



การวิเคราะห์และจัดการกำลังคนในกระบวนการผลิตโดยการจำลองด้วย
คอมพิวเตอร์

โดย

นายเกษมสันต์ ไชยคุณ

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การวิเคราะห์และจัดการกำลังคนในกระบวนการผลิตโดยการจำลองด้วย
คอมพิวเตอร์

โดย

นายเกษมสันต์ ไชยคุณ



การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์



MANPOWER ANALYSIS AND MANAGEMENT IN THE PRODUCTION
PROCESS BY COMPUTER SIMULATION

BY

MR KASEMSAN CHAIYAKUN



AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING IN
INDUSTRIAL DEVELOPMENT
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
THAMMASAT UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2014
COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSIT

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง

ของ

นายเกษมสันต์ ไชยคุณ

เรื่อง

การวิเคราะห์และจัดการกำลังคนในกระบวนการผลิตโดยการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 7 สิงหาคม พ.ศ. 2558

ประธานกรรมการสอบ



(รองศาสตราจารย์ ดร. พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา



(รองศาสตราจารย์ ดร. วุฒิชัย วงษ์ทัศน์ียร์)

กรรมการสอบ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิรวรรณ คล้อยภยันต์)

คณบดี



(รองศาสตราจารย์ ดร. ประภัสสร วังศากัญจน์)

หัวข้อการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง	การวิเคราะห์และจัดการกำลังคนในกระบวนการผลิตโดยการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์
ชื่อผู้เขียน	นายเกษมสันต์ ไชยคุณ
ชื่อปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง	รองศาสตราจารย์ ดร. วุฒิชัย วงษ์ทัศน์กร
ปีการศึกษา	2557

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงการวางแผนและจัดการกำลังคนในโรงงานกรณีศึกษาเพื่อให้ตอบสนองปริมาณความต้องการของลูกค้าโดยใช้ทรัพยากรบุคคลได้อย่างเหมาะสม ในการวิจัยในครั้งนี้จึงนำเอาหลักการสร้างแบบจำลองกระบวนการผลิตโดยใช้โปรแกรมอาร์นาและโปรแกรมออฟท์เคสส์ เพื่อหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดสำหรับการจัดการทรัพยากร โดยเมื่อนำเอารูปแบบการคำนวณหาทรัพยากรที่เหมาะสมไปใช้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ปัจจุบันของกระบวนการผลิต จะเห็นได้ว่าผลการคำนวณของเครื่องมือออฟท์เคสส์ สามารถปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยสามารถลดกำลังคนในบางกระบวนการได้ แต่ยังสามารถตอบสนองปริมาณความต้องการของลูกค้าที่ระดับความต้องการต่างๆ ได้ มีอัตราผลผลิตเพิ่มขึ้นเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 3.5 มีค่าอัตราประโยชน์เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 93.95 โดยเฉลี่ย และไม่ทำให้ปริมาณงานค้างระหว่างกระบวนการผลิตมีมากจนเกินไป ผลที่ได้สามารถลดค่าใช้จ่ายให้กับโรงงานกรณีศึกษาได้อย่างมีนัยสำคัญ

Independent Study Title	MANPOWER ANALYSIS AND MANAGEMENT IN THE PRODUCTION PROCESS BY COMPUTER SIMULATION
Author	Mr. Kasemsan Chaiyakun
Degree	Master of Engineering
Department/Faculty/University	Industrial Development Faculty of Engineering Thammasat University
Independent Study Advisor	Assoc. Prof. Dr. Wuthichai Wongthatsaneorn
Academic Years	2014

ABSTRACT

This research studies the planning and management of manpower in case study factory to meet the demand of the customers by utilizing the resources efficiently. The research applies simulation framework using Arena software along with OptQuest to find the best possible resource management. By adopting the model to calculate the appropriate resources, the results show that OptQuest can help improve the production process. It reduces manpower in certain process while satisfying the customer demand. The average productivity is increased by 3.5% and the average utilization is increased to 93.95% without raising the amount of work in process. The developed model helps reduce the cost of the case study factory significantly.

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีเนื่องด้วยความอนุเคราะห์จาก รองศาสตราจารย์ ดร. วุฒิชัย วงษ์ทัศนีย์กร อาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยให้คำแนะนำ วิธีการในการศึกษา ให้คำปรึกษาในปัญหาที่เกิดขึ้น ช่วยแก้ไขข้อมูลที่ผิดพลาด ช่วยปรับปรุงเนื้อหา และเสนอแนะแนวทางในการจัดทำการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองฉบับนี้ให้ดีและสมบูรณ์ยิ่งขึ้นตลอดระยะเวลาการศึกษาวิจัย

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จีรพรรณ คล้อยพันธ์ กรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ที่ช่วยให้คำแนะนำในการปรับปรุงเนื้อหาให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางอันเป็นประโยชน์ต่อผู้วิจัย

สุดท้ายนี้ผู้ดำเนินการวิจัยหวังว่า การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อวงการการศึกษา ในเรื่องของการวิเคราะห์และปรับปรุงกำลังคนในกระบวนการผลิต และการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ ผู้ที่สนใจศึกษา หรือเป็นแนวทางในการศึกษาเพิ่มเติม คุณประโยชน์ใดๆ ที่เกิดขึ้นใคร่ขอขอบแต่ บิดา มารดา ครอบครัว ญาติมิตร คนรอบข้าง และเพื่อนๆ ที่คอยสนับสนุน ให้กำลังใจ และคอยถามไถ่แก่ผู้ดำเนินการวิจัยตลอดมา

นายเกษมสันต์ ไชยคุณ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญตาราง	(7)
สารบัญภาพ	(8)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.1.2 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	4
1.3 ขอบเขตในการวิจัย	4
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย	5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับระยะเวลาในการดำเนินงาน	5
1.6 ระยะเวลาในการดำเนินงาน	6
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงการทำงาน	7
2.1.1 ความหมาย และนิยามการเพิ่มผลผลิต อัตราผลผลิต	7
2.1.2 แนวทางในการเพิ่มผลผลิต	9
2.2 ประสิทธิภาพและประสิทธิภาพ	11

2.3 ความสูญเสีย	11
2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาเวลา	16
2.4.1 เทคนิคของการวัดผลงาน	16
2.4.2 การประเมินอัตราความเร็ว	16
2.4.3 การศึกษาเวลาโดยตรง	18
2.5 การจำลองสถานการณ์	22
2.5.1 โปรแกรมอรินา	23
2.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า	26
2.5.3 การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ด้วยเครื่องมือ OptQuest	28
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	30
3.1 ข้อมูลเบื้องต้นของกระบวนการผลิต	30
3.1.1 กระบวนการผลิตด้วยเครื่องจักร	31
3.1.2 การสุ่มตรวจคุณภาพขนาดชิ้นงาน	31
3.1.3 กระบวนการตรวจสอบคุณภาพเฉพาะจุดของผลิตภัณฑ์	32
3.1.4 กระบวนการขัดหยาบ	32
3.1.5 กระบวนการขัดละเอียด	32
3.1.6 กระบวนการทำความสะอาดชิ้นงาน	32
3.1.7 การตรวจสอบลักษณะภายนอก	32
3.1.8 การสุ่มตรวจสอบคุณภาพลักษณะภายนอก	33
3.1.9 บรรจุ	33
3.1.10 จัดเก็บผลิตภัณฑ์	33
3.2 ข้อมูลกระบวนการผลิตทั่วไป	33
3.3 ข้อมูลเวลาในกระบวนการผลิตของแต่ละกระบวนการ	34
3.4 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์	40
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย	43
4.1 การกำหนดรูปแบบปัญหา	43

4.2 การกำหนดจุดมุ่งหมาย และวางแผน	43
4.3 ขอบเขตของงานวิจัย	43
4.4 ข้อจำกัด	44
4.5 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์	44
4.6 การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม	57
4.7 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง	59
4.7.1 การประมาณประสิทธิภาพของข้อมูล	59
4.7.2 การหาจำนวนรอบสำหรับการจำลองสถานการณ์	60
4.8 การสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์	62
4.9 ผลการใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์หาผลลัพธ์	66
4.9.1 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ปริมาณความต้องการ 75,800 ขึ้นต่อวัน	67
4.9.2 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ปริมาณความต้องการ 85,600 ขึ้นต่อวัน	71
4.9.3 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ปริมาณความต้องการ 104,000 ขึ้นต่อวัน	76
4.10 สรุปการใช้แบบจำลองร่วมกับตัวแบบคณิตศาสตร์เปรียบเทียบการปรับปรุง	81
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	83
5.1 สรุปผลการศึกษา	83
5.2 ข้อเสนอแนะ	85
รายการอ้างอิง	86
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ตารางศึกษาเวลามาตรฐานสำหรับทุกผลิตภัณฑ์	88
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและรูปแบบการแจกแจงข้อมูล	97
ภาคผนวก ค ตารางการแจกแจงความน่าจะเป็นทางสถิติ	100
ประวัติผู้เขียน	106

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 บันทึกการผลิตในกระบวนการตรวจสอบด้านคุณภาพ	3
1.2 แผนการดำเนินงาน	6
2.1 แนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพ	9
3.1 กระบวนการผลิต Shaft และ Sleeve	31
3.2 รายละเอียดจำนวนพนักงานและเครื่องจักรในแต่ละสถานงาน	34
3.3 ข้อมูลเวลาการทำงานจริงที่จับได้จากกระบวนการตรวจสอบคุณภาพ	37
3.4 ตัวอย่างเวลามาตรฐานในแต่ละกระบวนการของผลิตภัณฑ์ Grenada Shaft	38
4.1 ข้อมูลเวลาในการตรวจสอบคุณภาพขนาดของชิ้นงาน ผลิตภัณฑ์ SHT Grenada	45
4.2 ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ใช้ในโปรแกรม Arena	46
4.3 ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลผลิตภัณฑ์ SHT Grenada	48
4.4 การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม	58
4.5 ปริมาณความต้องการงาน 3 ระดับ	67
4.6 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากOptQuest ที่ปริมาณความต้องการ 75,800 ชิ้น	69
4.7 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากOptQuest ที่ปริมาณความต้องการ 85,600 ชิ้น	74
4.8 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากOptQuest ที่ปริมาณความต้องการ 104,000 ชิ้น	79
4.9 เปรียบเทียบผลระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุง	82
5.1 เปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง	84

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 ปริมาณความต้องการสินค้าในช่วงปี ค.ศ. 2007 – 2010	2
1.2 อัตราการผลิตในกระบวนการตรวจสอบด้านคุณภาพ Visual Inspection Process ในช่วงเดือนสิงหาคม 2555	4
2.1 หน่วยโมดูลโครงสร้างใน Basic Process	25
2.2 หน้าต่างโปรแกรมการวิเคราะห์การกระจายข้อมูล	27
2.3 หน้าต่างการเข้าใช้งาน OptQuest	28
3.1 ขั้นตอนการจำลองสถานการณ์	42
4.1 ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของโปรแกรม Input Analyzer	47
4.2 รูปแบบกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของโรงงานกรณีศึกษา	49
4.3 ตัวอย่างการสร้าง Create Module	50
4.4 ตัวอย่างการสร้าง Assign Module	51
4.5 ตัวอย่างการสร้าง Batch Module	52
4.6 ตัวอย่างการสร้าง Process "OQA Dimension"	53
4.7 ตัวอย่างการสร้าง Decide Module	53
4.8 การสร้าง Model สำหรับกระบวนการล้าง	54
4.9 การสร้าง Model สำหรับกระบวนการขัด	55
4.10 ตัวอย่างสัญลักษณ์ Batch Module	55
4.11 การสร้าง "QA VMI" Module	56
4.12 แบบจำลองของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของโรงงานกรณีศึกษา	57
4.13 เวลาที่ใช้ในการผลิตที่ได้จากการทำงานของโปรแกรม	58
4.14 การวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณงานที่ผลิตได้ใน 32 วันจากกระบวนการผลิตจริง กับแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้น	61
4.15 ตัวอย่างหน้าต่างตัวควบคุม (Control)	62
4.16 ตัวอย่างหน้าต่างผลตอบสนอง (Responses)	63
4.17 ตัวอย่างหน้าต่างการกำหนดช่วงให้ตัวควบคุม	63
4.18 การสร้างสมการเงื่อนไข	64
4.19 การสร้างสมการวัตถุประสงค์	65

4.20 ผลลัพธ์จากการใช้เครื่องมือ OptQuest	65
4.21 ผลการรันโปรแกรมแบบก่อนการปรับปรุง ที่ความต้องการ 75,800 ชิ้น	67
4.22 งานค้ำระหว่างกระบวนการ (WIP) ก่อนปรับปรุง ที่ความต้องการ 75,800 ชิ้น	68
4.23 ผลการรันโปรแกรมแบบหลังการปรับปรุง ที่ความต้องการ 75,800 ชิ้น	70
4.24 งานค้ำระหว่างกระบวนการ (WIP)หลังปรับปรุง ที่ความต้องการ 75,800 ชิ้น	71
4.25 ผลการรันโปรแกรมแบบก่อนการปรับปรุง ที่ความต้องการ 85,600 ชิ้น	72
4.26 งานค้ำระหว่างกระบวนการ (WIP) ก่อนปรับปรุง ที่ความต้องการ 85,600 ชิ้น	73
4.27 ผลการรันโปรแกรมแบบหลังการปรับปรุง ที่ความต้องการ 85,600 ชิ้น	75
4.28 งานค้ำระหว่างกระบวนการ (WIP)หลังปรับปรุง ที่ความต้องการ 85,600 ชิ้น	76
4.29 ผลการรันโปรแกรมแบบก่อนการปรับปรุง ที่ความต้องการ 104,000 ชิ้น	77
4.30 งานค้ำระหว่างกระบวนการ (WIP) ก่อนปรับปรุง ที่ความต้องการ 104,000 ชิ้น	78
4.31 ผลการรันโปรแกรมแบบหลังการปรับปรุง ที่ความต้องการ 104,000 ชิ้น	80
4.32 งานค้ำระหว่างกระบวนการ (WIP)หลังปรับปรุง ที่ความต้องการ 104,000 ชิ้น	81

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

1.1.1 ความเป็นมาของปัญหา

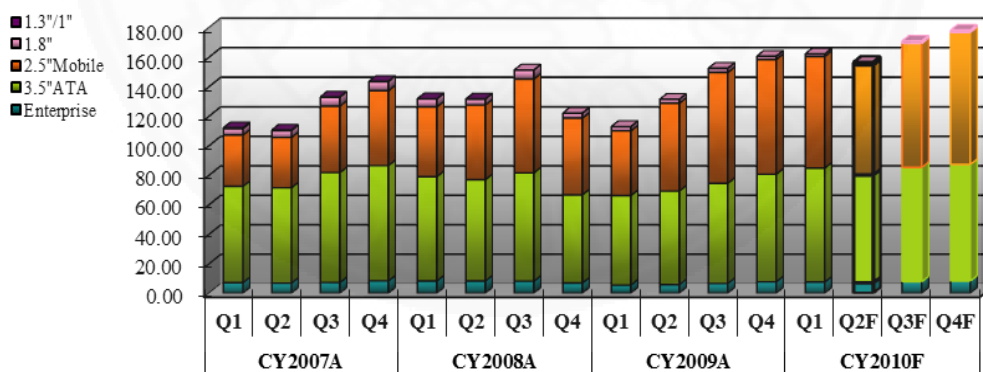
กล่าวถึงกำลังคนในองค์กร หน่วยงาน หรือบริษัทต่างๆ ก็ถือว่าเป็นประเด็นที่สำคัญที่สุดประการหนึ่ง เพราะกำลังคนเป็นกลไกในการขับเคลื่อนกิจกรรมต่างๆ ทั้งใน ส่วนปฏิบัติการ หรือในส่วนบริหาร เพื่อให้กิจกรรมนั้นๆ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

แม้ว่ากำลังคนจะเป็นทรัพยากรที่มีคุณค่าที่สุดขององค์กรก็ตาม แต่กำลังคนก็เป็นทรัพยากรที่มีต้นทุน หรือค่าใช้จ่าย ที่แปรผันตามจำนวนอัตราค่าจ้าง ทำให้เกิดคำถามที่ตามมา ก็คือ จำนวนอัตราค่าจ้างคนเท่าใดจึงจะเหมาะสมกับองค์กร หรือปริมาณการผลิต จากกรณีศึกษาผู้วิจัยได้ ทำการศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ในส่วนการผลิตด้วยเครื่องจักรและพบว่าในกระบวนการที่ต้องใช้คนทำงาน อาทิเช่น ตรวจสอบคุณภาพก่อนส่งมอบให้กับลูกค้าซึ่งเป็นกระบวนการที่ต้องใช้กำลังคนเป็นหลัก มักจะพบปัญหาในด้านการจัดการกำลังคนในทุกๆ ครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงความต้องการจากลูกค้า ทำให้ระยะเริ่มต้นของการเปลี่ยนแปลงมักจะประสบกับปัญหา ในด้านการจัดการกำลังคนและอาจส่งผลกระทบต่อถึงขั้นทำให้การส่งมอบงานไม่เป็นไปตามกำหนดเวลา เกิดความล่าช้า อีกทั้งเกิดปัญหาในด้านคุณภาพตามมาอีกด้วยในภายหลัง

1.1.2 ความสำคัญของปัญหา

จากการสังเกตในเบื้องต้นปัญหาที่พบในการจัดการกำลังคน และการวางแผน กำลังคนในกระบวนการผลิต คือ ในทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตอันเกิดจาก ความต้องการที่เปลี่ยนไปของลูกค้า จะต้องมีการวางแผนการผลิตใหม่และวางแผนกำลังคนใหม่ ซึ่ง โดยส่วนใหญ่แล้วการวางแผนมักจะเป็นการวางแผนกำลังคนที่ไม่ลงตัวในครั้งแรก อาทิเช่น บางสถาน ใจงานมีคนมากเกินไปทำให้เกิดการรอคอย หรือบางสถานใจงานมีการปรับกำลังในการผลิต โดยมีคนน้อยเกินไปไม่เหมาะสมกับกำลังการผลิต ทำให้เกิดเป็นคอขวดที่กระบวนการนั้น แล้วต้องไปดึงคนจาก กระบวนการอื่น ไปมาทำการฝึกรบมอย่างเร่งด่วนเพื่อช่วยในการผลักดันงานออกไปสู่กระบวนการ ถัดไป อีกทั้งการฝึกรบมแบบเร่งด่วน พนักงานใหม่ย่อมไม่สามารถปฏิบัติงานให้มีประสิทธิภาพได้ 100% ส่งผลให้การผลิตในระยะเริ่มต้นเกิดการสะดุด และส่งผลให้กระบวนการโดยรวมไม่ได้ ประสิทธิภาพตรงตามความต้องการ เหมือนกับการกำหนดกำลังคนในการผลิตของสายการผลิตใน

กระบวนการตรวจด้านคุณภาพของการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งในปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษานั้น มีการกำหนดกำลังคนเพื่อทำการผลิต โดยอ้างอิงจากอัตราผลผลิตแล้วนำมาวางแผนทำการผลิต ซึ่งอัตราผลผลิตนั้นได้มาจากเวลาทำงานเฉลี่ย ซึ่งมีผลทำให้ไม่เกิดประสิทธิผลจากการทำงานดังที่คาดการณ์ไว้ โดยทั้งหมดที่กล่าวมาล้วนเป็นผลกระทบมาจากการวิเคราะห์และการวางแผนจัดการด้านกำลังคนอย่างไม่มีประสิทธิภาพ ส่งผลโดยรวมให้การผลิตไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นจำเป็นต้องมีการปรับปรุงในด้านการวิเคราะห์และวางแผนจัดการด้านกำลังคนในกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพตั้งแต่ก่อนเริ่มกระบวนการผลิต โดยผู้จัดทำมีความสนใจที่จะใช้เครื่องมือที่มีชื่อว่า OptQuest ซึ่งเป็นเครื่องมือมาตรฐานของโปรแกรม Arena เพื่อช่วยในการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดภายใต้วัตถุประสงค์เรื่องการวางแผนจัดการด้านกำลังคน ร่วมกับการวิเคราะห์กระบวนการโดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ (Program Arena) ซึ่งจะช่วยให้ง่ายกับการทำงานและตอบสนองความต้องการได้โดยละเอียดและรวดเร็ว ซึ่งเหมาะกับการใช้งานในกระบวนการที่ต้องแข่งกับเวลาและความรวดเร็วในการตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก จากข้อมูลตัวอย่างในตลาดอุตสาหกรรมชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Hard Disk Drive) ในช่วงปี ค.ศ. 2007-2010 จะพบว่าปริมาณความต้องการในตลาดชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีความต้องการแบบไม่คงที่ คือ ความต้องการมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งนั่นก็หมายความว่า การบริหารหรือจัดการกำลังคนเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสำคัญด้วยเหมือนกัน



ภาพที่ 1.1 ปริมาณความต้องการสินค้าในช่วงปี ค.ศ. 2007 – 2010

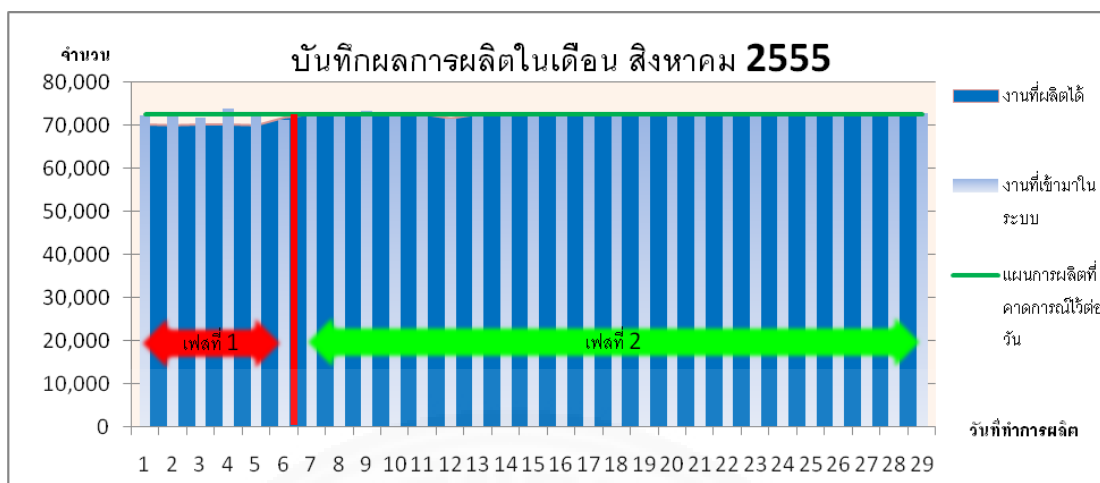
และจากตัวอย่างของอัตราการผลิตในกระบวนการที่มีการวางแผนการผลิตโดยใช้อัตราผลผลิตในการวางแผนการผลิตซึ่งได้มาจากเวลาทำงานเฉลี่ยดังกรณีของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษานั้น จะแสดงให้เห็นดัง ตารางที่ 1.1 ซึ่งจะเห็นว่าในช่วงต้นของเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555 คือ ช่วงระหว่างวันที่ 1 ถึงวันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2555 จะมีปริมาณสินค้าคงคลังต่อวันเหลือมากกว่าปกติเมื่อเทียบ

กับข้อมูลตั้งแต่วันที่ 6 สิงหาคม พ.ศ. 2555 โดยในระยะเวลา 5 วันมีปริมาณสินค้าคงคลังรวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 11,904 ชิ้น ซึ่งเป็นเหตุมาจากในช่วงแรกของการเริ่มแผนการผลิตนั้น มีการวางแผนการจัดการเรื่องกำลังคนในกระบวนการผลิตได้ไม่เหมาะสมเท่าที่ควร

ตารางที่ 1.1

บันทึกการผลิตในกระบวนการตรวจสอบด้านคุณภาพ

วันที่	แผนการผลิตที่คาดการณ์ไว้ต่อวัน	บันทึกการผลิต เดือน สิงหาคม 2555			
		งานที่เข้ามาในระบบ	งานที่ผลิตได้	สินค้าคงคลังต่อวัน	สินค้าคงคลังรวม
1	72600	72,220	70,200	2,020	2,020
2	72600	72,488	70,000	2,488	4,508
3	72600	71,609	70,200	1,409	5,917
4	72600	73,787	70,200	3,587	9,504
5	72600	72,400	70,000	2,400	11,904
6	72600	71,292	71,800	-508	11,396
7	72600	73,045	72,600	445	11,841
8	72600	72,687	72,400	287	12,128
9	72600	73,285	72,600	685	12,813
10	72600	72,744	72,800	-56	12,757
11	72600	73,012	72,600	412	13,169
12	-	0	13,000	-13,000	169
13	72600	71,475	71,600	-125	44
14	72600	72,962	72,600	362	406
15	72600	72,850	72,800	50	456
16	72600	73,064	72,800	264	720
17	72600	72,953	72,600	353	1,073
18	72600	72,724	72,800	-76	997
19	72600	72,680	72,600	80	1,077
20	72600	72,541	72,800	-259	818
21	72600	72,617	72,600	17	835
22	72600	73,044	72,800	244	1,079
23	72600	72,977	72,800	177	1,256
24	72600	72,764	72,800	-36	1,220
25	72600	72,650	72,800	-150	1,070
26	-	0	0	0	1,070
27	72600	71,945	72,400	-455	615
28	72600	72,670	72,800	-130	485
29	72600	72,742	72,600	142	627
30	72600	72,664	72,800	-136	491
31	72600	72,876	72,800	76	567
รวม	2105400	2106767	2,106,200		



ภาพที่ 1.2 อัตราการผลิตในกระบวนการตรวจสอบด้านคุณภาพ (Visual Inspection Process) ในช่วงเดือน สิงหาคม 2555

ซึ่งจากภาพที่ 1.2 จะเห็นลักษณะของแผนภาพที่แบ่งออกเป็นสองเฟส คือ เฟสที่ 1 เป็นช่วงต้นของการปรับเปลี่ยนแผนการผลิต ซึ่งจะเรียกช่วงนี้ว่าช่วงเกินกำลังการผลิต โดยช่วงนี้มีกำลังการผลิตรวม คือ 35 คน จึงทำให้มีงานคงคลังเหลือระหว่างกระบวนการมาก ส่วนเฟสที่ 2 เป็นช่วงที่ได้มีการปรับเปลี่ยนกำลังโดยเพิ่มเป็น 36 คน โดยจะเรียกช่วงนี้ว่าช่วงกำลังการผลิตมากกว่าหรือเท่ากับปริมาณความต้องการ

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 พัฒนารูปแบบการบริหารจัดการทรัพยากร เพื่อเป็นแนวทางในการคำนวณจำนวนทรัพยากรให้เหมาะสมก่อนทำการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตจริง

1.2.2 เพื่อบริหารจัดการทรัพยากรให้เหมาะสม และให้ตอบสนองความต้องการของลูกค้า

1.3 ขอบเขตในการวิจัย

1.3.1 ศึกษาและเก็บข้อมูลกระบวนการผลิตทุกผลิตภัณฑ์ รวมทั้งสิ้น 12 ผลิตภัณฑ์

1.3.2 ข้อมูลในแต่ละกระบวนการ ได้จากการเก็บข้อมูลจากสายการผลิตจริง

1.3.3 กำหนดให้ประสิทธิภาพของพนักงานแต่ละคนไม่แตกต่างกัน

1.3.4 กำหนดให้ไม่เกิดของเสียในกระบวนการ

1.3.5 การประเมินผลที่ได้จากการปรับปรุง พิจารณาจาก

- เพิ่มอัตราผลผลิต (Productivity)
- ปริมาณงานค้างระหว่างกระบวนการผลิต (Work in Process)

1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

1.4.1 ศึกษากระบวนการทำงานในทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิต

1.4.2 รวบรวมข้อมูลเวลามาตรฐานของกระบวนการผลิตในปัจจุบัน

1.4.3 วิเคราะห์ประสิทธิภาพของกระบวนการในปัจจุบัน

1.4.4 สร้างแบบจำลองของกระบวนการผลิตในปัจจุบัน ด้วยโปรแกรม Arena

1.4.5 สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (OptQuest) เพื่อใช้งานร่วมกับการจำลองสถานการณ์ในกระบวนการผลิต แล้วนำมาหาผลลัพธ์ด้านกำลังคนที่เหมาะสม

1.4.6 ทดสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการหาผลลัพธ์ด้วยตัวแบบคณิตศาสตร์เทียบกับสภาพปัจจุบัน

1.4.7 ประเมินผลการปรับปรุงกระบวนการ

1.4.8 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถสร้างแบบจำลองของกระบวนการผลิตขึ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ได้เหมือนกับกระบวนการผลิตจริง

1.5.2 สามารถวางแผนจัดการด้านกำลังคนได้ล่วงหน้าก่อนที่จะมีแผนเริ่มผลิตในกระบวนการผลิตจริง

1.5.3 สร้างตัวเลือกในการวางแผนการผลิต

1.5.4 องค์กรมีระบบการบริหาร จัดการทรัพยากรที่มีประสิทธิภาพ

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องทั้งหมด รวมทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ได้แก่ การปรับปรุงการทำงาน ความสูญเสีย ระบบการผลิตแบบลีน ทฤษฎีเกี่ยวข้องกับการศึกษาเวลา และการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นประเด็นหลัก และยังเป็นเครื่องมือที่จะช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพลดความสูญเสียของระบบได้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงการทำงาน

2.1.1 ความหมาย และนิยามการเพิ่มผลผลิต อัตราผลผลิต

ผลิตภาพ หรืออัตราผลผลิต (Productivity) เป็นดัชนีซึ่งชี้ถึงประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรต่างๆ ขององค์กร และยังเป็นหัวใจหลักในการวัดมูลค่าเพิ่มของกระบวนการผลิต ซึ่งเราสามารถแสดงความหมาย และนิยาม ของการเพิ่มผลผลิต และอัตราผลผลิต ได้ดังนี้ (วัชรินทร์ สิริเจริญ, 2547, น.1-2)

ผลผลิต (Product หรือ Production Output) คือ มูลค่าผลิตภัณฑ์ หรือบริการที่ได้จากกระบวนการผลิต หรือบริการ

การผลิต (Production) คือ กระบวนการการทำงานในการผลิต

ผลิตภาพ หรืออัตราผลผลิต (Productivity) คือ อัตราส่วนของหน่วยผลผลิตต่อหน่วยกำลัง หรือวัสดุที่ป้อนเข้าสู่กระบวนการผลิต หรืออัตราส่วนระหว่างปริมาณหน่วยที่ผลิตได้ต่อหน่วยของทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตนั้นๆ ทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตนั้นๆ ทรัพยากรที่ใช้รวมถึงที่ดิน สิ่งปลูกสร้าง วัตถุดิบ เครื่องจักร เครื่องมือ และแรงงาน

$$\text{อัตราผลผลิต (Productivity)} = \frac{\text{ผลผลิตที่ได้ (Output)}}{\text{ทรัพยากรที่ใช้ (Input)}} \quad (2.1)$$

ในปัจจุบันมีการแบ่งประเภทอัตราผลผลิตเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. อัตราผลผลิตย่อย (Partial Productivity) อัตราผลผลิตย่อยเป็นอัตราส่วนของผลผลิตต่อทรัพยากรที่ใช้ในแต่ละชนิด เช่น อัตราผลผลิตด้านแรงงาน (Labor Productivity) เป็นอัตราผลผลิตย่อยด้านแรงงาน อัตราผลผลิตด้านเงินทุน (Capital Productivity) เป็นอัตราผลผลิตย่อยด้านเงินทุน อัตราผลผลิตด้านวัสดุ (Material Productivity) อัตราผลผลิตด้านพลังงาน

(Energy Productivity) อัตราผลผลิตด้านสิ้นเปลือง (Expense Productivity) ซึ่งสามารถแสดงตัวอย่างวิธีการคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{อัตราผลผลิตด้านแรงงาน} = \frac{\text{ผลผลิต}}{\text{จำนวนชั่วโมงแรงงานที่ใช้ในการผลิต}} \quad (2.2)$$

$$\text{อัตราผลผลิตด้านเครื่องจักร} = \frac{\text{ผลผลิต}}{\text{จำนวนชั่วโมงการเดินเครื่อง}} \quad (2.3)$$

$$\text{อัตราผลผลิตด้านวัตถุดิบ} = \frac{\text{ผลผลิต}}{\text{ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ไป}} \quad (2.4)$$

$$\text{อัตราผลผลิตด้านการใช้พื้นที่} = \frac{\text{ผลผลิต}}{\text{พื้นที่ที่ใช้ในการผลิต}} \quad (2.5)$$

$$\text{อัตราผลผลิตด้านพลังงาน} = \frac{\text{ผลผลิต}}{\text{จำนวนชั่วโมงพลังงานที่ใช้ในการผลิต}} \quad (2.6)$$

2. อัตราผลผลิตรวม (Total Productivity) อัตราผลผลิตรวมเป็นอัตราส่วนของผลผลิตทั้งหมดต่อผลรวมของทรัพยากรที่ใช้ทั้งหมด ดังนั้น อัตราผลผลิตรวมจึงแสดงผลกระทบรวมของทรัพยากรทั้งหมดในการทำผลผลิตออกมา

$$\text{อัตราผลผลิตรวม} = \frac{\text{ผลผลิตทั้งหมด}}{\text{ทรัพยากรที่ใช้ทั้งหมด}} \quad (2.7)$$

3. อัตราผลผลิตมูลค่าเพิ่ม (Value Added Productivity) อัตราผลผลิตมูลค่าเพิ่มเป็นอัตราส่วนของผลผลิตสุทธิต่อผลรวมของทรัพยากร หรือปัจจัยด้านแรงงาน และเงินทุน ผลผลิตสุทธิ หมายถึง ผลผลิตรวมหักออกด้วยสินค้าและบริการระหว่างกระบวนการซื้อ (ตัวส่วนของอัตราส่วนนี้ประกอบด้วยปัจจัยแรงงานและทุนเท่านั้น)

$$\text{อัตราผลผลิตมูลค่าเพิ่ม} = \frac{\text{ผลผลิตสุทธิ}}{\text{ผลรวมของทรัพยากรด้านแรงงาน และทุน}} \quad (2.8)$$

2.1.2 แนวทางในการเพิ่มผลผลิต

แนวทางการเพิ่มผลผลิตจากอัตราผลผลิตที่สูงขึ้นมี 5 แนวทาง ดังนี้ (รศ. รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม 2550, น. 8-11)

1. ผลผลิตเพิ่มโดยใช้ทรัพยากรลดลง (Output เพิ่ม Input ลดลง)
2. ผลผลิตเพิ่มโดยทรัพยากรที่ใช้เท่าเดิม (Output เพิ่ม Input เท่าเดิม)
3. ผลผลิตเพิ่มโดยใช้ทรัพยากรเพิ่มขึ้นแต่ในสัดส่วนที่น้อยกว่าเดิม (Output เพิ่ม Input เพิ่มน้อยกว่า)
4. คงปริมาณผลผลิตโดยใช้ทรัพยากรน้อยลง (Output คงที่ Input ลดลง)
5. ลดปริมาณผลผลิตโดยใช้ทรัพยากรในสัดส่วนที่น้อยกว่าเดิม (Output ลดลง Input ลดลงมากกว่า)

ตารางที่ 2.1

แนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพ

แนวทางที่	ผลผลิตภัณฑ์ และบริการ (Output)	ทรัพยากรที่ใช้ (Input)
1	เพิ่ม	ลด
2	เพิ่ม	คงที่
3	เพิ่มกว่า	เพิ่มน้อยกว่า
4	คงที่	ลด
5	ลดน้อยกว่า	ลดมากกว่า

วิธีที่ 1 ถึง 3 นั้นเหมาะสำหรับธุรกิจที่กำลังอยู่ในระดับการเติบโต และมีความต้องการของสินค้าในตลาด แต่เมื่อธุรกิจอยู่ในระดับการทรงตัว หรือถดถอย ก็สามารถดำรงผลผลิตภาพให้สูงได้โดยใช้แนวความคิดในวิธีที่ 4 และ 5 แทน

การเพิ่มผลผลิตภาพนั้น ไม่สามารถสร้างขึ้นจากสาเหตุอย่างใดอย่างหนึ่งเพียงประการเดียว แต่จะต้องผสมผสานกับปัจจัยอื่นๆ ด้วย เราอาจสรุปเทคนิคของการเพิ่มผลผลิตภาพเป็น 5 แนวทาง ได้แก่

1. การนำเทคโนโลยีใหม่มาใช้ ได้แก่ เครื่องจักร เครื่องมือใหม่ๆ วิทยาการใหม่ๆ ซึ่งทำให้ผลผลิตต่อหน่วยของแรงงานเพิ่มขึ้น ทำให้ลดต้นทุนการผลิต และทำให้ราคาต้นทุนต่อหน่วยถูกลง เทคนิคในกลุ่มนี้ เช่น

- การใช้เครื่องจักรทันสมัยในกระบวนการผลิต

- การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการทำงาน
- การใช้ตรวจจับอัตโนมัติ
- การลงทุนในการซื้อเครื่องมือที่มีขีดความสามารถในการผลิตสูงขึ้น

2. เน้นผลิตภัณฑ์ เป็นแนวทางการเพิ่มผลิตภาพ โดยการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพ และคุณค่าเป็นที่ต้องการของตลาด เทคนิคในกลุ่มนี้ เช่น

- การวิจัย และพัฒนาผลิตภัณฑ์
- การใช้เทคนิคของวิศวกรรมคุณค่า
- การพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น
- การส่งเสริมการขาย และการโฆษณา

3. เน้นวิธีการทำงาน เป็นเทคนิคการเพิ่มผลผลิตภาพโดยอาศัยหลักวิชาทางด้านการศึกษาการทำงานมาใช้ รวมทั้งการวางแผนการทำงานต่างๆ เช่น

- การปรับปรุงงาน
- การกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงาน
- การยศาสตร์/กิจภาวะศาสตร์
- เทคนิคของการวางแผนการผลิตต่างๆ
- เทคนิคของวิศวกรรมย้อนรอย

4. ด้านวัสดุ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพโดยดูจากการจัดการวัสดุ และการควบคุมการใช้วัสดุ เช่น

- การควบคุมสินค้าคงคลัง
- การควบคุมคุณภาพวัสดุ
- ระบบการจัดการวัสดุ
- การใช้วัสดุต่างๆอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด
- การใช้เศษเหลือของวัสดุ

5. ด้านพนักงาน เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพโดยการปรับปรุงคุณภาพของพนักงาน และ การใช้เครื่องมือจิตใจ ได้แก่

- การจัดตั้งระบบค่าแรงจูงใจ
- การจัดตั้งระบบสวัสดิการต่างๆ
- การฝึกงาน
- การพัฒนาปรับปรุงฝีมือ และทักษะของพนักงาน
- การฝึกอบรม และการเรียนรู้

- การสร้างวัฒนธรรมของการทำงานเป็นทีมโดยผ่านกิจกรรมต่างๆ เช่น กลุ่มคิวซี กลุ่มแก้ไขปัญหา เป็นต้น

2.2 ประสิทธิภาพและประสิทธิภาพ (Effectiveness and Efficiency)

ประสิทธิภาพในการทำงาน คือ ตัวบ่งชี้การบรรลุผลตามเป้าหมายในการทำงานนั้นเช่น บริษัทผลิตจักรยานยนต์ตั้งเป้าไว้ว่าจะผลิตรถจักรยานยนต์ให้ได้ 50 คันต่อวัน ดังนั้น ประสิทธิภาพในการผลิต หมายถึง การผลิตรถจักรยานยนต์ได้ตามเป้าหมายนี้ หากผลิตได้ไม่ถึง 50 คัน ก็เรียกว่าไม่มีประสิทธิภาพ แต่อัตราผลผลิตมีความหมายครอบคลุมมากกว่านี้ เพราะบริษัทอาจผลิตได้ตามเป้าแต่อาจสิ้นเปลืองทรัพยากรไปอย่างมากในการนี้ก็ได้ ดังนั้น จึงต้องมีประสิทธิภาพเป็นตัววัดความสำเร็จในการทำงานอีกตัวหนึ่ง (วัชรินทร์ สิริเจริญ, 2547, น. 1-2)

ประสิทธิภาพในการทำงาน คือ ตัววัดการใช้ทรัพยากรในการบรรลุถึงเป้าหมายที่ตั้งไว้ว่ามีการใช้ทรัพยากรอย่างประหยัดเพียงใดในการผลิต ดังนั้น ผู้จัดการที่มีประสิทธิภาพที่สุดคือ ผู้ที่ผลิตสินค้า หรือผลิตภัณฑ์ด้วยต้นทุนค่าทรัพยากรต่ำสุด

สรุปได้ว่า การบรรลุถึงเป้าหมายหรือไม่ แสดงได้โดยประสิทธิภาพ ในขณะที่การใช้ทรัพยากรอย่างดีเพียงไร แสดงได้โดยประสิทธิภาพ ส่วนอัตราผลผลิตเป็นมาตรวัดที่รวมเอาประสิทธิภาพ และประสิทธิภาพอยู่ในตัวเลขเดียวกัน เนื่องจากประสิทธิภาพนั้นเกี่ยวข้องกับผลผลิตที่เป็นเป้าหมายในการทำงาน และประสิทธิภาพเกี่ยวข้องกับการใช้ทรัพยากร

2.3 ความสูญเสีย

ในกระบวนการผลิตมักจะพบว่ามีความสูญเสียต่างๆ แฝงอยู่ไม่มากนัก ซึ่งสาเหตุให้ประสิทธิภาพ และประสิทธิผลของกระบวนการต่ำกว่าที่ควรจะเป็น เช่น ใช้เวลานานในการผลิตสินค้าคุณภาพต่ำ ต้นทุนสูง ดังนั้น จึงมีแนวคิดเพื่อพยายามจะลดความสูญเสียเหล่านี้เกิดขึ้นมากมาย (สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ เอกสาร Quality of Work Life Through Productivity) แนวคิดหนึ่งที่คิดค้นโดย Mr. Shigeo Shingo และ Mr. Taiichi Ohno คือ ระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota Production System) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อขจัดความสูญเสีย 7 ประการ ได้แก่

1. ความสูญเสียเนื่องจากการผลิตมากเกินไป (Overproduction)

การสูญเสียเนื่องจากการผลิตมากเกินไปความต้องการใช้งานในขณะนั้น หรือผลิตไว้ล่วงหน้าเป็นเวลานาน มาจากแนวความคิดเดิมที่ว่าแต่ละขั้นตอนจะต้องผลิตงานออกมาให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อให้เกิดต้นทุนต่อหน่วยต่ำสุดในแต่ละครั้งโดยไม่ได้นิ่งนอนใจว่าจะทำให้มีงานระหว่างทำ

(Work in process, WIP) ในกระบวนการเป็นจำนวนมาก และทำให้กระบวนการผลิตขาดความยืดหยุ่น

1.1 ปัญหาจากการผลิตมากเกินไป

- เสียเวลา และแรงงานไปในการผลิตที่ยังไม่จำเป็น
- เสียพื้นที่ในการจัดเก็บ WIP
- เกิดการขนย้าย
- ของเสียไม่ได้รับการแก้ไขทันที
- ต้นทุนจม
- ปิดบังปัญหาการผลิต

1.2 การปรับปรุง

ปรับปรุง

- บำรุงรักษาเครื่องจักรให้มีสภาพพร้อมผลิตตลอดเวลา
- ลดเวลาการตั้งเครื่องจักร โดยศึกษาเวลาในการตั้งเครื่องจักร จากนั้นทำการ
- จัดเตรียมเครื่องมือ และอุปกรณ์ให้พร้อมก่อนเริ่มตั้งเครื่อง
- แยกขั้นตอนที่ทำได้ในขณะที่เครื่องจักรยังทำงานอยู่ออกจากขั้นตอนที่ต้องทำ

เมื่อเครื่องจักรหยุดเท่านั้น

- จัดลำดับขั้นตอนในการตั้งเครื่องจักรให้เหมาะสม
- กระจายงานอย่างเหมาะสมโดยไม่ให้เกิดการรอกงาน
- จัดหา/ทำอุปกรณ์เพื่อช่วยในการกำหนดตำแหน่งอย่างรวดเร็ว
- ปรับปรุงขั้นตอนที่เป็นคอขวด (Bottle – Neck) ในกระบวนการ เพื่อลดรอบ

เวลาการผลิต

- ผลิตในปริมาณ และเวลาที่ต้องการเท่านั้น
- ฝึกให้พนักงานมีทักษะหลายอย่าง

2. ความสูญเสียเนื่องจากการเก็บวัสดุคงคลัง (Inventory)

การซื้อวัสดุคราวละมากๆ เพื่อเป็นประกันว่าจะมีวัสดุสำหรับผลิตตลอดเวลา หรือเพื่อให้ได้ส่วนลดจากการสั่งซื้อ จะส่งผลให้วัสดุที่อยู่ในคลังมีปริมาณมากเกินไปความต้องการใช้งานอยู่เสมอ เป็นภาระในการดูแล และการจัดการ

2.1 ปัญหาจากการเก็บวัสดุคงคลัง

- ใช้พื้นที่จัดเก็บมาก
- ต้นทุนจม
- วัสดุเสื่อมคุณภาพ (หากระบบการควบคุมวัสดุคงคลังไม่ดีพอ)

- สั่งซื้อซ้ำซ้อน (หากระบบการควบคุมวัสดุคงคลังไม่เพียงพอ)
- ต้องการแรงงาน และการจัดการมาก

2.2 การปรับปรุง

- กำหนดระดับในการจัดเก็บ มีจุดสั่งซื้อที่ชัดเจน
- ควบคุมปริมาณวัสดุโดยใช้เทคนิคการควบคุมด้วยการมองเห็น (Visual Control) เพื่อให้สามารถเข้าใจ และสังเกตได้ง่าย
- ใช้ระบบเข้าก่อนออกก่อน (First in First Out) เพื่อป้องกันไม่ให้มีวัสดุตกค้างเป็นเวลานาน
- วิเคราะห์หาวัสดุทดแทน (Value Engineering) ที่สามารถสั่งซื้อได้ง่ายมาใช้งาน เพื่อลดปริมาณวัสดุที่ต้องทำการจัดเก็บ

3. ความสูญเสียเนื่องจากการขนส่ง (Transportation)

การขนส่งเป็นกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่วัสดุ ดังนั้น จึงต้องควบคุม และลดระยะทางในการขนส่งลงให้เหลือเท่าที่จำเป็นเท่านั้น

3.1 ปัญหาจากการขนส่ง

- ต้นทุนในการขนส่ง ได้แก่ เชื้อเพลิง แรงงาน
- เสียเวลาในการผลิต
- วัสดุเสียหายหากวิธีการขนส่งไม่เหมาะสม
- เกิดอุบัติเหตุหากขาดความระมัดระวังในการขนส่ง

3.2 การปรับปรุง

- วางผังเครื่องจักรใหม่ จัดลำดับเครื่องจักรตามกระบวนการผลิตให้อยู่ในบริเวณเดียวกันเพื่อลดระยะทางขนส่งในแต่ละขั้นตอน
- ลดการขนส่งซ้ำซ้อน
- ใช้อุปกรณ์ขนถ่ายที่เหมาะสม
- ลดปริมาณชิ้นงานในการขนส่งแต่ละครั้ง เพื่อให้สามารถส่งงานไปให้ขั้นตอนต่อไปได้เร็วขึ้นไม่ต้องเสียเวลารอนาน

4. ความสูญเสียเนื่องจากการเคลื่อนไหว (Motion)

ท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม เช่น ต้องเอื้อมหยิบของที่อยู่ไกล ก้มด้วยกของหนัก ที่วางอยู่บนพื้น ฯลฯ ทำให้เกิดความล้าต่อร่างกาย และทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงานอีกด้วย

4.1 ปัญหาจากการเคลื่อนไหว

- เกิดระยะทางในการเคลื่อนที่ทำให้สูญเสียเวลาในการผลิต
- เกิดความล้า และความเครียด

- อุบัติเหตุ
- เสียเวลา และแรงงานในการทำงานที่ไม่จำเป็น

4.2 การปรับปรุง

- ศึกษาการเคลื่อนไหว (Motion Study) เพื่อปรับปรุงวิธีการทำงานให้เกิดการเคลื่อนไหวน้อยที่สุด และเหมาะสมที่สุดตามหลักการยศาสตร์ (Ergonomic) เท่าที่จะทำได้
- จัดสภาพการทำงาน (Working Condition) ให้เหมาะสม
- ปรับปรุงเครื่องมือ และอุปกรณ์ในการทำงานให้เหมาะสมกับสภาพร่างกายของผู้ปฏิบัติงาน
- ทำอุปกรณ์ช่วยในการจับยึดชิ้นงาน (Jig, Fixtures) เพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างสะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น
- ออกกำลังกาย

5. ความสูญเสียเนื่องจากกระบวนการผลิต (Processing)

เกิดจากกระบวนการผลิตที่มีการทำงานซ้ำๆ กันในหลายขั้นตอน ซึ่งไม่มีความจำเป็น เพราะงานเหล่านั้นไม่ทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มกับผลิตภัณฑ์ รวมทั้งงานในกระบวนการผลิตที่ไม่ช่วยให้ตัวผลิตภัณฑ์เกิดความเที่ยงตรงเพิ่ม หรือคุณภาพดีขึ้น เช่น กระบวนการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ไม่ทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มกับผลิตภัณฑ์ ดังนั้นกระบวนการนี้ควรรวมอยู่ในกระบวนการผลิตให้พนักงานหน้างานเป็นผู้ตรวจสอบไปพร้อมกับการทำงาน หรือขณะคอยเครื่องจักรทำงาน

5.1 ปัญหาจากกระบวนการผลิต

- เกิดต้นทุนที่ไม่จำเป็นของการทำงาน
- สูญเสียพื้นที่การทำงานสำหรับกระบวนการนั้นๆ
- ใช้เครื่องจักร และแรงงานโดยไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่ผลิตภัณฑ์

5.2 การปรับปรุง

- วิเคราะห์กระบวนการผลิตโดยใช้ Operation Process Chart
- ใช้หลักการ 5 W 1 H เพื่อวิเคราะห์ความจำเป็นของแต่ละกระบวนการ
- หากกระบวนการทดแทนที่ก่อให้เกิดผลลัพธ์ของงานอย่างเดียวกัน

6. ความสูญเสียเนื่องจากการรอคอย (Delay)

การรอคอยเกิดจากการที่เครื่องจักร หรือพนักงานหยุดการทำงานเพราะต้องรอคอยบางปัจจัยที่จำเป็นต่อการผลิต เช่น การรอวัตถุดิบ การรอคอยเนื่องจากเครื่องจักรขัดข้อง การรอคอยเนื่องจากกระบวนการผลิตไม่สมดุล การรอคอยเนื่องจากเปลี่ยนรุ่นการผลิต เป็นต้น

6.1 ปัญหาจากการรอคอย

- ต้นทุนที่สูงเกินไปของแรงงาน เครื่องจักร และค่าเสียหยาบ ที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม
- เกิดต้นทุนค่าเสียโอกาส
- เกิดปัญหาเรื่องขวัญ และกำลังใจ

6.2 การปรับปรุง

- จัดวางแผนการผลิต วัตถุดิบ และลำดับการผลิตให้ดี
- บำรุงรักษาเครื่องจักรให้มีสภาพพร้อมใช้งานตลอดเวลา
- จัดสรรงานให้มีความสมดุล
- วางแผนขั้นตอนการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิต และจัดสรรกำลังคนให้

เหมาะสม

- เตรียมเครื่องมือที่จะใช้ในการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตให้พร้อม ก่อนหยุด

เครื่อง

- ใช้อุปกรณ์เพื่อช่วยให้เกิดความสะดวกในการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิต

7. ความสูญเสียเนื่องจากการผลิตของเสีย (Defect)

เมื่อของเสียถูกผลิตออกมา ของเสียเหล่านั้นอาจถูกนำไปแก้ไขใหม่ ให้ได้คุณสมบัติตามที่ลูกค้าต้องการ หรือถูกนำไปกำจัดทิ้ง ดังนั้น จึงทำให้มีการสูญเสียเนื่องจากการผลิตของเสียขึ้น

7.1 ปัญหาจากการผลิตของเสีย

- ต้นทุนวัตถุดิบ เครื่องจักร แรงงาน สูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์
- สิ้นเปลืองสถานที่ในการจัดเก็บ และกำจัดของเสีย
- เกิดการทำงานซ้ำเพื่อแก้ไขงาน
- เกิดต้นทุนค่าเสียโอกาส

7.2 การปรับปรุง

- มีมาตรฐานของงาน และมาตรฐานของวัตถุดิบที่ถูกต้อง
- พนักงานต้องปฏิบัติงานให้ถูกต้องตามมาตรฐานตั้งแต่แรก
- พยายามปรับปรุงอุปกรณ์ที่สามารถป้องกันการการทำงานที่ผิดพลาด (Poka-

Yoke)

- ฝึกให้พนักงานมีจิตสำนึกทางด้านคุณภาพ
- ให้มีการตอบสนองข้อมูลทางด้านคุณภาพอย่างรวดเร็วในทุกขั้นตอนการผลิต

(Quick Response System)

2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาเวลา

2.4.1 เทคนิคของการวัดผลงาน

เทคนิคต่างๆ ของการวัดผลงานมีดังนี้ (วัชรินทร์ สิริเจริญ, 2547, น.192-202)

1. การศึกษางานโดยตรง (Direct Time Study) คือ การศึกษาเวลาโดยการไปดูการปฏิบัติงานของคนงาน และจับเวลาในการทำงานด้วยนาฬิกาจับเวลา

2. การสุ่มงาน (Work Sampling) คือ การศึกษาเวลาโดยอาศัยหลักการสุ่มตัวอย่างเชิงสถิติในการหาสัดส่วนการทำงาน และเวลามาตรฐาน

3. การศึกษาเวลามาตรฐานแบบพรีดีเทอร์มิน (Predetermined Time System, PTS) คือ การศึกษาเวลาโดยการกำหนดเวลาการเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ ของร่างกายแล้วนำเวลาที่ได้จากการเคลื่อนไหวในการทำงานขึ้นนั้นรวมเป็นเวลามาตรฐาน ซึ่งมีผู้คิดค้นขึ้น เช่น Motion Time Analysis (MTA), The Work-Factor System, Methods-Time Measurement (MTM)

4. การหาเวลามาตรฐานจากข้อมูลมาตรฐาน และสูตร (Determining Time Standard) คือ การศึกษางานโดยอาศัยข้อมูลมาตรฐานและสูตรช่วยในการคำนวณหาเวลามาตรฐานในการทำงาน

2.4.2 การประเมินอัตราความเร็ว

การประเมินอัตราความเร็ว คือ กระบวนการซึ่งผู้ทำการศึกษาเวลาใช้เปรียบเทียบการทำงานของคนที่กำลังถูกศึกษาอยู่กับระดับการทำงานปกติ ในความรู้สึกของผู้ทำการศึกษานั้น

ความเร็วปกติคืออัตราการทำงานของคนที่งานเฉลี่ยซึ่งทำงานภายใต้การแนะนำที่ถูกต้อง และปราศจากแรงกระตุ้น อัตราความเร็วนี้เป็นความเร็วปกติที่คงที่ และไม่ก่อให้เกิดความเครียดทางร่างกาย หรือจิตใจ หรือต้องอาศัยความพยายามจนมากเกินไป

วิธีการประเมินอัตราความเร็วของการทำงานมีอยู่หลายวิธีด้วยกันดังนี้

1. Skill & Effort Rating วิธีนี้คิดขึ้นโดย Charles E. Bedaux ในปี ค.ศ. 1916 โดย Bedaux ได้ตั้งมาตรฐานของเวลาไว้เป็นแต้ม หรือเรียกว่า Bs โดยกำหนดว่าคนงานเฉลี่ยทำงานอัตราปกติจะได้ 60 Bs ต่อชั่วโมง ดังนั้น อัตราเฉลี่ยของคนงานที่ได้รับเงินรางวัลเพื่อเป็นแรงจูงใจให้คนงานจะได้ประมาณ 70-85 Bs ต่อชั่วโมง

2. Westinghouse System of Rating วิธีการประเมินค่าอัตราความสามารถของการทำงานแบบนี้ คือ การพิจารณาจากปัจจัย 4 ประการ ได้แก่

2.1 ประเมินทักษะ (Skill) คือ ความสามารถในการปฏิบัติงานตามวิธีที่กำหนดให้

2.2 ประเมินความพยายาม (Effort) คือ ความตั้งใจที่จะทำงาน

2.3 ประเมินความเที่ยงตรง (Consistency) คือ ความสม่ำเสมอในด้านเวลาที่ใช้ทำงานแต่ละชิ้น

2.4 ประเมินสภาพแวดล้อม ตลอดจนเงื่อนไขในการทำงาน (Conditions) คือ ความร้อน แสงสว่าง ความชื้น และเสียงในการทำงาน

3. Synthetic Rating คือ การประเมินค่าความเร็วโดยอาศัยวิธี Predetermined Time คือ เราจะหาเวลางานของแต่ละงานย่อยได้จากตาราง Predetermined Time และเปรียบเทียบกับเวลาที่จับได้ก็จะสามารถรู้อัตราความเร็วของคณงานที่เรา กำลังศึกษาอยู่

4. Objective Rating คิดขึ้นโดย M.E. Mundel โดยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

4.1 ประเมินอัตราความเร็วของงานอย่างเดี่ยว โดยไม่คำนึงถึงความยากง่ายของงาน

4.2 ประเมินอัตราความเร็วของงาน และเพิ่มค่า Difficulty Adjustment นอกเหนือจากอัตราความเร็ว โดยดูจาก

4.1.1 Amount of body used

4.1.2 Foot pedals used

4.1.3 Use of two hands simultaneously

4.1.4 Eye-hand co-operation

4.1.5 Handling or sensory requirement

4.1.6 Weight handled or resistance encountered

4.1.7 Weight handled of resistance encountered

4.1.8 Other special constraints of work speed

5. Physiological Evaluation of Performance Level จากการศึกษาพบว่า อัตราการใช้ออกซิเจน การหายใจ และการเต้นของหัวใจแปรผันโดยตรงกับอัตราการทำงาน

6. Performance Rating คือ การใช้ความเร็วในการทำงานของคณงานเป็นตัวตัดสินใจโดยอาจคิดเป็น % เป็นแต้ม/ชม. หรือหน่วยวัดอื่นๆ ส่วนใหญ่จะอาศัยสเกลการปรับอัตราความเร็ว (Rating Scale)

Rating Scale ที่นิยมใช้มีอยู่ด้วยกัน 4 แบบดังนี้

6.1 Scale 100 -133 มีอัตราปกติอยู่ที่ 100 และ Average Incentive Pace (ระดับการทำงานเฉลี่ยที่สูงขึ้น) อยู่ระหว่าง 115-145 และค่าเฉลี่ยของทั้งกลุ่มอยู่ที่ 130 และมีแต้มสูงสุดอยู่ที่ 200

6.2 Scale 60-80 มีอัตราปกติอยู่ที่ 60 และ Average Incentive Pace อยู่ระหว่าง 70-80 และมีแต้มสูงสุดอยู่ที่ 120

6.3 Scale Incentive 125% จะคล้ายแบบที่ แต่ได้กำหนดค่าเฉลี่ยของการใช้ระบบเงินจูงใจไว้ที่ 125% เป็นเกณฑ์ และจะจ่ายเงินรางวัล 25% ของรายได้พื้นฐานทันทีที่คนงานทำงานได้ถึงระดับนี้

6.4 Scale 0 - 100 มี Average Incentive Pace 100% เป็นเกณฑ์ ดังนั้นอัตราปกติจะอยู่ที่ประมาณค่า 75-80%

2.4.3 การศึกษาเวลาโดยตรง (Direct Time Study)

การศึกษาเวลาโดยตรงเป็นเทคนิคการวัดผลงานอย่างหนึ่ง โดยผู้ที่ทำการวัดผลงานไปดูการปฏิบัติงานของคนงาน และจับเวลาในการทำงานนั้นด้วยนาฬิกาจับเวลา (วัชรินทร์ สิริเจริญ, 2547, น. 210-235)

การศึกษาเวลาโดยตรงนอกจากทำให้ทราบเวลาที่ใช้ในการทำงานนั้นๆ แล้ว ยังสามารถนำไปหาเวลามาตรฐานของงานนั้น และยังสามารถทำงานแล้วเสร็จด้วยอัตราการทำงานปกติตามวิธีการที่กำหนดให้ เราเรียกว่า เวลามาตรฐาน

การศึกษาเวลา คือ การหาเวลาการทำงาน โดยคนงานที่เหมาะสม ซึ่งได้ผ่านการฝึกอบรมวิธีการทำงานนั้นมาอย่างดี สามารถทำงานแล้วเสร็จด้วยอัตราการทำงานปกติตามวิธีการที่กำหนดให้ เวลานี้เรียกว่าเวลามาตรฐาน

การศึกษาเวลาประกอบไปด้วย 8 ขั้นตอนดังนี้

1. ค้นหา และจัดบันทึกข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา รวมทั้งสภาพสิ่งแวดล้อมที่อาจมีผลต่อการทำงานนั้น

2. การแบ่งงานออกเป็นงานย่อย (Element) และบรรยายรายละเอียดของวิธีการทำงานแต่ละขั้นตอน

3. สังเกตและจัดบันทึกเวลาที่ใช้ในแต่ละงานย่อย

4. คำนวณหาจำนวนรอบการทำงานที่ต้องจับเวลา

5. ประเมินอัตราความสามารถในการทำงาน และคนงาน

6. เปลี่ยนเวลาที่บันทึกได้ให้เป็นเวลาพื้นฐาน

7. คำนวณหาเวลาเผื่อ (Allowance)

8. เปลี่ยนเวลาพื้นฐานให้เป็นเวลามาตรฐาน (Standard Time)

2.4.3.1 การแบ่งงานออกเป็นงานย่อย

งานย่อย หมายถึง ขั้นตอนหนึ่งของงานที่กำลังศึกษา ขั้นตอนนี้มีการทำงานที่แน่นอน ทั้งนี้เพื่อสะดวกในการสังเกตจดบันทึกเวลา และการวิเคราะห์

งานหนึ่งรอบนั้นจะขึ้นต้นด้วยงานย่อยใดก็ได้ ทำเรียงต่อไปจนครบรอบการทำงาน โดยจะเวียนมาบรรจบที่เดิม ซึ่งเป็นงานหนึ่งรอบ จุดสิ้นสุดของงานย่อยหนึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของงานย่อยถัดไป

หลักการแบ่งงานออกเป็นงานย่อย มีดังนี้

1. งานย่อยต้องมีจุดเริ่มต้น และจุดสิ้นสุดที่แน่นอน และแบ่งแยกชัดเจน จุดสิ้นสุดของงานย่อยเรียกว่า Break Point จุดสิ้นสุดของงานย่อยหนึ่งจะเป็นจุดเริ่มต้นของงานย่อยถัดไป

2. เวลาของงานย่อยควรสั้น แต่ก็ไม่สั้นจนกระทั่งจับเวลาไม่ได้ ปกติเวลาของงานย่อยอยู่ระหว่าง 0.04 นาที (2.4 วินาที) ถึง 0.33 นาที (20 วินาที) ถ้าเวลาของงานย่อยสั้นเกินไปควรรวมหลายงานย่อยเข้าด้วยกัน เพื่อให้มีเวลาเพียงพอในการจับเวลา และจดบันทึก

3. งานย่อยที่ทำด้วยมือ (Manual Element) ควรแยกออกจากงานย่อยที่ทำโดยเครื่องจักร (Machine Element) เพราะงานย่อยที่ทำด้วยมือใช้เวลาไม่คงที่ จะช้า หรือเร็ว ขึ้นอยู่กับผู้ปฏิบัติงานเป็นหลัก แต่งานย่อยที่ทำโดยเครื่องจักรค่อนข้างจะคงที่ เพราะป้อนชิ้นงานหรือผลิตชิ้นงานด้วยเครื่องจักรเองแบบอัตโนมัติ

4. งานย่อยที่คนงานทำในขณะที่เครื่องจักรทำงาน (Inside Work Element) ควรแยกออกจากงานย่อยที่คนงานทำในขณะที่เครื่องจักรหยุด (Out Work Element) เพราะงานที่คนงานทำในขณะที่เครื่องจักรทำงาน ถ้าคนงานทำเสร็จก่อนเครื่องจักรหยุดก็ไม่ทำให้เวลาของครบรอบงานเพิ่มขึ้น แต่คนงานก็ยังเหนื่อย

5. งานย่อยคงที่ควรแยกออกจากงานย่อยแปรผันงานย่อยคงที่ (Constant Element) คือ งานย่อยที่ทำแล้วมีเวลางานคงที่งานย่อยแปรผัน (Variable Element) คืองานย่อยที่มีเวลาทำงานไม่คงที่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตภัณฑ์เครื่องมือ หรือวิธีการผลิต

6. งานย่อยที่เกิดขึ้นเป็นครั้งคราวให้จับเวลาแยกออกจากงานย่อยที่เกิดประจำ งานย่อยที่เกิดขึ้นครั้งคราวเป็นงานย่อยที่ไม่ได้เกิดขึ้นในรอบของการทำงาน

2.4.3.2 การสังเกต และจดจำบันทึกเวลา โดยการจับเวลามี 3 วิธีดังนี้

1. การจับเวลาแบบต่อเนื่อง (Continuous Timing) คือ การจับเวลาแบบต่อเนื่อง โดยเริ่มต้นจับเวลาของนาฬิกาเริ่มที่ 0 เมื่อสิ้นสุดงานย่อยที่ 1 ให้อ่านเวลาจากนาฬิกาจับเวลาแล้วบันทึกลงแบบฟอร์ม โดยไม่ต้องหยุดเวลาไว้ เมื่อสิ้นสุดงานย่อยถัดไปก็ให้อ่านเวลาจากนาฬิกาอีก เวลาที่ได้ก็จะต่อเนื่องไปเรื่อยๆ จนกระทั่งสิ้นสุดการจับเวลา

2. การจับเวลาแบบย้อนกลับ (Repetitive Time หรือ Snap-back Timing) คือ การจับเวลาของแต่ละงานย่อย โดยเริ่มเวลาของแต่ละงานย่อยที่ 0 เมื่อสิ้นสุดงานย่อยก็จะอ่านเวลาแล้วบันทึกลงในแบบฟอร์ม ตั้งเวลาไว้ที่ 0 อีกเมื่อเริ่มงานย่อยถัดไป

3. การจับเวลาแบบสะสม (Accumulating Timing) คือ เป็นการจับเวลาลักษณะที่ 2 เพียงแต่ใช้นาฬิกา 2 เรือนหรือ 3 เรือนที่มีกลไกเชื่อมโยงถึงกัน ในขณะที่นาฬิกาเรือนที่ 1 เริ่มเดิน นาฬิกาเรือนที่ 2 จะหยุด ถ่านนาฬิกาเรือนที่ 2 เริ่มเดิน นาฬิกาเรือนที่ 1 จะหยุด ดังนั้นทำให้เราสามารถอ่านเวลาของงานย่อยแต่ละงานย่อยได้โดยไม่ต้องเสียเวลาในการกดนาฬิกากลับไปเริ่มที่ 0 ใหม่

โดยการจับเวลาแบบต่อเนื่อง และการจับเวลาแบบย้อนกลับ เป็นการจับเวลาที่นิยมใช้กันมากกว่าวิธีการจับเวลาแบบสะสม

2.4.3.3 การคำนวณหาจำนวนรอบการทำงาน

จำนวนรอบในการจับเวลาของแต่ละงานย่อยขึ้นอยู่กับระดับความเชื่อมั่นของข้อมูล และการยอมให้มีความผิดพลาดไปจากความเป็นจริงมากน้อยเพียงใด โดยปกติจะใช้ระดับความเชื่อมั่น 95% และความถูกต้องของข้อมูล +5% คือ ผิดพลาดได้ไม่เกิน +5% และการคำนวณหาจำนวนรอบในการจับเวลาจะใช้หลักสถิติเข้ามาช่วย โดยถือว่าข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ ดังนี้

$$\text{ค่าเฉลี่ย} \quad \bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (2.14)$$

$$\text{ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน} \quad \sigma = \sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (2.15)$$

$$\text{ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยของแต่ละงานย่อย, } \sigma_{\bar{x}} \quad \sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2.16)$$

แทนค่า Q ลงในสมการจะได้

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\frac{1}{n} \sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sqrt{n}} \quad (2.17)$$

เมื่อ

X คือ เวลาของงานย่อยเดียวกันในแต่ละรอบ

n คือ จำนวนรอบที่ทดลองจับเวลา นั่นคือ จำนวนงานย่อยเดียวกันที่ต้องทดลองจับเวลา

N คือ จำนวนรอบที่ต้องจับเวลา นั่นคือ จำนวนงานย่อยเดียวกันที่ต้องจับเวลา

ถ้าต้องการระดับความเชื่อมั่นของข้อมูล 95% และความผิดพลาดไม่เกิน $\pm 5\%$ หมายความว่าพื้นที่ใต้โค้งปกติ 95% อยู่ภายในช่วง $\pm 2\sigma_{\bar{x}}$ และความผิดพลาดอยู่ในช่วง $\pm 0.05\sigma_{\bar{x}}$ ดังนั้น

$$0.05 \bar{x} = 2 \sigma_{\bar{x}}$$

$$\frac{0.05 \sum x}{n} = \frac{\frac{2}{n} \sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sqrt{n}}$$

$$N = \left[\frac{40 \sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2 \quad (2.18)$$

ถ้าจำนวนรอบการจับเวลาน้อยกว่า 30 รอบ และระดับความเชื่อมั่นของข้อมูลเป็น 95% และความผิดพลาดไม่เกิน +5% จะได้

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน $\sigma = \sqrt{\frac{(\sum x^2 - (\sum x)^2)/n}{(n-1)}}$ (2.19)

จะได้จำนวนรอบเวลาที่จับ $N = \left[\frac{40 \sqrt{(\sum x^2 - (\sum x)^2)/n}}{\sum x} \right]^2 \quad (2.20)$

2.4.3.4 เวลาพื้นฐาน (Basic Time, Normal Time)

เวลาพื้นฐาน คือ เวลาที่ใช้ในการทำงานหนึ่งๆ ให้แล้วเสร็จโดยเทียบกับอัตรามาตรฐานของผู้ศึกษาเวลา ถ้าการประเมินค่าของผู้ศึกษาเวลามีความเที่ยงตรงทุกๆ ครั้งที่ทำการจับเวลา และการประเมินค่าที่ได้จากการทำงานย่อยเดียวกันยอมให้ผลลัพธ์ที่มีค่าคงที่เสมอ ค่าคงที่นี้เรียกว่าเวลามาตรฐาน

$$\text{ค่าคงที่หรือเวลาพื้นฐาน} = \text{เวลาที่ได้จากการจับเวลา} \times \frac{\text{อัตราความเร็ว}}{\text{มาตรฐานการประเมิน}} \quad (2.21)$$

2.4.3.5 เวลาเผื่อ (Allowances)

เวลาเผื่อเป็นเวลาที่บวกเพิ่มให้กับเวลาที่ใช้ทำงานจริงๆ ทั้งนี้เพื่อให้คนงานมีโอกาสฟื้นตัวจากความเมื่อยล้าทางร่างกาย ความเครียดทางจิตใจ และการทำธุรส่วนตัวตามความจำเป็น

เวลาเพื่อทำธุรส่วนตัวอยู่ระหว่าง 5 - 7% ของเวลาพื้นฐาน ส่วนเวลาเพื่อสำหรับความเมื่อยล้าขึ้นกับชนิดของงาน งานทั่วไปที่เป็นงานเบาให้ 4% ของเวลาพื้นฐาน งานหนักขึ้นต้องให้เวลาพักผ่อนมากขึ้นตามส่วน

เวลาเพื่อทำธุรส่วนตัว และเพื่อความเมื่อยล้าเป็นเวลาเผื่อคงที่ ส่วนเวลาเพื่อความเครียดและสิ่งแวดล้อมเป็นเวลาเผื่อแปรผัน

การคำนวณเวลาเผื่อสามารถกำหนดได้ 2 วิธี ดังนี้

1. เวลาเมื่อเป็นเปอร์เซ็นต์ของเวลาพื้นฐาน
2. เวลาเผื่อเป็นนาที่ต่อวัน

2.4.3.6 เวลามาตรฐาน (Standard Time)

เวลามาตรฐาน คือ เวลาที่ใช้ทำงานหนึ่งๆ ให้แล้วเสร็จด้วยความสามารถในการทำงานมาตรฐาน เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{เวลามาตรฐาน} = \text{เวลาพื้นฐาน} + \text{เวลาเผื่อรวม} \quad (2.22)$$

2.5 การจำลองสถานการณ์ (Simulation)

รุ่งรัตน์ (2551) ได้ให้คำจำกัดความเกี่ยวกับการจำลองสถานการณ์ว่า เป็นการระบวนการออกแบบจำลอง (Model) ของระบบจริง (Real System) แล้วดำเนินการทดลองเพื่อให้เรียนรู้พฤติกรรมของระบบจริง ภายใต้ข้อกำหนดต่างๆ ที่วางไว้ เพื่อประเมินผลการดำเนินงานของระบบ และวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองก่อนนำไปใช้ แก้ไขปัญหาในสถานการณ์จริงต่อไป

การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ เป็นการศึกษาปัญหาของระบบด้วยแบบจำลองซึ่งอยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หลักการที่ใช้ในการจำลอง คือ การสร้างแนวทางในการตัดสินใจให้ระบบ เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาหรือปรับปรุง โดยปราศจากการรบกวนงานในระบบจริง ทั้งยังช่วยลดความเสี่ยงและต้นทุนของการดำเนินงานอีกด้วย เทคนิคการจำลองสถานการณ์ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ทั้งในอุตสาหกรรมและงานบริการต่างๆ เช่น งานด้านธนาคาร งานบริการด้านการขนส่ง และงานด้านการศึกษากำล้างการผลิต การจัดลำดับงานและการจัดการสินค้าคงคลัง เป็นต้น

ข้อดีของการจำลองสถานการณ์

1. แสดงถึงระบบการทำงานจริง

2. สามารถวิเคราะห์ทางเลือกสำหรับการตัดสินใจ
3. สามารถศึกษาอิทธิพลของแต่ละตัวแปรที่มีผลต่อระบบงานได้
4. สามารถใช้แบบจำลองกับระบบที่มีความซับซ้อน และไม่สามารถหาความสัมพันธ์โดยการเขียนสมการเงื่อนไขทางคณิตศาสตร์หรือใช้สูตรทางคณิตศาสตร์
5. ลดความเสี่ยงและการลงทุนที่ไม่คุ้มค่า เนื่องจากสามารถทดสอบ ออกแบบระบบงานใหม่ได้ รวมทั้งแก้ไขเพิ่มเติมเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระบบ
6. การวิเคราะห์ใช้เวลารวดเร็ว

ข้อเสียของการจำลองสถานการณ์

1. การสร้างแบบจำลองนั้น ผู้ใช้จำเป็นต้องมีความรู้ด้านการใช้โปรแกรมสร้างแบบจำลอง และต้องมีพื้นฐานทางสถิติ เพื่อสามารถวิเคราะห์และนำผลลัพธ์ที่ได้ไปปรับปรุงต่อไป โดยผู้วิเคราะห์ต้องเข้าใจระบบและมีการเก็บข้อมูลทางสถิติในอดีตอย่างถูกต้อง
2. เนื่องจากตัวแบบจำลอง ผู้สร้างแบบเป็นผู้สร้างทางเลือกให้กับระบบ ดังนั้น ผลลัพธ์ที่ได้ อาจไม่ใช่ผลลัพธ์ที่ไปถึงทางเลือกที่ดีที่สุดให้กับระบบ
3. ผลที่ได้จากการจำลอง มักจะเป็นค่าประมาณ

2.5.1 โปรแกรมอรินา (ARENA Computer Program)

ปัจจุบันการจำลองสถานการณ์ได้นำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วย เพื่อให้การจำลองระบบทำได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น ซึ่งมีผู้ผลิตซอฟต์แวร์หลายแห่งให้ความสนใจและผลิตซอฟต์แวร์หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการจำลองสถานการณ์ เช่น โปรแกรม Promodel, โปรแกรม Process model และโปรแกรม ARENA เป็นต้น โดยโปรแกรม ARENA เป็นที่นิยมใช้เนื่องจากใช้งานง่ายและมีประสิทธิภาพสูง อีกทั้งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์เพื่อช่วยวิเคราะห์ผลลัพธ์หรือผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับการดำเนินงานในอนาคต ระบบงานที่นำโปรแกรม ARENA มาประยุกต์ใช้ (Vamanan et al., 2004) เช่น

- งานด้านการวางแผนการผลิต การวางแผนกำลังคน การวางแผนการใช้เครื่องจักร และวางแผนการขนส่ง
- การบริการของธนาคาร ตู้กดเงินอัตโนมัติ (ATMs) และตู้บริการฝากเงินอัตโนมัติ (Deposit Boxes)

หลักการทำงานของโปรแกรมอรินา คือ การสร้างรูปแบบแทนระบบ (Model) ในลักษณะเป็น “ลำดับชั้น (Hierarchical)” จากการนำ “หน่วยย่อย (Module)” หลากหลายแบบซึ่งรวมกันอยู่ภายใต้รูปแบบของ “เทมเพลต (Templates)” มาเชื่อมต่อกัน จากนั้นโปรแกรมจะสามารถ

ถูกรัน (Run) ภายใต้ระบบการทำงานแบบ “กราฟฟิกแอนิเมชัน (Animation)” ทั้งแบบ 2 มิติ หรือ 3 มิติ ทำให้ผู้ใช้โปรแกรมสามารถเห็นมุมมองการทำงานที่ชัดเจนมากขึ้น (Drevna nad Kasales, 1994; ชาตรีส, 2551)

การสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรมอารีนา ผู้สร้างควรทราบนิยาม ความหมายของคำเหล่านี้

- Entity คือ วัตถุที่ผู้สร้างสนใจให้เคลื่อนที่ไปในระบบ แล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะในระบบ เช่นวัตถุดิบเข้าโรงงาน

- Attribute คือ คุณลักษณะประจำตัวของวัตถุ มีไว้เพื่อแสดงเอกลักษณ์ให้วัตถุ เช่น สี ชื่อ ส่วนสูง เพศ ชนิดของลูกค้า โดยวัตถุทุกตัวจะมีคุณลักษณะประจำตัวติดตัวมาด้วยค่า (Value) ที่แตกต่างกัน เช่น ลูกค้าชั้นดี มีลักษณะประจำตัวชื่อ Priority ติดต่อมาด้วยค่าเท่ากับ 1

- Variable คือ ตัวแปรที่วัตถุทุกชนิดสามารถใช้ร่วมกันได้ ตัวแปรนี้ไม่ได้ระบุติดตัวมาเหมือนคุณลักษณะประจำตัว แต่ตัวแปรนี้จะเปลี่ยนค่าเมื่อวัตถุผ่านเข้าไปในหน่วยโมดูลที่ใส่สูตรตัวแปรไว้ เพื่อบอกสถานะของระบบ เช่น จำนวนสินค้าคงคลัง จำนวนลูกค้าในระบบ เป็นต้น

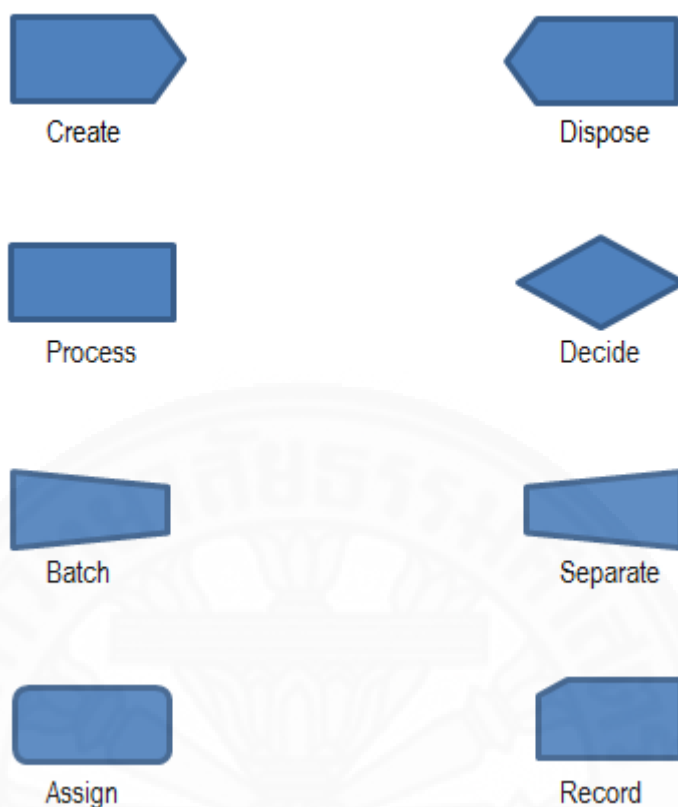
- Resources คือ ทรัพยากรที่จะใช้ทำกิจกรรมร่วมกับวัตถุ ซึ่งวัตถุจะเรียกใช้ทรัพยากร

นั้นได้เมื่อทรัพยากรนั้นว่างงาน (Seize Resource) และเมื่อทำกิจกรรมเสร็จสิ้นวัตถุนั้นจะปล่อยทรัพยากร (Release Resource) ให้ทรัพยากรนั้นว่าง เพื่อสามารถดำเนินกิจกรรมกับวัตถุถัดไปได้

- Queues คือ แถวคอยที่วัตถุใช้คอย เนื่องจากทรัพยากรนั้นไม่ว่างใช้งาน

- Event คือ เหตุการณ์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะของระบบ การเข้ามาหรือออกไปของลูกค้า

โปรแกรม ARENA เป็นซอฟต์แวร์ที่นิยมใช้ เนื่องจากความสามารถของตัวโปรแกรมที่สามารถประยุกต์ใช้งานได้กับงานหลายประเภท และที่สำคัญ คือ เป็นโปรแกรมที่ใช้ง่าย ผู้ใช้งานสามารถใช้ได้โดยไม่ต้องมีความรู้ด้านภาษาโปรแกรม และโปรแกรม ARENA มีการใช้งานหลาย Template เช่น Basic Process, Advanced Process, Advanced Transfer และ Blocks เป็นต้น ซึ่งที่นิยมใช้กัน คือ Basic Process เนื่องจากการทำงานไม่ซับซ้อนมากนัก และใน Template มี Module ดังภาพที่ 2.1 แทนการทำงานดังนี้



ภาพที่ 2.1 หน่วยโมดูลโครงสร้างใน Basic Process ที่มา : โปรแกรม ARENA

1. Create Module ใช้สำหรับเริ่มต้นสร้างวัตถุที่เราสนใจ (Entity) เข้ามาในแบบจำลอง เช่น ลูกค้าเดินเข้ามาในร้าน โดยวัตถุที่เราสนใจจะถูกสร้างขึ้นโดยอาศัยแบบแผนตารางการมาถึงของวัตถุหรือช่วงเวลาระหว่างการมาถึงของวัตถุ เป็นข้อมูลใส่เข้าไปในหน่วยโครงสร้างนี้
2. Dispose Module เป็นหน่วยโครงสร้างที่ใช้จบการทำงานของวัตถุที่สนใจ (Entity) วัตถุจะออกจากแบบจำลองและเสร็จสิ้นการเก็บข้อมูลทางสถิติ เช่น ลูกค้าเดินออกจากร้าน
3. Process Module เป็นหน่วยโครงสร้างที่ใช้แสดงถึงกิจกรรมหรือกระบวนการหลักในตัวแบบจำลอง เช่น การให้บริการลูกค้า การบรรจุชิ้นงาน เป็นต้น ซึ่งกิจกรรมอาจต้องใช้ทรัพยากรมากกว่าหนึ่งตัว หรือไม่ต้องการใช้ทรัพยากรเพื่อจัดการกิจกรรมนั้นก็ได้
4. Assign Module เป็นหน่วยโครงสร้างใช้สำหรับกำหนดค่าให้กับวัตถุ(Entity) ที่เข้ามา

ในระบบ เช่น ค่าตัวแปร (Variables) คุณสมบัติประจำตัว (Attribute) ชนิดของวัตถุ (Entity Type) และภาพของวัตถุ (Entity Picture) เป็นต้น ซึ่งสามารถกำหนดหน้าที่ได้หลายหน้าที่ในหน่วยโมดูลเดียวกัน

5. Decide Module เป็นหน่วยโครงสร้างที่ช่วยในการตัดสินใจในระบบของตัวแบบจำลอง ซึ่งจะครอบคลุมการทำงานในการตัดสินใจโดยยึดหลักตามสถานะหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งสถานะ

6. Batch Module เป็นหน่วยโครงสร้างที่ใช้จัดกลุ่มหรือรวมวัตถุที่สนใจไว้ด้วยกัน กลุ่มของสิ่งที่น่าสนใจสามารถเป็นได้ทั้งแบบชั่วคราวและแบบถาวร ถ้าการรวมกันเป็นแบบชั่วคราวต้องมีการแยกโดยใช้ Separate Module ก่อนที่จะออกจากระบบไปที่ Dispose Module วัตถุที่เข้าโมดูลนี้จะมีการเข้าคิวจนกระทั่งมีความต้องการเป็นการสร้างตัวแทนวัตถุใหม่

7. Separate Module เป็นหน่วยโครงสร้างที่ใช้ทั้งในการคัดลอกวัตถุที่เข้าโมดูลนี้ให้กลายเป็นหลายวัตถุเมื่อออกจากโมดูล หรือใช้ในการแยกก้อนวัตถุที่ถูกรวบรวมมาก่อนหน้านี้ในโมดูล Batch

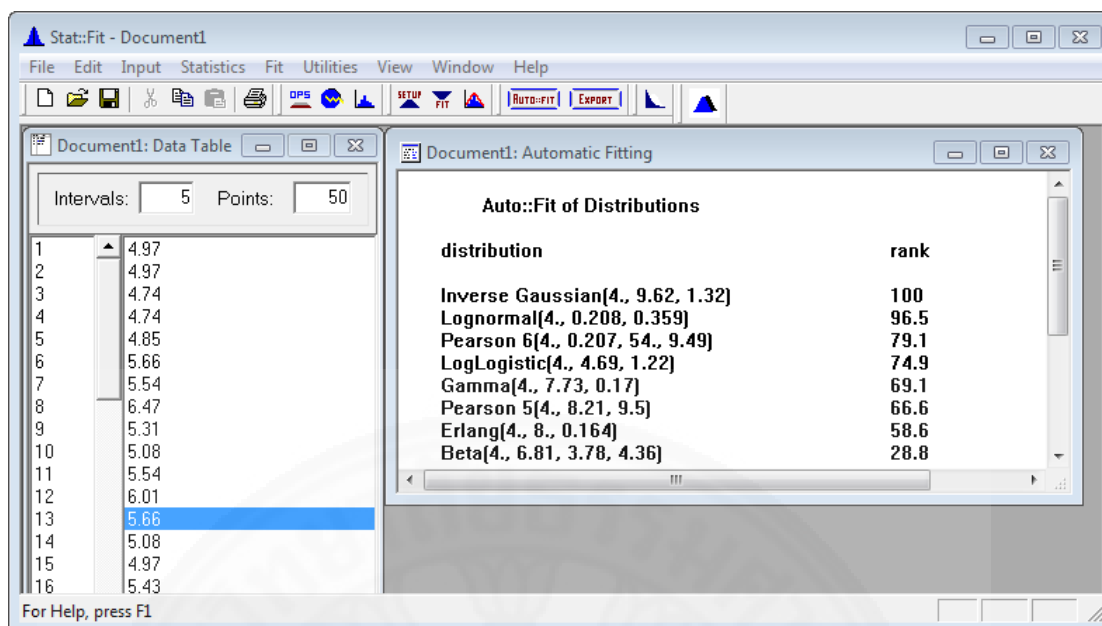
8. Record Module เป็นหน่วยโครงสร้างใช้สำหรับรวบรวมข้อมูลทางสถิติในแบบจำลอง เช่น เก็บข้อมูลวัตถุที่เข้ามา บันทึกเวลาที่วัตถุอยู่ในระบบ เป็นต้น

2.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า (Input Analyzer)

การศึกษาโดยอาศัยแบบจำลอง สิ่งที่มีความจำเป็นอย่างมากที่เกี่ยวกับตัวแบบจำลอง คือ ข้อมูลนำเข้าที่เกี่ยวข้องกับระบบงานจริง เช่น ระบบแถวคอย ข้อมูลนำเข้าที่สำคัญคือ เวลามาถึงของลูกค้าและเวลาในการให้บริการของลูกค้า หรือถ้าต้องการศึกษาระบบสินค้าคงคลังข้อมูลนำเข้า คือ ปริมาณความต้องการสินค้า ช่วงเวลาการสั่งซื้อ และจุดสั่งซื้อ เป็นต้น

การวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า เป็นการศึกษาถึงรูปแบบของข้อมูลที่นำเข้าว่ามีการแจกแจงรูปแบบใด ซึ่งลักษณะของข้อมูลส่วนใหญ่จะเป็นค่าไม่แน่นอน ไม่คงที่ และมีได้หลายค่า เมื่อสามารถวิเคราะห์รูปแบบของข้อมูลนำเข้าระบบงานจริงได้ จะทำให้การกำหนดข้อมูลนำเข้าให้กับแบบจำลองมีความชัดเจนขึ้น และสอดคล้องกับการทำงานของระบบงานจริง ทำให้ได้ผลลัพธ์จากการจำลองที่แสดงให้เห็นถึงการทำงานของระบบงานจริง ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าจึงมีความสำคัญกับแบบจำลองมาก เพราะถ้าใส่รูปแบบการแจกแจงไม่ถูกต้อง ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองก็จะไม่ถูกต้องไปด้วย

การวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูล จะนำข้อมูลดังกล่าวมาทดสอบการกระจายข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Stat fit ดังภาพที่ 2.2 ซึ่งเป็นโปรแกรมเสริมในโปรแกรม Promodel ข้อมูลทั้งหมดจะถูกทดสอบแบบไครส์แควร์ และ Kolmogorov-Smirnov Test ในการพิจารณารูปแบบการกระจายที่เหมาะสมนั้น โปรแกรมจะพิจารณาค่า P-Value และค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย หรือ Mean Square Error ที่ต่ำที่สุด รวมทั้งพิจารณาจากกราฟ Q-Q Plot และ P-P Plot



ภาพที่ 2.2 หน้าต่างโปรแกรมการวิเคราะห์การกระจายข้อมูล ที่มา : โปรแกรม Stat fit

ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection) การศึกษาระบบงานจริง จะพิจารณาข้อมูลที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพของระบบ และดำเนินการจัดเก็บให้ได้ปริมาณมากพอที่จะให้ตัวแบบจำลองมีความแม่นยำจากนั้นนำข้อมูลป้อนเข้าสู่ Data Table

2. การจัดรูปแบบการแจกแจงให้ข้อมูลนำเข้า (Identifying the Distribution) ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ

2.1 การสร้างกราฟ

2.2 การทำนายรูปแบบการแจกแจง โดยพิจารณาค่า Rank เพื่อเลือกรูปแบบการแจกแจงข้อมูลที่จะพิจารณา

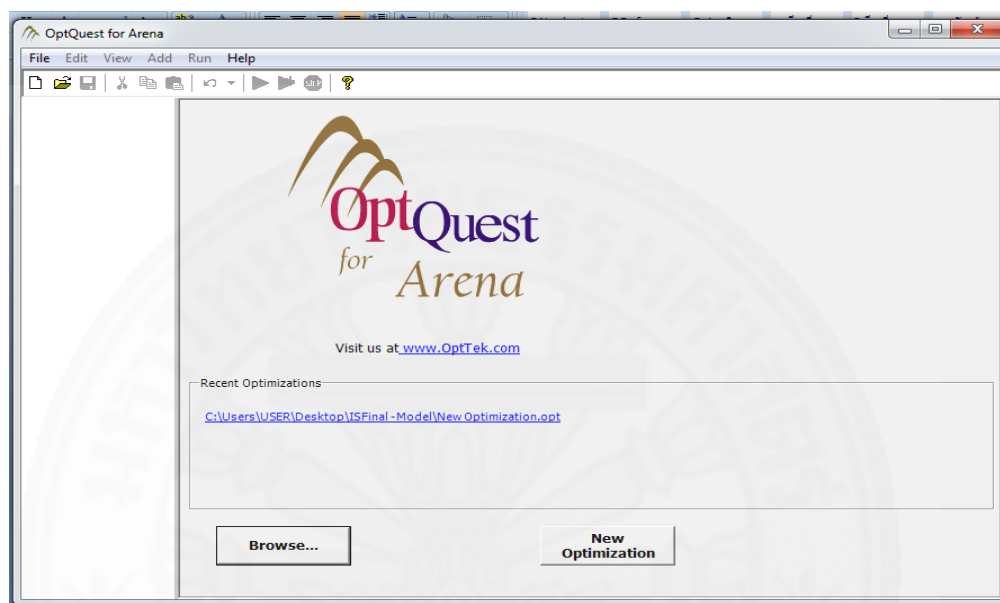
3. การประมาณค่าพารามิเตอร์ (Parameter Estimation)

4. การทดสอบสถานะรูปสถิติ (Goodness Fit of Test) ซึ่งการทดสอบว่าการแจกแจงของข้อมูลเป็นการแจกแจงประเภทใด จะพิจารณาจากค่า P-Value ที่สูงกว่า 0.05

5. การพิจารณากราฟ Q-Q Plot และ P-P Plot โดยพิจารณาจากข้อมูลการแจกแจงแบบใดเข้าใกล้เส้นตรง แสดงว่าการแจกแจงข้อมูลเป็นแบบนั้น ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

2.5.3 การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ด้วยเครื่องมือ OptQuest

OptQuest เป็นเครื่องมือมาตรฐานของโปรแกรม Arena เครื่องมือนี้ช่วยหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดให้กับแบบจำลองภายใต้วัตถุประสงค์ที่ต้องการ (Objective function) และข้อกำหนดของสมการเงื่อนไข (Constraints) โดยการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (Math Model)



ภาพที่ 2.3 หน้าต่างการใช้งาน OptQuest

การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ คือ การนำเอาข้อจำกัดต่างๆ เงื่อนไขต่างๆ ทรัพยากรที่มีอยู่ และเป้าหมายที่ต้องการมาเขียนให้อยู่ในรูปของสมการ หรืออสมการ จากนั้นนำเอาตัวแบบที่ได้ไปแก้ปัญหด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้คำตอบที่สอดคล้องกับเป้าหมายที่ต้องการ และเงื่อนไขข้อจำกัดต่างๆ

โปรแกรมเชิงเส้นประกอบไปด้วย 2 ส่วน ดังนี้

1. มีสมการกำหนดเป้าหมาย (Objective Function) คือ สมการแสดงความสัมพันธ์ของต้นทุน กำไร เพื่อให้กำหนดเป้าหมายสูงสุดหรือต่ำสุด
2. มีสมการแสดงของข้อจำกัด (Constraints) ซึ่งแสดงข้อจำกัดต่างๆ ของปัจจัยหรือทรัพยากรในรูปสมการหรืออสมการ โดยที่สมการต่างๆ ทั้งหมดเป็นสมการเชิงเส้น เมื่อเทียบกับตัวแปร

คำตอบของสมการแสดงข้อจำกัดอาจมีได้หลายคำตอบ ซึ่งคำตอบเหล่านี้ อยู่ภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ ที่กำหนดให้ อย่างไรก็ตามสมการกำหนดเป้าหมายเป็นตัววัดผลหรือตัว

ตัดสินใจระหว่างคำตอบ ทั้งหมดของสมการแสดงขอบข่าย คำตอบใดเป็นคำตอบที่ดีที่สุด นั่นคือ คำตอบนั้นจะทำให้สมการกำหนดเป้าหมายมีค่าที่ดีที่สุด ซึ่งเราจะต้องพยายามหาค่าเป็นไปตามเป้าหมายโดยอาศัยเทคนิคที่มีอยู่ ตัวแปรต่างๆ จะเป็นตัวแทนจำนวนปริมาณหรือค่าของปัจจัยที่มีอยู่จำกัด โดยการกำหนดของสมการ หรือสมการในขอบข่ายของปัญหา

ตัวอย่างง่ายๆ ของโปรแกรมจะประกอบไปด้วยตัวแปรตัดสินใจซึ่งเป็นค่า อินพุต และเอาต์พุต ซึ่งเป็นผลลัพธ์ โดยที่ค่าของตัวแปรเหล่านี้อยู่ในข้อจำกัดของปัจจัยต่างๆ ที่กำหนดจุดประสงค์ของโปรแกรมเชิงเส้นก็คือหาค่าของตัวแปรเหล่านี้ที่ทำให้สมการ กำหนดเป้าหมาย มีค่าที่ดีที่สุด

ในการจัดตั้งรูปแบบแทนระบบของปัญหาโดยใช้โปรแกรมเชิงเส้น เราต้องทำความเข้าใจและศึกษาปัญหาอย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังต้องสามารถระบุสิ่งต่อไปนี้ในปัญหา

1. ตัวแปรตัดสินใจ หรือเรียกสั้นๆ ว่า ตัวแปร (Decision Variables) ซึ่งคือตัวแปรที่สำหรับใส่เข้าไปในระบบ และเป็นตัวแปรที่เราสามารถจะควบคุมได้ ตัวแปรนี้เป็นสิ่งสำคัญที่เราจะป้อนเข้าไปในระบบเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ตัวอย่างเช่น จำนวนสินค้าที่จะผลิตซึ่งเป็นตัวแปรที่เราควบคุมได้

2. พารามิเตอร์เป็นค่าในระบบที่เราไม่สามารถควบคุมได้ ตัวอย่างเช่นราคา สินค้าซึ่งขึ้นอยู่กับกลไกตลาด

3. สมการกำหนดเป้าหมาย (Objective Function) คือ สมการแสดงความสัมพันธ์ของต้นทุน กำไร เพื่อให้กำหนดเป้าหมายสูงสุดหรือต่ำสุด

4. สมการแสดงขอบข่าย (Constraints) ซึ่งแสดงข้อจำกัดต่างๆ ของปัจจัยหรือทรัพยากรในรูปสมการหรือสมการ

เมื่อจัดตั้งรูปแบบแทนระบบของปัญหาโดยเขียนให้อยู่ในรูปแบบทาง คณิตศาสตร์ รูปแบบที่ได้จะเป็นรูปแบบของโปรแกรมเชิงเส้นก็ต่อเมื่อมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. สมการกำหนดเป้าหมายจะต้องเป็นเชิงเส้น นั่นคือ ตัวแปรทุกตัวจะต้องมีกำลังเป็น 1 เท่านั้น นอกจากนี้จะต้องเขียนอยู่ในรูปของ การบวกและการลบของตัวแปรต่างๆ เท่านั้น ตัวอย่างเช่น $2x + 3y$ เป็นเชิงเส้น เพราะตัวแปร x และ y มีกำลังเท่ากับ 1 และตัวแปรอยู่ในรูปของผลบวก แต่ $2xy$ ไม่เป็นเชิงเส้นเนื่องจากตัวแปรอยู่ในรูปของผลคูณของตัวแปร x และ y

2. สมการกำหนดเป้าหมายจะต้องระบุว่าการหาค่าต่ำสุดหรือสูงสุด สมการกำหนดเป้าหมายจะต้องแสดงถึงจุดประสงค์ในการตัดสินใจ เช่น การหากำไรสูงสุด ค่าใช้จ่ายต่ำสุด

3. สมการแสดงขอบเขตเป็นเชิงเส้น นอกจากนี้จะต้องเขียนให้อยู่ในรูปของ $\geq$, $\leq$ หรือ $=$ เท่านั้น (ถ้าสมการอยู่ในรูปของ $<$ หรือ $>$ รูปแบบนี้จะไม่ใช่ปัญหาของโปรแกรมเชิงเส้น)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงสภาพการปฏิบัติงานโดยทั่วไป ในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ในโรงงานกรณีศึกษา โดยจะทำการศึกษาด้อย่างเวลา วิธีการเก็บข้อมูลจากตัวอย่างเวลาในกระบวนการผลิตเพื่อมาทำการวิเคราะห์ และนำไปสู่การสร้างแบบจำลองของกระบวนการผลิต เพื่อนำไปใช้งานร่วมกับตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ในการที่จะนำตัวแบบคณิตศาสตร์นั้นมาเป็นเครื่องมือเพื่อวิเคราะห์และวางแผนการจัดการด้านทรัพยากรบุคคลเพื่อให้อัตราผลิต (Productivity) เพิ่มขึ้น และลดปริมาณสินค้าสะสมระหว่างการผลิต (WIP) ต่อไป โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ข้อมูลเบื้องต้นของกระบวนการผลิต
2. ข้อมูลกระบวนการผลิตทั่วไป ประกอบด้วย
 - ศึกษา และเก็บข้อมูลลักษณะจำเพาะของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการศึกษา
 - ศึกษา เวลาในกระบวนการผลิตของแต่ละกระบวนการ
3. การสร้างแบบจำลองกระบวนการผลิตโดยใช้โปรแกรม Arena

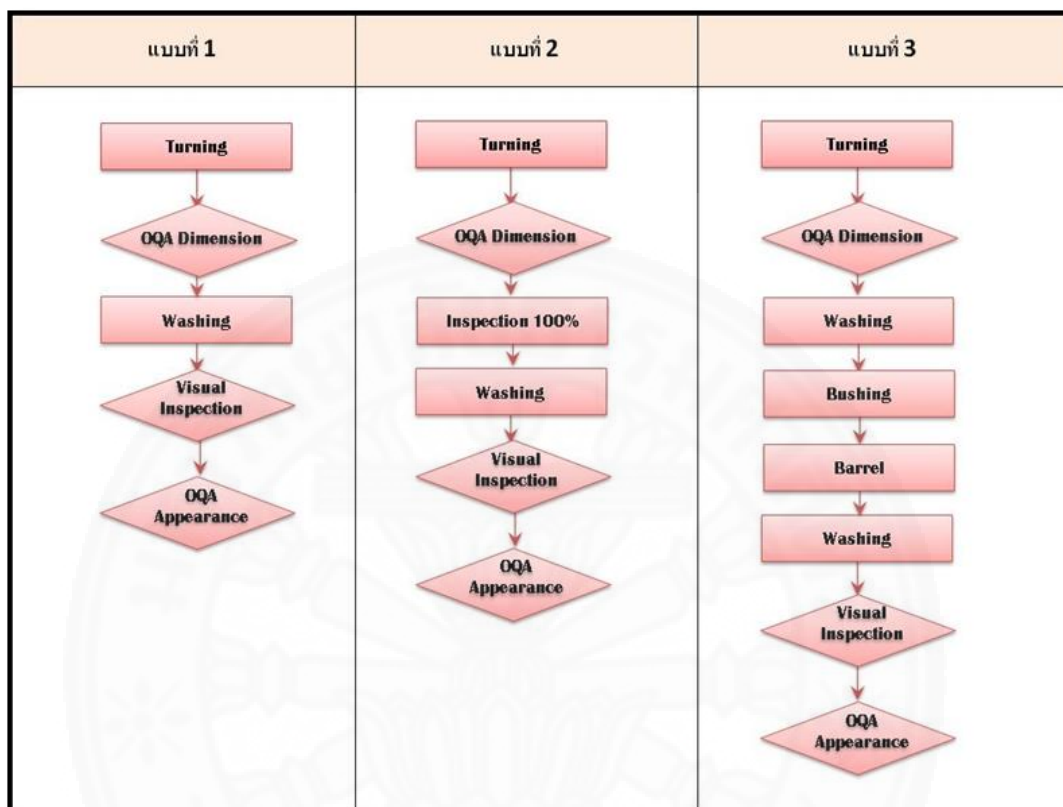
การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ด้วยเครื่องมือ OptQuest เพื่อช่วยหาผลลัพธ์นั่นคือการจัดสรรกำลังคนให้เกิดขึ้นได้อย่างเหมาะสม

3.1 ข้อมูลเบื้องต้นของกระบวนการผลิต

การดำเนินการวิจัยได้ดำเนินการศึกษากับกระบวนการผลิต ครอบคลุมตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตด้วยเครื่องจักร (Machining Process) จนถึงกระบวนการตรวจสอบลักษณะภายนอก (Visual Inspection) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ผู้วิจัยสังเกตพบปัญหาความไม่สมดุลในการจัดสรรกำลังคนในกระบวนการผลิตได้อย่างชัดเจน โดยการไหลของกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาแบ่งได้เป็น 3 แบบดังแสดงในภาพที่ 3.1

ตารางที่ 3.1

กระบวนการผลิต Shaft และ Sleeve



3.1.1 กระบวนการผลิตด้วยเครื่องจักร (Machining Process)

ในกระบวนการนี้จะเป็นกระบวนการผลิตด้วยเครื่องจักรเป็นหลัก ซึ่งเป็นกระบวนการที่เครื่องจักรจะทำงานด้วยเวลาการผลิตที่คงที่และต่อเนื่องโดยมีคนเป็นแต่เพียงผู้สังเกตการณ์ ดังนั้น เวลาในกระบวนการนี้จะอ้างอิงเวลาการทำงานของเครื่องจักรเป็นหลัก

3.1.2 การสุ่มตรวจคุณภาพขนาดชิ้นงาน (Outgoing Dim-Inspection)

การสุ่มตรวจสอบคุณภาพขนาดของชิ้นงานทุกผลิตภัณฑ์ เป็นการกระบวนการที่ทำการตรวจสอบด้านคุณภาพ โดยทำการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์เทียบกับค่าที่กำหนดในแบบของผลิตภัณฑ์ (Drawing) ว่าเป็นไปตามข้อกำหนดในแบบหรือไม่โดยพนักงานจะทำการนำชิ้นงานจากข้อที่ 3.1.1 มาทำการวัดค่าด้วยเครื่องวัดต่างๆ และสุ่มตรวจสอบตามตาราง AQL 0.4% C=0

3.1.3 กระบวนการตรวจสอบคุณภาพเฉพาะจุดของผลิตภัณฑ์ (Inspection ID)

กระบวนการการตรวจสอบคุณภาพเฉพาะจุดนี้จะกระทำกับบางผลิตภัณฑ์เท่านั้น อันเนื่องมาจากปัญหาด้านคุณภาพ หรือเกิดจากข้อร้องขอเฉพาะของลูกค้า โดยกระบวนการตรวจสอบคุณภาพเฉพาะจุดนี้จะใช้แบบของผลิตภัณฑ์ (Drawing) เป็นตัวอ้างอิงในระหว่างการตรวจสอบ โดยพนักงานจะทำการนำชิ้นงานจากข้อที่ 3.1.2 มาทำการวัดด้วยอุปกรณ์การวัด

3.1.4 กระบวนการขัดหยาบ (Brushing Process)

เป็นกระบวนการในการกำจัดครีบทึบที่หลงเหลือจากกระบวนการการผลิตด้วยเครื่องจักร เป็นการขัดเฉพาะจุดด้วยแปรงขัด ซึ่งการขัดหยาบเป็นการขัดเพื่อกำจัดครีบทึบขนาดใหญ่ หรือครีบทึบที่อยู่ในซอกที่ไม่สามารถขัดออกได้ด้วยเครื่องขัดละเอียด โดยการขัดหยาบจะเป็นการใช้คนขัดชิ้นงานทีละ 1 ชิ้น จึงค่อนข้างช้า

3.1.5 กระบวนการขัดละเอียด (Barrel Process)

เป็นกระบวนการในการขัดผิวชิ้นงานหรือกำจัดครีบทึบขนาดเล็กที่เกิดจากกระบวนการการผลิตด้วยเครื่องจักร และบางส่วนที่ยังหลงเหลือจากกระบวนการขัดหยาบ โดยกระบวนการในการขัดละเอียดนั้นจะใช้เครื่องจักรทำงานเป็นหลักร่วมกับคน และสามารถขัดได้ในปริมาณละมากต่อครั้ง

3.1.6 กระบวนการทำความสะอาดชิ้นงาน (Washing Process)

เป็นกระบวนการในการทำความสะอาดด้วยเครื่องทำความสะอาดอัตโนมัติเป็นหลักร่วมกับคน มีเวลาในการทำความสะอาดที่เป็นมาตรฐานที่เท่ากันสำหรับทุกผลิตภัณฑ์ และทำการล้างทำความสะอาดตามระยะเวลาที่กำหนด

3.1.7 การตรวจสอบลักษณะภายนอก (Visual Inspection)

การตรวจสอบลักษณะภายนอก เป็นกระบวนการที่ทำการตรวจสอบลักษณะภายนอกของผลิตภัณฑ์นอกเหนือจากคุณสมบัติตามแบบของผลิตภัณฑ์ (Drawing) โดยพนักงานจะตรวจสอบภายใต้กล้องที่เป็นอุปกรณ์กำลังขยายที่เรียกว่า Microscope ที่กำลังขยาย 10 เท่า โดยจะทำการตรวจสอบทีละ 1 ชิ้น

3.1.8 การสุ่มตรวจสอบคุณภาพลักษณะภายนอก (Outgoing Inspection)

การสุ่มตรวจสอบคุณภาพลักษณะภายนอก เป็นกระบวนการที่ทำการตรวจสอบลักษณะภายนอก โดยพนักงานแผนกควบคุมคุณภาพ ซึ่งจะทำการตรวจสอบภายใต้กล้อง Microscope กำลังขยาย 10 เท่า โดยจะทำการสุ่มตรวจสอบตามมาตรฐาน ที่ AQL 0.4% C=0

3.1.9 บรรจุ (Packing)

พนักงานฝ่ายผลิตจะทำการบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงพลาสติก และปิดถุงแบบสุญญากาศแล้วทำการส่งต่อไปยังแผนกจัดเก็บผลิตภัณฑ์ และจัดส่งสินค้า

3.1.10 จัดเก็บผลิตภัณฑ์ (Storage)

พนักงานแผนกจัดเก็บผลิตภัณฑ์จะรับผลิตภัณฑ์ และบันทึกข้อมูลพร้อมทั้งจัดเก็บลงกล่องกระดาษ เพื่อเตรียมการจัดส่งให้กับลูกค้า

3.2 ข้อมูลกระบวนการผลิตทั่วไป

ก่อนเริ่มต้นทำการวิจัยนั้น ทางผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษา และเก็บรวบรวมข้อมูลกระบวนการผลิตทั่วไปของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการดำเนินการวิจัยทั้งหมด 12 ผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ทราบถึงสภาพปัจจุบันของการปฏิบัติงานในสายการผลิตจริง และวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการสังเกต ในด้านการวางแผนและการจัดสรรกำลังคนในกระบวนการผลิต เพื่อนำไปปรับปรุงวิธีการวิเคราะห์และวางแผนกำลังคนในกระบวนการผลิตในส่วนงานที่ใช้คนเป็นกำลังการผลิตหลัก

สายการผลิต ผลิตภัณฑ์ในปัจจุบัน สามารถแบ่งพนักงานและจำนวนเครื่องจักร ตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 กระบวนการผลิตด้วยเครื่องจักร (Machining Process) จนถึงขั้นตอนของการตรวจสอบลักษณะภายนอก (Outgoing Inspection) ได้ตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2

รายละเอียดจำนวนพนักงานและเครื่องจักรในแต่ละสถานีงาน

สถานีงาน	จำนวนพนักงาน (คน)	จำนวนเครื่องจักร (เครื่อง)
1. Machining	10	50
2. Outgoing Inspection (Dim.)	2	0
3. Inspection ID	4	0
4. Brushing	1	1
5. Barrel	1	1
6. Washing	1	2
7. Visual Inspection	12	0
8. Outgoing Inspection	4	0
9. รวม	35	54

3.3 ข้อมูลเวลาในกระบวนการผลิตของแต่ละกระบวนการ

ศึกษาเวลาในการปฏิบัติงานในแต่ละกระบวนการ เวลามาตรฐานของแต่ละกระบวนการ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

เวลามาตรฐาน	=	เวลาปกติ + เวลาเผื่อต่างๆ
(Standard time	=	Basis Time + Allowance time)
เวลาปกติ	=	รอบเวลาการทำงาน x ค่าปรับอัตราความเร็ว
(Basic Time	=	Cycle Time x Rating Factor)
รอบเวลาการทำงาน	=	เวลาของงานมือ + เวลาของเครื่องจักร
(Cycle time	=	Handling time + Machine time)
อัตราการผลิตได้ใน 1 ชม.	=	3600 วินาที / เวลามาตรฐาน
(Unit per hour : UPH	=	3600 sec / Standard time)

โดยที่

เวลาปกติ หรือ Basic Time เป็นเวลาที่พนักงานแต่ละคนใช้ในการปฏิบัติงาน ซึ่งแม้ในการปฏิบัติงานแบบเดียวกัน ก็อาจใช้เวลาที่แตกต่างกัน ดังนั้น จำเป็นต้องมีการคำนวณค่าปรับอัตราความเร็ว (Rating Factor) ซึ่งในที่นี้ใช้วิธี สปีดเรตติง เนื่องจากในขณะที่จับเวลา พนักงานจะปฏิบัติงานด้วยอัตราเร็วที่สูงกว่าปกติประมาณ 5% จึงกำหนดให้ค่าปรับอัตราความเร็ว มีค่าเท่ากับ 105% จึงสามารถเขียนสมการการหาเวลาปกติใหม่ได้ ดังนี้

$$\text{เวลาปกติ} = \text{รอบเวลาการทำงาน} \times \text{ค่าปรับอัตราความเร็ว (105\%)}$$

เวลาเผื่อ (Allowance Time) เป็นเวลาเผื่อสำหรับกรณีต่างๆ ซึ่งการทำงานต่างๆ ต้องมีการหยุดพักหรือมีการล่าช้าเกิดขึ้น ดังนั้น การคำนวณหาเวลามาตรฐานในการทำงานจึงต้องมีเวลาเผื่อสำหรับกรณี ดังนี้

$$\text{เวลาเผื่อสำหรับธุระส่วนตัว (Personal allowance)} = 3\%$$

$$\text{เวลาเผื่อสำหรับความเครียดและเมื่อยล้า (Fatigue allowance)} = 3\%$$

$$\text{เวลาเผื่อสำหรับความล่าช้า (Delay allowance)} = 4\%$$

ดังนั้น เวลาเผื่อทั้งหมด = ส่วนบุคคล + ความเมื่อยล้า + ความล่าช้า = 10% จึงสามารถเขียนสมการการหาเวลามาตรฐานใหม่ได้ ดังนี้

$$\text{เวลามาตรฐาน} = \text{เวลาปกติ} + \text{เวลาเผื่อ 10\%}$$

รอบเวลาการทำงาน (Cycle Time) ได้จากการจับเวลาจริง ซึ่งจะเริ่มจับตั้งแต่จุดเริ่มต้นของงานนั้น จนถึงเวลาที่ต้งต้น เพื่อจะเริ่มทำการผลิตในรอบต่อไป โดยจับเวลาแบบต่อเนื่อง (Continuous Timing) ซึ่งกำหนดให้มีค่าความเชื่อมั่นอยู่ที่ 95% และค่าผิดพลาด $\pm 5\%$ โดยใช้สมการในการวิเคราะห์หาจำนวนข้อมูล ดังต่อไปนี้

$$N' = \left[\frac{40 \sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2$$

N' = จำนวนครั้งของการจับเวลาที่ต้องการ ได้จากการคำนวณ N

N = จำนวนครั้งของการจับเวลาเบื้องต้น (จำนวนตัวอย่าง)

X = ค่าเวลาที่จับได้ของแต่ละครั้ง (ข้อมูลของแต่ละตัวอย่าง)

ดังนั้น จึงขอยกตัวอย่างการคำนวณเวลามาตรฐานจากงานกระบวนการย่อย Visual Inspection เพื่อคำนวณหาจำนวนข้อมูล การจับเวลา ว่ามีความน่าเชื่อถือเพียงพอในการนำไปหาเวลามาตรฐานต่อไปได้หรือไม่ก่อน ซึ่งในที่นี้ต้องการความเชื่อมั่นที่ 95% และค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 5\%$ โดยข้อมูลและผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 3.3

ตัวอย่างการคำนวณหาเวลามาตรฐานของกระบวนการ Visual Inspection

1. จับเวลารอบการทำงานเบื้องต้น (N) 50 ครั้ง แสดงดังตารางที่ 3.3

กระบวนการ : Visual Inspection

ชื่อผลิตภัณฑ์ : SHT Grenada

จำนวนพนักงาน : 1 คน

จำนวนเครื่องจักร : 0 เครื่อง

ตารางที่ 3.3

ข้อมูลเวลาการทำงานจริงที่จับได้จากกระบวนการตรวจสอบคุณภาพ

ลำดับชั้นงาน	ข้อมูลเวลาที่บันทึกได้	เวลาที่คิด Rating Factor 5%	เวลาที่คิด Rating Factor 10%	X^2
1	2140.00	2247.00	2471.70	6109300.89
2	2080.00	2184.00	2402.40	5771525.76
3	2320.00	2436.00	2679.60	7180256.16
4	2320.00	2436.00	2679.60	7180256.16
5	2320.00	2436.00	2679.60	7180256.16
6	2320.00	2436.00	2679.60	7180256.16
7	2300.00	2415.00	2656.50	7056992.25
8	2060.00	2163.00	2379.30	5661068.49
9	2220.00	2331.00	2564.10	6574608.81
10	2060.00	2163.00	2379.30	5661068.49
11	2140.00	2247.00	2471.70	6109300.89
12	2180.00	2289.00	2517.90	6339820.41
13	2260.00	2373.00	2610.30	6813666.09
14	2260.00	2373.00	2610.30	6813666.09
15	2300.00	2415.00	2656.50	7056992.25
16	2280.00	2394.00	2633.40	6934795.56
17	2280.00	2394.00	2633.40	6934795.56
18	2260.00	2373.00	2610.30	6813666.09
19	2180.00	2289.00	2517.90	6339820.41
20	2200.00	2310.00	2541.00	6456681.00
21	2400.00	2520.00	2772.00	7683984.00
22	2300.00	2415.00	2656.50	7056992.25
23	2300.00	2415.00	2656.50	7056992.25
24	2300.00	2415.00	2656.50	7056992.25
25	2160.00	2268.00	2494.80	6224027.04
26	1960.00	2058.00	2263.80	5124790.44
27	2180.00	2289.00	2517.90	6339820.41
28	2320.00	2436.00	2679.60	7180256.16
29	2180.00	2289.00	2517.90	6339820.41
30	2220.00	2331.00	2564.10	6574608.81
31	2060.00	2163.00	2379.30	5661068.49
32	2220.00	2331.00	2564.10	6574608.81
33	2300.00	2415.00	2656.50	7056992.25
34	2140.00	2247.00	2471.70	6109300.89
35	2200.00	2310.00	2541.00	6456681.00
36	2300.00	2415.00	2656.50	7056992.25
37	2160.00	2268.00	2494.80	6224027.04
38	2240.00	2352.00	2587.20	6693603.84
39	2320.00	2436.00	2679.60	7180256.16
40	2160.00	2268.00	2494.80	6224027.04
41	2420.00	2541.00	2795.10	7812584.01
42	2140.00	2247.00	2471.70	6109300.89
43	2300.00	2415.00	2656.50	7056992.25
44	2380.00	2499.00	2748.90	7556451.21
45	2320.00	2436.00	2679.60	7180256.16
46	2160.00	2268.00	2494.80	6224027.04
47	2180.00	2289.00	2517.90	6339820.41
48	2420.00	2541.00	2795.10	7812584.01
49	2180.00	2289.00	2517.90	6339820.41
50	2340.00	2457.00	2702.70	7304587.29
ผลรวม			$\Sigma x = 129,059.70$	$\Sigma x^2 = 333781059.15$

2. คำนวณตามสมการของการหาจำนวนข้อมูล ที่ความเชื่อมั่น 95% และค่าความผิดพลาด 5% จะได้

$$N' = \left[\frac{40\sqrt{(333,781,059.15) - (129,059.70)^2}}{129,059.70} \right]^2$$

$$N' = 3.13$$

3. พิจารณาจำนวนข้อมูลตามการคำนวณ (N') เปรียบเทียบกับจำนวนข้อมูลที่เก็บมาเบื้องต้น (N) โดยสามารถแบ่งพิจารณาออกเป็น 2 กรณีดังนี้

- $N' > N$ ข้อมูลที่เก็บมายังไม่เพียงพอ ให้ทำการเก็บข้อมูลเพิ่มหรือ ตัดข้อมูลที่มีความแตกต่างมากๆ ออกไป และคำนวณหาค่า N ใหม่

- $N' < N$ ข้อมูลที่เก็บมาเพียงพอ สามารถนำข้อมูลเหล่านั้นไปใช้ต่อไปได้

ซึ่ง ค่า N' ที่ได้จากตัวอย่างการคำนวณข้างต้น มีค่าน้อยกว่า N (มีการเก็บข้อมูลจำนวน 50 ข้อมูล) ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่าจำนวนข้อมูลการจับเวลาในงานย่อยที่ 1 นี้มีความน่าเชื่อถือเพียงพอในการนำไปใช้ได้

สำหรับกระบวนการอื่นๆ จะมีการคำนวณในแนวทางเดียวกัน โดยจับเวลารอบการทำงานเบื้องต้น (N) 50 ครั้ง และสามารถสรุปได้ดังตัวอย่างในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4

ตัวอย่างเวลามาตรฐานในแต่ละกระบวนการของผลิตภัณฑ์ Grenada Shaft

ขั้นตอน ทำงานหลัก	รายละเอียดงานย่อย	เวลามาตรฐานในการ ทำงาน (วินาที/ชิ้น)	จำนวนข้อมูลน้อยที่สุดที่ใช้ การหาเวลามาตรฐาน		ความเชื่อมั่น 95%
1	1. พนักงานนำงานออกจาก เครื่องจักร *	54	-	-	-
2	2. พนักงานหยิบชิ้นงานออก จากถาดแล้ววางลงบน อุปกรณ์การวัด แล้วเริ่มทำ การตรวจสอบ หลังจากนั้น พนักงานนำชิ้นงานออกจาก อุปกรณ์การวัดและวางคืน ถาด	352.48	3.12	~4	ผ่าน

ขั้นตอน ทำงานหลัก	รายละเอียดงานย่อย	เวลามาตรฐานในการ ทำงาน (วินาที/ชิ้น)	จำนวนข้อมูลน้อยที่สุดที่ใช้ การหาเวลามาตรฐาน		ความเชื่อมั่น 95%
3	3. พนักงานนำถาดใส่งานเข้า เครื่องล้าง	19.95	25.41	~26	ผ่าน
	4. เครื่องล้างทำการล้าง *	220	-	-	-
	5. พนักงานนำถาดใส่งาน ออกจากเครื่องล้าง	21.31	12.24	~13	ผ่าน
4	6. พนักงานหยิบชิ้นงานออก จากถาดแล้วทำการ ตรวจสอบชิ้นงานได้กล้อง Microscope 10 เท่า	2,581.19	3.13	~4	ผ่าน
5	7. พนักงานหยิบชิ้นงานออก จากถาดแล้วทำการ ตรวจสอบชิ้นงานได้กล้อง Microscope 10 เท่า	511.72	15.63	~16	ผ่าน

หมายเหตุ

* เป็นเวลาการทำงานของเครื่องจักร ซึ่งมีค่าคงที่

การวิเคราะห์อัตราผลผลิต (Productivity)

โดยในที่นี้จะใช้การหาอัตราผลผลิตด้านแรงงาน (Labor Productivity) ซึ่งใช้ข้อมูลจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ 70,000 ชิ้นต่อวัน โดยการผลิตจริงใช้เวลาในการผลิตเท่ากับ 21 ชั่วโมงการทำงาน หรือ 1,260 นาที หรือ 75,600 วินาที และความต้องการในการผลิตต่อวันจริงๆ คือ 72,600 ชิ้นต่อวัน ดังนั้นการวิเคราะห์จึงเป็น ดังนี้

อัตราผลผลิต (Productivity) = จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ต่อวัน / (เวลาในการผลิตต่อวัน × จำนวนพนักงาน)

= 70,000 ชิ้นต่อวัน / (21 ชั่วโมง × 35 คน)

= 95.23 ~ 95 ชิ้น/ชั่วโมง/คน

(พนักงานต่อกะ 35 คน ดังนั้น พนักงาน 2 กะ เท่ากับ 70 คน)

3.4 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์

3.4.1 ข้อสมมติของการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ ในงานวิจัยนี้จะทำการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อเลียนแบบสายการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา บนข้อสมมติดังต่อไปนี้

3.4.1.1 ประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานที่ทำงานหน้าที่เดียวกันจะไม่แตกต่างกัน

3.4.1.2 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงการผลิตในระหว่างไตรมาส

3.4.1.3 ไม่มีงานระหว่างการผลิตและผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเสร็จแล้ว เกิดการชำรุดบกพร่องในระหว่างกระบวนการผลิตหรือขนย้าย

3.4.2 แบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ จากข้อมูลทั้งหมดที่ได้รวบรวมมาประกอบกับข้อสมมติในการสร้างแบบจำลองที่ได้กำหนดขึ้น ทำให้สามารถสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ที่เลียนแบบสายการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ของโรงงานกรณีศึกษา โดยโปรแกรมสำเร็จรูป Arena ได้

3.4.3 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Verification of the Simulation Model) การนำแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ที่ได้สร้างขึ้น มาใช้ทำการประมวลผลหรือวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบงานใดๆ ต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นก่อน เพื่อให้ผู้สร้างและผู้ใช้แบบจำลองสามารถเชื่อมั่นได้ว่าผลที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้นมีความถูกต้อง

3.4.4 การตรวจสอบความสามารถในการใช้งานแบบจำลองได้จริง (Validation of the Simulation Model) การตรวจสอบความสามารถในการใช้งานแบบจำลองได้จริง เป็นการตรวจสอบแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้น ว่ามีความสอดคล้องและใกล้เคียงกับระบบการทำงานจริงมากน้อย เช่นไรหรือเป็นการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลแบบจำลองกับข้อมูลที่ได้จากระบบการทำงานจริง หากค่าที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองรวมกับค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ (Half Width) อยู่ในช่วงของค่าที่ได้จากการสังเกตหรือเก็บข้อมูลจากสถานการณ์จริงแสดงว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถนำมาใช้เป็นตัวแทนระบบการทำงานจริงที่เป็นอยู่ได้

การวิเคราะห์ระบบของแบบจำลองที่ทำการศึกษาโดยปกติแล้วระบบของแบบจำลองสถานการณ์สามารถแบ่งได้เป็น 2 ระบบ (Banks et al., 2005) คือ

ก) ระบบแบบ Terminating System คือ ระบบที่มีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดการทำงานในช่วงเวลาที่กำหนด และเมื่อสิ้นสุดการทำงานในช่วงเวลานั้นแล้ว ผลของช่วงเวลาดังกล่าวจะไม่มีส่วนเกี่ยวข้องหรือส่งผลกระทบกับช่วงเวลาถัดไปได้

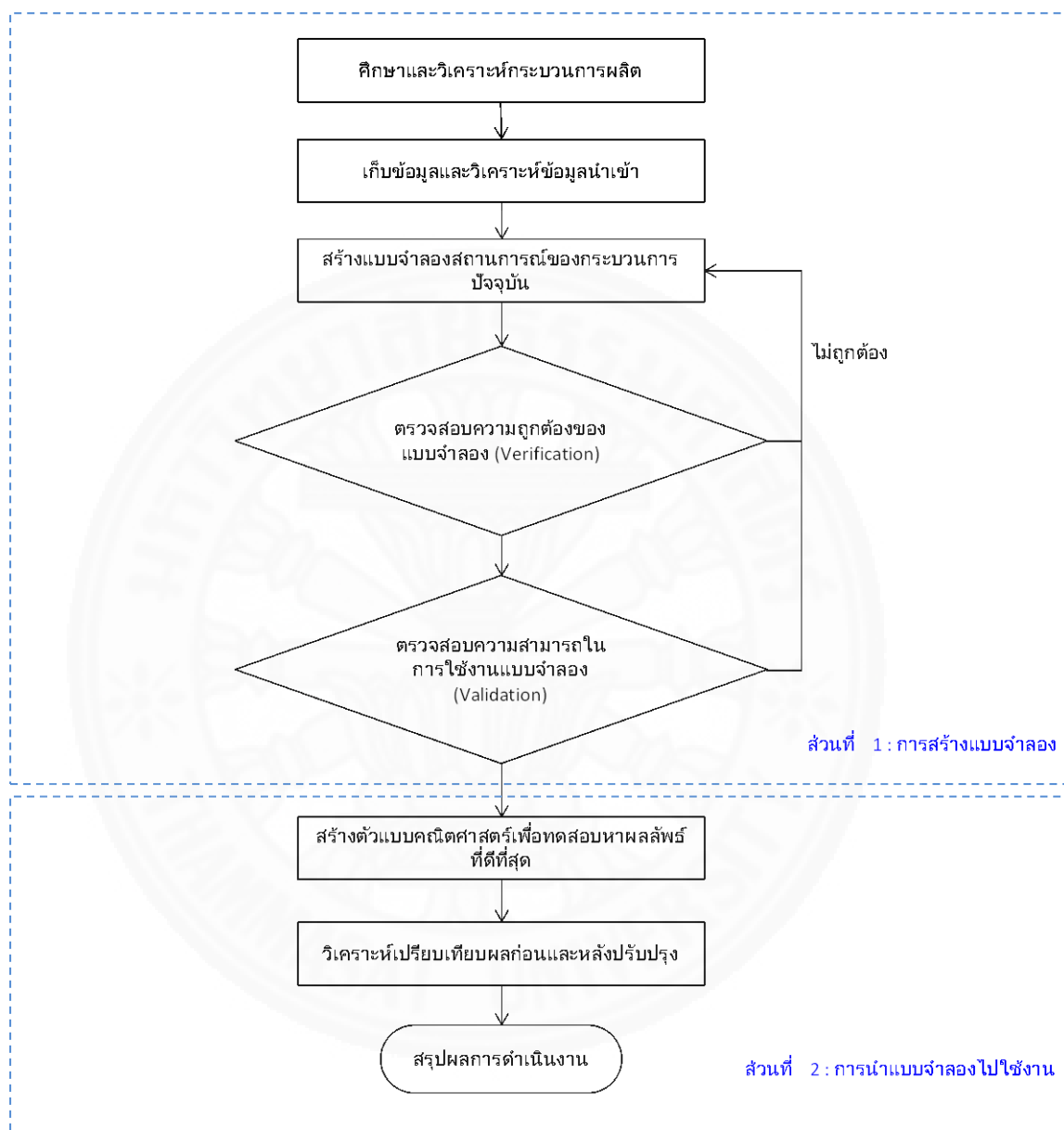
ข) ระบบแบบ Non-Terminating System หรือ Steady-State คือ ระบบที่ผลของช่วงเวลาก่อนหน้าสามารถส่งผลกระทบต่อช่วงเวลาถัดมาได้ ดังนั้น ระบบแบบนี้ต้องมีการหาเวลาที่จะเข้าสู่สภาวะคงตัว (Warm-up Period) ด้วยแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้สร้างขึ้นเพื่อเลียนแบบระบบการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้ เมื่อทำการวิเคราะห์แล้วจะจัดเป็นระบบแบบ Non-Terminating System หรือ Steady-State เนื่องจากช่วงแรกของการประมวลผลโดยแบบจำลองสถานการณ์ ระบบจะยังว่างงานอยู่ข้อมูลจากการประมวลผลที่ได้จะมีการแกว่งตัว ทำให้ไม่สามารถนำข้อมูลส่วนนี้มาทำการวิเคราะห์ระบบได้

3.4.5 การกำหนดความยาวในการประมวลผล (Replication Length) ในการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ ต้องมีการกำหนดความยาวในการประมวลผลแต่ละรอบ มิฉะนั้นแบบจำลองจะทำการประมวลผลไปเรื่อยๆ โดยไม่มีจุดสิ้นสุด (Infinite) เนื่องจากแบบจำลองสถานการณ์ในงานวิจัยนี้ จัดเป็นการจำลองแบบ Steady-State หรือ Non-Terminating System ดังนั้นระยะเวลาในการประมวลผลแต่ละรอบการทำซ้ำของแบบจำลองสถานการณ์จะต้องค่อนข้างยาวผู้วิจัยจึงต้องกำหนดความยาวในการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์

3.4.6 การกำหนดช่วงเวลาที่เข้าสู่สภาวะคงตัว (Warm-up Period) ช่วงแรกของการประมวลผลโดยแบบจำลองสถานการณ์ ระบบจะยังว่างงานอยู่ข้อมูลจากการประมวลผลที่ได้จะมีการแกว่งตัว ทำให้ไม่สามารถนำข้อมูลส่วนนี้มาทำการวิเคราะห์ระบบได้ เพราะจะทำให้เกิดอคติขึ้น หรือเรียกว่า Initial Condition Bias ระบบต้องทำการประมวลผลจนถึงช่วงเวลาหนึ่งระบบจึงเริ่มคงที่ ณ จุดนี้จะมีความเหมาะสม สำหรับการเริ่มต้นเก็บข้อมูลจริง โดยช่วงเวลาก่อนที่ระบบจะเข้าสู่สภาวะคงที่นี้เรียกว่า Warm-up Period และข้อมูลส่วนนี้จะต้องถูกตัดทิ้งไปไม่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.7 การกำหนดจำนวนรอบการทำซ้ำ (Number of Replication) เพื่อไม่ให้ข้อมูลที่ได้จากการประมวลผล โดยแบบจำลองสถานการณ์เกิดความคลาดเคลื่อนไปจากระบบการทำงานจริงของโรงงานกรณีศึกษา หรือมีค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้หรือครึ่งหนึ่งของช่วงความเชื่อมั่น (Half Width of Confidence Interval) ของอัตราการทำงานเฉลี่ยของทรัพยากรทั้งหมดใกล้เคียงศูนย์ ในงานวิจัยจึงทำการหาจำนวนรอบการทำซ้ำจากการทดลองประมวลผลแบบจำลอง โดยการเพิ่มจำนวนรอบการทำซ้ำให้มากขึ้นจนกว่าค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้มีค่าใกล้เคียงศูนย์ ค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ของอัตราการทำงานเฉลี่ยของทรัพยากร (พนักงานและเครื่องจักร) ต่างๆ ของสายการผลิต

ทั้งนี้การจำลองสถานการณ์สามารถสร้างเป็นลำดับการดำเนินการโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนสำคัญคือ การสร้างแบบจำลอง และการนำแบบจำลองไปใช้งาน ดังแสดงในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการจำลองสถานการณ์

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 การกำหนดรูปแบบปัญหา (Problem Formulation)

จากกรณีศึกษาผู้วิจัยได้ทำการศึกษาอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เพื่อเป็นการรองรับความต้องการของลูกค้า จึงจำเป็นต้องมีแผนการขยายการผลิตให้เพิ่มมากขึ้น เพื่อให้ทันต่อความต้องการของตลาด ซึ่งในการขยายการผลิตให้เพิ่มขึ้นนั้นนอกจากการเพิ่มเครื่องจักรแล้ว กำลังคนที่จะเข้ามาทำงานร่วมกับเครื่องจักร หรือทำงานในกระบวนการใดๆ ที่ไม่ต้องอาศัยเครื่องจักร ก็เป็นสิ่งจำเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่จะมีผลต่อกระบวนการผลิตที่จะเพิ่มมากขึ้น แต่เนื่องจากวิธีการบริหารจัดการกำลังคนในปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษายังถือว่าไม่เหมาะสม ทำให้เกิดปัญหางานค้างในกระบวนการผลิตมากในช่วงแรกๆ ของการปรับเปลี่ยนกระบวนการ ส่งผลให้การผลิตไม่มีประสิทธิภาพและทำให้ผลผลิตไม่ได้ดังที่หวังไว้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เลือกปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าวมาทำการวิจัย

4.2 การกำหนดจุดมุ่งหมาย และวางแผน (Objective & Overall Planning)

4.2.1 เพื่อสร้างแบบจำลองของกระบวนการผลิต ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 12 ชนิด เพื่อนำไปใช้ศึกษาและวิเคราะห์ร่วมกับเครื่องมือ OptQuest ได้

4.2.2 เพื่อสร้างแบบจำลองของกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ทั้ง 12 ชนิด หลังจากปรับปรุงแล้ว โดยมีเป้าหมายเพื่อลดความผิดพลาดในการวางแผนกำลังคนในกระบวนการผลิต และสามารถเพิ่มอัตราผลผลิตได้ โดยเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงที่ได้โดยไม่จำเป็นต้องทำการทดลองในสายการผลิตจริง เพื่อสามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต ทั้งก่อนและหลังปรับปรุงโดยใช้การจำลองสถานการณ์

4.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ศึกษาและเก็บข้อมูลกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ ทั้งหมดทั้ง 12 ผลิตภัณฑ์ ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการแรก คือ กระบวนการผลิตด้วยเครื่องจักร (Machining Process) จนถึงกระบวนการสุดท้าย คือ กระบวนการสุ่มตรวจสอบคุณภาพภายนอก (OQA VMI Process)

4.4 ข้อจำกัด

เนื่องจากต้องการให้การจำลองสถานการณ์ให้ผลที่ชัดเจน และสามารถตรวจสอบความถูกต้องได้ง่ายขึ้น จึงมีการกำหนดข้อจำกัดต่างๆ ซึ่งเป็นสภาวะเดียวกันกับที่เกิดขึ้นในสายการผลิตจริง เพื่อใช้เปรียบเทียบค่าที่ได้จากการจำลองกับค่าที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานจริง โดยข้อจำกัดต่างๆ สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. กำหนดให้พนักงาน และเครื่องจักรประเภทเดียวกันมีความสามารถในการผลิตที่ไม่แตกต่างกัน
2. กำหนดให้พนักงานทุกคนเริ่มปฏิบัติงานพร้อมกัน โดยส่วนประกอบในแต่ละส่วนไม่มีการจัดเตรียมไว้ล่วงหน้าก่อนเริ่มการผลิตจริง
3. เวลาที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์ คือ 2 รอบกะของการผลิต หรือชั่วโมงการปฏิบัติงานทั้งหมด 21 ชั่วโมง ต่อวัน
4. กำหนดให้กระบวนการไม่มีการผลิตงานเสีย
5. กำหนดให้ผู้เชี่ยวชาญ สามารถกำหนดเวลาของเครื่องจักรใหม่ที่ถูกรสร้างขึ้นเพื่อปรับปรุงกระบวนการได้ และสามารถเชื่อถือได้

4.5 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์

ข้อมูลด้านเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการผลิตที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์นั้น จะต้องนำมาหาหลักการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Input Analyzer ในการหาหลักการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูล โดยจะเป็นการทดสอบสมมติฐานทางสถิติด้วยวิธี Chi-Square Test ใช้ในการทดสอบกรณีข้อมูลมีอย่างน้อย 50 ข้อมูล และ Kolmogorov - Smirnov Test ใช้ในการทดสอบกรณีข้อมูลมีน้อยกว่า 50 ข้อมูล โดยโปรแกรมจะเลือกหลักการแจกแจงความน่าจะเป็นที่เหมาะสมกับชุดข้อมูลจากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Squared Error) ที่มีค่าน้อยที่สุด แต่จากการกระจายตัวที่ได้จากการใช้โปรแกรม Input Analyzer นั้นยังบอกไม่ได้ว่า การกระจายที่ได้นั้นเป็นตัวแทนที่เหมาะสมของข้อมูลหรือไม่ จนกว่าจะทำการตรวจสอบค่า P-Value ที่ได้จากการทดสอบว่าค่านี้มีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ (Significance Level) หรือไม่ ซึ่งได้มีการตั้งสมมติฐานที่ว่า

H0: ข้อมูลมีการกระจายตามแบบที่ต้องการทดสอบ

H1: ข้อมูลไม่มีการกระจายตามแบบที่ต้องการทดสอบ

งานวิจัยนี้ได้ใช้ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในการพิจารณาความเหมาะสมของลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่โปรแกรมได้รายงานผลขึ้นมา หากค่า P-Value ที่ได้จากการทดสอบมีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ จะยอมรับสมมติฐานหลัก H_0 มิฉะนั้นจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ดังนั้นต้องมีการตั้งสมมติฐาน และตรวจสอบค่า P-Value ทุกครั้งก่อนนำการกระจายที่ได้ไปเป็นตัวแทนของข้อมูล เพื่อใช้เป็นตัวแทนข้อมูลนำเข้าให้กับตัวแบบจำลองต่อไป โดยผลจากโปรแกรม Input Analyzer ยกตัวอย่างการทดสอบการกระจายตัวกระบวนการสุ่มตรวจสอบคุณภาพขนาดของชิ้นงานจะมีข้อมูลในตารางที่ 4.1 เมื่อนำไปทดสอบในโปรแกรมจะได้ผลลัพธ์ดังแสดงในภาพที่ 4.1

ตารางที่ 4.1

ข้อมูลเวลาในการตรวจสอบคุณภาพขนาดของชิ้นงาน ผลิตภัณฑ์ SHT Grenada

ผลิตภัณฑ์ SHT Grenada				กระบวนการสุ่มตรวจสอบคุณภาพขนาดของชิ้นงาน					
งานย่อยที่ 2				พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้ววางลงบนอุปกรณ์การวัดแล้วทำการตรวจสอบ หลังจากนั้นพนักงานนำชิ้นงานออกจากอุปกรณ์การวัดและวางคืนถาด					
จำนวนพนักงาน				2 คน		จำนวนเครื่องจักร		0 เครื่อง	
เวลาในการทำงานจริงที่จับได้(วินาที)					เวลาที่คิด Rating Factor 110% และค่าเผื่อ 15% แล้ว(วินาที)				
302.5	307.0	303.8	303.1	303.9	349.39	354.59	350.89	350.08	351.00
301.6	305.9	305.6	306.5	307.2	348.35	353.31	352.97	354.01	354.82
306.0	304.2	307.0	307.6	301.3	353.43	351.35	354.59	355.28	348.00
308.6	302.3	303.0	309.2	302.3	356.43	349.16	349.97	357.13	349.16
307.9	306.7	302.6	304.4	305.9	355.62	354.24	349.50	351.58	353.31
305.5	310.5	304.5	301.8	303.7	352.85	358.63	351.70	348.58	350.77
304.7	309.9	306.3	304.7	304.2	351.93	357.93	353.78	351.93	351.35
305.1	303.7	307.2	305.4	301.8	352.39	350.77	354.82	352.74	348.58
307.5	304.3	306.5	300.0	303.1	355.16	351.47	354.01	346.50	350.08
301.8	307.0	309.7	307.8	306.0	348.58	354.59	357.70	355.51	353.43
เวลามาตรฐาน(วินาที)					352.48				
จำนวนข้อมูลนำเข้าที่ต้องการน้อยที่สุด					3.10				

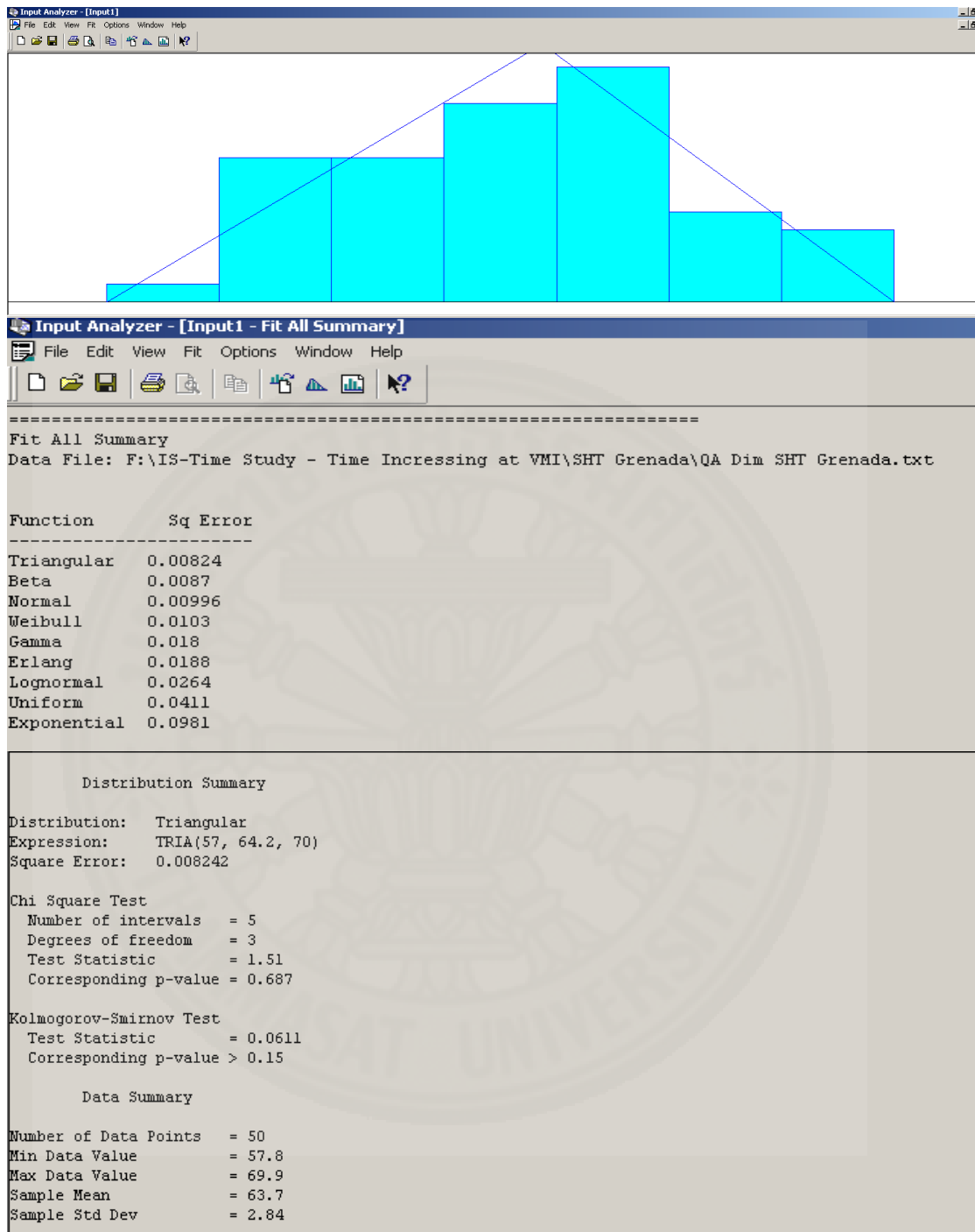
ตารางที่ 4.2

ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ใช้ในโปรแกรม Arena

ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็น	อักษรย่อ	ค่าพารามิเตอร์
Beta	BETA	(Alpha ₁ , Alpha ₁)
Continuous	CONT	(CumP ₁ , Val ₁ ,...,CumP _n , Val _n)
Discrete	DISC	(CumP ₁ , Val ₁ ,...,CumP _n , Val _n)
Erlang	ERLA	(ExpoMean, k)
Exponential	EXPO	(Mean)
Gamma	GAMM	(Beta, Alpha)
Johnson	JOHN	(Gamma, Delta, Lambda, Xi)
Lognormal	LOGN	(LogMean, LogStdDev)
Normal	NORM	(Mean, StdDev)
Poisson	POIS	(Mean)
Triangular	TRIA	(Min, Mode, Max)
Uniform	UNIF	(Min, Max)
Weibull	WEIB	(Beta, Alpha)

ที่มา : Kelton et al. (2003)

เมื่อนำข้อมูลด้านเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ในสายการผลิตของโรงงาน กรณีศึกษา มาหาลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็น เพื่อใช้ในแบบจำลองสถานการณ์ด้วย คอมพิวเตอร์ในโปรแกรม Arena จะได้ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็น



ภาพที่ 4.1 ลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของโปรแกรม Input Analyzer

จากภาพที่ 4.1 ณ ช่วงความเชื่อมั่น 95% (ระดับนัยสำคัญ = 0.05) สามารถสรุปว่า ข้อมูลมีรูปแบบการกระจายตัวแบบ Triangular เพราะค่า P-Value ของการทดสอบ Kolmogorov - Smirnov Test มีค่ามากกว่า 0.05 จึงทำให้เรายอมรับ H_0 ที่ว่า ข้อมูลมีการกระจายตามแบบที่

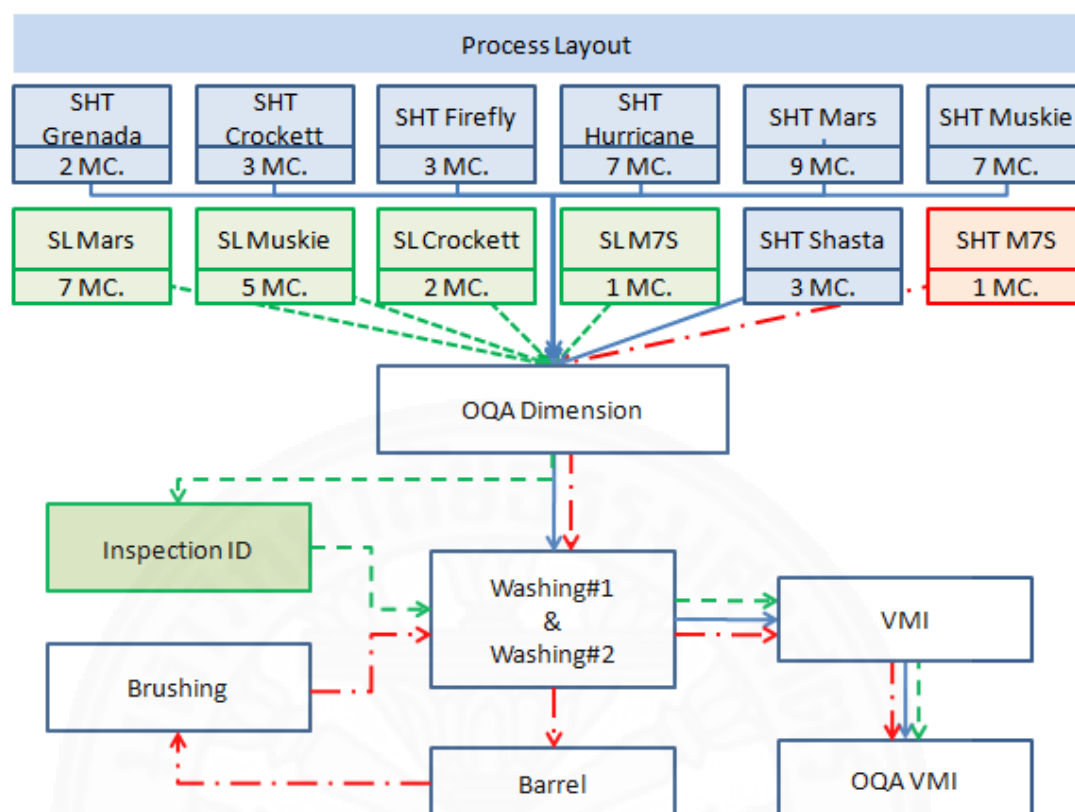
ต้องการทดสอบ แต่หากการทดสอบออกมาโดยมีค่า P-Value น้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญ ทางผู้วิจัยเองก็จะทำการเก็บข้อมูลเพิ่มเติม แล้วนำกลับมาทำการทดสอบใหม่อีกครั้งเพื่อให้ได้ตัวแทนของข้อมูลที่เหมาะสมต่อไป ซึ่งการกระจายตัวของกระบวนการต่าง ๆ ดังตัวอย่างในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3

ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลผลิตภัณฑ์ SHT Grenada

ขั้นตอน ทำงานหลัก	รายละเอียดงานย่อย	เวลามาตรฐาน ในการทำงาน (วันที่/Lot)	Distribution	Parameter	Uniformity Test (P-Value)		Independence Test (P-Value)	
					Kolmogorov- Smirnov	Anderson- Darling	above/below median	turning points
1	1.พนักงานนำงานออกจากเครื่องจักร *	10,800	Constant					
2	2.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้ววางลงบนอุปกรณ์การวัด แล้วเริ่มทำการตรวจสอบหลังจากนั้นพนักงานนำชิ้นงานออกจากอุปกรณ์การวัดและวางคืนถาด	352.48	Beta	$346 + 13 * \text{BETA}(2.1, 2.12)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
3	3.พนักงานนำถาดใส่งานเข้าเครื่องล้าง	19.95	Lognormal	$16 + \text{LOGN}(4.09, 3.24)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
	4.เครื่องล้างทำการล้าง *	220	Constant					
	5.พนักงานนำถาดใส่งานออกจากเครื่องล้าง	21.31	Beta	$17 + 10 * \text{BETA}(2.5, 3.31)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
4	6.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการตรวจสอบชิ้นงานใต้กล้อง Microscope 10 เท่า	2581.19	Triangular	$\text{TRIA}(2.62e+003, 3.04e+003, 3.16e+003)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
5	7.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการตรวจสอบชิ้นงานใต้กล้อง Microscope 10 เท่า	511.72	Beta	$489 + 43 * \text{BETA}(1.4, 1.25)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน

สามารถสร้างวาดเป็นผังงาน เพื่อเลียนแบบสายการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของโรงงานกรณีศึกษา ดังตัวอย่างในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 รูปแบบกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ของโรงงานกรณีศึกษา

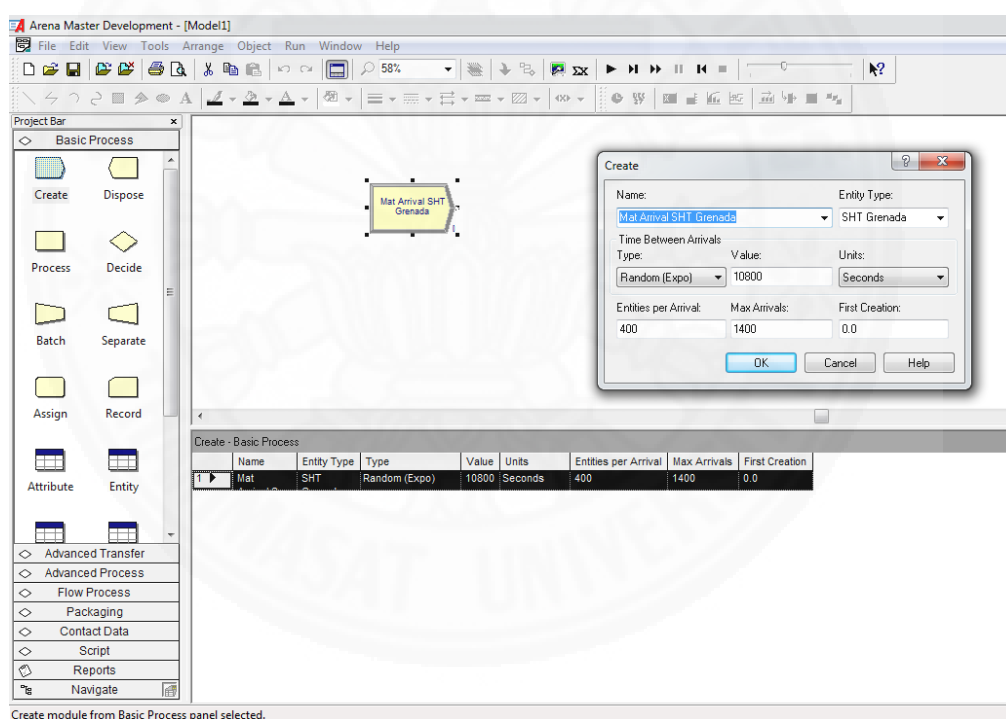
จากภาพที่ 4.2 เป็นการวาดผังงาน เพื่อให้เห็นถึงการไหลของผลิตภัณฑ์ในโรงงานกรณีศึกษา เริ่มจาก

กระบวนการแบบที่ 1 (ตามแนวเส้นทึบสีน้ำเงิน) จะเริ่มจากการปอกผิวงานด้วยเครื่องจักร (Machining Process) จากนั้นจะเป็นการสุ่มตรวจสอบคุณภาพในด้านขนาดของผลิตภัณฑ์ (OQA Dimension Process) นำมาเข้าสู่กระบวนการทำความสะอาดด้วยการล้าง (Washing Process) นำเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบคุณภาพภายนอก (VMI) และสุดท้ายจะเป็นการสุ่มตรวจสอบคุณภาพภายนอก (OQA VMI)

กระบวนการแบบที่ 2 (ตามแนวเส้นประสีเขียว) จะเริ่มจากการปอกผิวงานด้วยเครื่องจักร (Machining Process) จากนั้นจะเป็นการสุ่มตรวจสอบคุณภาพในด้านขนาดของผลิตภัณฑ์ (OQA Dimension Process) การตรวจสอบขนาดความยาวรอบวงของผลิตภัณฑ์ (Inspection ID) นำมาเข้าสู่กระบวนการทำความสะอาดด้วยการล้าง (Washing Process) นำเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบคุณภาพภายนอก (VMI) และสุดท้ายจะเป็นการสุ่มตรวจสอบคุณภาพภายนอก (OQA VMI)

กระบวนการแบบที่ 3 (ตามแนวเส้นประสลัสน์ยาวสีแดง) จะเริ่มจากการปอกผิวงาน ด้วยเครื่องจักร (Machining Process) จากนั้นจะเป็นการสุ่มตรวจสอบคุณภาพในด้านขนาดของผลิตภัณฑ์ (OQA Dimension Process) นำมาเข้าสู่กระบวนการทำความสะอาดด้วยการล้าง (Washing Process) นำงานเข้าสู่กระบวนการขัดหยาบ (Brushing Process) กระบวนการขัดละเอียด (Barrel Process) แล้วนำเข้าสู่กระบวนการล้างอีกครั้ง (Washing Process) นำเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบคุณภาพภายนอก (VMI) และสุดท้ายจะเป็นการสุ่มตรวจสอบคุณภาพภายนอก (OQA VMI)

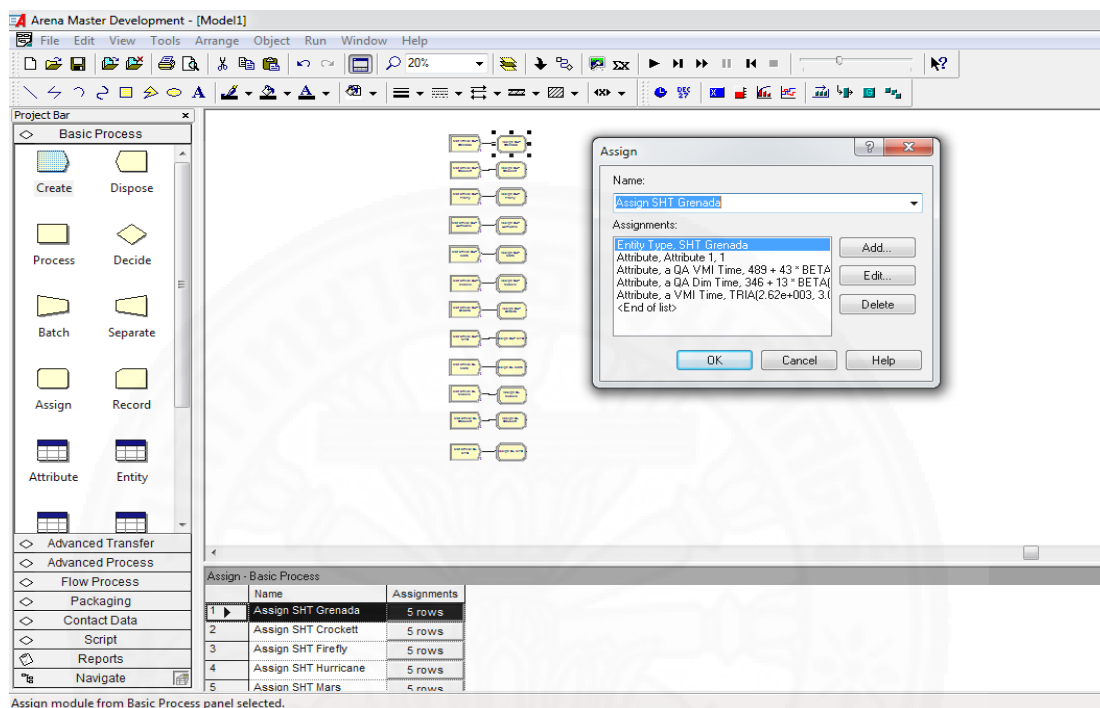
ต่อมาก็จะเข้าสู่ขั้นตอนการสร้าง Model โดยใช้โปรแกรม Arena ในการเขียนโดยจะขอยกตัวอย่างในบางกรณีเท่านั้นเพราะในบางกรณีมีการเขียนที่เหมือนกัน โดยจะเริ่มต้นจากการใช้หน่วยโมดูลโครงสร้าง Create Module ดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 ตัวอย่างการสร้าง Create Module

จากภาพที่ 4.3 เป็นการสร้าง Create Module เป็นหน่วยโครงสร้างสำหรับเริ่มต้นสร้างวัตถุที่เราสนใจ (Entity) เข้ามาในแบบจำลอง ในกรณีศึกษาครั้งนี้ คือ การสร้างผลิตภัณฑ์ทั้ง 12 ผลิตภัณฑ์ที่เข้ามาในกระบวนการผลิต

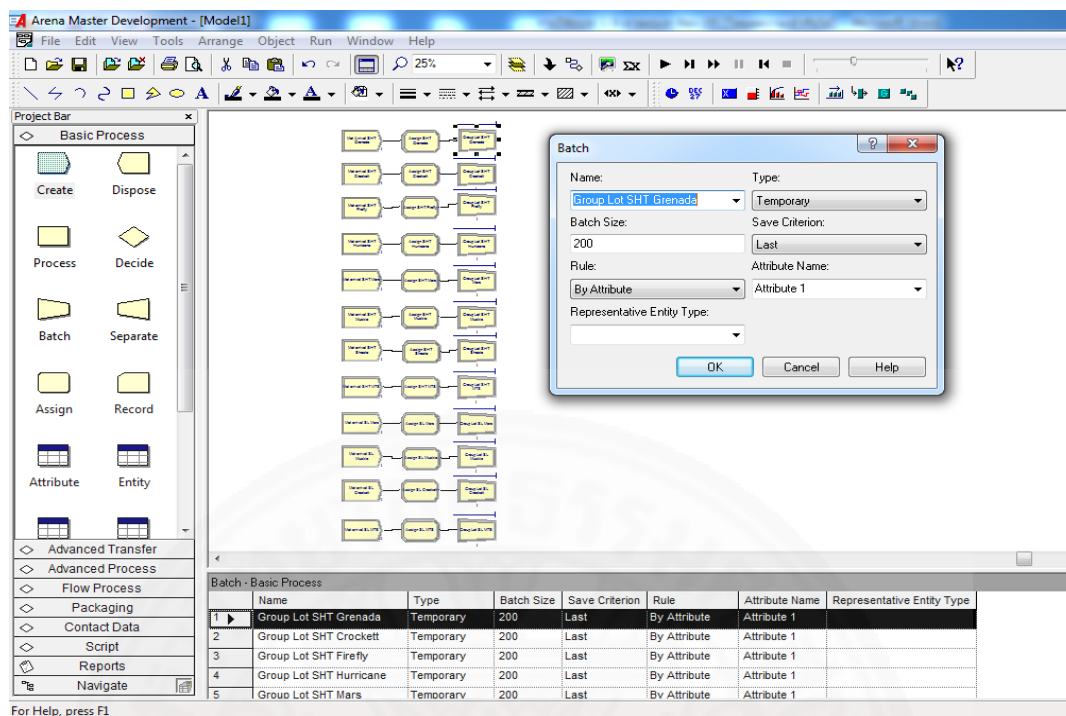
หลังจากได้ทำการออกแบบ Create Model สำหรับทั้ง 12 ผลิตภัณฑ์แล้ว ก็จะมีการกำหนดคุณสมบัติให้กับผลิตภัณฑ์ทั้ง 12 ผลิตภัณฑ์ โดยการสร้าง Assign Module ต่อจาก Create Module ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างการสร้าง Assign Module

จากภาพที่ 4.4 โมดูลชื่อ “Assign SHT Grenada” เมื่อวัตถุเข้ามาในโมดูลนี้จะถูกกำหนดคุณสมบัติ (Attribute) ให้กับวัตถุ 5 คุณสมบัติ คือ คุณสมบัติที่ชื่อว่า "SHT Grenada" ติดตัววัตถุไป คุณสมบัติที่สองชื่อ "Attribute1" ให้ค่าคงที่ 1 ติดตัววัตถุไป คุณสมบัติที่สามชื่อ "a QA VMI Time" ติดตัววัตถุไปด้วยค่าการกระจายตัวแบบ Beta มีค่า คือ $489 + 43 * \text{BETA} (1.4, 1.25)$, คุณสมบัติที่สี่ชื่อ "a QA Dim Time" ติดตัววัตถุไปด้วยค่าการกระจายตัวแบบ Beta มีค่าคือ $346 + 13 * \text{BETA} (2.1, 2.12)$ และคุณสมบัติที่ห้าชื่อ "a VMI Time" ติดตัววัตถุไปด้วยค่าการกระจายตัวแบบ Triangular มีค่า คือ $\text{TRIA} (2.62\text{e}+003, 3.04\text{e}+003, 3.16\text{e}+003)$.

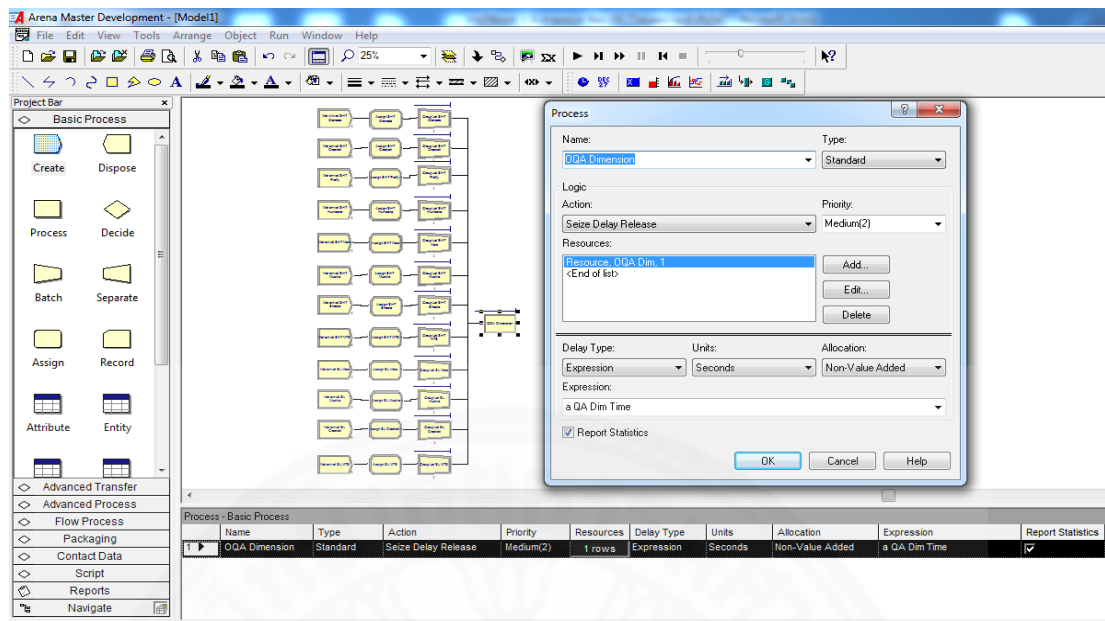
จากนั้นทำการสร้าง Batch Module เพื่อรวมวัตถุที่สนใจไว้ด้วยกัน โดยในกรณีศึกษานี้จะทำการสร้าง Batch ขนาด 200 ชิ้น ดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 ตัวอย่างการสร้าง Batch Module

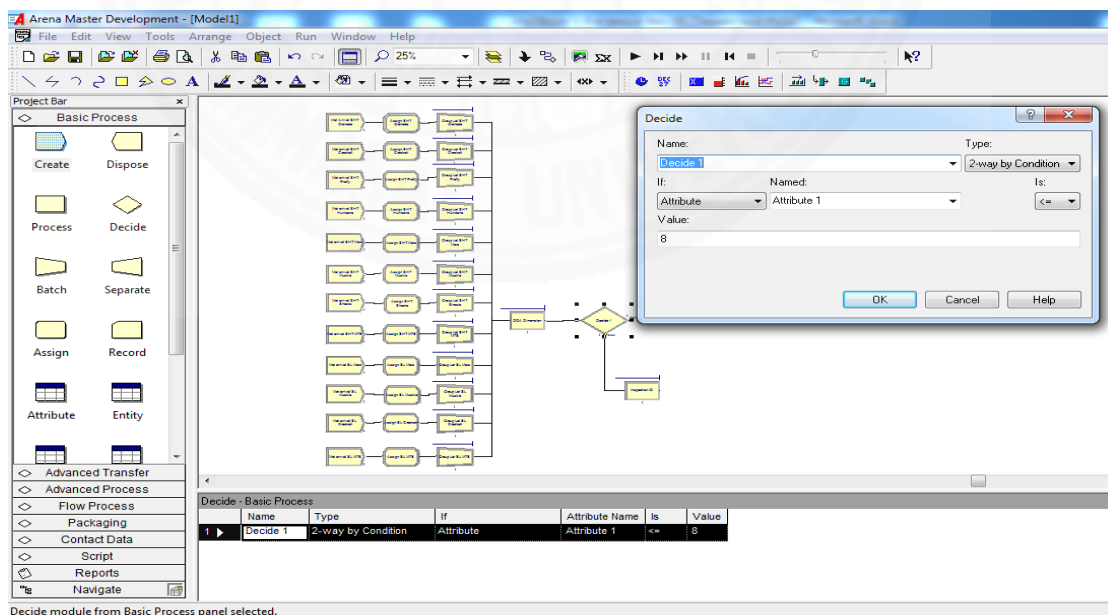
โดยจากภาพที่ 4.5 จะทำการกำหนดให้ทำการรวมกลุ่มเป็นแบบชั่วคราว (Temporary) และทำการรวมกลุ่มขนาดปริมาณ 200 ขึ้น

ทำการสร้าง Process Module ชื่อว่า OQA Dimension เป็นกระบวนการในการสุ่มตรวจสอบคุณภาพ โดยใช้ Resource ที่ทำงานชื่อว่า "OQA Dim" และอ้างอิงเวลาในการทำงาน โดยอ้างอิงสมการเวลาที่ชื่อว่า "a QA Dim Time"ซึ่งได้กำหนดคุณสมบัติไว้ที่ Assign Module ดังภาพที่ 4.6



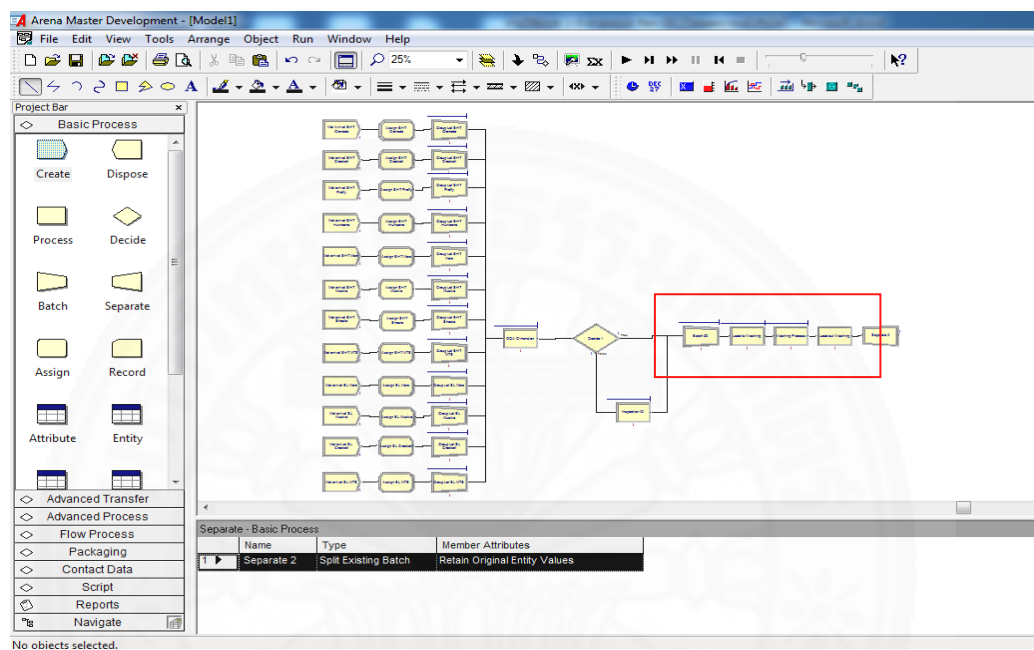
ภาพที่ 4.6 ตัวอย่างการสร้าง Process "OQA Dimension"

จากนั้นทำการสร้าง Decide Module เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกให้กับวัตถุว่า ระหว่างผลิตภัณฑ์ที่จะต้องเข้ากระบวนการล้างทำความสะอาด (Washing) และผลิตภัณฑ์ที่ต้องส่งไปทำการตรวจสอบคุณภาพเฉพาะจุด (Inspection ID) ก่อนที่จะไปทำการล้าง ดังภาพที่ 4.7



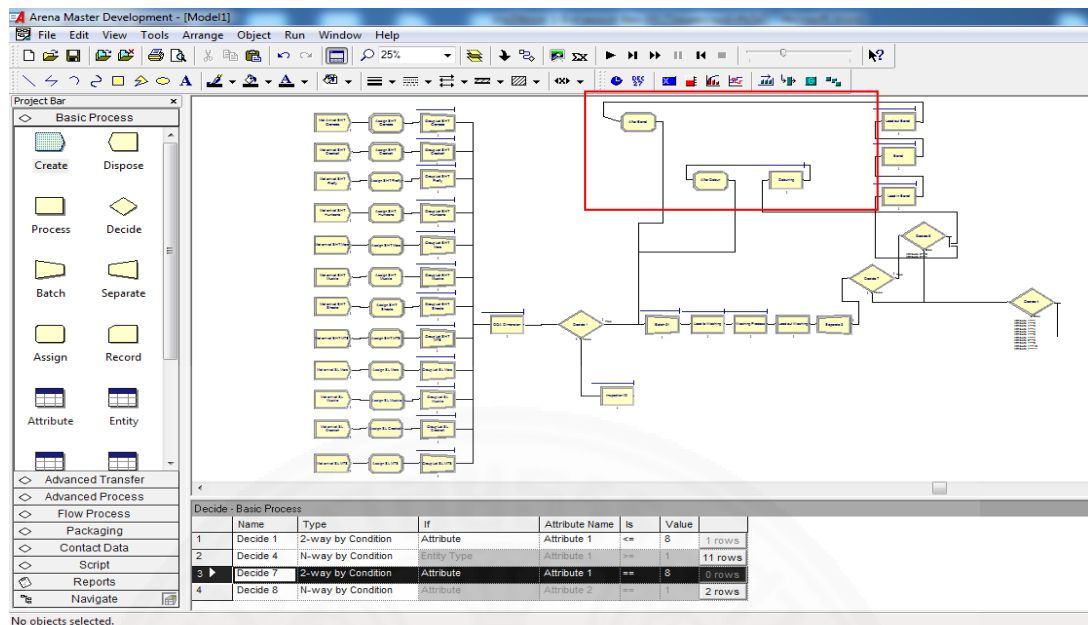
ภาพที่ 4.7 ตัวอย่างการสร้าง Decide Module

ภาพที่ 4.8 จะเป็นการสร้าง Model สำหรับกระบวนการล้าง (Washing) โดยเริ่มจากการรวมกลุ่มเพื่อเข้าสู่กระบวนการล้าง และตามด้วยกระบวนการนำงานเข้าเครื่องล้าง ล้างด้วยเครื่องจักรที่เวลาคงที่ และนำงานออกจากเครื่องจักร ก่อนที่จะทำการแยกงานที่รวมกลุ่มกันไว้ออกจากกันดังภาพด้านล่าง



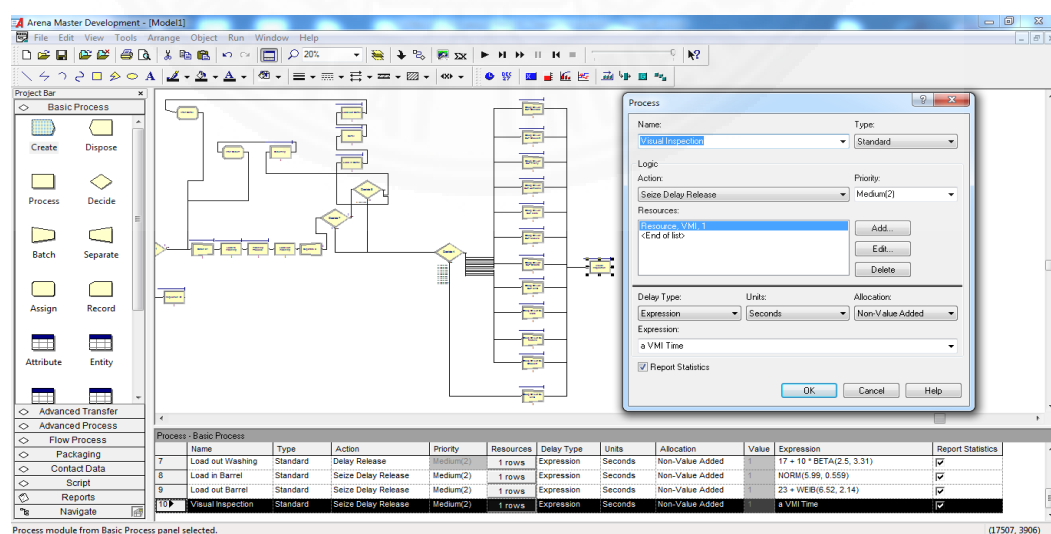
ภาพที่ 4.8 การสร้าง Model สำหรับกระบวนการล้าง

หลังจากออกจากกระบวนการล้าง ก็จะเข้าสู่ Module ตัดสินใจ เพื่อจะตัดสินใจระหว่างผลิตภัณฑ์ที่จะต้องเข้าสู่กระบวนการขัดหยาบ ขัดละเอียด (Brushing and Barrel) และกระบวนการตรวจสอบคุณภาพภายนอก (Visual Inspection) ดังภาพที่ 4.9



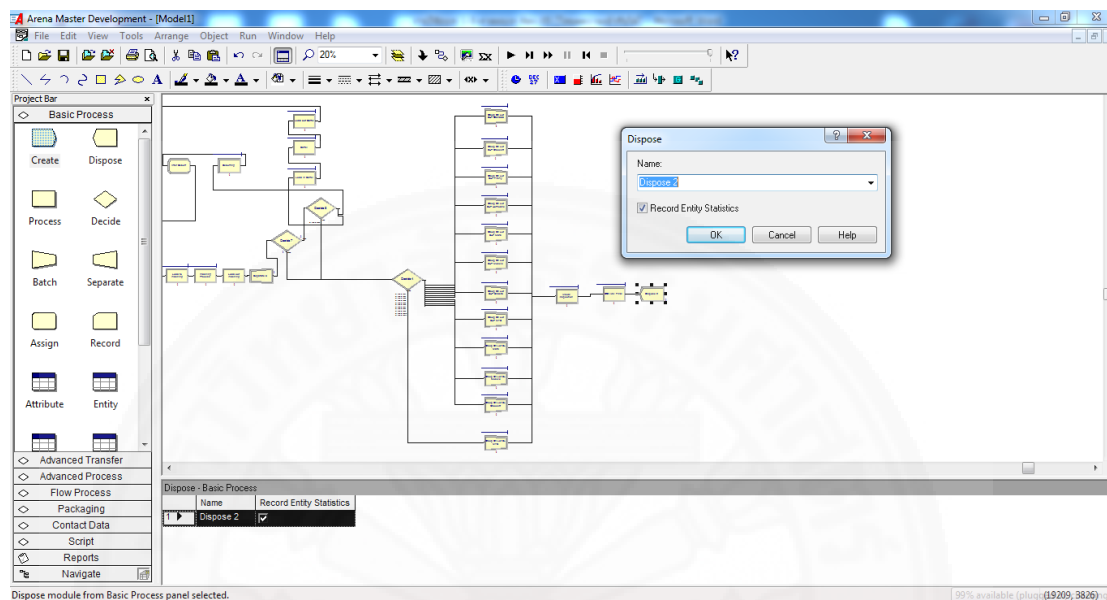
ภาพที่ 4.9 การสร้าง Model สำหรับกระบวนการขัด

หลังจากนั้นจะทำการรวมกลุ่มแบบถาวร สำหรับแต่ละผลิตภัณฑ์ทั้ง 12 ผลิตภัณฑ์ ก่อนที่จะทำการสร้าง Process Module ที่มีชื่อว่า "Visual Inspection" โดยทุกผลิตภัณฑ์จะผ่าน กระบวนการตรวจสอบคุณภาพภายนอก (Visual Inspection) โดยกระบวนการตรวจสอบคุณภาพ ภายนอกนี้จะมีการกำหนดสมการเวลาการทำงานไว้ที่ Assign Module ด้วย Attribute ที่ชื่อว่า "a VMI Time" แล้ว



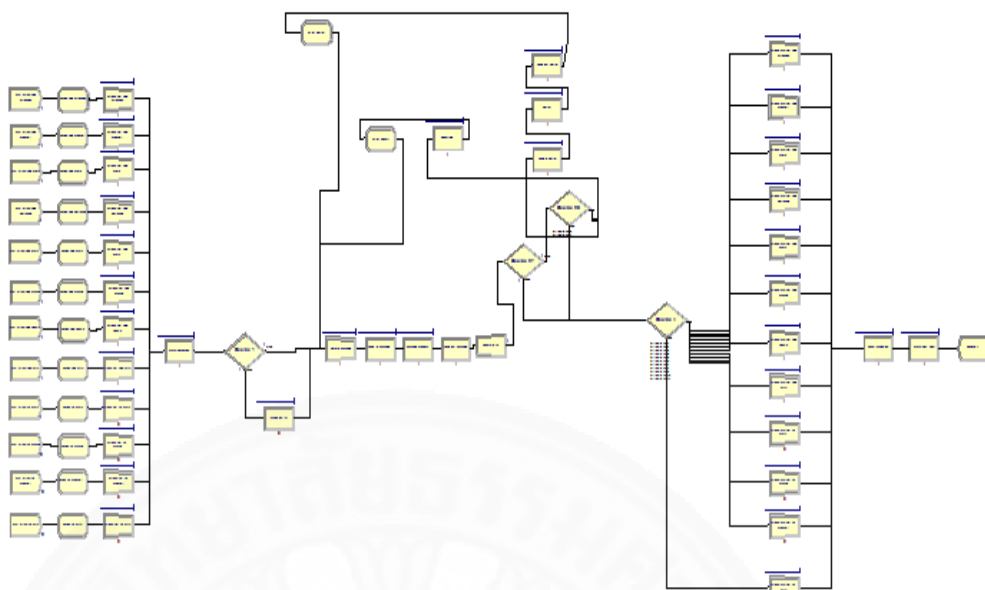
ภาพที่ 4.10 ตัวอย่างสัญลักษณ์ Batch Module

หลังจากสร้าง Process Module สำหรับกระบวนการตรวจสอบคุณภาพภายนอก (Visual Inspection) แล้ว ต้องทำการสร้าง Process Module ที่มีชื่อว่า "QA VMI" สำหรับกระบวนการสุ่มตรวจสอบคุณภาพภายนอกเป็นลำดับสุดท้าย ตามภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.11 การสร้าง "QA VMI" Module

จากข้อมูลทั้งหมดที่ได้รวบรวมมา ประกอบกับสมมติฐานในการสร้างแบบจำลองที่ได้กำหนดขึ้นและการอธิบายการใช้ Module ต่าง ๆ ที่จำเป็นในการเขียนแบบจำลองสถานการณ์ทำให้เราสามารถสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เลียนแบบสายการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ของโรงงานกรณีศึกษา โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Arena ได้ดังที่จะแสดงตามภาพที่ 4.17



ภาพที่ 4.12 แบบจำลองของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ของโรงงานกรณีศึกษา

4.6 การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม (Model Verification)

เป็นการตรวจสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นว่ามีความถูกต้องและสามารถใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นแทนระบบการทำงานจริง สำหรับการตรวจสอบยืนยันของตัวแบบไม่ได้มีการกำหนดวิธีที่แน่นอน แต่หลายวิธีในการพิสูจน์ยืนยัน ในงานวิจัยนี้ใช้การพิสูจน์ยืนยันแบบจำลอง โดยเปรียบเทียบเวลาที่ได้จากการคำนวณ และเวลาที่ได้จากโปรแกรม ที่ใช้ในการผลิตแต่ละกระบวนการ ดังนั้น การคำนวณหาเวลาที่ใช้ในการผลิตแต่ละกระบวนการทำงาน เป็นดังนี้

$$\text{เวลาที่ใช้ในการผลิตในแต่ละกระบวนการ} = \text{เวลามาตรฐานในแต่ละกระบวนการ} \times \text{จำนวนงานที่ผลิตได้ในกระบวนการ}$$

ตัวอย่างการคำนวณเวลาที่ใช้ในการผลิต ที่กระบวนการสุ่มตรวจคุณภาพขนาดชิ้นงาน (Out-going Inspection) ทั้ง 12 ผลิตภัณฑ์ และเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการผลิตดังที่ได้กล่าวไปแล้วในเรื่องการศึกษาเวลาทำงานมาตรฐานในบทที่ 3 ทำให้เวลาที่ใช้ในการผลิตทั้งหมด เป็นดังนี้

$$\begin{aligned} \text{เวลาที่ใช้ในการผลิตในกระบวนการ Out-going} &= (\text{เวลาทำงาน SHT/Grenada} \times \\ &\quad \text{จำนวนงานที่ผลิตได้}) + (\text{เวลาทำงาน SHT/} \\ &\quad \text{Crockett} \times \text{จำนวนงานที่ผลิตได้}) + \dots + \\ &\quad (\text{เวลาทำงาน SL/Muskie} \times \text{จำนวนงาน}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= (352.48 \times 14) + (351.72 \times 25) + \dots + \\
 &\quad (322.26 \times 40) \\
 &= 125,505.51 \text{ วินาที}
 \end{aligned}$$

จะเห็นว่า การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมโดยกำหนดให้มีการผลิตจำนวนชิ้นงาน ที่กระบวนการสุ่มตรวจคุณภาพขนาดชิ้นงาน แล้วพิจารณาเวลาที่ใช้ในการผลิตในกระบวนการนั้นๆ โดยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทำงานของโปรแกรม (125,219.68 วินาที) และค่าที่ได้จากการคำนวณ (125,505.51 วินาที) ซึ่งอ้างอิงจากการปฏิบัติงานจริงนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน มีความคลาดเคลื่อนอยู่ ประมาณ 0.22%

Accumulated Time			
	NVA Time	Total Time	Wait Time
Barrel	4,800.00	4,800.00	.00
Deburring	24,999.08	24,999.08	.00
Inspection ID	268,727.10	561,718.67	292,991.57
Load in Barrel	49.62	49.62	.00
Load out Barrel	243.21	243.21	.00
Load out	2,787.49	2,787.49	.00
Load to	2,643.23	4,483.52	1,840.29
OQA	125,219.68	677,502.79	552,283.11
OQA VMI Final	288,419.78	755,917.48	467,497.70
Visual	850,888.05	1,350,237.72	399,239.67
Washing	28,600.00	28,600.00	.00

ภาพที่ 4.13 เวลาที่ใช้ในการผลิตที่ได้จากการทำงานของโปรแกรม

จากผลการคำนวณเวลาที่ใช้ในการผลิต ในแต่ละกระบวนการเพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม ดังจะได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4

การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม

กระบวนการ	เวลาใช้ในการผลิตที่ได้จากการคำนวณ	เวลาใช้ในการผลิตที่ได้จากการทำงานของโปรแกรม	% ความคลาดเคลื่อน
สุ่มตรวจคุณภาพขนาด (OQA Dimension)	125,505.51	125,219.68	0.23%
การตรวจสอบคุณภาพเฉพาะจุดของผลิตภัณฑ์ (Inspection ID)	268,159.70	268,727.10	0.21%
การสุ่มตรวจสอบคุณภาพลักษณะภายนอก (OQA VMI)	287,597.62	288,419.78	0.28%

จากตาราง ที่ 4.4 เป็นการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการผลิตแต่ละกระบวนการจริง เทียบกับเวลาที่ใช้ในการผลิตแต่ละกระบวนการที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์ โดยจะทำการเปรียบเทียบด้วยค่า % ความคลาดเคลื่อน ซึ่งจากผลการทดสอบความถูกต้องและการพิสูจน์ยืนยันตัวแบบจำลองของการผลิตชิ้นส่วนคอมพิวเตอรื พบว่าค่าที่นำมาเปรียบเทียบแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย จึงเชื่อว่าเวลาที่ได้จากตัวแบบจำลองมีความสมเหตุสมผลกับกระบวนการผลิตจริง

4.7 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Validation)

ในการทดลองด้วยการจำลองสถานการณ์นั้น ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ 1 รอบถือเป็นข้อมูลจากการทดลอง 1 ตัวอย่าง ดังนั้น ขนาดของตัวอย่างในการจำลองสถานการณ์ที่เหมาะสมจะมีความน่าเชื่อถือในการคาดการณ์ผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้น และเนื่องจากในการจำลองสถานการณ์แต่ละครั้งนั้น ไม่ได้ให้ผลลัพธ์ที่เหมือนกันเสมอไป อันเนื่องมาจากการที่ข้อมูลมีลักษณะการกระจายแบบสุ่ม (Random Variability) ซึ่งเป็นไปตามหลักการตัวเลขสุ่ม (Random Number) คือ ตัวเลขแต่ละค่าที่ได้จากการสุ่มมีความเป็นอิสระต่อกัน (Independent) และไม่มีความสัมพันธ์กัน (No Correlation) แม้ข้อมูลนั้นจะมีค่าเริ่มต้นเหมือนกัน และจะไม่เกิดการวนซ้ำ ของตัวเลขสุ่ม

โดยขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่สร้างขึ้น เพื่อแสดงถึงความน่าเชื่อถือ และความสามารถในการให้ผลลัพธ์ได้ใกล้เคียงกับสายการผลิตจริงเพียงใด ซึ่งในที่นี้ ใช้การตรวจสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยในรูปแบบของการกระจาย มีขั้นตอนดังนี้

4.7.1 การประมาณประสิทธิภาพของข้อมูล

- กำหนดขนาดตัวอย่างของการทำโปรแกรมคือ 30 ตัวอย่าง ($n = 30$)
- กำหนดระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งจะได้ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

x_i หมายถึง จำนวนชิ้นงาน ที่ได้จากการรันโปรแกรมจำลองสถานการณ์

$\bar{X}$ หมายถึง เวลาเฉลี่ยของจำนวนชิ้นงานที่ได้จากการรันโปรแกรมจำลองสถานการณ์

s หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของจำนวนชิ้นงาน ที่ได้จากการรันโปรแกรมจำลองสถานการณ์

จากการคำนวณตามสมการข้างต้น จะได้ค่าเฉลี่ยของการทำงาน $\bar{X} = 72,521.57$ ชั่วโมง และค่าความเบี่ยงเบน $s = 1125.67$ และจากสมการต่อไปจะเป็นการหาค่า Haft Width ซึ่งเป็นค่าบ่งบอกถึงช่วงความเชื่อมั่นที่ 95% ($\alpha = 0.05$) ของข้อมูล

$$hw = \frac{(t_{n-1, \alpha/2})S}{\sqrt{n}}$$

เมื่อ $t_{n-1, \alpha/2}$ สามารถเปิดค่าได้จากตาราง T-Distribution ที่ Degree of Freedom $n - 1$ และระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ จะได้

$$hw = \frac{(t_{30-1, 0.05/2}) 1125.67}{\sqrt{30}}$$

จากตาราง T-distribution $t_{30-1, 0.05/2} = 2.045$ จะได้

$$hw = 420.28$$

4.7.2 การหาจำนวนรอบสำหรับการจำลองสถานการณ์

กำหนดให้

- ขนาดตัวอย่างของการทำโปรแกรมซ้ำ คือ 30 ตัวอย่าง ($n = 30$)
- กำหนดระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งจะได้ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$
- โดย $\mathcal{E} = 420.28$ จากสมมติฐาน $\mathcal{E} = \text{Haft Width (hw)}$

จากสมการ

$$n' = \left[\frac{t_{\alpha/2, n-1}^2 * S^2}{\mathcal{E}} \right]$$

จะได้

$$n' = \left[\frac{(2.045)^2 1124.67^2}{420.28} \right]$$

จะได้

$$n' = 29.85 \approx 30$$

ดังนั้น จากผลการคำนวณที่ได้ แสดงให้เห็นว่าการทำโปรแกรมซ้ำ 30 รอบนั้น เพียงพอต่อการจำลองสถานการณ์ โดย 1 รอบของการจำลองสถานการณ์การผลิตที่ 21 ชม.เท่ากับ จำนวนชิ้นงาน ซึ่งเปรียบเทียบกับจำนวนการผลิตจริงเฉลี่ยในปัจจุบันเท่ากับ 72,600 ชิ้น

การตรวจสอบความสามารถในการใช้งานแบบจำลองสถานการณ์ (Validation of the Simulation Model) จะทำโดยการทดสอบความแตกต่างของปริมาณที่สามารถผลิตได้ หรือ ข้อมูลตอบสนอง ระหว่างกระบวนการผลิตจริง กับแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้น ด้วยการทดสอบ สมมติฐานทางสถิติแบบ 2-Sample T-test ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 โดยมีสมมติฐานที่ได้ กำหนดไว้ดังนี้

H_0 : ข้อมูลตอบสนอง (Output) ไม่ต่างกัน สามารถใช้แทนกันได้

H_1 : ข้อมูลตอบสนอง (Output) ต่างกัน ไม่สามารถใช้แทนกันได้

ซึ่งผลที่ได้ คือ แบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นนั้นมีความน่าเชื่อถือ และ สามารถใช้เป็นตัวแทนของการกระบวนการผลิตจริงของโรงงานกรณีศึกษาได้

Two-Sample T-Test and CI : กระบวนการผลิตจริง, แบบจำลองสถานการณ์

Two-sample T for กระบวนการผลิตจริง VS แบบจำลองสถานการณ์

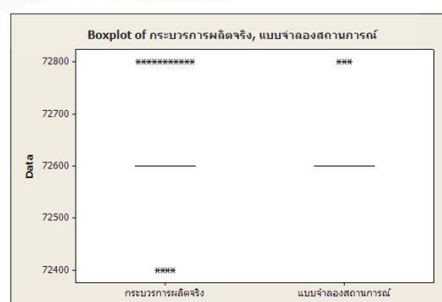
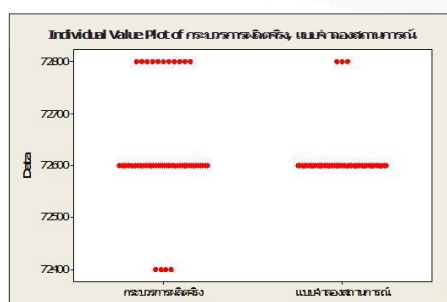
Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
กระบวนการผลิตจริง	32	72640	110	19
แบบจำลองสถานการณ์	32	72673	111	20

Difference = mu (กระบวนการผลิตจริง) - mu (แบบจำลองสถานการณ์)

Estimate for difference: -33.0

95% CI for difference: (-88.3, 22.3)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -1.19 P-Value = 0.238 DF = 61



ภาพที่ 4.14 การวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณงานที่ผลิตได้ใน 32 วัน
จากกระบวนการผลิตจริงกับแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้น

4.8 การสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์

ในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (Math Model) ในการค้นหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด ร่วมกับการเชื่อมต่อการจำลองสถานการณ์โดยโปรแกรมจำลองสถานการณ์ ARENA

สำหรับขั้นตอนและการวิเคราะห์ผลลัพธ์โดยการประยุกต์ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสม แล้วนำไปสู่คำตอบของแบบจำลองสถานการณ์ในการผลิตที่เหมาะสมที่สุด ดังนี้

การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์โดยเครื่องมือ OptQuest

1. สร้างตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจให้กับตัวแบบทางคณิตศาสตร์ โดยการเลือกทำเครื่องหมายถูกที่หน้าตัวควบคุม (Control) และผลตอบสนอง (Responses)

โดย เริ่มจากการทำเครื่องหมายถูกหน้าตัวควบคุมประเภท Resource ดังตัวอย่างภาพที่ 4.15 ซึ่งในกรณีศึกษาเราจะทำการเลือก Resource 4 ตัว เพื่อเป็นตัวควบคุมของผลลัพธ์ที่ต้องการ ก็คือ ID Inspector, OQA Dimension, OQA VMI และ VMI

few Optimization]

Run Help



Controls Resources

Resources Summary									
	Included	Control /	Element Type	Type	Low Bound	Suggested Value	High Bound	Step	Description
	☐	Barrel Operator	Resource	Discrete	1	1	2	1	
	☐	Deburr	Resource	Discrete	1	1	2	1	
	☒	ID Inspector	Resource	Discrete	3	4	7	1	
	☐	Machine Barrel	Resource	Discrete	1	2	3	1	
	☒	OQA Dim	Resource	Discrete	1	2	5	1	
	☒	OQA VMI	Resource	Discrete	3	4	7	1	
▶	☒	VMI	Resource	Discrete	12	13	17	1	
	☐	Washing Machine	Resource	Discrete	1	2	3	1	
	☐	Washing Operator	Resource	Discrete	1	1	2	1	

ภาพที่ 4.15 ตัวอย่างหน้าต่างตัวควบคุม (Control)

และทำการทำเครื่องหมายถูกหน้าผลตอบสนอง (Responses) ประเภท Instantaneous Utilization เพื่อใช้สร้างสมการเงื่อนไข และ System.NumberOut เพื่อนำไปใช้สร้างสมการวัตถุประสงค์ ดังภาพในตัวอย่างภาพที่ 4.16

Responses Summary						
Included	Category	Data Type	Response /	Response Type		
☐	Resource	Number Scheduled	OQA Dim.NumberScheduled	DStat Average		
☐	Resource	Total Number Seized	OQA Dim.NumberSeized	Output Value		
☐	Resource	Scheduled Utilization	OQA Dim.ScheduledUtilization	Output Value		
☒	Resource	Instantaneous Utilization	OQA Dim.Utilization	DStat Average		
☐	Resource	Number Busy	OQA VMI.NumberBusy	DStat Average		
☐	Resource	Number Scheduled	OQA VMI.NumberScheduled	DStat Average		
☐	Resource	Total Number Seized	OQA VMI.NumberSeized	Output Value		
☐	Resource	Scheduled Utilization	OQA VMI.ScheduledUtilization	Output Value		
☒	Resource	Instantaneous Utilization	OQA VMI.Utilization	DStat Average		
☐	Resource	Number Busy	VMI.NumberBusy	DStat Average		
☐	Resource	Number Scheduled	VMI.NumberScheduled	DStat Average		
☐	Resource	Total Number Seized	VMI.NumberSeized	Output Value		
☐	Resource	Scheduled Utilization	VMI.ScheduledUtilization	Output Value		
☒	Resource	Instantaneous Utilization	VMI.Utilization	DStat Average		
☐	Resource	Number Busy	Washing Machine.NumberBusy	DStat Average		
☐	Resource	Number Scheduled	Washing Machine.NumberScheduled	DStat Average		
☐	Resource	Total Number Seized	Washing Machine.NumberSeized	Output Value		
☐	Resource	Scheduled Utilization	Washing Machine.ScheduledUtilization	Output Value		
☐	Resource	Instantaneous Utilization	Washing Machine.Utilization	DStat Average		
☐	Resource	Number Busy	Washing Operator.NumberBusy	DStat Average		
☐	Resource	Number Scheduled	Washing Operator.NumberScheduled	DStat Average		
☐	Resource	Total Number Seized	Washing Operator.NumberSeized	Output Value		
☐	Resource	Scheduled Utilization	Washing Operator.ScheduledUtilization	Output Value		
☐	Resource	Instantaneous Utilization	Washing Operator.Utilization	DStat Average		
☒	System	Number Out	System.NumberOut	Output Value		

ภาพที่ 4.16 ตัวอย่างหน้าต่างผลตอบสนอง (Responses)

2. การกำหนดช่วงให้ตัวควบคุม (Control) 4 ตัวที่ได้เลือกไปแล้ว เพื่อเป็นช่วงในการรันหาผลลัพธ์ โดยมีการกำหนดค่า Low Bound, Suggested Value และ High Bound ของ Resource ทั้ง 4 ตามตัวอย่างรูปภาพที่ 4.17

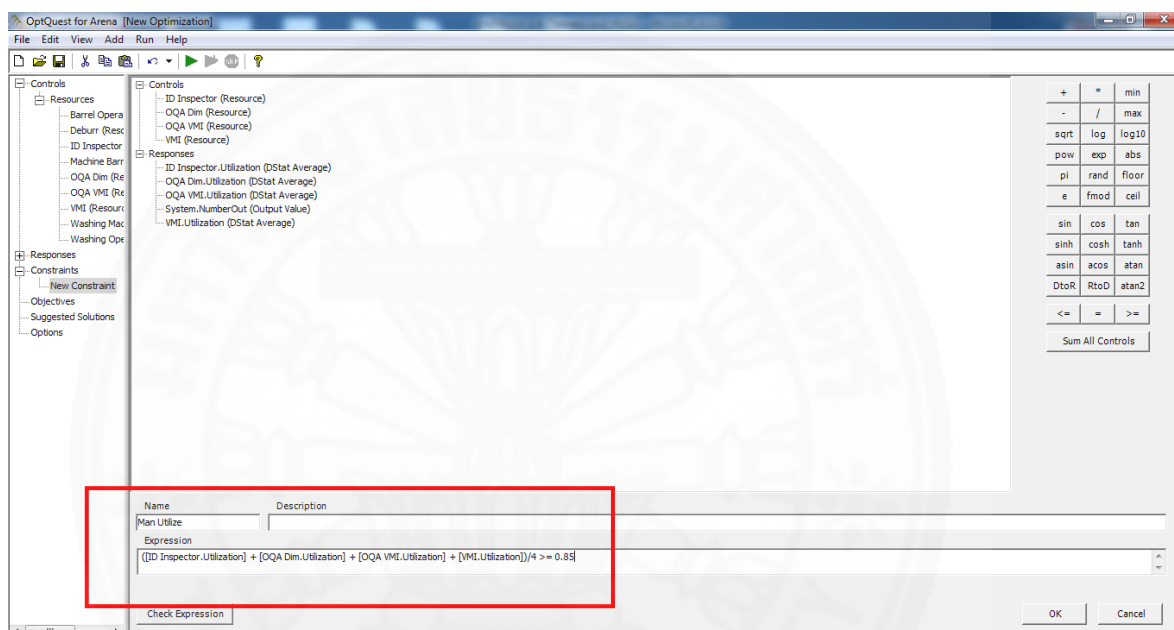
Resources Summary								
Included	Control /	Element Type	Type	Low Bound	Suggested Value	High Bound	Step	Description
☐	Barrel Operator	Resource	Discrete	1	1	2	1	
☐	Deburr	Resource	Discrete	1	1	2	1	
☒	ID Inspector	Resource	Discrete	3	4	7	1	
☐	Machine Barrel	Resource	Discrete	1	2	3	1	
☒	OQA Dim	Resource	Discrete	1	2	5	1	
☒	OQA VMI	Resource	Discrete	3	4	7	1	
☒	VMI	Resource	Discrete	12	13	17	1	
☐	Washing Machine	Resource	Discrete	1	2	3	1	
☐	Washing Operator	Resource	Discrete	1	1	2	1	

ภาพที่ 4.17 ตัวอย่างหน้าต่างการกำหนดช่วงให้ตัวควบคุม

3. การสร้างสมการเงื่อนไขโดยกำหนดให้ Utilization ของทรัพยากรทั้ง 4 ประเภทมี Utilization เฉลี่ย ไม่ต่ำกว่า 85% จะได้รับรูปแบบของสมการเงื่อนไข คือ

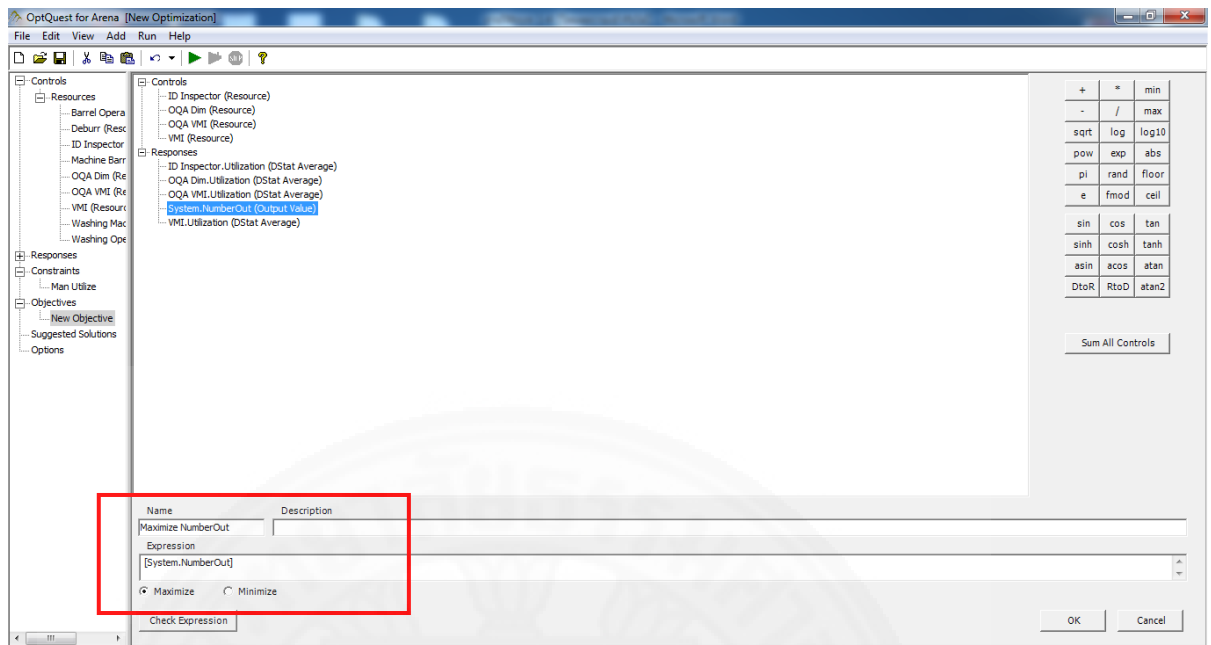
$$([ID\ Inspector.Utilization] + [OQA\ Dim.Utilization] + [OQA\ VMI.Utilization] + [VMI.Utilization]) / 4 \geq 0.85$$

ดังตัวอย่างในภาพที่ 4.18



ภาพที่ 4.18 การสร้างสมการเงื่อนไข

4. ดำเนินการสร้างสมการวัตถุประสงค์ (Objective) ต้องอยู่ในรูปแบบผลตอบแทนเท่านั้น โดยในกรณีศึกษาจะกำหนดสมการวัตถุประสงค์คือ ให้งานในระบบออกมามากที่สุด (Maximize System.NumberOut) ดังตัวอย่างในภาพที่ 4.19



ภาพที่ 4.19 การสร้างสมการวัตถุประสงค์

หนึ่งในรูปแบบการแสดงผลที่เหมาะสมที่สุด ที่ได้จากการใช้งานตัวแบบทางคณิตศาสตร์ร่วมกับโปรแกรมการจำลองสถานการณ์จะแสดงให้เห็นดังลักษณะในตัวอย่างภาพที่ 4.20 แสดงผลลัพธ์การใช้เครื่องมือ OptQuest

Best Solutions								
	Select	Simulation	Objective Value	Status	ID Inspector	OQA Dim	OQA VMI	VMI
▶	☒	1	363.333333	Feasible	4	2	4	13
	☐	21	363.333333	Feasible	4	2	4	14
	☐	50	354.333333	Feasible	4	2	4	12
	☐	30	350.000000	Feasible	3	2	4	13
	☐	20	287.333333	Feasible	4	2	3	13
	☐	19	287.000000	Feasible	4	2	3	12
	☐	48	287.000000	Feasible	4	2	3	14
	☐	28	286.333333	Feasible	3	3	3	12
	☐	32	362.666667	Infeasible	5	2	4	13
	☐	18	365.333333	Infeasible	4	2	5	13

ภาพที่ 4.20 แสดงผลลัพธ์จากการใช้เครื่องมือ OptQuest

4.9 ผลการใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์หาผลลัพธ์

การหาคำตอบของงานวิจัยในการรันแบบจำลองสถานการณ์ร่วมกับการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (OptQuest) เพื่อดำเนินการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด โดยการกำหนด ผลตอบสนอง (Responses) สร้างสมการเงื่อนไข (Constraints) สร้างสมการวัตถุประสงค์ (Objective) กำหนดตัวควบคุม (Control) และที่สำคัญคือการกำหนดช่วงของตัวแปรควบคุมที่ต้องการปรับปรุงค่า โดยในการทำการวิจัยครั้งนี้ผู้ทดลองได้ทำการกำหนดรอบการรัน 50 รอบด้วยกัน

โดยในกรณีศึกษานี้จะทำการเปรียบเทียบระหว่าง ผลการใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์กำลังคน เทียบกับการวางแผนการผลิตแบบเดิม โดยจะใช้ข้อมูลการผลิตจริงที่มีปริมาณความต้องการที่แตกต่างกัน 3 แบบ คือ แบบที่ 1 ปริมาณความต้องการชิ้นงาน 75,800 ชิ้นต่อวัน คือ การผลิตในช่วงเดือน กันยายน 2555 ถึง ตุลาคม 2555 แบบที่ 2 ปริมาณความต้องการชิ้นงาน 85,600 ชิ้นต่อวัน คือ การผลิตในช่วงเดือน มกราคม 2556 ถึง กุมภาพันธ์ 2556 และแบบที่ 3 ปริมาณความต้องการชิ้นงาน 104,000 ชิ้นต่อวัน คือการผลิตในช่วงเดือน มีนาคม 2556 ถึง เมษายน 2556 โดยจะใช้จำนวนคนในกระบวนการผลิตในแต่ละช่วงความต้องการที่แตกต่างกัน ตามตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5

ปริมาณความต้องการงาน 3 ระดับ

ปริมาณความต้องการ (ชิ้น/วัน)	กรณี	กำหนดเวลาการผลิต (ชั่วโมง)	ปริมาณการผลิตได้จริง (ชิ้น)	พนักงาน (คน)	Man Productivity (ชิ้น/คน/ชั่วโมง)	ปริมาณงานค้างระหว่างกระบวนการเฉลี่ย(ชิ้น)
75,800	ก่อนการปรับปรุง	21	75,800	38	96	9,889
85,600	ก่อนการปรับปรุง	21	85,600	44	93	10,081
104,000	ก่อนการปรับปรุง	21	104,000	51	97	10,441

ซึ่งตามตารางที่ 4.5 ปริมาณความต้องการงาน 3 แบบ นั้นจะเป็นข้อมูลการผลิตที่เกิดจากการใช้วิธีการวางแผนกำลังคนในกระบวนการผลิตแบบปกติของโรงงานกรณีศึกษา โดยทั้ง 3 แบบนั้นมีปริมาณความต้องการเป็นจำนวนชิ้นต่อวันที่แตกต่างกัน และมีจำนวนพนักงานในกระบวนการ

ต่างกัน แต่มีใช้เวลาในการผลิตเท่ากันคือ 21 ชั่วโมงต่อวัน โดยในแต่ละแบบหรือปริมาณความต้องการ จะทำการกำหนดให้เป็นหนึ่งแบบจำลอง และทำการเปรียบเทียบผลระหว่างการวางแผนกำลังคนแบบ ปกติ (ก่อนปรับปรุง) และการวางแผนกำลังคนแบบใช้เครื่องมือ OptQuest ในด้าน อัตราผลผลิต (Productivity) ค่าอรรถประโยชน์ (Utilization) และปริมาณงานค้างระหว่างกระบวนการ (WIP)

4.9.1 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ปริมาณความต้องการ 75,800 ชิ้นต่อวัน โดยการ จำลองสถานการณ์ของกระบวนการผลิตก่อน-หลังการปรับปรุง

โดยแบบจำลองสถานการณ์กระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุงได้กำหนดให้ แบบจำลองผลิตชิ้นงานเป็นเวลา 21 ชั่วโมง และเป็นการจำลองสถานการณ์ของกระบวนการผลิตก่อน การปรับปรุงกำลังคน เป็นแบบจำลองที่ 1 และแบบจำลองที่ 2 คือ การจำลองสถานการณ์ของ กระบวนการผลิตหลังการปรับปรุงกำลังคน โดยจะวัดผลจาก อัตราผลผลิต (Productivity) และ ปริมาณงานค้างระหว่างกระบวนการ (WIP)

แบบจำลองที่ 1 คือ ข้อมูลการผลิตในช่วงเดือน กันยายน 2555 ถึง ตุลาคม 2555 ที่มีปริมาณความต้องการสินค้า 75,800 ชิ้นต่อวัน (การจำลองสถานการณ์ของกระบวนการ ผลิตโดยใช้ข้อมูลจริงก่อนการปรับปรุง)

SIT Process Simulation	
Replications: 30	Time Units : Seconds
Key Performance Indicators	
All Entities	Average
Non-Value Added Cost	0
Other Cost	0
Transfer Cost	0
Value Added Cost	0
Wait Cost	0
Total Cost	0
All Resources	Average
Busy Cost	0
Idle Cost	0
Usage Cost	0
Total Cost	0
System	Average
Total Cost	0
Number Out	378

ภาพที่ 4.21 ผลการรันโปรแกรมแบบก่อนการปรับปรุง ที่ความต้องการ 75,800 ชิ้น

1. อัตราผลผลิต (Productivity)

โดยใช้การหาอัตราผลผลิต จากเวลาที่แบบจำลองใช้ในการผลิต 21 ชั่วโมงจากการรันโปรแกรม และมีปริมาณการผลิตได้ 378 Lot หรือ 75,800 ชิ้น การคำนวณจึงเป็นดังนี้

$$\begin{aligned}\text{อัตราผลผลิต (Productivity)} &= \text{จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ต่อวัน} / \\ &\quad (\text{เวลาในการผลิตต่อวัน} \times \text{จำนวนพนักงาน}) \\ &= 75,800 \text{ ชิ้นต่อวัน} / (21 \text{ ชั่วโมง} \times 38 \text{ คน}) \\ &= 96.00 \text{ ชิ้น} / \text{ชั่วโมง} / \text{คน}\end{aligned}$$

2. ปริมาณงานค้างระหว่างกระบวนการ (WIP)

Values Across All Replications						
SIT Process Simulation						
Replications: 30 Time Units: Seconds						
Entity						
Other						
WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
SHT Crockett	501.14	15.02	432.48	615.38	0.00	1212.00
SHT Firefly	496.97	15.33	421.84	573.88	0.00	1212.00
SHT Grenada	296.58	14.64	238.77	373.31	0.00	806.00
SHT Hurricane	1221.34	25.39	1108.88	1386.86	0.00	2821.00
SHT M7S	277.34	4.81	252.09	303.29	0.00	404.00
SHT Mars	1276.16	39.12	1094.25	1518.61	0.00	2818.00
SHT Muskie	1029.10	25.27	877.90	1180.38	0.00	2820.00
SHT Shasta	508.35	15.02	446.67	585.03	0.00	1212.00
SL Crockett	546.44	14.09	487.38	660.99	0.00	1210.00
SL M7S	257.47	9.27	208.41	325.19	0.00	605.00
SL Mar	1614.66	68.59	1313.12	2009.22	0.00	2826.00
SL Muskie	1463.72	81.67	1203.86	2047.35	0.00	2818.00

ภาพที่ 4.22 ผลการรันโปรแกรมแบบก่อนการปรับปรุง ที่ความต้องการ 75,800 ชิ้น

จากภาพที่ 4.22 แสดงให้เห็น ค่าเฉลี่ยของปริมาณงานค้างระหว่างกระบวนการ (Work In Process) สำหรับแต่ละผลิตภัณฑ์ และคิดเป็นปริมาณงานค้างระหว่างกระบวนการเฉลี่ยทุกผลิตภัณฑ์อยู่ที่ 9,889 ชิ้น

แบบจำลองที่ 2 คือ ข้อมูลการผลิตในช่วงเดือน กันยายน 2555 ถึง ตุลาคม 2555 ที่มีปริมาณความต้องการสินค้า 75,800 ชิ้นต่อวัน (การจำลองสถานการณ์ของกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุง)

จากตารางที่ 4.6 จะแสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ที่ได้จากการรันด้วยเครื่องมือ OptQuest ซึ่งจะนำผลลัพธ์ในแบบต่างๆ ที่ได้จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์มาเปรียบเทียบ ทั้งในด้านของยอดการผลิตสูงสุด จำนวนพนักงานที่ใช้ทำงาน จะเห็นได้ว่าแบบที่ดีที่สุดที่ เครื่องมือ OptQuest แสดงให้เห็นถือว่าเหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 4.6

เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จาก OptQuest ที่ปริมาณความต้องการ 75,800 ชิ้น

ลำดับ	ผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้เครื่องมือ OptQuest					
	ตัวควบคุม (Resource) ตามผลลัพธ์ของตัวแบบ				Objective Value (จำนวนชิ้นงานที่ได้)	จำนวนพนักงานรวม
	ID Inspector	OQA Dim	VMI	OQA VMI		
1	4	2	13	4	75,800	37
2	5	2	13	4	75,800	38
3	4	2	12	4	71,200	36
4	5	2	13	3	58,600	37
5	4	2	13	3	58,400	36
6	5	2	14	3	58,400	38
ปัจจุบัน	4	2	14	4	75,800	38

โดยผลจากแบบจำลองหลังจากที่ทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยเครื่องมือ OptQuest เพื่อวิเคราะห์กำลังคนในกระบวนการผลิตที่ปริมาณความต้องการ 75,800 ชิ้นต่อวัน เป็นดังตารางที่ 4.6 กำหนดให้ลดพนักงาน 1 คน ที่กระบวนการตรวจสอบคุณภาพภายนอก (Visual Inspection) และได้ทดสอบแบบจำลองโดยกำหนดให้แบบจำลองผลิตชิ้นงานเป็นเวลา 21 ชั่วโมง และผลการจำลองสถานการณ์หลังการปรับปรุงสามารถแบ่งเป็นหัวข้อการวัดผลได้ดังนี้

Values Across All Replications	
SIT Process Simulation	
Replications: 30	Time Units: Seconds
Key Performance Indicators	
All Entities	Average
Non-Value Added Cost	0
Other Cost	0
Transfer Cost	0
Value Added Cost	0
Wait Cost	0
Total Cost	0
All Resources	Average
Busy Cost	0
Idle Cost	0
Usage Cost	0
Total Cost	0
System	Average
Total Cost	0
Number Out	378

ภาพที่ 4.23 ผลการรันโปรแกรมแบบหลังการปรับปรุง ที่ความต้องการ 75,800 ชิ้น

1. อัตราผลผลิต (Productivity)

โดยใช้การหาอัตราผลผลิต หลังจากการปรับปรุงกำลังคน เวลาที่แบบจำลองใช้ในการผลิตยังคงไว้ที่ 21 ชั่วโมงจากการรันโปรแกรม แต่จะเห็นว่าปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ออกจากระบบมีปริมาณเท่าเดิมคือ 378 Lot หรือเท่า 75,800 ชิ้นต่อวัน จากการลดกำลังคนในกระบวนการผลิตการตรวจสอบคุณภาพภายนอก 1 คน ทำให้มีจำนวนพนักงานรวมลดลงเป็น 37 คน การคำนวณจึงเป็นดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{อัตราผลผลิต (Productivity)} &= \text{จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ต่อวัน} / (\text{เวลาในการผลิตต่อวัน} \times \\
 &\quad \text{จำนวนพนักงาน}) \\
 &= 75,800 \text{ ชิ้นต่อวัน} / (21 \text{ ชั่วโมง} \times 37 \text{ คน}) \\
 &= 98.62 \sim 99 \text{ ชิ้น} / \text{ชั่วโมง} / \text{คน}
 \end{aligned}$$

2. ปริมาณงานค้างระหว่างกระบวนการ (WIP)

Values Across All Replications

SIT Process Simulation						
Replications:	30	Time Units:	Seconds			
Entity						
Other						
WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
SHT Crockett	533.04	15.32	454.23	608.45	0.00	1212.00
SHT Firefly	538.45	15.59	447.98	613.75	0.00	1212.00
SHT Grenada	321.04	14.97	253.60	409.31	0.00	808.00
SHT Hurricane	1291.90	27.94	1187.14	1509.37	0.00	2821.00
SHT M7S	291.07	7.42	247.48	327.40	0.00	404.00
SHT Mars	1350.24	46.22	1166.64	1676.22	0.00	3626.00
SHT Muskie	1091.32	32.56	928.97	1275.84	0.00	3224.00
SHT Shasta	539.08	14.13	455.55	617.53	0.00	1212.00
SL Crockett	573.15	15.58	522.63	753.58	0.00	1210.00
SL M7S	269.74	10.34	230.22	351.04	0.00	605.00
SL Mar	1766.58	68.54	1406.43	2172.89	0.00	2823.00
SL Muskie	1456.31	85.10	1150.67	2209.83	0.00	3226.00

ภาพที่ 4.24 งานค้างระหว่างกระบวนการ (WIP)หลังปรับปรุง ที่ความต้องการ 75,800 ขึ้น

จากภาพที่ 4.24 แสดงให้เห็น ค่าเฉลี่ยของปริมาณงานค้างระหว่างกระบวนการ (Work In Process) สำหรับแต่ละผลิตภัณฑ์ หลังจากการปรับปรุง และคิดเป็นปริมาณงานค้างระหว่างกระบวนการเฉลี่ยทุกผลิตภัณฑ์อยู่ที่ 10,022 ขึ้น

ทั้งนี้ จากผลลัพธ์ที่ดีที่สุดที่ปริมาณความต้องการผลิตภัณฑ์ 75,800 ขึ้นต่อวัน ที่ได้จากการทดสอบด้วยแบบจำลองร่วมกับเครื่องมือ Opt Quest ซึ่งก็คือผลลัพธ์แบบที่ 1 จากตารางที่ 4.6 ซึ่งผลลัพธ์ในแบบที่ 1 นั้นจะต้องลดกำลังคนที่กระบวนการตรวจสอบคุณภาพภายนอก (Visual Inspection : VMI) 1 คน และเมื่อเราเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบที่ 1 และผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองก่อนการปรับปรุง จะเห็นว่าผลลัพธ์ที่ดีที่สุดที่ได้จากเครื่องมือ Opt Quest หรือแบบที่ 1 นั้นจะมียังคงสามารถผลิตงานได้เท่าเดิมโดยใช้ปริมาณกำลังคนน้อยกว่าก่อนปรับปรุงถึง 1 คน และทำให้อัตราผลผลิตเพิ่ม

4.9.2 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ปริมาณความต้องการ 85,600 ขึ้นต่อวัน โดยการจำลองสถานการณ์ของกระบวนการผลิตก่อน-หลังการปรับปรุง

โดยแบบจำลองสถานการณ์กระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุงได้กำหนดให้แบบจำลองผลิตชิ้นงานเป็นเวลา 21 ชั่วโมง และเป็นการจำลองสถานการณ์ของกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุงกำลังคน เป็นแบบจำลองที่ 3 และแบบจำลองที่ 4 คือ การจำลองสถานการณ์ของกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุงกำลังคน โดยจะวัดผลจาก อัตราผลผลิต (Productivity) และปริมาณงานค้างระหว่างกระบวนการ (WIP)

แบบจำลองที่ 3 คือ ข้อมูลการผลิตในช่วงเดือน มกราคม 2556 ถึง กุมภาพันธ์ 2556 ที่มีปริมาณความต้องการสินค้า 85,600 ชิ้นต่อวัน (การจำลองสถานการณ์ของกระบวนการผลิตโดยใช้ข้อมูลจริงก่อนการปรับปรุง)

Values Across All Replications	
SIT Process Simulation	
Replications: 30	Time Units: Seconds
Key Performance Indicators	
All Entities	Average
Non-Value Added Cost	0
Other Cost	0
Transfer Cost	0
Value Added Cost	0
Wait Cost	0
Total Cost	0
All Resources	Average
Busy Cost	0
Idle Cost	0
Usage Cost	0
Total Cost	0
System	Average
Total Cost	0
Number Out	428

ภาพที่ 4.25 ผลการรันโปรแกรมแบบก่อนการปรับปรุง ที่ความต้องการ 85,600 ชิ้น

1. อัตราการผลิต (Productivity)

โดยใช้การหาอัตราผลิต จากเวลาที่แบบจำลองใช้ในการผลิต 21 ชั่วโมงจากการรันโปรแกรม และมีปริมาณการผลิตได้ 428 Lot หรือ 85,600 ชิ้น การคำนวณจึงเป็นดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{อัตราผลิต (Productivity)} &= \text{จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ต่อวัน} / (\text{เวลาในการผลิตต่อวัน} \times \text{จำนวนพนักงาน}) \\
 &= 85,600 \text{ ชิ้นต่อวัน} / (21 \text{ ชั่วโมง} \times 44 \text{ คน}) \\
 &= 93.49 \sim 93 \text{ ชิ้น} / \text{ชั่วโมง} / \text{คน}
 \end{aligned}$$

2. ปริมาณงานค้างระหว่างกระบวนการ (WIP)

Values Across All Replications						
SIT Process Simulation						
Replications: 30 Time Units: Seconds						
Entity						
Other						
WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
SHT Crockett	411.93	16.32	335.56	504.85	0.00	1209.00
SHT Firefly	398.90	17.21	308.01	493.13	0.00	1209.00
SHT Grenada	257.53	11.25	213.58	321.81	0.00	604.00
SHT Hurricane	1141.87	25.43	1034.52	1353.61	0.00	2821.00
SHT M7S	951.19	19.13	873.38	1043.85	402.00	1610.00
SHT Mars	869.53	31.05	752.42	1122.28	0.00	1616.00
SHT Muskie	857.25	22.09	702.33	955.82	0.00	1616.00
SHT Shasta	417.96	14.78	354.69	500.48	0.00	1209.00
SL Crockett	1219.07	39.01	1093.40	1650.47	0.00	2823.00
SL M7S	693.76	29.72	594.09	1020.10	0.00	1812.00
SL Mar	1385.37	68.08	1175.14	1993.56	0.00	2821.00
SL Muskie	1376.39	87.70	915.48	2085.19	0.00	2816.00

ภาพที่ 4.26 งานค้างระหว่างกระบวนการ (WIP) ก่อนปรับปรุง ที่ความต้องการ 85,600 ชิ้น

จากภาพที่ 4.26 แสดงให้เห็น ค่าเฉลี่ยของปริมาณงานค้างระหว่างกระบวนการ (Work In Process) สำหรับแต่ละผลิตภัณฑ์ และคิดเป็นปริมาณงานค้างระหว่างกระบวนการเฉลี่ยทุกผลิตภัณฑ์อยู่ที่ 10,081 ชิ้น

แบบจำลองที่ 4 คือ ข้อมูลการผลิตในช่วงเดือน มกราคม 2556 ถึง กุมภาพันธ์ 2556 ที่มีปริมาณความต้องการสินค้า 85,600 ชิ้นต่อวัน (การจำลองสถานการณ์ของกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุง)

จากตารางที่ 4.7 จะแสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ที่ได้จากการรันด้วยเครื่องมือ OptQuest ซึ่งจะนำผลลัพธ์ในแบบต่างๆ ที่ได้จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์มาเปรียบเทียบ ทั้งในด้านของยอดการผลิตสูงสุด จำนวนพนักงานที่ใช้ทำงาน จะเห็นได้ว่าแบบที่ดีที่สุดที่ เครื่องมือ OptQuest แสดงให้เห็นถือว่าเหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 4.7

เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จาก OptQuest ที่ปริมาณความต้องการ 85,600 ชิ้น

ลำดับ	ผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้เครื่องมือ OptQuest					
	ตัวควบคุม (Resource) ตามผลลัพธ์ของตัวแบบ				Objective Value (จำนวนชิ้นงานที่ได้)	จำนวนพนักงานรวม
	ID Inspector	OQA Dim	VMI	OQA VMI		
1	5	2	15	5	85,600	42
2	6	2	15	5	85,600	43
3	5	2	14	5	85,400	41
4	5	2	16	5	85,400	43
5	6	2	14	5	85,200	42
6	5	3	14	4	81,600	41
ปัจจุบัน	6	2	16	5	85,600	44

โดยผลจากแบบจำลองหลังจากที่ทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยเครื่องมือ OptQuest เพื่อวิเคราะห์กำลังคนในกระบวนการผลิต เป็นดังตารางที่ 4.7 กำหนดให้ลดพนักงาน 2 คน ที่กระบวนการตรวจสอบคุณภาพภายนอก (Visual Inspection) และกระบวนการตรวจสอบคุณภาพเฉพาะจุด (Inspection ID) ซึ่งได้ทดสอบแบบจำลองโดยกำหนดให้แบบจำลอง ผลิตชิ้นงานเป็นเวลา 21 ชั่วโมง และผลการจำลองสถานการณ์หลังการปรับปรุงสามารถแบ่งเป็นหัวข้อการวัดผลได้ดังนี้

SIT Process Simulation	
Values Across All Replications	
Replications: 30	Time Units: Seconds
Key Performance Indicators	
All Entities	Average
Non-Value Added Cost	0
Other Cost	0
Transfer Cost	0
Value Added Cost	0
Wait Cost	0
Total Cost	0
All Resources	Average
Busy Cost	0
Idle Cost	0
Usage Cost	0
Total Cost	0
System	Average
Total Cost	0
Number Out	428

ภาพที่ 4.27 ผลการรันโปรแกรมแบบหลังการปรับปรุง ที่ความต้องการ 85,600 ชิ้น

1. อัตราผลผลิต (Productivity)

โดยใช้การหาอัตราผลผลิต หลังจากการปรับปรุงกำลังคน เวลาที่แบบจำลองใช้ในการผลิตยังคงไว้ที่ 21 ชั่วโมงจากการรันโปรแกรม แต่จะเห็นว่าปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ออกจากระบบมีปริมาณเท่าเดิม คือ 428 Lot หรือเท่า 85,600 ชิ้นต่อวัน จากการลดกำลังคนในกระบวนการผลิตการตรวจสอบคุณภาพภายนอก 1 คน และกระบวนการตรวจสอบคุณภาพเฉพาะจุด 1 คนทำให้มีจำนวนพนักงานรวมลดลงเป็น 42 คน การคำนวณจึงเป็นดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{อัตราผลผลิต (Productivity)} &= \text{จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ต่อวัน} / (\text{เวลาในการผลิตต่อวัน} \times \text{จำนวนพนักงาน}) \\
 &= 85,600 \text{ ชิ้นต่อวัน} / (21 \text{ ชั่วโมง} \times 42 \text{ คน}) \\
 &= 97.99 \sim 98 \text{ ชิ้น} / \text{ชั่วโมง} / \text{คน}
 \end{aligned}$$

2. ปริมาณงานค้างระหว่างกระบวนการ (WIP)

Values Across All Replications

SIT Process Simulation						
Replications:	30	Time Units:	Seconds			
Entity						
Other						
WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
SHT Crockett	453.94	15.67	394.83	547.71	0.00	1212.00
SHT Firefly	444.45	18.19	374.35	539.23	0.00	1211.00
SHT Grenada	276.24	13.16	220.17	358.36	0.00	604.00
SHT Hurricane	1202.06	24.72	1095.01	1442.40	0.00	2821.00
SHT M7S	987.73	17.45	913.65	1110.63	403.00	1811.00
SHT Mars	936.16	30.80	794.03	1204.27	0.00	2012.00
SHT Muskie	933.38	25.09	782.42	1075.27	0.00	1816.00
SHT Shasta	463.91	15.68	393.10	554.48	0.00	1212.00
SL Crockett	1301.80	44.02	1171.33	1794.50	0.00	2818.00
SL M7S	735.84	34.27	592.35	1073.37	0.00	1812.00
SL Mar	1453.24	67.30	1213.65	2110.03	0.00	2821.00
SL Muskie	1459.51	79.13	1060.61	2181.14	0.00	3018.00

ภาพที่ 4.28 งานค้างระหว่างกระบวนการ (WIP)หลังปรับปรุง ที่ความต้องการ 85,600 ชิ้น

จากภาพที่ 4.28 แสดงให้เห็น ค่าเฉลี่ยของปริมาณงานค้างระหว่างกระบวนการ (Work In Process) สำหรับแต่ละผลิตภัณฑ์ หลังจากการปรับปรุง และคิดเป็นปริมาณงานค้างระหว่างกระบวนการเฉลี่ยทุกผลิตภัณฑ์อยู่ที่ 10,248 ชิ้น

ทั้งนี้ จากผลลัพธ์ที่ดีที่สุดที่ปริมาณความต้องการผลิตภัณฑ์ 85,600 ชิ้นต่อวัน ที่ได้จากการทดสอบด้วยแบบจำลองร่วมกับเครื่องมือ Opt Quest ซึ่งก็คือผลลัพธ์แบบที่ 1 จากตารางที่ 4.7 ซึ่งผลลัพธ์ในแบบที่ 1 นั้นจะสามารถลดกำลังคนที่กระบวนการตรวจสอบคุณภาพภายนอก (Visual Inspection : VMI) 1 คน และที่กระบวนการตรวจสอบคุณภาพเฉพาะจุด (Inspection ID) เมื่อเราเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบที่ดีที่สุดที่ได้จาก OptQuest และแบบที่เป็นปัจจุบัน จะเห็นว่าผลลัพธ์ที่ดีที่สุดที่ได้จากเครื่องมือ Opt Quest นั้นจะมียังคงสามารถผลิตงานได้เท่าเดิมโดยใช้ปริมาณกำลังคนน้อยกว่าก่อนปรับปรุงถึง 2 คน และทำให้อัตราผลผลิตเพิ่ม

4.9.3 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ปริมาณความต้องการ 104,000 ชิ้นต่อวัน โดยการจำลองสถานการณ์ของกระบวนการผลิตก่อน-หลังการปรับปรุง

โดยแบบจำลองสถานการณ์กระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุงได้กำหนดให้แบบจำลองผลิตชิ้นงานเป็นเวลา 21 ชั่วโมง และเป็นการจำลองสถานการณ์ของกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุงกำลังคน เป็นแบบจำลองที่ 5 และแบบจำลองที่ 6 คือ การจำลองสถานการณ์ของ

กระบวนการผลิตหลังการปรับปรุงกำลังคน โดยจะวัดผลจาก อัตราผลผลิต (Productivity) และ ปริมาณงานค้างระหว่างกระบวนการ (WIP)

แบบจำลองที่ 5 คือ ข้อมูลการผลิตในช่วงเดือน มีนาคม 2556 ถึง เมษายน 2556 ที่มีปริมาณความต้องการสินค้า 104,000 ชิ้นต่อวัน (การจำลองสถานการณ์ของกระบวนการผลิตโดยใช้ข้อมูลจริงก่อนการปรับปรุง)

Values Across All Replications	
SIT Process Simulation	
Replications: 30	Time Units: Seconds
Key Performance Indicators	
All Entities	Average
Non-Value Added Cost	0
Other Cost	0
Transfer Cost	0
Value Added Cost	0
Wait Cost	0
Total Cost	0
All Resources	Average
Busy Cost	0
Idle Cost	0
Usage Cost	0
Total Cost	0
System	Average
Total Cost	0
Number Out	520

ภาพที่ 4.29 ผลการรันโปรแกรมแบบก่อนการปรับปรุง ที่ความต้องการ 104,000 ชิ้น

1. อัตราผลผลิต (Productivity)

โดยใช้การหาอัตราผลผลิต จากเวลาที่แบบจำลองใช้ในการผลิต 21 ชั่วโมงจากการรันโปรแกรม และมีปริมาณการผลิตได้ 520 Lot หรือ 104,000 ชิ้น การคำนวณจึงเป็นดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{อัตราผลผลิต (Productivity)} &= \text{จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ต่อวัน} / (\text{เวลาในการผลิตต่อวัน} \times \text{จำนวนพนักงาน}) \\
 &= 104,000 \text{ ชิ้นต่อวัน} / (21 \text{ ชั่วโมง} \times 51 \text{ คน}) \\
 &= 97.11 \sim 97 \text{ ชิ้น} / \text{ชั่วโมง} / \text{คน}
 \end{aligned}$$

2. ปริมาณงานค้างระหว่างกระบวนการ (WIP)

Values Across All Replications

SIT Process Simulation

Replications: 30Time Units: Seconds

Entity

Other

WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
SHT Crockett	787.21	19.71	678.76	944.76	0.00	2418.00
SHT Firefly	549.33	19.94	472.12	641.87	0.00	1613.00
SHT Grenada	247.48	11.54	192.35	297.01	0.00	604.00
SHT Hurricane	1087.22	20.13	996.03	1172.47	0.00	2619.00
SHT M7S	937.00	15.92	879.25	1025.47	402.00	1412.00
SHT Mars	1050.41	29.77	888.15	1211.86	0.00	2020.00
SHT Muskie	821.64	20.67	676.82	951.09	0.00	1616.00
SHT Shasta	398.28	16.19	336.35	505.65	0.00	1209.00
SL Crockett	1348.48	28.74	1242.02	1587.24	0.00	2424.00
SL M7S	636.33	25.11	499.41	793.47	0.00	1212.00
SL Mar	1957.82	70.55	1648.64	2329.02	0.00	4030.00
SL Muskie	1619.39	83.25	1204.44	2204.90	0.00	3229.00

ภาพที่ 4.30 งานค้างระหว่างกระบวนการ (WIP) ก่อนปรับปรุง ที่ความต้องการ 104,000 ชิ้น

จากภาพที่ 4.30 แสดงให้เห็น ค่าเฉลี่ยของปริมาณงานค้างระหว่างกระบวนการ (Work In Process) สำหรับแต่ละผลิตภัณฑ์ และคิดเป็นปริมาณงานค้างระหว่างกระบวนการเฉลี่ยทุกผลิตภัณฑ์อยู่ที่ 10,441 ชิ้น

แบบจำลองที่ 6 คือ ข้อมูลการผลิตในช่วงเดือน มีนาคม 2556 ถึง เมษายน 2556 ที่มีปริมาณความต้องการสินค้า 104,000 ชิ้นต่อวัน (การจำลองสถานการณ์ของกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุง)

จากตารางที่ 4.8 จะแสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ที่ได้จากการรันด้วยเครื่องมือ OptQuest ซึ่งจะนำผลลัพธ์ในแบบต่างๆที่ได้จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์มาเปรียบเทียบ ทั้งในด้านของยอดการผลิตสูงสุด จำนวนพนักงานที่ใช้ทำงาน จะเห็นว่าแบบที่ดีที่สุดที่ เครื่องมือ OptQuest แสดงให้เห็นถือว่าเหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 4.8

เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากOptQuest ที่ปริมาณความต้องการ 104,000 ชิ้น

ลำดับ	ผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้เครื่องมือ OptQuest					
	ตัวควบคุม (Resource) ตามผลลัพธ์ของตัวแบบ				Objective Value (จำนวนชิ้นงานที่ได้)	จำนวนพนักงานรวม
	ID Inspector	OQA Dim	VMI	OQA VMI		
1	7	3	18	5	104,000	50
2	6	3	18	5	102,400	49
3	6	3	17	5	102,400	48
4	6	4	16	4	98,600	47
5	7	4	16	4	93,400	48
6	6	3	17	4	93,200	47
ปัจจุบัน	7	3	18	6	104,000	51

โดยผลจากแบบจำลองหลังจากที่ทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยเครื่องมือ OptQuest เพื่อวิเคราะห์กำลังคนในกระบวนการผลิต เป็นดังตารางที่ 4.8 กำหนดให้ลดพนักงาน 1 คน ที่กระบวนการสุ่มตรวจสอบคุณภาพภายนอก (OQA VMI) ซึ่งได้ทดสอบแบบจำลองโดยกำหนดให้แบบจำลอง ผลิตชิ้นงานเป็นเวลา 21 ชั่วโมง และผลการจำลองสถานการณ์หลังการปรับปรุงสามารถแบ่งเป็นหัวข้อการวัดผลได้ดังนี้

SIT Process Simulation	
Values Across All Replications	
Replications: 30	Time Units: Seconds
Key Performance Indicators	
All Entities	Average
Non-Value Added Cost	0
Other Cost	0
Transfer Cost	0
Value Added Cost	0
Wait Cost	0
Total Cost	0
All Resources	Average
Busy Cost	0
Idle Cost	0
Usage Cost	0
Total Cost	0
System	Average
Total Cost	0
Number Out	520

ภาพที่ 4.31 ผลการรันโปรแกรมแบบหลังการปรับปรุง ที่ความต้องการ 104,000 ชิ้น

1. อัตราผลผลิต (Productivity)

โดยใช้การหาอัตราผลผลิต หลังจากการปรับปรุงกำลังคน เวลาที่แบบจำลองใช้ในการผลิตยังคงไว้ที่ 21 ชั่วโมงจากการรันโปรแกรม แต่จะเห็นว่าปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ออกจากระบบมีปริมาณเท่าเดิม คือ 520 Lot หรือเท่า 104,000 ชิ้นต่อวัน จากการลดกำลังคนในกระบวนการผลิตการสุ่มตรวจสอบคุณภาพภายนอก (OQA VMI) 1 คน ทำให้มีจำนวนพนักงานรวมลดลงเป็น 50 คน การคำนวณจึงเป็นดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{อัตราผลผลิต (Productivity)} &= \frac{\text{จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ต่อวัน}}{\text{เวลาในการผลิตต่อวัน} \times \text{จำนวนพนักงาน}} \\
 &= \frac{104,000 \text{ ชิ้นต่อวัน}}{(21 \text{ ชั่วโมง} \times 50 \text{ คน})} \\
 &= 99.05 \sim 99 \text{ ชิ้น} / \text{ชั่วโมง} / \text{คน}
 \end{aligned}$$

2. ปริมาณงานค้างระหว่างกระบวนการ (WIP)

Values Across All Replications

SIT Process Simulation

Replications: 30 Time Units: Seconds

Entity

Other

WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
SHT Crockett	910.28	27.13	795.77	1089.49	0.00	2418.00
SHT Firefly	598.79	16.68	517.15	690.94	0.00	1613.00
SHT Grenada	276.83	12.08	224.45	331.38	0.00	806.00
SHT Hurricane	1154.31	21.84	1032.23	1295.03	0.00	2822.00
SHT M7S	995.27	16.17	940.04	1111.00	403.00	1613.00
SHT Mars	1169.37	29.03	997.94	1324.53	0.00	2020.00
SHT Muskie	937.37	24.05	803.60	1092.78	0.00	1810.00
SHT Shasta	491.15	16.84	404.78	598.23	0.00	1212.00
SL Crockett	1493.78	29.82	1352.56	1683.64	0.00	2822.00
SL M7S	897.40	21.66	577.17	841.60	0.00	1212.00
SL Mar	2194.53	68.06	1817.83	2515.96	0.00	4031.00
SL Muskie	1689.22	76.44	1402.08	2329.45	0.00	3226.00

ภาพที่ 4.32 งานค้างระหว่างกระบวนการ (WIP) หลังปรับปรุง ที่ความต้องการ 104,000 ชิ้น

จากภาพที่ 4.32 แสดงให้เห็น ค่าเฉลี่ยของปริมาณงานค้างระหว่างกระบวนการ (Work In Process) สำหรับแต่ละผลิตภัณฑ์ หลังจากการปรับปรุง และคิดเป็นปริมาณงานค้างระหว่างกระบวนการเฉลี่ยทุกผลิตภัณฑ์อยู่ที่ 10,608 ชิ้น

ทั้งนี้ จากผลลัพธ์ที่ดีที่สุดที่ปริมาณความต้องการผลิตภัณฑ์ 104,000 ชิ้นต่อวัน ที่ได้จากการทดสอบด้วยแบบจำลองร่วมกับเครื่องมือ Opt Quest ซึ่งก็คือ ผลลัพธ์แบบที่ 1 จากตารางที่ 4.8 ซึ่งผลลัพธ์ในแบบที่ 1 นั้นจะสามารถลดกำลังคนที่กระบวนการสุ่มตรวจสอบคุณภาพภายนอก (OQA VMI) 1 คน เมื่อเราเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบที่ดีที่สุดที่ได้จาก OptQuest และแบบที่เป็นปัจจุบัน จะเห็นว่าผลลัพธ์ที่ดีที่สุดที่ได้จากเครื่องมือ Opt Quest นั้นจะยังคงสามารถผลิตงานได้เท่าเดิมโดยใช้ปริมาณกำลังคนน้อยกว่าก่อนปรับปรุงถึง 1 คน และทำให้อัตราผลผลิตเพิ่ม

4.10 สรุปการใช้แบบจำลองร่วมกับตัวแบบคณิตศาสตร์เปรียบเทียบการปรับปรุง

หลังการปรับปรุงกำลังคนในกระบวนการผลิตในปัจจุบัน โดยมีการจำลองกระบวนการผลิต 3 แบบ สำหรับ 3 ปริมาณความต้องการ โดยสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9

เปรียบเทียบผลระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุง

ปริมาณความต้องการ (ชิ้น/วัน)	กำลังคนในกระบวนการ (คน)		Productivity		กระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลง	จำนวนคนลดลง (คน)	Utilization	
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง			ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
75,800	38	37	96	99	กระบวนการสุ่มตรวจสอบคุณภาพภายนอก (Visual Inspection)	1	88.09%	93.95%
85,600	44	42	93	98	กระบวนการตรวจสอบคุณภาพเฉพาะจุด (Inspection ID)	1	79.12%	93.14%
					กระบวนการสุ่มตรวจสอบคุณภาพภายนอก (Visual Inspection)	1	88.67%	94.58%
104,000	51	50	97	99	กระบวนการสุ่มตรวจสอบคุณภาพภายนอก (OQA VMI)	1	80.10%	94.12%

เมื่อนำผลที่ได้ระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงจากทั้ง 3 ปริมาณความต้องการมาเปรียบเทียบ ดังข้อมูลในตารางที่ 4.9 จะเห็นว่า การใช้แบบจำลองสถานการณ์ร่วมกับตัวแบบคณิตศาสตร์หรือเครื่องมือ OptQuest เข้ามาช่วยในการวางแผนกำลังคนในกระบวนการผลิต จะทำให้ผลิตงานได้ตรงตามปริมาณความต้องการ สามารถลดกำลังคนในบางกระบวนการลงโดยที่ไม่ทำให้ปริมาณงานที่ผลิตได้ลดลง ค่าอัตราผลผลิต (Productivity) ได้เพิ่มขึ้น ค่าอัตราประโยชน์ (Utilize) เพิ่มขึ้นเป็น 93.14% - 94.58% และไม่ทำให้ปริมาณงานค้างระหว่างกระบวนการผลิต (WIP) มีมากเกินไปเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนปรับปรุง

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาวิจัย และข้อเสนอแนะ

การทำวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาการนำวิธีการสร้างแบบจำลองร่วมกับการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดในด้านการบริหารกำลังคนในกระบวนการผลิตในโรงงานกรณีศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการบริหารจัดการทรัพยากร เพื่อเป็นแนวทางในการคำนวณจำนวนทรัพยากรให้เหมาะสมก่อนทำการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตจริง และเพื่อบริหารจัดการทรัพยากรให้เหมาะสม และตอบสนองความต้องการที่เพิ่มขึ้นของลูกค้าได้

โดยสามารถสรุปผลและข้อเสนอแนะ หลังจากการศึกษาวิจัยการใช้งานแบบจำลองกระบวนการผลิตร่วมกับเครื่องมือ OptQuest ในการวิเคราะห์กำลังคน ได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการศึกษา

โดยจากการศึกษาวิจัยด้วยตนเอง กรณีศึกษาเรื่องการวิเคราะห์และจัดการกำลังคนในกระบวนการผลิตโดยการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ในครั้งนี้ สามารถสรุปผลการศึกษาวิจัยตามหลักวัตถุประสงค์ ได้ดังต่อไปนี้

1. สามารถพัฒนารูปแบบการบริหารจัดการทรัพยากร ด้วยการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ขึ้นมาโดยอาศัยเครื่องมือสำเร็จรูปที่มีชื่อว่า OptQuest เพื่อเป็นแนวทางในการคำนวณจำนวนทรัพยากรให้เหมาะสมกับปริมาณความต้องการของลูกค้าที่เปลี่ยนไป ก่อนที่จะทำการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตจริง ดังรูปแบบสมการต่อไปนี้

$$([ID \text{ Inspector.Utilization}]+[OQA \text{ Dim.Utilization}]+[OQA \text{ VMI.Utilization}]+[VMI.Utilization])/4 \geq 0.85$$

2. เพื่อบริหารจัดการทรัพยากรให้เหมาะสมกับสภาพความต้องการในปัจจุบัน และสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ จึงได้นำรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่ได้มาทำการวิเคราะห์สภาพปัจจุบันและปรับปรุงกระบวนการปัจจุบันภายใต้ความต้องการที่จะให้อัตราผลผลิตที่เพิ่มขึ้น โดยที่ใช้กำลังคนอย่างเหมาะสมและไม่ทำให้ปริมาณงานค้างระหว่างกระบวนการผลิต (WIP) มีมากเกินไป และท้ายที่สุดปริมาณผลผลิตสามารถตอบสนองปริมาณความต้องการลูกค้าได้ ผลที่ได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1

เปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง

ปริมาณความต้องการ (ชิ้น/วัน)	กำลังคนในกระบวนการ (คน)		Productivity		กระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลง	จำนวนคนลดลง (คน)	Utilization	
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง			ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
75,800	38	37	96	99	กระบวนการสุ่มตรวจสอบคุณภาพภายนอก (Visual Inspection)	1	88.09%	93.95%
85,600	44	42	93	98	กระบวนการตรวจสอบคุณภาพเฉพาะจุด (Inspection ID)	1	79.12%	93.14%
					กระบวนการสุ่มตรวจสอบคุณภาพภายนอก (Visual Inspection)	1	88.67%	94.58%
104,000	51	50	97	99	กระบวนการสุ่มตรวจสอบคุณภาพภายนอก (OQA VMI)	1	80.10%	94.12%

จากตารางที่ 5.1 เป็นการนำเอารูปแบบการวางแผนกำลังคนในการผลิตใน 3 ปริมาณความต้องการ มาทำการปรับปรุงผลโดยใช้แบบจำลองร่วมกับเครื่องมือ OptQuest แล้วนำเอาผลที่ได้ระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงมาเปรียบเทียบ และจะเห็นว่าการใช้แบบจำลองสถานการณ์ร่วมกับตัวแบบคณิตศาสตร์หรือเครื่องมือ OptQuest เข้ามาช่วยในการวางแผนกำลังคนในกระบวนการผลิต จะทำให้ได้อัตราผลผลิตที่เพิ่มขึ้น ในบางสถานการณ์สามารถลดปริมาณกำลังคนและไม่ทำให้ปริมาณงานค้างระหว่างกระบวนการผลิต (WIP) มีมากจนเกินไปเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนปรับปรุง

ดังนั้น การประยุกต์ใช้วิธีการวางแผนกำลังคนโดยใช้การสร้างแบบจำลอง และนำมาทำงานร่วมกับเครื่องมือ OptQuest จึงถือว่าเหมาะสม ในการที่จะใช้เป็นวิธีการวางแผนกำลังคนในอนาคต

สำหรับการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์กำลังคนในกระบวนการผลิตด้วยการใช้การจำลองสถานการณ์การผลิต ร่วมกับเครื่องมือ OptQuest นั้น หากปริมาณความต้องการมีการเปลี่ยนแปลง และกระบวนการผลิตยังคงใช้ผลิตภัณฑ์เดิม ก็สามารถตัวโปรแกรมที่ทำการวิจัยในครั้งนี้ได้เพียงปรับเปลี่ยนจำนวนงานที่เข้าสู่ระบบใหม่ และปรับช่วงควบคุมในเครื่องมือ OptQuest เท่านั้น แต่หากมีการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ก็มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านเวลาการทำงานของผลิตภัณฑ์ใหม่ เพื่อที่จะแก้ไขและเพิ่มผลิตภัณฑ์ใหม่เข้าไปในแบบจำลอง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. แบบจำลองนี้สร้างขึ้นโดยใช้ โปรแกรมอารีนา (ARENA) ในการจำลองสถานการณ์ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในกระบวนการวางแผนการผลิตของฝ่ายวางแผนควบคุมการผลิต เพียงแต่แบบจำลองมีวิธีการสร้างที่ต้องใช้ผู้รู้เฉพาะ ถ้าผู้ใช้งานไม่มีความรู้ อาจเกิดความผิดพลาดในการวิเคราะห์ได้
2. เนื่องจากกระบวนการผลิตจริงมีความซับซ้อนของกระบวนการตัดสินใจ หรือการทำงาน และตัวโปรแกรมนั้นสร้างได้เฉพาะในกรณีที่เป็นเหตุและเป็นผลเท่านั้น ดังนั้น ในการสร้างแบบจำลองอาจไม่สามารถทำได้ละเอียดเท่ากระบวนการจริง 100% หากแต่สามารถใช้เทียบเคียงได้
3. การเปรียบเทียบผลการวิจัยที่โดยการทดสอบกับปริมาณความต้องการ 3 ระดับ นั้น เป็นแต่เพียงข้อมูลการแก้ปัญหาและเปรียบเทียบการปรับปรุงก่อนและหลังพบกับปัญหาซึ่งจริงๆ แล้ว การวางแผนกำลังคนที่ดี ควรจะเกิดขึ้นก่อนที่จะมีการเริ่มการผลิต

รายการอ้างอิง

หนังสือภาษาไทย

- วัชรินทร์ สิทธิเจริญ(2547).การศึกษางาน(*Work Study*), กรุงเทพฯ : บริษัทโอเดียนสโตร์.
- รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม.(2550). *การศึกษางานอุตสาหกรรม (Industrial Work Study)*,
กรุงเทพฯ: บริษัทสำนักพิมพ์ท็อป จำกัด
- บุษบา พงกษาพันธุ์รัตน์.(2552). การวางแผนและควบคุมการผลิต, กรุงเทพฯ:
สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด
- ผศ.ดร.รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ.(2553). *คู่มือสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena*, กรุงเทพฯ:
สำนักพิมพ์ ซีเอ็ดยูเคชั่น, บมจ.

สารนิพนธ์

- จิราภรณ์ แซ่ลิ้ม.(2554), การประยุกต์ใช้แบบจำลองและอัลกอริธึมพันธุกรรมเพื่อบริหารสินค้าคงคลัง
ที่มีความต้องการไม่แน่นอนกรณีศึกษาผู้ให้บริการด้านโลจิสติกส์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์,
คณะวิศวกรรมศาสตร์, วิศวกรรมอุตสาหการ
- ปรัชญา พละพันธ์ .(2555), การปรับปรุงสายการประกอบโดยใช้การจำลองสถานการณ์ กรณีศึกษา
สายการประกอบชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์,
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

ภาษาอังกฤษ

- Gary E. Whitehouse, Ben L. Wechsler, 1976, *Applied Operation Research: A Survey*,
U.S.A., John Wiley & Sons , Inc.
- Hollocks, B. (1992) A well-kept secret: Simulation in manufacturing industry review.
OR Insight. Vol.5,
- Sridhar Bashyam & Michael C. Fu, 1998. "Optimization of (s, S) Inventory Systems with
Random Lead Times and Service Level Constraint, "Management Science,
INFORMS, vol. 44(12- part-2). pages S256, December.

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
ตารางศึกษาเวลามาตรฐานสำหรับทุกผลิตภัณฑ์

ตารางศึกษาข้อมูลงานย่อยในแต่ละกระบวนการ เพื่อใช้สำหรับหาเวลา มาตรฐานในการทำงานของแต่ละกระบวนการ ดังแสดงในตารางที่ ก-1 ถึง ก-3

ตารางที่ ก-1

รายละเอียดงานย่อยในแต่ละกระบวนการของการผลิตแบบที่ 1

สถานีงาน	งานย่อย	รายละเอียดงานย่อย
1	1	พนักงานนำงานออกจากเครื่องจักร
2	2	พนักงานสุ่มหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้ววางลงบนอุปกรณ์การวัด แล้วเริ่มทำการตรวจสอบ หลังจากนั้นพนักงานนำชิ้นงานออกจากอุปกรณ์การวัดและวางคืนถาด
3	3	พนักงานนำถาดใส่งานเข้าเครื่องล้าง
	4	เครื่องล้างทำการล้าง
	5	พนักงานนำถาดใส่งานออกจากเครื่องล้าง
4	6	พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการตรวจสอบชิ้นงานได้กล้อง Microscope 10 เท่า
5	7	พนักงานสุ่มหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการตรวจสอบชิ้นงานได้กล้อง Microscope 10 เท่า

ตารางที่ ก-2

รายละเอียดงานย่อยในแต่ละกระบวนการของการผลิตแบบที่ 2

สถานีงาน	งานย่อย	รายละเอียดงานย่อย
1	1	พนักงานนำงานออกจากเครื่องจักร
2	2	พนักงานสุ่มหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้ววางลงบนอุปกรณ์การวัด แล้วเริ่มทำการตรวจสอบ หลังจากนั้นพนักงานนำชิ้นงานออกจากอุปกรณ์การวัดและวางคืนถาด
3	3	พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้ววางลงบนอุปกรณ์การวัดแล้วทำการตรวจสอบ หลังจากนั้นพนักงานนำชิ้นงานออกจากอุปกรณ์การวัดและวางคืนถาด

สถานีงาน	งานย่อย	รายละเอียดงานย่อย
4	4	พนักงานนำภาตใส่งานเข้าเครื่องล้าง
	5	เครื่องล้างทำการล้าง
	6	พนักงานนำภาตใส่งานออกจากเครื่องล้าง
5	7	พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากภาตแล้วทำการตรวจสอบชิ้นงานใต้กล้อง Microscope 10 เท่า
6	8	พนักงานสวมหยิบชิ้นงานออกจากภาตแล้วทำการตรวจสอบชิ้นงานใต้กล้อง Microscope 10 เท่า

ตารางที่ ก-3

รายละเอียดงานย่อยในแต่ละกระบวนการของการผลิตแบบที่ 3

สถานีงาน	งานย่อย	รายละเอียดงานย่อย
1	1	พนักงานนำงานออกจากเครื่องจักร
2	2	พนักงานสวมหยิบชิ้นงานออกจากภาตแล้ววางลงบนอุปกรณ์การวัด แล้วเริ่มทำการตรวจสอบ หลังจากนั้นพนักงานนำชิ้นงานออกจากอุปกรณ์การวัดและวางคืนภาต
3	3	พนักงานนำภาตใส่งานเข้าเครื่องล้าง
	4	เครื่องล้างทำการล้าง
	5	พนักงานนำภาตใส่งานออกจากเครื่องล้าง
4	6	พนักงานหยิบงานจากภาตเข้าเครื่องขัดหยาบพนักงานงานประกอบชิ้นงานในระหว่างกระบวนการขัดหยาบ พนักงานหยิบงานออกจากเครื่องขัด แล้ววางคืนภาต
5	7	พนักงานนำงานทั้งภาตใส่ลงในเครื่องขัดละเอียด
	8	เครื่องขัดละเอียดทำการขัดชิ้นงาน
	9	พนักงานนำงานทั้งภาตออกจากเครื่องขัดละเอียด
6	10	พนักงานนำภาตใส่งานเข้าเครื่องล้าง
	13	เครื่องล้างทำการล้าง
	14	พนักงานนำภาตใส่งานออกจากเครื่องล้าง
17	15	พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากภาตแล้วทำการตรวจสอบชิ้นงานใต้กล้อง Microscope 10 เท่า
18	16	พนักงานสวมหยิบชิ้นงานออกจากภาตแล้วทำการตรวจสอบชิ้นงานใต้กล้อง Microscope 10 เท่า

ตารางที่ ก-4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลิตภัณฑ์ Shaft Grenada

ขั้นตอน ทำงานหลัก	รายละเอียดงานย่อย	เวลามาตรฐาน ในการทำงาน (วินาที/Lot)	Distribution	Parameter	Uniformity Test (P-Value)		Independence Test (P-Value)	
					Kolmogorov- Smirnov	Anderson- Darling	above/below median	turning points
1	1.พนักงานนำงานออกจากเครื่องจักร *	10,800	Constant					
2	2.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้ววางลงบนอุปกรณ์การวัด แล้วเริ่มทำการตรวจสอบหลังจากนั้นพนักงานนำชิ้นงานออกจากอุปกรณ์การวัดและวางคืนถาด	352.48	Beta	$346 + 13 * \text{BETA}(2.1, 2.12)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
3	3.พนักงานนำถาดใส่งานเข้าเครื่องล้าง	19.95	Lognormal	$16 + \text{LOGN}(4.09, 3.24)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
	4.เครื่องล้างทำการล้าง *	220	Constant					
	5.พนักงานนำถาดใส่งานออกจากเครื่องล้าง	21.31	Beta	$17 + 10 * \text{BETA}(2.5, 3.31)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
4	6.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการตรวจสอบชิ้นงานใต้กล้อง Microscope 10 เท่า	2581.19	Triangular	$\text{TRIA}(2.62\text{e}+003, 3.04\text{e}+003, 3.16\text{e}+003)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
5	7.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการตรวจสอบชิ้นงานใต้กล้อง Microscope 10 เท่า	511.72	Beta	$489 + 43 * \text{BETA}(1.4, 1.25)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน

ตารางที่ ก-5

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลิตภัณฑ์ Shaft Crockett

ขั้นตอน ทำงานหลัก	รายละเอียดงานย่อย	เวลามาตรฐาน ในการทำงาน (วินาที/Lot)	Distribution	Parameter	Uniformity Test (P-Value)		Independence Test (P-Value)	
					Kolmogorov- Smirnov	Anderson- Darling	above/below median	turning points
1	1.พนักงานนำงานออกจากเครื่องจักร *	9,400	Constant	-				
2	2.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้ววางลงบนอุปกรณ์การวัด แล้วเริ่มทำการตรวจสอบ หลังจากนั้นพนักงานนำชิ้นงานออกจากอุปกรณ์การวัดและวางคืนถาด	351.72	Normal	$\text{NORM}(352, 2.25)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
3	3.พนักงานนำถาดใส่งานเข้าเครื่องล้าง	19.95	Lognormal	$16 + \text{LOGN}(4.09, 3.24)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
	4.เครื่องล้างทำการล้าง *	220	Constant					
	5.พนักงานนำถาดใส่งานออกจากเครื่องล้าง	21.31	Beta	$17 + 10 * \text{BETA}(2.5, 3.31)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
4	6.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการตรวจสอบชิ้นงานใต้กล้อง Microscope 10 เท่า	2097.94	Normal	$\text{NORM}(2.1\text{e}+003, 104)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
5	7.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการตรวจสอบชิ้นงานใต้กล้อง Microscope 10 เท่า	511.52	Normal	$\text{NORM}(512, 7.75)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน

ตารางที่ ก-6

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลิตภัณฑ์ Shaft Firefly

ขั้นตอน ทำงานหลัก	รายละเอียดงานย่อย	เวลามาตรฐาน ในการทำงาน (วินาที/Lot)	Distribution	Parameter	Uniformity Test (P-Value)		Independence Test (P-Value)	
					Kolmogorov- Smirnov	Anderson- Darling	above/below median	turning points
1	1.พนักงานนำงานออกจากเครื่องจักร *	9,400	Constant	-				
2	2.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้ววางลงบน อุปกรณ์การวัด แล้วเริ่มทำการตรวจสอบ หลังจาก นั้นพนักงานนำชิ้นงานออกจากอุปกรณ์การวัด และวางชิ้นงาน	352.53	Triangular	TRIA(346, 354, 359)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
3	3.พนักงานนำถาดใส่งานเข้าเครื่องล้าง	19.95	Lognormal	$16 + \text{LOGN}(4.09, 3.24)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
	4.เครื่องล้างทำการล้าง *	220	Constant					
	5.พนักงานนำถาดใส่งานออกจากเครื่องล้าง	21.31	Beta	$17 + 10 * \text{BETA}(2.5, 3.31)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
4	6.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการ ตรวจสอบชิ้นงานใต้กล้อง Microscope 10 เท่า	2079.00	Triangular	$\text{TRIA}(1.76\text{e}+003, 2.1\text{e}+003, 2.45\text{e}+003)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
5	7.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการ ตรวจสอบชิ้นงานใต้กล้อง Microscope 10 เท่า	513.74	Beta	$491 + 42 * \text{BETA}(1.46, 1.24)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน

ตารางที่ ก-7

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลิตภัณฑ์ Shaft Hurricane

ขั้นตอน ทำงานหลัก	รายละเอียดงานย่อย	เวลามาตรฐาน ในการทำงาน (วินาที/Lot)	Distribution	Parameter	Uniformity Test (P-Value)		Independence Test (P-Value)	
					Kolmogorov- Smirnov	Anderson- Darling	above/below median	turning points
1	1.พนักงานนำงานออกจากเครื่องจักร *	11,000	Constant	-				
2	2.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้ววางลงบน อุปกรณ์การวัด แล้วเริ่มทำการตรวจสอบ หลังจาก นั้นพนักงานนำชิ้นงานออกจากอุปกรณ์การวัด และวางชิ้นงาน	351.78	Triangular	$\text{NORM}(352, 2.83)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
3	3.พนักงานนำถาดใส่งานเข้าเครื่องล้าง	19.95	Lognormal	$16 + \text{LOGN}(4.09, 3.24)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
	4.เครื่องล้างทำการล้าง *	220	Constant					
	5.พนักงานนำถาดใส่งานออกจากเครื่องล้าง	21.31	Beta	$17 + 10 * \text{BETA}(2.5, 3.31)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
4	6.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการ ตรวจสอบชิ้นงานใต้กล้อง Microscope 10 เท่า	2534.53	Triangular	$\text{TRIA}(2.17\text{e}+003, 2.59\text{e}+003, 2.82\text{e}+003)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
5	7.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการ ตรวจสอบชิ้นงานใต้กล้อง Microscope 10 เท่า	513.7	Beta	$493 + 40 * \text{BETA}(1.28, 1.2)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน

ตารางที่ ก-8

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลิตภัณฑ์ Shaft MARS

ขั้นตอน ทำงานหลัก	รายละเอียดงานย่อย	เวลามาตรฐาน ในการทำงาน (วินาที/Lot)	Distribution	Parameter	Uniformity Test (P-Value)		Independence Test (P-Value)	
					Kolmogorov- Smirnov	Anderson- Darling	above/below median	turning points
1	1.พนักงานนำงานออกจากเครื่องจักร *	13,000	Constant	-				
2	2.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้ววางลงบน อุปกรณ์การวัด แล้วเริ่มทำการตรวจสอบ หลังจาก นั้นพนักงานนำชิ้นงานออกจากอุปกรณ์การวัด และวางชิ้นงาน	352.48	Gamma	344 + GAMM(1.32, 6.42)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
3	3.พนักงานนำถาดใส่งานเข้าเครื่องล้าง	19.95	Lognormal	16 + LOGN(4.09, 3.24)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
	4.เครื่องล้างทำการล้าง *	220	Constant					
	5.พนักงานนำถาดใส่งานออกจากเครื่องล้าง	21.31	Beta	17 + 10 * BETA(2.5, 3.31)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
4	6.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการ ตรวจสอบชิ้นงาน ได้กล้อง Microscope 10 เท่า	3048.28	Normal	NORM(3.05e+003, 100)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
5	7.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการ ตรวจสอบชิ้นงาน ได้กล้อง Microscope 10 เท่า	513.34	Triangular	TRIA(495, 515, 534)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน

ตารางที่ ก-9

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลิตภัณฑ์ Shaft Muskie

ขั้นตอน ทำงานหลัก	รายละเอียดงานย่อย	เวลามาตรฐาน ในการทำงาน (วินาที/Lot)	Distribution	Parameter	Uniformity Test (P-Value)		Independence Test (P-Value)	
					Kolmogorov- Smirnov	Anderson- Darling	above/below median	turning points
1	1.พนักงานนำงานออกจากเครื่องจักร *	12,600	Constant	-				
2	2.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้ววางลงบน อุปกรณ์การวัด แล้วเริ่มทำการตรวจสอบ หลังจาก นั้นพนักงานนำชิ้นงานออกจากอุปกรณ์การวัด และวางชิ้นงาน	352.01	Gamma	344 + GAMM(1.32, 6.42)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
3	3.พนักงานนำถาดใส่งานเข้าเครื่องล้าง	19.95	Lognormal	16 + LOGN(4.09, 3.24)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
	4.เครื่องล้างทำการล้าง *	220	Constant					
	5.พนักงานนำถาดใส่งานออกจากเครื่องล้าง	21.31	Beta	17 + 10 * BETA(2.5, 3.31)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
4	6.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการ ตรวจสอบชิ้นงาน ได้กล้อง Microscope 10 เท่า	2576.11	Exponential	2.45e+003 + EXPO(128)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
5	7.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการ ตรวจสอบชิ้นงาน ได้กล้อง Microscope 10 เท่า	512.72	Beta	495 + 48 * BETA(0.761, 1.3)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน

ตารางที่ ก-10

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลิตภัณฑ์ Shaft Shasta

ขั้นตอน ทำงานหลัก	รายละเอียดงานย่อย	เวลามาตรฐาน ในการทำงาน (วินาที/Lot)	Distribution	Parameter	Uniformity Test (P-Value)		Independence Test (P-Value)	
					Kolmogorov- Smirnov	Anderson- Darling	above/below median	turning points
1	1.พนักงานนำงานออกจากเครื่องจักร *	9,400	Constant	-				
2	2.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้ววางลงบน อุปกรณ์การวัด แล้วเริ่มทำการตรวจสอบ หลังจาก นั้นพนักงานนำชิ้นงานออกจากอุปกรณ์การวัด และวางสิ่งของ	352.4	Weibull	349 + WEIB(3.68, 3.11)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
3	3.พนักงานนำถาดใส่งานเข้าเครื่องล้าง	19.95	Lognormal	16 + LOGN(4.09, 3.24)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
	4.เครื่องล้างทำการล้าง *	220	Constant					
	5.พนักงานนำถาดใส่งานออกจากเครื่องล้าง	21.31	Beta	17 + 10 * BETA(2.5, 3.31)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
4	6.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการ ตรวจสอบชิ้นงานใต้กล้อง Microscope 10 เท่า	2391.31	Triangular	TRIA(2.22e+003, 2.43e+003, 2.54e+003)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
5	7.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการ ตรวจสอบชิ้นงานใต้กล้อง Microscope 10 เท่า	512.82	Beta	495 + 48 * BETA(0.761, 1.3)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน

ตารางที่ ก-11

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลิตภัณฑ์ Sleeve Crockett

ขั้นตอน ทำงานหลัก	รายละเอียดงานย่อย	เวลามาตรฐาน ในการทำงาน (วินาที/Lot)	Distribution	Parameter	Uniformity Test (P-Value)		Independence Test (P-Value)	
					Kolmogorov- Smirnov	Anderson- Darling	above/below median	turning points
1	1.พนักงานนำงานออกจากเครื่องจักร *	8,400	Constant	-				
2	2.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้ววางลงบน อุปกรณ์การวัด แล้วเริ่มทำการตรวจสอบ หลังจาก นั้นพนักงานนำชิ้นงานออกจากอุปกรณ์การวัด และวางสิ่งของ	322	Beta	317 + 13 * BETA(1.42, 2.27)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
3	3.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการ ตรวจสอบชิ้นงานด้วยอุปกรณ์ตรวจสอบ	2108.41	Triangular	TRIA(1.9e+003, 2.06e+003, 2.36e+003)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
4	4.พนักงานนำถาดใส่งานเข้าเครื่องล้าง	19.95	Lognormal	16 + LOGN(4.09, 3.24)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
	5.เครื่องล้างทำการล้าง *	220	Constant					
	6.พนักงานนำถาดใส่งานออกจากเครื่องล้าง	21.31	Beta	17 + 10 * BETA(2.5, 3.31)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
5	7.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการ ตรวจสอบชิ้นงานใต้กล้อง Microscope 10 เท่า	2192.19	Normal	NORM(2.19e+003, 101)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
6	8.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการ ตรวจสอบชิ้นงานใต้กล้อง Microscope 10 เท่า	512.16	Beta	494 + 31 * BETA(1.06, 0.751)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน

ตารางที่ ก-12

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลิตภัณฑ์ Sleeve M7S

ขั้นตอน ทำงาน หลัก	รายละเอียดงานย่อย	เวลามาตรฐาน ในการทำงาน (วินาที/Lot)	Goodness Test	Parameter	Uniformity Test (P-Value)		Independence Test (P-Value)	
					Kolmogorov- Smirnov	Anderson- Darling	above/below median	turning points
1	1.พนักงานนำงานออกจากเครื่องจักร *	8,800	Constant	-				
2	2.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้ววางลงบน อุปกรณ์การวัด แล้วเริ่มทำการตรวจสอบ หลังจากนั้น พนักงานนำชิ้นงานออกจากอุปกรณ์การวัดและวางคืนถาด	321.92	Beta	$316 + 12 * \text{BETA}(2.4, 2.43)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
3	3.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการตรวจสอบ ชิ้นงานด้วยอุปกรณ์ตรวจสอบ	2125.04	Normal	$\text{NORM}(2.13e+003, 128)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
4	4.พนักงานนำถาดใส่งานเข้าเครื่องล้าง	19.95	Lognormal	$16 + \text{LOGN}(4.09, 3.24)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
	5.เครื่องล้างทำการล้าง *	220	Constant					
	6.พนักงานนำถาดใส่งานออกจากเครื่องล้าง	21.31	Beta	$17 + 10 * \text{BETA}(2.5, 3.31)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
5	7.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการตรวจสอบ ชิ้นงานได้กล้อง Microscope 10 เท่า	2173.71	Beta	$2.01e+003 + 440 * \text{BETA}(1.38, 2.31)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
6	8.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการตรวจสอบ ชิ้นงานได้กล้อง Microscope 10 เท่า	512.69	Beta	$495 + 34 * \text{BETA}(1.22, 1.17)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน

ตารางที่ ก-13

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลิตภัณฑ์ Sleeve MARS

ขั้นตอน ทำงาน หลัก	รายละเอียดงานย่อย	เวลามาตรฐาน ในการทำงาน (วินาที/Lot)	Distribution	Parameter	Uniformity Test (P-Value)		Independence Test (P-Value)	
					Kolmogorov- Smirnov	Anderson- Darling	above/below median	turning points
1	1.พนักงานนำงานออกจากเครื่องจักร *	9,600	Constant	-				
2	2.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้ววางลงบน อุปกรณ์การวัด แล้วเริ่มทำการตรวจสอบ หลังจากนั้น พนักงานนำชิ้นงานออกจากอุปกรณ์การวัดและวางคืนถาด	321.75	Normal	$\text{NORM}(322, 2.26)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
3	3.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการตรวจสอบ ชิ้นงานด้วยอุปกรณ์ตรวจสอบ	2040.93	Weibull	$1.78e+003 + \text{WEIB}(291, 2.16)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
4	4.พนักงานนำถาดใส่งานเข้าเครื่องล้าง	19.95	Lognormal	$16 + \text{LOGN}(4.09, 3.24)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
	5.เครื่องล้างทำการล้าง *	220	Constant					
	6.พนักงานนำถาดใส่งานออกจากเครื่องล้าง	21.31	Beta	$17 + 10 * \text{BETA}(2.5, 3.31)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
5	7.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการตรวจสอบ ชิ้นงานได้กล้อง Microscope 10 เท่า	2229.15	Triangular	$\text{TRIA}(2.03e+003, 2.2e+003, 2.5e+003)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
6	8.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการตรวจสอบ ชิ้นงานได้กล้อง Microscope 10 เท่า	512.32	Uniform	$\text{UNIF}(498, 528)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน

ตารางที่ ก-14

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลิตภัณฑ์ Sleeve Muskier

ขั้นตอน ทำงาน หลัก	รายละเอียดงานย่อย	เวลามาตรฐาน ในการทำงาน (วินาที/Lot)	Distribution	Parameter	Uniformity Test (P-Value)		Independence Test (P-Value)	
					Kolmogorov- Smirnov	Anderson- Darling	above/below median	turning points
1	1.พนักงานนำงานออกจากเครื่องจักร *	9,600	Constant	-				
2	2.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้ววางลงบน อุปกรณ์การวัด แล้วเริ่มทำการตรวจสอบ หลังจากนั้น พนักงานนำชิ้นงานออกจากอุปกรณ์การวัดและวางคืนถาด	322.26	Triangular	TRIA(316, 322, 328)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
3	3.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการตรวจสอบ ชิ้นงานด้วยอุปกรณ์ตรวจสอบ	2048.72	Weibull	$1.78e+003 + WEIB(291, 2.16)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
4	4.พนักงานนำถาดใส่งานเข้าเครื่องล้าง	19.95	Lognormal	$16 + LOGN(4.09, 3.24)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
	5.เครื่องล้างทำการล้าง *	220	Constant	-				
	6.พนักงานนำถาดใส่งานออกจากเครื่องล้าง	21.31	Beta	$17 + 10 * BETA(2.5, 3.31)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
5	7.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการตรวจสอบ ชิ้นงานได้กล้อง Microscope 10 เท่า	2436.13	Normal	$NORM(2.44e+003, 72.3)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
6	8.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการตรวจสอบ ชิ้นงานได้กล้อง Microscope 10 เท่า	512.11	Weibull	$495 + 30 * BETA(0.855, 0.644)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน

ตารางที่ ก-15

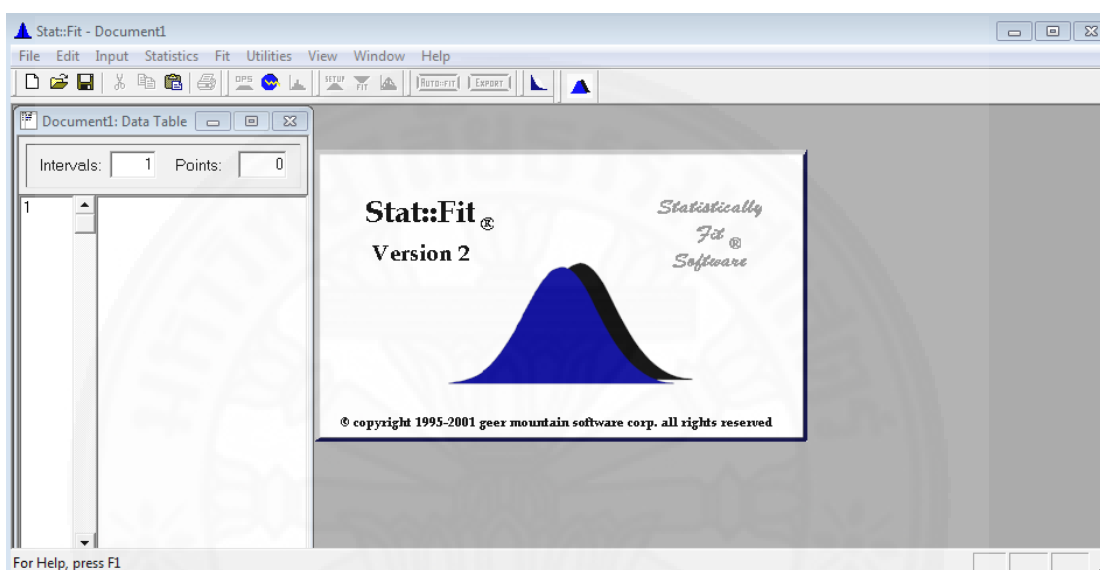
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลิตภัณฑ์ Shaft M7S

1	1.พนักงานนำงานออกจากเครื่องจักร *	45	Constant	-				
2	2.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้ววางลงบนอุปกรณ์การวัด แล้วเริ่มทำการตรวจสอบ หลังจากนั้นพนักงานนำชิ้นงานออกจากอุปกรณ์การวัดและวางคืน	351.72	Normal	NORM(352, 2.25)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
3	3.พนักงานนำถาดใส่งานเข้าเครื่องล้าง	17.28	Loglogistic	$16 + 3.36 * (1 / ((1 / U(0.5, 0.5)) - 1))^{**} (1 / 2.67)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
	4.เครื่องล้างทำการล้าง *	220	Constant	-				
	5.พนักงานนำถาดใส่งานออกจากเครื่องล้าง	18.45	Weibull	$17 + W(2.45, 4.86)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
4	6.พนักงานหยิบงานจากถาดวางใส่เครื่องขัดหยาบ พนักงานประคองชิ้นงานในระหว่างกระบวนการขัด หยาบพนักงานนำงานหยิบงานออกจากเครื่องขัดแล้ว	2776.00	Triangular	TRIA(2.48e+003, 2.85e+003, 3e+003)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
5	7.พนักงานเทงานจากถาดลงเครื่องขัดละเอียด	5.99	Normal	NORM(5.99, 0.559)	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
	8.เครื่องขัดละเอียดทำการขัดชิ้นงาน	600	Constant	-				
	9.พนักงานนำงานออกจากเครื่องขัดละเอียด	28.78	Weibull	$23 + WEIB(6.52, 2.14)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
6	10.พนักงานนำถาดใส่งานเข้าเครื่องล้าง	17.28	Loglogistic	$16 + 3.36 * (1 / ((1 / U(0.5, 0.5)) - 1))^{**} (1 / 2.67)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
	11.เครื่องล้างทำการล้าง *	220	Constant	-				
	12.พนักงานนำถาดใส่งานออกจากเครื่องล้าง	18.45	Weibull	$17 + W(2.45, 4.86)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
7	13.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการตรวจสอบชิ้นงานใต้กล้อง Microscope 10 เท่า	2848.23	Beta	$2.7e+003 + 417 * BETA(1.03, 1.91)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
8	14.พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากถาดแล้วทำการตรวจสอบชิ้นงานใต้กล้อง Microscope 10 เท่า	511.52	Weibull	$495 + 31 * BETA(1.13, 1.02)$	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและรูปแบบการแจกแจงข้อมูล

การพิจารณารูปแบบการแจกแจงของข้อมูลสามารถทำได้โดยการนำเวลามาตรฐานที่ได้จากเวลาการทำงานจริงที่จับได้ซึ่งผ่านการทดสอบความเชื่อมั่นแล้วใส่ในโปรแกรม Stat :: Fit



ภาพที่ ข-1 โปรแกรม Stat :: Fit

ยกตัวอย่างการวิเคราะห์รูปแบบการแจกแจงของเวลามาตรฐานในงานย่อยที่ 2 ในกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ SHT Grenada จากการนำข้อมูลทั้ง 50 ค่าใส่ในโปรแกรม Stat :: Fit จะได้ผลแสดงได้ดังภาพที่ ข-2 ถึง ภาพที่ ข-4

- มีรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลเป็นแบบ Beta(57., 69.9, 2.35, 2.21)
- การทดสอบความเท่าเทียม (Uniformity Test) ด้วย Kolmogorov-Sminov Test, Chi-Square และ Anderson-Darling พบว่าค่า P-Value มากกว่า 0.05 แสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการแจกแจงตัวอย่างและการแจกแจงทางทฤษฎี
- การทดสอบความเป็นอิสระ (Independence Test) ด้วย Run Test พบว่า ค่า P-Value มากกว่า 0.05 แสดงว่าข้อมูลตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน

Auto::Fit of Distributions		
distribution	rank	acceptance
Beta[57., 69.9, 2.35, 2.21]	100	do not reject
Johnson SB[57., 14.3, 0.139, 1.05]	98.8	do not reject
Weibull[57., 2.58, 7.57]	94.5	do not reject
Triangular[57., 70.8, 63.1]	90.4	do not reject
Gamma[57., 4.55, 1.48]	50.2	do not reject
Pearson 6[57., 1.12e+003, 4.57, 759]	49.6	do not reject
Erlang[57., 5., 1.35]	48.	do not reject
LogLogistic[57., 3.52, 6.34]	43.5	do not reject
Chi Squared[57., 6.98]	41.3	do not reject

ภาพที่ ข-2 รูปแบบการแจกแจงของข้อมูลและการทดสอบความเหมาะสมของงานย่อยที่ 1

Beta		
minimum	=	57. [fixed]
maximum	=	69.88
p	=	2.34804
q	=	2.21452
Kolmogorov-Smirnov		
data points		50
ks stat		5.25e-002
alpha		5.e-002
ks stat[50,5.e-002]		0.188
p-value		0.998
result		DO NOT REJECT
Anderson-Darling		
data points		49
ad stat		0.194
alpha		5.e-002
ad stat[5.e-002]		2.49
p-value		0.992
result		DO NOT REJECT

ภาพที่ ข-3 การทดสอบความเท่าเทียม (Uniformity Test)

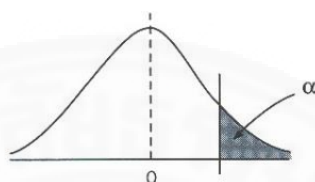
runs test on input	
runs test (above/below median)	
data points	50
points above median	25
points below median	25
total runs	26
mean runs	26.
standard deviation runs	3.49927
runs statistic	0.
level of significance	5.e-002
runs statistic(2.5e-002)	1.95996
p-value	1.
result	DO NOT REJECT
runs test (turning points)	
data points	50
turning points	29
mean turnings	33.
standard deviation turnings	2.92689
turnings statistic	1.36664
level of significance	5.e-002
turnings statistic(2.5e-002)	1.95996
p-value	0.171738
result	DO NOT REJECT

ภาพที่ ข-4 การทดสอบความเป็นอิสระ (Independence Test)

ภาคผนวก ค
ตารางแจกแจงความน่าจะเป็นทางสถิติ

ตารางผนวก ค-1

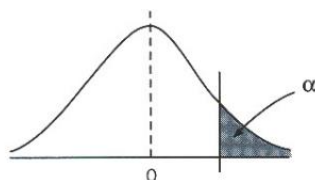
ค่าของ t ภายใต้ความน่าจะเป็น α ที่มากกว่าค่าที่กำหนด



df	0.4	0.3	0.2	0.1	0.05	0.04	0.02	0.01	0.005
1	1.376	1.963	3.078	6.314	12.710	15.890	31.820	63.660	127.300
2	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	4.849	6.965	9.925	14.090
3	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	3.482	4.541	5.841	7.453
4	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	2.999	3.747	4.604	5.598
5	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	2.757	3.365	4.032	4.773
6	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	2.612	3.143	3.707	4.317
7	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.517	2.998	3.499	4.029
8	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.449	2.896	3.355	3.833
9	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.398	2.821	3.250	3.690
10	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.359	2.764	3.169	3.581
11	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.328	2.718	3.106	3.497
12	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.303	2.681	3.055	3.428
13	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.282	2.650	3.012	3.372
14	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.264	2.624	2.977	3.326
15	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.249	2.602	2.947	3.286
16	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.235	2.583	2.921	3.252
17	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.224	2.567	2.898	3.222
18	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.214	2.552	2.878	3.197
19	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.205	2.539	2.861	3.174
20	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.197	2.528	2.845	3.153

ตารางผนวก ค-1 (ต่อ)

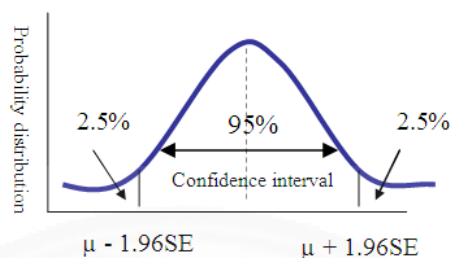
ค่าของ t ภายใต้ความน่าจะเป็น α ที่มากกว่าค่าที่กำหนด



df	0.4	0.3	0.2	0.1	0.05	0.04	0.02	0.01	0.005
21	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.189	2.518	2.831	3.135
22	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.183	2.508	2.819	3.119
23	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.177	2.500	2.807	3.104
24	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.172	2.492	2.797	3.091
25	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.167	2.485	2.787	3.078
26	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.162	2.479	2.779	3.067
27	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.150	2.473	2.771	3.057
28	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.154	2.467	2.763	3.047
29	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.150	2.462	2.756	3.038
30	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.147	2.457	2.750	3.030
40	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.123	2.423	2.704	2.971
50	0.849	1.047	1.295	1.676	2.009	2.109	2.403	2.678	2.937
60	0.848	1.045	1.296	1.671	2.000	2.099	2.390	2.660	2.915
80	0.846	1.043	1.292	1.664	1.990	2.088	2.374	2.639	2.887
100	0.845	1.042	1.290	1.660	1.984	2.081	2.364	2.626	2.871
1000	0.842	1.037	1.282	1.646	1.962	2.056	2.330	2.581	2.813
inf.	0.841	1.036	1.282	1.640	1.960	2.054	2.326	2.576	2.807

ตารางผนวก ค-2

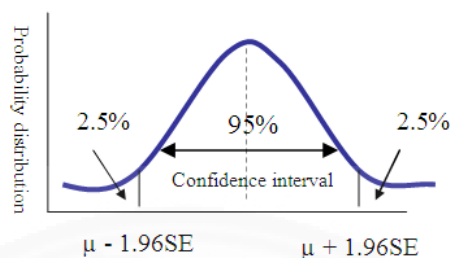
Negative Z-scores Chart



z	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0
-3.4	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
-3.3	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0005
-3.2	0.0005	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0007	0.0007
-3.1	0.0007	0.0007	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0009	0.0009	0.0009	0.001
-3	0.001	0.001	0.0011	0.0011	0.0011	0.0012	0.0012	0.0013	0.0013	0.0013
-2.9	0.0014	0.0014	0.0015	0.0015	0.0016	0.0016	0.0017	0.0018	0.0018	0.0019
-2.8	0.0019	0.002	0.0021	0.0021	0.0022	0.0023	0.0023	0.0024	0.0025	0.0026
-2.7	0.0026	0.0027	0.0028	0.0029	0.003	0.0031	0.0032	0.0033	0.0034	0.0035
-2.6	0.0036	0.0037	0.0038	0.0039	0.004	0.0041	0.0043	0.0044	0.0045	0.0047
-2.5	0.0048	0.0049	0.0051	0.0052	0.0054	0.0055	0.0057	0.0059	0.006	0.0062
-2.4	0.0064	0.0066	0.0068	0.0069	0.0071	0.0073	0.0075	0.0078	0.008	0.0082
-2.3	0.0084	0.0087	0.0089	0.0091	0.0094	0.0096	0.0099	0.0102	0.0104	0.0107
-2.2	0.011	0.0113	0.0116	0.0119	0.0122	0.0125	0.0129	0.0132	0.0136	0.0139
-2.1	0.0143	0.0146	0.015	0.0154	0.0158	0.0162	0.0166	0.017	0.0174	0.0179
-2	0.0183	0.0188	0.0192	0.0197	0.0202	0.0207	0.0212	0.0217	0.0222	0.0228
-1.9	0.0233	0.0239	0.0244	0.025	0.0256	0.0262	0.0268	0.0274	0.0281	0.0287
-1.8	0.0294	0.0301	0.0307	0.0314	0.0322	0.0329	0.0336	0.0344	0.0351	0.0359
-1.7	0.0367	0.0375	0.0384	0.0392	0.0401	0.0409	0.0418	0.0427	0.0436	0.0446

ตารางผนวก ค-2 (ต่อ)

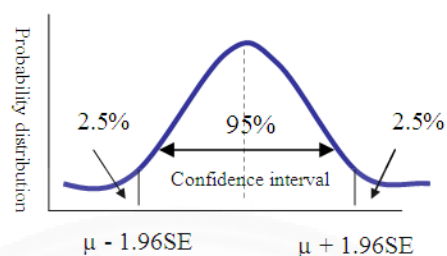
Negative Z-scores Chart



z	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0
-1.6	0.0455	0.0465	0.0475	0.0485	0.0495	0.0505	0.0516	0.0526	0.0537	0.0548
-1.5	0.0559	0.0571	0.0582	0.0594	0.0606	0.0618	0.063	0.0643	0.0655	0.0668
-1.4	0.0681	0.0694	0.0708	0.0721	0.0735	0.0749	0.0764	0.0778	0.0793	0.0808
-1.3	0.0823	0.0838	0.0853	0.0869	0.0885	0.0901	0.0918	0.0934	0.0951	0.0968
-1.2	0.0985	0.1003	0.102	0.1038	0.1056	0.1075	0.1093	0.1112	0.1131	0.1151
-1.1	0.117	0.119	0.121	0.123	0.1251	0.1271	0.1292	0.1314	0.1335	0.1357
-1	0.1379	0.1401	0.1423	0.1446	0.1469	0.1492	0.1515	0.1539	0.1562	0.1587
-0.9	0.1611	0.1635	0.166	0.1685	0.1711	0.1736	0.1762	0.1788	0.1814	0.1841
-0.8	0.1867	0.1894	0.1922	0.1949	0.1977	0.2005	0.2033	0.2061	0.209	0.2119
-0.7	0.2148	0.2177	0.2206	0.2236	0.2266	0.2296	0.2327	0.2358	0.2389	0.242
-0.6	0.2451	0.2483	0.2514	0.2546	0.2578	0.2611	0.2643	0.2676	0.2709	0.2743
-0.5	0.2776	0.281	0.2843	0.2877	0.2912	0.2946	0.2981	0.3015	0.305	0.3085
-0.4	0.3121	0.3156	0.3192	0.3228	0.3264	0.33	0.3336	0.3372	0.3409	0.3446
-0.3	0.3483	0.352	0.3557	0.3594	0.3632	0.3669	0.3707	0.3745	0.3783	0.3821
-0.2	0.3829	0.3897	0.3936	0.3974	0.4013	0.4052	0.409	0.4129	0.4168	0.4207
-0.1	0.4247	0.4286	0.4325	0.4364	0.4404	0.4443	0.4483	0.4522	0.4562	0.4602
0	0.4641	0.4681	0.4721	0.4761	0.4801	0.484	0.488	0.492	0.496	0.5

ตารางผนวก ค-3

Positive Z-scores Chart



z	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0	0.5	0.504	0.508	0.512	0.516	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.591	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.648	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.67	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.695	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.719	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.758	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.791	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.834	0.8365	0.8389
1	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.877	0.879	0.881	0.883
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.898	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.937	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายเกษมสันต์ ไชยคุณ
วันเดือนปีเกิด	13 มิถุนายน 2526
วุฒิการศึกษา	ปริญญาตรี
ระดับปริญญาตรี	ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งและประวัติการทำงาน	
2558 – ปัจจุบัน	วิศวกรรมควบคุมคุณภาพ Schaeffler (Thailand) Co., Ltd.
2556 – 2558	วิศวกรรมควบคุมคุณภาพ Honda Access Asia & Oceania Co., Ltd.
2550 – 2556	วิศวกรแผนกควบคุมกระบวนการผลิต Seiko Instrument (Thailand) Co., Ltd.