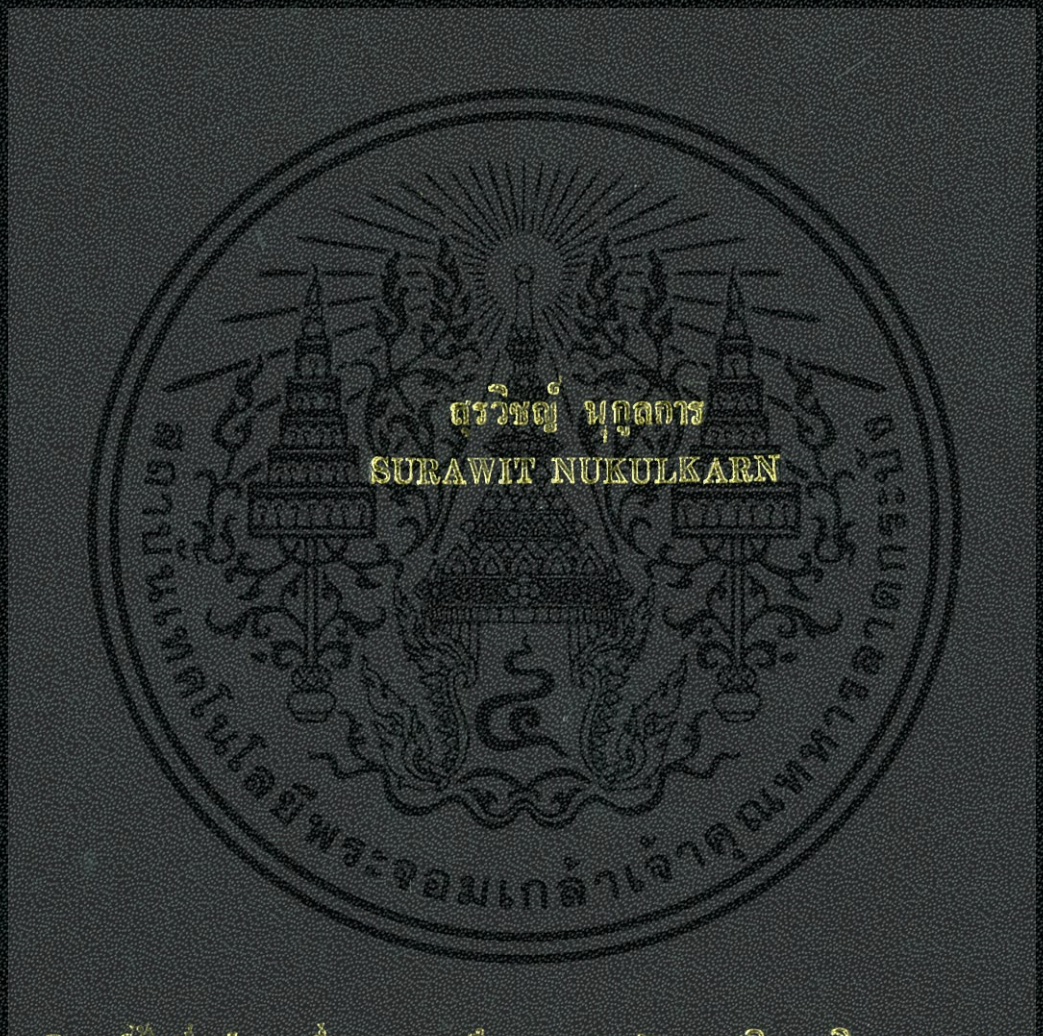
การจำลองสถานการณ์เพื่อปรับปรุงผลิตภาพ กรณีศึกษา สายการผลิตหัวลูกหมาก

SIMULATION FOR IMPROVING THE PRODUCTIVITY A CASE STUDY OF KNUCKLE PRODUCTION RINE



สุรวิชญ์ นุกูลการ

SURAWIT NUKULKARN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถิติประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2557

KMITL-2014-SC-M-050-006

การจำลองสถานการณ์เพื่อปรับปรุงผลิตภาพ
กรณีศึกษา สายการผลิตหัวลูกหมาก

SIMULATION FOR IMPROVING THE PRODUCTIVITY
A CASE STUDY OF KNUCKLE PRODUCTION LINE

สุรวิชญ์ นุกูลการ

SURAWIT NUKULKARN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถิติประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2557

KMITL-2014-SC-M-050-006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SIMULATION FOR IMPROVING THE PRODUCTIVITY
A CASE STUDY OF KNUCKLE PRODUCTION LINE

SURAWIT NUKULKARN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN APPLIED STATISTICS

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2014

KMITL-2014-SC-M-050-006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2014

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การจำลองสถานการณ์เพื่อปรับปรุงผลิตภาพกรณีศึกษา สายการผลิตหัวลูกหมาก
Simulation for Improving the Productivity : A Case Study of Knuckle Production Line

นักศึกษา นายสุรวิชญ์ นุกูลการ
รหัสประจำตัว 52651509
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา สถิติประยุกต์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.วลัยลักษณ์ อัตธีรวงศ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.สมศรี	บัณฑิตวิไล	
ดร.ชานินทร์	ศรีสุวรรณนภา	
ผศ.เจริญชัย	โขมพัตราภรณ์	
รศ.ดร.วลัยลักษณ์	อัตธีรวงศ์	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 10 เมษายน พ.ศ. 2557 เวลา 15.00 – 18.00 น.
สถานที่สอบ ณ ห้อง 115 ชั้น 1 อาคารจุฬาภรณวลัยลักษณ์ 1

คณะวิทยาศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.ดุษณี ธนะบริพัฒน์)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

วันที่ 21 **เดือน** มี.ค. **พ.ศ.** 57

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจำลองสถานการณ์เพื่อปรับปรุงผลิตภาพ กรณีศึกษา สายการผลิตหัวลูกหมาก
นักศึกษา	นาย สุรวิชญ์ นุกูลการ
รหัสประจำตัว	52651509
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สถิติประยุกต์
พ.ศ.	2557
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.วลัยลักษณ์ อัตธีรวงศ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลผลิตของชิ้นส่วนรถยนต์ประเภทหัวลูกหมากให้สามารถรองรับการขยายตัวของอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์ (Simulation) มาช่วยวิเคราะห์ระบบการผลิตและหาแนวทางการปรับปรุงเปรียบเทียบกำไร ต้นทุนที่เกิดขึ้น งานวิจัยเริ่มจากการศึกษาระบบการผลิต ทำการเก็บข้อมูลเวลาเพื่อนำมาใช้สร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena และตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยการทดสอบทางสถิติด้วยวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเวลาทั้งสองกลุ่ม (t-test) จากนั้นทำการกำหนดแนวทางการปรับปรุงไว้ 3 แนวทาง ได้แก่ (1) เปลี่ยนประเภทของมีดและย้ายเครื่องจักร (2) เปลี่ยนประเภทของมีดกลึงและสลับขั้นตอนการผลิต (3) เพิ่มเครื่องจักร สลับขั้นตอนการผลิตและเปลี่ยนประเภทของมีดกลึง ผลจากการรันและวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าแนวทางปรับปรุงที่ 2 ให้ผลลัพธ์ที่ดีในกรณีเลือกปรับปรุงโดยไม่เพิ่มเครื่องจักร สามารถลดระยะทางการขนส่งได้ 305 เมตร จากเดิม 740 เมตร คงเหลือ 435 เมตรหรือคิดเป็นร้อยละ 41.21% เวลาการขนส่งเฉลี่ยรวมลดลงจากเดิม 4.59 เป็น 2.77 นาที หรือลดลงคิดเป็น 39.65% เวลารวมที่ชิ้นงานอยู่ในระบบลดลงจากเดิม 197.46 เป็น 187.21 นาที หรือลดลงคิดเป็น 5.19% จำนวนชิ้นงานเพิ่มขึ้น 70 ชิ้น จากเดิม 1,872 เป็น 1,942 ชิ้น หรือเพิ่มขึ้นคิดเป็น 3.74% มีกำไรหลังจากหักต้นทุน 567,846 บาทต่อปี สำหรับแนวทางการปรับปรุงที่ 3 เหมาะสมที่จะใช้เมื่อความต้องการซื้อจากลูกค้ามีปริมาณมากจนเกินความสามารถในการผลิตในปัจจุบัน ซึ่งต้องใช้เงินลงทุนประมาณ 8,680,000 บาท สามารถลดเวลารวมที่ชิ้นงานอยู่ในระบบลงจากเดิม 197.46 เป็น 148.85 นาที หรือลดลงคิดเป็น 24.61% จำนวนชิ้นงานเพิ่มขึ้น 173 ชิ้น จากเดิม 1,872 เป็น 2,045 ชิ้น หรือเพิ่มขึ้นคิดเป็น 9.24% มีกำไรหลังจากหักต้นทุน 1,385,736 บาทต่อปี ระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 6.26 ปี อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน เท่ากับ 15.96 % และจุดคุ้มทุนของการผลิตเท่ากับ 163,774 ชิ้น

คำสำคัญ: การจำลองสถานการณ์, ผังโรงงาน, การปรับปรุงกระบวนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Simulation for Improving the Productivity A Case Study of Knuckle Production Line
Student	Surawit Nukulkarn
Student ID	52651509
Degree	Master of Science
Program	Applied Statistics
Year	2014
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Walailak Atthirawong

ABSTRACT

The objective of this research was to increase productivity of automotive part "Knuckle" to support an increasing market demand in the automotive industry by employing simulation technique to analyze manufacturing system and to find possible ways to improve productivity by comparing between profit and cost investment. This study started by learning the manufacturing process. Data of observed time were collected to execute the simulation model by using Arena program. The model was validated by using statistical t-test to comparing the average time spent in each group between actual situation and simulation results. Three scenarios are purposed i.e. (1) Change an inserted tooling which is more durable and re-layout some machine, (2) Change an inserted tooling which is more durable and switch process, and (3) Add machinery, change an inserted tooling which is more durable and switch process.

Results from the simulation revealed that scenario 2 was better than the others. The comparison result found that scenario 2 was better than scenario 1 which could reduce an average total transportation distance 305 m. from 740 m. to 435 m. or 41.21%. Average total transportation time reduced from 4.59 to 2.77 minute or 39.65%. Total time reduced from 197.46 to 187.21 minute or 5.19%. Manufactured parts have increased to 70 pieces from 1,872 to 1,942 pieces or 3.74%. The net profit has grown to 567,846 Baht/Year after changing the tooling type. For scenario 3 is appropriate whenever demands from customers are higher than the current capacity of the machine by investing around 8,680,000 baht. This could reduce a total time from 197.46 to be 148.85 minute or 24.61%. Manufactured parts increased to 173 pieces from 1,872 to be 2,045 pieces or 9.24% and having net

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

profit after changing tooling type 1,385,736 Baht/Year which will have a Payback Period within 6.26 year, Rate of Return on Investment (ROI) is 15.96% and break-even point is 163,774 pieces.

Keywords: Arena, Plant Layout, Improving Process

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาจาก รศ.ดร.วลัยลักษณ์ อัตธีรวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา และเสนอแนะแนวทางแก้ปัญหา รวมทั้งตรวจแก้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์เพิ่มขึ้น ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สมศรี บัณฑิตวิไล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ดร.ชานินทร์ ศรีสุวรรณนภา และ ผศ.ดร. เจริญชัย โขมพัตราภรณ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา เสนอแนะแนวทางแก้ปัญหา และช่วยตรวจสอบเพิ่มความสมบูรณ์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาสถิติประยุกต์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกให้การทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้สำเร็จไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณบริษัทผลิตเหล็กหล่อ ที่ได้อนุเคราะห์สถานที่ในการศึกษาข้อมูลรวมถึงได้ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลต่าง ๆ เป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำ ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และบุคคลในครอบครัว ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน รวมทั้ง เพื่อน พี่ น้อง ที่เป็นกำลังใจให้ตลอดมา

สุรวิชญ์ นุกูลการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	IV
สารบัญ	V
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	**5**
2.1 กระบวนการผลิต	5
2.1.1 งานหล่อ (Casting)	5
2.1.2 การทำความสะอาดผิวชิ้นงานและการชุบสี (Cleaning and Dipping)	6
2.1.3. การแปรรูป (Machining)	10
2.2 การวิเคราะห์งาน	11
2.2.1 การศึกษาเวลา (Time Study)	12
2.2.2 การวางผังโรงงาน (Plant Layout)	13
2.3 ทฤษฎีการจำลองสถานการณ์	14
2.3.1 ระบบงาน	14
2.3.2 แบบจำลอง	16
2.3.3 การจำลองแบบปัญหาด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	22
2.4 ทฤษฎีสถิติ	29
2.4.1 ทฤษฎีลิมิตเข้าสู่ส่วนกลาง (Central Limit Theorem)	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	30
2.5.1 การทดสอบโคโมโกรอฟ-สเมียร์นอฟ (Kolmogorov-Smirnov Test)	30
2.5.2 การทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square Test)	31
2.5.3 สถิติทดสอบ t-test เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 กลุ่ม	31
2.6 การวิเคราะห์ต้นทุน	33
2.6.1 การตัดสินใจลงทุนโดยเกณฑ์แบบไม่ปรับค่าเวลา	34
2.6.2 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน	34
2.7 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	35
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	**38**
3.1 ศึกษาระบบการผลิตชิ้นงานประเภทหัวลูกหมาก	38
3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล	44
3.3 การวิเคราะข้อมูล	45
3.3.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล	45
3.3.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	46
3.3.3 วิเคราะห์ต้นทุน	46
บทที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล	**47**
4.1 ข้อมูลระบบกระบวนการผลิต	47
4.1.1 ปริมาณการผลิตชิ้นงานหัวลูกหมากที่ได้ต่อวัน	47
4.1.2 ระยะทางการขนส่งระหว่างสถานี	48
4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลการจำลองสถานการณ์	48
4.2.1 แบบจำลองการผลิตชิ้นส่วนหัวลูกหมากในรูปแบบปัจจุบัน	48
4.2.2 แนวทางการปรับปรุงแบบจำลอง	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	**70**
5.1 สรุปผลการวิจัย	70
5.2 ข้อเสนอแนะ	72
บรรณานุกรม	73
ภาคผนวก	75
ประวัติผู้เขียน	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	องค์ประกอบ ลักษณะเฉพาะตัว และกิจกรรมของระบบการผลิต	15
3.1	แสดงเวลาและกิจกรรมระหว่างการผลิต	38
4.1	ปริมาณการผลิตชิ้นงานหัวลูกหมากเฉลี่ยต่อวัน	47
4.2	ระยะทางการขนส่งระหว่างสถานี	48
4.3	รูปแบบการแจกแจงของข้อมูลเวลาการผลิต	49
4.4	รูปแบบการแจกแจงของข้อมูลเวลาการขนส่งระหว่างสถานี	51
4.5	แสดงการตรวจสอบความสมเหตุผล ข้อมูลจริงเปรียบเทียบกับแบบจำลองปัจจุบัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (α = 0.05)	56
4.6	ข้อมูลการผลิตชิ้นงานประเภทหัวลูกหมากจากโปรแกรม Arena	58
4.7	ระยะทางการขนส่งระหว่างสถานีหลังปรับปรุงแบบที่ 1	60
4.8	ข้อมูลการผลิตชิ้นงานตามแนวทางการปรับปรุงแบบที่ 1 จากโปรแกรม Arena	61
4.9	แสดงต้นทุนในการเปลี่ยนมีดกลึงต่อวันตามแบบที่ 1	62
4.10	แสดงต้นทุนและกำไรจากการปรับปรุงตามแบบที่ 1	62
4.11	ระยะทางการขนส่งระหว่างสถานีหลังปรับปรุงแบบที่ 2	63
4.12	ข้อมูลการผลิตชิ้นงานตามแนวทางการปรับปรุงแบบที่ 2 จากโปรแกรม Arena	64
4.13	แสดงต้นทุนในการเปลี่ยนมีดกลึงต่อวันตามแบบที่ 2	65
4.14	แสดงต้นทุนและกำไรจากการปรับปรุงตามแบบที่ 2	65
4.15	ตารางเปรียบเทียบระหว่างแนวทางการปรับปรุงแบบที่ 1 และ 2	66
4.16	จำนวนชิ้นงานที่สามารถผลิตได้ต่อเดือนของแต่ละสถานการณ์	66
4.17	ข้อมูลการผลิตชิ้นงานตามแนวทางการปรับปรุงแบบที่ 3 จากโปรแกรม Arena	67
4.18	แสดงต้นทุนในการเปลี่ยนมีดกลึงต่อวัน	68
4.19	แสดงต้นทุนและกำไรจากการปรับปรุงตามแบบที่ 3	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	สรุปยอดการผลิตรถยนต์ภายในประเทศไทย (พ.ศ. 2544-2556)	1
1.2	สรุปยอดการส่งออกรถยนต์ (พ.ศ. 2544-2556)	2
1.3	หัวลูกหมาก (Knuckle)	4
2.1	ส่วนประกอบของแบบหล่อ	6
2.2	ขั้นตอนการชุบเคลือบผิว	7
2.3	การทำความสะอาดด้วยด่าง	7
2.4	การทำความสะอาดด้วยไอระเหย	8
2.5	การทำความสะอาดการพ่นด้วยอนุภาค	9
2.6	การทำความสะอาดแบบถังหมุน	9
2.7	การเคลือบผิวโลหะแบบอิเล็กโทรดิโพซิชั่น	10
2.8	กระบวนการแปรรูปในงานวิศวกรรม	11
2.9	ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองโปรแกรม	20
2.10	การตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง	21
2.11	กระบวนการปรับแบบจำลอง	22
2.12	ตัวอย่างส่วนประกอบหน้าจอโปรแกรม Arena	23
2.13	หน้าต่างแสดงขั้นตอนการแก้ไขข้อมูลบนตำแหน่งหน่วยโครงสร้าง	25
2.14	ค่าการแจกแจงของข้อมูลตามลำดับค่า Sum Square Error (SSE) จากน้อยไปมาก	26
2.15	รูปแบบการแจกแจง จากข้อมูลดิบ	27
2.16	หน้าต่างของ Run Setup	27
2.17	รายงานผลแบ่งตามประเภททางสถิติ	29
2.18	แผนภูมิแสดงการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน	35
3.1	แผนผังแสดงการผลิตชิ้นงานประเภทหัวลูกหมาก	39
3.2	ขั้นตอนการผลิตชิ้นงาน	40
3.3	กระบวนการหล่อเหล็ก	41
3.4	กระบวนการเจียรแต่ง	41
3.5	กระบวนการแปรรูปเบื้องต้น	42
3.6	กระบวนการชุบสี	42
3.7	กระบวนการแปรรูป	43
3.8	กระบวนการตรวจสอบชิ้นงาน	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

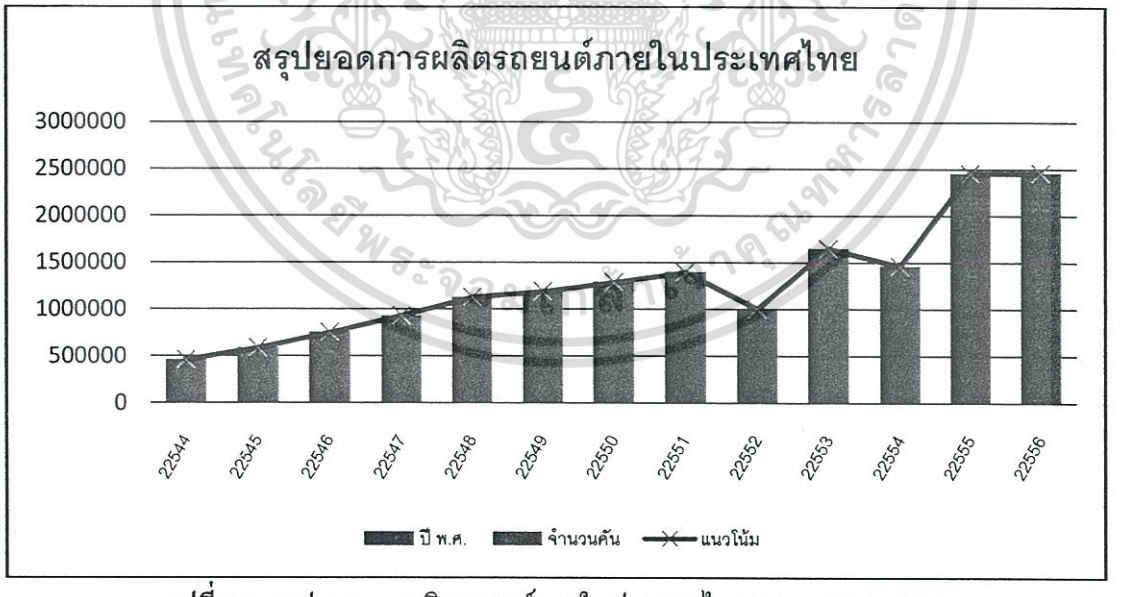
รูปที่		หน้า
3.9	กระบวนการบรรจุหีบห่อ	44
4.1	กราฟแสดงชิ้นงานรอเข้าสู่กระบวนการผลิตตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดกระบวนการใน 1 วัน	54
4.2	แบบจำลองการผลิตชิ้นส่วนหัวลูกหมากในรูปแบบปัจจุบัน	55
4.3	แผนผังแสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของการผลิตชิ้นงานหัวลูกหมากสภาพปัจจุบัน	59
4.4	แผนผังแสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ตามแนวทางการปรับปรุงที่ 1	60
4.5	แผนผังแสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ตามแนวทางการปรับปรุงที่ 2	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

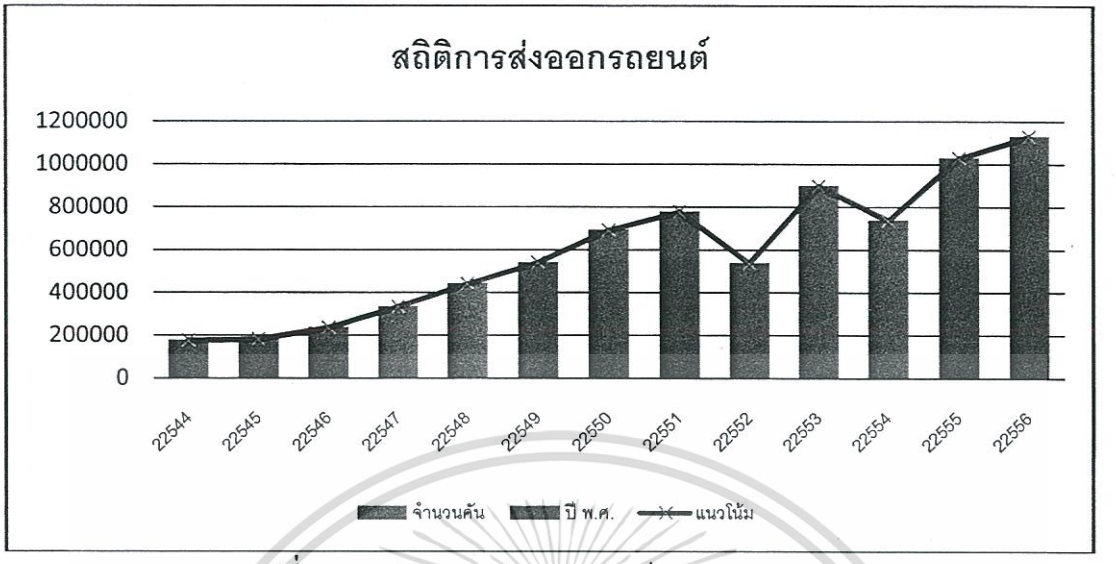
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สืบเนื่องจากสภาวะทางเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมรถยนต์ในประเทศมีการขยายตัวและเป็นที่ต้องการของลูกค้าเป็นจำนวนมากซึ่งส่งผลจากหลายปัจจัย ได้แก่ ยอดค้างส่งช่วงที่เกิดภัยธรรมชาติทำให้ไม่สามารถดำเนินการผลิตได้ นโยบายการลดภาษีสำหรับรถคันแรก การส่งออกรถยนต์ไปยังต่างประเทศ การย้ายฐานการผลิตจากประเทศที่ค่าครองชีพสูงกว่ามาที่ประเทศไทย ดังเช่นข้อมูลจากสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย พบว่าปี 2555 อุตสาหกรรมรถยนต์มีการขยายตัวอย่างมาก มีปริมาณการผลิตรถยนต์จำนวน 2,453,717 คัน เมื่อเปรียบเทียบกับปี 2554 เพิ่มขึ้นร้อยละ 40.59 ดังรูปที่ 1.1 โดยมีอัตราส่วนการส่งออก 44.33% ดังรูปที่ 1.2 และคาดการณ์ว่า จะสามารถผลิตรถยนต์ได้ 3,000,000 คัน ในปี 2560 ประกอบกับการที่ประเทศไทยจะก้าวสู่การเป็นประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนในปี 2558 ทำให้ได้ประโยชน์ทางด้านภาษี ดังนั้นจึงคาดการณ์ได้ว่าอุตสาหกรรมรถยนต์ในประเทศไทยจะมีอัตราการขยายตัวสูงขึ้น



รูปที่ 1.1 สรุปยอดการผลิตรถยนต์ภายในประเทศไทย (พ.ศ. 2544-2556)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.2 สรุปยอดการส่งออกรถยนต์ (พ.ศ. 2544-2556)

โรงงานผลิตเหล็กหล่อที่ผู้วิจัยใช้เป็นกรณีศึกษาเริ่มก่อตั้งเมื่อปี พ.ศ.2544 ที่จังหวัดชลบุรี โดยการร่วมทุนระหว่างนักลงทุนชาวไทยและญี่ปุ่น มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตและจำหน่ายเหล็กหล่อให้แก่โรงงานอุตสาหกรรมหลากหลายรูปแบบ โดยมีกลุ่มลูกค้าหลักคือธุรกิจยานยนต์และเครื่องจักรกลทางการเกษตร ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกชิ้นงานประเภทหัวลูกหมาก (Knuckle) เนื่องจากมีปริมาณการสั่งซื้อสูง ซึ่งในอนาคตมีแผนที่จะสั่งซื้อเพิ่มมากขึ้นเพื่อรองรับรถยนต์ขนาดเล็ก (E-Co car) จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า ทิศทางการเคลื่อนที่ของระบบการผลิตไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน มีชิ้นงานรอระหว่างกระบวนการผลิตจำนวนมากและมีการทำงานล่วงเวลาซึ่งทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่มากกว่าปกติ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้มุ่งเน้นการปรับปรุงระบบเพื่อเพิ่มผลผลิตด้วยวิธีการจำลองสถานการณ์ (Simulation) จากนั้นทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยการทดสอบทางสถิติด้วยวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเวลาทั้งสองกลุ่ม (t-test) จากนั้นกำหนดแนวทางการปรับปรุงและจำลองสถานการณ์เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงที่เหมาะสมและนำไปวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาโครงการต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาระบบการผลิตชิ้นงานประเภทหัวลูกหมาก
2. เพื่อหาแนวทางในการผลิตชิ้นงานประเภทหัวลูกหมาก ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
3. เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์หลังจากทำการปรับปรุง
4. นำเสนอแนวทางการปรับปรุงต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

การวิจัยนี้ศึกษาระบบการผลิตชิ้นงานประเภทหัวลูกหมากในโรงงานผลิตเหล็กหล่อแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี โดยใช้เวลาในการผลิต 20 ชั่วโมงต่อวัน การทำงานเริ่มตั้งแต่กระบวนการผลิตเหล็กหล่อและสิ้นสุดเมื่อทำการบรรจุหีบห่อเพื่อรอส่งมอบให้ลูกค้า

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงสภาพปัจจุบันของระบบการผลิตชิ้นงานประเภทหัวลูกหมากเพื่อใช้หาแนวทางในการปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. แนวทางในการปรับปรุงระบบใหม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตและมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากยิ่งขึ้น

3. สามารถลดความเสี่ยงในการลงทุนกรณีที่คาดการณ์ผิด ซึ่งอาจเกิดค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง

1.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล Intel® Core2 Duo2.1 GHz, RAM 3070 Mb
2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์ ARENA
3. กล้องถ่ายรูปดิจิตอล
4. นาฬิกาจับเวลา

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

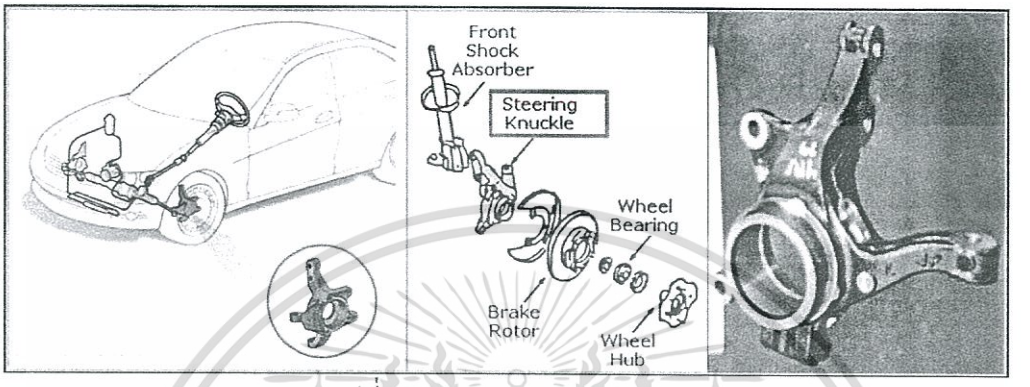
1. โรงงาน (Factory) พระราชบัญญัติโรงงาน (2535) เป็นอาคารสถานที่หรือยานพาหนะที่ใช้เครื่องจักร มีกำลังรวมตั้งแต่ 5 แรงม้าหรือใช้คนงานตั้งแต่ 7 คนขึ้นไปเพื่อประกอบกิจการต่าง ๆ เช่น การผลิต ประกอบหรือจัดเก็บ เป็นต้น

2. การวางผังโรงงาน สมศักดิ์ (2548) คือ การวางแผนเพื่อจัดวางเครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์ คนงาน วัตถุดิบ สิ่งอำนวยความสะดวกและสนับสนุนในการผลิตของโรงงานในตำแหน่งที่เหมาะสม เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

3. การจำลองสถานการณ์ คือ การสร้างตัวแบบเพื่อเลียนแบบพฤติกรรมของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติหรือที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาพฤติกรรมและนำไปสู่การทดลองดำเนินงานภายใต้เงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. หัวลูกหมาก (Knuckle) เป็นส่วนประกอบของชุดบังคับเลี้ยว ทำหน้าที่เป็นตัวส่งแรงจากพวงมาลัยเพื่อหมุนเพลาล้อให้เคลื่อนที่สำหรับควบคุมการเลี้ยว ซึ่งรถยนต์ 1 คันต้องใช้ 2 ชิ้น สำหรับด้านซ้ายและขวา ดังรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 หัวลูกหมาก (Knuckle)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองระบบสายการผลิตหัวลูกหมาก ครั้งนี้ แบ่งเป็น 7 ส่วนหลัก ดังต่อไปนี้

1. กระบวนการผลิต
2. การวิเคราะห์งาน
3. ทฤษฎีการจำลองแบบปัญหา
4. ทฤษฎีสถิติ
5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
6. การวิเคราะห์ต้นทุน
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

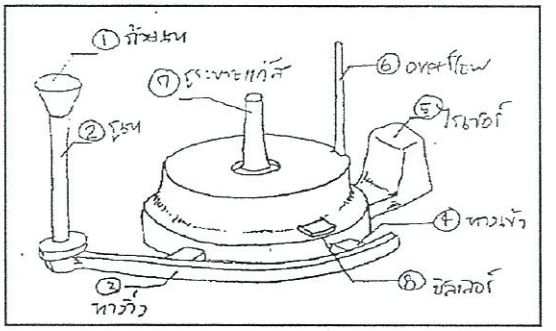
2.1 กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิต คือ การสร้างสิ่งหนึ่งสิ่งใดขึ้นมาจากการใช้ทรัพยากรหรือปัจจัยที่มีอยู่ โดยการดำเนินการผลิตจะเป็นไปตามลำดับขั้นตอนก่อนหลัง เพื่อแปลงวัตถุดิบที่มีอยู่ให้เป็นผลิตภัณฑ์ตามรูปแบบที่ต้องการ ซึ่งกระบวนการผลิตประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ ปัจจัยตั้งต้นในการผลิต (Input) กระบวนการผลิตหรือแปรรูป (Process) และ ผลิตภัณฑ์ที่ออกมาในรูปแบบสินค้าหรือบริการ (Output) (มานพ ตันตระบัณฑิตย์, 2537)

2.1.1 งานหล่อ (Casting)

การหล่อมีมาตั้งแต่สมัย 2,000 ปีก่อนคริสต์ศักราช ซึ่งกระบวนการต่าง ๆ จะคล้ายคลึงกับปัจจุบันโดยหลังจากหล่อชิ้นงานมาแล้ว จะนำไปตบแต่งให้ได้ขนาดด้วยเครื่องจักรกล กระบวนการหล่อประกอบด้วยการทำแบบ การหลอมโลหะด้วยอุณหภูมิสูงจากนั้นเทน้ำโลหะลงสู่แบบหล่อที่ทำด้วยทราย โลหะ ปูนพลาสเตอร์ เซรามิก หรือวัสดุทนความร้อนต่าง ๆ น้ำหนักของชิ้นงานอาจมีขนาดตั้งแต่ไม่ถึง 1 กิโลกรัมไปจนถึงหลายตัน โดยงานหล่อประกอบด้วย 8 ส่วนหลัก ดังรูปที่ 2.1 ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของแบบหล่อ
ที่มา : มานพ ตันตระบัณฑิตย์ (2537)

1. ถ้วยเท มีหน้าที่ช่วยให้การเทน้ำเหล็กจากเบ้าลงแบบทำได้ง่าย ช่วยป้องกันน้ำเหล็กไม่ให้ไหลออกไปสู่รอบนอก

2. รูเท มีหน้าที่ให้น้ำเหล็กไหลผ่านเข้าสู่ตัวชิ้นงาน เป็นวงจรแรกในการรับน้ำเหล็กในแนวดิ่งต่อเข้ากับทางวิ่ง

3. ทางวิ่ง คือ ส่วนเชื่อมต่อระหว่างรูเท และทางเข้า

4. ทางเข้า เป็นส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างทางวิ่งกับชิ้นงาน มีหน้าที่ควบคุมความเร็วและดักน้ำเหล็กก่อนเข้าสู่ชิ้นงาน

5. ไรเซอร์ ทำหน้าที่เสริมน้ำเหล็กให้ชิ้นงานขณะเย็นตัว เนื่องจากชิ้นงานจะเกิดการหดตัวเมื่ออุณหภูมิลดลง ดังนั้นไรเซอร์จึงป้องกันการหล่องานที่อาจทำให้ชิ้นงานไม่เต็มแบบ

6. รูระบายแก๊ส คือ ส่วนที่เป็นท่อกลมติดไว้กับชิ้นงานด้านบนเพื่อระบายแก๊สออกจากชิ้นงานและแบบหล่อ เนื่องจากอุณหภูมิที่ร้อนจากน้ำเหล็กจะมีแก๊ส หากไม่มีที่ระบายแก๊สจะดันตัวกลับทำให้เกิดปัญหากลวงภายในชิ้นงาน

7. รูระบายแก๊ส (Over Flow) ทำหน้าที่ระบายแก๊สภายในงานหล่อ ซึ่งหากไม่มีก็จะเกิดการดันตัวกลับของแก๊สทำให้เกิดการกลวงภายในชิ้นงาน

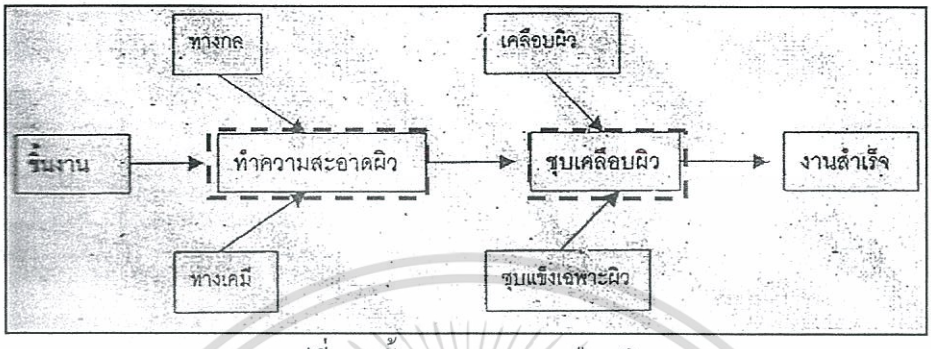
8. ชิลเลอร์ ทำหน้าลดอุณหภูมิของชิ้นงาน เพื่อปรับค่าคุณสมบัติทางกลให้ได้ตามที่ต้องการ

2.1.2 การทำความสะอาดผิวชิ้นงานและการชุบสี (Cleaning and Dipping)

การชุบเคลือบผิวชิ้นงานมีจุดประสงค์เพื่อทำให้ผิวชิ้นงานมีความเหมาะสมกับสภาพการใช้งาน เช่น ทนทานต่อการกัดกร่อนในสภาพแวดล้อมที่ไม่ปกติ แต่ก่อนที่จะทำการชุบสีจะต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีกระบวนการทำความสะอาดผิวชิ้นงาน ดังรูปที่ 2.2 เพื่อขจัดสิ่งสกปรกและปรับสภาพผิวชิ้นงานให้มีคุณสมบัติที่เหมาะสม ซึ่งวิธีการทำความสะอาดผิวมี 2 ประเภท คือ

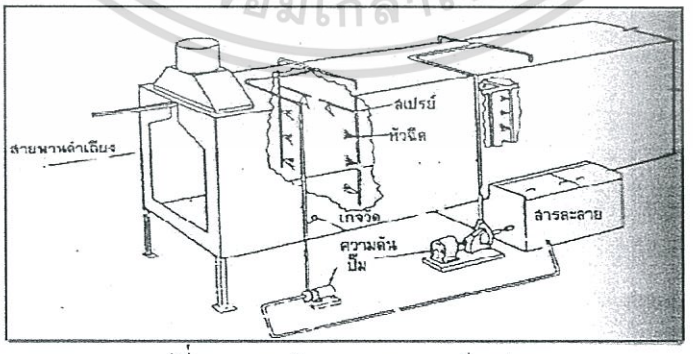


รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการชุบเคลือบผิว

ที่มา : มานพ ตันตระบัณฑิตย์ (2537)

1. การทำความสะอาดผิวด้วยสารเคมี เนื่องจากผิวหน้าชิ้นงานจะปกคลุมด้วยสารมากมายหลายชนิด เช่น คราบน้ำมัน ฝุ่นละออง และสารปนเปื้อนต่าง ๆ การเช็ดหรือล้างด้วยวิธีปกติ ไม่สามารถชะล้างสิ่งปนเปื้อนได้ เช่น การล้างน้ำมันด้วยน้ำ กระบวนการทำความสะอาดมี 5 วิธี ได้แก่

(1.) การทำความสะอาดด้วยด่าง (Alkaline Cleaning) เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในการกำจัดคราบน้ำมัน จารบี ไขมันและอนุภาคต่าง ๆ เช่น เศษโลหะ ด่างที่ใช้ประกอบด้วยน้ำที่มีสารละลายเกลือโซเดียมและโปรแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (NaOH, KOH) โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) บอแรกซ์ ($Na_2B_4O_7$) ฟอสเฟต ซิลิเกตของโซเดียมและโปแตสเซียม วิธีใช้ คือ การจุ่มหรือพ่นที่อุณหภูมิ 50-95 °C เหมาะกับงานที่ต้องการนำไปเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า ดังรูปที่ 2.3



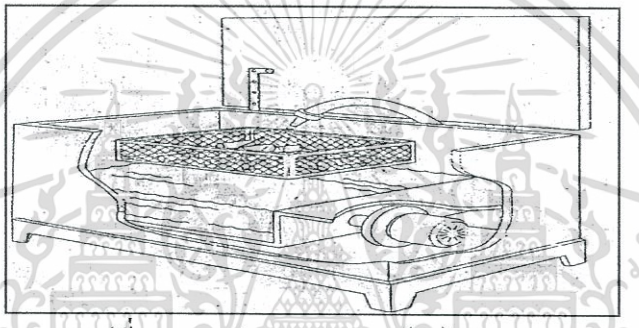
รูปที่ 2.3 การทำความสะอาดด้วยด่าง

ที่มา : มานพ ตันตระบัณฑิตย์ (2537)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2.) การทำความสะอาดด้วยอิมัลชัน (Emulsion Vapor Degreasing) ใช้สารละลายอินทรีย์ เช่น น้ำมันที่แทรกตัวผสมในน้ำจนกลมกลืน สามารถใช้ได้กับผิวงานที่เป็นโลหะและอโลหะ หลังจากนั้นควรล้างทำความสะอาดด้วยด่างอีกครั้งหนึ่ง

(3.) **การทำความสะอาดด้วยไอระเหย** (Solvent Cleaning) โดยสารอินทรีย์เพื่อขจัดคราบน้ำมัน จารบี ให้ออกไปจากผิวของโลหะ โดยการเช็ดจุ่มหรือพ่น การใช้ไอระเหย (Vapor Degreasing) ซึ่งเป็นไอร้อนจากคลอรีน หรือฟลูออรีน อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย ถังเปิดซึ่งบรรจุสารละลายร้อนไว้ด้านล่างซึ่งจะถูกต้มจนเป็นกลายเป็นไอลอยสู่ชิ้นงานที่วางอยู่ด้านบน เมื่อกระทบกับชิ้นงานที่มีความเย็นก็จะกลั่นตัวเป็นน้ำหยดลงมาที่ในถังพักวนใช้เรื่อยไป ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การทำความสะอาดด้วยไอระเหย
ที่มา : มานพ ตันตระบัณฑิตย์ (2537)

(4.) การทำความสะอาดด้วยกรด (Acid Cleaning) ใช้ในการกำจัดน้ำมันและออกไซด์ออกจากผิวหน้าโลหะ โดยการแช่ ฉีด พ่น โดยผสมกับน้ำ

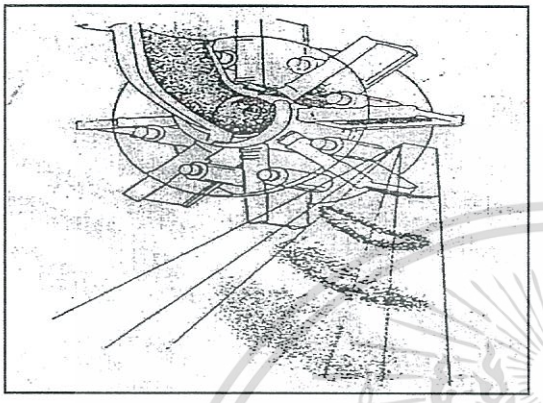
(5.) การทำความสะอาดด้วยอัลตร้าโซนิค (Ultrasonic Cleaning) วิธีนี้จะรวมเอาการทำความสะอาดทางเคมีและทางกลไว้ด้วยกันเป็นวิธีการทำความสะอาดที่ให้ประสิทธิภาพสูง สารทำความสะอาดจะเป็นด่างที่มีอุณหภูมิ 65-85 C และสั่นสะเทือนด้วยความถี่สูงประมาณ 20-45 กิโลเฮร์ตซ์

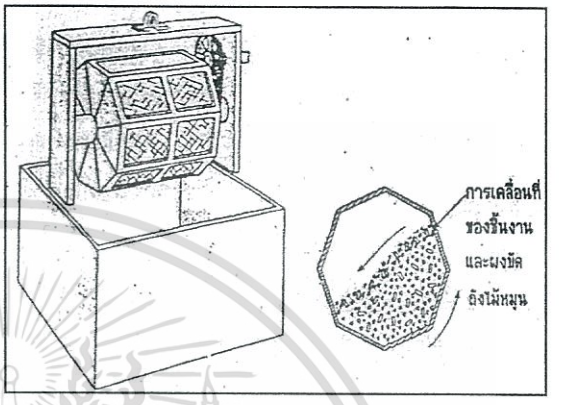
2. การทำความสะอาดผิวด้วยทางกล การทำความสะอาดด้วยวิธีนี้นอกจากจะทำให้ผิวชิ้นงานสะอาดแล้วยังช่วย กำจัดครีบ หรือความคมที่เกิดจากการแปรรูปอีกด้วย ซึ่งกระบวนการทำความสะอาดมี 2 วิธีหลัก คือ

(1.) การพ่นด้วยอนุภาค (Shot Blast Finishing) คือ การใช้อนุภาคที่มีความเร็วสูงวิ่งกระทบผิวของชิ้นงาน ส่วนใหญ่จะใช้การพ่นเม็ดทรายและอนุภาคเหล็ก ซึ่งพลังงานที่ใช้ส่งอนุภาคมี 2 ลักษณะ คือ ใช้ลมเป่ากระแทกและการใช้การหมุนเหวี่ยงกระทบอนุภาคสู่ชิ้นงาน ดังรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2.) การขัดแบบถังหมุน (Barrel Finishing) กระบวนการนี้ใช้ถังลักษณะเป็นเหลี่ยม ซึ่งมีผงขัดบรรจุไว้ภายใน ซึ่งลักษณะการทำงาน คือ ถังจะหมุนทำให้เกิดการขัดผิวชิ้นงานภายในถัง ดังรูปที่ 2.6



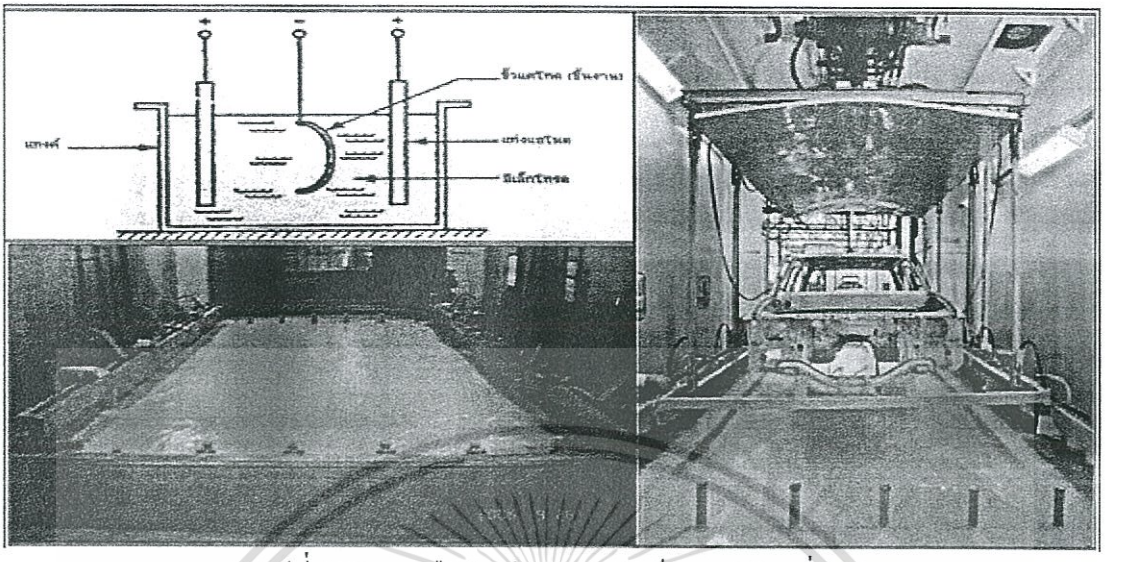


รูปที่ 2.5 การทำความสะอาดการพ่นด้วยอนุภาค **รูปที่ 2.6** การทำความสะอาดแบบถังหมุน

ที่มา : มานพ ตันตระบัณฑิตย์ (2537)

หลังจากที่ทำความสะอาดผิว สามารถนำชิ้นงานเข้าสู่ขบวนการชุบเคลือบผิว ซึ่งปัจจุบันการชุบเคลือบผิวโลหะที่ใช้กันอย่างแพร่หลายจะใช้ปฏิกริยาทางไฟฟ้าหรือที่เรียกว่า อิเล็กโทรดิโพซิชั่น (Electro Deposition Painting: EDP) เนื่องจากสามารถใช้กับชิ้นงานที่มีโครงสร้างซับซ้อน โดย EDP จะมีความทนทานต่อการกัดกร่อนสูงและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยเนื่องจากไม่มีสารประกอบมีพิษ เช่น ตะกั่ว (Lead) แคดเมี่ยม (Cadmium) ปรอท (Mercury) โครเมี่ยม (Chromium) ทำให้เป็นที่นิยมในอุตสาหกรรม รถยนต์ รถจักรยานยนต์เครื่องใช้ไฟฟ้า ไฟฟ้า เฟอร์นิเจอร์และวัสดุต่าง ๆ ที่ต้องการความคงทนต่อการกัดกร่อน ดังรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



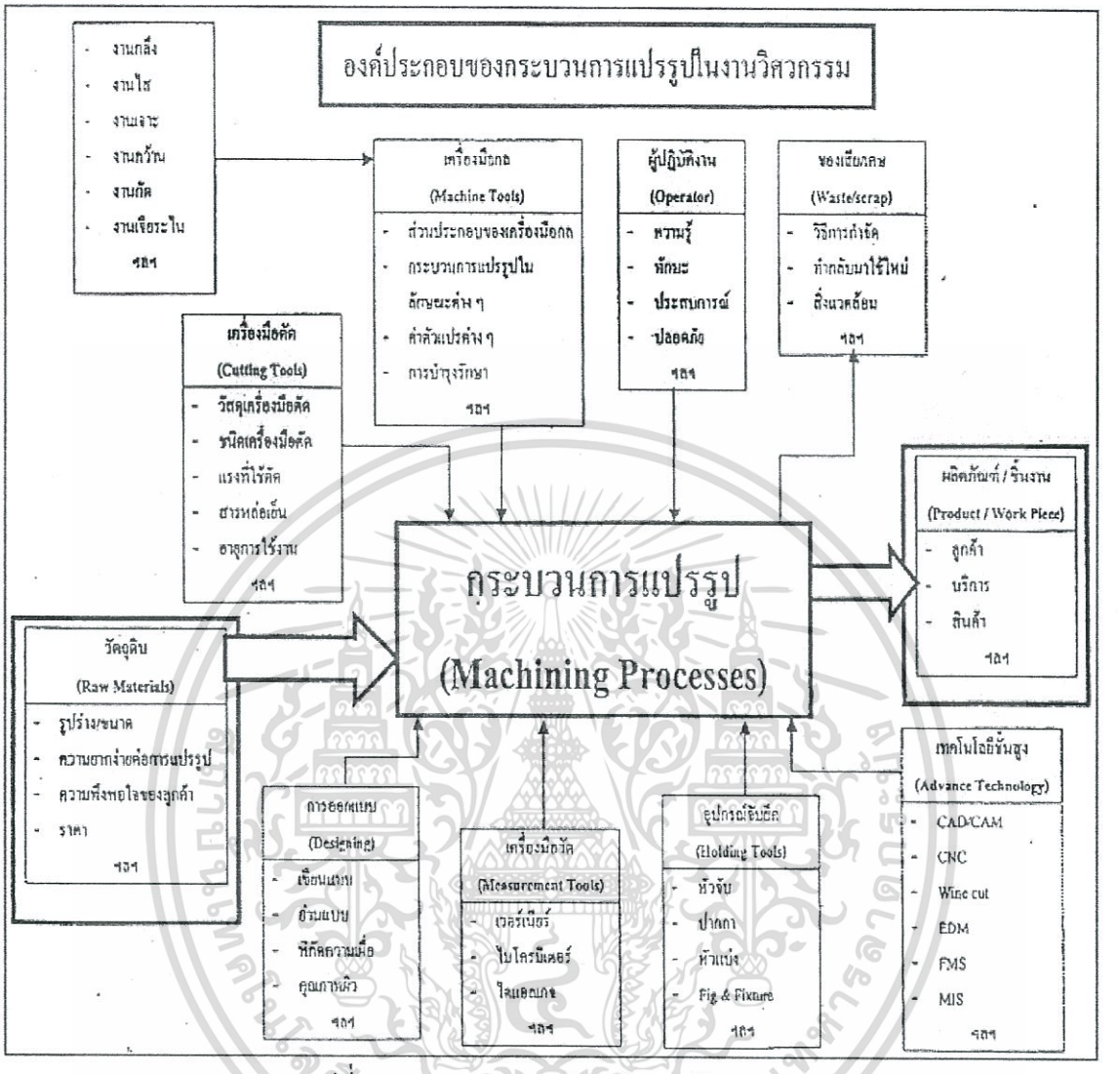
รูปที่ 2.7 การเคลือบผิวโลหะแบบอิเล็กโทรดิโพซิชั่น

ที่มา : มานพ ตันตระบัณฑิตย์ (2537)

2.1.3. การแปรรูป (Machining)

ในทางอุตสาหกรรม กระบวนการที่ให้ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์จะต้องสามารถผลิตชิ้นส่วนที่มีคุณภาพในระดับที่ยอมรับได้ ซึ่งในทางโลหะแล้วจะมีการเปลี่ยนรูปจากแร่มาทำการถลุงเป็นชิ้นงาน โดย ผ่านกระบวนการถลุงโลหะ หรือ การหล่อเพื่อให้ได้รูปทรงที่ใกล้เคียงก่อนนำไปแปรรูปด้วยเครื่องมือหรือเครื่องจักร โดยกระบวนการแปรรูปจะต้องคำนึงความประหยัด คุณภาพรวมถึงอายุการใช้งานในกระบวนการ ซึ่งประกอบด้วย 7 วิธีหลัก ได้แก่ ตัด กลึง ไส เจาะ คว้าน กัด และ เจียรไน ดังรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 กระบวนการแปรรูปในงานวิศวกรรม

ที่มา : มานพ ตันตระบัณฑิตย์ (2537)

2.2 การวิเคราะห์งาน

การวิเคราะห์งานทำให้สามารถค้นหาปัญหาที่แฝงอยู่ภายใต้ระบบการผลิตแต่จะต้องศึกษาด้วยความระมัดระวังเนื่องจากงานที่ต้องปรับปรุงมีอยู่มากมาย การเลือกงานผิดย่อมเป็นการเสียโอกาส ดังนั้นต้องพิจารณาให้ถี่ถ้วนโดยการสังเกต จดบันทึกและตั้งคำถามเพื่อให้ทราบต้นเหตุของปัญหาและนำไปสู่การพัฒนาที่ดีกว่า ซึ่งโรงงานที่มีกระบวนการผลิตหลายขั้นตอนต่อเนื่อง เช่น โรงงานประกอบรถยนต์ โรงงานประกอบแอร์หรือพัดลม โรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ และอื่น ๆ มักมีการแบ่งแยกหน้าที่ตามจุดหรือสายการผลิตจนครบทุกสถานี ซึ่งแต่ละสถานีอาจใช้เวลาในการดำเนิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิจกรรมไม่เท่ากัน ทำให้เกิดความไม่สมดุลในสายการผลิต เกิดปัญหาคอขวด เกิดการรอคอยในระบบ เนื่องจากบางสถานีมีอัตราการผลิตที่ต่ำกว่าสถานีผลิตอื่น ส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตโดยรวมต่ำกว่าที่ควรจะเป็น ดังนั้นการศึกษาเวลาเพื่อกำหนดเวลามาตรฐานของแต่ละสถานีผลิตจึงมีส่วนสำคัญที่จะช่วยให้ประสิทธิภาพในการผลิตสูงขึ้น เกิดความสูญเปล่าในระบบน้อยลง (วันชัย ริจิรวนิช, 2543)

2.2.1 การศึกษาเวลา (Time Study)

การศึกษาเวลา คือ เทคนิคในการวัดปริมาณงานออกมาเป็นหน่วยของเวลาซึ่งมีกระบวนการเพื่อกำหนดเวลามาตรฐานในการทำงาน โดยจับเวลาการทำงานของผู้ปฏิบัติงานภายใต้เงื่อนไขการทำงานในอัตราปกติรวมกับค่าเผื่อเวลา สำหรับความเหนื่อยล้า กิจส่วนตัวหรือกิจกรรมอื่น ๆ ที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ดังสมการ (รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม, 2550)

$$\text{เวลามาตรฐาน (Standard Time)} = \text{เวลาปกติ} + \text{เวลาเผื่อ} \tag{2.1}$$

ซึ่งการกำหนดเวลามาตรฐานในการปฏิบัติงานสามารถช่วยคำนวณหาผลผลิตมาตรฐานในการผลิตได้ดังสมการ

$$\text{ผลผลิตมาตรฐาน(ชิ้น)} = \frac{\text{เวลาทั้งหมดที่มีในการทำงาน}}{\text{เวลามาตรฐานในการผลิตต่อชิ้น}} \tag{2.2}$$

ผลผลิตมาตรฐาน คือ ข้อมูลที่มีความสำคัญมากในการบริหารจัดการของโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อใช้ในการวางแผนควบคุมกระบวนการผลิตและสามารถคำนวณประสิทธิภาพการทำงานของสายการผลิตได้ดังสมการ

$$\text{ประสิทธิภาพการทำงาน(\%)} = \frac{\text{ผลผลิตจริง}}{\text{ผลผลิตมาตรฐาน}} \text{x } 100\% \tag{2.3}$$

โดยประสิทธิภาพการทำงานสามารถใช้เป็นดรรชนีที่ชี้ให้เห็นถึงความมีประสิทธิภาพของการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การวางผังโรงงาน (Plant Layout)

การวางผังโรงงาน คือ การศึกษา วิเคราะห์และการจัดปัจจัยการผลิตต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัจจัยทางกายภาพเพื่อให้การดำเนินงานภายในโรงงานเกิดประสิทธิภาพมากที่สุด ใช้ต้นทุนการผลิตต่ำ ระยะเวลาการผลิตต่อหน่วยสั้น เกิดเวลาว่างเปล่าในสายการผลิตน้อย ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและพนักงานทำงานได้สะดวก

จากความหมายของการจัดวางผังโรงงาน จะเห็นได้ว่าการปรับปรุงผังโรงงาน เช่น การย้ายตำแหน่งเครื่องจักร การจัดสถานีการทำงาน การจัดระบบสนับสนุนการผลิตรวมถึงการปรับผังโรงงานใหม่ ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมาล้วนแล้วแต่เกิดประโยชน์ต่อโรงงาน โดยเป้าหมายพื้นฐานของการวางผังโรงงาน (สมศักดิ์ ตรีสัตย์, 2548) ประกอบด้วยหลักการต่าง ๆ 6 ประการ ได้แก่

1. หลักการเกี่ยวกับการรวมกิจกรรมทั้งหมด

ผังโรงงานที่ดีจะต้องรวม คน วัสดุ เครื่องจักร กิจกรรมสนับสนุนการผลิตและข้อพิจารณาอื่น ๆ ที่ส่งผลให้เกิดการรวมตัวกันดีที่สุด ต้องอำนวยความสะดวกต่อการให้บริการหรือสนับสนุนการทำงานที่ดี ผู้ควบคุมสามารถตรวจสอบงานในระบบการผลิตให้ดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่อง มีระบบระบายอากาศและสิ่งบริการอื่น ๆ ที่อำนวยความสะดวกต่อการผลิตที่ดีด้วย

2. หลักการเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในระยะทางสั้นที่สุด

ผังโรงงานที่ดีที่สุด คือ ผังโรงงานที่มีระยะทางการขนถ่ายวัสดุระหว่างกิจกรรมหรือหน่วยงานน้อยที่สุดจะส่งผลให้ระบบการทำงานมีประสิทธิภาพ โดย พิจารณาจากการกำหนดหน่วยงานตามลำดับขั้นตอน หากหน่วยงานใดสามารถอยู่ติดกันได้ก็ควรจัดให้อยู่ติดกัน

3. หลักการเกี่ยวกับการไหลของวัสดุ

ผังโรงงานที่ดีที่จะต้องจัดสถานที่ทำงานของแต่ละหน่วยงานหรือกระบวนการผลิตโดยใช้หลักการก็เช่นเดียวกับหลักการลดระยะทางการเคลื่อนที่ให้สั้นที่สุด นั่นคือ การไหลของวัสดุต้องเคลื่อนที่สู่หน่วยงานต่อไปอย่างต่อเนื่องโดยไม่มีการย้อนกลับ ต้องไหลผ่านตลอดในทิศทางเดียวกัน ไม่ควรมีการหยุดชะงักเนื่องจากสิ่งกีดขวาง หรือการเคลื่อนที่ตัดกันไปมาเนื่องจากสิ่งกีดขวาง

4. หลักการเกี่ยวกับการใช้เนื้อที่

ข้อได้เปรียบเชิงเศรษฐศาสตร์ก็คือการใช้เนื้อที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดซึ่งพื้นฐานของการวางผังโรงงานก็คือการจัดสรรพื้นที่ นั่นคือ การจัดเนื้อที่สำหรับ คน เครื่องจักร วัสดุและกิจกรรมสนับสนุนต่าง ๆ ให้เกิดพื้นที่ใช้สอยที่เกิดประโยชน์มากที่สุด ไม่ใช่เพียงแค่บนพื้นเท่านั้น จะต้องพิจารณาพื้นที่เหนือหัวหรือใต้พื้นเพดานด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. หลักการเกี่ยวกับการทำให้คนงานมีความพอใจและมีความปลอดภัย

ผังโรงงานที่ดีควรเป็นที่พอใจและปลอดภัยต่อคนงาน ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญเพราะว่าผลงานส่วนใหญ่มาจากคนงาน หากคนงานไม่พอใจต่อสถานที่ทำงาน การทำงานย่อมไม่เกิดประสิทธิภาพอย่างสูงสุด ซึ่งความปลอดภัยเป็นองค์ประกอบสูงสุดด้านหนึ่งของผังโรงงาน หากผังโรงงานไม่ดีย่อมเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดอันตรายและอุบัติเหตุต่อคนงานและทรัพย์สิน

6. หลักการของความยืดหยุ่น

ผังโรงงานที่ดีควรปรับและจัดเรียงใหม่เพื่อรองรับการผลิตที่หลากหลาย โดยมีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดและสะดวกต่อการเปลี่ยนแปลง

2.3 ทฤษฎีการจำลองสถานการณ์

การจำลองสถานการณ์ (Simulation) คือ กระบวนการออกแบบจำลอง (Model) ระบบงานจริง (Real System) แล้วดำเนินการทดลองใช้แบบจำลองนั้นเพื่อการเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานหรือเพื่อประเมินผลการใช้กลวิธี (Strategies) ต่าง ๆ ในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้ (Shannon R.E., 1975)

2.3.1 ระบบงาน

การสร้างแบบจำลองเพื่อนำไปใช้ในการจำลองสถานการณ์ ผู้สร้างต้องมีความเข้าใจในระบบงานจริงเป็นอย่างดีซึ่งระบบงานในความหมายของ วิชัย สุรเชิดเกียรติ (2544) หมายถึง กลุ่มขององค์ประกอบ (Elements) ที่มีความสัมพันธ์กัน การศึกษาระบบงานใดระบบงานหนึ่งจำเป็นที่จะต้องบอกลักษณะที่ชัดเจนของระบบงานที่กำลังศึกษา ซึ่งส่วนใหญ่มักจะใช้การกำหนดขอบเขตของระบบงาน (System Boundaries) โดยการกำหนดองค์ประกอบของระบบ การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบและการกำหนดองค์ประกอบอื่น ๆ ที่อยู่นอกระบบแต่มีผลต่อการทำงานของระบบ องค์ประกอบอื่น ๆ ที่อยู่นอกระบบ เรียกโดยรวมว่า สิ่งแวดล้อมของระบบงาน (System Environment) องค์ประกอบต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอกระบบงานจะมีลักษณะเฉพาะตัว (Attributes) ที่ทำให้เกิดกิจกรรม (Activities) ภายใต้เงื่อนไขบางประการจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพของระบบงาน (System Status) ดังนั้น นอกจากการกำหนดขอบเขตของระบบงานแล้ว ยังต้องกำหนดลักษณะเฉพาะตัวขององค์ประกอบ กิจกรรมที่จะเกิดขึ้นจากองค์ประกอบเหล่านั้นและการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพของระบบงานอันเนื่องมาจากกิจกรรมขององค์ประกอบ ดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบ ลักษณะเฉพาะตัว และกิจกรรมของระบบการผลิต

ระบบงาน (System)	องค์ประกอบ (Entities)	คุณลักษณะเฉพาะ (Attribute)	กิจกรรม (Activities)	เหตุการณ์ (Event)	ตัวแปรของระบบ (State of variables)
ธนาคาร	ลูกค้า	ตรวจสอบสมดุลบัญชี	ฝาก-ถอน	เข้า/ออก จากธนาคาร	-จำนวนลูกค้าที่รอคอย -จำนวนพนักงานที่ไม่ว่าง
สินค้าคงคลัง	โกดังสินค้า	ความจุ	เบิกสินค้า	ความต้องการ	ระดับสินค้าคงคลัง
การผลิต	เครื่องจักร	ความเร็ว/อัตราการผลิต/อัตราเครื่องจักรเสีย	ทำงาน/หยุดงาน	เครื่องเสีย	จำนวนเครื่องเสีย
การสื่อสาร	ข้อความ	ระยะทางและปลายทาง	ส่งข้อความ	ส่งถึงปลายทาง	จำนวนข้อความ

ระบบงาน สามารถจำแนกตามการนำไปใช้งาน โดยอาศัยลักษณะการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพของระบบ (Status System) ซึ่งแบ่งได้เป็น 6 ประเภท คือ

1. ระบบงานต่อเนื่อง (Continuous System) คือ ระบบงานที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพของระบบงานต่อเนื่องตลอดเวลา เช่น ระดับน้ำภายหลังเขื่อน ซึ่งจะต้องเพิ่มหรือลด ตลอดเวลา อันเกิดจากการเปิดระบายน้ำออกเมื่อเกิดฝนตกเหนือเขื่อน หรือระบบจราจร

2. ระบบงานไม่ต่อเนื่อง (Discrete System) คือ ระบบงานที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพเป็นช่วง ๆ ระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง เช่น ระบบการทำงานของธนาคาร ซึ่งมักจะมีการเปลี่ยนแปลงสถานะของระบบระหว่างช่วงเวลา 8.30 - 15.30 น.

3. ระบบแน่นอน (Deterministic System) คือ ระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพของระบบใหม่ สามารถบอกได้แน่นอนว่าเป็นอย่างไร เช่น ระบบปฏิบัติงานที่มีหนึ่งกระบวนการจะมีผลลัพธ์ออกมาทุกงานใช้เวลา 15 นาที

4. ระบบไม่แน่นอน (Stochastic System) คือ ระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพของระบบที่ไม่สามารถบอกได้ว่าจะเกิดอะไรขึ้น

5. ระบบสถิติ (Static system) คือ ระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพของระบบ โดยไม่มีความเกี่ยวข้องกับเวลา

6. ระบบพลวัต (Dynamic System) คือ ระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพของระบบ โดยมีความเกี่ยวข้องกับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 แบบจำลอง

แบบจำลอง หมายถึง ตัวแทนของวัตถุ ระบบ หรือแนวคิดลักษณะใดลักษณะหนึ่งซึ่งแบบจำลองอาจนำไปใช้งานในหลายลักษณะ (ประจวบ กล่อมจิตร และกัญจนา ทองสนิท, 2554) ดังนี้

1. เป็นเครื่องช่วยคิด (An Aid to Thought) เช่น แบบจำลองโครงข่าย (Network Model) ช่วยให้ผู้สร้างแบบจำลองสามารถเห็นว่ามีกิจกรรมอะไรที่ต้องทำบ้างและลำดับกิจกรรมอะไรก่อนหลัง

2. เป็นเครื่องสื่อความหมาย (An Aid to Communication) แบบจำลองจะช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมของระบบงานและช่วยให้สามารถอธิบายถึงพฤติกรรม ปัญหา และการแก้ปัญหาของระบบงาน

3. เป็นเครื่องช่วยสอนและฝึกอบรม (Purpose of Training and Instruction) เช่น แบบจำลองเครื่องควบคุมการบิน ช่วยให้นักบินเข้าใจและคุ้นเคยกับระบบการควบคุมเครื่องบินก่อนขึ้นฝึกบินจริง

4. เป็นเครื่องมือสำหรับการทำนาย (A Tool for Prediction) แบบจำลองช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมของระบบงาน ผู้สร้างแบบจำลองจึงสามารถคาดคะเนหรือทำนายได้ว่าเมื่อมีเหตุการณ์ที่มีผลกระทบต่อองค์ประกอบของระบบเกิดขึ้นจะมีผลอะไรเกิดขึ้นในระบบ

5. เป็นเครื่องมือสำหรับการทดลอง (An Aid to Experimentation) โดยแบบจำลองเป็นสิ่งที่สร้างขึ้นแทนระบบงานจริง กรณีที่ต้องการทดลองเงื่อนไขต่าง ๆ แต่ทำไม่ได้ก็จะนำเงื่อนไขนั้น ๆ มาทดลองกับแบบจำลองดูว่าจะให้ผลอย่างไร เพื่อการตัดสินใจว่าควรจะนำเงื่อนไขนั้นไปใช้กับระบบงานจริงหรือไม่

2.3.2.1 ประเภทของแบบจำลอง

การจำลองแบบปัญหาสามารถจำแนกประเภทตามคุณลักษณะพิเศษดังนี้

1. แบบจำลองทางกายภาพ (Physical or Iconic Models) เป็นแบบจำลองที่มีลักษณะและระบบเหมือนจริง อาจมีขนาดเท่ากับของจริงหรือมีขนาดที่เล็กกว่าหรือใหญ่กว่า (Scaled Models) เช่น เครื่องยนต์ต้นแบบ (Prototype) ถูกสร้างขึ้นเพื่อทดสอบสมรรถนะก่อนการผลิตจริง

2. แบบจำลองอนาลอก (Analog Model) มีพฤติกรรมเหมือนระบบงานจริง ตัวอย่างของแบบจำลองประเภทนี้คือ อนาลอกคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมการผลิตในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์และอุตสาหกรรมเคมีซึ่งใช้การเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าแสดงบนแผงบอกให้รู้ถึงการเคลื่อนที่ของวัตถุในระบบงานจริง การใช้กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ที่วัดค่าได้

3. เกมการบริหาร (Management Games) เป็นแบบจำลองการตัดสินใจ (Decision Model) ในกิจกรรมต่างๆ ใช้แสดงผลเมื่อมีการตัดสินใจแบบต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการตัดสินใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Model) เป็นแบบจำลองที่อยู่ในรูปของคอมพิวเตอร์โปรแกรม ซึ่งก่อนนั้นแบบจำลองอาจอยู่ในรูปของแบบจำลองประเภทหนึ่งประเภทใด

5. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) คือ การใช้สัญลักษณ์ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์แทนองค์ประกอบในระบบงานจริง ซึ่งโครงสร้างของแบบจำลองอาจเขียนเป็นรูปแบบแสดงความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$E = f(X_i, Y_i)$$

โดยที่ E คือ ผลของการปฏิบัติการของระบบ

X_i คือ ตัวแปรและพารามิเตอร์ที่เราสามารถควบคุมได้

Y_i คือ ตัวแปรและพารามิเตอร์ที่เราไม่สามารถควบคุมได้

f คือ ความสัมพันธ์ระหว่าง X_i และ Y_i ที่ทำให้เกิด E

รูปแบบของความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงให้เราเห็นว่า ประสิทธิภาพของระบบนั้นเป็นผลกระทบเนื่องมาจากตัวแปรต่าง ๆ ทั้งที่อยู่และไม่อยู่ในความควบคุมของเราโดยที่ระบบทุกระบบที่ทำการศึกษาจะต้องมีขอบเขตจำกัด อีกทั้งต้องมีวัตถุประสงค์การศึกษา เมื่อรวมเข้ากับรูปแบบของความสัมพันธ์ข้างต้น จะเห็นได้ว่าโครงสร้างของแบบจำลองนั้นควรประกอบไปด้วย

(1.) องค์ประกอบ (Components) ในทุกระบบงานจะต้องมีองค์ประกอบต่าง ๆ เพื่อให้งานสามารถดำเนินการได้ ดังนั้นแบบจำลองที่ใช้แทนระบบงานก็จะต้องประกอบไปด้วยองค์ประกอบเช่นเดียวกับระบบงานจริง

(2.) ตัวแปรและพารามิเตอร์ (Variables and Parameters) พารามิเตอร์ คือ ค่าคงที่ซึ่งกำหนดโดยผู้ใช้แบบจำลอง อาจเป็นค่าที่กำหนดขึ้นเองเพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้นจากค่าของพารามิเตอร์นั้นหรือเป็นค่าประเมินได้จากข้อมูล ส่วนตัวแปรนั้นเป็นค่าที่ผันแปรมีค่าได้หลายค่าตามสภาวะจริงของการใช้งาน จำแนกได้เป็นสองประเภท คือ ตัวแปรจากภายนอก (Exogenous Variables) หรือตัวแปรนำเข้า (Input Variables) หมายถึง ตัวแปรจากภายนอกระบบซึ่งเข้ามามีผลกระทบต่อสมรรถนะของระบบหรือเป็นตัวแปรที่เป็นผลเนื่องมาจากปัจจัยภายนอกระบบ และตัวแปรภายใน (Endogenous Variables) หมายถึง ตัวแปรที่เกิดขึ้นภายในระบบ ซึ่งเป็นตัวแปรที่ใช้บอกสภาพหรือเงื่อนไขของระบบหรืออยู่ในลักษณะของตัวแปรนำออก (Output Variables) ซึ่งแสดงผลที่ได้จากการใช้งานระบบ ในทางคณิตศาสตร์ตัวแปรภายนอกคือตัวแปรอิสระ (Independent Variables) และตัวแปรภายในคือตัวแปรตาม (Dependent Variables)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3.) ฟังก์ชันความสัมพันธ์ (Functional Relationships) คือ ฟังก์ชันที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับพารามิเตอร์ โดยที่ฟังก์ชันนี้อาจอยู่ในลักษณะแน่นอนตายตัว (Deterministic) หรือไม่ก็ได้ ลักษณะของฟังก์ชันความสัมพันธ์มักจะอยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ เช่น $Y = 4 + 0.7X$ เพื่อจะทำให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น โดยฟังก์ชันความสัมพันธ์เหล่านี้อาจหาได้จากสมมติฐานหรือประเมินจากข้อมูลร่วมกับวิธีทางสถิติหรือทางคณิตศาสตร์

(4.) ข้อจำกัด (Constraints) คือ ข้อจำกัดของค่าของตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดที่ผู้ใช้แบบจำลองเป็นผู้กำหนด เช่น ข้อจำกัดของทรัพยากรต่างๆ ที่มีอยู่ของระบบ ข้อจำกัดของปริมาณที่ผลิตได้ หรือเป็นข้อจำกัดของระบบงานจริงโดยธรรมชาติ เช่น น้ำหรือของไหลจะไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ

(5.) ฟังก์ชันเป้าหมาย (Objective Function) หมายถึง ข้อความที่บอกเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ ของระบบงานและวิธีประเมินผลตามเป้าหมาย วัตถุประสงค์ของระบบงานอาจแบ่งได้เป็นสองประเภท คือ การคงสภาพของระบบงาน (Retentive) ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ที่จะทำให้ระบบสามารถคงสภาพการใช้ทรัพยากร เช่น เวลา พลังงาน ความชำนาญ ฯลฯ หรือคงสภาพของระบบ เช่น ความสะดวกสบาย ความปลอดภัย ฯลฯ และวัตถุประสงค์ประเภทการแสวงหา ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ที่จะทำให้ระบบสามารถเพิ่มทรัพยากรต่างๆ เช่น ลูกค้า กำไร ฯลฯหรือเปลี่ยนสถานภาพของระบบ เช่น การได้ส่วนแบ่งของตลาดเพิ่มขึ้น

2.3.2.2 ขั้นตอนการศึกษาการจำลองสถานการณ์

การจำลองสถานการณ์โดยอาศัยตัวแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์นั้น ตัวแบบจะต้องทำงานได้เสมือนระบบงานจริง ขั้นตอนในการศึกษาแบบจำลองสถานการณ์ โดยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์มี 12 ขั้นตอน ดังนี้ (วิชัย สุรเชิดเกียรติ, 2544)

1. การกำหนดรูปแบบของปัญหา (Problem Formulation) การศึกษาเพื่อแก้ปัญหาแบบใดก็ตามอย่างแรกคือต้องกำหนดปัญหาว่ามีอะไรบ้าง ผู้กำหนดนโยบายต้องพิจารณาอย่างมั่นใจว่าสามารถครอบคลุมปัญหาได้ทั้งหมด

2. การกำหนดจุดมุ่งหมายและวางแผนสำหรับโครงงาน (Set Objective and Overall - Planning) เพื่อให้แน่ชัดว่าจะทำตัวแบบจำลองอย่างไร จะต้องกำหนดขอบเขตของโครงงานและข้อจำกัดต่างๆ

3. การสร้างแบบจำลอง (Model Building) การสร้างตัวแบบต้องคำนึงถึงลักษณะของระบบงานที่จะทำการจำลองซึ่งตัวแบบจำลองนี้ต้องสามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบได้

4. การเก็บข้อมูล (Data Collection) ตัวแปรของระบบทั้งหมดจะเป็นข้อมูลที่ต้องเก็บรวบรวมเพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การลงรหัส (Coding) เป็นการเปลี่ยนตัวแบบจำลองให้เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์

6. การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม (Verification) เป็นขั้นตอนการตรวจสอบว่าโปรแกรมนี้ทำงานได้หรือไม่ ความเชื่อที่ผิด คือผู้สร้างมักคิดว่าแบบจำลองที่ทำงานได้หรือรันในโปรแกรมได้ต้องถูกต้องเสมอ ผู้สร้างจำเป็นต้องตรวจสอบการใส่ข้อมูลนำเข้าและตรรกะของแบบจำลองให้ถูกต้องก่อน หากไม่ถูกต้องจำเป็นต้องแก้ไขจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นด้วย

7. การตรวจสอบความถูกต้องของระบบจำลอง (Validation) เป็นการตรวจสอบโปรแกรมโดยรันเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากระบบจริงจนได้ค่าที่ใกล้เคียงกันและยอมรับได้ทางสถิติเพื่อให้แบบจำลองมีความน่าเชื่อถือที่จะยอมรับได้

8. การวางแผนการทดลอง (Experimental Design) เป็นการวางแผนการใช้ตัวแบบจำลองเพื่อจะได้ข้อมูลมาวิเคราะห์ได้

9. การให้ตัวแบบทำงานและวิเคราะห์ผล (Production Runs and Analysis) เป็นการรันแบบจำลองด้วยวิธีการปรับปรุงแบบต่าง ๆ เพื่อหาค่าประมาณของผลลัพธ์หรือของตัวชี้วัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

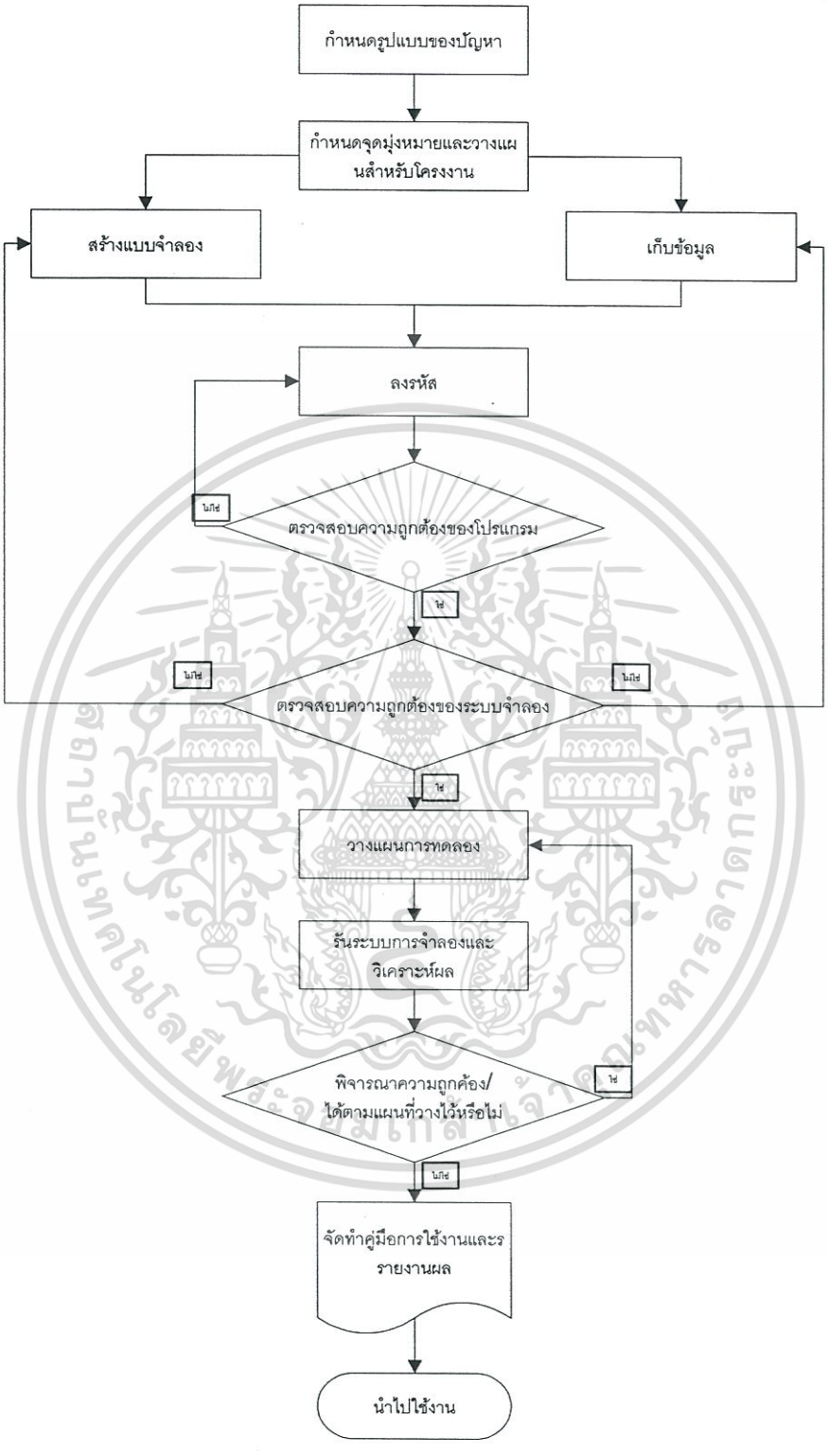
10. การพิจารณาว่าต้องทำเพิ่มหรือไม่ (Additional Runs) บางครั้งตัวแบบจำลองให้ผลออกมาไม่ดีนักหรือความต้องการให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ก็สามารถกำหนดเงื่อนไขหรือให้เพิ่มรอบการทำงานได้

11. การทำคู่มือการใช้งานและทำรายงานผล (Documentation and Reporting) การทำคู่มือการใช้เป็นส่วนหนึ่งที่จะทำให้ผู้ใช้งานทราบข้อจำกัดต่าง ๆ ของตัวแบบจำลองเพื่อประโยชน์สูงสุดในการนำไปใช้งาน

12. การนำไปใช้งาน (Implementation) เป็นการนำผลสำเร็จในการรายงาน มาช่วยในการตัดสินใจต่อไป

โดยขั้นตอนการศึกษาแบบจำลองสถานการณ์ดังที่กล่าวไว้ข้างต้นสามารถสรุปย่อได้ดังรูปที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองโปรแกรม

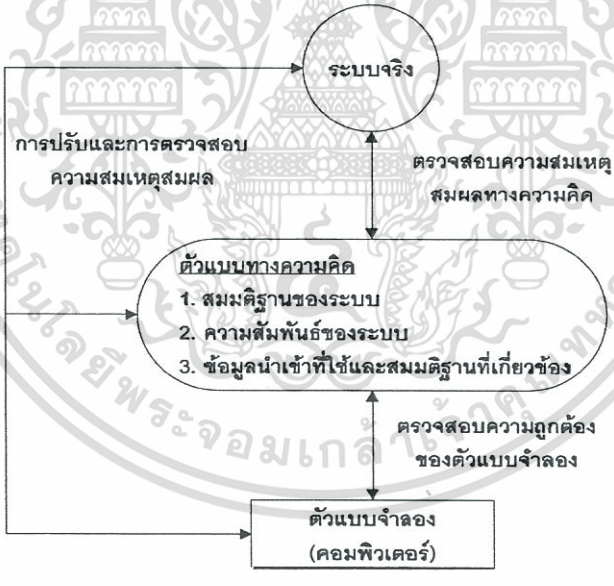
ที่มา : วิชัย สุรเชิดเกียรติ (2544)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.3 การตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง (Verification and Validation)

ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของกระบวนการนั้น จะมีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองก่อนนำไปใช้งานจริงเพื่อทำให้เกิดความมั่นใจว่าแบบจำลองนั้นมีความถูกต้อง และได้ค่าต่าง ๆ จากการประมวลผลของโปรแกรมที่ใกล้เคียงกับเหตุการณ์จริงมากที่สุด ในการตรวจสอบแบบจำลองสถานการณ์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ขั้นตอน คือ (Jerry, B. and John S.C., 1984)

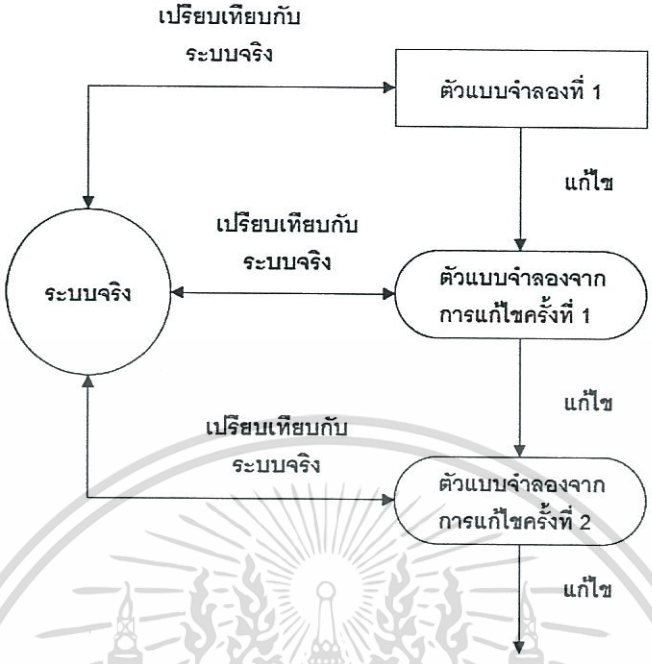
1. การตรวจสอบความถูกต้อง (Verification of the Simulation Model) ทำโดยเปรียบเทียบตัวแบบหลักการ (Conceptual Model) กับรหัสคอมพิวเตอร์ (Computer Code) ที่ใช้หลักการนั้น ว่าตัวแบบหลักการถูกใช้ในรหัสคอมพิวเตอร์อย่างถูกต้องหรือไม่ ค่าพารามิเตอร์นำเข้าและโครงสร้างทางตรรกะของตัวแบบเป็นตัวแทนที่ถูกต้องในรหัสคอมพิวเตอร์หรือไม่ ขั้นตอนการตรวจสอบความจริง ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 การตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง

2. การตรวจสอบความสมเหตุผล (Validation of the Simulation Model) ทำได้โดยกำหนดให้ได้ว่าตัวแบบจำลองเป็นตัวแทนที่แม่นยำของระบบจริง โดยการทำการเปรียบเทียบซ้ำ ๆ ระหว่างตัวแบบจำลองกับระบบจริง (Calibration) ขั้นตอนการตรวจสอบความสมเหตุผล ดังรูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

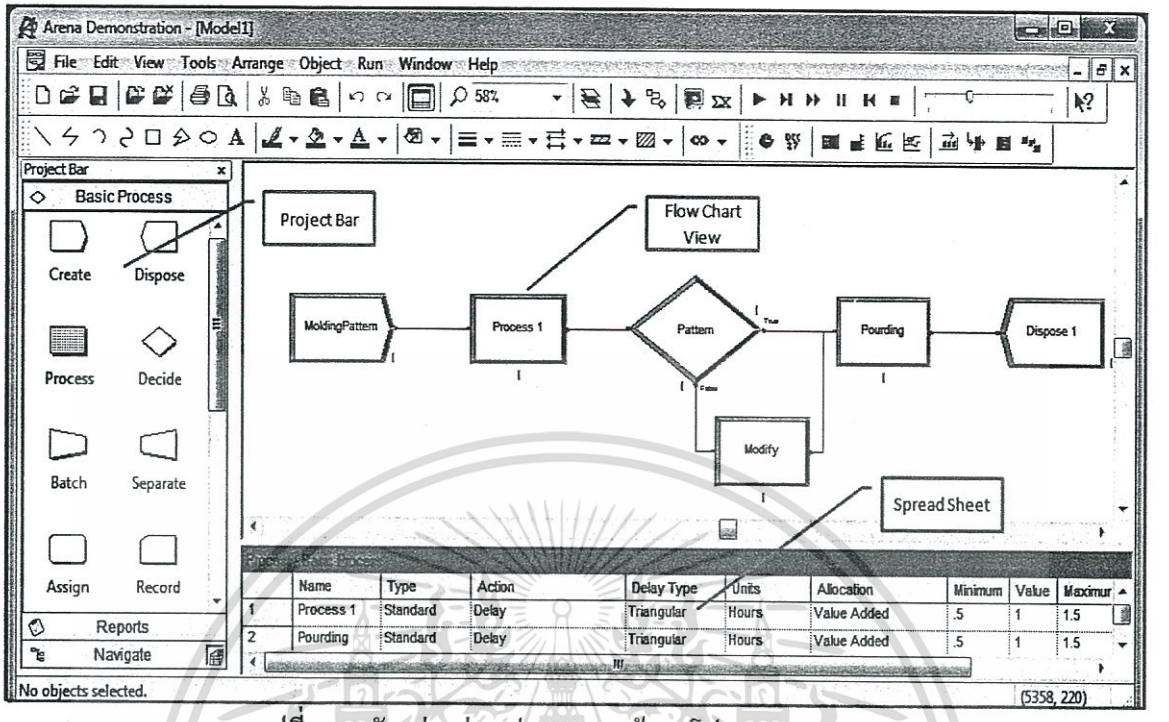


รูปที่ 2.11 กระบวนการปรับแบบจำลอง

2.3.3 การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

การจำลองสถานการณ์ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ เป็นการศึกษาระบบงานด้วยแบบจำลองซึ่งอยู่ในรูปแบบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีความสะดวก รวดเร็วในการสร้างและปรับปรุงแบบจำลอง มีค่าใช้จ่ายน้อย โดยการจำลองสถานการณ์เป็นกระบวนการจำลอง (Model) ของระบบการทำงานจริง ซึ่งงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้โปรแกรมอารีนา (Arena) สำหรับจำลองแบบปัญหา โปรแกรมอารีนาสามารถจำลองสถานการณ์ได้ใกล้เคียงกับระบบงานจริงและยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบงานได้หลายประเภท สามารถวิเคราะห์กระบวนการต่าง ๆ ได้ เช่น ระบบการบริการ ระบบแถวคอย ระบบในกระบวนการผลิต ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรแกรมไม่ซับซ้อนมาก สามารถเข้าใจได้ง่าย สะดวกต่อการใช้งาน มีการแสดงภาพเคลื่อนไหว (Animation) ทำให้เข้าใจระบบการจำลองสถานการณ์นั้นได้มากขึ้น โปรแกรมอารีนาถูกออกแบบมาบนระบบปฏิบัติการ Windows เมื่อเปิดโปรแกรมหน้าต่างจะแบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 ส่วน ดังรูปที่ 2.12 ประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 ตัวอย่างส่วนประกอบหน้าจอโปรแกรม Arena

ส่วนที่ 1 Project bar สำหรับเลือกหน่วยประกอบต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้สร้างแบบจำลองซึ่งแต่ละหน่วยประกอบจะเรียกว่า โมดูล (Module) โดยหน่วยโมดูลจะแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. หน่วยโครงสร้าง (Flowchart Module) เป็นหน่วยโมดูลที่ใช้สำหรับจำลองโครงสร้างขั้นตอนการทำงานของระบบ

2. หน่วยตารางจัดการข้อมูล (Spreadsheet Module) เป็นหน่วยโมดูลที่ใช้สำหรับจัดเก็บข้อมูลต่าง ๆ ที่สามารถนำมาคำนวณได้ หรือประมวลผลในตัวแบบจำลอง

ส่วนที่ 2 Flowchart view เป็นส่วนที่ใช้สำหรับสร้างแบบจำลองเพื่อแสดงกระบวนการทำงานทั้งหมดของระบบ

ส่วนที่ 3 Spreadsheet view เป็นส่วนที่แสดงข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการสร้างแบบจำลอง เช่น การแจกแจงของข้อมูล รายชื่อโมดูลทั้งหมดที่อยู่ใน Flowchart view เป็นต้น โดย นิยามความหมายของคำที่สำคัญในโปรแกรม (รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ, 2553) ดังนี้

1. Entity หมายถึง วัตถุที่ผู้สร้างสนใจให้เคลื่อนที่ไปในระบบแล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะในระบบ เช่น วัตถุที่เข้ามาในระบบการผลิต ลูกค้าเข้ามาในร้านอาหาร เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Attributes คือ คุณลักษณะประจำตัวของวัตถุ มีไว้เพื่อแสดงเอกลักษณ์ให้วัตถุ เช่นประเภทชิ้นส่วน ประเภทของลูกค้า เวลาที่ใช้ในระบบงานซึ่งโปรแกรม Arena สามารถกำหนดชื่อคุณลักษณะประจำตัวให้กับวัตถุโดยอัตโนมัติ เมื่อทำการสร้างแบบจำลอง ได้แก่

Entity Type คือ ชนิดของ Entity จะต้องถูกบ่งชี้อย่างชัดเจน เช่น คน รถยนต์

Entity Picture คือ รูปภาพจะถูกแสดงออกมาในรูปแบบของ Animation ซึ่งจะเป็นรูปอัตโนมัติที่เป็นภาพพื้นฐานที่มีกันอยู่ในกระบวนการทั่วไป

Entity Create Time คือ เวลาที่กำหนดลงไปเพื่อนำไปประมวลผลและเก็บข้อมูล

Entity Station คือ เป็นตัวระบุสถานีปัจจุบันที่วัตถุอยู่หรือถ้าวัตถุกำลังถูกขนถ่ายด้วยอุปกรณ์ลำเลียงจะระบุถึงสถานีปลายทางที่วัตถุกำลังจะไปถึง

Entity Sequence คือ ข้อมูลแสดงลำดับของสถานีที่วัตถุถูกกำหนดให้เคลื่อนย้ายไป

Entity Jobs Step คือ ตัวเลขชี้ว่าวัตถุนั้นอยู่สถานีใด อยู่ลำดับไหนในสถานี (Sequence) โดยตัวเลขนี้จะถูกเปลี่ยนเพิ่มขึ้นที่ละ 1 อัตโนมัติ เมื่อวัตถุถูกเคลื่อนย้ายไปสถานีถัดไป

3. Variable คือ ชื่อตัวแปรที่วัตถุทุกชนิดสามารถใช้ร่วมกันได้ ค่าของตัวแปรนี้จะเปลี่ยนเมื่อวัตถุผ่านเข้าในโมดูลที่ใส่สูตรตัวแปรไว้เพื่อบอกสถานะของระบบ เช่น จำนวนเครื่องจักรที่กำลังทำงานเป็นต้น

4. Resource คือ ทรัพยากรที่จะใช้ทำกิจกรรมร่วมกับวัตถุ ซึ่งวัตถุจะเรียกใช้ทรัพยากรนั้นได้ก็ต่อเมื่อทรัพยากรนั้นว่างงานและเมื่อทำกิจกรรมเสร็จ วัตถุนั้นก็จะปล่อยให้ทรัพยากรนั้นว่างงานเพื่อดำเนินกิจกรรมกับวัตถุตัวถัดไป ตัวอย่างทรัพยากร เช่น คนงานหรือเครื่องจักร เป็นต้น

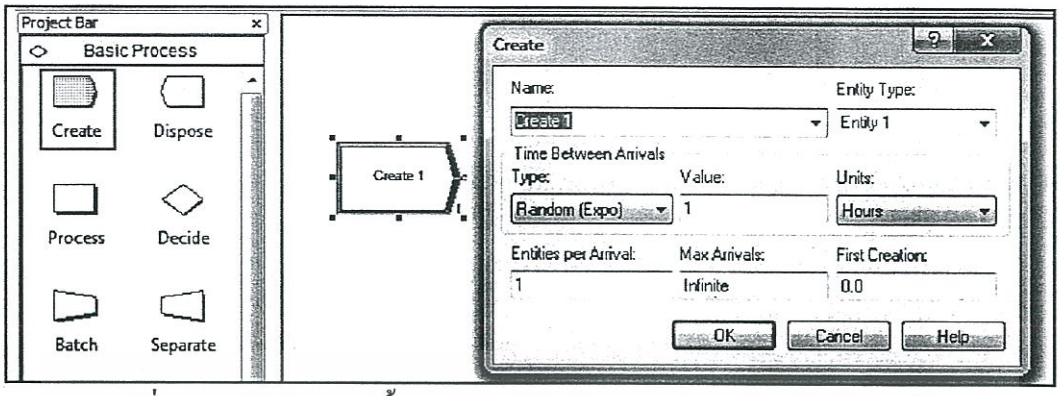
5. Queues คือ แถวคอยที่วัตถุใช้คอย เนื่องจากทรัพยากรไม่ว่างให้บริการ

ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองในส่วน Flowchart view

1. เลือกโมดูลโครงสร้างในส่วน Project bar จากนั้นคลิกเมาส์ค้างไว้แล้วลากโมดูลโครงสร้างนั้นมาวางลงในพื้นที่ส่วน Flowchart view

2. แต่ละโมดูลโครงสร้างที่ถูกสร้างขึ้น สามารถเพิ่มเติมหรือแก้ไขข้อมูลได้โดยการดับเบิลคลิกบนตำแหน่งโมดูลโครงสร้างที่ต้องการ โปรแกรมจะแสดงหน้าต่าง ให้ผู้ใช้สามารถเพิ่มเติมหรือแก้ไขข้อมูลต่าง ๆ ลงในหน่วยโมดูลโครงสร้างได้ ดังรูปที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 หน้าต่างแสดงขั้นตอนการแก้ไขข้อมูลบนตำแหน่งหน่วยโครงสร้าง

3.การเชื่อมต่อแต่ละหน่วยโครงสร้างสามารถทำได้โดยคลิกที่ปุ่ม จากนั้นจะปรากฏสัญลักษณ์ Connect ติดตัวเมาส์มาด้วย ให้คลิกเมาส์ ณ จุดออกของหน่วยโครงสร้างต้นทางแล้วคลิกลากเมาส์มาวางที่จุดเข้าของอีกหน่วยโครงสร้างปลายทางที่ต้องการเชื่อมต่อจะปรากฏเส้นเชื่อมที่จุดต้นทางและจุดปลายทาง

ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองในส่วน Spreadsheet view

1.คลิกที่หน่วยตารางจัดการข้อมูลที่ต้องการในส่วน Project bar เช่น Entity ซึ่งเป็นส่วนจัดการเกี่ยวกับวัตถุที่ผู้ใช้สนใจ เช่น การจำลองระบบเกี่ยวกับการผลิต Entity ก็คือ ชิ้นงานที่เข้าสู่ระบบการผลิต เป็นต้น จากนั้นหน่วยตารางนั้นจะปรากฏขึ้นในพื้นที่ส่วน Spreadsheet view แต่ละหน่วยตารางสามารถเพิ่มเติมหรือแก้ไขข้อมูลในหน่วยตารางโดยการดับเบิลคลิกบนตำแหน่งหน่วยตารางนั้น

2. หน่วยตารางสามารถเพิ่มเติมหน่วยตารางข้อมูลได้โดยการดับเบิลคลิกบนตำแหน่ง Double click hear to add a new row

จากขั้นตอนข้างต้น เป็นการสร้างโฟลว์ชาร์ต ตามกระบวนการที่เกิดขึ้นในระบบ พร้อมใส่ข้อมูลที่เกี่ยวข้องให้กับแบบจำลอง โดยแบบจำลองที่ได้จะถูกบันทึกนามสกุลเป็น .doe

การวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้า (Input Analyzer)

การสร้างตัวแบบจำลอง จำเป็นจะต้องมีการนำข้อมูลรับเข้าใส่ให้กับระบบจำลอง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ระบบ เช่น ถ้าต้องการศึกษาระบบการผลิต ข้อมูลรับเข้าคือเวลาในการผลิตในแต่ละกระบวนการ เวลาในการหยุดเครื่องจักรสำหรับกิจกรรมต่าง ๆ ในช่วงเวลาที่ทำการผลิต เวลาและจำนวนชิ้นงานในการขนส่งต่อครั้ง เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้เป็นข้อมูลที่มีค่าไม่แน่นอน และเป็นข้อมูลที่อยู่ในรูปของการแจกแจง การวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้าจึงมีความสำคัญในการจำลองเป็นอย่างมาก หากผู้วิเคราะห์ใส่รูปแบบการแจกแจงที่ไม่ถูกต้องให้กับระบบ ผลลัพธ์ที่ได้ก็จะไม่ถูกต้องตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Input Analyzer เป็นเครื่องมือมาตรฐานของโปรแกรม Arena เครื่องมือนี้สามารถใช้เพื่อทดสอบการแจกแจงของข้อมูลที่ป้อนเข้าไป โดยคำสั่ง Window > Fit All Summary สามารถประมวลค่า Minimum Sum Square-Error (ค่าต่ำสุดของผลรวมของความผิดพลาดยกกำลังสอง) และเรียงลำดับจากค่าน้อยไปมากของค่าของทุกรูปแบบการแจกแจง ดังรูปที่ 2.14 แต่อย่างไรก็ตาม เครื่องมือในโปรแกรม Arena นั้นไม่สามารถบอกได้ว่า การกระจายที่ได้นั้นเป็นตัวแทนที่เหมาะสมของข้อมูลหรือไม่ จนกว่าจะทำการตรวจสอบค่า p-value ที่ได้จากผลลัพธ์ Arena ว่าค่านั้นมีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ (significance level) หรือไม่

Fit All Summary
Data File: F:\Arena Thesis

Function	Sq Error
Beta	0.0137
Uniform	0.0179
Normal	0.0218
Weibull	0.0293
Gamma	0.0388
Erlang	0.0392
Triangular	0.0405
Lognormal	0.0571
Exponential	0.0616

รูปที่ 2.14 ค่าการแจกแจงของข้อมูลตามลำดับค่า Sum Square Error (SSE) จากน้อยไปมาก

จากการตั้งสมมติฐานที่ว่า H_0 : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบที่คาดคะเนไว้

H_1 : ข้อมูลไม่มีการแจกแจงแบบที่คาดคะเนไว้

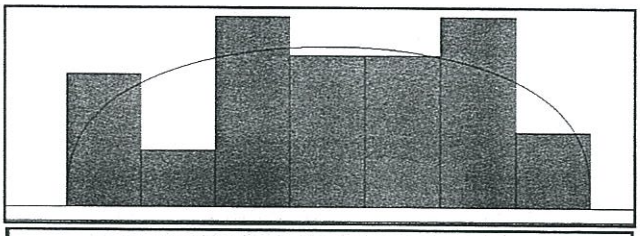
โดยโปรแกรม Arena มีวิธีการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของความน่าจะเป็นของข้อมูล (Goodness of Fit Test) 2 วิธี คือ

1. การทดสอบโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ (Kolmogorov-Smirnov Test) ใช้ทดสอบกรณีข้อมูลมีน้อยกว่า 50 ข้อมูล

2. การทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square Test) ใช้ทดสอบกรณีข้อมูลมีอย่างน้อย 50 ข้อมูล

โดยทั้งสองวิธีข้างต้น โปรแกรมจะคำนวณค่า p-value ที่ได้จากการทดสอบ ซึ่งถ้าค่าที่จากการทดสอบมากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ (α) จะไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ได้ เช่น ณ ช่วงความเชื่อมั่น 95% (ระดับนัยสำคัญ = 0.05) จากการประมวลผลของโปรแกรมซึ่งนิยมพล็อตกราฟแท่งฮิสโตรแกรมมีค่า P-Value มากกว่า 0.05 สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบต้า ดังรูป 2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

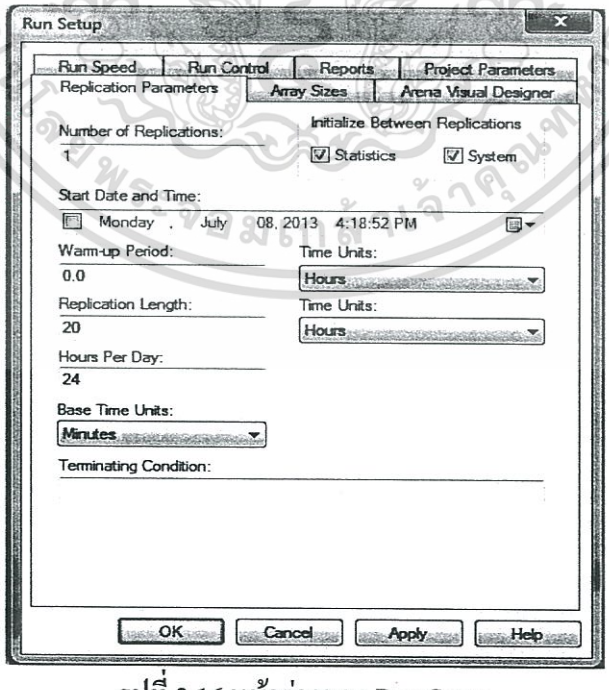


```
        Distribution Summary

Distribution:    Beta
Expression:      100 + 5 * BETA(1.36, 1.35)
Square Error:    0.013712

Chi Square Test
  Number of intervals    = 6
  Degrees of freedom     = 3
  Test Statistic         = 2
  Corresponding p-value = 0.58

Kolmogorov-Smirnov Test
  Test Statistic         = 0.0615
  Corresponding p-value > 0.15
```

รูปที่ 2.15 รูปแบบการแจกแจง จากข้อมูลดิบ

การรันผลโปรแกรม

การรันโปรแกรมทำได้โดยเลือกแถบเครื่องมือ Run > Setup > เลือกแถบ Replication Parameters จะระบุถึงตัวแปรต่าง ๆ ที่นำมาทดลองประมวลผลโดยโปรแกรม ซึ่งจะประกอบไปด้วย ระยะเวลาของการทดลองประมวลผล จำนวนของชั่วโมงทำงานต่อวัน จำนวนรอบของการจำลองการทำงาน ซึ่งใน Run Setup จะสามารถกำหนดได้ว่าจะเลือกแสดงข้อมูลจากการประมวลผลในด้านใดบ้าง ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 หน้าต่างของ Run Setup

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยข้อมูลที่ต้องกรอกใน Replication Parameters ประกอบด้วย

Number of Replication คือ จำนวนรอบของการประมวลผลซ้ำในการรัน

Initialize Between Replication คือ การล้างค่าทางสถิติระหว่างรอบการทำซ้ำ ถ้าคลิกเครื่องหมายถูกแสดงว่าให้ล้างค่าทางสถิติออกระหว่างรอบทำซ้ำ (ค่าทางสถิติของแต่ละรอบการประมวลผลจะไม่นำมาเป็นค่าเริ่มต้นของการรันในรอบต่อไป)

Start Date and Time คือ วันที่และเวลาตามปฏิทินที่สัมพันธ์กับเวลาของการใช้งานการจำลอง หากไม่ได้รับการกำหนดลงไปก็จะถือเอาวันที่เริ่มต้นและเวลาเที่ยงคืนของวันปัจจุบัน

Warm Up Period ใช้ระบุช่วงเวลาเริ่มต้นที่มีการแกว่งเนื่องจากการทดลองช่วงแรกอาจมีการแกว่งของข้อมูล เพราะระบบที่ศึกษายังทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพจึงไม่ควรนำผลการทดลองช่วงแรกมาทำการวิเคราะห์ผลลัพธ์ เพราะอาจทำให้สรุปผลผิดพลาดได้ เนื่องจากข้อมูลช่วงการแกว่งนี้มิใช่ตัวแทนของสภาพระบบที่แท้จริง (ไม่ใช่ตัวแทนที่ดีของประชากร) จึงควรใส่ช่วงเวลาที่มีการแกว่งของข้อมูลและเลือกหน่วยของเวลาใน Time Units

Replication Length คือ ความยาวของการรัน เช่น ทำการจำลองระบบ เช่น ทำการจำลองระบบ 365 วัน ให้นำ 365 ใส่ลงในช่องนี้ จากนั้นเลือก time units เป็นวัน (Days) หากไม่มีการกำหนดค่า แบบจำลองจะรันอย่างไม่สิ้นสุด

Hours per Day ใช้ระบุเวลาที่ระบบทำงาน หน่วยเป็นชั่วโมงต่อวัน

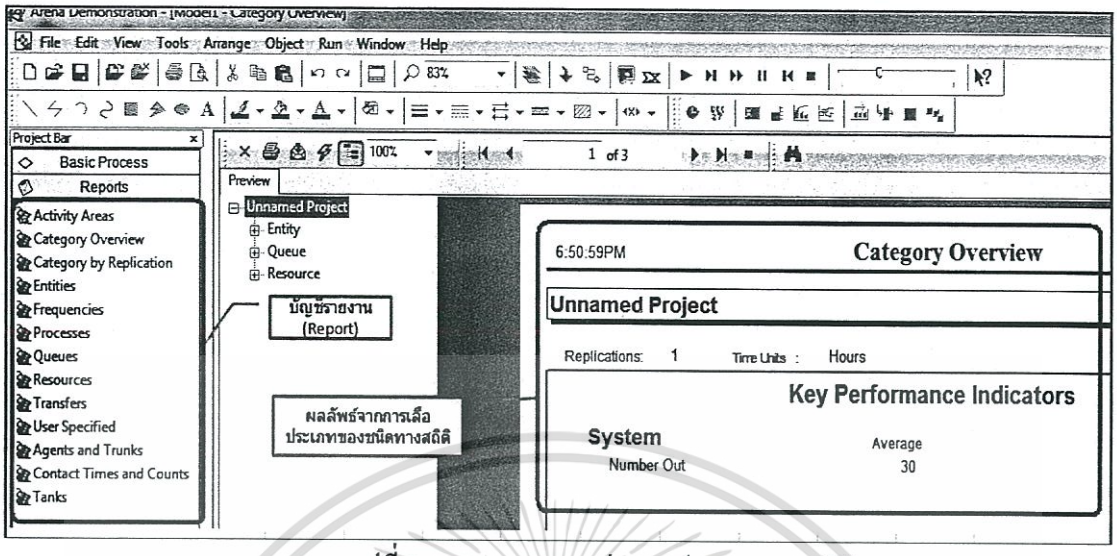
Base Time Units เป็นหน่วยของเวลาที่ต้องการให้แสดงผลลัพธ์หลังจากการรัน โดยจะมีหน่วยเป็น วินาที นาที ชั่วโมง และวัน ให้เลือก

Terminating Condition คือการกำหนดเงื่อนไขว่าจะหยุดการจำลองเมื่อใด เช่น ต้องการหยุดการจำลองเมื่อผลิตชิ้นงานได้ครบ 500 ชิ้น เป็นต้น

รายงานผลลัพธ์จากโปรแกรม

โปรแกรม Arena จะรายงานผลลัพธ์แบ่งตามประเภทของชนิดทางสถิติ ที่ผู้สร้างได้เลือกไว้ระหว่างการตั้งค่าก่อนการรัน ซึ่งเมื่อการรันเสร็จสิ้น จะปรากฏรายงานผลทางสถิติที่ต้องการ โดยช่องซ้ายมือสุดในบัญชีรายงาน (Reports) จะแสดงรายงานผลแบ่งตามประเภททางสถิติ เช่น ต้องการอ่านรายงานผลเกี่ยวกับวัตถุให้คลิกที่ Entities ณ บัญชีแสดงรายงาน ดังรูปที่ 2.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 รายงานผลแบ่งตามประเภททางสถิติ

2.4 ทฤษฎีสถิติ

2.4.1 ทฤษฎีลิมิตเข้าสู่ส่วนกลาง (Central Limit Theorem)

ให้ $X_1, X_2, ..., X_n$ เป็นตัวแปรสุ่มที่เป็นอิสระต่อกันและมีการแจกแจงเดียวกัน โดยมีค่าเฉลี่ย $E(X_i) = \mu$ และความแปรปรวน $Var(X_i) = \sigma^2$ ถ้าขนาดตัวอย่าง n มีขนาดใหญ่ จะได้ว่าตัวสถิติ

$$Y_n = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i - n\mu}{\sqrt{n}\sigma}$$

หรือ

$$Y_n = \frac{\overline{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$$

จะลู่เข้าในการแจกแจงสู่ตัวแปรสุ่ม Y ที่มีการแจกแจงปกติ โดยมีค่าเฉลี่ย $\mu = 0$ และความแปรปรวน $\sigma^2 = 1$ กล่าวคือ Y_n จะมีลิมิตการแจกแจงแบบปกติมาตรฐานโดยประมาณ (Asymptotically Standard Normal)

จากทฤษฎีลิมิตเข้าสู่ส่วนกลาง สรุปได้ว่า ไม่ว่าประชากรจะมีการแจกแจงแบบใดก็ตาม ถ้าตัวอย่างมีขนาดใหญ่ จะได้ว่า การกระจายของค่าตัวอย่างจะมีแนวโน้มใกล้เคียงกับการกระจายตัวของประชากรเสมอ ดังสมการ

$$\sum_{i=1}^{n} X_i \sim N(n\mu, n\sigma^2) \text{ และ } \overline{X} \sim N\left(\mu, \frac{\sigma^2}{n}\right)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

2.5.1 การทดสอบโคโมโกรอฟ-สเมียร์นอฟ (Kolmogorov-Smirnov Test)

การทดสอบการแจกแจงของประชากร ใช้ทดสอบกรณีข้อมูลมีน้อยกว่า 50 ข้อมูล โดยการเปรียบเทียบความน่าจะเป็นสะสมของตัวอย่าง ($S(x)$) กับ ความน่าจะเป็นสะสมภายใต้สมมติฐานว่าง H_0 (F(x)) ถ้า H_0 เป็นจริง $S(x)$ และ $F(x)$ จะมีค่าใกล้เคียงกันทุกค่าของ x แต่ถ้า H_0 ไม่เป็นจริง คือ ข้อมูลไม่มีการแจกแจงตามแบบที่ต้องการทดสอบ ค่า $S(x)$และ $F(x)$ จะแตกต่างกันมากสำหรับบางค่าของ x

โดยที่

$F(x) = \sum P(X = x)$ ถ้าตัวแปร X เป็นตัวแปรเชิงปริมาณแบบไม่ต่อเนื่อง

หรือ

$F(x) = \int_{}^{x} f(x)dx$ ถ้าตัวแปร X เป็นตัวแปรเชิงปริมาณแบบต่อเนื่อง

โดยจากการตั้งสมมติฐานที่ว่า

H_0 : ข้อมูลมีการแจกแจงตามแบบที่ต้องการทดสอบ

H_1 : ข้อมูลไม่มีการแจกแจงตามแบบที่ต้องการทดสอบ

<u>สถิติทดสอบ</u>

$$D = Maximum|F(x) - S(x)| \tag{2.4}$$

<u>การตัดสินใจ</u>

ถ้า D มีค่ามากแสดงว่า $S(x)$และ $F(x)$ แตกต่างกันมากจึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือ ถ้า D > ค่าวิกฤต จากตาราง Kolmogorov-Smirnov One-Sample Test ก็จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 นั่นคือ ข้อมูลไม่มีการแจกแจงตามแบบที่ต้องการทดสอบ แต่ถ้า D < ค่าวิกฤต จะยอมรับ H_0 นั่นคือ ข้อมูลมีการแจกแจงตามแบบที่ต้องการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 การทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square Test)

เป็นการทดสอบที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ ใช้ทดสอบว่าข้อมูลมีการแจกแจงตามแบบที่ต้องการทดสอบหรือไม่ ใช้ทดสอบกรณีข้อมูลมีอย่างน้อย 50 ข้อมูล เช่น การแจกแจงของประชากรอาจเป็นการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) การแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential Distribution) การแจกแจงปัวซอง (Poisson Distribution) หรือการแจกแจงยูนิฟอร์ม (Uniform Distribution) เป็นต้น $\chi^2 - Test$ จะใช้ความถี่ที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วง

โดยจากการตั้งสมมติฐานที่ว่า

H_0 : ข้อมูลมีการแจกแจงตามแบบที่ต้องการทดสอบ

H_1 : ข้อมูลไม่มีการแจกแจงตามแบบที่ต้องการทดสอบ

<u>สถิติทดสอบ</u>

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - E_i)^2}{E_i} \qquad (2.5)$$

เมื่อ O_i คือ ความถี่ที่เกิดขึ้นจริงของข้อมูลตัวอย่างในช่วงที่ i

E_i คือ ความถี่ที่คาดว่าจะเกิดในช่วงหรือระดับที่ i

<u>การตัดสินใจ</u>

ถ้า $\chi^2_{cal} > \chi^2_{\alpha,\nu}$ โดยที่ $\nu = n\text{-}1\text{-}m$ จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อ ν คือ องศาอิสระ n คือ จำนวนชั้นของจากตารางแจกแจง และ m คือ จำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่าสำหรับการทดสอบการแจกแจงตามสมมติฐาน นั่นคือ ข้อมูลไม่มีการแจกแจงตามแบบที่ต้องการทดสอบ

2.5.3 สถิติทดสอบ t-test เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 2 กลุ่ม

ในการทดสอบสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยสองกลุ่มนั้น ข้อมูลที่รวบรวมได้จากกลุ่มตัวอย่าง แต่ละกลุ่มนั้นเป็นข้อมูลในมาตราอันตรภาคหรือมาตราอัตราส่วน โดยนำค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มนั้นมาเปรียบเทียบกัน ทั้งนี้เพื่อนำไปสู่การสรุปว่า ค่าเฉลี่ยของประชากร 2 กลุ่มนั้นแตกต่างกันหรือไม่

ข้อตกลงเบื้องต้นกรณีสองกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระจากกัน (Independent Sample)

ในการทดสอบความมีนัยสำคัญระหว่างค่าเฉลี่ยสองค่าที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระจากกันมีข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption) ที่สำคัญ 2 ประการคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมาจากประชากร 2 กลุ่มซึ่งแตกต่างกัน การกระจายเป็นแบบโค้งปกติ (Normal Distribution)

2. กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มต้องเป็นอิสระจากกัน (Independent Sample)

โดยจากการตั้งสมมติฐานที่ว่า

$$H_0 : \mu = \mu_0 \quad H_1 : \mu = \mu_1$$
$$H_0 : \mu \leq \mu_0 \quad H_1 : \mu > \mu_0$$
หรือ $$H_0 : \mu \geq \mu_0 \quad H_1 : \mu < \mu_0$$

<u>สถิติทดสอบ</u>

1. ถ้าทราบว่าความแปรปรวนของประชากรทั้ง 2 กลุ่มเท่ากัน $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ ค่าสถิติคำนวณได้จาก

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \qquad (2.6)$$

มีองศาอิสระเท่ากับ $v = n_1 + n_2 - 2$

เมื่อ

t คือ ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาใน t-test

$\bar{X}_1, \bar{X}_2$ คือ ค่าเฉลี่ยกลุ่มที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

S_p คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวอย่างรวมจากตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม

n_1, n_2 คือ ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

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

เมื่อ

S_1^2, S_2^2 คือ ค่าค่าความแปรปรวนตัวอย่างของกลุ่มที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ถ้าทราบว่าความแปรปรวนของประชากรทั้ง 2 กลุ่มไม่เท่ากัน $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ ค่าสถิติคำนวณได้จาก

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \qquad (2.7)$$

เมื่อ

t คือ ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาใน t-test

$\bar{X}_1, \bar{X}_2$ คือ ค่าเฉลี่ยกลุ่มที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

S_1^2, S_2^2 คือ ค่าค่าความแปรปรวนตัวอย่างของกลุ่มที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

n_1, n_2 คือ ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

มีองศาอิสระเท่ากับ ν โดยประมาณได้จาก

$$\nu = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2 - 1}}$$

<u>การตัดสินใจ</u>

เปรียบเทียบระหว่างค่าที่เปิดจากตารางและค่าจากการคำนวณ เปิดตาราง t หา ค่าวิกฤต ถ้า $t_{cal} > t_{\alpha,n-1}$ จะปฏิเสธ H_0

2.6 การวิเคราะห์ต้นทุน

การวิเคราะห์ต้นทุนโครงการเป็นศาสตร์ที่สำคัญมากที่ช่วยในการตัดสินใจลงทุนเพื่อให้บรรลุผลในกิจกรรมต่าง ๆ เนื่องจากการลงทุนในกิจกรรมใด ๆ นั้นก็หมายถึงการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นการตัดสินใจจัดสรรทรัพยากรไปยังโครงการจึงสมควรที่ต้องพิจารณาว่า โครงการจะประสบความสำเร็จและให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่ากับเงินลงทุนมากน้อยเพียงใด (หฤทัย มีนะพันธ์, 2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 การตัดสินใจลงทุนโดยเกณฑ์แบบไม่ปรับค่าเวลา

เกณฑ์แบบไม่ปรับค่าเวลาเป็นเกณฑ์ที่ไม่นำเวลาเข้ามาเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดมูลค่าของเงินตรา (Value of Money) อันจะมีผลให้ค่าของเงินในอนาคต (Future Value) เท่ากับมูลค่าของเงินในปัจจุบัน ซึ่งการวิเคราะห์เกณฑ์ไม่ปรับเวลา นิยมใช้ในธุรกิจที่มีความเสี่ยงสูง เช่น ผู้ประกอบการบริษัทเอกชน เป็นต้น

การคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ใหม่ โดยยังไม่ขอลิขสิทธิ์ การนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดอาจถูกคู่แข่งเลียนแบบดังนั้นการลงทุนประเภทนี้ต้องเลือกโครงการที่ให้ผลประโยชน์ตอบแทนเร็วในระยะเวลาอันสั้น โดยการใช้เกณฑ์ ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) โดย

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก}}{\text{ผลประโยชน์สุทธิต่อปี}} \tag{2.8}$$

และ อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI : Rate of Return on Investment) เพื่อวัดค่าของโครงการในรูปแบบอัตราส่วน ซึ่งคิดเปอร์เซ็นต์ของผลประโยชน์สุทธิจากการดำเนินการต่อการลงทุน

$$\text{ROI} = \frac{\text{ผลประโยชน์สุทธิเฉลี่ยจากการดำเนินการ}}{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก}} \times 100 \tag{2.9}$$

ซึ่งการวิเคราะห์เลือกลงทุนกรณีมีหลายโครงการจะต้องเลือกลงทุนในโครงการที่ให้ค่า ROI สูงสุดเป็นอันดับแรกและลดหลั่นลงมาตามลำดับ

2.6.2 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน คือ การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้จำนวนผลผลิตเพื่อหาจุดคุ้มทุน (Break-Even Point) ว่าควรเป็นเท่าไร เพื่อช่วยในการตัดสินใจลงทุนในโครงการต่าง ๆ โดย จุดคุ้มทุน คือ สภาวะที่รายได้กับรายจ่ายเท่ากัน การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเป็นการหาความสัมพันธ์ของต้นทุน รายได้และผลกำไรที่ปริมาณการผลิตต่าง ๆ การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเหมาะกับโครงการระยะสั้นที่เงื่อนไขต่าง ๆ ไม่เปลี่ยนตลอดโครงการ เพราะถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลงก็จะส่งผลให้การตัดสินใจคลาดเคลื่อนได้ (ไพบูลย์ แย้มเผื่อน, 2548) ดังสมการที่ 2.8 และรูปที่ 2.1

$$N^* = \frac{F}{P - V} \tag{2.10}$$

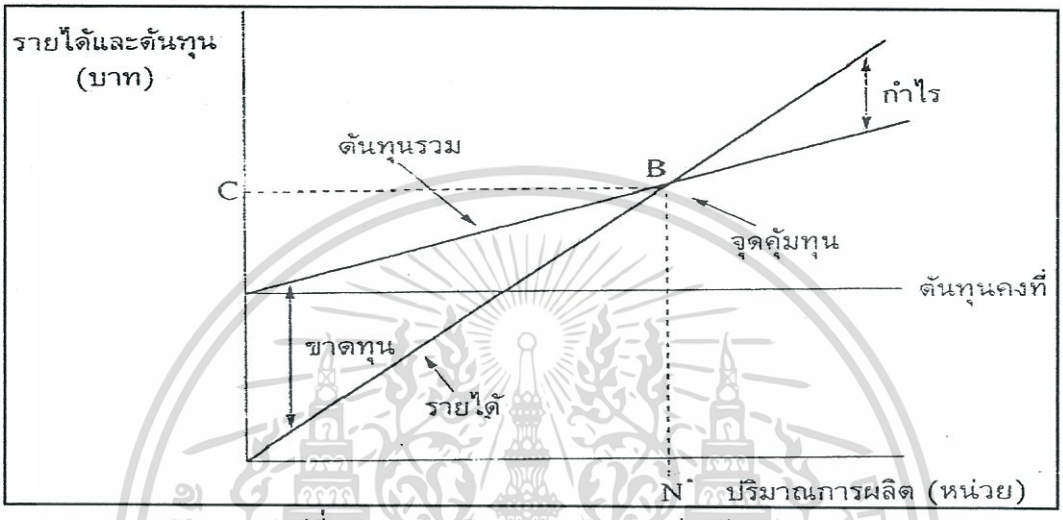
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ N^* คือ จำนวนผลิตที่จุดคุ้มทุน

F คือ ต้นทุนคงที่

P คือ ราคาขายต่อหน่วย

V คือ ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย



รูปที่ 2.18 แผนภูมิแสดงการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

ที่มา : ไพบูลย์ แย้มเผื่อน (2548)

2.7 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมภัสสร เอื้ออารีมิตร และ ธารทัศน์ โมกขมรรคกุล (2551) ทำการศึกษาเกี่ยวกับโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปโดยมีวัตถุประสงค์ในการวิจัยเพื่อปรับปรุงผังโรงงานและจัดวางตำแหน่งเครื่องจักรเพื่อช่วยเพิ่มผลผลิตให้มากขึ้น โดยลดเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายและเวลาในการรอคอยระหว่างการผลิต ซึ่งวิธีการที่ใช้ในการวิจัย คือการเก็บข้อมูลเวลาที่ใช้ในการผลิตและเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายสินค้าเพื่อนำมาเป็นข้อมูลนำเข้าใส่โปรแกรมจำลองสถานการณ์ที่เรียกว่า Arena จากนั้นทำการจำลองสถานการณ์ปัจจุบันและตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม (Verification) โดยตรวจสอบจากรูปภาพที่กำหนดไว้ให้กับสินค้าแต่ละชนิด (Entity Picture) ว่าสามารถวิ่งในเส้นทางที่ถูกต้องหรือไม่ เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ผลิตสินค้าของโปรแกรมเทียบกับการผลิตจริง จากนั้นทำการจำลองจัดผังโรงงานทั้งหมด 4 แบบ ได้แก่ ผังโรงงานปัจจุบัน ผังโรงงานตามชนิดเครื่องจักร ผังโรงงานตามชนิดสินค้าซึ่งใช้จำนวนเครื่องจักรเท่ากับจำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของผังโรงงานปัจจุบันและผังโรงงานตามชนิดสินค้าที่จัดสมดุลการผลิต เพื่อนำผลจากการจำลองสถานการณ์ผังโรงงานทั้ง 4 แบบมาเปรียบเทียบกัน ผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ พบว่า ผังโรงงานตามชนิดเครื่องจักรมีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมาะสมในการนำมาปรับใช้มากกว่าผังโรงงานชนิดอื่น เนื่องจากสามารถลดเวลาการรอคอยและเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายได้ 73.64% ช่วยผลิตสินค้าได้มากกว่าผังปัจจุบัน 3.56% แต่จากการสอบถามความคิดเห็นของผู้ผลิตเกี่ยวกับการปรับเปลี่ยนผังโรงงาน ทางผู้ผลิตมีความต้องการผังโรงงานที่สามารถผลิตสินค้าได้หลากหลายรูปแบบ เนื่องจากในอนาคตสินค้าที่ผลิตอาจจะมีความหลากหลายมากขึ้นกว่าในปัจจุบัน

เบ็ญจพร เลิศสัฒนนนท์ (2552) ศึกษาการปรับปรุงผลการดำเนินงานโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป โดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์ พบว่าแต่ละกระบวนการมีกำลังการผลิตไม่เท่ากันและมีการผลิตในรูปแบบผลัก (Push System) นั่นคือ ในแต่ละกระบวนการมุ่งผลิตให้เต็มประสิทธิภาพ โดยไม่คำนึงว่ากระบวนการถัดไปมีความต้องการงานที่ผลิตหรือไม่ ทำให้เกิดงานรอระหว่างกระบวนการเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงทำการปรับปรุงโดยนำระบบดึง (Pull System) และระบบคัมบัง (Kanban) มาควบคุมกระบวนการผลิต โดยกำหนดปริมาณงานสำรอง (Buffer Size) ให้มีขนาดที่เหมาะสมเพื่อควบคุมกระบวนการผลิตให้ไหลอย่างต่อเนื่องสามารถลดปริมาณงานรอระหว่างแผนกจากระบบปัจจุบันคิดเป็น 92.54% ลดเวลาไหลในกระบวนการผลิตคิดเป็น 37.40% ทำให้ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้น 6.14%

ศิวรักษ์ อินต๊ะวงค์ และ สันติชัย ชีวสุทธิศิลป์ (2553) ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดตารางการผลิตโดยวิธีฮิวริสติกและเทคนิคการจำลองแบบปัญหาในอุตสาหกรรมประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ พบว่าความคลาดเคลื่อนของเวลาปิดงานของระบบจากการวางแผนการผลิตเทียบกับการผลิตจริง มีมากกว่า 20% และปัญหาการจัดลำดับงานที่ยังไม่มีความเหมาะสม ทำให้เกิดการ รอคอยเครื่องจักรในแต่ละสถานีงานและเวลาปิดงานของระบบมีระยะเวลานาน ดังนั้นจึงได้พัฒนาแบบจำลองการผลิต (Simulation) ด้วยโปรแกรม Arena ให้สอดคล้องกับการผลิตจริง พบว่าแบบจำลองดังกล่าวสามารถช่วยให้การวางแผนผลิตมีความถูกต้อง โดยสามารถลดความคลาดเคลื่อนจาก 12.80% เป็น 5.04%

ภัสสร พฤติกุล และคณะ (2554) ได้ทำการศึกษา วิเคราะห์กระบวนการให้บริการตรวจรักษาแผนกอายุรกรรมในโรงพยาบาลตัวอย่างเป็นต้นแบบการรอคอยของผู้ป่วย โดยมีจุดประสงค์เพื่อลดความแออัดของการให้บริการจากทรัพยากรและพื้นที่ที่มีอยู่อย่างจำกัด รวมไปถึงความล่าช้าในการรับบริการ โดยการศึกษานี้จะมุ่งเน้นไปที่วิธีการ ขั้นตอน กระบวนการ ทรัพยากรและเวลาตลอดกระบวนการเพื่อจัดทำกระบวนการไหลของผู้ป่วย (Patient Flow) เพื่อให้เห็นสภาพปัญหาอย่างชัดเจนมากขึ้นจึงได้ทำการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) และหาแนวทางการปรับปรุงโดยใช้โปรแกรม Arena ซึ่งแผนการดำเนินงานวิจัยที่เลือกใช้ในครั้งนี้ คือ เพิ่มจำนวนแพทย์ จากเดิม 27 คนเป็น 35 คน หลังจากการวิจัยพบว่าการเพิ่มจำนวนแพทย์ลดเวลาการรอคอยใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบของผู้ป่วยน้อยมาก ซึ่งเทียบจำนวนแพทย์จาก 28 ถึง 32 คนตามลำดับ ลดเวลาลงจากเดิม 165.93 นาที เป็น 164.57, 163.95, 163.39 และ 163.31 นาที ตามลำดับหรือคิดเป็น 0.82%, 1.19%, 1.53% และ 1.58% ของเวลาที่ผู้ป่วยใช้ทั้งหมดในระบบปัจจุบัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 0.2% ของเวลาที่ผู้ป่วยใช้ในระบบทั้งหมดในภาพรวม จากผลการวิจัยพบว่าการเพิ่มแพทย์เพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำให้เวลาในการบริการในหน่วยอายุรกรรมดีขึ้น ดังนั้นเพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ควรมีการศึกษาและเสนอแนะแผนการดำเนินงานอื่น ๆ เพิ่มเติม เพื่อลดเวลาในระบบและสร้างความพึงพอใจให้กับผู้ป่วยมากที่สุด

ประจวบ กล่อมจิตและคณะ (2554) ได้ทำการศึกษากระบวนการแปรรูปกระดาษ โดยนำหลักการการทำงานมาใช้ในเก็บข้อมูลที่จำเป็น ซึ่งประกอบด้วย แผนผังของแผนกการแปรรูกระดาษ และระยะเวลาการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ระหว่างสถานี จากนั้นทำการกำหนดแนวทางการปรับปรุง ซึ่งกำหนดเป็น 4 ทางเลือก A B C D ใช้วิธีการ CRAFT ในการจัดสรรพื้นที่และเส้นทางการเคลื่อนที่ของผลิตภัณฑ์ โดยปัจจัยที่ใช้กำหนดทางเลือก ได้แก่ ระยะทางในการเคลื่อนที่ของพาหนะ ทรัพยากรที่ใช้ในการทำงาน สถานีงานที่สามารถเคลื่อนย้ายได้และค่าใช้จ่ายของแต่ละทางเลือก จากนั้นใช้การจำลองสถานการณ์โดยโปรแกรม Arena เป็นเครื่องมือในการทดสอบการทำงานของทั้ง 4 ทางเลือก จากการวิจัยพบว่า ทางเลือกการปรับปรุงที่ดีที่สุดคือ ทางเลือกแบบ D ปริมาณผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น 2.82% รอบเวลาในการผลิตลดลงเฉลี่ย 4.52% ระยะทางในการเคลื่อนผลิตภัณฑ์ลดลง 18.81 % และต้นทุนในการผลิตลดลง 1.98%

นันทชัย กานตานันทะ และ กิจวเรศ นพกิจ (2555) ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์โรงงานผลิตคุกกี้โดยมีจุดประสงค์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของสายการผลิตและเพิ่มกำลังการผลิตเพื่อให้ทันกับความต้องการของลูกค้า หลังจากศึกษากระบวนการผลิตโดยการศึกษานี้จะมุ่งเน้นไปที่การหาเวลามาตรฐาน การวิเคราะห์สัดส่วนการทำงานระหว่างคนกับเครื่องจักรแล้วทำการจำลองสายการผลิตด้วยโปรแกรม Arena พบว่าปัญหาหลักคือเครื่องจักรไม่สามารถผลิตได้เพียงพอกับความต้องการของลูกค้า ซึ่งหากเพิ่มเครื่องจักรซึ่งใช้เงินลงทุนประมาณ 2,280,000 บาท จะทำให้สามารถผลิตได้เพิ่มขึ้น 1,039 ถาด คิดจากเวลาทางาน 8 ชั่วโมง จากเดิม 2,048 เป็น 3,087 ถาด ซึ่งหากคิดมูลค่าเป็นกำไรจากการขายคุกกี้ 1 ถาดมี 56 ชิ้น ขายชิ้นละ 3 บาท กำไร 0.75 บาทต่อชิ้น ดังนั้นจะมีกำไรประมาณ 1,039x56x0.75 = 43,638 บาทต่อวันหรือเท่ากับ 43,638x30 = 1,309,140 บาทต่อเดือน มีค่าใช้จ่ายในการจ้างคนงาน 3 คน คนละ 300 x 30 x 3 = 27,000 บาทต่อเดือน กำไรสุทธิต่อเดือน 1,309,140 - 27,000 = 1,282,140 บาทต่อเดือน มีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 2,280,000 / 1,282,140 = 1.78 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัญหาที่ทำให้เกิดความล่าช้าในระบบการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ประเภทหัวลูกหมาก โดยทำการจำลองสถานการณ์บนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ชื่อ Arena ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพและเพิ่มผลผลิตให้มากขึ้น โดยผู้วิจัยจะดำเนินการศึกษารายละเอียดในหัวข้อดังต่อไปนี้

3.1 ศึกษาระบบการผลิตชิ้นงานประเภทหัวลูกหมาก

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3 วิเคราะห์ข้อมูล

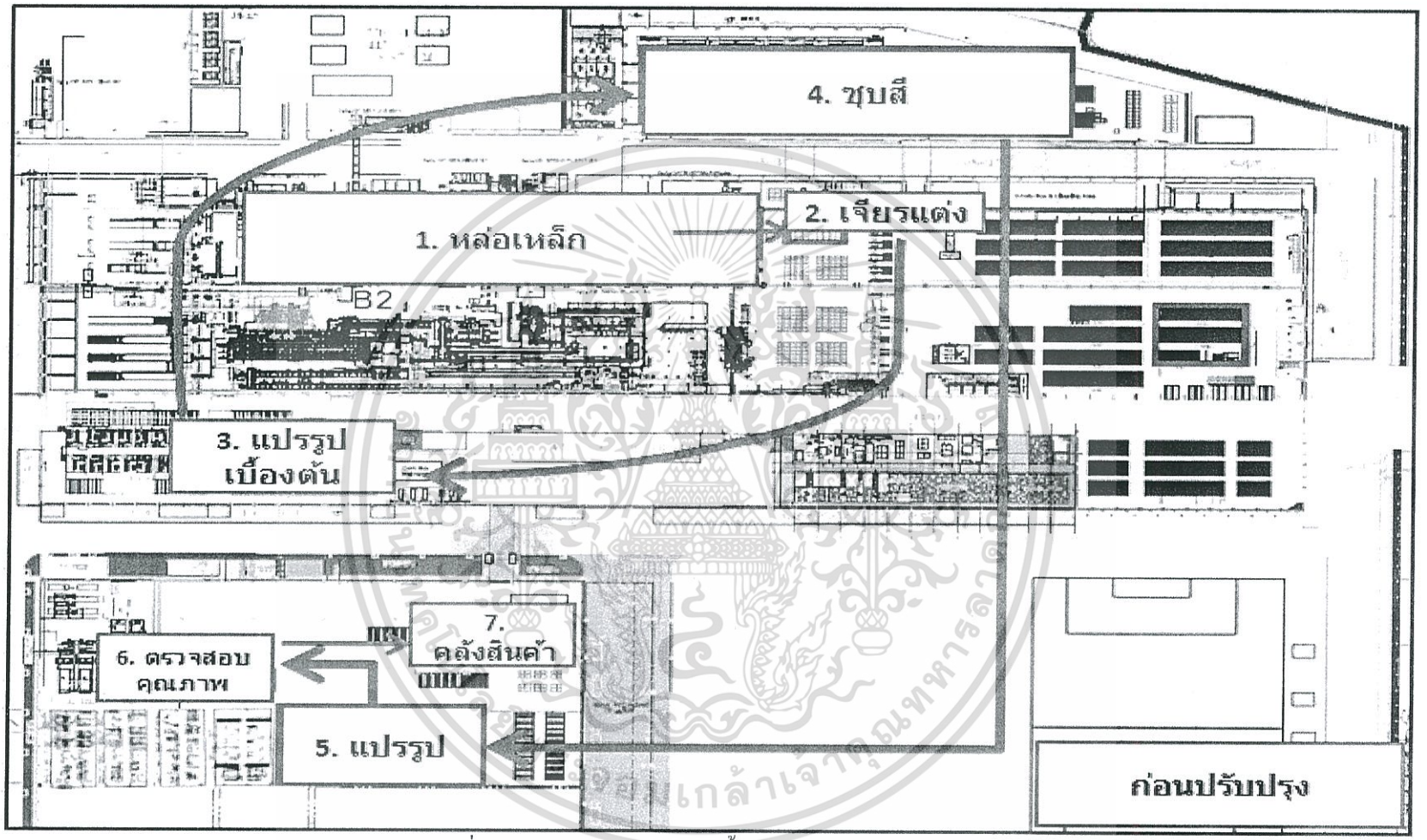
3.1 ศึกษาระบบการผลิตชิ้นงานประเภทหัวลูกหมาก

จากการศึกษาระบบการผลิตชิ้นงานประเภทหัวลูกหมากเพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการสร้างแบบจำลอง พบว่า ปริมาณการผลิตปัจจุบันอยู่ที่ประมาณ 40,000 ชิ้น/เดือน (22 วันทำงาน) โดยแบ่งเวลาทำงานเป็น 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงเวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 08.00 – 20.00 น. และช่วงเวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 20.00 – 08.00 น. ซึ่งหลังจากหักเวลาในการทำกิจกรรมระหว่างวัน ทำให้เหลือเวลาในการผลิตจริง 20 ชั่วโมงต่อวัน ดังตารางที่ 3.1 ประกอบด้วย 7 สถานี ได้แก่ (1).หล่อเหล็ก (2).เจียรแต่ง (3).แปรรูปเบื้องต้น (4).ชุบสี (5).แปรรูป (6).ตรวจสอบคุณภาพ และ (7).คลังสินค้า ดังรูปที่ 3.1 แผนผังแสดงการผลิตชิ้นงานหัวลูกหมากภายในโรงงาน ซึ่งชิ้นงานจะต้องเข้าสู่กระบวนการผลิตหลักในแต่ละสถานีตามลำดับ ดังรูปที่ 3.2

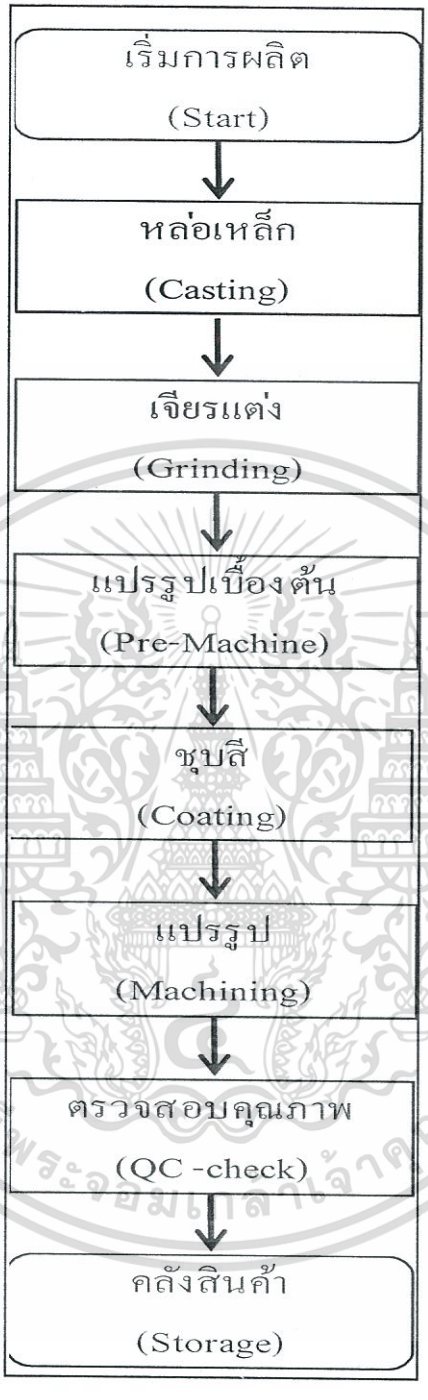
ตารางที่ 3.1 แสดงเวลาและกิจกรรมระหว่างการผลิต

ช่วงเวลา	08:00 - 08.05		10:00-10:10		12:00-13:00		15:00-15:10		16:55-17:00	17:00-17:30	17:30-20:00	รวมเวลากิจกรรมระหว่างการผลิต
กิจกรรมระหว่างการผลิต	ประชุมก่อนเริ่มงานช่วงกลางวัน	ช่วงเวลาทำงาน	พักระหว่างการผลิต	ช่วงเวลาทำงาน	พักทานอาหาร	ช่วงเวลาทำงาน	พักระหว่างการผลิต	ช่วงเวลาทำงาน	5ส	พักก่อนเริ่ม OT	ช่วงเวลาทำงาน	
เวลา (นาที)	5		10		60		10		5	30		120
ช่วงเวลา	20:00 - 20.05		22:00-22:10		00:00-01:00		03:00-03:10		04:55-05:00	05:00-05:30	05:30-08:00	รวมเวลากิจกรรมระหว่างการผลิต
กิจกรรมระหว่างการผลิต	ประชุมก่อนเริ่มงานช่วงกลางคืน	ช่วงเวลาทำงาน	พักระหว่างการผลิต	ช่วงเวลาทำงาน	พักทานอาหาร	ช่วงเวลาทำงาน	พักระหว่างการผลิต	ช่วงเวลาทำงาน	5ส	พักก่อนเริ่ม OT	ช่วงเวลาทำงาน	
เวลา (นาที)	5		10		60		10		5	30		120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



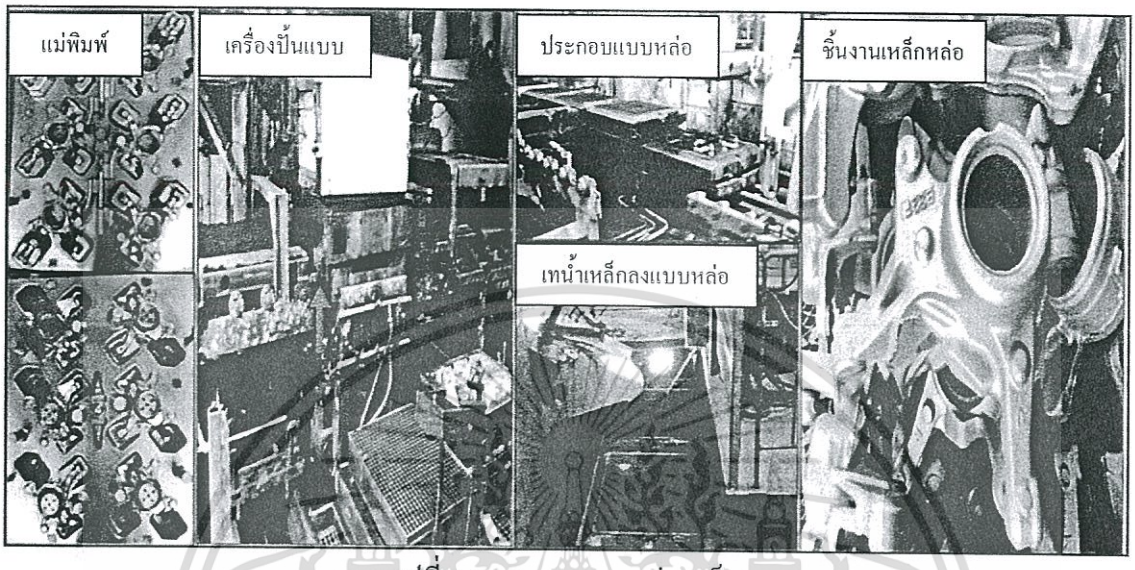
รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงการผลิตชิ้นงานประเภทหัวลูกหมาก



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการผลิตชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. หล่อเหล็ก (Casting) เตาหล่อ หลอมเหล็กจนเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวและเทน้ำเหล็กลงในแบบทรายที่เตรียมไว้บนสายพานลำเลียง ดังรูปที่ 3.3



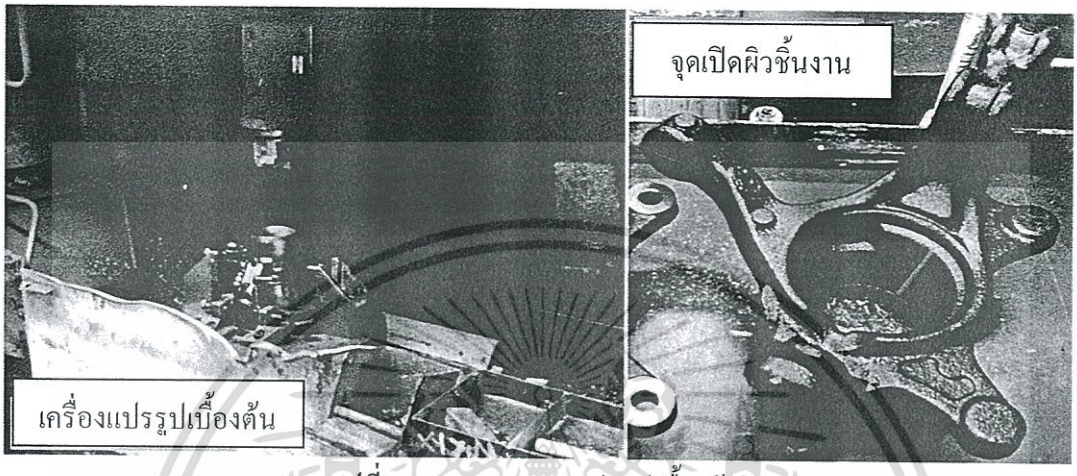
รูปที่ 3.3 กระบวนการหล่อเหล็ก

2. เจียรแต่ง (Grinding) พนักงานนำชิ้นงานมาเจียรเพื่อลบส่วนเกินจำพวกครีบหรือเนื้อเหล็กหรือที่เกิดจากการหล่อ โดยมีเครื่องจักร 2 เครื่อง พนักงานประจำเครื่องละ 1 คน ดังรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 กระบวนการเจียรแต่ง

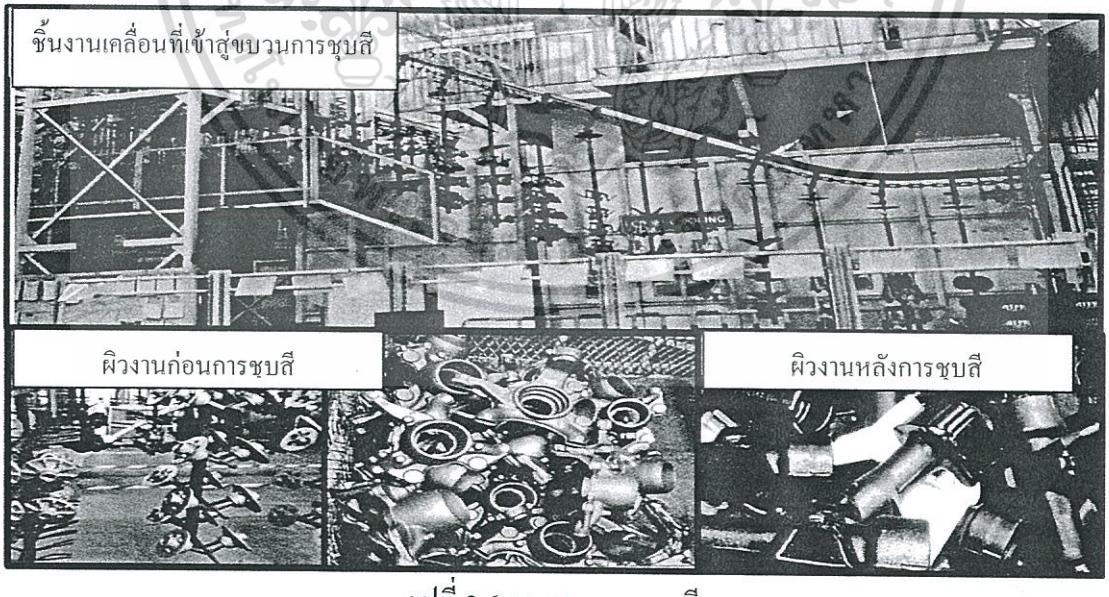
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แปรรูปเบื้องต้น (Pre-Machine) พนักงานนำชิ้นงานเข้าเครื่องจักร เพื่อกลึงเปิดผิวหน้าชิ้นงานแบบหยาบ มีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยยืดอายุการใช้งานและลดต้นทุนของมีดกลึงชนิดพิเศษแบบละเอียดในกระบวนการแปรรูป โดยมีเครื่องจักร 2 เครื่อง พนักงาน 1 คน ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 กระบวนการแปรรูปเบื้องต้น

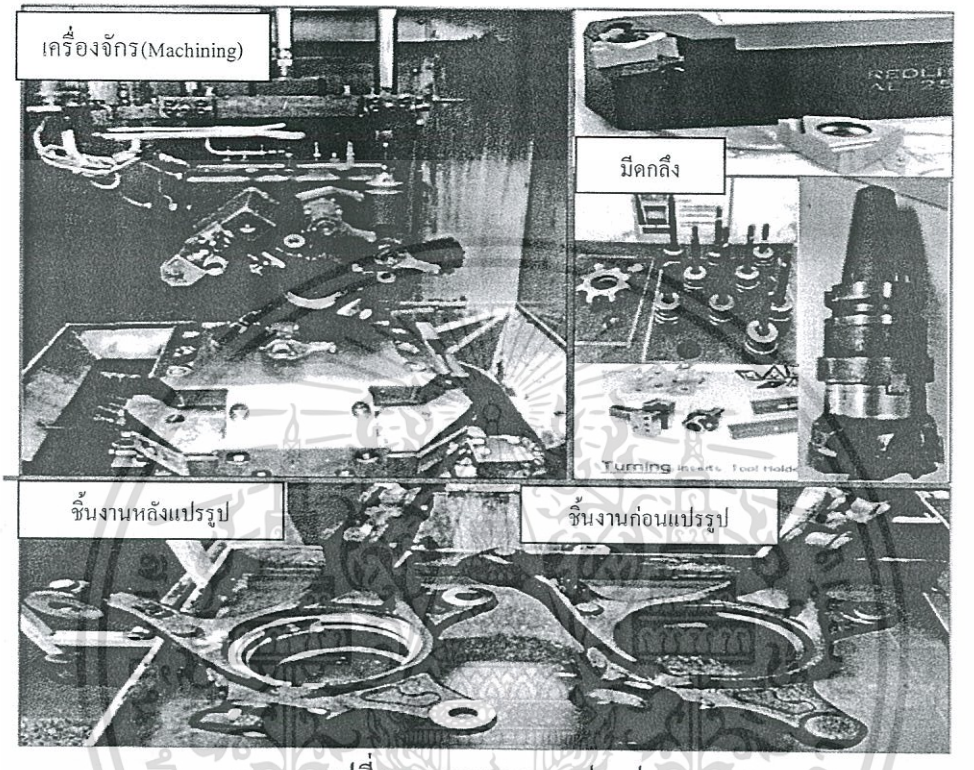
4. ชุบสี (Coating) พนักงานนำชิ้นงานแขวนกับตะขอเพื่อให้ชิ้นงานเข้าสู่กระบวนการชุบสีในบ่อชุบด้วยระบบสายพานอัตโนมัติ ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 กระบวนการชุบสี

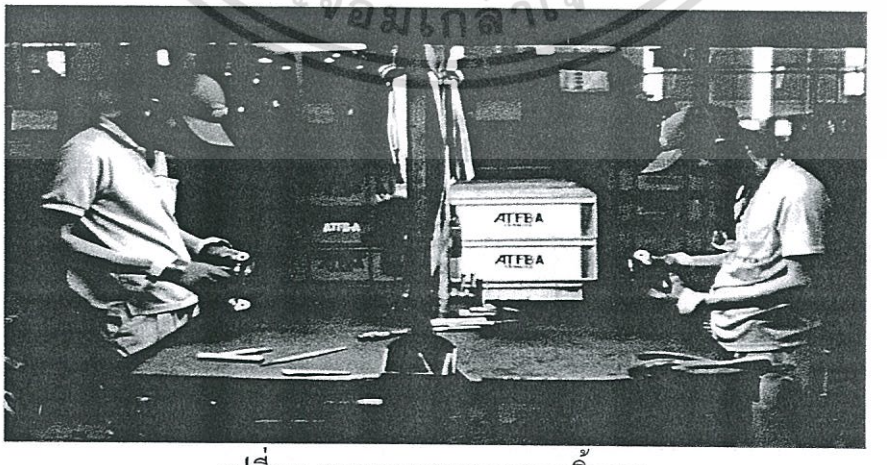
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. แปรรูป (Machining) พนักงานนำชิ้นงานเข้าเครื่องจักร มีทั้งหมด 3 เครื่อง พนักงานประจำเครื่องละ 1 คน ซึ่งแต่ละเครื่องเมื่อผลิตชิ้นงานครบ 200 ชิ้น จะต้องทำการหยุดเครื่องจักรเพื่อทำการเปลี่ยนมีดกลึงและทำการตรวจวัดค่าความถูกต้องของชิ้นงานทุกครั้ง ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 กระบวนการแปรรูป

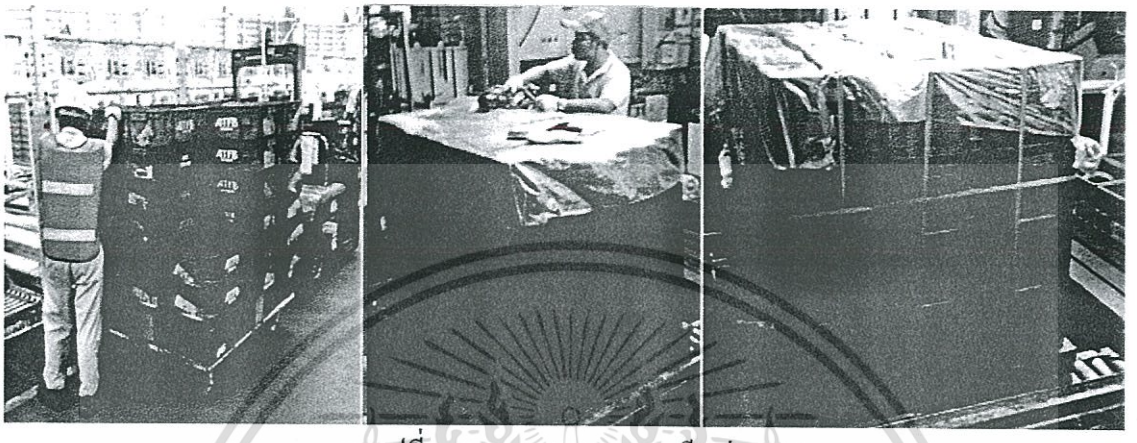
6. ตรวจสอบคุณภาพ (QC-Check) พนักงานตรวจสอบชิ้นงานทุกชิ้นตามมาตรฐานการตรวจวัดชิ้นงาน โดยมี 2 จุด พนักงานประจำจุดละ 1 คน ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 กระบวนการตรวจสอบชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. คลังสินค้า (Storage) พนักงานตรวจนับสินค้าจำนวน 36 กล่อง (72 ชิ้น) และบรรจุหีบห่อเพื่อรอส่งขาย โดยมีพนักงาน 1 คน ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 กระบวนการบรรจุหีบห่อ

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ โดยขอข้อมูลจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ในแต่ละวันจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จับและบันทึกเวลากระบวนการผลิตทั้ง 7 สถานี เวลาในการขนส่งชิ้นงานระหว่างสถานี ตั้งแต่สถานีหล่อเหล็กไปจนถึงสถานีคลังสินค้า โดยมีรายละเอียดของแต่ละกระบวนการดังต่อไปนี้

1. สถานีหล่อเหล็ก
   - เวลาการหล่อชิ้นงาน
   - เวลาในการขนส่งชิ้นงานจากสถานีหล่อเหล็กไปสถานีเจียรแต่ง
2. สถานีเจียรแต่ง
   - เวลาการเจียรแต่ง
   - เวลาในการขนส่งชิ้นงานจากสถานีเจียรแต่งไปยังสถานีแปรรูปเบื้องต้น
3. สถานีแปรรูปเบื้องต้น
   - เวลาในการแปรรูปเบื้องต้น
   - เวลาในการขนส่งชิ้นงานจากสถานีแปรรูปเบื้องต้นไปยังสถานีชุบสี
4. สถานีชุบสี
   - เวลาในการชุบสี
   - เวลาในการขนส่งชิ้นงานจากสถานีชุบสีไปยังสถานีแปรรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สถานีแปรรูป

- เวลาการแปรรูปชิ้นงาน
- เวลาในการหยุดเพื่อเปลี่ยนมีดกลึงและวัดค่าความถูกต้องของชิ้นงาน
- เวลาในการขนส่งชิ้นงานจากสถานีแปรรูปไปยังสถานีตรวจสอบคุณภาพ

6. สถานีตรวจสอบคุณภาพ

- เวลาการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงาน
- เวลาในการขนส่งชิ้นงานจากสถานีตรวจสอบคุณภาพไปยังสถานีคลังสินค้า

7. สถานีคลังสินค้า

- เวลาในการบรรจุหีบห่อและเก็บเพื่อรอขาย

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

1.การลงรหัสข้อมูล

นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาลงรหัสในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

2.วิเคราะห์หาการแจกแจงของข้อมูลนำเข้า

นำข้อมูลของระยะเวลาในแต่ละกระบวนการผลิตและการขนถ่ายของทุกสถานีมาหารูปแบบการแจกแจงที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากรูปแบบการกระจายข้อมูลจากกราฟฮีสโตแกรม หรือกราฟความน่าจะเป็น และใช้เครื่องมือ Input Analyzer ของโปรแกรม Arena วิเคราะห์หารูปแบบการแจกแจงที่เหมาะสมกับข้อมูล ซึ่งโปรแกรม Arena มีวิธีการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของความน่าจะเป็นของข้อมูล (Goodness of Fit Test) 2 วิธี คือ

วิธีที่ 1 การทดสอบโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ (Kolmogorov-Smirnov Test) หรือ

วิธีที่ 2 การทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square Test)

3. สร้างตัวแบบจำลองและตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบจำลอง

สร้างแบบจำลองระบบการผลิตชิ้นส่วนชิ้นงานประเภทหัวลูกหมาก ในโปรแกรม Arena และตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบจำลองเพื่อเป็นตัวพิสูจน์ว่าแบบจำลองสามารถทำงานเหมือนระบบจริงได้หรือไม่ มี 2 ขั้นตอน คือ การตรวจสอบความจริง (Verification) และการตรวจสอบความเหตุผล (Validation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ออกแบบและทดลองแนวทางการปรับปรุง

หลังจากได้ผลการจำลองแบบระบบการผลิตในปัจจุบันแล้ว ผู้วิจัยนำเสนอพิจารณาปรับเปลี่ยนระบบและลำดับกระบวนการผลิต จากนั้นออกแบบการทดลองโดยกำหนดแนวทางที่จะทำการทดลอง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต เมื่อได้ผลจากการทดลองแล้วต้องทดสอบด้วยวิธีการทางสถิติ เพื่อเปรียบเทียบหาแนวทางที่ทำให้ระบบมีการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดและวิเคราะห์หาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

5. วิเคราะห์เลือกทางออกที่เหมาะสมที่สุด และเขียนรายงานการวิจัย

นำผลการวิเคราะห์มาพิจารณาเพื่อหาข้อสรุปและข้อเสนอแนะและจัดทำรายงาน

3.3.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การทดสอบโคโมโกรอฟ-สเมียร์นอฟ (Kolmogorov-Smirnov Test) ทดสอบการแจกแจงของประชากร กรณีที่ไม่ทราบค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน ใช้ทดสอบกรณีข้อมูลมีน้อยกว่า 50 ข้อมูล

การทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square Test) ทดสอบที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ ใช้ทดสอบว่าข้อมูลมีการแจกแจงตามแบบที่ต้องการทดสอบหรือไม่ ใช้ทดสอบกรณีข้อมูลมีอย่างน้อย 50 ข้อมูล

3.3.3 วิเคราะห์ต้นทุน

นำผลที่ได้จากการจำลองมาวิเคราะห์ข้อมูลทางการเงินเปรียบเทียบแต่ละแนวทางการปรับปรุงโดยใช้ต้นทุนและผลกำไรที่ได้จากการปรับปรุงดังทฤษฎีที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 ได้แก่ การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน ระยะเวลาคืนทุนและอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

การวิเคราะห์ข้อมูลการจำลองสถานการณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ประกอบด้วยรายละเอียดในหัวข้อดังต่อไปนี้

4.1 ข้อมูลระบบกระบวนการผลิต

4.1.1 ปริมาณการผลิตชิ้นงานหัวลูกหมากที่ได้ต่อวัน

4.1.2 ระยะทางการขนส่งระหว่างสถานี

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลการจำลองสถานการณ์

4.2.1 แบบจำลองการผลิตชิ้นส่วนหัวลูกหมากในรูปแบบปัจจุบัน

4.2.2 แนวทางการปรับปรุงแบบจำลองและเปรียบเทียบเชิงเศรษฐศาสตร์

4.1 ข้อมูลระบบกระบวนการผลิต

4.1.1 ปริมาณการผลิตชิ้นงานหัวลูกหมากที่ได้ต่อวัน

ระบบการผลิตชิ้นงานประเภทหัวลูกหมาก ใช้เวลาในการผลิตจริง 20 ชั่วโมงต่อวันโดยแบ่งเวลาทำงานเป็น 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงเวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 08.00 – 20.00 น. และช่วงเวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 20.00 – 08.00 น.

ตารางที่ 4.1 ปริมาณการผลิตชิ้นงานหัวลูกหมากเฉลี่ยต่อวัน (ชิ้น)

สัปดาห์ที่	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เฉลี่ย
1	1,772	1,800	1,726	1,662	1,658	1,724
2	1,694	1,686	1,784	1,788	1,798	1,750
3	1,654	1,734	1,742	1,786	1,792	1,742
4	1,784	1,764	1,748	1,704	1,660	1,732
5	1,728	1,742	1,786	-	-	1,752
เฉลี่ย	1,726	1,745	1,757	1,735	1,727	**1,740**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 พบว่าการผลิตชิ้นงานประเภทหัวลูกหมาก มีปริมาณการผลิตชิ้นส่วนเฉลี่ยต่อวัน 1,740 ชิ้น

4.1.2 ระยะทางการขนส่งระหว่างสถานี

ระบบการผลิตชิ้นงานประเภทหัวลูกหมาก ประกอบด้วย 7 สถานี ได้แก่ (1).หล่อเหล็ก (2).เจียรแต่ง (3).แปรรูปเบื้องต้น (4).ชุบสี (5).แปรรูป (6).ตรวจสอบคุณภาพ และ (7).คลังสินค้า ซึ่งชิ้นงานจะต้องเข้าสู่กระบวนการผลิตหลักในแต่ละสถานีตามลำดับ โดยใช้รถลาก (E-Car) ขนส่งชิ้นงานระหว่างสถานี ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ระยะทางการขนส่งระหว่างสถานี

สถานี		ระยะทาง
เริ่มต้น	สิ้นสุด	(เมตร)
หล่อเหล็ก	เจียรแต่ง	35
เจียรแต่ง	แปรรูปเบื้องต้น	125
แปรรูปเบื้องต้น	ชุบสี	165
ชุบสี	แปรรูป	290
แปรรูป	ตรวจสอบคุณภาพ	60
ตรวจสอบคุณภาพ	คลังสินค้า	65

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลการจำลองสถานการณ์

4.2.1 แบบจำลองการผลิตชิ้นส่วนหัวลูกหมากในรูปแบบปัจจุบัน

1. การวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้า

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเวลาในระบบผลิตโดยจับเวลาการเคลื่อนที่และเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตของแต่ละสถานี จากนั้นนำข้อมูลไปหาการแจกแจงโดยใช้เครื่องมือ Input Analyzer ในโปรแกรม Arena ซึ่งโปรแกรมจะช่วยวิเคราะห์รูปแบบการแจกแจง โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เวลาการผลิต ดังตารางที่ 4.3 และ ส่วนที่ 2 คือ เวลาการขนส่งระหว่างสถานี ดังตารางที่ 4.4 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 รูปแบบการแจกแจงของข้อมูลเวลาการผลิต

เวลาการผลิต	รูปแบบการแจกแจง (วินาที)	n	p-value
เวลาการหล่อชิ้นงาน	Uniform(1.02e+003, 1.2e+003)	50	>0.750
เวลาเจียรแต่ง	36 + 6 * Beta(1.13, 1.09)	50	0.385
เวลาในการแปรรูปเบื้องต้น	36 + 8 * Beta(0.71, 0.89)	50	0.729
เวลาในการชุบสี	1.14e+003 + 241 * Beta(1.09, 1.20)	50	>0.750
เวลาการแปรรูปชิ้นงานเครื่องที่ 1	103 + 21 * Beta(1.35, 2.54)	50	0.096
เวลาการแปรรูปชิ้นงานเครื่องที่ 2	107 + 12 * Beta(1.51, 1.69)	50	0.095
เวลาการแปรรูปชิ้นงานเครื่องที่ 3	106 + 13 * Beta(1.37, 1.88)	50	>0.750
เวลาการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงาน	44 + 4 * Beta(0.84, 0.68)	50	> 0.150
เวลาในการบรรจุหีบห่อ	Uniform(270, 311)	50	0.229

หมายเหตุ : เวลาการหล่อชิ้นงานและเวลาการชุบสี เป็นหน่วยการผลิตต่อครั้ง ครั้งละ 36 ชิ้น
เวลาในการบรรจุหีบห่อเป็นหน่วยการผลิตต่อครั้ง ครั้งละ 72 ชิ้น

จากตารางที่ 4.3 พบว่า เวลาหล่อชิ้นงานมีการแจกแจงแบบ Uniform โดยจากการทดสอบสมมติฐานที่ว่า

H_0 : เวลาหล่อชิ้นงานมีการแจกแจงเป็นแบบ Uniform

H_1 : เวลาหล่อชิ้นงานไม่มีการแจกแจงเป็นแบบ Uniform

ที่นัยสำคัญ 0.05 ทดสอบด้วยสถิติทดสอบ Chi-Square พบว่า มีค่า p-value >0.750 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจะยอมรับ H_0 นั้นคือ เวลาหล่อชิ้นงานมีการแจกแจงเป็นแบบ Uniform ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยรูปแบบการแจกแจง Uniform(1.02e+003, 1.2e+003)

เวลาเจียรแต่งมีการแจกแจงแบบ Beta โดยจากการทดสอบสมมติฐานที่ว่า

H_0 : เวลาเจียรแต่งมีการแจกแจงเป็นแบบ Beta

H_1 : เวลาเจียรแต่งไม่มีการแจกแจงเป็นแบบ Beta

ที่นัยสำคัญ 0.05 ทดสอบด้วยสถิติทดสอบ Chi-Square พบว่า มีค่า p-value = 0.385 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจะยอมรับ H_0 นั้นคือ เวลาเจียรแต่งมีการแจกแจงเป็นแบบ Beta ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยรูปแบบการแจกแจง 36 + 6 * Beta(1.13, 1.09)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาในการแปรรูปเบื้องต้นมีการแจกแจงแบบ Beta โดยจากการทดสอบสมมติฐานที่ว่า

H_0 : เวลาในการแปรรูปเบื้องต้นมีการแจกแจงเป็นแบบ Beta

H_1 : เวลาในการแปรรูปเบื้องต้นไม่มีการแจกแจงเป็นแบบ Beta

ที่นัยสำคัญ 0.05 ทดสอบด้วยสถิติทดสอบ Chi-Square พบว่า มีค่า p-value = 0.729 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจะยอมรับ H_0 นั้นคือ เวลาในการแปรรูปเบื้องต้นมีการแจกแจงเป็นแบบ Beta ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยรูปแบบการแจกแจง 36 + 8 * Beta(0.71, 0.89)

เวลาในการชุบสีมีการแจกแจงแบบ Beta โดยจากการทดสอบสมมติฐานที่ว่า

H_0 : เวลาในการชุบสีมีการแจกแจงเป็นแบบ Beta

H_1 : เวลาในการชุบสีไม่มีการแจกแจงเป็นแบบ Beta

ที่นัยสำคัญ 0.05 ทดสอบด้วยสถิติทดสอบ Chi-Square พบว่า มีค่า p-value >0.750 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจะยอมรับ H_0 นั้นคือ เวลาในการชุบสีมีการแจกแจงเป็นแบบ Beta ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยรูปแบบการแจกแจง 1.14e+003 + 241 * Beta(1.09, 1.2)

เวลาการแปรรูปชิ้นงานเครื่องที่ 1 มีการแจกแจงแบบ Beta โดยจากการทดสอบสมมติฐานที่ว่า

H_0 : เวลาการแปรรูปชิ้นงานเครื่องที่ 1 มีการแจกแจงเป็นแบบ Beta

H_1 : เวลาการแปรรูปชิ้นงานเครื่องที่ 1 ไม่มีการแจกแจงเป็นแบบ Beta

ที่นัยสำคัญ 0.05 ทดสอบด้วยสถิติทดสอบ Chi-Square พบว่า มีค่า p-value = 0.096 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจะยอมรับ H_0 นั้นคือ เวลาการแปรรูปชิ้นงานเครื่องที่ 1 มีการแจกแจงเป็นแบบ Beta ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยรูปแบบการแจกแจง 103 + 21 * Beta(1.35, 2.54)

เวลาการแปรรูปชิ้นงานเครื่องที่ 2 มีการแจกแจงแบบ Beta โดยจากการทดสอบสมมติฐานที่ว่า

H_0 : เวลาการแปรรูปชิ้นงานเครื่องที่ 2 มีการแจกแจงเป็นแบบ Beta

H_1 : เวลาการแปรรูปชิ้นงานเครื่องที่ 2 ไม่มีการแจกแจงเป็นแบบ Beta

ที่นัยสำคัญ 0.05 ทดสอบด้วยสถิติทดสอบ Chi-Square พบว่า มีค่า p-value = 0.095 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจะยอมรับ H_0 นั้นคือ เวลาการแปรรูปชิ้นงานเครื่องที่ 2 มีการแจกแจงเป็นแบบ Beta ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยรูปแบบการแจกแจง 107 + 12 * Beta(1.51, 1.69)

เวลาการแปรรูปชิ้นงานเครื่องที่ 3 มีการแจกแจงแบบ Beta โดยจากการทดสอบสมมติฐานที่ว่า

H_0 : เวลาการแปรรูปชิ้นงานเครื่องที่ 3 มีการแจกแจงเป็นแบบ Beta

H_1 : เวลาการแปรรูปชิ้นงานเครื่องที่ 3 ไม่มีการแจกแจงเป็นแบบ Beta

ที่นัยสำคัญ 0.05 ทดสอบด้วยสถิติทดสอบ Chi-Square พบว่า มีค่า p-value >0.750 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจะยอมรับ H_0 นั้นคือ เวลาการแปรรูปชิ้นงานเครื่องที่ 3 มีการแจกแจงเป็นแบบ Beta ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยรูปแบบการแจกแจง 106 + 13 * Beta(1.37, 1.88)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานมีการแจกแจงแบบ Beta โดยจากการทดสอบสมมติฐานที่ว่า

H_0 : เวลาการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานมีการแจกแจงเป็นแบบ Beta

H_1 : เวลาการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานไม่มีการแจกแจงเป็นแบบ Beta

ที่นัยสำคัญ 0.05 ทดสอบด้วยสถิติทดสอบ Chi-Square พบว่า มีค่า p-value > 0.150 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจะยอมรับ H_0 นั้นคือ เวลาการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานมีการแจกแจงเป็นแบบ Beta ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยรูปแบบการแจกแจง 44 + 4 * Beta(0.84, 0.68)

เวลาในการบรรจุหีบห่อและเก็บเพื่อรอขายมีการแจกแจงแบบ Uniform โดยจากการทดสอบสมมติฐานที่ว่า

H_0 : เวลาในการบรรจุหีบห่อและเก็บเพื่อรอขาย มีการแจกแจงเป็นแบบ Uniform

H_1 : เวลาในการบรรจุหีบห่อและเก็บเพื่อรอขาย ไม่มีการแจกแจงเป็นแบบ Uniform

ที่นัยสำคัญ 0.05 ทดสอบด้วยสถิติทดสอบ Chi-Square พบว่า มีค่า p-value > 0.150 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจะยอมรับ H_0 นั้นคือ เวลาในการบรรจุหีบห่อและเก็บเพื่อรอขายมีการแจกแจงเป็นแบบ Uniform ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยรูปแบบการแจกแจง Uniform(270, 311)

ตารางที่ 4.4 รูปแบบการแจกแจงของข้อมูลเวลาการขนส่งระหว่างสถานี

เวลาการขนส่งระหว่างสถานี	รูปแบบการแจกแจง (วินาที)	n	p - value
เวลาในการขนถ่ายชิ้นงานจากสถานีหล่อเหล็กไปสถานีเจียรแต่ง	Uniform(13, 16)	30	>0.750
เวลาในการขนถ่ายชิ้นงานจากสถานีเจียรแต่งไปยังสถานีแปรรูปเบื้องต้น	Uniform (43, 47)	30	0.421
เวลาในการขนถ่ายชิ้นงานจากสถานีแปรรูปเบื้องต้นไปยังสถานีชุบสี	54 + 22 * Beta (0.919, 0.764)	30	0.083
เวลาในการขนถ่ายชิ้นงานจากสถานีชุบสีไปยังสถานีแปรรูป	Triangula(102, 104, 106)	30	0.078
เวลาในการขนถ่ายชิ้นงานจากสถานีแปรรูปไปยังสถานีตรวจสอบคุณภาพ	21+3*Beta (0.751, 0.647)	30	0.058
เวลาในการขนถ่ายชิ้นงานจากสถานีตรวจสอบคุณภาพไปยังสถานีคลังสินค้า	23+1*Beta (1.36, 1.23)	30	0.406

หมายเหตุ : รูปแบบการแจกแจง เป็นหน่วยเวลาในการขนส่งระหว่างสถานีต่อครั้ง ครั้งละ 18 ชิ้น ยกเว้นการขนส่งระหว่างสถานีชุบสีไปสถานีแปรรูป มีการขนส่งจำนวน 36 ชิ้นต่อครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.4 พบว่าเวลาในการขนถ่ายชิ้นงานจากสถานีหล่อเหล็กไปสถานีเจียรแต่งมีการแจกแจงแบบ Uniform โดยจากการทดสอบสมมติฐานที่ว่า

H_0 : เวลาในการขนถ่ายชิ้นงานจากสถานีหล่อเหล็กไปสถานีเจียรแต่งมีการแจกแจงเป็นแบบ Uniform

H_1 : เวลาในการขนถ่ายชิ้นงานจากสถานีหล่อเหล็กไปสถานีเจียรแต่งไม่มีการแจกแจงเป็นแบบ Uniform

ที่นัยสำคัญ 0.05 ทดสอบด้วยสถิติทดสอบ Chi-Square พบว่า มีค่า p-value >0.75 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจะยอมรับ H_0 นั้นคือ เวลาในการขนถ่ายชิ้นงานจากสถานีหล่อเหล็กไปสถานีเจียรแต่งมีการแจกแจงเป็นแบบ Uniform ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยรูปแบบการแจกแจง Uniform(13, 16)

เวลาในการขนถ่ายชิ้นงานจากสถานีเจียรแต่งไปยังสถานีแปรรูปเบื้องต้นมีการแจกแจงแบบ Uniform โดยจากการทดสอบสมมติฐานที่ว่า

H_0 : เวลาในการขนถ่ายชิ้นงานจากสถานีเจียรแต่งไปยังสถานีแปรรูปเบื้องต้นมีการแจกแจงเป็นแบบ Uniform

H_1 : เวลาในการขนถ่ายชิ้นงานจากสถานีเจียรแต่งไปยังสถานีแปรรูปเบื้องต้นไม่มีการแจกแจงเป็นแบบ Uniform

ที่นัยสำคัญ 0.05 ทดสอบด้วยสถิติทดสอบ Chi-Square พบว่า มีค่า p-value = 0.421 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจะยอมรับ H_0 นั้นคือ เวลาในการขนถ่ายชิ้นงานจากสถานีเจียรแต่งไปยังสถานีแปรรูปเบื้องต้นมีการแจกแจงเป็นแบบ Uniform ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยรูปแบบการแจกแจง Uniform(43, 47)

เวลาในการขนถ่ายชิ้นงานจากสถานีแปรรูปเบื้องต้นไปยังสถานีชุบสีมีการแจกแจงแบบ Beta โดยจากการทดสอบสมมติฐานที่ว่า

H_0 : เวลาในการขนถ่ายชิ้นงานจากสถานีแปรรูปเบื้องต้นไปยังสถานีชุบสีมีการแจกแจงเป็นแบบ Beta

H_1 : เวลาในการขนถ่ายชิ้นงานจากสถานีแปรรูปเบื้องต้นไปยังสถานีชุบสีไม่มีการแจกแจงเป็นแบบ Beta

ที่นัยสำคัญ 0.05 ทดสอบด้วยสถิติทดสอบ Chi-Square พบว่า มีค่า p-value = 0.083 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจะยอมรับ H_0 นั้นคือ เวลาในการขนถ่ายชิ้นงานจากสถานีแปรรูปเบื้องต้นไปยังสถานีชุบสีมีการแจกแจงเป็นแบบ Beta ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยรูปแบบการแจกแจง 54 + 22 * Beta(0.919, 0.764)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาในการขนถ่ายชิ้นงานจากสถานีชุบสีไปยังสถานีแปรรูปมีการแจกแจงแบบ Triangular โดยจากการทดสอบสมมติฐานที่ว่า

H_0 : เวลาในการขนถ่ายชิ้นงานจากสถานีชุบสีไปยังสถานีแปรรูปมีการแจกแจงเป็นแบบ Triangular

H_1 : เวลาในการขนถ่ายชิ้นงานจากสถานีชุบสีไปยังสถานีแปรรูปไม่มีการแจกแจงเป็นแบบ Triangular

ที่นัยสำคัญ 0.05 ทดสอบด้วยสถิติทดสอบ Chi-Square พบว่า มีค่า p-value = 0.078 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจะยอมรับ H_0 นั้นคือ เวลาในการขนถ่ายชิ้นงานจากสถานีชุบสีไปยังสถานีแปรรูปมีการแจกแจงเป็นแบบ Triangular ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยรูปแบบการแจกแจง Triangular(102, 104, 106)

เวลาในการขนถ่ายชิ้นงานจากสถานีแปรรูปไปยังสถานีตรวจสอบคุณภาพมีการแจกแจงแบบ Beta โดยจากการทดสอบสมมติฐานที่ว่า

H_0 : เวลาในการขนถ่ายชิ้นงานจากสถานีแปรรูปไปยังสถานีตรวจสอบคุณภาพมีการแจกแจงเป็นแบบ Beta

H_1 : เวลาในการขนถ่ายชิ้นงานจากสถานีแปรรูปไปยังสถานีตรวจสอบคุณภาพไม่มีการแจกแจงเป็นแบบ Beta

ที่นัยสำคัญ 0.05 ทดสอบด้วยสถิติทดสอบ Chi-square พบว่า มีค่า p-value = 0.058 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจะยอมรับ H_0 นั้นคือ เวลาในการขนถ่ายชิ้นงานจากสถานีแปรรูปไปยังสถานีตรวจสอบคุณภาพมีการแจกแจงเป็นแบบ BETA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยรูปแบบการแจกแจง 21+3* Beta(0.751, 0.647)

เวลาในการขนถ่ายชิ้นงานจากสถานีตรวจสอบคุณภาพไปยังสถาพคลังสินค้ามีการแจกแจงแบบ Beta โดยจากการทดสอบสมมติฐานที่ว่า

H_0 : เวลาในการขนถ่ายชิ้นงานจากสถานีตรวจสอบคุณภาพไปยังสถาพคลังสินค้ามีการแจกแจงเป็นแบบ Beta

H_1 : เวลาในการขนถ่ายชิ้นงานจากสถานีตรวจสอบคุณภาพไปยังสถาพคลังสินค้าไม่มีการแจกแจงเป็นแบบ Beta

ที่นัยสำคัญ 0.05 ทดสอบด้วยสถิติทดสอบ Chi-Square พบว่า มีค่า p-value = 0.406 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจะยอมรับ H_0 นั้นคือ เวลาในการขนถ่ายชิ้นงานจากสถานีตรวจสอบคุณภาพไปยังสถานีคลังสินค้ามีการแจกแจงเป็นแบบ Beta ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยรูปแบบการแจกแจง 23+1* Beta(1.36, 1.23)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การสร้างแบบจำลองการผลิตชิ้นส่วนหัวลูกหมากในรูปแบบปัจจุบัน

สร้างแบบจำลองการผลิตชิ้นส่วนหัวลูกหมากในรูปแบบปัจจุบันด้วยโปรแกรม Arena ดังรูปที่ 4.2 แสดงแบบจำลองการผลิตชิ้นส่วนหัวลูกหมาก มีนาฬิกาบอกเวลา (Simulation Clock) เริ่มการทำงานของระบบที่เวลา 08.00 น. มีขั้นตอนการสร้างโมดูล ดังนี้

1. Create Module ใช้สร้างการเข้ามาของระบบ เช่น การเข้ามาของชิ้นงานจากสถานีหล่อเหล็ก

2. Assign Module เพื่อกำหนด ลักษณะ รูปแบบการแสดงผลของชิ้นงาน

3. Batch Module เพื่อรวมวัตถุหรือชิ้นงาน เช่น รวมชิ้นงานใส่รถเข็นจนครบตามจำนวนก่อนที่จะส่งไปสถานีต่อไป

4. Separate Module ใช้แยกวัตถุที่รวมกันมาจาก Batch Module

5. Station Module เพื่อกำหนดสถานีสำหรับรับหรือส่งชิ้นงาน

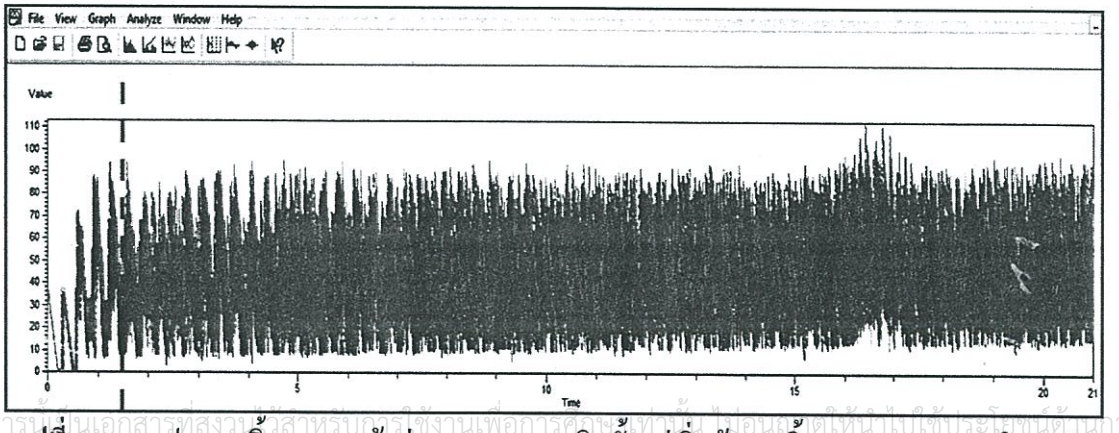
6. Route Module ใช้กำหนดเส้นทางและเวลาในการขนส่ง

7. PickStation Module เป็นหน่วยโครงสร้างที่จะช่วยเลือกว่าจะส่งต่อไปที่สถานีใดสามารถกำหนดเงื่อนไขได้ เช่น โมเดลนี้ใช้เลือกเข้ากระบวนการแปรรูป โดยโมดูลนี้สามารถกำหนดให้ เลือกไปจุดให้บริการที่ว่างหรือมีคิวน้อยที่สุดได้

8. Enter Module ทำหน้าที่เป็นตัวแทนของสถานี สำหรับแบบจำลองนี้สร้างมาเพื่อรองรับชิ้นงานจาก PickStation ก่อนเข้ากระบวนการแปรรูป

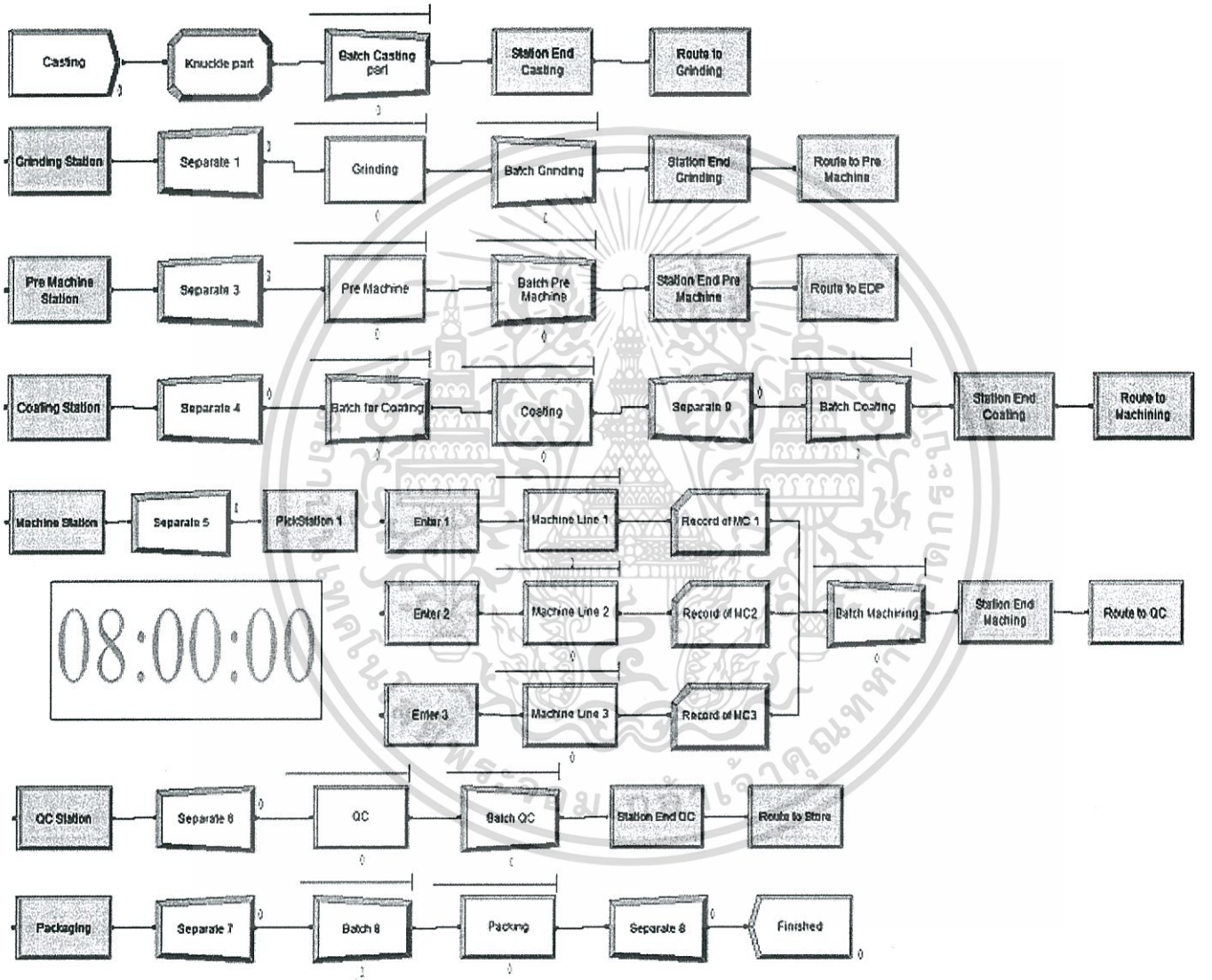
9. Dispose Module คือ การสิ้นสุดกระบวนการ

ทำการรันแบบจำลองจำนวน 30 รอบ กำหนดช่วงเวลาของการรัน 21.5 ชั่วโมง และกำหนดช่วงเวลา Warm Up เท่ากับ 1.5 ชั่วโมง เพื่อให้ระบบเข้าสู่สถาวะสมดุล (Steady State) พิจารณาจากปริมาณงานที่รอเข้าสู่กระบวนการผลิต (WIP) ดังรูปที่ 4.1 พบว่าระบบจะเริ่มเข้าสู่สภาวะสมดุลตั้งแต่ชั่วโมงที่ 1.5 เป็นต้นไป ทำการเก็บข้อมูลการทำงานของระบบ 20 ชั่วโมงต่อวัน และเริ่มบันทึกข้อมูลตั้งแต่ชั่วโมงที่ 1.5 ถึงชั่วโมงที่ 21.5



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงชิ้นงานรอเข้าสู่กระบวนการผลิตตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดกระบวนการใน 1 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แบบจำลองการผลิตชิ้นส่วนหัวลูกหมากในรูปแบบปัจจุบัน

3. การตรวจสอบความสมเหตุผล (Validation) แบบจำลองปัจจุบันเปรียบเทียบกับข้อมูลจริง

การตรวจสอบความสมเหตุผล (Validation) เป็นการทำให้ถูกต้องโดยการให้เหตุผลจากการทดลองของข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง เมื่อทำการศึกษาและทดสอบโมเดลในโปรแกรม Arena ซึ่งในเบื้องต้นอาจไม่มั่นใจในผลลัพธ์ เนื่องจากค่าที่ใช้ในการทดสอบได้จากการเก็บข้อมูลแล้วนำไปใส่ในแบบจำลอง จึงต้องทำการทดสอบทางสถิติว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ เพื่อให้มั่นใจว่าแบบจำลองนั้นถูกต้องตรงกับความเป็นจริงของรูปแบบปัจจุบัน และสามารถใช้ในการปรับปรุงได้ต่อไป

การตรวจสอบความสมเหตุผลของระบบด้วยวิธีการทดสอบความแตกต่างของเวลาในการผลิต ระหว่าง 2 แหล่งข้อมูล คือ ข้อมูลจริงและแบบจำลองปัจจุบัน โดยใช้การทดสอบ t – test ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงการตรวจสอบความสมเหตุผล ข้อมูลจริงเปรียบเทียบกับแบบจำลองปัจจุบัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (α = 0.05)

เวลาเฉลี่ย	ระบบ	ค่าเฉลี่ย	n	% ความแตกต่าง	t	p-value
เวลารอคอยของการเจียรแต่ง	ข้อมูลจริง	5.70	30	2.80	0.301	0.765
	แบบจำลองปัจจุบัน	5.54				
เวลารอคอยของการแปรรูปเบื้องต้น	ข้อมูลจริง	3.40	30	21.17	1.976	0.058
	แบบจำลองปัจจุบัน	2.68				
เวลาการผลิตรวม	ข้อมูลจริง	183.12	30	1.82	-1.902	0.063
	แบบจำลองปัจจุบัน	186.52				

1. ตรวจสอบความสมเหตุผล เปรียบเทียบเวลารอคอยของการเจียรแต่งของข้อมูลจริงกับแบบจำลองปัจจุบัน

สมมติฐาน

H_0 : เวลารอคอยของการเจียรแต่ง ระหว่าง 2 แหล่งข้อมูลไม่แตกต่างกัน

H_1 : เวลารอคอยของการเจียรแต่ง ระหว่าง 2 แหล่งข้อมูลแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบด้วยสถิติทดสอบ t – test พบว่า มีค่า p-value = 0.765 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจะยอมรับ H_0 นั้นคือ เวลารอคอยของการเจียรแต่ง ระหว่าง 2 แหล่งข้อมูลไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2. ตรวจสอบความสมเหตุผล เวลารอคอยของการแปรรูปเบื้องต้นของข้อมูลจริงกับแบบจำลองปัจจุบัน

สมมติฐาน

H_0 : เวลารอคอยของการแปรรูปเบื้องต้น ระหว่าง 2 แหล่งข้อมูลไม่แตกต่างกัน

H_1 : เวลารอคอยของการแปรรูปเบื้องต้น ระหว่าง 2 แหล่งข้อมูลแตกต่างกัน

ทดสอบด้วยสถิติทดสอบ t – test พบว่า มีค่า p-value = 0.058 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจะยอมรับ H_0 นั้นคือ เวลารอคอยของการแปรรูปเบื้องต้น ระหว่าง 2 แหล่งข้อมูลไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3. ตรวจสอบความสมเหตุผล เวลารวมในการผลิตชิ้นงานของข้อมูลจริงกับแบบจำลองปัจจุบัน

สมมติฐาน

H_0 : เวลารวมในการผลิตชิ้นงาน ระหว่าง 2 แหล่งข้อมูลไม่แตกต่างกัน

H_1 : เวลารวมในการผลิตชิ้นงาน ระหว่าง 2 แหล่งข้อมูลแตกต่างกัน

ทดสอบด้วยสถิติทดสอบ t – test พบว่า มีค่า p-value = 0.063 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจะยอมรับ H_0 นั้นคือ เวลารวมในการผลิตชิ้นงาน ระหว่าง 2 แหล่งข้อมูลไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากผลการตรวจสอบความสมเหตุผล ข้อมูลจริงเปรียบเทียบกับแบบจำลองปัจจุบันด้วยวิธีการทดสอบความแตกต่างของเวลาในการผลิต โดยใช้การทดสอบ t – test เวลาในการผลิตของข้อมูลจริง และ เวลาในการผลิตของแบบจำลองปัจจุบันไม่แตกต่างกัน จึงถือได้ว่าแบบจำลองการผลิตชิ้นส่วนหัวลูกหมากในรูปแบบปัจจุบันสามารถเป็นตัวแทนของระบบงานจริงได้

4. ผลการรันแบบจำลองระบบปัจจุบัน

ทำการรันแบบจำลองจำนวน 30 รอบ โดยกำหนดช่วงเวลาของการรันเป็นเวลา 21.5 ชั่วโมง มีช่วงเวลา Warm Up 1.5 ชั่วโมง เพื่อให้ระบบเข้าสู่สภาวะสมดุลและทำการเก็บข้อมูลการทำงาน 20 ชั่วโมงต่อวัน เริ่มบันทึกเวลาทำงานตั้งแต่ชั่วโมงที่ 1.5 ถึงชั่วโมงที่ 21.5 ซึ่งได้ผลการรันข้อมูลดังตารางที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ข้อมูลการผลิตชิ้นงานประเภทหัวลูกหมากจากโปรแกรม Arena

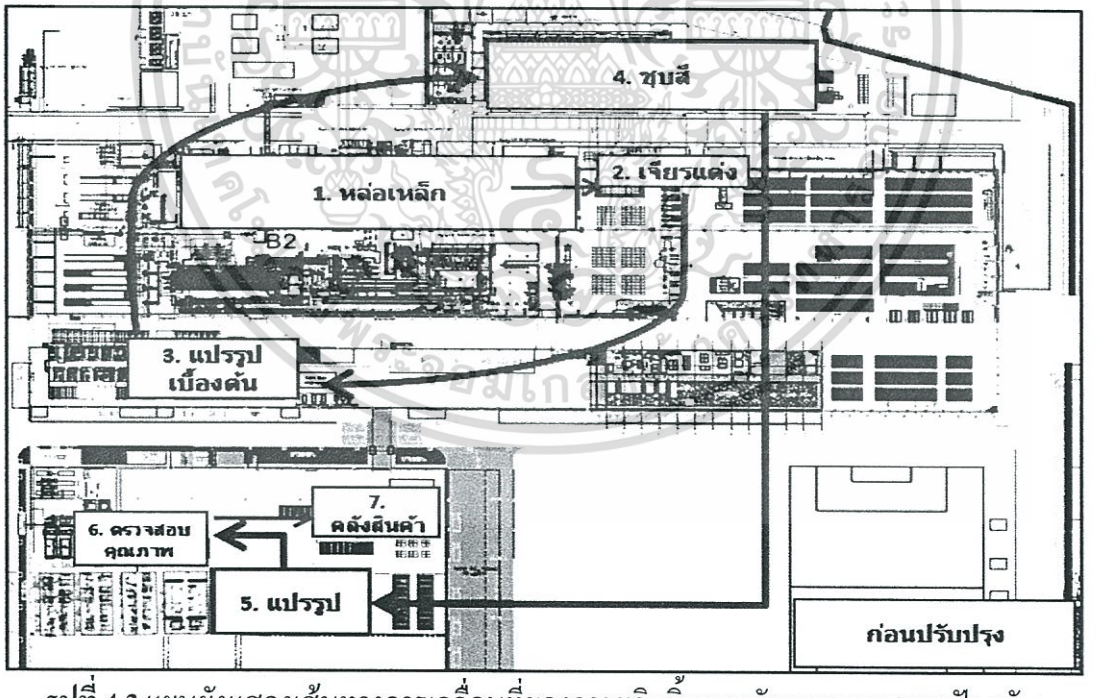
กิจกรรม	ปัจจุบัน (นาที)
1. เวลาการรวมชิ้นงานหล่อส่งสถานีเจียรแต่ง	0.00
2. เวลารอคอยสถานีเจียรแต่ง	5.54
3. เวลาการรวมชิ้นงานเจียรแต่งส่งสถานีแปรรูปเบื้องต้น	2.66
4. เวลารอคอยสถานีแปรรูปเบื้องต้น	2.68
5. เวลาการรวมชิ้นงานแปรรูปเบื้องต้นส่งสถานีชุบสี	2.71
6. เวลารอคอยสถานีชุบสี	73.34
7. เวลาการรวมชิ้นงานชุบสีส่งสถานีแปรรูป	0.00
8. เวลารอคอยสถานีแปรรูปที่ 1 เวลารอคอยสถานีแปรรูปที่ 2 เวลารอคอยสถานีแปรรูปที่ 3	58.47 59.17 57.97
9. เวลาการรวมชิ้นงานแปรรูปส่งสถานีตรวจสอบคุณภาพ	5.37
10. เวลารอคอยสถานีตรวจสอบคุณภาพ	3.08
11. เวลาการรวมชิ้นงานตรวจสอบคุณภาพส่งสถานีคลังสินค้า	3.11
12. เวลารอคอยบรรจุหีบห่อ	0.00
13. เวลาขนส่งเฉลี่ยรวม	4.59
14. เวลาเฉลี่ยรวมที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ	197.46
15. จำนวนชิ้นงานเฉลี่ยที่ผลิตได้ (ชิ้น)	1,872

จากตารางที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าเวลาเฉลี่ยรวมที่ชิ้นงานอยู่ในระบบเท่ากับ 197.46 นาที มีเวลารอคอยนานที่สุด ณ สถานีชุบสี 73.34 นาที อันดับต่อมาคือ สถานีแปรรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 แนวทางการปรับปรุงแบบจำลอง

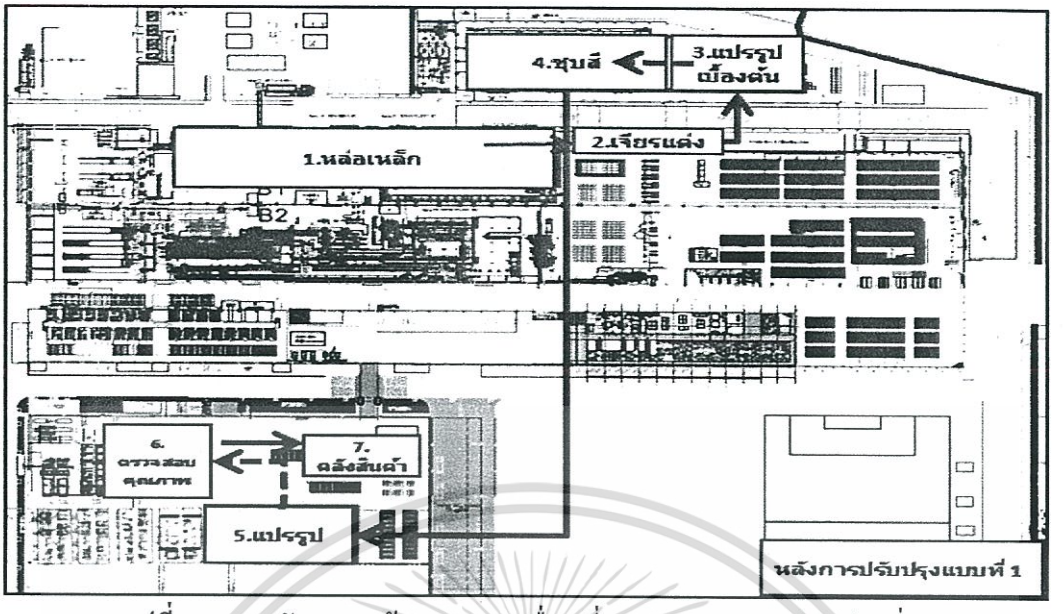
จากผลการรันแบบจำลองพบว่า ณ สถานีชุบสี มีเวลารอคอยสูงถึง 73.04 นาที ซึ่งสมควรจะแก้ปัญหาจุดที่มีปัญหามากที่สุด แต่เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าสถานีชุบสี ไม่ใช่ปัญหาที่แท้จริง เนื่องจากการชุบสีต้องรอให้ชิ้นงานครบตามจำนวนที่กำหนดก่อน จึงส่งชิ้นงานเข้าสู่กระบวนการ ส่งผลให้เกิดเวลารอคอยค่อนข้างนาน แต่ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยลดจำนวนชิ้นงานก่อนเข้ากระบวนการ เช่น จากเดิมส่งชิ้นงานเข้าสู่กระบวนการชุบสีเมื่อครบ 36 ชิ้น แก้ไขโดยลดจำนวนชิ้นงานเหลือ 18 ชิ้น เป็นต้น ดังนั้นจึงมาพิจารณาปรับปรุงเวลารอคอยนานอันดับต่อมา คือ สถานีแปรรูป ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาผังโรงงานสภาพปัจจุบันที่การขนส่งชิ้นงานระหว่างสถานีมีความซ้ำซ้อน โดยหลังเสร็จจากกระบวนการเจียรแต่ง ชิ้นงานจะต้องส่งต่อไปยังสถานีแปรรูปเบื้องต้นและย้อนกลับมาชุบสี ดังรูปที่ 4.3 ทำให้สูญเสียเวลาและพลังงานในการขนส่ง ส่วนสถานีแปรรูปมีการเปลี่ยนมีดกลึงและวัดค่าความถูกต้องของชิ้นงานเมื่อครบจำนวนครั้งในการผลิต ทำให้สูญเสียเวลาระหว่างการผลิต โดยปัจจุบันมีดกลึงสามารถผลิตชิ้นงานได้ 200 ครั้ง แนวทางแก้ไขคือเปลี่ยนประเภทของมีดกลึงที่มีความทนทาน สามารถผลิตชิ้นงานได้มากขึ้นเป็น 400 ครั้ง ส่งผลให้ลดเวลาในการทำกิจกรรมการเปลี่ยนมีดกลึง ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการปรับปรุง 2 แนวทาง ดังนี้



รูปที่ 4.3 แผนผังแสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของการผลิตชิ้นงานหัวลูกหมากสภาพปัจจุบัน

แนวทางการปรับปรุงแบบที่ 1 เปลี่ยนประเภทของมีดกลึงที่มีความทนทานมากขึ้นจากเดิม และย้ายเครื่องแปรรูปเบื้องต้นไปไว้ในพื้นที่เดียวกับสถานีชุบสีเพื่อให้การผลิตเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ดังรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แผนผังแสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ตามแนวทางการปรับปรุงที่ 1

จากการปรับปรุงผังโรงงานตามแนวทางที่ 1 ทำให้ระยะทางการขนส่งลดลง 222.50 เมตร จากเดิม 740 เมตร คงเหลือ 517.5 เมตร คิดเป็น 30.06% ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ระยะทางการขนส่งระหว่างสถานีหลังปรับปรุงแบบที่ 1

สถานี		ระยะทาง		ผลต่าง	
เริ่มต้น	สิ้นสุด	ก่อนปรับปรุง (เมตร)	หลังปรับปรุง (เมตร)	(เมตร)	(%)
หล่อเหล็ก	เจียรแต่ง	35	35	-	-
เจียรแต่ง	แปรรูปเบื้องต้น	125	55	-70.00	-56.00
แปรรูปเบื้องต้น	ชุบสี	165	12.50	-152.50	-92.42
ชุบสี	แปรรูป	290	290	-	-
แปรรูป	ตรวจสอบคุณภาพ	60	60	-	-
ตรวจสอบคุณภาพ	คลังสินค้า	65	65	-	-
รวมระยะทาง		740	517.50	-222.50	-30.06

ทำการรันแบบจำลองจำนวน 30 รอบ โดยกำหนดช่วงเวลาของการรันเป็นเวลา 21.5 ชั่วโมง มีช่วงเวลา Warm Up 1.5 ชั่วโมง เพื่อให้ระบบเข้าสู่สภาวะสมดุลและทำการเก็บข้อมูลการทำงาน 20 ชั่วโมงต่อวัน เริ่มบันทึกเวลาทำงานตั้งแต่ชั่วโมงที่ 1.5 ถึงชั่วโมงที่ 21.5 ซึ่งได้ผลการรันข้อมูลดังตารางที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลการผลิตชิ้นงานตามแนวทางการปรับปรุงแบบที่ 1 จากโปรแกรม Arena

กิจกรรม	ก่อนปรับปรุง (นาที)	แนวทางปรับปรุงที่ 1 (นาที)	ผลต่าง (นาที)	ผลต่าง (%)
1. เวลาการรวมชิ้นงานหล่อส่งสถานีเจียรแต่ง	0.00	0.00	-	-
2. เวลารอคอยสถานีเจียรแต่ง	5.54	5.54	-	-
3. เวลาการรวมชิ้นงานเจียรแต่งส่งสถานีแปรรูปเบื้องต้น	2.66	2.66	-	-
4. เวลารอคอยสถานีแปรรูปเบื้องต้น	0.00	0.00	-	-
5. เวลาการรวมชิ้นงานแปรรูปเบื้องต้นส่งสถานีชุบสี	2.71	2.71	-	-
6. เวลารอคอยสถานีชุบสี	73.34	74.05	0.71	0.96
7. เวลาการรวมชิ้นงานชุบสีส่งสถานีแปรรูป	0.00	0.00	-	-
8. เวลารอคอยสถานีแปรรูปที่ 1	58.47	48.10	-10.37	-17.77
เวลารอคอยสถานีแปรรูปที่ 2	59.17	48.76	-10.41	-17.59
เวลารอคอยสถานีแปรรูปที่ 3	57.97	47.62	-10.35	-17.85
9. เวลารวมชิ้นงานแปรรูปส่งสถานีตรวจสอบคุณภาพ	5.37	5.21	-0.16	-2.97
10. เวลารอคอยสถานีตรวจสอบคุณภาพ	3.08	3.07	-0.01	-0.32
11. เวลารวมชิ้นงานตรวจสอบคุณภาพส่งสถานีคลังสินค้า	3.11	3.11	-	-
12. เวลารอคอยบรรจุหีบห่อ	0.00	0.00	-	-
13. เวลาขนส่งเฉลี่ยรวม	4.59	3.27	-1.32	-28.75
14. เวลาเฉลี่ยรวมที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ	197.46	188.48	-8.98	-4.55
15. จำนวนชิ้นงานเฉลี่ยที่ผลิตได้ (ชิ้น)	1,872	1,939	67	3.58

ผลลัพธ์จากตารางแสดงให้เห็นว่าเวลารอคอยของสถานีชุบสีเพิ่มขึ้นจากเดิม 73.34 เป็น 74.05 นาที หรือเพิ่มขึ้นคิดเป็น 0.96% เนื่องจากระยะทางการเคลื่อนที่ของชิ้นงานที่เสร็จจากกระบวนการแปรรูปเบื้องต้นไปชุบสีลดลง เมื่อชิ้นงานมาถึงเร็วขึ้นจึงทำให้จำนวนชิ้นงานและเวลารอคอยที่สถานีชุบสีเพิ่มขึ้น เวลารอคอยสถานีแปรรูปที่ 1, 2, 3 จากเดิม 58.47, 59.17 และ 57.97 นาที ลดลงเป็น 48.10, 48.76, 47.62 นาที หรือลดลงคิดเป็น 17.77%, 17.59% และ 17.85% ตามลำดับ เนื่องจากการเปลี่ยนประเภทของมีดกลึงที่มีอายุการใช้งานที่นานกว่าทำให้จำนวนครั้งในการเปลี่ยนและวัดความถูกต้องของชิ้นงานลดลง การทำงานจึงต่อเนื่องมากขึ้น เวลาการขนส่งเฉลี่ยรวมลดลงจากเดิม 4.59 เป็น 3.27 นาที หรือลดลงคิดเป็น 28.75% เนื่องจากการเคลื่อนย้ายเครื่องจักรทำให้ระยะทางการเคลื่อนที่ลดลง เวลารวมที่ชิ้นงานอยู่ในระบบลดลงจากเดิม 197.46 เป็น 188.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นาที หรือลดลงคิดเป็น 4.55% จำนวนชิ้นงานเพิ่มขึ้นจากเดิม 1,872 เป็น 1,939 ชิ้น หรือเพิ่มขึ้นคิดเป็น 3.58% มีกำไรหลังจากหักต้นทุน 567,846 บาทต่อปี ดังตารางที่ 4.9 และ 4.10

ตารางที่ 4.9 แสดงต้นทุนในการเปลี่ยนมีดกลึงต่อวันตามแบบที่ 1

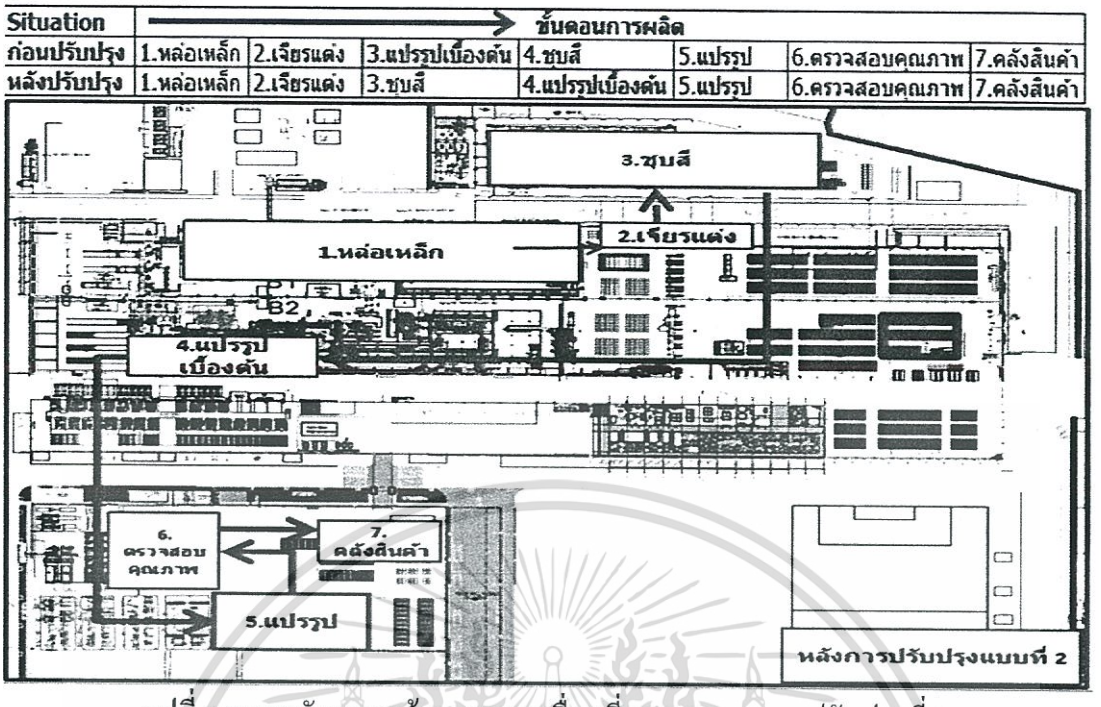
สถานการณ์	ยอดการผลิต (ชิ้น)	จำนวนครั้งในการเปลี่ยนมีดกลึง	ราคาต่อหน่วย (บาท)	ต้นทุนต่อวัน (บาท)
ก่อนปรับปรุง	1,872	10	1,120	11,200
หลังปรับปรุง	1,939	5	2,520	12,600
ผลต่าง	67	5	1,400	1,400

ตารางที่ 4.10 แสดงต้นทุนและกำไรจากการปรับปรุงแบบที่ 1

เวลา	ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น (ชิ้น)	กำไรต่อชิ้น (บาท)	กำไร (บาท)	ต้นทุน (บาท)	กำไร-ต้นทุน (บาท)
วัน	67	53	3,551	1,400	2,151
เดือน (22 วัน)	1,474	53	78,122	30,800	47,322
ปี	17,688	53	937,464	369,600	567,864

แนวทางการปรับปรุงแบบที่ 2 เปลี่ยนประเภทของมีดกลึงที่มีความทนทานมากขึ้นและสลับขั้นตอนการผลิตเพื่อให้เส้นทางการเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกัน โดยทำการชุบสีก่อนนำไปแปรรูปเบื้องต้น ซึ่งจากการศึกษาผลกระทบของการสลับขั้นตอนการผลิตพบว่า มีข้อจำกัดในเรื่องของชิ้นงานที่อาจจะเกิดสนิม เนื่องจากสภาพการผลิตปัจจุบัน หลังเสร็จจากสถานีแปรรูปเบื้องต้นจะถูกส่งไปชุบสี ซึ่งผิวชิ้นงานเมื่อโดนเคลือบสีจะสามารถเก็บไว้ได้นาน โดยไม่เกิดสนิม แต่เมื่อสลับขั้นตอนการผลิตโดยทำการชุบสีก่อนส่งไปแปรรูปเบื้องต้นและแปรรูป จึงมีความกังวลว่าระหว่างรอชิ้นงานหลังเสร็จจากสถานีแปรรูปเบื้องต้นไปสถานีแปรรูป ชิ้นงานอาจจะเกิดสนิม ดังนั้นจึงทำการทดลองโดยนำชิ้นงานหลังจากแปรรูปเบื้องต้นมาวางไว้ที่สภาพการทำงานปัจจุบันพบว่าชิ้นงานสามารถอยู่ได้ 2 วัน โดยไม่เกิดสนิม ซึ่งการผลิตปัจจุบันจะวางแผนผลิตแบบวันต่อวัน ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะทำการปรับปรุงโดยวิธีการสลับขั้นตอนการผลิต ดังรูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แผนผังแสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ตามแนวทางการปรับปรุงที่ 2

จากการปรับปรุงผังโรงงานตามแนวทางที่ 2 ทำให้ระยะทางการขนส่งลดลง 305 เมตร จากเดิม 740 เมตร คงเหลือ 435 เมตร คิดเป็น 41.21% ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ระยะทางการขนส่งระหว่างสถานีหลังปรับปรุงแบบที่ 2

สถานี		ระยะทาง ก่อน ปรับปรุง (เมตร)	สถานี		ระยะทาง หลัง ปรับปรุง (เมตร)
เริ่มต้น	สิ้นสุด		เริ่มต้น	สิ้นสุด	
หล่อเหล็ก	เจียรแต่ง	35	หล่อเหล็ก	เจียรแต่ง	35
เจียรแต่ง	แปรรูปเบื้องต้น	125	เจียรแต่ง	ชุบสี	40
แปรรูปเบื้องต้น	ชุบสี	165	ชุบสี	แปรรูป เบื้องต้น	165
ชุบสี	แปรรูป	290	แปรรูป เบื้องต้น	แปรรูป	70
แปรรูป	ตรวจสอบ คุณภาพ	60	แปรรูป	ตรวจสอบ คุณภาพ	60
ตรวจสอบ คุณภาพ	คลังสินค้า	65	ตรวจสอบ คุณภาพ	คลังสินค้า	65
รวมระยะทาง		740		รวมระยะทาง	435

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการรันแบบจำลองจำนวน 30 รอบ โดยกำหนดช่วงเวลาของการรันเป็นเวลา 21.5 ชั่วโมง มีช่วงเวลา Warm Up 1.5 ชั่วโมง เพื่อให้ระบบเข้าสู่สภาวะสมดุลและทำการเก็บข้อมูลการทำงาน 20 ชั่วโมงต่อวัน เริ่มบันทึกเวลาทำงานตั้งแต่ชั่วโมงที่ 1.5 ถึงชั่วโมงที่ 21.5 ซึ่งได้ผลการรันข้อมูลดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ข้อมูลการผลิตชิ้นงานตามแนวทางการปรับปรุงแบบที่ 2 จากโปรแกรม Arena

กิจกรรม	ก่อนปรับปรุง	แนวทางปรับปรุงที่2	ผลต่าง	
	(นาที)	(นาที)	(นาที)	(%)
1. เวลาการรวมชิ้นงานหล่อส่งสถานีเจียรแต่ง	0.00	0.00	-	-
2. เวลารอคอยสถานีเจียรแต่ง	5.54	5.54	-	-
3. เวลาการรวมชิ้นงานเจียรแต่งส่งสถานีแปรรูปเบื้องต้น	2.66	2.66	-	-
4. เวลารอคอยสถานีแปรรูปเบื้องต้น	2.68	5.55	2.87	107.08
5. เวลาการรวมชิ้นงานแปรรูปเบื้องต้นส่งสถานีชุบสี	2.71	2.72	0.01	0.36
6. เวลารอคอยสถานีชุบสี	73.34	74.49	1.15	1.56
7. เวลาการรวมชิ้นงานชุบสีส่งสถานีแปรรูป	0.00	0.00	0.00	0.00
8. เวลารอคอยสถานีแปรรูปที่ 1	58.47	44.86	-13.16	-22.50
เวลารอคอยสถานีแปรรูปที่ 2	59.17	45.30	-13.87	-23.44
เวลารอคอยสถานีแปรรูปที่ 3	57.97	44.26	-13.17	-22.71
9. เวลารวมชิ้นงานแปรรูปส่งสถานีตรวจสอบคุณภาพ	5.37	5.25	-0.12	-2.23
10. เวลารอคอยสถานีตรวจสอบคุณภาพ	3.08	3.07	-0.01	-0.32
11. เวลารวมชิ้นงานตรวจสอบคุณภาพส่งสถานีคลังสินค้า	3.11	3.11	-	-
12. เวลารอคอยบรรจุหีบห่อ	0.00	0.00	-	-
13. เวลาขนส่งเฉลี่ยรวม	4.59	2.77	-1.82	-39.65
14. เวลาเฉลี่ยรวมที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ	197.46	187.21	-10.25	-5.19
15. จำนวนชิ้นงานเฉลี่ยที่ผลิตได้ (ชิ้น)	1,872	1,942	70	3.74

ผลลัพธ์จากตารางแสดงให้เห็นว่าเวลารอคอยของสถานีแปรรูปเบื้องต้นเพิ่มขึ้นจากเดิม 2.68 เป็น 5.55 นาที หรือเพิ่มขึ้นคิดเป็น 107.08% เนื่องจากกระบวนการเดิมเมื่อชิ้นงานผ่านสถานีเจียรแต่งแล้วจะถูกส่งมายังสถานีแปรรูปเบื้องต้นก่อนไปสถานีชุบสี แต่เมื่อสลับขั้นตอนการผลิตโดย หลังเสร็จจากกระบวนการเจียรแต่งแล้วชิ้นงานจะถูกส่งไปยังสถานีชุบสีก่อนซึ่งเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตและขนส่งลดลงค่อนข้างมากและก่อนเข้าสู่กระบวนการชุบสีจะต้องรอให้ชิ้นงานครบตามจำนวนก่อน จึงทำให้เวลารอคอยที่สถานีแปรรูปเบื้องต้นเพิ่มมากขึ้น เวลารอคอยสถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปรรูปที่ 1, 2, 3 จากเดิม 58.47, 59.17 และ 57.97 นาที ลดลงเป็น 44.86, 45.30, 44.26 นาที หรือลดลงคิดเป็น 22.50%, 23.44% และ 22.71% ตามลำดับ เนื่องจากการเปลี่ยนประเภทของมีดกลึงที่มีอายุการใช้งานที่นานกว่าทำให้จำนวนครั้งในการเปลี่ยนและวัดความถูกต้องของชิ้นงานลดลง การทำงานจึงต่อเนื่องมากขึ้น เวลาการขนส่งเฉลี่ยรวมลดลงจากเดิม 4.59 เป็น 2.77 นาที หรือลดลงคิดเป็น 39.65% เนื่องจากการเคลื่อนย้ายเครื่องจักรทำให้ระยะทางการเคลื่อนที่ระหว่างสถานีลดลง เวลารวมที่ชิ้นงานอยู่ในระบบลดลงจากเดิม 197.46 เป็น 187.21 นาที หรือลดลงคิดเป็น 5.19% จำนวนชิ้นงานเพิ่มขึ้น 70 ชิ้นจากเดิม 1,872 เป็น 1,942 ชิ้น หรือเพิ่มขึ้นคิดเป็น 3.74% มีกำไรหลังจากหักต้นทุน 609,840 บาทต่อปี ดังตารางที่ 4.13 และ 4.14

ตารางที่ 4.13 แสดงต้นทุนในการเปลี่ยนมีดกลึงต่อวันตามแบบที่ 2

สถานการณ์	ยอดการผลิต (ชิ้น)	จำนวนครั้งในการเปลี่ยนมีดกลึง	ราคาต่อหน่วย (บาท)	ต้นทุนต่อวัน (บาท)
ก่อนปรับปรุง	1,872	10	1,120	11,200
หลังปรับปรุง	1,942	5	2,520	12,600
ผลต่าง	70	5	1,400	1,400

ตารางที่ 4.14 แสดงต้นทุนและกำไรจากการปรับปรุงตามแบบที่ 2

เวลา	ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น (ชิ้น)	กำไรต่อชิ้น (บาท)	กำไร (บาท)	ต้นทุน (บาท)	กำไร-ต้นทุน (บาท)
วัน	70	53	3,710	1,400	2,310
เดือน (22 วัน)	1,540	53	81,620	30,800	50,820
ปี	18,480	53	979,440	369,600	609,840

เปรียบเทียบแนวทางการปรับปรุงแบบที่ 1 และแนวทางการปรับปรุงที่ 2

เปรียบเทียบระหว่างแนวทางการปรับปรุงที่ 1 เทียบกับแนวทางที่ 2 เนื่องจากเป็นการปรับปรุงโดยใช้ทรัพยากรเดิม ไม่มีการลงทุนเพิ่มเครื่องจักร ซึ่งผลจากการจำลองพบว่าแนวทางการปรับปรุงที่ 2 ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าแนวทางการปรับปรุงที่ 1 ซึ่งการปรับปรุงตามแนวทางที่ 2 สามารถลดเวลาขนส่งเฉลี่ยรวมได้น้อยกว่าแนวทางการปรับปรุงแบบที่ 1 เท่ากับ 0.5 นาที หรือคิดเป็น 15.29% เวลารวมที่ชิ้นงานอยู่ในระบบน้อยกว่า 1.27 นาทีหรือคิดเป็น 0.67% ผลิตชิ้นงานได้มากกว่า 3 ชิ้นหรือคิดเป็น 0.15% และผลกำไรจากการปรับปรุงต่อปีตามแนวทางการปรับปรุงที่ 2 มากกว่า 41,976 บาท หรือคิดเป็น 7.39% ดังตารางที่ 4.15 ดังนั้นหากพิจารณาปรับปรุงควรจะเลือกปรับปรุงตามแนวทางที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 ตารางเปรียบเทียบระหว่างแนวทางการปรับปรุงแบบที่ 1 และ 2

กิจกรรม	แนวทางปรับปรุงที่ 1	แนวทางปรับปรุงที่ 2	ผลต่าง	
	(นาที)	(นาที)	(นาที)	(%)
1. เวลาขนส่งเฉลี่ยรวม	3.27	2.77	0.5	15.29
2. เวลาเฉลี่ยรวมที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ	188.48	187.21	1.27	0.67
3. จำนวนชิ้นงานเฉลี่ยที่ผลิตได้ (ชิ้น)	1,939	1,942	3	0.15
4. ผลกำไรจากการปรับปรุงต่อปี	567,864	609,840	41,976	7.39

แนวทางการปรับปรุงแบบที่ 3 จะถูกพิจารณาปรับปรุงเมื่อความต้องการของลูกค้ามีมากจนเกินกำลังการผลิตของโรงงานแม้ว่าจะได้ทำการปรับปรุงตามแนวทางที่ 2 และทำงานล่วงเวลาในวันทำงานปกติและวันเสาร์ก็ตาม ซึ่งหากความต้องการของลูกค้ามีมากกว่า 50,492 ชิ้น ดังตารางที่ 4.16 จะต้องหาวิธีในการเพิ่มผลผลิต ซึ่งแนวทางการปรับปรุงแบบที่ 3 จะนำแนวทางที่ 2 มาเพิ่มเครื่องแปรรูปอีก 1 เครื่อง จากนั้นทำการรันแบบจำลองจำนวน 30 รอบ โดยกำหนดช่วงเวลาของการรันเป็นเวลา 21.5 ชั่วโมง มีช่วงเวลา Warm Up 1.5 ชั่วโมง เพื่อให้ระบบเข้าสู่สภาวะสมดุลและทำการเก็บข้อมูลการทำงาน 20 ชั่วโมงต่อวัน เริ่มบันทึกเวลาทำงานตั้งแต่ชั่วโมงที่ 1.5 ถึงชั่วโมงที่ 21.5 ซึ่งได้ผลการรันข้อมูล ดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.16 จำนวนชิ้นงานที่สามารถผลิตได้ต่อเดือนของแต่ละสถานการณ์ (ชิ้น)

กำลังการผลิต	สภาพปัจจุบัน	แนวทาง	
		ปรับปรุง 1	ปรับปรุง 2
1 วัน	1,872	1,939	1,942
1 เดือน	41,184	42,658	42,724
1 เดือน+ทำงานล่วงเวลาวันหยุด	48,672	50,414	**50,492**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 ข้อมูลการผลิตชิ้นงานตามแนวทางการปรับปรุงแบบที่ 3 จากโปรแกรม Arena

กิจกรรม	ก่อนปรับปรุง	แนวทางปรับปรุงที่ 3	ผลต่าง	
	(นาที)	(นาที)	(นาที)	(%)
1. เวลาการรวมชิ้นงานหล่อส่งสถานีเจียรแต่ง	0.00	0.00	-	-
2. เวลารอคอยสถานีเจียรแต่ง	5.54	5.54	-	-
3. เวลาการรวมชิ้นงานเจียรแต่งส่งสถานีแปรรูปเบื้องต้น	2.66	2.66	-	-
4. เวลารอคอยสถานีแปรรูปเบื้องต้น	2.68	5.61	2.93	109.32
5. เวลาการรวมชิ้นงานแปรรูปเบื้องต้นส่งสถานีชุบสี	2.71	2.72		
6. เวลารอคอยสถานีชุบสี	73.34	75.63		
7. เวลาการรวมชิ้นงานชุบสีส่งสถานีแปรรูป	0.00	0.00	-	-
8. เวลารอคอยสถานีแปรรูปที่ 1	58.47	4.94	-53.53	-91.55
เวลารอคอยสถานีแปรรูปที่ 2	59.17	5.08	-54.09	-91.41
เวลารอคอยสถานีแปรรูปที่ 3	57.97	4.33	-53.64	-92.53
เวลารอคอยสถานีแปรรูปที่ 4	-	4.40	-	-
9. เวลารวมชิ้นงานแปรรูปส่งสถานีตรวจสอบคุณภาพ	5.37	3.90	1.47	27.37
10. เวลารอคอยสถานีตรวจสอบคุณภาพ	3.08	3.08	-	-
11. เวลารวมชิ้นงานตรวจสอบคุณภาพส่งสถานีคลังสินค้า	3.11	3.11	-	-
12. เวลารอคอยบรรจุหีบห่อ	0.00	14.23	14.23	-
13. เวลาขนส่งเฉลี่ยรวม	4.59	2.77	-1.82	-39.65
14. เวลาเฉลี่ยรวมที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ	197.46	148.85	-48.61	-24.61
15. จำนวนชิ้นงานเฉลี่ยที่ผลิตได้ (ชิ้น)	1,872	2,045	173	9.24

ผลลัพธ์จากตารางแสดงให้เห็นว่าเวลารอคอยของสถานีแปรรูปเบื้องต้นเพิ่มขึ้นจากเดิม 2.68 เป็น 5.61 นาที หรือเพิ่มขึ้นคิดเป็น 109.32% เวลารอคอยสถานีแปรรูปที่ 1, 2 และ 3 จากเดิม 58.47, 59.17 และ 57.97 นาที เมื่อเพิ่มสถานีแปรรูปที่ 4 ทำให้เวลารอคอยสถานีแปรรูปที่ 1, 2 และ 3 ลดลงเป็น 4.94, 5.08 และ 4.33 นาที หรือลดลงคิดเป็น 91.55%, 91.41% และ 92.53% ตามลำดับ และมีเวลารอคอยที่สถานีแปรรูปที่ 4 เท่ากับ 4.40 นาที เนื่องจากการเพิ่มเครื่องแปรรูปและเปลี่ยนประเภทของมีดกลึง เวลารอคอยบรรจุหีบห่อเพิ่มขึ้นจากเดิม 14.23 นาที เนื่องจากการเพิ่มเครื่องแปรรูปทำให้ความสามารถในการผลิตชิ้นงานเร็วขึ้น เวลาการขนส่งเฉลี่ยรวมลดลงจากเดิม 4.59 เป็น 2.77 นาที หรือลดลงคิดเป็น 39.65% เนื่องจากการสลับกระบวนการผลิตทำให้ระยะทางการเคลื่อนที่ลดลง เวลารวมที่ชิ้นงานอยู่ในระบบลดลงจากเดิม 197.46 เป็น 148.85 นาที หรือลดลงคิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็น 24.61% จำนวนชิ้นงานเพิ่มขึ้นจากเดิม 1,872 เป็น 2,045 ชิ้น หรือเพิ่มขึ้นคิดเป็น 9.24% มีกำไรหลังจากหักต้นทุน 1,385,736 บาทต่อปี ดังตารางที่ 4.18 และ 4.19

ตารางที่ 4.18 แสดงต้นทุนในการเปลี่ยนมีดกลึงต่อวัน

สถานการณ์	ยอดการผลิต (ชิ้น)	จำนวนครั้งในการเปลี่ยนมีดกลึง	ราคาต่อหน่วย (บาท)	ต้นทุนต่อวัน (บาท)
ก่อนปรับปรุง	1,872	10	1,120	11,200
หลังปรับปรุง	2,045	6	2,520	15,120
ผลต่าง	173	4	1,400	3,920

ตารางที่ 4.19 แสดงต้นทุนและกำไรจากการปรับปรุงตามแบบที่ 3

เวลา	ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น (ชิ้น)	กำไรต่อชิ้น (บาท)	กำไร (บาท)	ต้นทุน (บาท)	กำไร-ต้นทุน (บาท)
วัน	173	53	9,169	3,920	5,249
เดือน (22 วัน)	3,806	53	201,718	86,240	115,487
ปี	45,672	53	2,420,616	1,034,880	1,385,736

สำหรับแนวทางการปรับปรุงที่ 3 การเพิ่มเครื่องจักรต้องมีการลงทุนเพิ่ม จึงต้องพิจารณาเรื่องของความคุ้มค่าในการลงทุน สำหรับมูลค่าการลงทุน จากการสอบถามจากโรงงานกรณีศึกษาพบว่าการเพิ่มเครื่องแปรรูปต้องใช้เงินลงทุนประมาณ 8,680,000 บาท ซึ่งจากการจำลองสถานการณ์พบว่าบริษัทจะมีผลกำไรเพิ่มขึ้นหลังจากการเพิ่มเครื่องจักรต่อปีเท่ากับ 1,385,736 บาท สามารถคำนวนเกณฑ์การตัดสินใจได้ ดังนี้

ระยะเวลาคืนทุน

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก}}{\text{ผลประโยชน์สุทธต่อปี}}$$

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{8,680,000}{1,385,736} = 6.26 \text{ ปี}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน

$$ROI = \frac{\text{ผลประโยชน์สุทธิเฉลี่ยจากการดำเนินการ}}{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก}} \times 100$$

$$ROI = \frac{1,385,736}{8,680,000} \times 100 = 15.96\%$$

จุดคุ้มทุน

$$N^* = \frac{F}{P - V}$$

$$N^* = \frac{8,680,000}{350.29 - 297.29} = 163,774 \text{ ชิ้น}$$

จากการคำนวนทำให้ทราบว่าการปรับปรุงตามแนวทางที่ 3 ซึ่งต้องใช้เงินลงทุนเพื่อเพิ่มเครื่องจักรจะมีระยะเวลาในการคืนทุนเท่ากับ 6.26 ปี อัตราผลตอบแทนจากการลงทุนมีค่าเท่ากับ 15.96 % และมีจุดคุ้มทุนของการผลิตเท่ากับ 163,774 ชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาเรื่อง การจำลองสถานการณ์เพื่อปรับปรุงผลิตภาพ กรณีศึกษา สายการผลิตหัวลูกหมาก มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตชิ้นงานประเภทหัวลูกหมาก โดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์มาใช้เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงระบบการผลิตให้สามารถรองรับการขยายตัวของอุตสาหกรรมยานยนต์ หลังจากนั้นนำแนวทางปรับปรุงที่ถูกเลือกมาทำการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาโครงการต่อไป

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเก็บข้อมูลจำนวนสินค้าที่ผลิตได้ในแต่ละวัน โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จับและบันทึกเวลากระบวนการผลิตทั้ง 7 สถานี เวลาในการขนส่งชิ้นงานระหว่างสถานีตั้งแต่สถานีหล่อเหล็กไปจนถึงสถานีคลังสินค้า เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์การผลิตชิ้นงานประเภทหัวลูกหมาก โดยนำข้อมูลเวลาที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์หารูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็น เพื่อนำรูปแบบการแจกแจงที่ได้ไปใช้ในการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena ซึ่งหลังจากการวิเคราะห์ระบบการผลิตได้กำหนดแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพไว้ 3 แนวทาง ได้แก่ แนวทางที่ 1 เปลี่ยนประเภทของมีดกลึงและปรับปรุงผังโรงงานโดยการย้ายเครื่องจักร แนวทางที่ 2 เปลี่ยนประเภทของมีดกลึงและสลับขั้นตอนการผลิต แนวทางที่ 3 เพิ่มเครื่องจักรที่สถานีแปรรูป สลับกระบวนการผลิตควบคู่กับการเปลี่ยนประเภทของมีดกลึง

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 แบบจำลองระบบปัจจุบัน

เวลาเฉลี่ยรวมที่ชิ้นงานอยู่ในระบบของแบบจำลองระบบปัจจุบันเท่ากับ 197.46 นาที มีเวลารอคอยนานที่สุด ณ สถานีชุบสี 73.34 นาที อันดับต่อมาคือ สถานีแปรรูป มีเวลารอคอยสูงถึง 73.04 นาที ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาผังโรงงานสภาพปัจจุบันที่การขนส่งชิ้นงานระหว่างสถานีมีความซ้ำซ้อน โดยหลังเสร็จจากกระบวนการเจียรแต่ง ชิ้นงานจะต้องส่งต่อไปยังสถานีแปรรูปเบื้องต้นและย้อนกลับมาชุบสี ทำให้สูญเสียเวลาและพลังงานในการขนส่ง ส่วนสถานีแปรรูปมีการเปลี่ยนมีดกลึงและวัดค่าความถูกต้องของชิ้นงานเมื่อครบจำนวนรอบในการผลิตทำให้เกิดความล่าช้าและไม่ต่อเนื่องของการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 แนวทางการปรับปรุงแบบที่ 1

ผลการศึกษาโดยสรุปจากการปรับปรุงปัญหาการรอคอยนานของการผลิตโดยใช้แนวทางที่ 1 เปลี่ยนประเภทของมีดกลึงที่มีความทนทานมากขึ้นและย้ายเครื่องแปรรูปเบื้องต้นไปไว้ในพื้นที่เดียวกับสถานีชุบสีเพื่อให้การผลิตเป็นไปในทิศทางเดียวกัน การย้ายเครื่องจักรทำให้ระยะทางการขนส่งลดลง 222.50 เมตร จากเดิม 740 เมตร คงเหลือ 517.5 เมตร คิดเป็น 30.06% การเปลี่ยนประเภทของมีดกลึงช่วยให้การทำงานมีความต่อเนื่องมากขึ้นทำให้ลดเวลารอคอยสถานีแปรรูปที่ 1, 2, 3 จากเดิม 58.47, 59.17 และ 57.97 นาที ลดลงเป็น 48.10, 48.76, 47.62 นาที หรือลดลงคิดเป็น 17.77%, 17.59% และ 17.85% ตามลำดับ เวลาการขนส่งเฉลี่ยรวมลดลงจากเดิม 4.59 เป็น 3.27 นาที หรือลดลงคิดเป็น 28.75% เวลารวมที่ชิ้นงานอยู่ในระบบลดลงจากเดิม 197.46 เป็น 188.48 นาที หรือลดลงคิดเป็น 4.55% จำนวนชิ้นงานเพิ่มขึ้นจากเดิม 1,872 เป็น 1,939 ชิ้น หรือเพิ่มขึ้นคิดเป็น 3.58% มีกำไรหลังจากหักต้นทุน 567,846 บาทต่อปี

5.1.3 แนวทางการปรับปรุงแบบที่ 2

ผลการศึกษาโดยสรุปจากการปรับปรุงปัญหาการรอคอยนานของการผลิตโดยใช้แนวทางที่ 2 เปลี่ยนประเภทของมีดกลึงที่มีความทนทานมากขึ้นและสลับขั้นตอนการผลิตเพื่อให้เส้นทางการเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกันโดยทำการชุบสีก่อนนำไปแปรรูปเบื้องต้นจากการปรับปรุงผังโรงงานตามแนวทางที่ 2 ทำให้ระยะทางการขนส่งลดลง 305 เมตร จากเดิม 740 เมตร คงเหลือ 435 เมตร คิดเป็น 41.21% การเปลี่ยนประเภทของมีดกลึงช่วยให้การทำงานมีความต่อเนื่องมากขึ้นทำให้ลดเวลารอคอยสถานีแปรรูปที่ 1, 2, 3 จากเดิม 58.47, 59.17 และ 57.97 นาที ลดลงเป็น 44.86, 45.30, 44.26 นาที หรือลดลงคิดเป็น 22.50%, 23.44% และ 22.71% ตามลำดับ เวลาการขนส่งเฉลี่ยรวมลดลงจากเดิม 4.59 เป็น 2.77 นาที หรือลดลงคิดเป็น 39.65% เวลารวมที่ชิ้นงานอยู่ในระบบลดลงจากเดิม 197.46 เป็น 187.21 นาที หรือลดลงคิดเป็น 5.19% จำนวนชิ้นงานเพิ่มขึ้น 70 ชิ้นจากเดิม 1,872 เป็น 1,942 ชิ้น หรือเพิ่มขึ้นคิดเป็น 3.74% มีกำไรหลังจากหักต้นทุน 609,840 บาทต่อปี

เปรียบเทียบระหว่างแนวทางการปรับปรุงแบบที่ 1 และแนวทางการปรับปรุงที่ 2

เปรียบเทียบระหว่างแนวทางการปรับปรุงที่ 1 เทียบกับแนวทางที่ 2 เนื่องจากเป็นการปรับปรุงโดยใช้ทรัพยากรเดิม ไม่มีการลงทุนเพิ่มเครื่องจักร พบว่าการปรับปรุงตามแนวทางที่ 2 สามารถลดเวลาขนส่งเฉลี่ยรวมได้น้อยกว่าแนวทางการปรับปรุงแบบที่ 1 เท่ากับ 0.5 นาที หรือคิดเป็น 15.29% เวลารวมที่ชิ้นงานอยู่ในระบบน้อยกว่า 1.27 นาทีหรือคิดเป็น 0.67% ผลิตชิ้นงานได้มากกว่า 3 ชิ้นหรือคิดเป็น 0.15% และผลกำไรจากการปรับปรุงต่อปีตามแนวทางการปรับปรุงที่ 2 มากกว่า 41,976 บาท หรือคิดเป็น 7.39% ดังตารางที่ 4.15 ดังนั้นหากพิจารณาปรับปรุงควรจะเลือกปรับปรุงตามแนวทางที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.4 แนวทางการปรับปรุงแบบที่ 3

ผลการศึกษาโดยสรุปจากการปรับปรุงปัญหาการรอคอยนานของการผลิต พบว่า**แนวทางการปรับปรุงแบบที่ 3** จะถูกพิจารณาปรับปรุงเมื่อความต้องการของลูกค้ามีมากจนเกินกำลังการผลิตของโรงงานแม้ว่าจะได้ทำการปรับปรุงตามแนวทางที่ 2 และทำงานล่วงเวลาในวันทำงานปกติและวันเสาร์ก็ตาม ซึ่งแนวทางการปรับปรุงแบบที่ 3 จะนำแนวทางที่ 2 มาเพิ่มเครื่องแปรรูปอีก 1 เครื่อง สามารถลดเวลารอคอยสถานีแปรรูปที่ 1, 2 และ 3 จากเดิม 58.47, 59.17 และ 57.97 นาที เมื่อเพิ่มสถานีแปรรูปที่ 4 ทำให้เวลารอคอยสถานีแปรรูปที่ 1, 2 และ 3 ลดลงเป็น 4.94, 5.08 และ 4.33 นาที หรือลดลงคิดเป็น 91.55%, 91.41% และ 92.53% ตามลำดับ และมีเวลารอคอยที่สถานีแปรรูปที่ 4 เท่ากับ 4.40 นาที เวลาการขนส่งเฉลี่ยรวมลดลงจากเดิม 4.59 เป็น 2.77 นาที หรือลดลงคิดเป็น 39.65% เวลารวมที่ชิ้นงานอยู่ในระบบลดลงจากเดิม 197.46 เป็น 148.85 นาที หรือลดลงคิดเป็น 24.61% จำนวนชิ้นงานเพิ่มขึ้นจากเดิม 1,872 เป็น 2,045 ชิ้น หรือเพิ่มขึ้นคิดเป็น 9.24% มีกำไรหลังจากหักต้นทุน 1,385,736 บาทต่อปี

การเพิ่มเครื่องจักรต้องมีการลงทุนซึ่งมีค่าใช้จ่ายประมาณ 8,680,000 บาท เมื่อพิจารณาเรื่องของความคุ้มค่าในการลงทุนเปรียบเทียบกับผลกำไร ทำให้ทราบว่าโครงการจะมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 6.26 ปี อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน เท่ากับ 15.96 % และจุดคุ้มทุนของการผลิตเท่ากับ 163,774 ชิ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการศึกษาไปใช้

การเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นสิ่งที่สำคัญมากในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ ดังนั้นจึงควรวางแผนและทำการเก็บข้อมูลอย่างสม่ำเสมอและมากพอเพื่อทำให้แบบจำลองสถานการณ์นั้นเป็นตัวแทนของระบบที่ดีได้ ทำให้สามารถวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

5.2.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อไป

การศึกษาครั้งนี้เป็นการใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์ร่วมกับการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ โดยศึกษาเฉพาะข้อมูลการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ประเภทหัลูกหมาก ซึ่งในอนาคตอาจจะประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงานประเภทอื่น เพื่อให้ครอบคลุมทั้งระบบ หรือนำไปประยุกต์ผสมผสานกับเทคนิคที่ช่วยในการตัดสินใจในรูปแบบอื่น ๆ เช่น การตัดสินใจด้วยวิธีวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) เพื่อเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กฎกระทรวงออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน มาตรา 5. (2535).

นันทชัย กานตานันทะ และ กิจวเรศ นพกิจ. (2555). **"การปรับปรุงสายการผลิตคุกกี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและกำลังการผลิต".** คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เบ็ญจพร เลิศสัฒนนนท์. (2552). **"การปรับปรุงผลการดำเนินงานโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปโดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์".** คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประจวบ กล่อมจิตและคณะ. (2554). **"การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการแปรรูปกระดาษโดยการปรับผังการทำงาน กรณีศึกษา: โรงงานอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ".** คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสากรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ประจวบ กล่อมจิตร และกัญจนา ทองสนิท. (2554). **การจำลองสถานการณ์เบื้องต้น.** กรุงเทพฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์.

ไพบูลย์ แย้มเผื่อน. (2548). **เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม.** กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ภัสสร พฤติกุล และคณะ. (2554). **"การศึกษาวิเคราะห์กระบวนการไหลและออกแบบระบบการให้บริการผู้ป่วยแผนกอายุรกรรมโดยอาศัยการจำลองสถานการณ์".** คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

มานพ ตันตระบัณฑิตย์. (2537). **กระบวนการผลิต (Manufacturing Processes).** กรุงเทพฯ : โครงการสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม. (2550). **การศึกษางานอุตสาหกรรม (Industrial Work Study).** กรุงเทพฯ : บริษัท สำนักพิมพ์ท้อป.

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

วันชัย ริจิรวนิช. (2543). **การศึกษาการทำงาน หลักการและกรณีศึกษา.** กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิชัย สุรเชิดเกียรติ. (2544). **การจำลองเชิงคอมพิวเตอร์.** กรุงเทพฯ: สกายบุ๊กส์.

ศิวรักษ์ อินต๊ะวงค์ และ สันติชัย ชีวสุทธิศิลป์. (2553). **"การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดตารางการผลิตโดยวิธีฮิวริสติกและเทคนิคการจำลองแบบปัญหาในอุตสาหกรรมประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์".** คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สมภัสสร เอื้ออารีมิตร และ ธารทัศน์ โมกขมรรคกุล. (2551). **"การปรับปรุงผังโรงงานโดยการใช้แบบจำลองสถานการณ์ กรณีศึกษาของโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป".** สาขาวิชาการจัดการด้านโลจิสติกส์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมศักดิ์ ตรีสัตย์. (2548). **การออกแบบและการวางผังโรงงาน (Plant Layout and Design).** สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. (ธันวาคม 2557).[Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.fti.or.th

หฤทัย มีนะพันธ์. (2550). **หลักการวิเคราะห์โครงการ.** คณะเศรษฐศาสตร์ มหวิทยาลัยหอการค้าไทย.

Jerry, B.and John, S.C. 1984. **Discrete-Event System Simulation**. 2nd ed. New Jersey : Prentice-Hall.

Shannon, R.E. 1975. **INTRODUCTION TO THE ART AND SCIENCE OF SIMULATION.** Industrial Engineering Texas A&M University.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบบันทึกข้อมูล

ในการสร้างแบบจำลองของระบบการผลิตชิ้นงานประเภทหัวลูกหมาก ได้ทำการเก็บข้อมูลประกอบด้วย ปริมาณการผลิตแต่ละวัน ระยะทางในการขนส่ง เวลาในแต่กระบวนการผลิตของ 7 สถานี คือ (1).หล่อเหล็ก (2).เจียรแต่ง (3).แปรรูปเบื้องต้น (4).ชุบสี (5).แปรรูป (6).ตรวจสอบคุณภาพ และ (7).คลังสินค้า จำนวน 50 ตัวอย่าง และเวลาการขนส่งระหว่างสถานี จำนวน 30 ตัวอย่าง ตามแบบบันทึกข้อมูลดังต่อไปนี้

แบบบันทึกปริมาณการผลิตชิ้นงานหัวลูกหมากเฉลี่ยต่อวัน

ของเดือน .....

สัปดาห์ที่	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์
1					
2					
3					
4					
5					

แบบบันทึกระยะทางการขนส่งระหว่างสถานี

สถานี		ระยะทาง (เมตร)
เริ่มต้น	สิ้นสุด	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบบันทึกการจับเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตของแต่ละสถานี

สถานี : .....

ตัวอย่างที่	เวลา (นาที:วินาที)	ตัวอย่างที่	เวลา (นาที:วินาที)
1		26	
2		27	
3		28	
4		29	
5		30	
6		31	
7		32	
8		33	
9		34	
10		35	
11		36	
12		37	
13		38	
14		39	
15		40	
16		41	
17		42	
18		43	
19		44	
20		45	
21		46	
22		47	
23		48	
24		49	
25		50	
เวลารวม (นาที:วินาที)			
เวลาเฉลี่ย (นาที:วินาที)			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบบันทึกการจับเวลาการขนส่งระหว่างสถานี

สถานี : .....ถึงสถานี.....

ตัวอย่างที่	เวลา (นาที:วินาที)	ตัวอย่างที่	เวลา (นาที:วินาที)
1		16	
2		17	
3		18	
4		19	
5		20	
6		21	
7		22	
8		23	
9		24	
10		25	
11		26	
12		27	
13		28	
14		29	
15		30	
เวลารวม (นาที:วินาที)			
เวลาเฉลี่ย (นาที:วินาที)			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นาย สุรวิชญ์ นุกูลการ
วัน เดือน ปีเกิด	8 มิถุนายน พ.ศ. 2528
ที่อยู่	34/1 ถ.คุ้มศรีสุวรรณ ต.ในเมือง อ. เมือง จ.ร้อยเอ็ด 45000
ประวัติการศึกษา	2551 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ เกรดเฉลี่ย 2.89 มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
	2557 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสถิติประยุกต์ เกรดเฉลี่ย 3.21
ผลงานวิชาการ	เรื่อง การจำลองสถานการณ์เพื่อปรับปรุงผลิตภาพ กรณีศึกษา สายการผลิตหัวลูกหมาก (SIMULATION FOR IMPROVING THE PRODUCTIVITY A CASE STUDY OF KNUCKLE PRODUCTION LINE) การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2556

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้