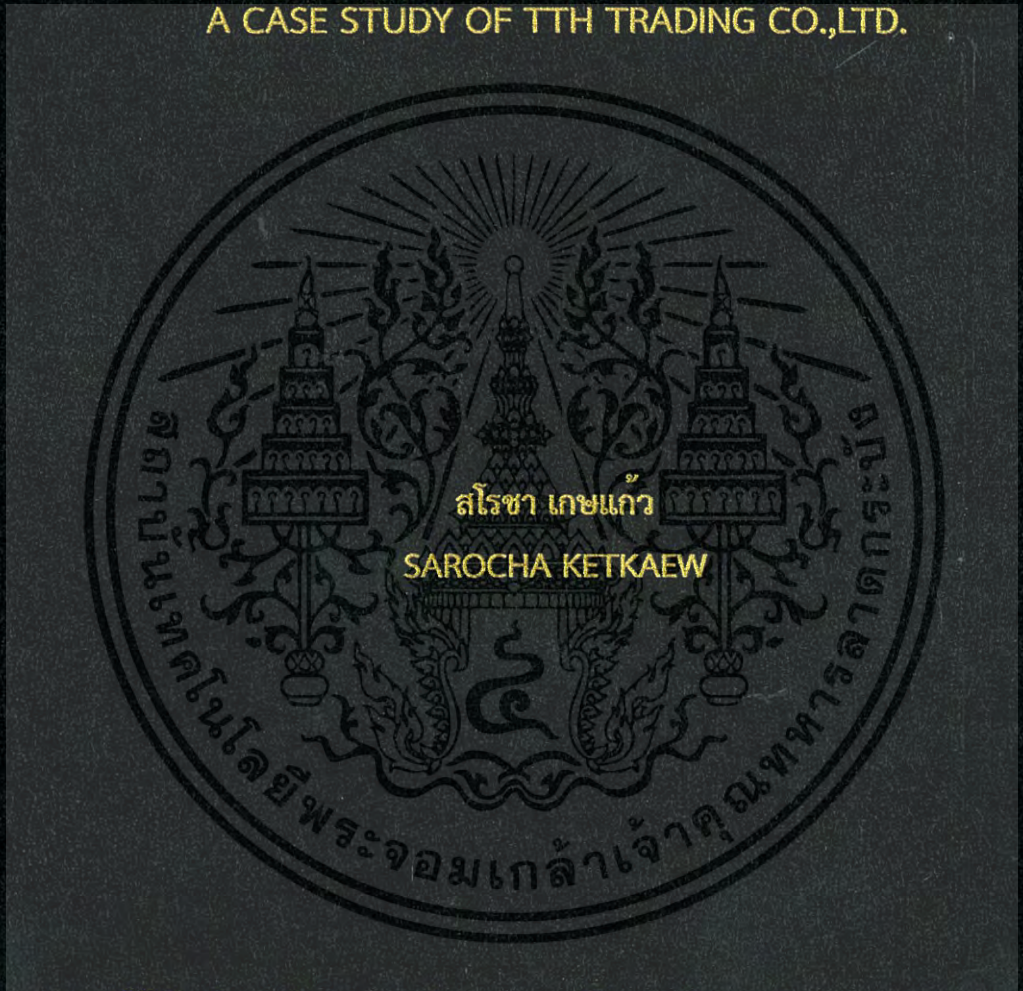
การใช้การจำลองสถานการณ์ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต กรณีศึกษา บริษัท ทีทีเอช เทรดดิ้ง จำกัด

USING SIMULATION FOR PROCESS IMPROVEMENT A CASE STUDY OF TTH TRADING CO.,LTD.



สโรชา เกษแก้ว
SAROCHA KETKAEW

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2559

KMITL-2016-EN-M-217-189

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การใช้การจำลองสถานการณ์ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต กรณีศึกษา บริษัท ทีทีเอช เทรดดิ้ง จำกัด

USING SIMULATION FOR PROCESS IMPROVEMENT A CASE STUDY OF TTH TRADING CO.,LTD.

T148649

สโรชา เกษแก้ว
SAROCHA KETKAEW

สจพ.
เลขทะเบียน 148649
วัน เดือน ปี 14 ก.ย. 2560

b. 00265343
l.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2559
KMITL-2016-EN-M-217-189

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

USING SIMULATION FOR PROCESS IMPROVEMENT
A CASE STUDY OF TTH TRADING CO.,LTD.

SAROCHA KETKAEW

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-217-189

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 การใช้การจำลองสถานการณ์ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต
กรณีศึกษา บริษัท ทีทีเอช เทรดดิ้ง จำกัด

Thesis Title Using Simulation for Process Improvement
A Case Study of TTH Trading Co., Ltd

นักศึกษา นางสาวสโรชา เกษแก้ว
รหัสประจำตัว 57601324
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.อุดม จันทร์จรัสสุข
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2016-EN-M-217-189

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ฤดี	มาสุจันท์	
รศ.ดร.สิทธิพร	พิมพ์สกุล	
ดร.วิกรม	จารุพงศา	
ดร.เชาวลิต	หามนตรี	
ผศ.ดร.อุดม	จันทร์จรัสสุข	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2559 เวลา 10.00-12.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 4

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)
คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้การจำลองสถานการณ์ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต กรณีศึกษา บริษัท ทีทีเอช เทรดดิ้ง จำกัด
นักศึกษา	นางสาวสโรชา เกษแก้ว
รหัสประจำตัว	57601324
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.อุดม จันทร์จรัสสุข

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปกรณีศึกษาโดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม ปัญหาที่พบในโรงงานกรณีศึกษาคือ การผลิตไม่ทันตามวันที่กำหนดและการส่งมอบงานล่าช้า เนื่องจากผู้ผลิตจัดตารางการผลิตโดยอาศัยประสบการณ์ และระบบมีความไม่แน่นอนของเวลาการผลิต และการเข้ามาของคำสั่งซื้อของลูกค้า ผู้วิจัยจึงได้นำเทคนิคการจำลองสถานการณ์มาช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาและศึกษาพฤติกรรมของระบบการผลิต และแก้ปัญหาโดยนำเทคนิคการจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกส์ ได้แก่ เวลากำหนดส่งงานเร็วสุด (Earliest Due Date, EDD) เวลาปฏิบัติงานน้อยสุด (Shortest Processing Time, SPT) และเวลาปฏิบัติงานมากสุด (Longest Processing Time, LPT) มาเปรียบเทียบกับการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของโรงงานกรณีศึกษาคือวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเข้าก่อนออกก่อน (First Come First Serve, FCFS) เพื่อทำให้เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) มีค่าน้อยที่สุด และเวลาส่งงานล่าช้า (Tardiness) มีค่าน้อยที่สุด ในกรณีที่มีการกำหนดตัวชี้วัดประสิทธิภาพมากกว่าหนึ่งอย่าง ผู้วิจัยจึงได้ใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบหลายวัตถุประสงค์ด้วยวิธีผลรวมค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างเวลาปิดงานของระบบและเวลาส่งงานล่าช้าเฉลี่ย พบว่าวิธีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT ให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด โดยสามารถลดเวลาปิดงานของระบบและเวลาส่งงานล่าช้าเฉลี่ยจากเดิมเท่ากับ 4.74% และ 73.99% ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Using Simulation for Process Improvement A Case Study of TTH Trading Co.,Ltd.
Student	Miss Sarocha Ketkaew
Student ID.	57601324
Degree	Master of Engineering
Program	Industrial Engineering
Year	2016
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr. Udom Janjarassuk

ABSTRACT

This research presents an application of simulation-optimization technique for productivity improvement in an apparel factory. The factory encounters tardiness in production and delay in delivery of products due to many factors: production scheduling based on personal experiences and uncertainties in the processing times and the arrival of customer orders. Simulation is employed to analyze the behavior of the current production system. Optimization is done by using heuristic scheduling methods, i.e., Earliest Due Date (EDD), Shortest Processing Time (SPT) and Longest Processing Time (LPT), in the simulation model to minimize the makespan and tardiness. The results are compared to the result from the original First Come First Serve (FCFS) scheduling method used in the factory. In addition, multi-objective optimization is applied when considering makespan and tardiness simultaneously by using appropriately weighted sum method. The results showed that SPT is the best scheduling method with 4.74% and 73.99% reduction from the existing system, in consideration of makespan and tardiness, respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก ผศ.ดร.อุดม จันทร์จรัสสุข อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจแก้ไขข้อบกพร่องพร้อมให้ข้อเสนอแนะ ติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินงาน ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า ข้าพเจ้าตระหนักถึงความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของอาจารย์ และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่านที่คอยอบรมสั่งสอน ถ่ายทอดความรู้ และให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ให้แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณคุณอิศวเรศ ตโมนุท ผู้จัดการบริษัท ทีทีเอช เทรดดิ้ง จำกัด ที่ให้โอกาสข้าพเจ้าได้เข้าไปศึกษากระบวนการทำงาน และขอขอบพระคุณพนักงานทุกท่านที่อำนวยความสะดวกและให้การสนับสนุนในการให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณพี่ น้อง และเพื่อนนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

สำหรับคุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอน้อมบูชาแด่พระคุณบิดามารดาผู้เป็นที่รักและเคารพของข้าพเจ้า ผู้ที่ให้การอบรมสั่งสอน สนับสนุน ดูแลข้าพเจ้าด้วยความรักที่อบอุ่น และเป็นกำลังใจสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ตลอดจนครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

สโรชา เกษแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญตาราง.....VII
สารบัญรูป.....VIII

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์.....3
1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์.....3
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....4

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....5
2.1 การจำลองสถานการณ์เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม.....5
2.1.1 ขั้นตอนในการจำลองสถานการณ์.....10
2.1.2 การจำลองปัจจัยนำเข้า.....13
2.1.3 การตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง.....16
2.1.4 การกำหนดจำนวนรอบของการจำลองสถานการณ์.....18
2.2 การจัดตารางการผลิต.....20
2.2.1 วิธีการจัดตารางการผลิตโดยอาศัยกฎการจ่ายงาน.....21
2.2.2 ตัวชี้วัดประสิทธิภาพในการจัดตารางการผลิต.....22
2.2.3 รูปแบบการจัดเรียงเครื่องจักร.....25
2.2.4 ข้อจำกัดในการจัดตารางการผลิต.....29
2.3 ลักษณะของอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม.....30
2.3.1 โครงสร้างของอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม.....30
2.3.2 ขั้นตอนการผลิตของอุตสาหกรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูป.....31
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....33
2.4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจำลองสถานการณ์.....33
2.4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิต.....34
2.4.3 บทสรุปจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 41
3.1 การศึกษาข้อมูลของบริษัทกรณีศึกษา 43
3.1.1 ประวัติความเป็นมาของบริษัทกรณีศึกษา 43
3.1.2 ขั้นตอนการดำเนินการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา 43
3.1.3 ผลิตภัณฑ์ของบริษัทกรณีศึกษา 45
3.1.4 สภาพปัญหาของบริษัทกรณีศึกษา 46
3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล 47
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล 50
3.4 การออกแบบการจำลองสถานการณ์ 50
3.5 การตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง 52
3.5.1 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง 52
3.5.2 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง 53
3.6 แนวทางการปรับปรุง 54
3.6.1 การจัดตารางการผลิตด้วยวิธีฮิวริสติกส์ 54
3.6.2 การใช้โปรแกรม OptQuest เพื่อหาวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม 55
3.6.3 การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบหลายวัตถุประสงค์ 56

บทที่ 4 ผลการทดลอง 58
4.1 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้า 58
4.1.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าเชิงสถิติของการแจกแจงของเวลาระหว่างการมาถึงของคำสั่งซื้อของลูกค้า 58
4.1.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าเชิงสถิติของการแจกแจงของปริมาณความต้องการในแต่ละคำสั่งซื้อของลูกค้า 59
4.1.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าเชิงสถิติของการแจกแจงของเวลาในการเย็บ 59
4.2 ผลการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ 62
4.3 ผลการตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลองสถานการณ์ 67
4.3.1 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ 67
4.3.2 ผลการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองสถานการณ์ 68
4.4 ผลการหาวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมด้วย OptQuest 70
4.4.1 ผลด้านเวลาปิดงานของระบบ 73
4.42 ผลด้านเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ย 73
4.5 ผลการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบหลายวัตถุประสงค์ 74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 76
5.1 สรุปผลการวิจัย 76
5.2 ข้อเสนอแนะ 77
5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับบริษัทกรณีศึกษา 77
5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต 77

เอกสารอ้างอิง 78

ภาคผนวก 84
ภาคผนวก ก ค่าวิกฤตของไคสแควร์ 85
ภาคผนวก ข ค่าวิกฤตของโคลโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ 86
ภาคผนวก ค กระบวนการผลิตของแผนกเย็บ 87
ภาคผนวก ง ผลการทดสอบการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูล 93
ภาคผนวก จ การกำหนดโมดูลในแบบจำลองสถานการณ์ 109

ประวัติผู้เขียน 122

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า
2.1 ตัวอย่างซอฟต์แวร์ที่ใช้เพื่อการจำลองสถานการณ์เพื่อการหาคำตอบที่เหมาะสม....7
2.2 รายละเอียดของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....40
3.1 สถานีงานในแผนกเย็บ....46
3.2 ข้อมูลการสั่งซื้อในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา....48
3.3 การกำหนดค่าตัวแปรในโปรแกรม OptQuest....55
4.1 รูปแบบการแจกแจงของเวลาระหว่างการมาถึงของคำสั่งซื้อของลูกค้า....58
4.2 รูปแบบการแจกแจงของปริมาณคำสั่งซื้อของลูกค้าในแต่ละผลิตภัณฑ์....59
4.3 ข้อมูลดิบของเวลาในการโพ้งต่อไหล่ของเสื้อยืดคอกลม 40 ข้อมูล....60
4.4 รูปแบบการแจกแจงเวลาในการเย็บเสื้อยืดคอกลม....61
4.5 รูปแบบการแจกแจงเวลาในการเย็บเสื้อโปโล....61
4.6 สถานะของเครื่องจักรและพนักงาน....67
4.7 เวลาจากระบบจริงที่ถูกแปลงให้อยู่ในรูปเวลาการทำงานในแบบจำลองสถานการณ์....69
4.8 เวลาปิดงานของระบบและเวลาส่งงานล่าช้าของระบบจริงและแบบจำลองสถานการณ์ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%....70
4.9 การกำหนดสูตรที่ใช้เลือกลำดับการผลิต....71
4.10 ค่าเวลาปิดงานของระบบและค่าเวลาส่งงานล่าช้าเฉลี่ยที่ทำให้เป็นบรรทัดฐาน....74
4.11 ผลการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบหลายวัตถุประสงค์....75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 มูลค่าการส่งออกและนำเข้าอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มระหว่างปี 2553 ถึงปี 2557....1
2.1 หลักการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดโดยการใช้โปรแกรม OptQuest....8
2.2 ความสัมพันธ์ของแบบจำลองสถานการณ์และการหาคำตอบที่เหมาะสม....9
2.3 ขั้นตอนการศึกษาโดยใช้การจำลองสถานการณ์....12
2.4 การตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง....16
2.5 ขั้นตอนการวางแผนและควบคุมการผลิต....21
2.6 เครื่องจักรเดี่ยว....25
2.7 เครื่องจักรขนาน....25
2.8 ระบบผลิตแบบไหลเลื่อน....26
2.9 ระบบผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่น....26
2.10 ระบบผลิตแบบตามงาน....27
2.11 ระบบผลิตแบบตามงานยืดหยุ่น....28
2.12 ระบบผลิตแบบเปิด....28
2.13 โครงสร้างอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม....30
2.14 กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูป....32
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย....42
3.2 ขั้นตอนการดำเนินการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปของบริษัทกรณีศึกษา....44
3.3 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ของบริษัทกรณีศึกษา....45
3.4 ภาพรวมของการจำลองสถานการณ์....47
3.5 ห้าขั้นตอนของการเย็บ....49
3.6 แผนภาพกิจกรรมของการเย็บ....51
4.1 ผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาในการโพ้งต่อไหล่ของเสื้อยืดคอกลม....60
4.2 ภาพรวมแบบจำลองสถานการณ์จากโปรแกรม Arena....62
4.3 แบบจำลองในส่วนของการสร้างและกำหนดคุณสมบัติประจำตัวของคำสั่งซื้อ....64
4.4 แบบจำลองในส่วนของสถานีงาน....64
4.5 แบบจำลองย่อยในส่วนของการผลิต....65
4.6 แบบจำลองในส่วนของการบันทึกผล....66
4.7 ตัวอย่างการตรวจสอบสถานะของเครื่องจักรและคนงานในแบบจำลองสถานการณ์....68
4.8 ผลการจำลองสถานการณ์ที่วัดค่าเวลาปิดงานของระบบและเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ย....69
4.9 แบบจำลองที่เพิ่มเติมในส่วนการเลือกกฎการจ่ายงาน....70
4.10 การกำหนดค่าตัวแปรควบคุมในโปรแกรม OptQuest....72
4.11 การกำหนดค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในโปรแกรม OptQuest....72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

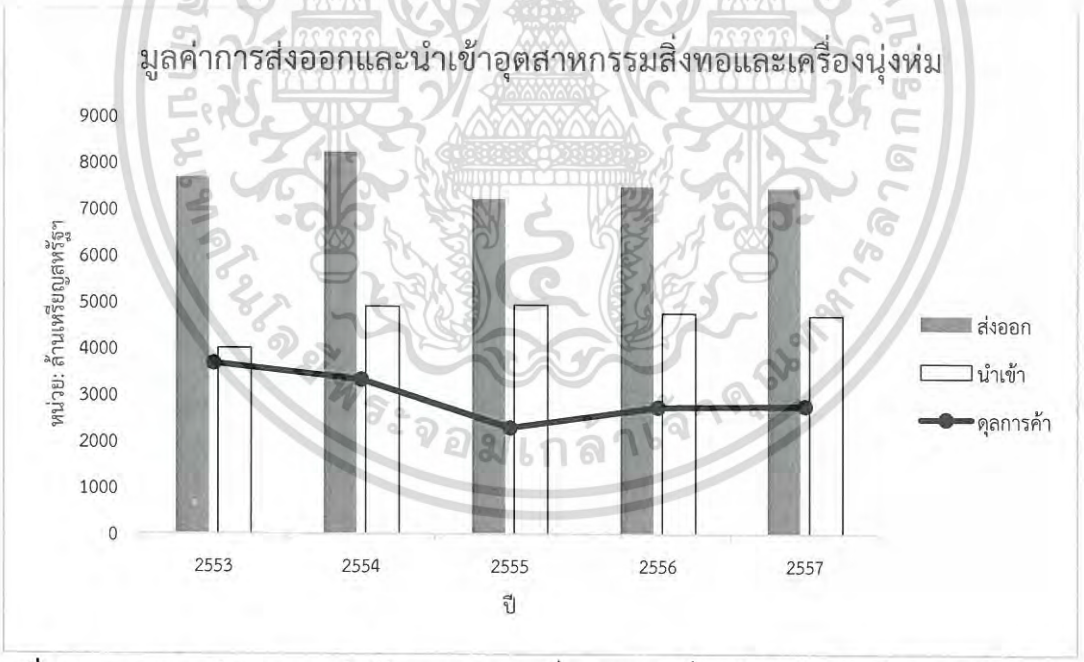
รูปที่ หน้า
4.12 ผลการวิเคราะห์หากฎการจ่ายงานที่เหมาะสมผ่านโปรแกรม OptQuest 72
4.13 เวลาปิดงานของระบบที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม OptQuest 73
4.14 เวลาล่าช้าของงานเฉลี่ยที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม OptQuest 73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มในประเทศไทยเป็นอุตสาหกรรมที่มีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ ในปี 2557 อุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มสามารถสร้างรายได้ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศเป็นมูลค่า 477 พันล้านบาท หรือร้อยละ 3.63 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมทั้งประเทศ (Gross Domestic Product: GDP) และหากพิจารณาจากมูลค่ารวมจากการส่งออกและนำเข้าของอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มในช่วงปี 2553 ถึงปี 2557 แสดงดังรูปที่ 1.1 ประเทศไทยมีมูลค่าการส่งออกสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มเฉลี่ยปีละ 7600 ล้านเหรียญสหรัฐฯ โดยร้อยละ 60 เป็นการส่งออกสิ่งทอ และอีกร้อยละ 40 เป็นการส่งออกเครื่องนุ่งห่ม เนื่องจากมีมูลค่าการส่งออกมากกว่าการนำเข้าอย่างต่อเนื่องจึงส่งผลให้ดุลการค้าอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มของไทยมีมูลค่าการค้าเกินดุลอย่างต่อเนื่องทุกปีเฉลี่ยราว 2900 ล้านเหรียญสหรัฐฯ [1]



รูปที่ 1.1 มูลค่าการส่งออกและนำเข้าอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มระหว่างปี 2553 ถึงปี 2557

ในปี 2558 ได้มีการเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (ASEAN Economic Community: AEC) นอกจากจะทำให้อาเซียนมีตลาด มีฐานการผลิตร่วมกัน มีการเคลื่อนย้ายสินค้า บริการ การลงทุน เงินทุน และแรงงานฝีมืออย่างเสรีแล้ว ยังส่งผลทำให้อุตสาหกรรมต่างๆ อาจต้องเผชิญกับการแข่งขันที่รุนแรงมากขึ้นในภูมิภาคอาเซียนอีกด้วย [2] อย่างไรก็ตามอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มก็จะได้รับผลกระทบดังกล่าวนี้ด้วย ถึงแม้ว่าอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มในไทยจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีจุดเด่นในเรื่องขีดความสามารถในการผลิตครบวงจรตั้งแต่อุตสาหกรรมต้นน้ำจนถึงอุตสาหกรรมปลายน้ำ และมีความได้เปรียบของทักษะฝีมือแรงงานที่สามารถผลิตสินค้าที่มีคุณภาพสูงเมื่อเปรียบเทียบกับแรงงานจากประเทศอื่น แต่ผู้ประกอบการไทยในอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มก็กำลังจะเผชิญกับการสูญเสียความสามารถในการแข่งขัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งคู่แข่งทางการค้าจากประเทศในภูมิภาคเดียวกันอย่างกลุ่ม CLMV ประกอบด้วย กัมพูชา ลาว พม่า และเวียดนาม ที่มีความสามารถในการผลิตสินค้าได้อย่างรวดเร็วและมีต้นทุนการผลิตโดยเฉพาะค่าแรงที่ต่ำกว่า [3] ซึ่งผู้ประกอบการที่จะได้รับผลกระทบเป็นอย่างมากได้แก่ ผู้ประกอบการธุรกิจขนาดย่อม (Small and Medium Enterprises: SMEs) เนื่องจากมีขีดความสามารถในการปรับตัวต่ำกว่าผู้ประกอบการขนาดใหญ่จึงจำเป็นที่จะต้องเร่งปรับตัวและพัฒนาความสามารถในการแข่งขันเพื่อความอยู่รอด

จากผลสำรวจหัวข้อเรื่อง ผู้ส่งออก SMEs ไทยปรับตัวอย่างไรภายใต้ AEC ของหอการค้าโพลล์ชี้ประเด็นเร่งด่วนที่ SMEs ที่เป็นผู้ผลิต และผู้ส่งออกไทยต้องปรับตัวอันดับแรกคือ เรื่องการบริหารจัดการ [4] เนื่องจากผู้ประกอบการ SMEs ในอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มส่วนใหญ่ขาดความรู้ในการจัดการหรือการบริหารงานที่มีระบบและใช้ประสบการณ์ในการเรียนรู้เป็นหลัก [5] สินค้าประเภทสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มเป็นสินค้าที่มีขั้นตอนในการผลิตค่อนข้างมาก และต้องผลิตสินค้าให้เสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้ทันเวลา [6] ดังนั้นเพื่อสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขัน และสร้างความพึงพอใจต่อลูกค้าด้วยการตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว และส่งสินค้าให้ทันเวลาที่กำหนด รวมถึงการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด การวางแผนและจัดตารางการผลิตที่ดีและมีประสิทธิภาพจึงเป็นสิ่งสำคัญในการเพิ่มความสามารถในการผลิตและการแข่งขันได้

บริษัทที่ทำการศึกษาในวิทยานิพนธ์นี้คือบริษัท ทีทีเอช เทรดดิ้ง จำกัด ตั้งอยู่บนซอยราษฎร์บูรณะ 46 จังหวัดกรุงเทพมหานคร มีลักษณะเป็นธุรกิจขนาดย่อม เป็นบริษัททอผ้าและผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปตามคำสั่งซื้อของลูกค้า (Made to Order) ซึ่งสามารถรองรับการผลิตสินค้าที่มีความแตกต่างกันทั้งรูปแบบของสินค้า ปริมาณที่สั่งผลิต กระบวนการผลิต และกำหนดการส่งมอบ ปัญหาที่พบคือในปัจจุบันทางบริษัทกรณีศึกษาใช้ประสบการณ์จากการทำงานมาจัดตารางการผลิตเป็นหลัก พิจารณาให้งานใดที่ลูกค้าสั่งซื้อก่อนให้ทำการผลิตก่อน โดยไม่ได้คำนึงถึงพฤติกรรมของระบบงานจริงที่มีความไม่แน่นอนของข้อมูลเข้ามาเกี่ยวข้องเช่น เวลาการผลิต เวลาการส่งมอบ และปริมาณที่สั่งผลิต ส่งผลให้ในช่วงที่มีคำสั่งซื้อของลูกค้าเข้ามามากทำให้บริษัทกรณีศึกษาประสบปัญหาการผลิตสินค้าไม่ทัน ผู้ประกอบการแก้ปัญหาโดยให้คนงานทำงานล่วงเวลา และทำสัญญาช่วงจากภายนอก (Outsource) เพื่อให้ส่งงานทันเวลา แต่ก็ทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้น รวมทั้งเวลาปิดงานของระบบมีค่ามากขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามผลกระทบจากนโยบายการปรับค่าแรงขั้นต่ำ ทำให้ผู้ประกอบการบริษัทกรณีศึกษาไม่ต้องการเพิ่มกำลังการผลิตด้วยการซื้อเครื่องจักรใหม่หรือจ้างคนงานเพิ่ม อีกทั้งไม่สามารถคาดการณ์ความต้องการของลูกค้าไว้ล่วงหน้าได้ หากเป็นช่วงที่คำสั่งซื้อของลูกค้าเข้ามาน้อยจะทำให้ทรัพยากรเกิดความสูญเปล่า ปัญหาดังกล่าวสืบเนื่องมาจากกระบวนการหลักของการผลิตคือกระบวนการเย็บในแผนกเย็บ ซึ่งเป็นกระบวนการที่เป็นปัจจัยหลักต่อระยะเวลาในการผลิต เนื่องจากกระบวนการเย็บเป็นกระบวนการที่ใช้กำลังการผลิตมากที่สุด ต้องอาศัยพนักงานที่มีทักษะและความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชำนาญในการผลิต และไม่สามารถนำเทคโนโลยีมาใช้ผลิตโดยปราศจากการควบคุมของพนักงานได้ เพราะสินค้าประเภทนี้มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบบ่อยตามสมัยนิยมและคำสั่งซื้อของลูกค้าจึงทำให้ยากต่อการผลิตเครื่องจักรที่มีความเหมาะสมเฉพาะรูปแบบได้ อีกทั้งความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าสั่งซื้อทำให้มีลำดับและขั้นตอนการผลิตที่แตกต่างกัน ในบางขั้นตอนอาจมีเครื่องจักรที่สามารถใช้ในการผลิตได้มากกว่า 1 เครื่อง และคนงาน 1 คนอาจทำงานได้มากกว่า 1 งาน สิ่งต่างๆ เหล่านี้ล้วนเป็นสาเหตุที่ทำให้กระบวนการผลิตเกิดความไม่แน่นอนและส่งผลให้เกิดความล่าช้าของงานได้ จึงจำเป็นที่จะต้องหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตนี้

จากปัญหาที่ได้กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยเห็นว่าการใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์สามารถนำมาใช้กับบริษัทกรณีศึกษาได้อย่างเหมาะสม เหตุผลประการแรกที่นำแบบจำลองสถานการณ์มาใช้ คือ แบบจำลองจะถูกสร้างให้ทำงานเลียนแบบการทำงานของสถานการณ์จริง ทำให้สามารถทดลองปรับเปลี่ยนตัวแปรต่างๆ ในระบบการทำงานของบริษัทกรณีศึกษาในแบบจำลองสถานการณ์ได้โดยไม่กระทบต่อการทำงานของระบบจริง ประการที่สองคือ เนื่องจากระบบของบริษัทกรณีศึกษามีลักษณะที่ซับซ้อนและมีความไม่แน่นอน (Stochastic) ของข้อมูลได้แก่ เวลาการผลิต การเข้ามาของคำสั่งซื้อและปริมาณคำสั่งซื้อ เข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งการจำลองสถานการณ์สามารถนำมาวิเคราะห์ระบบที่มีลักษณะดังกล่าวได้ อีกทั้งยังประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาอีกด้วย

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยนำเสนอเทคนิคการจำลองสถานการณ์เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม (Simulation-Optimization) สำหรับเป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของแผนกเย็บของบริษัทผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปกรณีศึกษา โดยใช้เทคนิคการจัดตารางการผลิตในการหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยอาศัยผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินจากแบบจำลองสถานการณ์เพื่อทำให้เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) และเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ย (Tardiness) มีค่าน้อยที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของแผนกเย็บของบริษัทผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปกรณีศึกษา

1.2.2 เพื่อหาวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมจากการประเมินผลโดยการจำลองสถานการณ์ และมีผลทำให้เวลาปิดงานของระบบและเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุด

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1.3.1 ศึกษากระบวนการทำงานของแผนกเย็บ บริษัท ทีทีเอช เทรดดิ้ง จำกัด

1.3.2 ศึกษากลุ่มผลิตภัณฑ์หลัก 2 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เสื้อยืดคอกลม และเสื้อโปโล

1.3.3 เก็บข้อมูลเวลาการผลิตในแต่ละกระบวนการของพนักงาน อัตราการเข้ามาของคำสั่งซื้อของลูกค้า และปริมาณคำสั่งซื้อของลูกค้า ในช่วงเดือนกันยายน 2557 ถึงเดือนมกราคม 2558

1.3.4 ไม่พิจารณาเรื่องการเสียหรือซ่อมบำรุงเครื่องจักร รวมทั้งเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.5 สร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena

1.3.6 ตัวชี้วัดประสิทธิภาพสำหรับงานวิจัยนี้ได้แก่ เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) และเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ย (Tardiness)

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1.4.1 ศึกษาข้อมูลของบริษัท ทีทีเอช เทรดดิ้ง จำกัด รวมถึงกระบวนการผลิต ขั้นตอนในการผลิต ลำดับขั้นตอนการผลิตในแต่ละผลิตภัณฑ์ ระบบการวางแผนและการจัดตารางการผลิต

1.4.2 รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าที่จำเป็นจากระบบจริงเพื่อนำมาใช้สร้างแบบจำลองสถานการณ์ ได้แก่ เวลาในการผลิตของแต่ละขั้นตอน ข้อมูลการสั่งซื้อของลูกค้า จำนวนเครื่องจักรที่ใช้งาน จำนวนพนักงาน

1.4.3 สร้างแบบจำลองสถานการณ์สำหรับสถานการณ์สภาพปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษาโดยใช้โปรแกรม Arena

1.4.4 ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์ (Model Verification)

1.4.5 ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองสถานการณ์ (Model Validation)

1.4.6 กำหนดวิธีการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีฮิวริสติกส์

1.4.7 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการจัดตารางการผลิตระหว่างการจัดตารางการผลิตแบบเดิมและการจัดตารางการผลิตแบบใหม่โดยใช้โปรแกรม OptQuest

1.4.8 หากฎการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดแบบหลายวัตถุประสงค์ (Multi-Objective Optimization) ด้วยวิธีผลรวมค่าถ่วงน้ำหนัก (Weighted Sun Method)

1.4.9 สรุปผลและเสนอแนวทางในการจัดตารางการผลิตสำหรับบริษัทกรณีศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้กล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งได้แก่ การจำลองสถานการณ์เพื่อการหาคำตอบที่เหมาะสม การจัดตารางการผลิต และลักษณะของอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม

2.1 การจำลองสถานการณ์เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม (Simulation-Optimization)

การจำลองสถานการณ์ (Simulation) เป็นหนึ่งในเครื่องมือที่สำคัญสำหรับการวิเคราะห์ปัญหาที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในการแก้ปัญหาในด้านต่างๆ เนื่องจากการจำลองสถานการณ์สามารถใช้ในการศึกษาระบบที่มีความซับซ้อนและมีธรรมชาติของความน่าจะเป็นของข้อมูลได้ [7]

Shannon [8] ได้ให้คำจำกัดความเกี่ยวกับการจำลองสถานการณ์ว่า เป็นกระบวนการออกแบบจำลอง (Model) ของระบบจริง (Real System) แล้วดำเนินการใช้แบบจำลองนั้นเพื่อเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานจริงภายใต้เงื่อนไขข้อกำหนดที่วางไว้ ซึ่งอาจทำได้โดยการเขียนโปรแกรมโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ หรืออาจใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่ถูกออกแบบมาโดยเฉพาะ เช่น โปรแกรม Arena, ProModel, SIMUL8 และ WITNESS เป็นต้น ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์อาจไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดของปัญหา แต่จะทำให้ผู้วิเคราะห์สามารถมองเห็นภาพรวมของระบบและแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขก่อนที่จะนำระบบดังกล่าวไปปฏิบัติจริง เนื่องจากในการปฏิบัติงานจริงไม่สามารถที่จะทำการทดลองหรือปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานได้จนกว่าจะมองเห็นถึงประโยชน์ที่จะได้รับ [9] และถือเป็นข้อได้เปรียบของวิธีการจำลองสถานการณ์เหนือจากการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางคณิตศาสตร์เพียงอย่างเดียว

อย่างไรก็ตาม เทคนิคการจำลองสถานการณ์ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพียงเพื่อเป็นเครื่องมือในการประเมินผลลัพธ์สำหรับการตอบคำถามจำพวกการวิเคราะห์แบบเงื่อนไข (What-If Analysis) [7] ซึ่งวิเคราะห์ในลักษณะที่ว่าจะเกิดอะไรขึ้นกับระบบถ้ามีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรนำเข้า สมมติฐาน เงื่อนไข หรือข้อจำกัดต่างๆ โดยมีความคาดหวังว่าผลการประเมินที่ได้จะนำมาซึ่งคำตอบนั้นจะช่วยในการตัดสินใจในการแก้ปัญหาของระบบ แต่ในกรณีที่ปัญหามีคำตอบหรือทางเลือกที่เป็นไปได้จำนวนมาก การวิเคราะห์หาคำตอบด้วยการจำลองสถานการณ์ไม่สามารถที่จะให้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้

จากข้อจำกัดของการจำลองสถานการณ์ตามที่กล่าวมา ประกอบกับพัฒนาการของระบบคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันที่ทำให้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลมีศักยภาพและความสามารถในการประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดแนวความคิดที่จะพัฒนาศักยภาพของการจำลองสถานการณ์ให้สามารถนำมาใช้วิเคราะห์หาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้ (Simulation-Optimization) โดยวิธีการนี้เป็นการหาคำตอบจากการจำลองสถานการณ์โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการหาคำตอบที่เหมาะสม ทำให้ไม่ต้องหาคำตอบเองและได้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการหาคำตอบเอง โดยผลลัพธ์ดังกล่าวเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ภายใต้สถานการณ์ความน่าจะเป็น [10] ซึ่งพบว่าการแก้ปัญหาด้วยวิธีการนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถนำเสนอออกมาในรูปของชุดสมการคณิตศาสตร์ โดยมีสมการแบบจำลองมาตรฐาน (Standardized Model) เป็นดังนี้ [11]

Maximize (Minimize) $z = f(x)$ (2.1)

Subject to: $g(x) \leq 0$ (2.2)

$h(x) = 0$ (2.3)

$x \in X$

โดยที่ x คือตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

X คือเซตของคำตอบ

$f(x)$ คือฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)

$g(x)$ คือฟังก์ชันข้อจำกัดที่เป็นอสมการ (Inequality Constraints)

$h(x)$ คือฟังก์ชันข้อจำกัดที่เป็นสมการ (Equality Constraints)

คำตอบที่ได้จะต้องสอดคล้องกับสมการข้อจำกัดทุกข้อ เพื่อหา x^* ซึ่งแทนคำตอบที่ดีที่สุด โดยที่

$f(x^*) \geq f(x)$ สำหรับทุก $x \in X$ กรณีการหาคำตอบที่มีค่ามากที่สุด

$f(x^*) \leq f(x)$ สำหรับทุก $x \in X$ กรณีการหาคำตอบที่มีค่าน้อยที่สุด

Charnes et al. [12] ได้นำเสนอวิธีกำหนดสมการข้อจำกัดเชิงโอกาส (Chance Constraint Programming, CCP) เพื่อใช้แก้ปัญหาที่มีความไม่แน่นอนเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยที่ความไม่แน่นอนสามารถแสดงได้ในรูปแบบของการแจกแจงของความน่าจะเป็น (Probability Distribution) ที่ถูกกำหนดด้วยระดับความเชื่อมั่น (Confidence Level) ที่มีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ (Risk Preference) โดยสามารถแสดงสมการข้อจำกัดเชิงโอกาสได้ดังนี้

$$P\{f(x,\omega) \leq 0\} \geq \eta \tag{2.4}$$

โดยที่ $f(x,\omega) \leq 0$ คือสมการข้อจำกัดที่มีลักษณะเดียวกับปัญหาที่มีรู้ค่าแน่นอน (Deterministic Problem) แต่ในกรณีนี้ ω เป็นตัวแปรสุ่ม (Random Variables) ดังนั้นสมการ (2.4) ที่มี x เป็นตัวแปรตัดสินใจซึ่งใช้พิจารณาความไม่แน่นอนที่ระดับความเชื่อมั่น η โดยที่ $\eta \in (0,1)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจำลองสถานการณ์เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม (Simulation-Optimization) มีลักษณะคล้ายคลึงกับการหาคำตอบที่เหมาะสมแบบเฟ้นสุ่ม (Stochastic Optimization) ซึ่งในเชิงหลักการแล้ว วิธีการทั้งสองนี้มีความคล้ายคลึงกัน และในทางปฏิบัติสามารถนำมาใช้ทดแทนกันได้ แต่การจำลองสถานการณ์เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมจะใช้เฉพาะเจาะจงกับปัญหาที่ผลลัพธ์ของระบบได้มาจากการประเมินด้วยวิธีจำลองสถานการณ์ ในขณะที่การหาคำตอบที่เหมาะสมแบบเฟ้นสุ่มจะหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาที่มีตัวแปรสุ่มโดยใช้การแจกแจงความน่าจะเป็น

ตัวอย่างซอฟต์แวร์ที่นิยมใช้ในการจำลองสถานการณ์เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมแสดงได้ดังตารางที่ 2.1 สิ่งที่ผู้ใช้ควรทำความเข้าใจเกี่ยวกับการนำซอฟต์แวร์เหล่านี้ไปใช้งานเพื่อแก้ปัญหาคือความสามารถในการทำความเข้าใจกับการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ ซึ่งได้แก่ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็น นอกจากนั้นได้แก่ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับหลักการของการหาคำตอบที่เหมาะสม สำหรับวิธีการหรือเทคนิคที่ซอฟต์แวร์นั้นใช้ ความเข้าใจดังกล่าวเหล่านี้จะช่วยเพิ่มศักยภาพในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการจำลองสถานการณ์เพื่อการหาคำตอบที่เหมาะสมโดยจะส่งผลให้เกิดความเข้าใจและสามารถประยุกต์ใช้กับงานจริงได้อย่างได้ผล

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างซอฟต์แวร์ที่ใช้เพื่อการจำลองสถานการณ์เพื่อการหาคำตอบที่เหมาะสม [10]

โปรแกรมที่ใช้จำลองสถานการณ์	เครื่องมือในโปรแกรมที่ใช้หาคำตอบที่เหมาะสม	กลยุทธ์การค้นหาคำตอบ
AutoMod	AutoStat	ขั้นตอนวิธีเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary) และขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithms)
Arena, Crystal Ball	OptQuest	วิธีค้นหาแบบกระจาย (Scatter Search), วิธีค้นหาแบบทาบู (Tabu Search) และโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Networks)
SIMUL8	OPTIMIZ	โครงข่ายประสาทเทียม
ProModel	SimRunner	ขั้นตอนวิธีเชิงวิวัฒนาการ และขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม
WITNESS	Optimizer	วิธีค้นหาแบบทาบู และวิธีการจำลองการอบอ่อน (Simulated Annealing)

Kelton et al. [13] ได้อธิบายว่าโปรแกรม Arena เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปที่พัฒนามาจากโปรแกรมภาษาที่เรียกว่า SIMAN เพื่อช่วยในการจำลองสถานการณ์ และหาแนวทางการแก้ไขและพัฒนาระบบต่างๆ เช่น การหาแนวทางการปรับปรุงรอบระยะเวลาในการดำเนินงาน แนวทางในการจัดสรรทรัพยากรเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เป็นต้น

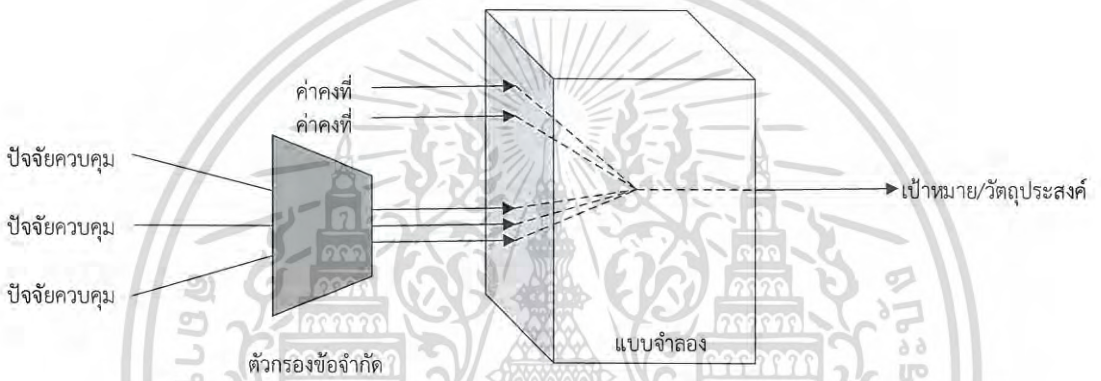
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rockwell Automation [14] ได้อธิบายหลักการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดโดยการใช้โปรแกรม OptQuest ดังแสดงในรูปที่ 2.1 โดยองค์ประกอบที่สำคัญของแบบจำลองเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมมี 3 ส่วนได้แก่

1) ปัจจัยควบคุม (Controls) เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลและส่งผลกระทบต่อระบบซึ่งสามารถเป็นได้ทั้งตัวแปรในแบบจำลอง Arena หรือทรัพยากรของระบบก็ได้ เช่น จำนวนทรัพยากร ปริมาณสินค้าที่สามารถขนส่งต่อเที่ยว

2) ข้อจำกัด (Constraints) เป็นเงื่อนไขระหว่างปัจจัยควบคุมซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อระบบ

3) เป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ (Objectives) เป็นลักษณะการตอบสนองทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงค่าเพื่อเป็นผลลัพธ์ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้มานั้นเป็นตัวบ่งชี้ถึงเป้าหมายของการทำแบบจำลองสถานการณ์ เช่น จำนวนทรัพยากรที่เหมาะสมภายใต้ระดับการใช้ประโยชน์สูงสุด

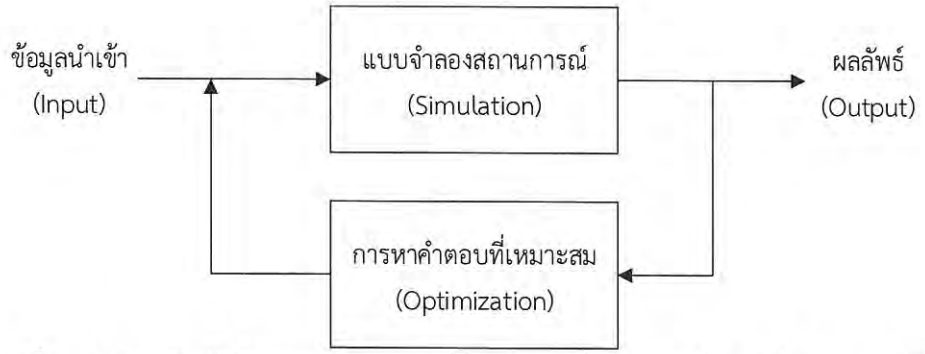


รูปที่ 2.1 หลักการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดโดยการใช้โปรแกรม OptQuest [14]

เมื่อโปรแกรม OptQuest ถูกเรียกใช้งานระบบจะตรวจสอบแบบจำลองสถานการณ์ที่ผู้ใช้งานสร้างในโปรแกรม Arena และดึงข้อมูลต่างๆ ที่ต้องใช้ในการประมวลผลของแบบจำลอง จากนั้นให้ผู้ใช้งานตั้งค่าปัจจัยควบคุม ข้อจำกัด และระบุเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ของแบบจำลอง โดยผู้ใช้งานสามารถกำหนดข้อจำกัด และปัจจัยต่างๆ ได้อย่างอิสระโดยไม่ส่งผลกระทบต่อตัวแบบจำลองสถานการณ์

กระบวนการทำงานของการจำลองสถานการณ์เพื่อการหาคำตอบที่เหมาะสมแสดงดังรูปที่ 2.2 เมื่อทำการประมวลผลเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดของแบบจำลอง โปรแกรม OptQuest จะทำการเปลี่ยนแปลงค่าของข้อมูลนำเข้า (Input) ได้แก่ ปัจจัยควบคุม และตัวแปรต่างๆ ที่ผู้ใช้งานได้ตั้งค่าไว้ในแต่ละรอบของการประมวลผล โดยระบบจะอาศัยผลลัพธ์ (Output) ที่ได้จากการประเมินโดยการจำลองสถานการณ์ ซึ่งถูกใช้เป็นตัวชี้วัดถึงความเหมาะสมของข้อมูลนำเข้าและนำมาประมวลผลร่วมกับผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินในครั้งที่ผ่านๆ มา แล้วทำการกำหนดข้อมูลนำเข้าชุดใหม่ เพื่อป้อนเข้าระบบของการจำลองสถานการณ์อีกครั้ง โดยกระบวนการทำงานทั้งหมดจะดำเนินไปจนกระทั่งระบบบรรลุเงื่อนไขของการหยุดหาคำตอบ (terminating condition) ด้วยเงื่อนไขใดเงื่อนไขหนึ่ง เป็นต้นว่าได้ผลลัพธ์ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้เบื้องต้น หรือบรรลุตามเงื่อนไขของระยะเวลาที่กำหนด [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ของแบบจำลองสถานการณ์ และการหาคำตอบที่เหมาะสม [7]

โดยทั่วไปเทคนิคการจำลองสถานการณ์เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมมักจะถูกนำไปใช้สำหรับปัญหาที่มีความซับซ้อน และมีขนาดใหญ่ เพื่อใช้คำนวณหาค่าของชุดตัวแปรตัดสินใจ ที่จะทำให้ได้ค่าของฟังก์ชั่นเป้าหมายสูงที่สุด หรือต่ำที่สุดตามที่ต้องการ หรือในทางกลับกันเทคนิคนี้อาจถูกนำไปใช้เพื่อคำนวณหาค่าของตัวแปรตัดสินใจที่จะทำให้ได้ค่าผลลัพธ์ของระบบตามที่ต้องการ ตัวอย่างเช่น ใช้เพื่อกำหนดกระบวนการทำงาน (process optimization) กำหนดนโยบายการบริหารงาน (management policy optimization)

การนำเทคนิคการจำลองสถานการณ์มาใช้ร่วมกับการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดถือเป็นเรื่องที่ท้าทายอย่างยิ่ง เนื่องจากปัญหาส่วนใหญ่ที่พบมักจะมีความซับซ้อน และความสัมพันธ์ระหว่างผลลัพธ์ และปัจจัยมีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น ทำให้เป็นการยากที่จะหาคำตอบโดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ นอกจากนั้นในส่วนของการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ ก็ถือเป็นเรื่องที่ท้าทายความสามารถของผู้สร้าง เนื่องจากต้องอาศัยศิลปะ ความสามารถ และประสบการณ์ในการสร้างแบบจำลอง อีกทั้งผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ ก็มีลักษณะของความไม่แน่นอนเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังจะเห็นได้จากข้อมูลนำเข้าชุดเดียวกันอาจทำให้ได้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน ส่วนในกระบวนการของการวิเคราะห์หาคำตอบที่ดีที่สุดสามารถทำได้โดยการเลือกวิธีการที่เหมาะสมกับลักษณะของปัญหาของบริษัทกรณีศึกษา [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ขั้นตอนในการจำลองสถานการณ์

การนำเทคนิคการจำลองสถานการณ์เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม ยังต้องให้ความสำคัญกับขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ สำหรับขั้นตอนในการจำลองสถานการณ์แสดงดังรูปที่ 2.3 โดยอ้างอิงจาก Banks et al. [15] ซึ่งได้แบ่งขั้นตอนต่างๆ ออกเป็น 12 ขั้นตอนดังนี้

1) การกำหนดปัญหา (Problem Formulation)

การศึกษาปัญหาใดๆ นั้นจำเป็นต้องเข้าใจถึงปัญหาอย่างถ่องแท้ ต้องมีคำอธิบายปัญหาที่ชัดเจน และมีการสื่อสารกันระหว่างผู้ใช้งานและผู้วิเคราะห์ เพื่อให้เข้าใจปัญหาตรงกันและหลีกเลี่ยงความเข้าใจผิดที่อาจเกิดขึ้น

2) การกำหนดวัตถุประสงค์และแผนการดำเนินงาน (Setting of objectives and overall project plan)

วัตถุประสงค์ใช้บ่งชี้ว่าการจำลองสถานการณ์ควรตอบคำถามใดบ้าง เช่น สามารถลดเวลาปิดงานของระบบด้วยวิธีใดบ้าง นอกจากนี้ควรมีการกำหนดแผนการดำเนินงานที่ชัดเจน และกำหนดเวลาของแต่ละขั้นตอนเพื่อหลีกเลี่ยงความล่าช้าที่อาจเกิดขึ้นได้

3) การสร้างแบบจำลองทางความคิด (Model conceptualization)

ศิลปะในการสร้างแบบจำลองขึ้นอยู่กับความสามารถในการตีความปัญหาและการตั้งสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับระบบ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่สามารถนำไปใช้จริง ทางที่ดีที่สุดควรเริ่มจากการสร้างแบบจำลองอย่างง่ายและค่อยเพิ่มความซับซ้อนเข้าไป ซึ่งจะช่วยให้สามารถตรวจสอบความถูกต้องได้ง่ายขึ้น

4) การเก็บข้อมูล (Data collection)

การเก็บข้อมูลนำเข้าที่จำเป็นและการสร้างแบบจำลองมีความเกี่ยวเนื่องกัน เมื่อแบบจำลองมีความซับซ้อนขึ้น ข้อมูลเดิมที่มีอยู่ก็สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ใช้เวลามากที่สุด ดังนั้นควรเริ่มให้เร็วที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ ซึ่งข้อมูลที่ต้องการได้แก่ การแจกแจงเวลาที่คำสั่งซื้อเข้ามา การแจกแจงเวลาในการผลิตของแต่ละกระบวนการ การแจกแจงปริมาณคำสั่งซื้อของแต่ละผลิตภัณฑ์ จำนวนคนงานและเครื่องจักร และเวลาปิดงานของระบบ ณ ปัจจุบัน ภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ซึ่งจำเป็นต่อการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง

5) การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Model translation)

การสร้างแบบจำลองสถานการณ์เป็นขั้นตอนการแปลงแบบจำลองทางความคิดที่อธิบายพฤติกรรมของระบบให้เป็นแบบจำลองสถานการณ์ลงในโปรแกรมการจำลอง ในกรณีศึกษาจะใช้โปรแกรม Arena 10.0 ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์

6) การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Verification)

เป็นการตรวจสอบถึงแนวคิดในการสร้างแบบจำลอง (Conceptual Simulation Model/Model Assumption) ว่าได้ถูกถ่ายทอดและนำมาสร้างเป็นแบบจำลองในโปรแกรม (Computer program) ที่มีความถูกต้องหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง (Model Validation)

เป็นกระบวนการในการพิจารณาถึงแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้สร้างขึ้นมีการนำเสนอออกมาได้คล้ายกับระบบจริงมากน้อยเพียงใด โดยจะอธิบายวิธีตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลองในหัวข้อที่ 2.1.3

8) การออกแบบการทดลอง (Experimental design)

จากผลลัพธ์เบื้องต้นที่ได้ นักวิเคราะห์จะเสนอแนวทางเลือกหรือวิธีการปรับปรุงต่างๆ ทำการเลือกตัวชี้วัดประสิทธิภาพ ปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง และระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติและระยะเวลาที่ต้องใช้ในการรันแบบจำลองสถานการณ์ ในงานวิจัยนี้เลือกวิธีการจัดตารางการผลิตในการปรับปรุงการทำงานของระบบโดยจะอธิบายในหัวข้อที่ 2.2

9) การรายงานผลและวิเคราะห์ผล (Production runs and analysis)

เป็นการรันแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการปรับปรุงแบบต่างๆ เพื่อหาค่าประมาณของผลลัพธ์หรือตัวชี้วัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

10) การตรวจสอบจำนวนครั้งการรัน (Number of replication analysis)

เป็นการวิเคราะห์ผลลัพธ์ทางสถิติที่ได้จากการรันโปรแกรมเพื่อตัดสินใจว่าคำตอบที่ได้มีความแปรปรวนอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้หรือไม่ หากมีช่วงสูงเกินไปควรเพิ่มจำนวนครั้งการรันเพื่อลดความแปรปรวน

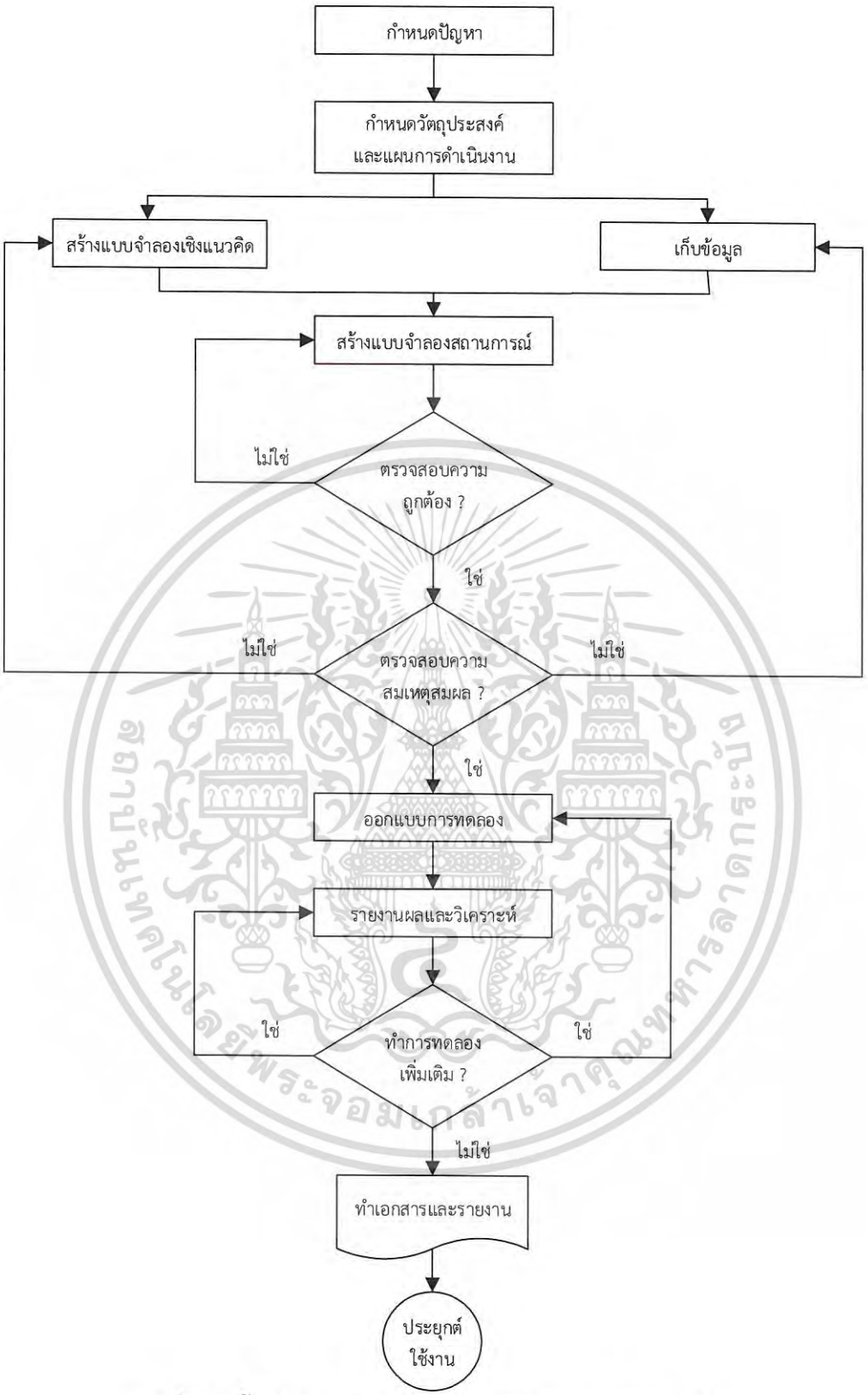
11) การทำเอกสารและรายงาน (Documentation and reporting)

ในส่วนนี้เป็นการสรุปผลทั้งหมด โดยมีความแตกต่างกันไปตามจุดประสงค์และลักษณะของงาน เอกสารที่จัดทำมีอยู่ 2 ประเภทคือ เอกสารรายละเอียดของแบบจำลอง และเอกสารรายงานของโครงงาน

12) การนำไปใช้งานจริง (Implementation)

ความสำเร็จในการนำไปใช้งานจริงขึ้นอยู่กับทั้ง 11 ขั้นตอนที่ได้กล่าวมาข้างต้น รวมไปถึงระดับความร่วมมือระหว่างผู้ใช้งานและที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ขั้นตอนการศึกษาโดยใช้การจำลองสถานการณ์ [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การจำลองปัจจัยนำเข้า (Input Modeling)

การสร้างแบบจำลองนั้นจำเป็นที่จะต้องมีการนำข้อมูลนำเข้าใส่ให้กับแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ระบบ เนื่องจากข้อมูลนำเข้าเป็นข้อมูลที่มีค่าไม่แน่นอน เพื่อหารูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูล ดังนั้นการจำลองข้อมูลนำเข้าจึงมีความสำคัญกับการสร้างแบบจำลองมาก เพราะถ้าผู้วิเคราะห์ใส่รูปแบบการแจกแจงที่ไม่ถูกต้องให้กับระบบ ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองก็จะผิดพลาดตามไปด้วย

1) การเก็บข้อมูล (Data Collection)

การเก็บข้อมูลมีข้อควรปฏิบัติดังนี้

- วางแผนการเก็บข้อมูลให้ดีเนื่องจากขั้นตอนนี้อาจใช้เวลามากกว่าขั้นตอนอื่นๆ เช่น อาจต้องลงสนามไปเก็บข้อมูลเองด้วยนาฬิกาจับเวลาหรือการสัมภาษณ์ ใช้เวลาทำความคุ้นเคยและสื่อสารให้ชัดเจนว่าการศึกษาที่กำลังทำนั่นมีวัตถุประสงค์ใด ถ้ามีข้อมูลจากเอกสารที่เก็บไว้อยู่แล้วต้องมีการกลั่นกรองพิจารณาความสมจริง และคัดกรองข้อมูลก่อนนำมาใช้

- วิเคราะห์ข้อมูลในขณะที่ทำการเก็บข้อมูลด้วย

- รวบรวมข้อมูลที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน

- ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลนำเข้าโดยวิธีการสร้างแผนภาพการกระจาย (Scatter diagram)

- พิจารณาความเป็นไปได้ของลำดับการเก็บข้อมูล ตรวจสอบค่าสหสัมพันธ์ภายในตัวเอง หากข้อมูลที่เก็บมาไม่เป็นอิสระต่อกัน แต่ผู้วิเคราะห์สมมติว่าเป็นอิสระต่อกัน อาจทำให้ผลการวิเคราะห์คลาดเคลื่อนไปมาก

- แยกแยะว่าตัวแปรใดเป็นข้อมูลนำเข้า และตัวแปรใดเป็นดัชนีชี้วัดหรือผลลัพธ์

2) การระบุการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลนำเข้า (Identifying the Distribution with data) ทำได้โดยการใช้แผนภาพฮีสโตแกรม (Histogram) กราฟ Q-Q หรือการเลือกกลุ่มของการแจกแจงความน่าจะเป็น เช่น การแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงแบบปัวซอง การแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล การแจกแจงแบบแกมมา การแจกแจงแบบไวบูล การแจกแจงแบบเบต้า การแจกแจงแบบสม่ำเสมอ การแจกแจงแบบสามเหลี่ยม

3) การประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจง (Parameter Estimation)

4) การทดสอบภาวะสารูปดี (Goodness-of-fit Test) เป็นการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลนำเข้ากับการแจกแจงความน่าจะป็นในแบบต่างๆ โดยมีสมมติฐานดังนี้

H_0: ข้อมูลนำเข้ามีการแจกแจงตามแบบที่ต้องการทดสอบ

H_1: ข้อมูลนำเข้าไม่มีการแจกแจงตามแบบที่ต้องการทดสอบ

การทดสอบสมมติฐานคือหลังจากกำหนด H_0 และ H_1 แล้ว จะคำนวณค่าสถิติจากข้อมูลที่มี ค่าสถิตินี้บ่งชี้ว่าจะยอมรับสมมติฐานกล่าวคือไม่สามารถปฏิเสธ หรือปฏิเสธ H_0 โดยมีการกำหนดระดับนัยสำคัญ (Significance level, α) หมายถึงความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ที่ปฏิเสธ H_0 ทั้งๆ ที่ H_0 เป็นจริง โดยพิจารณายอมรับหรือปฏิเสธ H_0 ได้ 2 วิธีดังนี้

1. เปรียบเทียบค่าสถิติกับค่าวิกฤติ (Critical Value) ซึ่งขึ้นกับขนาดของข้อมูลและระดับนัยสำคัญ ถ้าค่าสถิติน้อยกว่าค่าวิกฤติจะยอมรับ H_0 ถ้าไม่เช่นนั้นจะปฏิเสธ H_0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำค่าสถิติไปคำนวณค่า p-value คือค่าความน่าจะเป็นที่มีเงื่อนไขว่า H_0 เป็นจริง หาก p-value มากกว่าระดับนัยสำคัญ (α) จะยอมรับ H_0 ถ้าไม่เช่นนั้นจะปฏิเสธ H_0

การทดสอบสมมติฐานมีข้อจำกัด 2 ข้อคือ หากมีจำนวนข้อมูลที่เก็บได้น้อย การทดสอบมีแนวโน้มที่จะไม่ปฏิเสธการแจกแจงประเภทใดเลย ในทางตรงกันข้ามหากมีข้อมูลจำนวนมาก การทดสอบมีแนวโน้มที่จะปฏิเสธการแจกแจงทุกประเภท ดังนั้นสำหรับการแจกแจงใดๆ ที่ต้องการทดสอบ ผลจากการที่ไม่สามารถปฏิเสธการแจกแจงแบบนั้นๆ ได้เป็นส่วนหนึ่งของหลักฐานที่ว่าการแจกแจงแบบนั้นสามารถนำมาใช้ในการประกอบการตัดสินใจได้เท่านั้น ด้วยข้อจำกัดสองข้อนี้ในเชิงปฏิบัติ ผู้วิเคราะห์ควรพิจารณาเปรียบเทียบฮีสโตแกรม และฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นเพิ่มเติมด้วย [16]

4.1) การทดสอบแบบไคสแควร์ (Chi-Square test)

เป็นการเปรียบเทียบฮีสโตแกรมของข้อมูลที่เก็บได้กับกราฟของฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นของการแจกแจงที่สนใจซึ่งเป็นตัวแทนของข้อมูลจริง ซึ่งสมการทดสอบไคสแควร์สำหรับข้อมูลที่แจกแจงแสดงดังสมการที่ (2.5)

$$\chi_0^2 = \sum_i^k \frac{\left(O_i - E_i\right)^2}{E_i} \tag{2.5}$$

โดยที่ O_i คือความถี่ของค่าสังเกตของตัวแปรที่ระดับ i
E_i คือความถี่คาดหวังของตัวแปรที่ระดับ i
k คือจำนวนระดับของตัวแปรที่สนใจศึกษา

การแจกแจงตัวอย่างของ χ_0^2 จะเข้าใกล้กับการแจกแจงแบบไคสแควร์ที่องศาความเป็นอิสระ k-s-1 เมื่อ s แทนด้วยจำนวนพารามิเตอร์ของการประมาณการแจกแจงสมมติฐาน และจะปฏิเสธสมมติฐานเมื่อ $\chi_0^2 > \chi_{\alpha,k-s-1}^2$ ได้ให้ตารางค่าวิกฤตตัวสถิติไคสแควร์ที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ ไว้ในภาคผนวก ก

สำหรับการประยุกต์ใช้จริงนั้น Mann et al. [17] Gumbel [18] Law et al. [19] และ Stuart et al. [20] ได้กล่าวว่าไม่มีวิธีการที่ตายตัวสำหรับการหาระดับของข้อมูล ถ้าใช้ความน่าจะเป็นเท่ากันคือ $p_i = 1/k$ ดังนั้นนักวิจัยจึงแนะนำให้ใช้จำนวนระดับได้ดังสมการ (2.6) และสามารถคำนวณ k ได้ดังสมการ (2.7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$E_i = np_i \geq 5 \text{ หรือ } \frac{n}{k} \geq 5 \tag{2.6}$$

$$k \leq \frac{n}{5} \tag{2.7}$$

4.2) การทดสอบโคลโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ (Kolmogorov-Smirnov test) ใช้กับข้อมูลที่มีมาตรวัดอย่างน้อยแบบเรียงลำดับ (Ordinal Scale) และจะใช้เมื่อตัวแปรที่สนใจมีการแจกแจงแบบต่อเนื่อง Bank et al. [15] สรุปไว้ว่าการทดสอบโคลโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟมีประสิทธิภาพในการทดสอบมากกว่า การทดสอบแบบไคสแควร์ เนื่องจากสามารถประยุกต์ใช้งานได้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเล็ก ในขณะที่การทดสอบไคสแควร์เหมาะสำหรับกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่หรือมากกว่า 50 ตัวอย่างขึ้นไป

ตัวสถิติทดสอบ คือ $$D = Max\left\{D^+, D^-\right\} \tag{2.8}$$

เมื่อ $$D^+ = Max_{1\leq i\leq n}\left\{\frac{1}{n} - F(\hat{x}_i)\right\} \tag{2.9}$$

และ $$D^- = Max_{1\leq i\leq n}\left\{F(\hat{x}_i) - \left(\frac{i-1}{n}\right)\right\} \tag{2.10}$$

โดยที่ $F(\hat{x}_i)$ เป็นฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นสะสม

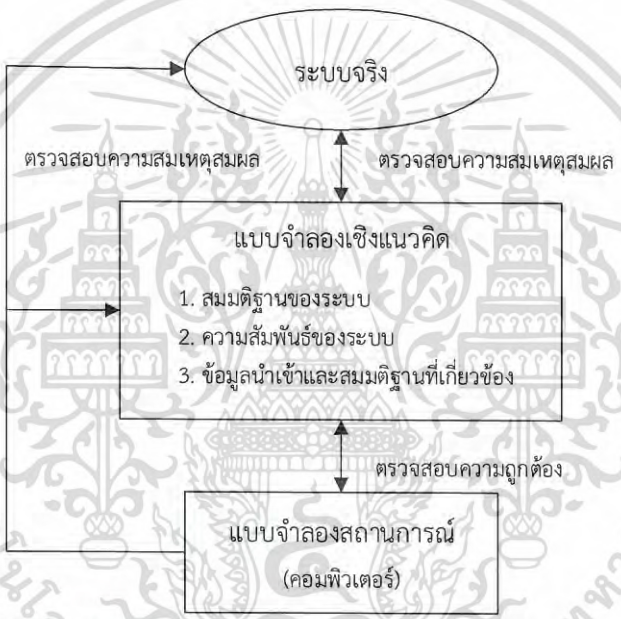
x_i เป็นข้อมูลลำดับที่ i เมื่อเรียงลำดับข้อมูลจากน้อยไปมาก Law [21] ได้ให้ตารางค่าวิกฤตตัวสถิติโคลโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ ที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ ไว้ในภาคผนวก ข

การทดสอบทั้ง 2 วิธีสามารถทำได้ในโปรแกรมจำลองที่มีเครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูล จึงทำให้สะดวกและไม่ต้องคำนวณมือ โดยโปรแกรมจะรายงานผลการทดสอบโดยพิจารณาจากค่า P-value อย่างไรก็ตามการแจกแจงที่มีค่า P-value มากที่สุดอาจไม่ใช่การแจกแจงที่เหมาะสมที่สุดเสมอไป ในการวิเคราะห์ควรคำนึงด้วยว่าโปรแกรมไม่ทราบลักษณะทางกายภาพของข้อมูลที่เก็บได้ และข้อมูลในแต่ละประเภทมีความเหมาะสมกับการแจกแจงความน่าจะเป็นที่แตกต่างกัน เพราะค่า P-value เป็นเพียงตัวเลขค่าสรุปทางสถิติ แต่ไม่ได้บอกว่าส่วนไหนของการแจกแจงที่แตกต่างจากข้อมูลจริง ซึ่งอาจเกิดขึ้นที่ส่วนหางทางซ้ายหรือทางขวา ดังนั้นในบางครั้งจำเป็นต้องใช้กราฟต่างๆ เช่น กราฟ Q-Q กราฟ P-P เพื่อระบุการแจกแจงที่เหมาะสมควบคู่ไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 การตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง

ข้อผิดพลาดที่พบบ่อยในการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองสถานการณ์คือผู้วิเคราะห์มักสนใจในเครื่องมือที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์มากกว่าปัญหาของระบบที่ต้องการศึกษา ทำให้ละเลยวัตถุประสงค์ที่แท้จริงคือการใช้แบบจำลองสถานการณ์ในการเลียนแบบพฤติกรรมของระบบจริง ดังนั้นสิ่งที่สำคัญในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์คือการตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง ซึ่งเป็นหน้าที่ของนักวิเคราะห์ที่จะพิสูจน์ให้ได้ว่าแบบจำลองเป็นที่ยอมรับ แม้ว่าการตรวจสอบความถูกต้องและการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองอาจดูเหมือนว่ามีความหมายเหมือนกัน แต่สำหรับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ สองสิ่งนี้ค่อนข้างจะมีความแตกต่างกันเป็นอย่างมาก ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 2.4 [16] [22] โดยวิธีการตรวจสอบสามารถแบ่งได้ดังนี้



รูปที่ 2.4 การตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง [22]

1) การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Verification)

เป็นการตรวจสอบว่าแบบจำลองสถานการณ์ในคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation model) นั้นตรงกับแบบจำลองในกรอบความคิด (Conceptual Model) หรือไม่ โดยเทคนิคการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองนั้นมีมากมาย ซึ่งสามารถสรุปเทคนิคต่างๆ ของ Law [23] Banks et al. [15] และ Altiok [24] ได้ดังนี้

- อธิบายแบบจำลองให้ผู้ใช้งานฟังอย่างละเอียดทีละโมดูลและให้ผู้ใช้งานช่วยตรวจสอบแบบจำลอง
- สร้างแผนผังการไหล (flow diagram) ซึ่งประกอบด้วยตรรกะและกิจกรรมทั้งหมดของระบบก่อนสร้างแบบจำลอง เพื่อใช้สำหรับการตรวจสอบการทำงานของแบบจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

- ควรสร้างแบบจำลองโดยใช้กลยุทธ์การแบ่งส่วน (Divide and Conquer Approach) โดยแบ่งแบบจำลองออกเป็นแบบย่อย (Submodel) แล้วทำการตรวจสอบความถูกต้องของการทำงานในแต่ละแบบย่อย

- หากใช้ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปที่มีภาพเคลื่อนไหว (Animation) ให้สร้างภาพเคลื่อนไหวเพื่อติดตามการไหลของเอนทิตีในระบบว่าถูกต้องตามตรรกะของระบบที่คาดการณ์ไว้หรือไม่ และใช้สังเกตแต่ละสถานะของทรัพยากร เช่น เมื่อเครื่องจักรว่างงาน เมื่อเครื่องจักรทำงาน เป็นต้น

- ตรวจสอบจำนวนเอนทิตี (Entity) ในระบบว่าสอดคล้องกับค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชันแจกแจงที่ระบุไว้หรือไม่

- ให้เอนทิตีไหลเข้า 1 ครั้งแล้วติดตามเอนทิตีไปตลอดทางในระบบ เช่น สังเกตว่าใช้ทรัพยากรในระบบถูกหรือไม่ เวลาที่ใช้ในแต่ละสถานีเป็นอย่างไร มีเส้นทางการเดินถูกหรือไม่

- ตรวจสอบว่าผลลัพธ์สอดคล้องกับข้อมูลนำเข้าหรือไม่ โดยใช้ข้อมูลนำเข้าหลายชุดเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

- ให้แบบจำลองแสดงข้อมูลนำเข้าที่ใช้ทั้งหมดในโปรแกรม เพื่อตรวจสอบว่าใส่ข้อมูลพารามิเตอร์ของฟังก์ชันการแจกแจงถูกต้องตามรายงานที่บันทึกไว้หรือไม่

- บันทึกรายงานการสร้างแบบจำลองในทุกด้าน เช่น คำจำกัดความของตัวแปร ความหมายของตัวแบบย่อย และขั้นตอนต่างๆ เพื่อให้ง่ายต่อการตรวจสอบ

- ทดลองประมวลผลแบบจำลองภายใต้สถานการณ์สุดโต่ง เช่น ให้เวลาในการผลิตทุกสถานีเป็นค่าคงที่ ค่าน้อยที่สุด หรือค่ามากที่สุด แล้วสังเกตว่าผลลัพธ์ที่ได้เป็นไปตามตรรกะของระบบที่คาดการณ์ไว้หรือไม่

- ใช้อุปกรณ์ช่วยแก้ไขข้อบกพร่อง (Interactive run controller หรือ Debugger) ในการตรวจสอบการทำงานของแบบจำลอง โดยสามารถตรวจสอบขณะที่แบบจำลองกำลังรันอยู่ได้ สามารถกำหนดค่าใหม่ให้กับตัวแปรเมื่อโปรแกรมหยุดทำงาน และตรวจสอบกับค่าตัวแปรและค่าสถิติที่สนใจ

2) การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง (Model Validation)

เป็นการทดสอบความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมของแบบจำลองกับระบบงานจริง เพื่อให้มั่นใจว่าแบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนของระบบที่ศึกษาในระดับความละเอียดที่เหมาะสมต่อการตัดสินใจ ดังนั้นควรพัฒนาแบบจำลองและตรวจสอบความสมเหตุสมผลก็ต่อเมื่อนิยามคำถามที่ต้องการตอบอย่างชัดเจน ขั้นตอนทั่วไปประกอบด้วยการเก็บข้อมูล เช่น ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลนำเข้า ตัววัดประสิทธิภาพต่างๆ และเปรียบเทียบค่าดังกล่าวกับผลที่ได้จากแบบจำลอง

Naylor [25] ได้เสนอขั้นตอนการตรวจสอบความสมเหตุสมผลทั้งหมด 5 ขั้นตอนที่ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางดังนี้

- สร้างแบบจำลองที่มีความสมเหตุสมผลในมุมมองผู้ใช้งานสูง
- ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของสมมติฐาน
- เปรียบเทียบตัวแปรนำเข้ากับผลลัพธ์ที่ได้ของแบบจำลองกับระบบจริง

โดยขั้นตอนการตรวจสอบความสมเหตุสมผลมีรายละเอียดดังนี้ [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
148649

2.1) ความสมเหตุสมผลในมุมมองของผู้ใช้งาน (Face Validity) คือการสร้างแบบจำลองที่ผู้ใช้งานและผู้เชี่ยวชาญระบบเห็นพ้องต้องกันว่ามีความสมเหตุสมผล โดยทุกคนต้องมีส่วนร่วมในการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ ตั้งแต่การสร้างแบบจำลองทางความคิด ทำให้ขั้นตอนในการตรวจสอบความสมเหตุสมผลรวดเร็วขึ้น เพราะผู้ใช้งานมีส่วนเกี่ยวข้องตั้งแต่เริ่มต้น

2.2) ความสมเหตุสมผลของสมมติฐาน (Validation of Model Assumption) โดยสมมติฐานแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ สมมติฐานด้านโครงสร้าง เป็นสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบจริง โดยสมมติฐานนี้ควรมีการตรวจสอบจากการสังเกตการทำงานของระบบในช่วงเวลาที่สนใจ และสัมภาษณ์ผู้ให้บริการหรือผู้ดูแลระบบเกี่ยวกับนโยบายเพื่อให้สามารถพัฒนาระบบให้เหมือนกับสถานการณ์จริงมากที่สุด สมมติฐานที่สองคือ สมมติฐานด้านข้อมูล เป็นสมมติฐานที่เกี่ยวกับข้อมูลที่เก็บได้และการวิเคราะห์ความถูกต้องทางสถิติของข้อมูล โดยสามารถใช้การทดสอบภาวะสารูปดีเพื่อทดสอบการแจกแจงของข้อมูลที่สนใจ

2.3) ความสมเหตุสมผลของการแปลงค่าตัวแปรนำเข้าและผลลัพธ์ (Validation Input-Output Transformation) ในขั้นตอนนี้แบบจำลองจะถูกมองว่าเป็นการแปลงข้อมูลนำเข้าและผลลัพธ์ นั่นคือแบบจำลองนำเข้าข้อมูลชุดหนึ่ง แล้วทำการประมวลผลออกมาเพื่อหาผลลัพธ์ที่ใช้ชี้วัดประสิทธิภาพของระบบ โดยอาจทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากแบบจำลองกับระบบจริงภายใต้ข้อมูลชุดเดียวกัน

2.4) ความสมเหตุสมผลของค่าตัวแปรนำเข้าและผลลัพธ์ด้วยข้อมูลในอดีต (Input-Output Validation: Using Historical Input Data) เป็นการใช้ข้อมูลในอดีตที่แท้จริงมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าเพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองและระบบจริง

2.5) ความสมเหตุสมผลของค่าตัวแปรนำเข้าและผลลัพธ์ด้วยการทดสอบแบบทัวริง (Input-Output Validation: Using a Touring Test) เมื่อการทดสอบทางสถิติไม่สามารถใช้งานได้จึงใช้ความรู้ของมนุษย์เกี่ยวกับพฤติกรรมของระบบในการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของแบบจำลองกับผลลัพธ์ของระบบ

2.1.4 การกำหนดจำนวนรอบของการจำลองสถานการณ์

การจำลองสถานการณ์นั้นจำเป็นต้องมีการกำหนดรอบของการจำลองซ้ำ หรือการประมวลผลให้เพียงพอเพื่อลดความแปรปรวนของผลลัพธ์ การหาจำนวนรอบในการการจำลองสถานการณ์ (Number of replications) สามารถทำได้โดยการกำหนดจำนวนรอบในการจำลองสถานการณ์เริ่มต้น แล้วทำการประมวลผลตามความยาวของการจำลองซ้ำ (Replication Length) ที่ต้องการ จากนั้นนำค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการประมวลผล มาคำนวณหาจำนวนรอบในการจำลองสถานการณ์ที่เหมาะสมได้จากสมการที่ (2.11) [26]

$$R \geq \left(\frac{t_{\alpha/2,R_0-1} S_0}{\varepsilon} \right)^2 \qquad (2.11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ R คือจำนวนรอบในการจำลองสถานการณ์

$t_{\alpha/2,R_0-1}$ คือค่าการแจกแจงแบบ t ที่ช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 1-α และองศาอิสระ R_0-1

S_0 คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการจำลองสถานการณ์เบื้องต้น

ε คือค่าความคาดเคลื่อนที่ยอมรับได้

นอกจากนี้ยังสามารถประมาณจำนวนรอบการจำลองสถานการณ์ด้วยขนาดการสุ่มของอัตราส่วนค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ (Half Width Ratio Sample Size) ดังสมการที่ (2.12)

$$R \cong R_0 \frac{h_0^2}{h^2} \tag{2.12}$$

โดยที่ h_0 คือค่าความผิดพลาดที่ได้จากการกำหนดรอบการจำลองสถานการณ์เบื้องต้น R_0

h คือค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ที่ช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 1-α

จากสมการข้างต้นจะเห็นได้ว่าหากไม่ต้องการให้มีค่าความคาดเคลื่อนเกิดขึ้นเลยต้องกำหนดรอบการจำลองสถานการณ์ที่อนันต์ (infinity) ซึ่งไม่สามารถทำได้ในทางปฏิบัติ ดังนั้นผู้ทดลองต้องกำหนดค่าความคาดเคลื่อนเฉลี่ยที่สามารถยอมรับได้เอง

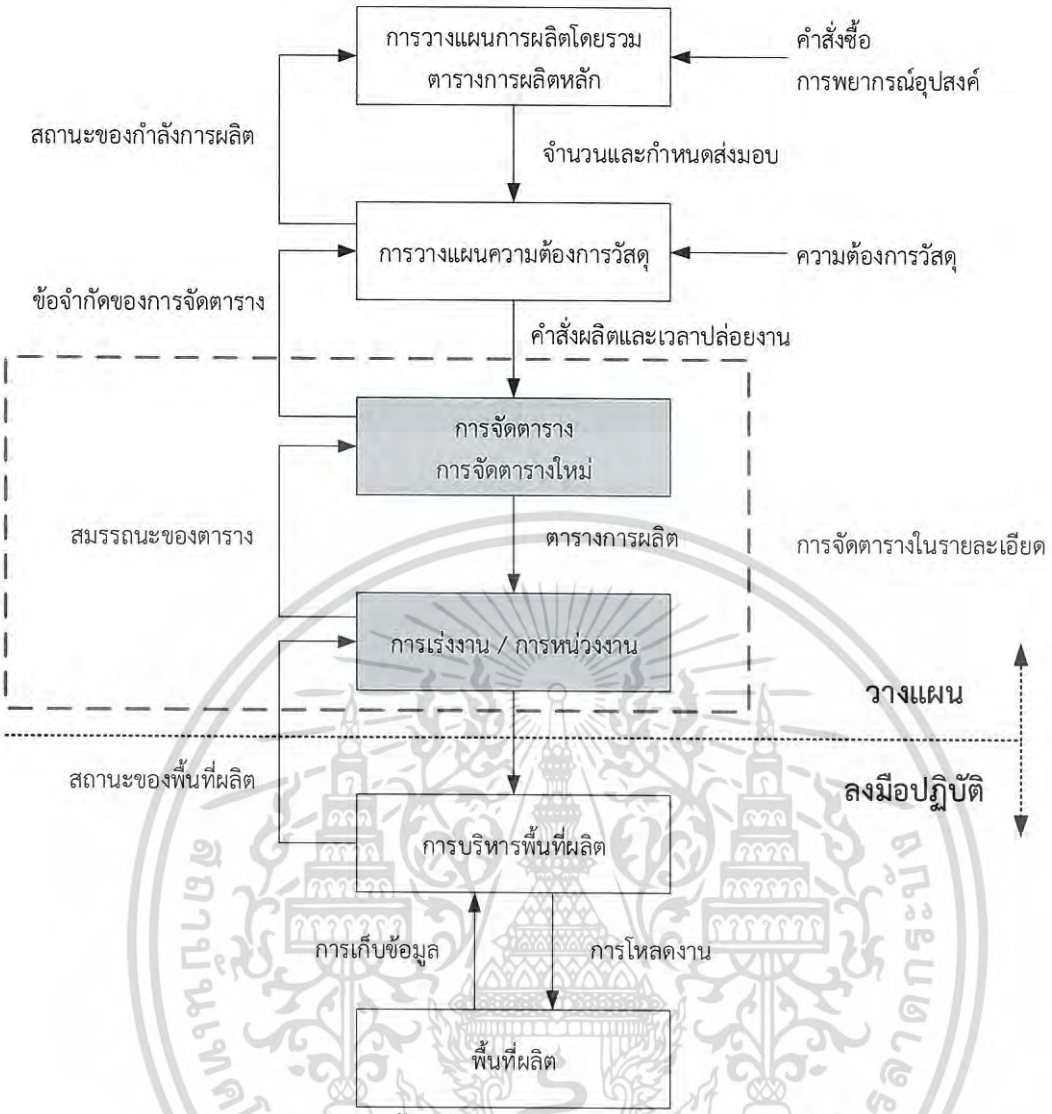
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การจัดตารางการผลิต (Scheduling)

การจัดตารางการผลิตเป็นส่วนหนึ่งของการวางแผนและควบคุมการผลิตในอุตสาหกรรม ซึ่งมีลำดับของการตัดสินใจที่จะส่งผลกระทบโดยตรงต่อการจัดตารางดังรูปที่ 2.5 ซึ่งขั้นตอนการทำงานเริ่มต้นจากการใช้คำสั่งซื้อของลูกค้าและแนวโน้มการตลาดสำหรับพยากรณ์อุปสงค์ของลูกค้าในรอบการผลิตถัดไป แล้วทำการวางแผนการผลิตโดยรวม (Aggregate Planning) ซึ่งเป็นตารางการดำเนินงานในภาพรวมแบบประมาณการเบื้องต้นขององค์กร ต่อมาแผนการผลิตนี้จะถูกแยกออกเป็นตารางการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด เรียกว่าตารางการผลิตหลัก (Master Production Plan) จากนั้นทำการวางแผนความต้องการวัสดุ (Material Requirement Planning: MRP) ซึ่งทำให้ทราบถึงชิ้นส่วนที่ต้องการ รวมถึงแผนการจัดซื้อหรือแผนการผลิตชิ้นส่วนดังกล่าวที่จะทำให้สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้ตามที่ตารางการผลิตหลักกำหนดไว้ เมื่อได้แผนการผลิตชิ้นส่วนที่ได้รับจาก MRP ทำการจัดตารางการผลิต (Scheduling) ซึ่งเป็นการจัดสรรแต่ละงานว่าให้ใครเป็นผู้ดำเนินการ โดยเครื่องจักรและอุปกรณ์ใด จัดลำดับงานบนแถวคอยหน้าเครื่องจักรอย่างไร และลงมือผลิตแต่ละงานเมื่อใด หลังจากนั้นทำการลงมือปฏิบัติตามตารางการผลิตเพื่อทำให้งานแล้วเสร็จตามที่กำหนดไว้ แต่ในทางปฏิบัติอาจเกิดเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดในพื้นที่ผลิต เช่น เครื่องจักรเสีย ขาดวัตถุดิบ หรือมีการแทรกงาน ทำให้งานไม่สามารถดำเนินการผลิตตามตารางได้ อาจต้องมีการเร่งงาน (Expediting) หรือหน่วงงาน (De-expediting) ซึ่งนำไปสู่การจัดตารางใหม่ [27] [28]

การจัดตารางการผลิตถือได้ว่าเป็นกิจกรรมหนึ่งที่มีความสำคัญต่อประสิทธิภาพการผลิต กล่าวคือ หากวิธีการจัดตารางการผลิตที่ใช้มีประสิทธิภาพต่ำก็จะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น และอาจนำมาซึ่งปัญหาทางด้านการผลิตมากมาย เช่น การส่งมอบงานล่าช้า การใช้งานเครื่องจักรได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ เป็นต้น [29] การจัดตารางการผลิตเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงนั้นไม่ใช่งานที่ทำได้โดยง่าย เนื่องจากมีความยุ่งยากซับซ้อนโดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริษัทกรณีศึกษาที่มีการผลิตแบบตามสั่ง (Make to Order) ทำให้ไม่สามารถพยากรณ์ความต้องการของลูกค้าได้ การผลิตสินค้าหลากหลายประเภทและมีขั้นตอนการผลิตมากกว่าหนึ่งขั้นตอน การจัดตารางการผลิตที่ให้คำตอบที่ดีที่สุดจะสามารถทำได้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แต่จากงานวิจัยของปิยะ [30] พบว่าเมื่อเป็นปัญหาขนาดใหญ่ที่มีตัวแปรและข้อจำกัดเป็นจำนวนมาก วิธีการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไม่สามารถหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดภายในเวลาที่เหมาะสม จึงแนะนำให้ใช้วิธีฮิวริสติกส์เนื่องจากใช้เวลาในการประมวลผลหาคำตอบน้อยกว่าและให้ค่าผลลัพธ์ที่ดี โดยเปอร์เซ็นต์ผลต่างของผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และวิธีการฮิวริสติกส์มีค่าไม่เกิน 10% ดังนั้นวิธีฮิวริสติกส์จึงเป็นวิธีที่เหมาะสำหรับการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนและมีขนาดใหญ่อย่างการจัดลำดับการผลิตแบบตามสั่ง โดยอาศัยการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่จำกัด ซึ่งสามารถใช้ในการหาคำตอบได้ค่อนข้างใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุด แต่ก็มีการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แล้วนำวิธีฮิวริสติกมาหาคำตอบ เพื่อลดเวลาปิดงานของระบบ (Makespan) เช่น งานวิจัยของกัญชลา [31] ได้จัดตารางการผลิตเครื่องจักรขนาน กรณีลำดับการผลิตมีผลต่อเวลาติดตั้งเครื่องจักรและมีข้อจำกัดของเครื่องจักรคือ งานบางงานไม่สามารถผลิตบนเครื่องจักรบางเครื่องได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการวางแผนและควบคุมการผลิต

การจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกส์มีหลายวิธี โดยวิธีที่นิยมใช้วิธีหนึ่งในปัจจุบันคือ วิธีจัดตารางการผลิตโดยอาศัยกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules) ซึ่งถูกนำมาใช้ในการตัดสินใจเพื่อเลือกงานที่จะทำในลำดับถัดไป เมื่อเครื่องจักรเริ่มเดินเปล่า และมีงานตั้งแต่ 2 งานขึ้นไปคอยรับการบริการอยู่หน้าเครื่องจักรเครื่องเดียวกัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้ตัววัดสมรรถนะของระบบมีค่าที่ดีที่สุดในระยะยาว หรืออย่างน้อยที่สุดเป็นที่ยอมรับได้ [32]

2.2.1 วิธีการจัดตารางการผลิตโดยอาศัยกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules)

ตัวอย่างวิธีการจัดตารางการผลิตโดยอาศัยกฎการจ่ายงานมีดังนี้

1) มาก่อนทำก่อน (First Come First Serve, FCFS) พิจารณาจากงานที่เข้ามายังหน่วยผลิตก่อนจะถูกเลือกก่อน เหมาะสมเป็นพิเศษสำหรับงานบริการ

2) มาหลังทำก่อน (Last Come First Serve, LCFS) พิจารณาจากงานที่เข้ามายังหน่วยผลิตทีหลังจะถูกเลือกก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) เวลากำหนดส่งงานเร็วสุด (Earliest Due Date, EDD) พิจารณาจากกำหนดส่งงานที่ถึงกำหนดก่อนจะถูกเลือกก่อน กฎดังกล่าวนี้จะใช้ได้ดีกรณีที่แต่ละงานมีเวลาผลิตโดยประมาณเท่าๆ กัน ในกรณีที่ทำการผลิตบนหน่วยผลิตหน่วยเดียวจะส่งผลให้ระดับบริการลูกค้าดีกว่า ช่วยลดเวลาสายของงานได้

4) เวลาการผลิตสั้นที่สุด (Shortest Processing Time, SPT) พิจารณาจากงานที่มีเวลาการผลิตสั้นที่สุดก่อน โดยปกติกฎดังกล่าวนี้จะส่งผลให้งานระหว่างผลิตน้อยที่สุด เวลาเฉลี่ยในการแล้วเสร็จของงานน้อยที่สุด และความล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยน้อยที่สุด หากว่ากฎดังกล่าวนี้ไม่ได้ถูกนำไปใช้ร่วมกับกฎเวลากำหนดส่งงานเร็วสุด งานที่มีเวลาผลิตยาวสามารถถูกจัดให้สายที่สุด

5) เวลาการผลิตยาวที่สุด (Longest Process Time, LPT) พิจารณาจากงานที่มีเวลาการผลิตยาวที่สุดก่อน ซึ่งตรงข้ามกับกฎเวลาผลิตสั้นที่สุด เหมาะสำหรับการลดการเปลี่ยนหรือติดตั้งเครื่องจักรใหม่

6) เวลาการผลิตเหลือน้อยที่สุด (Least Total Work Remaining, LTWR) พิจารณาจากงานที่มีเวลาการผลิตเหลือน้อยที่สุด จะสามารถทำให้บรรลุความสำเร็จตามวัตถุประสงค์คล้ายๆ กับกฎเวลาการผลิตสั้นที่สุด เมื่องานส่วนใหญ่มีกระบวนการที่เหมือนกัน

7) เวลาการผลิตเหลือมากที่สุด (Most Total Work Remaining, MTWR) พิจารณาจากงานที่มีเวลาการผลิตเหลือมากที่สุด ซึ่งตรงข้ามกับกฎเวลาการผลิตเหลือน้อยที่สุด เป็นเกณฑ์ที่มีวัตถุประสงค์ให้แต่ละงานเสร็จเร็วที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ หรือมีแนวโน้มจะทำให้ช่วงเวลาปิดงานของระบบมีค่าน้อยลง

8) ผลคูณของค่าเวลาการทำงานทั้งหมดน้อยที่สุด (Smallest Value Obtained by Multiplying Time with Total Processing, SMT) พิจารณาจากการทำงานที่มีผลคูณของค่าเวลาการทำงานของขั้นตอนการทำงานที่พิจารณากับค่าการทำงานทั้งหมดของงานที่น้อยสุดก่อน ตัวชี้วัดประสิทธิภาพที่เกี่ยวข้องคือเวลารวมของการผลิตที่ทำการผลิตทั้งหมดในระบบ

9) กฎฮิวริสติกส์แบบผสมผสาน (Hybrid Heuristics) เป็นการนำเอากฎการจ่ายงานที่ดีอันดับหนึ่งและอันดับที่สองมาจัดตารางการผลิตใหม่โดยให้คะแนนในสัดส่วนที่เหมาะสม

2.2.2 ตัวชี้วัดประสิทธิภาพในการจัดตารางการผลิต

เป้าหมายโดยทั่วไปสำหรับการจัดตารางการผลิต คือการจัดให้เวลาที่ใช้ในการผลิตเป็นไปตามความต้องการของตัวชี้วัดประสิทธิภาพ เพื่อให้ง่ายในการอธิบายให้เข้าใจถึงการคำนวณตัวชี้วัดประสิทธิภาพของการจัดตารางการผลิตที่กำหนดขึ้น โดยกำหนดตัวแปรต่างๆ สำหรับข้อมูลป้อนเข้าดังนี้ [33]

n แทน จำนวนงานที่ระบบทำการกำหนดตารางการผลิต

m แทน จำนวนหน่วยผลิต

P_{ik} แทน เวลาผลิตของงาน i บนหน่วยผลิต k

r_i แทน เวลาเริ่มดำเนินการของงาน i

d_i แทน วันกำหนดส่งของงาน i

w_i แทน น้ำหนักความสำคัญของงาน i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และสำหรับตารางการผลิตที่ได้กำหนดขึ้น โดยกำหนดตัวแปรเพื่อใช้วัดผลการกำหนดตารางการผลิต ดังนี้

C_i = เวลาแล้วเสร็จของงาน i

F_i = เวลางานในระบบของงานที่ i โดยที่ $F_i > 0$ และ $F_i = C_i - r_i$

L_i = เวลาของงานที่เสร็จก่อนหรือหลังเวลาที่กำหนดของงาน i โดยที่ $L_i = C_i - d_i$

ถ้า $L_i < 0$ หมายถึง เวลาเสร็จงานก่อนกำหนด (Earliness)

ถ้า $L_i > 0$ หมายถึง เวลาเสร็จงานหลังกำหนด (Lateness)

T_i = เวลาส่งไม่ทันกำหนดของงาน i โดยที่ $T_i = max\ (0,L_i)$

q_{ik} = เวลางาน i รอคอยเครื่องจักร k

$$\delta_i = \begin{cases} 1, & \text{ถ้างาน } i \text{ เป็นงานที่ส่งทันกำหนด} \\ 0, & \text{ถ้างาน } i \text{ เป็นงานที่ส่งไม่ทันกำหนด} \end{cases}$$

C_{max} = เวลาแล้วเสร็จสูงสุดจากทุกๆ งานหรือ เวลาปิดงานของระบบ

L_{max} = เวลาเบี่ยงเบนสูงสุดจากทุกๆ งาน

T_{max} = เวลาส่งไม่ทันกำหนดสูงสุดจากทุกๆ งาน

U = อัตราการใช้งานของทรัพยากร

สำหรับตัวชี้วัดประสิทธิภาพของการจัดตารางการผลิตสามารถจำแนกได้ดังต่อไปนี้

1) เวลาการไหลของงานในระบบเฉลี่ย (Mean Flow Time) วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตคือ การจัดลำดับการผลิตให้ได้เวลาการไหลของงานเฉลี่ยต่ำสุด คำนวณได้ดังสมการที่ (2.13)

$$\bar{F} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} F_i \tag{2.13}$$

2) เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) คือเวลาแล้วเสร็จของงานที่มีเวลาแล้วเสร็จช้าที่สุดในรอบการจัดตารางการผลิตแต่ละรอบ (Maximum Completion Time) วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตคือ การจัดตารางการผลิตให้ได้เวลาแล้วเสร็จช้าที่สุดในรอบการจัดตารางการผลิตแต่ละรอบต่ำสุด คำนวณได้ดังสมการที่ (2.14)

$$C_{\max} = \max_{i=1,\ldots,n}\{C_i\} \tag{2.14}$$

3) อัตราการใช้ประโยชน์ (Utilization) หมายถึง สัดส่วนระหว่างเวลาที่ทรัพยากรทำงานกับเวลามากที่สุดที่ทรัพยากรสามารถทำงานได้ วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตคือ การจัดตารางการผลิตให้ได้ค่าอัตราการใช้งานทรัพยากรสูงสุด คำนวณได้ดังสมการที่ (2.15)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{อัตราการใช้งานทรัพยากร} = \frac{\text{ผลรวมของเวลาที่ใช้ในการทำงานจริงบนทุกเครื่องจักร}}{\text{เวลาที่เครื่องจักรมีอยู่ในระบบทั้งหมด}}$$

$$U = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{m} p_{ik}}{C_{\max} \times m} \tag{2.15}$$

4) เวลาสายของงานเฉลี่ย (Mean Lateness) วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตคือ การจัดตารางการผลิตให้ได้เวลาเสร็จงานก่อนหรือหลังกำหนดส่งงานเฉลี่ยต่ำสุด คำนวณได้ดังสมการที่ (2.16)

$$\bar{L} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} L_i \tag{2.16}$$

5) เวลางานล่าช้าเฉลี่ย (Mean Tardiness) วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตคือ การจัดตารางการผลิตให้ได้เวลางานล่าช้าเฉลี่ยต่ำสุด คำนวณได้ดังสมการที่ (2.17)

$$\bar{T} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} T_i \tag{2.17}$$

6) จำนวนงานล่าช้า (Number of Tardy Job, NT) คือจำนวนงานที่ส่งมอบไม่ทันเวลากำหนดส่งมอบ วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตคือ การจัดตารางการผลิตให้ได้จำนวนงานล่าช้าน้อยที่สุด คำนวณได้ดังสมการที่ (2.18)

$$NT = \sum_{i=1}^{n} \delta_i \tag{2.18}$$

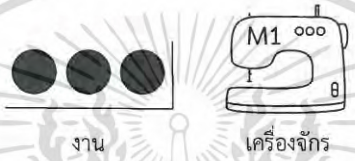
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 รูปแบบการจัดเรียงเครื่องจักร

รูปแบบการจัดเรียงเครื่องจักรมีอยู่หลายลักษณะ ขึ้นอยู่กับระบบการทำงานและสิ่งแวดล้อมต่างๆ ของโรงงาน โดยรูปแบบการจัดเรียงเครื่องจักรนี้จะส่งผลต่อแบบจำลองที่เหมาะสมที่นำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตด้วย ซึ่งสามารถแบ่งได้ดังต่อไปนี้ [34]

1) เครื่องจักรเดี่ยว (Single Machine)

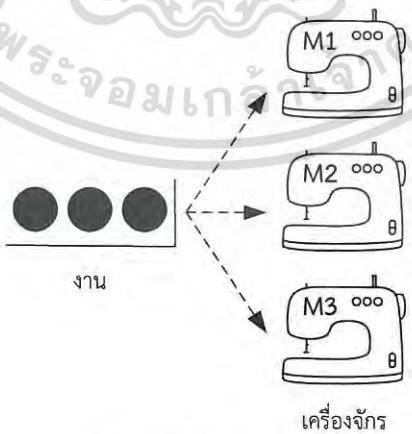
ระบบนี้ประกอบด้วยเครื่องจักรเพียงเครื่องเดียว และงานทั้งหมดที่เข้ามาสู่ระบบจะถูกดำเนินการด้วยเครื่องจักรนี้ (รูปที่ 2.6) จะมีงานเพียง 1 งานเท่านั้นที่อยู่บนเครื่องจักรนี้ได้ที่เวลาใดเวลาหนึ่ง แต่ละงานจะมีการระบุถึงเวลาดำเนินการและเวลาส่งมอบ มีการกำหนดค่าปรับถ้าไม่สามารถทำงานเสร็จได้ตามกำหนดส่งมอบ วัตถุประสงค์หลักของการจัดตารางในระบบนี้คือ การทำให้ค่าปรับที่เกิดจากงานส่งมอบล่าช้ามีค่าน้อยที่สุด



รูปที่ 2.6 เครื่องจักรเดี่ยว

2) เครื่องจักรขนานที่เหมือนกัน (Parallel Machine)

ระบบนี้ประกอบด้วยเครื่องจักร m เครื่องที่อาจจะเหมือนกันทุกประการ (Identical Machine) หรือคล้ายคลึงกัน (Similar Machine) มีการทำงานแบบขนานกัน จากตัวอย่างในรูปที่ 2.7 ระบบประกอบด้วยเครื่องจักรขนาน 3 เครื่องคือ M1, M2 และ M3 เมื่องานมาถึงยังแต่ละสถานีงานที่มีเครื่องจักรขนานกันอยู่นั้น สามารถที่จะเลือกทำได้บนเครื่องจักรเครื่องใดก็ได้ใน 3 เครื่องนี้ วัตถุประสงค์ของการจัดตารางในระบบนี้คือ การทำให้เวลาปิดงานของระบบมีค่าน้อยที่สุด

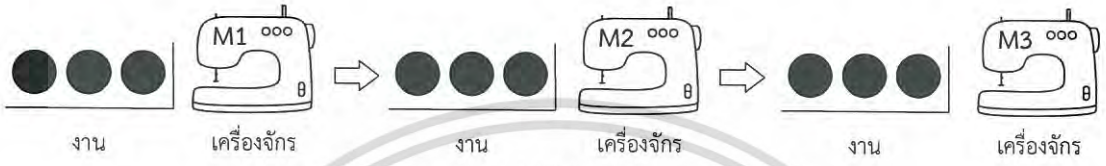


รูปที่ 2.7 เครื่องจักรขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ระบบผลิตแบบไหลเลื่อน (Flow Shop)

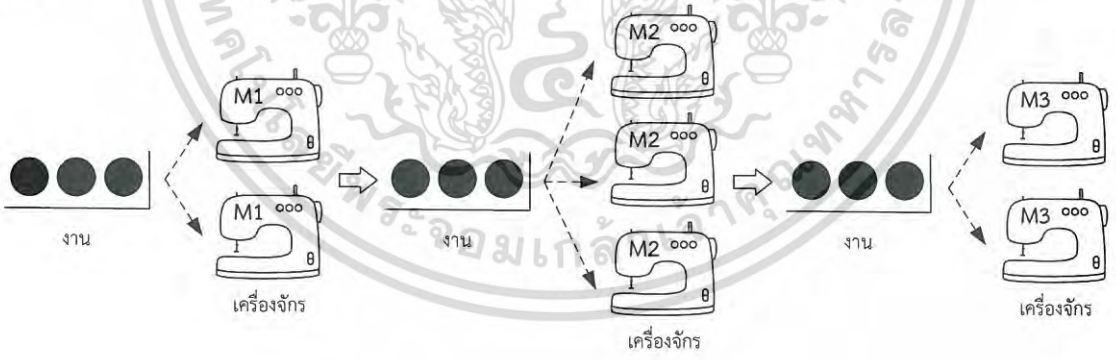
ระบบนี้ประกอบด้วยเครื่องจักร m เครื่อง งานทั้งหมดจะมีเส้นทางการไหลของงานทิศทางเดียว (Unidirectional Flow) และมีรูปแบบเดียวกัน (รูปที่ 2.8) การดำเนินงานทั้งหมดที่อยู่ในลำดับเดียวกันจะต้องถูกดำเนินการโดยเครื่องจักรเครื่องเดียวกัน นั่นคือในแต่ละงาน การดำเนินงานที่ 1 จะต้องทำบนเครื่องจักรเครื่องที่ 1 การดำเนินงานที่ 2 จะต้องทำบนเครื่องจักรเครื่องที่ 2 และเป็นเช่นนี้เรื่อยไปจนกระทั่งถึงเครื่องจักรเครื่องสุดท้าย วัตถุประสงค์ของการจัดตารางในระบบนี้คือ การทำให้เวลาปิดงานของระบบมีค่าน้อยที่สุด



รูปที่ 2.8 ระบบผลิตแบบไหลเลื่อน

4) ระบบผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่น (Flexible Flow Shop)

ระบบผลิตแบบนี้เป็นรูปแบบทั่วไปของระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนและระบบผลิตแบบเครื่องจักรขนาน ในระบบนี้ประกอบด้วย c ขั้นตอนการดำเนินงานที่เรียงลำดับกันอยู่ ในแต่ละขั้นตอนการดำเนินงานจะมีเครื่องจักรขนานที่เหมือนกันอยู่เป็นจำนวนหนึ่ง งานแต่ละงานจะต้องผ่านการดำเนินงานในขั้นที่ 1 ขั้นที่ 2 เรื่อยไปจนกระทั่งถึงขั้นสุดท้าย ในแต่ละขั้นของการดำเนินงานสามารถเลือกทำการดำเนินงานที่กำหนดไว้ด้วยเครื่องจักรใดเครื่องจักรหนึ่งที่ขนานกันอยู่ก็ได้ ดังรูปที่ 2.9

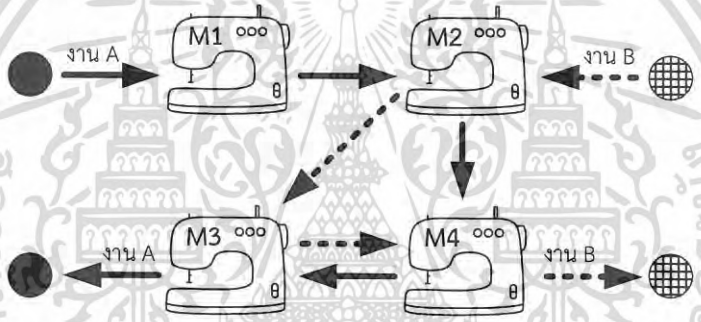


รูปที่ 2.9 ระบบผลิตแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) ระบบผลิตแบบตามงาน (Job Shop)

ระบบนี้ประกอบด้วย m เครื่องจักร แต่ละงานจะมีเส้นทางการไหลของงานเฉพาะของตนเองตามที่ผู้วางแผนกระบวนการกำหนดให้เท่านั้น โดยมากเส้นทางการไหลของงานจะไม่ซ้ำกัน และเครื่องจักรเริ่มต้นและเครื่องจักรสุดท้ายที่แต่ละงานต้องใช้ทำงานก็ไม่จำเป็นต้องเหมือนกัน แบบจำลองที่ง่ายที่สุดของระบบผลิตแบบตามงานคือ การที่แต่ละงานสามารถที่จะทำการดำเนินงานบนเครื่องจักรใดๆ ก็ตามที่อยู่บนเส้นทางงานของตนได้เพียงแค่หนึ่งครั้งเท่านั้น จากรูปที่ 2.10 จะเห็นว่างาน A มีเส้นทางการไหลของงานผ่านเครื่องจักร M1, M2, M4 และ M3 ตามลำดับ ในขณะที่งาน B มีเส้นทางการไหลของงานผ่านเครื่องจักร M2, M3 และ M4 ตามลำดับ พบว่าเส้นทางการไหลของงานทั้งสองนี้ไม่เหมือนกัน สำหรับแบบจำลองที่ซับซ้อนขึ้นก็อาจจะเพิ่มเงื่อนไขว่า งานสามารถที่จะกลับมาทำซ้ำที่เครื่องจักรเครื่องเดิมได้อีกหลายครั้งบนเส้นทางงานที่กำหนดให้ และเรียกการทำงานแบบนี้ว่า การเวียนซ้ำ (Recirculation) วัตถุประสงค์ของการจัดตารางในระบบนี้คือ การทำให้เวลาปิดงานของระบบหรือค่าปรับที่เกิดจากการส่งมอบงานล่าช้ามีค่าน้อยที่สุด

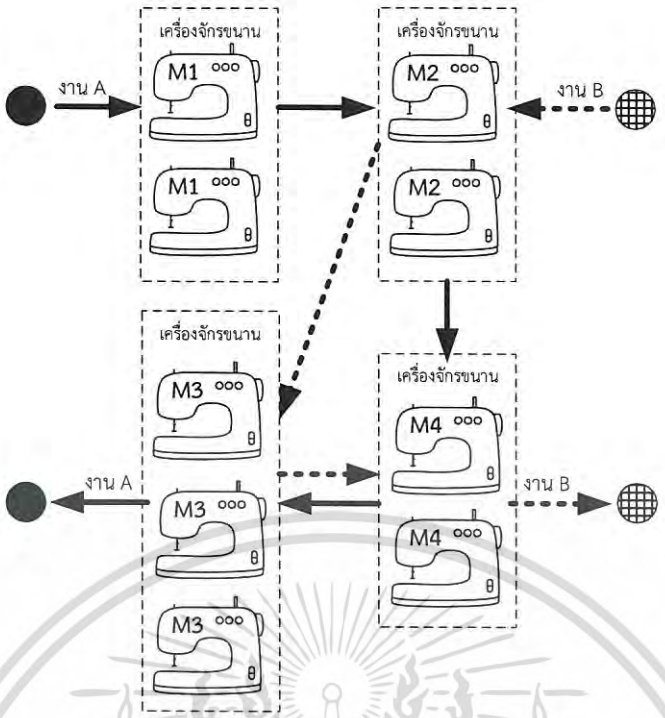


รูปที่ 2.10 ระบบผลิตแบบตามงาน

6) ระบบผลิตแบบตามงานยืดหยุ่น (Flexible Job Shop)

ระบบผลิตนี้เป็นรูปแบบทั่วไปของระบบผลิตแบบตามงานและระบบเครื่องจักรขนาน ระบบนี้ประกอบด้วย c สถานีงาน ในแต่ละสถานีงานจะมีเครื่องจักรขนานที่เหมือนกันอยู่จำนวนหนึ่งดังรูปที่ 2.11 แต่ละงานจะมีเส้นทางงานเฉพาะของตนเอง และสามารถเลือกทำการดำเนินงานที่กำหนดให้บนเครื่องจักรใดเครื่องจักรหนึ่งที่ขนานกันอยู่ และอยู่ในสถานีงานเดียวกันได้ ถ้าพิจารณาในด้านของความซับซ้อนของแบบจำลองแล้ว พบว่าแบบจำลองของระบบผลิตแบบตามงานซึ่งยอมให้มีการทำงานแบบเวียนซ้ำจะเป็นแบบจำลองที่มีความซับซ้อนมากที่สุด

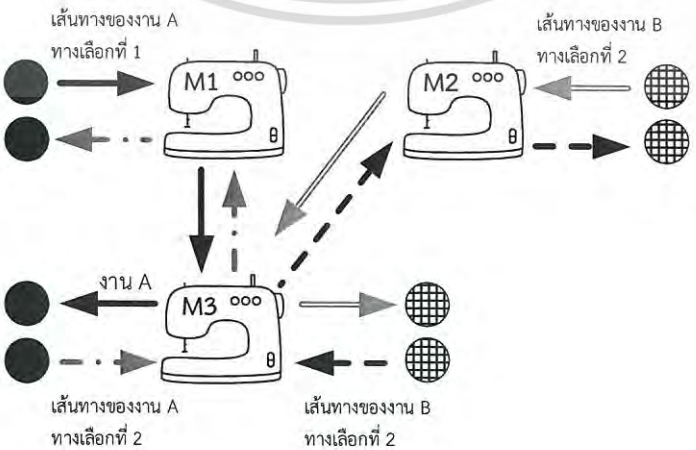
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 ระบบผลิตแบบตามงานยืดหยุ่น

7) ระบบผลิตแบบเปิด (Open Shop)

ระบบนี้ประกอบด้วย m เครื่องจักร และมีการทำงานคล้ายกับระบบผลิตแบบตามงาน แต่ไม่มีข้อจำกัดในด้านลำดับก่อนหลังของการดำเนินงานในเส้นทางงานของแต่ละงาน หมายความว่างานมีความยืดหยุ่นในด้านลำดับก่อนหลังของการดำเนินงานที่ต้องทำตาม (Flexible Operation Sequence) ถึงแม้ว่าผู้วางแผนกระบวนการจะกำหนดเส้นทางการไหลของงานมาให้ก็ตาม ผู้จัดตารางก็สามารถสลับลำดับของการดำเนินงานให้กับแต่ละงานได้ และโดยมีงานที่ต่างกันจะมีเส้นทางงานที่ต่างกันได้ จากรูปที่ 2.12 งาน A มี 2 เส้นทางงานที่สามารถเลือกได้ คือทำบนเครื่องจักร M1 ก่อนแล้วค่อยทำบนเครื่องจักร M3 หรือทำบนเครื่องจักร M3 ก่อนแล้วค่อยทำบนเครื่องจักร M1 วัตถุประสงค์ของการจัดตารางในระบบนี้คือ การทำให้เวลาปิดงานของระบบมีค่าน้อยที่สุด



รูปที่ 2.12 ระบบผลิตแบบเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ข้อจำกัดในการจัดตารางการผลิต (Constrain)

ข้อจำกัดในการจัดตารางการผลิต คือเงื่อนไขที่ต้องพิจารณาในการจัดตารางการผลิต [32] ได้แก่

1) ลำดับการดำเนินการ (Precedence) ในงานแต่ละงานนั้นมีลำดับของขั้นตอนการทำงานอยู่ ดังนั้นการจัดตารางการผลิต การทำงานขั้นตอนแรกต้องถูกกระทำก่อนการทำงานขั้นตอนถัดไป โดยไม่สามารถจัดข้ามขั้นตอนได้

2) การทดแทนกันได้ของทรัพยากร (Resource Replacement) โดยทั่วไปในการผลิตจะมีทรัพยากรบางอย่างที่สามารถทดแทนกันได้ เช่น พนักงาน เครื่องจักร ดังนั้นการจัดลำดับการผลิต ถ้าหากมีทรัพยากรบางตัวไม่ว่างก็สามารถนำทรัพยากรตัวอื่นๆ ที่สามารถทดแทนได้และว่างอยู่มาทำงานแทน ทำให้ได้ลำดับการผลิตที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

3) เงื่อนไขการแก้ปัญหาเมื่อเกิดการหยุดของการทำงานของทรัพยากร เมื่อทรัพยากรเกิดการหยุดขึ้นมางานที่ทรัพยากรนั้นทำอยู่ต้องเริ่มต้นทำใหม่ (Repeat) หรือว่าสามารถทำต่อได้เลย (Resume)

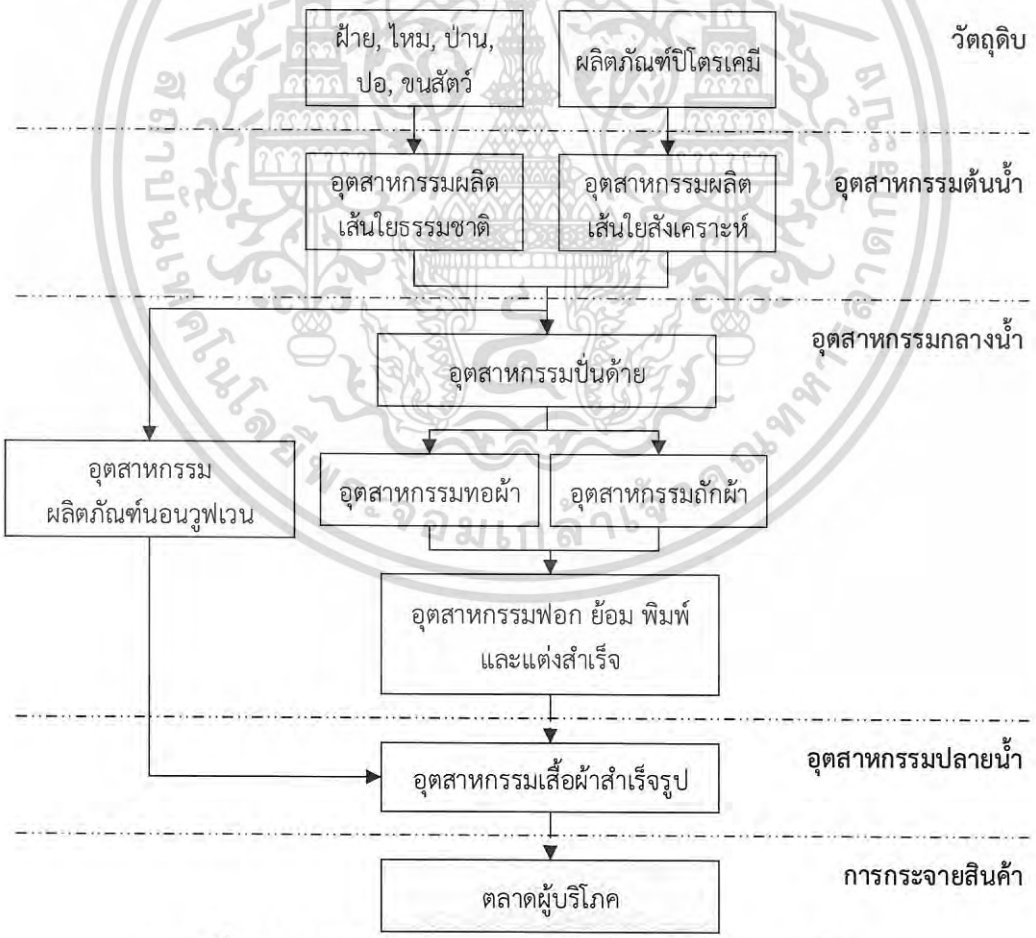
4) ข้อจำกัดอื่นๆ เช่น การอนุญาตให้สามารถขัดจังหวะการทำงานของกระบวนการได้หรือไม่ (Preemption) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ลักษณะของอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม

2.3.1 โครงสร้างของอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม

อุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มของประเทศไทย จัดได้ว่าเป็นอุตสาหกรรมที่มีขนาดใหญ่และครอบคลุมอุตสาหกรรมย่อยหลายอุตสาหกรรมซึ่งมีความเกี่ยวเนื่องสัมพันธ์กันเป็นวงจรการผลิต โดยอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มประกอบด้วย 5 อุตสาหกรรมหลักได้แก่ อุตสาหกรรมผลิตเส้นใย อุตสาหกรรมปั่นด้าย อุตสาหกรรมทอและถักผ้า อุตสาหกรรมฟอก ย้อม และแต่งสำเร็จ และอุตสาหกรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูป ดังแสดงในรูปที่ 2.13 โดยที่อุตสาหกรรมผลิตเส้นใยซึ่งเป็นอุตสาหกรรมต้นน้ำเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้ต้นทุนและเทคโนโลยีเป็นหลัก (Capital Intensive) ส่วนอุตสาหกรรมปั่นด้าย ทอผ้า ฟอก ย้อมและแต่งพิมพ์สำเร็จเป็นอุตสาหกรรมที่สามารถเลือกใช้ต้นทุนและเทคโนโลยีระดับสูง หรือเลือกใช้แรงงานก็ได้ (Capital or Labor Intensive) อุตสาหกรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูปเป็นอุตสาหกรรมที่เน้นการใช้แรงงาน (Labor Intensive) ใช้เงินลงทุนน้อยและไม่ต้องอาศัยเทคโนโลยีระดับสูง แต่ต้องใช้แรงงานที่มีฝีมือและทักษะในการผลิตเครื่องนุ่งห่มที่มีความประณีต [35]



รูปที่ 2.13 โครงสร้างอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม [35]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาโครงสร้างอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มพบว่า ภายใต้โครงสร้างอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มนั้นควรมีความร่วมมือกันของอุตสาหกรรมต่างๆ ตั้งแต่อุตสาหกรรมต้นน้ำจนถึงอุตสาหกรรมปลายน้ำเพื่อทำให้กิจกรรมทางเศรษฐกิจดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูปซึ่งเป็นอุตสาหกรรมปลายน้ำของโครงสร้างอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม และมีความใกล้ชิดกับผู้บริโภคค่อนข้างสูง อีกทั้งอุตสาหกรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูปมีการใช้แรงงานมากเมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมประเภทอื่นๆ ทำให้มีปัจจัยความไม่แน่นอนเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกปรับปรุงอุตสาหกรรมประเภทนี้เพื่อให้สามารถดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความสามารถในการแข่งขัน และตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว

2.3.2 ขั้นตอนการผลิตของอุตสาหกรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูป

การผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปนั้นต้องมีการจัดแบ่งหน้าที่กันตามระบบขั้นตอนของอุตสาหกรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูป โดยมีขั้นตอนการผลิตที่สำคัญ 3 ขั้นตอนแสดงดังรูปที่ 2.14 ได้แก่ [36] [37] [38]

1) การเตรียมการก่อนเย็บ

ขั้นตอนนี้ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย 3 ขั้นตอน ได้แก่ การออกแบบ (Design) การทำแบบตัด (Pattern) และการตัด (Cutting) โดยที่การผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปจะเริ่มจากการออกแบบซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการจูงใจให้ลูกค้าเลือกซื้อ ผู้ผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปส่วนใหญ่จะกำหนดแบบเสื้อผ้าเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้ากลุ่มเป้าหมาย บางโรงงานมีการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปตามแบบที่ผู้ว่าจ้างหรือลูกค้ากำหนด จากนั้นทำแบบตัดซึ่งต้องมีการเย็บเสื้อตัวอย่างไปพร้อมกัน เพื่อทำการปรับแบบตัดให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิตและเครื่องจักรที่โรงงานมีอยู่ และต้องทำแบบตัดทุกครั้งที่มีการสั่งซื้อเนื่องจากผ้าแต่ละชนิดมีความยืดตัวหรือหดตัวที่ต่างกัน นอกจากคำสั่งซื้อนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงชนิดผ้าจึงสามารถใช้แบบตัดเดิมได้ โดยแบบตัดเบื้องต้นส่วนใหญ่ประกอบด้วย ส่วนตัวเสื้อด้านหน้า ส่วนตัวเสื้อด้านหลัง และส่วนแขน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการสั่งผลิต [39] ก่อนการตัดผ้าต้องทำการวางแบบตัดและปูผ้าก่อน โดยต้องวางแบบตัดให้ถูกต้องตามเกณฑ์ผ้าและประหยัดผ้าได้มากที่สุด รวมถึงการปูผ้าต้องปูให้เรียบเสมอกัน และตรวจสอบความถูกต้องของผ้าและคุณภาพของผ้า รวมถึงจำนวนชั้นของการปูผ้า เพราะการตัดผ้าทางอุตสาหกรรมจะตัดครั้งละหลายร้อยตัว หากเกิดความผิดพลาดในการตัดจะทำให้เกิดความเสียหายแก่ผู้ผลิตได้ ในโรงงานขนาดใหญ่บางแห่งได้มีการนำระบบคอมพิวเตอร์มาช่วยเช่น คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (Computer Aided Design: CAD) คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต (Computer Aided Manufacturing: CAM) เพื่อประหยัดค่าแรงงานและลดความสูญเสียจากการทำแบบและการตัด ในขณะที่โรงงานขนาดเล็กและขนาดกลางยังคงใช้แรงงานคนทำเนื่องจากคอมพิวเตอร์และเครื่องจักรมีราคาแพง

2) การเย็บประกอบชิ้นส่วน

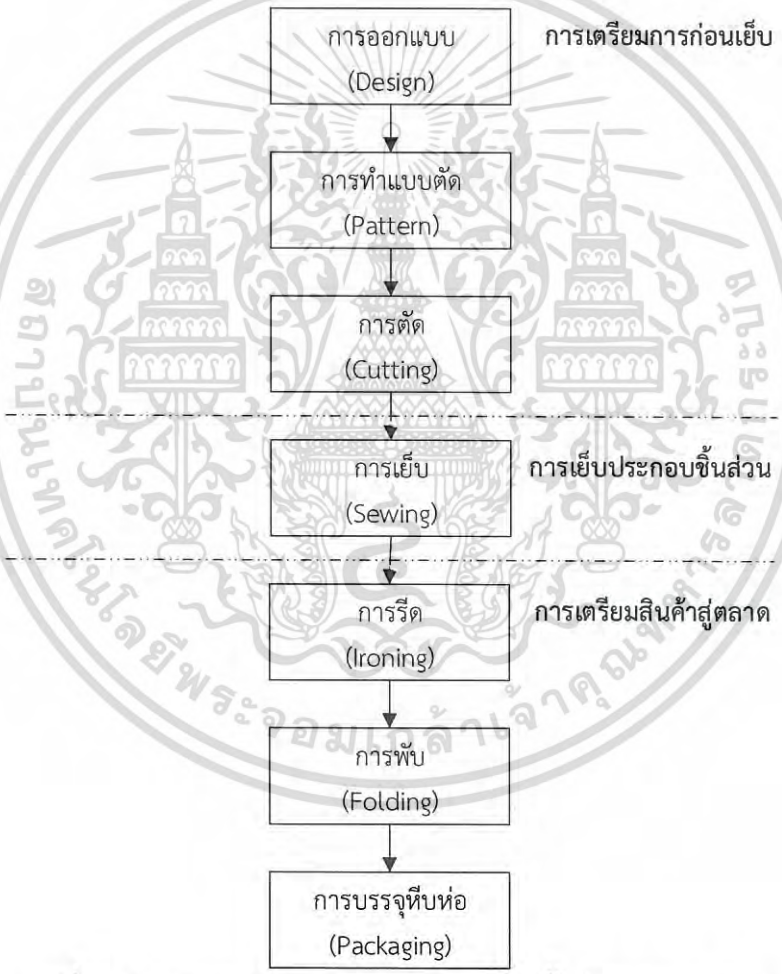
เมื่อผ้าผืนผ่านการตัดเรียบร้อยแล้วจะถูกมัดแยกชิ้นส่วนที่จะนำมาเย็บประกอบ รวมทั้งติดป้ายระบุจำนวนชิ้น ขนาด และรูปแบบของสินค้าที่จะทำการผลิตเพื่อจัดส่งให้แผนกเย็บ การเย็บ (Sewing) ต้องเย็บชิ้นส่วนที่ตัดแล้วเข้าด้วยกันทีละชิ้นจนกว่าจะสำเร็จเป็นเสื้อผ้า โดยจะจัดแบ่งผ้าออกเป็นส่วนๆ ให้พนักงานแต่ละคนเย็บตามทักษะฝีมือและความชำนาญ และเครื่องมือหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องจักรที่สำคัญในการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปได้แก่ จักรเย็บผ้า ซึ่งมีทั้งเครื่องจักรเย็บผ้าธรรมดาที่ใช้ในโรงงานขนาดเล็กทั่วไป และเครื่องจักรระบบอัตโนมัติที่มีประสิทธิภาพการผลิตสูงกว่าสำหรับการผลิตในปริมาณมาก ถึงแม้ว่าจะสามารถใช้เครื่องจักรอัตโนมัติ หรือจักรเย็บผ้าคอมพิวเตอร์ช่วยให้การประกอบชิ้นส่วนเป็นเสื้อผ้าได้เร็วขึ้น แต่การลงทุนใช้เทคโนโลยีในการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปยังมีข้อจำกัดจากการเปลี่ยนแปลงของสมัยนิยมและความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ และเครื่องจักรเหล่านี้ก็ช่วยประหยัดค่าแรงได้ไม่มากนักเมื่อเทียบกับเงินลงทุนที่สูงขึ้นซึ่งอาจไม่คุ้มต่อการผลิต

3) การเตรียมสินค้าสู่ตลาด

เมื่อผ่านการตัดเย็บเป็นเสื้อผ้าสำเร็จรูปแล้วก็เข้าสู่ขั้นตอนการเตรียมออกสู่ตลาดต่อไป โดยในขั้นตอนนี้ประกอบด้วย การรีด (Ironing) การพับ (Folding) และการบรรจุหีบห่อ (Packaging) โดยที่การบรรจุหีบห่อสามารถระบุถึงตัวผลิตภัณฑ์ดังกล่าวไปสู่ผู้บริโภค



รูปที่ 2.14 กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูป [40]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจำลองสถานการณ์

การจำลองสถานการณ์สามารถนำมาวิเคราะห์ปัญหา และช่วยหาแนวทางหรือทางเลือกที่เหมาะสมก่อนนำไปใช้กับสถานการณ์หรือการปฏิบัติงานจริง โดยไม่กระทบกับสภาพปัจจุบันของระบบ จึงทำให้มีนักวิจัยหลายท่านได้นำการจำลองสถานการณ์มาประยุกต์ใช้กับการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของกระบวนการผลิตนั้นๆ ตัวอย่างเช่น

Permsiriphan [41] ได้ศึกษาถึงแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพของโรงงานผลิตฮาร์ดดิสก์โดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ให้สอดคล้องกับกระบวนการผลิตปัจจุบันของการประกอบอุปกรณ์ขับเคลื่อนหัวอ่านของหน่วยเก็บความจำแบบถาวร และมีการนำแบบจำลองมาดัดแปลงในหลายทางเลือกเพื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของเวลามาตรฐานในการผลิต โดยแบ่งแนวทางการปรับปรุงออกเป็น 4 แนวทางได้แก่ 1) ย้ายตำแหน่งของระบบทำความสะอาด และปรับเปลี่ยนตะกร้าที่ใช้ทำความสะอาด 2) ลดสถานีงานติดตั้งสกรูจาก 4 สถานี เหลือ 2 สถานี 3) รวมขั้นตอนการสวมอัดท่อ และขั้นตอนการเตรียมสายไฟให้เป็นขั้นตอนเดียวกัน และ 4) รวมแนวทางการปรับปรุงทั้งหมดเข้าด้วยกัน ซึ่งจากการศึกษาการจำลองสถานการณ์ พบว่าทางเลือกที่ดีที่สุดคือแนวทางที่ 4 สามารถลดเวลามาตรฐานการผลิตได้จาก 53.8 นาที เหลือ 41.7 นาที หรือคิดเป็น 22% ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และยังสามารถลดความแปรปรวนของระบบลงจาก 0.008 เหลือ 0.002

Eneyo & Pannirselvam [42] ได้ศึกษาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมในกระบวนการผลิตของบริษัท XYZ ซึ่งเป็นบริษัทขนาดกลางแห่งหนึ่งตั้งอยู่ในเขตตะวันตกตอนกลางของประเทศสหรัฐอเมริการับผลิตและจำหน่ายเบาะที่นั่งของเก้าอี้รถเข็นสำหรับผู้ป่วยหรือคนพิการและฟูกสำหรับเตียงนอนในโรงพยาบาล โดยบริษัท XYZ มี 2 โรงงานคือ โรงงานผลิต และโรงงานประกอบ ซึ่งทั้ง 2 โรงงานอยู่ห่างกันประมาณ 30 ไมล์ และโรงงานผลิตต้องส่งชิ้นส่วนให้กับโรงงานประกอบเป็นเวลา 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ทางบริษัท XYZ ต้องการย้ายโรงงานผลิตให้มาอยู่รวมกับโรงงานประกอบเพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการที่เพิ่มขึ้นได้ โดย Eneyo & Pannirselvam ได้ทำการวิเคราะห์การไหลของการผลิต กระบวนการปฏิบัติงาน เวลาที่ใช้ในการผลิต และผังโรงงาน เพื่อออกแบบแผนผังโรงงานใหม่ และใช้การจำลองสถานการณ์ในการประมวลผล ผลจากการจำลองสถานการณ์พบว่าการรวมโรงงานสามารถลดเวลาเฉลี่ยในระบบการผลิตจาก 195 นาที เป็น 170 นาที หรือคิดเป็น 13% ของระบบปัจจุบัน

เบ็ญจพร [43] ได้นำเทคนิคการจำลองสถานการณ์มาสร้างระบบปัจจุบันและวิเคราะห์พฤติกรรมการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงระบบปัจจุบัน ซึ่งพบว่ากระบวนการผลิตระบบปัจจุบันมีการทำงานแบบผลักไปข้างหน้าโดยไม่ได้คำนึงว่ากระบวนการถัดไปมีความต้องการผลิตเท่าใด การปรับปรุงกระบวนการผลิตจึงทำโดยทดลองปรับเปลี่ยนเงื่อนไขการทำงานในแบบจำลองสถานการณ์ โดยแบ่งแนวทางการปรับปรุงออกเป็น 3 แนวทางได้แก่ 1) นำระบบดึงและระบบคัมบังมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตโดยกำหนดปริมาณงานสำรอง (Buffer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Size) ให้มีขนาดที่เหมาะสม 2) เปลี่ยนเวลาการทำงานของแผนกปักจาก 2 กะเหลือ 1 กะ และ 3) จัดผังโรงงานการผลิตใหม่โดยจัดวางเครื่องจักรตามประเภทของชิ้นงานพร้อมใช้ระบบดึงและระบบคัมบัง

สมภัสสร [44] ได้ทำการจำลองสถานการณ์โดยการจัดผังโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปทั้งหมด 4 แบบ ได้แก่ ผังโรงงานปัจจุบัน ผังโรงงานตามชนิดเครื่องจักร ผังโรงงานตามชนิดสินค้าซึ่งใช้จำนวนเครื่องจักรเท่ากับจำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของผังโรงงานปัจจุบัน และผังโรงงานตามชนิดสินค้าที่จัดสมดุลการผลิตแล้ว จากนั้นนำผลการทดลองทั้ง 4 แบบมาเปรียบเทียบกัน โดยดัชนีชี้วัดที่นำมาใช้ในการพิจารณาได้แก่ จำนวนผลผลิตที่มากขึ้น เวลาในการเคลื่อนย้ายที่น้อยลง และเวลาที่ใช้ในการรอคอยระหว่างการผลิตที่น้อยลง ซึ่งผลทดลองปรากฏว่า ผังโรงงานตามชนิดเครื่องจักรมีความเหมาะสมในการนำมาปรับใช้มากกว่าผังโรงงานชนิดอื่น

2.4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิต

การจัดตารางการผลิตเป็นกิจกรรมหนึ่งที่มีความสำคัญต่อประสิทธิภาพการผลิต ถ้ามีการจัดตารางการผลิตที่ดีก็สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบการผลิตได้ สำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตให้กับ n งาน m เครื่องจักร จะมีคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดในทางทฤษฎีเท่ากับ $n_1!n_2!...n_m!$ อย่างไรก็ตาม ไม่ใช่ทุกคำตอบที่จะเป็นไปได้จริง ลำดับงานจะต้องเป็นไปตามเงื่อนไขในด้านลำดับก่อนหลังของงาน และเงื่อนไขในด้านกำลังการผลิตของเครื่องจักร เนื่องจากการหาคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดเป็นสิ่งที่เป็นไปไม่ได้ในทางปฏิบัติ ดังนั้นจึงได้มีการนำกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rule) มาใช้เพื่อระบุว่างานใดมีความสำคัญมากกว่าจะได้รับการพิจารณาให้ดำเนินการก่อน ตัวอย่างของกฎการจ่ายงานที่ถูกนำมาใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับการจัดตารางการผลิตมีดังต่อไปนี้ [34] [45] [46]

FCFS: First Come First Serve
EDD: Earliest Due Date
SPT: Shortest Processing Time
STPT: Shortest Total Processing Time
LPT: Longest Processing Time
LTPT: Longest Total Processing Time
WSPT: Weighted Shortest Processing Time
SDT: Smallest Ratio by Dividing Total Processing Time
LDT: Longest Ratio by Dividing Total Processing Time
SMT: Smallest Value Obtained by Multiplying Processing Time with Total Processing Time
LMT: Longest Value Obtained by Multiplying Processing Time with Total Processing Time
MTWR: Most Total Work Remaining
LTWR: Least Total Work Remaining

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SLACK: Different between Due Date, Arrival Time, and Remaining Processing Time
SLACK/RO: Smallest Ratio of SLACK per Remaining Operation
SST: Shortest SLACK Time
WINQ: Work in Next Queue
MST: Minimum SLACK Time
NINQ: Number of jobs in Next Queue
LINQ: Length in Next Queue

เนื่องจากไม่สามารถตอบได้ว่าการใช้กฎการจ่ายงานวิธีใดจะตอบปัญหาการจัดตารางการผลิตได้ดีที่สุด ดังนั้นงานวิจัยที่ใช้กฎการจ่ายงานในการจัดตารางการผลิตส่วนใหญ่จะนำกฎการจ่ายงานมาเปรียบเทียบเพื่อหากฎที่ดีที่สุดสำหรับกระบวนการนั้นๆ ซึ่งคำตอบที่ได้มักจะแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อมของการทำงาน ข้อมูลการผลิต ลักษณะของกระบวนการผลิต ปริมาณการผลิต เวลาส่งมอบและปัจจัยอื่นๆ ที่มีความไม่แน่นอนรวมถึงเป้าหมายที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตด้วย [10] เช่น

พัชราวลัย [47] ได้ศึกษาการจัดตารางการผลิตในโรงงานผลิตคอมเพรสเซอร์ที่มีการผลิตแบบตามสั่ง (Job Shop) ด้วยการนำกฎการจ่ายงาน 7 วิธีคือ SPT, LPT, WSPT, SDT, LDT, SMT และ LMT มาทดลองจัดตารางการผลิตกับข้อมูลการผลิตจริงของหน่วยงาน Press Shop ซึ่งมีเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนโลหะขึ้นรูป 7 เครื่อง แล้วเปรียบเทียบแต่ละวิธีการโดยวัดผลจาก เวลาการไหลของงานเฉลี่ย เวลาล่าช้าของงาน จำนวนงานล่าช้า พบว่าการจัดตารางผลิตด้วยฮิวริสติกส์แบบ LPT เหมาะสมกับกระบวนการผลิตนี้ที่สุด

ศิวรักษ์ และคณะ [48] ใช้โปรแกรม Arena ในการจำลองสถานการณ์ของการผลิตแผงวงจรชนิดอ่อนที่มีการผลิตแบบไหลเลื่อน (Flow Shop) โดยที่แบบจำลองสถานการณ์สามารถเปรียบเทียบกับการผลิตจริง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และทำการเปรียบเทียบกับการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีเดิมกับวิธีการฮิวริสติกส์ 3 วิธีคือ Palmer, Gupta และ CDS (Campbell Dudek and Smith) เพื่อลดเวลาปิดงานของระบบ พบว่าวิธี CDS เหมาะสมกับกระบวนการผลิตนี้ที่สุด

สุรสิทธิ์ [49] มีการจัดตารางการผลิตเพื่อหาวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีประสิทธิภาพในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ โดยนำเอากฎการจ่ายงาน 5 วิธี ได้แก่ EDD, SLACK, SLACK/RO, SMT และ SPT มาทำการทดสอบกับข้อมูลการผลิตจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จัดขึ้น พบว่า EDD เป็นวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีประสิทธิภาพที่สุด โดยได้ค่าเวลาล่าช้าเฉลี่ยลดลง 26% จำนวนงานล่าช้าลดลง 33% และเวลาสายของงานเฉลี่ยลดลง 55%

วรรษมา และคณะ [50] ได้จัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการจัดตารางการผลิตของโรงงานผลิตโซ่รถจักรยานยนต์ที่ประกอบด้วยทั้งการผลิตแบบตามสั่ง และการผลิตแบบไหลเลื่อน โดยในส่วนของโปรแกรมการวางแผนการผลิต จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกเป็นการกำหนดตารางการผลิตหลัก (Master Production Scheduling) ซึ่งประกอบด้วยแผนความต้องการประกอบและบรรจุ และแผนความต้องการชิ้นส่วน และส่วนที่สองเป็นแผนการผลิตย่อยรายวัน แนวทางในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก้ปัญหาจะนำวิธีการทางฮิวริสติกส์มาประยุกต์หาคำตอบประกอบด้วยวิธี SPT, LPT และ SLACK และแสดงผลการจัดลำดับงานออกมาในรูปแผนภูมิแกนต์ โดยนำรายการสินค้าที่สั่งซื้อเข้ามาภายในหนึ่งเดือนมาทำการทดสอบกับโปรแกรมที่สร้างขึ้น พบว่าวิธี SPT ให้ผลที่เหมาะสมที่สุด โดยทำให้เวลาปิดงานของระบบลดลงจากเดิม 4.45% เวลาการไหลของงานเฉลี่ยลดลงจากเดิม 30.56% เวลางานล่าช้าเฉลี่ยลดลงจากเดิม 50.39% และเปอร์เซ็นต์ของจำนวนงานล่าช้าทั้งหมดลดลงจากเดิม 55%

นิภา [51] ประยุกต์ใช้โปรแกรม Arena ในการวิเคราะห์และออกแบบการจำลองสถานการณ์เพื่อช่วยในการตัดสินใจในการหาวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมของโรงงานอุตสาหกรรมแก้ว โดยนำวิธีฮิวริสติกส์มาเปรียบเทียบ พบว่าวิธี SPT สามารถลดค่าใช้จ่ายรวมได้จากเดิม 79.20% มีจำนวนงานล่าช้าลดลงจากเดิม 90.00% และเวลาปิดงานของระบบที่มากที่สุดลดลงจากเดิม 26.67%

พงษ์ธาดา [52] ได้ศึกษาวิธีการจัดตารางการผลิตของโรงงานสีและเพิ่มประสิทธิภาพการวางแผนผลิตเครื่องจักรแบบขนานและงานเป็นอิสระต่อกัน โดยเสนอวิธีจัดตารางการผลิต 2 วิธี วิธีแรกใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จัดตารางการผลิตด้วยกฎการจ่ายงาน 5 กฎได้แก่ EDD, MST, FCFS, LPT และ SPT วิธีที่สองสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แล้วนำไปหาคำตอบโดยใช้โปรแกรม Gurobi Solver เพื่อมอบหมายงานให้เครื่องจักร แล้วนำวิธีการจัดตารางทั้ง 2 วิธีมาเปรียบเทียบกัน พบว่าวิธี EDD ไม่มีเวลางานล่าช้าและจำนวนงานสายเกิดขึ้น ค่าเฉลี่ยของเวลาปิดงานลดลง 25.0% และค่าเฉลี่ยเวลาไหลของงานทั้งหมดที่ถูกถ่วงน้ำหนัก (Total weighted flow time) ลดลง 30.6%

แต่ในบางครั้งคำตอบที่เหมาะสมที่เกิดจากการเปรียบเทียบแต่ละกฎการจ่ายงานอาจมีมากกว่าหนึ่งคำตอบตามเป้าหมายที่ต้องการเช่น

ปิยมาภรณ์ [53] ได้ศึกษาผลกระทบของความไม่แน่นอนที่มีต่อการจัดตารางการผลิตโดยพิจารณาในกรณีเครื่องจักรเสีย โดยการวัดประสิทธิภาพของการจัดตารางเป็น เวลาการไหลของงานเฉลี่ย เวลาสายของงานเฉลี่ย เวลางานล่าช้าเฉลี่ย จำนวนงานล่าช้าเฉลี่ย และอัตราการใช้เครื่องจักรเฉลี่ย พบว่ากฎเกณฑ์ที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในการจัดตารางคือ SMT, SPT, EDD และ SLACK

นิธิมา [54] ศึกษาการจัดตารางการผลิตของโรงงานผลิตเครื่องประดับที่มีการผลิตสินค้าแบบตามสั่ง โดยทำการจัดตารางการผลิตแบบ FCFS, EDD และ LPT นำผลการจัดตารางที่ได้มาทำการวางแผนในโปรแกรม Microsoft Project และเปรียบเทียบกับผลการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของเดือนธันวาคม 2548 ถึงเมษายน 2549 พบว่าปริมาณการผลิตที่ได้เพิ่มขึ้นจาก 17,600 ชิ้น เป็น 45,415 ชิ้น หรือคิดเป็น 47.35% ส่วนจำนวนครั้งในการส่งมอบงานล่าช้าลดลงจาก 28 ครั้ง เป็น 23 ครั้ง หรือคิดเป็น 5.52%

Horng [55] ได้ใช้แบบจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบประสิทธิภาพความแตกต่างของกฎการจ่ายงานของการผลิตแบบเปิด (Open Shop) ทั้งหมด 39 กฎการจ่ายงาน พบว่ากฎ NINQ สามารถลดเวลาไหลเฉลี่ยของงานในระบบได้ และกฎ LINQ สามารถลดเวลาล่าช้าเฉลี่ยของงานได้

Kaban [56] ใช้แบบจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบการปรับปรุงประสิทธิภาพของโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์แบบตามสั่งจากกฎการจ่ายงานของการผลิตแบบตามสั่งทั้งหมด 44 กฎ ซึ่งประกอบด้วยกฎจ่ายงานหลัก 14 กฎและกฎจ่ายงานแบบผสมผสาน 30 กฎ ผลการทดลองพบว่ากฎ LWT (Longest Waiting Time) ให้ค่าชิ้นงานระหว่างกระบวนการต่ำที่สุด และกฎ MTWR ให้ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาวของแถวคอยต่ำที่สุด เวลารอคอยเฉลี่ยต่ำที่สุด และเวลาปิดงานของระบบต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ

อรรถสิทธิ์ [57] ได้ทำการจำลองสถานการณ์ภายใต้เงื่อนไขความไม่แน่นอนของเวลาในการทำงาน สัดส่วนของความน่าจะเป็นที่ลูกค้าเปลี่ยนคำสั่งซื้อ จำนวนคำสั่งซื้อที่ยอมเปลี่ยนได้ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการจัดตารางการผลิต 8 วิธี ประกอบด้วย 1) วิธี SPT 2) วิธี CDS (Campbell Dudek and Smith) 3) วิธีจัดตารางการผลิตแบบการใช้ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนคำสั่งซื้อที่น้อยที่สุดเข้าสู่ระบบก่อน (Probability) 4) วิธีจัดตารางการผลิตแบบผสมผสานระหว่างวิธีที่ 1, 2 และ 3 5) วิธีการจัดตารางการผลิตแบบผสมผสานระหว่างวิธีที่ 2 และ 3 6) วิธีการจัดตารางการผลิตโดยใช้เวลาในการผลิตแบบคาดหวังร่วมกับวิธีที่ 1 7) วิธีการจัดตารางการผลิตโดยใช้เวลาในการผลิตแบบคาดหวังร่วมกับวิธีที่ 2 8) วิธีการจัดตารางการผลิตโดยใช้เวลาในการผลิตแบบคาดหวังร่วมกับวิธีที่ 1 และ 2 และหาวิธีการจัดตารางการผลิตที่ทำให้เวลาปิดงานของระบบน้อยที่สุด โดยตัวชี้วัดที่ใช้ประเมินวิธีการต่างๆ ประกอบด้วยเวลาปิดงานของระบบที่มากที่สุด (Maximum makespan) ค่าเฉลี่ยของเวลาปิดงาน (Mean makespan) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาปิดงาน (Standard deviation of makespan) จากผลการทดลองพบว่าวิธีการจัดลำดับที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดคือวิธีที่ 5, วิธีที่ 3 และวิธีที่ 4 ตามลำดับ

นอกจากการเปรียบเทียบแต่ละวิธีฮิวริสติกส์แล้วยังมีบางงานวิจัยที่สร้างกฎการจัดลำดับความสำคัญขึ้นมาใหม่ หรือใช้วิธีแบบผสมเพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะของงาน เช่น

Holthaus [58] ได้ทำการสร้างกฎการจัดตารางการผลิตใหม่ โดยผสมผสานระหว่างเวลาปฏิบัติงาน (Process time: PT) และกฎ WINQ ได้เป็นวิธี PT + WINQ (Process Time plus work in next queue) และใช้แบบจำลองในการหาค่าเวลาการไหลเฉลี่ยของงานในระบบ พบว่าวิธี PT +WINQ ให้ค่าเวลาการไหลเฉลี่ยของงานในระบบที่เหมาะสมเช่นเดียวกับวิธี SPT

วิชิต [59] ได้ทดลองจัดตารางการผลิตของโรงงานผลิตชิ้นส่วนโครงตัวถังเครื่องปรับอากาศด้วยกฎการจ่ายงานแบบต่างๆ ได้แก่ EDD, SPT, LPT และ FCFS ซึ่งในการศึกษาได้แบ่งการจัดตารางการผลิตออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกคือการจัดลำดับงานจากใบสั่งผลิตใหม่ และส่วนที่สองคือการจัดลำดับงานให้กับเครื่องจักร นอกจากนี้ยังได้พัฒนากฎ SPT และ LPT ในการจัดลำดับงานที่บริเวณที่เกิดสภาพคอขวด โดยพิจารณาจากเวลาปฏิบัติงานในขั้นตอนที่ 1 เท่านั้น ได้กฎใหม่เป็น SPT P1 และ LPT P1 จากนั้นนำข้อมูลการผลิตในช่วง 2 สัปดาห์ และ 1 สัปดาห์มาทำการจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรม Arena และเปรียบเทียบผล พบว่ากฎ SPT P1 ให้ผลลัพธ์ในการจัดลำดับงานให้กับเครื่องจักรได้ดีกว่าการจัดลำดับด้วยกฎอื่นๆ เมื่อพิจารณาจากตัววัดประสิทธิภาพด้านเวลาไหลของงาน เวลาปิดงาน และจำนวนงานล่าช้าที่เกิดขึ้นในระบบ ส่วนการจัดลำดับงานจากใบสั่งผลิตจะเลือกใช้กฎ EDD

ปัญจพร [60] ได้เสนอการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อจัดตารางการผลิตของโรงงานผลิตเฟืองแบบตามสั่ง เนื่องจากการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของทางโรงงานไม่สามารถทำการผลิตได้เสร็จทันตามกำหนดเวลาส่งมอบให้ลูกค้า เมื่อทำการเปรียบเทียบสมรรถนะการจัดตารางการผลิตระหว่างวิธีฮิวริสติกส์แบบต่างๆพบว่าการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีการฮิวริสติกส์แบบผสมผสานระหว่าง EDD และ LPT เป็นการจัดตารางที่มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีอื่นๆ โดยเวลาปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานของระบบลดลง 11.92% เวลาการไหลของงานในระบบโดยเฉลี่ยลดลง 18.82% เวลาสายของงานโดยเฉลี่ยลดลง 13.37% เวลาล่าช้าของงานสูงที่สุดลดลง 20.43% เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยลดลง 59.92% และเวลารวมทั้งหมดของงานล่าช้าลดลง 35.87%

ส่วนในอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มมีการจัดตารางการผลิตโดยใช้กฎการจ่ายงานเช่นกัน ตัวอย่างเช่น

ยศธนา [61] ได้ประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการการวางแผนการผลิตของอุตสาหกรรมทอผ้าที่มีทั้งผลิตแบบตามสั่งและผลิตเพื่อรอจำหน่าย โดยเปลี่ยนวิธีจัดตารางการผลิตแบบ FCFS เป็น EDD พบว่าทำให้การวางแผนการผลิตมีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยเกณฑ์ในการประเมินเปรียบเทียบวิธีการจัดตารางการผลิตที่พัฒนาขึ้นกับวิธีการที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมี 4 เกณฑ์ ได้แก่ 1) เวลาไหลเฉลี่ยของงานของกลุ่มผ้าเช็ดหน้ามีค่าลดลง 33.8 % และกลุ่มที่ไม่ใช่ผ้าเช็ดหน้ามีค่าลดลง 32.4% 2) เวลางานล่าช้าเฉลี่ยของกลุ่มผ้าเช็ดหน้ามีค่าลดลง 41.2% และกลุ่มที่ไม่ใช่ผ้าเช็ดหน้ามีค่าลดลง 70.9% 3) สินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการ กระบวนการฟอกย้อมลดลง 36.5% กระบวนการทอลดลง 13.9% และกระบวนการเตรียมการลดลง 10.7% 4) ปริมาณสินค้าคงคลังในแต่ละผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง

เกศณา [62] ได้นำวิธีจัดตารางการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมเสื้อผ้ามา 3 วิธี ได้แก่ SPT, EDD และ SST มาจำลองสถานการณ์ในเงื่อนไขของการผลิตในกรณีที่มีสินค้ารุ่นใหม่ที่ลูกค้าต้องการแทรกผลิตและต้องได้รับการผลิตก่อนสินค้ารุ่นมาตรฐาน จากนั้นใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีรูปแบบเป็น Web Application มาใช้ในการประมวลผลและคำนวณวันที่เสร็จงานก่อนหรือหลังกำหนดส่งมอบ รวมไปถึงต้นทุนของการเก็บสินค้าคงคลังและค่าปรับที่จะเกิดขึ้นในแต่ละวิธีจัดตารางการผลิต จากผลการจัดตารางการผลิตในกรณีที่ 1 คือข้อมูลของเวลาปฏิบัติงานรวมและข้อมูลของกำหนดส่งงานมีค่าไม่ซ้ำกัน พบว่าวิธี SST ให้ต้นทุนรวมต่ำสุดเท่ากับ 35,352 บาท และในกรณีที่ 2 คือข้อมูลของเวลาปฏิบัติงานรวมและข้อมูลของกำหนดส่งงานมีค่าที่ซ้ำกัน พบว่าวิธี EDD เป็นวิธีหลัก และวิธี SST เป็นวิธีรอง ให้ค่าต้นทุนรวมต่ำสุดเท่ากับ 29,457 บาท

สุธาทิพย์ [63] ได้ทำการจัดตารางการผลิตแบบตามสั่งของอุตสาหกรรมหมวกด้วยวิธีฮิวริสติกส์ของอุตสาหกรรมหมวก โดยได้จัดทำมาตรฐานการทำงานของแต่ละผลิตภัณฑ์ เพื่อที่จะนำมาคำนวณหากำลังการผลิตที่แท้จริงของโรงงานตัวอย่าง และเปรียบเทียบวิธีวิธีจัดลำดับต่างๆ พบว่าวิธี LPT ใช้เวลาเฉลี่ยของงานแต่ละงานในกระบวนการผลิตมากที่สุด และมีอัตราการใช้งานของทรัพยากรน้อยกว่าวิธี FCFS และ EDD

ยอดดวงใจ [64] ทำการจัดตารางการผลิตแบบตามสั่งของโรงงานย้อมผ้า ด้วยวิธีการทางฮิวริสติกส์ ได้แก่ FCFS, EDD, SPT, LPT, MST, EDD+LPT และ EDD+MST เพื่อลดจำนวนงานล่าช้าและเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร พบว่าวิธีฮิวริสติกส์แบบผสมผสาน EDD+LPT เหมาะสมที่สุดคือลดจำนวนงานล่าช้าจาก 166 งาน เป็น 78 งาน หรือลดลงจากเดิม 53.01% และจำนวนครั้งในการทำความสะอาดเครื่องย้อมลดลงจาก 117 ครั้ง เหลือ 98 ครั้ง หรือลดลงจากเดิม 16.24%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 บทสรุปจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 2.2 เป็นการเปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิตโดยใช้กฎการจ่ายงาน งานวิจัยส่วนใหญ่ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มมีการจัดตารางการผลิตโดยไม่ได้คำนึงถึงความไม่แน่นอนของข้อมูลเวลาการผลิต ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena เพื่อใช้ในการจัดตารางการผลิตของระบบที่มีธรรมชาติของความน่าจะเป็นของข้อมูลเวลาและการมาถึงของคำสั่งซื้อเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย โดยกำหนดกฎการจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกส์ 4 วิธีคือ FCFS EDD SPT และ LPT เพื่อหาการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมกับบริษัทกรณีศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาปิดงานของระบบและเวลางานล่าช้าเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชื่อผู้วิจัย	ทฤษฎีที่ใช้ในงานวิจัย			ตัวชี้วัดประสิทธิภาพ					
	กฎการจ่ายงาน	การจำลองสถานการณ์	อุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม	เวลาไหลของงาน	เวลาปิดงานของระบบ	จำนวนงานล่าช้า	เวลางานล่าช้า	เวลาสายของงาน	อื่นๆ
พัชราวลัย [47]	LPT			✓		✓	✓		
ศิวรักษ์ และคณะ [48]	CDS	✓			✓				
สุรสิทธิ์ [49]	EDD					✓	✓	✓	
วรรษมา และคณะ [50]	SPT			✓	✓	✓	✓		
นิภา [51]	SPT	✓			✓	✓			- ค่าใช้จ่ายรวม
พงษ์ธาดา [52]	EDD			✓	✓				
ปิยมาภรณ์ [53]	SMT, SPT, EDD, SLACK			✓		✓		✓	- สัดส่วนการใช้เครื่องจักร
นิธิมา [54]	FCFS, EDD, LPT								- จำนวนครั้งในการส่งมอบงานล่าช้า
Horng [55]	NINQ	✓		✓					
	LINQ	✓					✓		
Kaban [56]	LWT	✓							- ชิ้นส่วนระหว่างกระบวนการ
	MTWR	✓			✓				- ความยาวของแถวคอย - เวลารอคอยเฉลี่ย
Holthaus [58]	PT + WINQ	✓		✓					
วิชิต [59]	SPT P1	✓		✓	✓	✓			
ปัญจพร [60]	EDD + LPT			✓	✓		✓	✓	
ยศธนา [61]	EDD		✓	✓			✓		- สินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการ - ปริมาณสินค้าคงคลัง
เกศณา [62]	EDD + SST		✓					✓	- ต้นทุนการจัดเก็บสินค้าคงคลังและค่าปรับ
สุธาทิพย์ [63]	LPT		✓	✓					- อัตราการใช้ทรัพยากร
ยอดดวงใจ [64]	EDD + LPT		✓			✓			- จำนวนครั้งในการทำความสะอาดเครื่องย้อม

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยนี้เริ่มจากผู้วิจัยทำการศึกษาสภาพการดำเนินการผลิตของบริษัท ทีทีเอช เทรดดิ้ง จำกัด เพื่อให้ทราบถึงขั้นตอนการดำเนินการผลิต สภาพปัญหาที่เกิดขึ้น จำนวนเครื่องจักร อุปกรณ์ และคนงานที่ใช้ในการผลิต รวมถึงระบบการวางแผนและการจัดตารางการผลิตในปัจจุบัน แล้วทำการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าที่จำเป็นจากระบบจริงเพื่อนำมาใช้สร้างแบบจำลองสถานการณ์ จากนั้นสร้างแบบจำลองสถานการณ์สำหรับสถานการณ์สภาพปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษาโดยใช้โปรแกรม Arena ทำการตรวจสอบความถูกต้อง (Model Verification) และความสมเหตุสมผลของแบบจำลองสถานการณ์ (Model Validation) พร้อมทั้งเสนอแนวทางในการจัดตารางการผลิตสำหรับบริษัทกรณีศึกษา เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการจัดตารางการผลิตระหว่างการจัดตารางการผลิตแบบเดิม และการจัดตารางการผลิตแบบที่นำเสนอโดยใช้โปรแกรม OptQuest แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้มาวิเคราะห์หาวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมแบบหลายวัตถุประสงค์ (Multi-Objective Optimization) ด้วยวิธีผลรวมค่าถ่วงน้ำหนัก (Weighted Sum Method) เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจสำหรับผู้ประกอบการของบริษัทกรณีศึกษา แล้วทำการสรุปผล โดยขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยสามารถเขียนเป็นแผนภาพได้ดังรูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การศึกษาข้อมูลของบริษัทกรณีศึกษา

3.1.1 ประวัติความเป็นมาของบริษัทกรณีศึกษา

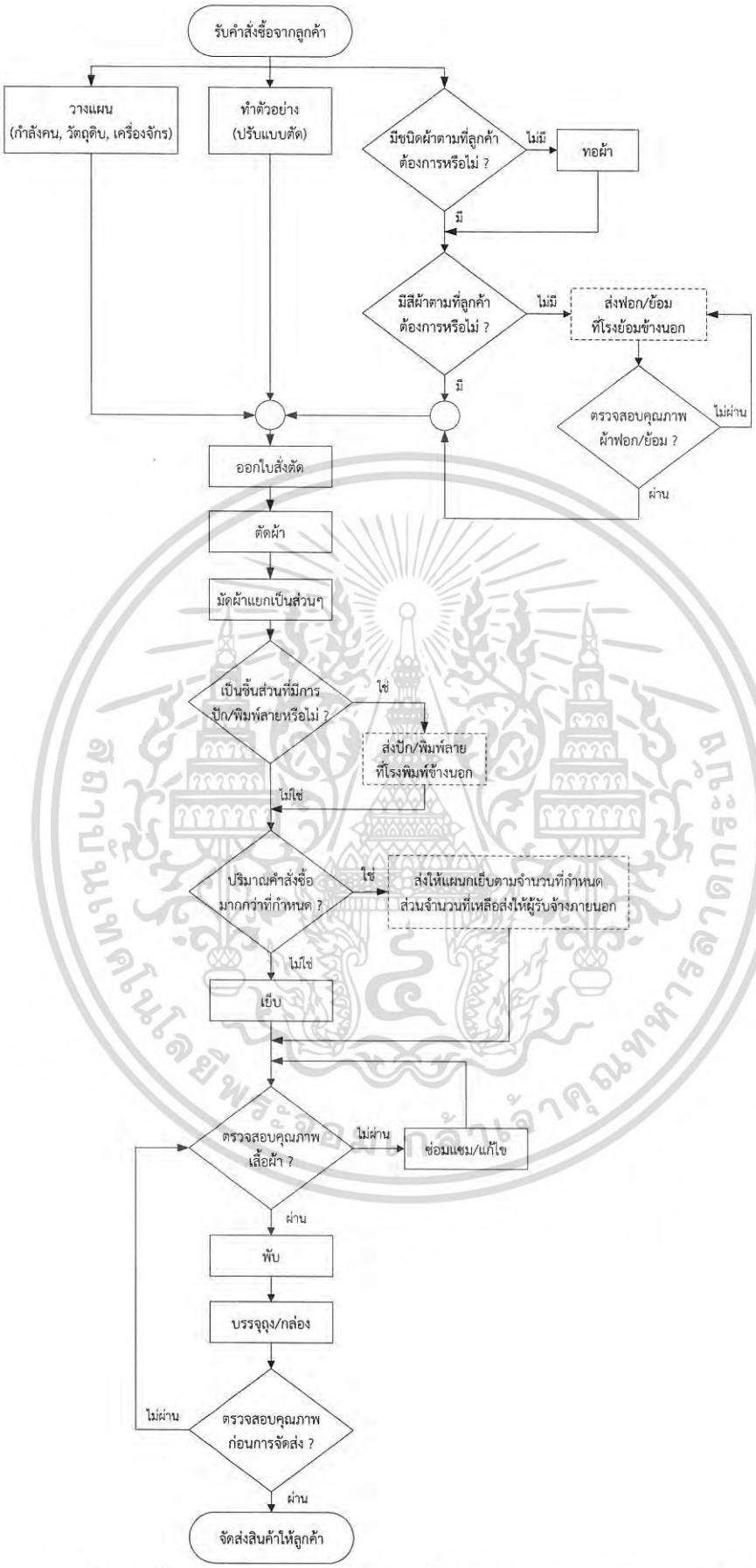
บริษัท ทีทีเอช เทรดดิ้ง จำกัด เป็นบริษัทที่ประกอบธุรกิจในกลุ่มอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม มีลักษณะเป็นธุรกิจขนาดย่อม ตั้งอยู่บนซอยราษฎร์บูรณะ 46 จังหวัดกรุงเทพมหานคร เริ่มก่อตั้งมาตั้งแต่ปีพ.ศ. 2494 เริ่มต้นกิจการจากห้องแถวเล็กๆ รับจ้างตัดเย็บเสื้อประเภทเสื้อยืดคอกลม เสื้อโปโล เสื้อกล้าม และเสื้อกีฬาทุกชนิด ต่อมาทางบริษัทกรณีศึกษาได้ประสบปัญหาในเรื่องการหาซื้อวัตถุดิบไม่ได้ และวัตถุดิบที่ได้รับมาไม่ตรงตามคุณลักษณะที่ต้องการจึงมีการเริ่มธุรกิจการทอผ้าเพื่อรองรับงานที่หลากหลายขึ้น [65]

ปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทรับผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปตามคำสั่งซื้อของลูกค้า โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมจากลูกค้ามากที่สุดคือเสื้อยืดคอกลม และเสื้อโปโล บริษัทกรณีศึกษามีการแบ่งกระบวนการทำงานหลักออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของกระบวนการทอผ้า และส่วนของกระบวนการตัดเย็บ มีคนงานทำงานในส่วนกระบวนการทอผ้า 2 คน และส่วนของกระบวนการตัดเย็บ 9 คน โดยรับหน้าที่ตัดผ้า 1 คน และเย็บ 8 คน คนงานได้รับค่าจ้างเป็นรายวันอัตราตามค่าแรงขั้นต่ำ ทำงานสัปดาห์ละ 6 วัน วันละ 8 ชั่วโมง และมีการทำงานล่วงเวลาบ้างเมื่อมีการสั่งสินค้าเกินอัตราการผลิตของบริษัท

3.1.2 ขั้นตอนการดำเนินการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา

ขั้นตอนการดำเนินการผลิตของบริษัทกรณีศึกษาเริ่มจากการรับคำสั่งซื้อของลูกค้า จากนั้นทำการวางแผนกำลังคน วัตถุดิบ และเครื่องจักรที่ใช้ในการตัดเย็บ ทำตัวอย่าง แล้วทำการปรับแบบตัดให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิต และเครื่องจักรที่บริษัทมีอยู่ พร้อมทั้งทำการตรวจสอบรายละเอียดของคำสั่งซื้อที่ได้รับจากลูกค้าทั้งแบบ ชนิดของผ้า วัสดุที่ใช้ตกแต่ง ขนาด สี จำนวนในแต่ละขนาด ถ้าตรวจสอบแล้วไม่มีชนิดของผ้าตามที่ลูกค้าต้องการให้แผนกทอผ้าทำการทอผ้า แล้วส่งผ้าไปฟอกหรือย้อมที่โรงย้อมข้างนอก เมื่อได้ผ้าตามที่ต้องการแล้วเจ้าของบริษัทกรณีศึกษาออกใบสั่งตัดส่งให้แผนกตัดเพื่อทำการตัดชิ้นผ้า โดยชิ้นผ้าที่ถูกตัดแล้วจะถูกมัดแยกเป็นส่วนๆ ตามขนาดและขั้นตอนงาน ใน 1 มัดงานมีชิ้นผ้าอยู่ 20 ชิ้นพร้อมติดป้ายระบุว่าเป็นผ้าชิ้นส่วนใดของเสื้อ และเป็นผ้าสำหรับคำสั่งซื้อใด ถ้าชิ้นใดต้องมีการปักหรือพิมพ์ลายให้ส่งปักหรือพิมพ์ลายที่โรงพิมพ์ข้างนอกก่อน หลังจากนั้นคนงานในแผนกเย็บนำชิ้นผ้าที่ถูกมัดไปเย็บในขั้นตอนแรก เมื่อเย็บเสร็จแล้วส่งชิ้นงานเป็นมัดไปเย็บประกอบในขั้นตอนต่อไปตามลำดับขั้นตอนงานจนสำเร็จ เมื่อได้เสื้อผ้าสำเร็จรูปแล้วจึงส่งไปตรวจสอบคุณภาพหากมีที่ต้องแก้ไขให้ทำการแก้ไขทันที ตัดเศษด้าย พับและทำการใส่ถุงพลาสติกทีละตัว บรรจุลงกล่องหรือถุงขนาดใหญ่เพื่อรอส่งให้ลูกค้าต่อไป โดยขั้นตอนการดำเนินการผลิตสามารถเขียนเป็นแผนภาพได้ดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการดำเนินการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปของบริษัทกรณีศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 ผลิตภัณฑ์ของบริษัทกรณีศึกษา

บริษัทกรณีศึกษาผลิตตามคำสั่งซื้อของลูกค้าโดยมีตัวอย่างผลิตภัณฑ์ของบริษัทกรณีศึกษาแสดงดังรูปที่ 3.3 เช่น เสื้อยืดคอกลม เสื้อโปโล เสื้อช็อป กระเป๋าผ้า ผ้ากันเปื้อน เป็นต้น

(ก) เสื้อยืดคอกลม (ข) เสื้อโปโล

(ค) เสื้อช็อป (ง) กระเป๋าผ้า

(จ) ผ้ากันเปื้อนเด็ก (ฉ) ผ้ากันเปื้อน

รูปที่ 3.3 (ก) – (ฉ) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ของบริษัทกรณีศึกษา

ในส่วนของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกทำการศึกษาในงานวิจัยนี้คือ เสื้อยืดคอกลม และเสื้อโปโล เนื่องจากเป็นสินค้าที่ได้รับความนิยมจากลูกค้า และเป็นผลิตภัณฑ์หลักของบริษัทกรณีศึกษา โดยทางบริษัทกรณีศึกษามีความสามารถในการผลิตเสื้อยืดคอกลมของบริษัทกรณีศึกษาอยู่ที่ 670 ถึง 900 ตัวต่อวัน และสามารถผลิตเสื้อโปโลได้ 220 ถึง 300 ตัวต่อวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 สภาพปัญหาของบริษัทกรณีศึกษา

จากการศึกษาขั้นตอนการดำเนินการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปของบริษัทกรณีศึกษาพบว่าปัญหาความล่าช้าของงานเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตหลักคือกระบวนการผลิตของแผนกเย็บ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้กำลังการผลิตมากที่สุดเมื่อเทียบกับกระบวนการอื่นๆ ของบริษัทกรณีศึกษา และต้องอาศัยพนักงานที่มีทักษะและความชำนาญในการผลิต อีกทั้งระบบการผลิตของแผนกเย็บเป็นระบบการผลิตแบบตามงานยืดหยุ่น (Flexible Job Shop) กล่าวคืองาน (Job) ที่เข้ามาในแผนกเย็บจะมีการไหลของกระบวนการที่แตกต่างกันเป็นไปตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าสั่งซื้อ ในแผนกเย็บมีสถานีงานที่แตกต่างกันทั้งหมด 9 สถานีงานตามประเภทของจักรที่ใช้ในการผลิต ประกอบด้วยสถานีงานที่มีจักร 8 สถานีงาน และสถานีงานที่ใช้เพียงแรงงาน 1 สถานีงาน ส่วนคนงานมีทั้งหมด 8 คน แทนชื่อคนงานด้วยหมายเลข 1 ถึงหมายเลข 8 ความสัมพันธ์ระหว่างจักรและคนงานแสดงดังตารางที่ 3.1 จะเห็นว่าบางสถานีงานมีเครื่องจักรที่สามารถใช้ในการผลิตได้มากกว่า 1 เครื่อง และคนงาน 1 คนอาจทำงานได้มากกว่า 1 งาน อีกทั้งงานที่เข้ามาในแต่ละสถานีงานต่างๆ ภายในแผนกเย็บอยู่ในลักษณะที่เป็นมัดงาน (Batch) ทำให้งานที่เข้ามาในสถานีงานเดียวกันอาจมาจากคนละคำสั่งซื้อ (Order) เมื่องานปนกันงานจะถูกผลิตในสถานีงานตามลำดับความสำคัญที่ผู้จัดตารางการผลิตกำหนดไว้ ในปัจจุบันการจัดตารางการผลิตของบริษัทกรณีศึกษาใช้ประสบการณ์เป็นหลักซึ่งพิจารณาให้งานใดที่ลูกค้าสั่งซื้อก่อนให้ทำการผลิตก่อน ยกตัวอย่างเช่น งานจากคำสั่งซื้อที่ 1 และงานจากคำสั่งซื้อที่ 2 เข้ามาในสถานีงานเดียวกันแต่คำสั่งซื้อที่ 1 เป็นงานที่ลูกค้าสั่งซื้อก่อนคำสั่งซื้อที่ 2 แสดงว่างานจากคำสั่งซื้อที่ 1 มีลำดับความสำคัญมากกว่า ดังนั้นคนงานและเครื่องจักรในสถานีงานนั้นจะต้องทำงานจากคำสั่งซื้อที่ 1 ก่อน แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าต้องหยุดการทำงานจากคำสั่งซื้อที่ 2 เนื่องจากกระบวนการผลิตที่ต่างกันบางสถานีงานที่ไม่ต้องทำงานจากคำสั่งซื้อที่ 1 คนงานและเครื่องจักรในสถานีงานนั้นก็สามารถทำงานจากคำสั่งซื้อที่ 2 ได้ หรือสถานีงานที่ไม่มีงานจากคำสั่งซื้อที่ 1 มารอคอยอยู่ก็สามารถทำงานจากคำสั่งซื้อที่ 2 ได้เช่นกัน อีกทั้งเวลาการทำงานในแต่ละสถานีงานอาจมีค่าไม่เท่ากันเพราะขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าสั่งซื้อ สิ่งต่างๆ เหล่านี้ล้วนเป็นสาเหตุที่ทำให้กระบวนการผลิตเกิดความไม่แน่นอนและทำให้เกิดความยุ่งยากในการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม

ตารางที่ 3.1 สถานีงานในแผนกเย็บ

สถานีงาน	ประเภทของจักร	จำนวนจักร	คนงานที่ใช้งานจักร
A	จักรเย็บ	7	หมายเลข 1, 2, 3, 4, 5 และ 6
B	จักรลา	3	หมายเลข 5, 7 และ 8
C	จักรโพ้ง	9	หมายเลข 1, 2, 3, 4, 5 และ 6
D	จักรลาลูกโซ่	1	หมายเลข 8
E	เครื่องตัดผ้ากุ๊น	1	หมายเลข 6
F	จักรเจียนปก	1	หมายเลข 6
G	จักรถักรังดุม	1	หมายเลข 2
H	จักรติดกระดุม	1	หมายเลข 7
I	ไม่ใช้จักร	0	หมายเลข 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 และ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่าบริษัทกรณีศึกษาใช้วิธีการจัดตารางการผลิตในแผนกเย็บโดยพิจารณาให้งานใดที่ลูกค้าสั่งซื้อก่อนให้ทำการผลิตก่อนเปรียบเทียบการจัดตารางการผลิตของบริษัทกรณีศึกษาได้กับกฎทางทฤษฎีการจัดตารางการผลิตคือกฎมาก่อนทำก่อน (First Come First Serve, FCFS) โดยการจัดตารางการผลิตแบบนี้ไม่ได้คำนึงถึงพฤติกรรมของระบบงานจริงที่มีความไม่แน่นอนของข้อมูลเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย เช่น เวลาที่เข้ามาของคำสั่งซื้อ เวลากำหนดส่งมอบ เวลาการผลิต และปริมาณสั่งผลิต ดังนั้นจึงต้องหาวิธีเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตของแผนกเย็บโดยผู้วิจัยนำเทคนิคการจำลองสถานการณ์เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม (Simulation-Optimization) เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหานี้เนื่องจากการจำลองสถานการณ์สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ระบบที่มีลักษณะของความไม่แน่นอนของข้อมูล (Stochastic) เข้ามาเกี่ยวข้องได้ และหาวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมกับสภาพการดำเนินการผลิตโดยอาศัยกฎการจัดตารางการผลิตทางทฤษฎีแบบอื่นๆ ที่คำนึงถึงเวลาการผลิตมาช่วยแก้ปัญหานี้เพื่อทำให้เวลาปิดงานของระบบ (Makespan) และเวลาล่าช้าของงาน (Tardiness) มีค่าน้อยที่สุด

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

หลังจากศึกษาข้อมูลและสภาพปัญหาของบริษัทกรณีศึกษาแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตในแผนกเย็บของบริษัทกรณีศึกษาในสภาพปัจจุบัน เพื่อนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์แล้วนำแบบจำลองที่ได้ไปใช้วิเคราะห์ และปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดตารางการผลิต ข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์แบ่งเป็นข้อมูลที่มีค่าแน่นอนประกอบด้วย จำนวนทรัพยากรที่ใช้ในการผลิต ได้แก่ จำนวนเครื่องจักร และจำนวนคนงาน แล้วข้อมูลที่มีความไม่แน่นอนประกอบด้วย เวลาการผลิตในแต่ละขั้นตอน อัตราการเข้ามาของคำสั่งซื้อ และปริมาณคำสั่งซื้อในแต่ละผลิตภัณฑ์ เพื่อนำไปสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena โดยพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ด้วยเวลาปิดงานของระบบ และเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ย ภาพรวมของการจำลองสถานการณ์แสดงดังรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 ภาพรวมของการจำลองสถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลนำเข้าสำหรับสร้างแบบจำลองสถานการณ์ โดยแบ่งวิธีการเก็บข้อมูลออกเป็น 2 วิธีคือวิธีเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์เจ้าของบริษัทกรณีศึกษา และจับเวลาโดยมีรายละเอียดการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

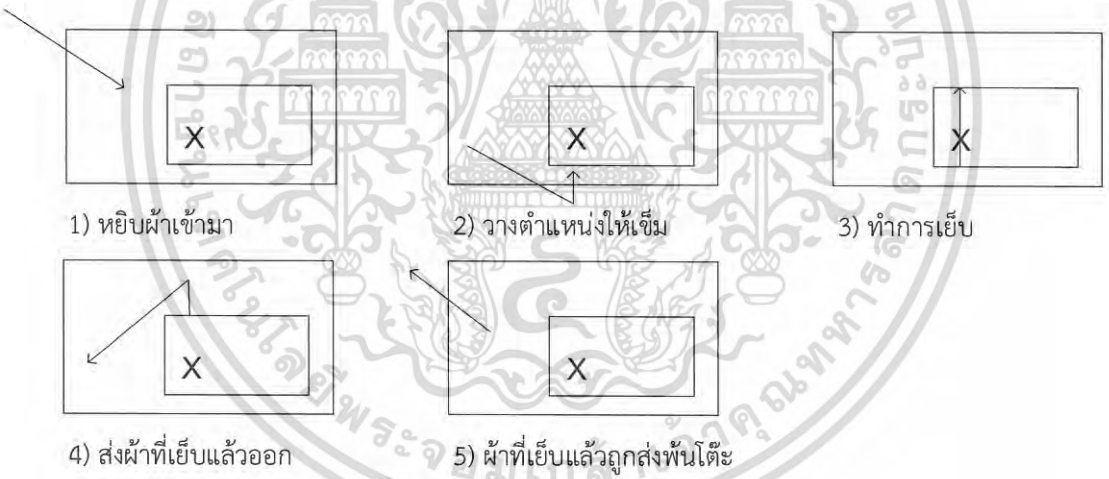
1) ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เจ้าของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งได้แก่ อัตราการเข้ามาของคำสั่งซื้อของลูกค้า วันกำหนดส่งงานของแต่ละคำสั่งซื้อ ปริมาณคำสั่งซื้อของแต่ละผลิตภัณฑ์ โดยเก็บข้อมูลการสั่งซื้อในช่วงเดือนกันยายน 2557 – มกราคม 2558 มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลการสั่งซื้อในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา

หมายเลขคำสั่งซื้อ	ประเภทผลิตภัณฑ์	จำนวน (ตัว)	วันที่สั่งผลิต	วันที่กำหนดส่งงาน
1	เสื้อยืดคอกลม	12,000	08 ก.ย. 57	04 ต.ค. 57
2	เสื้อโปโล	100	10 ก.ย. 57	12 ก.ย. 57
3	เสื้อโปโล	100	12 ก.ย. 57	14 ก.ย. 57
4	เสื้อยืดคอกลม	200	20 ก.ย. 57	22 ก.ย. 57
5	เสื้อโปโล	100	27 ก.ย. 57	29 ก.ย. 57
6	เสื้อโปโล	179	29 ก.ย. 57	01 ต.ค. 57
7	เสื้อโปโล	200	30 ก.ย. 57	02 ต.ค. 57
8	เสื้อโปโล	100	30 ก.ย. 57	02 ต.ค. 57
9	เสื้อยืดคอกลม	13,000	03 ต.ค. 57	31 ต.ค. 57
10	เสื้อโปโล	837	16 ต.ค. 57	22 ต.ค. 57
11	เสื้อยืดคอกลม	200	21 ต.ค. 57	22 ต.ค. 57
12	เสื้อยืดคอกลม	100	13 พ.ย. 57	14 พ.ย. 57
13	เสื้อโปโล	701	20 พ.ย. 57	26 พ.ย. 57
14	เสื้อยืดคอกลม	1,594	20 พ.ย. 57	24 พ.ย. 57
15	เสื้อโปโล	400	27 พ.ย. 57	01 ธ.ค. 57
16	เสื้อยืดคอกลม	1,000	01 ธ.ค. 57	03 ธ.ค. 57
17	เสื้อยืดคอกลม	134,000	03 ธ.ค. 57	21 ม.ค. 58
18	เสื้อยืดคอกลม	300	12 ธ.ค. 57	15 ธ.ค. 57
19	เสื้อยืดคอกลม	2,600	16 ธ.ค. 57	22 ธ.ค. 57
20	เสื้อยืดคอกลม	4,000	19 ธ.ค. 57	29 ธ.ค. 57
21	เสื้อยืดคอกลม	6,000	19 ธ.ค. 57	15 ม.ค. 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ข้อมูลจากการสังเกตและจับเวลา ได้แก่ ลำดับขั้นตอนการผลิต และเวลาที่ใช้ในการผลิตของแต่ละขั้นตอน เนื่องจากทางบริษัทกรณีศึกษาไม่เคยมีการจัดเก็บข้อมูลเวลาที่ใช้ในการผลิตของแต่ละขั้นตอนและผลิตภัณฑ์หลักของบริษัทกรณีศึกษาคือเสื้อยืดคอกลมและเสื้อโปโล ทางผู้วิจัยจึงต้องทำการจัดเก็บข้อมูลเวลาการผลิตของแต่ละขั้นตอนในการเย็บเสื้อยืดคอกลมและเสื้อโปโล โดยเริ่มจากสังเกตลำดับขั้นตอนการผลิตว่าในแต่ละขั้นตอนทำอะไร ต้องทำขั้นตอนใดก่อนหลัง และใช้เครื่องจักรใดในการผลิตซึ่งลำดับขั้นตอนการเย็บเสื้อยืดคอกลมและเสื้อโปโลแสดงในภาคผนวก ค จากนั้นทำการสุ่มเก็บข้อมูลเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานในแต่ละขั้นตอนสำหรับทุกขั้นตอนของการเย็บจำนวน 40 ข้อมูล เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์หารูปแบบการแจกแจงของข้อมูลเวลาสำหรับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ โดยการจับเวลาของแต่ละขั้นตอนการผลิตที่ต้องใช้เครื่องจักร จะเริ่มจับตั้งแต่คนงานเย็บหยิบผ้าเข้ามาที่โต๊ะเย็บผ้า วางผ้าให้ตรงตำแหน่งเข็ม ทำการเย็บผ้า ส่งผ้าที่เย็บแล้วออกจากเข็ม จนกระทั่งนำผ้าที่เย็บแล้วออกจากโต๊ะจึงหยุดการจับเวลา จากรูปที่ 3.5 แสดงถึงห้าขั้นตอนของการเย็บที่ผู้วิจัยใช้จับเวลาของแต่ละขั้นตอนการผลิต โดยกำหนดให้สี่เหลี่ยมใหญ่แทนโต๊ะเย็บผ้า สี่เหลี่ยมเล็กแทนเครื่องจักร ลูกศรแทนลักษณะการเคลื่อนย้ายของผ้า และเครื่องหมายกากบาทแทนเข็มเย็บผ้า ในช่วงระหว่างการจับเวลาหากพนักงานเย็บเกิดหยุดการทำงาน ผู้วิจัยจะยกเลิกหรือตัดเวลานั้นออกไป



รูปที่ 3.5 ห้าขั้นตอนของการเย็บ [38]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลแล้ว ผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าได้แก่ อัตราการเข้ามาของคำสั่งซื้อของลูกค้า ปริมาณคำสั่งซื้อ เวลาในการเย็บเสื้อคอกลม และเวลาในการเย็บเสื้อโปโล ซึ่งโดยปกติแล้วพฤติกรรมของระบบงานจริงทำให้ข้อมูลเหล่านี้มีค่าไม่แน่นอน โดยงานวิจัยนี้จะใช้ Input Analyzer ซึ่งเป็นเครื่องมือมาตรฐานของโปรแกรม Arena เพื่อวิเคราะห์รูปแบบการแจกแจงว่าเป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่ โดยโปรแกรมจะแสดงแผนภูมิกราฟแท่งฮิสโทแกรม (Histogram) ตามข้อมูลดิบที่ป้อนเข้าไป สำหรับโปรแกรม Arena ใช้การทดสอบการแจกแจง 2 วิธีด้วยกันคือการทดสอบแบบไคสแควร์ (Chi-Square Test) และการทดสอบโคลโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ (Kolmogorov-Smirnov test) โดยมีสมมติฐานการทดสอบดังนี้

H_0: ข้อมูลนำเข้ามีการแจกแจงตามรูปแบบที่ใช้ทดสอบ

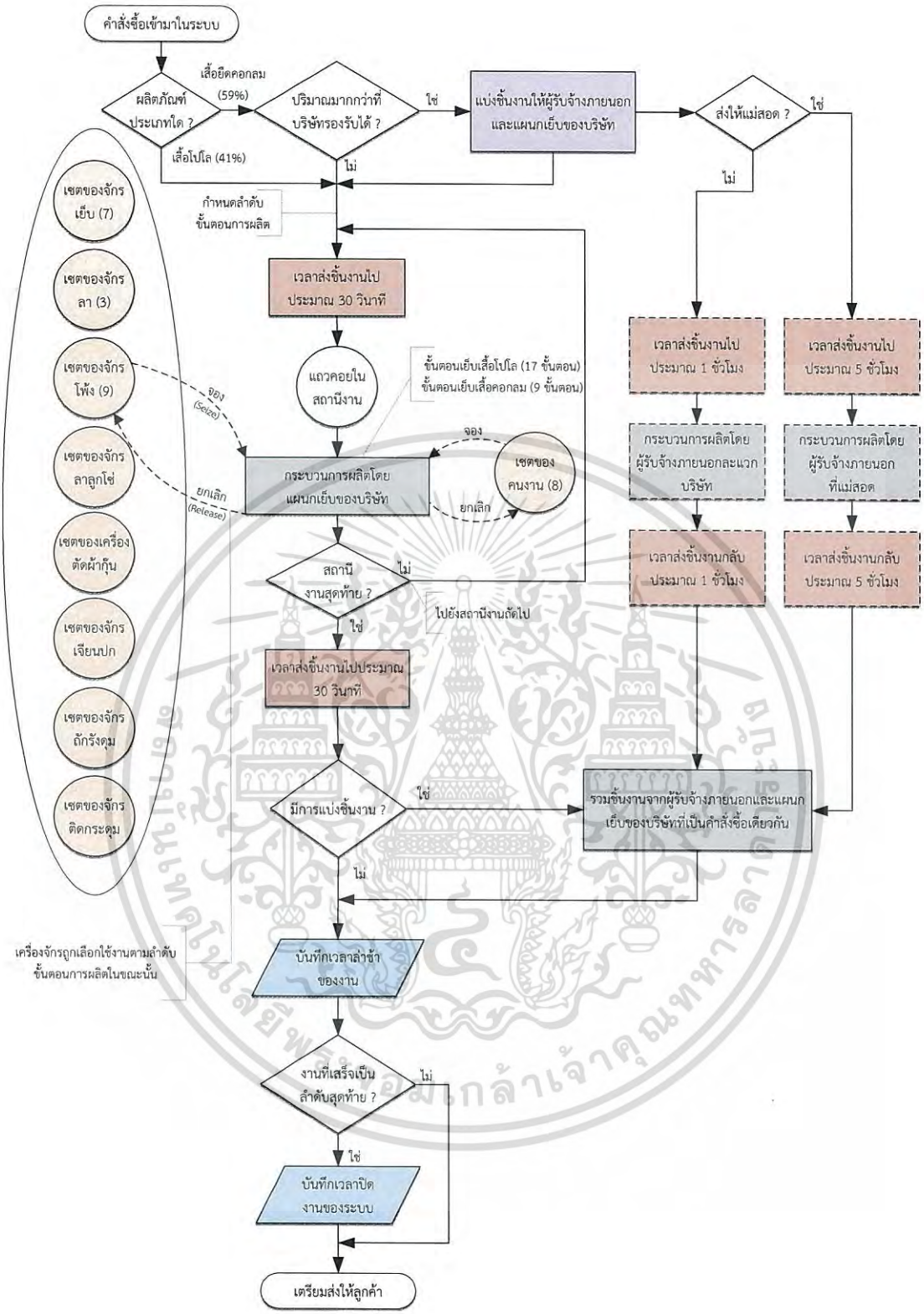
H_1: ข้อมูลนำเข้าไม่มีการแจกแจงตามรูปแบบที่ใช้ทดสอบ

หากค่า P-value ของการทดสอบการแจกแจงมีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ (α) จะไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ แสดงว่าข้อมูลนำเข้ามีการแจกแจงตามรูปแบบที่ใช้ทดสอบ ในทางกลับกัน ถ้าค่า P-value ที่ได้จากการทดสอบน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าระดับนัยสำคัญจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่าข้อมูลนำเข้าไม่มีการแจกแจงตามรูปแบบที่ใช้ทดสอบ โดยการเลือกการแจกแจงของข้อมูลที่ใช้ทดสอบ ผู้วิจัยคำนึงถึงลักษณะธรรมชาติของข้อมูล การประยุกต์ใช้งานของแต่ละรูปแบบของการแจกแจง และค่า sum square-error เพื่อประกอบการพิจารณา

3.4 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่เก็บในช่วงเดือนกันยายน 2557 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2557 ได้แก่ รูปแบบของกระบวนการทำงานของแผนกเย็บ รูปแบบระยะเวลาในการทำงานในแต่ละขั้นตอน และการใช้ทรัพยากรต่างๆ มาใช้ในการสร้างจำลองสถานการณ์ ซึ่งสามารถสรุปเป็นแผนภาพกิจกรรม (Activity diagram) ของกระบวนการทำงานแผนกเย็บได้ดังรูปที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แผนภาพกิจกรรมของการเย็บ (Activity Diagram)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับแผนภาพกิจกรรมของการเย็บ (รูปที่ 3.6) สามารถอธิบายได้โดยเริ่มจากมีคำสั่งซื้อเข้ามาในระบบ ทำการตรวจสอบว่าคำสั่งซื้อนั้นเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทใด โดยมีสัดส่วนเป็นเสื้อยืดคอกลมที่ 59% และเสื้อโปโลที่ 41% ถ้าคำสั่งซื้อเป็นเสื้อยืดคอกลมต้องตรวจสอบก่อนว่ามีปริมาณมากกว่าที่บริษัทรองรับได้หรือไม่ถ้ามีปริมาณมากกว่าต้องมีการแบ่งชิ้นงานให้ผู้รับจ้างภายนอกทำด้วย โดยผู้รับจ้างภายนอกมี 2 ประเภทคือผู้รับจ้างภายนอกที่แม่สอดซึ่งใช้เวลาในการขนส่งชิ้นงานไปและกลับเที่ยวละประมาณ 5 ชั่วโมง และผู้รับจ้างภายนอกที่อยู่ละแวกบริษัทกรณีศึกษาใช้เวลาในการขนส่งชิ้นงานไปและกลับเที่ยวละประมาณ 1 ชั่วโมง ส่วนชิ้นงานที่ต้องผลิตในแผนกเย็บของบริษัทกรณีศึกษาต้องทำการกำหนดลำดับขั้นตอนการผลิตก่อน จากนั้นชิ้นงานจะเข้าไปยังสถานีงานตามที่กำหนดไว้ โดยมีเวลาในการเคลื่อนย้ายชิ้นงานระหว่างผลิตจากสถานีงานหนึ่งไปยังสถานีงานต่อไปประมาณ 30 วินาที ทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตในแต่ละสถานีงานคือคนงาน และเครื่องจักร ถ้าทรัพยากรว่างจะเลือกชิ้นงานจากแถวคอยในสถานีงานมาทำการผลิต ทำไปเรื่อยๆ จนถึงสถานีงานสุดท้ายจะทำการตรวจสอบว่ามีการแบ่งชิ้นงานให้ผู้รับจ้างภายนอกทำหรือไม่ ถ้ามีจะทำการรวมชิ้นงานจากผู้รับจ้างภายนอกและแผนกเย็บของบริษัทกรณีศึกษาให้เป็นคำสั่งซื้อเดียวกัน บันทึกเวลาล่าช้าของงานโดยหาจากเวลาเสร็จงานลบด้วยเวลากำหนดส่งงาน ส่วนงานใดที่เสร็จเป็นลำดับสุดท้ายจะมีการบันทึกให้เป็นเวลาปิดงานของระบบด้วย จากนั้นชิ้นงานจะออกจากระบบโดยเข้าแผนกบรรจุเตรียมส่งให้ลูกค้าต่อไป

3.5 การตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง

เมื่อทำการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของแผนกเย็บของบริษัทกรณีศึกษาแล้ว สิ่งสำคัญที่ต้องทำคือการตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง เพื่อให้แบบจำลองสถานการณ์มีความถูกต้องและสอดคล้องกับระบบจริงมากที่สุด

3.5.1 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Verification)

สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองของงานวิจัยนี้ทำได้โดย

1) ตรวจสอบจากภาพเคลื่อนไหว (Animation) ของแบบจำลองสถานการณ์เพื่อใช้ติดตามการไหลของวัตถุในระบบ

2) ตรวจสอบสถานะของทรัพยากรจากภาพเคลื่อนไหวว่าเป็นอย่างไร เช่น เมื่อเครื่องจักรว่างงานจะแสดงสถานะด้วยรูปเครื่องจักรว่าง เมื่อเครื่องจักรทำงานจะแสดงสถานะด้วยรูปเครื่องจักรที่มีพนักงานกำลังทำงานอยู่

3) ใช้อุปกรณ์ช่วยแก้ไขข้อบกพร่อง (Debugger) ในการตรวจสอบการทำงานของแบบจำลองสถานการณ์ หากแบบจำลองสถานการณ์มีข้อบกพร่องในขณะที่โปรแกรมกำลังดำเนินการจะมีการแจ้งเตือนขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) จำลองการดำเนินการด้วยการจัดตารางการผลิตแบบ FCFS ซึ่งเป็นวิธีการจัดตารางการผลิตปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษาแล้วกำหนดให้บันทึกผลลงไฟล์ Excel เพื่อตรวจสอบผลการจัดตารางการผลิตในแต่ละสถานีงานว่าเป็นไปตามกฎการจ่ายงานแบบมาก่อนทำก่อนหรือไม่

5) อธิบายแบบจำลองให้ผู้ใช้งานฟังอย่างละเอียดทีละโมดูล และให้ผู้อื่นช่วยตรวจสอบแบบจำลองสถานการณ์

3.5.2 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง (Model Validation)

สำหรับการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองของงานวิจัยนี้ทำได้โดยการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของค่าตัวแปรนำเข้าและผลลัพธ์ด้วยข้อมูลในอดีต (Input-Output Validation: Using Historical Input Data) ซึ่งเป็นการใช้ข้อมูลในอดีตที่แท้จริงมาใช้แทนตัวแปรนำเข้า แล้วทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองและระบบจริงด้วยวิธี Welch Confidence Interval โดยตัวสถิติทดสอบแสดงดังสมการที่ (3.1)

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \qquad (3.1)$$

โดยที่ t = ค่าสถิติทดสอบที

$\bar{x}_1$ = ค่าเฉลี่ยตัวอย่างของข้อมูลจากระบบจริง

$\bar{x}_2$ = ค่าเฉลี่ยตัวอย่างของข้อมูลจากแบบจำลอง

μ_1 = ค่าเฉลี่ยประชากรของข้อมูลจากระบบจริง

μ_2 = ค่าเฉลี่ยประชากรของข้อมูลจากแบบจำลอง

s_1 = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลจากระบบจริง

s_2 = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลจากแบบจำลอง

n_1 = ขนาดตัวอย่างของข้อมูลจากระบบจริง

n_2 = ขนาดตัวอย่างของข้อมูลจากแบบจำลอง

ในงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลในช่วงเดือนธันวาคม 2557 ถึงเดือนมกราคม 2558 ซึ่งมีจำนวนคำสั่งซื้อทั้งหมด 6 คำสั่งซื้อ ในการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองและระบบจริง โดยทำการตรวจสอบผลลัพธ์ 2 ผลลัพธ์ได้แก่ เวลาปิดงานของระบบ และเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 แนวทางการปรับปรุง

3.6.1 การเลือกกฎการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีฮิวริสติกส์

จากการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาพบว่าปัญหาการส่งงานล่าช้า สาเหตุหลักมาจากวิธีการวางแผนและการจัดตารางการผลิตที่ไม่มีประสิทธิภาพ โดยการจัดตารางการผลิตในปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษาใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบมาก่อนทำก่อน (First Come First Serve, FCFS) โดยให้ทำงานที่เข้ามาก่อนเป็นอันดับแรก และทำงานที่เข้ามาทีหลังเป็นอันดับต่อไป วิธีนี้มีข้อดีคือ สะดวกง่ายต่อการปฏิบัติ และมีความยุติธรรมสำหรับงานที่เข้าก่อนก็ควรจะได้รับการปฏิบัติก่อน ส่วนข้อเสียคือไม่ได้คำนึงถึงเวลาที่ใช้ในการทำงาน หากงานที่ใช้เวลาทำมากจะทำให้งานอื่นๆ ที่ตามมาต้องคอยนาน และทำให้เกิดปัญหาการว่างงานของเครื่องจักรในลำดับถัดไป ด้วยเหตุนี้ทางผู้วิจัยจึงได้นำเสนอเทคนิคการจำลองสถานการณ์เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมสำหรับเป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปกรณีศึกษาโดยใช้เทคนิคการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีฮิวริสติกส์ โดยเหตุผลที่ผู้วิจัยไม่เลือกใช้วิธีการแทนค่าทุกทางเลือกที่เป็นไปได้ (Complete enumeration method) สำหรับเป็นแนวทางในการจัดตารางการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา เนื่องจากวิธีการนี้ไม่สามารถทำได้ในเวลาที่จำกัด ค่อนข้างเป็นไปได้ยากและไม่เหมาะสำหรับบริษัทกรณีศึกษา อีกทั้งข้อมูลที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตมีความไม่แน่นอนของข้อมูลเข้ามาเกี่ยวข้องทั้งเวลาที่ใช้ในการผลิต เวลามาถึงของคำสั่งซื้อของลูกค้า เวลากำหนดส่งงาน ประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าสั่งผลิต และปริมาณคำสั่งซื้อของลูกค้า กฎการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีฮิวริสติกส์ที่ผู้วิจัยเลือกนำมาใช้ในงานวิจัยนี้จะเป็นวิธีที่ง่ายต่อการใช้งาน และให้ผลลัพธ์ที่ค่อนข้างดี โดยมีจุดประสงค์คือต้องการลดเวลาปิดงานของระบบ และเวลาล่าช้าของงาน จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจึงเลือกกฎการจัดตารางการผลิตมา 3 วิธีได้แก่ การจัดตารางการผลิตแบบเวลากำหนดส่งงานเร็วสุด (Earliest Due Date, EDD), การจัดตารางการผลิตแบบเวลาการผลิตสั้นที่สุด (Shortest Processing Time, SPT) และการจัดตารางการผลิตแบบเวลาการผลิตยาวที่สุด (Longest Processing Time, LPT) เหตุผลที่เลือกกฎการจัดตารางการผลิตทั้ง 3 วิธีมีดังนี้

1) การจัดตารางการผลิตแบบเวลากำหนดส่งงานเร็วสุด (Earliest Due Date, EDD)

การจัดตารางการผลิตแบบเวลากำหนดส่งงานเร็วสุดเป็นการจัดลำดับความสำคัญของการทำงานโดยให้ทำงานที่มีกำหนดส่งมอบเร็วที่สุดก่อนแล้วจึงค่อยทำงานที่มีกำหนดส่งมอบนานกว่าเป็นลำดับถัดไป ถึงแม้ว่าวิธี EDD อาจทำให้มีจำนวนงานที่เข้ามาในระบบมากกว่าวิธีการอื่นๆ และทำให้เกิดสินค้าคงคลังระหว่างการผลิตสูงเนื่องจากไม่ได้คำนึงถึงเวลาที่ใช้ในการทำงาน แต่โดยทั่วไปแล้ววิธี EDD เป็นวิธีที่มุ่งเน้นการลดความล่าช้าจากกำหนดการส่งมอบงาน และเป็นวิธีที่สมเหตุผลที่งานส่งมอบก่อนควรได้รับการผลิตก่อน ทำให้เกิดผลดีต่อการส่งมอบงานแก่ลูกค้า

2) การจัดตารางการผลิตแบบเวลาการผลิตสั้นที่สุด (Shortest Processing Time, SPT)

การจัดตารางการผลิตแบบเวลาการผลิตสั้นที่สุดเป็นการจัดลำดับความสำคัญของการทำงานโดยให้ทำงานที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อนแล้วจึงค่อยทำงานที่ใช้เวลามากเป็นลำดับถัดไป โดย SPT เป็นวิธีที่มุ่งในการลดเวลาปิดงานของงานแต่ละงาน และพยายามทำให้งานต่างๆ ออกจากระบบการผลิตไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้เร็วที่สุด ข้อดีของวิธี SPT คือเวลาการไหลของงานในระบบเฉลี่ยจะมีค่าต่ำที่สุด ทำให้เกิดสินค้าคงคลังระหว่างการผลิตน้อย และสามารถประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บ แต่ข้อเสียของวิธี SPT คืองานที่ใช้เวลาในการผลิตนานๆ ถูกผลักให้ไปอยู่ในอันดับท้ายทำให้ต้องรอคอยเป็นเวลานาน

3) การจัดตารางการผลิตแบบเวลาการผลิตยาวที่สุด (Longest Processing Time, LPT)

การจัดตารางการผลิตแบบเวลาการผลิตยาวที่สุดเป็นการจัดลำดับความสำคัญของการทำงานโดยให้ทำงานที่ใช้เวลามากที่สุดเป็นอันดับแรกจึงค่อยทำงานที่ใช้เวลาน้อยกว่าเป็นอันดับถัดมา ถึงแม้ว่าวิธี LPT มักทำให้เวลาที่ใช้ในการผลิตงานทั้งหมดนาน และยังทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานทรัพยากรด้านการผลิตต่ำ แต่ข้อดีของวิธี LPT คือสามารถสร้างขวัญ และกำลังใจในการทำงานให้แก่พนักงานเนื่องจากเมื่องานยากๆ ที่ใช้เวลานานผ่านไปแล้วก็จะเหลือแต่งานที่ใช้เวลาไม่นาน และวิธี LPT สามารถนำไปใช้กับเครื่องจักรขนานได้ และสามารถลดเวลาปิดงานของระบบได้

3.6.2 การใช้โปรแกรม OptQuest เพื่อหาวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม

หลังจากได้แบบจำลองสถานการณ์ที่สามารถใช้แทนระบบจริงแล้ว ผู้วิจัยจะนำแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้มาเพิ่มส่วนของการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีฮิวริสติกส์แบบอื่นๆ เพื่อให้สามารถเลือกกฎการจ่ายงานได้ โดยกำหนดประเภทลักษณะการให้บริการของแถวคอยของแต่ละสถานีงานเป็นแบบค่าคุณสมบัติประจำตัวน้อยสุดได้รับการผลิตก่อน ซึ่งค่าคุณสมบัติประจำตัวชื่อ priority ที่ใช้สำหรับการเลือกลำดับการผลิตที่เหมือนกันแต่มีสูตรที่ต่างกัน

โดยที่ FCFS กำหนดค่า priority ให้เท่ากับหมายเลขคำสั่งซื้อ

EDD กำหนดค่า priority ให้เท่ากับเวลากำหนดส่งงาน

SPT กำหนดค่า priority ให้เท่ากับจำนวนปริมาณคำสั่งซื้อคูณกับเวลาการผลิตเฉลี่ยต่อหน่วย เนื่องจากปริมาณคำสั่งซื้อแปรผันตรงกับเวลาในการผลิต โดยแบ่งเวลาการผลิตเฉลี่ยต่อหน่วยออกเป็น 2 กลุ่ม คือเสื้อยืดคอกลมมีเวลาการผลิตเฉลี่ยต่อหน่วยเท่ากับ 8 นาที และเสื้อโปโลมีเวลาการผลิตเฉลี่ยต่อหน่วยเท่ากับ 24 นาที

LPT กำหนดค่า priority ให้เท่ากับส่วนกลับของ SPT

ตารางที่ 3.3 การกำหนดค่าตัวแปรในโปรแกรม OptQuest

ประเภทตัวแปร	ตัวแปร	เงื่อนไขในการกำหนดค่า
Controls	กฎการจัดตารางการผลิต (Rule)	ขอบเขตล่าง (Lower Bound) = 1
		ขอบเขตบน (Upper Bound) = 4
Objectives	ค่าเวลาปิดงานของระบบ (Makespan)	Minimize [Record Makespan]
	ค่าเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ย (Tardiness)	Minimize [Record Tardiness]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้แบบจำลองสถานการณ์ที่สามารถเลือกกฎการจ่ายงานได้แล้ว ผู้วิจัยจะใช้โปรแกรม OptQuest สำหรับ Arena ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับวิเคราะห์หาค่าตัวแปรที่เหมาะสมภายใต้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) และข้อจำกัด (Constraints) จากตารางที่ 3.3 เป็นการกำหนดค่าตัวแปรที่ใช้ในโปรแกรม OptQuest เพื่อใช้วิเคราะห์หาวิธีจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมจากกฎการจัดตารางการผลิตทั้ง 4 วิธี จากตัวแปรประเภท Controls ผู้วิจัยกำหนดให้กฎการจัดตารางการผลิตมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 4 โดยที่กฎการจัดตารางการผลิตแบบ FCFS, EDD, SPT และ LPT แทนด้วยเลข 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ จากนั้นทำการเปรียบเทียบเวลาปิดงานของระบบและเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ย

3.6.3 การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบหลายวัตถุประสงค์

การตัดสินใจนำวิธีการจัดตารางการผลิตไปใช้ในบริษัทกรณีศึกษานั้น ไม่สามารถสรุปได้จากการพิจารณาตัวชี้วัดประสิทธิภาพเพียงตัวใดตัวหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากบริษัทกรณีศึกษาได้กำหนดตัวชี้วัดประสิทธิภาพมากกว่า 1 ตัว จึงต้องมีการคำนึงถึงตัวชี้วัดประสิทธิภาพในหลายๆ ตัวร่วมกัน ในงานวิจัยนี้ผู้ประกอบการของบริษัทกรณีศึกษาต้องการให้เวลาปิดงานของระบบมีค่าน้อยที่สุด ในขณะเดียวกันเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ยต้องมีค่าน้อยด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบหลายวัตถุประสงค์ (Multi-Objective Optimization) ด้วยวิธีผลรวมค่าถ่วงน้ำหนัก (Weighted Sum Method) เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจสำหรับผู้ประกอบการของบริษัทกรณีศึกษา แต่เนื่องจากฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีหน่วยไม่เหมือนกันจึงต้องมีการแปลงให้เป็นบรรทัดฐานเดียวกัน (Normalization) โดยใช้สมการดังนี้ [66]

Minimize
$$z = w_1F_1(x) + w_2F_2(x) \tag{3.2}$$

Subject to
$$F_1(x) = \frac{f_1(x) - \min(f_1(x))}{\max(f_1(x)) - \min(f_1(x))} \tag{3.3}$$

$$F_2(x) = \frac{f_2(x) - \min(f_2(x))}{\max(f_2(x)) - \min(f_2(x))} \tag{3.4}$$

$$w_1 + w_2 = 1 \tag{3.5}$$

$$w_1, w_2 \geq 0 \tag{3.6}$$

$$x = \{FCFS, EDD, SPT, LPT\} \tag{3.7}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ z คือ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

x คือวิธีการจัดตารางการผลิต

$f_1(x)$ คือ ค่าเวลาปิดงานของระบบที่ทำการพิจารณา (ชั่วโมง)

$F_1(x)$ คือ ค่าเวลาปิดงานของระบบที่ทำให้เป็นบรรทัดฐานแล้ว

$f_2(x)$ คือ ค่าเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ยที่ทำการพิจารณา (ชั่วโมง)

$F_2(x)$ คือ ค่าเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ยที่ทำให้เป็นบรรทัดฐานแล้ว

w_1 คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของค่าเวลาปิดงานของระบบ

w_2 คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของค่าเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ย

โดยมีคำอธิบายสมการดังนี้

สมการที่ (3.2) คือ ผลรวมของค่าเวลาปิดงานของระบบและค่าเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ยที่ทำให้เป็นบรรทัดฐานแล้วคูณกับค่าถ่วงน้ำหนัก

สมการที่ (3.3) คือ การแปลงค่าเวลาปิดงานของระบบให้เป็นบรรทัดฐาน

สมการที่ (3.4) คือ การแปลงค่าเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ยให้เป็นบรรทัดฐาน

สมการที่ (3.5) คือ ผลรวมของค่าถ่วงน้ำหนักต้องมีค่าเท่ากับ 1

สมการที่ (3.6) คือ ค่าถ่วงน้ำหนักต้องไม่เป็นลบ

สมการที่ (3.7) คือ วิธีการจัดตารางการผลิตซึ่งประกอบด้วย 4 วิธีคือ FCFS, EDD, SPT และ LPT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

บทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองซึ่งได้แก่ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า ผลการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ ผลการตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลองสถานการณ์ ผลการหาวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมด้วย OptQuest และผลการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบหลายวัตถุประสงค์

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์แล้ว ข้อมูลนำเข้าที่มีความไม่แน่นอนต้องมีการนำมาทำการวิเคราะห์รูปแบบการแจกแจงของข้อมูล โดยในที่นี้ผู้วิจัยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้า (Input Analyzer) ซึ่งเป็นเครื่องมือมาตรฐานของโปรแกรม Arena ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ประกอบด้วย อัตราการเข้ามาของคำสั่งซื้อของลูกค้า ปริมาณคำสั่งซื้อของลูกค้า และเวลาการผลิตในแต่ละขั้นตอน โดยได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าเชิงสถิติของการแจกแจงของเวลาระหว่างการมาถึงของคำสั่งซื้อของลูกค้า

ตามธรรมชาติของข้อมูลเวลาระหว่างการมาถึง (Interarrival time) มีการแจกแจงในรูปแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential) เนื่องจากการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียลเหมาะสำหรับการจำลองเวลาระหว่างเหตุการณ์ที่เป็นอิสระต่อกัน [13] ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลเวลาระหว่างการมาถึงของคำสั่งซื้อของลูกค้าว่ามีการแจกแจงเป็นแบบเอกซ์โพเนนเชียลหรือไม่ โดยรูปแบบการแจกแจงของเวลาระหว่างการมาถึงของคำสั่งซื้อของลูกค้าแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 รูปแบบการแจกแจงของเวลาระหว่างการมาถึงของคำสั่งซื้อของลูกค้า

รูปแบบการแจกแจงข้อมูล (วัน)	P-Value	ความน่าจะเป็นที่ลูกค้าสั่ง (%)	
		เสื้อยืดคอกลม	เสื้อโปโล
EXPO(4.25)	> 0.15	59%	41%

จากตารางที่ 4.1 แสดงรูปแบบการแจกแจงของเวลาระหว่างการมาถึงของคำสั่งซื้อของลูกค้า ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- EXPO(4.25) หมายถึงข้อมูลเวลาระหว่างการมาถึงของคำสั่งซื้อของลูกค้ามีรูปแบบการแจกแจงเป็นแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่ค่าเฉลี่ย 4.25 ซึ่งหมายถึงมีคำสั่งซื้อของลูกค้ามาถึงทุกๆ 4.25 วันโดยเฉลี่ย

- ค่า P-Value ที่ได้จากการทดสอบมีค่ามากกว่า 0.15 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ (α) ซึ่งกำหนดไว้ที่ 0.05 แสดงว่าข้อมูลเวลาระหว่างการมาถึงของคำสั่งซื้อของลูกค้ามีการแจกแจงเป็นแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่ค่าเฉลี่ย 4.25

- ความน่าจะเป็นของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าสั่งซื้อเป็นเสื้อยืดคอกลม และเสื้อโปโลเป็น 59% และ 41% ตามลำดับ

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าเชิงสถิติของการแจกแจงของปริมาณความต้องการในแต่ละคำสั่งซื้อของลูกค้า

จากการสัมภาษณ์เจ้าของบริษัทกรณีศึกษาเกี่ยวกับปริมาณความต้องการในแต่ละคำสั่งซื้อของลูกค้าพบว่าประเภทของผลิตภัณฑ์ที่มีการสั่งซื้อมากที่สุดคือเสื้อยืดคอกลม และเสื้อโปโล โดยที่ลูกค้าจะสั่งซื้อเสื้อยืดคอกลมในปริมาณหลักร้อยจนถึงหลักหมื่นชิ้นต่อหนึ่งคำสั่งซื้อ ส่วนเสื้อโปโลลูกค้าจะสั่งซื้อที่ปริมาณหลักร้อยถึงหลักพันชิ้นโดยประมาณ ผู้วิจัยจึงได้ทำการนำข้อมูลการสั่งซื้อในช่วงเวลาที่ทำการศึกษามาทดสอบการแจกแจงปริมาณคำสั่งซื้อของลูกค้าในแต่ละผลิตภัณฑ์ซึ่งแสดงผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 รูปแบบการแจกแจงของปริมาณคำสั่งซื้อของลูกค้าในแต่ละผลิตภัณฑ์

ประเภทผลิตภัณฑ์	รูปแบบการแจกแจงข้อมูล (ชิ้น)	P-Value
เสื้อยืดคอกลม	UNIF(403, 9720)	0.097
เสื้อโปโล	UNIF(109, 822)	0.750

จากตารางที่ 4.2 แสดงรูปแบบการแจกแจงของปริมาณคำสั่งซื้อของลูกค้าในแต่ละผลิตภัณฑ์จะเห็นว่าค่า P-Value จากการทดสอบรูปแบบการแจกแจงของปริมาณคำสั่งซื้อของลูกค้าทั้งประเภทเสื้อยืดคอกลมและเสื้อโปโลมีค่าเท่ากับ 0.097 และ 0.750 ตามลำดับซึ่งมีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญซึ่งกำหนดไว้ที่ 0.05 แสดงว่าปริมาณคำสั่งซื้อของลูกค้าในประเภทเสื้อยืดคอกลมอยู่ที่ 403 ถึง 9720 ชิ้น ส่วนปริมาณคำสั่งซื้อของลูกค้าในประเภทเสื้อโปโลอยู่ที่ 109 ถึง 822 ชิ้น

4.1.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลนำเข้าเชิงสถิติของการแจกแจงของเวลาในการเย็บ

ตามธรรมชาติของข้อมูลเวลาการทำกิจกรรมต่างๆ (Activity Time) หากทราบเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมนั้นๆ ว่ามีค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่าที่เป็นไปได้มากที่สุดเท่าใด สามารถใช้การแจกแจง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

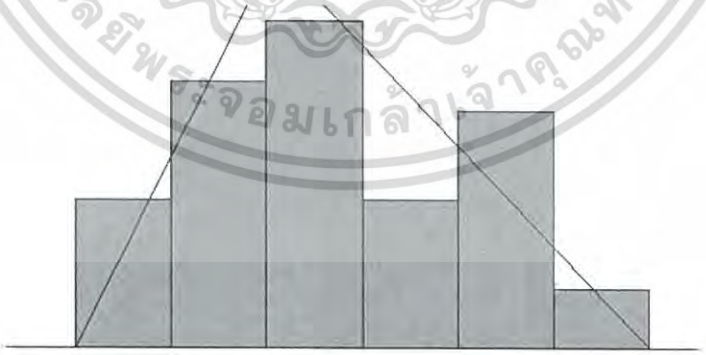
แบบสามเหลี่ยม (Triangular Distribution) ในการอธิบายข้อมูลเวลาการทำกิจกรรมนั้นได้ [13] ซึ่งจากการเก็บข้อมูลเวลาในการเย็บเสื้อยืดคอกลมและเสื้อโปโลจำนวน 40 ข้อมูลในแต่ละขั้นตอนของการเย็บ พบว่ามีค่าเวลาต่ำสุด ค่าเวลาสูงสุด และค่าเวลาที่เป็นไปได้มากที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลเวลาในการเย็บว่ามีการแจกแจงเป็นแบบสามเหลี่ยมหรือไม่

จากตัวอย่างในตารางที่ 4.3 แสดงข้อมูลดิบของเวลาที่ใช้ในการโพ้งต่อไหล่ของเสื้อยืดคอกลมที่ผู้วิจัยเก็บข้อมูลมาในหน่วยนาทีต่อชิ้น จำนวน 40 ข้อมูล มีผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาในการโพ้งต่อไหล่ของเสื้อยืดคอกลมโดยใช้โปรแกรม Input Analyzer ดังรูปที่ 4.1 โดยได้ค่า P-Value จากการทดสอบการแจกแจงของเวลาในการโพ้งต่อไหล่ของเสื้อยืดคอกลมเท่ากับ 0.0941 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญซึ่งกำหนดไว้ที่ 0.05 แสดงว่าข้อมูลเวลาในการโพ้งต่อไหล่ของเสื้อยืดคอกลมมีการแจกแจงแบบสามเหลี่ยมที่มีค่าเวลาต่ำสุด ค่าเวลาที่เป็นไปได้มากที่สุด และค่าเวลาสูงสุดเท่ากับ 0.43, 0.56 และ 0.82 นาทีต่อชิ้น ตามลำดับ และสามารถเขียนเป็นสูตรได้คือ TRIA(0.43, 0.56, 0.82)

จากนั้นทำการวิเคราะห์เวลาในการเย็บในทุกขั้นตอน ซึ่งสามารถสรุปรูปแบบการแจกแจงเวลาในการเย็บเสื้อยืดคอกลม และเสื้อโปโลได้ดังตารางที่ 4.4 และตารางที่ 4.5 ตามลำดับ โดยใช้การแจกแจงแบบสามเหลี่ยมในการอธิบายเวลาการผลิต

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลดิบของเวลาในการโพ้งต่อไหล่ของเสื้อยืดคอกลม 40 ข้อมูล

เวลาในการโพ้งต่อไหล่ของเสื้อยืดคอกลม (นาทีต่อชิ้น)									
0.60	0.58	0.68	0.50	0.75	0.72	0.57	0.53	0.78	0.75
0.67	0.70	0.70	0.65	0.78	0.47	0.57	0.55	0.58	0.48
0.48	0.53	0.50	0.53	0.58	0.50	0.58	0.55	0.48	0.48
0.62	0.58	0.63	0.73	0.52	0.58	0.72	0.63	0.62	0.72



```
Distribution Summary

Distribution:   Triangular
Expression:     TRIA(0.43, 0.565, 0.82)
Square Error:   0.015682

Chi Square Test
  Number of intervals   = 4
  Degrees of freedom    = 2
  Test Statistic        = 4.77
  Corresponding p-value = 0.0941
```

รูปที่ 4.1 ผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาในการโพ้งต่อไหล่ของเสื้อยืดคอกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 รูปแบบการแจกแจงเวลาในการเย็บเสื้อยืดคอกลม

ขั้นตอนเย็บเสื้อยืดคอกลม	สถานีงาน	รูปแบบการแจกแจงข้อมูล (นาที/ชิ้น)	P-Value
โพ้งต่อไหล่	C	TRIA(0.43, 0.56, 0.82)	0.094
ทำชิ้นแขน	B	TRIA(0.15, 0.22, 0.28)	0.082
โพ้งเข้าตัว	C	TRIA(2.00, 2.41, 3.89)	0.057
เย็บทับไหล่	A	TRIA(0.26, 0.37, 0.51)	0.712
ลาชายเสื้อ	B	TRIA(0.42, 0.56, 0.69)	0.054
โพ้งผ้ารัดคอ	C	TRIA(0.04, 0.06, 0.09)	0.348
เรียงผ้ารัดคอ	I	TRIA(0.13, 0.16, 0.26)	0.400
โพ้งคอ	C	TRIA(0.46, 0.56, 0.71)	0.750
เย็บทับคอ	D	TRIA(0.69, 0.79, 0.94)	0.451

ตารางที่ 4.5 รูปแบบการแจกแจงเวลาในการเย็บเสื้อโปโล

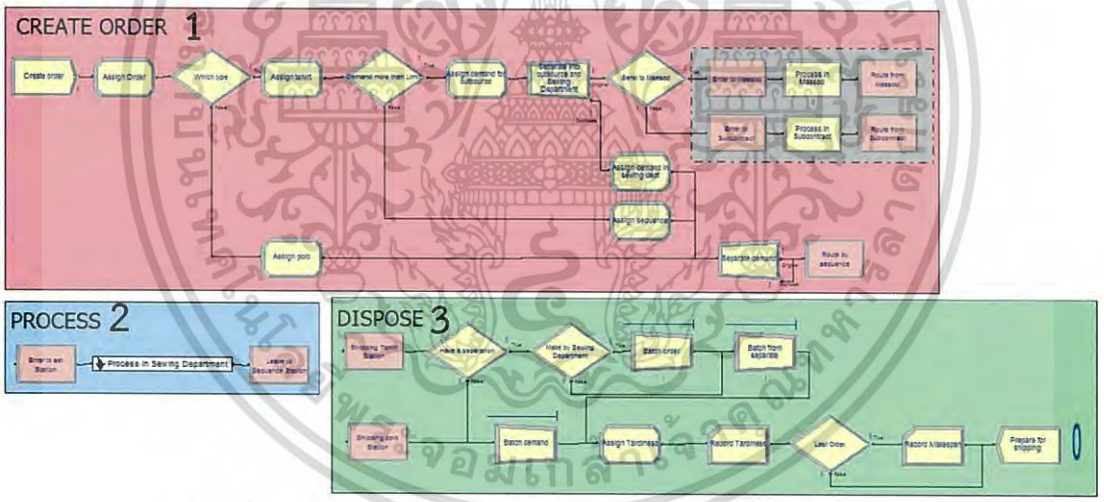
ขั้นตอนเย็บเสื้อโปโล	สถานีงาน	รูปแบบการแจกแจงข้อมูล (นาที/ชิ้น)	P-Value
ลาชายชิ้นหน้า	B	TRIA(0.46, 0.53, 0.69)	0.750
เจาะโปโล	I	TRIA(1.02, 1.11, 1.33)	0.750
เย็บสาบโปโล	A	TRIA(0.15, 0.22, 0.32)	0.179
เย็บสาบโปโลกับชิ้นหน้า	A	TRIA(1.61, 2.37, 3.44)	0.475
ลาชายชิ้นหลัง	B	TRIA(0.43, 0.56, 0.66)	0.421
ทำชิ้นแขน	B	TRIA(0.19, 0.22, 0.28)	0.193
โพ้งต่อไหล่	C	TRIA(0.42, 0.54, 0.91)	0.183
เย็บทับไหล่	A	TRIA(0.29, 0.42, 0.54)	0.414
โพ้งเข้าตัว	C	TRIA(2.44, 3.32, 4.89)	0.424
ย้ำปลายแขน และเก็บผ่าข้าง	A	TRIA(2.62, 3.00, 3.53)	0.750
เตรียมผ้ากุ๊นทำปก	E	TRIA(0.78, 0.95, 1.45)	0.449
ใส่ปก	A	TRIA(0.90, 1.22, 1.47)	0.476
กุ๊นเก็บขอบปกและใส่เบอร์	F	TRIA(1.61, 2.06, 2.46)	0.185
ปิดสาบบนล่าง	A	TRIA(0.44, 0.50, 0.67)	0.075
เจาะรังดุม	G	TRIA(0.20, 0.42, 0.57)	0.162
แต้มเครื่องหมาย	I	TRIA(0.30, 0.37, 0.47)	0.552
ติดกระดุม	H	TRIA(0.47, 0.60, 0.83)	0.347

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วยผลการทดสอบรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลเวลาระหว่างการมาถึงของคำสั่งซื้อของลูกค้า รูปแบบการแจกแจงของข้อมูลปริมาณคำสั่งซื้อของลูกค้าซึ่งแบ่งเป็นเสื้อยืดคอกลม และเสื้อโปโล และรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลเวลาในการเย็บเสื้อยืดคอกลม และเสื้อโปโล ได้แสดงรายละเอียดเพิ่มเติมไว้ในภาคผนวก ง

4.2 ผลการสร้างแบบจำลองสถานการณ์

จากแผนภาพกิจกรรมของกระบวนการทำงานในแผนกเย็บ (รูปที่ 3.6) การแจกแจงของเวลาระหว่างการมาถึงของคำสั่งซื้อของลูกค้า การแจกแจงของปริมาณความต้องการในแต่ละคำสั่งซื้อของลูกค้า การแจกแจงของเวลาในการเย็บเสื้อยืดคอกลม และเสื้อโปโล รวมถึงลำดับขั้นตอนการผลิตและทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตในแต่ละสถานีงาน ผู้วิจัยได้นำมาสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยระบบการจำลองเหตุการณ์ไม่ต่อเนื่อง (Discrete Event Simulation) โดยใช้โปรแกรม Arena เวอร์ชัน 10.0 ภายในแบบจำลองสถานการณ์ของกระบวนการทำงานในแผนกเย็บแสดงดังรูปที่ 4.2 ซึ่งประกอบด้วยแบบจำลองในส่วนของการสร้างคำสั่งซื้อเข้ามาในระบบ (Create Order) ส่วนของกระบวนการผลิตในแผนกเย็บ (Process) และส่วนของการนำสินค้าออกจากระบบ (Dispose)



รูปที่ 4.2 ภาพรวมแบบจำลองสถานการณ์จากโปรแกรม Arena

แบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างจากโปรแกรม Arena ในงานวิจัยนี้สามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ ประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 เป็นแบบจำลองในส่วนของการสร้างชิ้นงานเข้ามาในแบบระบบ (Create Order) เริ่มตั้งแต่มีคำสั่งซื้อของลูกค้าเข้ามาในระบบด้วยเวลาระหว่างการมาถึงของคำสั่งซื้อของลูกค้าด้วยค่าเฉลี่ย 4.25 วัน ใช้โมดูล Assign ชื่อ Assign Order เพื่อกำหนดคุณสมบัติประจำตัว (Attribute) ให้กับคำสั่งซื้อของลูกค้าที่เข้ามาในระบบ (Entity) ได้แก่ ประเภทของคำสั่งซื้อมี 2 ประเภทคือเสื้อยืดคอกลม และเสื้อโปโล โดยกำหนดให้เสื้อยืดคอกลมมีค่า type เท่ากับ 1 และ เสื้อโปโลมีค่า type เท่ากับ 2 หมายเลขลำดับการสั่งซื้อ (Order Number) เวลาเริ่มดำเนินการของแต่ละคำสั่งซื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

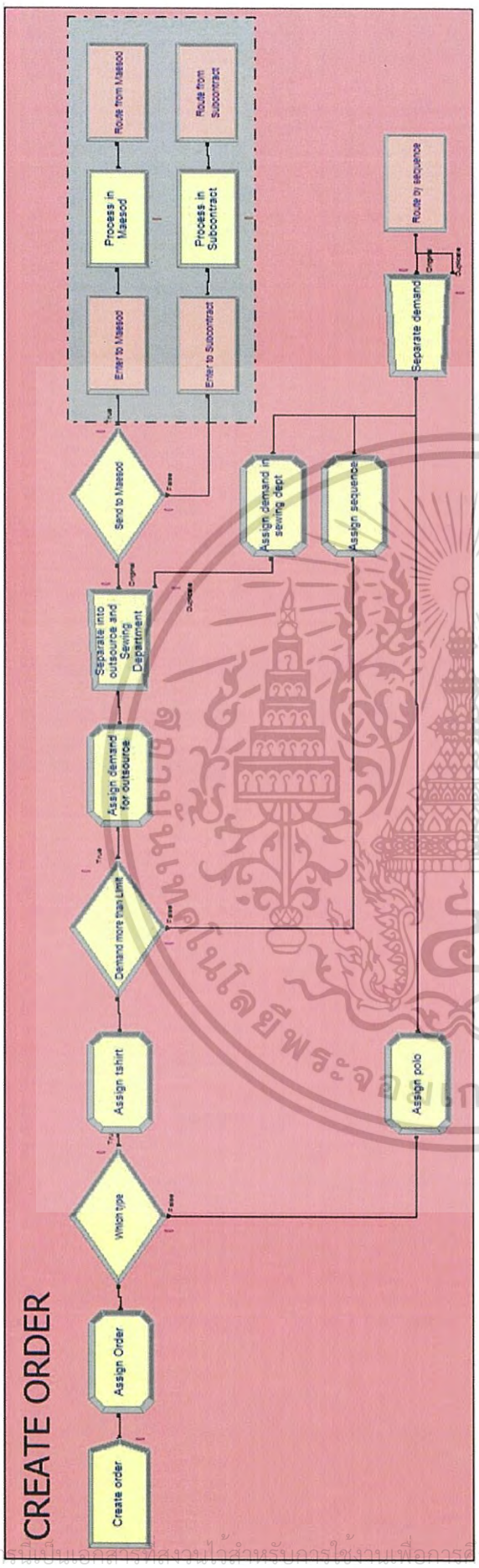
ปริมาณความต้องการของแต่ละคำสั่งซื้อ และเวลากำหนดส่งงานของแต่ละคำสั่งซื้อ จากนั้นใช้โมดูล Decide ชื่อ Which type ในการตรวจสอบประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าสั่งซื้อ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ประเภทมีการผลิตที่แตกต่างกัน ใช้โมดูล Assign ชื่อ Assign tshirt และ Assign polo ในการกำหนดลำดับการผลิตให้เป็นไปตามกระบวนการผลิตของเสื้อยืดคอกลม และเสื้อโปโลตามลำดับ และใช้โมดูล Decide ชื่อ Demand more than limit ทำหน้าที่ในการตรวจสอบปริมาณความต้องการที่ลูกค้าที่สั่งผลิตในแต่ละคำสั่งซื้อเพื่อใช้สำหรับตัดสินใจว่าต้องมีการแยกชิ้นงานส่งให้แก่ผู้รับจ้างภายนอกผลิตหรือไม่ แล้วทำการคัดลอกคำสั่งซื้อให้เท่ากับปริมาณความต้องการของลูกค้าที่สั่งซื้อโดยใช้โมดูล Separate ชื่อ Separate demand เพื่อส่งชิ้นงานไปยังสถานีงานในแผนกเย็บตามลำดับการผลิตที่กำหนดด้วยโมดูล Route ชื่อ Route by sequence ซึ่งลักษณะของแบบจำลองในส่วนที่ 1 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.3

ส่วนที่ 2 เป็นแบบจำลองในส่วนของกระบวนการผลิตในแผนกเย็บ (Process) จากรูปที่ 4.4 จะเห็นว่ามีแบบจำลองย่อย (Submodel) ชื่อ Process in Sewing Department โดยภายในแบบจำลองย่อย (รูปที่ 4.5) มีสถานีงานสำหรับกระบวนการผลิตในแผนกเย็บทั้งหมด 9 สถานีงานตามประเภทของเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต ประกอบด้วยจักร 8 ประเภท และสถานีงานที่ใช้เพียงแรงงานเท่านั้น ชิ้นงานที่เข้ามาในแต่ละสถานีงานจะใช้เวลาการผลิตในแต่ละขั้นตอนตามที่กำหนดไว้ ทรัพยากรที่ใช้ผลิตชิ้นงานในแต่ละสถานีงานมีจำนวนจำกัดทำให้ต้องมีการจัดลำดับความสำคัญว่าชิ้นงานใดควรได้รับการผลิตก่อนหลังโดยใช้โมดูล Assign ชื่อ Assign FCFS กำหนดคุณสมบัติประจำตัว (Attribute) ชื่อ priority สำหรับการเลือกชิ้นงานจากแถวคอยเข้ารับการผลิตในแต่ละสถานีงาน และกำหนดประเภทลักษณะการให้บริการของแถวคอยของแต่ละสถานีงานเป็นแบบ Lowest Attribute Value ซึ่งหมายถึงถ้าค่าคุณสมบัติประจำตัว priority ของชิ้นงานใดมีค่าน้อยที่สุดจะได้รับบริการก่อน ในที่นี้เลือกให้ค่า priority มีค่าเท่ากับหมายเลขลำดับการสั่งซื้อ (Order Number) เพราะการจัดลำดับการผลิตของแผนกเย็บในปัจจุบันคนงานจะเลือกผลิตชิ้นงานที่ลูกค้าสั่งซื้อก่อน

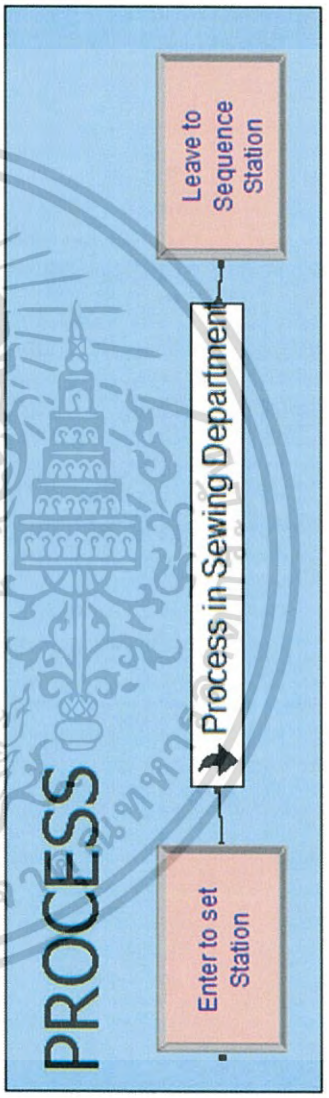
ส่วนที่ 3 เป็นแบบจำลองในส่วนของการบันทึกผลและนำสินค้าออกจากระบบ สำหรับชิ้นงานที่มีการส่งให้ผู้รับจ้างภายนอกทำต้องรอให้ครบจำนวนปริมาณความต้องการก่อน โดยใช้โมดูล Batch ชื่อ Batch demand from outsource ในการรวมจำนวนเสื้อที่ถูกผลิตจากผู้รับจ้างภายนอก และจากแผนกเย็บของบริษัทกรณีศึกษา ส่วนชิ้นงานที่ไม่ได้มีการแบ่งให้ผู้รับจ้างภายนอกผลิตก็ทำการรวมจำนวนเสื้อให้เท่ากับปริมาณความต้องการที่ลูกค้าสั่งผลิตด้วยโมดูล Batch ชื่อ Batch demand จากนั้นบันทึกค่าเวลาล่าช้าของงาน (Tardiness) โดยคิดจากเวลาที่งานเสร็จลบด้วยเวลากำหนดส่งงานของแต่ละคำสั่งซื้อ และหากงานใดเสร็จเป็นลำดับสุดท้ายจะมีการบันทึกค่าเวลาปิดงานของระบบ (Makespan) ด้วย ซึ่งลักษณะของแบบจำลองในส่วนที่ 3 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.6

โดยรายละเอียดการกำหนดค่าโมดูล (Module) ทั้งหมดในแบบจำลองสถานการณ์สามารถดูได้ในภาคผนวก จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

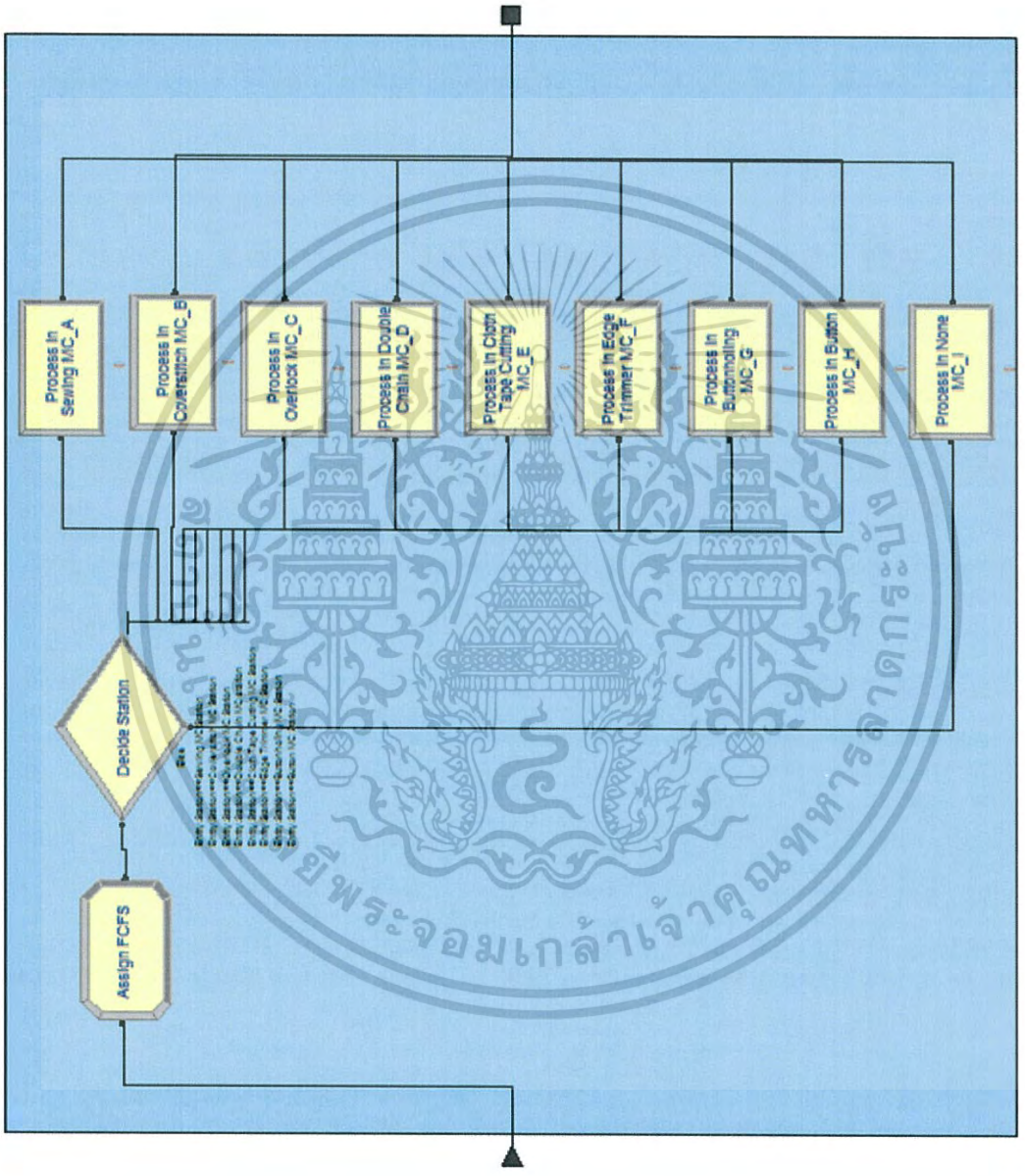


รูปที่ 4.3 แบบจำลองในส่วนของการสร้างและกำหนดคุณสมบัติประจำตัวของคำสั่งซื้อ



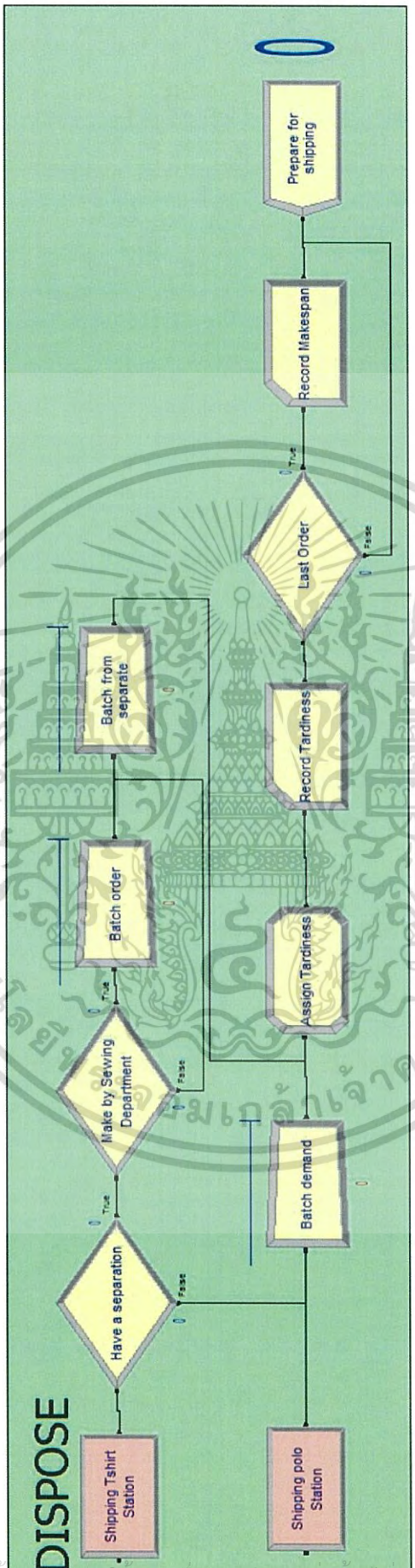
รูปที่ 4.4 แบบจำลองในส่วนของสถานีงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แบบจำลองย่อยในส่วนของการผลิต (Process in Sewing Department)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แบบจำลองในส่วนของการบันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของแบบจำลองสถานการณ์

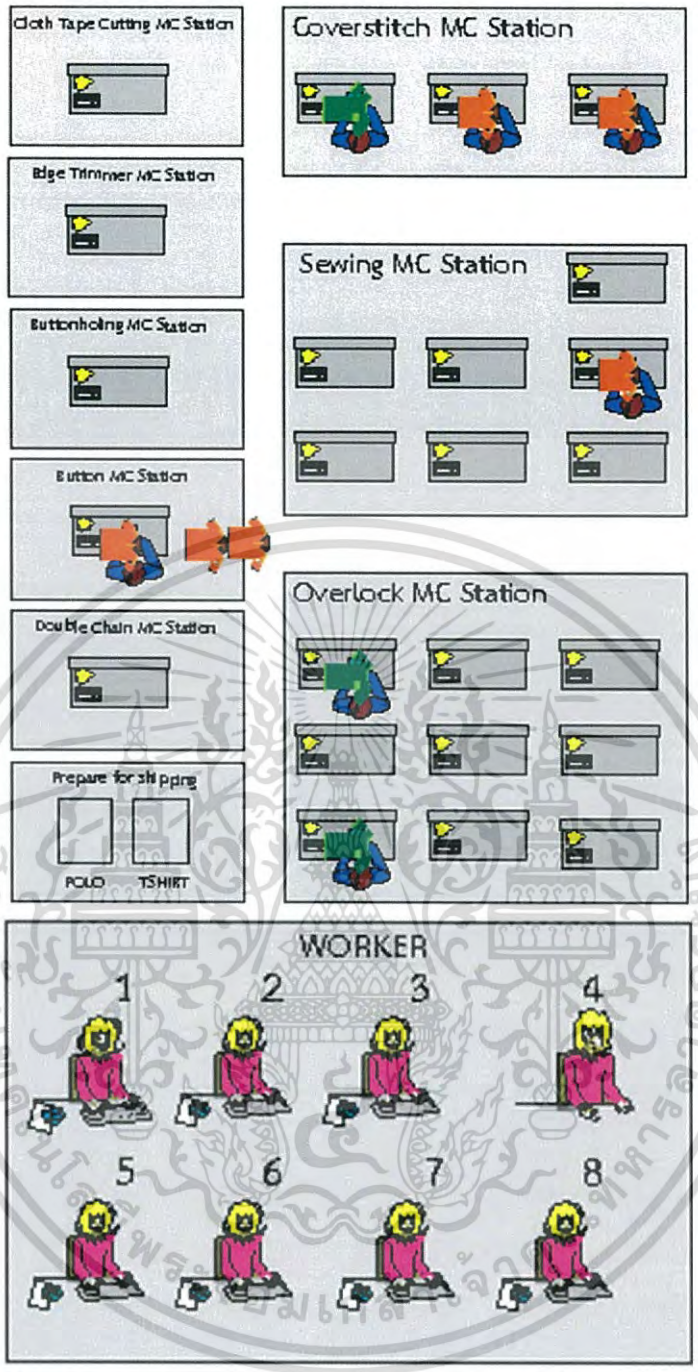
4.3.1 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์

ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของสถานะของเครื่องจักรและพนักงานจากภาพเคลื่อนไหวของแบบจำลองสถานการณ์ โดยสถานะของเครื่องจักรและพนักงานแสดงดังตารางที่ 4.6 เครื่องจักรสามารถแสดงสถานะได้ 3 สถานะคือ เครื่องจักรว่างงาน เครื่องจักรกำลังทำงานโดยเย็บเสื้อยืดคอกลม และเครื่องจักรกำลังทำงานโดยเย็บเสื้อโปโล ส่วนพนักงานสามารถแสดงสถานะได้ 2 สถานะคือ พนักงานว่างงาน และพนักงานกำลังทำงาน ซึ่งสถานะระหว่างเครื่องจักรและพนักงานต้องมีความสอดคล้องกัน กล่าวคือจำนวนเครื่องจักรที่กำลังทำงานต้องมีจำนวนเท่ากับจำนวนพนักงานที่กำลังทำงาน รูปที่ 4.7 เป็นตัวอย่างแสดงความถูกต้องของสถานะของเครื่องจักรและพนักงาน ซึ่งมีเครื่องจักรที่กำลังทำงานอยู่ 7 เครื่อง และพนักงานกำลังทำงานอยู่ 7 คน ที่ทำงานสอดคล้องกันอยู่

ตารางที่ 4.6 สถานะของเครื่องจักรและพนักงาน

ภาพเคลื่อนไหว	ความหมาย
	เครื่องจักรว่างงาน
	เครื่องจักรกำลังทำงานโดยเย็บเสื้อยืดคอกลม
	เครื่องจักรกำลังทำงานโดยเย็บเสื้อโปโล
	พนักงานว่างงาน
	พนักงานกำลังทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ตัวอย่างการตรวจสอบสถานะของเครื่องจักรและคนงานในแบบจำลองสถานการณ์

4.3.2 ผลการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองสถานการณ์

การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองสถานการณ์จะทำการทดสอบทั้งหมด 2 ส่วน ได้แก่ การตรวจสอบสอบความสมเหตุสมผลของค่าเวลาปิดงานของระบบ และการตรวจสอบสอบความสมเหตุสมผลของค่าเวลาปิดงานของระบบ โดยใช้การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของค่าตัวแปรนำเข้าและผลลัพธ์ด้วยข้อมูลในอดีต

การจำลองผลโปรแกรมสำหรับการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองสถานการณ์จะกำหนดให้มีการทำงานของแบบจำลองสถานการณ์ (Run Time) ที่สัปดาห์ละ 6 วัน วันละ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั่วโมง และไม่ได้ระบุความยาวของเวลาในการจำลองสถานการณ์ (Run Length) แต่กำหนดให้มีคำสั่งซื้อของลูกค้าเข้าสู่ระบบเท่ากับ 6 คำสั่งซื้อตามข้อมูลในช่วงเดือนธันวาคม 2557 ที่ใช้สำหรับตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองสถานการณ์ โดยระบบจะสิ้นสุดเองเมื่อวัตถุตัวสุดท้ายออกจากแบบจำลอง โดยผลการจำลองสถานการณ์ได้ค่าเวลาปิดงานของระบบ และเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ยดังรูปที่ 4.8

User Specified

Tally

Expression	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Record Makespan	330.49	< 15.96	90.3741	740.71	90.3741	740.71
Record Tardiness	15.1524	< 2.96	0.00	130.06	0.00	428.16

รูปที่ 4.8 ผลการจำลองสถานการณ์ที่วัดค่าเวลาปิดงานของระบบและเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ย

จากรูปที่ 4.8 จะเห็นว่าผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์จะเป็นเวลาที่อยู่ในรูปหน่วยชั่วโมงและนับเวลาเฉพาะวันที่ทำการผลิตเท่านั้น แต่ข้อมูลการผลิตจริงที่ได้รวบรวมมา (ตารางที่ 3.2) จะนับรวมวันที่ไม่ได้ทำการผลิตเข้าไปด้วย ดังนั้นเมื่อนำผลลัพธ์จากระบบจริงมาเปรียบเทียบกับแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองสถานการณ์จำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนเวลาจากข้อมูลจริงให้เหมือนกับเวลาทำงานในแบบจำลอง โดยผู้วิจัยทำการแปลงข้อมูลการสั่งซื้อในช่วงเดือนธันวาคม 2557 ให้อยู่ในรูปหน่วยชั่วโมง โดยไม่นับวันที่ไม่ได้ทำการผลิต และเก็บรวบรวมเวลาที่งานเสร็จในช่วงเวลาดังกล่าวซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 4.7 ยกตัวอย่างเช่น หมายเลขคำสั่งซื้อที่ 16 เข้าระบบและเริ่มผลิตที่ชั่วโมงที่ 0 มีกำหนดส่งงานที่ชั่วโมงที่ 24 แต่ทำงานเสร็จจริงที่ชั่วโมงที่ 32 ทำให้มีค่าเวลาล่าช้าของงานอยู่ที่ 8 ชั่วโมง และสามารถสรุปจากตารางที่ 4.7 ได้ว่าในช่วงเดือนธันวาคม 2557 เวลาปิดงานของระบบคือเวลาที่งานสุดท้ายเสร็จมีค่าอยู่ที่ 328 ชั่วโมง ส่วนเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ยเท่ากับ 15.5 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.7 เวลาจากระบบจริงที่ถูกแปลงให้อยู่ในรูปเวลาการทำงานในแบบจำลองสถานการณ์

หมายเลขคำสั่งซื้อ	เริ่มผลิต (ชม.)	เวลากำหนดส่งงาน (ชม.)	เวลาที่งานเสร็จ (ชม.)	เวลาล่าช้าของงาน (ชม.)
16	0	24	32	8
17	16	328	328	0
18	80	104	112	8
19	104	152	184	32
20	128	200	224	24
21	128	296	324.8	28.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

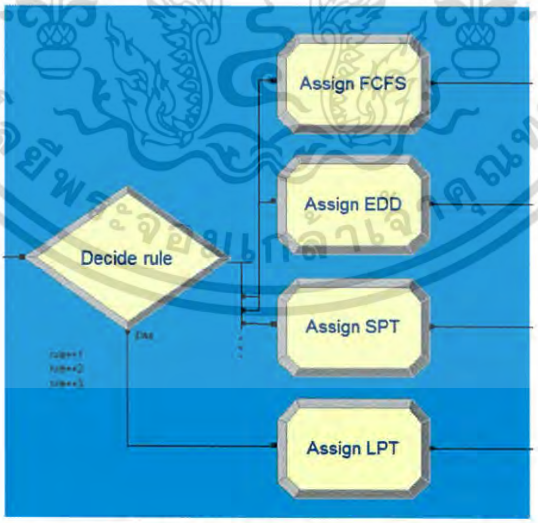
เมื่อนำผลลัพธ์จากระบบจริงมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์จะได้ดังตารางที่ 4.8 จะเห็นว่าเวลาปิดงานของระบบและเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ยจากระบบจริงอยู่ภายใต้ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของระบบที่จำลองขึ้น จึงสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองสถานการณ์สามารถนำมาใช้อธิบายการทำงานของระบบจริงได้

ตารางที่ 4.8 เวลาปิดงานของระบบและเวลาส่งงานล่าช้าของระบบจริงและแบบจำลองสถานการณ์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ข้อมูล	ค่าจากระบบจริง	ผลการจำลองสถานการณ์ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95%	หน่วย
เวลาปิดงานของระบบ	328	(314.53, 346.45)	ชั่วโมง
เวลาล่าช้าของงานเฉลี่ย	15.5	(12.1924, 18.1124)	ชั่วโมง

4.4 ผลการหาวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมด้วย OptQuest

หลังจากได้แบบจำลองสถานการณ์ที่สามารถใช้แทนระบบจริงได้แล้ว ผู้วิจัยได้นำแบบจำลองสถานการณ์นี้มาเพิ่มส่วนของการจัดตารางการผลิตโดยวิธีฮิวริสติกส์แบบอื่นๆ อันได้แก่ กฎ EDD, กฎ SPT และกฎ LPT เพื่อให้สามารถเลือกกฎการจ่ายงานแล้วนำมาเปรียบเทียบกับการจัดตารางการผลิตแบบเดิมที่ใช้กฎ FCFS ได้ดังรูปที่ 4.9 โดยทำการเพิ่มโมดูล Decide rule, Assign EDD, Assign SPT และ Assign LPT ลงในแบบจำลองย่อยจากแบบจำลองสถานการณ์ในส่วนที่ 2 (รูปที่ 4.5)



รูปที่ 4.9 แบบจำลองที่เพิ่มเติมในส่วนการเลือกกฎการจ่ายงาน

จากแบบจำลองที่เพิ่มเติมในส่วนการเลือกกฎการจ่าย (รูปที่ 4.9) สามารถอธิบายการทำงานของแบบจำลองได้ว่าเมื่อชิ้นงานเข้ามายังโมดูล Decide rule ซึ่งเป็นโมดูลที่ใช้สำหรับตัดสินใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางเลือกให้กับชิ้นงานว่าต้องไปทางใด โดยผู้วิจัยได้สร้างเงื่อนไขด้วยคุณสมบัติประจำตัว (Attribute) ชื่อ rule และกำหนดทางเลือกไว้ 4 เงื่อนไขคือ

เงื่อนไขที่ 1 ถ้า rule มีค่าเท่ากับ 1 ชิ้นงานจะเลือกไปยังโมดูล Assign FCFS

เงื่อนไขที่ 2 ถ้า rule มีค่าเท่ากับ 2 ชิ้นงานจะเลือกไปยังโมดูล Assign EDD

เงื่อนไขที่ 3 ถ้า rule มีค่าเท่ากับ 3 ชิ้นงานจะเลือกไปยังโมดูล Assign SPT

เงื่อนไขที่ 4 คือเงื่อนไขที่ทำให้เงื่อนไขที่ 1, เงื่อนไขที่ 2 และเงื่อนไขที่ 3 เป็นเท็จ คือถ้า rule มีค่าอื่นที่ไม่ใช่ 1, 2 และ 3 ชิ้นงานจะเลือกไปยังโมดูล Assign LPT

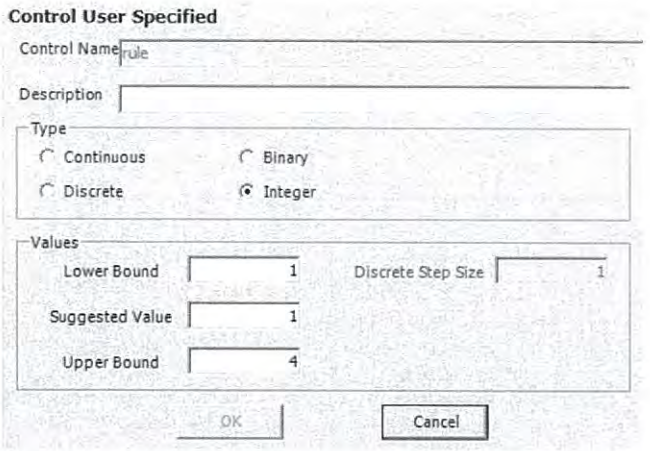
โดยในโมดูล Assign FCFS, Assign EDD, Assign SPT และ Assign LPT จะมีการกำหนดคุณสมบัติประจำตัวชื่อ priority สำหรับเลือกชิ้นงานจากแถวคอยเข้ารับการผลิตในแต่ละสถานีงาน โดยแต่ละโมดูลจะกำหนดสูตรที่ต่างกันตามกฎการจ่ายงานดังตารางที่ 4.9 และกำหนดประเภทลักษณะการให้บริการของแถวคอยของแต่ละสถานีงานเป็นแบบ Lowest Attribute Value ซึ่งหมายถึงถ้าค่าคุณสมบัติประจำตัวชื่อ priority ของชิ้นงานใดมีค่าน้อยที่สุดจะได้รับบริการก่อน

ตารางที่ 4.9 การกำหนดสูตรที่ใช้เลือกลำดับการผลิต

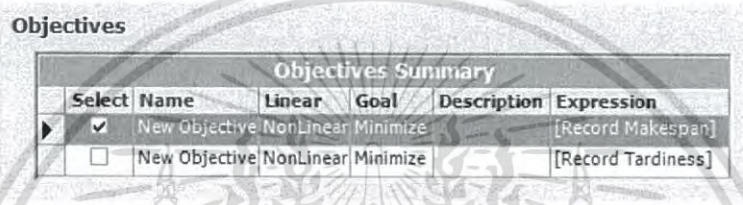
ชื่อโมดูล	priority
Assign FCFS	หมายเลขคำสั่งซื้อ
Assign EDD	เวลากำหนดส่งงาน
Assign SPT	ปริมาณคำสั่งซื้อคูณกับเวลาผลิตเฉลี่ยต่อหน่วย
Assign LPT	ส่วนกลับของ SPT

จากนั้นผู้วิจัยใช้ OptQuest for Arena ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าที่เหมาะสมภายใต้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) และข้อจำกัด (Constraints) กำหนดค่าตัวแปรประเภท Controls และ Objectives ดังตารางที่ 3.3 เนื่องจากงานวิจัยนี้ต้องการหาวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมจากกฎการจ่ายงานทั้ง 4 วิธี ผู้วิจัยจึงกำหนดตัวแปรควบคุม (Controls) คือค่ากฎการจัดตารางการผลิตในที่นี้คือตัวแปรชื่อ rule ให้มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 4 ดังรูปที่ 4.10 และค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective) มี 2 ค่าคือต้องการให้ได้ค่าเวลาปิดงานของระบบน้อยที่สุด และเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ยน้อยที่สุด โดยจึงกำหนดให้เป็น Minimize ดังรูปที่ 4.11 โดยใช้ค่าเวลาปิดงานของระบบและเวลาล่าช้าของงานที่บันทึกได้จากโมดูล Record ในแบบจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 3 (รูปที่ 4.6) ชื่อ Record Makespan และ Record Tardiness ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

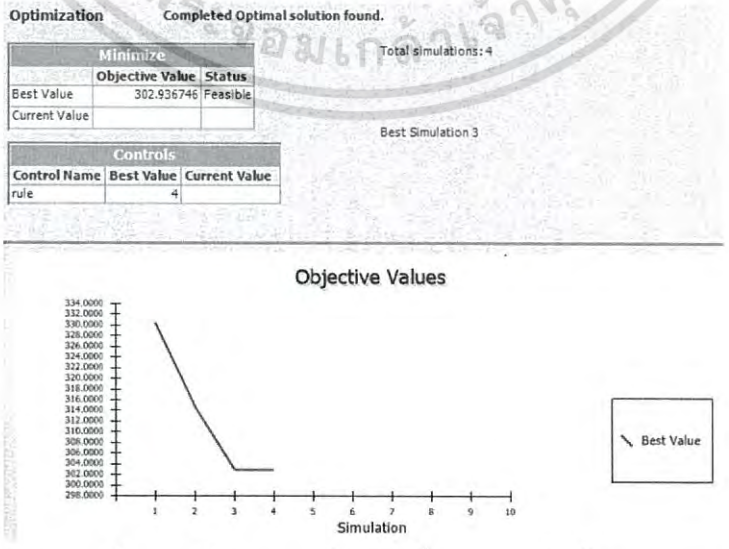


รูปที่ 4.10 การกำหนดค่าตัวแปรควบคุมในโปรแกรม OptQuest



รูปที่ 4.11 การกำหนดค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในโปรแกรม OptQuest

เมื่อกำหนดค่าตัวแปรในโปรแกรม OptQuest แล้วทำการรันโปรแกรมเพื่อหากฎการจ่ายงานที่เหมาะสมผ่านแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้จากโปรแกรม OptQuest ซึ่งแสดงผลดังรูปที่ 4.12 โดยที่แกน y คือค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในที่นี้คือเวลาปิดงานของระบบ ส่วนแกน x คือรอบประมวลผล (Simulation) ซึ่งมีทั้งหมด 4 รอบ โดยในแต่ละรอบประมวลผลจะมีจำนวนครั้งในการทำซ้ำทั้งหมด 210 ครั้ง (Replication Per Simulation) ซึ่งค่าที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ยของการทำซ้ำในแต่ละรอบที่ทำให้สมการเงื่อนไขเป็นจริงและแสดงผลออกมาตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด ซึ่งผลที่ได้คือเวลาปิดงานของระบบที่น้อยที่สุดเท่ากับ 302.94 ชั่วโมง

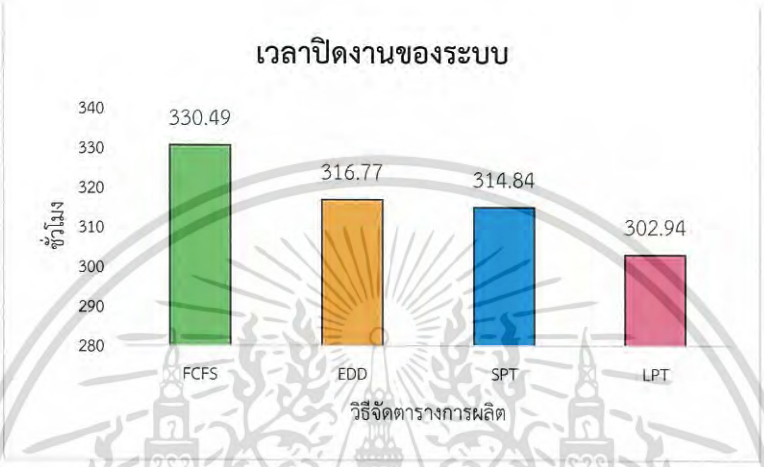


รูปที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์หากฎการจ่ายงานที่เหมาะสมผ่านโปรแกรม OptQuest

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1 ผลด้านเวลาปิดงานของระบบ (Makespan)

ในการวัดประสิทธิภาพด้านเวลาปิดงานของระบบ สิ่งที่ต้องการคือเวลาปิดงานของระบบมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งเป็นค่าเวลาที่ระบบทำงานชิ้นสุดท้ายเสร็จสิ้น จากการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการจัดตารางการผลิตในแบบต่างๆ ผ่านโปรแกรม OptQuest พบว่าการจัดตารางการผลิตด้วยกฎ LPT ให้ผลลัพธ์ทางด้านเวลาปิดงานของระบบที่ดีที่สุดคือ มีเวลาปิดงานของระบบที่น้อยที่สุด รองลงมาคือ กฎ SPT กฎ EDD และ กฎ FCFS ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 เวลาปิดงานของระบบที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม OptQuest

4.4.2 ผลด้านเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ย (Tardiness)

ในการวัดประสิทธิภาพด้านเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ย สิ่งที่ต้องการคือเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งหมายถึงเวลาที่ไม่สามารถผลิตได้ทันตามความต้องการที่กำหนด จากการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการจัดตารางการผลิตในแบบต่างๆ ผ่านโปรแกรม OptQuest พบว่าการจัดตารางการผลิตด้วยกฎ SPT ให้ผลลัพธ์ทางด้านเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ยที่ดีที่สุดคือ มีเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ยที่น้อยที่สุด รองลงมาคือ กฎ EDD กฎ FCFS และ กฎ LPT ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.14

รูปที่ 4.14 เวลาล่าช้าของงานเฉลี่ยที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม OptQuest

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบหลายวัตถุประสงค์

หลังจากที่ได้ค่าเวลาปิดงานของระบบและเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ยของแต่ละวิธีการจัดตารางการผลิตแล้ว จะเห็นว่าวิธีการจัดตารางการผลิตในแต่ละวิธีนั้นมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน อย่างเช่นกฎ LPT ที่ถึงแม้จะให้เวลาปิดงานของระบบน้อยที่สุด แต่ในขณะเดียวกันก็ให้ค่าเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ยมากที่สุดด้วย ดังนั้นเพื่อหาวิธีการจัดตารางการผลิตที่ดีที่สุดให้ผู้ประกอบการของบริษัทกรณีศึกษาจากทางเลือกที่นำเสนอภายใต้กฎการจัดตารางการผลิตทั้ง 4 วิธีนี้ ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบหลายวัตถุประสงค์ด้วยวิธีผลรวมค่าถ่วงน้ำหนัก โดยผลการคำนวณของค่าเวลาปิดงานของระบบและค่าเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ยที่ทำให้เป็นบรรทัดฐานแล้วดังสมการที่ (3.3) และ (3.4) ของแต่ละวิธีการจัดตารางการผลิตแสดงดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ค่าเวลาปิดงานของระบบและค่าเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ยที่ทำให้เป็นบรรทัดฐาน

วิธีการจัดตารางการผลิต	$f_1(x)$ (ชั่วโมง)	$f_2(x)$ (ชั่วโมงต่องาน)	$F_1(x)$	$F_2(x)$
FCFS	330.49	15.15	1.00	0.89
EDD	316.77	4.36	0.50	0.03
SPT	314.84	3.94	0.43	0.00
LPT	302.94	16.54	0.00	1.00

จากนั้นทำการหาค่าผลรวมของค่าเวลาปิดงานของระบบและค่าเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ยที่ทำให้เป็นบรรทัดฐานแล้วคูณกับค่าถ่วงน้ำหนัก (w_1 และ w_2) ดังสมการที่ (3.2) เนื่องจากทางโรงงานกรณีศึกษาต้องการให้ค่าเวลาปิดงานของระบบน้อยที่สุด ในขณะเดียวกันค่าเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ยน้อยที่สุดด้วย แต่ในความเป็นจริงผู้ประกอบการของบริษัทกรณีศึกษาอาจให้ความสำคัญของวัตถุประสงค์ทั้งสองไม่เท่ากัน ผู้วิจัยจึงได้กำหนดค่าถ่วงน้ำหนักออกเป็น 3 กรณีคือให้ความสำคัญระหว่างเวลาปิดงานของระบบและเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ยเป็นอัตราส่วน 30:70, 50:50 และ 70:30 เนื่องจากทางบริษัทกรณีศึกษายังไม่ได้ตัดสินใจว่าควรให้ความสำคัญของวัตถุประสงค์เป็นอย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ผลการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบหลายวัตถุประสงค์

กรณี	w_1	w_2	วิธีการจัดตารางการผลิต	$z = w_1F_1(x) + w_2F_2(x)$
1	0.3	0.7	FCFS	0.923
			EDD	0.174
			SPT	0.130
			LPT	0.700
2	0.5	0.5	FCFS	0.945
			EDD	0.268
			SPT	0.216
			LPT	0.500
3	0.7	0.3	FCFS	0.967
			EDD	0.361
			SPT	0.302
			LPT	0.300

จากตารางที่ 4.11 แสดงถึงผลการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบหลายวัตถุประสงค์จะเห็นว่ากรณีที่ให้ความสำคัญระหว่างเวลาปิดงานของระบบและเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ยเป็นอัตราส่วน 30:70 และ 50:50 วิธีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT จะให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด แต่ถ้าให้ความสำคัญระหว่างเวลาปิดงานของระบบและเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ยเป็นอัตราส่วน 70:30 วิธีการจัดตารางการผลิตแบบ LPT จะให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการหาวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการเย็บเสื้อผ้าสำเร็จรูปของบริษัท ทีทีเอช เทรดดิ้ง จำกัด ซึ่งในปัจจุบันยังขาดการจัดตารางการผลิตที่มีประสิทธิภาพ ในช่วงที่มีคำสั่งซื้อเข้ามามากจึงเกิดปัญหาการผลิตไม่ทันตามวันที่กำหนดและการส่งมอบส่งงานล่าช้า หรืออาจต้องมีการเพิ่มกำลังการผลิตโดยให้คนงานทำงานล่วงเวลา รวมถึงต้องมีการทำสัญญาช่วงจากภายนอกเพื่อให้ส่งงานทันเวลา

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลการผลิตของแผนกเย็บเพื่อนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ซึ่งประกอบด้วย ลำดับขั้นตอนการผลิตในแต่ละผลิตภัณฑ์ การใช้งานเครื่องจักรในแต่ละขั้นตอนการผลิต เวลาที่ใช้ในการผลิตแต่ละขั้นตอน อัตราการเข้ามาของคำสั่งซื้อของลูกค้า โดยแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายระบบจริงได้ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการจัดตารางการผลิตด้วย กฎ EDD กฎ SPT และ กฎ LPT เปรียบเทียบกับการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของบริษัทกรณีศึกษาด้วยกฎ FCFS โดยใช้ OptQuest ของโปรแกรม Arena ในการเปรียบเทียบหาคำตอบที่เหมาะสม เพื่อให้ได้เวลาปิดงานของระบบและเวลางานล่าช้าเฉลี่ยน้อยที่สุด

จากการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ระหว่างระบบการผลิตในปัจจุบันซึ่งใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบ FCFS และวิธีการจัดตารางการผลิตที่เสนอขึ้น 3 วิธีคือ EDD SPT และ LPT พบว่า กฎการจัดตารางการผลิตที่ทำให้ได้ค่าเวลาปิดงานของระบบที่มีค่าน้อยที่สุดคือ LPT ซึ่งสามารถลดเวลาปิดงานของระบบจากเดิมเท่ากับ 8.34% และการวัดประสิทธิภาพด้านเวลางานล่าช้าเฉลี่ย กฎการจัดตารางการผลิตที่ทำให้ได้ค่าเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ยที่น้อยที่สุดคือ SPT ซึ่งสามารถลดเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ยจากเดิมเท่ากับ 73.99%

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบหลายวัตถุประสงค์ ในกรณีที่มีการกำหนดเป้าหมายมากกว่าหนึ่งอย่าง ซึ่งวิธีนี้ต้องมีการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสม เนื่องจากบริษัทกรณีศึกษาอาจให้ความสำคัญของตัวชี้วัดแต่ละตัวไม่เท่ากัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้กำหนดค่าถ่วงน้ำหนักออกเป็น 3 กรณีเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจให้แก่ผู้ประกอบการของบริษัทกรณีศึกษา ผลคือ SPT ให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดเมื่อให้ความสำคัญระหว่างเวลาปิดงานของระบบและเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ยเป็นอัตราส่วน 30:70 และ 50:50 และ LPT ให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดเมื่อให้ความสำคัญระหว่างเวลาปิดงานของระบบและเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ยเป็นอัตราส่วน 70:30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับบริษัทกรณีศึกษา

จากผลการวิจัยที่ได้ ถึงแม้ว่า LPT ให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดเมื่อให้ความสำคัญระหว่างเวลาปิดงานของระบบและเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ยเป็นอัตราส่วน 70:30 แต่เมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ดังกล่าวระหว่าง SPT กับ LPT แล้ว พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ที่ 0.7833% ซึ่งถือว่ามีความแตกต่างกันน้อยมาก ดังนั้นหากบริษัทกรณีศึกษาพิจารณาตัวชี้วัดประสิทธิภาพแค่ 2 ตัวคือเวลาปิดงานของระบบและเวลาล่าช้าของงานเฉลี่ย ผู้วิจัยขอแนะนำให้บริษัทกรณีศึกษาเลือกใช้ SPT เพื่อให้สอดคล้องกับผลลัพธ์ที่ได้ในกรณีที่ใช้อัตราส่วน 30:70 และ 50:50

อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้เป็นเพียงการนำเสนอวิธีจัดตารางการผลิตเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษาเท่านั้น และการหาวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุดไม่สามารถทำได้โดยง่าย เนื่องจากขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง อันได้แก่ ลักษณะรูปแบบการเข้ามาของคำสั่งซื้อของลูกค้า ลำดับขั้นตอนการผลิต ปริมาณการผลิต เวลากำหนดส่งมอบ เวลาปฏิบัติงานในแต่ละขั้นตอนการผลิต รวมทั้งตัวชี้วัดหรือเกณฑ์ที่ผู้ประกอบการเห็นสมควร ดังนั้นการจัดตารางการผลิตด้วยวิธี SPT เป็นแนวทางในการจัดตารางการผลิตที่บริษัทกรณีศึกษาควรนำไปใช้ ในกรณีที่บริษัทกรณีศึกษามีการทำงานในลักษณะเช่นเดียวกับในงานวิจัยนี้เท่านั้น ในอนาคตสามารถศึกษาการจัดตารางการผลิตเพิ่มเติมได้หากมีผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ต้องผลิตในบริษัทกรณีศึกษา มีการปรับเปลี่ยนการทำงานใหม่ หรือมีการเปลี่ยนผังโรงงานใหม่ เป็นต้น

5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

ในงานวิจัยนี้ไม่ได้ศึกษาถึงเรื่องของการขาดวัตถุดิบในการผลิต การแทรกงานในกรณีลูกค้าต้องการงานด่วน อัตราการเสียของเครื่องจักร การขาดงานของพนักงาน อายุการทำงานของพนักงาน อายุของเครื่องจักร และอื่นๆ ซึ่งหากนำสิ่งเหล่านี้มาประกอบการพิจารณาในการจัดตารางการผลิตด้วยแล้ว จะทำให้ได้ผลการจัดตารางการผลิตที่มีความใกล้เคียงกับสภาพการณ์ของระบบจริงมากขึ้น โดยอาจใช้วิธีการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการตัวกระทำ (Agent-Based Simulation) ซึ่งเป็นวิธีการจำลองที่พิจารณาถึงคุณลักษณะ พฤติกรรม การตัดสินใจของตัวกระทำหรือบุคคลภายในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม. 2558. **"รายงานสถานการณ์วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมปี 2558."** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : www.sme.go.th/th/index.php/data-alert/alert/report-smes-year/report-year/report-year-2558.

[2] สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 2556. **"ธุรกิจสิ่งทอของไทยกับการเปิด AEC."** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : www.tpa.or.th/tpanews/upload/mag_content/68/ContentFile1425.pdf.

[3] ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. 2556. **"สิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มปีมะเส็ง: กับโจทย์หนักที่ท้าทายของผู้ประกอบการในภาคธุรกิจ."** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : www.kasikornresearch.com/th/k-econanalysis/pages/ViewSummary.aspx?docid=30337.

[4] ศูนย์ข้อมูลความรู้ ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน. 2555. **"SMEs 60% ไม่พร้อมรับAEC กลุ่มเครื่องหนัง-ข้าว-เซรามิกอ่วม."** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: www.thai-aec.com/578#ixzz40ltBpAiA.

[5] สถาบันพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม. 2556. **"นิยาม SMEs."** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : www.ismed.or.th/%E0%B8%99%E0%B8%B4%E0%B8%A2%E0%B8%B2%E0%B8%A1-smes.

[6] สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรมกระทรวงอุตสาหกรรม. 2559. **"ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มและอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ."** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : www.oie.go.th/sites/default/files/attachments/IndustBasicKnowledge/Master_3.pdf.

[7] กาญจนา กาญจนสุนทร. 2550. "เทคนิคการจำลองสถานการณ์เพื่อการหาคำตอบที่เหมาะสม." **วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย**, 27(1) : 294-304.

[8] Shannon, R.E. 1975. **System Simulation the Art and Science.** Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice-Hall.

[9] Maria A. 1997. " Introduction to model and simulation." **Proceeding of the 1997 winter simulation Conference ed. S. Andradottir.** K.J. Healy, D.H. Withers, and B.L.Nelson.

[10] Fu M. C. 2001. "Simulation Optimization." 53-61. in **Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference.**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[11] Azadivar F. and Shu J. V. 1999. "Use of Simulation in Optimization of Maintenance Policies." 1061-1067. in **Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference.**

[12] Charnes, A. and Cooper, W.W. 1959. "Chance-constrained programming." **Management science.** 6(1): 73-79.

[13] Kelton, Sadowski and Sturrock. 2007. **Simulation with Arena.** 4th Edition. New York : McGraw-Hill International.

[14] Rockwell Automation. 2004. **"OptQuest for Arena: User's Guide."** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :http://iiesl.utk.edu/Courses/IE406%20S07/Slides/Arena%20OptQuest%20User's%20Guide.pdf.

[15] Banks, J., Carson, J.S., Nelson, B.L., & Nicol, D.M. 2010. **Discrete-event system simulation.** 5th Edition. Upper Saddle River, New Jersey : Prentice Hall.

[16] จุฑา พิชิตลำเค็ญ. 2558. **พื้นฐานการจำลองสถานการณ์เชิงสุ่ม เพื่อการประยุกต์ใช้กับปัญหาจริง.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[17] Mann, H. B. and Wald A. 1942. "On the Choice of the Number of Intervals in the Application of the Chi-squared Test." **Annals of Mathematical Statistics.** 13(3) : 306-317.

[18] Gumbel, E. J. 1943. "On the Reliability of the Classical Chi-squared Test." **Annals of Mathematical Statistics.** 14(3) : 253-263.

[19] Mittler, M., & Schoemig, A.K. 1999. "Comparison of dispatching rules for semiconductor manufacturing using large facility models." 709-713. in **Proceeding of 1999 Winter Simulation Conference.** Vol 1. New York, USA.

[20] Kendall, M. G., Stuart, A., and Ord J. K. 1987. **Kendall's Advanced Theory of Statistics."** 6th Edition. New York : Oxford University Press, Inc.

[21] Law, A. M. and Kelton, W. D. 1982. **Simulation Modeling and Analysis.** New York: McGraw-Hill.

[22] Petty M. 2009. **Verification and validation. In Principles of Modeling and Simulation: A Multidisciplinary Approach.** Sokolowski JA, Banks CM, Eds. Hoboken, New Jersey : Wiley.

[23] Law, A. M. 2007. **Simulation Modeling and Analysis.** 4th Ed. New York : McGraw-Hill.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[24] Altiok, T. and Melamed, B. 2007. **Simulation Modeling and Analysis with Arena.** Elsevier Inc.

[25] Naylor, T.H. and Finge,r J.M. 1967. "Verification of Computer simulation Models." **Management Science.** 14(2) : 92-106.

[26] รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ. 2553. **คู่มือสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม ARENA (ฉบับปรับปรุง)** กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[27] Blackstone Jr., J.H., Phillips, D.T. and Hogg, G.L. 1982. "A State-of-the-Art Survey of Dispatching Rules for Manufacturing Job Shop Operations." **International Journal of Production Research.** 20(1) : 27-45.

[28] Day, J.E., and Hottenstein, M.H. 1970. "Review of Sequencing Research." **Naval Research Logistics Quarterly.** 17(1) : 11-39.

[29] Pinedo, M. 1999. **Operation Scheduling with Applications in Manufacturing and Services.** Singapore, Irwin : McGraw-Hill.

[30] ปิยะ ชัชชวลิตสกุล. 2547. "การจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรที่มีลักษณะเหมือนกันและมีการจัดเรียงกันแบบขนาน." วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ, บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[31] กัญชลา สุดตาชาติ. 2551. "ฮิวริสติกการจัดตารางการผลิตเครื่องจักรขนาน กรณีมีเวลาติดตั้งเครื่องจักรและมีข้อจำกัดของเครื่องจักร." **วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม.** 5(2) : 77-88.

[32] ปารเมศ ชุติมา. 2546. **เทคนิคการจัดตารางการดำเนินงาน.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[33] พิภพ ลลิตาภรณ์. 2553. การกำหนดตารางการผลิตและการควบคุม. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

[34] Pinedo, M. 2002. **Scheduling: Theory, Algorithm, and System.** 2nd Ed. Prentice-Hall.

[35] สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม. 2559. **แผนปฏิบัติการส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมรายสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.oic.go.th/FILEWEB/CABINFOCENTER2/DRAWER039/GENERAL/DATA0000/00000020.PDF.

[36] จิตรพี ชวาลาวัณย์. 2556. **เสื้อผ้าอุตสาหกรรมและการควบคุมคุณภาพ (Industrial Garment and Quality Control).** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

[37] กมล พรหมหล้าวรรณ. 2534. **อุตสาหกรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูปเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮาส์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[38] นิพันธ์ สิมะกรัย มูลนิธิพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่มไทย. 2539. **รวมบทความทางวิชาการเครื่องนุ่งห่ม.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพ: บริษัทรำไทย เพลส จำกัด.

[39] ศรีกาญจนา พลอาสา. 2546. **การจัดการสินค้าเสื้อผ้า.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์เดือนตุลา จำกัด.

[40] กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. 2559. **อุตสาหกรรมเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่ม.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.thaifta.com/thaifta/Portals/0/File/vol4Ch_5_textile.doc.

[41] Permsiriphan, S. 1997. "Productivity Improvement of Hard Disk Manufacturing using Simulation Software." Master's Thesis, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok.

[42] Eneyo, E.S. and Pannirselvam, G.P. 1998. "The Use of Simulation in Facility Layout Design - A Practical Consulting Experience." **Proceeding of the 1998 Winter Simulation Conference.** 1527-1532.

[43] เบ็ญจพร เลิศสัฒนนนท์. 2552. "การปรับปรุงผลการดำเนินงานโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป โดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์." วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[44] สมภัสสร เอื้ออารีมิตร. 2550. "การปรับปรุงผังโรงงานโดยการใช้แบบจำลองสถานการณ์ กรณีศึกษาของโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป." วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[45] Baker, K. R. 1968. "Priority Dispatching in the Single Channel Queue with Sequence Dependent Setups." **Journal of Industrial Engineering.** 19(4) : 203-206.

[46] Pinedo, M. and Chao, X. 1999. **Operations Scheduling.** Irwin : McGraw-Hill.

[47] พัชราวลัย แสงอรุณ. 2545. "การจัดตารางการผลิต: กรณีศึกษาโรงงานผลิตคอมเพรสเซอร์." วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[48] ศิวรักษ์ อินต๊ะวงค์ และ สันติชัย ชีวสุทธิศิลป์. 2550. "การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดตารางการผลิตโดยวิธีฮิวริสติกส์และเทคนิคการจำลองแบบปัญหาในอุตสาหกรรมประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์." **วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[49] สุรสิทธิ์ โสภณชัย. 2543. "การจัดตารางการผลิตชิ้นส่วนแม่พิมพ์แบบใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสำหรับอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์." วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[50] วรรษมา แสงปลั่ง, สมเกียรติ จงประสิทธิ์พร และสุเทพ บุตรดี. 2546. "การวางแผนและควบคุมการผลิตแบบผสมผสานในโรงงานผลิตโซ่จักรยานยนต์." **การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2546.**

[51] นิภา จงจอหอ. 2552. "การพัฒนาโปรแกรมเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดตารางการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมแก้ว." วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[52] พงษ์ธาดา คุรุกิจกำจร. 2556. "การเปรียบเทียบการจัดตารางการผลิตเครื่องจักรแบบขนานที่ไม่สัมพันธ์กันโดยใช้โปรแกรมการจัดตารางการผลิตและการใช้แบบจำลองมอบหมายงาน." วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[53] ปิยมาภรณ์ ชมสุวรรณ. 2540. "การจัดตาราง/การเปลี่ยนตารางการผลิตสำหรับระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นในกรณีเครื่องจักรเสีย." วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[54] นิธิมา ศรีพานิช. 2549. "การวางแผนและจัดตารางการผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้ากรณีศึกษา: โรงงานเครื่องประดับ." วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[55] Horng-Chyi Horng. 2006. "Comparing Steady-state Performance of Dispatching Rule-pairs in Open Shops." **International Journal of Applied Science and Engineering.** 4(3) : 259-273.

[56] Kaban, A.K., Othman, Z., & Rohmah, D.S. 2012. "Comparison of dispatching rules in job-shop scheduling problem using simulation: A case study." **International Journal Simulation Model.** 11(3) : 129-140.

[57] อรรถสิทธิ์ เครือคำ. 2550. "วิธีการจัดตารางการผลิตในระบบการผลิตแบบต่อเนื่องภายใต้ความไม่แน่นอนของคำสั่งซื้อของลูกค้า." วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[58] Holthaus, O. 1997. "Design of effective job shop scheduling rule." **Computers industrial engineering.** 33(1-2) : 249-252.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[59] วิชิต ศรีอ่อน. 2547. "การจัดตารางการผลิตในงานรูปชิ้นส่วนโครงตัวถังเครื่องปรับอากาศ." วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[60] ปัญจพร แพใหญ่. 2550. "วิธีการจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกแบบผสมเพื่อประสิทธิภาพการผลิตสูงสุด." การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี 2550.

[61] ยศธนา เสน่หา. 2549. "การจัดตารางการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมทอผ้า: ผ้าขนหนู.", วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[62] เกศณา ลาดปะละ. 2550. "การจัดตารางการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตเสื้อผ้า." วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[63] สุธาทิพย์ บุษบา. 2554. "การจัดตารางการผลิตโดยการจัดลำดับงานด้วยวิธีการฮิวริสติกส์: กรณีศึกษาบริษัท หมวก วี ไอ พี จำกัด.", วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาการจัดการวิศวกรรม, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[64] ยอดดวงใจ นาคปฐม. 2555. "การจัดตารางการผลิตแบบตามสั่ง สำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอ." วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[65] บริษัท ทีทีเอช เทรดดิ้ง จำกัด. 2559. **ประวัติบริษัท ทีทีเอช เทรดดิ้ง จำกัด.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.industry.in.th/dip/profile.php?uid=43316.

[66] Grodzevich, Oleksandr O., and R. 2006. "Normalization and Other Topics in Multi-Objective Optimization [Study group report]." **Proceeding of The Fields- MITACS Industrial Problem Workshop.** 89-101.

[67] Douglas C. Montgomery, George C. Runger. 2010. **Applied Statistics and Probability for Engineers.** 5th Ed. John Wiley & Sons, Inc.

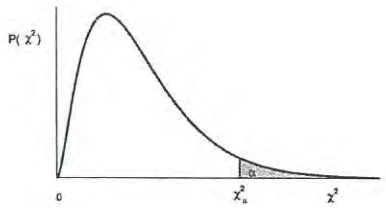
[68] Charles Zaiontz. n.d. **Kolmogorov-Smirnov Table.** [Online]. Available : www.real-statistics.com/statistics-tables/kolmogorov-smirnov-table/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ค่าวิกฤตของไคสแควร์



ตารางที่ ก.1 ค่าวิกฤตการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบไคสแควร์ [67]

ν \ α	.995	.990	.975	.950	.900	.500	.100	.050	.025	.010	.005
1	.00+	.00+	.00+	.00+	.02	.45	2.71	3.84	5.02	6.63	7.88
2	.01	.02	.05	.10	.21	1.39	4.61	5.99	7.38	9.21	10.60
3	.07	.11	.22	.35	.58	2.37	6.25	7.81	9.35	11.34	12.84
4	.21	.30	.48	.71	1.06	3.36	7.78	9.49	11.14	13.28	14.86
5	.41	.55	.83	1.15	1.61	4.35	9.24	11.07	12.83	15.09	16.75
6	.68	.87	1.24	1.64	2.20	5.35	10.65	12.59	14.45	16.81	18.55
7	.99	1.24	1.69	2.17	2.83	6.35	12.02	14.07	16.01	18.48	20.28
8	1.34	1.65	2.18	2.73	3.49	7.34	13.36	15.51	17.53	20.09	21.96
9	1.73	2.09	2.70	3.33	4.17	8.34	14.68	16.92	19.02	21.67	23.59
10	2.16	2.56	3.25	3.94	4.87	9.34	15.99	18.31	20.48	23.21	25.19
11	2.60	3.05	3.82	4.57	5.58	10.34	17.28	19.68	21.92	24.72	26.76
12	3.07	3.57	4.40	5.23	6.30	11.34	18.55	21.03	23.34	26.22	28.30
13	3.57	4.11	5.01	5.89	7.04	12.34	19.81	22.36	24.74	27.69	29.82
14	4.07	4.66	5.63	6.57	7.79	13.34	21.06	23.68	26.12	29.14	31.32
15	4.60	5.23	6.27	7.26	8.55	14.34	22.31	25.00	27.49	30.58	32.80
16	5.14	5.81	6.91	7.96	9.31	15.34	23.54	26.30	28.85	32.00	34.27
17	5.70	6.41	7.56	8.67	10.09	16.34	24.77	27.59	30.19	33.41	35.72
18	6.26	7.01	8.23	9.39	10.87	17.34	25.99	28.87	31.53	34.81	37.16
19	6.84	7.63	8.91	10.12	11.65	18.34	27.20	30.14	32.85	36.19	38.58
20	7.43	8.26	9.59	10.85	12.44	19.34	28.41	31.41	34.17	37.57	40.00
21	8.03	8.90	10.28	11.59	13.24	20.34	29.62	32.67	35.48	38.93	41.40
22	8.64	9.54	10.98	12.34	14.04	21.34	30.81	33.92	36.78	40.29	42.80
23	9.26	10.20	11.69	13.09	14.85	22.34	32.01	35.17	38.08	41.64	44.18
24	9.89	10.86	12.40	13.85	15.66	23.34	33.20	36.42	39.36	42.98	45.56
25	10.52	11.52	13.12	14.61	16.47	24.34	34.28	37.65	40.65	44.31	46.93
26	11.16	12.20	13.84	15.38	17.29	25.34	35.56	38.89	41.92	45.64	48.29
27	11.81	12.88	14.57	16.15	18.11	26.34	36.74	40.11	43.19	46.96	49.65
28	12.46	13.57	15.31	16.93	18.94	27.34	37.92	41.34	44.46	48.28	50.99
29	13.12	14.26	16.05	17.71	19.77	28.34	39.09	42.56	45.72	49.59	52.34
30	13.79	14.95	16.79	18.49	20.60	29.34	40.26	43.77	46.98	50.89	53.67
40	20.71	22.16	24.43	26.51	29.05	39.34	51.81	55.76	59.34	63.69	66.77
50	27.99	29.71	32.36	34.76	37.69	49.33	63.17	67.50	71.42	76.15	79.49
60	35.53	37.48	40.48	43.19	46.46	59.33	74.40	79.08	83.30	88.38	91.95
70	43.28	45.44	48.76	51.74	55.33	69.33	85.53	90.53	95.02	100.42	104.22
80	51.17	53.54	57.15	60.39	64.28	79.33	96.58	101.88	106.63	112.33	116.32
90	59.20	61.75	65.65	69.13	73.29	89.33	107.57	113.14	118.14	124.12	128.30
100	67.33	70.06	74.22	77.93	82.36	99.33	118.50	124.34	129.56	135.81	140.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ค่าวิกฤตของโคลโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

ตารางที่ ข.1 ค่าวิกฤตของโคลโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ [68]

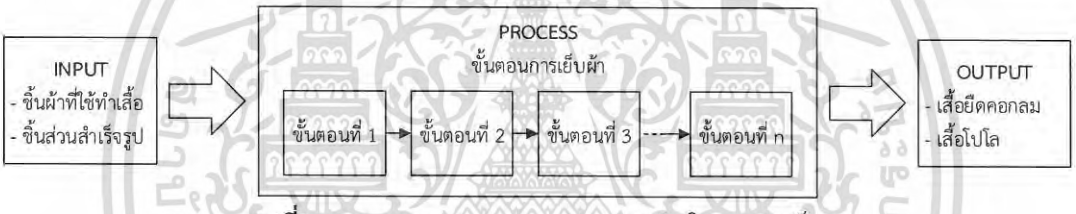
n \ α	.20	.15	.10	.05	0.01
1	0.900	0.925	0.950	0.975	0.995
2	0.684	0.726	0.776	0.842	0.929
3	0.565	0.597	0.642	0.708	0.828
4	0.494	0.525	0.564	0.624	0.733
5	0.446	0.474	0.510	0.565	0.669
6	0.410	0.436	0.470	0.521	0.618
7	0.381	0.405	0.438	0.486	0.577
8	0.358	0.381	0.411	0.457	0.543
9	0.339	0.360	0.388	0.432	0.514
10	0.322	0.342	0.368	0.410	0.490
11	0.307	0.326	0.352	0.391	0.468
12	0.295	0.313	0.338	0.375	0.450
13	0.284	0.302	0.325	0.361	0.433
14	0.274	0.292	0.314	0.349	0.418
15	0.266	0.283	0.304	0.338	0.404
16	0.258	0.274	0.295	0.328	0.392
17	0.250	0.266	0.286	0.318	0.381
18	0.244	0.259	0.278	0.309	0.371
19	0.237	0.252	0.272	0.301	0.363
20	0.231	0.246	0.264	0.294	0.356
25	0.210	0.220	0.240	0.270	0.320
30	0.190	0.200	0.220	0.240	0.290
35	0.180	0.190	0.210	0.230	0.270
40	0.170	0.180	0.190	0.210	0.250
45	0.160	0.170	0.180	0.200	0.240
50	0.150	0.160	0.170	0.190	0.230
Over 50	$\frac{1.07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.14}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{n}}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
กระบวนการผลิตของแผนกเย็บ

ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาผลิตภัณฑ์ของบริษัทกรณีศึกษาเฉพาะเสื้อยืดคอกลม และเสื้อโปโลเท่านั้น ดังนั้นในส่วนของภาคผนวก ค นี้ จึงได้นำเสนอรายละเอียดกระบวนการผลิตของแผนกเย็บสำหรับเสื้อยืดคอกลมและเสื้อโปโล

การผลิตของแผนกเย็บคือกระบวนการแปรรูปจากวัตถุดิบให้เป็นเสื้อผ้าสำเร็จรูป ในที่นี้วัตถุดิบหมายถึงชิ้นผ้าที่ได้ผ่านกระบวนการจากแผนกตัด ซึ่งตัดมาเป็นชิ้นส่วนต่างๆ ตามที่ได้มีการออกแบบไว้ และชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ไม่ต้องผ่านกระบวนการตัดเช่น กระดุม ป้ายเบอร์ หากเขียนเป็นแผนภาพคือมีวัตถุป้อนเข้า (Input) เข้ามายังแผนกเย็บซึ่งจะทำการแปรรูปวัตถุดิบโดยผ่านขั้นตอนการผลิตต่างๆ (Process) โดยผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะที่แตกต่างกันจะมีกระบวนการผลิตรวมถึงวัตถุดิบที่ใช้แตกต่างกัน และชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการเย็บทั้งหมดจะได้เป็นเสื้อผ้าสำเร็จรูป (Output) แสดงดังรูปที่ ค.1



รูปที่ ค.1 ภาพรวมของกระบวนการผลิตในแผนกเย็บ

เพื่อให้เข้าใจขั้นตอนการผลิตได้ง่ายขึ้นผู้วิจัยจึงใช้แผนภูมิกระบวนการผลิต (Operation Process Chart) ในการแสดงขั้นตอนการผลิตตั้งแต่การเคลื่อนเข้าสายการผลิตของวัตถุดิบจนเสร็จสิ้นเป็นผลิตภัณฑ์ โดยทำการบันทึกขั้นตอนการปฏิบัติงานต่างๆ ที่ต้องดำเนินการบนวัตถุดิบนั้น เช่น การทำงานบนเครื่องจักร การประกอบชิ้นส่วน การตรวจสอบ จนกระทั่งสำเร็จออกมาเป็นผลิตภัณฑ์หรือเป็นชิ้นส่วนประกอบ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ เสื้อยืดคอกลม และเสื้อโปโล

1. ขั้นตอนกระบวนการผลิตของแผนกเย็บ

1.1 กระบวนการเย็บเสื้อยืดคอกลม

แผนภูมิกระบวนการผลิตของการเย็บเสื้อยืดคอกลมได้แสดงไว้ในรูปที่ ค.2 โดยวัตถุดิบป้อนเข้าของเสื้อยืดคอกลมประกอบด้วยผ้าชิ้นหน้า ผ้าชิ้นหลัง ผ้าชิ้นแขนซ้าย ผ้าชิ้นแขนขวา ผ้ารัดคอ และป้ายเบอร์ กำหนดให้วงกลมแทนขั้นตอนการผลิตโดยเลขลำดับการผลิตอ้างอิงขั้นตอนการผลิต และสถานีงานที่ใช้ในการเย็บเสื้อยืดคอกลมดังตารางที่ ค.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ขั้นตอนการผลิตและสถานีงานที่ใช้ในการเย็บเสื้อยืดคอกลม

ลำดับ	ขั้นตอน	สถานีงาน
1	โพ้งต่อไหล่	C
2	ทำชิ้นแขน	B
3	โพ้งเข้าตัว	C
4	เย็บทับไหล่	A
5	ลาชายเสื้อ	B
6	โพ้งผ้ารัดคอ	C
7	เรียงผ้ารัดคอ	I
8	โพ้งคอ	C
9	เย็บทับคอ	D

รูปที่ ค.2 แผนภูมิกระบวนการผลิตของเสื้อยืดคอกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

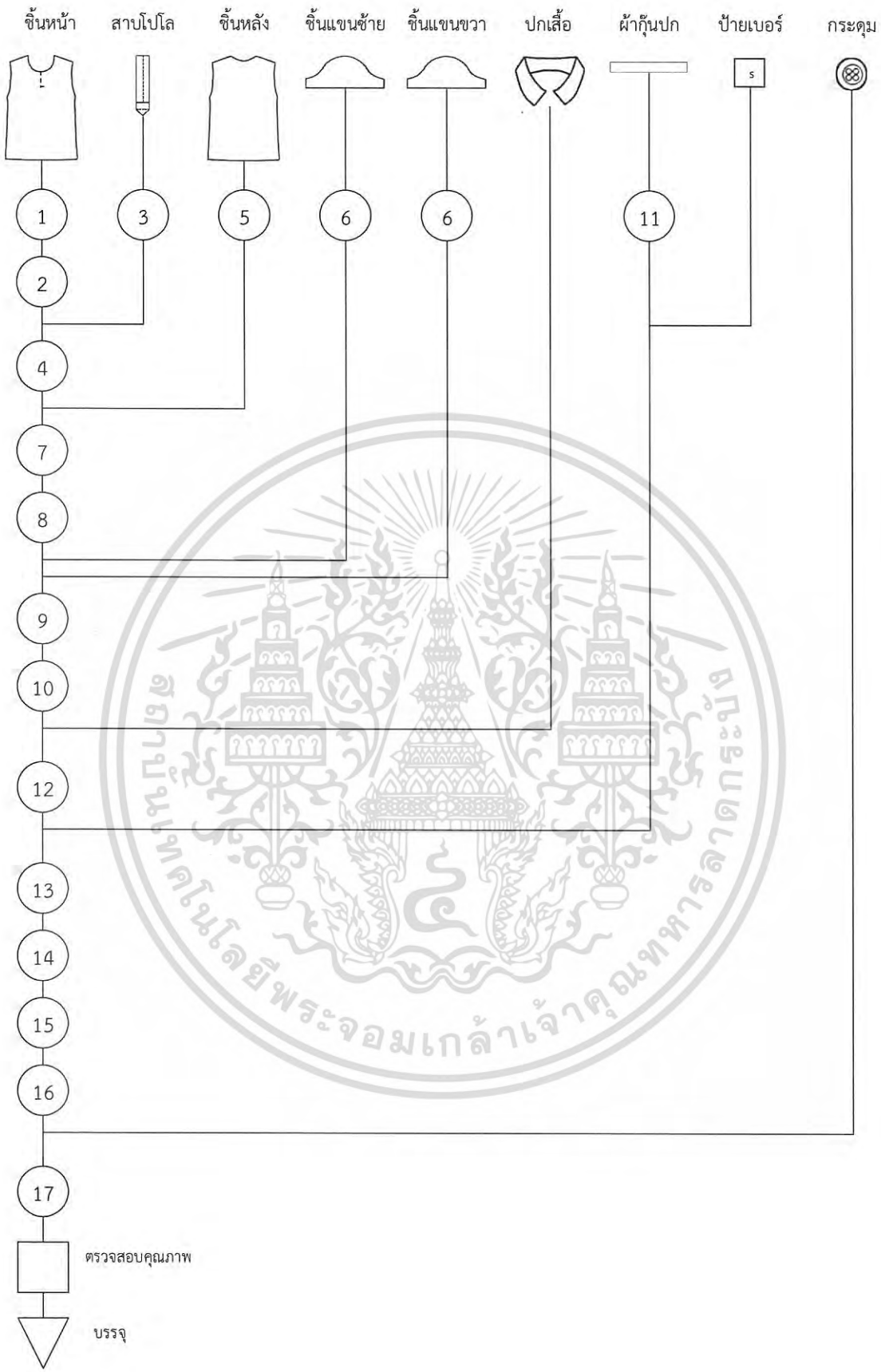
1.2 กระบวนการเย็บเสื้อโปโล

แผนภูมิกระบวนการผลิตของการเย็บเสื้อโปโลได้แสดงไว้ในรูปที่ ค.3 โดยวัตถุดิบป้อนเข้าของเสื้อโปโลประกอบด้วยผ้าชิ้นหน้า ผ้าชิ้นหลัง สาปโปโล ผ้าชิ้นแขนซ้าย ผ้าชิ้นแขนขวา ปกเสื้อ ผ้ากุ๊นปก ป้ายเบอร์ และกระดุม กำหนดให้วงกลมแทนขั้นตอนการผลิตโดยเลขลำดับการผลิตอ้างอิงขั้นตอนการผลิต และสถานีงานที่ใช้ในการเย็บเสื้อโปโลดังตารางที่ ค.2

ตารางที่ ค.2 ขั้นตอนการผลิตและสถานีงานที่ใช้ในการเย็บเสื้อโปโล

ลำดับ	ขั้นตอน	สถานีงาน
1	ลาชายชิ้นหน้า	B
2	เจาะโปโล	I
3	เย็บสาปโปโล	A
4	เย็บสาบโปโลกับชิ้นหน้า	A
5	ลาชายชิ้นหลัง	B
6	ทำชิ้นแขน	B
7	โพ้งต่อไหล่	C
8	เย็บทับไหล่	A
9	โพ้งเข้าตัว	C
10	ย้ำปลายแขน และเก็บผ่าข้าง	A
11	เตรียมผ้ากุ๊นทำปก	E
12	ใส่ปก	A
13	กุ๊นเก็บขอบปกและใส่เบอร์	F
14	ปิดสาบบนล่าง	A
15	เจาะรังดุม	G
16	แต้มเครื่องหมาย	I
17	ติดกระดุม	H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.3 แผนภูมิกระบวนการผลิตของเสื้อโปโล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เครื่องจักรที่ใช้ในแผนกเย็บ

เครื่องจักรที่ใช้ในแผนกเย็บมีทั้งหมด8 ประเภทมีลักษณะดังรูปที่ ค.4 โดยแต่ละประเภทมีหน้าที่การทำงานที่แตกต่างกันซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

1) จักรเย็บ (Lockstitch Sewing Machine) ใช้สำหรับงานเย็บทั่วไป

2) จักรลา (Cover stitch Machine) ใช้สำหรับงานลาชายเสื้อ ลาแขนเสื้อ และตกแต่งตะเข็บต่างๆ

3) จักรโพ้ง (Overlock Machine) ใช้สำหรับโพ้งริมผ้าเพื่อเก็บริมผ้าไม่ให้ผ้าลุ่ย ใช้เย็บด้านข้างของตัวเสื้อ วงแขน และรอบคอ

4) จักรลาลูกโซ่ (Double Chain stitch Machine) ใช้สำหรับเย็บทับรอยโพ้งบริเวณคอเสื้อสำหรับเสื้อยืดคอกลม

5) เครื่องตัดผ้ากุ๊น (Cloth Tape Cutting Machine) ใช้สำหรับตัดม้วนผ้ากุ๊นให้กลายเป็นเส้นสำหรับทำปกเสื้อโปโล

6) จักรเจียนปก (Lockstitch Machine with Vertical Edge Trimmer) ใช้สำหรับกุ๊นเก็บขอบปกเสื้อโปโล

7) จักรถักรังดุม (Lockstitch Buttonholing Machine) ใช้สำหรับเจาะ และถักรังกระดุม

8) จักรติดกระดุม (Chain stitch Button Machine) ใช้สำหรับติดกระดุม

นอกจากนี้ในแผนกเย็บมีสถานีงานที่ใช้สำหรับผลิตที่แตกต่างกันทั้งหมด 9 สถานีงานตามประเภทของจักรที่ใช้ในการผลิต ประกอบด้วยสถานีงานที่มีจักร 8 สถานีงาน และสถานีงานที่ใช้เพียงแรงงาน 1 สถานีงาน ส่วนคนงานมีทั้งหมด 8 คน แทนชื่อคนงานด้วยหมายเลข 1 ถึงหมายเลข 8 ความสัมพันธ์ระหว่างจักรและคนงานแสดงดังตารางที่ ค.3

ตารางที่ ค.3 สถานีงานในแผนกเย็บ

สถานีงาน	ประเภทของจักร	จำนวนจักร	คนงานที่ใช้งานจักร
A	จักรเย็บ	7	หมายเลข 1, 2, 3, 4, 5 และ 6
B	จักรลา	3	หมายเลข 5, 7 และ 8
C	จักรโพ้ง	9	หมายเลข 1, 2, 3, 4, 5 และ 6
D	จักรลาลูกโซ่	1	หมายเลข 8
E	เครื่องตัดผ้ากุ๊น	1	หมายเลข 6
F	จักรเจียนปก	1	หมายเลข 6
G	จักรถักรังดุม	1	หมายเลข 2
H	จักรติดกระดุม	1	หมายเลข 7
I	ไม่ใช้จักร	0	หมายเลข 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 และ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) จักรเย็บ

(ข) จักรลา

(ค) จักรโพ้ง

(ง) จักรลาลูกโซ่

(จ) จักรถักรังดุม

(ฉ) จักรเจียนปก

(ช) จักรติดกระดุม

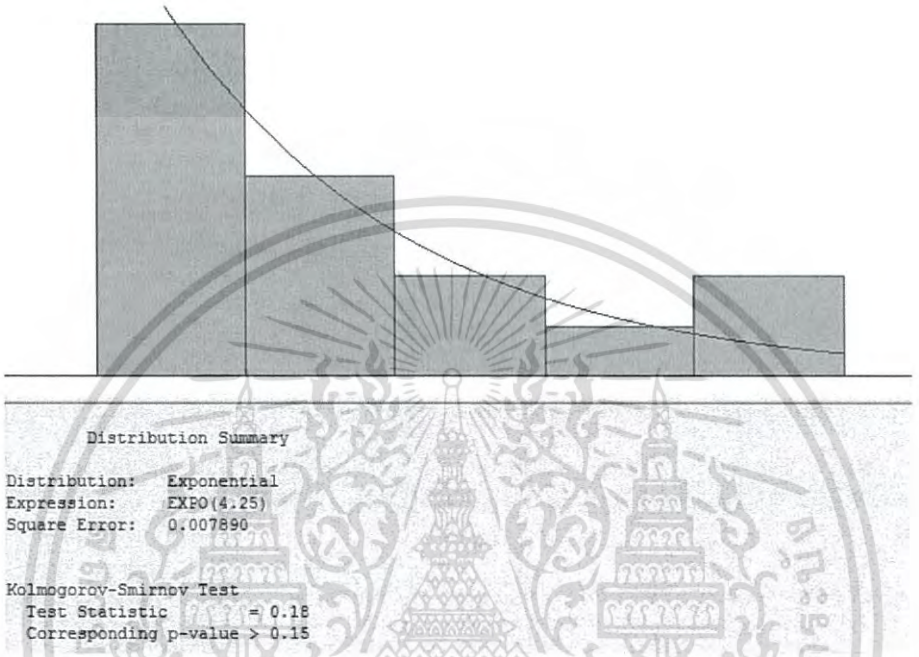
(ฌ) เครื่องตัดผ้ากุ๊น

รูปที่ ค.4 (ก) – (ฌ) เครื่องจักรในแผนกเย็บผ้าของบริษัทกรณีศึกษาทั้ง 8 ประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
ผลการทดสอบการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูล

1. การทดสอบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาระหว่างการมาถึงของคำสั่งซื้อ



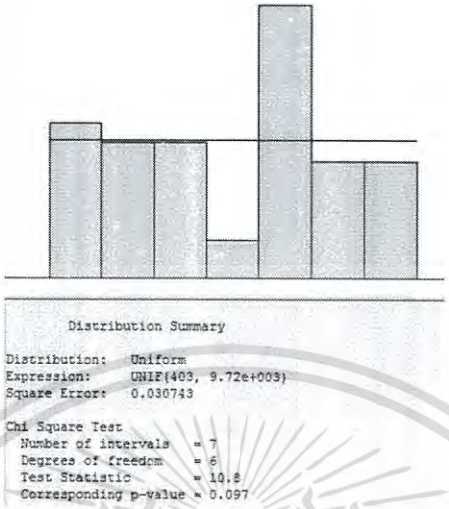
รูปที่ ง.1 ผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาการมาถึงของคำสั่งซื้อ

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาการมาถึงของคำสั่งซื้อมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Exponential โดยมีค่าเท่ากับ EXPO(4.25) วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การทดสอบการแจกแจงความน่าจะเป็นของปริมาณคำสั่งซื้อ

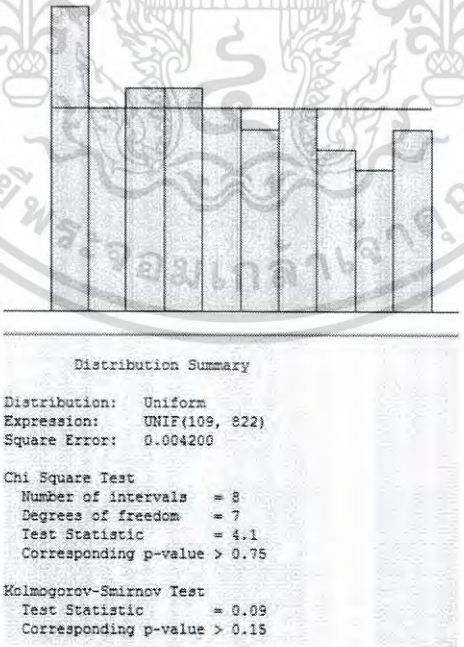
2.1 ปริมาณคำสั่งซื้อของเสื้อยืดคอกลม



รูปที่ ง.2 ผลการทดสอบการแจกแจงของปริมาณคำสั่งซื้อเสื้อยืดคอกลม

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าปริมาณคำสั่งซื้อของเสื้อยืดคอกลมมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Uniform โดยมีค่าเท่ากับ UNIF(403, 9720) ชิ้น

2.2 ปริมาณคำสั่งซื้อของเสื้อโปโล



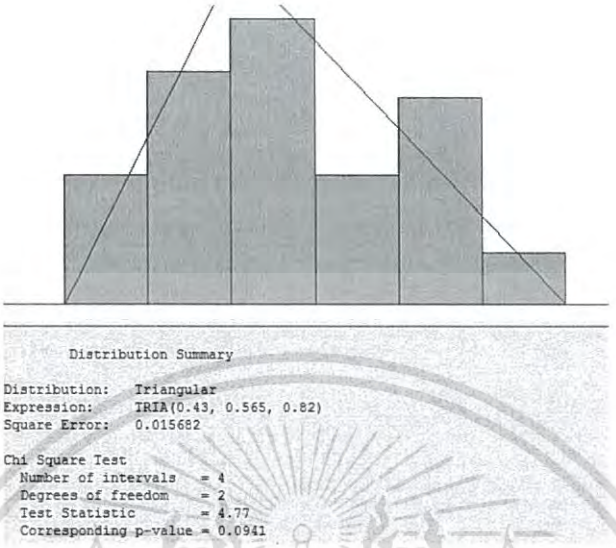
รูปที่ ง.3 ผลการทดสอบการแจกแจงของปริมาณคำสั่งซื้อเสื้อโปโล

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าปริมาณคำสั่งซื้อของเสื้อโปโลมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Uniform โดยมีค่าเท่ากับ UNIF(109,822) ชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การทดสอบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาในการเย็บเสื้อยืดคอกลม

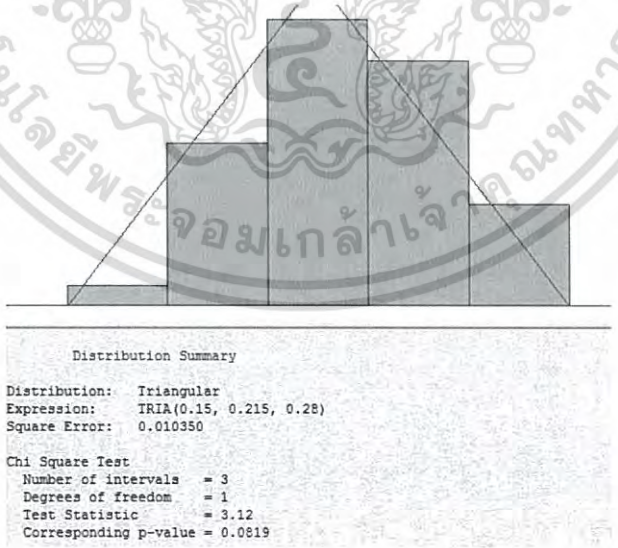
3.1 โพ้งต่อไหล่



รูปที่ ง.4 ผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาในการโพ้งต่อไหล่ของเสื้อยืดคอกลม

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาในการโพ้งต่อไหล่ของเสื้อยืดคอกลมมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA(0.43, 0.565, 0.82) นาทีต่อชิ้น

3.2 ทำชิ้นแขน

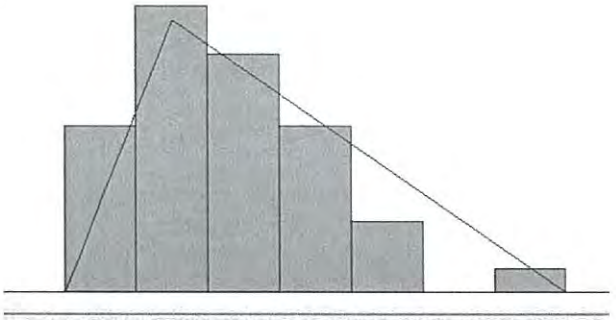


รูปที่ ง.5 ผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาในการทำชิ้นแขนของเสื้อยืดคอกลม

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาในการทำชิ้นแขนของเสื้อยืดคอกลมมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA(0.15, 0.215, 0.28) นาทีต่อชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 โพ้งเข้าตัว



Distribution Summary

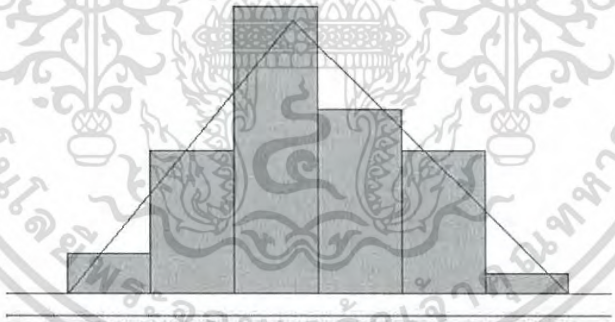
Distribution: Triangular
Expression: TRIA(2, 2.41, 3.89)
Square Error: 0.017744

Chi Square Test
Number of intervals = 4
Degrees of freedom = 2
Test Statistic = 5.81
Corresponding p-value = 0.0566

รูปที่ ง.6 ผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาในการโพ้งเข้าตัวของเสื้อยืดคอกลม

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาในการโพ้งเข้าตัวของเสื้อยืดคอกลมมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA(2, 2.41, 3.89) นาทีต่อชิ้น

3.4 เย็บทับไหล่



Distribution Summary

Distribution: Triangular
Expression: TRIA(0.26, 0.372, 0.51)
Square Error: 0.004849

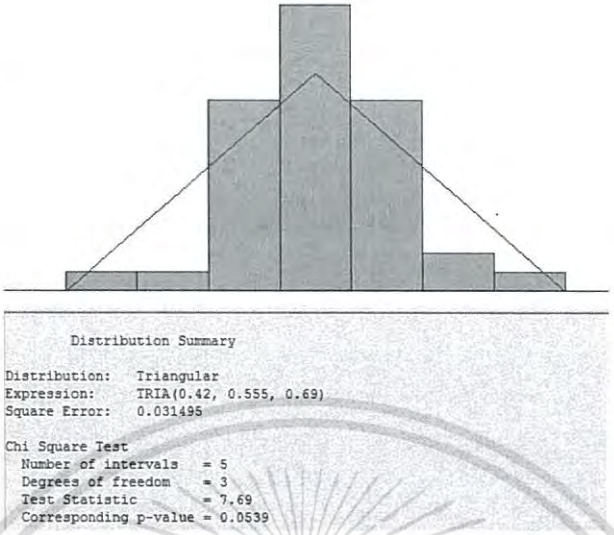
Chi Square Test
Number of intervals = 4
Degrees of freedom = 2
Test Statistic = 0.699
Corresponding p-value = 0.712

รูปที่ ง.7 ผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาในการเย็บทับไหล่ของเสื้อยืดคอกลม

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาในการเย็บทับไหล่ของเสื้อยืดคอกลมมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA(0.26, 0.372, 0.51) นาทีต่อชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

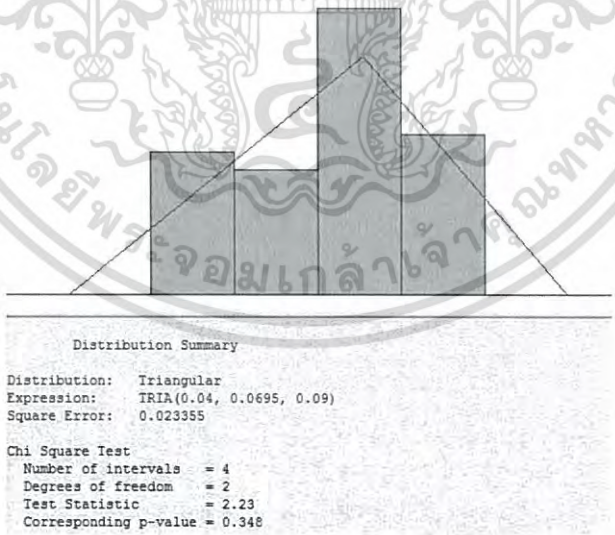
3.5 ลาชายเสื้อ



รูปที่ ง.8 ผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาในการลาชายเสื้อของเสื้อยืดคอกลม

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาในการลาชายเสื้อของเสื้อยืดคอกลมมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA(0.42, 0.555, 0.69) นาทีต่อชิ้น

3.6 โพ้งผ้ารัดคอ

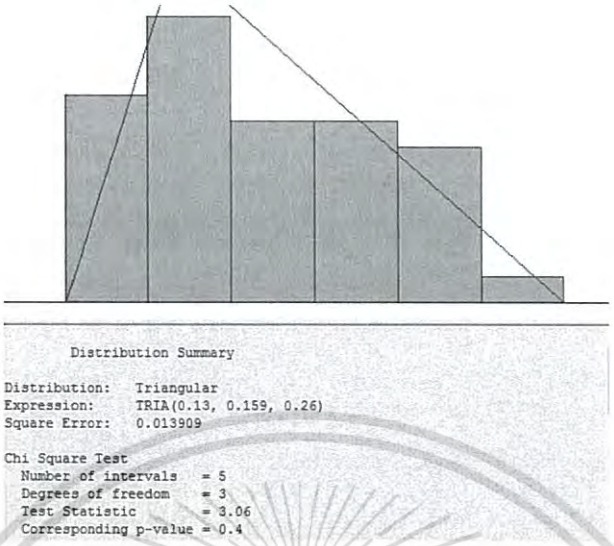


รูปที่ ง.9 ผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาในการโพ้งผ้ารัดคอของเสื้อยืดคอกลม

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาในการโพ้งผ้ารัดคอของเสื้อยืดคอกลมมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA(0.04, 0.0695, 0.09) นาทีต่อชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 เรียงผ้ารัดคอ



Distribution Summary

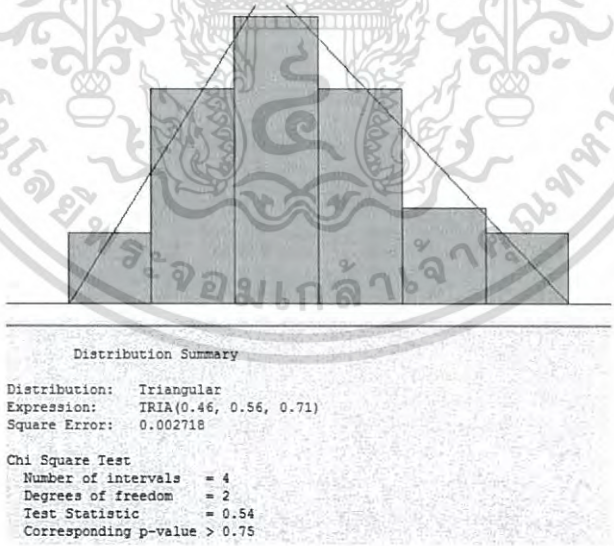
Distribution: Triangular
Expression: TRIA(0.13, 0.159, 0.26)
Square Error: 0.013909

Chi Square Test
Number of intervals = 5
Degrees of freedom = 3
Test Statistic = 3.06
Corresponding p-value = 0.4

รูปที่ ง.10 ผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาในการเรียงผ้ารัดคอของเสื้อยืดคอกลม

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาในการเรียงผ้ารัดคอของเสื้อยืดคอกลมมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA(0.13, 0.159, 0.26) นาทีต่อชิ้น

3.8 โพ้งคอ



Distribution Summary

Distribution: Triangular
Expression: TRIA(0.46, 0.56, 0.71)
Square Error: 0.002718

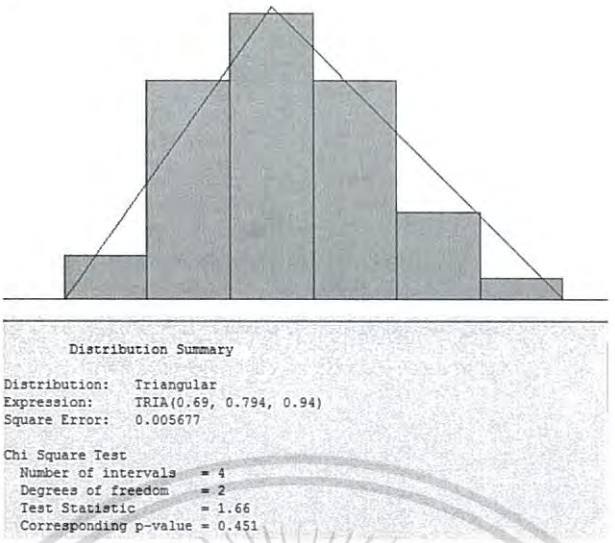
Chi Square Test
Number of intervals = 4
Degrees of freedom = 2
Test Statistic = 0.54
Corresponding p-value > 0.75

รูปที่ ง.11 ผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาในการโพ้งคอของเสื้อยืดคอกลม

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาในการโพ้งคอของเสื้อยืดคอกลมมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA(0.46, 0.56, 0.71) นาทีต่อชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 เย็บทับคอ



Distribution Summary

Distribution: Triangular
Expression: TRIA(0.69, 0.794, 0.94)
Square Error: 0.005677

Chi Square Test
Number of intervals = 4
Degrees of freedom = 2
Test Statistic = 1.66
Corresponding p-value = 0.451

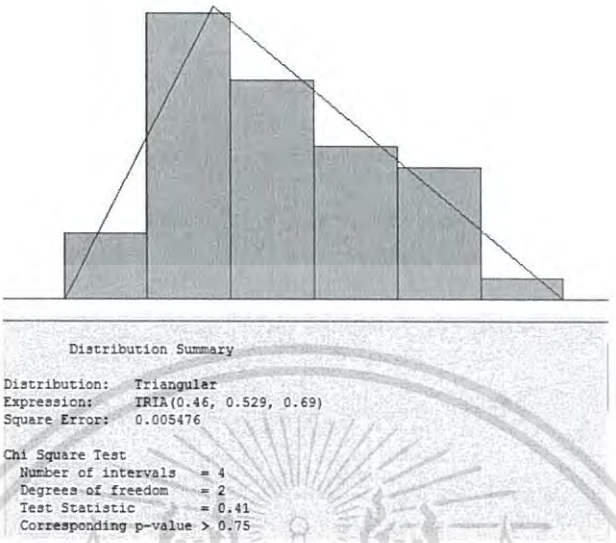
รูปที่ ง.12 ผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาในการเย็บทับคอของเสื้อยืดคอกลม

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาในการเย็บทับคอของเสื้อยืดคอกลมมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA(0.69, 0.794, 0.94) นาทีต่อชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การทดสอบการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาในการเย็บเสื้อโปโล

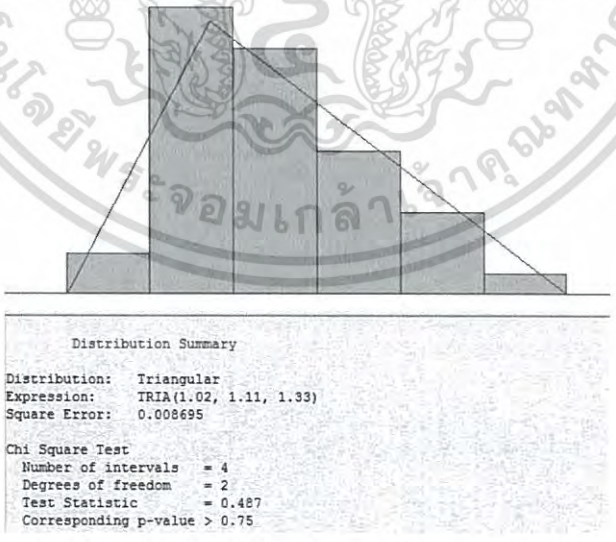
4.1 ลาชายชิ้นหน้า



รูปที่ ง.13 ผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาในการลาชายชิ้นหน้าของเสื้อโปโล

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาในการลาชายชิ้นหน้าของเสื้อโปโลมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA(0.46, 0.529, 0.69) นาทีต่อชิ้น

4.2 เจาะโปโล

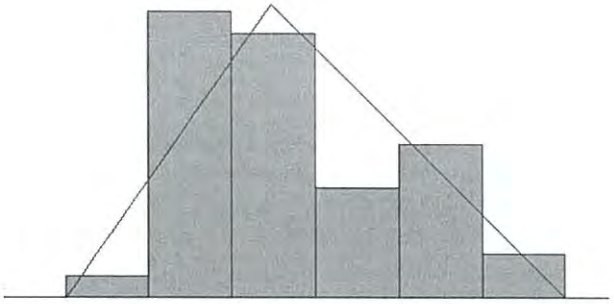


รูปที่ ง.14 ผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาในการเจาะโปโลของเสื้อโปโล

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาในการเจาะโปโลของเสื้อโปโลมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA(1.02, 1.11, 1.33) นาทีต่อชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 เย็บสาบโปโล



Distribution Summary

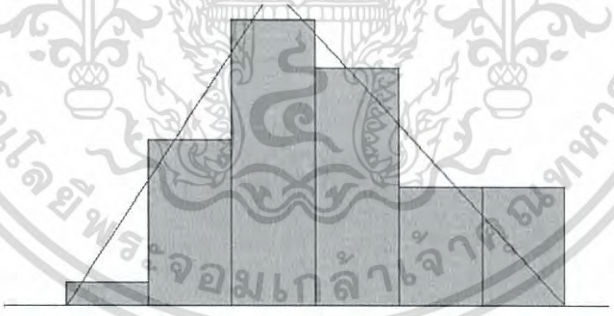
Distribution: Triangular
Expression: TRIA(0.15, 0.22, 0.32)
Square Error: 0.030329

Chi Square Test
Number of intervals = 4
Degrees of freedom = 2
Test Statistic = 3.64
Corresponding p-value = 0.179

รูปที่ ง.15 ผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาในการเย็บสาบโปโลของเสื้อโปโล

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาในการเย็บสาบโปโลของเสื้อโปโลมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA(0.15, 0.22, 0.32) นาทีต่อชิ้น

4.4 เย็บสาบโปโลกับชิ้นหน้า



Distribution Summary

Distribution: Triangular
Expression: TRIA(1.61, 2.37, 3.44)
Square Error: 0.008832

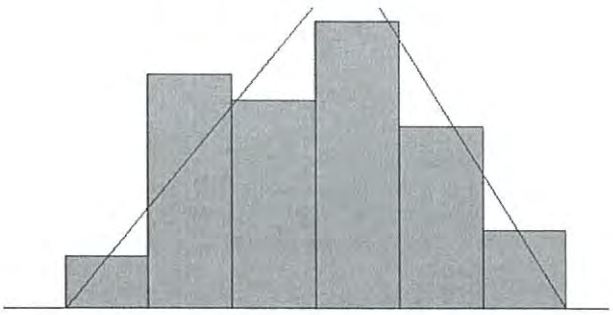
Chi Square Test
Number of intervals = 4
Degrees of freedom = 2
Test Statistic = 1.53
Corresponding p-value = 0.475

รูปที่ ง.16 ผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาในการเย็บสาบโปโลกับชิ้นหน้าของเสื้อโปโล

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาในการเย็บสาบโปโลกับชิ้นหน้าของเสื้อโปโลมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA(1.61, 2.37, 3.44) นาทีต่อชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ลาชายชิ้นหลัง



Distribution Summary

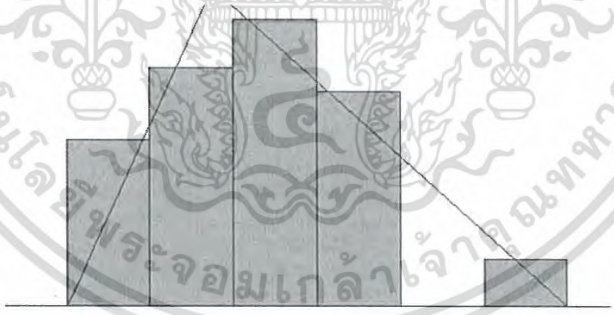
Distribution: Triangular
Expression: TRIA(0.43, 0.561, 0.66)
Square Error: 0.009381

Chi Square Test
Number of intervals = 4
Degrees of freedom = 2
Test Statistic = 1.83
Corresponding p-value = 0.421

รูปที่ ง.17 ผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาในการลาชายชิ้นหลังของเสื้อโปโล

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาในการลาชายชิ้นหลังของเสื้อโปโลมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA(0.43, 0.561, 0.66) นาทีต่อชิ้น

4.6 ทำชิ้นแขน



Distribution Summary

Distribution: Triangular
Expression: TRIA(0.19, 0.216, 0.28)
Square Error: 0.022551

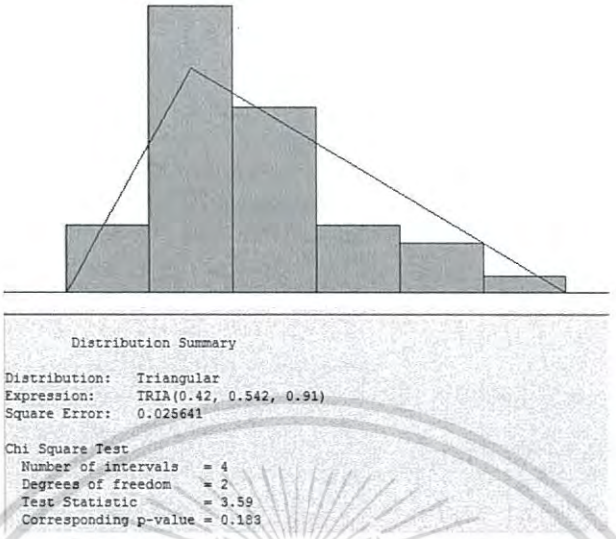
Chi Square Test
Number of intervals = 4
Degrees of freedom = 2
Test Statistic = 3.47
Corresponding p-value = 0.193

รูปที่ ง.18 ผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาในการทำชิ้นแขนของเสื้อโปโล

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาในการทำชิ้นแขนของเสื้อโปโลมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA(0.19, 0.216, 0.28) นาทีต่อชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 โพ้งต่อไหล่



Distribution Summary

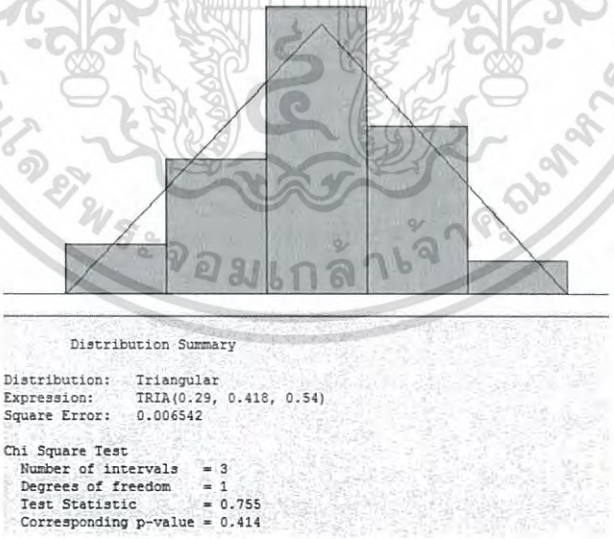
Distribution: Triangular
Expression: TRIA(0.42, 0.542, 0.91)
Square Error: 0.025641

Chi Square Test
Number of intervals = 4
Degrees of freedom = 2
Test Statistic = 3.59
Corresponding p-value = 0.183

รูปที่ ง.19 ผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาในการโพ้งต่อไหล่ของเสื้อโปโล

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาในการโพ้งต่อไหล่ของเสื้อโปโลมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA(0.42, 0.542, 0.91) นาทีต่อชิ้น

4.8 เย็บทับไหล่



Distribution Summary

Distribution: Triangular
Expression: TRIA(0.29, 0.418, 0.54)
Square Error: 0.006542

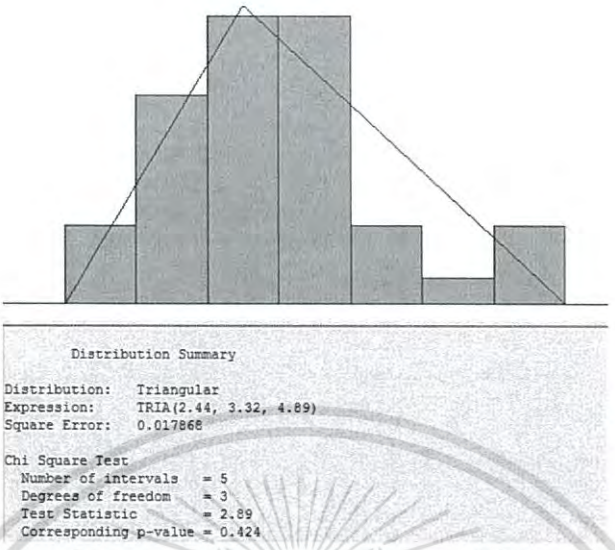
Chi Square Test
Number of intervals = 3
Degrees of freedom = 1
Test Statistic = 0.755
Corresponding p-value = 0.414

รูปที่ ง.20 ผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาในการเย็บทับไหล่ของเสื้อโปโล

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาในการเย็บทับไหล่ของเสื้อโปโลมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA(0.29, 0.418, 0.54) นาทีต่อชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 โพ้งเข้าตัว



Distribution Summary

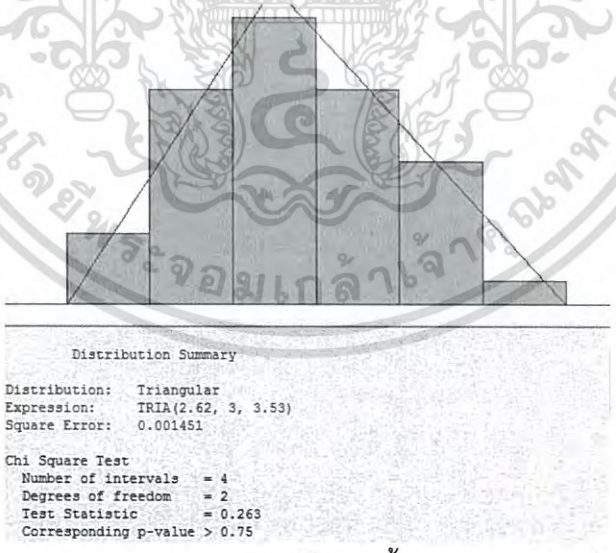
Distribution: Triangular
Expression: TRIA(2.44, 3.32, 4.89)
Square Error: 0.017868

Chi Square Test
Number of intervals = 5
Degrees of freedom = 3
Test Statistic = 2.89
Corresponding p-value = 0.424

รูปที่ ง.21 ผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาในการโพ้งเข้าตัวของเสื้อโปโล

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาในการโพ้งเข้าตัวของเสื้อโปโลมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA(2.44, 3.32, 4.89) นาทีต่อชิ้น

4.10 ย้ำปลายแขนและเก็บผ่าข้าง



Distribution Summary

Distribution: Triangular
Expression: TRIA(2.62, 3, 3.53)
Square Error: 0.001451

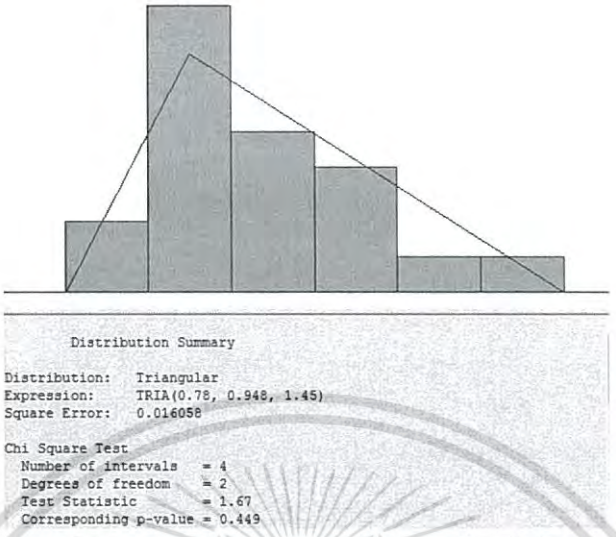
Chi Square Test
Number of intervals = 4
Degrees of freedom = 2
Test Statistic = 0.263
Corresponding p-value > 0.75

รูปที่ ง.22 ผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาในการย้ำปลายแขนและเก็บผ่าข้างของเสื้อโปโล

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาในการย้ำปลายแขนและเก็บผ่าข้างของเสื้อโปโลมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA(2.62, 3, 3.53) นาทีต่อชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.11 เตรียมผ้ากุ๊นทำปก



Distribution Summary

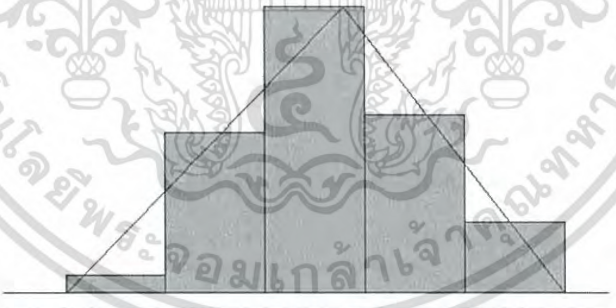
Distribution: Triangular
Expression: TRIA(0.78, 0.948, 1.45)
Square Error: 0.016058

Chi Square Test
Number of intervals = 4
Degrees of freedom = 2
Test Statistic = 1.67
Corresponding p-value = 0.449

รูปที่ ง.23 ผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาในการเตรียมผ้ากุ๊นทำปกของเสื้อโปโล

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาในการเตรียมผ้ากุ๊นทำปกของเสื้อโปโลมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA(0.78, 0.948, 1.45) นาทีต่อชิ้น

4.12 ใส่ปก



Distribution Summary

Distribution: Triangular
Expression: TRIA(0.9, 1.22, 1.47)
Square Error: 0.005159

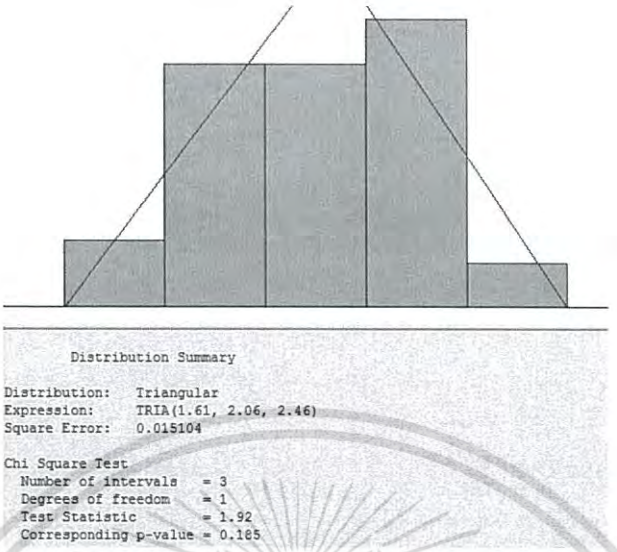
Chi Square Test
Number of intervals = 3
Degrees of freedom = 1
Test Statistic = 0.538
Corresponding p-value = 0.476

รูปที่ ง.24 ผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาในการใส่ปกของเสื้อโปโล

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาในการใส่ปกของเสื้อโปโลมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA(0.9, 1.22, 1.47) นาทีต่อชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.13 กุ๊นเก็บขอบปก



Distribution Summary

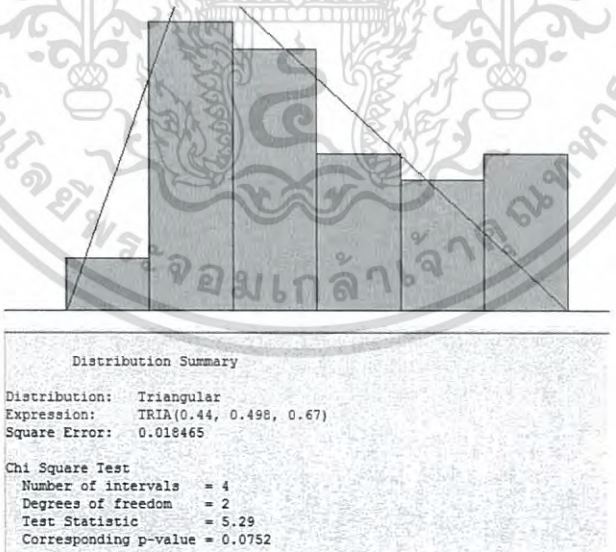
Distribution: Triangular
Expression: TRIA(1.61, 2.06, 2.46)
Square Error: 0.015104

Chi Square Test
Number of intervals = 3
Degrees of freedom = 1
Test Statistic = 1.92
Corresponding p-value = 0.165

รูปที่ ง.25 ผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาในการกุ๊นเก็บขอบปกของเสื้อโปโล

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาในการกุ๊นเก็บขอบปกของเสื้อโปโลมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA(1.61, 2.06, 2.46) นาทีต่อชิ้น

4.14 ปิดสาบบนล่าง



Distribution Summary

Distribution: Triangular
Expression: TRIA(0.44, 0.498, 0.67)
Square Error: 0.018465

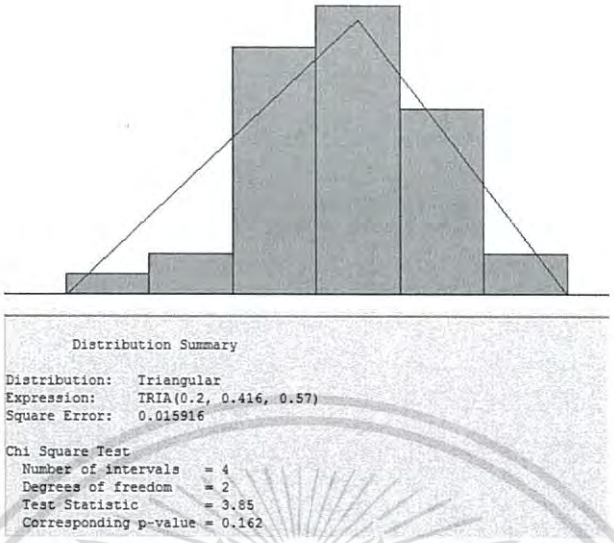
Chi Square Test
Number of intervals = 4
Degrees of freedom = 2
Test Statistic = 5.29
Corresponding p-value = 0.0752

รูปที่ ง.26 ผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาในการปิดสาบบนล่างของเสื้อโปโล

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาในการปิดสาบบนล่างของเสื้อโปโลมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA(0.44, 0.498, 0.67) นาทีต่อชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.15 เจาะรังดุม



Distribution Summary

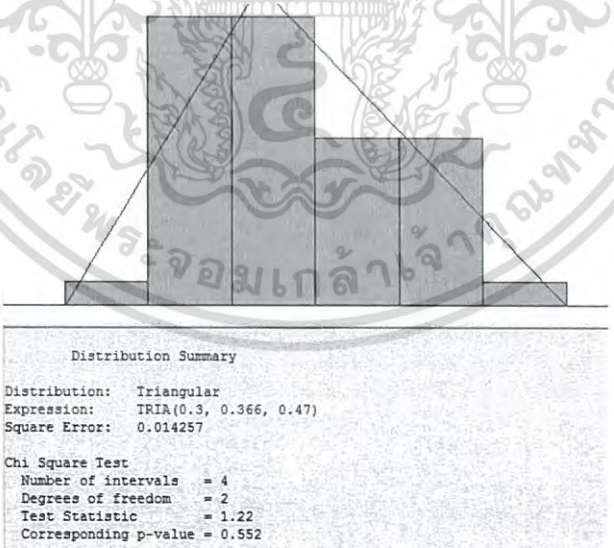
Distribution: Triangular
Expression: TRIA(0.2, 0.416, 0.57)
Square Error: 0.015916

Chi Square Test
Number of intervals = 4
Degrees of freedom = 2
Test Statistic = 3.85
Corresponding p-value = 0.162

รูปที่ ง.27 ผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาในการเจาะรังดุมของเสื้อโปโล

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาในการเจาะรังดุมของเสื้อโปโลมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA(0.2, 0.416, 0.57) นาทีต่อชิ้น

4.16 แต้มเครื่องหมาย



Distribution Summary

Distribution: Triangular
Expression: TRIA(0.3, 0.366, 0.47)
Square Error: 0.014257

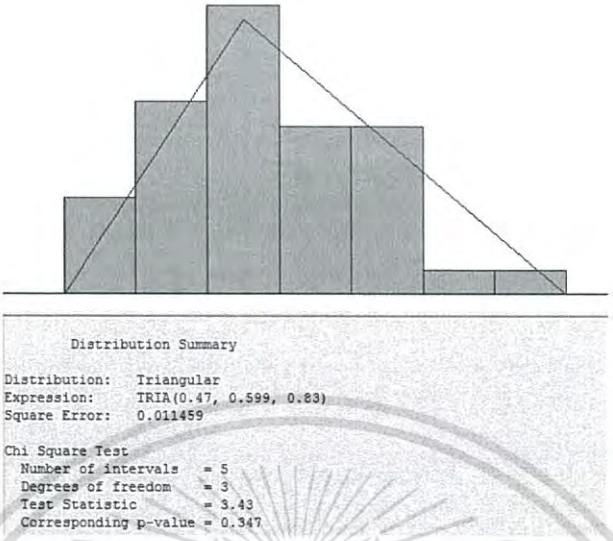
Chi Square Test
Number of intervals = 4
Degrees of freedom = 2
Test Statistic = 1.22
Corresponding p-value = 0.552

รูปที่ ง.28 ผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาในการแต้มเครื่องหมายของเสื้อโปโล

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาในการแต้มเครื่องหมายของเสื้อโปโลมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA(0.3, 0.366, 0.47) นาทีต่อชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.17 ติดกระดุม



รูปที่ ง.29 ผลการทดสอบการแจกแจงของเวลาในการติดกระดุมของเสื้อโปโล

จากการทดสอบด้วย Input Analyzer พบว่าเวลาในการติดกระดุมของเสื้อโปโลมีรูปแบบการแจกแจงแบบ Triangular โดยมีค่าเท่ากับ TRIA(0.47, 0.599, 0.83) นาทีต่อชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
การกำหนดโมดูลในแบบจำลองสถานการณ์

หน่วยโมดูลสำหรับสร้างแบบจำลองสถานการณ์แบ่งตามคุณลักษณะของหน่วยโมดูลได้เป็น 2 ประเภทคือหน่วยโมดูลโครงสร้าง (Flowchart Modules) และหน่วยโมดูลตารางจัดการข้อมูล (Spreadsheet Module) โดยมีการกำหนดโมดูลในแบบจำลองสถานการณ์ดังนี้

1. หน่วยโมดูลโครงสร้าง (Flowchart Modules)

หน่วยโมดูลโครงสร้างเป็นหน่วยโมดูลที่ใช้สำหรับจำลองโครงสร้างขั้นตอนการทำงานของระบบ โดยหน่วยโมดูลโครงสร้างในแบบจำลองสถานการณ์ของงานวิจัยนี้ประกอบด้วย

1.1 โมดูล Create

โมดูล Create เป็นหน่วยโครงสร้างที่ใช้สำหรับเริ่มต้นสร้างวัตถุที่เราสนใจ (entity) เข้ามาในแบบจำลอง โดยในงานวิจัยนี้คือวัตถุที่เราสนใจคือคำสั่งซื้อของลูกค้า (Order) ดังนั้นจึงสร้างโมดูล Create จำนวน 1 โมดูลชื่อ “Create Order” ในแบบจำลองสำหรับสร้างคำสั่งซื้อของลูกค้าเข้ามาในระบบโดยมีรายละเอียดข้อมูลที่ใส่ในหน้าต่างของโมดูล Create ดังตารางที่ จ.1

ตารางที่ จ.1 ข้อมูลที่ใส่ในโมดูล Create

Name	Entity Type:	Time Between Arrivals			Entities per Arrival	Max Arrivals	First Creation
		Type	Expression	Units			
Create order	Order	Expression	EXPO(4.25)	Days	1	demands	0

1.2 โมดูล Dispose

โมดูล Dispose เป็นหน่วยโครงสร้างที่ใช้สำหรับจบการทำงานของวัตถุที่สนใจโดยวัตถุจะออกจากระบบแบบจำลองที่จุดนี้ ผู้วิจัยได้สร้างโมดูล Dispose จำนวน 1 โมดูลชื่อ “Prepare for shipping” ในแบบจำลองสำหรับให้คำสั่งซื้อออกจากระบบ

1.3 โมดูล Process

โมดูล Process เป็นหน่วยโครงสร้างที่ใช้แสดงกิจกรรมซึ่งในแบบจำลองสถานการณ์ของงานวิจัยนี้แสดงถึงการผลิตชิ้นงาน ในงานวิจัยนี้มีโมดูล Process อยู่ 2 ส่วนคือส่วนที่ผลิตชิ้นงานโดยผู้รับจ้างภายนอก และส่วนที่ผลิตชิ้นงานโดยสถานีงานในแผนกเย็บ โดยมีรายละเอียดข้อมูลที่ใส่ในหน้าต่างของโมดูล Process ดังตารางที่ จ.2 และตารางที่ จ.3 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.2 ข้อมูลที่ใส่ในโมดูล Process ที่ผลิตชิ้นงานโดยผู้รับจ้างภายนอก

Name	Type	Logic		Delay Type	Units	Allocation	Expression
		Action					
Process in Maesod	Standard	Delay		Expression	Days	Value Added	demandoutsource*3/1000
Process in Subcontract	Standard	Delay		Expression	Minutes	Value Added	demandoutsource*7

ตารางที่ จ.3 ข้อมูลที่ใส่ในโมดูล Process ที่ผลิตชิ้นงานโดยสถานีงานในแผนกเย็บ

Name	Type	Logic			Delay Type	Units	Allocation	Expression
		Action	Priority	Resource				
Process in Sewing MC_A	Standard	Seize Delay Release	Medium (2)	Set, Sewing MC Set, 1, Cyclical, Set, Sewing Worker Set, 1, Cyclical,	Expression	Minutes	Value Added	processtime
Process in Coverstitch MC_B	Standard	Seize Delay Release	Medium (2)	Set, Coverstitch MC Set, 1, Cyclical, Set, Coverstitch Worker Set, 1, Cyclical,	Expression	Minutes	Value Added	processtime
Process in Overlock MC_C	Standard	Seize Delay Release	Medium (2)	Set, Overlock MC Set, 1, Cyclical, Set, Overlock Worker Set, 1, Cyclical,	Expression	Minutes	Value Added	processtime
Process in Double Chain MC_D	Standard	Seize Delay Release	Medium (2)	Resource, Double Chain MC, 1 Resource, Worker8, 1	Expression	Minutes	Value Added	processtime
Process in Cloth Tape Cutting MC_E	Standard	Seize Delay Release	Medium (2)	Resource, Cloth Tape Cutting MC, 1 Resource, Worker6, 1	Expression	Minutes	Value Added	processtime
Process in Edge Trimmer MC_F	Standard	Seize Delay Release	Medium (2)	Resource, Edge Trimmer MC,1 Resource, Worker6, 1	Expression	Minutes	Value Added	processtime
Process in Buttonholing MC_G	Standard	Seize Delay Release	Medium (2)	Resource, Buttonholing MC, 1 Resource, Worker2, 1	Expression	Minutes	Value Added	processtime
Process in Button MC_H	Standard	Seize Delay Release	Medium (2)	Resource, Button MC, 1 Resource, Worker7, 1	Expression	Minutes	Value Added	processtime
Process in None MC_I	Standard	Seize Delay Release	Medium (2)	Resource, Worker Set, 1	Expression	Minutes	Value Added	processtime

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 โมดูล Assign

โมดูล Assign เป็นหน่วยโครงสร้างที่ใช้สำหรับกำหนดค่าตัวแปร (Variables), คุณสมบัติประจำตัว (Attribute), ชนิดของวัตถุ (Entity Type), ภาพของวัตถุ (Entity Picture) หรือตัวแปรระบบอื่นๆ (Other) ให้กับทุกวัตถุที่ผ่านออกจากโมดูล Assign นี้ ในงานวิจัยนี้มีโมดูล Assign อยู่ 3 ส่วนคือส่วนที่ 1 คือส่วนที่ใช้กำหนดค่าให้กับคำสั่งซื้อที่เข้ามายังระบบ ส่วนที่ 2 คือส่วนที่ใช้กำหนดลำดับความสำคัญสำหรับการเข้าผลิตในสถานีงาน และส่วนที่ 3 คือส่วนที่ใช้กำหนดค่าผลลัพธ์ โดยมีรายละเอียดข้อมูลที่ใส่ในหน้าต่างของโมดูล Assign ดังตารางที่ จ.4, ตารางที่ จ.5 และตารางที่ จ.6 ตามลำดับ

ตารางที่ จ.4 ข้อมูลที่ใส่ในโมดูล Assign ที่ใช้กำหนดค่าให้กับคำสั่งซื้อที่เข้ามายังระบบ

Name	Assignments
Assign Order	Variable, count order, count order+1
	Attribute, Order Number, count order
	Attribute, type, DISC(0.59, 1, 1.0, 2)
	Attribute, demand, Expression demand (type)
Assign tshirt	Entity Picture, tshirtentity
	Attribute, spt, demand*timetshirt
	Attribute, start time, TNOW
	Attribute, edd, start time + (demand*TRIA(4.58,7.97,11.46)/60)
Assign polo	Entity Picture, poloentity
	Attribute, spt, demand*timepolo
	Attribute, start time, TNOW
	Attribute, edd, start time + (demand*TRIA(17.19,22.04,29.41)/60)
	Entity Type, POLO
	Attribute, Entity.Sequence, Advance Set Sequence (type)
	Attribute, separation, 0
Assign demand for outsource	Attribute, demandoutsource, demand - demandlimit
	Attribute, separation, 1
Assign demand in sewing dept	Attribute, demand, demandlimit
	Attribute, Entity.Sequence, Sequence tshirt
	Attribute, Attribute 3, 1
Assign sequence	Attribute, Entity.Sequence, Advance Set Sequence (type)
	Attribute, separation, 0
	Entity Type, TSHIRT

ตารางที่ จ.5 ข้อมูลที่ใส่ในโมดูล Assign ที่ใช้กำหนดลำดับความสำคัญสำหรับเข้าผลิตในสถานีงาน

Name	Assignments
Assign FCFS	Attribute, priority, TNOW
Assign EDD	Attribute, priority, edd
Assign SPT	Attribute, priority, spt
Assign LPT	Attribute, priority, 1/spt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.6 ข้อมูลที่ใส่ในโมดูล Assign ที่ใช้กำหนดค่าผลลัพธ์

Name	Assignments
Assign Tardiness	Variable, countfinish, countfinish + 1
	Attribute, finishorder, countfinish
	Variable, diff_duedate, TNOW - edd
	Attribute, diffduedate, TNOW - edd

1.5 โมดูล Decide

โมดูล Decide เป็นหน่วยโครงสร้างที่ใช้สำหรับตัดสินใจทางเลือกกับวัตถุว่าควรไปเส้นทางใด โดยแต่ละวัตถุสามารถเลือกทางเลือกให้กับตัวเองได้เพียงหนึ่งเส้นทางเท่านั้น ในงานวิจัยนี้ใช้เกณฑ์ของเงื่อนไขในการตัดสินใจ (by Condition) สำหรับวัตถุ ในงานวิจัยนี้มีโมดูล Decide อยู่ 3 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 ส่วนที่ใช้ตัดสินใจเกี่ยวกับการส่งชิ้นงานให้ผู้รับจ้างภายนอก ส่วนที่ 2 คือส่วนที่ใช้ตัดสินใจเกี่ยวกับกฎการจัดตารางการผลิตและเข้าสถานีงาน และส่วนที่ 3 คือส่วนที่ใช้ตัดสินใจสำหรับบันทึกผลลัพธ์ โดยมีรายละเอียดข้อมูลที่ใส่ในหน้าต่างของโมดูล Decide ดังตารางที่ จ.7, ตารางที่ จ.8 และตารางที่ จ.9 ตามลำดับ

ตารางที่ จ.7 ข้อมูลที่ใส่ในโมดูล Decide ที่ใช้ตัดสินใจเกี่ยวกับการส่งชิ้นงานให้ผู้รับจ้างภายนอกผลิต

Name	Type	Conditions
Which type	2-way by Condition	Attribute, type, ==, 1
demand more than Limit	2-way by Condition	Attribute, demand, >=, demandlimit
Send to Maesod	2-way by Condition	Attribute, demandoutsouce, >, demandtosub
Have a separation	2-way by Condition	Attribute, separation, ==, 1
Make by Sewing Department	2-way by Condition	Attribute, Attribute 3, ==, 1

ตารางที่ จ.8 ข้อมูลที่ใส่ในโมดูล Decide ที่ใช้ตัดสินใจเกี่ยวกับกฎการจัดตารางการผลิตและการเข้าสถานีงาน

Name	Type	Conditions
Decide rule	N-way by Condition	Variable, rule, ==, 1
		Variable, rule, ==, 2
		Variable, rule, ==, 3
		<End of list>
Decide Station	N-way by Condition	Attribute, Entity.Station, ==, Sewing MC Station
		Attribute, Entity.Station, ==, Coverstitch MC Station
		Attribute, Entity.Station, ==, Overlock MC Station
		Attribute, Entity.Station, ==, Double Chain MC Station
		Attribute, Entity.Station, ==, Buttonholing MC Station
		Attribute, Entity.Station, ==, Edge Trimmer MC Station
		Attribute, Entity.Station, ==, Button MC Station
		Attribute, Entity.Station, ==, Cloth Tape Cutting MC Station
		<End of list>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.9 ข้อมูลที่ใส่ในโมดูล Decide ที่ใช้ตัดสินใจเกี่ยวกับการบันทึกผลลัพธ์

Name	Type	Conditions
Last Order	2-way by Condition	Attribute, finishorder, ==, demands

1.6 โมดูล Batch

โมดูล Batch เป็นหน่วยโครงสร้างที่ใช้รวมวัตถุที่สนใจเข้าด้วยกัน ในงานวิจัยนี้ใช้โมดูล Batch สำหรับรวมชิ้นงานที่มีหมายเลขคำสั่งซื้อเดียวกันให้อยู่ด้วยกัน โดยมีรายละเอียดข้อมูลที่ใส่ในหน้าต่างของโมดูล Batch ดังตารางที่ จ.10

ตารางที่ จ.10 ข้อมูลที่ใส่ในโมดูล Batch

Name	Type	Batch Size	Save Criterion	Rule	Attribute Name
Batch order	Permanent	demand	Last	By Attribute	Order Number
Batch from separate	Permanent	2	Last	By Attribute	Order Number
Batch demand	Permanent	demand	Last	By Attribute	Order Number

1.7 โมดูล Separate

โมดูล Separate เป็นหน่วยโครงสร้างที่ใช้คัดลอกวัตถุที่เข้าโมดูลนี้ให้กลายเป็นหลายวัตถุเมื่อออกจากโมดูลนี้ ในงานวิจัยนี้ใช้โมดูล Separate สำหรับคัดลอกคำสั่งซื้อให้กลายเป็นชิ้นงานสำหรับผลิต โดยมีรายละเอียดข้อมูลที่ใส่ในหน้าต่างของโมดูล Separate ดังตารางที่ จ.11

ตารางที่ จ.11 ข้อมูลที่ใส่ในโมดูล Separate

Name	Type	Percent Cost to Duplicates(0-100)	#of Duplicates
Separate into outsource and Sewing Department	Duplicate Original	100	1
Separate demand	Duplicate Original	100	demand - 1

1.8 โมดูล Record

โมดูล Record เป็นหน่วยโครงสร้างที่ใช้รวบรวมข้อมูลทางสถิติในแบบจำลอง ในงานวิจัยนี้ใช้โมดูล Record สำหรับบันทึกผลลัพธ์ 2 ค่าคือค่าเวลาล่าช้าของงาน (Tardiness) และค่าเวลาปิดงานของระบบ (Makespan) โดยมีรายละเอียดข้อมูลที่ใส่ในหน้าต่างของโมดูล Record ดังตารางที่ จ.12

ตารางที่ จ.12 ข้อมูลที่ใส่ในโมดูล Record

Name	Type	Value
Record Tardiness	Expression	MX(0,diffduedate)
Record Makespan	Expression	TNOW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.9 โมดูล Enter

โมดูล Enter เป็นหน่วยโครงสร้างที่ใช้เป็นตัวแทนของสถานีหรือกลุ่มสถานี ในงานวิจัยนี้มีโมดูล Enter 2 ส่วนคือส่วนที่ 1 เป็นสถานีที่ชี้นงานไปยังสถานีงานของผู้รับจ้างภายนอก และส่วนที่ 2 เป็นกลุ่มสถานีที่ชี้นงานไปยังสถานีงานในแผนกเย็บ โดยมีรายละเอียดข้อมูลที่ใส่ในหน้าต่างของโมดูล Enter ดังตารางที่ จ.13 และตารางที่ จ.14 ตามลำดับ

ตารางที่ จ.13 ข้อมูลที่ใส่ในโมดูล Enter ที่ไปยังสถานีงานของผู้รับจ้างภายนอก

Name	Station Type	Station Name	Logic			
			Delay	Allocation	Units	Tranfer In
Enter to Maesod	Station	Enter to Maesod.Station	5	Transfer	Hours	None
Enter to Subcontract	Station	Enter to Subcontract.Station	1	Transfer	Hours	None

ตารางที่ จ.14 ข้อมูลที่ใส่ในโมดูล Enter ที่ไปยังสถานีงานในแผนกเย็บ

Name	Station Type	Set Name	Save Attribute	Set Members	Logic			
					Delay	Allocation	Units	Tranfer In
Enter to set Station	Set	Enter to set Station Set.Station	myindex	Sewing MC Station Coverstitch MC Station Overlock MC Station Double Chain MC Station Buttonholing MC Station Edge Trimmer MC Station Button MC Station Cloth Tape Cutting MC Station None MC Station	0	Value Added	Minutes	None

1.10 โมดูล Leave

โมดูล Leave เป็นหน่วยโครงสร้างที่ใช้ขนย้ายวัตถุที่เข้าสู่โมดูลนี้ไปยังสถานีปลายทางที่ระบุในโมดูล ในงานวิจัยนี้มีโมดูล Leave จำนวน 1 โมดูลใช้ทำหน้าที่ขนย้ายชิ้นงานออกจากสถานีงานที่ผลิตไปยังสถานีงานต่อไปตามที่ระบุไว้ โดยมีรายละเอียดข้อมูลที่ใส่ในหน้าต่างของโมดูล Leave ดังตารางที่ จ.15

ตารางที่ จ.15 ข้อมูลที่ใส่ในโมดูล Leave

Name	Allocation	Delay	Units	Logic	Connect Type	Move Time	Units	Station Type
				Transfer Out				
Leave to Sequence Station	Value Added	0	Minutes	None	Route	movetime	seconds	By Sequence

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.11 โมดูล Route

โมดูล Route เป็นหน่วยโครงสร้างที่ใช้ขนย้ายที่เข้าสู่โมดูลนี้ไปยังสถานีปลายทางที่กำหนดด้วยเวลาการขนย้าย ในงานวิจัยนี้มีโมดูล Route อยู่ 2 ส่วนคือส่วนที่ 1 เป็นส่วนขนย้ายชิ้นงานจากผู้รับจ้างภายนอกกลับมายังภายในบริษัท และส่วนที่ 2 เป็นส่วนขนย้ายชิ้นงานไปยังสถานีงานต่างๆ ในแผนกเย็บ โดยมีรายละเอียดข้อมูลที่ใส่ในหน้าต่างของโมดูล Route ดังตารางที่ จ.16 และตารางที่ จ. 17 ตามลำดับ

ตารางที่ จ.16 ข้อมูลที่ใส่ในโมดูล Route จากผู้รับจ้างภายนอก

Name	Route Time	Units	Destination Type	Station Name
Route from Maesod	5	Hours	Station	Shipping Tshirt Station
Route from Subcontract	1	Hours	Station	Shipping Tshirt Station

ตารางที่ จ.17 ข้อมูลที่ใส่ในโมดูล Route ไปยังสถานีงานต่างๆ ในแผนกเย็บ

Name	Route Time	Units	Destination Type	Station Name
Route by sequence	0	Hours	By Sequence	

1.12 โมดูล Station

โมดูล Station เป็นหน่วยโครงสร้างที่ใช้ระบุชื่อสถานี ในงานวิจัยนี้มีโมดูล Station จำนวน 2 สถานีโดยมีรายละเอียดข้อมูลที่ใส่ในหน้าต่างของโมดูล Station ดังตารางที่ จ.18

ตารางที่ จ.18 ข้อมูลที่ใส่ในโมดูล Station

Name	Station Type	Station Name
Shipping Tshirt Station	Station	Shipping Tshirt Station
Shipping polo Station	Station	Shipping polo Station

2. หน่วยโมดูลตารางจัดการข้อมูล (Spreadsheet Modules)

หน่วยโมดูลตารางจัดการข้อมูลเป็นหน่วยโมดูลที่ใช้สำหรับจัดเก็บข้อมูลต่างๆ ที่สามารถนำมาคำนวณได้ หรือประมวลผลในตัวแบบจำลอง โดยหน่วยโมดูลตารางจัดการข้อมูลในแบบจำลองสถานการณ์ของงานวิจัยนี้ประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 โมดูลตารางจัดการข้อมูล Resource

โมดูลตารางจัดการข้อมูล Resource ใช้สำหรับใส่ข้อมูลทรัพยากร ในงานวิจัยนี้ใช้โมดูลตารางจัดการข้อมูล Resource เป็นแบบกำลังการผลิตคงที่ (Fixed Capacity) โดยมีทรัพยากรที่เป็นเครื่องจักรและคนงานโดยมีรายละเอียดข้อมูลที่ใส่ในหน้าต่างของโมดูลตารางจัดการข้อมูล Resource ดังตารางที่ จ.19

ตารางที่ จ.19 ข้อมูลที่ใส่ในโมดูลตารางจัดการข้อมูล Resource

Name	Type	Capacity
Sewing MC1	Fixed Capacity	1
Sewing MC2	Fixed Capacity	1
Sewing MC3	Fixed Capacity	1
Sewing MC4	Fixed Capacity	1
Sewing MC5	Fixed Capacity	1
Sewing MC6	Fixed Capacity	1
Sewing MC7	Fixed Capacity	1
Coverstitch MC1	Fixed Capacity	1
Coverstitch MC2	Fixed Capacity	1
Coverstitch MC3	Fixed Capacity	1
Overlock MC1	Fixed Capacity	1
Overlock MC2	Fixed Capacity	1
Overlock MC3	Fixed Capacity	1
Overlock MC4	Fixed Capacity	1
Overlock MC5	Fixed Capacity	1
Overlock MC6	Fixed Capacity	1
Overlock MC7	Fixed Capacity	1
Overlock MC8	Fixed Capacity	1
Overlock MC9	Fixed Capacity	1
Double Chain MC	Fixed Capacity	1
Buttonholing MC	Fixed Capacity	1
Edge Trimmer MC	Fixed Capacity	1
Button MC	Fixed Capacity	1
Cloth Tape Cutting MC	Fixed Capacity	1
Worker1	Fixed Capacity	1
Worker2	Fixed Capacity	1
Worker3	Fixed Capacity	1
Worker4	Fixed Capacity	1
Worker5	Fixed Capacity	1
Worker6	Fixed Capacity	1
Worker7	Fixed Capacity	1
Worker8	Fixed Capacity	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 โมดูลตารางจัดการข้อมูล Queue

โมดูลตารางจัดการข้อมูล Queue ใช้สำหรับใส่ลักษณะการเลือกชิ้นงานจากแถวคอยเข้ารับการบริการ โดยโมดูลนี้จะปรากฏขึ้นโดยอัตโนมัติเมื่อมีการสร้างหน่วยโครงสร้างโมดูล Process หรือโมดูล Batch ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กัน ในงานวิจัยนี้มีโมดูลตารางจัดการข้อมูล Queue อยู่ 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 เป็นส่วนที่เลือกชิ้นงานจากแถวคอยเข้ารับการผลิตในโมดูล Process ใช้ลักษณะการให้เลือกชิ้นงานจากแถวคอยเป็นแบบ Lowest Attribute Value คือเมื่อทรัพยากรว่างจะเลือกชิ้นงานจากวัตถุแถวคอยที่มีค่าคุณสมบัติประจำตัวต่ำสุดเข้ารับการผลิตก่อน และส่วนที่ 2 เป็นส่วนที่เลือกชิ้นงานมารวมให้เป็นกลุ่มเดียวกันในโมดูล Batch โดยมีรายละเอียดข้อมูลที่ใส่ในหน้าต่างของโมดูลตารางจัดการข้อมูล Queue ดังตารางที่ จ.20 และตารางที่ จ.21

ตารางที่ จ.20 ข้อมูลที่ใส่ในโมดูลตารางจัดการข้อมูล Queue สำหรับโมดูล Process

Name	Type	Attribute
Process in Sewing MC.Queue	Lowest Attribute Value	priority
Process in Coverstitch MC.Queue	Lowest Attribute Value	priority
Process in Overlock MC.Queue	Lowest Attribute Value	priority
Process in Double Chain MC.Queue	Lowest Attribute Value	priority
Process in Buttonholing MC.Queue	Lowest Attribute Value	priority
Process in Edge Trimmer MC.Queue	Lowest Attribute Value	priority
Process in Button MC.Queue	Lowest Attribute Value	priority
Process in Cloth Tape Cutting MC.Queue	Lowest Attribute Value	priority
Process in None MC.Queue	Lowest Attribute Value	priority

ตารางที่ จ.21 ข้อมูลที่ใส่ในโมดูลตารางจัดการข้อมูล Queue สำหรับโมดูล Batch

Name	Type	Attribute
Batch order.Queue	First in First Out	
Batch demand.Queue	First in First Out	
Batch from separate.Queue	Lowest Attribute Value	priority

2.3 โมดูลตารางจัดการข้อมูล Variable

โมดูลตารางจัดการข้อมูล Variable ใช้สำหรับใส่ค่าเริ่มต้นให้กับตัวแปร ซึ่งค่าของตัวแปรนี้อาจเปลี่ยนแปลงค่าได้โดยใช้โมดูล Assign กำหนดค่าให้ตัวแปรนี้ใหม่อาจทำได้โดยการใช้สูตร (Expression) หรือกำหนดค่าคงที่ค่าใหม่ให้ตัวแปรได้ โดยมีรายละเอียดข้อมูลที่ใส่ในหน้าต่างของโมดูลตารางจัดการข้อมูล Variable ดังตารางที่ จ.22 และมีค่าเริ่มต้นของตัวแปรดังตารางที่ จ.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.22 ข้อมูลที่ใส่ในโมดูลตารางจัดการข้อมูล Variable

Name	Data Type	Clear Option	Initial Values
demands	Real	System	1 rows
timetshirt	Real	System	1 rows
timepolo	Real	System	1 rows
demandlimit	Real	System	1 rows
demandtosub	Real	System	1 rows
count order	Real	System	1 rows
rule	Real	System	1 rows
countfinish	Real	System	1 rows
diff_duedate	Real	System	0 rows
movetime	Real	System	1 rows

ตารางที่ จ.23 ค่าเริ่มต้นของข้อมูล Variable

Name	Initial Values
demands	6
timetshirt	8
timepolo	24
demandlimit	8000
demandtosub	1000
count order	0
rule	1
countfinish	0
movetime	30

2.4 โมดูลตารางจัดการข้อมูล Set

โมดูลตารางจัดการข้อมูล Set ใช้เก็บกลุ่มข้อมูลที่ทำงานในลักษณะเดียวกันไว้ด้วยกัน ในงานวิจัยนี้ใช้โมดูลตารางจัดการข้อมูล Set สำหรับเก็บทรัพยากรคือเครื่องจักร และคนงานที่ใช้ทำกิจกรรมอย่างเดียวกันได้โดยมีรายละเอียดข้อมูลที่ใส่ในหน้าต่างของโมดูลตารางจัดการข้อมูล Set ดังตารางที่ จ.24 และมีรายชื่อสมาชิกของกลุ่มข้อมูลดังตารางที่ จ.25

ตารางที่ จ.24 ข้อมูลที่ใส่ในโมดูลตารางจัดการข้อมูล Set

Name	Type	Member
Sewing MC Set	Resource	7 rows
Coverstitch MC Set	Resource	3 rows
Overlock MC Set	Resource	9 rows
Sewing Worker Set	Resource	6 rows
Coverstitch Worker Set	Resource	3 rows
Overlock Worker Set	Resource	6 rows
Worker Set	Resource	8 rows

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.25 รายชื่อสมาชิกของกลุ่มข้อมูลในโมดูลตารางจัดการข้อมูล Set

Name	Member	Resource Name
Sewing MC Set	7 rows	Sewing MC1
		Sewing MC2
		Sewing MC3
		Sewing MC4
		Sewing MC5
		Sewing MC6
		Sewing MC7
Coverstitch MC Set	3 rows	Coverstitch MC1
		Coverstitch MC2
		Coverstitch M3
Overlock MC Set	9 rows	Overlock MC1
		Overlock MC2
		Overlock MC3
		Overlock MC4
		Overlock MC5
		Overlock MC6
		Overlock MC7
		Overlock MC8
		Overlock MC9
Sewing Worker Set	6 rows	Worker1
		Worker2
		Worker3
		Worker4
		Worker5
		Worker6
Coverstitch Worker Set	3 rows	Worker5
		Worker7
		Worker8
Overlock Worker Set	6 rows	Worker1
		Worker2
		Worker3
		Worker4
		Worker5
		Worker6
Worker Set	8 rows	Worker1
		Worker2
		Worker3
		Worker4
		Worker5
		Worker6
		Worker7
		Worker8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 โมดูลตารางจัดการข้อมูล Advanced Set

โมดูลตารางจัดการข้อมูล Advanced Set ใช้จัดเก็บกลุ่มข้อมูลอื่นๆ (Other Set) โดยในกลุ่มหนึ่งๆ จะแสดงหน่วยสมาชิกย่อยที่มีประเภทกลุ่มเดียวกัน ซึ่งถูกอ้างอิงผ่านทางชื่อกลุ่ม และดัชนีของกลุ่มเพื่ออ้างถึงชื่อสมาชิกภายในกลุ่ม ในงานวิจัยนี้ใช้โมดูลตารางจัดการข้อมูล Advanced Set สำหรับเก็บกลุ่มการจัดลำดับการผลิต (Sequence) ตามประเภทของผลิตภัณฑ์ โดยมีรายละเอียดข้อมูลที่ใส่ในหน้าต่างของโมดูลตารางจัดการข้อมูล Advanced Set ดังตารางที่ จ.26

ตารางที่ จ.26 ข้อมูลที่ใส่ในโมดูลตารางจัดการข้อมูล Advanced Set

Name	Set Type	Member	Other
Advanced Set Sequence	Other	2 rows	Sequence tshirt
			Sequence polo

2.6 โมดูลตารางจัดการข้อมูล Expression

โมดูลตารางจัดการข้อมูล Expression ใช้สำหรับสร้างสูตรทางคณิตศาสตร์ สร้างค่าคงที่ สร้างค่าสถิติ หรือสร้างค่าต่างๆ ที่ได้กำหนดขึ้นเอง ในงานวิจัยนี้ใช้โมดูลตารางจัดการข้อมูล Expression สำหรับสร้างสูตรสำหรับค่าปริมาณความต้องที่ลูกค้าสั่งผลิต (demand) ตามประเภทของผลิตภัณฑ์ โดยมีรายละเอียดข้อมูลที่ใส่ในหน้าต่างของโมดูลตารางจัดการข้อมูล Expression ดังตารางที่ จ.27

ตารางที่ จ.27 ข้อมูลที่ใส่ในโมดูลตารางจัดการข้อมูล Expression

Name	Rows	Columns	Data Type	Expression Values
Expression demand	2		Native	ANINT(UNIF(403,9720))
				ANINT(UNIF(109,822))

2.7 โมดูลตารางจัดการข้อมูล Sequence

โมดูลตารางจัดการข้อมูล Sequence เป็นหน่วยข้อมูลแสดงลำดับการเดินทางตามสถานีให้กับวัตถุ โดยวัตถุจะไหลไปในระบบจำลองตามลำดับสถานีทำงานที่กำหนด วัตถุจะมีลำดับสถานีการทำงานที่กำหนด โดยผู้วิจัยสร้างโมดูล Assign กำหนดคุณสมบัติประจำตัว (Attribute) ให้คุณสมบัติชื่อ Entity.Sequence และใส่ค่าให้กับคุณสมบัติประจำตัวคือชื่อตารางแสดงลำดับสถานีที่ต้องการ ในงานวิจัยนี้ได้ใช้โมดูลตารางจัดการข้อมูล Sequence สร้างลำดับการเดินทางตามสถานีงานให้กับชิ้นงาน โดยมีรายละเอียดข้อมูลที่ใส่ในหน้าต่างของโมดูลตารางจัดการข้อมูล Sequence ดังตารางที่ จ.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.28 ข้อมูลที่ใส่ในโมดูลตารางจัดการข้อมูล Sequence

Name	Steps	Station Name	Assignments	Assignment Type	Attribute Name	Value
Sequence tshirt	10 rows	Overlock MC Station	1 rows	Attribute	processtime	TRIA(0.43,0.56,0.82)
		Coverstitch MC Station	1 rows	Attribute	processtime	TRIA(0.15,0.22,0.28)
		Overlock MC Station	1 rows	Attribute	processtime	TRIA(2.00,2.41,3.89)
		Sewing MC Station	1 rows	Attribute	processtime	TRIA(0.26,0.37,0.51)
		Coverstitch MC Station	1 rows	Attribute	processtime	TRIA(0.42,0.56,0.69)
		Overlock MC Station	1 rows	Attribute	processtime	TRIA(0.04,0.06,0.09)
		None MC Station	1 rows	Attribute	processtime	TRIA(0.13,0.16,0.26)
		Overlock MC Station	1 rows	Attribute	processtime	TRIA(0.46,0.56,0.71)
		Double Chain MC Station	1 rows	Attribute	processtime	TRIA(0.69,0.79,0.94)
		Shipping Tshirt Station	0 rows			
Sequence polo	18 rows	Coverstitch MC Station	1 rows	Attribute	processtime	TRIA(0.46,0.53,0.69)
		None MC Station	1 rows	Attribute	processtime	TRIA(1.02,1.11,1.33)
		Sewing MC Station	1 rows	Attribute	processtime	TRIA(0.15,0.22,0.32)
		Sewing MC Station	1 rows	Attribute	processtime	TRIA(1.61,2.37,3.44)
		Coverstitch MC Station	1 rows	Attribute	processtime	TRIA(0.43,0.56,0.66)
		Coverstitch MC Station	1 rows	Attribute	processtime	TRIA(0.19,0.22,0.28)
		Overlock MC Station	1 rows	Attribute	processtime	TRIA(0.42,0.54,0.91)
		Sewing MC Station	1 rows	Attribute	processtime	TRIA(0.29,0.42,0.54)
		Coverstitch MC Station	1 rows	Attribute	processtime	TRIA(2.44,3.32,4.89)
		Sewing MC Station	1 rows	Attribute	processtime	TRIA(2.62,3.00,3.53)
		Cloth Tape Cutting MC Station	1 rows	Attribute	processtime	TRIA(0.78,0.95,1.45)
		Sewing MC Station	1 rows	Attribute	processtime	TRIA(0.90,1.22,1.47)
		Edge Trimmer MC Station	1 rows	Attribute	processtime	TRIA(1.61,2.06,2.46)
		Sewing MC Station	1 rows	Attribute	processtime	TRIA(0.44,0.50,0.67)
		Buttonholing MC Station	1 rows	Attribute	processtime	TRIA(0.20,0.42,0.57)
		None MC Station	1 rows	Attribute	processtime	TRIA(0.30,0.37,0.47)
		Button MC Station	1 rows	Attribute	processtime	TRIA(0.47,0.60,0.83)
		Shipping polo Station	0 rows			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล: นางสาวสโรชา เกษแก้ว
วัน เดือน ปีเกิด: 17 กรกฎาคม 2536
ที่อยู่: 9/93 หมู่ 2 ต.บางเพรียง อ.บางบ่อ จ.สมุทรปราการ 10560

ประวัติการศึกษา:

พ.ศ. 2557 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 1) สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผลงานทางวิชาการ: “การใช้การจำลองสถานการณ์ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต กรณีศึกษา บริษัท ทีทีเอช เทรดดิ้ง จำกัด.” การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2559 (IE Network National Conference).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้