน่วย ถ้า 3 สายการผลิตจำนวนเครื่องพิมพ์สำรอง 12 เครื่อง จำนวนหน่วยซ่อมบำรุง 12 หน่วย และถ้า 4 สายการผลิตจำนวนเครื่องพิมพ์สำรอง 16 เครื่อง จำนวนหน่วยซ่อมบำรุง 16 หน่วย

4.4.1 จำนวนสายการผลิต 2 สาย

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าเฉลี่ยเวลารอการซ่อมบำรุงและการหยุดงานของ 2 สายการผลิต

จำนวนสายการผลิต	จำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรอง	จำนวนหน่วยซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยในการซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยที่สายการผลิตหยุดทำงาน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าใช้จ่าย
2	4	4	5.57	33.06	2.69	7600000
2	4	5	1.28	27.45	1.00	9400000
2	4	6	0.08	26.00	0.81	11200000
2	4	7	0.06	24.41	2.36	13000000

ตารางที่ 4.8 (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยเวลารอการซ่อมบำรุงและการหยุดงานของ 2 สายการผลิต

จำนวนสายการผลิต	จำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรอง	จำนวนหน่วยซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยในการซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยที่สายการผลิตหยุดทำงาน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าใช้จ่าย
2	4	8	0.06	24.86	2.33	14800000
2	5	4	9.48	30.85	2.27	7700000
2	5	5	3.59	22.87	3.27	9500000
2	5	6	0.72	17.59	2.87	11300000
2	5	7	0.07	19.30	1.89	13100000
2	5	8	0.07	19.03	1.22	14900000
2	6	4	12.00	23.89	0.93	7800000
2	6	5	5.89	19.38	3.73	9600000
2	6	6	2.17	14.69	3.09	11400000
2	6	7	0.51	13.29	2.01	13200000
2	6	8	0.06	11.54	0.81	15000000
2	7	4	16.27	26.04	3.61	7900000
2	7	5	8.91	18.99	0.85	9700000
2	7	6	3.82	12.85	2.11	11500000
2	7	7	1.46	10.45	2.22	13300000
2	8	4	19.84	25.54	3.81	8000000
2	8	5	11.96	18.95	1.98	9800000
2	8	6	5.37	11.71	1.76	11600000
2	**8**	**7**	**2.02**	**6.69**	**0.79**	**13400000**

4.4.1.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง 2 สายการผลิต

เนื่องจากผู้จัดทำโครงงานต้องการทราบว่า ถ้าจำนวนสายการผลิตเป็น 2 สายการผลิตจำเป็นหรือไม่ที่จะต้องมีเครื่องพิมพ์สำรอง 8 เครื่องและหน่วยซ่อมบำรุง 8 หน่วย ซึ่งจากตารางที่ 4.8 เวลาเฉลี่ยที่สายการผลิตการหยุดทำงานเป็นร้อยละ 4.68 ค่าใช้จ่าย 15,200,000 บาท แต่ผลจากตารางที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าถ้าหากเครื่องพิมพ์สำรอง 7 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุงเป็น 8 หน่วย

และมีเครื่องพิมพ์สำรอง 8 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 7 หน่วย ซึ่งมีค่าเฉลี่ยที่สายการผลิตหยุดทำงานเป็นร้อยละ 8.08 ค่าใช้จ่าย 15,100,000 บาท และร้อยละ 6.69 ค่าใช้จ่าย 13,400,000 บาท ตามลำดับ ก็สามารถลดเวลาที่สายการผลิตหยุดทำงานได้เช่นกัน แต่อาจจะไม่ดีเท่ากับการเพิ่มจำนวนที่เท่ากับเครื่องพิมพ์ที่ทำงานในสายการผลิตก็ตาม ถ้าวิเคราะห์ในเรื่องของค่าใช้จ่ายระยะยาว การที่มีเครื่องพิมพ์สีสำรอง 8 เครื่องและหน่วยซ่อมบำรุง 7 หน่วย จะมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการที่มีหน่วยซ่อมบำรุงมากกว่าเครื่องพิมพ์สำรอง เพราะว่าการเพิ่มเครื่องพิมพ์สำรองก็จะมีความคุ้มค่ามากกว่าหน่วยซ่อมบำรุง 1 หน่วย

4.4.2 จำนวนสายการผลิต 3 สาย

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าเฉลี่ยเวลารอการซ่อมบำรุงและการหยุดงานของ 3 สายการผลิต

จำนวนสายการผลิต	จำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรอง	จำนวนหน่วยซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยในการซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยที่สายการผลิตหยุดทำงาน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าใช้จ่าย
3	8	8	2.48	15.88	1.73	15200000
3	8	9	0.92	15.18	1.48	17000000
3	8	10	0.19	12.95	2.46	18800000
3	8	11	0.07	12.84	1.77	20600000
3	8	12	0.07	11.94	0.72	22400000
3	9	8	3.79	13.75	1.29	15300000
3	9	9	1.75	11.69	2.12	17100000
3	9	10	0.53	9.41	1.52	18900000
3	9	11	0.14	9.14	1.45	20700000
3	9	12	0.07	9.22	1.44	22500000
3	10	8	5.42	13.44	2.61	15400000
3	10	9	3.21	11.86	1.43	17200000
3	10	10	1.08	7.40	1.09	19000000
3	10	11	0.40	7.68	0.93	20800000
3	10	12	0.13	6.99	0.84	22600000
3	11	8	6.01	9.51	2.01	15500000
3	11	9	3.10	6.72	1.58	17300000
3	11	10	1.87	6.94	1.18	19100000

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยเวลารอการซ่อมบำรุงและการหยุดงานของ 3 สายการผลิต

จำนวนสายการผลิต	จำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรอง	จำนวนหน่วยซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยในการซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยที่สายการผลิตหยุดทำงาน	ค่าเปี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าใช้จ่าย
3	11	11	0.89	6.30	1.05	20900000
[redacted]						
3	12	8	8.08	9.78	2.14	15600000
3	12	9	4.00	6.37	1.63	17400000
3	12	10	2.57	5.88	1.05	19200000
3	12	11	1.42	5.25	0.99	21000000
[redacted]						

4.4.2.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง 3 สายการผลิต

เนื่องจากผู้จัดทำโครงงานต้องการทราบว่า ถ้าจำนวนสายการผลิต 3 สายการผลิตจำเป็นหรือไม่ ที่จะต้องมีเครื่องพิมพ์สำรอง 12 เครื่อง และหน่วยซ่อมบำรุง 12 หน่วย ซึ่งการทดลองจากตารางที่ 4.9 เวลาเฉลี่ยที่สายการผลิตการหยุดทำงานเป็นร้อยละ 3.04 ค่าใช้จ่าย 22,800,000 บาท แต่ผลจากตารางจะเห็นได้ว่าถ้าหากเครื่องพิมพ์สำรอง 11 เครื่องหน่วยซ่อมบำรุง 12 หน่วย และเครื่องพิมพ์สำรอง 12 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 11 หน่วย ซึ่งมีเวลาเฉลี่ยที่สายการผลิตหยุดทำงานเป็นร้อยละ 4.72 ค่าใช้จ่าย 22,700,000 บาท และร้อยละ 5.25 ค่าใช้จ่าย 21,000,000 บาท ตามลำดับ ก็สามารถลดเวลาการหยุดทำงานได้ในค่าที่ใกล้เคียงกัน

4.4.3 จำนวนสายการผลิต 4 สาย

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าเฉลี่ยเวลารอการซ่อมบำรุงและการหยุดงานของ 4 สายการผลิต

จำนวนสายการผลิต	จำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรอง	จำนวนหน่วยซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยในการซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยที่สายการผลิตหยุดทำงาน	ค่าเปี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าใช้จ่าย
4	12	12	1.34	8.89	0.84	22800000
4	12	13	0.55	8.07	1.98	24600000
4	12	14	0.20	7.88	1.54	26400000
4	12	15	0.08	6.84	1.44	28200000

ตารางที่ 4.10 (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยเวลารอการซ่อมบำรุงและการหยุดงานของ 4 สายการผลิต

จำนวนสายการผลิต	จำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรอง	จำนวนหน่วยซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยในการซ่อมบำรุง	เวลาเฉลี่ยที่สายการผลิตหยุดทำงาน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าใช้จ่าย
4	12	16	0.07	6.13	1.39	30000000
4	13	12	2.35	9.13	1.64	22900000
4	13	13	0.99	6.66	0.67	24700000
4	13	14	0.37	5.45	1.25	2650000
4	13	15	0.15	5.54	0.88	28300000
4	13	16	0.08	5.58	0.99	30100000
4	14	12	2.74	6.74	0.94	23000000
4	14	13	1.37	5.24	0.45	24800000
4	14	14	0.65	4.40	0.67	26600000
4	14	15	0.25	3.70	1.30	28400000
4	14	16	0.11	3.66	0.57	30200000
4	15	12	3.51	6.27	1.85	23100000
4	15	13	1.95	4.69	0.82	24900000
4	15	15	0.56	3.81	0.88	28500000
4	15	16	0.21	2.70	0.64	30300000
4	16	12	4.04	5.13	1.48	23200000
4	16	13	2.25	3.93	0.82	25000000
4	16	14	1.32	3.22	0.79	26800000
4	**16**	**15**	**0.73**	**2.80**	**0.69**	**28600000**

4.4.3.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง 4 สายการผลิต

เนื่องจากผู้จัดทำโครงงานต้องการทราบว่า ถ้าจำนวนสายการผลิต 4 สายการผลิตจำเป็นหรือไม่ ที่จะต้องมีเครื่องพิมพ์สำรอง 16 เครื่อง และหน่วยซ่อมบำรุง 16 หน่วย ซึ่งการทดลองจากตารางที่ 4.10 เวลาเฉลี่ยที่สายการผลิตการหยุดทำงานเป็นร้อยละ 2.14 ค่าใช้จ่าย 30,400,000 บาทแต่ผลจากตารางจะเห็นได้ว่าถ้าหากเครื่องพิมพ์สำรอง 15 เครื่องหน่วยซ่อมบำรุง

14 หน่วย และเครื่องพิมพ์สำรอง 16 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 15 หน่วย ซึ่งมีค่าเฉลี่ยที่สายการผลิตหยุดทำงานเป็นร้อยละ 2.73 ค่าใช้จ่าย 26,700,000 บาท และร้อยละ 2.80 ค่าใช้จ่าย 28,600,000 บาท ตามลำดับ ก็สามารถลดเวลาเฉลี่ยที่สายการผลิตหยุดทำงานได้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

5.1.1 การเขียนโปรแกรมในซอฟต์แวร์ MATLAB จากการศึกษาและทดลองเขียนโปรแกรมในซอฟต์แวร์ MATLAB ทางผู้จัดทำโครงงานได้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้ฟังก์ชันต่างๆ ในการเขียนโปรแกรมมากยิ่งขึ้น พร้อมทั้งยังสามารถนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาทดลองมาประยุกต์ใช้กับงานทางด้านอุตสาหกรรมได้

5.1.2 สร้างแบบจำลอง จากการศึกษาการเขียนโปรแกรมในซอฟต์แวร์ MATLAB ผู้จัดทำโครงงานได้ทำการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในแก้ปัญหาและใช้จำลองเหตุการณ์ โดยอยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพราะสามารถแก้ไขตัวแปรได้ง่ายและใช้เวลาในการประมวลผลสั้น

5.1.3 สร้างโปรแกรมแบบจำลองช่วยในการหาเครื่องพิมพ์สีสำรองในโรงพิมพ์ขนาดเล็ก จากการศึกษาการเขียนโปรแกรมในซอฟต์แวร์ MATLAB และการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ ผู้จัดทำโครงงานได้ทำการเขียนโปรแกรมแบบจำลองช่วยในการหาเครื่องพิมพ์สีสำรองในโรงพิมพ์ขนาดเล็ก โดยพิจารณาจากการเพิ่มจำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรอง หน่วยซ่อมบำรุง และต้นทุน โดยจะได้จำนวนจำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรอง และจำนวนหน่วยซ่อมบำรุงที่เหมาะสม จากนั้นทำการวิเคราะห์เพื่อดูเวลารอที่จะเข้าซ่อมบำรุงของเครื่องพิมพ์เสีย และเวลาหยุดทำงานของระบบการผลิตว่าการเพิ่มจำนวนเครื่องพิมพ์สำรองกับเพิ่มจำนวนหน่วยซ่อมบำรุง สิ่งใดที่มีผลทำให้ระบบหยุดทำงานน้อยที่สุด และทำให้เสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด โดยจะได้ว่าการเพิ่มจำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรองมีผลทำให้ระบบหยุดการผลิตทำงานลดลงมากกว่าการเพิ่มจำนวนหน่วยซ่อมบำรุง ถ้านำต้นทุนมาวิเคราะห์ จะพบว่าการเพิ่มจำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรองจะมีค่าใช้จ่ายมากกว่าการเพิ่มจำนวนหน่วยซ่อมบำรุง

5.2 ปัญหาในการดำเนินโครงงาน

5.2.1 ในการเขียนโปรแกรมในซอฟต์แวร์ MATLAB ผู้จัดทำโครงงานไม่ค่อยมีความชำนาญในการเขียนโปรแกรมมากนัก จึงทำให้เกิดความล่าช้าในการเขียนโปรแกรม

5.2.2 ผู้จัดทำโครงงานไม่มีความรู้เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ จึงต้องมีการศึกษาการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ เพื่อนำมาใช้ในการเขียนโปรแกรมแบบจำลองช่วยในการหาจำนวนเครื่องพิมพ์สีสำรองในโรงพิมพ์ขนาดเล็ก

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ในการเขียนโปรแกรมผู้จัดทำโครงงานได้เลือกใช้ซอฟต์แวร์ MATLAB ในการเขียนซึ่งก็ต้องได้ทำการศึกษาเป็นเวลานานเช่นกัน ดังนั้นผู้ที่สนใจจะเขียนโปรแกรมด้วยซอฟต์แวร์นี้จะต้องมีความตั้งใจพร้อมทั้งยังต้องมีการฝึกเขียนบ่อยๆ และมีความอดทนในการเขียนโปรแกรม เพื่อจะทำให้สามารถเขียนโปรแกรมในซอฟต์แวร์ MATLAB ได้ดียิ่งขึ้น

5.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเขียนโปรแกรมผลลัพธ์ที่ได้ไม่ใช่ข้อมูลที่ดีที่สุด เป็นเพียงค่าประมาณที่อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ดังนั้นจึงควรมีการประมวลผลหลายๆ ค่า และหลายๆรอบแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

มานพ วราภักดิ์. (2547). **การจำลองเบื้องต้น. (Introduction to Simulation).** ภาควิชาสถิติ คณะพานิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. (2524). **การจำลองปัญหา.(Simulation).** ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เสมอแข สมหอม. (2553) **การจำลองแบบปัญหาแบบไม่ต่อเนื่อง**. เอกสารการสอน 204482 Simulation and Modeling., มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, สืบค้นเมื่อ 10 กันยายน 2554, จาก www2.cs.science.cmu.ac.th/person/samerkae/simulation/simu_4.pdf

สมพร ชัยทิพย์. (2553) **การจำลองแบบ(Simulation)**. สืบค้นเมื่อ 7 กันยายน 2554, จาก http://www.learners.in.th/blog/somporn1984

มนัส สังวรศิลป์ และ วรรัตน์ ภัทรอมรกุล. (2543). **คู่มือการใช้งานMATLAB ฉบับสมบูรณ์** กรุงเทพฯ: อินโฟเพลส,2543.

ภาคผนวก ก

กราฟผลการทดลอง

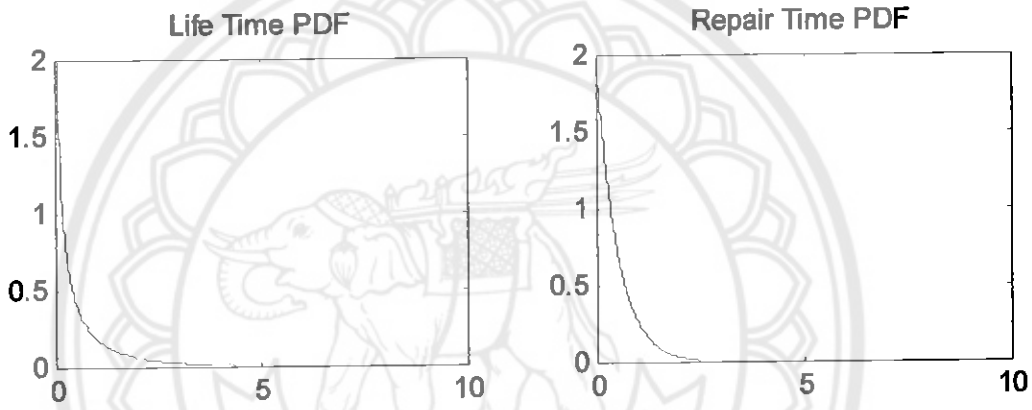
ก.1 ผลการทดลองชุดที่ 1

ก.1.1 สายการผลิต 2 สาย เครื่องพิมพ์สำรอง 4 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 2 หน่วย

ก.1.1.1 กรณีที่ 1 ประมวลผลโปรแกรมโดยการแจกแจง ดังตารางที่

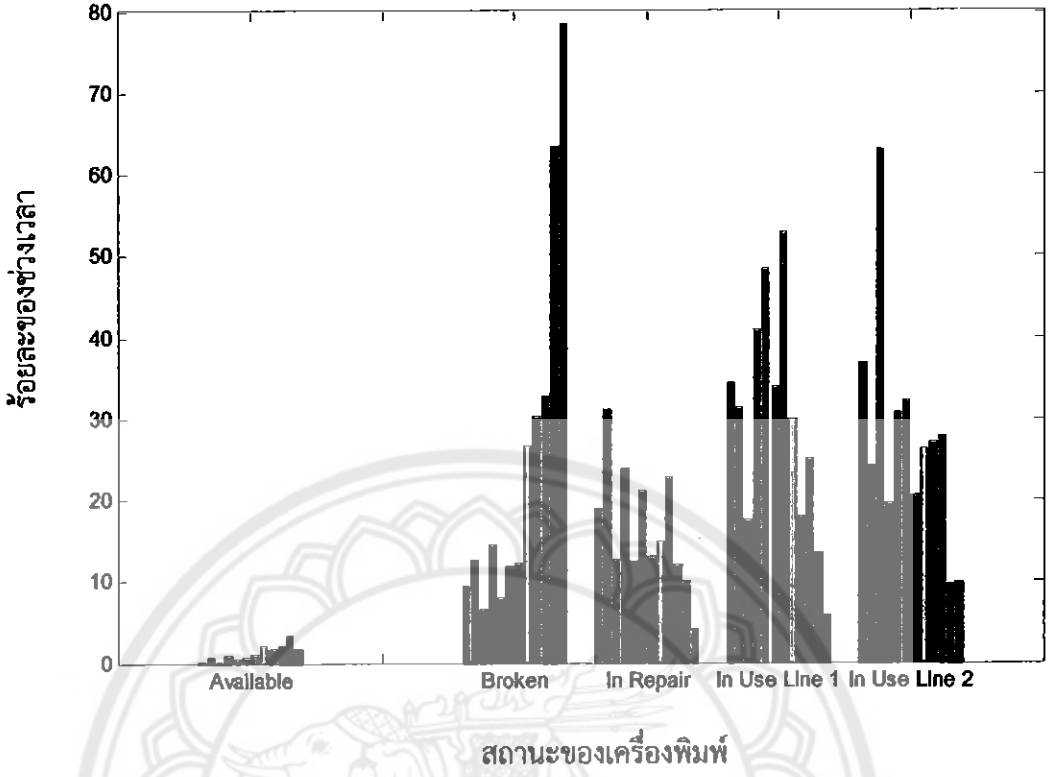
ตารางที่ ก.1 แสดงค่าของตัวแปรที่ใช้ในการจำลอง

การแจกแจง (อายุการใช้งาน)	แบบ Weibull ($\lambda = \frac{1}{\sqrt{3}}, \beta = \frac{1}{2}$)
การแจกแจง (เวลาในการซ่อม)	แบบ Exponential ($\lambda = 2$)



รูปที่ ก.1 กราฟแสดงอายุการใช้งานของเครื่องพิมพ์และช่วงเวลาในการซ่อมบำรุง กรณีที่ 1

เป็นกราฟแสดงผลการ โดยที่สีในกราฟแท่งแต่ละแท่งแทนเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่อง ซึ่งในกรณีนี้มีทั้งหมด 6 เครื่อง และมีสถานะการใช้งานทั้งหมด 4 สถานะ คือ สถานะพร้อมใช้งาน สถานะเครื่องเสีย สถานะเข้าซ่อม และสถานะถูกใช้ในสายการพิมพ์ต่างๆ และความสูงของกราฟ คือระยะเวลา (วัน) ที่เครื่องพิมพ์เครื่องนั้นอยู่สถานะต่างๆ รูปที่ ก.2

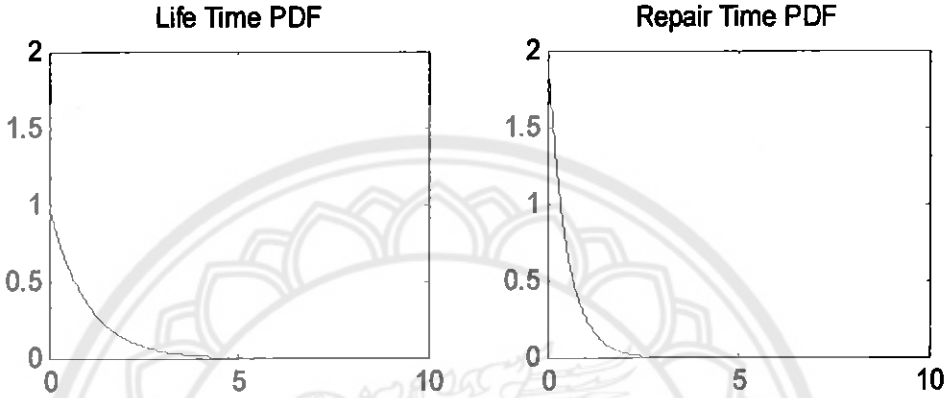


รูปที่ ก.2 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ กรณีที่ 1

ก.1.1.2 กรณีที่ 2 ประมวลผลโปรแกรมโดยการแจกแจง ดังตารางที่

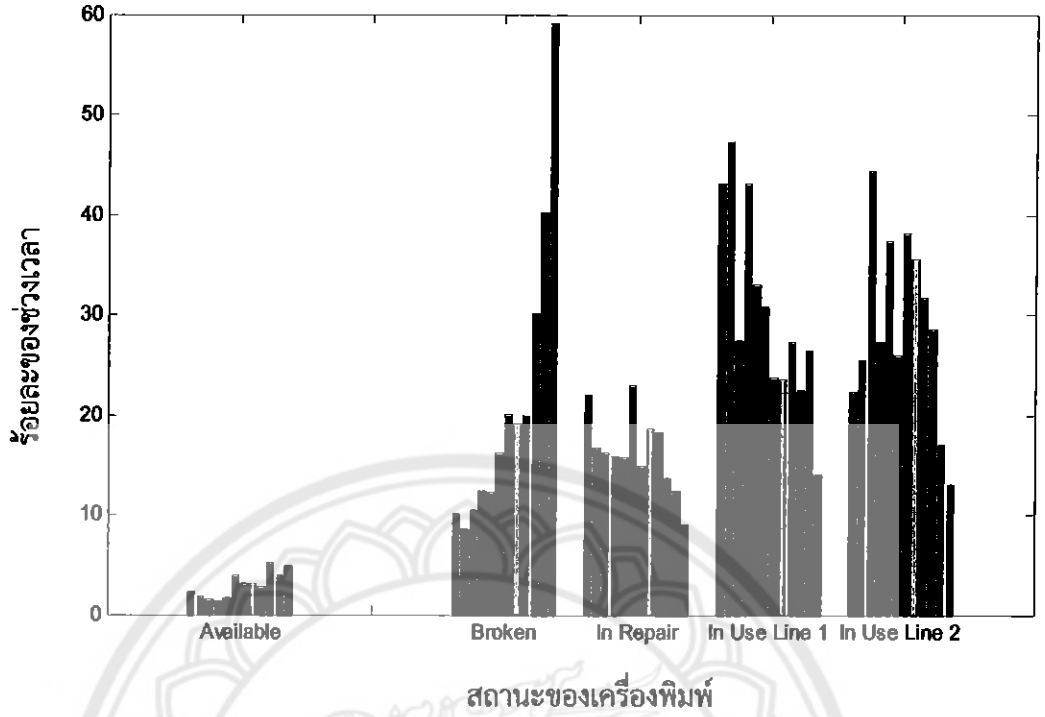
ตารางที่ ก.2 แสดงค่าของตัวแปรที่ใช้ในการจำลอง กรณีที่ 2

การแจกแจง (อายุการใช้งาน)	แบบ Exponential (λ=1)
การแจกแจง (เวลาในการซ่อม)	แบบ Exponential (λ=2)



รูปที่ ก.3 กราฟแสดงอายุการใช้งานของเครื่องพิมพ์และช่วงเวลาในการซ่อมบำรุง กรณีที่ 2

เป็นกราฟแสดงผลการ โดยที่สีในกราฟแท่งแต่ละแท่งแทนเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่อง ซึ่งในกรณีนี้มีทั้งหมด 6 เครื่อง และมีสถานะการใช้งานทั้งหมด 4 สถานะ คือ สถานะพร้อมใช้งาน สถานะเครื่องเสีย สถานะเข้าซ่อม และสถานะถูกใช้ในสายการพิมพ์ต่างๆ และความสูงของกราฟ คือระยะเวลา (วัน) ที่เครื่องพิมพ์เครื่องนั้นอยู่สถานะต่างๆ รูปที่ ก.4

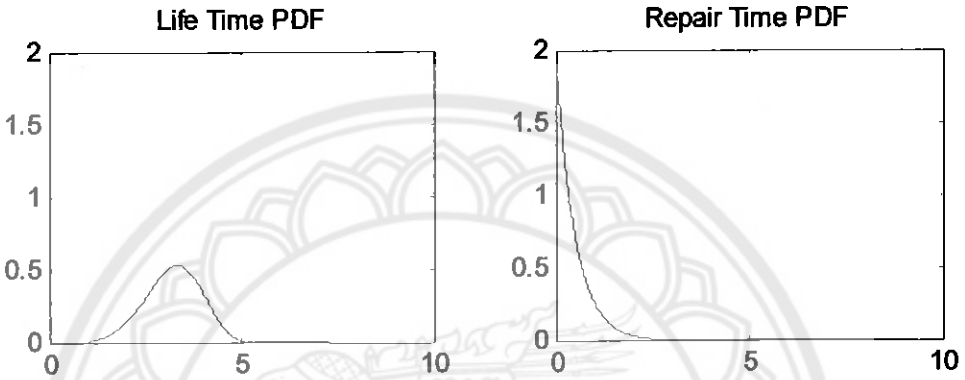


รูปที่ ก.4 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ กรณีที่ 2

ก.1.1.3 กรณีที่ 3 ประมวลผลโปรแกรมโดยการแจกแจง ดังตารางที่

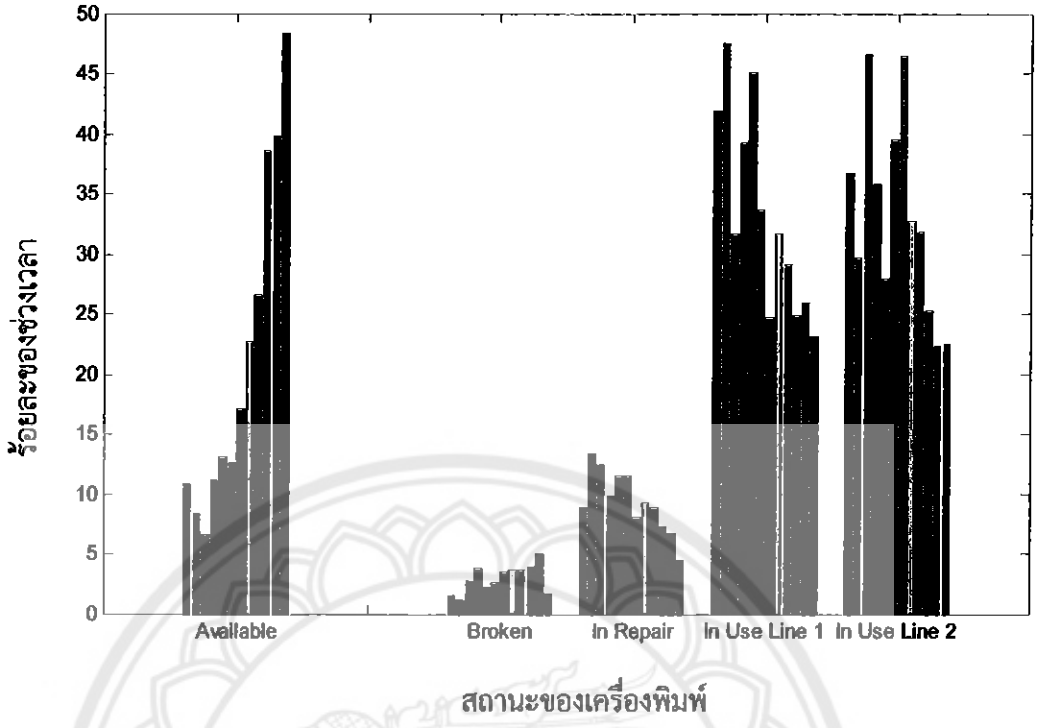
ตารางที่ ก.3 ตารางแสดงค่าของตัวแปรที่ใช้ในการจำลอง กรณีที่ 3

การแจกแจง (อายุการใช้งาน)	แบบ Weibull ($\lambda = 5, \beta = 3.5$)
การแจกแจง (เวลาในการซ่อม)	แบบ Exponential ($\lambda = 2$)



รูปที่ ก.5 กราฟแสดงอายุการใช้งานของเครื่องพิมพ์และช่วงเวลาในการซ่อมบำรุง กรณีที่ 3

เป็นกราฟแสดงผลการ โดยที่สีในกราฟแท่งแต่ละแท่งแทนเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่อง ซึ่งในกรณีนี้มีทั้งหมด 6 เครื่อง และมีสถานะการใช้งานทั้งหมด 4 สถานะ คือ สถานะพร้อมใช้งาน สถานะเครื่องเสีย สถานะเข้าซ่อม และสถานะถูกใช้ในสายการพิมพ์ต่างๆ และความสูงของกราฟ คือระยะเวลา (วัน) ที่เครื่องพิมพ์เครื่องนั้นอยู่สถานะต่างๆ รูปที่ ก.6



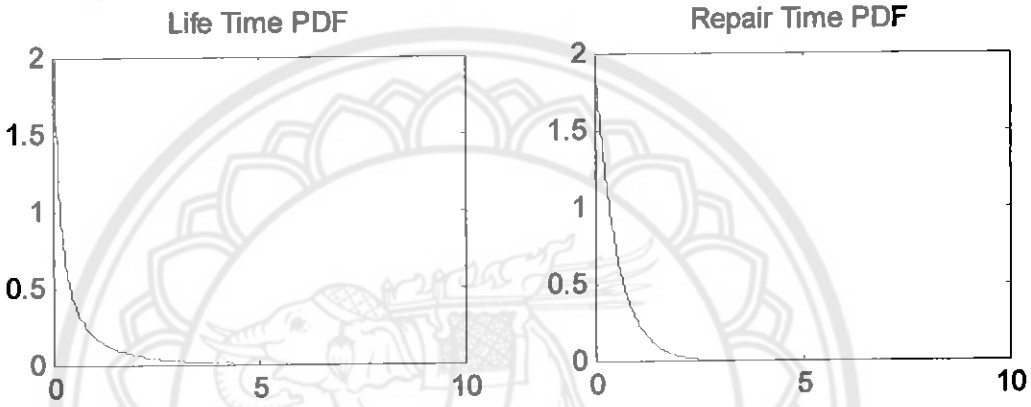
รูปที่ ก.6 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ กรณีที่ 3

ก.1.2 สายการผลิต 3 สาย เครื่องพิมพ์สำรอง 6 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 3 หน่วย

ก.1.2.1 กรณีที่ 1 ประมวลผลโปรแกรมโดยการแจกแจง ดังตารางที่

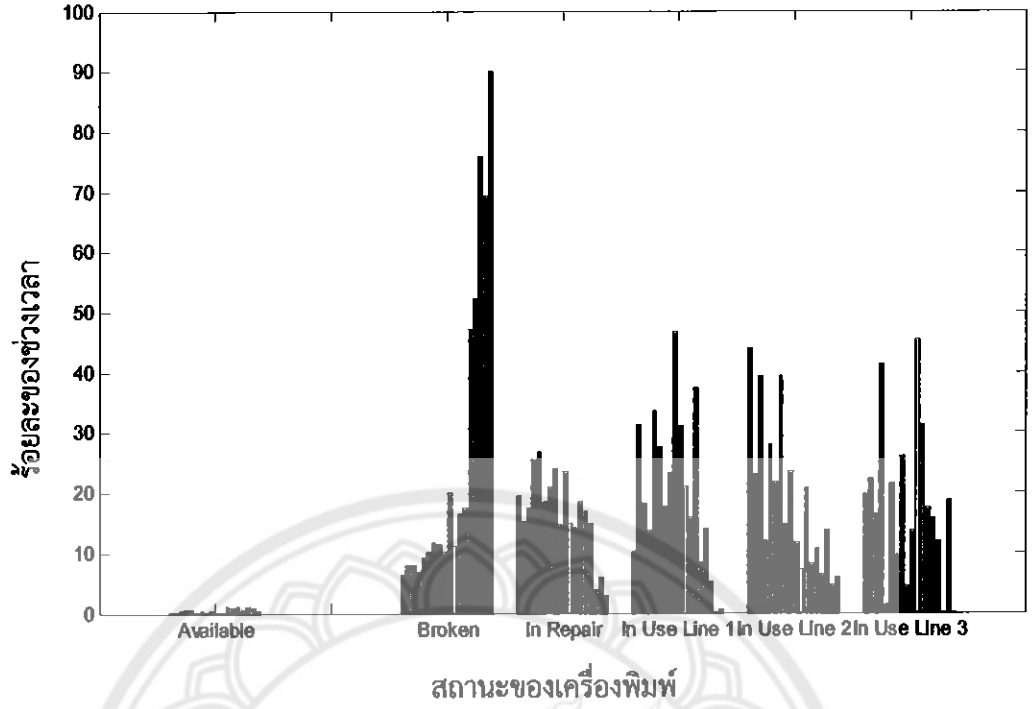
ตารางที่ ก.4 แสดงค่าของตัวแปรที่ใช้ในการจำลอง กรณีที่ 1

การแจกแจง (อายุการใช้งาน)	แบบ Weibull ($\lambda = \frac{1}{\sqrt{3}}, \beta = \frac{1}{2}$)
การแจกแจง (เวลาในการซ่อม)	แบบ Exponential ($\lambda = 2$)



รูปที่ ก.7 กราฟแสดงอายุการใช้งานของเครื่องพิมพ์และช่วงเวลาในการซ่อมบำรุง กรณีที่ 1

เป็นกราฟแสดงผลการ โดยที่สีในกราฟแท่งแต่ละแท่งแทนเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่อง ซึ่งในกรณีนี้มีทั้งหมด 6 เครื่อง และมีสถานะการใช้งานทั้งหมด 4 สถานะ คือ สถานะพร้อมใช้งาน สถานะเครื่องเสีย สถานะเข้าซ่อม และสถานะถูกใช้ในสายการพิมพ์ต่างๆ และความสูงของกราฟ คือระยะเวลา (วัน) ที่เครื่องพิมพ์เครื่องนั้นอยู่สถานะต่างๆ รูปที่ ก.8

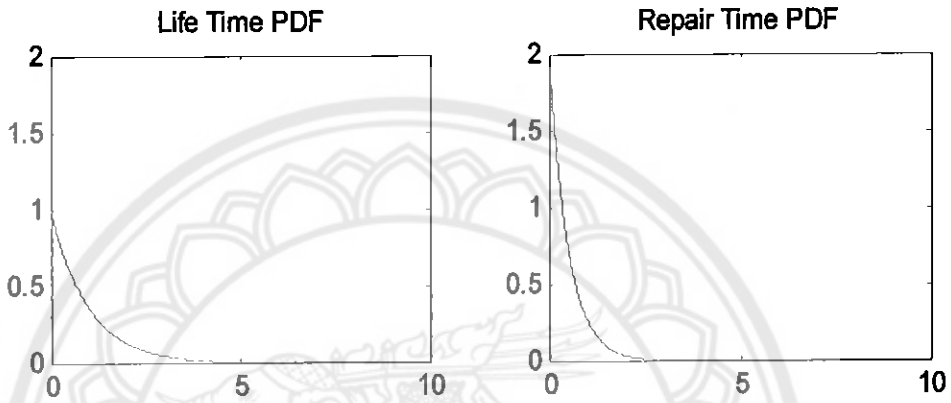


รูปที่ ก.8 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ กรณีที่ 1

ก.1.2.2 กรณีที่ 2 ประมวลผลโปรแกรมโดยการแจกแจง ดังตารางที่

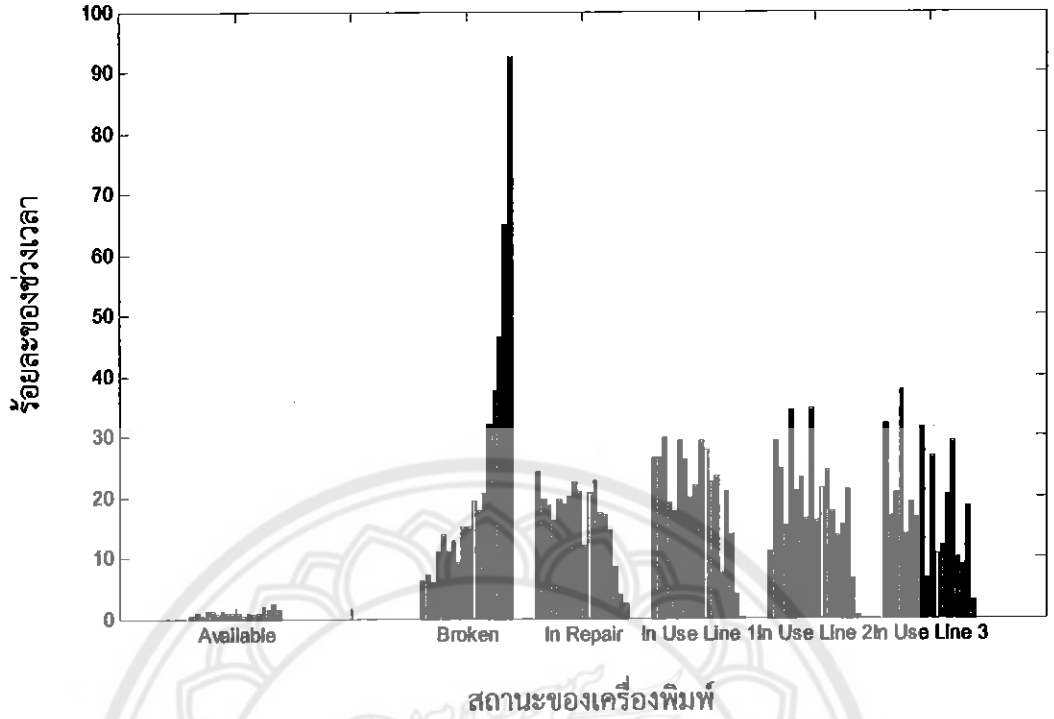
ตารางที่ ก.5 แสดงค่าของตัวแปรที่ใช้ในการจำลอง กรณีที่ 2

การแจกแจง (อายุการใช้งาน)	แบบ Exponential (λ=1)
การแจกแจง (เวลาในการซ่อม)	แบบ Exponential (λ=2)



รูปที่ ก.9 กราฟแสดงอายุการใช้งานของเครื่องพิมพ์และช่วงเวลาในการซ่อมบำรุง กรณีที่ 2

เป็นกราฟแสดงผลการ โดยที่สีในกราฟแท่งแต่ละแท่งแทนเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่อง ซึ่งในกรณีนี้มีทั้งหมด 6 เครื่อง และมีสถานะการใช้งานทั้งหมด 4 สถานะ คือ สถานะพร้อมใช้งาน สถานะเครื่องเสีย สถานะเข้าซ่อม และสถานะถูกใช้ในสายการพิมพ์ต่างๆ และความสูงของกราฟ คือระยะเวลา (วัน) ที่เครื่องพิมพ์เครื่องนั้นอยู่สถานะต่างๆ รูปที่ ก.10

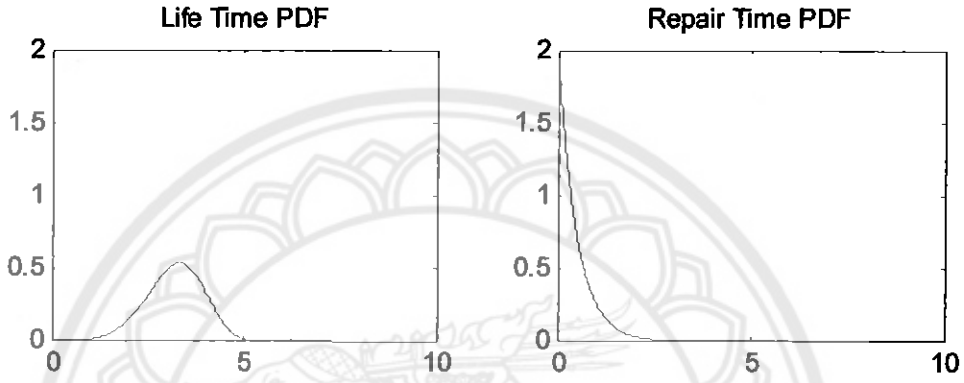


รูปที่ ก.10 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ กรณีที่ 2

ก.1.2.3 กรณีที่ 3 ประมวลผลโปรแกรมโดยการแจกแจง ดังตารางที่

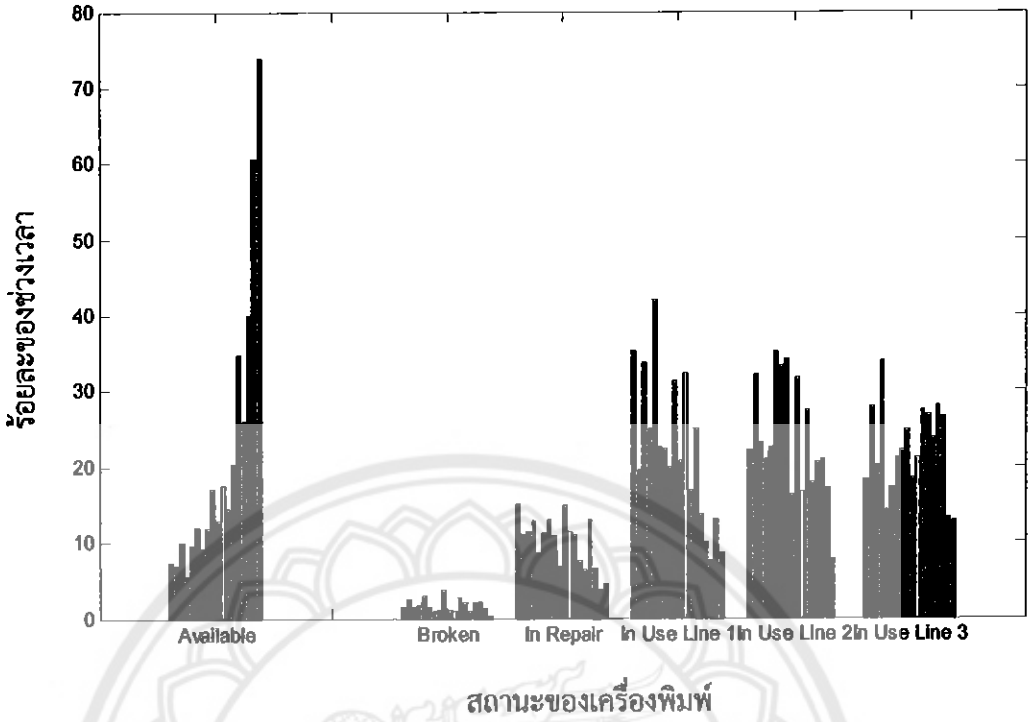
ตารางที่ ก.6 ตารางแสดงค่าของตัวแปรที่ใช้ในการจำลอง กรณีที่ 3

การแจกแจง (อายุการใช้งาน)	แบบ Weibull ($\lambda = 5, \beta = 3.5$)
การแจกแจง (เวลาในการซ่อม)	แบบ Exponential (λ =2)



รูปที่ ก.11 กราฟแสดงอายุการใช้งานของเครื่องพิมพ์และช่วงเวลาในการซ่อมบำรุง **กรณีที่ 3**

เป็นกราฟแสดงผลการ โดยที่สีในกราฟแท่งแต่ละแท่งแทนเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่อง ซึ่งในกรณีนี้มีทั้งหมด 6 เครื่อง และมีสถานะการใช้งานทั้งหมด 4 สถานะ คือ สถานะพร้อมใช้งาน สถานะเครื่องเสีย สถานะเข้าซ่อม และสถานะถูกใช้ในสายการพิมพ์ต่างๆ และความสูงของกราฟ คือระยะเวลา (วัน) ที่เครื่องพิมพ์เครื่องนั้นอยู่สถานะต่างๆ รูปที่ ก.12



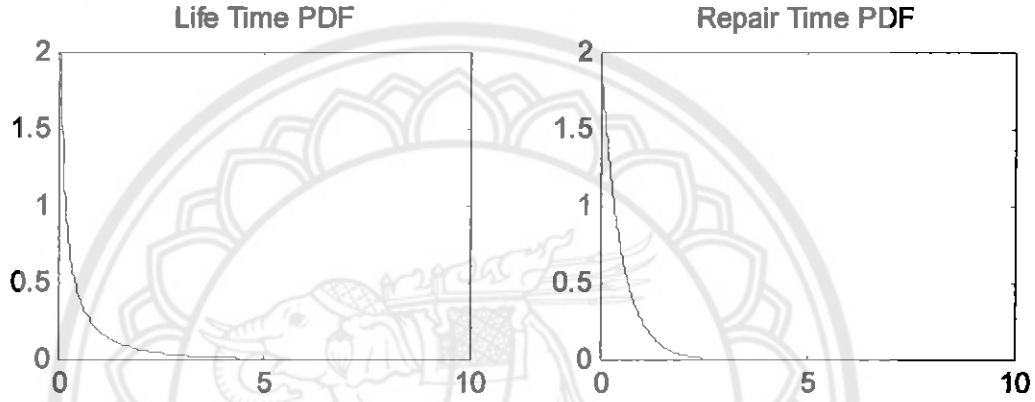
รูปที่ ก.12 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ กรณีที่ 3

ก.1.3 สายการผลิต 4 สาย เครื่องพิมพ์สำรอง 8 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 4 หน่วย

ก.1.3.1 กรณีที่ 1 ประมวลผลโปรแกรมโดยการแจกแจง ดังตารางที่

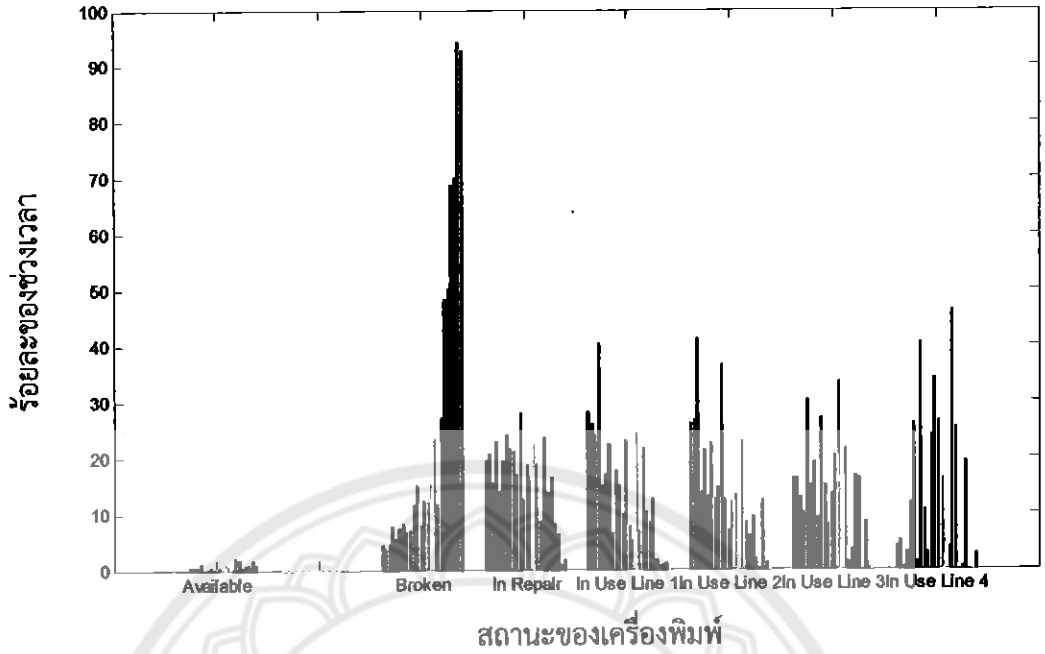
ตารางที่ ก.7 แสดงค่าของตัวแปรที่ใช้ในการจำลอง กรณีที่ 1

การแจกแจง (อายุการใช้งาน)	แบบ Weibull ($\lambda = \frac{1}{\sqrt{3}}, \beta = \frac{1}{2}$)
การแจกแจง (เวลาในการซ่อม)	แบบ Exponential ($\lambda = 2$)



รูปที่ ก.13 กราฟแสดงอายุการใช้งานของเครื่องพิมพ์และช่วงเวลาในการซ่อมบำรุง **กรณีที่ 1**

เป็นกราฟแสดงผลการ โดยที่สีในกราฟแท่งแต่ละแท่งแทนเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่อง ซึ่งในกรณีนี้มีทั้งหมด 6 เครื่อง และมีสถานะการใช้งานทั้งหมด 4 สถานะ คือ สถานะพร้อมใช้งาน สถานะเครื่องเสีย สถานะเข้าซ่อม และสถานะถูกใช้ในสายการพิมพ์ต่างๆ และความสูงของกราฟ คือระยะเวลา (วัน) ที่เครื่องพิมพ์เครื่องนั้นอยู่สถานะต่างๆ รูปที่ ก.14

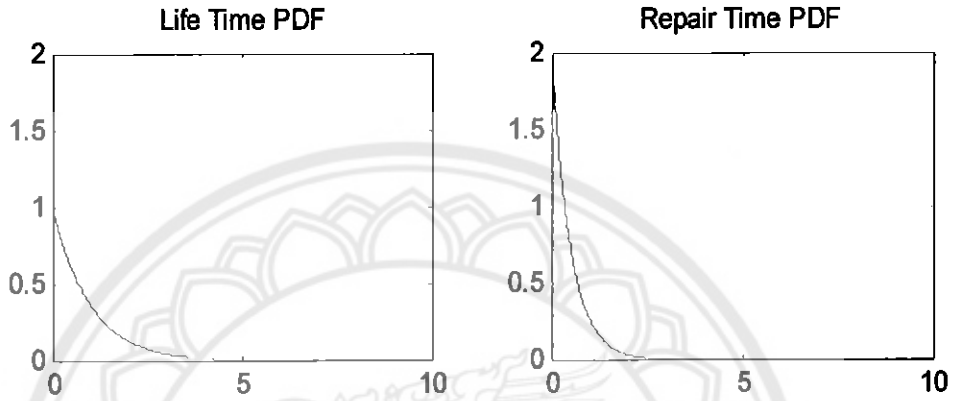


รูปที่ ก.14 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ กรณีที่ 1

ก.1.3.2 กรณีที่ 2 ประมวลผลโปรแกรมโดยการแจกแจง ดังตารางที่

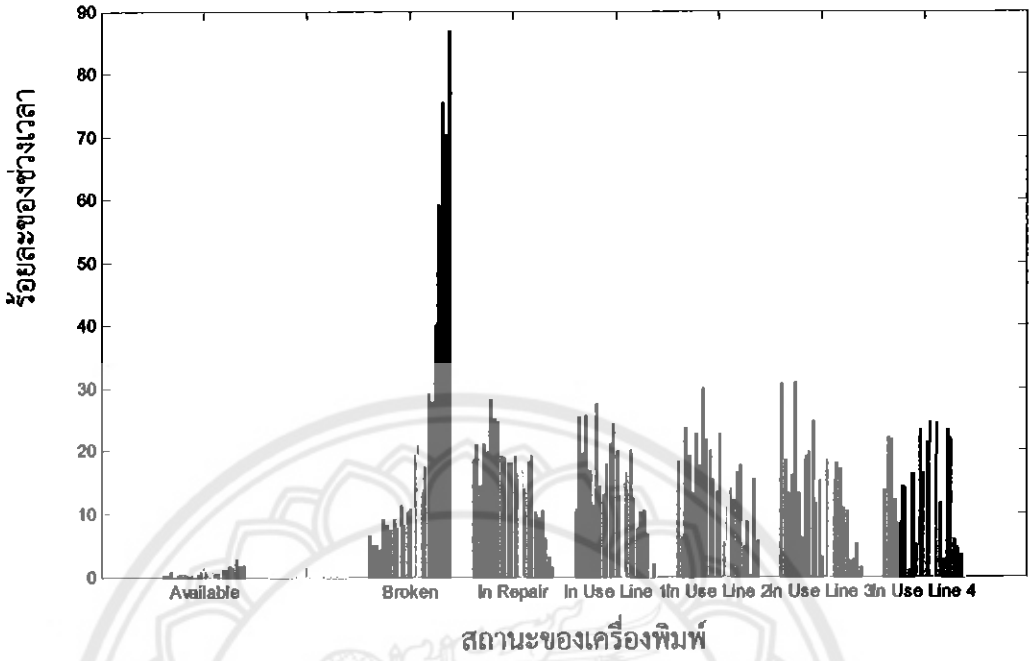
ตารางที่ ก.8 แสดงค่าของตัวแปรที่ใช้ในการจำลอง กรณีที่ 2

การแจกแจง (อายุการใช้งาน)	แบบ Exponential (λ=1)
การแจกแจง (เวลาในการซ่อม)	แบบ Exponential (λ=2)



รูปที่ ก.15 กราฟแสดงอายุการใช้งานของเครื่องพิมพ์และช่วงเวลาในการซ่อมบำรุง **กรณีที่ 2**

เป็นกราฟแสดงผลการ โดยที่สีในกราฟแท่งแต่ละแท่งแทนเครื่องพิมพ์แต่ละ**เครื่อง ซึ่งในกรณีนี้มีทั้งหมด** 6 เครื่อง และมีสถานะการใช้งานทั้งหมด 4 สถานะ คือ สถานะพร้อมใช้งาน **สถานะเครื่องเสีย สถานะ**เข้าซ่อม และสถานะถูกใช้ในสายการพิมพ์ต่างๆ และความสูงของกราฟ คือ**ระยะเวลา (วัน) ที่เครื่องพิมพ์**เครื่องนั้นอยู่สถานะต่างๆ รูปที่ ก.16

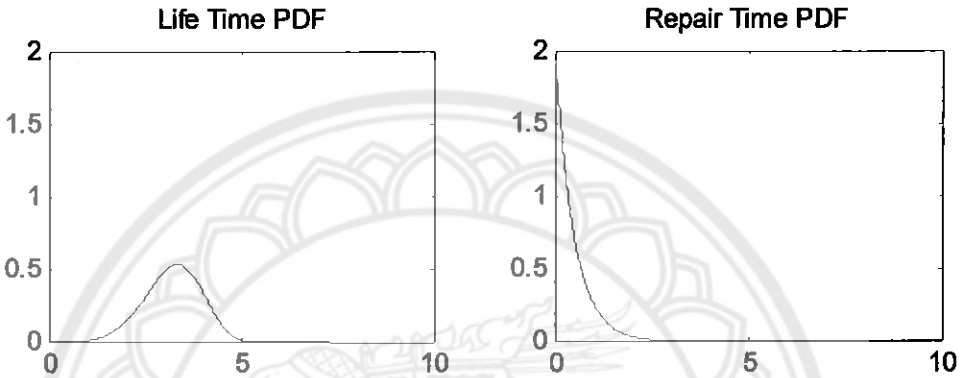


รูปที่ ก.16 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ กรณีที่ 2

ก.1.3.3 กรณีที่ 3 ประมวลผลโปรแกรมโดยการแจกแจง ดังตารางที่

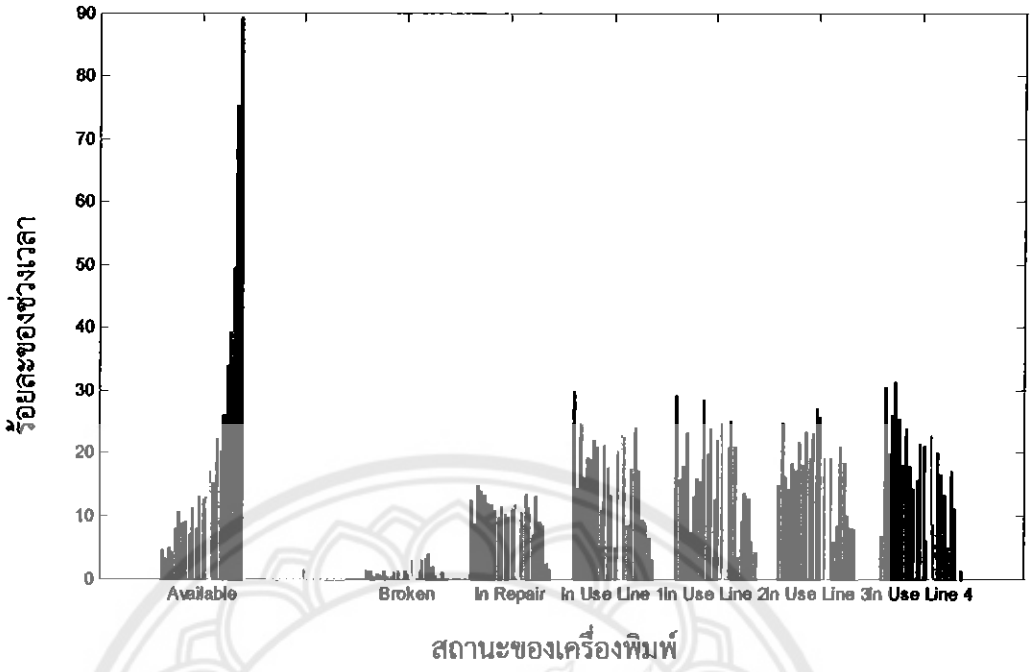
ตารางที่ ก.9 ตารางแสดงค่าของตัวแปรที่ใช้ในการจำลอง กรณีที่ 3

การแจกแจง (อายุการใช้งาน)	แบบ Weibull ($\lambda = 5, \beta = 3.5$)
การแจกแจง (เวลาในการซ่อม)	แบบ Exponential ($\lambda = 2$)



รูปที่ ก.17 กราฟแสดงอายุการใช้งานของเครื่องพิมพ์และช่วงเวลาในการซ่อมบำรุง **กรณีที่** 3

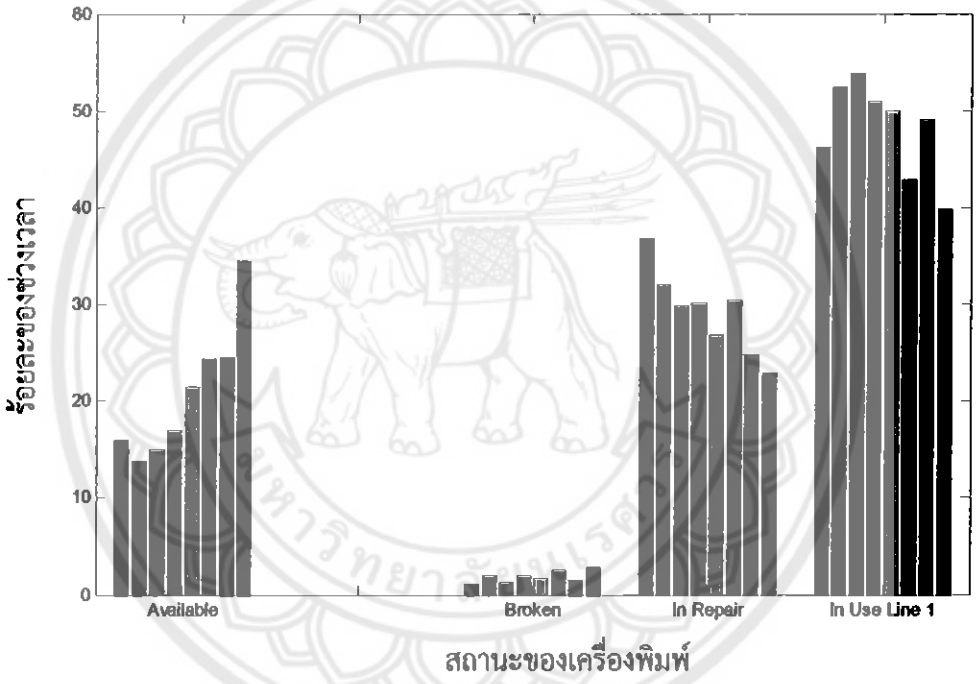
เป็นกราฟแสดงผลการ โดยที่สีในกราฟแท่งแต่ละแท่งแทนเครื่องพิมพ์แต่ละ**เครื่อง ซึ่งในกรณีนี้มีทั้งหมด** 6 เครื่อง และมีสถานะการใช้งานทั้งหมด 4 สถานะ คือ สถานะพร้อมใช้งาน **สถานะเครื่องเสีย สถานะ**เข้าซ่อม และสถานะถูกใช้ในสายการพิมพ์ต่างๆ และความสูงของกราฟ คือ**ระยะเวลา (วัน) ที่เครื่องพิมพ์**เครื่องนั้นอยู่สถานะต่างๆ รูปที่ ก.18



รูปที่ ก.18 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ กรณีที่ 3

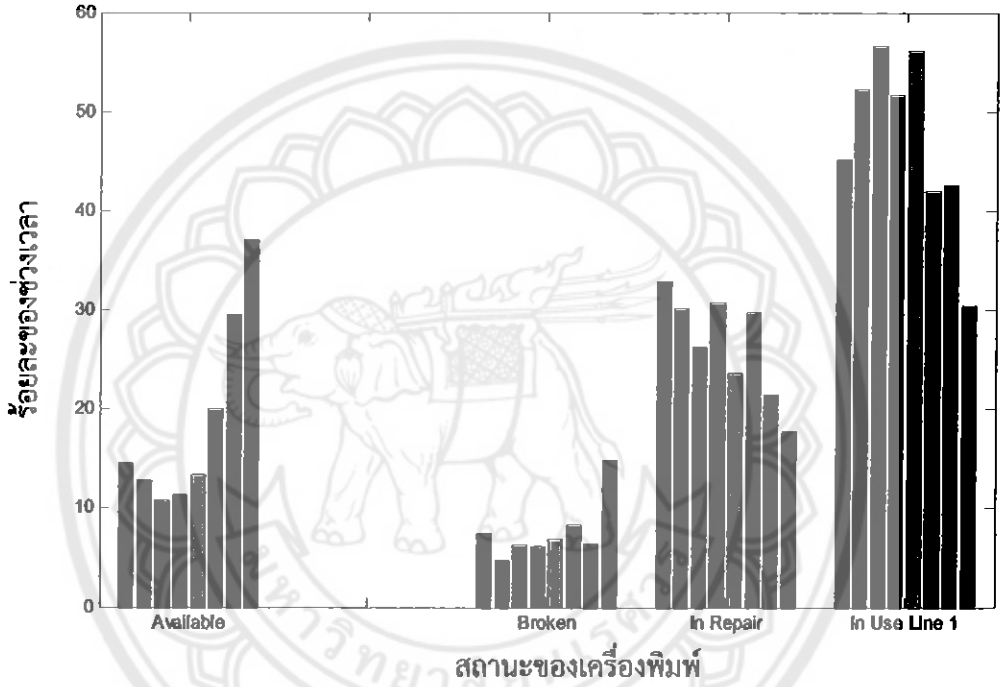
ก.2 ผลการทดลองชุดที่ 2

ก.2.1 กรณีที่ 1 กราฟแสดงผลการ สายการผลิต 1 สาย เครื่องพิมพ์สำรอง 4 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 4 หน่วยการแจกแจงอายุการใช้งานแบบ Weibull ($\lambda = \frac{1}{\sqrt{3}}, \beta = \frac{1}{2}$) และการแจกแจงการซ่อมบำรุงแบบ Exponential (λ =2) โดยที่สีในกราฟแท่งแต่ละแท่งแทนเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่อง ซึ่งในกรณีนี้มีทั้งหมด 6 เครื่อง และมีสถานะการใช้งานทั้งหมด 4 สถานะ คือ สถานะพร้อมใช้งาน สถานะเครื่องเสีย สถานะเข้าซ่อม และสถานะถูกใช้ในสายการพิมพ์ต่างๆ และความสูงของกราฟ คือระยะเวลา (วัน) ที่เครื่องพิมพ์เครื่องนั้นอยู่สถานะต่างๆ รูปที่ ก.19



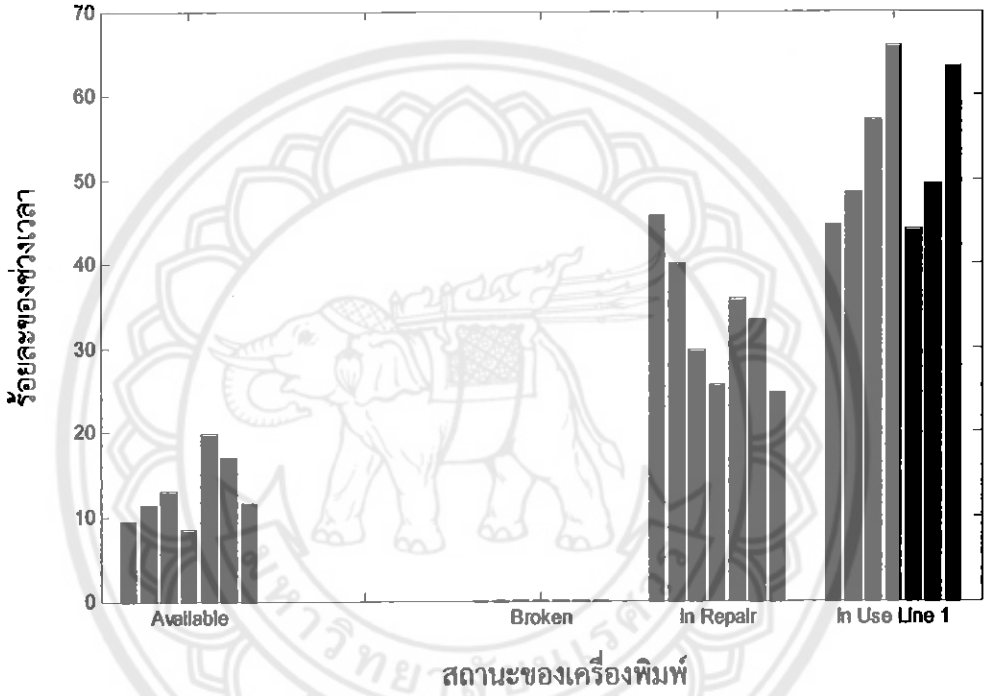
รูปที่ ก.19 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ การทดลองชุดที่ 2 **กรณีที่** 1

ก.2.2 กรณีที่ 2 กราฟแสดงผลการ สายการผลิต 1 สาย เครื่องพิมพ์สำรอง 4 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 3 หน่วย การแจกแจงอายุการใช้งานแบบ Weibull ($\lambda = \frac{1}{\sqrt{3}}, \beta = \frac{1}{2}$) และการแจกแจงการซ่อมบำรุงแบบ Exponential (λ =2) โดยที่สีในกราฟแท่งแต่ละแท่งแทนเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่อง ซึ่งในกรณีนี้มีทั้งหมด 6 เครื่อง และมีสถานะการใช้งานทั้งหมด 4 สถานะ คือ สถานะพร้อมใช้งาน สถานะเครื่องเสีย สถานะเข้าซ่อม และสถานะถูกใช้ในสายการพิมพ์ต่างๆ และความสูงของกราฟ คือระยะเวลา (วัน) ที่เครื่องพิมพ์เครื่องนั้นอยู่สถานะต่างๆ รูปที่ ก.20



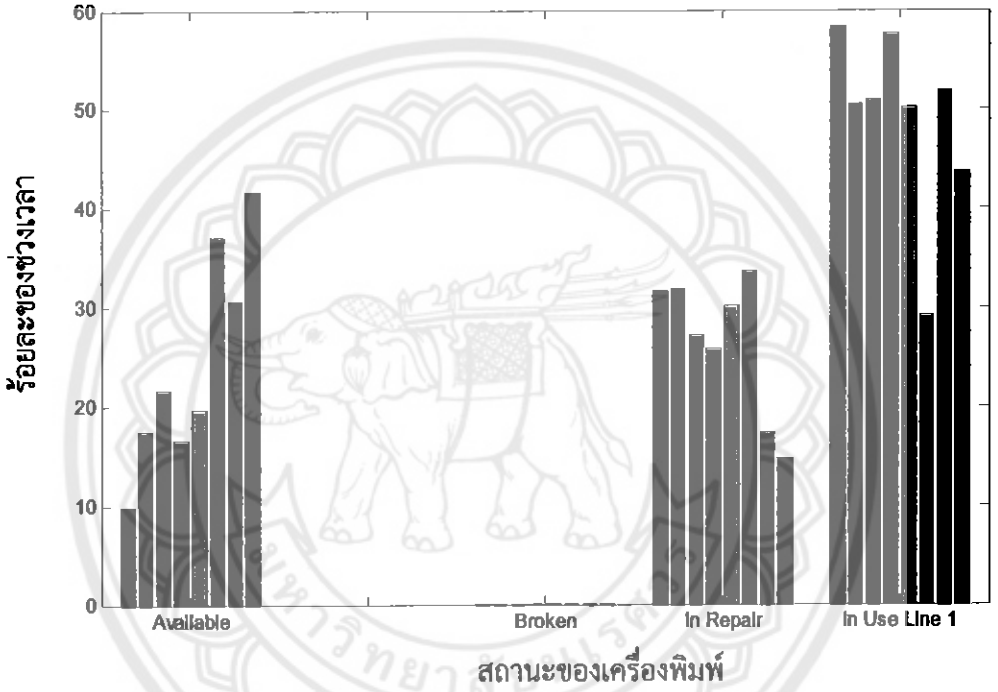
รูปที่ ก.20 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ การทดลองชุด**ที่** 2 **กรณีที่** 2

ก.2.3 กรณีที่ 3 กราฟแสดงผลการ สายการผลิต 1 สาย เครื่องพิมพ์สำรอง 3 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 4 หน่วย การแจกแจงอายุการใช้งานแบบ Weibull ($\lambda = \frac{1}{\sqrt{3}}, \beta = \frac{1}{2}$) และการแจกแจงการซ่อมบำรุงแบบ Exponential (λ =2) โดยที่สีในกราฟแท่งแต่ละแท่งแทนเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่อง ซึ่งในกรณีนี้มีทั้งหมด 6 เครื่อง และมีสถานะการใช้งานทั้งหมด 4 สถานะ คือ สถานะพร้อมใช้งาน สถานะเครื่องเสีย สถานะเข้าซ่อม และสถานะถูกใช้ในสายการพิมพ์ต่างๆ และความสูงของกราฟ คือระยะเวลา (วัน) ที่เครื่องพิมพ์เครื่องนั้นอยู่สถานะต่างๆ รูปที่ ก.21



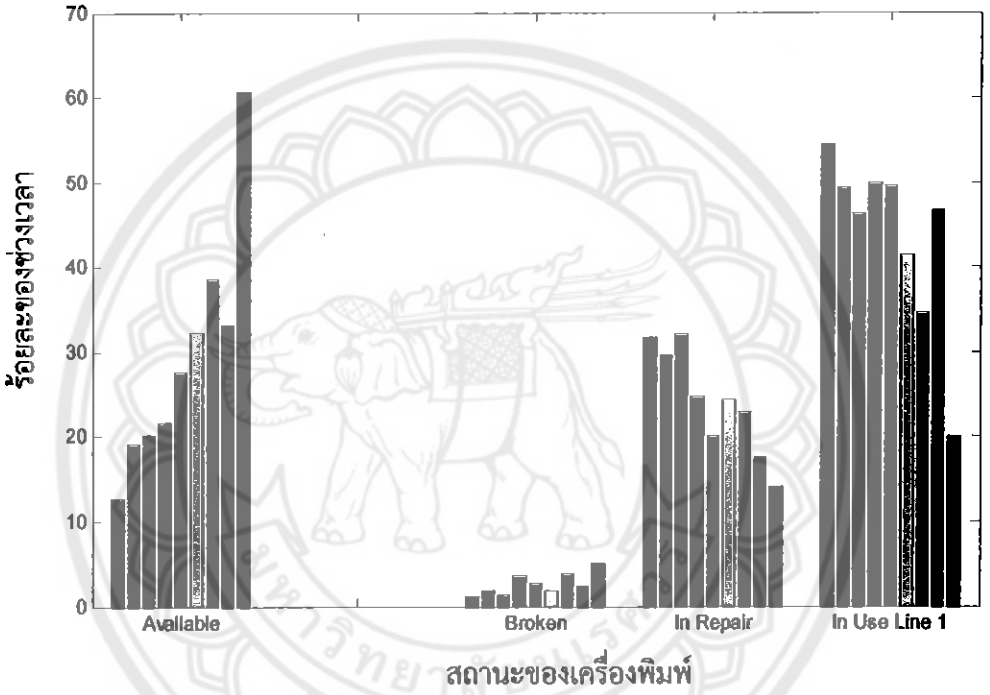
รูปที่ ก.21 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ การทดลองชุด**ที่** 2 **กรณีที่** 3

ก.2.4 กรณีที่ 4 กราฟแสดงผลการ สายการผลิต 1 สาย เครื่องพิมพ์สำรอง 4 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 5 หน่วย การแจกแจงอายุการใช้งานแบบ Weibull ($\lambda = \frac{1}{\sqrt{3}}, \beta = \frac{1}{2}$) และการแจกแจงการซ่อมบำรุงแบบ Exponential (λ =2) โดยที่สีในกราฟแท่งแต่ละแท่งแทนเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่อง ซึ่งในกรณีนี้มีทั้งหมด 6 เครื่อง และมีสถานะการใช้งานทั้งหมด 4 สถานะ คือ สถานะพร้อมใช้งาน สถานะเครื่องเสีย สถานะเข้าซ่อม และสถานะถูกใช้ในสายการพิมพ์ต่างๆ และความสูงของกราฟ คือระยะเวลา (วัน) ที่เครื่องพิมพ์เครื่องนั้นอยู่สถานะต่างๆ รูปที่ ก.22



รูปที่ ก.22 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ การทดลองชุดที่ 2 กรณีที่ 4

ก.2.5 กรณีที่ 5 กราฟแสดงผลการ สายการผลิต 1 สาย เครื่องพิมพ์สำรอง 5 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 4 หน่วย การแจกแจงอายุการใช้งานแบบ Weibull ($\lambda = \frac{1}{\sqrt{3}}, \beta = \frac{1}{2}$) และการแจกแจงการซ่อมบำรุงแบบ Exponential (λ =2) โดยที่สีในกราฟแท่งแต่ละแท่งแทนเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่อง ซึ่งในกรณีนี้มีทั้งหมด 6 เครื่อง และมีสถานะการใช้งานทั้งหมด 4 สถานะ คือ สถานะพร้อมใช้งาน สถานะเครื่องเสีย สถานะเข้าซ่อม และสถานะถูกใช้ในสายการพิมพ์ต่างๆ และความสูงของกราฟ คือระยะเวลา (วัน) ที่เครื่องพิมพ์เครื่องนั้นอยู่สถานะต่างๆ รูปที่ ก.23

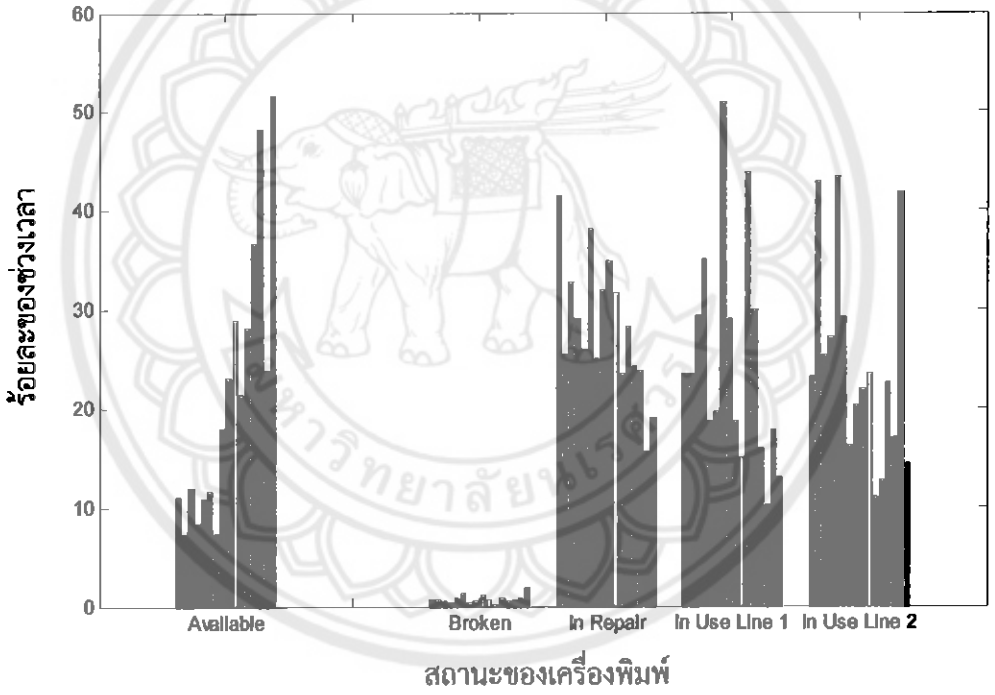


รูปที่ ก.23 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ การทดลองชุดที่ 2 กรณีที่ 5

ก.3 ผลการทดลองชุดที่ 3

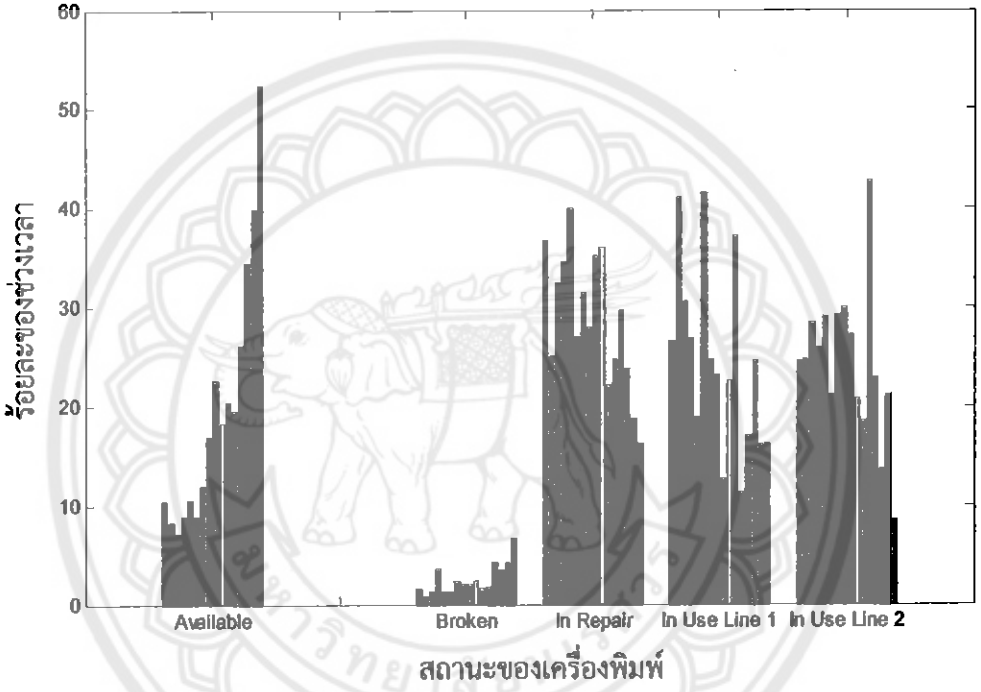
ก.3.1 จำนวนสายการผลิต 2 สาย

ก.3.1.1 กรณีที่ 1 กราฟแสดงผลการ สายการผลิต 2 สาย เครื่องพิมพ์สำรอง 8 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 8 หน่วยการแจกแจงอายุการใช้งานแบบ Weibull ($\lambda = \frac{1}{\sqrt{3}}, \beta = \frac{1}{2}$) และการแจกแจงการซ่อมบำรุงแบบ Exponential (λ =2) โดยที่สีในกราฟแท่งแต่ละแท่งแทนเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่อง ซึ่งในกรณีนี้มีทั้งหมด 6 เครื่อง และมีสถานะการใช้งานทั้งหมด 4 สถานะ คือ สถานะพร้อมใช้งาน สถานะเครื่องเสีย สถานะเข้าซ่อม และสถานะถูกใช้ในสายการพิมพ์ต่างๆ และความสูงของกราฟ คือระยะเวลา (วัน) ที่เครื่องพิมพ์เครื่องนั้นอยู่สถานะต่างๆ รูปที่ ก.24



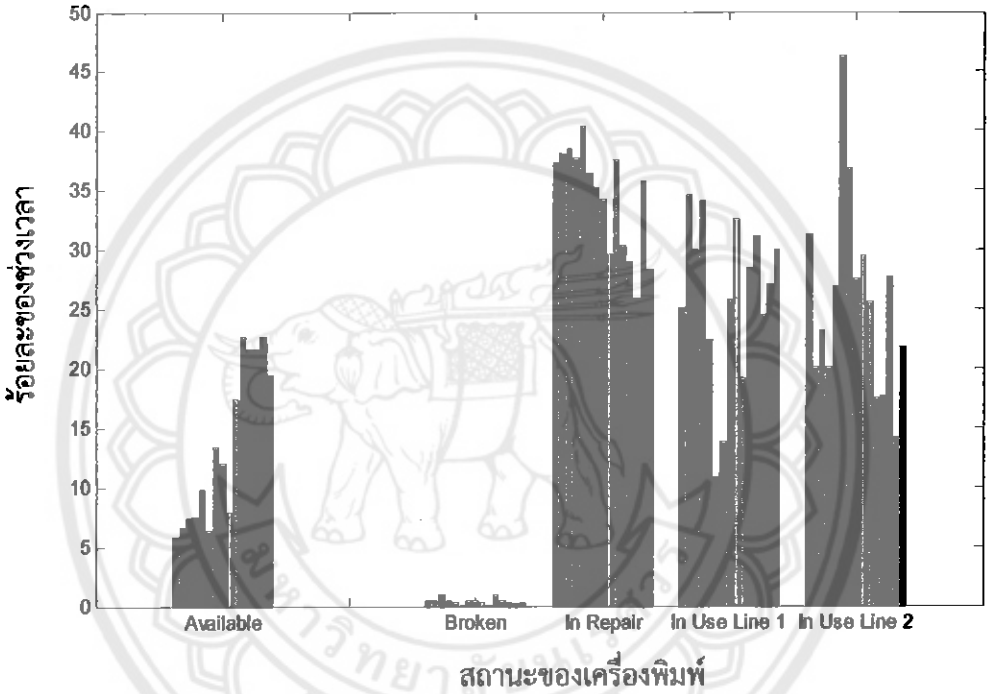
รูปที่ ก.24 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ สายการผลิต 2 สาย กรณีที่ 1

ก.3.1.2 กรณีที่ 2 กราฟแสดงผลการ สายการผลิต 2 สาย เครื่องพิมพ์สำรอง 8 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 7 หน่วยการแจกแจงอายุการใช้งานแบบ Weibull ($\lambda = \frac{1}{\sqrt{3}}, \beta = \frac{1}{2}$) และการแจกแจงการซ่อมบำรุงแบบ Exponential (λ =2) โดยที่สีในกราฟแท่งแต่ละแท่งแทนเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่อง ซึ่งในกรณีนี้มีทั้งหมด 6 เครื่อง และมีสถานะการใช้งานทั้งหมด 4 สถานะ คือ สถานะพร้อมใช้งาน สถานะเครื่องเสีย สถานะเข้าซ่อม และสถานะถูกใช้ในสายการพิมพ์ต่างๆ และความสูงของกราฟ คือระยะเวลา (วัน) ที่เครื่องพิมพ์เครื่องนั้นอยู่สถานะต่างๆ รูปที่ ก.25



รูปที่ ก.25 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ สายการผลิต 2 **สาย กรณีที่** 2

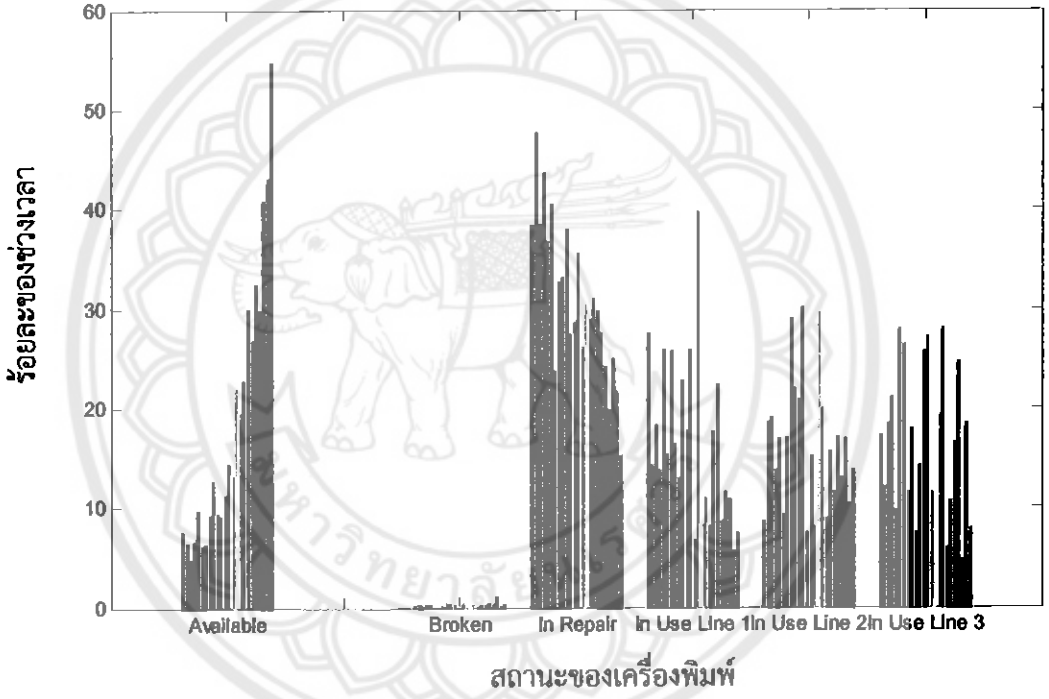
ก.3.1.3 กรณีที่ 3 กราฟแสดงผลการ สายการผลิต 2 สาย เครื่องพิมพ์สำรอง 7 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 8 หน่วยการแจกแจงอายุการใช้งานแบบ Weibull ($\lambda = \frac{1}{\sqrt{3}}, \beta = \frac{1}{2}$) และการแจกแจงการซ่อมบำรุงแบบ Exponential (λ =2) โดยที่สีในกราฟแท่งแต่ละแท่งแทนเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่อง ซึ่งในกรณีนี้มีทั้งหมด 6 เครื่อง และมีสถานะการใช้งานทั้งหมด 4 สถานะ คือ สถานะพร้อมใช้งาน สถานะเครื่องเสีย สถานะเข้าซ่อม และสถานะถูกใช้ในสายการพิมพ์ต่างๆ และความสูงของกราฟ คือระยะเวลา (วัน) ที่เครื่องพิมพ์เครื่องนั้นอยู่สถานะต่างๆ รูปที่ ก.26



รูปที่ ก.26 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ สายการผลิต 2 **สาย กรณีที่** 3

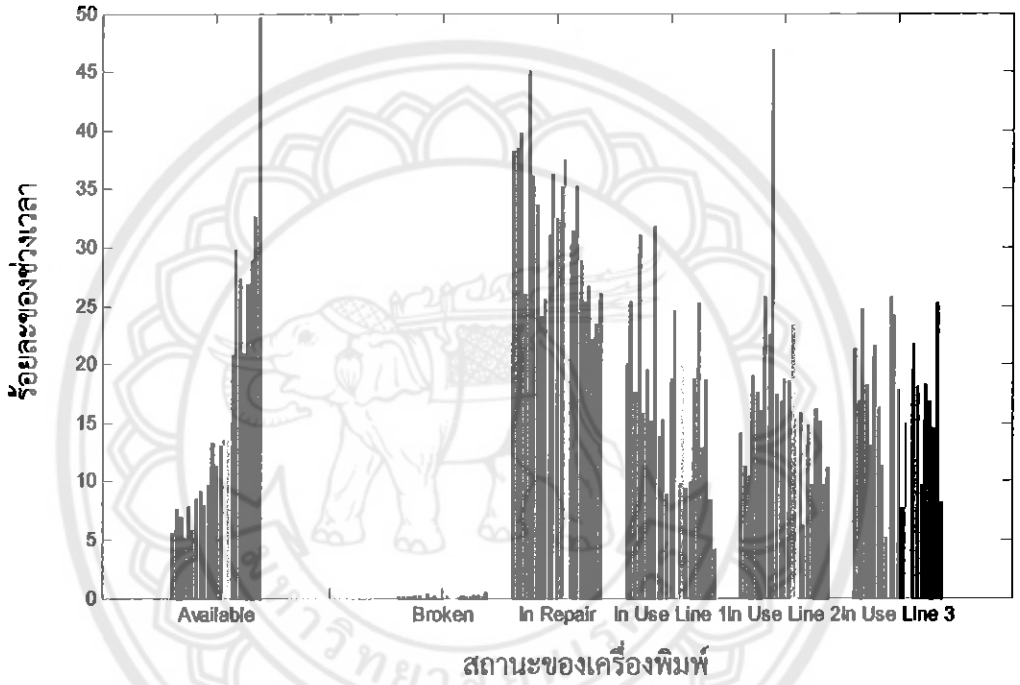
ก.3.2 จำนวนสายการผลิต 3 สาย

ก.3.2.1 กรณีที่ 1 กราฟแสดงผลการ สายการผลิต 3 สาย เครื่องพิมพ์สำรอง 12 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 12 หน่วยการแจกแจงอายุการใช้งานแบบ Weibull ($\lambda = \frac{1}{\sqrt{3}}, \beta = \frac{1}{2}$) และการแจกแจงการซ่อมบำรุงแบบ Exponential (λ =2) โดยที่สีในกราฟแท่งแต่ละแท่งแทนเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่อง ซึ่งในกรณีนี้มีทั้งหมด 6 เครื่อง และมีสถานะการใช้งานทั้งหมด 4 สถานะ คือ สถานะพร้อมใช้งาน สถานะเครื่องเสีย สถานะเข้าซ่อม และสถานะถูกใช้ในสายการพิมพ์ต่างๆ และความสูงของกราฟ คือระยะเวลา (วัน) ที่เครื่องพิมพ์เครื่องนั้นอยู่สถานะต่างๆ รูปที่ ก.27



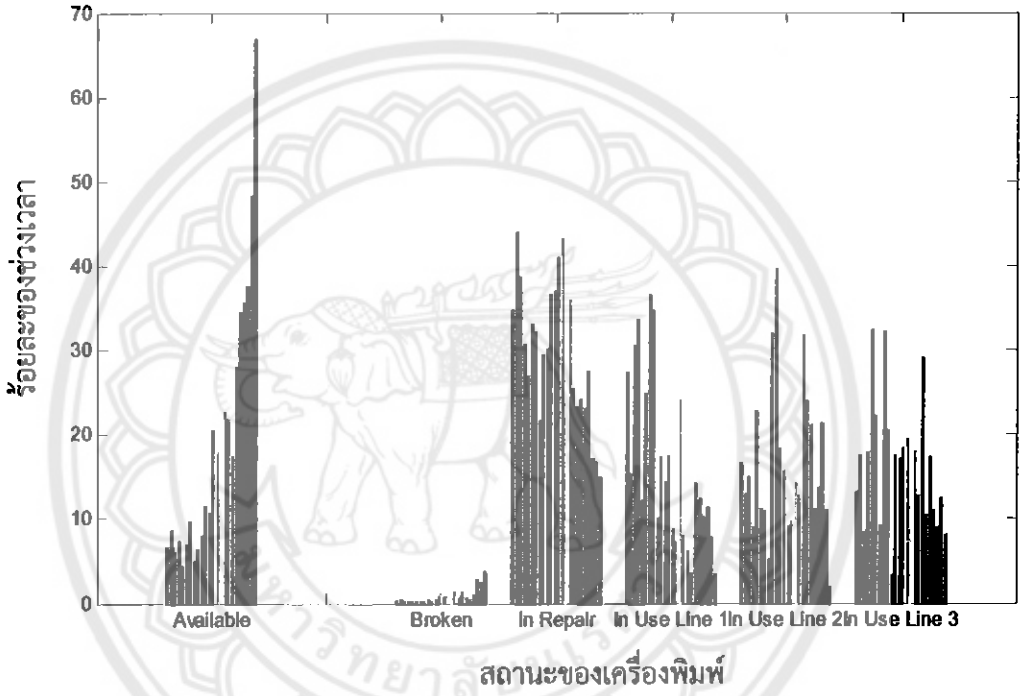
รูปที่ ก.27 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ สายการผลิต 3 **สาย กรณีที่** 1

ก.3.2.2 กรณีที่ 2 กราฟแสดงผลการ สายการผลิต 3 สาย เครื่องพิมพ์สำรอง 11 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 12 หน่วยการแจกแจงอายุการใช้งานแบบ Weibull ($\lambda = \frac{1}{\sqrt{3}}, \beta = \frac{1}{2}$) และการแจกแจงการซ่อมบำรุงแบบ Exponential (λ =2) โดยที่สีในกราฟแท่งแต่ละแท่งแทนเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่อง ซึ่งในกรณีนี้มีทั้งหมด 6 เครื่อง และมีสถานะการใช้งานทั้งหมด 4 สถานะ คือ สถานะพร้อมใช้งาน สถานะเครื่องเสีย สถานะเข้าซ่อม และสถานะถูกใช้ในสายการพิมพ์ต่างๆ และความสูงของกราฟ คือระยะเวลา (วัน) ที่เครื่องพิมพ์เครื่องนั้นอยู่สถานะต่างๆ รูปที่ ก.28



รูปที่ ก.28 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ สายการผลิต 3 **สาย กรณีที่** 2

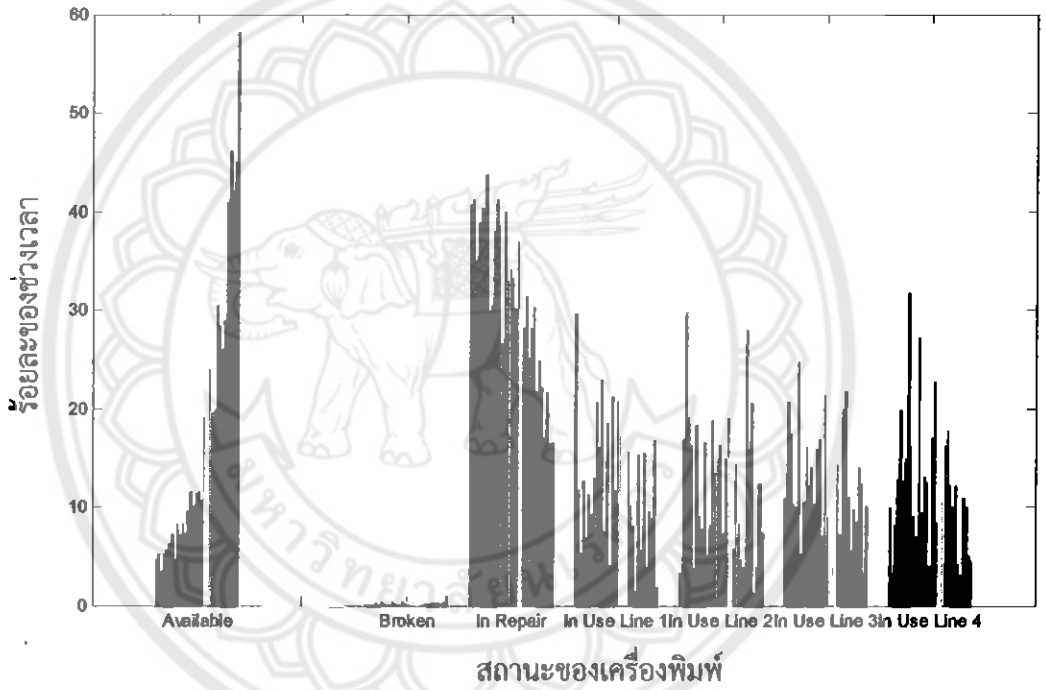
ก.3.2.3 กรณีที่ 3 กราฟแสดงผลการ สายการผลิต 3 สาย เครื่องพิมพ์สำรอง 12 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 11 หน่วยการแจกแจงอายุการใช้งานแบบ Weibull ($\lambda = \frac{1}{\sqrt{3}}, \beta = \frac{1}{2}$) และการแจกแจงการซ่อมบำรุงแบบ Exponential (λ =2) โดยที่สีในกราฟแท่งแต่ละแท่งแทนเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่อง ซึ่งในกรณีนี้มีทั้งหมด 6 เครื่อง และมีสถานะการใช้งานทั้งหมด 4 สถานะ คือ สถานะพร้อมใช้งาน สถานะเครื่องเสีย สถานะเข้าซ่อม และสถานะถูกใช้ในสายการพิมพ์ต่างๆ และความสูงของกราฟ คือระยะเวลา (วัน) ที่เครื่องพิมพ์เครื่องนั้นอยู่สถานะต่างๆ รูปที่ ก.29



รูปที่ ก.29 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ สายการผลิต 3 **สาย กรณีที่** 3

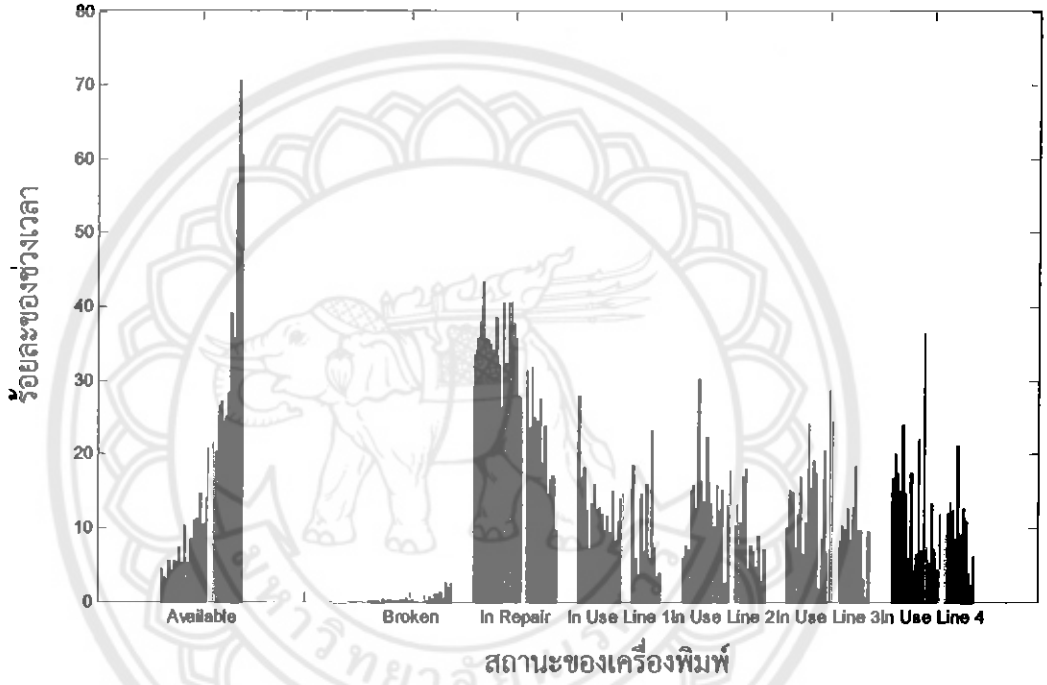
ก.3.3 จำนวนสายการผลิต 4 สาย

ก.3.3.1 กรณีที่ 1 กราฟแสดงผลการ สายการผลิต 4 สาย เครื่องพิมพ์สำรอง 16 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 16 หน่วยการแจกแจงอายุการใช้งานแบบ Weibull ($\lambda = \frac{1}{\sqrt{3}}, \beta = \frac{1}{2}$) และการแจกแจงการซ่อมบำรุงแบบ Exponential (λ =2) โดยที่สีในกราฟแท่งแต่ละแท่งแทนเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่อง ซึ่งในกรณีนี้มีทั้งหมด 6 เครื่อง และมีสถานะการใช้งานทั้งหมด 4 สถานะ คือ สถานะพร้อมใช้งาน สถานะเครื่องเสีย สถานะเข้าซ่อม และสถานะถูกใช้ในสายการพิมพ์ต่างๆ และความสูงของกราฟ คือระยะเวลา (วัน) ที่เครื่องพิมพ์เครื่องนั้นอยู่สถานะต่างๆ รูปที่ ก.30



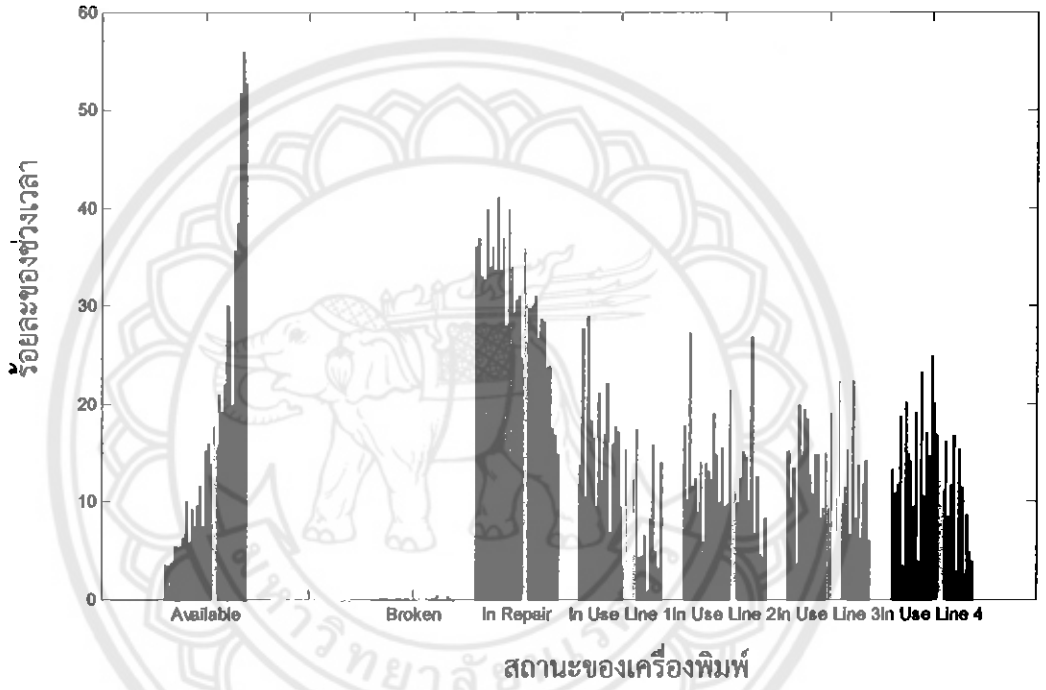
รูปที่ ก.30 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ สายการผลิต 4 **สาย กรณีที่ 1**

ก.3.3.2 กรณีที่ 2 กราฟแสดงผลการ สายการผลิต 4 สาย เครื่องพิมพ์สำรอง 16 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 15 หน่วยการแจกแจงอายุการใช้งานแบบ Weibull ($\lambda = \frac{1}{\sqrt{3}}, \beta = \frac{1}{2}$) และการแจกแจงการซ่อมบำรุงแบบ Exponential (λ =2) โดยที่สีในกราฟแท่งแต่ละแท่งแทนเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่อง ซึ่งในกรณีนี้มีทั้งหมด 6 เครื่อง และมีสถานะการใช้งานทั้งหมด 4 สถานะ คือ สถานะพร้อมใช้งาน สถานะเครื่องเสีย สถานะเข้าซ่อม และสถานะถูกใช้ในสายการพิมพ์ต่างๆ และความสูงของกราฟ คือระยะเวลา (วัน) ที่เครื่องพิมพ์เครื่องนั้นอยู่สถานะต่างๆ รูปที่ ก.31



รูปที่ ก.31 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ สายการผลิต 4 **สาย กรณีที่** 2

ก.3.3.3 กรณีที่ 3 กราฟแสดงผลการ สายการผลิต 4 สาย เครื่องพิมพ์สำรอง 15 เครื่อง หน่วยซ่อมบำรุง 16 หน่วยการแจกแจงอายุการใช้งานแบบ Weibull ($\lambda = \frac{1}{\sqrt{3}}, \beta = \frac{1}{2}$) และการแจกแจงการซ่อมบำรุงแบบ Exponential (λ =2) โดยที่สีในกราฟแท่งแต่ละแท่งแทนเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่อง ซึ่งในกรณีนี้มีทั้งหมด 6 เครื่อง และมีสถานะการใช้งานทั้งหมด 4 สถานะ คือ สถานะพร้อมใช้งาน สถานะเครื่องเสีย สถานะเข้าซ่อม และสถานะถูกใช้ในสายการพิมพ์ต่างๆ และความสูงของกราฟ คือระยะเวลา (วัน) ที่เครื่องพิมพ์เครื่องนั้นอยู่สถานะต่างๆ รูปที่ ก.32



รูปที่ ก.32 กราฟแสดงสถานะทำงานแต่ละช่วงเวลาของเครื่องพิมพ์ สายการผลิต 4 **สาย กรณีที่ 3**