การวางแผนกำลังพลในฝ่ายควบคุมคุณภาพโดยใช้การจำลองสถานการณ์

MANPOWER PLANNING IN QUALITY CONTROL DEPARTMENT USING SIMULATION APPROACH

ภรภัทร แก้วเขียว

PORNRAPAT KAEWKHIEW

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

KMITL-2016-EN-M-217-105

การวางแผนกำลังพลในฝ่ายควบคุมคุณภาพโดยใช้การจำลองสถานการณ์

MANPOWER PLANNING IN QUALITY CONTROL DEPARTMENT USING SIMULATION APPROACH

ภรภัทร แก้วเขียว
PORNRAPAT KAEWKHIEW

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2559
KMITL-2016-EN-M-217-105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MANPOWER PLANNING IN QUALITY CONTROL DEPARTMENT USING SIMULATION APPROACH

PORNRAPAT KAEWKHIEW

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2016

KMITL-2016-EN-M-217-105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2016
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การวางแผนกำลังพลในฝ่ายควบคุมคุณภาพโดยใช้การจำลองสถานการณ์
Thesis Title Manpower Planning in Quality Control Department Using Simulation Approach
นักศึกษา นางสาวภรภัทร แก้วเขียว
รหัสประจำตัว 54613201
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ชุมพล ยวงใย
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2016-EN-M-217-105

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ฤดี	มาสุจันท์	
ผศ.ดร.อุดม	จันทร์จรัสสุข	
ผศ.ดร.บรรหาญ	ลิลา	
ดร.เชาวลิต	หามนตรี	
ผศ.ดร.ชุมพล	ยวงใย	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันอังคารที่ 14 มิถุนายน พ.ศ. 2559 เวลา 10.00-12.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 3

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)
คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่ 14 มิถุนายน พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวางแผนกำลังพลในฝ่ายควบคุมคุณภาพโดยใช้การจำลองสถานการณ์
นักศึกษา	นางสาวภรภัทร แก้วเขียว
รหัสประจำตัว	54613021
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.ชุมพล ยวงใย

บทคัดย่อ

การพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ถือเป็นส่วนสำคัญที่มีผลต่อเศรษฐกิจ จากแนวโน้มจำนวนการผลิตที่สูงขึ้นทุกปีจึงต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อรองรับการผลิตนำไปสู่ความจำเป็นในการพัฒนากระบวนการทำงานให้มีประสิทธิภาพ โดยงานวิจัยนี้ทำการศึกษาโรงงานออกแบบและผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ โดยเฉพาะกระบวนการวัดและทดสอบซึ่งมีการเพิ่มปริมาณงานบริการตรวจสอบชิ้นงานจากหน่วยงานอื่นๆ แต่ยังคงใช้กำลังพลและจำนวนเครื่องมือเท่าเดิม ทำให้เกิดปัญหาด้านการวางแผนทรัพยากรให้เหมาะสมกับภาระงานที่เพิ่มขึ้นและส่งผลต่อคุณภาพของการวัดและทดสอบ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดสมดุลและวางแผนกำลังพลในห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษาด้วยการสร้างแบบจำลองสถานการณ์แล้วทำการออกแบบทางเลือกที่สอดคล้องกับอัตราการใช้ประโยชน์ของกำลังพลในแต่ละสถานีงานด้วยหลักการ ECRS แล้วให้เกิดความสมดุลภาระงานระหว่างภายในแต่ละสถานี การวิเคราะห์พบว่าสามารถลดกำลังพลรวมจากเดิม 15 คนเหลือ 12 คน ซึ่งมีผลให้ค่าเฉลี่ยของการใช้ประโยชน์กำลังพลจาก 23.58 % เป็น 38.66% หรือเพิ่มขึ้น 63.9 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Determining of an optimal conditions for work balancing and manpower in quality control department using simulation approach
Student	Ms.Pornrapat Kaewkhiew
Student ID.	54613201
Degree	Master of Engineering
Program	Industrial Engineering
Year	2016
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr.Chumpol Yuangyai

ABSTRACT

The automotive industry has an impact on the economy. Its production trend increases every year. To incorporate with this trend, automotive factories have to continually improve their productivity. In our selected factory, we focus on improving a measurement and testing process which is one of the most important activities to secure high quality levels. At current situations, the process encountered the increasing of amount of service work requested by other departments, while manpower level and equipment remained the same. This leaded to poor quality of measurement and testing services. Therefore, this study aimed to investigate the current process and propose some improvement alternatives using simulation approach and ECRS techniques. After a selected alternative was implemented, the total manpower was reduced from 15 to 12 workers. Which is the average value utilization of manpower was increased from 23.58 % to 38.66% or increased 63.9 %.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ชุมพล ยวงใย ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะ แนะนำแนวทางการดำเนินงานให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่านที่คอยอบรมสั่งสอน ถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ให้แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ นายโสธร ชื่นชม ผู้จัดการทั่วไปสายงานคุณภาพโรงงานกรณีศึกษาที่ให้การสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี ขอขอบคุณ นายไผ่ แหวนพิรอด ผู้จัดฝ่ายควบคุมคุณภาพ หัวหน้างานและเจ้าหน้าที่ในฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษา ที่คอยให้ความช่วยเหลือในการประสานงานภายในโรงงาน การเก็บรวบรวมข้อมูล ตลอดจนให้คำปรึกษาที่ดีเสมอมา

ขอขอบคุณนายสุริยพงศ์ นิลสังข์ นักศึกษาปริญญาเอกสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการใช้งานโปรแกรมจำลองสถานการณ์และเพื่อนนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกท่านที่ให้กำลังใจในการทำงานวิจัยนี้ด้วยดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่คอยเลี้ยงดู อบรมสั่งสอน เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกๆเรื่อง ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

ภรภัทร แก้วเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VII
สารบัญรูป VIII

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา 3
1.4 ขั้นตอนของการศึกษาและกรอบแนวคิด 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 ลักษณะการทำงานของห้องปฏิบัติการ 5
2.1.1 ลักษณะการทำงานของห้องปฏิบัติการ 7
2.1.2 มาตรฐานระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการ 7
2.1.3 นิยามศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับห้องปฏิบัติการกรณีศึกษาโรงงานออกแบบชิ้นส่วนยานยนต์ 7
2.2 หลักการจัดสมดุลและหลักการ ECRS 9
2.2.1 การจัดสมดุล 9
2.2.2 หลักการ ECRS 9
2.3 การจำลองสถานการณ์ 11
2.3.1 การจำลองสถานการณ์ 11
2.3.2 ข้อดีและข้อเสียของแบบจำลองสถานการณ์ 11
2.3.3 ขั้นตอนในการสร้างการจำลองสถานการณ์ 17
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 19
2.5 บทสรุปจากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 21

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 22
3.1 การศึกษากระบวนการทำงานและการให้บริการ 24
3.2 การศึกษาปัญหาการวางแผนกำลังพล 26
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล 26
3.3.1 ขอบเขตอัตราการเข้ามาของผู้รับบริการ 27
3.3.2 ขอบเขตของข้อมูลเวลาในกระบวนการต่างๆ 27
3.3.3 ปัจจัยด้านกำลังพลของห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพ 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ 28
3.4 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ในปัจจุบัน 28
3.5 การทดสอบความถูกต้องและสมเหตุสมผลของแบบจำลองสถานการณ์ 44
3.5.1 การตรวจสอบความถูกต้อง (Verification) 44
3.5.2 การตรวจสอบความสมเหตุสมผล (Validation) 44
3.5.3 การวิเคราะห์การเข้าสู่สภาวะคงตัวของแบบจำลองสถานการณ์ 45
3.6 การออกแบบทางเลือกเพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสม 45
3.6.1 รูปแบบการทำงานปัจจุบัน 46
3.6.2 การออกแบบทางเลือก 46
3.6.3 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ 47
3.7 การสรุปผลหาคำตอบที่เหมาะสมเพื่อประยุกต์ใช้ 47
3.7.1 การสรุปผลหาคำตอบที่เหมาะ 47
3.7.1 การประยุกต์ใช้จริง 47
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัยและวิจารณ์ผล 49
4.1 การวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้า 49
4.1.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าเชิงสถิติของการแจกแจงตัวของอัตราการเข้ามาของผู้ขอรับบริการ 49
4.1.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าเชิงสิติของการแจกแจงตัวของเวลาให้บริการ 50
4.2 ผลการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงาน 50
4.3 ผลการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ 54
4.3.1 ความถูกต้องของอัตราการเข้ามาของผู้รับบริการ 54
4.3.2 ความถูกต้องของระยะเวลาการให้บริการแต่ละสถานีการให้บริการ 54
4.3.3 ความถูกต้องของจำนวนพนักงานที่ปฏิบัติงาน 55
4.4 ผลการทดสอบความสมเหตุสมผลแบบจำลองสถานการณ์ 56
4.4.1 ผลการทดสอบความสมเหตุสมผลของค่าเฉลี่ยจำนวนผลลัพธ์ของจำนวนงานที่เข้าสู่ระบบของห้องปฏิบัติการ 57
4.4.2 ผลการทดสอบความสมเหตุสมผลของค่าเฉลี่ยจำนวนผลลัพธ์ของจำนวนงานที่ออกจากระบบของห้องปฏิบัติการ 57
4.5 ผลการวิเคราะห์การเข้าสู่สภาวะคงตัวของแบบจำลองสถานการณ์ 59
4.6 ผลการวิเคราะห์เพื่อออกแบบทางเลือกเพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสม 59
4.6.1 การวิเคราะห์งานในปัจจุบัน 59
4.6.2 การออกแบบทางเลือก 61
4.7 สรุปผลหาคำตอบที่เหมาะสมเพื่อประยุกต์ใช้ 67
4.7.1 สรุปผลเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม 67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.7.2 ผลการประยุกต์ใช้จริง 68
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 72
5.1 สรุปผลการวิจัย 72
5.2 ข้อเสนอแนะ 73
เอกสารอ้างอิง 75
ภาคผนวก ก การทำงานในห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษา 79
ภาคผนวก ข การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหารูปแบบการแจกแจง 101
ภาคผนวก ค การกำหนดรอบการจำลองสถานการณ์ 123
ภาคผนวก ง บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์ 125
ประวัติผู้เขียน 135

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ปริมาณการผลิตรถยนต์ของไทยปี 2550-2554 1
ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของแบบจำลองสถานการณ์ 38
ตารางที่ 4.1 การแจกแจงของเวลาการให้บริการของแต่ละสถานี 51
ตารางที่ 4.2 ระยะเวลาการทำงานและเวลาพักของห้องปฏิบัติการ 52
ตารางที่ 4.3 แสดงจำนวนพนักงานของงานในปัจจุบัน 60
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการใช้ประโยชน์กำลังพล 60
ตารางที่ 4.5 แสดงการวิเคราะห์กระบวนการทำงานโดยใช้หลักการ ECRS ของสถานีงานหลัก 61
ตารางที่ 4.6 แสดงการวิเคราะห์กำลังพลของแต่ละสถานีโดยใช้หลักการ ECRS ของสถานีงาน 62
ตารางที่ 4.7 แสดงจำนวนพนักงานของงานในเงื่อนไขการทำงานปรับปรุงทางเลือก 65
ตารางที่ 4.8 ค่าการใช้ประโยชน์กำลังพลของการออกแบบทางเลือก 66
ตารางที่ 4.9 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการการออกแบบทางเลือก 66
ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์ของแบบจำลอง 67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 แผนภูมิแสดงปริมาณงานของห้องปฏิบัติการของฝ่ายคุณภาพโรงงานกรณีศึกษา..... 2
รูปที่ 1.2 กรอบความคิดทางการศึกษา..... 4
รูปที่ 2.1 กระบวนการให้บริการทดสอบหรือสอบเทียบ..... 6
รูปที่ 3.1 กรอบความคิดทางวิธีการวิจัย..... 23
รูปที่ 3.2 กระบวนการทำงานในปัจจุบันของห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพในโรงงาน..... 25
รูปที่ 3.3 กระบวนการจำลองสถานการณ์..... 26
รูปที่ 3.4 แผนภาพกิจกรรม (Activity diagram) ของกระบวนการทำงานในห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงาน..... 29
รูปที่ 3.5 แสดงกรอบความคิดการวิเคราะห์..... 45
รูปที่ 3.6 วิธีหาคำตอบด้วยการใช้แบบจำลองสถานการณ์..... 46
รูปที่ 4.1 ผลการทดสอบรูปสนิทดี (Goodness of fit test)..... 50
รูปที่ 4.2 แสดงแบบจำลองใน Flowchart view..... 53
รูปที่ 4.3 ตัวอย่างการทดสอบความถูกต้องของอัตราการเข้ามาของผู้ขอรับบริการ..... 54
รูปที่ 4.4 ผลการทดสอบความถูกต้องของอัตราการเข้ามาของผู้ขอรับบริการ..... 54
รูปที่ 4.5 ตัวอย่างการทดสอบความถูกต้องของระยะเวลาการให้บริการแต่ละสถานี..... 55
รูปที่ 4.6 ผลการทดสอบความถูกต้องของระยะเวลาการให้บริการแต่ละสถานี..... 55
รูปที่ 4.7 ตัวอย่างการทดสอบความถูกต้องของจำนวนพนักงานที่ปฏิบัติงานแต่ละสถานี..... 56
รูปที่ 4.8 ผลการทดสอบ t-test ของจำนวนงานที่ออกจากระบบห้องปฏิบัติการ..... 57
รูปที่ 4.9 Boxplot ของจำนวนงานที่เข้าสู่ระบบห้องปฏิบัติการ..... 57
รูปที่ 4.10 ผลการทดสอบ t-test ของจำนวนงานที่ออกจากระบบห้องปฏิบัติการ..... 58
รูปที่ 4.11 Boxplot ของจำนวนงานที่ออกจากห้องปฏิบัติการ..... 58
รูปที่ 4.12 การกำหนดช่วงเข้าสู่สภาวะคงตัวของแบบจำลองสถานการณ์..... 59
รูปที่ 4.13 อัตราการใช้ประโยชน์กำลังพลของแบบจำลองการทำงานปัจจุบัน..... 60
รูปที่ 4.14 แบบจำลองสถานการณ์แนวคิดการออกแบบทางเลือกที่ 1..... 63
รูปที่ 4.15 แบบจำลองสถานการณ์แนวคิดการออกแบบทางเลือกที่ 2..... 64
รูปที่ 4.16 แบบจำลองสถานการณ์แนวคิดการออกแบบทางเลือกที่ 3..... 64
รูปที่ 4.17 กราฟการแจกแจงแบบปกติของความเบี่ยงเบนมาตรฐาน..... 68
รูปที่ 4.18 ผลการทดสอบ 2-Sample t-test ของแบบจำลองสถานการณ์และการนำไปใช้จริง..... 69
รูปที่ 4.19 ผลการทดสอบ 2-Sample t-test ของการนำไปใช้จริงและระบบดั้งเดิม..... 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมยานยนต์จัดเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ ทั้งในด้านเศรษฐกิจ การจ้างงาน การสร้างมูลค่าเพิ่ม การพัฒนาด้านเทคโนโลยีตลอดจนการพัฒนาอุตสาหกรรมสนับสนุนอื่นๆ และธุรกิจที่เกี่ยวข้องในห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก [1] ประเทศไทยเป็นฐานการผลิตรถยนต์ที่สำคัญ โดยเป็นผู้ผลิตรถยนต์อันดับที่ 17 ของโลก และเป็นอันดับที่ 4 ของทวีปเอเชีย รองจาก จีน ญี่ปุ่น และเกาหลีใต้ ด้วยมูลค่า 5,360,743,000 เหรียญสหรัฐฯ ในปี 2554 [2] ซึ่งอุตสาหกรรมยานยนต์ของประเทศไทยเติบโตอย่างต่อเนื่องและมีแนวโน้มสูงขึ้นเนื่องจากมีการเปิดสายการผลิตรถ Eco-car [1] ซึ่งในปี 2553 มีการเติบโตถึง 64.63% โดยประเภทรถยนต์ที่มีปริมาณการผลิตสูงสุดคือรถกระบะ 1 ตัน รายละเอียดดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ปริมาณการผลิตรถยนต์ของไทยปี 2550-2554 (คัน)

ประเภทรถ	2550	2551	2552	2553
รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	329,223	399,435	313,442	554,267
รถเพื่อการพาณิชย์ (ไม่รวมรถกระบะ 1 ตัน)	23,556	17,791	15,202	24,278
รถกระบะ 1 ตัน	948,370	970,245	670,734	1,066,759
รวม	1,301,149	1,391,728	999,378	1,645,304
Growth (%)	261.13	6.96	-28.19	64.63

ที่มา : สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้าอุตสาหกรรมและธุรกิจบริการ (2555) [2]

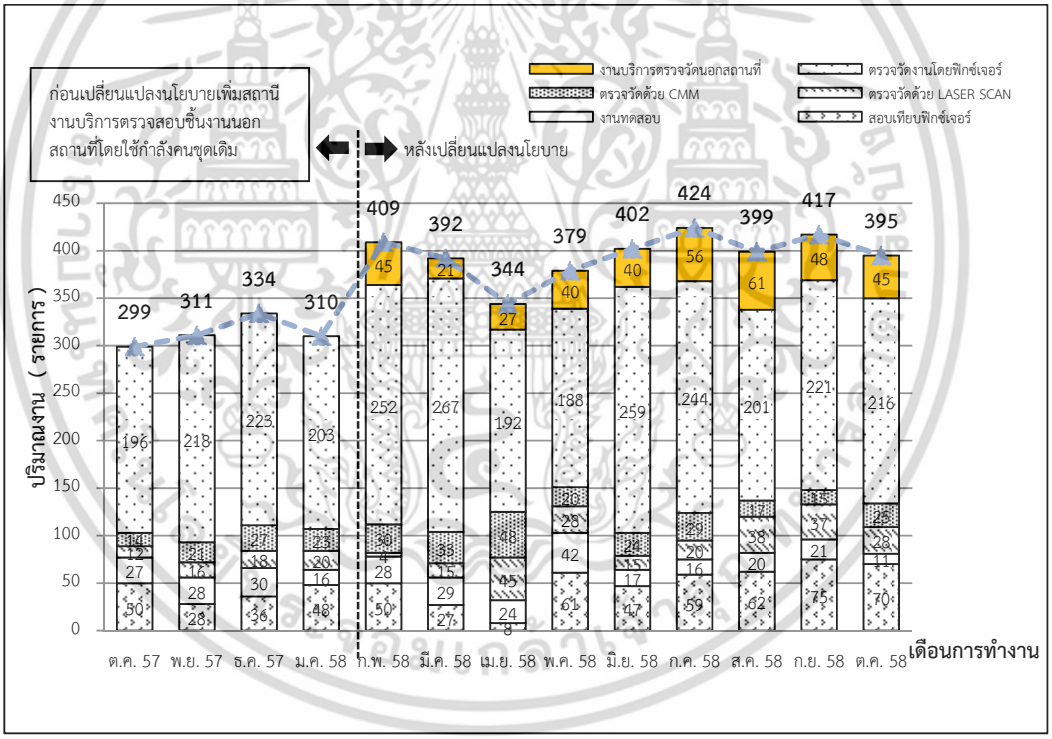
จากปริมาณการผลิตรถยนต์ที่สูงขึ้นส่งผลให้กลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์ต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อรองรับกับการผลิต ซึ่งองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งของความเข้มแข็งและเติบโตของอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์ คือ คุณภาพของสินค้า [3] ซึ่งการวัดและการทดสอบชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีความถูกต้องและแม่นยำจะเป็นหลักประกันทางเทคนิคที่สำคัญที่แสดงว่าผลิตภัณฑ์เป็นไปตามข้อกำหนดทางคุณภาพ ซึ่งความสำคัญของการวัดและการทดสอบที่ได้รับการยอมรับถือเป็นข้อกำหนดมาตรฐานการประกันคุณภาพที่สำคัญ เช่น ISO 9000, ISO 14000 และ ISO/IEC 17025 เป็นต้น [4] ความแม่นยำและความถูกต้องของการวัดจะมีความสัมพันธ์กับการสอบเทียบเครื่องมือวัด ทั้งส่วนที่เป็นเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม และเครื่องมือวัดในห้องปฏิบัติการห้องทดสอบผลิตภัณฑ์ ดังนั้นระบบการวัดของห้องปฏิบัติการจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งที่จะเป็นระบบตรวจวัดคุณภาพของสินค้าและผลิตภัณฑ์ ซึ่งการวัดและการทดสอบนี้จะได้รับการยอมรับว่ามีความถูกต้องน่าเชื่อถือก็ต่อเมื่อได้รับการสอบเทียบความถูกต้องจากห้องปฏิบัติการที่ได้รับมาตรฐาน [5]

การศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยทำการศึกษาโรงงานขนาดใหญ่ที่ดำเนินธุรกิจทางด้านการออกแบบชิ้นส่วนยานยนต์ แม่พิมพ์ จิ๊กประกอบและฟิกซ์เจอร์ตรวจสอบผลิตภัณฑ์ จากปริมาณการผลิตรถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เพิ่มขึ้นทุกปี ซึ่งมีความสัมพันธ์กับบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้นและเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด และโรงงานยังมีการให้บริการทดสอบและสอบเทียบเครื่องมือวัด เพื่อยืนยันความถูกต้องของเครื่องมือและประกันคุณภาพของผลิตภัณฑ์มุ่งเน้นการตรวจสอบและทดสอบงานในห้องปฏิบัติการ

การดำเนินงานการตรวจสอบและทดสอบงานในห้องปฏิบัติการเป็นกระบวนการที่มีลักษณะการดำเนินงานที่สามารถเทียบเคียงได้กับกระบวนการผลิต [6] กล่าวคือ มีชิ้นงานที่รับเข้าสู่ระบบเพื่อผ่านกระบวนการต่าง ๆ และมีข้อมูลที่ส่งออกจากระบบ สำหรับในห้องปฏิบัติการของโรงงานกรณีศึกษาแบ่งงานเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนแรกบริการสอบเทียบเครื่องมือวัด ส่วนที่สองบริการทดสอบผลิตภัณฑ์ และส่วนที่สามบริการตรวจวัดกระทำขึ้นเพื่อทำให้เกิดความมั่นใจว่าสามารถผลิตสินค้าที่ได้มาตรฐาน ซึ่งมีการแบ่งเป็น 5 สถานีงานหลักได้แก่ งานสอบเทียบฟิกซ์เจอร์ งานตรวจวัดด้วย CMM งานตรวจวัดด้วย Laser scan งานทดสอบ และตรวจวัดงานโดยฟิกซ์เจอร์ ต่อมามีการเปลี่ยนแปลงนโยบายให้มีการเพิ่มสถานีงานบริการตรวจสอบชิ้นงานนอกสถานที่ให้แก่ห้องปฏิบัติการโดยมีข้อมูลปริมาณงานดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แผนภูมิแสดงปริมาณงานของห้องปฏิบัติการของฝ่ายคุณภาพของโรงงานกรณีศึกษา

เมื่อพิจารณาข้อมูลปริมาณงานในห้องปฏิบัติการดังรูปที่ 1.1 หลังการเปลี่ยนแปลงนโยบายพบว่ามีปริมาณของงานรวมที่ระดับสูงสุดคือ 424 รายการ ในเดือน กรกฎาคม 2558 มีปริมาณต่ำสุดคือ 344 รายการในเดือน เมษายน 2558 และมีแนวโน้มสูงขึ้นเนื่องจากการเพิ่มสถานีงานบริการตรวจวัดนอกสถานที่ โดยมีปริมาณงานรวมโดยเฉลี่ย 400 รายการต่อเดือน โดยใช้กำลังพลและเครื่องมือชุดเดิม ส่งผลให้เกิดปัญหาในด้านการวางแผนกำลังพลที่เหมาะสมกับภาระงานที่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และการเข้ามาของผู้รับบริการไม่สามารถคาดเดาได้แน่นอนเนื่องจากให้บริการแก่ภายในโรงงาน โรงงานในเครือ และรับบริการลูกค้าทั่วไปภายนอกโรงงาน เป็นต้น

จากปัญหาด้านการวางแผนกำลังพลที่เหมาะสมกับภาระงานที่เพิ่มขึ้นข้างต้น นำไปสู่การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนกำลังพลโดยส่วนใหญ่ใช้การจัดสมดุลด้วยหลักการ ECRS [7] [8] [9] พบว่าความสามารถในการปรับปรุงการทำงานและการเข้ามาของผู้รับบริการเป็นสิ่งที่คาดเดาได้ยากจึงต้องหาเทคนิคเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์โดยไม่กระทบกับการทำงานปัจจุบัน ดังนั้นจึงได้ใช้เทคนิคการสร้างแบบจำลองสถานการณ์เนื่องจากเป็นเทคนิคที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย [10] [11] เพื่อใช้ค้นหาผลลัพธ์แล้วจึงนำไปวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม

ดังนั้นจากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดจัดสมดุลกระบวนการทำงานในห้องปฏิบัติการแล้วนำไปใช้ปรับปรุงการวางแผนกำลังพลในฝ่ายควบคุมคุณภาพโดยใช้การจำลองสถานการณ์ให้เหมาะสมกับปริมาณงานที่เกิดขึ้น

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของห้องปฏิบัติการในฝ่ายควบคุมคุณภาพกรณีศึกษาโรงงานออกแบบชิ้นส่วนยานยนต์

1.2.2 ออกแบบทางเลือกเพื่อปรับปรุงการวางแผนกำลังพลให้เหมาะสมกับภาระงาน

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ศึกษาขั้นตอนและกระบวนการต่างๆของห้องปฏิบัติการในฝ่ายควบคุมคุณภาพกรณีศึกษาโรงงานออกแบบชิ้นส่วนยานยนต์

1.3.2 ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนตุลาคม 2558

1.4 ขั้นตอนของการศึกษาและกรอบแนวคิด

1.4.1 ศึกษากระบวนการทำงานและการให้บริการของห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพในโรงงานกรณีศึกษาในปัจจุบัน

1.4.2 ปัญหาที่พบคือการวางแผนกำลังพลเนื่องจากภาระงานที่เพิ่มขึ้นโดยใช้กำลังพลชุดเดิม

1.4.3 เก็บรวบรวมข้อมูลส่วนของเวลาการมาถึงและรับบริการ เวลาที่ใช้ในการให้บริการ เวลาทำการ และจำนวนกำลังพลผู้ที่ให้บริการ

1.4.4 สร้างแบบจำลองสถานการณ์ในปัจจุบัน

1.4.5 ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลองสถานการณ์

1.4.6 ออกแบบทางเลือกและสร้างแบบจำลองเพื่อปรับปรุงการวางแผนกำลังพลให้เหมาะสมกับภาระงานโดยพิจารณาจากค่าการใช้ประโยชน์ของกำลังพล

1.4.7 สรุปผลหาคำตอบที่เหมาะสมเพื่อประยุกต์ใช้กับห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1.2 กรอบความคิดทางการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงลักษณะการทำงานของห้องปฏิบัติการ ทดสอบและสอบเทียบ การจัดสมดุลที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงงานด้วยหลักการ ECRS การจำลองสถานการณ์ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับห้องปฏิบัติการและกระบวนการผลิตในโรงงาน เพื่อเป็นแนวทางในการหาคำตอบที่เหมาะสม นำไปสู่การกำหนดกรอบแนวทางในการวิจัยในลำดับต่อไป ซึ่งสามารถแบ่งทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้

2.1 ลักษณะการทำงานของห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ

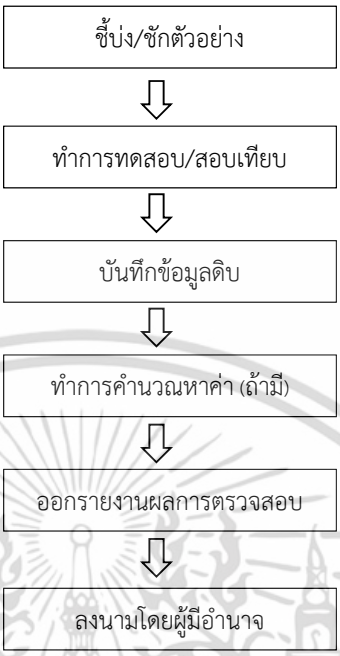
2.1.1 ลักษณะการทำงานของห้องปฏิบัติการ

ห้องปฏิบัติการ คือ หน่วยงานที่ดำเนินการทดสอบตัวอย่างใช้วิธีที่เป็นมาตรฐานที่กำหนดโดยสถาบันมาตรฐานของประเทศ สถาบันมาตรฐานของต่างประเทศ หรือองค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ และวิธีที่ไม่เป็นมาตรฐานจากวารสารทางวิชาการต่างๆ หรือบทความงานวิจัยและพัฒนาของสถาบันวิชาการ หรือวิธีที่ห้องปฏิบัติการทดสอบพัฒนาขึ้นใช้เอง โดยการทดสอบอาจเป็นส่วนหนึ่งของการตรวจหรือการรับรองคุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยที่อยู่ในสภาวะที่ถูกควบคุม [12] ซึ่งการสอบเทียบโดยห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่ได้รับการรับรอง คือ ห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่ได้รับการรับรองโดยบุคคลที่สาม หรือองค์การที่ให้การรับรองที่มีประจำแต่ละประเทศ ที่ให้การรับรองโดยการตรวจประเมินความสามารถทางเทคนิคตามข้อกำหนดมาตรฐาน ISO/ICE 17025 โดยมีข้อกำหนดที่สำคัญได้แก่ ความสามารถสอบกลับได้ของการวัด การให้การรับรองโดยทั่วไป หมายถึง การรับรองความสามารถของการวัดพร้อมกับความไม่แน่นอนน้อยที่สุดที่ห้องปฏิบัติการสามารถกระทำได้ ซึ่งได้มาจากการใช้เครื่องมือวัด มาตรฐานการวัด และวิธีการวัดที่เหมาะสม [13]

การสอบเทียบในโรงงาน คือ การสอบเทียบที่ทำขึ้นเองภายในโรงงาน เพื่อทำให้เกิดความมั่นใจว่า เครื่องมือตรวจสอบและทดสอบทั้งหมดที่มีผลต่อคุณภาพได้รับการสอบเทียบกับมาตรฐานการอ้างอิงของโรงงาน และมาตรฐานการอ้างอิงของโรงงานควรต้องได้รับการสอบเทียบกับมาตรฐานของห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่ได้รับการรับรอง หรือจากสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ แล้วแต่กรณี ซึ่งความสามารถในการสอบเทียบเองจะต้องคำนึงถึงความสามารถของผู้ปฏิบัติการ (การศึกษา การฝึกอบรม ความชำนาญ และประสบการณ์) วิธีการในการวัด เครื่องมือ และมาตรฐานการวัดห้องปฏิบัติการ (สภาพแวดล้อม) ตลอดจนการบันทึกผล เพื่อให้มั่นใจในความถูกต้อง และแม่นยำในการวัด [5]

โดยลักษณะการดำเนินงานของห้องปฏิบัติการสามารถเทียบเคียงได้กับกระบวนการผลิต กล่าวคือมีชิ้นงานที่รับเข้าสู่ระบบเพื่อผ่านกระบวนการต่างๆ และมีข้อมูลที่ส่งออกจากระบบ กระบวนการที่เกิดขึ้นภายในระบบนั้นมีความซับซ้อนในเชิงบริหารที่แตกต่างกันไปแต่ละองค์กร [6] กระบวนการปฏิบัติงานห้องปฏิบัติการโดยทั่วไปมีขั้นตอนการดำเนินงานเริ่มจากขั้นตอนแรกต้องดำเนินการชี้บ่งหรือชักตัวอย่าง ลำดับต่อมาจึงทำการทดสอบหรือสอบเทียบ จากนั้นจึงทำการบันทึกข้อมูลดิบ แล้วจึงทำการคำนวณค่า แล้วทำการออกรายงานผลการตรวจสอบแล้วจึงส่งอนุมัติหรือลงนามโดยผู้มีอำนาจเป็นขั้นตอนสุดท้าย อธิบายดังรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 กระบวนการให้บริการทดสอบหรือสอบเทียบ [12]

จากกระบวนการให้บริการทดสอบหรือสอบเทียบนั้นประกอบด้วย กำลังพลของห้องปฏิบัติการมีดังนี้

1. พนักงานผู้ชี้บ่ง ชักตัวอย่าง หรือผู้ทวนสอบงานตัวอย่าง
2. พนักงานผู้ทำการตรวจสอบ ทดสอบ หรือสอบเทียบ
3. ผู้ออกหรือแจ้งรายงานผลการตรวจสอบ
4. ผู้มีอำนาจลงนาม

โดยที่การแบ่งภาระมอบหมายงานให้พนักงานอาจมีความแตกต่างกันตามโครงสร้างหรือกระบวนการย่อยของแต่ละหน่วยงาน [12] ซึ่งผู้ปฏิบัติงานเป็นผู้มีบทบาทสำคัญในการวางแผนจัดการให้เป็นระบบและแสดงถึงความสามารถของห้องปฏิบัติการ [3] โดยที่การพัฒนาภาคอุตสาหกรรมเพื่อให้ได้การรับรอง ระบบงานห้องปฏิบัติการนั้นนับเป็นการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านการทดสอบเพื่อช่วยยกระดับภาคอุตสาหกรรมที่สำคัญ ห้องปฏิบัติการทดสอบถือเป็นส่วนสำคัญที่จะช่วยส่งเสริมความสามารถในการแข่งขัน ของผลิตภัณฑ์ทั้งใน และต่างประเทศได้ [14] อีกทั้งทำหน้าที่ควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ก่อนการส่งออกสู่ตลาดการค้า ห้องปฏิบัติการทดสอบจึงต้องมีความสามารถตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีความสามารถในการทดสอบบนพื้นฐานของวิธีดำเนินการที่เป็นที่ยอมรับของนานาชาติ ดังนั้นห้องปฏิบัติการที่ทำหน้าที่ทดสอบหรือให้การรับรองคุณภาพผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จำเป็นต้องจัดทำระบบคุณภาพให้ได้มาตรฐานสากล เพื่อให้ผลการทดสอบเป็นที่ยอมรับในตลาดโลกได้ และขจัดปัญหาการตรวจสอบซ้ำซ้อน ซึ่งเป็นการลดต้นทุนได้อีกทางหนึ่งด้วย [5] โดยมาตรฐานระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการ มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 มาตรฐานระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการ

ห้องปฏิบัติการถือเป็นหน่วยงานที่มีสำคัญที่ต้องการให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้รับการพัฒนาและสามารถแข่งขันได้ ทั้งนี้เพราะข้อมูลที่ได้จากการวัด (Measurement) ของห้องปฏิบัติการมีผลโดยตรงต่อความเชื่อถือของลูกค้าที่มีต่อองค์กร ห้องปฏิบัติการที่ดำเนินตามกิจกรรมด้านการวัดมาอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานโดยมีเอกสารที่กล่าวถึงข้อกำหนดขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่ห้องปฏิบัติการควรปฏิบัติไว้ต่าง ๆ กันทั้งในส่วนของมาตรฐานระดับชาติ และมาตรฐานระดับสากล โดยมีมาตรฐานระดับชาติ [5] ได้แก่ มาตรฐานในกลุ่มประเทศอเมริกา เช่น Military Standard MIL-STD-45662A:1988 “Calibration System Requirements” ซึ่งกล่าวถึงเงื่อนไขและข้อกำหนดที่ห้องปฏิบัติการสอบเทียบจะต้องปฏิบัติให้เป็นไปตามนั้น เพื่อที่จะเชื่อถือได้ว่าคุณภาพรายงานผลการสอบเทียบเป็นที่ยอมรับได้ และมาตรฐานในกลุ่มประเทศยุโรป และออสเตรเลีย เช่น British Standard BS 5781: Part 1:1979 “Measurement and Calibration System Specification for system Requirements” และ Australian Standard AS 2415-1980 “Calibration System Requirements” [14]

สำหรับมาตรฐานในระดับสากลนั้น องค์กรสากล International Standardization Organization (ISO) และ International Electrotechnical Commission (IEC) ได้เข้าใจถึงความสำคัญของระบบคุณภาพและความสามารถของห้องปฏิบัติการ โดยเข้ามามีบทบาทในองค์ประกอบต่างๆ ที่จำเป็น ซึ่งห้องปฏิบัติการควรปฏิบัติครอบคลุมงานการวัดของห้องปฏิบัติการไว้เป็นเอกสาร โดยเริ่มจากเอกสาร ISO Guide 25-1978: Guideline for assessing the technical competence of testing laboratories มีสถานะเอกสารเป็นการแนะนำแนวทางในการปฏิบัติ ซึ่งต่อมาได้มีการปรับแก้จนถึงฉบับ ISO/IEC Guide 25-1990 : General requirements for the competence of the calibration and testing laboratories หลังจากนั้นได้มีปรับแก้เป็นระยะจนถึงฉบับล่าสุด หลักมาตรฐาน ISO/ICE 17025:2005 [15] โดยเป็นมาตรฐานที่ International Organization for Standardization จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบและห้องปฏิบัติการสอบเทียบเพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกันในทุกประเทศ ข้อกำหนดตามมาตรฐานนี้มีทั้งข้อกำหนดทางด้านการบริหารและข้อกำหนดทางด้านวิชาการ โดยให้ความสำคัญกับทุกๆ กิจกรรมในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้มั่นใจได้ว่าผลการทดสอบ สอบเทียบ มีความแม่นและความถูกต้อง น่าเชื่อถือ หากห้องปฏิบัติการดำเนินการตามข้อกำหนดหรือได้รับรองความสามารถตามมาตรฐานนี้ย่อมสร้างมั่นใจต่อผู้ใช้บริการในผลการทดสอบ สอบเทียบ [16]

เนื่องจากการทำงานของห้องปฏิบัติการกรณีศึกษาโรงงานออกแบบชิ้นส่วนยานยนต์ มีลักษณะการทำงานเฉพาะดังนั้นจึงนิยามเพื่อเพิ่มความเข้าใจดังนี้

2.1.3 นิยามศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับห้องปฏิบัติการกรณีศึกษาโรงงานออกแบบชิ้นส่วนยานยนต์

ฟิกซ์เจอร์ (fixture) เป็นเครื่องมือพิเศษที่ใช้สำหรับกำหนดตำแหน่ง จับยึด หรือรองรับชิ้นงานให้อยู่คงที่ และทำหน้าที่ตั้งระยะให้ชิ้นงานอยู่ตรงตำแหน่งที่ถูกต้องที่จะกระทำต่อชิ้นงาน [17] ส่วนในกรณีศึกษานำมาใช้จับยึดชิ้นงานและอ้างอิงตำแหน่งให้กับชิ้นงานเพื่อทำการตรวจวัดผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงานตัวอย่างร่วมกับการใช้เครื่องมือช่างทั่วไป เช่น เวอร์เนียคาลิปเปอร์ เกจวัดความเรียว (Taper gauge) และเครื่องมือวัดแบบมีขีดมาตรา (Scale) ซึ่งเป็นงานหลักอย่างหนึ่งของห้องปฏิบัติการของกรณีศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบ (Test) เป็นการกำหนดจำนวน ปริมาณ หรือคุณลักษณะของพฤติกรรมหรือความสามารถโดยใช้เครื่องมือ หรือเป็นสิ่งเร้า โดยทำหน้าที่เป็นเครื่องมือวัดความสามารถ [12] โดยการทำงานเกี่ยวกับการทดสอบของกรณีศึกษา กำหนดให้เป็นหนึ่งในสถานีบริการของห้องปฏิบัติการยกตัวอย่าง การทดสอบแรงดึง (Tensile test) การตรวจวัดขนาดรอยซึมลึกของแนวเชื่อม (Macro test) และการทดสอบสภาวะการกัดกร่อนด้วยเกลือ (Salt spray test) เป็นต้น

เครื่อง Laser scan เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บภาพหรือรายละเอียดจากวัตถุ โดยทำการสแกน หรือเก็บข้อมูล จากนั้นจะถูกส่งจากเครื่องสแกนเนอร์เข้าไปสู่คอมพิวเตอร์ในลักษณะจุดในพิกัด 3 มิติ เพื่อนำไปคำนวณผล โดยการสแกนเนอร์เลเซอร์ 3 มิติ ทำงานโดยเครื่องจะยิงเลเซอร์ออกจากเครื่อง และรอเลเซอร์สะท้อนจากวัตถุกลับเข้าไปสแกนเนอร์ และทำการวัดระยะเวลาในการเดินทางของเลเซอร์ เพื่อคำนวณหาระยะทางของตำแหน่งเทียบกับวัตถุ โดยในกรณีศึกษาได้การกำหนดการตรวจวัดชิ้นงานด้วยเครื่อง LASER SCAN เป็นสถานีทำงานในห้องปฏิบัติการ

เครื่อง CMM เป็นเครื่องมือตรวจวัดที่มีความละเอียดสูงระดับไมครอน สามารถวัดชิ้นงานได้หลากหลาย เครื่องมือวัด เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติที่กำหนด (Prescribed property) กับตัวแปรทางฟิสิกส์แล้วแปรผลความสัมพันธ์ [18] โดยในกรณีศึกษาได้การกำหนดการตรวจวัดชิ้นงานด้วยเครื่อง CMM เป็นสถานีทำงานในห้องปฏิบัติการ

จิ๊ก (Jig) เป็นเครื่องมือพิเศษที่สร้างขึ้นมาเพื่อช่วยในการกำหนดตำแหน่ง จับยึดชิ้นงานและยังเป็นตัวนำทางเครื่องมือ โดยปกติแล้วจิ๊กจะมีปลอกนำทางซึ่งอัดติดแน่นอยู่เสมอ ปลอกนำทางนี้จะทำด้วยเหล็กพิเศษที่ผ่านการชุบแข็งมาแล้ว และเป็นตัวที่ใช้สำหรับนำทางในการเจาะรูของดอกสว่านหรือนำทางเครื่องมือตัดอื่นๆ [19] ส่วนในกรณีศึกษาโดยส่วนมากนำมาใช้จับยึดชิ้นงานเพื่อการประกอบผลิตภัณฑ์

การวัด (Measurement) เป็นกระบวนการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณของค่าที่ต้องการวัด (Measure value) และค่าอ้างอิง (Reference value) ที่กำหนดไว้ ซึ่งทำให้ได้ผลลัพธ์ (Result value) ที่ได้จากการเปรียบเทียบในรูปตัวแปรที่แท้จริงที่ต้องการทราบค่า โดยการวัดเป็นปฏิบัติการทางเทคนิค ที่ต้องปฏิบัติตามวิธีที่กำหนดขั้นตอนไว้แล้ว เพื่อการเปรียบเทียบกันระหว่างปริมาณที่ถูกวัดกับปริมาณมาตรฐาน ซึ่งเป็นตัวแทนของหน่วยวัด หมายถึง เครื่องมือสำหรับการวัดและเครื่องมือที่ใช้วัดจะขึ้นอยู่กับระดับความถูกต้องแม่นยำที่ต้องการ รวมทั้งความรู้ความชำนาญและวิธีการในระบบการวัดของผู้ทำการวัดประกอบกัน ถึงแม้ผู้ทำการวัดจะมีความสามารถเพียงใดก็ไม่สามารถทำให้เกิดความถูกต้องของการวัดได้ตามต้องการ ถ้าเครื่องมือที่ใช้ในการวัดไม่สามารถสอบกลับความถูกต้องไปสู่มาตรฐานการวัดแห่งชาติได้ ดังนั้นการยืนยันความสามารถในการสอบกลับได้ ผลการวัดต้องอาศัยการยืนยันจากใบรับรอง หรือรายงานผลการสอบเทียบที่ออกให้โดยห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่ได้รับรองความสามารถตาม ISO/IEC 17025 หรือจากสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งชาติเท่านั้น [20]

การสอบเทียบ (Calibration) คือ ชุดของการดำเนินการเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ชี้บอกโดยเครื่องมือวัด หรือระบบการวัด หรือค่าที่แสดงโดยเครื่องมือวัดที่เป็นวัสดุกับค่าสมนัยที่รู้ของปริมาณที่วัดภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด โดยการสอบเทียบ หมายถึง การตัดสินใจและทำเอกสารแสดงความเบี่ยงเบนของค่าชี้บ่งของเครื่องมือวัดหรือค่าที่ระบุของวัสดุวัดจากค่าจริงที่ยอมรับได้ (Conventional true value) ของปริมาณที่ถูกวัด ค่าจริงที่ยอมรับได้คือ ค่าจริงที่มีความไม่แน่นอนของการวัดที่เหมาะสมกับการใช้งานซึ่งในที่นี้คือ ค่ามาตรฐานที่สามารถสอบกลับได้สู่มาตรฐานแห่งชาติ หรือมาตรฐานระหว่างชาติ [14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาลักษณะการทำงานของห้องปฏิบัติการเป็นหน่วยงานที่ดำเนินการทดสอบตัวอย่างใช้วิธีที่เป็นมาตรฐาน โดยวิธีการดำเนินงานของห้องปฏิบัติการสามารถเทียบเคียงได้กับกระบวนการผลิต กล่าวคือ มีชิ้นงานที่รับเข้าสู่ระบบเพื่อผ่านกระบวนการต่างๆ และมีข้อมูลที่ส่งออกจากระบบ ซึ่งการดำเนินงานนั้นต้องอาศัยความน่าเชื่อถือและได้รับมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล และมีความสัมพันธ์กับผู้ปฏิบัติงานที่เป็นผู้มีบทบาทสำคัญในการวางแผน จัดการให้เป็นระบบและแสดงถึงความสามารถของห้องปฏิบัติการ จากปัญหาในด้านการวางแผนกำลังพลให้เหมาะสมกับภาระงานของห้องปฏิบัติการที่เพิ่มขึ้นของโรงงานกรณีศึกษานำไปสู่การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนกำลังพลโดยส่วนใหญ่ใช้การจัดสมดุลด้วยหลักการ ECRS ซึ่งอธิบายในหัวข้อที่ 2.2

2.2 หลักการจัดสมดุลและหลักการ ECRS

2.2.1 การจัดสมดุล

เป็นการจัดกลุ่มงานเพื่อให้เกิดความสมดุลในการดำเนินการทั้งนี้ต้องให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยวิธีที่เลือกใช้โดยมากแล้วจะมีด้วยกันหลายวิธี เช่น วิธีฮิวริสติก (Heuristic) คือใช้สามัญสำนึก (Common sense) มากกว่าที่จะพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นจึงไม่อาจรับรองได้ว่าคำตอบที่ได้นั้นจะเป็นค่าเหมาะสมที่สุด วิธีการเหล่านี้ได้แก่ กฎเกณฑ์การกำหนดตำแหน่งโดยใช้ค่าสูงสุด (Largest-Candidate Rule) วิธีการกิลบริดจ์และเวสเตอร์ (Kilbridge and Wester's Mehod) และวิธีการที่ใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Ranked Positional Weights Method) โดยวิธีที่ดีที่สุดต้องให้ค่าประสิทธิภาพสูงสุดหรือมีค่าการสูญเสียหรือมีค่าการสูญเสียสมดุลต่ำ ซึ่งในอดีตการจัดสมดุลใช้ในสายการประกอบที่การผลิตจำนวนมาก แต่ในปัจจุบันเนื่องด้วยเทคโนโลยีและอุปกรณ์ที่ทันสมัยจึงทำให้การจัดสมดุลสายการประกอบสามารถนำมาใช้กับการผลิตที่มุ่งเน้นผู้บริโภค (Mass Customization) ได้ง่ายขึ้น [26]

ปัญหาเรื่องการสมดุลจะขึ้นอยู่กับกระบวนการของแต่ละสถานี ซึ่งจะต้องทำให้เวลาในแต่ละสถานีเท่ากัน ๆ โดยการรวมเอาส่วนของงานต่าง ๆ เข้าด้วยกันเป็นสถานีงาน จึงจะทำให้ได้งานผลลัพธ์งานที่สม่ำเสมอ ในทางปฏิบัติเวลาที่ใช้ในแต่ละสถานีมักจะแตกต่างกัน ดังนั้นเวลาที่ใช้เป็นตัวกำหนดอัตราของผลลัพธ์จึงขึ้นอยู่กับสถานีที่ใช้เวลานานที่สุด [27]

2.2.2 หลักการ ECRS

เนื่องจากความสูญเปล่าเป็นสิ่งที่ไม่จำเป็น และไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ ดังนั้นนอกจากจะต้องมีการลดความสูญเปล่าลงเพื่อปรับปรุงคุณภาพและเพิ่มผลผลิตแล้ว ยังเป็นการลดต้นทุนที่เกิดขึ้นอีกด้วย โดยหลักทั่วไปในการปรับปรุงงานเพื่อลดความสูญเปล่าด้วยหลักการ ECRS มี 4 ประการดังนี้

2.2.2.1 การกำจัดขั้นตอนการทำงานที่ไม่จำเป็นออกไป (Eliminate) หรือ การปฏิบัติงานที่ไม่จำเป็น เช่น การสูญเปล่าของแรงงานหรือกำลังพล เวลา วัสดุ และเงินทุนที่นำมาใช้ในการดำเนินกิจการ เป็นต้น การพิจารณาขั้นตอนการทำงานเพื่อการกำจัดออกนั้นจะเริ่มโดยการพิจารณาว่า จะกำจัดขั้นตอนการทำงานได้หรือไม่โดยสามารถพิจารณาจากปัจจัย คือ งานขั้นตอนนี้อาจจะไม่มีความสำคัญอีกต่อไปงานขั้นตอนนี้อาจจะมีเพิ่มเพื่อความสะดวกสบาย ของพนักงานเท่านั้น งานขั้นตอนนี้อาจจะตัดออกได้ ถ้ามีการจัดลำดับขั้นตอนงานใหม่ งานขั้นตอนนี้อาจจะตัดออกได้ถ้ามีการใช้เครื่องมือที่ดีกว่าเดิม [28] โดยการกำจัดงานนั้นไม่ควรตัดงานออกทันทีควรจะทำการวิเคราะห์ผลได้ผลเสียทั้งทางตรงและทางอ้อม อันเกิดจากการตัดงานนั้นทิ้ง ว่าอาจก่อให้เกิดผลเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามมาหรือไม่ ปริมาณงานและจำนวนเงิน หรือผลตอบแทนที่ได้รับจากการตัดงานและวิธีการทำงานนั้นออกไปมีความคุ้มค่าเพียงใด ควรกระทำโดยการระดมความคิดของคณะทำงานที่ประกอบด้วยวิศวกร หัวหน้างาน หรือผู้ควบคุมงานที่ชำนาญงานร่วมกับพนักงาน ซึ่งจะช่วยชี้ให้เห็นถึงแง่มุมของความเป็นไปได้ในการขจัดงานและการลดต้นทุนในการทำงาน สิ่งสำคัญการขจัดงานคือต้องไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของงานโดยรวม ประโยชน์ของการขจัดงานที่ไม่จำเป็นออกไป คือ ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงวิธีการทำงาน ไม่เสียเวลาในขั้นตอนของการปรับปรุงวิธีการงาน การทดลองและการติดตั้งวิธีการทำงานใหม่ไม่จำเป็นต้องมีวิธีการฝึกหัดพนักงานสำหรับวิธีการทำงานใหม่ และปัญหาเรื่องคนงานคัดค้านมีน้อยกว่าการปรับเปลี่ยนวิธีการ รวมทั้งเป็นวิธีการปรับปรุงที่ง่ายที่สุด [29]

2.2.2.2 การรวมขั้นตอนการทำงานหลายส่วนเข้าด้วยกัน (Combine) ในขั้นตอนการผลิตถ้ามีการแบ่งขั้นตอนการผลิต หรือการปฏิบัติงานมากเกินไป จะทำให้ใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ การเคลื่อนย้ายวัสดุมากเกินความจำเป็น ก่อให้เกิดปัญหาอื่นตามมา ความไม่สมดุลของการผลิต การทำงานเกิดความล่าช้า เสียเวลา จึงจำเป็นต้องหาทางรวมขั้นตอนเข้าด้วยกัน โดยพิจารณาจากปัจจัยอันได้แก่ การออกแบบสถานที่ทำงานและเครื่องมือใหม่ การเปลี่ยนลำดับขั้นตอนการทำงาน การเปลี่ยนชนิดของวัตถุดิบหรือรายละเอียดของชิ้นส่วน และการเพิ่มทักษะให้แก่พนักงานผลิต [28] หลักการของการรวมงานจึงเกิดขึ้นเพื่อช่วยลดการทำงานและการเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็นให้น้อยลง ได้แก่ การรวมการเคลื่อนไหว เช่นการหยิบจับตั้งแต่ 2 ชิ้นเข้าด้วยกัน หรือการรวมกิจกรรมตั้งแต่ 2 ขั้นตอนเข้าด้วยกัน การรวมงานของสถานีงานตั้งแต่ 2 สถานีเข้าด้วยกัน และการรวมชิ้นส่วนเข้าด้วยกัน ถ้ามีการแบ่งขั้นตอนการผลิต หรือการปฏิบัติงานมากเกินไป จะทำให้ใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ การเคลื่อนย้ายวัสดุมากเกินความจำเป็น ก่อให้เกิดปัญหาอื่นตามมา ความไม่สมดุลของการผลิต การทำงานเกิดความล่าช้า เสียเวลา จึงจำเป็นต้องหาทางรวมขั้นตอนเข้าด้วยกัน เป็นต้น [29]

2.2.2.3 การจัดขั้นตอนการผลิตใหม่ (Rearrange) ในการผลิตสินค้าใหม่มักเริ่มต้นการผลิตด้วยจำนวนที่น้อยก่อนเพราะอยู่ในช่วงทดลองผลิต แต่เมื่อมีการขยายกำลังการผลิต ปริมาณการผลิตก็จะเพิ่มขึ้น หากขั้นตอนการปฏิบัติงาน ยังเหมือนเดิมมักเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาในเรื่องการเคลื่อนย้ายวัสดุ และการไหลของงานไม่สะดวก เพราะจำนวนผลิตเพิ่มขึ้นกว่าเดิมจึงต้องจัดลำดับขั้นตอนการทำงานใหม่ [28]

2.2.2.4 การปรับปรุงขั้นตอนการทำงานให้ง่ายขึ้น (Simplify) เป็นการปรับปรุงขั้นตอนการปฏิบัติงานให้ง่ายขึ้น มีประสิทธิภาพสูงกว่าเดิมโดยการออกแบบจิ๊ก (JIG) หรือ Fixture เข้าช่วยในการทำงานเพื่อให้การทำงานสะดวกและแม่นยำยิ่งขึ้น ซึ่งสามารถลดของเสียลงได้ จึงเป็นการลดการเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็นและลดการทำงานที่ไม่จำเป็น หรือในกรณีที่มีขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ยุ่งยากซับซ้อน หรือเข้าใจยาก ก็ต้องหาแนวทางให้ทำงานได้ง่ายขึ้น หรือหาแนวทางในการใช้เครื่องผ่อนแรง หรือเครื่องมือ เครื่องจักรที่ทันสมัย และสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยในการปรับปรุงขั้นตอนการปฏิบัติงานมีขั้นการพิจารณาจากปัจจัยอันได้แก่ การวางผังสถานที่ทำงานใหม่ การออกแบบอุปกรณ์เครื่องมือให้ดีขึ้น การฝึกพนักงาน การควบคุมการทำงานหรือการให้บริการอย่างดีและการแบ่งขั้นงานให้ย่อยลงถ้าจำเป็น [28] โดยการปรับขั้นตอนการทำงานให้ง่ายขึ้นควรเริ่มต้นจากศึกษาวิธีการทำงาน วัตถุดิบที่ใช้ เครื่องมือ สภาพแวดล้อมในการทำงาน การออกแบบผลิตภัณฑ์และการตั้งสมมติฐานว่างานที่ทำอยู่ปัจจุบันนั้นยังไม่สมบูรณ์เป็นการปรับปรุงขั้นตอนการปฏิบัติงานให้ง่ายขึ้น มีประสิทธิภาพสูงกว่าเดิมโดยการออกแบบจิ๊ก (JIG) หรือ ฟิกซ์เจอร์ Fixture เข้าช่วยในการทำงานเพื่อให้การทำงานสะดวกและแม่นยำยิ่งขึ้น ซึ่งสามารถลดของเสียลงได้ จึงเป็นการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลดการเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็นและลดการทำงานที่ไม่จำเป็น หรือในกรณีที่มีขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ยุ่งยากซับซ้อน ก็ต้องหาแนวทางให้ทำงานได้ง่ายขึ้น หรือหาแนวทางในการใช้เครื่องผ่อนแรง หรือเครื่องมือ เครื่องจักรที่ทันสมัย และสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยในการปรับปรุงขั้นตอนการปฏิบัติงานมีขั้นการพิจารณาจากปัจจัยอันได้แก่ การวางผังสถานที่ทำงานใหม่ การออกแบบอุปกรณ์เครื่องมือให้ดีขึ้น การฝึกพนักงาน การควบคุมการทำงาน การให้บริการอย่างดี และการแบ่งขั้นงานให้ย่อยลงถ้าจำเป็น [29]

กล่าวโดยสรุปหลักการจัดสมดุลและลดความสูญเปล่านั้นมีวัตถุประสงค์จัดงานเข้าไปในสถานีแล้วเกิดการว่างงานน้อยที่สุด เวลาที่ใช้ในแต่ละสถานีใกล้เคียงกันเพื่อให้เกิดความสมดุลตามหลักการ ECRS จากนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาถึงความสามารถในการปรับปรุงการทำงานและการเข้ามาของผู้รับบริการพบว่าเป็นสิ่งที่คาดเดาได้ยากจึงต้องหาเทคนิคเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์โดยไม่กระทบกับการทำงานปัจจุบัน ดังนั้นจึงได้ใช้เทคนิคการสร้างแบบจำลองสถานการณ์เนื่องจากเป็นเทคนิคที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย เพื่อใช้ค้นหาผลลัพธ์แล้วจึงนำไปวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมดังแสดงในหัวข้อ 2.3

2.3 การจำลองสถานการณ์

2.3.1 การจำลองสถานการณ์

การจำลองสถานการณ์เป็นการสร้างกรอบความคิดสำหรับการวิเคราะห์ระบบที่ซับซ้อน โดยจะต้องมีการกำหนดเป้าหมายหรือความต้องการของระบบที่จะศึกษา เช่น การออกแบบเพื่อปรับปรุงหรือการวิเคราะห์ระบบ หรือลดค่าใช้จ่าย เป็นต้น และขั้นตอนต่อมาจึงทำการตรวจสอบความถูกต้องสมเหตุสมผล แล้วจึงทำการออกแบบการทดลองระบบที่สร้างขึ้นและการสังเกตพฤติกรรมของระบบด้วยหลักการสถิติ [30] โดยในปัจจุบันมีโปรแกรมการจำลองบนคอมพิวเตอร์ให้เลือกมากมาย [31] และได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องจากระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจึงทำให้การจำลองสถานการณ์สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้กับหลายหน่วยงาน เช่น แบบจำลองระบบคงคลังสินค้า แบบจำลองระบบการผลิตของอุตสาหกรรมโรงงาน การขนส่ง การเส้นทางการลำเลียงสินค้า หรือ แบบจำลองระบบงานบริการของธนาคารและโรงพยาบาล เป็นต้น [32] ดังนั้นการจำลองเป็นสิ่งที่บริษัทและโรงงานให้ความสนใจมากขึ้นนอกจากนี้ยังมีการทำงานที่แตกต่างไปจากเครื่องมือการหาค่าที่ดีที่สุด เพราะเน้นการวิเคราะห์ผลลัพธ์จากการรันแบบจำลองในการค้นหาคำตอบ เมื่อได้แบบจำลองที่สอดคล้องความจริงแล้วการทดลองเพื่อปรับค่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการปรับปรุงระบบก็จะทำได้ง่าย และนำไปสู่การประยุกต์ใช้จริงต่อไป การจำลองมีทั้งข้อดีและข้อเสีย [31] ดังนี้

2.3.2 ข้อดีและข้อเสียของแบบจำลองสถานการณ์

โดยข้อดีของการใช้แบบจำลองสถานการณ์มีดังนี้ [31]

2.3.2.1 ใช้ทดลองกับนโยบายใหม่ กระบวนการใหม่ การไหลของกระบวนการขั้นตอนในการบริหารองค์กร และอื่นๆ ได้ง่ายโดยไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบจริง

2.3.2.2 ใช้ทดสอบการออกแบบเครื่องมือ แผนผังโรงงาน และระบบการขนส่ง เพื่อหาของผลลัพธ์การออกแบบใหม่ก่อนจัดสรรกำลังพลหรือเครื่องมือเพิ่มเติมให้กับระบบที่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงจากการลงทุนที่ไม่คุ้มค่าและไม่จำเป็นต้องซื้ออุปกรณ์เครื่องมือมาใช้กับระบบจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.3 ใช้ทดสอบสมมติฐานได้ง่าย เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ของระบบ

2.3.2.4 ใช้เพื่อขยายขอบเขตเวลาของแบบจำลองได้ง่าย

2.3.2.5 ช่วยให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและปัจจัยได้ เข้าใจระหว่างปัจจัยหรือและความสำคัญของตัวแปรปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบ

2.3.2.6 วิเคราะห์หาจุดคับคั่งของงาน หรือคอขวดในสายการผลิต ระบบการขนส่งสินค้าและอื่น ๆ โดยวิเคราะห์จากข้อมูลของชิ้นงานที่กำลังผลิตอยู่ จำนวนในแถวคอย และเวลาในการรอคอย

2.3.2.7 ใช้แบบจำลองสถานการณ์กับระบบที่มีความซับซ้อน และไม่สามารถหาความสัมพันธ์โดยการเขียนสมการทางคณิตศาสตร์ หรือสูตรคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ได้

2.3.2.8 ใช้สร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อพยากรณ์ระบบได้ โดยอาศัยเวลาอันสั้นในการประมวลผลลัพธ์ของแบบจำลอง

2.3.2.9 ใช้กับการทดลองกับระบบจริง ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการวัดประสิทธิภาพการทำงานของคนอาจคลาดเคลื่อน หรือการการทดลองกับระบบจริงอาจยุ่งยากในการควบคุมเงื่อนไข

2.3.2.10 ใช้แบบจำลองสถานการณ์แทนการทดลองกับระบบจริงที่อาจต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายสูงมาก

2.4.2.11 มีความสะดวกรวดเร็วต่อการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองปัญหาเพื่อกำหนดแนวทางเลือกสำหรับเปรียบเทียบหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในการใช้งาน

2.3.2.12 ช่วยประหยัดเวลาในการวิเคราะห์เพราะสามารถควบคุมเวลาโดยใช้โปรแกรมการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เป็นตัวช่วยในการวิเคราะห์แทน หากทดลองกับระบบจริงอาจใช้เวลาในการวิเคราะห์นาน

ข้อเสียของการใช้แบบจำลองสถานการณ์ [32]

2.3.2.13 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ จำเป็นต้องใช้ผู้มีความรู้ด้านการใช้โปรแกรมสร้างแบบจำลองและผู้สร้างต้องมีพื้นฐานทางสถิติ เพื่อสามารถวิเคราะห์และนำผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองไปปรับปรุงต่อไป โดยผู้วิเคราะห์จะต้องมีความเข้าใจในระบบเป็นอย่างดี และมีการเก็บข้อมูลทางสถิติในอดีตอย่างถูกต้อง จะทำให้แบบจำลองนั้นมีความใกล้เคียงกับระบบจริง

2.3.2.14 เนื่องจากแบบจำลองสถานการณ์ ผู้สร้างแบบจำลองเป็นผู้สร้างทางเลือกให้กับระบบ ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ อาจไม่ใช่ผลลัพธ์ที่บ่งบอกถึงทางเลือกที่ดีที่สุดให้กับระบบ

2.3.2.15 ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์ ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์นั้นมักจะเป็นค่าประมาณโดยการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์นั้นเป็นวิธีการสำหรับการศึกษาความหลากหลายของรูปแบบของระบบดังที่กล่าวมาข้างต้นนั้น กระทำโดยการประเมินผลเชิงตัวเลขโดยใช้ซอฟต์แวร์ที่ออกแบบมาเพื่อเลียนแบบการดำเนินงานของระบบหรือลักษณะที่มักจะระบุช่วงเวลา รูปแบบการจำลองสถานการณ์ในทางปฏิบัติเป็นกระบวนการของการออกแบบและการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของระบบจริงหรือรูปแบบเสนอขึ้นมีวัตถุประสงค์เพื่อการดำเนินการทดลองเชิงตัวเลข หรือเพื่อให้เรามีความเข้าใจการทำงานของระบบจริง หรือแบบจำลองสถานการณ์ที่กำหนดเงื่อนไขขึ้นมานั้นดีขึ้น อีกทั้งสามารถนำมาใช้เพื่อการศึกษาระบบที่ซับซ้อนได้ดีอีกด้วย [33]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับนิยามคำว่าระบบ คือ กลุ่มของส่วนประกอบหรือวัตถุในระบบที่สนใจ (Entity) คุณสมบัติ (Attribute) กิจกรรม (Activity) ที่เกิดในช่วงเวลาใดๆ (Event) และส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของสถานะตัวแปร (State Variable) ซึ่งบ่งชี้สถานะของระบบ [33] [34] ซึ่งแบบจำลองสถานการณ์นั้นนิยมใช้เมื่อต้องการปรับปรุงก่อนดำเนินการจริง เช่น การเพิ่มจำนวนเครื่องจักรเข้าไปในจุดคอขวด (bottleneck) จะใช้แบบจำลองช่วยในการหาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมก่อนการลงทุน หรือเมื่อต้องการเพิ่มทางเลือกให้กับระบบการปรับผังโรงงาน จะใช้แบบจำลองช่วยในการวางผังโรงงานทางเลือกหลายๆ แบบเพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นในแต่ผังโรงงานเพื่อเลือกผังโรงงานแบบที่เหมาะสมที่สุด หรืออาจต้องการเปลี่ยนวิธีการทำงาน แบบจำลองสถานการณ์จะใช้ชี้วัดประสิทธิภาพของวิธีการทำงานแบบเก่าและแบบใหม่ และเมื่อต้องการออกแบบระบบขึ้นมาใหม่ จะใช้แบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับระบบ เพราะการสร้างแบบจำลองสถานการณ์จะทำให้เข้าใจระบบได้มากขึ้น [37] โดยการแบ่งประเภทของการจำลองสถานการณ์นั้น หากเป็นแบบจำลองที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขการจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่องคือ การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ (Agent-Based Simulation: ABS) และการจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Event Simulation: DES) โดยที่ DES เป็นตัวแทนของระบบที่ขึ้นกับชุดของลำดับเหตุการณ์โดยที่แต่ละเหตุการณ์ได้เปลี่ยนสถานะของระบบในลำดับเวลาที่ไม่ต่อเนื่อง ส่วนแบบจำลอง ABS จะประกอบด้วยจำนวนของตัวกระทำที่เป็นอิสระ การรวมกันของตัวกระทำตอบสนองและโต้ตอบการประสานงานและการเจรจาต่อรองในกลุ่มตัวกระทำเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ การปรากฏขึ้นของวิธีการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำเป็นอีกเครื่องมือหนึ่ง ที่ช่วยให้ผลลัพธ์ของการจำลองสถานการณ์ที่ดีขึ้นเมื่อมีการสร้างแบบจำลองที่มีการทำงานร่วมกัน หรือการสร้างแบบจำลองพฤติกรรมของมนุษย์ System Dynamic Simulation (SDS) เป็นการจำลองสถานการณ์ชนิดต่อเนื่อง โดยแบบจำลองของ SDS เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ในแง่ความจริงโดยใช้แผนภาพการจัดเก็บและการไหล แผนภาพเหตุและผล และสมการเชิงอนุพันธ์ [35] โดยส่วนใหญ่ของการจำลองสถานการณ์ในปัจจุบันโดยทั่วไปนิยมใช้กรอบความคิดตามแบบการจำลองเหตุการณ์ไม่ต่อเนื่อง (DES) ซึ่งกรอบความคิดนี้มีประสิทธิภาพมากและใช้กันอย่างแพร่หลาย [30] โดยที่ Discrete-event simulation คือ ระบบของการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง โดยการจำลองแบบไม่ต่อเนื่องและขับเคลื่อนด้วยเหตุการณ์ โดยสถานะของระบบเปลี่ยนแปลงไปตามการเกิดขึ้นของเหตุการณ์ไม่ต่อเนื่องที่เกิดขึ้นไม่พร้อมกัน โดยที่การเปลี่ยนค่าสถานะจะเปลี่ยนไปอย่างทันทีทันใด ณ จุดต่างๆ ของเวลาตามเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น หรือ สถานะระบบเปลี่ยนแปลง ณ หน่วยเวลาที่สามารถนับได้เท่านั้น เมื่อเก็บบันทึกค่าตัวแปรสถานะต่าง ๆ และนำมาวิเคราะห์ทางสถิติจะทำให้ทราบพฤติกรรมที่สนใจของระบบที่สนใจของระบบที่ศึกษาได้ อีกทั้งเป็นการจำลองสถานการณ์ที่อาศัยการเกิดเหตุการณ์ที่เฉพาะเจาะจง เพื่อดำเนินกิจกรรมการจำลองสถานการณ์โดยการเปลี่ยนสถานะจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่งเมื่อเวลาผ่านไป โดยที่รูปแบบการทำงานได้ถูกกำหนดไว้ในแบบจำลองสถานการณ์ที่เกิดจากลำดับของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแบบจำลอง เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทันทีเป็นผลมาจากหลายสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงหรือการเปลี่ยนสถานะภายในระบบ สถานะของระบบถูกกำหนดด้วยตัวแปรหนึ่งตัวหรือมากกว่าที่ใช้อธิบายระบบได้อย่างสมบูรณ์ในช่วงเวลาใดๆ ซึ่งตัวแปรนี้ถูกเรียกว่า ตัวแปรสถานะ (State variable) โดยในที่นี้ระบบจะอ้างถึงกลุ่มของวัตถุทั้งหมดพร้อมทั้งความสัมพันธ์กับสิ่งอื่นที่อยู่ในกระบวนการจำลองสถานการณ์ ตัวอย่างของระบบของการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่องจะมีลักษณะที่คล้ายกับการดำเนินงานของสัญญาณไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จราจรที่ควบคุมการเคลื่อนตัวของยานพาหนะและคนเดินเท้าบริเวณทางแยกของถนน การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการนี้เป็นวิธีการทางเลือกที่มีความเหมาะสมสำหรับพัฒนาโครงสร้างการจำลองสถานการณ์ เช่น ระบบสัญญาณไฟจราจร สัญญาณไฟสามารถแสดงหนึ่งในสามสถานะคือ สีแดง สีเหลือง หรือสีเขียว โดยที่จะมีตัวแปรสถานะ คือ สีของหลอดไฟ ที่ถูกเลือกให้เป็นตัวกำหนดสถานะของระบบ ค่าของตัวแปรที่เวลาต่าง ๆ จะเป็นตัวอธิบายเงื่อนไขของหลอดไฟได้อย่างสมบูรณ์ เหตุการณ์ที่เป็นสาเหตุในการเปลี่ยนสถานะของหลอดไฟ (เช่น การเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง) อาจรวมไปถึงการอนุญาตให้มีการผ่านได้ในบางช่วงเวลาหรือการตรวจจับยานพาหนะจากกล่องควบคุมภายนอก เช่น กล้องหรือขดลวดแม่เหล็ก เป็นต้น มีผลให้สถานะของสัญญาณไฟจราจรในการจำลองสถานการณ์จะเปลี่ยนสถานะเมื่อหนึ่งในเหตุการณ์เหล่านี้เกิดขึ้น สิ่งนี้แสดงให้เห็นถึงเหตุการณ์ไม่ต่อเนื่องที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในสถานะของสัญญาณไฟในการจำลองสถานการณ์ [31] ส่วนในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองนั้นเป็นกิจกรรมที่มีความซับซ้อนที่รวมศิลปะและวิทยาศาสตร์ แต่มีแนวคิดพื้นฐานที่สำคัญโดยสามารถแยกแยะขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองได้ต่อไปนี้ [30]

2.3.3 ขั้นตอนในการสร้างการจำลองสถานการณ์ สามารถทำได้ดังนี้

2.3.3.1 การวิเคราะห์ปัญหาจากข้อมูลที่เก็บรวบรวมเบื้องต้น เป็นขั้นตอนเริ่มต้นการสร้างแบบจำลองที่ความต้องการเพื่อวิเคราะห์ปัญหาโดยการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของระบบ ซึ่งการสร้างนั้นมุ่งเน้นจะแก้ปัญหาที่รับมาจากระบบนั้นมาเป็นต้นแบบของแบบจำลองปัญหาหรือเพื่อความสะดวกในการแก้ปัญหา จะต้องรวบรวมข้อมูลมาใช้แก้ปัญหาและแสดงออกมาเป็นส่วนโครงสร้างเริ่มแรก โดยที่การวิเคราะห์ปัญหานี้จะรวมถึงการระบุป้อนพารามิเตอร์สนใจ ต้องการวัดผลการปฏิบัติงาน มีความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ และตัวแปรกฎเกณฑ์การดำเนินงานของส่วนประกอบของระบบด้วย เพื่อให้ข้อมูลที่ได้นั้นมาใช้เป็นตัวแทนแล้วจึงใช้แผนภาพลำดับขั้น ของการเล่าเรื่องหรือวิธีที่สะดวกอื่น ๆ ของการเป็นตัวแทนในลำดับต่อมา เมื่อข้อมูลถูกรวบรวมเพียงพอแล้วจะมีผลทำให้ระบบดังกล่าวนั้นสามารถวิเคราะห์และแก้ปัญหาได้ [30]

2.3.3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นส่วนสำหรับการประเมินรูปแบบการป้อนพารามิเตอร์ซึ่งสามารถกำหนดสมมติฐานในการกระจายของตัวแปรสุ่มในโมเดล หากมีข้อมูลที่ยังขาดก็ยังสามารถที่จะกำหนดช่วงพารามิเตอร์และการจำลองรูปแบบในช่วงความเป็นไปได้ทั้งหมดหรือบางส่วนของการป้อนพารามิเตอร์นั้นเพิ่มเติมได้ โดยที่การเก็บรวบรวมข้อมูลนั้นจำเป็นต้องทำการการตรวจสอบรูปแบบ เนื่องจากข้อมูลการเก็บรวบรวมนั้นเป็นส่วนสำคัญที่สัมพันธ์เกี่ยวข้องกับสถิติของข้อมูลที่ออกจากระบบซึ่งจะเทียบกับรูปแบบของการคาดการณ์ [30]

2.3.3.3 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ เมื่อทำการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้เพียงพอแล้ว นักวิเคราะห์สามารถดำเนินการสร้างรูปแบบของโครงสร้าง และใช้ส่วนนั้นมาจัดทำเป็นโปรแกรมด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ทั่วไป เช่น C++, Visual Basic และ Fortran หรือ ภาษาพิเศษของการจำลอง เช่น Promodel GPSS และ Arena [30] โดยในงานวิจัยนี้ใช้การจำลองด้วย Arena ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สามารถสร้างแบบจำลองสถานการณ์จากบัญชีโมดูล (Module template) บนพื้นฐานของภาษา SIMAN ส่วนประกอบพื้นฐานที่สำคัญของโปรแกรม Arena คือโมดูลซึ่งสามารถเลือกใช้จากบัญชีแสดงกรรมวิธีต่างๆ (Template panels) เช่น Basic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

process templates , Advanced process templates และ Advance transfer templates เป็นต้น แล้วลากมาวางบน Flowchart view ของโปรแกรมเพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ แล้วเชื่อมโมดูลเข้าด้วยกัน (Connect) เพื่อระบุการไหลของส่วนประกอบหรือวัตถุในระบบที่สนใจ (Entity) ให้เป็นไปตามการทำงานหรือเงื่อนไขของระบบ [31] จากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์นั้น จำเป็นจะต้องมีการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองสถานการณ์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ เช่น ช่วงเวลาการมาถึงของลูกค้า ข้อมูลเวลาในการให้บริการ และจำนวนผู้ให้บริการ เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้เป็นที่มีค่าไม่แน่นอน เป็นข้อมูลที่อยู่ในรูปของการแจกแจง การวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าจึงมีความสำคัญกับแบบจำลองสถานการณ์ เพราะถ้าใส่รูปแบบการแจกแจงไม่ถูกต้องให้กับระบบ ผลลัพธ์ที่ได้จะไม่ถูกต้องตามไปด้วย ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์รูปแบบของการแจกแจง เช่น เครื่องมือ Input Analyzer เป็นต้น โดยเครื่องมือนี้เป็นเครื่องมือมาตรฐานของโปรแกรม Arena สามารถใช้ทดสอบค่าการแจกแจงของข้อมูลที่ป้อนเข้าไป หลังการประมวลผลจะแสดงรูปแบบการแจงของข้อมูล สามารถเรียกใช้งานได้ทาง Start >Program files>Rockwell software>Arena >Input analyzer การใช้ Input analyzer เพื่อทดสอบค่าการแจกแจงทำได้โดยนำข้อมูลที่ได้จากเก็บรวบรวม เช่น ช่วงเวลาการมาถึงของลูกค้า ข้อมูลเวลาในการให้บริการ และจำนวนผู้ให้บริการ เป็นต้น นั้นมาใส่ Notepad แล้วทำการบันทึกเพื่อเปลี่ยนนามสกุลเป็น .txt หรือ .dst แล้วทำการเรียกเครื่องมือ Input analyzer เข้าไปที่เมนู File > New แล้วทำการเข้าไปที่เมนู File> Data File>Use Exiting เรียกชื่อที่ใช้จัดเก็บไว้ขึ้นมา จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างแสดงแผนภูมิกราฟแท่งฮิทโทแกรมขึ้นมา จึงทำการนำกราฟแท่งที่ได้มาเปรียบเทียบกับรูปแบบการแจกแจงโดยเข้าเมนู FIT โดยโปรแกรม Arena สามารถแสดงการแจกแจงที่ให้ค่า Minimum sum square-error (ค่าต่ำสุดของผลรวมความผิดพลาดยกกำลังสอง) ให้กับข้อมูลที่ต้องการทดสอบได้ (โดยค่า sum square-error คือค่าผลรวมกำลังสองของความแตกต่าง ระหว่างค่าการแจกแจงความน่าจะเป็นที่กำหนดกับค่าประมาณความน่าจะเป็นที่วัดได้แต่ละช่วงกราฟฮิทโทแกรม) ซึ่งการพิจารณาการแจกแจงที่ได้นั้นเป็นค่าที่เหมาะสมของข้อมูล โดยทำการตรวจสอบ p-value จะต้องมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ (significance level) [32]

2.3.3.4 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบหรือเพื่อทำให้เกิดความแน่ใจเรื่องรูปแบบของแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นมานั้นมีความถูกต้อง โดยข้อแตกต่างกันนั้นจะถูกระบุไว้ในการตรวจสอบเพื่อให้เกิดความเชื่อถือในรูปแบบ ความเป็นไปได้ตามมีสิ่งที่ควรจะทำและข้อกำหนดของแบบจำลองสถานการณ์อย่างครบถ้วน ซึ่งส่วนใหญ่จะดำเนินการโดยการตรวจสอบส่วนประกอบย่อยด้วยการเปรียบเทียบกับข้อมูลจำเพาะและความแตกต่างใด ๆ ซึ่งอาจส่งผลกระทบโดยการปรับเปลี่ยนแบบจำลองสถานการณ์ การตรวจสอบความสมเหตุผลหรือความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์เป็นขั้นตอนที่อาศัยการปรับค่าที่ได้จากระบบจริงจนได้ค่าใกล้เคียงและยอมรับได้ทางสถิติเพื่อให้แบบจำลองมีความน่าเชื่อถือที่จะยอมรับได้ กระทำโดยเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ (Computer simulation model) กับแบบจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางความคิด (Conceptual model) โดยคำนึงถึงความถูกต้องของข้อมูลนำเข้าที่ถูกการป้อน และตรรกะของแบบจำลองตรงตามเงื่อนไขโดยเทคนิคที่สามารถนำมาใช้ในตรวจสอบความถูกต้องและแก้ไขข้อบกพร่องของแบบจำลองสถานการณ์จะกล่าวถึง 8 เทคนิคที่สำคัญซึ่งได้แก่

เทคนิคที่ 1 สำหรับตรวจสอบแบบจำลองสถานการณ์ ควรมีการตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องในระดับโมดูลหรือโมดูลย่อย เพื่อที่จะตรวจสอบว่าโมดูลย่อยของแบบจำลองที่มีปัญหาจะได้รับการแก้ไขและเมื่อนำไปรวมเข้ากับโมดูลอื่น ๆ ของแบบจำลองสถานการณ์แล้วจะไม่ก่อให้เกิดข้อบกพร่องแก่แบบจำลองสถานการณ์โดยรวม ในการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์นั้นควรเริ่มพัฒนาในระดับรายละเอียดของแบบจำลองสถานการณ์และในระดับปานกลางเพื่อง่ายต่อการตรวจสอบ โดยสามารถเพิ่มรายละเอียดหรือความซับซ้อนให้แก่แบบจำลองในภายหลังหากมีการตรวจสอบที่เป็นที่เรียบร้อย ควรป้องกันการใส่รายละเอียดในแบบจำลองที่มากเกินความจำเป็นด้วย

เทคนิคที่ 2 สำหรับตรวจสอบแบบจำลองสถานการณ์ที่มีขนาดใหญ่ ควรที่จะมีผู้วิจารณ์มากกว่าหนึ่งคน โดยทำการสร้างแบบจำลองซึ่งมีความคุ้นเคยกับแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้น ซึ่งอาจจะมองข้ามข้อบกพร่องบางอย่างไปได้

เทคนิคที่ 3 การรันแบบจำลองสถานการณ์ภายใต้ข้อกำหนดของปัจจัยนำเข้า (Input parameters) ที่มีความหลากหลาย และทำการตรวจสอบผลลัพธ์ (Output) ว่ามีความสมเหตุสมผลหรือไม่ ในบางกรณีอาจจะสร้างการวัดประสิทธิภาพอย่างง่ายขึ้นเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ

เทคนิคที่ 4 เทคนิคสำหรับการตรวจสอบข้อบกพร่องของการจำลองสถานการณ์คือ การติดตาม (Trace) การติดตามสถานะ (State) ของระบบจำลองสถานการณ์ เช่น รายละเอียดของเหตุการณ์ ตัวแปรสถานะ ข้อมูลทางสถิติ เป็นต้น โดยจะแสดงออกมาหลังจากเหตุการณ์ได้เกิดขึ้นและสามารถนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการคำนวณด้วยการพิจารณาในสิ่งที่สนใจ การติดตามสถานะของระบบควรมีการประเมินในทุกความเป็นไปได้และความสามารถของแบบจำลองสถานการณ์

เทคนิคที่ 5 ทำการรันแบบจำลองเมื่อมีความเป็นไปได้ภายใต้สมมติฐานที่สามารถเข้าใจได้ และรู้คุณลักษณะที่แท้จริงหรือสามารถที่จะคำนวณได้ง่าย

เทคนิคที่ 6 ใช้ภาพเคลื่อนไหว (Animation) ช่วยในการสังเกตผลลัพธ์ของการจำลองสถานการณ์ และช่วยในการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์

เทคนิคที่ 7 การคำนวณค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างของแต่ละการแจกแจงของข้อมูลนำเข้า และนำมาเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของระบบตามลำดับ ของข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมทางสถิติ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าข้อมูลที่ได้สร้างขึ้นจากการแจกแจงมีความถูกต้อง

เทคนิคที่ 8 ใช้ซอฟต์แวร์จำลองสถานการณ์ เพื่อลดจำนวนการเขียนโปรแกรมที่จำเป็นเอง แต่ต้องมีการดูแลมากขึ้นสำหรับซอฟต์แวร์ฉบับใหม่ที่ออกมาเพราะอาจจะมีข้อผิดพลาดติดมาด้วย โดยซอฟต์แวร์จำลองสถานการณ์ยังคงมีประสิทธิภาพในระดับสูง และต้องทำการตรวจสอบความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมเหตุสมผลของแบบจำลองสถานการณ์ เป็นสิ่งสำคัญมากสำหรับการสร้างความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง [30]

2.3.3.5 การตรวจสอบความสมเหตุสมผล ควรที่จะประเมินด้วยการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบของข้อมูลด้วยการวัดจากแบบจำลองที่สร้างขึ้นมานั้นเทียบกับระบบจริง โดยรูปแบบของแบบจำลองที่ความสมเหตุสมผลนั้น จะต้องใช้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการทำงานที่สำคัญมาเป็นตัวเปรียบเทียบ โดยที่สามารถทำนายพฤติกรรมในอนาคตได้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น โดยจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญซึ่งจะแสดงให้เห็นรูปแบบของแบบจำลองสถานการณ์ที่นำเสนอ และสำหรับวัตถุประสงค์ของแบบจำลองสถานการณ์และการปรับเปลี่ยนนั้นในทางปฏิบัติการตรวจสอบการตรวจสอบความถูกต้องและสมเหตุสมผลของโครงสร้างแบบจำลองนั้นจะต้องมีการปรับเปลี่ยนผ่านไปหลายรอบ (ทำการรันมากกว่า 1 รัน) อีกทั้งต้องเป็นการทดสอบความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมของแบบจำลองกับระบบงานจริง โดยนำมาเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์กับข้อมูลที่เก็บได้จากการสำรวจระบบงานจริงภายใต้เงื่อนไขหรือข้อจำกัดเดียวกัน การวิเคราะห์ทำได้โดยอาศัยเทคนิคทางสถิติ คือ

เทคนิคที่ 1 ทำการทดสอบสมมติฐานในการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองสถานการณ์กับระบบงานจริง

เทคนิคที่ 2 ทำการทดสอบสมมติฐานของลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลจากแบบจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบกับระบบงานจริง

เทคนิคที่ 3 ทำการพยากรณ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและพารามิเตอร์ในแบบจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบกับระบบงานจริง

เทคนิคที่ 4 การถามความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจในระบบการทำงานจะสามารถแนะนำหรือพยากรณ์พฤติกรรมของระบบได้เป็นอย่างดี [30]

หลังจากทำการสร้างแบบจำลองสถานการณ์และตรวจสอบความถูกต้องและสมเหตุสมผลของข้อมูลเรียบร้อยแล้วจึงทำการกำหนดรูปแบบการรันโดยสามารถแบ่งได้เป็น 2 ระบบคือ ระบบที่มีการสิ้นสุด (Terminating system) ซึ่งเป็นระบบที่มีการสิ้นสุดการรันที่แน่นอนด้วยเงื่อนไขหรือเวลาที่กำหนดสามารถทำการรันได้มากว่าหนึ่งครั้งขึ้นอยู่กับเวลาที่ระบบทำงาน เช่น ธนาคารเปิดเวลา 8.30-17.00 น. แสดงว่าระบบสิ้นสุดเมื่อธนาคารเปิดไปได้ 9 ชั่วโมง เป็นต้น [31] ส่วนระบบที่อยู่ในสภาวะคงตัว (Stead-State system) หรือการจำลองสถานการณ์แบบสภาวะคงตัว (Steady state simulation) เป็นการจำลองสถานการณ์ของระบบ Nonterminating system ซึ่งเป็นระบบที่ไม่มีจุดสิ้นสุด หรือเป็นระบบที่มีจุดสิ้นสุดนานมาก ระบบที่เข้าสู่สภาวะคงตัว เมื่อผ่านช่วงเวลาแกว่ง (warm-up period) เนื่องจากเมื่อเริ่มระบบในช่วงแรกอาจมีการแกว่งของข้อมูล ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานไม่เต็มที่ จึงไม่ควรนำผลช่วงแรกมาวิเคราะห์ เพราะอาจทำให้สรุปผิดพลาดได้ซึ่งระบบแบบนี้จะนิยมรันเพียงหนึ่งครั้ง (หรืออาจรันซ้ำยากก็ได้) เช่น ระบบการให้บริการโรงพยาบาล ระบบอินเทอร์เน็ตเปิด 24 ชั่วโมงเป็นต้น [32]

2.3.3.6 การออกแบบและสร้างการทดลองจำลอง เมื่อทำการวิเคราะห์แบบจำลองสถานการณ์ที่ถูกต้องและสมเหตุสมผลแล้ว จึงดำเนินการเรื่องการออกแบบชุดการทดลอง (Experimental design) หรือการออกแบบทางเลือก (Scenario) เพื่อประเมินผลการทำงานของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองสถานการณ์ และช่วยในการแก้ปัญหาเนื่องจากปัญหาส่วนมากนั้นต้องการตัดสินใจ โดยจะเลือกจำนวนข้อมูล ข้อมูลเชิงลึกในการทำงาน การวัดและประสิทธิภาพการทำงานของสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแต่ละสถานการณ์ของจำลองที่เพียงพอในทางสถิติที่จะนำมาใช้สร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อความน่าเชื่อถือให้กับแบบจำลองสถานการณ์ (อีกทั้งต้องรันการทำงานหลายครั้งภายใต้มาตรการความแตกต่างแต่ละสถานการณ์จำลอง โดยที่ทำงานหลายครั้งนั้นอาจมีการลำดับความแตกต่างของตัวเลขสุ่มและผลที่ได้จะต้องนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อลดความแปรปรวนทางสถิติ) [30]

2.3.3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ออกจากระบบ เป็นวิธีการประมาณค่าหรือวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้ออกมาจากระบบที่ศึกษาซึ่งได้จากการรันโดยใช้ตรรกะและสถิติ ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปเป็นส่วนที่ถูกระบุไว้ในการออกแบบการทดลอง หรือการออกแบบทางเลือก เพื่อใช้ในตรวจสอบและวิเคราะห์โดยจะทำการทดสอบด้วยการอนุมานทางสถิติเพื่อพิจารณาการออกแบบทางเลือกแต่ละทางเลือกกับการวัดประสิทธิภาพการทำงานที่ได้จากรันของโปรแกรมเพื่อประเมินหาทางเลือกที่ดีหรือเหมาะสมกว่าได้ [30] แบ่งเป็น 2 แบบ ได้แก่ การวิเคราะห์ผลลัพธ์ของระบบเดียว จะเป็นการตรวจสอบผลลัพธ์ของการรันแบบจำลองสถานการณ์เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบ หรือเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบทางเลือก โดยผลลัพธ์ที่ได้เป็นตัวเลขสุ่มที่เกิดจากข้อมูลนำเข้า ความแม่นยำของตัวประมาณค่าขึ้นอยู่กับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของตัวประมาณค่า หรือความกว้างของช่วงความเชื่อมั่น (confidence interval width) ส่วนเรื่องการวิเคราะห์ผลลัพธ์ระหว่างหลายระบบนั้น เมื่อแบบจำลองสถานการณ์ได้ถูกยืนยันความถูกต้องแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการพัฒนาระบบให้ดียิ่งขึ้น โดยมีวิธีเปรียบเทียบแบบจำลองสถานการณ์ และการออกแบบทางเลือกด้วยวิธีแบบปรับปรุงต่าง ๆ นั้นจะแบ่งเป็นการเปรียบเทียบแบบระหว่างสองวิธีด้วยวิธีการการทดสอบแบบจับคู่และวิธีการทดสอบสองกลุ่มตัวอย่าง และการเปรียบเทียบมากกว่าสองวิธีขึ้นไปด้วยการทดสอบแบบ Bonferroni Approach และ Selection the best โดยทุกวิธีอยู่บนพื้นฐานทางสถิติ [31]

2.3.3.8 การทำรายงานสรุปการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ออกจากระบบ โดยขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนในการกำหนดคำตอบของผลลัพธ์ที่เหมาะสม หรือชี้บ่งถึงผลลัพธ์ที่สมควรเป็นคำตอบของปัญหาของแบบจำลองต้นแบบที่สร้างขึ้นเพื่อการนำไปใช้จริง [30]

กล่าวโดยสรุป การสร้างแบบจำลองสามารถแบ่งได้เป็น 8 ขั้นตอน คือ การวิเคราะห์ปัญหาจากข้อมูลขั้นต้นจากนั้นจึงเก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นเพิ่มเติมและทดสอบการแจกแจง จึงสร้างแบบจำลองสถานการณ์แล้วทดสอบความถูกต้องสมเหตุสมผลแล้วจึงทำดำเนินการในการออกแบบชุดการทดลองหรือการออกแบบทางเลือก เพื่อประเมินผลของแบบจำลองและช่วยในการแก้ปัญหาแล้วทำการวิเคราะห์หรือประมาณค่าผลลัพธ์ที่ออกจากระบบด้วยวิธีทางสถิติ จากนั้นสรุปกำหนดผลลัพธ์ที่สมควรเป็นคำตอบของปัญหาของแบบจำลองต้นแบบที่สร้างขึ้นเพื่อการนำไปใช้จริง

จากการศึกษาลักษณะการทำงานของห้องปฏิบัติการ หลักการจัดสมดุลและหลักการ ECRS มีผลให้ผู้ทำวิจัยต้องศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนกำลังพลและการจำลองสถานการณ์ซึ่งอธิบายในหัวข้อที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีความสัมพันธ์กับปัญหาการวิจัยอีกทั้งยังส่วนสำคัญที่ช่วยให้เข้าใจแนวคิดพื้นฐานนำไปสู่การตั้งสมมติฐานและเลือกเทคนิคในการดำเนินการวิจัยอย่างเหมาะสม ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนกำลังพลและการจำลองสถานการณ์ดังนี้

Syed Masood (2006) ได้นำเสนอการศึกษาเกี่ยวกับการจัดสายสมดุลของสายการผลิตของชิ้นส่วนในโรงงานผลิตรถยนต์เพื่อลดเวลารวมและเพื่อเพิ่มค่าการใช้ประโยชน์ของเครื่องจักร ซึ่งการจัดสมดุลสายการผลิตนั้นใช้หลักการจัดลำดับการทำงานใหม่ในวิธีการปฏิบัติงานเดิม และในเครื่องมือเดิม มีวิธีการตรวจสอบผลด้วยการจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรม Simul8 ผลลัพธ์ของงานวิจัยคือสามารถลดเวลารวมเดิมจาก 293.9 วินาที เหลือ 200 วินาที หรือคิดเป็น 32% และสามารถเพิ่มค่าการใช้ประโยชน์ของเครื่องจักรขึ้นร้อยละ 65 ในทุกๆ สถานี โดยที่สถานีที่มีอัตราของค่าการใช้ประโยชน์เพิ่มขึ้นสูงสุด คือ จากเดิมร้อยละ 48 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 95 และมีอัตราผลผลิตที่สูงขึ้น โดยการแก้ปัญหาด้วยการเปลี่ยนแปลงเครื่องมือ และการจัดลำดับใหม่ ซึ่งทำให้สายการผลิตมีความสมดุลมากขึ้น [7]

กัณศิริ กิตติภากร (2553) ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษาพบว่าเกิดสภาวะการว่างงานของพนักงานระหว่างกระบวนการผลิตในบางกระบวนการทั้งนี้เนื่องจากความไม่สมดุลของสายการผลิต จึงมีแนวคิดปรับปรุงการจัดกระบวนการผลิตของโรงงาน โดยใช้เทคนิคการจัดสายสมดุล และเทคนิคการปรับปรุงงาน การป้องกันความผิดพลาด แล้วใช้การจำลองสถานการณ์เพื่อให้สามารถคาดเดาการลดการสูญเสียและวิเคราะห์ค่าการใช้ประโยชน์ของเครื่องจักรและพนักงานได้ง่าย เนื่องจากมีความยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยนรูปแบบสายการผลิตโดยไม่จำเป็นต้องทำการปรับเปลี่ยนสายการผลิตจริง หลังจากปรับปรุงพบว่าสามารถลดจำนวนพนักงานจากเดิม 19 คนเหลือ 10 คนซึ่งมีผลให้อัตราผลผลิตด้านแรงงานเพิ่มขึ้นจากเดิม 111.76% และค่าเฉลี่ยการใช้ประโยชน์กำลังพลเพิ่มขึ้นจากเดิม 25.47% โดยไม่ทำให้ผลผลิตลดลง และสามารถรองรับปริมาณการผลิตที่อาจเพิ่มขึ้นจากเดิม 25% ได้อีก [8]

ยุทธณรงค์ จงจันทร์ และคณะ (2555) ได้ศึกษาการปรับปรุงกระบวนการผลิตติดตั้งดั้มพ์ในโรงงานกรณีศึกษา โดยการพยายามกำจัดและลดงานที่ไม่เกิดมูลค่า เช่น งานที่จุดคอขวด ความสูญเปล่าเนื่องจากการรอคอย การเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น งานเสีย และงานที่ต้องนำกลับมาซ่อมใหม่ เป็นต้น เพื่อลดต้นทุนการผลิต ปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากสายการผลิตที่ซับซ้อนและขาดความต่อเนื่อง โดยเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงานด้วยการใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพทั้ง 7 ชนิด สำหรับการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา การศึกษาการทำงาน การปรับปรุงผังโรงงานเทคนิค การจัดสมดุลสายการผลิต ด้วยหลักเกณฑ์ ECRS ผลการดำเนินงานวิจัยสามารถลดเวลารวมได้ 300 วินาที คิดเป็น 1.03% เมื่อเปรียบเทียบกับของเดิมสามารถลดต้นทุนจากซ่อมสี 122,304 บาท ลดต้นทุนการเปลี่ยนแบตเตอรี่ 179,240 บาท และลดต้นทุนการเปลี่ยนสายลมได้ 108,825 บาท และสามารถกำหนดมาตรฐานการทำงานให้พนักงานได้ [9]

Markus et al. (2014) ได้นำเสนอสายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสมของบริษัทรถยนต์ในเรื่องการจัดการด้านความผันแปรของกำลังการผลิตและการจัดสรรกำลังพลที่ต้องการความยืดหยุ่นของงานในแต่ละสถานีเพื่อตอบสนองความหลากหลายในรูปแบบการผลิต แล้วนำเอาการจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานการณ์ทางคอมพิวเตอร์มาช่วยในการคาดการณ์การปรับเปลี่ยนทางด้านแรงงานให้ยืดหยุ่นและตรวจสอบผลการสมดุล [10]

Zupan and Herakovic (2015) ได้นำเสนอกรณีศึกษาการจัดความเหมาะให้กับสายการผลิตโดยการจัดสายสมดุลและการจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่องจากสายการผลิตจริงที่มี 2 ผลิตภัณฑ์ซึ่งผลิตงานในสถานที่ผลิตเดียวกัน ก่อนทำการจัดสายสมดุลการผลิตได้ทำการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ให้ได้ผลลัพธ์มาเป็นข้อมูลเริ่มต้น แล้วดำเนินการตามหลักการการจัดสายสมดุลทางการผลิตเพื่อให้ได้แนวทางการปรับปรุงของสายการผลิตขึ้นมานำเสนอแล้วใช้การจำลองสถานการณ์เข้ามาช่วยแสดงให้เห็นผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่ชัดเจน โดยสามารถปรับปรุงความสามารถในการผลิตจาก 72 ชิ้นเป็น 302 ชิ้น ในการใช้ระยะเวลาการผลิตที่เท่ากัน [11]

กัลญารัตน์ หลวงมูล (2555) ได้ทำการศึกษาพัฒนาตัวแบบจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่องของห้องปฏิบัติการของคลินิก โดยศึกษาถึงการลดเวลารวมในระบบ เวลารอคอย เวลาในการเคลื่อนย้าย และค่าการใช้ประโยชน์ของพนักงาน โดยใช้วิธีการปรับปรุงกระบวนการโดยเปลี่ยนการวางผังโดยใช้แผนภูมิความสัมพันธ์ และปรับเปลี่ยนตำแหน่งของการทำงานของพนักงานแล้วพิจารณาการเรียงตำแหน่งที่มีผลทำให้เกิดระยะทางและเวลาที่สั้นที่สุดแล้วใช้การจำลองสถานการณ์มาช่วยคาดเดาผลลัพธ์การปรับเปลี่ยนพบว่าสามารถลดเวลารวมลงได้ร้อยละ 17.78 เวลาในการรอคอยลดลงร้อยละ 20.16 และเวลาในการเคลื่อนย้ายลดลงร้อยละ 68.53 [21]

Moreira et al. (2015) ได้ศึกษาสายการประกอบในโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตภัณฑ์ที่มีความแตกต่างกันในเรื่องของแรงงานคนและเครื่องจักร โดยการศึกษาครั้งนี้มีเป้าหมายที่จะมอบหมายงานให้กับคนจำนวนให้ได้งานเต็มจำนวน และนำเสนอการผสมกันระหว่างการปรับปรุงในสายการประกอบกับวิธีฮิวริสติกแสดงให้เห็นถึงงานที่มีคุณภาพด้วยเวลาที่ความรวดเร็วในการแก้ไขปัญหาในการหาค่าที่เหมาะสม และได้แสดงการคำนวณหาผลลัพธ์ที่ดีให้ทนทานต่อปัญหาที่เหมือนและคล้ายกัน [22]

Dombrowski and Ernst (2013) ได้ศึกษาถึงสภาพปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษาที่ลูกค้าต้องการสินค้ามากขึ้นและเวลาการจัดส่งที่สั้นลงอีกทั้งต้องการให้ราคาสินค้าที่ลดลง ดังนั้นการตอบสนองความต้องการที่มีหลากหลายรูปแบบมากขึ้นนี้ จึงต้องปรับปรุงการผลิตให้มีความยืดหยุ่นและมีความอัตโนมัติมากขึ้น โดยความสามารถในการปรับปรุงของโรงงานนั้นเป็นสิ่งที่คาดเดาได้ยาก ดังนั้นจึงมีแนวคิดแสดงให้เห็นถึงสถานการณ์ที่โดยใช้เทคนิควิธีการจำลองสถานการณ์เพื่อการวิเคราะห์และการจำลองเหตุการณ์ที่ไม่ต่อเนื่องเพื่อหารูปแบบของโรงงานที่มีเหมาะสมสำหรับความต้องการในอนาคต ด้วยการทำกรณีศึกษาทางเลือกการวางผังโรงงานและออกแบบการทดลองแล้วใช้การจำลองสถานการณ์เพื่อหาผลลัพธ์แต่ละทางเลือก แล้วจึงนำผลลัพธ์นั้นมาวิเคราะห์เพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด [23]

Mendes et al. (2005) ได้ศึกษาหารูปแบบความสมดุลของสายการประกอบของอุตสาหกรรมการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาสายการประกอบกล้องถ่ายภาพ เพื่อที่จะนำเสนอเพื่อสร้างความแตกต่างของการกำหนดค่าระดับของความต้องการที่แตกต่างในขั้นตอนแรกของการศึกษาขั้นตอนการแก้ปัญหาใช้วิธีการฮิวริสติกมาทำการกำหนดค่าทางเลือกที่สอดคล้องกับจำนวนขั้นต่ำของสถานีงานเพื่อให้เกิดความสมดุลภาระงานระหว่างภายในแต่ละสถานี ในขั้นตอนที่สองนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมอันได้แก่ เวลาเครื่องหยุดทำงาน เวลาในการซ่อมชิ้นงานเนื่องจากผลิตชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ได้คุณภาพและการทำงานซ้ำซ้อน มากระทำการป้อนข้อมูลลงในการจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง เพื่อทำการวิเคราะห์ผลลัพธ์ของแต่ละทางเลือกที่นำเสนอขึ้น [24]

Walter Mayrhufer et al. (2013) ได้ศึกษาการวางแผนกำลังพลในกระบวนการผลิตที่ซับซ้อนด้วยการใช้ข้อมูลจริงในอุตสาหกรรมการประกอบรถยนต์เพื่อการพาณิชย์ โดยใช้โปรแกรมการจำลองสถานการณ์มาช่วยแก้ปัญหาและช่วยให้การคาดการณ์ของกำลังพลที่จำเป็นและแรงงานเพิ่มเติมชั่วคราวสำหรับทุกรอบในสายการผลิต ลำดับแรกทำการเก็บรวบรวมกระบวนการทำงาน เวลาที่ใช้ในแต่ละกระบวนการมาทำการคำนวณภาระงานสะสม กำหนดแบบจำลองกระบวนการผลิต และการรวบรวมไดอะแกรมและแผนภูมิสำหรับการวิเคราะห์ผลของความแตกต่างของการทำงานแล้วทำการออกแบบทางเลือกโดยการจัดสมดุลและมอบหมายงาน แล้วใช้การจำลองสถานการณ์มาช่วยหาผลลัพธ์เวลาที่ใช้ในการทำงานและการใช้ประโยชน์ของกำลังพล ขั้นตอนสุดท้ายจึงทำการวิเคราะห์ผลลัพธ์ [25]

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปได้ว่า การวางแผนกำลังพลโดยส่วนใหญ่ใช้การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation) เพื่อปรับปรุงการทำงาน วางแผนกำลังพล โดยใช้ค่าการใช้ประโยชน์กำลังพลจากการจำลองสถานการณ์เพื่อหาผลลัพธ์แต่ละทางเลือก แล้วจึงนำผลลัพธ์นั้นมาวิเคราะห์เพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด และพบว่ามีการประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์ร่วมกับหลักการอื่นๆ เช่น ฮิวริสติก และหลักการ ECRS เป็นต้น ในการจัดสมดุลและวางแผนกำลังพลเพื่อการแก้ไขปัญหาในการหาค่าที่เหมาะสมผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาการจัดสมดุลและวางแผนกำลังพลในห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษาโดยสร้างแบบจำลองสถานการณ์แล้วทำการออกแบบทางเลือกที่สอดคล้องกับค่าการใช้ประโยชน์กำลังพลในแต่ละสถานีงานด้วยหลักการ ECRS แล้วให้เกิดความสมดุลภาระงานระหว่างภายในแต่ละสถานี แล้วจึงหาผลลัพธ์มาวิเคราะห์เพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด

2.5 บทสรุปจากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาลักษณะการทำงานของห้องปฏิบัติการเป็นหน่วยงานที่ดำเนินการทดสอบตัวอย่างใช้วิธีที่เป็นมาตรฐาน การดำเนินงานนั้นต้องอาศัยความน่าเชื่อถือและได้รับมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล โดยวิธีการดำเนินงานของห้องปฏิบัติการสามารถเทียบเคียงได้กับกระบวนการผลิต และมีความสัมพันธ์กับผู้ปฏิบัติงานที่เป็นผู้มีบทบาทสำคัญในการวางแผน จัดการให้เป็นระบบ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนกำลังพลโดยส่วนใหญ่ใช้การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ เพื่อปรับปรุงการทำงาน วางแผนกำลังพล โดยใช้ค่าการใช้ประโยชน์กำลังพลจากการจำลองสถานการณ์เพื่อหาผลลัพธ์แต่ละทางเลือก และมีการประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์ร่วมกับหลักการอื่นๆ เช่น ฮิวริสติก และหลักการ ECRS เป็นต้น เพื่อการหาคำตอบที่เหมาะสม ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาการจัดสมดุลและวางแผนกำลังพลในห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษาสร้างแบบจำลองสถานการณ์แล้วทำการออกแบบทางเลือกที่สอดคล้องกับค่าการใช้ประโยชน์ของกำลังพลในแต่ละสถานีงานด้วยหลักการ ECRS โดยทำให้เกิดความสมดุลของภาระงานในแต่ละสถานี แล้วจึงหาผลลัพธ์มาวิเคราะห์เพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดสำหรับนำมาประยุกต์ใช้กับห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองสถานการณ์และออกแบบทางเลือกเพื่อปรับปรุงการวางแผนกำลังพลในฝ่ายควบคุมคุณภาพโดยใช้การจำลองสถานการณ์ คำตอบที่เหมาะสมนั้นมาจากผลลัพธ์ค่าการใช้ประโยชน์ของกำลังพล แล้วนำเอาผลลัพธ์นั้นมาประยุกต์ใช้กับห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษา โดยมีขั้นตอนการศึกษาแสดงดังแผนภาพกรอบแนวความคิด (รูปที่ 3.1) อธิบายได้ดังนี้

3.1 การศึกษากระบวนการทำงานและการให้บริการของห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพในโรงงานกรณีศึกษาในสภาพปัจจุบัน

3.2 การศึกษาปัญหาการวางแผนกำลังพลเนื่องจากภาระงานที่เพิ่มขึ้นโดยใช้กำลังพลชุดเดิม

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลส่วนของเวลาการมาถึงและรับบริการ เวลาที่ใช้ในการให้บริการ เวลาทำการ และจำนวนกำลังพลที่ให้บริการ

3.4 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ในปัจจุบัน

3.5 การตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลองสถานการณ์

3.6 การออกแบบทางเลือกและสร้างแบบจำลองเพื่อปรับปรุงการวางแผนกำลังพลให้เหมาะสมกับภาระงานโดยพิจารณาจากค่าการใช้ประโยชน์ของกำลังพล

3.7 การสรุปผลหาคำตอบที่เหมาะสมเพื่อประยุกต์ใช้กับห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.1 กรอบความคิดทางวิธีการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้นำเสนอการศึกษากระบวนการทำงานและการให้บริการที่ผู้วิจัยพบปัญหาด้านการวางแผนกำลังพล มีผลให้ต้องเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้เป็นปัจจัยนำเข้าสำหรับขั้นตอนการออกแบบและสร้างแบบจำลองสถานการณ์ จากนั้นจึงกระทำขั้นตอนการทดสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลองสถานการณ์ที่ยอมรับได้ทางสถิติ เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์นั้นมาวิเคราะห์นำไปสู่ขั้นตอนการออกแบบทางเลือกเพื่อปรับปรุงวางแผนกำลังพลให้เหมาะสมกับภาระงาน แล้วนำเอาการจำลองสถานการณ์มาช่วยในการคาดการณ์การปรับเปลี่ยนโดยพิจารณาจากค่าการใช้ประโยชน์กำลังพล แล้วสรุปผลหาคำตอบที่เหมาะสมเพื่อประยุกต์ใช้กับห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษาตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การศึกษากระบวนการทำงานและการให้บริการ

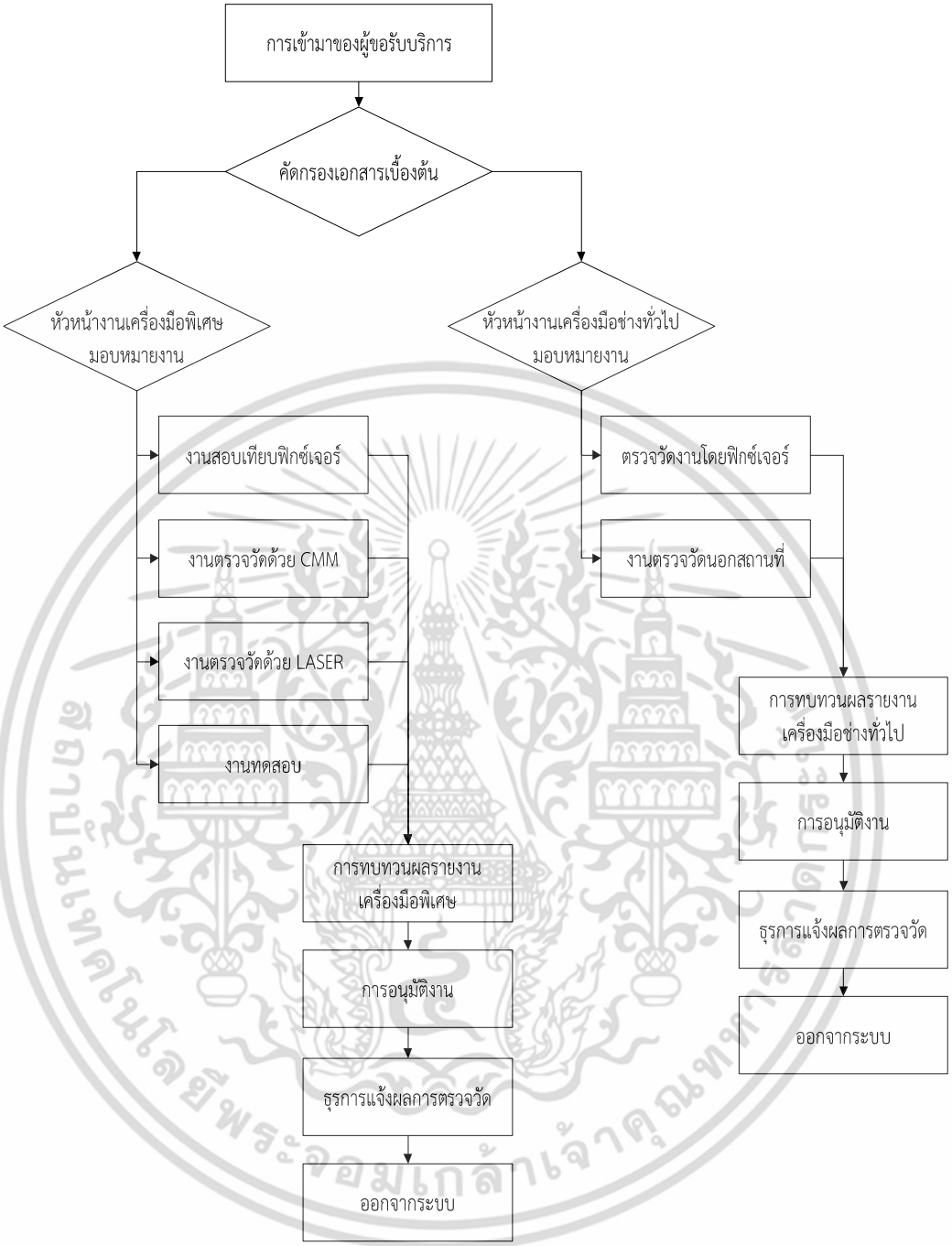
การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการทำงานและการให้บริการของห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพในโรงงานกรณีศึกษาในสภาพปัจจุบัน พบว่ามีการดำเนินงานแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนแรกให้บริการสอบเทียบเครื่องมือวัด ส่วนที่สองให้บริการทดสอบ และส่วนที่สามให้บริการตรวจวัด มีการควบคุมงานจากหัวหน้างานสองแผนกด้วยการแบ่งงานเป็นส่วนเครื่องมือพิเศษและเครื่องมือช่างทั่วไป มีงานให้บริการสถานีหลักที่สำคัญได้แก่

1) งานสอบเทียบ (Calibration)
2) การตรวจวัดด้วยเครื่อง CMM
3) งานตรวจวัดสแกนหรือเก็บข้อมูลด้วย Laser scan
4) งานทดสอบ
5) เครื่องมือช่างทั่วไปร่วมกับจิ๊กหรือฟิกซ์เจอร์สำหรับตรวจสอบ
6) งานบริการตรวจสอบชิ้นงานด้วยการตรวจสอบรูปลักษณะ ตรวจสอบการวัดขนาด หรือตรวจสอบอื่นๆตามการร้องขอภายนอกสถานที่

จากการเก็บรวบรวมรวมข้อมูลพบว่าการดำเนินงานโดยทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา โดยการทำงานแบ่งเป็น 2 กะ โดยทำงาน 24 ชั่วโมง และเป็นระบบการให้บริการแบบต่อเนื่อง ซึ่งรับงานได้เฉลี่ย 400 รายการต่อเดือน โดยมีบุคลากรผู้ปฏิบัติงานรวม 15 คน หัวหน้างาน 3 คน และเจ้าหน้าที่ธุรการ 2 คน และการเข้ามาของผู้ขอรับบริการไม่สามารถคาดเดาได้แน่นอนเนื่องจากมีการให้บริการในหน่วยงานทั้งภายในโรงงาน โรงงานในเครือ และรับบริการลูกค้าทั่วไป

การทำงานในห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษานั้นเป็นกระบวนการที่มีลักษณะการดำเนินงานซึ่งสามารถเทียบเคียงได้กับกระบวนการผลิตกล่าวคือ มีชิ้นงานที่รับเข้าสู่ระบบเพื่อผ่านกระบวนการต่างๆ และมีข้อมูลที่ส่งออกจากระบบ โดยกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในระบบของโรงงานกรณีศึกษากระบวนการเริ่มต้นจากการรับใบคำร้องขอตรวจวัด ทดสอบ และ สอบเทียบ (Services arrival) ส่งให้หัวหน้าส่วนงานห้องปฏิบัติการพิจารณาเบื้องต้น (Transection review) ขั้นตอนต่อไปหัวหน้าส่วนงานจะพิจารณาว่างานที่ได้รับมานั้นมีการระบุความต้องการและมีข้อมูลเฉพาะครบถ้วนแล้วตัดสินใจนำส่ง แก่หัวหน้างานเครื่องมือพิเศษ (Leader1) หรือ หัวหน้างานเครื่องมือช่างทั่วไป (Leader2) ด้วยสัดส่วนร้อยละ 31 และ 69 ตามลำดับ ขั้นต่อมาหัวหน้างานจะทำการพิจารณามอบหมายงานและจัดเตรียมข้อมูลส่วนที่เกี่ยวข้องให้แก่พนักงานผู้ปฏิบัติการ ได้แก่ งานสอบเทียบ (Calibration) งานตรวจวัดด้วยเครื่อง CMM งานตรวจวัดด้วย Laser scan และงานทดสอบ (Testing) ด้วยสัดส่วนร้อยละ 37, 23, 19 และ 21 ตามลำดับ ส่วนงานตรวจวัดด้วยฟิกซ์เจอร์ (Fixture) และงานตรวจสอบนอกสถานที่ (Outside) มีสัดส่วนร้อยละ 85 และ 15 ตามลำดับ จากนั้นพนักงานผู้ปฏิบัติการทำงานตามที่ได้รับมอบหมายจนได้รายงานผลการตรวจจะนำมาส่งให้แก่หัวหน้างานทบทวน (Reviewer) ซึ่งการทบทวนความถูกต้องการลงผลของข้อมูลการประเมินจะลงความคิดเห็นว่าผ่านหรือไม่ผ่านของพนักงานแล้วนำส่งให้ผู้จัดการอนุมัติ (Manager approval) ขั้นตอนสุดท้ายธุรการจะนำรายงานผลการตรวจส่งให้แก่ผู้ขอรับบริการ โดยการดำเนินการสามารถอธิบายดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 กระบวนการทำงานในปัจจุบันของห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพในโรงงาน

จากกระบวนการทำงานในปัจจุบันพบว่ามีสถานีการทำงานและให้บริการ 13 สถานี ได้แก่ คัดกรอกเอกสารเบื้องต้น หัวหน้างานเครื่องมือพิเศษมอบหมายงาน หัวหน้าเครื่องมือช่างทั่วไป มอบหมายงาน งานสอบเทียบฟิกซ์เจอร์ งานตรวจวัดด้วยCMM งานตรวจวัดด้วย Laser scan งานทดสอบ งานตรวจวัดด้วยฟิกซ์เจอร์ งานตรวจสอบนอกสถานที่ หัวหน้างานทบทวนรายงานเครื่องมือพิเศษ หัวหน้างานทบทวนรายงานเครื่องมือช่างทั่วไป ผู้จัดการอนุมัติ และ ธุรการแจ้งผลการตรวจวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่มีการใช้ผู้จัดการและธุรการร่วมกับส่วนอื่น จากนั้นเมื่อพิจารณาเรื่องปริมาณงานพบว่ามีปริมาณของงานรวมที่ระดับสูงขึ้น และแนวโน้มเพิ่มขึ้นตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2559 ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษาปัญหาการวางแผนกำลังพลดังหัวข้อ 3.2

3.2 การศึกษาปัญหาการวางแผนกำลังพล

การศึกษาปัญหาการวางแผนกำลังพลเนื่องจากภาระงานที่เพิ่มขึ้นโดยใช้กำลังพลชุดเดิมนั้น เหตุเพราะหลังการเปลี่ยนแปลงนโยบายมีปริมาณของงานรวมที่ระดับสูงขึ้น และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มสถานีงานบริการตรวจวัดนอกสถานที่ มีปริมาณงานรวมโดยเฉลี่ย 400 รายการต่อเดือน โดยใช้กำลังพลและเครื่องมือชุดเดิม ส่งผลให้เกิดปัญหาในด้านการวางแผนกำลังพลที่เหมาะสมกับภาระงานที่เพิ่มขึ้น และการเข้ามาของผู้รับบริการไม่สามารถคาดเดาได้แน่นอนเนื่องจากให้บริการแก่ภายในโรงงาน โรงงานในเครือ และรับบริการลูกค้าทั่วไปภายนอกโรงงาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการออกแบบและสร้างแบบจำลองสถานการณ์โดยมีกระบวนการในการออกแบบและสร้างแบบจำลองสถานการณ์สามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ปัจจัยนำเข้า (Input) การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Model) และ ผลลัพธ์ (Output) แสดงดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 กระบวนการจำลองสถานการณ์

จากรูปที่ 3.3 กระบวนการจำลองสถานการณ์ เริ่มจากนำเข้าข้อมูลมาใช้สร้างแบบจำลองสถานการณ์รวมถึงการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ โดยแบ่งออกเป็นข้อมูลนำเข้าซึ่งเก็บข้อมูลระยะเวลาแต่ละกระบวนการ และอัตราการเข้ามาของผู้ขอรับบริการแล้วนำมาสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมโดยในงานวิจัยนี้มีเป้าหมายที่จะมอบหมายงายให้กำลังพลทำงานได้สมดุลและเต็มจำนวนเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับระบบเดิม ซึ่งพิจารณาได้จากค่าการใช้ประโยชน์กำลังพล ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษาการเก็บข้อมูลส่วนปัจจัยนำเข้าแสดงดังหัวข้อที่ 3.3

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ศึกษาเกี่ยวกับการเก็บรวบรวมข้อมูลส่วนของอัตราการเข้ามาของผู้รับบริการ เวลาการมาถึงและรับบริการ เวลาที่ใช้ในการให้บริการ เวลาทำการ และจำนวนกำลังพลที่ให้บริการในแต่ละสถานี เพื่อใช้เป็นปัจจัยนำเข้าของกระบวนการจำลองสถานการณ์ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 ขอบเขตอัตราการเข้ามาของผู้รับบริการ

จากสภาพปัจจุบันการเข้ามาของผู้รับบริการ (Services Arrival) เริ่มนับจากผู้ขอรับบริการมาที่จุดส่งงานและกรอกข้อมูลใบร้องขอรับบริการส่งให้หัวหน้าส่วนบันทึกข้อมูลลงในระบบกระทำครั้งละ 1 งาน

3.3.2 ขอบเขตของข้อมูลเวลาในกระบวนการต่างๆ

จากสภาพทั่วไปของห้องปฏิบัติการของฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษา ผู้วิจัยกำหนดขอบเขตของเวลาการมาถึงและรับบริการ เวลาที่ใช้ในการให้บริการในกระบวนการต่างๆ เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งได้แก่ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการทำงานดังนี้

กระบวนการรับและพิจารณาความสามารถของห้องปฏิบัติการ (Transection review) โดยเริ่มนับตั้งแต่ผู้ขอรับบริการมาที่จุดส่งงานและส่วนข้อมูลใบร้องขอรับบริการกระทำโดยหัวหน้าส่วน 1 คน ทำการตรวจสอบข้อมูลและพิจารณาความถูกต้องของข้อมูลและพิจารณาความสามารถของห้องปฏิบัติการ แล้วนำงานและข้อมูลไปยังจุดรับงานของหัวหน้างาน

กระบวนการของหัวงานงาน (Leader) มี 2 คน แบ่งงานเป็นส่วนเครื่องมือพิเศษ และเครื่องมือช่างทั่วไป โดยเริ่มนับตั้งแต่งานและข้อมูลใบร้องขอรับบริการส่งมายังโต๊ะของหัวหน้างาน กระบวนการต่อมาหัวหน้างานตัดสินใจมอบหมายงานให้แก่เจ้าหน้าที่ และงานจะต้องรอการมอบหมายงาน เพื่อจะทำการตรวจสอบ ทดสอบ หรือสอบเทียบ โดยหัวหน้างาน 1 คน จะทำการมอบหมายงานครั้งละ 1 งานตามลำดับใบร้องขอ

กระบวนการของห้องปฏิบัติการจะทำการตรวจสอบ ทดสอบ หรือสอบเทียบ โดยเริ่มนับตั้งแต่ งานได้ถูกแจกจ่ายไปยังเจ้าหน้าที่ปฏิบัติการเพื่อทำการตรวจสอบ ทดสอบ หรือสอบเทียบ สำหรับส่วนเครื่องมือพิเศษ ได้แก่ งานสอบเทียบ (Calibration) มีพนักงานจำนวน 3 คน การตรวจวัดด้วยเครื่อง CMM มีพนักงานจำนวน 1 คน งานตรวจวัดสแกนหรือเก็บข้อมูลด้วย Laser scan มีพนักงานจำนวน 1 คน งานทดสอบมีจำนวน 2 คน และเครื่องมือช่างทั่วไปร่วมกับจิ๊กหรือฟิกซ์เจอร์สำหรับตรวจสอบรวม 5 คน และงานบริการตรวจสอบชิ้นงานด้วยการตรวจสอบรูปลักษณะ ตรวจสอบการวัดขนาด หรือตรวจสอบอื่นๆ ตามการร้องขอภายนอกสถานที่ จำนวน 2 คน จนถึงจัดทำรายงานผลแล้วนำไปส่งให้แก่หัวหน้างานทบทวน โดยเจ้าหน้าที่ปฏิบัติการ 1 คนจะให้บริการ 1 งาน ตามลำดับวิธี first-in first-out

กระบวนการทบทวนของหัวหน้างาน (Leader review) มีจำนวน 2 คน เริ่มนับตั้งแต่งานมาอยู่ที่จุดรับงานสำหรับทบทวนการตรวจสอบ ทดสอบ หรือสอบเทียบ ของหัวหน้างานแต่ละคน จากนั้นทบทวนและส่งให้ผู้จัดการ โดยหัวหน้างานจะทบทวนทีละ 1 งาน

กระบวนการอนุมัติ (Manager approval) มีผู้อนุมัติจำนวน 1 คน เริ่มนับตั้งแต่รายงานผลการตรวจสอบ ทดสอบ และสอบเทียบ มาวางยังจุดรออนุมัติโดยงานจะถูกนำมาให้อนุมัติทันทีเพื่อไม่ให้ปะปนกับงานส่วนเอกสารอื่นๆ ของฝ่ายควบคุมคุณภาพ โดยผู้จัดการจะอนุมัติครั้งละ 1 งาน

กระบวนการส่งรายงาน (Send result by admin) มีจำนวน 2 คน แบ่งงานเป็นส่วนเครื่องมือพิเศษ และเครื่องมือช่างทั่วไป เริ่มนับตั้งแต่รายงานผลการตรวจสอบ ทดสอบ และสอบเทียบ ที่ได้รับการอนุมัติแล้ว ธุรการจะทำการนำไปจัดส่งผลด้วยจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ โดยธุรการจะจัดส่งทีละ 1 งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากธุรการส่งรายงานจะถือว่า ผู้รับบริการออกจากระบบแต่กระบวนหลังจากนั้นธุรการจะทำการสำเนาเอกสารแล้วนำไปแจกจ่ายให้อีกครั้ง แต่การสำเนาเอกสารจะไม่รวมอยู่ในการศึกษาครั้งนี้

3.3.3 ปัจจัยด้านกำลังพลของห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพ

จะเห็นได้ว่าการทำงานของห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษาจะต้องอาศัยปัจจัยด้านบุคคลเป็นสำคัญ และกระบวนการทำงานได้ถูกแจกจ่ายไปยังเจ้าหน้าที่ปฏิบัติการเพื่อทำการตรวจสอบ ทดสอบ หรือสอบเทียบ จากการศึกษาข้อมูลมีจำนวนพนักงานในสถานีหลักได้แก่

1) งานสอบเทียบ (Calibration) มีจำนวน 3 คน
2) การตรวจวัดด้วยเครื่อง CMM มีจำนวน 1 คน
3) งานตรวจวัด Laser scan มีจำนวน 1 คน
4) งานทดสอบ มีจำนวน 2 คน
5) เครื่องมือช่างทั่วไปร่วมกับจิ๊กหรือฟิกซ์เจอร์ มีจำนวน 5 คน
6) สำหรับตรวจสอบตามการร้องขอภายนอกสถานที่ มีจำนวน 2 คน

โดยมีหัวหน้างาน 2 คน หัวหน้าส่วน 1 คน ผู้จัดการ 1 คน และมีธุรการ 2 คน

3.3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ

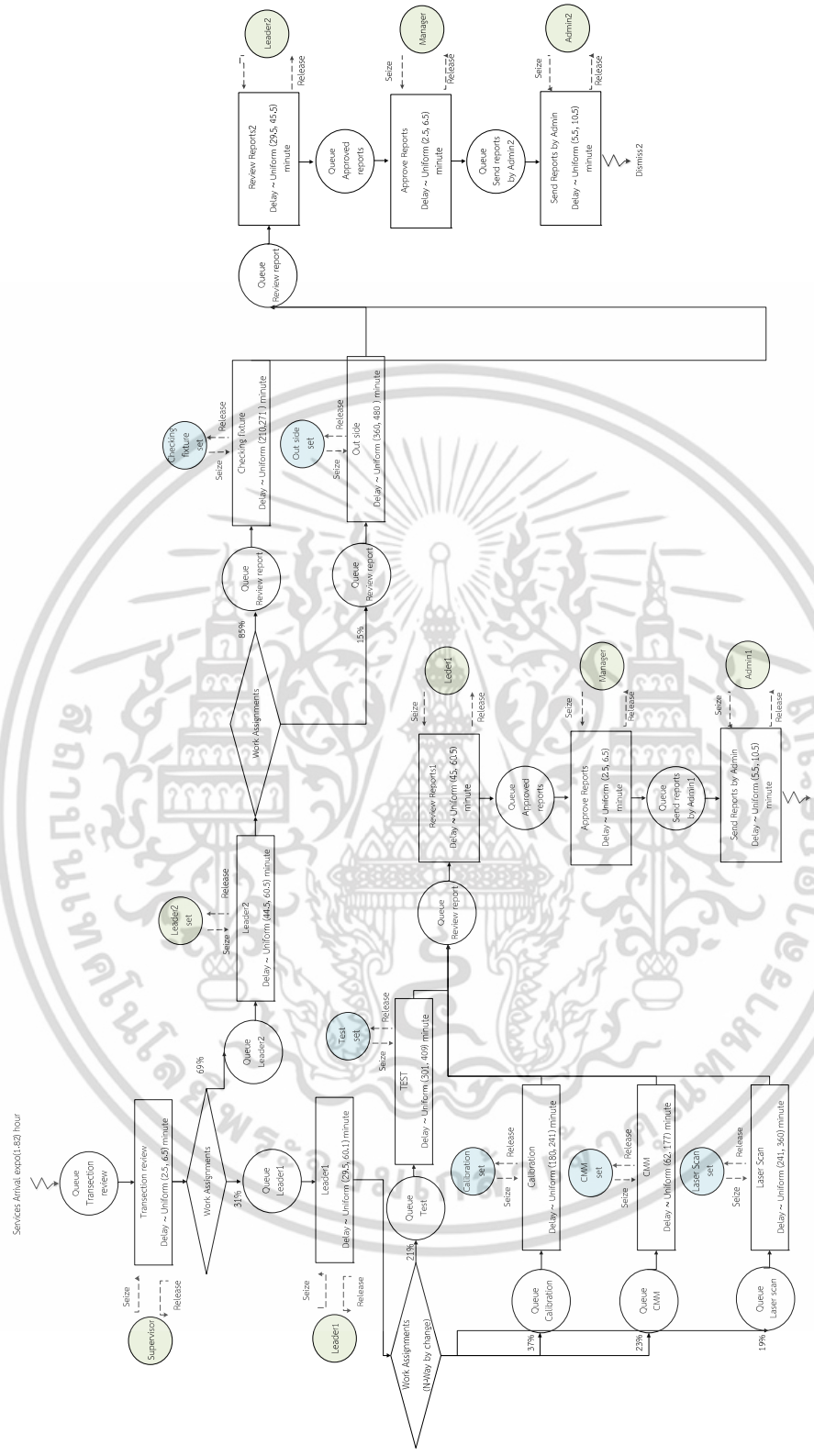
ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติโดยใช้การทดสอบแบบไคสแควร์ (Chi-square test) เป็นการเปรียบเทียบข้อมูลให้อยู่ในรูปความถี่หรือสัดส่วน การทดสอบสภาวะรูปสนิทดี (Goodness of fit tests) ใช้เป็นหลักสถิติที่อธิบายถึงความเหมาะสมของกลุ่มข้อมูลที่สังเกต โดยใช้โปรแกรม Input analyzer ช่วยในการวิเคราะห์และสรุปผลลัพธ์ การทดสอบแบบไคสแควร์ (Chi-square test) แสดงออกมาด้วยค่า p-vale ซึ่งค่า p-value สูงแสดงถึงข้อมูลมีลักษณะตรงกับรูปแบบการแจกแจงที่กำหนด โดยมีสมมติฐานดังนี้

H_0 : ข้อมูลที่มีลักษณะตรงกับรูปแบบการแจกแจง
H_1 : ข้อมูลที่มีลักษณะไม่ตรงกับรูปแบบการแจกแจง

3.4 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ในปัจจุบัน

การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีแบบไม่ต่อเนื่อง ในรูปแบบงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ Arena เมื่อศึกษาถึงรูปแบบของกระบวนการทำงานของห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงาน รูปแบบระยะเวลาในการทำงานแต่ละสถานีและกำลังพลในแต่ละสถานี จึงนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ในการออกแบบการจำลองสถานการณ์ ซึ่งสามารถสรุปเป็นแผนภาพกิจกรรม (Activity diagram) ของกระบวนการทำงานในห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษาได้ดังรูปที่ 3.4 และคำอธิบายรายละเอียดรูปแบบการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ดังตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แผนภาพกิจกรรม (Activity diagram) ของห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปแสดงแผนภาพกระบวนการของแบบจำลองสถานการณ์ในรูปที่ 3.3

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของแบบจำลองสถานการณ์

Type	Name/Description	Name in Arena	Key Attribute
Create	กระบวนการสร้างการเข้ามาของผู้รับบริการ	Services Arrival	Number of process= 1 Type : Expression Entities per Arrival=1 Max Arrival = infinity Exponential(1.82) Next process = Transection review
Process	กระบวนการรับและพิจารณาความสามารถห้องปฏิบัติการ	Transection review	Number of process = 1 Action= Seize Delay Release Resource = Supervisor Quantity = 1 Type = Base on schedule Delay type = Uniform(2.5 , 6.5) Next process =Leader 1or 2
	หัวหน้างานเครื่องมือพิเศษตัดสินใจมอบหมายงานให้แก่เจ้าหน้าที่	Leader1 (assign Job)	Number of process = 1 Action= Seize Delay Release Resource = Leader1 Quantity = 1 Type = Base on schedule Delay type = Uniform(29.5 , 60.1)
	หัวหน้างานเครื่องมือช่างทั่วไปตัดสินใจมอบหมายงานให้แก่เจ้าหน้าที่	Leader2 (assign Job)	Number of process = 1 Action= Seize Delay Release Resource = Leader1 Quantity = 1 Type = Base on schedule Delay type = Uniform(44.5 , 60.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) รายละเอียดของแบบจำลองสถานการณ์

Type	Name/Description	Name in Arena	Key Attribute
Process	พนักงานห้องปฏิบัติการกระทำการสอบเทียบ	Calibration	Number of process= 1 Action=Seize Delay Release Resource= Calibration Quantity= 1 Type= Base on schedule Delay type = Uniform(180 , 241)
	พนักงานห้องปฏิบัติการกระทำการตรวจสอบด้วยเครื่อง CMM	CMM check	Number of process= 1 Action=Seize Delay Release Resource = CMM Quantity = 1 Type = Base on schedule Uniform(62 , 177)
	พนักงานห้องปฏิบัติการกระทำการตรวจสอบด้วย Laser scan	Laser scan check	Number of process = 1 Action=Seize Delay Release Resource = Laser scan Quantity = 1 Type = Base on schedule Delay type = Uniform(241 , 360)
	พนักงานห้องปฏิบัติการกระทำการทดสอบชิ้นงาน	Test	Number of process = 1 Action=Seize Delay Release Resource = Test Quantity = 1 Type = Base on schedule Delay type = Uniform(301, 409)
	พนักงานห้องปฏิบัติการกระทำการตรวจสอบด้วยเครื่องมือช่างทั่วไปและฟิกซ์เจอร์	Fixture	Number of process = 1 Action=Seize Delay Release Resource = Test Quantity = 1 Type = Base on schedule Delay type = Uniform(210, 271)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) รายละเอียดของแบบจำลองสถานการณ์

Type	Name/Description	Name in Arena	Key Attribute
Process	พนักงานห้องปฏิบัติการกระทำการตรวจสอบนอกสถานที่ด้วยเครื่องมือช่างทั่วไปและการตรวจสอบรูปลักษณะ	Outside	Number of process = 1 Action = Seize Delay Release Resource = Outside Quantity = 1 Type = Base on schedule Delay type = Outside Uniform(360 , 480)
	การทบทวนรายงานการตรวจสอบ ทดสอบ หรือสอบเทียบของหัวหน้างานแต่ละคน	Review reports	Number of process = 1 Action = Seize Delay Release Resource = Leader Quantity = 1 Type = Base on schedule Delay type = Uniform(45.5 , 60.5)
	กระบวนการอนุมัติรายงานผล	Manger approve	Number of process = 1 Action = Seize Delay Release Resource = Manager Quantity = 1 Type = Base on schedule Delay type = Uniform(2.5 , 6.5)
	กระบวนการส่งรายงาน	Send Result by Admin	Number of process = 1 Action = Seize Delay Release Resource = Admin Quantity = 1 Type = Base on schedule Delay type = Uniform(5.5 , 10.5)
Schedule	พนักงานสอบเทียบ	Calibration operator	Type = capacity Time units = Hours Scale factor = 1.0 Duration = 0,8 : 2,4 : 0,1: 2,4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) รายละเอียดของแบบจำลองสถานการณ์

Type	Name/Description	Name in Arena	Key Attribute
Schedule	พนักงานตรวจสอบด้วยเครื่องมือ CMM	CMM operator	Type = capacity Time units = Hours Scale factor = 1.0 Duration = 0,8 : 1,4 : 0,1: 1,4
	พนักงานตรวจสอบด้วยเครื่องมือ Laser scan	Laser scan operator	Type = capacity Time units = Hours Scale factor = 1.0 Duration = 0,8 : 1,4 : 0,1: 1,4
	พนักงานทดสอบ	Test operator	Type = capacity Time units = Hours Scale factor = 1.0 Duration = 0,8 : 2,4 : 0,1: 2,4
	พนักงานตรวจสอบด้วยตรวจสอบด้วยเครื่องมือช่างทั่วไปและฟิกซ์เจอร์	Fixture operator	Type = capacity Time units = Hours Scale factor = 1.0 Duration = 0,1 : 2,4 : 0,3: 3,4 :0,1 : 3,4 : 0,3 : 2,4
	พนักงานตรวจสอบนอกสถานที่	Outside operator	Type = capacity Time units = Hours Scale factor = 1.0 Duration = 0,8 : 3,4 : 0,1: 3,4
	หัวหน้างานเครื่องมือพิเศษ	Leader1	Type = capacity Time units = Hours Scale factor = 1.0 Duration = 0,8 : 2,4 : 0,1: 2,4
	หัวหน้างานเครื่องมือช่างทั่วไป	Leader2	Type = capacity Time units = Hours Scale factor = 1.0 Duration = 0,8 : 2,4 : 0,1: 2,4
	ผู้จัดการอนุมัติงาน	Manager	Type = capacity Time units = Hours Scale factor = 1.0 Duration = 0,8 : 2,4 : 0,1: 2,4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) รายละเอียดของแบบจำลองสถานการณ์

Type	Name/Description	Name in Arena	Key Attribute
Schedule	หัวหน้าส่วนพิจารณารับและพิจารณาความสามารถของห้องปฏิบัติการ	Supervisor	Type = capacity Time units = Hours Scale factor = 1.0 Duration=0,8 : 1,4 : 0,1: 1,4
	ธุรการส่งรายงานกลุ่มเครื่องมือพิเศษ	Send result by admin1	Type = capacity Time units = Hours Scale factor = 1.0 Duration=0,8 : 1,4 : 0,1: 1,4
	ธุรการส่งรายงานกลุ่มเครื่องมือช่างทั่วไป	Send result by admin2	Type = capacity Time units = Hours Scale factor = 1.0 Duration=0,8 : 1,4 : 0,1: 1,4
Queue	พื้นที่รอ ก่อนกระบวนการรับพิจารณาความสามารถ	Transection Review.Queue	Type = First in first out Report statistics
	พื้นที่รอ ก่อนกระบวนการหัวหน้างานเครื่องมือพิเศษตัดสินใจมอบหมายงานให้แก่พนักงาน	Leader1.Queue	Type = First in first out Report statistics
	พื้นที่รอ ก่อนกระบวนการหัวหน้างานเครื่องมือช่างทั่วไปตัดสินใจมอบหมายงานให้แก่พนักงาน	Leader2.Queue	Type = First in first out Report statistics
	พื้นที่รอ ก่อนกระบวนการสอบเทียบ	Calibration.Queue	Type = First in first out Report statistics
	พื้นที่รอ ก่อนกระบวนการตรวจสอบด้วยเครื่องมือ CMM	CMM.Queue	Type = First in first out Report statistics
	พื้นที่รอ ก่อนกระบวนการตรวจสอบด้วย LASER SCAN	Laser scan.Queue	Type = First in first out Report statistics
	พื้นที่รอ ก่อนกระบวนการทดสอบ	Test.Queue	Type = First in first out Report statistics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) รายละเอียดของแบบจำลองสถานการณ์

Type	Name/Description	Name in Arena	Key Attribute
Queue	พื้นที่รอ ก่อนกระบวนการเครื่องมือช่างทั่วไปและฟิกเจอร์	Fixture.Queue	Type = First in first out Report statistics
	พื้นที่รอ ก่อนกระบวนการการตรวจสอบนอกสถานที่	Outside.Queue	Type = First in first out Report statistics
	พื้นที่รอ ก่อนกระบวนการทบทวนรายงานเครื่องมือพิเศษ	Review report1. Queue	Type = First in first out Report statistics
	พื้นที่รอ ก่อนกระบวนการทบทวนรายงานเครื่องมือทั่วไป	Review report2. Queue	Type = First in first out Report statistics
	พื้นที่รอ ก่อนกระบวนการอนุมัติรายงานผล	Manager.Queue	Type = First in first out Report statistics
	พื้นที่รอก่อนส่งรายงานผล	Send result by Admin.Queue	Type = First in first out Report statistics
Decision	ความน่าจะเป็นของผู้ขอรับบริการโดยพิจารณาตามประเภทของเครื่องมือที่ใช้	Decide1	Number of decide = 1 Type = 2-way by chance Percent true = 69 (งานเครื่องมือช่างทั่วไป) Percent false = 31 (งานเครื่องมือพิเศษ)
	ความน่าจะเป็นของผู้ขอรับบริการโดยพิจารณาตามประเภทของงานในหน่วยงานเครื่องมือช่างทั่วไปและฟิกซ์เจอร์	Decide2	Number of decide = 1 Type = 2-way by chance Percent true = 85(งานเครื่องมือช่างทั่วไปและฟิกเจอร์) Percent false = 15 (งานตรวจสอบนอกสถานที่)
	ความน่าจะเป็นของผู้ขอรับบริการโดยพิจารณาตามประเภทของงานในหน่วยงานเครื่องมือพิเศษ	Decide3	Number of decide = 1 Type = N-way by condition Attribute , Work type, ==,1 Attribute , Work type, ==,2 Attribute , Work type, ==,3
Assign	กำหนดคุณสมบัติงานโดยกำหนดค่าการแจกแจงให้กับงานเครื่องมือพิเศษ ได้แก่	Assign type	Assignments = Attribute , Work type= DISC (0.37,1,0.60,2,079,3,1,4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) รายละเอียดของแบบจำลองสถานการณ์

Type	Name/Description	Name in Arena	Key Attribute
Assign	งานสอบเทียบ งานตรวจวัดด้วย CMM งาน Laser scan และ งานทดสอบ ด้วยสัดส่วน ร้อยละ 37, 23, 19 และ 21 ตามลำดับ		

3.5 การทดสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลองสถานการณ์

เมื่อทำการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพแล้ว จำเป็นต้องวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองสถานการณ์นั้นว่าถูกต้องเหมือนระบบจริงและเป็นที่ยอมรับหรือไม่ โดยทำการตรวจสอบความถูกต้อง แล้วทำการเปรียบเทียบข้อมูลกับการทำงานจริงในกระบวนการ เมื่อแบบจำลองมีความถูกต้องและคล้ายคลึงกับระบบจริงจะถือว่าสามารถยอมรับได้ทางสถิติ

3.5.1 การตรวจสอบความถูกต้อง

การตรวจสอบความถูกต้องเป็นขั้นตอนเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองสถานการณ์กับแบบจำลองทางความคิดที่สามารถสรุปเป็นแผนภาพกิจกรรมของกระบวนการทำงานโดยใช้เทคนิคการตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องในระดับโมดูลหรือโมดูลย่อย เพื่อที่จะตรวจสอบว่าโมดูลย่อยของแบบจำลองที่มีปัญหาจะได้รับการแก้ไขและเมื่อนำไปรวมเข้ากับโมดูลอื่นๆ ของแบบจำลองสถานการณ์แล้วจะไม่ก่อให้เกิดข้อบกพร่อง การตรวจด้วยสายตา โดยใช้ภาพเคลื่อนไหว การตรวจด้วยการรันแบบจำลองสถานการณ์ภายใต้ข้อกำหนดของปัจจัยนำเข้าที่มีความหลากหลาย ทำการตรวจสอบผลลัพธ์และให้มีความสอดคล้อง และให้ผู้ที่มีส่วนร่วมตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ ตรวจสอบด้วยการคำนวณค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างของแต่ละการแจกแจงของข้อมูลนำเข้า แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของระบบตามลำดับของข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมทางสถิติ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าข้อมูลที่ได้สร้างขึ้นจากการแจกแจงมีความถูกต้องและสามารถให้ผลลัพธ์ในการทดสอบได้

3.5.2 การตรวจสอบความสมเหตุสมผล

การตรวจสอบความสมเหตุสมผลเป็นการสร้างความน่าเชื่อถือให้กับแบบจำลองสถานการณ์ประกอบด้วยขั้นตอนการเก็บข้อมูล พารามิเตอร์ของข้อมูลนำเข้า แล้วเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองโดยการตั้งสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบกับระบบห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งในระบบจริงมี 2 ปัจจัย คือ จำนวนผู้ขอรับบริการที่ผ่านออกจากระบบ และรอบเวลารวมเฉลี่ย โดยที่ระบบจริงอยู่ที่ 400 รายการต่อเดือน ทำการรันข้อมูลเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (1 วันทำงาน) จำนวน 30 รอบ รอบละ 30 วัน ซึ่งจะทำการเก็บข้อมูล 1200 ข้อมูล (ข้อมูล 3 เดือน) เพื่อใช้ในการทดสอบโดยตั้งสมมติฐานหลักและตั้งสมมติฐานรองดังนี้

H_0 : ผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์มีลักษณะตรงกับข้อมูลจริง

H_1 : ผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์มีลักษณะไม่ตรงกับข้อมูลจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

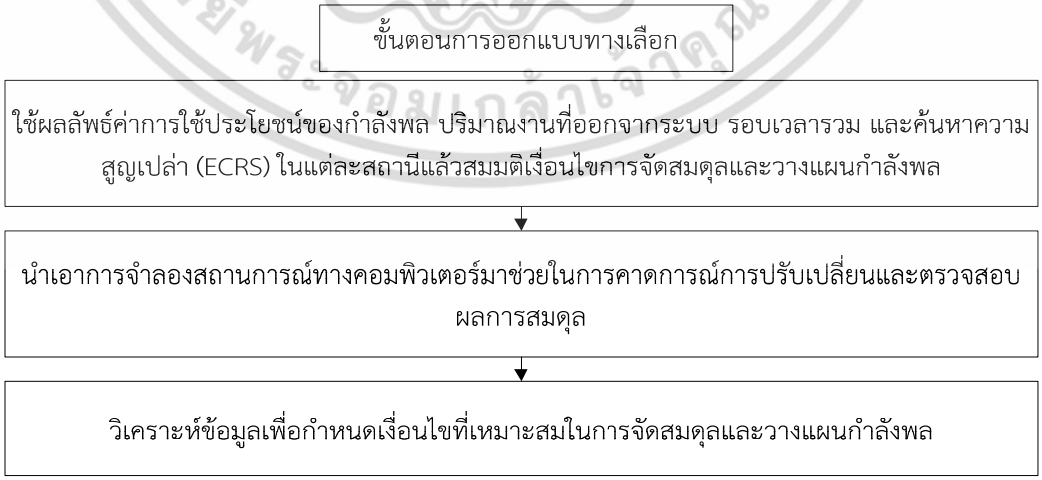
กำหนดระดับนัยสำคัญ α=0.05 แล้วทดสอบสมมติฐานโดยใช้โปรแกรม Minitab ด้วยวิธี One sample t-test และทำการทดสอบสมมติฐานของลักษณะการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลจากแบบจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบกับระบบงานจริง แล้วทำการพยากรณ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและพารามิเตอร์ในแบบจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบกับระบบงานจริง โดยมีการถามความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจในระบบการทำงานเพื่อให้สามารถแนะนำหรือพยากรณ์พฤติกรรมของระบบได้

3.5.3 การวิเคราะห์การเข้าสู่สภาวะคงตัวของแบบจำลองสถานการณ์

การวิเคราะห์ผลลัพธ์ เป็นการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการรันแบบจำลองเพื่อหาประสิทธิภาพของระบบที่แท้จริง และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของทางเลือกของระบบที่จำลอง โดยงานวิจัยนี้มีการกำหนดรูปแบบของการรันได้เป็น 2 ระบบ คือ ระบบไม่มีการสิ้นสุดกล่าวคือ รูปแบบที่มีการรันต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง ซึ่งทำให้เกิดการแกว่งของผลลัพธ์ โดยจะเกิดการทำซ้ำการรันมากกว่าหนึ่งครั้งเพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์มีความถูกต้องแม่นยำ และระบบที่อยู่ในสภาวะคงตัวเมื่อผ่านช่วงเวลาแกว่งเนื่องจากเมื่อเริ่มระบบในช่วงแรกอาจมีการแกว่งของข้อมูลทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีค่าไม่แน่นอนและไม่สามารถนำมาคำนวณเพื่อเปรียบเทียบกับระบบจริงได้ หรืออาจมีผลทำให้สรุปผลลัพธ์ผิดพลาดได้ ซึ่งระบบดังกล่าวอาจรันเพียงครั้งเดียว เมื่อเริ่มทำการเปิดระบบครั้งแรกระบบยังไม่มีความเสถียร ดังนั้นจึงทำการเก็บข้อมูลและสังเกตช่วงที่ข้อมูลเข้าสู่สภาวะคงตัว โดยระบบไม่มีจุดสิ้นสุดจะมีรูปแบบการรันแบบจำลองสถานการณ์ที่มีความต่อเนื่อง เช่น ห้องปฏิบัติการมีการทำงานอย่างต่อเนื่อง จึงไม่มีจุดสิ้นสุด เป็นต้น

3.6 การออกแบบทางเลือกเพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสม

โดยงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการออกแบบทางเลือกและสร้างแบบจำลองเพื่อปรับปรุงการวางแผนกำลังพลให้เหมาะสมกับภาระงานโดยพิจารณาจากค่าการใช้ประโยชน์กำลังพล จากการศึกษารูปแบบปัจจุบันและนำเอาการจำลองสถานการณ์มาช่วยในการคาดการณ์การปรับเปลี่ยนและตรวจสอบผลการจัดสมดุลและวางแผนกำลังพลด้วยการลดความสูญเปล่า แล้วทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์แสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงกรอบแนวคิดการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

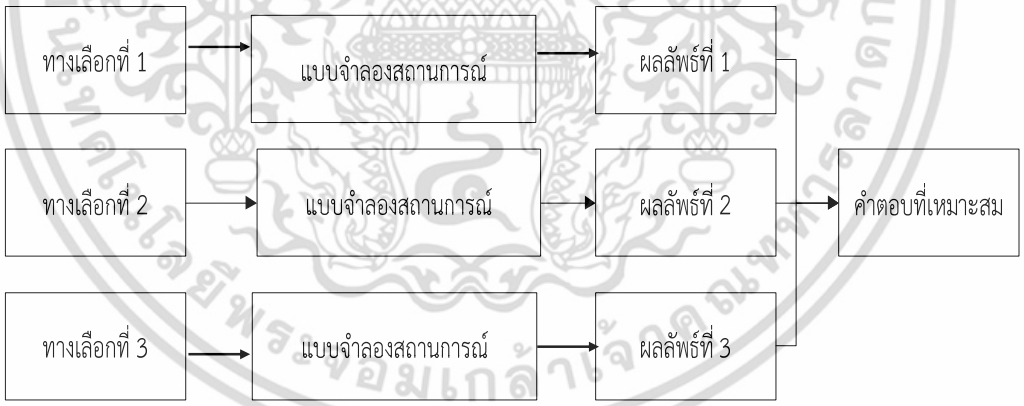
จากรูปที่ 3.5 การออกแบบทางเลือกนั้นประกอบด้วยกระบวนการ 3 ขั้นตอนเริ่มต้นจากวิเคราะห์ผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์ได้แก่ ค่าการใช้ประโยชน์ของกำลังพล ปริมาณงานที่ออกจากระบบ รอบเวลารวม มาพิจารณาและค้นหาความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในแต่ละสถานีด้วยหลักการ ECRS แล้วสมมติเงื่อนไขเพื่อทำการจัดสมดุลและวางแผนกำลังพล ขั้นตอนที่สองทำการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ตามแนวคิดการออกแบบของแต่ละทางเลือกมารันหาผลลัพธ์ของแต่ละทางเลือก ขั้นตอนสุดท้ายจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดเงื่อนไขที่เหมาะสมในการจัดสมดุลและวางแผนกำลังพลตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

3.6.1 รูปแบบการทำงานปัจจุบัน

เมื่อนำข้อมูลกระบวนการทำงานของห้องปฏิบัติการ รูปแบบการกระจายตัวของการเข้ามาของผู้รับบริการ อัตราการเข้ามาของผู้รับบริการในแต่ละช่วงเวลา และเวลาในการให้บริการแต่ละสถานีมาสร้างเป็นแบบจำลองสถานการณ์ของห้องปฏิบัติการโดยมีวัตถุประสงค์หลัก คือหาจำนวนพนักงานในแต่ละสถานีที่ทำให้มีค่าเฉลี่ยของการใช้ประโยชน์กำลังพลใกล้เคียง จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าโดยส่วนใหญ่มีแนวคิดในการศึกษาการจำลองสถานการณ์ร่วมกับการจัดการจัดสมดุลและวางแผนกำลังพลด้วยการลดเวลารวมและใช้กำลังพลให้เกิดประโยชน์สูงกว่าระดับเดิม โดยที่แบบจำลองเป็นแบบจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete-event simulation)

3.6.2 การออกแบบทางเลือก

วิธีการหาคำตอบของปัญหาเป็นตัวกำหนดทางเลือก (Scenarios set) เพื่อนำปัจจัยแต่ละทางเลือกกำหนดในแบบจำลองสถานการณ์ และนำผลลัพธ์ที่ได้ของแต่ละทางเลือกในการเปรียบเทียบผลลัพธ์ในการจัดการกำลังพลในห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษาดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 วิธีการหาคำตอบด้วยการใช้แบบจำลองสถานการณ์

โดยงานนี้ผู้วิจัยสนใจกำลังพลในสถานีหลักซึ่งพนักงานผู้ปฏิบัติการ คือ งานสอบเทียบ (Calibration) การตรวจวัดด้วยเครื่อง CMM งานตรวจวัดสแกนหรือเก็บข้อมูลด้วย Laser scan งานทดสอบ และเครื่องมือช่างทั่วไปร่วมกับจิ๊กหรือฟิกซ์เจอร์สำหรับตรวจสอบ และงานบริการตรวจสอบชิ้นงานภายนอกสถานที่ แล้วทำการออกแบบแนวคิดทางเลือกตามหลัก ECRS ในการปรับปรุงเพื่อนำมาสร้างแบบจำลองสถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3 การเปรียบเทียบผลลัพธ์

คำตอบของการออกแบบทางเลือกที่เหมาะสมพิจารณาจากผลลัพธ์ที่ได้การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของการออกแบบทางเลือกกับระบบการทำงานปัจจุบันด้วยการเปรียบเทียบจากผลลัพธ์ต่อไปนี้

3.6.3.1 จำนวนกำลังพลรวมของสถานีหลัก คือจำนวนพนักงานสถานีหลักในแบบจำลองสถานการณ์ของฝ่ายควบคุมคุณภาพ นำไปหาคำตอบที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ

3.6.3.2 เปอร์เซ็นต์การใช้ประโยชน์กำลังพลต่อคน คือค่าการใช้ประโยชน์กำลังพลจากการออกแบบทางเลือกจากแบบจำลองสถานการณ์ของระบบจริงและการออกแบบทางเลือก

3.6.3.3 ค่าเฉลี่ยการใช้ประโยชน์กำลังพล ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และปริมาณผลลัพธ์ที่ออกจากระบบ โดยที่ค่าเฉลี่ยการใช้ประโยชน์กำลังพล คือค่าเฉลี่ยการใช้ประโยชน์กำลังพลจากแบบจำลองสถานการณ์ของระบบจริงและการออกแบบทางเลือก และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าการใช้ประโยชน์กำลังพลของแต่ละสถานีหลักที่ของการออกแบบทางเลือกซึ่งแสดงถึงความสมดุลกันในแต่ละสถานี และผลลัพธ์ของปริมาณงานที่ออกจากระบบ คือผลลัพธ์ของปริมาณของแต่ละสถานีจากการออกแบบทางเลือก

3.7 การสรุปผลหาคำตอบที่เหมาะสมเพื่อประยุกต์ใช้

การสรุปผลหาคำตอบที่เหมาะสมเพื่อประยุกต์ใช้กับห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษามีดังนี้

3.7.1 การสรุปผลหาคำตอบที่เหมาะ

พิจารณาจากผลลัพธ์การเปรียบเทียบของค่าเฉลี่ยของการใช้ประโยชน์ของกำลังพลต่อคนและความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าการใช้ประโยชน์กำลังพลของการออกแบบทางเลือกจากแบบจำลองสถานการณ์ที่มีค่าสูงสุดซึ่งแสดงถึงเป็นทางเลือกที่พนักงานทำงานเต็มเวลามากกว่าการและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการใช้ประโยชน์กำลังพลที่ให้ค่าต่ำสุดแสดงถึงความสมดุลภาระงานระหว่างภายในของแต่ละสถานีงานหลักและจำนวนกำลังพลรวมต้องไม่มากกว่าระบบปัจจุบัน โดยที่สามารถทำให้ปริมาณงานที่ออกจากระบบไม่ต่างกับระบบปัจจุบัน

3.7.2 การประยุกต์ใช้จริง

เมื่อแบบจำลองสถานการณ์ได้ถูกวิเคราะห์ ยืนยันว่าถูกต้องและตกลงยอมรับว่าเป็นคำตอบที่เหมาะสมขั้นตอนต่อไปคือการนำไปใช้งานจริงโดยใช้วิธีการทางสถิติในการเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์ของการปรับปรุงระบบ (Scenario) จากแบบจำลองสถานการณ์ การนำไปใช้จริง และระบบดั้งเดิม ซึ่งงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเก็บข้อมูลหลังจากปรับปรุงระบบมาเป็นหาค่าเฉลี่ยผลลัพธ์ รวมไปถึงค่าความแปรปรวนเพื่อใช้ในการสร้างช่วงความเชื่อมั่น ใช้วิธีการทดสอบสองกลุ่มตัวอย่าง (2-Sample-t test) การทดสอบนี้ตั้งอยู่บนสมมติฐานที่มีการแจกแจงปกติ มีจำนวนรอบในการทำซ้ำไม่เท่ากันโดยรายละเอียดการเปรียบเทียบเป็นดังนี้

3.7.2.1 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์การปรับปรุงระบบจากแบบจำลองสถานการณ์ การนำไปใช้จริง โดยพิจารณาจากผลลัพธ์ของปริมาณงานเฉลี่ยที่ออกจากระบบของการออกแบบทางเลือกแบบจำลองที่ผู้วิจัยกำหนดให้เป็นคำตอบที่เหมาะกับผลลัพธ์จากการนำไปใช้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะทำการเก็บข้อมูลในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2558 ถึงเดือนมกราคม 2559 เพื่อใช้ในการทดสอบโดยตั้งสมมติฐานหลักและสมมติฐานรองดังนี้

H_0 : ผลลัพธ์ของปริมาณงานเฉลี่ยที่ออกจากระบบที่ได้จากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์มีลักษณะตรงกับการนำไปใช้ใช้จริง

H_1 : ผลลัพธ์ของปริมาณงานเฉลี่ยที่ออกจากระบบที่ได้จากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์มีลักษณะไม่ตรงกับการนำไปใช้ใช้จริง

กำหนดระดับนัยสำคัญ α=0.05 แล้วทดสอบสมมติฐานโดยใช้โปรแกรม Minitab ด้วยวิธี 2-Sample t-test การเปรียบเทียบกันเพื่อใช้ตัดสินถึงผลลัพธ์นั้นมีนัยสำคัญทางสถิติ

3.7.2.2 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์ระบบดั้งเดิมและการนำไปใช้จริง โดยพิจารณาจากผลลัพธ์ของปริมาณเฉลี่ยที่ออกจากระบบของการนำไปใช้จริงกับระบบดั้งเดิม

โดยพิจารณาจากผลลัพธ์ของปริมาณเฉลี่ยที่ออกจากระบบของการออกแบบทางเลือกแบบจำลองที่ผู้วิจัยกำหนดให้เป็นคำตอบที่เหมาะกับผลลัพธ์จากการนำไปใช้จริง ซึ่งจะทำการเก็บข้อมูลในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2558 ถึงเดือนมกราคม 2559 เพื่อใช้ในการทดสอบโดยตั้งสมมติฐานหลักและสมมติฐานรองดังนี้

H_0 : ผลลัพธ์ของปริมาณเฉลี่ยที่ออกจากระบบการนำไปใช้จริงมีลักษณะตรงกับระบบดั้งเดิม

H_1 : ผลลัพธ์ของปริมาณเฉลี่ยที่ออกจากระบบการนำไปใช้จริงมีลักษณะไม่ตรงกับระบบดั้งเดิม

กำหนดระดับนัยสำคัญ α=0.05 แล้วทดสอบสมมติฐานโดยใช้โปรแกรม Minitab ด้วยวิธี 2-Sample t-test การเปรียบเทียบกันเพื่อใช้ตัดสินถึงผลลัพธ์นั้นมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัยและวิจารณ์ผล

จากการศึกษากระบวนการทำงานและปัญหาการวางแผนกำลังพลเนื่องจากภาระงานที่เพิ่มขึ้น โดยใช้กำลังพลชุดเดิมด้วยการออกแบบทางเลือกจากการวิเคราะห์กระบวนการทำงานและกำลังพลของแต่ละสถานีด้วยหลักการ ECRS แล้วสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อปรับปรุงการวางแผนกำลังพลให้สมดุลและมีความเหมาะสมกับภาระงานซึ่งพิจารณาจากค่าการใช้ประโยชน์ของกำลังพลนำไปสู่การประยุกต์ใช้กับห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษาดังนี้

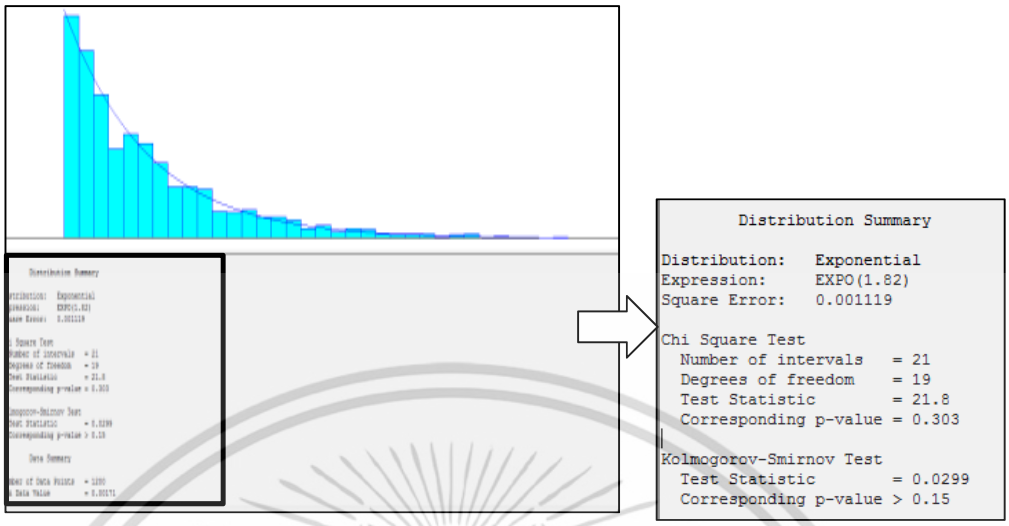
4.1 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้า

การวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าเป็นขั้นตอนที่ทำหลังจากเก็บข้อมูลโดยการใช้สถิติมาวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าที่เก็บมาจากระบบจริงเพื่อหาการแจกแจงรูปแบบที่เหมาะสม โดยทำการระบุการแจกแจงความน่าจะเป็นให้กับข้อมูลได้โดยใช้คำนวณหาค่าสถิติต่างๆ เช่น ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความแปรปรวน หรือแจกแจงโดยใช้กราฟแจกแจงความถี่ฮิทโทแกรมมาเปรียบเทียบกับกราฟฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability density) แบบต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบความเหมือนหรือความใกล้เคียงข้อมูลจริง แล้วจึงทำการประมาณค่าพารามิเตอร์เป็นฟังก์ชันของตัวเลขของข้อมูลโดยมีการระบุค่าประมาณสำหรับพารามิเตอร์ของการแจกแจงดังกล่าวมาข้างต้น แล้วทำการทดสอบการแจกแจงและพารามิเตอร์ที่เลือกหรือที่เรียกว่าการทดสอบรูปสนิทดี (Goodness of fit test) ซึ่งเป็นวิธีทางสถิติแบบวิธีแบบไคสแควร์ (Chi-square test) หรือแบบโคลโมโกลรอฟสเมอร์นอฟ (Kolmogorov smirnov test) เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลนำเข้ากับการแจกแจงแบบต่าง ๆ โดยมีสมมติฐานหลัก (H_0) กำหนดให้ตัวแปรสุ่มของพารามิเตอร์มีการแจกแจงแบบเดียวกับข้อมูลจริง ส่วนสมมติฐานรอง (H_1) กำหนดให้ตัวแปรสุ่มของพารามิเตอร์ไม่มีการแจกแจงแบบเดียวกับข้อมูลจริง และทั้งสองวิธีดังกล่าวมาข้างต้นสามารถทำได้โดยใช้โปรแกรมที่มีเครื่องมือในการวิเคราะห์ด้วยการรายงานผลการทดสอบโดยใช้ค่า p-value ซึ่งเป็นระดับนัยสำคัญที่จะทำให้ปฏิเสธสมมติฐานหลักแทนการรายงานค่าสถิติของการทดสอบ โดยหาก p-value มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ใช้ในการทดสอบ (α) สมมติฐานหลักจะถูกปฏิเสธ (p-value < α) ดังนั้นเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้า อัตราการเข้ามาของผู้รับบริการ และระยะเวลาของกระบวนการในแต่ละสถานีของห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษาดังนี้

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าเชิงสถิติของการแจกแจงของอัตราการเข้ามาของผู้ขอรับบริการ

จากการเก็บรวบรวมข้อมูล 24 ชั่วโมงในช่วงเดือนมีนาคม ถึงเดือนมิถุนายน 2558 นั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติโดยใช้การทดสอบไคสแควร์ เพื่อทดสอบรูปสนิทดีซึ่งเป็นค่าที่สรุปความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าที่ได้จากการสังเกต (Observed values) และค่าคาดหวัง (Expected value) สำหรับการเข้ามาของผู้รับบริการแล้ววิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าเพื่อการทดสอบรูปสนิทดี (Goodness of fit test) ด้วยการใช้เครื่องมือของ Input analyzer ของโปรแกรม Arena หาค่าที่เหมาะสม (Fit) ได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 ผลการทดสอบรูปสนิทดี (Goodness of fit test)

จากรูปที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบรูปสนิทดีของข้อมูลโดยใช้ Input Analyzer ซึ่งสามารถสรุปผลการทดสอบที่ใช้ในการศึกษาได้ดังนี้

1) การแจกแจง (Distribution) ได้จากการนำข้อมูลอัตราการเข้ามาของผู้รับบริการมาทดสอบการแจกแจงโดยข้อมูลนั้นมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Exponential

2) สมการการแจกแจง (Expression): Expo(1.82) สมการการแจกแจงของข้อมูลคือ การแจกแจงแบบ Exponential มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.82

3) ค่า Sum square-error คือค่าผลรวมกำลังสองของความแตกต่างระหว่าง ค่าการแจกแจงความน่าจะเป็นที่กำหนดกับค่าประมาณของความน่าจะเป็นที่วัดได้ในแต่ละช่วงจากกราฟฮิทโทแกรม โดยจากผลการทดสอบได้ค่า Sum square-error เท่ากับ 0.001119

4) ค่า p-value ที่เกี่ยวข้อง (Corresponding p-value) เท่ากับ 0.303

จากการพิจารณาค่า p-value ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.303 แสดงว่าข้อมูลจากการสังเกตมีความใกล้เคียงกับรูปแบบการแจกแจงแบบ Exponential ที่ค่าเฉลี่ย 1.82 จากนั้นทำการวิเคราะห์เวลาการทำงานในแต่ละจุดบริการของห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพต่อไป

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าเชิงสถิติของการแจกแจงของเวลาการให้บริการ

หลังจากทำการศึกษาข้อมูลขั้นตอนในการปฏิบัติงาน เวลามาตรฐานการทำงานซึ่งมีการกำหนดเวลาเวลาในการทำงานในแต่ละหน่วยงานไว้ รวมทั้งทำการจดบันทึกเวลาที่ใช้ในการทำงานของแต่ละสถานีของห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งสามารถวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าเชิงสถิติของการแจกแจงของเวลาการให้บริการได้ดังตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 การแจกแจงของเวลาการให้บริการของแต่ละสถานี

สถานีงาน	รูปแบบการแจกแจง (นาที)	p-value
คัดกรองเอกสารเบื้องต้น	Uniform(2.5, 6.5)	0.572
หัวหน้างานเครื่องมือพิเศษมอบหมายงาน	Uniform(29.5, 60.1)	0.357
หัวหน้างานเครื่องมือช่างทั่วไปมอบหมายงาน	Uniform(44.5, 60.5)	0.633
งานสอบเทียบฟิกซ์เจอร์	Uniform(180, 241)	0.519
งานตรวจวัดด้วย CMM	Uniform(62, 177)	0.363
งานตรวจวัดด้วย Laser scan	Uniform(241, 360)	0.610
งานทดสอบ	Uniform(301, 409)	0.091
ตรวจวัดงานด้วยฟิกซ์เจอร์ กะ1,2	Uniform(210, 271)	0.721
งานตรวจวัดนอกสถานที่	Uniform(360, 480)	0.113
งานทบทวนรายงานเครื่องมือพิเศษ	Uniform(45.5, 60.5)	0.656
งานทบทวนรายงานเครื่องมือช่างทั่วไป	Uniform(2.5, 6.5)	0.579
ผู้จัดการอนุมัติงาน	Uniform(2.5, 6.5)	0.074
ธุรการแจ้งผลการตรวจวัด	Uniform(5.5, 10.5)	0.510

จากตารางที่ 4.1 สถานีงานที่มีรูปแบบการแจกแจงให้ค่า p-value สูงสุดและต่ำสุดคือสถานีตรวจวัดงานด้วยฟิกซ์เจอร์มีค่าเท่ากับ 0.721 และสถานีผู้จัดการอนุมัติงานมีค่าเท่ากับ 0.074 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากค่า p-value ของทุกสถานีมากกว่า 0.05 แสดงว่าข้อมูลจากการสังเกตมีความใกล้เคียงกับรูปแบบการแจกแจงในทุกข้อมูล โดยการศึกษาข้อมูลเชิงเวลาในการให้บริการแต่ละสถานีจากเอกสารมาตรฐานการทำงานและการสังเกตการทำงานซึ่งผู้วิจัยแสดงรายละเอียดขั้นตอนการทำงานของสถานีงานหลักของห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษาในภาคผนวก ก และการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหารูปแบบการแจกแจงจากการบันทึกเวลาการทำงานและจับเวลาการทำงานได้อธิบายข้อมูลอย่างละเอียดดังข้อมูลในภาคผนวก ข

4.2 ผลการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงาน

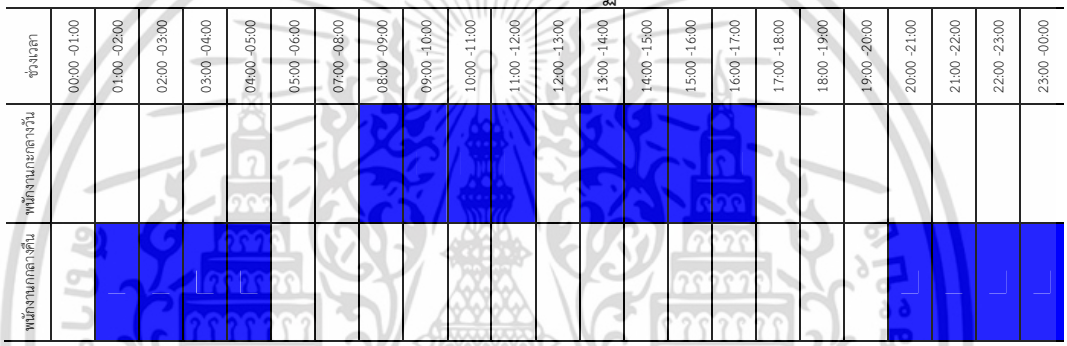
จากแผนภาพกิจกรรม (Activity diagram) ของกระบวนการทำงานห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษารูปที่ 3.3 กระบวนการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ตารางที่ 3.1 การแจกแจงของอัตราการเข้ามาของผู้รับบริการแต่ละช่วง และการแจกแจงของเวลาการให้บริการของแต่ละสถานี นำมาสร้างเป็นแบบจำลองสถานการณ์ด้วยระบบการจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Event Simulation) โดยใช้โปรแกรม Arena ภายในแบบจำลองสถานการณ์กระบวนการทำงานภายในห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพ (รูปที่ 4.2) สามารถแบ่งงานออกเป็น 2 ส่วนสำคัญได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 1 ส่วนการเข้ามาของผู้ขอรับบริการของห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพ เป็นส่วนที่มีการให้ผู้ขอรับบริการกรอกข้อมูลลงในใบคำร้องขอรับบริการ และยื่นข้อมูลเอกสาร หรือชิ้นงานที่ต้องการให้ตรวจสอบ ทดสอบ หรือสอบเทียบให้แก่ทางผู้คัดกรองเอกสารเบื้องต้นทำการวินิจฉัยแล้วแบ่งประเภทงานก่อนนำส่งแก่หัวหน้างานแต่ละส่วนต่อไป

ส่วนที่ 2 ส่วนห้องปฏิบัติการหลังจากได้รับใบคำร้องขอรับบริการ มูลเอกสาร หรือชิ้นงานที่ต้องการให้ทางผู้คัดกรองเอกสารเบื้องต้นแล้ว หัวหน้างานดำเนินการเตรียมข้อมูลเพื่อมอบหมายงานให้แก่พนักงานผู้ปฏิบัติงานในแต่ละสถานีหลักอันได้แก่ สอบเทียบฟิกซ์เจอร์สำหรับตรวจสอบ งานทดสอบ ตรวจวัดด้วย LASER SCAN ตรวจวัดด้วยเครื่อง CMM ตรวจวัดด้วยฟิกซ์เจอร์ และงานตรวจวัดนอกสถานที่ หลังจากพนักงานทำงานเสร็จ จะนำมาส่งทบทวนผลรายงาน แล้วทำการส่งอนุมัติผล จนถึงขั้นตอนเจ้าหน้าที่ธุรการส่งผลตรวจให้แก่ผู้ขอรับบริการเป็นลำดับสุดท้าย

ตารางที่ 4.2 ระยะเวลาการทำงานและเวลาพักของห้องปฏิบัติการ

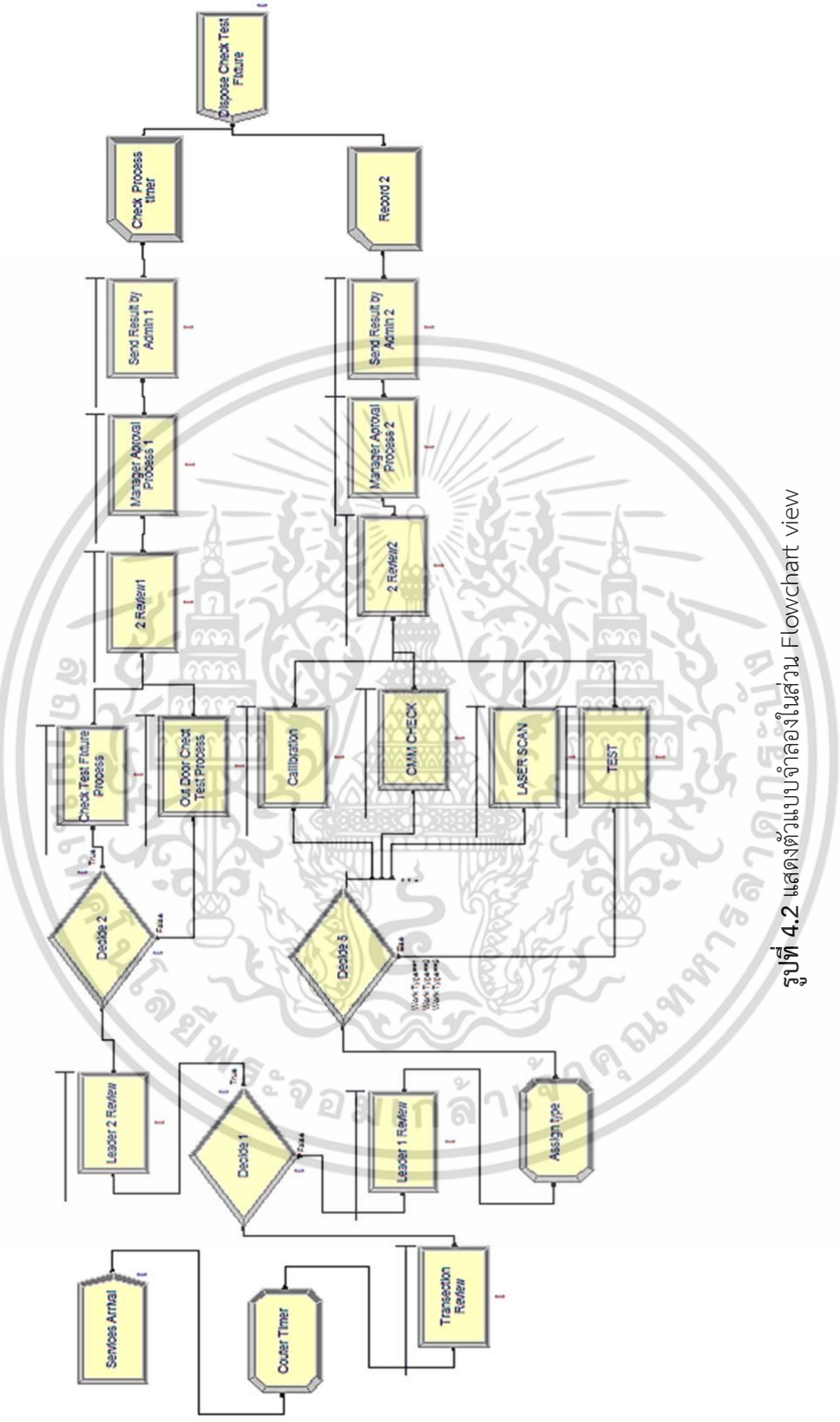


พนักงานทำงาน

พนักงานพักการทำงาน

โดยมีระยะเวลาในการทำงานและเวลาพักของพนักงานของห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษาดังตารางที่ 4.2 มีจำนวนพนักงานตามระบบจริงคือ โดยมีพนักงาน 15 คน หัวหน้างาน 3 คน และ เจ้าหน้าที่ธุรการ 2 คน จะได้แบบจำลองสถานการณ์ของห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษาดังรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงตัวแบบจำลองในส่วน Flowchart view

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์

เมื่อทำสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษาแล้ว จำเป็นต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง เพื่อให้ได้แบบจำลองที่มีความถูกต้อง สำหรับการตรวจสอบความถูกต้อง (Verification) ด้วยเทคนิค เช่น ตรวจสอบได้ด้วยสายตา การตรวจสอบภาพเคลื่อนไหว (Animation) ตรวจสอบโดยกลยุทธ์แบ่งแบบจำลองเป็นส่วนย่อยๆ แล้วทำการตรวจสอบแต่ละโมเดลย่อยและให้ผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจในระบบการทำงานร่วมตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ เป็นต้น โดยตัวอย่างการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์นั้นผู้วิจัยทำการตรวจสอบกับข้อมูลในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคม 2558 โดยที่อัตราการเข้ามาของผู้ขอรับบริการเท่ากับ 400 รายการต่อเดือน และจำนวนงานที่ออกจากระบบเท่ากับ 400 รายการต่อเดือน ซึ่งการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์มีดังนี้

4.3.1 ความถูกต้องของอัตราการเข้ามาของผู้รับบริการ (Services arrival)

ความถูกต้องของอัตราการเข้ามาของผู้รับบริการได้จากการเก็บข้อมูลและสรุปผลข้อมูลอัตราการเข้ามาของห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษา จะมีการเข้ามาของผู้ขอรับบริการใกล้เคียงกับ 400 คนต่อเดือน แสดงว่าอัตราการเข้ามาของผู้ขอรับบริการมีความถูกต้องดังรูปที่ 4.3 และ 4.4

รูปที่ 4.3 ตัวอย่างการทดสอบความถูกต้องของอัตราการเข้ามาของผู้ขอรับบริการ

Entity

Other

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Services	396.53	7.58	352.00	432.00

Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Services	396.53	7.58	352.00	432.00

WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Services	0.00	.00	0.00	0.00	0.00	1.0000

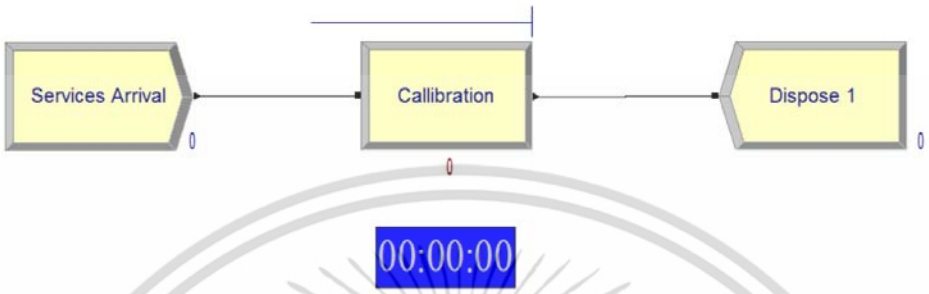
รูปที่ 4.4 ผลการทดสอบความถูกต้องของอัตราการเข้ามาของผู้ขอรับบริการ

4.3.2 ความถูกต้องของระยะเวลาการให้บริการแต่ละสถานี

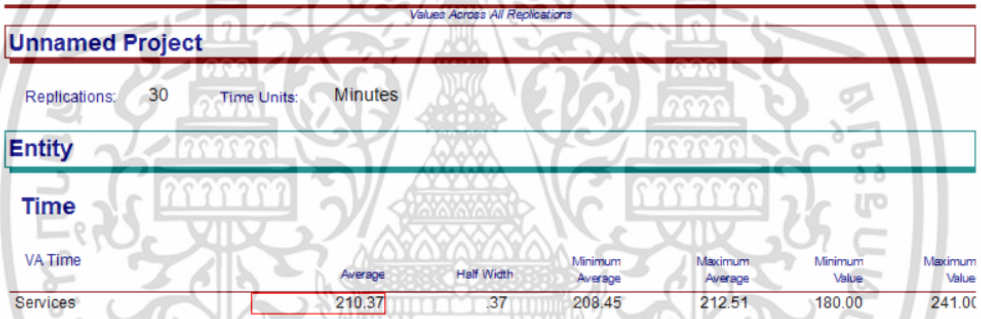
การให้บริการ เมื่อทำการทดสอบเวลาให้การให้บริการแต่ละหน่วยการให้บริการ เวลาในการให้บริการแต่หน่วยการให้บริการมีเวลาอยู่ในช่วงการแจกแจงของแต่ละสถานีดังตารางที่ 4.1 แสดงว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาในการให้บริการของแต่ละหน่วยนั้นมีความถูกต้อง ซึ่งตัวอย่างการทดสอบความถูกต้องของระยะเวลาให้การสถานีการสอบเทียบฟิกซ์เจอร์ (Calibration) ซึ่งมีการแจกแจง คือ Uniform(180, 241) โดยการทดสอบความถูกต้องของระยะเวลาในการให้บริการในระดับโมดูลย่อยของแบบจำลอง ดังรูป 4.5 และได้ผลการทดสอบความถูกต้องดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.5 ตัวอย่างการทดสอบความถูกต้องของระยะเวลาการให้บริการ



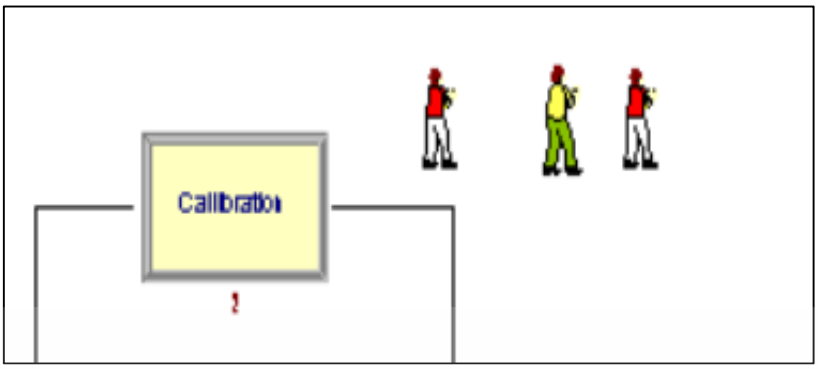
รูปที่ 4.6 ผลการทดสอบความถูกต้องของระยะเวลาการให้บริการ

จากรูปที่ 4.6 ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 210.37 นาที ซึ่งอยู่ในช่วงการแจกแจงของระยะการให้บริการสถานีการสอบเทียบฟิกซ์เจอร์ (Calibration) แสดงว่าระยะเวลาการทำงานมีความถูกต้อง

4.3.3 ความถูกต้องของจำนวนพนักงานที่ปฏิบัติงาน

ความถูกต้องของจำนวนพนักงานที่ปฏิบัติงานนั้นจะทำการตรวจสอบได้จากการเคลื่อนไหวของภาพเคลื่อนไหว (Animation) ของแบบจำลองสถานการณ์ ซึ่งแทนพนักงานแต่ละคนของห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษา ตัวอย่างผลที่ได้คือจำนวนของพนักงานที่ปฏิบัติงานมีจำนวนตรงกับการป้อนข้อมูลจำนวนพนักงาน แสดงว่าจำนวนพนักงานที่ปฏิบัติงานนั้นมีความถูกต้อง ดังรูปที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ตัวอย่างการทดสอบความถูกต้องของจำนวนพนักงานที่ปฏิบัติงาน

จากรูปที่ 4.7 แสดงการทดสอบความถูกต้องของจำนวนพนักงานที่ปฏิบัติงานในหน่วยงานสอบเทียบจากการเคลื่อนไหว (Animation) ของแบบจำลองสถานการณ์ ซึ่งแทนพนักงานแต่ละคนของสถานีการสอบเทียบฟิกซ์เจอร์ (Calibration) ผลที่ได้คือมีพนักงานจำนวน 3 คนซึ่งตรงกับจำนวนข้อมูลที่ป้อน แสดงว่าจำนวนพนักงานที่ปฏิบัติงานมีความถูกต้อง

4.4 ผลการทดสอบความสมเหตุสมผลแบบจำลองสถานการณ์

การทดสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองทางสถานการณ์จะทดสอบ 2 ส่วน ได้แก่ การทดสอบความสมเหตุสมผลของค่าเฉลี่ยจำนวนผลลัพธ์ของจำนวนงานที่เข้าสู่ระบบ (Services number in) และจำนวนผลลัพธ์ที่ออกจากระบบ (Services number out) ด้วยวิธี One Sample t-test ซึ่งทำการตรวจสอบกับข้อมูลในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคม 2558 โดยที่อัตราการเข้ามาของผู้ขอรับบริการเท่ากับ 400 รายการต่อเดือน และจำนวนงานที่ออกจากระบบเฉลี่ยเท่ากับ 400 รายการต่อเดือน ซึ่งการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์มีดังนี้ ซึ่งได้ผลการทดสอบดังนี้

4.4.1 ผลการทดสอบความสมเหตุสมผลของค่าเฉลี่ยจำนวนผลลัพธ์ของจำนวนงานที่เข้าสู่ระบบของห้องปฏิบัติการ

ซึ่งระบบจริงมีค่าเฉลี่ย 400 รายการต่อเดือน โดยการกำหนดสมมติฐานคือ

H_0 : ค่าเฉลี่ยจำนวนผลลัพธ์ของจำนวนงานที่เข้าสู่ระบบ = 400
H_1 : ค่าเฉลี่ยจำนวนผลลัพธ์ของจำนวนงานที่เข้าสู่ระบบ ≠ 400

ทำการทดสอบความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ของจำนวนงานที่เข้าสู่ระบบ เปรียบเทียบข้อมูลจากระบบจริงกับแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง โดยกำหนดค่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 (α=0.05) ทดสอบด้วยวิธี One Sample t-test โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบความสมเหตุสมผลแสดงดังรูปที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

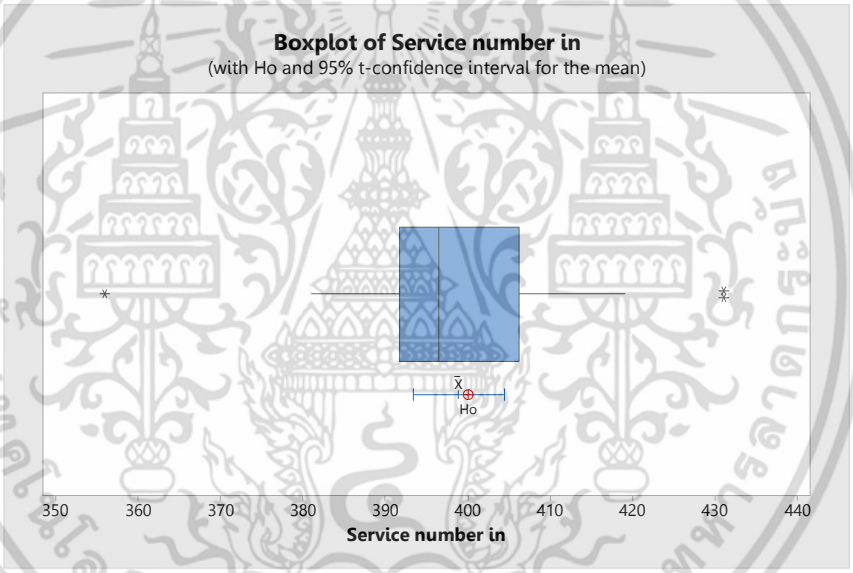
One-Sample T: Service number in

Test of μ = 400 vs ≠ 400

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
Service number in	30	398.87	14.80	2.70	(393.34, 404.39)	-0.42	0.678

รูปที่ 4.8 ผลการทดสอบ t-test ของจำนวนงานที่เข้าสู่ระบบห้องปฏิบัติการ

จากผลการทดสอบด้วยวิธี One Sample t-test พิจารณาจากค่า p-value พบว่าค่า p-value เท่ากับ 0.678 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จะได้ว่า ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก หรือกล่าวได้ว่า ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่าจำนวนผลลัพธ์ของจำนวนงานที่ออกจากระบบจริงและแบบจำลองสถานการณ์ของห้องปฏิบัติการมีความแตกต่างกัน จากการพิจารณารูปที่ 4.9 จะเห็นได้ว่าค่าสมมติฐานหลักอยู่ในช่วงระบบจริง



รูปที่ 4.9 Boxplot ของจำนวนงานที่เข้าสู่ระบบห้องปฏิบัติการ

4.4.2 ผลการทดสอบความสมเหตุสมผลของค่าเฉลี่ยจำนวนผลลัพธ์ของจำนวนงานที่ออกจากระบบของห้องปฏิบัติการ

ซึ่งระบบจริงมีค่าเฉลี่ย 400 รายการต่อเดือน โดยการกำหนดสมมติฐานคือ

H_0 : ค่าเฉลี่ยจำนวนผลลัพธ์ของจำนวนงานที่ออกจากระบบ = 400

H_1 : ค่าเฉลี่ยจำนวนผลลัพธ์ของจำนวนงานที่ออกจากระบบ ≠ 400

ทำการทดสอบความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ของจำนวนงานที่ออกจากระบบเปรียบเทียบข้อมูลจากระบบจริง กับแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง โดยกำหนดค่าระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นัยสำคัญที่ 0.05 (α=0.05) ทดสอบด้วยวิธี One Sample t-test โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบแสดงดังรูปที่ 4.10

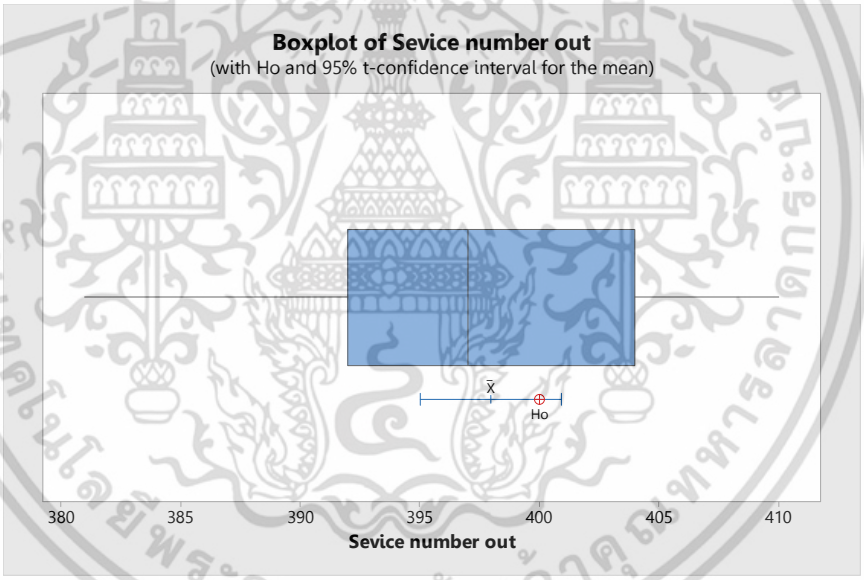
One-Sample T: Sevice number out

Test of μ = 400 vs ≠ 400

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
Sevice number out	30	397.97	7.92	1.45	(395.01, 400.93)	-1.41	0.171

รูปที่ 4.10 ผลการทดสอบ t-test ของจำนวนงานที่ออกจากระบบของห้องปฏิบัติการ

จากผลการทดสอบด้วยวิธี One Sample t-test พิจารณาจากค่า p-value พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.171 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จะได้ว่า ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก หรือกล่าวได้ว่า ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่าจำนวนผลลัพธ์ของจำนวนงานที่ออกจากระบบจริงและแบบจำลองสถานการณ์ของห้องปฏิบัติการมีความแตกต่างกัน จากการพิจารณารูปที่ 4.11 จะเห็นได้ว่าค่าสมมติฐานหลักอยู่ในช่วงระบบจริง



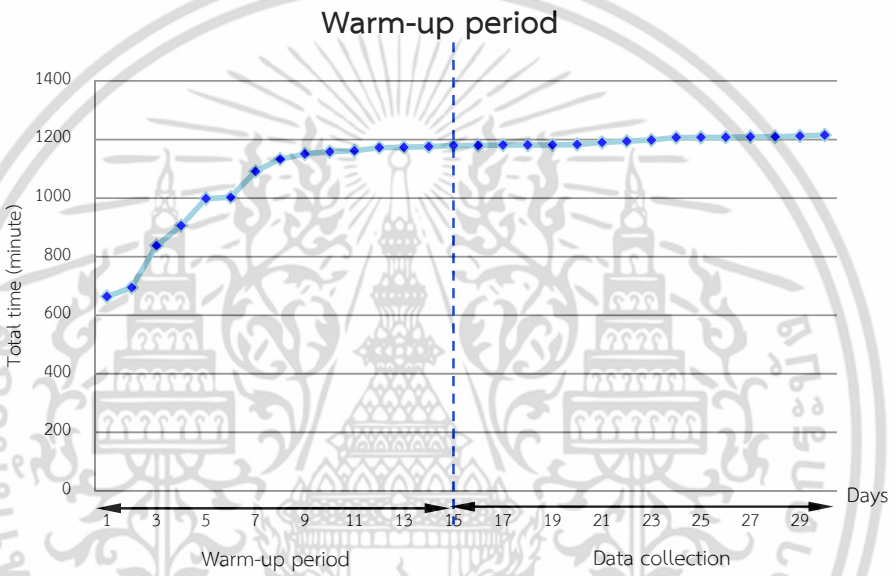
รูปที่ 4.11 Boxplot ของจำนวนงานที่ออกจากระบบห้องปฏิบัติการ

จากกทดสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง 2 ส่วน ซึ่งได้แก่ การทดสอบความสมเหตุสมผลของค่าเฉลี่ยจำนวนผลลัพธ์ของจำนวนงานที่เข้าสู่ระบบและจำนวนงานที่ออกจากระบบมีค่า p-value มีค่ามากกว่า 0.05 ซึ่งเป็นค่านัยสำคัญหรือที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองสถานการณ์ของห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานมีความสมเหตุสมผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลการวิเคราะห์การเข้าสู่สภาวะคงตัวของแบบจำลองสถานการณ์

เนื่องจากแบบจำลองที่สร้างขึ้นเป็นระบบที่ไม่มีจุดสิ้นสุด (Nonterminating system) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่อยู่ในสภาวะคงตัว (Steady-state system) จึงนำแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้รับการตรวจสอบความถูกต้องและสมเหตุสมผลมาทำการรันแบบจำลองสถานการณ์โดยกำหนดความยาวในการรันเป็นระยะเวลา 1 เดือนตลอด 24 ชั่วโมงเป็นจำนวน 30 รอบซึ่งผู้วิจัยแสดงรายละเอียดขั้นตอนการกำหนดรอบการจำลองสถานการณ์ในภาคผนวก ค แล้วทำการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยของรอบเวลาทำงานเฉลี่ย (Total time) เพื่อคำนวณหาผลลัพธ์มาสร้างกราฟโดยกำหนดค่า Warm-up period ได้ดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 การกำหนดช่วงเข้าสู่สภาวะคงตัวของแบบจำลองสถานการณ์

จากรูป 4.12 พบว่าข้อมูลค่าเฉลี่ยของรอบเวลาทำงานเฉลี่ยมีการแกว่งอยู่ในช่วง 15 วันแรกก่อนเข้าสู่สภาวะคงตัว ดังนั้นการเก็บข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์หาผลลัพธ์ที่เหมาะสมจะทำการเก็บรอบเวลาเฉลี่ยของวันที่ 15 ของการทำงานเป็นต้นไป เพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดที่มาจากการแกว่งของข้อมูล

4.6 ผลการวิเคราะห์เพื่อออกแบบทางเลือกเพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสม

ผู้วิจัยสนใจสถานีงานหลักของห้องปฏิบัติการโรงงานกรณีศึกษาได้แก่ งานสอบเทียบฟิกซ์เจอร์ งานตรวจวัดด้วย CMM งานตรวจวัดด้วย Laser scan งานทดสอบ ตรวจวัดงานโดยฟิกซ์เจอร์ และงานบริการตรวจสอบชิ้นงานนอกสถานที่ ดังนั้นจึงสร้างแบบจำลองสถานการณ์และวิเคราะห์ผลในสภาพปัจจุบันดังนี้

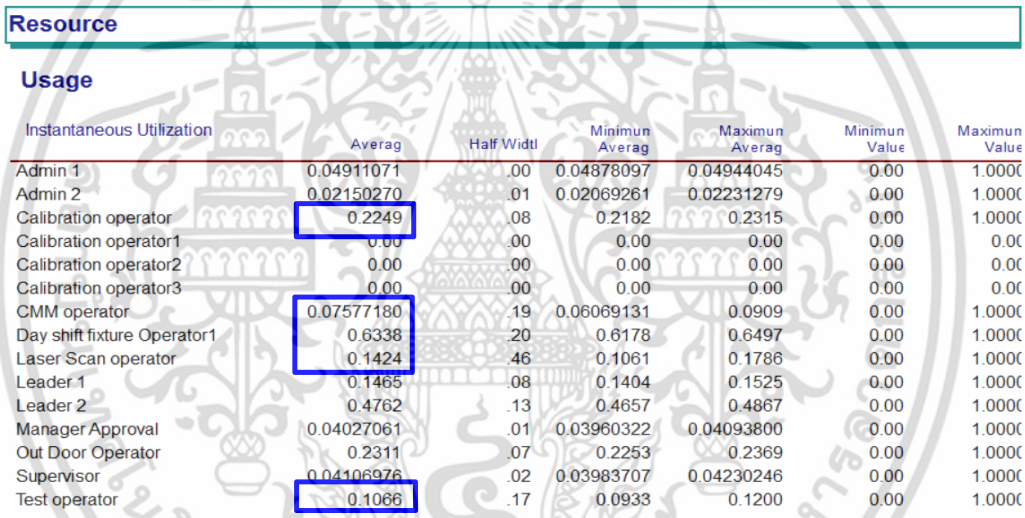
4.6.1 การวิเคราะห์งานในปัจจุบันแสดงจำนวนพนักงานในแต่ละช่วงเวลาดังตารางที่ 4.3 พบว่าอัตราการใช้ประโยชน์พนักงานมีค่าต่ำ ดังรูปที่ 4.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงจำนวนพนักงานของงานในปัจจุบัน

ประเภทงาน ช่วงเวลา	สอบเทียบฟิกซ์เจอร์	ตรวจวัดด้วย Laser scan	ตรวจวัดด้วยเครื่องCMM	งานทดสอบ	ตรวจวัดด้วยฟิกซ์เจอร์	ตรวจวัดนอกสถานที่
8:00 -17:00	3	1	1	2	3	3
20:00–5:00	0	0	0	0	2	0

จากตารางที่ 4.3 มีกำลังพลในสถานีหลักรวม 15 คน โดยมีกำลังพลสูงสุดในสถานีงานตรวจวัดด้วยฟิกซ์เจอร์รวม 5 คน และมีจำนวนกำลังพลต่ำสุดในสถานีตรวจวัดด้วย Laser scan และตรวจวัดด้วย CMM จำนวน 1 คน เท่ากันทั้งสองสถานี



Resource

Usage

Instantaneous Utilization	Averag	Half Width	Minimun Averag	Maximun Averag	Minimun Value	Maximun Value
Admin 1	0.04911071	.00	0.04878097	0.04944045	0.00	1.000(
Admin 2	0.02150270	.01	0.02069261	0.02231279	0.00	1.000(
Calibration operator	0.2249	.08	0.2182	0.2315	0.00	1.000(
Calibration operator1	0.00	.00	0.00	0.00	0.00	0.0(
Calibration operator2	0.00	.00	0.00	0.00	0.00	0.0(
Calibration operator3	0.00	.00	0.00	0.00	0.00	0.0(
CMM operator	0.07577180	.19	0.06069131	0.0909	0.00	1.000(
Day shift fixture Operator1	0.6338	.20	0.6178	0.6497	0.00	1.000(
Laser Scan operator	0.1424	.46	0.1061	0.1786	0.00	1.000(
Leader 1	0.1465	.08	0.1404	0.1525	0.00	1.000(
Leader 2	0.4762	.13	0.4657	0.4867	0.00	1.000(
Manager Approval	0.04027061	.01	0.03960322	0.04093800	0.00	1.000(
Out Door Operator	0.2311	.07	0.2253	0.2369	0.00	1.000(
Supervisor	0.04106976	.02	0.03983707	0.04230246	0.00	1.000(
Test operator	0.1066	.17	0.0933	0.1200	0.00	1.000(

รูปที่ 4.13 อัตราการใช้ประโยชน์กำลังพลของแบบจำลองการทำงานปัจจุบัน

จากผลในรูปที่ 4.13 แสดงให้เห็นว่าพนักงานยังทำงานได้ไม่เต็มที่จึงนำมาคำนวณหาเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการใช้ประโยชน์กำลังพลดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการใช้ประโยชน์กำลังพล

ค่าการใช้ประโยชน์กำลังพลต่อคน (เปอร์เซ็นต์)						ค่าเฉลี่ยการใช้ประโยชน์กำลังพล (เปอร์เซ็นต์)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการใช้ประโยชน์ของกำลังพล (เปอร์เซ็นต์)
สอบเทียบฟิกซ์เจอร์	ตรวจวัดด้วย Laser scan	ตรวจวัดด้วยเครื่อง CMM	งานทดสอบ	ตรวจวัดด้วยฟิกซ์เจอร์	งานตรวจวัดนอกสถานที่		
22.49	14.24	7.57	10.66	63.38	23.11	23.58	20.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.4 พบว่าค่าการใช้ประโยชน์กำลังพลสูงสุดคือสถานีงานตรวจวัดด้วยฟิกซ์เจอร์ มีค่า 63.38 เปอร์เซ็นต์ และสถานีตรวจวัดด้วย CMM มีค่าน้อยที่สุดคือ 7.57 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำค่าการใช้ประโยชน์กำลังพลของพนักงานแต่ละคนมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยการใช้ประโยชน์กำลังพลมีค่าเท่ากับ 23.59 เปอร์เซ็นต์ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำอีกทั้งการทำงานไม่สมดุลกันแสดงดังค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าการใช้ประโยชน์กำลังพลซึ่งมีค่าเท่ากับ 20.47 และมีผลลัพธ์ของปริมาณงานที่ออกจากระบบด้วยการสร้างแบบจำลองเท่ากับ 400 รายการ ดังนั้นผู้วิจัยจึงออกแบบแนวคิดทางเลือกในการปรับปรุงเพื่อมาสร้างแบบจำลองด้วยหลักการ ECRS ดังนี้

4.6.2 การออกแบบทางเลือก

จากการศึกษาข้อมูลเชิงเวลาในการให้บริการแต่ละสถานีจากเอกสารมาตรฐานการทำงานร่วมกับการสังเกตการทำงานและจับเวลาการทำงานแล้วจึงสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์ผลในสภาพปัจจุบันได้นั้นผู้วิจัยพบสภาวะว่างงานของคนในกระบวนการทำงานหลายกระบวนการทำให้เกิดความสูญเปล่าสะท้อนถึงการใช้ประโยชน์ของกำลังพลที่ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ รวมทั้งสภาวะการกระจุกตัวของงานในบางกระบวนการ ทำให้เกิดภาระงานมากสำหรับผู้ปฏิบัติงานในกระบวนการนั้นๆ ทั้งนี้เนื่องจากความไม่สมดุลของกระบวนการนั่นเอง ดังนั้นผู้วิจัยจึงจัดทำการวิเคราะห์กระบวนการทำงานด้วยหลักการ ECRS ดังตาราง 4.5 และวิเคราะห์กำลังพลของแต่ละสถานีดังตาราง 4.6

ตารางที่ 4.5 แสดงการวิเคราะห์กระบวนการทำงานโดยใช้หลักการ ECRS ของสถานีงานหลัก

สถานี	กำจัดขั้นตอนที่ไม่จำเป็น (E)	รวมขั้นตอนเข้ากัน (C)	จัดขั้นตอนการทำงานใหม่ (R)	ปรับปรุงขั้นตอนให้ง่ายขึ้น (S)
สอบเทียบฟิกซ์เจอร์	ไม่ได้ เพราะเป็นขั้นตอนการทำงานหลัก	**ทำได้** คือรวมสถานีงานที่พนักงานต้องใช้ทักษะการทำงานคล้ายคลึงกันกับสถานีตรวจวัดด้วย Laser scan และ CMM	ไม่ได้ เพราะเป็นขั้นตอนที่ทำก่อนขั้นตอนส่งรายงาน	ไม่ได้เพราะเป็นขั้นตอนที่ง่าย
งานตรวจวัดด้วย Laser scan	ไม่ได้ เพราะเป็นขั้นตอนการทำงานหลัก	**ทำได้** คือพนักงานต้องใช้ทักษะการทำงานคล้ายคลึงกับสถานีตรวจวัดด้วย Laser scan และ CMM	ไม่ได้ เพราะเป็นขั้นตอนที่ทำก่อนขั้นตอนส่งรายงาน	ไม่ได้เพราะเป็นขั้นตอนที่ง่าย
ตรวจวัดด้วย CMM	ไม่ได้ เพราะเป็นขั้นตอนการทำงานหลัก	**ทำได้** คือพนักงานต้องใช้ทักษะการทำงานคล้ายคลึงกับสถานีตรวจวัดด้วย Laser scan และ CMM	ไม่ได้ เพราะเป็นขั้นตอนที่ทำก่อนขั้นตอนส่งรายงาน	ไม่ได้เพราะเป็นขั้นตอนที่ง่าย
งานทดสอบ	ไม่ได้ เพราะเป็นขั้นตอนการทำงานหลัก	ไม่ได้ เพราะเป็นงานที่ใช้ทักษะการทำงานเฉพาะเจาะจง	ไม่ได้ เพราะเป็นขั้นตอนที่ทำก่อนขั้นตอนส่งรายงาน	ไม่ได้เพราะเป็นขั้นตอนที่ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) แสดงการวิเคราะห์กระบวนการทำงานโดยใช้หลักการ ECRS ของสถานีงานหลัก

สถานี	กำจัดขั้นตอนที่ไม่จำเป็น (E)	รวมขั้นตอนเข้ากัน (C)	จัดขั้นตอนการทำงานใหม่ (R)	ปรับปรุงขั้นตอนให้ง่ายขึ้น (S)
ตรวจวัดงานโดยฟิกซ์เจอร์	ไม่ได้ เพราะเป็นขั้นตอนการทำงานหลัก	ไม่ได้ สถานีตรวจวัดมีค่าการใช้ประโยชน์มากที่สุด	ไม่ได้ เพราะเป็นขั้นตอนที่ทำก่อนขั้นตอนส่งรายงาน	ไม่ได้เพราะเป็นขั้นตอนที่ง่าย
งานตรวจวัดนอกสถานที่	ไม่ได้ เพราะเป็นขั้นตอนการทำงานหลัก	ไม่ได้ เนื่องจากเป็นงานที่ต้องออกไปทำนอกสถานที่	ไม่ได้ เพราะเป็นขั้นตอนที่ทำก่อนขั้นตอนส่งรายงาน	ไม่ได้เพราะเป็นขั้นตอนที่ง่าย

จากตารางที่ 4.5 พบว่าการวิเคราะห์ด้วยหลักการ ECRS พบว่าทำได้อยู่ 3 สถานีคือ สถานีสอบเทียบ งานตรวจวัดด้วย Lase scan และตรวจวัดด้วย CMM โดยทำได้ในเรื่องรวมขั้นตอนเข้ากัน ซึ่งเหตุผลที่ต้องเลือกปรับปรุงเนื่องจากพนักงานของทั้งสามสถานีมีค่าการใช้ประโยชน์ของกำลังพลต่ำ และพนักงานต้องใช้ทักษะของเครื่องคล้ายคลึงกันเข้ามารวมกัน โดยรวมเอาการสอบเทียบ การตรวจวัดด้วย CMM และ Laser scan เข้าเป็นหน่วยงานเดียวกันนำไปสู่การออกแบบทางเลือกที่ 1

การออกแบบทางเลือกที่ 1 มีแนวคิดจัดกลุ่มงานที่มีค่าการใช้ประโยชน์ต่ำและพนักงานต้องใช้ทักษะของเครื่องคล้ายคลึงกันเข้ามารวมกัน โดยรวมเอาการสอบเทียบ การตรวจวัดด้วย CMM และ Laser scan เข้าเป็นหน่วยงานเดียวกันและปรับเปลี่ยนกำลังพลเป็น 5 คน แล้วกำหนดเวลาในการทำงานเท่ากับหน่วยงานที่มากที่สุดคือสถานี Laser scan

จากนั้นผู้วิจัยจัดทำการวิเคราะห์กำลังพลของแต่ละสถานีด้วยหลักการ ECRS ดังตาราง 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงการวิเคราะห์กำลังพลของแต่ละสถานีด้วยด้วยหลักการ ECRS ของสถานีงานหลัก

สถานี	กำจัดกำลังพลส่วนที่ไม่จำเป็น (E)	รวมกำลังพลเข้าด้วยกัน (C)	จัดเรียงกำลังพลใหม่ (R)	ปรับปรุงให้ง่ายขึ้น (S)
สอบเทียบฟิกซ์เจอร์ การตรวจวัดLaser scan & CMM	**ทำได้** เพราะเป็นขั้นตอนที่มีค่าการใช้ประโยชน์กำลังพลต่ำ	ไม่ได้ เพราะเป็นงานที่ใช้ทักษะการทำงานที่เฉพาะเจาะจง	ไม่ได้ เพราะเป็นขั้นตอนที่ทำหนึ่งงานต่อคนและเป็นการทำงานเฉพาะกะกลางวัน	ไม่ได้เพราะเป็นขั้นตอนที่ง่าย
งานทดสอบ	**ทำได้** เพราะเป็นขั้นตอนที่มีค่าการใช้ประโยชน์กำลังพลต่ำ	ไม่ได้ เพราะเป็นงานที่ใช้ทักษะการทำงานที่เฉพาะเจาะจง	ไม่ได้ เพราะเป็นขั้นตอนที่ทำหนึ่งงานต่อคนและเป็นการทำงานเฉพาะกะกลางวัน	ไม่ได้เพราะเป็นขั้นตอนที่ง่าย
ตรวจวัดงานโดยฟิกซ์เจอร์	ไม่ได้ เพราะเป็นขั้นตอนที่มีค่าการใช้ประโยชน์กำลังพลสูง	**ทำได้** เพราะเป็นงานที่ใช้ทักษะการทำงานความรู้ช่างพื้นฐาน	**ทำได้** เพราะเป็นสถานีที่ทำงานทั้งกะกลางวันและกลางคืน	ไม่ได้เพราะเป็นขั้นตอนที่ง่าย
งานตรวจวัดนอกสถานที่	**ทำได้** เพราะเป็นขั้นตอนที่มีค่าการใช้ประโยชน์กำลังพลต่ำ	ไม่ได้ เนื่องจากเป็นงานที่ต้องออกไปนอกสถานที่	ไม่ได้ เพราะเป็นขั้นตอนที่ทำหนึ่งงานต่อคนและเป็นการทำงานอยู่นอกสถานที่	ไม่ได้เพราะเป็นขั้นตอนที่ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.6 พบว่าการวิเคราะห์ด้วยหลักการ ECRS พบว่าทำได้อยู่ 5 หัวข้อคือ กำจัดกำลังพลที่ไม่จำเป็นกระทำได้ 3 สถานีคือ

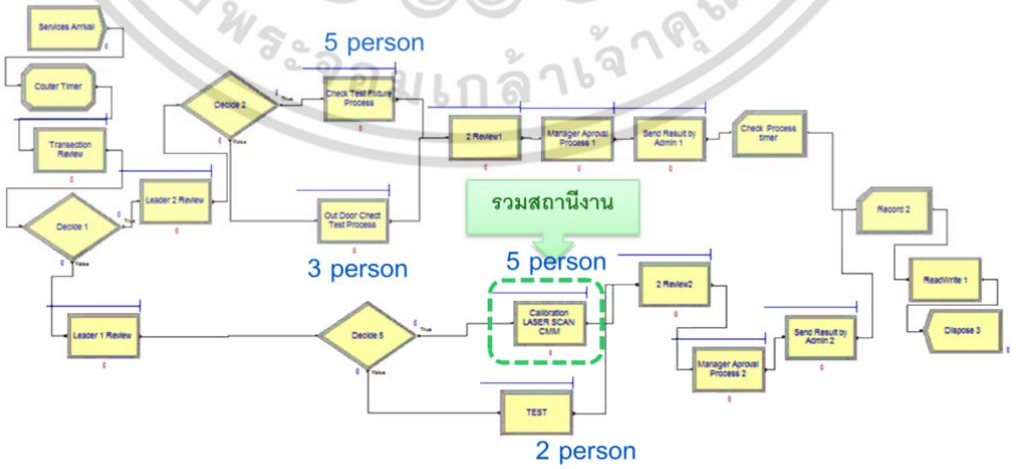
- สอบเทียบฟิกซ์เจอร์การตรวจวัดด้วย Laser scan และ CMM
- งานทดสอบ
- งานตรวจวัดนอกสถานที่

ซึ่งเหตุผลที่ต้องเลือกปรับปรุงเนื่องจากพนักงานของทั้งสามสถานีดังกล่าวมาข้างต้นมีค่าการใช้ประโยชน์ของกำลังพลต่ำ ส่วนการวิเคราะห์ด้วยหลักการ ECRS พบว่ากระทำได้อีก 2 หัวข้อคือ รวมกำลังพลเข้าด้วยกันและจัดเรียงกำลังพลใหม่ สามารถกระทำที่สถานีตรวจวัดงานด้วยฟิกซ์เจอร์ โดยเหตุผลที่เลือกปรับปรุงรวมกำลังพลเข้าด้วยกัน เนื่องจากเป็นงานขั้นตอนที่มีค่าการใช้ประโยชน์กำลังพลสูงสุดและใช้ทักษะการทำงานความรู้ช่างพื้นฐานโดยที่หากปรับลดกำลังพลจากส่วนที่ไม่จำเป็นออกแล้วนำมาเติมในสถานีตรวจวัดงานด้วยฟิกซ์เจอร์ได้ อีกทั้งยังสามารถจัดเรียงกำลังพลใหม่ได้เพราะเป็นสถานีที่ทำงานทั้งกะกลางวันและกลางคืนนำไปสู่การออกแบบทางเลือกที่ 2 และการออกแบบทางเลือกที่ 3 ดังนี้

การออกแบบทางเลือกที่ 2 มีแนวคิดจัดกลุ่มงานที่มีค่าการใช้ประโยชน์ต่ำและพนักงานต้องใช้ทักษะของเครื่องคล้ายคลึงกันเข้ามารวมกัน โดยรวมเอาการสอบเทียบ การตรวจวัดด้วย CMM และ Laser scan เข้าเป็นหน่วยงานเดียวกันและลดจำนวนพนักงานลงเหลือ 2 คน

การออกแบบทางเลือกที่ 3 มีแนวคิดจัดกลุ่มงานที่มีค่าการใช้ประโยชน์ต่ำและพนักงานต้องใช้ทักษะของเครื่องคล้ายคลึงกันเข้ามารวมกัน โดยรวมเอาการสอบเทียบ การตรวจวัดด้วย CMM และ Laser scan เข้าเป็นหน่วยงานเดียวกันและลดจำนวนพนักงานลงเหลือ 2 คน และลดจำนวนพนักงานบริการตรวจสอบชิ้นงานนอกสถานที่เหลือ 1 คน อีกทั้งเพิ่มปริมาณพนักงานตรวจวัดด้วยฟิกซ์เจอร์อีก 3 คน ซึ่งเป็นการรวมสถานีงานและปรับเพิ่มลดกำลังพลคนให้สมดุล

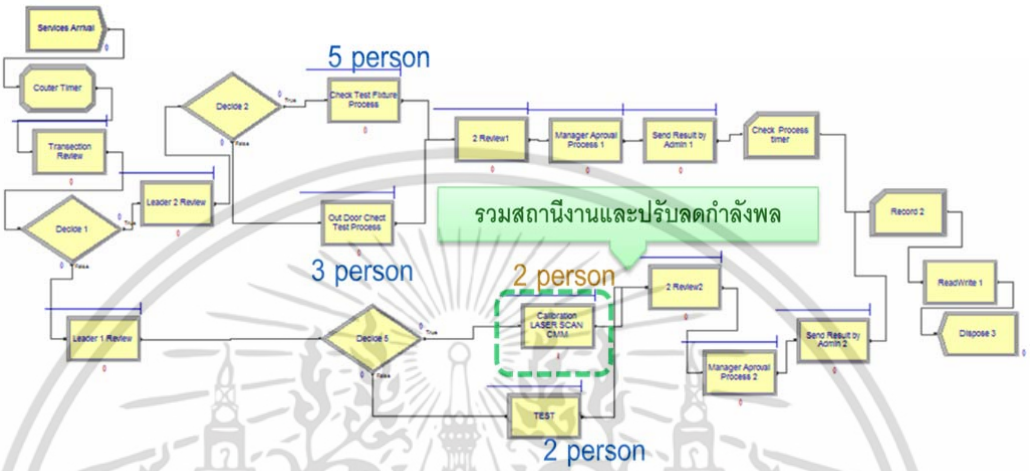
โดยทั้ง 3 แนวคิดเงื่อนไขการทำงานปรับปรุงทางเลือกสามารถสร้างแบบจำลองสถานการณ์ได้เป็นแบบจำลองสถานการณ์แนวคิดเงื่อนไขการทำงานปรับปรุงทางเลือกที่ 1 แสดงดังรูปที่ 4.14 แบบจำลองสถานการณ์แนวคิดเงื่อนไขการทำงานปรับปรุงทางเลือกที่ 2 แสดงดังรูปที่ 4.15 และแบบจำลองสถานการณ์แนวคิดเงื่อนไขการทำงานปรับปรุงทางเลือกที่ 3 แสดงดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.14 แบบจำลองสถานการณ์แนวคิดการออกแบบทางเลือกที่ 1

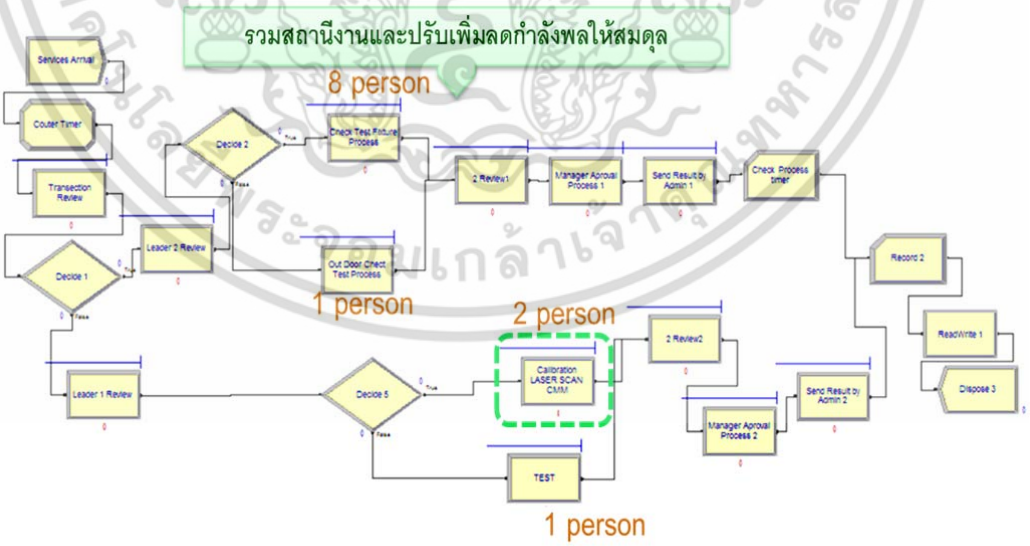
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.14 ผู้วิจัยสร้างแบบจำลองสถานการณ์ตามแนวคิดการออกแบบทางเลือกที่ 1 โดยรวมเอาการสอบเทียบ การตรวจวัดด้วย CMM และ Laser scan เข้าเป็นหน่วยงานเดียวกันและปรับเปลี่ยนกำลังพลเป็น 5 คน แล้วกำหนดเวลาในการทำงานเท่ากับหน่วยงานที่มากที่สุดคือสถานี Laser scan



รูปที่ 4.15 แบบจำลองสถานการณ์แนวคิดการออกแบบทางเลือกที่ 2

จากรูปที่ 4.15 ผู้วิจัยสร้างแบบจำลองสถานการณ์ตามแนวคิดการออกแบบทางเลือกที่ 2 โดยรวมเอาการสอบเทียบ การตรวจวัดด้วย CMM และ Laser scan เข้าเป็นหน่วยงานเดียวกันและปรับเปลี่ยนกำลังพลเป็น 2 คน



รูปที่ 4.16 แบบจำลองสถานการณ์แนวคิดการออกแบบทางเลือกที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.16 ผู้วิจัยสร้างแบบจำลองสถานการณ์ตามแนวคิดการออกแบบทางเลือกที่ 3 โดยรวมเอาการสอบเทียบ การตรวจวัดด้วย CMM และ Laser scan เข้าเป็นหน่วยงานเดียวกันและลดจำนวนพนักงานลงเหลือ 2 คน และลดจำนวนพนักงานบริการตรวจสอบชิ้นงานนอกสถานที่เหลือ 1 คน อีกทั้งเพิ่มปริมาณพนักงานตรวจวัดด้วยฟิกซ์เจอร์อีก 3 คน เป็นการรวมสถานีงานและปรับเพิ่มลดกำลังพลให้สมดุล

เมื่อผู้วิจัยกำหนดทางเลือกตามหลัก ECRS แล้วนำปัจจัยแต่ละทางเลือกกำหนดในแบบจำลองสถานการณ์ และนำผลลัพธ์ที่ได้ของแต่ละทางเลือกมาเปรียบเทียบเพื่อจัดการกำลังพลในห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษาโดยผลลัพธ์มีดังนี้

4.6.3 ผลการเปรียบเทียบผลลัพธ์

คำตอบของการออกแบบทางเลือกที่เหมาะสมพิจารณาจากผลลัพธ์ที่ได้ของการออกแบบทางเลือกกับระบบการทำงานปัจจุบันด้วยการเปรียบเทียบจากผลลัพธ์ต่อไปนี้

4.6.3.1 จำนวนกำลังพลรวมในสถานีหลัก

จำนวนกำลังพลรวมของสถานีหลัก คือจำนวนพนักงานสถานีหลักในแบบจำลองสถานการณ์ของฝ่ายควบคุมคุณภาพ นำไปหาคำตอบที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบโดยจำนวนกำลังพลของพนักงานของแต่ละสถานีในการออกแบบทางเลือกทั้งสามแสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แสดงจำนวนกำลังพลของพนักงานของแต่ละสถานีงาน

การออกแบบทางเลือก	ช่วงเวลาการทำงาน	สอบเทียบฟิกซ์เจอร์การตรวจวัดด้วย Laser scan และ CMM (คน)	ทดสอบ (คน)	ตรวจวัดด้วยฟิกซ์เจอร์ (คน)	ตรวจวัดนอกสถานที่ (คน)
ทางเลือกที่ 1	08:00 -17:00	5	2	3	3
	20:00– 05:00	0	0	2	0
ทางเลือกที่ 2	08:00 -17:00	2	2	3	3
	20:00– 05:00	0	0	2	0
ทางเลือกที่ 3	08:00 -17:00	2	1	5	1
	20:00– 05:00	0	0	3	0

จากตารางที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าทางเลือกที่ 1 , 2 และ 3 ลดสถานีงานลงเหลือ 4 สถานีงานเท่ากันโดยมีความแตกต่างด้านกำลังพลรวมทุกสถานีเป็น 15, 12 และ 12 คนตามลำดับ และจากแนวคิดการออกแบบทางเลือกผู้วิจัยทำการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ โดยใช้จำนวน 30 รอบทำซ้ำ (ซึ่งผู้วิจัยแสดงรายละเอียดขั้นตอนการกำหนดรอบการจำลองสถานการณ์ในภาคผนวก ค) มี Warm-up period เท่ากับ 15 วัน กำหนดความยาวของรอบในการรัน (Run Length) เท่ากับ 45 วันโดยใช้จำนวนพนักงานของแต่ละสถานีของการออกแบบทางเลือกทั้งสามแสดงดังตารางที่ 4.7 จากนั้นจึงนำมาหาผลลัพธ์ค่าการใช้ประโยชน์กำลังพลต่อคนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.3.2 เปอร์เซ็นต์การใช้ประโยชน์กำลังพลต่อคน

เปอร์เซ็นต์การใช้ประโยชน์กำลังพลต่อคน คือค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การใช้ประโยชน์กำลังพลต่อพนักงาน 1 คนของแต่ละสถานีซึ่งได้จากการรันแบบจำลองสถานการณ์ของการออกแบบทางเลือก ผลลัพธ์ได้ค่าดังตาราง 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าการใช้ประโยชน์กำลังพลของการออกแบบทางเลือก

การออกแบบทางเลือก	ค่าการใช้ประโยชน์กำลังพลต่อคน (เปอร์เซ็นต์)			
	สอบเทียบฟิกซ์เจอร์การตรวจวัดด้วย Laser scan และ CMM	ทดสอบ	ตรวจวัดด้วยฟิกซ์เจอร์	ตรวจวัดนอกสถานที่
ทางเลือกที่ 1	21.87	15.95	64.58	22.37
ทางเลือกที่ 2	37.39	19.62	62.75	22.13
ทางเลือกที่ 3	37.41	26.99	48.79	41.44

จากตารางที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าค่าการใช้ประโยชน์กำลังพลต่อคนของการออกแบบทางเลือกที่ 1 ทางเลือกที่ 2 และ ทางเลือกที่ 3 ของสถานีสอบเทียบฟิกซ์เจอร์การตรวจวัดด้วย Laser scan และ CMM เท่ากับ 21.87, 37.39 และ 37.41 ตามลำดับ สถานีทดสอบ 15.95, 19.62 และ 26.99 ตามลำดับ สถานีตรวจวัดด้วยฟิกซ์เจอร์ 64.58, 62.75 และ 48.79 ตามลำดับ สถานีตรวจวัดนอกสถานที่ 22.37, 22.13 และ 41.44 ตามลำดับ

4.6.3.3 ค่าเฉลี่ยการใช้ประโยชน์กำลังพล ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และปริมาณผลลัพธ์ที่ออกจากระบบ

โดยค่าเฉลี่ยการใช้ประโยชน์กำลังพลนั้นได้จากการนำเอาค่าการใช้ประโยชน์กำลังพลต่อคนของแต่ละสถานีมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยการใช้ประโยชน์กำลังพล แล้วคำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าการใช้ประโยชน์กำลังพล และปริมาณงานที่ได้ออกจากการระบบได้จากค่าเฉลี่ยปริมาณงานที่ได้ออกจากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์แสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และปริมาณงานที่ออกจากระบบของการการออกแบบทางเลือก

การออกแบบทางเลือก	ค่าเฉลี่ยการใช้ประโยชน์กำลังพล	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าการใช้ประโยชน์กำลังพล	ปริมาณงานที่ออกจากระบบ (รายการ)
ทางเลือกที่ 1	31.19	22.45	387
ทางเลือกที่ 2	35.47	19.81	394
ทางเลือกที่ 3	38.66	9.09	400

จากตารางที่ 4.9 พบว่าผลลัพธ์ค่าเฉลี่ยของการใช้ประโยชน์ของกำลังพลต่อคนเท่ากับ 31.19, 35.47 และ 38.66 ตามลำดับ มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการใช้ประโยชน์กำลังพลเท่ากับ 22.45, 19.81 และ 9.09 ตามลำดับ โดยปริมาณงานที่ออกจากระบบของแบบจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานการณ์ของการออกแบบทางเลือกที่ 1 ทางเลือกที่ 2 และ ทางเลือกที่ 3 พบว่ามีค่าเท่ากับ 387, 394 และ 400 รายการตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับระบบปัจจุบันคือเฉลี่ย 400 รายการต่อเดือน

4.7 สรุปผลหาคำตอบที่เหมาะสมเพื่อประยุกต์ใช้

จากการออกแบบทางเลือกที่ประกอบด้วยกระบวนการ 3 ขั้นตอนที่เริ่มต้นจากวิเคราะห์ผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์ได้แก่ ค่าการใช้ประโยชน์ของกำลังพล ปริมาณงานที่ออกจากระบบ และรอบเวลารวม แล้ววิเคราะห์กระบวนการทำงานและกำลังพลของแต่ละสถานีด้วยหลักการ ECRS ของสถานีงานหลัก โดยทำการออกแบบทางเลือกเพื่อจัดสมดุลและวางแผนกำลังพล ขั้นตอนที่สองทำการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ตามแนวคิดการออกแบบของแต่ละทางเลือกมารันหาผลลัพธ์ของแต่ละทางเลือก นำไปสู่ขั้นตอนสุดท้ายจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดทางเลือกที่เหมาะสมในการจัดสมดุลและวางแผนกำลังพลตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยดังนี้

4.7.1 สรุปผลหาคำตอบที่เหมาะสม

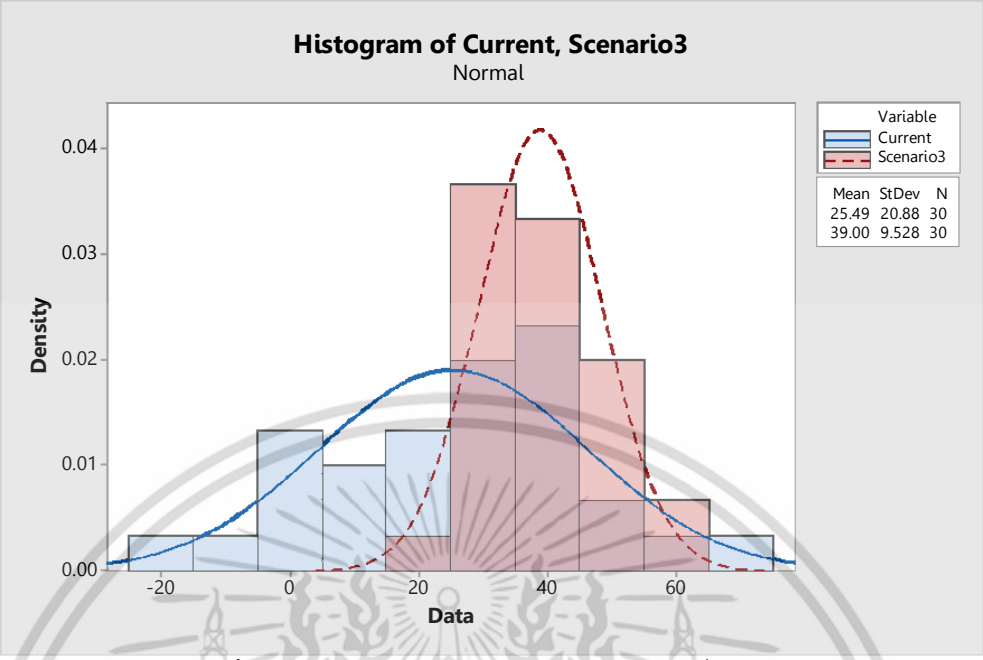
เมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของค่าเฉลี่ยของการใช้ประโยชน์ของกำลังพลต่อคนและความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าการใช้ประโยชน์กำลังพลของการออกแบบทางเลือกจากแบบจำลองสถานการณ์พบว่า ทางเลือกที่ 3 มีผลลัพธ์ค่าเฉลี่ยของการใช้ประโยชน์ของกำลังพลต่อคนเท่ากับ 38.66 เป็นค่าสูงสุดแสดงถึงเป็นทางเลือกที่พนักงานทำงานเต็มเวลามากกว่าการออกแบบทางเลือกแบบที่ 1 และการออกแบบทางเลือกที่ 2 อีกทั้งมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการใช้ประโยชน์กำลังพลเท่ากับ 9.09 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดแสดงถึงความสมดุลภาระงานระหว่างภายในของแต่ละสถานีงานหลัก โดยที่ปริมาณงานที่ออกจากระบบเท่ากับ 400 รายการซึ่งไม่ต่างกับระบบปัจจุบัน เพราะฉะนั้นการจัดการด้านการวางแผนกำลังพลของห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษานั้นแบบปรับปรุงทางเลือกที่ 3 มีความเหมาะสมกว่าแบบปัจจุบัน โดยมีความสมดุลและเป็นค่าทีเหมาะสมที่สุดนั้นจึงนำมาทำการเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์ของแบบจำลองการทำงานปัจจุบันดังตารางที่ 4.10 และ รูปที่ 4.17

ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์ของแบบจำลอง

ระบบ	กำลังพลรวม สถานีหลัก	ค่าเฉลี่ยการใช้ ประโยชน์กำลังพล	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่า การใช้ประโยชน์กำลังพล
การทำงานปัจจุบัน	15	23.58	20.47
ทางเลือกที่ 3	12	38.66	9.09
ความแตกต่าง	-20.00 %	63.95 %	-55.59 %

จากตารางที่ 4.10 เมื่อพิจารณาการจำลองสถานการณ์ของการทำงานปัจจุบันเปรียบเทียบกับการออกแบบทางเลือกที่ 3 จะเห็นได้ว่าลดกำลังพลรวมลงได้ 20.0% มีค่าเฉลี่ยของการใช้ประโยชน์ของกำลังพลเพิ่มขึ้น 63.95% ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าการใช้ประโยชน์ของกำลังพลลดลง 55.59% โดยผลลัพธ์ของปริมาณงานยังคงเท่าเดิมคือ 400 รายการต่อเดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 กราฟการแจกแจงแบบปกติของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากรูปที่ 4.17 เมื่อพิจารณารูปกราฟจะเห็นได้ว่าการออกแบบทางเลือกที่ 3 มีค่าเฉลี่ยการใช้ประโยชน์กำลังพลที่สูงกว่าการทำงานปัจจุบันแสดงดังความสูงของโค้ง และการออกแบบทางเลือกที่ 3 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการใช้ประโยชน์กำลังพลที่ต่ำกว่าการทำงานปัจจุบันแสดงดังพื้นที่ใต้โค้ง ซึ่งแสดงว่าการออกแบบทางเลือกที่ 3 ทำให้พนักงานทำงานเต็มเวลาและความสมดุลภาระงานระหว่างภายในของแต่ละสถานีงานหลักมากกว่าการทำงานปัจจุบัน เพราะฉะนั้นการจัดการด้านการวางแผนกำลังพลของห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษานั้นแบบปรับปรุงทางเลือกที่ 3 มีความเหมาะสมกว่าแบบปัจจุบัน ผลการออกแบบทางเลือกเพื่อจัดสมดุลและวางแผนกำลังพลนี้ได้นำไปประยุกต์ใช้จริงได้ผลลัพธ์ดังนี้

4.7.2 ผลการประยุกต์ใช้จริง

จากผลสรุปการออกแบบทางเลือกเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมในการวางแผนกำลังพลโดยใช้การจำลองสถานการณ์นั้นผู้วิจัยได้นำมาประยุกต์ใช้จริงกับฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษาในเดือนพฤศจิกายน 2558 ถึงเดือนมกราคม 2559 ซึ่งงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเก็บข้อมูลหลังจากปรับปรุงระบบมาเป็นหาค่าเฉลี่ยผลลัพธ์ รวมไปถึงค่าความแปรปรวนเพื่อใช้ในการสร้างช่วงความเชื่อมั่น ใช้วิธีการทดสอบสองกลุ่มตัวอย่าง (2-Sample-t test) การทดสอบนี้ตั้งอยู่บนสมมติฐานที่มีการแจกแจงปกติมีจำนวนรอบในการทำซ้ำไม่เท่ากันโดยรายละเอียดการเปรียบเทียบเป็นดังนี้

4.7.2.1 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์การปรับปรุงระบบจากแบบจำลองสถานการณ์การนำไปใช้จริง โดยพิจารณาจากผลลัพธ์ของปริมาณงานเฉลี่ยที่ออกจากระบบของการออกแบบทางเลือกแบบจำลองที่ผู้วิจัยกำหนดให้เป็นคำตอบที่เหมาะกับผลลัพธ์จากการนำไปใช้จริงซึ่งจะทำการเก็บข้อมูลในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2558 ถึงเดือนมกราคม 2559 โดยที่ปริมาณงานที่ออกจากระบบจริงคือ 411, 379 และ 396 ตามลำดับสามารถแสดงข้อมูลการเปรียบเทียบดังตารางที่ 4.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ข้อมูลการเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์และการนำไปใช้จริง

ระบบ	กำลังพลรวมสถานีหลัก	ปริมาณงานเฉลี่ยที่ออกจากระบบ(รายการ)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
การออกแบบทางเลือกของแบบจำลอง	12	398	7.92
การนำไปใช้ใช้จริง	12	396	16.0

แล้วทำการทดสอบโดยตั้งสมมติฐานหลักและสมมติฐานรองดังนี้

H_0 : ผลลัพธ์ของปริมาณงานเฉลี่ยที่ออกจากระบบที่ได้จากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์มีลักษณะตรงกับการนำไปใช้จริง

H_1 : ผลลัพธ์ของปริมาณงานเฉลี่ยที่ออกจากระบบที่ได้จากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์มีลักษณะไม่ตรงกับการนำไปใช้จริง

กำหนดระดับนัยสำคัญ (Level of significance) α=0.05 แล้วทดสอบสมมติฐานโดยใช้โปรแกรม Minitab ด้วยวิธี 2-Sample t-test การเปรียบเทียบกันเพื่อใช้ตัดสินถึงผลลัพธ์นั้นมีนัยสำคัญทางสถิติได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.18

Two-Sample T-Test and CI

```
Sample   N     Mean   StDev  SE Mean
1       30   398.00    7.92      1.4
2        3   396.0     16.0      9.2


Difference = μ (1) - μ (2)
Estimate for difference:  2.00
95% upper bound for difference:  29.32
T-Test of difference = 0 (vs <): T-Value = 0.21  P-Value = 0.575  DF = 2
```

รูปที่ 4.18 ผลการทดสอบ 2-Sample t-test ของปริมาณงานเฉลี่ยที่ออกจากระบบได้จากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์และการนำไปใช้จริง

จากรูปที่ 4.18 ผลการทดสอบด้วยวิธี 2-Sample t-test พิจารณาจากค่า p-value พบว่าค่า p-value เท่ากับ 0.575 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จะได้ว่าไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก (Fail to reject H0) หรือกล่าวได้ว่า ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่าปริมาณงานเฉลี่ยที่ออกจากระบบที่ได้จากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์และการนำไปใช้จริงของห้องปฏิบัติการมีความแตกต่างกัน

4.7.2.2 การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์ระบบดั้งเดิมและการนำไปใช้จริง โดยพิจารณาจากผลลัพธ์ของปริมาณเฉลี่ยที่ออกจากระบบของการนำไปใช้จริงกับระบบดั้งเดิม จากผลลัพธ์ของปริมาณเฉลี่ยที่ออกจากระบบของการออกแบบทางเลือกแบบจำลองที่ผู้วิจัยกำหนดให้เป็นคำตอบที่เหมาะกับผลลัพธ์จากการนำไปใช้จริง ซึ่งจะทำการเก็บข้อมูลในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึงเดือนมกราคม 2559 โดยที่ปริมาณงานที่ออกจากระบบจริงคือ 411, 379 และ 396 ตามลำดับ สามารถแสดงข้อมูลการเปรียบเทียบดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ข้อมูลการเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จากการนำไปใช้จริงมีกับระบบดั้งเดิม

ระบบ	กำลังพลรวมสถานีหลัก	ปริมาณงานเฉลี่ยที่ออกจากระบบ(รายการ)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
การนำไปใช้ใช้จริง	12	396	16.0
ระบบดั้งเดิม	15	400	23.59

แล้วทำการทดสอบโดยตั้งสมมติฐานหลักและสมมติฐานรองดังนี้

H_0 : ผลลัพธ์ของปริมาณเฉลี่ยที่ออกจากระบบการนำไปใช้จริงมีลักษณะตรงกับระบบดั้งเดิม

H_1 : ผลลัพธ์ของปริมาณเฉลี่ยที่ออกจากระบบการนำไปใช้จริงมีลักษณะไม่ตรงกับระบบดั้งเดิม

กำหนดระดับนัยสำคัญ (Level of significance) α=0.05 แล้วทดสอบสมมติฐานโดยใช้โปรแกรม Minitab ด้วยวิธี 2-Sample t-test การเปรียบเทียบกันเพื่อใช้ตัดสินถึงผลลัพธ์นั้นมีนัยสำคัญทางสถิติได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.19

Two-Sample T-Test and CI

```
Sample   N   Mean  StDev  SE Mean
1        9  400.0   23.6       7.9
2        3  396.0   16.0       9.2


Difference = μ (1) - μ (2)
Estimate for difference:  4.0
95% upper bound for difference:  28.5
T-Test of difference = 0 (vs <): T-Value = 0.33  P-Value = 0.622  DF = 5
```

รูปที่ 4.19 ผลการทดสอบ 2-Sample t-test ของปริมาณงานเฉลี่ยที่ออกจากระบบการนำไปใช้จริงและระบบดั้งเดิม

จากรูปที่ 4.19 ผลการทดสอบด้วยวิธี 2-Sample t-test พิจารณาจากค่า p-value พบว่าค่า p-value เท่ากับ 0.622 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จะได้ว่าไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก หรือกล่าวได้ว่า ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปได้ว่าปริมาณงานเฉลี่ยที่ออกจากระบบที่ได้จากการนำไปใช้จริงและแบบดั้งเดิมของห้องปฏิบัติการมีความแตกต่างกัน

จากการทดสอบ 2-Sample t-test ทั้งสองส่วนซึ่งได้แก่ การทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนผลลัพธ์ของปริมาณงานที่ออกจากระบบได้จากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์กับการนำไปใช้จริง และปริมาณงานเฉลี่ยที่ออกจากระบบการนำไปใช้จริงและระบบดั้งเดิม ซึ่งทั้งสองส่วนให้ค่า p-value มีค่ามากกว่า 0.05 ซึ่งเป็นค่านัยสำคัญหรือที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% แสดงให้เห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณงานเฉลี่ยที่ออกจากระบบได้จากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ การนำไปใช้จริง และระบบดั้งเดิมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงสรุปผลได้ว่าการออกแบบทางเลือกจากการวิเคราะห์กระบวนการทำงานและกำลังพลของแต่ละสถานีด้วยหลักการ ECRS แล้วสร้างแบบจำลองเพื่อปรับปรุงการวางแผนกำลังพลให้เหมาะสมกับภาระงานซึ่งพิจารณาจากค่าการใช้ประโยชน์ของกำลังพลมาเป็นคำตอบที่เหมาะสมสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาขั้นตอนและกระบวนการต่างๆ รูปแบบการเข้ามาของผู้ขอรับบริการ และรูปแบบเวลาในการให้บริการของห้องปฏิบัติการในฝ่ายควบคุมคุณภาพกรณีศึกษาโรงงานออกแบบชิ้นส่วนยานยนต์ซึ่งเป็นหน่วยงานที่ดำเนินการทดสอบตัวอย่างใช้วิธีที่เป็นมาตรฐาน มีวิธีการดำเนินงานเทียบเคียงได้กับกระบวนการผลิต ซึ่งการดำเนินงานนั้นต้องอาศัยความน่าเชื่อถือและได้รับมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล และมีความสัมพันธ์กับผู้ปฏิบัติงานที่เป็นผู้มีบทบาทสำคัญในการวางแผน จัดการให้เป็นระบบและแสดงถึงความสามารถของห้องปฏิบัติการ โดยนำเอาข้อมูลมาทำการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพ แล้วออกแบบทางเลือกจากการวิเคราะห์กระบวนการทำงานและกำลังพลของแต่ละสถานีด้วยหลักการ ECRS แล้วสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อปรับปรุงการวางแผนกำลังพลให้เหมาะสมกับภาระงานซึ่งพิจารณาจากค่าการใช้ประโยชน์กำลังพลมาเป็นคำตอบที่เหมาะสมนำไปสู่การประยุกต์ใช้กับห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษา จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการวางแผนกำลังพลโดยส่วนใหญ่ใช้การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ เพื่อปรับปรุงการทำงาน วางแผนกำลังพล โดยใช้ค่าการใช้ประโยชน์กำลังพลจากการจำลองสถานการณ์เพื่อหาผลลัพธ์แต่ละทางเลือก แล้วจึงนำผลลัพธ์นั้นมาวิเคราะห์เพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด โดยมีการประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์ร่วมกับหลักการต่างๆ เช่น หลักการ ECRS เป็นต้น ในการจัดสมดุลและวางแผนกำลังพลเพื่อการแก้ไขปัญหาในการหาค่าที่เหมาะสมดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาการจัดสมดุลและวางแผนกำลังพลในห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษาโดยสร้างแบบจำลองสถานการณ์แล้วทำการออกแบบทางเลือกที่สอดคล้องกับค่าการใช้ประโยชน์ของกำลังพลในแต่ละสถานีงานด้วยหลักการ ECRS แล้วให้เกิดความสมดุลภาระงานระหว่างภายในแต่ละสถานี แล้วจึงหาผลลัพธ์มาวิเคราะห์ทำการสรุปผลหาคำตอบที่เหมาะสมเพื่อประยุกต์ใช้กับห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษา โดยการศึกษาเรื่องการหาคำตอบที่เหมาะสมในการวางแผนกำลังพลของห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานจะใช้วิธีการออกแบบทางเลือกและเปรียบเทียบคำตอบ ผลที่ได้คือวิธีแบบปัจจุบันมีจำนวนกำลังพลในสถานีงานหลักของห้องปฏิบัติการโรงงานกรณีศึกษาได้แก่ งานสอบเทียบฟิกซ์เจอร์ งานตรวจวัดด้วย CMM งานตรวจวัดด้วย Laser scan งานทดสอบ ตรวจวัดงานโดยฟิกซ์เจอร์ และงานบริการตรวจสอบชิ้นงานนอกสถานที่ รวม 15 คน เมื่อนำค่าการใช้ประโยชน์กำลังพลของพนักงานแต่ละคนมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยการใช้ประโยชน์กำลังพลมีค่าเท่ากับ 23.59 เปอร์เซ็นต์ มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าการใช้ประโยชน์กำลังพลซึ่งมีค่าเท่ากับ 20.47 และมีผลลัพธ์ของปริมาณที่ออกจากระบบจากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์เท่ากับ 400 รายการ ดังนั้นผู้วิจัยจึงออกแบบแนวคิดทางเลือกในการปรับปรุงเพื่อมาสร้างแบบจำลองตามหลักการ ECRS เช่น การลดกำลังพลในสถานี และการรวมสถานี เป็นต้น โดยทางเลือกที่ 1 , 2 และ 3 ลดสถานีงานลงเหลือ 4 สถานีงานเท่ากันโดยมีความแตกต่างด้านกำลังพลรวมทุกสถานีเป็น 15, 12 และ12 คนตามลำดับ ผลที่ได้คือจำนวนงานที่ออกจากระบบจากแบบจำลองการทำงานของการออกแบบทางเลือกที่ 1 ทางเลือกที่ 2 และ ทางเลือกที่ 3 พบว่ามีค่าเท่ากับ 387 , 394 และ 400 รายการตามลำดับ มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเฉลี่ยของการใช้ประโยชน์ของกำลังพลต่อคนเท่ากับ 31.19 , 35.47 และ 38.66 ตามลำดับ มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าการใช้ประโยชน์กำลังพลเท่ากับ 22.45 , 19.81 และ 9.09 ตามลำดับ โดยยังคงได้ผลลัพธ์ของงานที่ออกจากระบบใกล้เคียงกับระบบปัจจุบันคือเฉลี่ย 400 รายการต่อเดือน เมื่อพิจารณาการจำลองสถานการณ์ของการทำงานปัจจุบันเปรียบเทียบกับการออกแบบทางเลือกที่ 3 โดยสามารถลดกำลังพลรวมลงรวมจากเดิม 15 คนเหลือ 12 คน หรือคิดเป็น 20.0% มีค่าเฉลี่ยของการใช้ประโยชน์ของกำลังพลเพิ่มขึ้น 63.95% ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการใช้ประโยชน์กำลังพลลดลง 55.59% โดยผลลัพธ์ของปริมาณงานไม่แตกต่างจากเดิม ดังนั้นการจัดการด้านการวางแผนกำลังพลของห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษานั้นแบบปรับปรุงทางเลือกที่ 3 มีความเหมาะสมกว่าแบบปัจจุบัน ผลการออกแบบทางเลือกเพื่อจัดสมดุลและวางแผนกำลังพลนี้ผู้วิจัยนำไปประยุกต์ใช้กับฝ่ายควบคุมคุณภาพในโรงงานและทำการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ออกจากระบบด้วยหลักสถิติจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนผลลัพธ์ของปริมาณงานที่ออกจากระบบซึ่งได้จากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์กับการนำไปใช้จริง และปริมาณงานเฉลี่ยที่ออกจากระบบการนำไปใช้จริงและระบบดั้งเดิมโดยทดสอบสมมติฐานซึ่งทั้งสองส่วนให้ค่า p-value มีค่ามากกว่า 0.05 ซึ่งเป็นค่านัยสำคัญหรือที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% แสดงให้เห็นปริมาณงานเฉลี่ยที่ออกจากระบบด้วยการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ การนำไปใช้จริงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และการทดสอบสมมติฐานระหว่างระหว่างผลลัพธ์จากการนำไปใช้จริงมีกับระบบดั้งเดิมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน ดังนั้นจึงสรุปผลได้ว่าการออกแบบทางเลือกจากการวิเคราะห์กระบวนการทำงานและกำลังพลของแต่ละสถานีด้วยหลักการ ECRS แล้วสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อปรับปรุงการวางแผนกำลังพลให้เหมาะสมกับภาระงานซึ่งพิจารณาจากค่าการใช้ประโยชน์ของกำลังพลมาเป็นคำตอบที่เหมาะสมลดกำลังพลรวมลงจากเดิม 15 คนเหลือ 12 คน นั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษาได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

การดำเนินงานวิจัยนี้มีข้อมูลครบถ้วนแต่อาจจะไม่สมบูรณ์เพียงพอ ซึ่งหากมีการวิจัยในครั้งต่อไปควรจะได้มีการแก้ไขปัญหาเหล่านี้ เพื่อให้งานสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ได้แก่

5.2.1 การทบทวนเรื่องความสามารถของพนักงานที่ไม่เท่ากัน จากความชำนาญ จึงต้องกำหนดค่าต่างๆ ด้วยความระมัดระวัง

5.2.2 ในการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้สนใจการลัดคิว และการยกเลิกการการตรวจสอบในกระบวนการ โดยกรณีศึกษานี้ทำการตัดข้อมูลส่วนนี้ ซึ่งอาจเป็นข้อมูลที่มีผลต่อแบบจำลองสถานการณ์

5.2.3 การปรับปรุงการออกแบบทางเลือกที่นำเสนอเป็นการลดและเพิ่มจำนวนพนักงานในบางสถานีงานอีกทั้งยังมีการรวมสถานีงาน อาจส่งผลกระทบในเรื่องการปรับตัวของพนักงาน ทักษะในการทำงานเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลง พร้อมทั้งควรมีการศึกษาเรื่องการโยกย้ายพนักงานที่ปรับลดและความเป็นไปได้ในการเพิ่มปริมาณเข้ามาในห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษา

5.2.4 โรงงานควรมีการทบทวนทำการฝึกพนักงานให้สามารถทำงานได้อย่างน้อย 2 คนต่อหนึ่งงาน และพนักงานแต่ละคนควรมีทักษะการทำงานมากกว่า 1 งาน (Multi skill) เพื่อให้สามารถทำงานได้หลากหลายสถานี สามารถหมุนงาน เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการผลิตภัณฑ์ คำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิต หรือการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการ อีกทั้งเพื่อให้สายการผลิตหรือกระบวนการทำงานยังคงสมรรถนะคงเดิม

5.2.5 ควรมีการทบทวนเรื่องมาตรฐานการทำงาน (Work Instruction) เพื่อให้พนักงานเรียนรู้และสามารถปฏิบัติงานได้ง่าย

5.2.6 แบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นสามารถนำไปศึกษาพัฒนาทางด้านอื่นได้อีกเช่น นำปัจจัยทางด้านการเงินเข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อดูว่าการลดลงของเงินค่าจ้างงานพนักงาน และอาจศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องเวลาในการลดเวลารอคอยเพื่อเพิ่มความพึงพอใจให้แก่ผู้ขอรับบริการ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] สถาบันยายนต์. **แผนแม่บทอุตสาหกรรมยานยนต์ ปี พ.ศ. 2555-2559.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : URL: http://www.thaiauto.or.th/2012/th/about-us/download /MasterPlan_Final_2555-2559.pdf. 2555.

[2] ศุภนาถ ศิริษงศ์ และกิตติศักดิ์ ดีเสมอ . **ยุทธการช่วงชิงความเป็นหนึ่งในตลาดรถยนต์ AEC สำนักงานนโยบายยุทธศาสตร์การค้า** เข้าถึงได้จาก : URL: tpso.moc.go.th/ img/ news/1020-img.pdf . 2555.

[3] สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) 2552. มาตรฐานห้องสอบเทียบเพื่อเพิ่มศักยภาพมาตรวิทยาไทย.**For Quality,** วารสารรายเดือน. ฉบับที่ 144, กรกฎาคม 2552. หน้า 30-34

[4] สถาบันยานยนต์. 2544. ขีดความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบ. **ยานยนต์สาร,** วารสารรายเดือน. ปีที่ 10, ฉบับที่ 91, ตุลาคม 2544. หน้า 12

[5] กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2558. “การรับรองระบบห้องปฏิบัติการเพื่อยกระดับอุตสาหกรรมสู่ตลาดโลก” **กรมวิทยาศาสตร์บริการ,** ปีที่ 63, ฉบับที่ 197, มกราคม 2558. หน้า 41-42

[6] สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). **การสอบเทียบเครื่องมือวัด** .กรุงเทพ , วารสารวิชาการ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 2551.

[7] Syed Masood “Line balancing and simulation of an automated production transfer line” Assembly Automation , 26 , 2006. Pp. 69-74

[8] กัณศิริ กิตติภากร **“การจัดสมดุลสายการผลิตและวางแผนทรัพยากรโดยใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ กรณีศึกษาอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหาร”** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, กรุงเทพ คณะวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2553

[9] ยุทธณรงค์ จงจันทร์, ยอดนภา เกตุเมือง และ นรา บุริพันธ์. “การจัดสมดุลสายผลิตเพื่อลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตติดตั้งดั้มพ์”**การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ,** ตุลาคม 2555. หน้า 281-288

[10] Markus Propster , Lothar Marz , Gunther Reinhart and Curste Intra (2014) “Validation of line balancing by simulation of workforce flexibility” **Procedia CIRP**, 9th CIRP Conference on Intelligent Computer in Manufacturing Engineering, 2015, Pp 93-98

[11] Zupan,H and Herakovic,N “ Production line balancing with discrete event Simulation :A Case study” **IFCA (International federation of Automatic Control) Paper Online,** 48-3 , 2015. Pp 2305-2311

[12] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม .**ความแตกต่างระหว่างห้องปฏิบัติการทดสอบ หน่วยตรวจ และหน่วยรับรองคุณภาพผลิตภัณฑ์.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : URL:http://www.tisi.go.th /accreditation/item/2085. 2558.

[13] นวภัทรา หนูนาค และ ทวีผล ซื่อสัตย์. **การวัดและเครื่องมือวัด.**กรุงเทพ : โรงพิมพ์มีน เซอร์วิสซัพพลาย. 2555.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[14] บุรินทร์ ไตรชินธนโชติ . **คู่มือมาตรฐานห้องปฏิบัติการ ISO/ICE 17025: 1999** กรุงเทพ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด มหาชน. 2547.

[15] สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) . **Directory of ISO/IEC 17025 Accredited Calibration and Testing in Thailand**. กรุงเทพ : ส่วนวารสารวิชาการ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 2549.

[16] กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2558. “ห้องปฏิบัติการ วศ. กับมาตรฐาน ISO/ICE 17025 ยกระดับความเชื่อมั่นผลการทดสอบ สอบเทียบ” **กรมวิทยาศาสตร์บริการ,** ปีที่ 63, ฉบับที่ 199, กันยายน 2558. หน้า 16-17

[17] Erik K. Henriksen, M. Sc. **JIG and FIXTURE DESIGN MANUAL** .New York: Industrial Press Inc., New York, N.Y. 1992.

[18] กุลภัสร์ ทองแก้ว, สภาพรรณ ไชยประพัทธ์ และ เจริญยุทธ เดชวายุกล.“การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนของการเจาะชิ้นงานเนื่องจากความผิดพลาดในการกำหนดตำแหน่งชิ้นงาน” **พระจอมเกล้าพระนครเหนือ,**ปีที่ 21, ฉบับที่ 3 , ก.ย.-ธ.ค. 2554. หน้า 569-583

[19] วชิระ มีทอง . **การออกแบบจิ๊กและฟิกซ์เจอร์.**กรุงเทพ : ส่วนวารสารวิชาการ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 2549.

[20] ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) .**คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม.** กรุงเทพ : ส่วนวารสารวิชาการ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 2546

[21] กัลญารัตน์ หลวงมูล “**การลดเวลาทั้งระบบของห้องปฏิบัติการคลินิก**” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, กรุงเทพ คณะวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2555

[22] Mayron Cesar O. Moreira , Jean-Francois Cordean Alysson M. Costa and Gilbert Laporte “Robust assembly line balancing with heterogeneous workers” **Computer & Industrial Engineering** , 88 ,2015. Pp 254-263

[23] Dombrowski and Ernst S. “Scenario-based simulation approach for layout planning” **Procedia CIRP,** 12 , 2013, Pp. 354-359

[24] Ana R. Mendes , Ana L. Ramus , Ana S. Simaria and Pedro M. Vilarnho “Combining heuristic produres and simulation model for balancing a PC camera assembly line” **Computer & Industrial Engineering ,** 49 , 2005. Pp. 413-431

[25] Walter Mayrnofer, Lother Marz and Wilfried Sihn “Simulation-based optimization of personnel assignment planning in sequenced commercial vehicle assembly : A software tool for interactive improvement” **Manufacturing systems ,** 32 , 2013. Pp. 423-428

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[26] บรรหาญ ลิลา. **การวางแผนและควบคุมคุณภาพการผลิต.** กรุงเทพ : สำนักพิมพ์พิมพ์ท๊อป จำกัด. 2553.

[27] บุษบา พฤกษาพันธ์รัตน์ .**การวางแผนและควบคุมคุณภาพการผลิต.** กรุงเทพ :สำนักพิมพ์ท๊อป จำกัด.2552.

[28] วันชัย วิจิรวนิช . **การศึกษาการทำงาน หลักการและกรณีศึกษา** . กรุงเทพ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2548.

[29] รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม . **การศึกษางานอุตสาหกรรม.**กรุงเทพ : สำนักพิมพ์พิมพ์ท๊อป จำกัด. 2552.

[30] Tayfur Altiok and Benjamin Melamed .**Simulation modeling and analysis with Arena**. London: Elsevier .2007.

[31] วุฒิชัย วงษ์ทัศนีย์กร .**การวิเคราะห์แบบจำลอง Simulation model Analysis** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : URL: www.http:/wuthichai.ie.engr.tu.ac.th 2555.

[32] รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ. **คู่มือสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena (ฉบับปรับปรุง)**. กรุงเทพ : ซีเอ็ดยูเคชั่น . 2553.

[33] W. David Kelton , Randall P. Sadowski, and Nancy B. Zupick .**Simulation with Arena.6rd** ED. McGraw-Hill: New York. 2015.

[34] C. Dennis Pegden , Robert E. Shannon and Randall P.Sadowski. **Introduction to Simulation using SIMAN** .ED. McGraw-Hill: New York.2015.

[35] Dubiel B. and Tsimhoni O. **"Integating Agent Based Modeling into a Discrete event Simulation"** Winter Simulation Conference , 2005. pp. 1029-1037

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
การทำงานในห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงาน กรณีศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานในห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงาน กรณีศึกษา

ฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษาได้แบ่งเป็น 3 ส่วนคือส่วนแรกส่วนแรกให้บริการสอบเทียบเครื่องมือวัด ส่วนที่สองให้บริการทดสอบผลิตภัณฑ์ และส่วนที่สามให้บริการตรวจวัดกระทำขึ้นเพื่อทำให้เกิดความมั่นใจว่าสามารถผลิตสินค้าที่ได้มาตรฐาน ซึ่งมีการแบ่งเป็น 5 สถานีงานหลักได้แก่ งานสอบเทียบฟิกซ์เจอร์ งานตรวจวัดด้วย CMM งานตรวจวัดด้วย Laser scan งานทดสอบ และตรวจวัดงานโดยฟิกซ์เจอร์ ต่อมามีการเปลี่ยนแปลงนโยบายให้มีการเพิ่มสถานีงานบริการตรวจสอบชิ้นงานนอกสถานที่ให้แก่ห้องปฏิบัติการโดยมีขั้นตอนการทำงานของ 6 สถานีดังนี้

1. สถานีงานสอบเทียบฟิกซ์เจอร์ของฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษา มีขั้นตอนการสอบเทียบดังนี้

1.1 รับใบงาน ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และฟิกซ์เจอร์จากหัวหน้างาน

1.2 ทำความสะอาด และซ่อมแซมฟิกซ์เจอร์ก่อนทำการสอบเทียบดังรูปที่ ก.1

รูปที่ ก.1 การทำความสะอาดฟิกซ์เจอร์

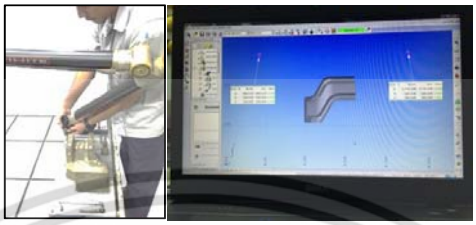
1.3 เตรียมส่วนของโปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถช่วยในการสร้างภาพหรือแบบจำลอง (Computer-aided design :CAD) และเอกสารสำหรับตรวจสอบดังรูปที่ ก.2

รูปที่ ก.2 การเตรียมโปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถช่วยในการสร้างภาพหรือแบบจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการสอบเทียบ โดยนำเอาฟิกซ์เจอร์มาวางบนโต๊ะระดับแล้วดำเนินการสอบเทียบดังนี้

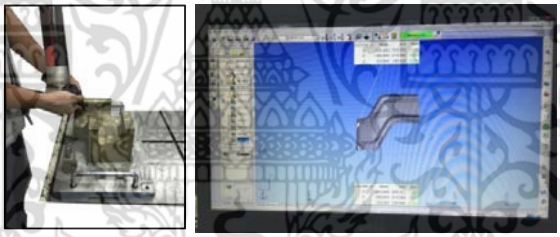
1.4.1 กำหนดจุดอ้างอิง (Aliment datum) ให้กับฟิกซ์เจอร์ที่นำมาตรวจสอบ ดังรูปที่ ก.3



รูปที่ ก.3 กำหนดจุดอ้างอิง (Aliment datum)

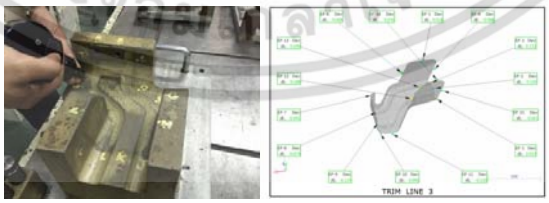
1.4.2 ทำการสอบเทียบตำแหน่งตามกรอบความคิด (Concept) หรือจุดตามข้อกำหนดของฟิกซ์เจอร์ ตัวอย่างเช่น ตำแหน่งของรูเจาะ เส้นขอบ และพื้นผิวเป็นต้น ซึ่งมีภาพแสดงตัวอย่างดังนี้

1) ตำแหน่งของรูเจาะ (Hole position) ของฟิกซ์เจอร์ดังรูปที่ ก.4



รูปที่ ก.4 การสอบเทียบตำแหน่งรูเจาะของฟิกซ์เจอร์

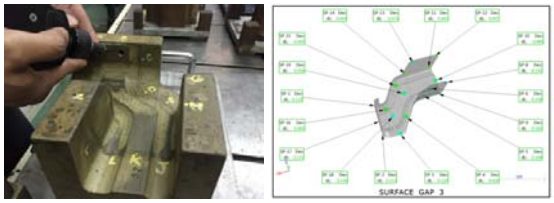
2) เส้นขอบ (Trim line) ของฟิกซ์เจอร์ดังรูปที่ ก.5



รูปที่ 5ก การสอบเทียบเส้นขอบของฟิกซ์เจอร์

3) พื้นผิว (Surface shape) ของฟิกซ์เจอร์ดังรูปที่ ก.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.6 การสอบเทียบพื้นผิวของฟิกซ์เจอร์

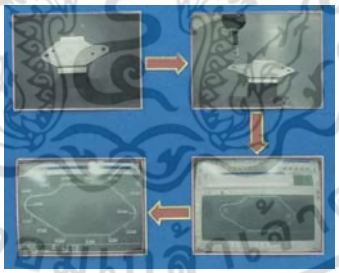
1.5 บันทึกรายการสอบเทียบ

1.6 ติดป้ายให้กับฟิกซ์เจอร์ที่สอบเทียบเรียบร้อยแล้วดังรูปที่ ก.7

รูปที่ ก.7 ติดป้ายสอบเทียบฟิกซ์เจอร์

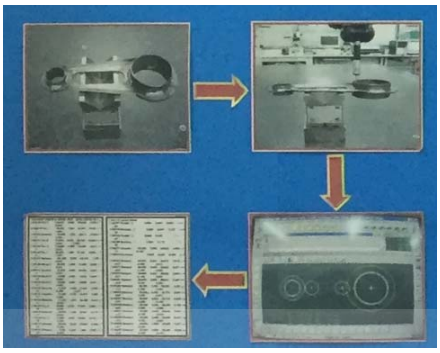
1.7 ส่งเอกสารขออนุมัติผลการรายงาน

2. งานตรวจวัดด้วย CMM มีรูปแบบการทำงานเริ่มจากทำรายละเอียดความต้องการจากลูกค้าแล้ว โดยสามารถแสดงรายงานได้โดยตรวจสอบละเอียดแสดงภาพโครงร่างดังรูปที่ 8ก และตรวจสอบขนาดของชิ้นงานดังรูปที่ ก.8



รูปที่ ก.8 การตรวจสอบละเอียดแสดงภาพโครงร่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.9 การตรวจสอบขนาดของชิ้นงาน

โดยขั้นตอนการตรวจวัดด้วยเครื่อง CMM ดังนี้

2.1 รับใบงาน รายละเอียด ข้อมูลความต้องการการตรวจสอบ และชิ้นงานจากหัวหน้างาน

2.2 ทำความสะอาดเครื่อง CMM โดยใช้แอลกอฮอล์

2.3 เปิดวาล์วลมเช็คความดันลมให้ได้ค่ามาตรฐาน

2.4 เปิดสวิทช์ควบคุม (Joystick box) เพื่อให้เครื่องได้มีการปรับตั้งแกนก่อนทำงาน

2.5 เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์และเข้าโปรแกรม COSMOS/GEOWIN

2.6 ทำการสอบเทียบหัวที่ใช้สำหรับวัด (Probe) ก่อนการตรวจสอบ

2.7 ทำการสร้างโปรแกรมเพื่อการตรวจสอบตามเอกสารข้อมูล เช่น การบอกขนาดของชิ้นงานทางวิศวกรรม ข้อมูลจากลูกค้าหรือผู้รับบริการ เป็นต้น

2.8 ทำการเดินเครื่องเพื่อตรวจสอบตามโปรแกรมที่สร้างขึ้น

2.9 ทำรายงานการตรวจวัด

3. งานตรวจวัดด้วย Laser scan ของฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษามีขั้นตอนการตรวจชิ้นงานด้วยเครื่อง Laser scanหลังจากรับใบงานจากหัวหน้างานจะมีขั้นตอนการทำงานแบ่งประกอบด้วย 2 ส่วนคือ การประกอบชุดหัว Scan laser และวิธีการตรวจสอบอย่างละเอียด (Scan) ชิ้นงานมีขั้นตอนดังนี้

3.1 ประกอบชุดหัว Scan laser

3.1.1 ประกอบชุดหัว Scan laser เข้ากับเครื่อง Cmm arm (Cimcore) ที่จุด A

3.1.2 ประกอบชุดหัว Scan laser เข้ากับเครื่อง Cmm arm (Cimcore) ที่จุด A

3.1.3 ต่อสาย Cable เข้ากับหัว Scan laser ที่จุด B ไปยังกล่อง Control ที่จุด C

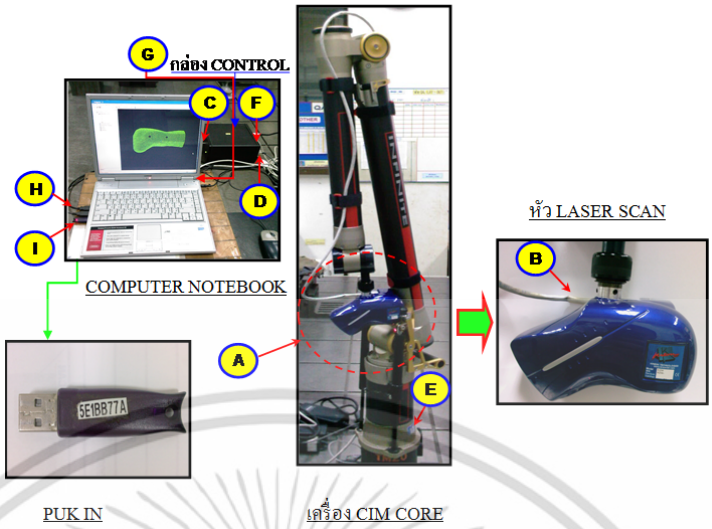
3.1.4 ต่อสาย Cable ที่กล่อง Control ที่จุด D เข้าเครื่อง Cimcore ที่จุด E

3.1.5 ต่อสาย Cable ที่กล่อง Control ที่จุด F เข้าเครื่อง Computer note book

3.1.6 ต่อสาย Cable จาก Computer note book ที่จุด H ไปยังที่จุด E

3.1.7 เสียบ PUK IN ลายเส้นเพื่อให้สามารถเปิดโปรแกรม Polygonai ก่อนการใช้งานที่จุดเปิดโปรแกรม Polygonia เพื่อเริ่มการทำงานดังรูปที่ ก.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.10 ขั้นตอนการประกอบชุดหัว Laser scan

3.2 วิธีการตรวจสอบอย่างละเอียด (Scan) กับชิ้นงาน

3.2.1 จับยึดชิ้นงานให้มั่นคงก่อนการตรวจสอบอย่างละเอียด (Scan) ดังรูปที่ ก.11

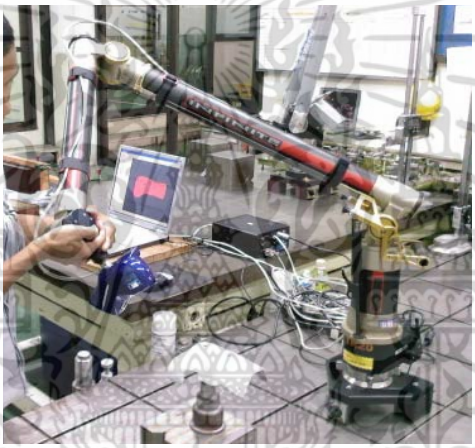
รูปที่ ก.11 การจับยึดชิ้นงาน

3.2.2 พ่นสเปรย์สีขาวเพื่อให้การตรวจสอบอย่างละเอียด (Scan) เก็บข้อมูลง่ายขึ้น เนื่องจากชิ้นงานเป็นเหล็กเงาสะท้อนแสงทำให้การเก็บข้อมูลเป็นไปได้ยากและช้าไม่สมบูรณ์ โดยถ้าวัสดุที่นำมาการตรวจสอบอย่างละเอียด (Scan) ไม่ใช่เหล็กเงาหรือมีสีที่ไม่สะท้อนแสงก็ไม่จำเป็นต้องพ่นสเปรย์ก่อน SCAN ส่วนสีเสปรย์ที่ใช้ต้องเป็นสีเสปรย์สำหรับทดสอบแนวเชื่อมสีขาวเท่านั้น และสามารถเช็ดสีออกได้ดังรูปที่ ก.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

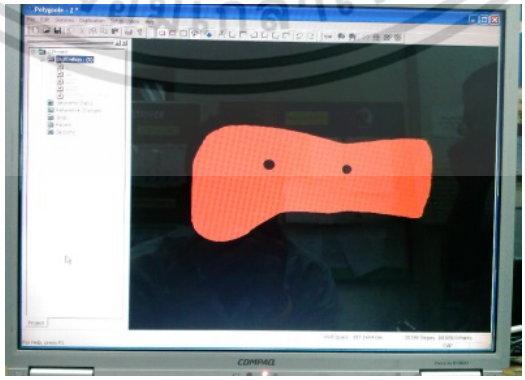
รูปที่ ก.12 ขั้นตอนการประกอบชุดหัว Laser scan

3.2.3 ทำการตรวจสอบอย่างละเอียด (Scan) โดยฉายหัว Laser scan ให้ทั่วชิ้นงานหลายๆ ครั้งดังรูปที่ ก.13



รูปที่ ก.13 ฉายหัว Laser scan ให้ทั่วชิ้นงาน

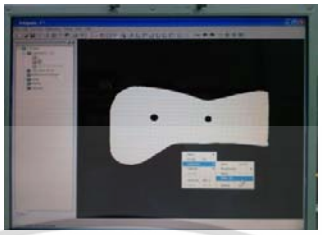
3.2.4 ทำการลบและจัดแต่งข้อมูลหลัง Scan โดยใช้ฟังก์ชั่น Select polygonai ในโปรแกรม Polygonai ตัดส่วนที่ไม่ใช้งานออกเหลือแต่ส่วนที่ใช้งานตามต้องการดังรูปที่ ก.14



รูปที่ ก.14 จัดแต่งข้อมูลโดยใช้โดยใช้ฟังก์ชั่น Select polygonai ในโปรแกรม Polygonai

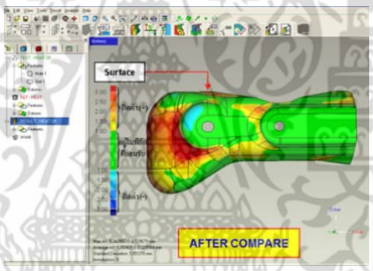
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 ทำการทบทวนจุดตรวจสอบให้สมบูรณ์มากขึ้นโดยใช้คำสั่ง Filter 3D ในโปรแกรม Polygonia ดังรูปที่ ก.15



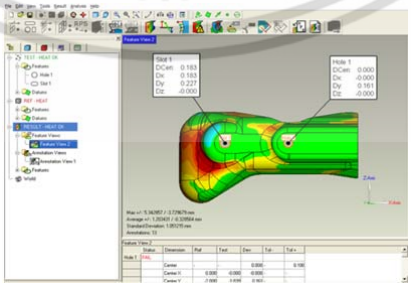
รูปที่ ก.15 ทบทวนจุดตรวจสอบโดยใช้คำสั่ง Filter 3D ในโปรแกรม Polygonia

3.2.6 จากนั้นทำวิธีประมวลผลเปรียบเทียบกันระหว่างข้อมูลหลังจัดเตรียมข้อมูลผิวชิ้นงานที่ได้จากการการตรวจสอบอย่างละเอียด (Scan) และโปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถช่วยในการสร้างภาพหรือแบบจำลอง (Computer-aided design :CAD) ของชิ้นงานนั้นดังรูปที่ ก.16



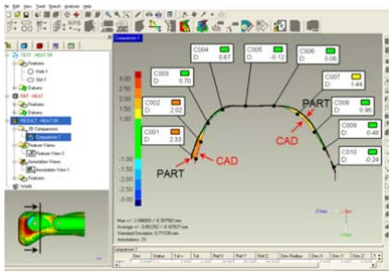
รูปที่ ก.16 ประมวลผลเปรียบเทียบ

3.2.7 ทำการวัดค่าจากผลการประมวลผลตามเอกสาร หรือตามความต้องการที่ลูกค้ากำหนดตัวอย่างเช่นการตรวจค่าวัดรูเจาะของชิ้นงาน (Hole) ดังรูปที่ ก.17 และ พื้นผิว (Surface shape) ดังรูปที่ ก.18 เป็นต้น



รูปที่ ก.17 การตรวจวัดค่ารูเจาะของชิ้นงาน (Hole)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.18 การตรวจวัดค่าพื้นผิว (Surface shape)

3.2.8 จัดทำข้อมูลจนครบสมบูรณ์ แล้วจัดทำเป็นรายงานผลเพื่อทำการอนุมัติ

4. งานทดสอบ โดยงานทดสอบที่สามารถกระทำได้ในฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงานกรณีศึกษามีอยู่หลายงานตัวอย่างเช่น การทดสอบ Macro test การทดสอบแรงดึง การทดสอบ Salt spray test เป็นต้น โดยการทดสอบทั้งสามมีขั้นการดังนี้

4.1 การทดสอบ Macro test

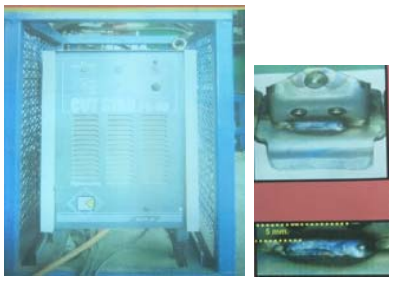
การทดสอบ Macro test เป็นการทดสอบการซึมลึกของแนวเชื่อม ซึ่งวิธีการเชื่อมที่พบทั่วไป เช่น การเชื่อมแก๊ส (Gas Welding) การเชื่อมไฟฟ้า (Arc Welding) การเชื่อมอัด (Press welding, resistance Welding) การเชื่อม TIG (Tungsten inert gas welding) การเชื่อม MIG (Metal inert gas welding) เป็นต้น โดยจะมีรูปแบบการเชื่อม เช่น การเชื่อมมุม (Fillet welding) การเชื่อมร่องราง (Groove or butt weld) เป็นต้น ด้วยวิธีการกัดกรด แล้วนำค่าที่วัดได้ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานสากลที่กำหนดไว้มีขั้นตอนในการดำเนินงานดังนี้

4.1.1 รับเอกสารใบงานและชิ้นงานที่ต้องการทดสอบการซึมลึกของแนวเชื่อมจากหัวหน้างานดังรูปที่ ก.19

รูปที่ ก.19 ชิ้นงานที่ต้องการทดสอบการซึมลึกของแนวเชื่อม

4.1.2 ตัดชิ้นงานด้วยเครื่องตัดพลาสม่า (Plasma) ให้ห่างจากแนวเชื่อมโดยให้ชิ้นงานมีขนาดเล็กลงดังรูปที่ ก.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.20 ตัดชิ้นงานให้มีขนาดเล็กลงด้วยเครื่องพลาสม่า

4.1.3 นำชิ้นงานที่ตัดจากเครื่องตัดพลาสม่า (Plasma) มาเข้าเครื่องตัดสำหรับงานที่ต้องการความเรียบผิวขั้นในละเอียดสูง (Cutting machine) เพื่อตัดจุดที่ต้องการทดสอบดังรูปที่ ก.21

รูปที่ ก.21 ตัดชิ้นงานให้มีต้องการความเรียบผิวขั้นในละเอียดสูง

4.1.4 นำชิ้นงานมาขัดผิวแนวเชื่อมด้วยเครื่องขัดงานละเอียด (Grinder polisher machine) โดยใช้กระดาษทรายเพื่อให้ผิวชิ้นงานเรียบดังรูปที่ ก.22

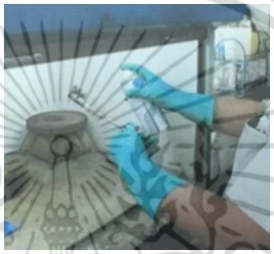
รูปที่ ก.22 ขัดชิ้นงานให้มีต้องการความเรียบผิวขั้นในละเอียดสูง

4.1.5 นำชิ้นงานมากัดกรดโดยจุ่มชิ้นงานลงในสารละลายเพื่อให้สามารถมองเห็นการซึมลึกของแนวเชื่อมดังรูปที่ ก.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

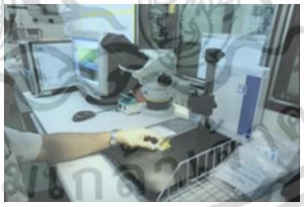
รูปที่ ก.23 การกัดกรดของชิ้นงาน

4.1.6 นำชิ้นงานมาเป่าลมให้แห้งและพ่นด้วยสเปรย์กันสนิมดังรูปที่ ก.24



รูปที่ ก.24 เป่าลมแล้วพ่นกันสนิม

4.1.7 นำชิ้นงานมาถ่ายรูปด้วยกล้องสเตอริโอไมโครสโคป (Stereo Microscope) เป็นกล้องที่ประกอบด้วยเลนส์ที่ทำให้เกิดภาพแบบ 3 มิติใช้ศึกษาวัตถุที่มีขนาดใหญ่แต่ตาเปล่าไม่สามารถแยกรายละเอียดได้จึงต้องใช้กล้องชนิดนี้ช่วยขยาย กล้องชนิดนี้มีข้อแตกต่างจากกล้องทั่วๆไป คือภาพที่เห็นเป็นภาพเสมือนมีความชัดลึกและเป็นภาพสามมิติเลนส์ใกล้วัตถุมีกำลังขยาย 0.6 ถึง 16 เท่าโดยศึกษาได้ทั้งวัตถุโปร่งแสงและวัตถุทึบแสงดังรูปที่ ก.25



รูปที่ ก.25 นำชินงานมาถ่ายรูป

4.1.8 ทำการวัดขนาดซึมลึกของแนวเชื่อมด้วยโปรแกรม Analysis ดังรูปที่ ก.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.26 วัดขนาดการซึมลึก

4.1.9 ออกรายงานเพื่อขออนุมัติ

4.2 การทดสอบแรงดึง

ขั้นตอนการทดสอบชิ้นงานด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile machine)

4.2.1 เปิดสวิทช์เพื่อให้เครื่องพร้อมทำงาน ดังรูปที่ ก.27 โดยตรวจสอบเครื่องจักรตามข้อกำหนด

รูปที่ ก.27 เปิดสวิทช์เครื่อง

4.2.2 กดปุ่มด้านบนเพื่อปรับเลื่อนแท่นด้านบนให้เหมาะสมกับจิ๊กที่จะทดสอบ ดังรูปที่ ก.28 ขณะเลื่อนแท่นด้านบนขึ้นหรือลงด้านล่าง ระวังอย่าให้ชิ้นงานหรือสิ่งกีดขวางเพื่อป้องกันงานตกใส่

รูปที่ ก.28 ปรับเลื่อนแท่นให้เหมาะสมกับจิ๊ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 นำจิ๊กสำหรับจับยึดชิ้นงานที่จะกระทำการทดสอบติดตั้งลงบนเครื่องทดสอบ ดังรูปที่ ก.29 โดยต้องตรวจสอบสภาพการขันล็อคแน่นของโบ๊ล (Bolt) และนัท (Nut) ทุกครั้ง

รูปที่ ก.29 ปรับเลื่อนแท่นให้เหมาะสมกับจิ๊ก

4.2.4 นำชิ้นงานติดตั้งกับจิ๊กทดสอบดังรูปที่ ก.30 โดยต้องตรวจสอบสภาพการขันล็อคแน่นทุกครั้งเพื่อป้องกันอันตรายที่เกิดจากการกระเด็นใส่

รูปที่ ก.30 นำชิ้นงานติดตั้งกับจิ๊กทดสอบ

4.2.5 ทำการทดสอบแรงดึงจนครบทุกจุดตามเอกสารข้อมูล หรือความต้องการของลูกค้า แล้วอ่านค่าบันทึกผล ดังรูปที่ ก.31

รูปที่ ก.31 ทำการทดสอบแรงดึง

4.2.6 ทำรายงานการทดสอบแรงดึงแล้วนำไปขออนุมัติ

4.3 การทดสอบ Salt spray test

การทดสอบ Salt spray test หรือการทดสอบการกัดกร่อน เป็นการทดสอบความทนทานของชิ้นงานต่อการขึ้นสนิมด้วยการกัดกร่อนของละอองเกลือ โดยจะนำชิ้นงานที่ต้องการทดสอบเข้าตู้พ่นละอองน้ำเกลือตามจำนวนชั่วโมงที่ต้องการทดสอบ จากนั้นนำชิ้นงานออกมาวิเคราะห์ดูว่าเกิดสนิมขึ้นหรือไม่ โดยการทดสอบ Salt spray test แบ่งออกเป็น ทดสอบสนิมขาว (White Rust) เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบความทนทานของสี และทดสอบสนิมแดง (Red Rust) เป็นการทดสอบผิวของการชุบซิงค์ โดยมีขั้นตอนแบ่งเป็น 4 ขั้นตอนคือ การตรวจสอบประจำวัน ขั้นตอนการเตรียมสารละลาย ขั้นตอนในการทดสอบกรณี ชิ้นงานทำสี EDP (Electrodeposition Paint) และกรณีชิ้นงานทำสีการชุบซิงค์ (Zinc) ดังนี้

4.3.1 การตรวจสอบประจำวัน

การตรวจสอบประจำวันประกอบด้วย 3 ขั้นตอนดังนี้

4.3.1.1 ตรวจเช็คระดับน้ำในถังแรงดันให้เป็นไปตามข้อกำหนด

4.3.1.2 ตรวจเช็คระดับน้ำเกลือให้เป็นไปตามข้อกำหนด

4.3.1.3 เปิดระบายน้ำทิ้งที่เครื่องปั๊มลมทุกวันล้างทำความสะอาดทุกวัน

4.3.2 การเตรียมสารละลาย

ขั้นตอนการเตรียมสารละลายประกอบด้วย 2 ขั้นตอนดังนี้

4.3.2.1 นำน้ำสะอาดหรือน้ำกลั่นที่มีค่า ph7.0 ผสมน้ำเกลือในอัตราส่วนที่กำหนด

4.3.2.2 ตรวจเช็คค่า ph ของสารละลายให้ได้ค่า ph 6.5 – 7.2

4.3.3 การทดสอบ Salt spray test กรณีชิ้นงานทำสี EDP (Electrodeposition Paint)

ขั้นตอนการทดสอบ Salt spray test กรณีชิ้นงานทำสี EDP (Electrodeposition Paint) ซึ่งมีลักษณะเด่นหรือจุดประสงค์ใหญ่ของสี EDP คือ ความสามารถในการป้องกันการสึกกร่อนภายใน (Inherent corrosion resistance) และความสามารถในการจับผิวได้ทั่วทุกส่วนสม่ำเสมอ หน้าที่ที่สำคัญของสี EDP คือ ชุบเพื่อป้องกันสนิมและป้องกันการสึกกร่อน มีดังนี้

4.3.3.1 ใช้กระดาษทิชชูชุบแอลกอฮอล์เช็ดทำความสะอาดคราบน้ำมันและฝุ่นที่เกาะชิ้นงานให้สะอาดแล้วผึ่งให้แห้ง

4.3.3.2 นำชิ้นงานที่ต้องการทดสอบมาทำการตรวจสอบความหนาด้วยเครื่อง Coating Thickness โดยกระทำดังนี้

1) สอบเทียบ เครื่องเช็คความหนาสีกับแผ่น Master ที่ใช้ในการสอบเทียบ

2) กำหนดจุดตรวจสอบ 3 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยมาเป็นผลการตรวจวัดได้

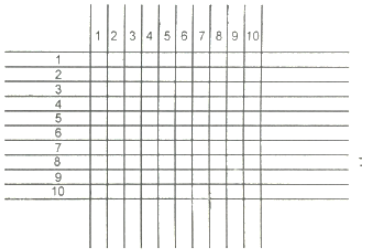
3) บันทึกผลลงในเอกสารการตรวจสอบคุณภาพสี

4.3.3.2 ทำการตรวจสอบการติดแน่นของสี (Adhesion) โดยมีขั้นดังนี้

1) เลือกบริเวณที่ต้องการทดสอบให้พอเหมาะ พร้อมที่จะทำการกรีดได้สะดวก

2) ทำการกรีดชิ้นงาน โดยใช้มีดคัตเตอร์ และให้มีระยะห่างกันและช่องดังรูป ก.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.32 การกรีดชิ้นงานทดสอบการติดแน่น

3) ใช้สก๊อตเทปติดตรงกลางรอยกรีดให้แน่น อย่าให้มีฟองอากาศ แล้วกระชากสก๊อตเทป

4) บันทึกผลพร้อมติดสก๊อตเทปตัวอย่างการทดสอบสีลงในเอกสารใบตรวจสอบคุณภาพสี

5) ใช้คัตเตอร์กรีดลงบนชิ้นงาน โดยให้ปลายคัตเตอร์ทำมุม และให้ทั้งสองเส้นทำมุมกันกากบาท

4.3.3.3 นำชิ้นงานที่ต้องการทดสอบลงถังเพื่อทำการทดสอบ Salt spray test

4.3.3.4 เมื่อได้ครบตามกำหนดมาตรฐานของลูกค้า หรือเวลามาตรฐานต่าง ๆ นำชิ้นงานออกจากถังมาล้างน้ำให้สะอาดผึ่งให้แห้งประมาณ 1 ชั่วโมง

4.3.3.5 นำเทปกาวมาติดที่รอยกากบาททิ้งไว้ประมาณ 10 นาที แล้วลอกมาติดบนเอกสารแล้วทำรายงานผลการทดสอบ

4.4 การทดสอบ Salt spray test กรณีชิ้นงานทำสีการชุบซิงค์ (Zinc)

ขั้นตอนการทดสอบ Salt spray test กรณีชิ้นงานทำสีการชุบซิงค์ (Zinc) ซึ่งการชุบซิงค์เป็นกระบวนการที่เหล็กหรือเหล็กกล้าถูกทำให้มีความทนทานต่อการกัดกร่อน โดยการจุ่มชิ้นงานที่เป็นเหล็กลงในบ่อโลหะหลอมเหลว ซึ่งจะเรียกว่าการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อนหรือแบบกัลวาไนซ์ วิธีการชุบสังกะสีนี้จะส่งผลต่อความหนาผิวเคลือบสังกะสี โดยจุ่มและแช่ชิ้นงานไว้ในบ่อสังกะสีหลอมเหลวเพื่อให้ผิวเคลือบสังกะสีทำให้ได้ความหนาตามข้อกำหนด มีขั้นตอน

4.4.1 ใช้กระดาษทิชชูชุบแอลกอฮอล์เช็ดทำความสะอาดคราบน้ำมันและฝุ่นที่เกาะชิ้นงานให้สะอาดแล้วผึ่งให้แห้ง

4.4.2 นำชิ้นงานที่ต้องการตรวจสอบชิ้นงานที่ต้องการทดสอบมาทำการตรวจสอบความหนาด้วยเครื่อง Coating Thickness แล้วบันทึกค่า

4.4.3 นำชิ้นงานที่ต้องการทดสอบลงถัง Salt spray test

4.4.4 เปิดฝาเครื่องดูการเกิดสนิมที่ชิ้นงานทุกเช้า และตามตารางที่กำหนดเพื่อดูการเกิดสนิมขาวและสนิมแดงและบันทึกเวลาการเกิด

4.4.6 เมื่อได้ครบตามกำหนดมาตรฐานของลูกค้า หรือเวลามาตรฐานต่าง ๆ นำชิ้นงานออกจากถังมาล้างน้ำให้สะอาดผึ่งให้แห้งประมาณ 1 ชั่วโมง

4.4.7 ทำรายงานผลการทดสอบ

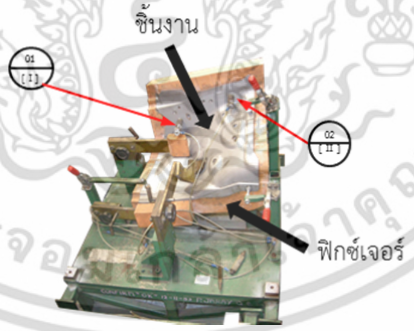
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สถานีตรวจวัดงานโดยฟิกซ์เจอร์ (Fixture) ของฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงานกรณีศึกษาเป็นการตรวจสอบร่วมกับเครื่องมือที่ใช้สำหรับกำหนดตำแหน่ง ใช้จับยึดชิ้นงานและอ้างอิงตำแหน่งให้กับชิ้นงานเพื่อทำการตรวจวัดผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงานตัวอย่างอีกทั้งต้องใช้ร่วมกับเครื่องมือช่างทั่วไป เช่น เวอร์เนียร์ (vernier) เกจวัดความเรียว (taper gauge) และเครื่องมือวัดแบบ (scale) เป็นต้น ซึ่งมีการกำหนดรูปแบบการตรวจสอบหนึ่งชิ้นงานต่อหนึ่งเอกสาร ตัวอย่างเช่น

5.1 ตรวจสอบการตรวจสอบด้วยสายตาโดยเป็นการตรวจสอบรูปร่างลักษณะ ขนาดรอตำหนิ และข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานในลักษณะต่าง ๆ ภายนอกที่สามารถมองเห็นได้รอบตัวดังรูปที่ ก.33

รูปที่ ก.33 การด้วยสายตา

5.2 นำชิ้นงานวางลงบนฟิกซ์เจอร์โดยนำชิ้นงานไปสวมลงที่จุดตำแหน่งอ้างอิง 01(I) และ 02(II) แสดงดังรูปที่ ก.34



รูปที่ ก.34 ชิ้นงานวางบนตำแหน่งอ้างอิงของฟิกซ์เจอร์

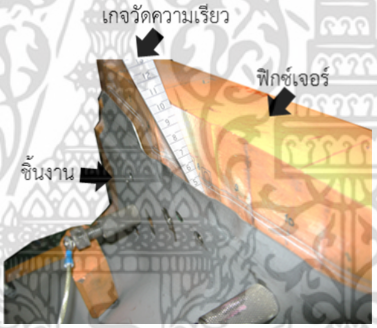
5.3 หลังปรับตั้งชิ้นงานเสร็จ ใช้เครื่องมือฟิลเลอร์เกจ (Feeler gauge) ที่เป็นเครื่องมือที่ใช้วัด เช่น ความหนาของช่องว่างต่างๆ ระยะห่างของเขี้ยวหัวเทียน ระยะห่างของหน้าทองขาวและระยะห่างของปากแหวนลูกสูบ ระยะช่องว่างวาล์วกับกระเดื่องกดลิ้น เป็นต้น สามารถวัดละเอียดได้ถึง 0.01 มิลลิเมตร สามารถวัดได้ทั้งระบบนิ้วและระบบมิลลิเมตร ใช้งานโดยนำฟิลเลอร์เกจสอดไประหว่างช่องว่าง สอดฟิลเลอร์เกจจนรู้สึกว่าความหนาของฟิลเลอร์เกจที่สอดเข้าไปพอดีกับช่องว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้น ถ้าไม่ได้ต้องเพิ่มความหนาของฟิลเลอร์เกจเข้าไปอีกจนพอดีกับช่องว่างนั้น จึงอ่านค่าที่วัดได้จากค่าความหนาบนฟิลเลอร์เกจแผ่นนั้นๆ ทำการวัดค่าช่องว่างของผิวตำแหน่งอ้างอิงดังรูปที่ ก.35 และบันทึกค่าที่วัดได้ลงในเอกสารบันทึกการตรวจสอบ

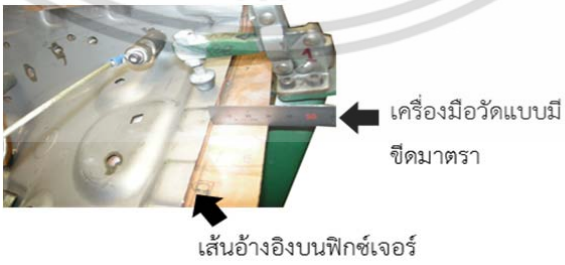
รูปที่ ก.35 วัดค่าช่องว่างของผิวตำแหน่งอ้างอิง

5.4 ทำการตรวจสอบตรวจสอบค่าด้วยการวัดช่องว่าง (GAP) ระหว่างชิ้นงานและฟิกซ์เจอร์ด้วยเครื่องมือเกจวัดความเรียวดังรูปที่ ก.36 โดยจุดตรวจสอบจะถูกกำหนด



รูปที่ ก.36 การวัดค่าช่องว่างระหว่างชิ้นงานและฟิกซ์เจอร์

5.5 ตรวจสอบค่าการวัดค่าขอบของชิ้นงานเทียบกับเส้นอ้างอิงของฟิกซ์เจอร์โดยใช้เครื่องวัดแบบมีขีดมาตรา (Scale) ดังรูปที่ ก.37



รูปที่ ก.37 การวัดค่าช่องว่างระหว่างชิ้นงานและฟิกซ์เจอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 ตรวจสอบค่าการวัดขนาดรูเจาะ (Hole diameter) ด้วยการใช้เวอร์เนียร์วัดขนาดภายในชิ้นงาน ดังรูปที่ ก.38

รูปที่ ก.38 การวัดขนาดรูเจาะ

5.7 ตรวจสอบค่าการวัดตำแหน่งรูเจาะ (Hole position) ดังรูปที่ ก.39

รูปที่ ก.39 การวัดตำแหน่งของรูเจาะ

5.8 ตรวจสอบค่าการวัดน้ำหนักของชิ้นงานโดยใช้เครื่องชั่งชิ้นงานดังรูป ก.40

รูปที่ ก.40 การวัดน้ำหนักของชิ้นงาน

5.9 ทำการตรวจสอบจนครบจัดทำเอกสารรายงานการตรวจสอบเพื่อขออนุมัติ

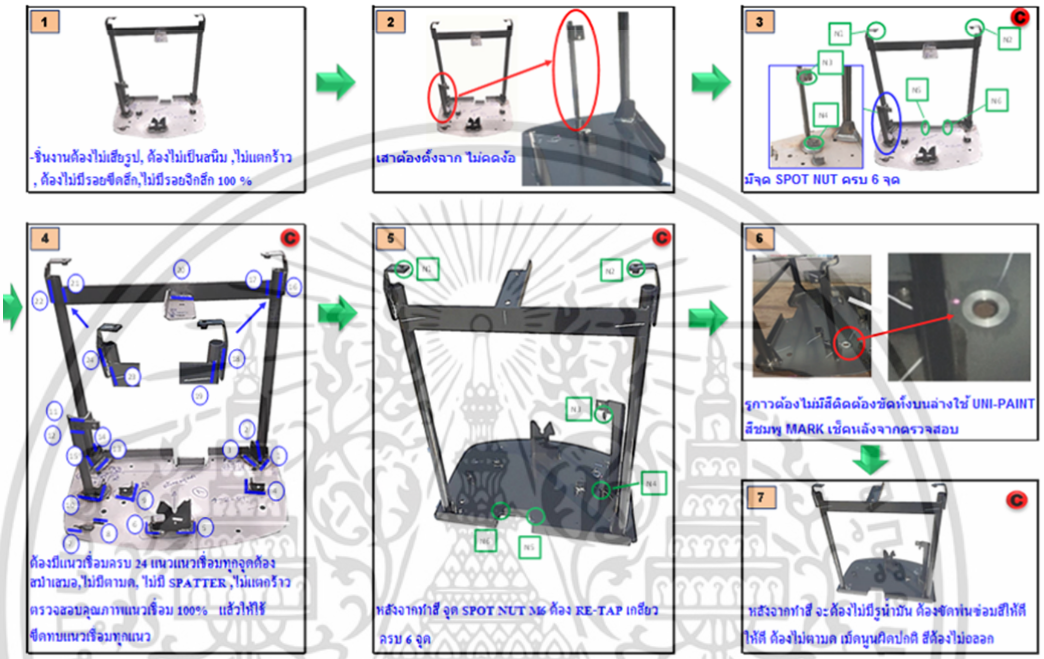
6. งานบริการตรวจสอบชิ้นงานนอกสถานที่ โดยโรงงานกรณีศึกษา รับงานบริการตรวจสอบชิ้นเช่น การตรวจสอบด้วยฟิกซ์เจอร์ (ดังแสดงในข้อ 5) งานด้วยการตรวจสอบรูปลักษณะ (Appearance visual check) ตรวจสอบการวัดขนาด (Dimension) โดยใช้เวอร์เนียร์ไฮเกจ และเวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์เป็นต้น โดยมีขั้นตอนในการตรวจสอบดังนี้

6.1 การตรวจสอบรูปลักษณะ (Appearance visual check)

การตรวจสอบรูปลักษณะทางโรงงานกรณีศึกษากำหนดให้เป็นการตรวจสอบด้วยสายตาซึ่งเป็นเทคนิคในการตรวจสอบแบบไม่ทำลายชิ้นงาน ใช้ในการตรวจสอบรูปร่างลักษณะ ขนาดรอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำหนิ และข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานในลักษณะต่าง ๆ ภายนอกที่สามารถมองเห็นได้ ขณะตรวจสอบต้องมีแสงสว่างเพียงพอ โดยมีวิธีการตรวจสอบชิ้นงานตามจุดที่เอกสารกำหนด โดยหัวหน้างานหรือวิศวกรจะเป็นกำหนดจุดตรวจสอบให้แก่พนักงาน เนื่องจากความแตกต่างกันของชิ้นงาน ที่โรงงานกรณีศึกษาจึงมีการกำหนดรูปแบบการตรวจสอบหนึ่งชิ้นงานต่อหนึ่งเอกสารการตรวจสอบ ตัวอย่างเอกสารการกำหนดจุดตรวจสอบด้วยสายตาตัวอย่างดังรูปที่ ก.41



รูปที่ ก.41 ตัวอย่างเอกสารการกำหนดจุดตรวจสอบด้วยสายตา

จากรูปที่ ก.41 จะเห็นได้ว่าเอกสารได้กำหนดจุดตรวจสอบด้วยสายตาให้กับชิ้นงานประกอบด้วย 6 หัวข้อการตรวจสอบได้แก่

6.1.1 ชิ้นงานต้องไม่เสียรูป ต้องไม่เป็นสนิม ไม่แตกร้าว ต้องไม่มีรอยขีดลึก และไม่มีรอยจิกลึก

6.1.2 เสาต้องตั้งฉาก ไม่คดงอ

6.1.3 มีจุด SPOT NUT ครบ 6 จุด

6.1.4 ต้องมีแนวเชื่อมครบ 24 แนวแนวเชื่อมทุกจุดต้องสม่ำเสมอ ไม่มีตามด ไม่มีเม็ดโลหะ (SPATTER) ไม่แตกร้าว ตรวจสอบคุณภาพแนวเชื่อม แล้วให้ใช้ขีดทบแนวเชื่อมทุกแนว

6.1.5 หลังจากทำสี จุด SPOT NUT M6 ต้อง RE-TAP เกลียวครบ 6 จุด

6.1.6 รูกาวต้องไม่มีสีติดต้องขัดทั้งบนล่างใช้ UNI-PAINT สีชมพู MARK เช็คหลังจากตรวจสอบ

6.1.7 หลังจากทำสี จะต้องไม่มีรูน้ำมัน ต้องขัดพ่นซ่อมสีให้ดี ต้องไม่ตามด เม็ดนูนผิดปกติ สีไม่ถลอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

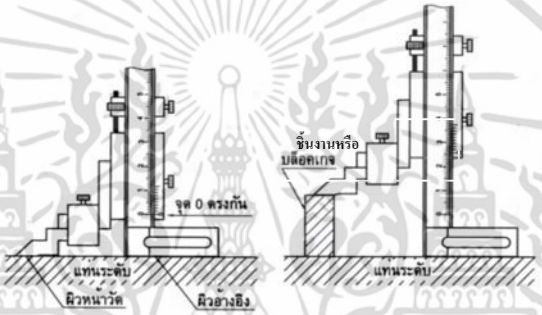
6.1.8 บันทึกรายละเอียดลงในเอกสารรายงานการตรวจสอบ ได้แก่ วันที่ เลขอ้างอิงของการผลิต จำนวนการผลิต จำนวนที่ตรวจสอบ จำนวนของเสีย และปัญหาของเสียที่พบ

6.1.9 นำเอกสารรายงานผลส่งอนุมัติ

6.2 ตรวจสอบการวัดขนาด (Dimension) โดยใช้เวอร์เนียร์ไฮเกจ ซึ่งเวอร์เนียร์ไฮเกจ (Vernier height gauge) เป็นเครื่องมือวัดที่ใช้กับงานร่างแบบ (Lay-out) เป็นส่วนใหญ่ โดยจะขีดให้เป็นรอยที่มีระยะหรือขนาดความสูงต่างๆ บนผิวชิ้นงาน โดยใช้กับโต๊ะระดับ มีขั้นตอนดังนี้

6.2.1 ทำความสะอาดเครื่องมือก่อนนำมาตรวจวัด

6.2.2 เวอร์เนียร์ไฮเกจใช้ในการวัดความสูงของชิ้นงาน โดยมีขั้นตอนดังรูป ก.42



รูปที่ ก.42 การใช้เวอร์เนียร์ไฮเกจวัดชิ้นงาน

ทำการปรับตั้งชิ้นงานตามการบอกขนาดของชิ้นงานทางวิศวกรรม ข้อมูลจากลูกค้าหรือผู้รับบริการกำหนด

6.2.1.1 ทำการวัดชิ้นงานโดยใช้ปากเวอร์เนียร์ไฮเกจวางบนขอบของชิ้นงานจะทำการวัด

6.2.1.2 บันทึกผลลงรายงานผลการตรวจวัดและส่งอนุมัติ

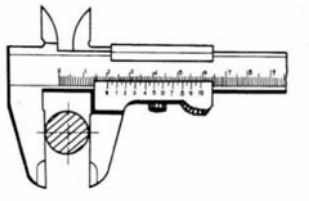
6.3 ตรวจสอบการวัดขนาด (Dimension) โดยใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์เป็นเครื่องมือวัดขนาดชิ้นงานที่ทำจากเหล็กสแตนเลสแข็งเป็นเครื่องมือวัดมีสเกลที่สามารถและอ่านค่าในการใช้เวอร์เนียร์วัดงานผลที่ได้จากการวัดมีค่าละเอียด และเที่ยงตรงกว่าการใช้บรรทัดเหล็กเนื่องจากการวัดโดยใช้เวอร์เนียร์จะใช้สเกลหลัก (Main scale) และสเกลเลื่อน (Vernier scale) ทำให้สามารถอ่านค่าจากการวัดได้ถูกต้อง แม่นยา จึงเป็นเครื่องมือวัดที่นิยมใช้งานกันมากในปัจจุบันแล้วทำการตรวจวัดแล้วบันทึกลงในเอกสาร เช่น เอกสารการบอกขนาดของชิ้นงานทางวิศวกรรม ข้อมูลจากลูกค้าหรือผู้รับบริการ เป็นต้น ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

6.3.1 ทำความสะอาดเครื่องมือก่อนการนำมาตรวจสอบ

6.3.2 การใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์แบ่งตามสภาพการใช้งานดังนี้

6.3.3 การใช้เวอร์เนียร์วัดขนาดภายนอกของชิ้นงานโดยใช้ปากวัดนอกดังแสดงในรูปที่ ก .43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

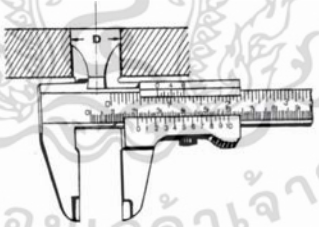


รูปที่ ก.43 การวัดขนาดภายนอกโดยใช้ปากวัดนอก

6.3.4 การใช้เวอร์เนียร์วัดขนาดภายนอกที่มีลักษณะเป็นร่องแคบ ๆ ซึ่งเกิดกลึงร่องชิ้นงาน เป็นต้น โดยใช้ปลายปากวัดชิ้นงาน ดังรูปที่ ก.44

รูปที่ ก.44 การวัดขนาดภายนอกที่มีลักษณะเป็นร่องแคบ

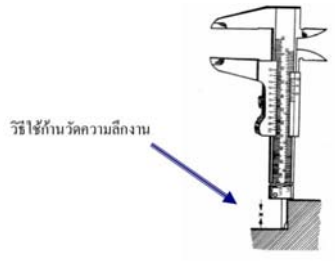
6.3.5 การใช้เวอร์เนียร์วัดขนาดภายในชิ้นงาน เช่น รูเจาะ เป็นต้น ใช้เคี้ยววัดในแสดงดังรูปที่ ก.45



รูปที่ ก.45 การวัดขนาดภายในชิ้นงานโดยใช้เคี้ยววัดใน

6.3.6 การใช้เวอร์เนียร์วัดขนาดความลึกของชิ้นงาน มีตัวอย่างการวัด เช่น รูตันชิ้นงานที่มีลักษณะเป็นบ่า เป็นต้น โดยใช้ก้านวัดลึกของเวอร์เนียร์วัดขนาดดังรูปที่ ก.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.47 การขนาดความลึกของชิ้นงานโดยใช้ก้านวัดลึก

6.3.7 บันทึกรายละเอียดลงในเอกสารรายงานการตรวจสอบแล้วส่งอนุมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหารูปแบบการแจกแจง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหารูปแบบการแจกแจง

1. ข้อมูลการเข้ามาของผู้รับบริการ

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์การแจกแจงความน่าจะเป็น ได้มาจากการระบบบันทึกข้อมูลการเข้ามาของบริการโดยการนับจำนวนงานที่มาขอรับบริการทุกๆ 1 ชั่วโมงในวันทำงานของโรงงานกรณีศึกษา ระยะเวลา 3 เดือน ซึ่งในการวิเคราะห์ผู้วิจัยได้วิเคราะห์เป็นรายชั่วโมง

2. ข้อมูลการเวลาการให้บริการแต่ละสถานี

กระบวนการทำงานในปัจจุบันพบว่ามีสถานีการทำงานและให้บริการ 13 สถานี ได้แก่ คัดกรองเอกสารเบื้องต้น หัวหน้า1งานมอบหมายงาน หัวหน้า2งานมอบหมายงาน งานสอบเทียบฟิกซ์เจอร์ งานตรวจวัดด้วย CMM งานตรวจวัดด้วย Laser scan งานทดสอบ งานตรวจวัดด้วยฟิกซ์เจอร์ งานตรวจสอบนอกสถานที่ ทบทวนรายงานเครื่องมือพิเศษ ทบทวนรายงานเครื่องมือช่างทั่วไป ผู้จัดการอนุมัติ และธุรการแจ้งผลการตรวจวัด โดยมีการเก็บจากการจับเวลาและการเก็บโดยระบบการบันทึกข้อมูลการทำงานของฝ่ายควบคุมคุณภาพดังนี้

2.1 สถานีคัดกรองเอกสารเบื้องต้น

ซึ่งในผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลโดยการสุ่มจับเวลาเก็บมาเป็นหน่วยนาทีจำนวน 500 ข้อมูลดังตารางที่ ข.2

ตารางที่ 2.ข ข้อมูลดิบของเวลาการให้บริการสถานีคัดกรองเอกสารเบื้องต้น

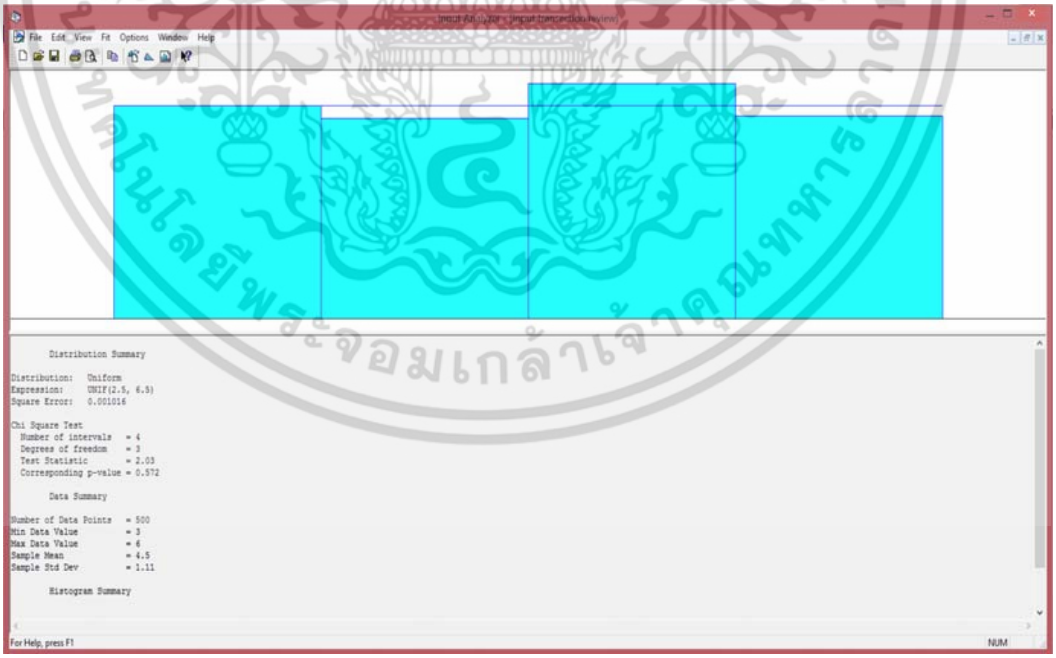
3	5	6	4	5	5	4	5	5	6	6	5	3	6	3	5	5	6	4	5
6	4	6	4	4	4	3	6	3	5	6	6	4	4	5	3	6	6	3	3
4	5	3	5	5	3	6	4	6	5	3	5	3	6	3	3	5	6	4	3
3	3	6	3	3	3	3	6	6	4	6	5	3	5	3	6	6	4	3	3
3	4	4	5	3	3	5	3	6	4	5	6	5	6	4	5	4	4	6	4
6	3	4	4	6	4	3	6	5	5	4	4	4	4	3	4	6	5	6	4
5	3	5	6	4	6	6	3	3	6	5	3	6	4	5	4	5	4	5	6
3	6	4	3	3	5	4	6	5	4	5	4	6	4	6	5	3	6	3	5
6	3	6	6	4	4	4	4	4	5	6	4	6	4	3	3	4	5	3	4
4	4	6	6	4	4	3	6	3	6	4	4	3	5	4	3	5	3	5	3
3	3	6	3	5	6	4	6	3	3	3	6	3	5	3	5	4	6	5	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.ข (ต่อ) ข้อมูลดิบของเวลาการให้บริการสถานีคัดกรองเอกสารเบื้องต้น

6	5	3	6	4	5	6	5	6	6	4	4	3	6	3	6	4	6	5	6
5	3	4	6	4	3	5	4	5	4	5	5	6	5	3	5	6	5	5	5
3	5	3	3	4	3	3	6	3	4	6	6	3	5	4	5	3	3	3	5
4	5	3	5	4	4	4	3	5	4	3	3	3	6	6	6	4	5	6	4
5	6	5	5	6	3	6	3	4	3	4	3	3	6	4	5	3	3	6	6
6	5	3	5	3	3	5	3	3	6	5	3	3	4	6	6	5	5	3	3
6	5	3	6	3	4	5	5	4	3	6	3	6	3	3	3	4	6	6	6
3	4	6	4	3	4	6	6	4	5	6	4	3	3	3	5	6	6	5	4
5	3	6	3	4	3	5	3	6	5	6	6	5	3	6	6	5	5	6	4
6	3	3	3	4	5	5	3	4	4	3	5	5	3	6	4	3	5	6	5
6	6	4	6	4	3	6	3	6	5	3	4	5	3	5	4	5	3	3	4
6	5	4	5	4	5	3	4	5	6	4	4	3	4	4	5	5	3	6	5
3	6	6	6	4	3	5	6	6	6	5	6	6	5	3	6	4	3	4	5
4	4	4	5	4	3	5	5	4	4	3	3	3	3	4	5	4	3	4	4

จากข้อมูลในตาราง ข.2 นำมาใช้วิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าเพื่อทดสอบการแจกแจงของข้อมูลโดยใช้เครื่องมือ Input analyzer ได้ผลลัพธ์ดังนี้



รูปที่ ข.1 การแจกแจงข้อมูลเวลาการให้บริการสถานีคัดกรองเอกสารเบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 การแจกแจงได้จากการนำข้อมูลการให้บริการสถานีคัดกรองเอกสารเบื้องต้นมาทดสอบการแจกกระจายตัวโดยข้อมูลนั้นมีรูปแบบการแจกแจงแบบ

2.1.2 สมการการแจกแจง (Expression): UNIF(2.5, 6.5) สมการการแจกแจงของข้อมูลคือ การแจกแจงแบบ Uniform มีค่าเวลาต่ำสุด และสูงสุดเท่ากับ 2.5 และ 6.5 ตามลำดับ

2.1.3 ค่า Sum square-error คือค่าผลรวมกำลังสองของความแตกต่างระหว่าง ค่าการแจกแจงความน่าจะเป็นที่กำหนดกับค่าประมาณของความน่าจะเป็นที่วัดได้ในแต่ละช่วงจากกราฟฮิทโทแกรมโดยจากผลการทดสอบได้ค่า Sum square-error เท่ากับ 0.001016

2.1.4 ค่า p-value เท่ากับ 0.572

2.2 หัวหน้างานเครื่องมือพิเศษมอบหมายงาน

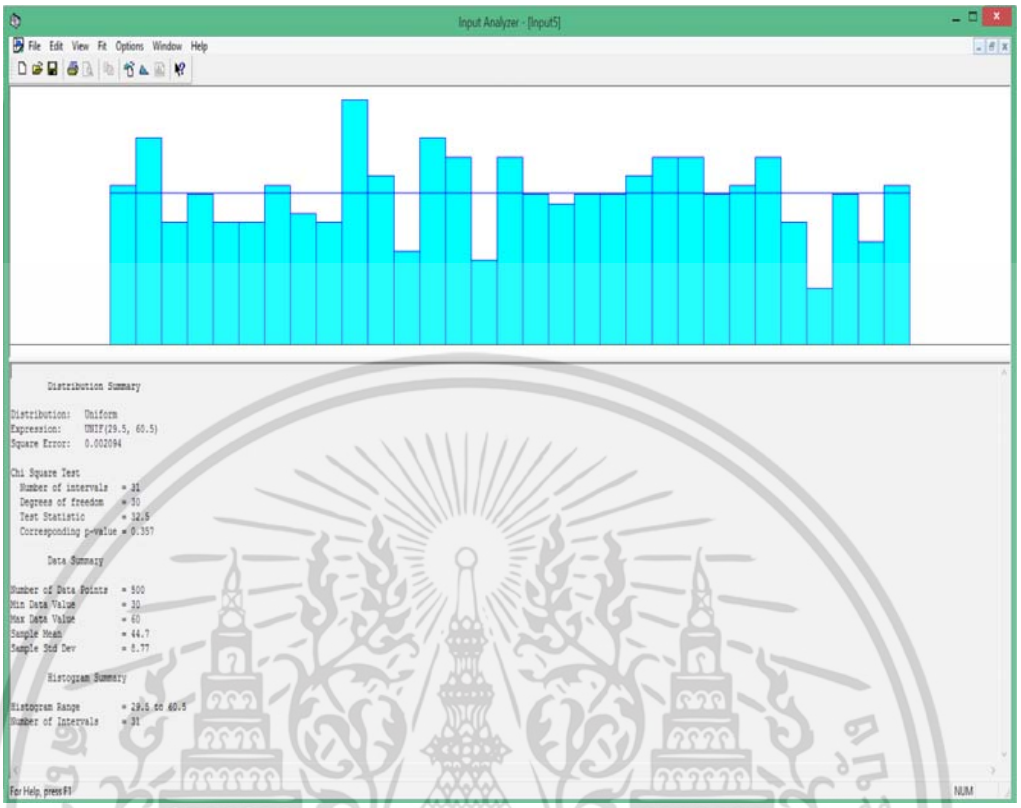
ซึ่งในผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลโดยการสุ่มจับเวลาเก็บมาเป็นหน่วยนาทีจำนวน 500 ข้อมูลดังตารางที่ ข.3

ตารางที่ 3.ข ข้อมูลดิบของเวลาของสถานีหัวหน้างาน1 มอบหมายงาน

38	59	54	39	43	43	43	48	38	51	39	50	60	30	47	59	48	40	56	56
30	40	56	39	59	40	35	49	57	36	47	38	36	42	58	51	58	52	49	42
41	50	31	37	35	55	33	47	57	42	49	50	47	32	54	43	31	59	53	37
36	31	57	59	52	59	41	43	30	48	57	34	46	31	54	35	56	37	59	60
41	54	31	30	41	50	36	50	38	51	49	35	30	59	31	40	50	49	36	47
60	41	53	52	49	39	47	51	30	35	47	53	54	30	57	57	53	35	39	36
51	36	48	35	35	33	51	56	42	58	39	49	40	54	51	53	55	39	32	48
48	53	50	44	37	51	49	60	57	47	56	34	31	60	34	49	39	58	49	47
40	59	48	50	51	43	42	58	37	34	58	44	55	39	49	46	30	33	40	41
39	40	34	34	60	59	58	37	50	59	44	47	56	37	60	30	57	39	38	41
49	42	49	30	32	43	46	37	43	36	36	52	58	57	40	36	58	35	55	31
49	55	55	54	52	32	36	32	39	59	52	32	43	41	49	35	53	49	49	36
40	50	59	58	42	60	58	47	45	50	35	48	46	33	51	40	59	36	55	33
45	39	32	53	42	31	36	51	43	54	52	32	52	45	35	45	40	51	40	33
56	52	47	42	38	37	43	46	57	35	40	51	37	39	54	38	44	51	34	51
33	37	46	60	54	32	48	47	50	43	55	31	33	39	36	55	47	38	32	39
59	32	44	48	57	54	59	58	57	60	30	34	35	40	39	32	51	52	47	59
45	51	40	36	32	53	39	56	47	54	46	50	52	38	58	31	38	33	35	36
53	49	55	49	33	40	53	32	46	40	55	48	54	46	46	51	40	55	52	58
53	50	33	34	60	44	45	43	48	33	31	35	43	52	39	58	38	31	49	41
53	49	46	45	60	57	44	35	44	34	59	54	31	38	42	37	36	40	58	49
51	56	32	44	32	36	44	52	42	44	32	31	43	45	57	47	41	32	37	60
48	46	54	59	36	60	37	47	39	30	32	31	59	32	43	43	52	53	42	36
30	42	43	50	46	44	33	36	37	40	36	37	39	50	40	53	57	36	30	39
47	52	36	54	47	40	47	56	53	40	52	59	45	50	39	48	34	50	44	46

จากข้อมูลในตาราง ข.3 นำมาใช้วิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าเพื่อทดสอบการแจกแจงของข้อมูลโดยใช้เครื่องมือ Input analyzer ได้ผลลัพธ์ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.2 การแจกแจงข้อมูลเวลาของหัวหน้างานเครื่องมือพิเศษมอบหมายงาน

2.2.1 การแจกแจงได้จากการนำข้อมูลการให้บริการหัวหน้างานเครื่องมือพิเศษมอบหมายงานมาทดสอบการแจกกระจายตัวโดยข้อมูลนั้นมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Uniform

2.2.2 สมการการแจกแจง (Expression): UNIF(29.5, 60.1) สมการการแจกแจงของข้อมูลคือ การแจกแจงแบบ Uniform มีค่าเวลาต่ำสุด และสูงสุดเท่ากับ 29.5 และ 60.1 ตามลำดับ

2.1.3 ค่า Sum square-error คือค่าผลรวมกำลังสองของความแตกต่างระหว่าง ค่าการแจกแจงความน่าจะเป็นที่กำหนดกับค่าประมาณของความน่าจะเป็นที่วัดได้ในแต่ละช่วงจากกราฟฮิทโทแกรมโดยจากผลการทดสอบได้ค่า Sum square-error เท่ากับ 0.002094

2.1.4 ค่า p-value เท่ากับ 0.357

2.3 หัวหน้าเครื่องมือช่างทั่วไปมอบหมายงาน

ซึ่งในผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลโดยการสุ่มจับเวลาเก็บมาเป็นหน่วยนาทีจำนวน 500 ข้อมูลดังตารางที่ ข.4

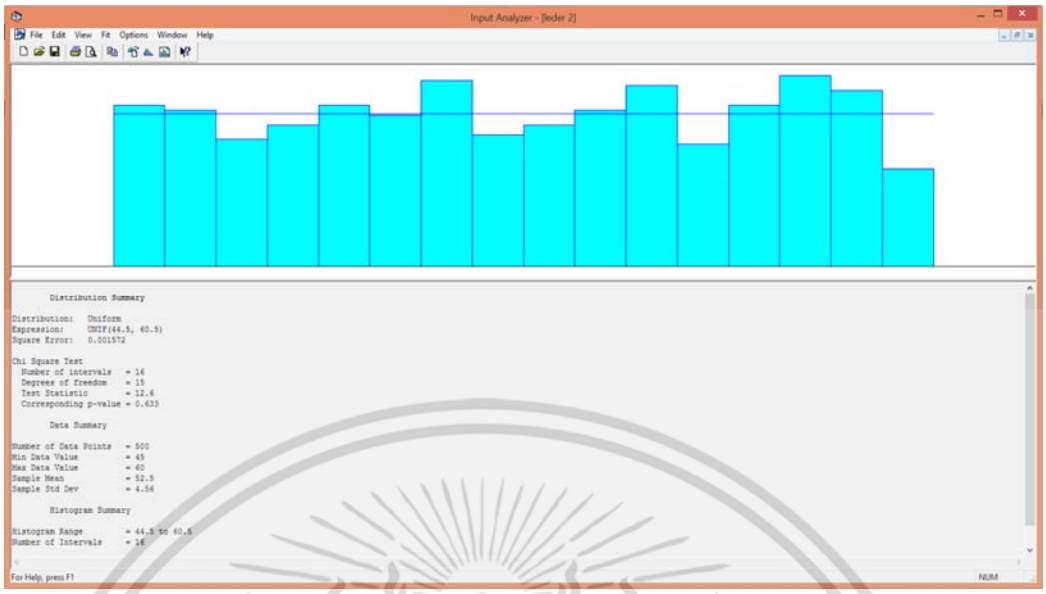
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 ข้อมูลดิบของเวลาของสถานีหัวหน้าเครื่องมือช่างทั่วไปมอบหมายงาน

54	45	52	49	60	45	52	56	51	54	50	60	55	58	58	59	56	59	51	49
53	50	51	53	51	45	47	48	57	59	45	60	58	58	56	59	47	46	46	54
49	51	48	57	55	56	58	56	47	50	57	59	57	57	51	51	47	45	53	52
47	46	48	59	51	60	59	47	55	54	55	49	46	49	48	56	47	53	49	55
51	55	53	50	59	49	57	47	58	49	48	60	59	50	57	54	47	51	47	52
46	53	52	58	45	58	52	59	52	50	51	53	59	45	57	55	53	47	60	50
49	59	51	57	60	55	50	45	51	45	54	46	50	45	46	45	57	47	57	60
46	46	60	45	51	54	57	47	50	46	50	52	48	48	53	57	45	58	50	51
48	55	46	50	49	46	51	59	56	53	48	45	51	51	57	50	55	46	56	47
56	57	48	58	50	52	48	46	54	49	57	50	52	49	58	60	56	51	57	51
52	58	49	48	46	47	48	48	54	45	59	59	51	46	53	58	58	50	48	54
57	55	48	48	51	46	49	47	55	49	47	53	49	50	59	48	49	46	51	56
58	53	54	58	46	54	48	45	60	50	45	60	55	53	58	55	51	51	52	50
51	48	47	58	48	48	52	58	52	52	54	58	46	58	57	55	45	54	52	55
45	55	55	58	58	54	54	46	56	49	56	49	49	57	46	54	50	59	53	59
51	58	55	45	57	60	55	50	46	55	53	58	54	53	51	47	58	48	57	58
59	58	57	47	52	56	56	52	56	55	57	58	50	55	54	59	45	48	47	57
50	47	54	45	58	53	49	49	51	54	54	45	52	55	55	58	54	50	56	51
53	46	49	55	47	45	56	51	60	45	59	59	58	57	57	56	60	51	51	45
50	52	59	57	46	59	53	48	59	49	46	59	53	51	52	48	50	53	54	60
60	51	58	49	49	55	49	46	49	52	54	56	59	60	48	54	57	54	51	50
60	46	51	55	49	50	52	55	45	53	50	54	57	45	55	46	59	54	58	47
55	60	53	53	57	53	46	56	45	49	54	52	52	48	58	58	55	58	59	51
55	59	53	56	47	53	45	58	57	58	45	56	59	49	50	55	46	56	52	59
56	54	55	45	59	53	49	45	59	47	59	46	52	49	59	55	48	57	55	54

จากข้อมูลในตาราง ข.4 นำมาใช้วิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าเพื่อทดสอบการแจกแจงของข้อมูลโดยใช้เครื่องมือ Input analyzer ได้ผลลัพธ์ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.3 การแจกแจงข้อมูลเวลาของสถานีหัวหน้างาน2 มอบหมายงาน

2.3.1 การแจกแจงได้จากการนำข้อมูลการให้บริการสถานีหัวหน้าเครื่องมือช่างทั่วไป มอบหมายงานมาทดสอบการแจกกระจายตัวโดยข้อมูลนั้นมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Uniform

2.3.2 สมการการแจกแจง (Expression): UNIF(44.5, 60.5) สมการการแจกแจงของข้อมูลคือ การแจกแจงแบบ Uniform มีค่าเวลาต่ำสุด และสูงสุดเท่ากับ 44.5 และ 60.5 ตามลำดับ

2.3.3 ค่า Sum square-error คือค่าผลรวมกำลังสองของความแตกต่างระหว่าง ค่าการแจกแจงความน่าจะเป็นที่กำหนดกับค่าประมาณของความน่าจะเป็นที่วัดได้ในแต่ละช่วงจากกราฟฮิทโทแกรมโดยจากผลการทดสอบได้ค่า Sum square-error เท่ากับ 0.001572

2.3.4 ค่า p-value เท่ากับ 0.633

2.4 สถานีงานสอบเทียบฟิกซ์เจอร์ (Calibration)

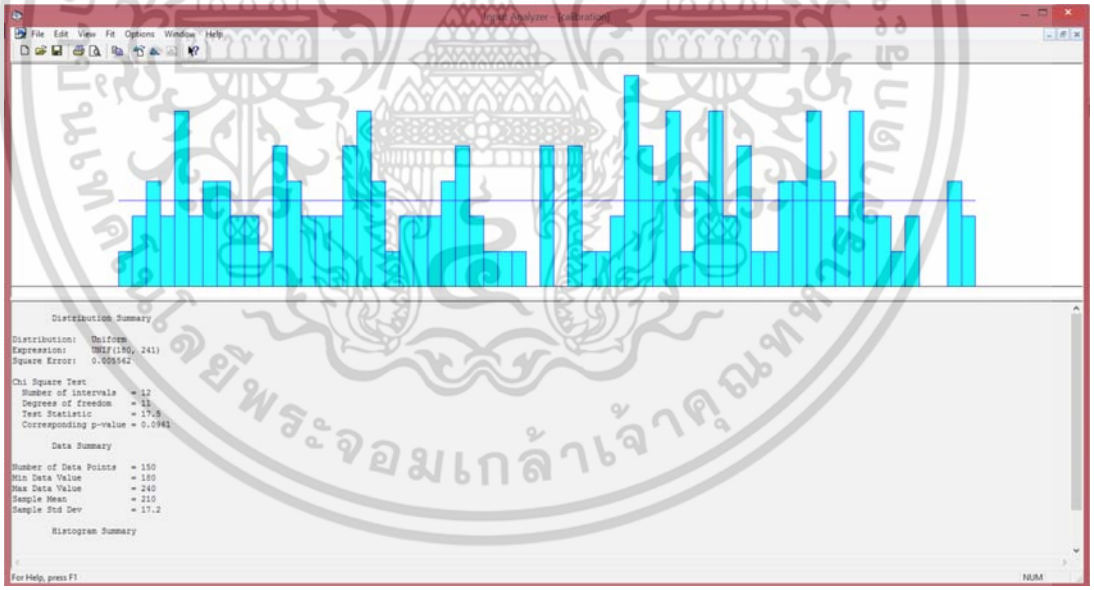
ซึ่งในผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลโดยการสุ่มจับเวลาเก็บมาเป็นหน่วยนาทีรวมกับข้อมูลการบันทึกเวลาการทำงานรวมเป็นจำนวน 150 ข้อมูลดังตารางที่ ข.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.5 ข้อมูลดิบของเวลาของสถานีงานสอบเทียบฟิกซ์เจอร์ (Calibration)

234	229	186	213	182	189	223	215	240	211	224	224
193	182	210	212	210	219	206	198	195	225	181	191
183	186	195	184	226	187	184	200	180	208	239	182
205	199	226	203	240	226	221	239	218	232	203	220
237	197	231	215	200	189	201	211	206	180	189	192
233	225	215	224	193	209	211	197	192	220	226	193
222	188	220	237	215	195	227	217	193	191	210	225
204	192	188	192	190	219	220	219	197	186	193	189
211	212	186	221	231	209	180	224	209	219	223	234
195	214	235	210	183	223	225	235	237	213	186	228
184	206	216	185	201	182	234	194	214	232	216	196
199	214	201	217	229	188	182	230	239	184	222	231
180	202	231	205	203	192						

จากข้อมูลในตาราง ข.5 นำมาใช้วิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าเพื่อทดสอบการแจกแจงของข้อมูลโดยใช้เครื่องมือ Input analyzer ได้ผลลัพธ์ดังนี้



รูปที่ ข.4 การแจกแจงข้อมูลเวลาของสถานีงานสอบเทียบฟิกซ์เจอร์ (Calibration)

2.4.1 การแจกแจงได้จากการนำข้อมูลการให้บริการสถานีงานสอบเทียบฟิกซ์เจอร์มาทดสอบการแจกกระจายตัวโดยข้อมูลนั้นมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Uniform

2.4.2 สมการการแจกแจง (Expression): UNIF(180, 241) สมการการแจกแจงของข้อมูลคือ การแจกแจงแบบ Uniform มีค่าเวลาต่ำสุด และสูงสุดเท่ากับ 180 และ 241 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 ค่า Sum square-error คือค่าผลรวมกำลังสองของความแตกต่างระหว่าง ค่าการแจกแจงความน่าจะเป็นที่กำหนดกับค่าประมาณของความน่าจะเป็นที่วัดได้ในแต่ละช่วงจากกราฟฮิทโทแกรมโดยจากผลการทดสอบได้ค่า Sum square-error เท่ากับ 0.001743

2.4.4 ค่า p-value เท่ากับ 0.519

2.5 สถานีงานสอบตรวจวัดด้วย CMM

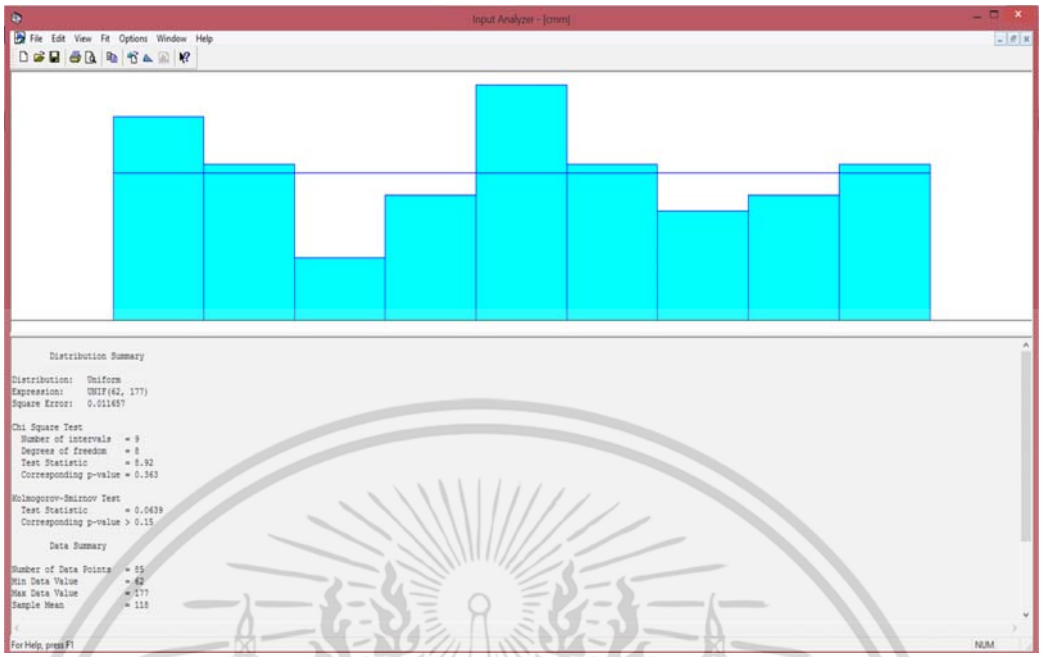
ซึ่งในผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลโดยการสุ่มจับเวลาเก็บมาเป็นหน่วยนาทีรวมกับข้อมูลการบันทึกเวลาการทำงานรวมเป็นจำนวน 85 ข้อมูลดังตารางที่ ข.6

ตารางที่ ข.6 ข้อมูลดิบของเวลาของสถานีงานตรวจวัดด้วย CMM

76	117	130	119	162	154	109	96	66
123	92	102	117	113	130	73	91	165
62	151	147	126	112	102	64	169	75
157	119	130	167	143	175	148	164	176
142	162	64	66	93	131	75	130	130
142	115	72	90	172	125	149	157	
120	84	180	125	101	61	94	118	
129	128	159	175	122	150	146	150	
96	122	92	117	104	99	120	96	
156	121	117	116	126	93	172	75	

จากข้อมูลในตาราง ข.6 นำมาใช้วิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าเพื่อทดสอบการแจกแจงของข้อมูลโดยใช้เครื่องมือ Input analyzer ได้ผลลัพธ์ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.5 การแจกแจงข้อมูลเวลาของสถานีงานตรวจวัดด้วย CMM

2.5.1 การแจกแจงได้จากการนำข้อมูลการให้บริการสถานีงานตรวจวัดด้วย CMM มาทดสอบการแจกกระจายตัวโดยข้อมูลนั้นมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Uniform

2.5.2 สมการการแจกแจง (Expression): UNIF(62, 177) สมการการแจกแจงของข้อมูลคือ การแจกแจงแบบ Uniform มีค่าเวลาต่ำสุด และสูงสุดเท่ากับ 62 และ 177 ตามลำดับ

2.5.3 ค่า Sum square-error คือค่าผลรวมกำลังสองของความแตกต่างระหว่าง ค่าการแจกแจงความน่าจะเป็นที่กำหนดกับค่าประมาณของความน่าจะเป็นที่วัดได้ในแต่ละช่วงจากกราฟฮิทโทแกรมโดยจากผลการทดสอบได้ค่า Sum square-error เท่ากับ 0.011657

2.5.4 ค่า p-value เท่ากับ 0.363

2.6 สถานีงานสอบตรวจวัดด้วย Laser scan

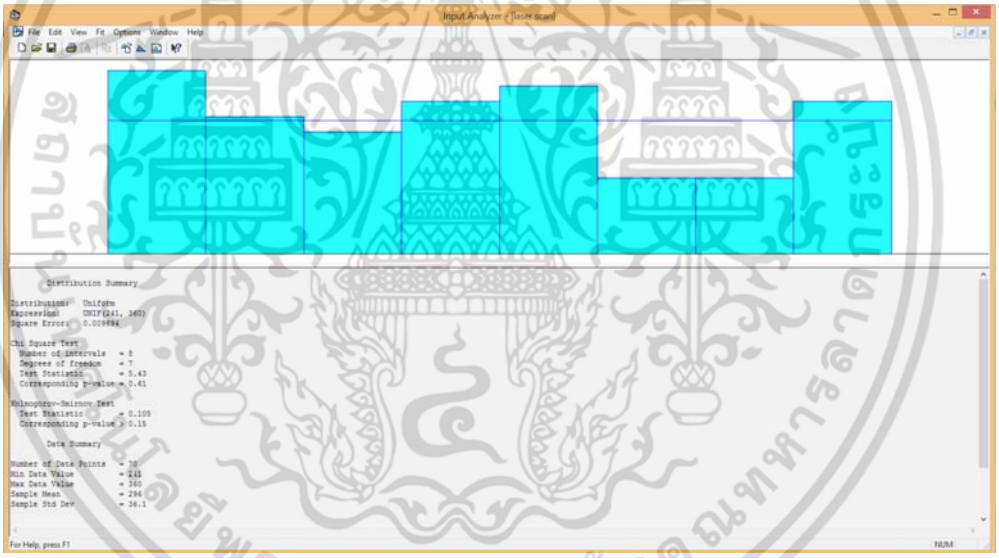
ซึ่งในผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลโดยการสุ่มจับเวลาเก็บมาเป็นหน่วยนาทีรวมกับข้อมูลการบันทึกเวลาการทำงานรวมเป็นจำนวน 70 ข้อมูลดังตารางที่ ข.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.7 ข้อมูลดิบของเวลาของสถานีงานตรวจวัดด้วย Laser scan

355	257	270	251	245	331	324
325	245	357	263	274	252	261
340	273	318	252	283	319	355
317	292	302	323	254	261	310
272	269	255	355	292	287	321
305	323	358	350	336	241	240
303	358	284	251	249	330	282
262	253	301	281	347	322	341
342	330	338	256	326	249	290
345	274	269	308	268	286	316

จากข้อมูลในตาราง ข.7 นำมาใช้วิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าเพื่อทดสอบการแจกแจงของข้อมูลโดยใช้เครื่องมือ Input analyzer ได้ผลลัพธ์ดังนี้



รูปที่ ข.6 การแจกแจงข้อมูลเวลาของสถานีงานตรวจวัดด้วย Laser scan

2.6.1 การแจกแจงได้จากการนำข้อมูลการให้บริการสถานีงานสอบตรวจวัดด้วย Laser scan มาทดสอบการแจกกระจายตัวโดยข้อมูลนั้นมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Uniform

2.6.2 สมการการแจกแจง (Expression): UNIF(241, 360) สมการการแจกแจงของข้อมูลคือ การแจกแจงแบบ Uniform มีค่าเวลาต่ำสุด และสูงสุดเท่ากับ 241 และ 360 ตามลำดับ

2.6.3 ค่า Sum square-error คือค่าผลรวมกำลังสองของความแตกต่างระหว่าง ค่าการแจกแจงความน่าจะเป็นที่กำหนดกับค่าประมาณของความน่าจะเป็นที่วัดได้ในแต่ละช่วงจากกราฟฮิทโทแกรมโดยจากผลการทดสอบได้ค่า Sum square-error เท่ากับ 0.009694

2.6.4 ค่า p-value เท่ากับ 0.61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

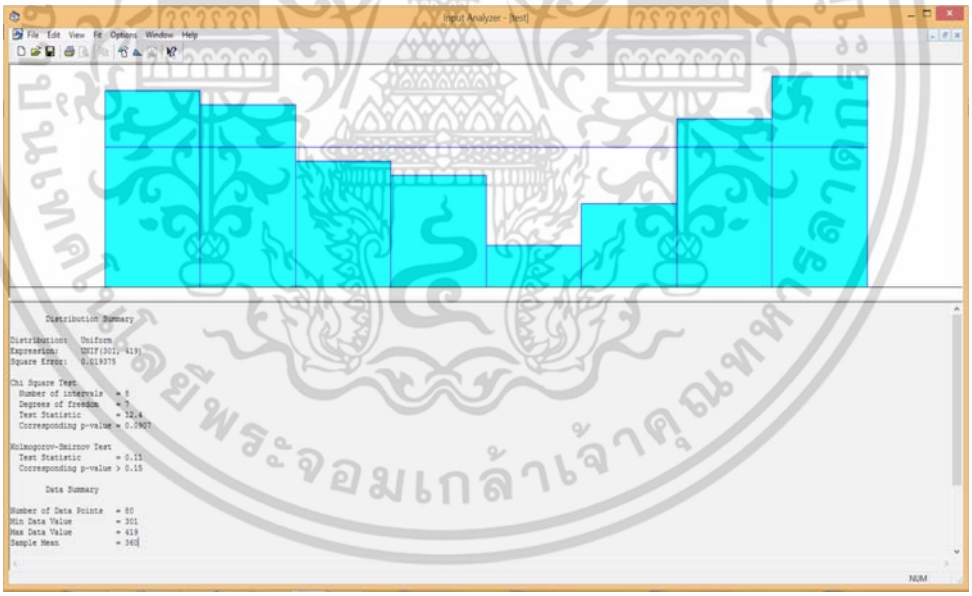
2.7 สถานีงานทดสอบ

ซึ่งในผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลโดยการสุ่มจับเวลาเก็บมาเป็นหน่วยนาทีรวมกับข้อมูลการบันทึกเวลาการทำงานรวมเป็นจำนวน 80 ข้อมูลดังตารางที่ ข.8

ตารางที่ ข.8 ข้อมูลดิบของเวลาของสถานีงานทดสอบ

344	321	364	392	305	394	336	346
397	353	302	400	320	410	414	418
356	410	375	331	357	321	406	328
401	375	339	391	348	400	372	352
378	371	367	416	368	331	404	327
418	345	393	311	360	389	380	305
302	327	373	349	336	416	391	339
408	395	379	369	315	401	393	383
329	359	335	362	412	347	386	322
341	408	334	372	355	301	400	341

จากข้อมูลในตาราง ข.8 นำมาใช้วิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าเพื่อทดสอบการแจกแจงของข้อมูลโดยใช้เครื่องมือ Input analyzer ได้ผลลัพธ์ดังนี้



รูปที่ ข.7 การแจกแจงข้อมูลเวลาของสถานีงานทดสอบ

2.7.1 การแจกแจงได้จากการนำข้อมูลการให้บริการสถานีงานทดสอบมาทดสอบการแจกกระจายตัวโดยข้อมูลนั้นมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Uniform

2.7.2 สมการการแจกแจง (Expression): UNIF(301, 409) สมการการแจกแจงของข้อมูลคือ การแจกแจงแบบ Uniform มีค่าเวลาต่ำสุด และสูงสุดเท่ากับ 301 และ 409 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3 ค่า Sum square-error คือค่าผลรวมกำลังสองของความแตกต่างระหว่าง ค่าการแจกแจงความน่าจะเป็นที่กำหนดกับค่าประมาณของความน่าจะเป็นที่วัดได้ในแต่ละช่วงจากกราฟฮิทโทแกรมโดยจากผลการทดสอบได้ค่า Sum square-error เท่ากับ 0.019375

2.7.4 ค่า p-value เท่ากับ 0.0907

2.8 สถานีงานตรวจวัดโดยฟิกซ์เจอร์ (Fixture)

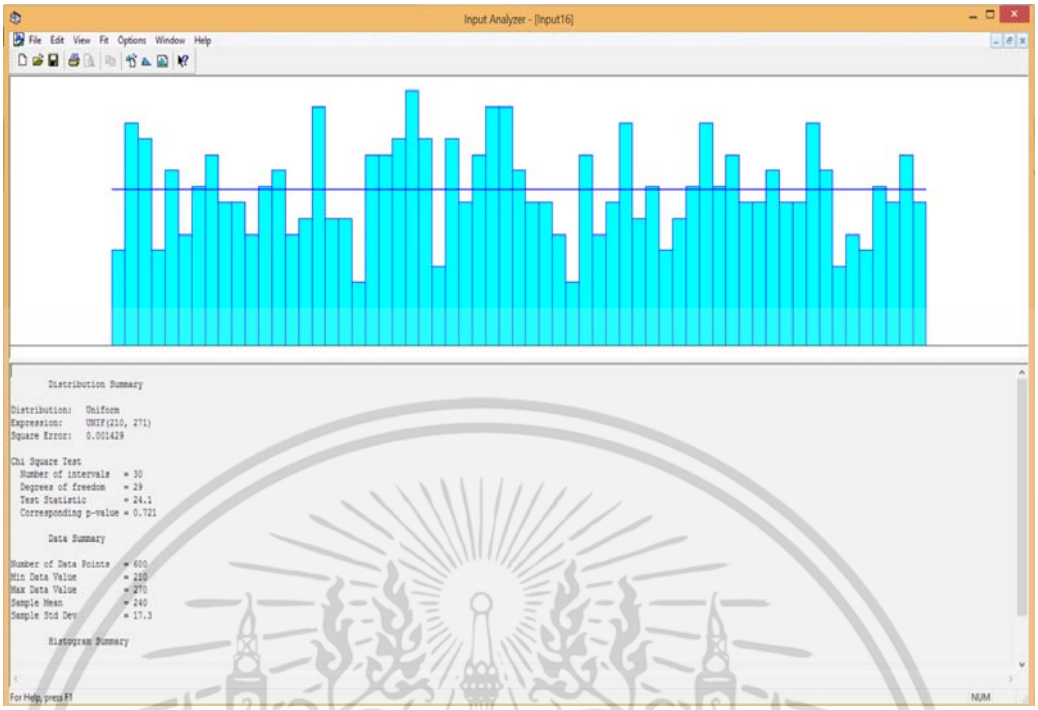
ซึ่งในผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลโดยการสุ่มจับเวลาเก็บมาเป็นหน่วยนาทีรวมกับข้อมูลการบันทึกเวลาการทำงานรวมเป็นจำนวน 600 ข้อมูลดังตารางที่ ข.9

ตารางที่ ข.9 ข้อมูลดิบของเวลาของสถานีงานตรวจวัดโดยฟิกซ์เจอร์ (Fixture)

243	248	227	214	267	229	245	211	231	267	270	230	269	252	230	229	239	230	266	231	270	263	236	211
254	236	231	254	219	264	211	259	232	238	235	247	235	230	217	231	240	244	248	248	231	229	253	258
219	251	236	250	212	258	266	232	238	234	217	262	235	258	267	255	225	213	269	230	235	269	256	218
262	254	221	232	249	219	238	254	263	211	253	216	262	226	229	256	239	215	217	252	237	265	270	215
225	216	242	233	261	257	238	268	241	233	256	232	243	241	223	251	261	212	233	233	226	225	256	252
255	269	215	258	212	240	268	258	260	269	220	264	262	232	229	237	248	270	211	232	235	223	236	232
262	259	213	229	213	235	214	217	217	246	214	211	210	217	216	214	241	254	221	221	220	227	255	246
261	256	224	240	262	244	248	259	241	267	269	255	240	245	256	249	254	245	212	228	226	225	239	221
228	227	239	217	239	238	225	255	232	242	246	251	233	262	260	212	237	222	263	250	216	249	265	247
223	239	225	263	218	230	211	247	259	215	225	244	262	249	214	248	210	245	255	221	237	247	219	256
259	219	216	248	225	254	239	223	257	235	254	266	218	252	247	254	210	240	214	249	218	232	260	257
237	249	263	216	259	253	245	226	237	223	238	213	247	258	245	235	231	266	238	211	239	245	216	212
263	214	233	222	214	232	233	225	237	230	211	232	228	227	268	227	262	250	235	270	259	253	225	270
237	213	211	235	244	245	266	252	230	257	225	211	253	257	239	267	248	241	245	233	247	231	213	212
266	235	246	221	253	214	253	267	261	240	247	251	250	255	212	233	248	257	237	251	239	261	222	211
234	252	238	264	222	238	217	238	256	268	270	231	241	257	264	270	236	267	262	241	222	216	246	211
232	259	230	263	252	269	226	220	231	218	211	231	221	225	237	270	210	224	222	248	268	227	267	242
238	265	263	210	218	231	268	256	238	250	224	250	226	220	238	229	229	217	212	260	239	223	253	254
241	253	230	260	220	269	254	255	260	230	243	254	215	264	238	262	269	250	232	248	256	220	224	224
229	249	224	261	233	234	267	234	257	240	221	269	268	262	250	229	257	260	232	217	240	212	254	253
232	251	261	222	224	236	261	265	232	230	227	259	231	246	243	255	237	248	247	219	238	220	223	246
239	262	245	259	242	254	228	215	222	242	234	222	248	240	245	248	229	239	263	218	243	236	250	217
227	268	256	258	241	259	226	245	265	219	242	225	210	260	256	231	219	242	242	258	240	219	269	237
217	260	225	265	212	233	216	218	243	242	226	236	239	255	214	243	263	239	214	263	222	222	221	261
212	225	224	265	262	236	252	218	268	235	269	212	235	240	233	216	267	233	221	215	229	249	258	250

จากข้อมูลในตาราง ข.9 นำมาใช้วิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าเพื่อทดสอบการแจกแจงของข้อมูลโดยใช้เครื่องมือ Input analyzer ได้ผลลัพธ์ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.8 การแจกแจงข้อมูลเวลาของสถานีงานตรวจวัดโดยฟิกซ์เจอร์ (Fixture)

2.8.1 การแจกแจงได้จากการนำข้อมูลการให้บริการสถานีงานตรวจวัดโดยฟิกซ์เจอร์ (Fixture) มาทดสอบการแจกกระจายตัวโดยข้อมูลนั้นมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Uniform

2.8.2 สมการการแจกแจง (Expression): UNIF(210, 271) สมการการแจกแจงของข้อมูลคือ การแจกแจงแบบ Uniform มีค่าเวลาต่ำสุด และสูงสุดเท่ากับ 210 และ 271 ตามลำดับ

2.8.3 ค่า Sum square-error คือค่าผลรวมกำลังสองของความแตกต่างระหว่าง ค่าการแจกแจงความน่าจะเป็นที่กำหนดกับค่าประมาณของความน่าจะเป็นที่วัดได้ในแต่ละช่วงจากกราฟฮิทโทแกรมโดยจากผลการทดสอบได้ค่า Sum square-error เท่ากับ 0.001429

2.8.4 ค่า p-value เท่ากับ 0.721

2.9 สถานีงานตรวจสอบนอกสถานที่ (Outside)

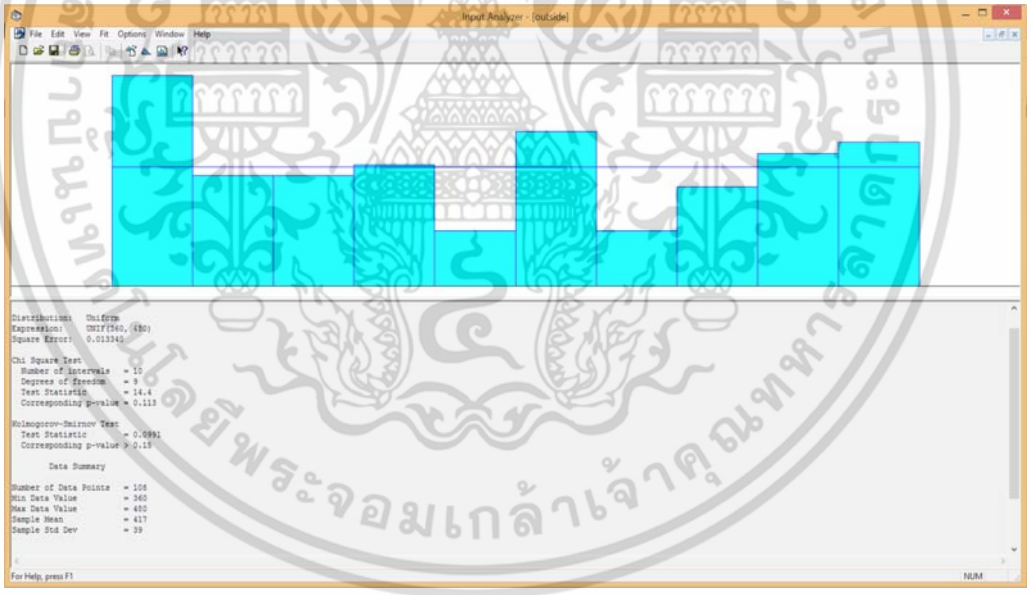
ซึ่งในผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลจากการบันทึกเวลาการทำงานเป็นจำนวน 108 ข้อมูลดังตารางที่ ข.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.10 ข้อมูลดิบของเวลาของสถานีตรวจสอบนอกสถานที่ (Outside)

468	434	449	403	414	377	435	478	478	456	391
477	421	471	400	388	383	471	467	460	383	463
472	385	445	420	447	391	412	470	367	443	460
467	373	452	390	419	437	374	437	384	400	430
432	377	451	418	465	480	418	396	462	391	452
362	434	389	387	424	396	367	480	421	386	439
473	373	412	480	395	372	455	383	428	451	420
365	476	406	371	391	404	402	459	393	410	452
410	443	406	412	409	465	363	445	427	411	
370	480	390	386	369	478	418	437	401	398	

จากข้อมูลในตาราง ข.10 นำมาใช้วิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าเพื่อทดสอบการแจกแจงของข้อมูลโดยใช้เครื่องมือ Input analyzer ได้ผลลัพธ์ดังนี้



รูปที่ ข.9 การแจกแจงข้อมูลเวลาของสถานีงานตรวจสอบนอกสถานที่ (Outside)

2.9.1 การแจกแจงได้จากการนำข้อมูลการให้บริการสถานีงานตรวจสอบนอกสถานที่ มาทดสอบการแจกกระจายตัวโดยข้อมูลนั้นมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Uniform

2.9.2 สมการการแจกแจง (Expression): UNIF(360, 480) สมการการแจกแจงของข้อมูลคือ การแจกแจงแบบ Uniform มีค่าเวลาต่ำสุด และสูงสุดเท่ากับ 360 และ 480 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.3 ค่า Sum square-error คือค่าผลรวมกำลังสองของความแตกต่างระหว่าง ค่าการแจกแจงความน่าจะเป็นที่กำหนดกับค่าประมาณของความน่าจะเป็นที่วัดได้ในแต่ละช่วงจากกราฟฮิทโทแกรมโดยจากผลการทดสอบได้ค่า Sum square-error เท่ากับ 0.013340

2.9.4 ค่า p-value เท่ากับ 0.113

2.10 สถานีทบทวนรายงานเครื่องมือพิเศษ

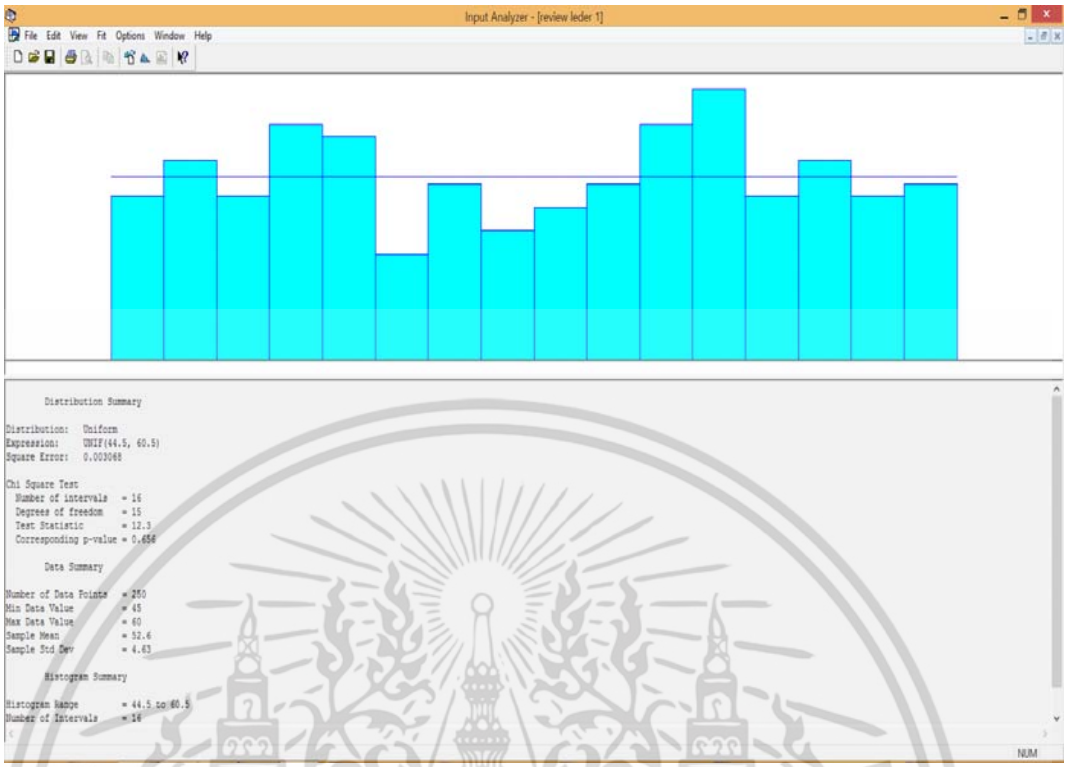
ซึ่งในผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลโดยการสุ่มจับเวลาเก็บมาเป็นหน่วยนาทีจำนวน 250 ข้อมูลดังตารางที่ ข.11

ตารางที่ ข.11 ข้อมูลดิบของเวลาของสถานีทบทวนรายงานเครื่องมือพิเศษ

53	58	57	54	54	53	51	46	55	60	60	55	55	55	60	47	49	51	47	51
49	48	53	46	58	50	55	48	53	48	47	58	47	52	54	56	49	56	52	51
55	50	57	59	47	58	56	47	52	47	48	55	53	52	55	53	48	59	57	56
56	45	58	48	60	56	45	52	59	47	49	60	58	45	57	51	58	56	49	51
46	49	50	53	55	54	46	54	52	46	49	59	60	49	49	45	48	48	50	59
48	58	45	60	46	51	46	46	60	56	54	49	45	56	56	55	57	49	45	56
54	54	51	48	60	58	47	51	53	51	54	48	60	58	53	54	58	56	58	45
58	48	59	60	56	51	46	59	59	57	49	52	55	48	51	46	58	50	58	51
54	47	45	56	49	56	50	46	47	48	53	47	57	59	59	49	46	49	57	58
54	51	60	55	56	57	47	55	56	45	53	46	48	45	45	55	48	49	54	54
50	56	45	59	55	52	60	47	52	59	53	57	52	55	51	57	48	49	60	55
46	46	49	56	57	50	50	60	48	46	59	56	55	57	48	55	56	58	49	52
59	48	54	46	56	57	56	55	53	45										

จากข้อมูลในตาราง ข.11 นำมาใช้วิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าเพื่อทดสอบการแจกแจงของข้อมูลโดยใช้เครื่องมือ Input analyzer ได้ผลลัพธ์ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.10 การแจกแจงข้อมูลเวลาของสถานีทบทวนรายงานเครื่องมือพิเศษ

2.10.1 การแจกแจงได้จากการนำข้อมูลการให้บริการสถานีทบทวนรายงานเครื่องมือพิเศษมาทดสอบการแจกกระจายตัวโดยข้อมูลนั้นมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Uniform

2.10.2 สมการการแจกแจง (Expression): UNIF(44.5, 60.5) สมการการแจกแจงของข้อมูลคือ การแจกแจงแบบ Uniform มีค่าเวลาต่ำสุด และสูงสุดเท่ากับ 44.5 และ 60.5 ตามลำดับ

2.10.3 ค่า Sum square-error คือค่าผลรวมกำลังสองของความแตกต่างระหว่างค่าการแจกแจงความน่าจะเป็นที่กำหนดกับค่าประมาณของความน่าจะเป็นที่วัดได้ในแต่ละช่วงจากกราฟฮิทโทแกรมโดยจากผลการทดสอบได้ค่า Sum square-error เท่ากับ 0.003068

2.10.4 ค่า p-value เท่ากับ 0.656

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 สถานีทบทวนรายงานเครื่องมือช่างทั่วไป

ซึ่งในผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลโดยการสุ่มจับเวลาเก็บมาเป็นหน่วยนาทีจำนวน 100 ข้อมูลดังตารางที่ ข.12

ตารางที่ ข.12 ข้อมูลดิบของเวลาของสถานีทบทวนรายงานเครื่องมือช่างทั่วไป

4	5	4	6	4	4	4	6	4	6
3	4	3	3	6	4	4	3	5	5
3	5	3	5	3	4	6	6	5	5
5	5	3	5	4	4	6	3	4	5
6	6	3	4	6	3	4	6	6	3
6	4	4	3	3	6	5	3	6	5
4	3	4	4	6	4	6	6	4	6
6	3	3	5	6	3	5	4	4	3
6	6	5	3	6	4	4	4	3	4
6	3	3	6	5	6	3	3	5	5

จากข้อมูลในตาราง ข.12 นำมาใช้วิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าเพื่อทดสอบการแจกแจงของข้อมูลโดยใช้เครื่องมือ Input analyzer ได้ผลลัพธ์ดังนี้

รูปที่ ข.11 การแจกแจงข้อมูลเวลาของสถานีทบทวนรายงานเครื่องมือช่างทั่วไป

2.11.1 การแจกแจงได้จากการนำข้อมูลการให้บริการสถานีทบทวนรายงานเครื่องมือช่างทั่วไปมาทดสอบการแจกกระจายตัวโดยข้อมูลนั้นมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Uniform

2.11.2 สมการการแจกแจง (Expression): UNIF(2.5, 6.5) สมการการแจกแจงของข้อมูลคือ การแจกแจงแบบ Uniform มีค่าเวลาต่ำสุด และสูงสุดเท่ากับ 2.5 และ 6.5 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.3 ค่า Sum square-error คือค่าผลรวมกำลังสองของความแตกต่างระหว่างค่าการแจงแจงความน่าจะเป็นที่กำหนดกับค่าประมาณของความน่าจะเป็นที่วัดได้ในแต่ละช่วงจากกราฟฮิทโทแกรมโดยจากผลการทดสอบได้ค่า Sum square-error เท่ากับ 0.005000

2.11.4 ค่า p-value เท่ากับ 0.579

2.12 สถานีผู้จัดการอนุมัติ

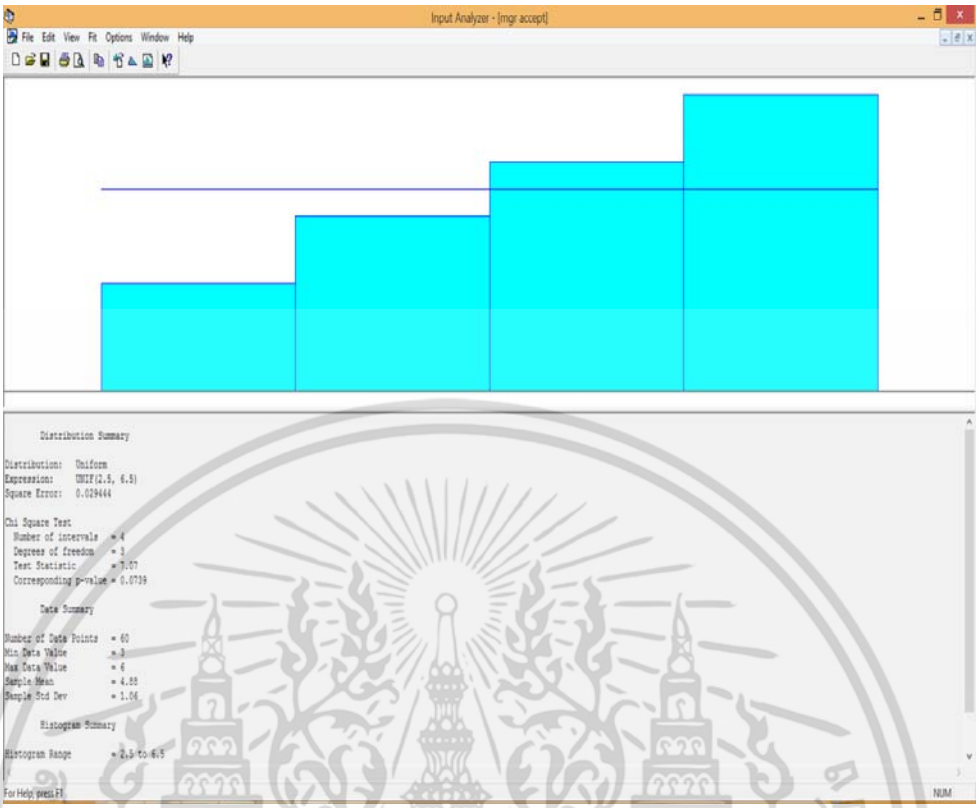
ซึ่งในผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลโดยการสุ่มจับเวลาเก็บมาเป็นหน่วยนาทีจำนวน 60 ข้อมูลดังตารางที่ ข.13

ตารางที่ ข.13 ข้อมูลดิบของเวลาของสถานีผู้จัดการอนุมัติ

5	3	3	4	3	6
5	4	3	3	4	3
4	4	4	6	6	4
5	6	3	5	4	3
6	3	6	3	3	3
5	3	4	3	6	3
3	5	5	5	4	4
3	4	6	5	4	4
5	3	6	5	3	4
3	4	4	3	6	6

จากข้อมูลในตาราง ข.13 นำมาใช้วิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าเพื่อทดสอบการแจกแจงของข้อมูลโดยใช้เครื่องมือ Input analyzer ได้ผลลัพธ์ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.12 การแจกแจงข้อมูลเวลาของสถานีผู้จัดการอนุมัติ

2.12.1 การแจกแจงได้จากการนำข้อมูลการให้บริการสถานีผู้จัดการอนุมัติทดสอบการแจกกระจายตัวโดยข้อมูลนั้นมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Uniform

2.12.2 สมการการแจกแจง (Expression): UNIF(2.5, 6.5) สมการการแจกแจงของข้อมูลคือ การแจกแจงแบบ Uniform มีค่าเวลาต่ำสุด และสูงสุดเท่ากับ 2.5 และ 6.5 ตามลำดับ

2.12.3 ค่า Sum square-error คือค่าผลรวมกำลังสองของความแตกต่างระหว่างค่าการแจกแจงความน่าจะเป็นที่กำหนดกับค่าประมาณของความน่าจะเป็นที่วัดได้ในแต่ละช่วงจากกราฟฮิทโทแกรมโดยจากผลการทดสอบได้ค่า Sum square-error เท่ากับ 0.029444

2.12.4 ค่า p-value เท่ากับ 0.0739

2.13 สถานีธุรการแจ้งผลการตรวจวัด

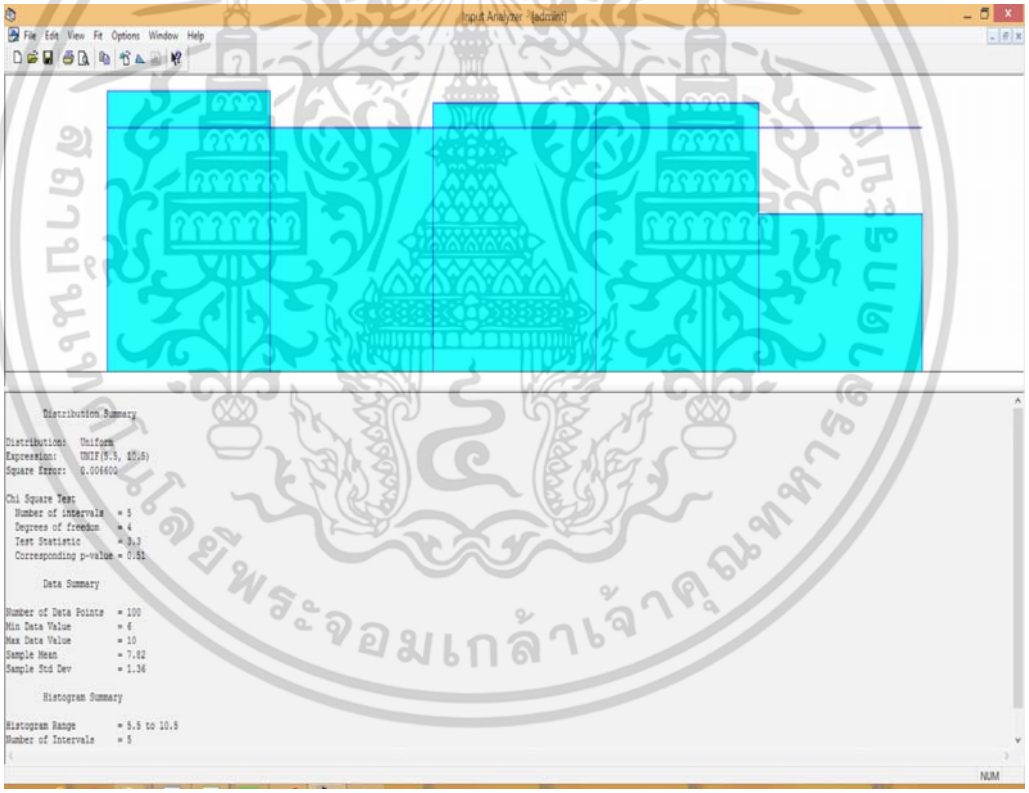
ซึ่งในผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลโดยการสุ่มจับเวลาเก็บมาเป็นหน่วยนาทีจำนวน 100 ข้อมูลดังตารางที่ ข.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.14 ข้อมูลดิบของเวลาของสถานีธุรการแจ้งผลการตรวจวัด

8	8	8	9	6	10	9	9	6	9
8	7	6	10	9	10	10	6	9	7
9	7	7	6	9	9	6	9	6	6
9	8	6	8	10	7	8	6	10	8
7	6	8	7	8	8	6	6	9	9
7	10	6	7	9	8	7	7	6	9
9	6	6	7	10	8	9	8	7	8
9	7	8	7	10	10	6	9	10	8
10	6	8	6	9	6	8	7	7	6
8	8	10	9	9	7	7	7	8	6

จากข้อมูลในตาราง ข.14 นำมาใช้วิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าเพื่อทดสอบการแจกแจงของข้อมูลโดยใช้เครื่องมือ Input analyzer ได้ผลลัพธ์ดังนี้



รูปที่ ข.13 การแจกแจงข้อมูลเวลาของสถานีธุรการแจ้งผลการตรวจวัด

2.13.1 การแจกแจงได้จากการนำข้อมูลการให้บริการสถานีธุรการแจ้งผลการตรวจวัดมาทดสอบการแจกกระจายตัวโดยข้อมูลนั้นมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Uniform

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13.2 สมการการแจกแจง (Expression): UNIF(5.5, 10.5) สมการการแจกแจงของข้อมูลคือ การแจกแจงแบบ Uniform มีค่าเวลาต่ำสุด และสูงสุดเท่ากับ 5.5 และ 10.5 ตามลำดับ

2.13.3 ค่า Sum square-error คือค่าผลรวมกำลังสองของความแตกต่างระหว่างค่าการแจกแจงความน่าจะเป็นที่กำหนดกับค่าประมาณของความน่าจะเป็นที่วัดได้ในแต่ละช่วงจากกราฟฮิทโทแกรมโดยจากผลการทดสอบได้ค่า Sum square-error เท่ากับ 0.006600

2.13.4 ค่า p-value ที่เกี่ยวข้องเท่ากับ 0.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

การกำหนดรอบการจำลองสถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดรอบการจำลองสถานการณ์

ในการจำลองสถานการณ์จำเป็นต้องมีการกำหนดรอบในการจำลองสถานการณ์ที่มีความเหมาะสม เพื่อลดความแปรปรวนของผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ การหาจำนวนรอบในการจำลองสถานการณ์หรือการรัน (Number of replication) สามารถทำได้หลายวิธี ในที่นี้ผู้วิจัยเลือกวิธีการหาจำนวนรอบการประมวลผล โดยการกำหนดรอบการประมวลผลเบื้องต้น (R_0) และนำผลลัพธ์ที่ได้มาคำนวณตามสูตรการคำนวณรอบการประมวลผลคือ

$$R \cong R_0 \frac{h_0^2}{h^2} \qquad (1)$$

โดยที่ h_0 คือ ค่า Half Width จากการกำหนดรอบการจำลองสถานการณ์เบื้องต้น R_0

h คือ ค่า Half Width ที่ยอมรับได้

จากข้อกำหนดของทางโรงงานกรณีศึกษาให้ค่าความผิดพลาด (Half Width) ของจำนวนผู้ขอรับบริการที่ผ่านออกจากระบบรวมในแต่ละเดือนที่ยอมรับได้มีค่า $\pm$ 5% ของค่าเฉลี่ย โดยที่ค่าเฉลี่ยจำนวนผู้ขอรับบริการที่ออกจากระบบมีค่า 400 รายการ ดังนั้นค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้มีค่าเท่ากับ 20 รายการต่อเดือน ทางผู้วิจัยได้กำหนดรอบการประมวลผลเบื้องต้นที่ 30 รอบ เนื่องจากในช่วงการเก็บข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษานั้นกำหนดสรุปผลการทำงานทุก 30 วัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดให้จำลองการทำงานภายใน 30 วัน และจำลองในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ตามลักษณะการทำงานจริงซึ่งจากการรันได้ผลลัพธ์ดังนี้

โปรแกรม ARENA จำนวนผู้ขอรับบริการที่ออกจากระบบ = 396.53 Half Width = 7.58

Half Width ที่ยอมรับได้ = 20

แทนค่า จะได้จำนวนรอบการจำลองสถานการณ์ = $30\frac{7.58^2}{20^2}$ = 4.31 $\cong$ 5 รอบ

ซึ่งจากการคำนวณหาจำนวนรอบที่เหมาะสมในการรันของแบบจำลองสถานการณ์พบว่าได้ค่าจำนวนรอบที่น้อยกว่าจำนวนรอบการรันเบื้องต้นที่กำหนดไว้คือ 30 รอบ ดังนั้นจึงใช้จำนวนรอบที่ 30 รอบ เป็นจำนวนรอบการรันของแบบจำลองสถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.
บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์

1. ภรภัทร แก้วเขียว, สุริยพงศ์ นิลสังข์ และ ชุมพล ยวงใย. 2556. “การกำหนดเงื่อนไขที่ดีที่สุดในการจัดสมดุลและวางแผนทรัพยากรโดยการจำลองสถานการณ์ในฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงาน”. การประชุมทางวิชาการครั้งที่ 54 ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 2-5 กุมภาพันธ์ 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดเงื่อนไขที่ดีที่สุดในการจัดสมดุลและวางแผนทรัพยากรโดยการจำลองสถานการณ์ในฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงาน

Determining of an optimal conditions for work balancing and manpower in quality control department using simulation approach

ภรภัทร แก้วเขียว[1*] สุริยพงศ์ นิลสังข์[1] และ ชุมพล ยวงใย[1]

Pornrapat Kaewkhiew[1*], Suriyaphong Nilsang[1] and Chumpol Yuanyai[1]

บทคัดย่อ

การพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ถือเป็นส่วนสำคัญที่มีผลต่อเศรษฐกิจ จากแนวโน้มจำนวนการผลิตที่สูงขึ้นทุกปีนำไปสู่ความจำเป็นในการพัฒนากระบวนการทำงานให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งกระบวนการหนึ่งที่มีความสำคัญคือ การวัด และการทดสอบที่ถูกต้องแม่นยำซึ่งเป็นหลักประกันสำคัญที่แสดงว่าผลิตภัณฑ์เป็นไปตามข้อกำหนดคุณภาพ โดยงานวิจัยนี้ทำการศึกษาโรงงานออกแบบและผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ซึ่งมีการเพิ่มงานบริการตรวจสอบชิ้นงานนอกสถานที่ให้แก่ห้องปฏิบัติการโดยใช้กำลังคนและเครื่องมือจำนวนเท่าเดิม ทำให้เกิดปัญหาด้านการวางแผนทรัพยากรให้เหมาะสมกับภาระงานที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดสมดุลและวางแผนการใช้ทรัพยากรให้เหมาะสมกับงาน โดยสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation) ของห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพของโรงงาน พบว่า สามารถลดเวลารวมลงได้ 5.93 % มีค่าเฉลี่ยของการใช้ประโยชน์ของทรัพยากรเพิ่มขึ้น 60.5 %

ABSTRACT

The automotive industry has an impact on the economy. Its production trend is increasing every year; therefore, this paper focused on the improvement of quality control department especially in testing and measuring of automotive parts. At current situation, the department encountered the increasing of the service work outside the laboratory while manpower level and equipment remained the same. Then, this study used simulation approach to investigate the current process; it was found that there was the unbalancing between manpower level and workload. After using ECRS techniques, the total completing time of tasks reduced by 5.93% and the average resources utilization increased 60.5%.

Key Words: การจำลองสถานการณ์ , การจัดสมดุล , การใช้ประโยชน์ทรัพยากร

Corresponding author; e-mail address: pornrapat.kaewkhiew@gmail.com

[1]คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

[1]Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ปัจจุบันธุรกิจด้านยานยนต์มีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง คุณภาพของสินค้า การวัดและการทดสอบที่มีความถูกต้องและแม่นยำจึงเป็นหลักประกันทางเทคนิคที่สำคัญสำหรับแสดงว่าผลิตภัณฑ์เป็นไปตามข้อกำหนดทางคุณภาพ ดังนั้นระบบการตรวจวัดจากห้องปฏิบัติการจึงเป็นระบบตรวจวัดคุณภาพ และความสามารถของห้องปฏิบัติการซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญต่อข้อมูลคุณภาพสินค้าและความน่าเชื่อถือของอุตสาหกรรม ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาโรงงานที่ดำเนินธุรกิจทางด้านการออกแบบและผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ และทางด้านการให้บริการทดสอบและสอบเทียบเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรมยานยนต์ ซึ่งมีรูปแบบการดำเนินงานแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนแรกให้บริการสอบเทียบเครื่องมือวัด ส่วนที่สองให้บริการการทดสอบ และส่วนที่สามให้บริการตรวจวัดเพื่อทำให้เกิดความมั่นใจว่าสามารถผลิตสินค้าที่ได้มาตรฐาน โดยเริ่มตั้งแต่กระบวนการรับใบคำร้องขอการตรวจวัด ทดสอบ และ สอบเทียบ จนถึงผู้ขอรับบริการได้รับรายงานผล

ทั้งนี้การเข้ามาของผู้ขอรับบริการนั้นไม่สามารถคาดเดาได้แน่นอน เนื่องจากมีการให้บริการในหลายหน่วยงาน ได้แก่ ภายในโรงงาน โรงงานในเครือ และบริการลูกค้าทั่วไป ซึ่งนโยบายของห้องปฏิบัติการของโรงงานกรณีศึกษาในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงโดยการรับงานบริการตรวจสอบชิ้นงานด้วยการตรวจสอบรูปลักษณะ (Appearance visual check) และตรวจสอบการวัดขนาด (Dimension) หรือตรวจสอบอื่น ๆ ตามการร้องขอภายนอกสถานที่ ทำให้เกิดปัญหาด้านการวางแผนบุคลากรให้เหมาะสมกับปริมาณงานที่เพิ่มขึ้น ประกอบกับการศึกษางานวิจัยในห้องปฏิบัติการยังไม่พบว่ามีการใช้แบบจำลองสถานการณ์ในห้องปฏิบัติการของโรงงาน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดสมดุลและวางแผนการใช้ทรัพยากรให้เหมาะสมกับงาน โดยสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation) ของห้องปฏิบัติการฝ่ายควบคุมคุณภาพของโรงงาน เพื่อปรับปรุงกระบวนการทำงาน

อุปกรณ์และวิธีการ

การจำลองสถานการณ์ เป็นการเลียนแบบการทำงานของกระบวนการจริงหรือระบบในช่วงเวลาหนึ่ง มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัย เงื่อนไข หรือ พฤติกรรมผ่านระบบ โดยในปัจจุบันมีโปรแกรมการจำลองบนคอมพิวเตอร์ให้เลือกมากมาย (วุฒิชัย, 2555) และได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องจากระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจึงทำให้การจำลองสถานการณ์สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้กับหลายหน่วยงาน เช่น อุตสาหกรรมโรงงาน การขนส่ง การกระจายสินค้า หรือ ธนาคาร เป็นต้น (Kelton et al., 2003) ข้อดีคือทำให้สามารถวิเคราะห์ปัญหาได้อย่างชัดเจน อีกทั้งปรับเปลี่ยนกระบวนการได้ง่ายโดยไม่จำเป็นต้องทดลองปรับเปลี่ยนที่กระบวนการจริง ซึ่งจำเป็นต้องใช้เวลาและค่าดำเนินการสูง ได้มีการนำเอาแบบจำลองสถานการณ์มาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยต่างๆ เช่น

กัลญารัตน์ หลวงมูล (2555) ได้ทำการศึกษาพัฒนาตัวแบบจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่องของห้องปฏิบัติการของคลินิค โดยศึกษาถึงการลดเวลารวมในระบบ เวลารอคอย เวลาในการเคลื่อนย้าย และเวลาใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์ โดยใช้เปลี่ยนการวางผัง แผนภูมิความสัมพันธ์ และปรับเปลี่ยนตำแหน่งของพนักงาน

Markus et.al (2014) ได้นำเสนอสายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสมของบริษัทรถยนต์ในเรื่องการจัดการด้านความผันแปรของกำลังการผลิตและการจัดสรรแรงงานที่ต้องการความยืดหยุ่นของงานแล้วนำเอาการจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานการณ์ทางคอมพิวเตอร์มาช่วยในการคาดการณ์การปรับเปลี่ยนทางด้านแรงงานให้ยืดหยุ่นและตรวจสอบผลการสมดุล

Zupan and Herakovic (2015) ได้นำเสนอกรณีศึกษาการจัดความเหมาะสมให้กับสายการผลิตโดยการจัดสายสมดุลและการจำลองสถานการณ์แบบไม่ต่อเนื่องจากสายการผลิตจริงมี 2 ผลิตภัณฑ์ซึ่งผลิตในสถานที่ผลิตเดียวกันงานด้วยการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ให้ได้ผลลัพธ์มาเป็นข้อมูลเริ่มต้น แล้วดำเนินการตามหลักการการจัดสายสมดุลทางการผลิตให้ได้เพื่อแนวทางการปรับปรุงของสายการผลิต

Moreira et al. (2015) ได้ศึกษาสายการประกอบในโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตภัณฑ์ที่มีความแตกต่างกันในเรื่องของแรงงานคนและเครื่องจักรโดยมีเป้าหมายมอบหมายงานให้กับคนเพื่อให้ได้งานเต็มจำนวน

กัณศิริ กิตติภากร (2553) ได้ศึกษาและวิเคราะห์ สภาวะว่างงานของพนักงานระหว่างกระบวนการผลิตหลังจากปรับปรุงสามารถลดจำนวนพนักงานซึ่งมีผลให้อัตราผลผลิตด้านแรงงานเพิ่มขึ้นและค่าการใช้ประโยชน์เฉลี่ยของพนักงานเพิ่มขึ้นจากเดิม

หลักการจัดสายสมดุลคือการพยายามที่จะจัดให้สถานีต่าง ๆ มีอัตราการทำงานหรือเวลาที่ใช้เท่าๆ กัน แล้วหาจำนวนจำนวนพนักงานหรือสถานีอย่างน้อยที่ต้องการ (บรรหาญ, 2553) แล้วค้นหาความสูญเปล่า (ECSR) ในแต่ละสถานีด้วยหลักการการกำจัดขั้นตอนงานที่ไม่จำเป็นออกไป (Eliminate) การรวมขั้นตอนหลายส่วนเข้าด้วยกัน (Combine) การจัดลำดับขั้นตอนใหม่ (Rearrange) การปรับปรุงการทำงานให้ง่ายขึ้น (Simplify) (กัณศิริ, 2553) ดังนั้นการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่าในโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ใช้การสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิต แต่ยังไม่พบงานวิจัยที่มีการใช้แบบจำลองสถานการณ์ในห้องปฏิบัติการเพื่อจัดสมดุลงาน ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการสร้างจำลองสถานการณ์เพื่อจัดสมดุลงานของห้องปฏิบัติการในโรงงานของฝ่ายควบคุมคุณภาพ

ลักษณะการทำงานของห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ

การดำเนินงานโดยทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งการสอบเทียบที่กระทำในโรงงาน คือ การสอบเทียบที่กระทำขึ้นเองภายในโรงงาน ส่วนการทำงานของห้องปฏิบัติการสอบเทียบในโรงงานมีลักษณะการดำเนินงานที่สามารถเทียบเคียงได้กับกระบวนการผลิตกล่าวคือ มีชิ้นงานที่รับเข้าสู่ระบบเพื่อผ่านกระบวนการต่างๆ และมีข้อมูลที่ส่งออกจากระบบ (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย-ญี่ปุ่น, 2551, 2546) ซึ่งโรงงานกรณีศึกษากระบวนการเริ่มต้นจากการรับใบคำร้องขอตรวจวัด ทดสอบ และ สอบเทียบ (Services arrival) ส่งให้หัวหน้าส่วนงานห้องปฏิบัติการพิจารณาเบื้องต้น (Transection review) ขั้นตอนต่อไปตัดสินใจนำส่ง (Decide calibration or evaluation) แก่หัวหน้างานทดสอบและสอบเทียบ (Leader 1 review) หรือ หัวหน้างานตรวจวัดและงานนอกสถานที่ (Leader 2 review) ด้วยสัดส่วนร้อยละ 31 และ 69 ตามลำดับ ขั้นต่อมาหัวหน้างานจะทำการมอบหมายงานให้แก่พนักงานผู้ปฏิบัติการ ได้แก่ งานสอบเทียบ (Calibration) งานตรวจวัดด้วยเครื่อง CMM งานตรวจวัดด้วย Laser scanและ งานทดสอบ (Testing) ด้วยสัดส่วนร้อยละ 37 , 23 ,19 และ 21ตามลำดับ ส่วนงานตรวจวัดด้วยฟิกซ์เจอร์ (Fixture) และงานตรวจสอบนอกสถานที่ (Outside) มีสัดส่วนร้อยละ 85 และ 15 ตามลำดับ จากนั้นพนักงานผู้ปฏิบัติการทำงานตามที่ได้รับมอบหมายจนได้รายงานผลการตรวจจะนำมาส่งให้แก่หัวหน้างานทบทวน (2 review) แล้วนำส่งให้ผู้จัดการอนุมัติ (Manager approval process) ขั้นตอนสุดท้ายธุรการจะนำรายงานผลการตรวจส่งให้แก่ผู้ขอรับบริการดัง Figure 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

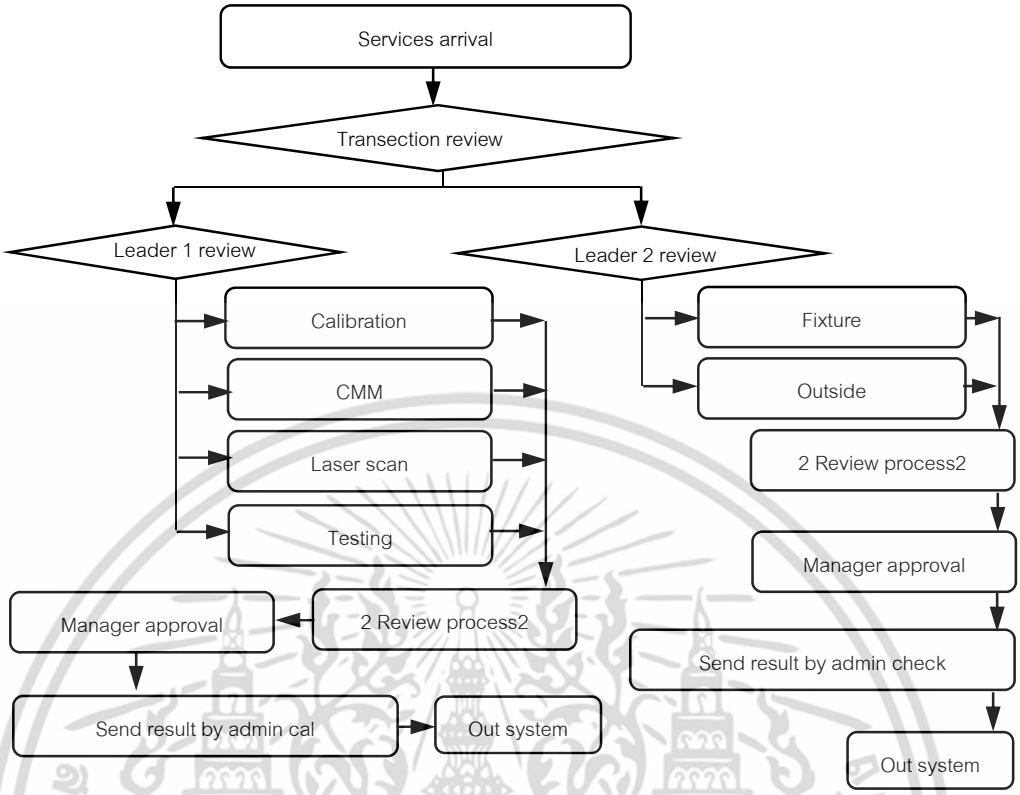


Figure 1 Activity diagram process of service and calibration

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

กระบวนการในการออกแบบและสร้างแบบจำลองสถานการณ์สามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ปัจจัยนำเข้า (Input) การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (model) และ ผลลัพธ์ (output) ดัง Figure 2

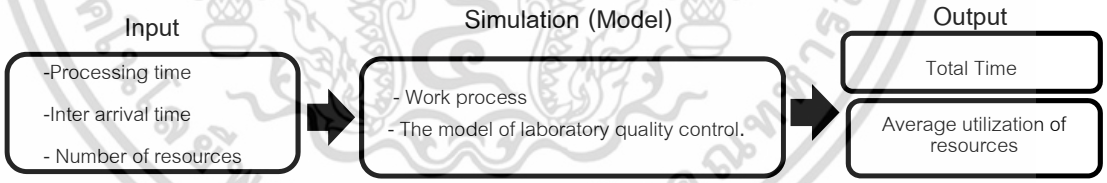


Figure 2 diagram process of Simulation

ปัจจัยนำเข้า (Input)

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล 24 ชั่วโมงในช่วงเดือนมีนาคม ถึงเดือนมิถุนายน 2558 สำหรับการเข้ามาของผู้รับบริการแล้ววิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าด้วยการใช้เครื่องมือของ Input analyzer ของโปรแกรม Arena หาค่าที่เหมาะสม (Fit) ได้ผลลัพธ์ดัง Figure 3

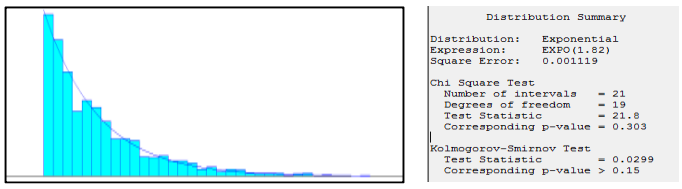


Figure 3 Distribution fitting of collection data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation Model)

การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Event Simulation) ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมการจำลองสถานการณ์ Arena เมื่อทำการศึกษารูปแบบกระบวนการทำงานจาก Figure 1 และคำอธิบายดัง Table 1 , 2 , 3 และ 4 โดยมีพนักงาน 15 คน หัวหน้างาน 3 คน และ เจ้าหน้าที่ธุรการ 2 คน โดยสามารถเขียนแบบจำลองได้ดัง Figure 4

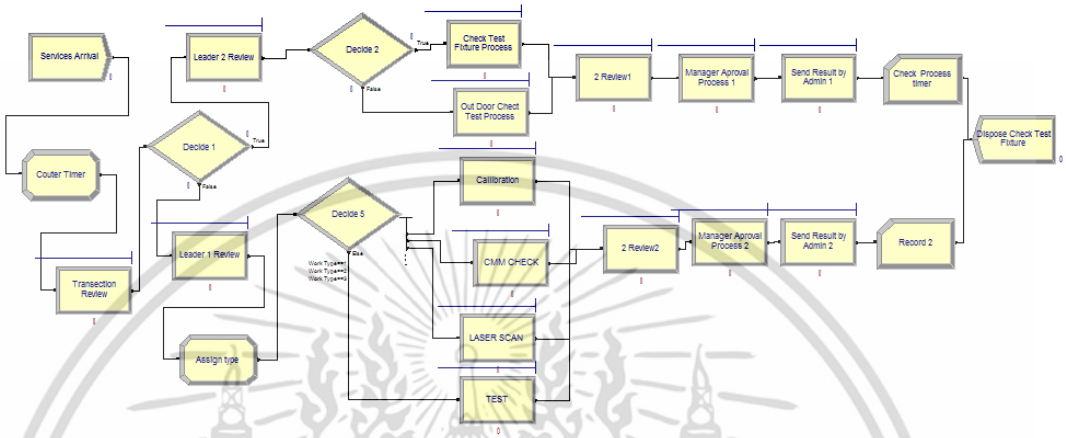


Figure 4 Simulation model by Arena

Table 1 Services Arrival Module

Name	Entity type	Expression	Key Attribute	Description
Services Arrival	Services	EXPO(1.82)	Entities per Arrival: 1 Max Arrival : Infinite	Create the services arriver

Table 2 List of Assign Module

Name	Type	Attribute name	New value
Counter Timer	Attribute	TimeEnter	TNOW
Assign type	Attribute	Work type	DISC(0.37,1,0.60,2,0.79,3,1,4)

Table 3 List of Process Module

Name	Action	Delay Type	Min	Value	Max
Transection review	Size delay Release	Triangular	0.05	0.1	0.12
Leader 2 review	Size delay Release	Triangular	0.25	0.5	1
Check test fixture process	Size delay Release	Triangular	0.1	0.25	0.5
Manager approval process	Size delay Release	Constant	-	0.1	-
Send result by admin check	Size delay Release	Constant	-	0.1	-
Outside check process	Size delay Release	Triangular	6	7	8
2 review	Size delay Release	Triangular	0.5	1	1.5
Leader 1 review	Size delay Release	Triangular	0.5	1	1.5
Calibration	Size delay Release	Triangular	3	3.5	4
CMMcheck	Size delay Release	Triangular	1	2	3
Laser scan	Size delay Release	Triangular	4	5	6
Test	Size delay Release	Triangular	5	7	8
Send result by admin cal	Size delay Release	Constant	-	0.1	-
Manager approval process	Size delay Release	Constant	-	0.1	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

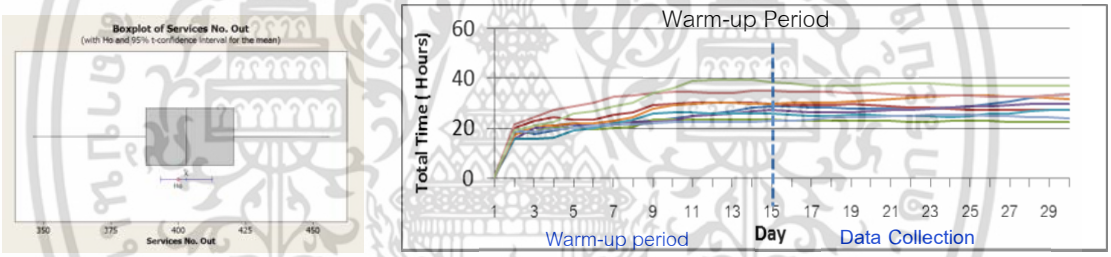
Table 4 List of Decide Module

Name	Type	Percent True	Condition
Decide Calibration or Evaluation	2-way by change	69	-
Decide fixture or out door	2-way by change	85	-
Decide calibration CMM test or laser scan	N-way by change	-	Attribute Work Type , IS: == 1
			Attribute Work Type , IS: == 2
			Attribute Work Type , IS: == 3

ผลลัพธ์ (output)

การทดสอบถูกต้องและความสมเหตุสมผล

การตรวจสอบของแบบจำลองที่สร้างขึ้นนำมาเปรียบเทียบกับระบบจริงปัจจุบันที่มีผลลัพธ์ของจำนวนงานที่ออกจากระบบ (Services number out) โดยเฉลี่ย 400 รายการต่อเดือนและ มีรอบเวลาทำงานเฉลี่ย (total time) 36 ชั่วโมง ด้วยกำหนดค่านัยสำคัญ 0.05 (α=0.05) ด้วยวิธี One sample t-test โดยผลลัพธ์ พิจารณาค่า p-value = 0.523 ซึ่งมีค่ามากว่า 0.05 และเมื่อพิจารณา boxplot จะเห็นได้ว่าค่าของสมมติฐานหลักอยู่ในช่วงระบบจริง แสดงดัง Figure 5 (a)



(a) (b)

Figure 5 Validation of simulation model (a) service number out by one Sample t- test (b) Specifying warm-up period base on total time

จึงสรุปได้ว่าไม่มีหลักฐานเพียงพอจะกล่าวว่าผลลัพธ์ของจำนวนงานที่ออกจากระบบ (Services number Out) ของแบบจำลองและระบบจริงมีค่าแตกต่างกัน ดังนั้นแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีความคล้ายกับระบบจริงในการทำงาน เนื่องจากแบบจำลองที่สร้างขึ้นเป็นระบบที่ไม่มีจุดสิ้นสุด (Nonterminating system) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่อยู่ในสภาวะสมดุล (Steady-state system) จึงทำการรันแบบจำลองคำนวณหาผลลัพธ์มาสร้างกราฟโดยกำหนดค่า Warm-up period พบว่ามีการแกว่งอยู่ในช่วง 15 วันแรกก่อนเข้าสู่สภาวะสมดุล ดัง Figure 5 (b) เพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลหาผลลัพธ์ที่เหมาะสม จะทำการเก็บรอบเวลาเฉลี่ยของวันที่ 15 ของการทำงานเป็นต้นไปเพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดที่มาจากการแกว่งของข้อมูล

การวิเคราะห์เพื่อการปรับปรุง

จากการวิเคราะห์งานในปัจจุบัน ผู้วิจัยสนใจทรัพยากร (resources) ที่มีผลต่อเวลารวม (Total time) คือ Calibration , CMM , Laser scan , Testing , Fixture และ Outside พบว่าอัตราการใช้ประโยชน์พนักงานมีค่าต่ำ ดังตารางที่ 6 ผู้วิจัยจึงออกแบบแนวคิดทางเลือกตามหลัก ECRS ในการปรับปรุงเพื่อมาสร้างแบบจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เงื่อนไขการทำงานปรับปรุงทางเลือกที่ 1 (Scenario 1) มีแนวคิดรวมกลุ่มงานที่มีค่าการใช้ประโยชน์ต่ำและพนักงานต้องใช้ทักษะของเครื่องคล้ายคลึงกันเข้ามารวมกัน โดยรวมเอางานการสอบเทียบ การตรวจวัดด้วย CMM และ เครื่อง LASER SCAN เข้าเป็นหน่วยงานเดียวกัน โดยกำหนดเวลาที่ใช้ในการทำงานเท่ากับงาน LASER SCAN

เงื่อนไขการทำงานปรับปรุงทางเลือกที่ 2 (Scenario 2) มีแนวคิดรวมกลุ่มงานเข้าเป็นหน่วยงานเดียวกันเหมือนกับเงื่อนไขการทำงานปรับปรุงทางเลือกที่ 1 และลดจำนวนพนักงานในกลุ่มงานนี้ลงเหลือ 2 คน

เงื่อนไขการทำงานปรับปรุงทางเลือกที่ 3 (Scenario 3) มีแนวคิดรวมกลุ่มงานเข้าเป็นหน่วยงานเดียวกันเหมือนกับเงื่อนไขการทำงานปรับปรุงทางเลือกที่ 2 และลดจำนวนพนักงานบริการตรวจสอบชิ้นงานนอกสถานที่เหลือ 1 คน

ซึ่งกำหนดเงื่อนไขการปรับปรุงทางเลือกและผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างแบบจำลองโดยใช้จำนวน 30 รอบทำซ้ำ มี Warm-up period เท่ากับ 15 วัน รอบทำซ้ำ (Run Length) คือ 45 วัน ดังแสดงใน Table 7

Table 6 Summary Result of Current work

Event	TIME	Utilization / persion						Total time (HRS.)	Mean (Utilization)	S.D.(Utilization)	Services No. Out	Description
		Calibration	CMM	Laser scan	Testing	Fixture	Outside					
Traditional	08:00 -17:00	3	1	1	2	3	3	38.48	22.91%	20.48%	424	Cuurent Model
	20:00– 05:00	0	0	0	0	2	0					
	Utilization	12.73%	7.57%	15.63%	15.53%	63.53%	22.45%					

Table 7 Summary Result of work balancing concept

Event	TIME	Utilization / persion				Total time (HRS.)	Mean (Utilization)	S.D.(Utilization)	Services No. Out	Description
		Calibration & CMM & Laser scan	Testing	Fixture	Outside					
Scenario 1	08:00 -17:00	5	2	3	3	39.95	29.50%	23.38%	425	Balancing by ECRS concept
	20:00– 05:00	0	0	2	0					
	Utilization	22.47%	15.64%	64.24%	15.64%					
Scenario 2	08:00 -17:00	2	2	3	3	39.17	35.06%	21.22%	424	Balancing by ECRS concept
	20:00– 05:00	0	0	2	0					
	Utilization	36.84%	16.24%	64.18%	22.99%					
Scenario 3	08:00 -17:00	2	1	5	1	36.2	36.77%	10.21%	426	Balancing by ECRS concept
	20:00– 05:00	0	0	3	0					
	Utilization	36.75%	22.93%	47.24%	40.15%					

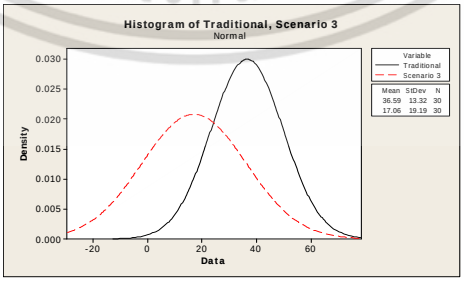


Figure 6 Model validation base on Services number out by One Sample t test

จากข้อมูล Table 7 และ Figure 6 เมื่อพิจารณาผลลัพธ์ของจำนวนงานที่ออกจากระบบจากแบบจำลองการทำงานปัจจุบัน (Traditional) แบบจำลองการทำงานปรับปรุงทางเลือกที่ 1 ทางเลือกที่ 2 (และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางเลือกที่ 3 พบว่า เวลารวมมีค่าเท่ากับ 38.48 , 39.95 , 39.17 และ 36.20 ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยของการใช้ประโยชน์ของทรัพยากรต่อคนเท่ากับ 22.91 , 29.5 , 35.06 และ 36.77 ตามลำดับ มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการใช้ประโยชน์ทรัพยากรเท่ากับ 20.48 , 23.38 , 21.22 และ 10.21 ตามลำดับ โดยยังได้ผลลัพธ์ของงานที่ออกจากระบบเท่าเดิมคือเฉลี่ย 424 รายการต่อเดือน

สรุป

จากการศึกษาการจัดสมดุลและวางแผนทรัพยากรโดยการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์สามารถปรับปรุงกระบวนทำงานภายในห้องปฏิบัติการของฝ่ายควบคุณภาพในโรงงาน ร่วมกับการจัดสมดุลงานและบุคลากร ด้วยหลักการลดความสูญเปล่า เมื่อพิจารณาผลลัพธ์ดีที่สุดคือแบบจำลองการทำงานทางเลือกที่ 3 (Scenario 3) สามารถ ลดเวลารวมลงได้ 5.93 % มีค่าเฉลี่ยของการใช้ประโยชน์ของทรัพยากรเพิ่มขึ้น 60.5 % ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการใช้ประโยชน์ทรัพยากรลดลง 50.15% โดยทำให้การทำงานของแต่ละสถานีเพิ่มมากขึ้น และภาระงานของแต่ละสถานีใกล้เคียงกันเมื่อเทียบกับระบบการทำงานปัจจุบัน

เอกสารอ้างอิง

กัณศิริ กิตติภากร. 2553. **การจัดสมดุลสายการผลิตและวางแผนทรัพยากรโดยใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ กรณีศึกษาอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหาร**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กัลญารัตน์ หลวงมูล. 2555. **การลดเวลาทั้งระบบของห้องปฏิบัติการคลินิก**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์, กรุงเทพฯ.

บรรหาญ ลิลา. 2553. **การวางแผนและควบคุมคุณภาพการผลิต**. สำนักพิมพ์พิมพ์ท๊อป, กรุงเทพฯ.

วุฒิชัย วงษ์ทัศนีย์กร. 2555. **การวิเคราะห์แบบจำลอง Simulation model Analysis.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: URL: www.http:/wuthichai.ie.engr.tu.ac.th

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 2546. **คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม**. ส่วนวรสารวิชาการ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ.

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 2551. **การสอบเทียบเครื่องมือวัด**. ส่วนวรสารวิชาการ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ.

Kelton, W.D., Sadowskl, R.P. and Sturrock, D.T. 2003. **Simulation with Arena.** 3rd ed. New York: McGraw-Hill.

Markus et.al. 2014. Production line balancing with discrete event simulation: A Case study. **IFAC – Papers online** 48-3: 2305-2311.

Moreira, M. C. O. et.al. 2015. Robust assembly line balancing with heterogeneous workers. **Computer & Industrial Engineering** 88: 254-263.

Zupan, H. and Herakovic, N. 2015. Validation of Line Balanacing by simulation of Production line. **Science Direct – Papers Online Procedia**: 93-98.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวภรภัทร แก้วเขียว
วัน เดือน ปีเกิด	7 เมษายน 2524 ที่จังหวัดเพชรบูรณ์
ที่อยู่	30/218 มบ.พฤษาวิลล์60 ต.ศรีษะจรเข้น้อย อ.บางเสาธง จ.สมุทรปราการ 10540 โทร. 089-095-5565
ประวัติการศึกษา	2548 วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผลงานทางวิชาการ	“การกำหนดเงื่อนไขที่ดีที่สุดในการจัดสมดุลและวางแผนทรัพยากรโดยการจำลองสถานการณ์ในฝ่ายควบคุมคุณภาพโรงงาน”. การประชุมทางวิชาการครั้งที่ 54 ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 2-5 กุมภาพันธ์ 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้