โปรแกรมสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดสมดุลสายการผลิต
กรณีศึกษา โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์บำรุงเส้นผม

นางสาวกรองทอง งามณรงค์พงษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2550
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DECISION SUPPORT PROGRAM FOR ASSEMBLY LINE BALANCING
A CASE STUDY : A HAIR-NOURISHING PRODUCT MANUFACTURING

Miss Krongtong Ngamnarongpong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineer

Chulalongkorn University

Academic Year 2007

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	โปรแกรมสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดสมดุลสายการผลิต กรณีศึกษา โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์บำรุงเส้นผม
โดย	นางสาวกรองทอง งามณรงค์พงษ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…… ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)

…….. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ)

……กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา เชาวลิตวงศ์)

……กรรมการ
(อาจารย์ อังศุมาลิน เสนจันทร์ตีไชย)

กรองทอง งามณรงค์พงษ์ : โปรแกรมสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดสมดุลสายการผลิต กรณีศึกษาโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์บำรุงเส้นผม. (DECISION SUPPORT PROGRAM FOR ASSEMBLY LINE BALANCING A CASE STUDY : A HAIR-NOURISHING PRODUCT MANUFACTURING) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ, 99 หน้า.

งานวิจัยฉบับนี้ได้มุ่งเน้นการพัฒนาโปรแกรมสนับสนุนการตัดสินใจจัดกำลังคนเพื่อช่วยในการจัดสายการผลิตของหัวหน้างาน โดยสร้างแบบจำลองสายการผลิตที่ถูกจัดสมดุลโดย 3 วิธีการคือ 1) การจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม 2) วิธีของ Kilbridge และ Wester และ 3) วิธีบัคเกตบริเกดส์ เพื่อให้หัวหน้างานสามารถเลือกจำนวนคนงาน วิธีการจัดสายการผลิตเพื่อให้ได้อัตราผลผลิตที่ต้องการ โดยทำการทดลองบนแบบจำลองซึ่งไม่ต้องรบกวนต่อการทำงานจริง

ผลจากการจัดสมดุลและจากแบบจำลองสรุปได้ว่า วิธีการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิมให้อัตราผลผลิตต่ำที่สุด และวิธีบัคเกต บริเกดส์ให้อัตราผลผลิตสูงที่สุด เมื่อมีจำนวนคนงานเท่ากัน โดยอัตราผลผลิตของวิธีการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม และวิธีของ Kilbridge และ Wester นั้นแปรผันตามจำนวนคนงาน และมีความสัมพันธ์กับจำนวนคนงานเป็นขั้นบันได เมื่อพิจารณาอัตราผลผลิตโดยวิธีบัคเกต บริเกดส์ พบว่าอัตราผลผลิตแปรผันตามจำนวนคนงานเชิงเส้นตรง โดยเปอร์เซนต์อรรถประโยชน์ของทุกคนงานบนสายการผลิตแบบบัคเกต บริเกดส์นั้นมีค่าใกล้เคียงกัน ต่างจากวิธีการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม และวิธีของ Kilbridge และ Wester ซึ่งเปอร์เซนต์อรรถประโยชน์ของคนงานในแต่ละสถานีงานมีความแตกต่างกัน

เมื่อเปรียบเทียบอัตราผลผลิตที่ได้จากแบบจำลองพบว่า พบว่าอัตราผลผลิตของวิธีของ Kilbridge และ Wester เพิ่มขึ้นจากวิธีการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิมประมาณ 15 เปอร์เซนต์ อัตราผลผลิตของวิธี บัคเกต บริเกดส์ เพิ่มขึ้นจากวิธีการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิมประมาณ 33 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อตรวจสอบความถูกต้องสมเหตุสมผลด้วยอัตราผลผลิตจากการทดลองจริงของการจัดสมดุลทั้ง 3 วิธีการด้วยคนงานชุดเดียวกัน พบว่าแบบจำลองสามารถใช้แทนระบบการผลิตจริงได้ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2550

4770208521 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD: SIMULATION / LINE BALANCING

KRONGTONG NGAMNARONGPONG: DECISION SUPPORT PROGRAM for ASSEMBLY LINE BALANCING, A CASE STUDY: A HAIR-NOURISHING PRODUCT MANUFACTURING. THESIS ADVISOR: ASSO.PROF.WIPAWEE THAMMAPHORNPHILAS, Ph.D., 99 pp.

This paper presents a Decision Support Program for assembly line balancing for Line leader to allocate labor by simulate line which is balanced by three methods: 1) Allocate labor on the original line method, 2) Kilbridge and Wester method and 3) Bucket Brigade method. Line leader can trial the worker quantity and balancing method on simulation to achieve the desired throughput rate.

The results from pilot run and simulation show that the Allocate labor on the original line method can give the minimum throughput rate and Bucket Brigades method can give the maximum throughput rate at the same worker quantity. Throughput rate from the Allocate labor on the original line method and Kilbridge and Wester method is direct relationship to worker quantity as step function. For Bucket Brigades method, the throughput rate is direct relationship to worker quantity as linear function and this method can distribute worker load to each worker equally but the allocate labor on the original line method and Kilbridge and Wester method cannot. Comparing to the result from simulation shown that the Kilbridge and Wester method can increased the throughput rate from the Allocate labor on the original line method as 15 percent. The throughput rate from Bucket Brigades method is increased 33 percent from the Allocate labor on the original line method. The output from simulation be verified and validate with the throughput rate from pilot run of these 3 methods shown the simulation can be accepted at 0.05 significant level.

Department.INDUSTRIAL.ENGINEERING..... Student's signature.....

Field of study..INDUSTRIAL.ENGINEERING. Advisor's signature.....

Academic year 2007

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบพระคุณอย่างสูงต่อผศ.ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ และ ขอกราบขอบพระคุณ ศ.ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ปวีณา เชาวลิตวงศ์ และ อ.อังศุมาลิน เสนจันทร์ฒิไชย กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ผู้วิจัยขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ และ น้องๆ ทุกคน ทั้งที่สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และบริษัท ฟาบริเนท จำกัด ที่ได้มีส่วนช่วยเหลือผู้วิจัยโดยตลอด

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ มารดา และน้อง ๆ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือความเข้าใจ และกำลังใจซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่สุด รวมถึงบิดาสำหรับความตั้งใจในครั้งนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฎ

สารบัญภาพ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.1.1 ความเป็นมาของบริษัทกรณีศึกษา..... 1

1.1.2 ลักษณะสายการผลิตและปัญหาด้านสมดุลการผลิต..... 1

1.1.3 ผลิตภัณฑ์ของสายการผลิตและกระบวนการผลิต..... 2

1.1.4 วิเคราะห์สภาพปัญหา..... 6

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 7

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย..... 7

1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย..... 7

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 8

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 9

2.1 ชนิดของกระบวนการผลิต..... 9

2.1.1 สายการผลิตแบบส่งถ่าย (Transfer Line)..... 9

2.1.2 สายการผลิตแบบประกอบ (Assembly Line)..... 10

2.2 การศึกษาเวลา..... 10

2.2.1 การเลือกงาน..... 12

2.2.2 การบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้อง..... 13

2.2.3 การแบ่งแยกงานย่อย..... 13

2.2.4 การวัดและการบันทึกเวลา..... 14

2.2.5 การสุ่มตัวอย่างงาน (Work Sampling)..... 16

2.2.6 การประเมินอัตราการทำงาน..... 19

หน้า

2.2.7 การกำหนดเวลาเผื่อ..... 22
2.2.8 การหาเวลามาตรฐาน..... 23
2.3 การจัดสมดุลสายการผลิต..... 23
2.4 บัคเกต บริเกดส์ (Bucket Brigades)..... 29
2.5 การจำลองแบบปัญหา (Computer Simulation)..... 33
2.5.1 ขั้นตอนของการจำลองแบบปัญหา..... 33

บทที่ 3 การจัดสมดุลสายการผลิต..... 36
3.1 การศึกษาและวิเคราะห์สภาพปัญหาปัจจุบัน..... 36
3.1.1 การเลือกงาน..... 36
3.1.2 การแบ่งแยกงานย่อย..... 37
3.1.3 การวัด บันทึก และคำนวณหาเวลามาตรฐาน..... 39
3.1.4 รอบเวลาการผลิต (Cycle Time)..... 45
3.2 การจัดสมดุลสายการผลิต..... 46
3.2.1 การจัดสมดุลสายการผลิตโดยการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม..... 46
3.2.2 การจัดสมดุลสายการผลิตโดยวิธีของ Kilbridge และ Wester..... 51
3.2.3 การจัดสมดุลโดยบัคเกต บริเกดส์..... 56
3.3 สรุปท้ายบท..... 59

บทที่ 4 แบบจำลองการทำงาน..... 62
4.1 การจัดเตรียมข้อมูลป้อนเข้า..... 62
4.1.1 ระบบงาน..... 62
4.1.2 อัตราการเข้ามา (Arrival Rate) ของชิ้นงาน..... 63
4.1.3 ขั้นตอนการผลิต คนงานและสถานีงาน..... 63
4.2 การพัฒนาโปรแกรม..... 63
4.2.1 ข้อกำหนดด้านวิธีการทำงาน..... 64
4.2.1.1 ขั้นตอนการทำงานสำหรับการทำงานแบบแบ่งสถานีงาน..... 64

หน้า

4.2.1.2 ขั้นตอนการทำงานสำหรับการทำงานแบบบัคเกต บริเกดส์ 64
4.2.2 ข้อกำหนดด้านเวลา 65
4.2.3 ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง 66
4.3 ข้อมูลขาออก 67
4.3.1 ส่วนสรุป 67
4.3.2 ส่วนติดตาม 67
4.4 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง 68
4.4.1 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสายการผลิตแบบแบ่งสถานีงาน 68
4.4.2 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสายการผลิตแบบบัคเกต บริเกดส์ 69
4.5 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง 69
4.5.1 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองสายการผลิตเมื่อสายการผลิตเข้าสู่สภาวะคงตัว (ในชั่วโมงที่ 2) 70
4.5.1.1 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองสายการผลิตแบบแบ่งสถานีงานเมื่อสายการผลิตเข้าสู่สภาวะคงตัว 70
4.5.1.2 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองสายการผลิตแบบบัคเกต บริเกตส์ 72
4.5.2 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองสายการผลิตในชั่วโมงแรก 73
4.5.2.1 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองสายการผลิตแบบแบ่งสถานีงานในชั่วโมงแรก 73
4.5.2.2 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองสายการผลิตแบบบัคเกต บริเกดส์ในชั่วโมงแรก 75
4.6 การพัฒนาโปรแกรมสนับสนุนการตัดสินใจจัดกำลังคน 76

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 81
5.1 สรุปผลการวิจัย 81
5.1.1 ผลการจัดสมดุลสายการผลิต 81

หน้า

5.1.2 ผลจากแบบจำลองปัญหา..... 82
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 85
5.2.1 ข้อเสนอแนะด้านการจัดสมดุลสายการผลิต..... 85
5.2.2 ข้อเสนอแนะด้านการจัดทำแบบจำลอง..... 85

รายการเอกสารอ้างอิง..... 86
ภาคผนวก..... 88
ภาคผนวก ก ประวัติกรณีศึกษา..... 89
ภาคผนวก ข ขั้นตอนการบรรจุผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง..... 91
ภาคผนวก ค ขั้นตอนการปฏิบัติงาน..... 96
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 99

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1.1	รายชื่อผลิตภัณฑ์ที่บรรจุที่สายการผลิต 1/1.....	2
ตารางที่ 1.2	รูปแบบบรรจุภัณฑ์หลักของสายการผลิต /11.....	3
ตารางที่ 1.3	เวลามาตรฐานการทำงานของการบรรจุผลิตภัณฑ์น้ำมันเซ็ทผมแคริ่งขาว 350 ml.....	6
ตารางที่ 2.1	จำนวนตัวอย่างที่เหมาะสม.....	17
ตารางที่ 2.2	จำนวนตัวอย่างที่เหมาะสมโดยการใช้ค่าพิสัย.....	18
ตารางที่ 3.1	ส่วนประกอบบรรจุภัณฑ์หลักของผลิตภัณฑ์หลักในสายการผลิต 1/1.....	37
ตารางที่ 3.2	การแบ่งแยกงานย่อย และจุดจับเวลา.....	38
ตารางที่ 3.3	สรุปขั้นตอนย่อยในการประกอบผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท.....	39
ตารางที่ 3.4	ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการผลิตเพื่อหาเส้นการเรียนรู้สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 คนงาน 8 คน…….....	40
ตารางที่ 3.5	สรุปเวลาเฉลี่ยต่อขวดในแต่ละขั้นตอนสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์แบบที่ 1	42
ตารางที่ 3.6	การคำนวณจำนวนตัวอย่างที่เหมาะสมโดยการใช้ค่าพิสัย.....	43
ตารางที่ 3.7	เวลามาตรฐานการทำงานต่อชิ้นของบรรจุผลิตภัณฑ์น้ำมันเซ็ทผม A ขาว 350 ml.ในปัจจุบัน.....	44
ตารางที่ 3.8	เวลามาตรฐานต่อ 1 ชิ้นสำหรับแต่ละขั้นตอนในแต่ละรูปแบบผลิตภัณฑ์..	45
ตารางที่ 3.9	การคำนวณจำนวนคนในสายการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 เมื่อต้องการอัตราผลผลิต 80% ของอัตราผลผลิตสูงสุดของเครื่องจักร.....	47
ตารางที่ 3.10	สรุปรอบเวลาการผลิตและรูปแบบการจัดกำลังคนงาน 8-14 คนสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1….....	48
ตารางที่ 3.11	สรุปรอบเวลาการผลิตและรูปแบบการจัดกำลังคนงาน 8-14 คนสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 2….....	48
ตารางที่ 3.12	สรุปรอบเวลาการผลิตและรูปแบบการจัดกำลังคนงาน 8-14 คนสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 3….....	49
ตารางที่ 3.13	สรุปรอบเวลาการผลิตและรูปแบบการจัดกำลังคนงาน 8-14 คนสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 4….....	49

หน้า

ตารางที่ 3.14 สรุปรอบเวลาการผลิตและเปอร์เซนต์ของอัตราผลผลิตสูงสุดทางทฤษฎี เมื่อจัดกำลังคนงานจำนวน 8 -14 คนในสายการผลิตดั้งเดิมสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 – 4..... 50
ตารางที่ 3.15 สรุปอัตราผลผลิตที่เกิดขึ้นจริงเมื่อจัดกำลังคนงาน 8 -14 คนในสายการผลิตดั้งเดิมสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 – 4..... 51
ตารางที่ 3.16 การคำนวณจำนวนคนในสายการผลิตเมื่อต้องการอัตราผลผลิต 80% ของอัตราผลผลิตสูงสุด..... 54
ตารางที่ 3.17 สรุปรอบเวลาการผลิตและเปอร์เซนต์ของอัตราผลผลิตสูงสุดทางทฤษฎี เมื่อมีคนงานจำนวน 8 -14 คนสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 – 4 หลังการจัดสมดุลด้วยวิธีของ Kilbridge และ Wester…..... 54
ตารางที่ 3.18 สรุปอัตราผลผลิตที่เกิดขึ้นจริงเมื่อจัดคนงาน 8 -14 คนในสายการผลิตที่ถูกจัดสมดุลโดยวิธีของ Kilbridge และ Wester สำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 – 4..... 55
ตารางที่ 3.19 สรุปอัตราผลผลิตที่เกิดขึ้นจริงเมื่อจัดคนงาน 8 -14 คนในสายการผลิตที่ถูกจัดสมดุลโดยวิธีบัคเกต บริเกดส์สำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 และ 3…..... 58
ตารางที่ 3.20 เปรียบเทียบเปอร์เซนต์อัตราผลผลิตที่เพิ่มขึ้นด้วยวิธีการจัดสมดุทั้ง 3 วิธีสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 และ 3 เมื่อมีคนงานจำนวน 8-14 คน 59
ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบ ลักษณะเฉพาะตัว และกิจกรรมของระบบการบรรจุผลิตภัณฑ์..... 63
ตารางที่ 4.2 การกระจายข้อมูลของเวลาแต่ละขั้นตอน..... 66
ตารางที่ 4.3 เงื่อนไขการทำงานเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสายการผลิตแบบแบ่งสถานีงาน..... 68
ตารางที่ 4.4 เงื่อนไขการทำงานเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสายการผลิตแบบบัคเกต บริเกดส์..... 69
ตารางที่ 4.5 ข้อมูลอัตราผลผลิตต่อชั่วโมงจากการทดลองจริง และจากแบบจำลองสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 คนงานจำนวน 8 คน ด้วยการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิมเมื่อสายการผลิตเข้าสู่สภาวะคงตัว..... 71
ตารางที่ 4.6 ข้อมูลอัตราผลผลิตต่อชั่วโมงจากการทดลองจริง และจากแบบจำลองสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 คนงานจำนวน 8 คน โดยวิธีบัคเกต บริเกดส์เมื่อสายการผลิตเข้าสู่สภาวะคงตัว..... 72

หน้า

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลอัตราผลผลิตต่อชั่วโมงจากการทดลองจริง และจากแบบจำลองสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 คนงานจำนวน 8 คน ด้วยการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิมในชั่วโมงแรก..... 74

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลอัตราผลผลิตต่อชั่วโมงจากการทดลองจริง และจากแบบจำลองสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 คนงานจำนวน 8 คน ด้วยการจัดกำลังคนในสายการผลิตบัคเกต บริเกดส์ในชั่วโมงแรก..... 75

ตารางที่ 4.9 อัตราผลผลิตในแต่ละกลุ่มความเร็วของคนงานสำหรับผลิตภัณฑ์ทุกแบบ. 77

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบเปอร์เซนต์อัตราผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากการทดลองจริงด้วยวิธีการจัดสมดุลทั้ง 3 วิธี สำหรับผลิตภัณฑ์ทุกแบบ เมื่อมีคนงานจำนวน 8-14 คน..... 82

ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบเปอร์เซนต์อัตราผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากแบบจำลองด้วยวิธีการจัดสมดุลทั้ง 3 วิธี สำหรับผลิตภัณฑ์ทุกแบบ เมื่อมีคนงานจำนวน 8-14 คน..... 84

สารบัญภาพ

		หน้า
รูปที่ 1.1	ขั้นตอนการบรรจุผลิตภัณฑ์น้ำมันเซ็ทผมแคริ่งขาว 350 ml.....	5
รูปที่ 2.1	เส้นการเรียนรู้.....	19
รูปที่ 3.1	เส้นการเรียนรู้ของคนงานในสายการบรรจุน้ำมันเซ็ทผม A ขาว 350 ml....	41
รูปที่ 3.2	เส้นการเรียนรู้ของคนงานในสายการบรรจุทั้ง 4 รูปแบบบรรจุภัณฑ์.....	42
รูปที่ 3.3	ขั้นตอนและลำดับการบรรจุผลิตภัณฑ์แบบที่ 1……..	46
รูปที่ 3.4	ขั้นตอนการบรรจุผลิตภัณฑ์น้ำมันเซ็ทผม A ขาว 350 ml. (ใหม่).....	53
รูปที่ 3.5	ขั้นตอนและลำดับการทำงานสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 หลังจัดสมดุลด้วยวิธีของ Kilbridge และ Wester.....	53
รูปที่ 4.1	แฟ้มข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง.....	67
รูปที่ 4.2	การทดสอบสมมุติฐานของแบบจำลองสายการผลิตแบบแบ่งสถานีงานสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 คนงานจำนวน 8 คน เมื่อสายการผลิตเข้าสู่สภาวะคงตัว.....	71
รูปที่ 4.3	การทดสอบสมมุติฐานของแบบจำลองสายการผลิตผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 คนงานจำนวน 8 คน ด้วยการทำงานแบบบัคเกต บริเกดส์เมื่อสายการผลิตเข้าสู่สภาวะคงตัว.....	73
รูปที่ 4.4	การทดสอบสมมุติฐานของแบบจำลองสายการผลิตผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 คนงานจำนวน 8 คน ด้วยการทำงานแบบแบ่งสถานีงานในชั่วโมงแรก…..	74
รูปที่ 4.5	การทดสอบสมมุติฐานของแบบจำลองสายการผลิตผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 คนงานจำนวน 8 คน ด้วยการทำงานแบบบัคเกต บริเกดส์ในชั่วโมงแรก..	76
รูปที่ 4.6	หน้าต่างการใช้งานของโปรแกรม.....	77
รูปที่ 4.7	หน้าต่างข้อมูลขาเข้าเมื่อต้องการหาอัตราผลผลิตสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 คนงานจำนวน 8 คน.....	78
รูปที่ 4.8	ส่วนแสดงผลของโปรแกรมเมื่อเลือกจัดสมดุลสายการผลิตโดยการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม.....	78
รูปที่ 4.9	ส่วนแสดงผลของโปรแกรมเมื่อเลือกจัดสมดุลสายการผลิตโดยวิธี Kilbridge และ Wester……	79
รูปที่ 4.10	ส่วนแสดงผลของโปรแกรมเมื่อเลือกจัดสมดุลสายการผลิตโดยวิธีบัคเกต บริเกดส์…….....	79

หน้า

รูปที่ 4.11 ส่วนแสดงผลของโปรแกรมเมื่อเลือกจัดสมดุลสายการผลิตโดยวิธีบัคเกตบริเกดส์ โดยเลือกใส่จำนวนคนงานในแต่ละกลุ่ม..... 79

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

1.1.1 ความเป็นมาของบริษัทกรณีศึกษา

บริษัทกรณีศึกษาทำการผลิตสินค้าเครื่องสำอางประเภทที่เกี่ยวกับเส้นผม ปรับแต่งเส้นผม และบำรุงเส้นผม (Hair Care Product) ได้แก่ แชมพู ครีมนวด ยาย้อม ยาดัด โฟม มูส เจล น้ำมันเซ็ทผม โคลนหมักผม อาหารผม เป็นต้น (ประวัติกรณีศึกษา ดังภาคผนวก ก) ในสภาพการแข่งขันที่สูงมากปัจจุบันทำให้ต้องมีการปรับปรุงการผลิตอย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าจะเป็นด้านรูปแบบของผลิตภัณฑ์ เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิต และเพื่อรองรับภาวะการแข่งขันที่เข้มข้นขึ้นการลดค่าใช้จ่ายจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น การลดค่าใช้จ่ายทำได้หลายวิธี เช่น โดยวิธีการเพิ่มผลผลิตทางด้านแรงงานคือใช้ประโยชน์จากแรงงานที่มีอยู่ให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้น จะทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงและมีความสามารถในการแข่งขันมากขึ้น

1.1.2 ลักษณะสายการผลิตและปัญหาด้านสมดุลการผลิต

บริษัทกรณีศึกษาผลิตผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิดในขนาดปริมาณที่แตกต่างกันออกไป เพื่อสนองตอบความต้องการอันหลากหลายของลูกค้า ทำให้ในสายการผลิตหนึ่งจะต้องสามารถผลิตสินค้าได้หลายรุ่นพร้อม ๆ กัน หรือเรียกว่าสายการผลิตแบบหลายผลิตภัณฑ์ (Multi-Model Line) ซึ่งการผลิตสินค้าต่างชนิดพร้อม ๆ กันในสายการผลิตเดียวกันอาจก่อให้เกิดปัญหาในเรื่องความสมดุลในการทำงานของสถานีงาน ทางแก้ทางหนึ่งก็คือการจัดสมดุลสายการผลิต (Production Line Balancing) เพื่อให้แต่ละสถานีงานมีเวลาทำงานใกล้เคียงกัน เนื่องจากหากเวลาที่ใช้ในแต่ละสถานีงานไม่เท่ากันแล้ว อัตราผลผลิตของสินค้าจะถูกกำหนดโดยเวลาการทำงานของสถานีงานที่ใช้เวลามากที่สุด ซึ่งหมายถึง เวลาระหว่างที่สินค้าเสร็จออกมาแต่ละชิ้นจะเท่ากับเวลาของสถานีที่มากที่สุด ดังนั้นจะเกิดการรอคอยขึ้นในสถานีงานที่ใช้เวลาน้อยกว่า นอกจากนี้เมื่อมีคนงานใหม่เข้ามาจะทำให้สมดุลของสายการผลิตเปลี่ยนไป เนื่องจากคนงานใหม่ที่ถูกดึงเข้าไปไม่มีความชำนาญ เป็นหน้าที่ของฝ่ายหัวหน้างานที่ต้องปรับปรุงเพื่อให้สายการผลิตมีความสมดุลอีกครั้ง เพื่อให้เกิดอัตราผลผลิตสูงสุด

1.1.3 ผลิตภัณฑ์ของสายการผลิตและกระบวนการผลิต

สำหรับสายการผลิตที่ใช้เป็นกรณีศึกษาคือ สายการบรรจุ 1/1 ซึ่งมีหลากหลายผลิตภัณฑ์ ตราผลิตภัณฑ์ และหลายรุ่น ได้แก่ กลุ่มน้ำมันเซ็ทผม และกลุ่มโลชั่นบำรุงผม จำแนกตามรูปแบบผลิตภัณฑ์ได้เป็น 4 รูปแบบหลักแสดงดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 รายชื่อผลิตภัณฑ์ที่บรรจุที่สายการผลิต 1/1

ชื่อผลิตภัณฑ์	ขนาด	
กลุ่มผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 ได้แก่		
น้ำมันเซ็ทผม A ขาว*	350	ml.
น้ำมันเซ็ทผม A เขียว	350	ml.
น้ำมันเซ็ทผม A เขียว	240	ml.
น้ำมันเซ็ทผม B ขาว	350	ml.
น้ำมันเซ็ทผม B ขาว	240	ml.
น้ำมันเซ็ทผม B ม่วง	350	ml.
น้ำมันเซ็ทผม B ม่วง	240	ml.
น้ำมันเซ็ทผม C ขาว	350	ml.
น้ำมันเซ็ทผม C ขาว	240	ml.
น้ำมันเซ็ทผม C ชมพู	350	ml.
น้ำมันเซ็ทผม C ชมพู	240	ml.
โลชั่นบำรุงผม A มอยส์เจอร์ไรเซอร์	150	ml.
โลชั่นบำรุงผม A มอยส์เจอร์ไรเซอร์	330	ml.
โลชั่นบำรุงผม A ดีแพนธีนอล	330	ml.
โลชั่นบำรุงผม A ดีแพนธีนอล		
แฮร์กัม C เอฟเฟ็คมัลติแวกซ์ C เอฟเฟ็ค ฟ้า	150	ml.
แฮร์กัม C เอฟเฟ็คมัลติแวกซ์ C เอฟเฟ็ค ฟ้า	75	ml.
สเตรทอัพ C เอฟเฟ็ค	350	ml.
มัลติแวกซ์ C เอฟเฟ็ค ชมพู	150	ml.
กลุ่มผลิตภัณฑ์แบบที่ 2 ได้แก่	60	ml.
น้ำมันเซ็ทผม A ขาว (พิเศษ)	350	ml.
น้ำมันเซ็ทผม C ขาว (พิเศษ)	350	ml.

ตารางที่ 1.1 รายชื่อผลิตภัณฑ์ที่บรรจุที่สายการผลิต 1/1 (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ขนาด
กลุ่มผลิตภัณฑ์แบบที่ 3 ได้แก่	
โลชั่นบำรุงผม A มอยส์เจอร์ไรเซอร์(พิเศษ)	330 ml.
กลุ่มผลิตภัณฑ์แบบที่ 4 ได้แก่	
น้ำมันเซ็ทผม D	400 ml.

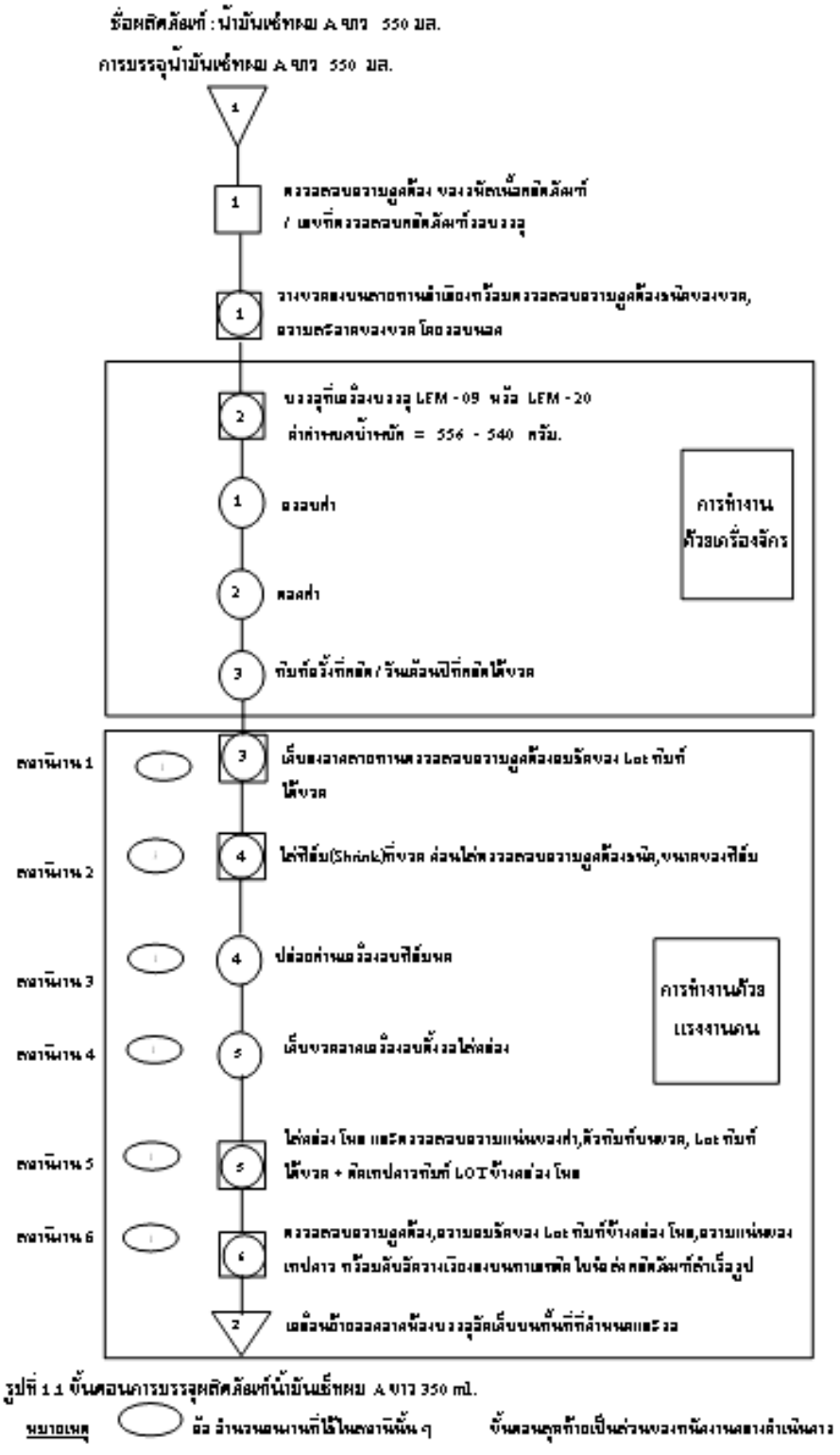
รูปแบบบรรจุภัณฑ์ของกลุ่มผลิตภัณฑ์ 4 แบบในตารางที่ 1.1 สรุปความแตกต่างส่วนประกอบบรรจุภัณฑ์และแสดงตัวแทนผลิตภัณฑ์ในแต่ละแบบแสดงดังตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 รูปแบบบรรจุภัณฑ์หลักของสายการผลิต 1/1

ผลิตภัณฑ์	**บรรจุภัณฑ์**					
	ขวด	ฟิล์มหด PVC	ฟิล์มหดคู่ PVC	ถุงบรรจุ 3 ขวด	กล่อง โหล	กล่อง 6 โหล
แบบที่ 1 ตัวแทนผลิตภัณฑ์ได้แก่ น้ำมันเซ็ทผม A ขาว 350 ml.	X	X			X	
แบบที่ 2 ตัวแทนผลิตภัณฑ์ได้แก่ น้ำมันเซ็ทผม A ขาว (พิเศษ) 350 ml.	X	X			X	X
แบบที่ 3 ตัวแทนผลิตภัณฑ์ได้แก่ โลชั่นบำรุงผม A มอยส์เจอร์ไรเซอร์ (พิเศษ) 330 ml.	X	X	X		X	
แบบที่ 4 ตัวแทนผลิตภัณฑ์ได้แก่ น้ำมันเซ็ทผม D 400 ml.	X	X		X	X	

เมื่อพิจารณารูปแบบบรรจุภัณฑ์ในตารางที่ 1.2 พบว่าผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 มีขั้นตอนและส่วนประกอบบรรจุภัณฑ์น้อยที่สุด มีความซับซ้อนน้อยที่สุด จึงเริ่มจากการพิจารณาขั้นตอนการบรรจุผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 ได้แก่น้ำมันเซ็ทผม A ขาว 350 ml. ดังแสดงในรูปที่ 1.1 ประกอบด้วย 2 ส่วนการทำงานคือ ส่วนการทำงานด้วยเครื่องจักร และส่วนการทำงานด้วยแรงงานคน โดยขั้นตอนการบรรจุเริ่มจากการนำเนื้อผลิตภัณฑ์ ขวดบรรจุภัณฑ์ และฝาปิดบรรจุใส่ในเครื่องบรรจุอัตโนมัติ ซึ่งมีการตั้งค่าความเร็วการบรรจุไว้ค่าหนึ่ง เครื่องทำการบรรจุเนื้อผลิตภัณฑ์ลงในขวดโดยอัตโนมัติ วางฝาปิดบนขวด ตอกเพื่อปิด และพิมพ์วันเดือนปีและครั้งที่ผลิตใต้ขวด แล้วจึงส่งขวดผ่านสายพานเพื่อเข้าสู่ส่วนการประกอบบรรจุภัณฑ์ด้วยแรงงานคน โดยคนงานหยิบขวดบรรจุ

ภัณฑ์ขึ้นมาตรวจสอบความถูกต้องและคมชัดของรอยพิมพ์ใต้ขวดในสถานีงาน 1 ทำความสะอาดใต้ขวดและส่งต่อเข้าสู่สถานีงาน 2 เพื่อใส่ฟิล์มหด (Shrink) ที่ถูกต้อง ขวดบรรจุภัณฑ์ที่ใส่ฟิล์มหดแล้วนำผ่านเครื่องอบฟิล์มหดที่สถานีงาน 3 ที่สถานีงาน 4 มีหน้าที่เก็บขวดบรรจุภัณฑ์ที่ผ่านเครื่องอบฟิล์มหดแล้วนำไปวางที่สถานีงานที่ 5 เพื่อให้คนงานบรรจุใส่กล่องโหล ตรวจสอบความเรียบร้อยของชิ้นงานทั้งรอยพิมพ์ ความแน่นของฝาปิด แล้วจึงปิดเทปกาวบนกล่องจัดวางบนพาเลทตามรูปแบบที่กำหนดไว้ เพื่อรอพนักงานคุณภาพมาตรวจสอบอีกครั้งเพื่อติดใบนำส่งผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป จึงสามารถเคลื่อนย้ายออกจากห้องบรรจุ เพื่อจัดเก็บในพื้นที่จัดเก็บ รอผลการตรวจวิเคราะห์จากห้องแลปต่อไป ข้อมูลขั้นตอนการบรรจุผลิตภัณฑ์หลักทั้ง 4 แบบซึ่งมีส่วนประกอบบรรจุภัณฑ์และขั้นตอนต่างกันดังแสดงในภาคผนวก ข. รูปที่ ข.1 - ข. 4



รูปที่ 1.1 ขั้นตอนการบรรจุผลิตภัณฑ์น้ำมันเซ็ทผมแคริ่งขาว 350 ml.

1.1.4 วิเคราะห์สภาพปัญหา

จากการศึกษากระบวนการของการบรรจุผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 1.1 โดยในงานวิจัยนี้พิจารณาส่วนการทำงานด้วยแรงงานคนเพื่อให้ได้อัตราผลผลิตที่ต้องการตามที่ตั้งเครื่องจักรไว้ ในการทำงานปัจจุบันพบว่าเวลาที่ใช้ในแต่ละสถานีแตกต่างกันมากดังแสดงในตารางที่ 1.3 เกิดสถานีงานคอขวด (Bottleneck) ขึ้นในสถานีงานที่ 2 ทำให้เกิดเวลาว่างงานสูง อีกทั้งอัตราผลผลิต (Throughput Rate) ที่เกิดขึ้นโดยใช้คนงาน 8 คน มีเพียง 22 ขวดต่อนาที ซึ่งเป็นเพียง 44% ของอัตราผลผลิตสูงสุดของเครื่องบรรจุที่มีอยู่ที่ 50 ขวดต่อนาทีสำหรับการบรรจุขนาด 300-400 ml. จึงจำเป็นต้องมีการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่ เพื่อให้ได้ตามเป้าหมายเช่นเมื่อต้องการอัตราผลผลิตประมาณ 80% ของอัตราผลผลิตสูงสุดของเครื่องบรรจุ (ประมาณ 40 ขวดต่อนาที) นอกจากนี้จำนวนคนงานที่ใช้ในสายการผลิตนี้มีจำนวนผันแปรระหว่าง 8 – 14 คนขึ้นกับรูปแบบการบรรจุผลิตภัณฑ์ จึงจำเป็นต้องจัดกำลังคนที่แตกต่างกันในแต่ละรูปแบบ ซึ่งหัวหน้างานเป็นผู้จัดการตามประสบการณ์ โดยไม่มีแบบแผน หลักเกณฑ์วิธีการที่แน่นอนและต้องคอยปรับแก้เมื่อเกิดปัญหาขึ้นทำให้การทำงานไม่ราบรื่น ได้ผลผลิตไม่ตรงตามเป้าหมายภายในเวลาที่กำหนด

ตารางที่ 1.3 เวลาการทำงานของการบรรจุผลิตภัณฑ์น้ำมันเซ็ทผมแคริ่งขาว 350 ml.

สถานีงาน	จำนวนพนักงาน	รายละเอียดของงาน	หน่วยวัด (ขวด หรือ กล่อง)	เวลาเฉลี่ยต่อขวด (sec)					
				ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เวลาเฉลี่ย (เวลาต่อชิ้น)
1	1	เก็บจากสายพาน + ทำความสะอาดใต้ขวด	53	0.85	0.76	0.68	0.98	0.95	0.84
2	3	ใส่ฟิล์ม (Shrink)	230	8.52	7.58	7.50	8.02	8.21	7.97
3	1	ปล่อยผ่านเครื่องอบฟิล์ม	90	0.60	0.85	0.68	0.72	0.75	0.72
4	1	เก็บท้ายเครื่อง	120	1.67	2.07	1.85	2.00	2.18	1.95
5	1	ใส่กล่องโหล + ติดเทปกาว	1 กล่อง	1.92	1.75	2.25	2.00	2.17	2.02
6	1	ตรวจสอบความถูกต้องกล่อง + จัดวางบนพาเลท	1 กล่อง	1.17	1.33	1.33	1.08	1.25	1.23

สรุป 1. พบว่าสถานีงานที่ 2 ใส่ film shrink เป็นสถานีที่ Bottleneck (คอขวด) Cycle time เท่ากับ 7.97 วินาที

2. อัตราการผลิตในปัจจุบันอยู่ที่ 22 ขวดต่อวินาที

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

พัฒนาโปรแกรมสนับสนุนการตัดสินใจจัดกำลังคนเพื่อช่วยในการจัดสายการผลิตของหัวหน้างานให้ได้อัตราผลผลิตที่ต้องการ โดยใช้การจำลองแบบปัญหาเพื่อสามารถทดลองปรับปรุงกระบวนการผลิตได้หลายรูปแบบโดยไม่รบกวนต่อระบบการทำงานจริง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาเฉพาะการจัดสมดุลสายการผลิตของสายการบรรจุ 1/1 ซึ่งมีรูปแบบผลิตภัณฑ์หลัก 4 แบบเท่านั้น

2. ศึกษาภายใต้สมมุติฐานดังต่อไปนี้

   - ไม่มีการเสียของเครื่องจักร
   - มีวัตถุดิบพร้อมเสมอในระหว่างการผลิต

3. ศึกษาสายการผลิตที่ถูกจัดสมดุลโดย 3 วิธีการ เพื่อให้ได้อัตราผลผลิตเป้าหมายได้แก่ 1) การจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม 2) วิธีของ Kilbridge และ Wester และ 3) วิธีบัคเกตบริเกดส์ (Bucket Brigades) เฉพาะแบบ Passing เท่านั้น

4. วัดประสิทธิภาพของระบบจากอัตราผลผลิต (Throughput Rate) เป็นจำนวนหน่วยที่ผลิตต่อชั่วโมง และ เปอร์เซ็นต์อรรถประโยชน์ของคนงาน (%Utilization)

6. ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย ถูกเก็บในช่วง พฤษภาคม – พฤศจิกายน 2548 เพื่อศึกษากระบวนการผลิต และ มีนาคม 2549 - มีนาคม 2550 เพื่อจัดสมดุลสายการผลิต โดยวิธีของ Kilbridge และ Wester และวิธีบัคเกต บริเกดส์ให้ได้อัตราผลผลิตที่ต้องการ

1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. ศึกษาสภาพการทำงานปัจจุบันพร้อมทั้งปัญหาของโรงงานกรณีศึกษา โดยเลือกศึกษาสภาพปัญหาในสายการผลิตตัวอย่างที่มีรูปแบบผลิตภัณฑ์หลากหลายและมีปริมาณความต้องการสูง และค่อนข้างสม่ำเสมอ ซึ่งได้แก่ สายการบรรจุ 1/1

3. ศึกษาเวลามาตรฐานของการทำงาน (Standard Time) และรอบเวลาการผลิตในแต่ละรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตบนสายการบรรจุ 1/1 เพื่อจัดสมดุลสายการผลิต โดย 3 วิธีการคือ 1) การจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม 2) วิธีของ Kilbridge และ Wester และ 3) วิธีบัคเกตบริเกดส์ (Bucket Brigades)

4. สร้างแบบจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม C# เพื่อจำลองสายการผลิตที่จัดสมดุลโดย 3 วิธีการคือ 1) การจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม 2) วิธีของ Kilbridge และ Wester และ 3) วิธีบัคเกตบริเกดส์ (Bucket Brigades) ตรวจสอบความถูกต้องและสมเหตุสมผลของแบบจำลองด้วยการทดสอบสมมุติฐานทางสถิติเปรียบเทียบกับข้อมูลจากการทดสอบการทำงานจริงบนสายการผลิต

5. จัดสร้างโปรแกรมนำเสนอเพื่อสะดวกแก่หัวหน้างานในการปรับเปลี่ยนภาระงานเมื่อถูกจัดสมดุลและจำนวนคนงานสำหรับแต่ละรูปแบบผลิตภัณฑ์ในแบบจำลองเพื่อให้ได้อัตราผลผลิตที่ต้องการ

6. สรุปเปรียบเทียบผลจากการจัดสมดุลโดย 3 วิธีการคือ 1) การจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม 2) วิธีของ Kilbridge และ Wester และ 3) วิธีบัคเกตบริเกดส์ (Bucket Brigades) ในด้านการเข้าสู่สมดุล ภาระงานที่เกิดขึ้น จำนวนคนงานในแต่ละสถานีงานและอัตราผลผลิต รวมถึงปัญหาที่เกิดขึ้น และข้อเสนอแนะในการนำไปใช้งานจริง

7. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นข้อเสนอแนะด้านการจัดสรรจำนวนคนงานสำหรับการจัดสมดุลสายการผลิตแก่โรงงานเพื่อเพิ่มอัตราผลผลิตให้มากขึ้น

2. ทราบถึงประสิทธิภาพของการประยุกต์วิธีการจัดสมดุลทั้ง 3 วิธีการคือ 1) การจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม 2) วิธีของ Kilbridge และ Wester และ 3) วิธีบัคเกตบริเกดส์ ในการจัดสมดุลสายการผลิตสำหรับสายการบรรจุซึ่งเป็นอีกรูปแบบหนึ่งของสายการผลิต

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับลักษณะสายการผลิต การจัดสมดุลสายการผลิตด้วยเทคนิคต่าง ๆ รวมถึงงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง เพื่อช่วยให้เกิดความเข้าใจ และสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ในจัดสมดุลสายการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิต

2.1 ชนิดของกระบวนการผลิต

ชนิดของกระบวนการผลิตแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ กระบวนการผลิตแบบไม่ต่อเนื่องและกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง (ชุมพล, 2538)

1) กระบวนการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Intermittent Production หรือ Job Shop)

กระบวนการผลิตแบบไม่ต่อเนื่องจะเป็นการผลิตสินค้าเป็นชุดตามใบสั่งซื้อ ซึ่งในการผลิตแบบนี้จะเป็นการผลิตผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันในหลายๆรูปแบบ เครื่องจักรที่ใช้ก็จะเป็นแบบอเนกประสงค์ สามารถผลิตที่จะผลิตได้ในรูปแบบที่แตกต่างกัน ซึ่งจะต้องอาศัยความชำนาญของผู้ผลิตเพื่อที่จะสามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพเนื่องจากขั้นตอนในการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์มีความไม่แน่นอนแตกต่างกันไป

2) กระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง (Flow Production หรือ Flow Shop)

เป็นกระบวนการที่มีการผลิตสินค้าในแบบหนึ่งๆเป็นจำนวนมากและค่อนข้างสม่ำเสมอ กระบวนการผลิตจะเป็นลักษะการป้อนวัตถุดิบเข้าไปในสถานีงานต่าง ๆ แล้วจะทำการผลิตตามแต่ลักษณะงานของสถานีงานนั้น ๆ ซึ่งมักจะมีวิธีการผลิตที่แน่นอนตายตัว และจะถูกส่งถ่ายไปยังสถานีต่อไป จนกระทั่งผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

สำหรับกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องสามารถแยกเป็น 2 แบบคือ

2.1.1) สายการผลิตแบบส่งถ่าย (Transfer Line) จะเป็นลักษณะการผลิตที่อาศัยการส่งวัตถุดิบและงานระหว่างผลิตผ่านขั้นตอนของเครื่องจักรเป็นไปโดยอัตโนมัติ แรงงานคนจะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องจักร สายการผลิตประเภทนี้ได้แก่ การบรรจุอาหารลงกระป๋อง การผลิตน้ำอัดลม เป็นต้น

2.1.2) สายการผลิตแบบประกอบ (Assembly Line) เป็นสายการผลิตแบบต่อเนื่อง ซึ่งจะมีการจัดรูปแบบสถานีงาน (Work Station) ที่มีการเชื่อมต่อกัน โดยชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ที่จะทำการประกอบจะเคลื่อนย้ายมาตามสถานีงานต่าง ๆ เพื่อจะทำงานประกอบในสถานีนั้น ๆ จนเสร็จและถูกเคลื่อนที่ไปยังสถานีถัดไป สามารถแบ่งเป็น 3 ประเภทตามจำนวนชนิดของสินค้าที่ทำการผลิตดังนี้

(1) สายการผลิตแบบผลิตภัณฑ์เดียว (Single Model Line) เป็นสายการผลิตที่จัดขึ้นสำหรับการผลิตสินค้าชนิดใดชนิดเดียวโดยเฉพาะ

(2) สายการผลิตแบบหลายผลิตภัณฑ์ (Multi Model Line) เป็นสายการผลิตที่ผลิตสินค้าตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป สินค้าแต่ละชนิดจะมีกระบวนการผลิตที่ใกล้เคียงกัน การผลิตจะผลิตสินค้าทีละชนิด สินค้าจะมาเป็นชุด ๆ (Batch) และในช่วงที่จะเปลี่ยนชนิดของสินค้าอาจต้องมีการปรับสายการผลิตใหม่ (Set up)

(3) สายการผลิตแบบผลิตภัณฑ์ผสม (Mixed Model Line) เป็นสายการผลิตที่ผลิตสินค้าตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป แต่ไม่ผลิตทีละชนิดเป็นชุด ๆ สินค้าต่างชนิดกันจะถูกผลิตขึ้นพร้อม ๆ กันในสายการผลิต โดยในระหว่างการผลิตจะไม่มีการปรับสายการผลิต

ลักษณะการทำงานในห้องบรรจุของกรณีศึกษาเป็นสายการผลิตแบบหลายผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้เครื่องจักรบรรจุชนิดเดียวกัน รูปแบบผลิตภัณฑ์คล้ายคลึงกันจะถูกกำหนดให้ทำบนสายการผลิตเดียวกัน และปรับเปลี่ยนจำนวนคนงานตามจำนวนขั้นตอนการทำงาน ดังนั้นเพื่อให้การทำงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพจึงจำเป็นต้องมีการจัดสมดุลสายการผลิต

2.2 การศึกษาเวลา

เทคนิคการศึกษาเวลา คือ เทคนิคการวัดผลงานซึ่งมีกระบวนการเพื่อกำหนดหาเวลาในการทำงานโดยคนงานที่เหมาะสมซึ่งทำงานในอัตราที่ปกติ ภายใต้เงื่อนไขมาตรฐานในการวัดผลงาน โดยมีผลลัพธ์ของการวัดผลงานเรียกว่า เวลามาตรฐาน(วันชัย, 2545)

จากคำนิยามของการศึกษาเวลา เราพอกำหนดหลักการพื้นฐานของการศึกษาเวลาได้ดังต่อไปนี้

- การศึกษาเวลาจะต้องใช้กระบวนการในการหาเวลาในการทำงาน

- คนงานที่ใช้ศึกษาในการศึกษาเวลาจะต้องเป็นคนงานที่มีความเหมาะสม

- คนงานที่ใช้ศึกษาต้องทำงานในอัตราปกติ

- ต้องมีเงื่อนไขมาตรฐานในการวัดผลงาน

- ผลลัพธ์ของการศึกษาเวลา คือเวลามาตรฐานของการทำงาน

กระบวนการศึกษาเวลาจะได้กล่าวโดยละเอียดเป็นขั้นตอนของการศึกษาเวลาซึ่งจะต้องมีอุปกรณ์การจับเวลา กระบวนการแบ่งแยกย่อยงาน เทคนิคการจับเวลาและขั้นตอนในการกำหนดเวลามาตรฐานที่ใช้เป็นหุ่นสำหรับการศึกษาเวลา จะต้องเป็นคนงานที่มีความรู้ความสามารถในการทำงานที่จะศึกษาเป็นอย่างดี โดยมีประสบการณ์หรือผ่านการฝึกฝนจนคล่องแคล่วในการทำงานที่จะใช้ศึกษาเวลา การทำงานระหว่างการศึกษาเวลาจะต้องไม่ติดขัดจนไม่สามารถจะเก็บบันทึกข้อมูลเวลาทำงานได้อย่างถูกต้อง ให้ความร่วมมือในการทำงานอย่างปกติ ไม่ช้าไม่เร็วเกินไป ไม่ปิดบังข้อมูลที่เก็บบันทึกเวลาผิดไปจากความเป็นจริงเพื่อให้ได้ข้อมูลเวลาซึ่งใช้เป็นมาตรฐานสำหรับคนส่วนใหญ่ได้

ในการศึกษาเวลาเงื่อนไขมาตรฐานที่ต้องคำนึงคือ มาตรฐานการวัดเวลา มาตรฐานเครื่องมือวัดเวลา และมาตรฐานการทำงาน การวัดเวลาจะต้องมีความน่าเชื่อถือและมีความมั่นคงสม่ำเสมอ เครื่องมือที่ใช้วัดก็เช่นกัน ถ้าเป็นเครื่องมือที่ทันสมัยและมาตรฐานการวัดที่สอดคล้องกันก็จะยิ่งดี และส่วนสุดท้ายคือมาตรฐานการทำงานซึ่งจะต้องครอบคลุมตั้งแต่วิธีการทำงาน สถานที่ทำงาน ระยะเวลาการทำงาน และสภาพแวดล้อมในการทำงาน องค์ประกอบของการทำงานเหล่านี้จะต้องได้มาตรฐานก่อนการศึกษาเวลา

การกำหนดเวลามาตรฐานของการทำงาน จะประกอบด้วยเวลาที่บันทึกได้จากการทำงานซึ่งจะต้องคำนวณหาเวลาที่ใช้เป็นค่าตัวแทนของเวลาของการทำงานหรือ ค่าเวลาที่เลือก (Select Time) เมื่อประเมินตามอัตราความเร็วของการทำงานของคนงานและมีการปรับค่าการประเมินแล้วจะได้เป็น ค่าเวลาปกติ (Normal Time) และเมื่อมีการเพิ่มเวลาเผื่อสำหรับความเมื่อยล้าจะได้ค่าเวลาเป็น เวลามาตรฐาน (Standard Time)

<u>ประโยชน์ของการศึกษาเวลา</u>

- ใช้ในการกำหนดต้นทุนมาตรฐานและจัดเตรียมงบประมาณรวมทั้งการสร้างระบบศูนย์กำไร
- ประมาณการต้นทุนการผลิต เพื่อกำหนดราคาผลิตภัณฑ์

- ใช้ในการจัดสมดุลสายการผลิต เพื่อเพิ่มผลผลิตและประสิทธิภาพการใช้งานคนงานและเครื่องจักร
- ใช้เป็นข้อมูลในการจัดแผนการผลิตและการกำหนดการผลิต
- ใช้เป็นมาตรฐานในการทำงานเพื่อควบคุมต้นทุนการผลิต และกำหนดอัตรค่าจ้างแรงงาน รวมทั้งการจัดแผนการจ่ายเงินจูงใจ
- ใช้ประกอบการศึกษาการทำงานเอเปรียบเทียบวัดผลงานก่อนและหลังการปรับปรุงวิธีการทำงาน

<u>องค์ประกอบของการศึกษาเวลา</u>

- ผู้บริหารและหัวหน้าคนงาน
- คนงาน
- ผู้ศึกษาเวลา
- เครื่องมือจับเวลาและแบบฟอร์มต่าง ๆ
- วิธีการทำงานและองค์ประกอบทางการผลิตของงานที่จะศึกษาเวลา

<u>ขั้นตอนการศึกษาเวลา</u>

2.2.1 การเลือกงาน

โดยทั่วไปจะใช้หลักเกณฑ์ในการเลือกงานการศึกษาเวลาแบบเดียวกันกับการเลือกงานสำหรับการศึกษาวิธีการทำงาน คือ ใช้เกณฑ์ด้านเศรษฐกิจหรือความคุ้มทุนด้านเทคนิคหรือความเป็นไปได้ ด้านปฏิกิริยาแรงงาน และด้านผลกระทบอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม จะพบว่างานที่จะเลือกการศึกษาเวลาจะมีองค์ประกอบด้านความต้องการเร่งด่วนเข้ามาเกี่ยวข้องและความต้องการจะต้องเกิดจาก ต้องการศึกษาเวลาของงานใหม่ เช่น ผลิตภัณฑ์ใหม่ ชิ้นส่วนใหม่ วิธีการทำงานใหม่ ต้องการกำหนดเวลามาตรฐานใหม่เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงวัสดุ หรือเครื่องมือและอุปกรณ์ซึ่งต้องใช้เวลามาตรฐานใหม่ ได้รับการเรียกร้องหรือวิจารณ์เกี่ยวกับเวลามาตรฐานเดิม จากคนงานหรือตัวแทนคนงานต้องการเวลามาตรฐานในการตัดสินใจจ่ายเงินค่าแรงงาน หรือเพื่อใช้ในตแผนการจ่ายเงินจูงใจ ต้องการเปรียบเทียบวิธีการทำงานอื่น ๆ ที่นำเสนอมา ต้องการประเมินค่าใช้จ่ายของงานบางส่วนซึ่งมีสูงเกินไป ต้องการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร เมื่อมีจุดคอ

ขวดและต้องการจัดสมดุลสายการผลิต เมื่อต้องจัดระบบต้นทุนมาตรฐานและศูนย์กำไร เมื่อต้องจัดระบบแผนงานการผลิต และกำหนดการทางการผลิต เมื่อต้องการกำหนดต้นทุนแรงงานและระบบควบคุมต้นทุนแรงงาน

ในการจัดระบบแผนงานการผลิตและการกำหนดการทางการผลิต จำเป็นต้องมีข้อมูลทางการผลิต เช่น วัสดุ เรื่องจักร แรงงาน ฯลฯ ส่วนประกอบแผนงานผลิตที่สำคัญที่สุดคือ อัตราผลผลิต เพราองค์ประกอบที่สำคัญของแผนงาน คือกำหนดการหรือช่วงเวลาต่าง ๆ เช่น เวลานำ (Lead time) เวลาผลิต (Production time) เวลาจัดส่ง (Delivery time) ฯลฯ การศึกษาเวลาจะทำให้สามารถกำหนดอัตราผลผลิตซึ่งจะใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการผลิตและกำหนดการทางการผลิต เมื่อสามารถกำหนดรู้เวลามาตรฐานในการผลิต ถ้ามีข้อมูลอัตราค่าจ้างแรงงานจะสามารถใช้ข้อมูลกำหนดต้นทุนแรงงานต่อหน่วยได้ ดังนั้นในกรณีที่ต้องการกำหนดต้นทุนแรงงานต่อหน่วยเพื่อตัดสินใจในการจัดการทางการผลิต เช่น การควบคุมต้อนทุนการผลิต การศึกษาเวลาจะสามารถใช้หาเวลามาตรฐานของงานเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ได้

2.2.2 การบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเวลานอกจากการบันทึกเวลาทำงาน ยังมีข้อมูลซึ่งแสดงรายละเอียดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเงื่อนไขมาตรฐานของการศึกษาเวลา ซึ่งจำเป็นต้องบันทึกในแบบฟอร์มการศึกษาเวลา โดยจะทำการบันทึกก่อนการศึกษาเวลา

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องซึ่งควรบันทึกประกอบด้วย

- ข้อมูลเพื่อการอ้างอิง
- ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์
- ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการผลิต เครื่องมือ และอุปกรณ์
- ข้อมูลระยะเวลาของการศึกษา
- ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ปฏิบัติการและสภาพแวดล้อม

2.2.3 การแบ่งแยกงานย่อย

การแบ่งแยกงานย่อยเป็นขั้นตอนที่สำคัญของการศึกษาเวลา เพราะจะช่วยให้สามารถวิเคราะห์สังเกตส่วนประกอบของงานและสะดวกในการจับวัดเวลา การจับเวลาเพื่อศึกษาวิเคราะห์ส่วนของงานที่จะศึกษา จะต้องสามารถกำหนดจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดของวัฏจักรหรือรอบ

การผลิตของงานเสียก่อน ซึ่งในแต่ละวัฏจักรของการทำงานจะถูกแบ่งย่อยเป็นกิจกรรมย่อย มีความสำคัญด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้

- วิธีที่ดีที่สุดในการอธิบายกิจกรรมของงานคือ การแบ่งย่อยงานให้เป็นงานย่อยที่สามารถอธิบายและวัดเวลาทำงานได้ งานย่อยซึ่งเป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นตามปกติจะถูกแสดงเป็นรายการกิจกรรม ซึ่งมีความจำเป็นต่องาน จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของแต่ละกิจกรรมก็จะเด่นชัด และข้อมูลเวลาจากการศึกษาเวลาจะใช้ประโยชน์ในการอธิบายมาตรฐานของงานได้

- ข้อมูลเวลามาตรฐานของงานย่อยจะสามารถใช้กำหนดเวลามาตรฐานของการทำงานรวมได้

- คนงานอาจจะไม่ได้ทำงานด้วยอัตราการทำงานที่เท่า ๆ กันตลอดเวลาที่ทำการศึกษาเวลา การแบ่งงานย่อยเป็นการเปิดโอกาสในการปรับเวลาของงาย่อยแต่ละงานให้เป็นมาตรฐานความเร็วเดียวกันได้

- การแบ่งแยกย่อยงานช่วยให้สามารถแสดงผลการวัดเวลาซึ่งอาจจะยาวนานเกินไปหรือสั้นเกินไป ทำให้สามารถกำหนดปัญหาของกิจกรรมของงานได้

- การแบ่งแยกย่อยงานช่วยให้สามารถกำหนดส่วนของงานที่เป็นงานไร้ประสิทธิภาพและงานส่วนเกินหรือไม่จำเป็น

- งานที่มีวิธีการที่เปลี่ยนแปลงไปบ้าง ไม่อาจสังเกตได้ง่าย แต่เมื่อมีการแบ่งงานย่อยจะทำให้สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงของการทำงานได้

- การแบ่งแยกงานช่วยให้สามารถจับเวลางาน เปรียบเทียบข้อมูลเวลางาน ประเมินข้อมูลเวลางาน และให้เป็นข้อมูลเวลาสำหรับงานย่อยมาตรฐาน

2.2.4 การวัดและการบันทึกเวลา

ในการวัดและการบันทึกเวลา เราต้องใช้เครื่องมือประกอบด้วย

- เครื่องมือจับเวลา ได้แก่ นาฬิกาจับเวลา, เครื่องเก็บข้อมูลเวลาและคอมพิวเตอร์ รวมถึงเครื่องถ่ายภาพยนตร์หรือเครื่องถ่ายภาพวิดีทัศน์

- แบบฟอร์มบันทึกและวิเคราะห์เวลา/แผ่นไม้กระดาน

โดยแบบฟอร์มการศึกษาเวลาและแบบฟอร์มการศึกษาวัฏจักรเวลาสั้นจะใช้บันทึกเวลาในจุดทำงาน เมื่อได้ข้อมูลเวลาที่บันทึกมาแล้วจะมาใช้แบบฟอร์มสรุปและวิเคราะห์การศึกษาเวลา เพื่อนำข้อมูลที่บันทึกได้มากำหนดหาเวลามาตรฐานในการทำงานในขั้นตอนต่อไป

การจับเวลาเมื่อรู้จุดเริ่มต้นและสิ้นสุดของงานย่อยจากการแบ่งแยกงานย่อยแล้วทำได้ 2 แบบคือ แบบต่อเนื่องหรือแบบเวลาสะสม และแบบวัดจับเวลาโดยตรง ในการจับเวลาแบบต่อเนื่องหรือแบบเวลาสะสม เมื่อใช้นาฬิกา เข็มวินาทีของนาฬิกาจะเดินไปข้างหน้าตลอดเวลา การอ่านค่าเวลาจะใช้ตัวเลข ค่าเวลาที่จุดแบ่งแยกงานย่อยของทุก ๆ งาน การหาค่าเวลางานย่อยแต่ละงาน จะใช้วิธีคิดคำนวณจากการลบค่าที่อ่านได้แต่ละจุดกับค่าถัดไป ในการจับเวลาแบบจับเวลาโดยตรง นาฬิกาเริ่มเดินจากจุดเริ่มต้นของงานย่อยหนึ่ง ๆ เมื่อถึงจุดสิ้นสุดของงานย่อยจะอ่านและบันทึกค่าเวลาตามตำแหน่งของเข็มนาฬิกาแล้ว ให้กดปุ่มบนนาฬิกาทำให้เข็มนาฬิกาตีกลับไปเริ่มต้นที่ศูนย์เริ่มเดินเพื่อวัดเวลาของงานย่อยต่อไป

ในการบันทึกเวลาแบบสะสมจะง่ายในการบันทึก แต่จะต้องเสียเวลาในการคำนวณเวลาของงานย่อยโดยใช้วิธีหาผลต่างของเวลา นอกจากนี้หากพบว่าเกิดการพลาดพลั้งในการจับเวลาของงานย่อยถัดไป ก็จะไม่เกิดผลกระทบต่อเวลาทั้งหมด

ข้อได้เปรียบของการใช้เวลาสะสมมีดังนี้

- การฝึกการใช้งานนาฬิกาในการจับเวลาสะสมทำได้เร็วและถูกต้องกว่า
- คนงานและตัวแทนคนงาน มีความเชื่อถือการจับเวลาแบบสะสมมากกว่า เพราะรู้สึกว่าไม่มีเวลาตกหล่นไปในระหว่างการศึกษาเวลา
- เมื่อเกิดการผิดพลาดไม่สามารถจับเวลาของงานย่อยใด เวลารวมยังคงถูกต้องใช้ได้ การปรับปรุงเวลาการทำงานย่อยให้ใกล้เคียงความเป็นจริงสำหรับงานย่อยที่พลาดไปก็จะทำได้ไม่ยาก
- ลดโอกาสการผิดพลาดของการจับเวลางานย่อยที่มีเวลาทำงานสั้น ๆ ถ้าใช้การจับเวลาแบบสะสม

ในการบันทึกเวลาแบบจับวัดเวลาโดยตรงจะมีข้อเสียคือ เสียเวลาไปเล็กน้อยในการให้เข็มนาฬิกาตีกลับไปเริ่มต้นใหม่ทุกครั้งที่จะวัดงานย่อยใหม่ การสูญเสียความแม่นยำในการวัดเวลานี้ จะมีนัยสำคัญก็ต่อเมื่อมีงานย่อยซึ่งเป็นงานที่ใช้เวลาสั้นเป็นจำนวนมาก และข้อเสียอีกข้อหนึ่งคือ ผู้ศึกษาเวลามักจะมีแนวโน้มในการละเลยการจับเวลาของงานย่อยแปลกปน ซึ่งอาจจะมีผล

ให้เกิดการเบี่ยงเบนของค่าเวลามาตรฐานที่คำนวณ เพื่อหลีกเลี่ยงการมองข้ามงานย่อยบางประเภท เราจึงควรใช้กระบวนการตรวจสอบเวลาโดยการใช้เวลาอ้างอิง โดยการบันทึกเวลาเริ่มต้นศึกษาเป็นเวลาอ้างอิงและเมื่อมีการบันทึกเวลาตั้งแต่งานย่อยแรกจนกระทั่งงานย่อยสุดท้ายให้บันทึกเวลาสิ้นสุดของการศึกษาเป็นเวลาอ้างอิง จากนั้นคำนวณหาผลต่างระหว่างเวลาอ้างอิงเริ่มต้นและสิ้นสุดกับผลบวกของค่าเวลาที่อ่านได้ระหว่างการศึกษาเวลา ถ้าผลต่างเกินกว่า 2 % ก็ควรจะทำการศึกษาซ้ำมากขึ้น การตรวจสอบเวลาอ้างอิงจึงเป็นวิธีที่ง่ายและสร้างความเชื่อถือได้ระดับหนึ่ง

2.2.5 การสุ่มตัวอย่างงาน (Work Sampling)

การสุ่มตัวอย่าง ถูกพัฒนาในอังกฤษโดย L. Tippet ในช่วง 1930~1939 ใช้ประมาณเปอร์เซ็นต์ของเวลาที่พนักงานใช้ทำงานต่างๆ โดยการสุ่มสังเกตการณ์เพื่อบันทึกกิจกรรมในการทำงานของพนักงาน เป็นระยะเวลานาน ข้อมูลที่ได้จากวิธีนี้ สามารถนำมาใช้จัดสรรพนักงาน เปลี่ยนตำแหน่งบุคคล ให้งานและความรับผิดชอบใหม่ ประมาณต้นทุนของแต่ละกิจกรรม และ กำหนด Delay Allowance สำหรับมาตรฐานแรงงาน

ขั้นตอนการสุ่มงาน

1. สุ่มตัวอย่างขั้นต้นเพื่อหาค่าประมาณของค่าพารามิเตอร์ทางสถิติ เช่น เปอร์เซ็นต์ของเวลาที่พนักงานทำงาน

2. คำนวณขนาดตัวอย่าง (Sampling Size) ที่ต้องการ

3. เตรียมกำหนดการเพื่อสังเกตการณ์พนักงานในเวลาที่เหมาะสม

4. สังเกตและบันทึกกิจกรรมต่างๆของพนักงาน

5. บันทึกจำนวนหน่วยที่ผลิตได้ในระหว่างศึกษา

ในการกำหนดขนาดของตัวอย่างที่จะสร้างความเชื่อมั่นต่อข้อมูลที่วัดได้โดยมีระดับความเชื่อมั่นและผิดพลาดตามต้องการ ทำได้ 3 วิธีคือ

- ใช้สูตรคำนวณ ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าระดับความเชื่อมั่นและความแม่นยำของค่าที่ต้องการ ตาม Central Limit Theorem

ขนาดตัวอย่างที่ต้องการ: $n = \frac{z^2 p(1-p)}{h^2}$

เมื่อ n = ขนาดตัวอย่างที่ต้องการ

z = จำนวนค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานในการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) สำหรับระดับความเชื่อมั่นที่ต้องการ เช่น ที่ค่า z = 1.65, ค่าความเชื่อมั่น (พื้นที่ใต้กราฟการแจกแจงปกติ) = 0.45x2 = 0.9 หรือ 90%

p = ค่าประมาณของส่วนของตัวอย่างของเวลาที่พนักงานถูกสังเกตว่าเป็นตอนที่ทำงาน (busy) หรือ ตอนว่าง (Idle)

h = ระดับค่าคาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (Acceptable Error Level), หน่วยเป็น %

- ใช้ตารางสำเร็จรูป

กำหนดจำนวนตัวอย่างโดยประมาณการเป็นตารางสำเร็จรูปอย่างง่ายแดงแสดงในตารางที่ 2.1 เพียงแต่ศึกษาเวลาโดยการจับเวลาเบื้องต้นเพื่อกำหนดค่าเวลาต่อตัวอย่าง ซึ่งถ้าเป็นเวลาที่สั้นก็ต้องใช้การจับเวลาที่มีจำนวนตัวอย่างมาก ถ้าเวลาต่อวัฏจักรยาวจำนวนตัวอย่างก็น้อยลง

ตารางที่ 2.1 จำนวนตัวอย่างที่เหมาะสม

เวลา / ตัวอย่าง (นาที)	จำนวนตัวอย่าง
ไม่เกิน 0.1	200
0.10 – 0.25	100
0.25 – 0.50	60
0.50 – 0.75	40
0.75 – 1.00	30
1.00 – 2.00	25
2.00 – 5.00	15
5.00 – 10.0	10
10.0 – 20.0	8
20.0 – 40.0	5
เกินกว่า 40.0	3

- ใช้วิธีประมาณการจากการใช้ค่าพิสัย

โดยอาศัยหลักการทางสถิติผูกความสัมพันธ์จองค่าพิสัย (Range) กับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จึงสามารถสร้างตารางเพื่อกำหนดขนาดตัวอย่างของการบันทึกเวลาเมื่อเก็บตัวอย่างครั้งแรก 5 และ 10 ตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 จำนวนตัวอย่างที่เหมาะสมโดยการใช้ค่าพิสัย

H-L/H+L	n	D2	N
0.05	5	2.236	3
	10	3.078	1
0.10	5	2.236	12
	10	3.078	7
0.15	5	2.236	27
	10	3.078	15
0.20	5	2.236	47
	10	3.078	27
0.25	5	2.236	74
	10	3.078	42
0.30	5	2.236	107
	10	3.078	61
0.35	5	2.236	145
	10	3.078	83
0.40	5	2.236	190
	10	3.078	108
0.45	5	2.236	240
	10	3.078	138
0.5	5	2.236	296
	10	3.078	170

โดย H: ค่าเวลามากที่สุด

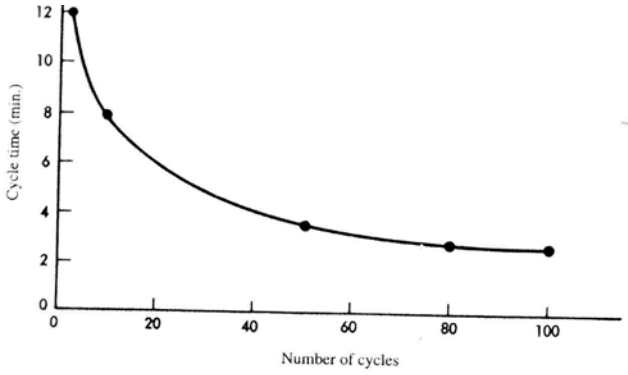
L: ค่าเวลาน้อยที่สุด

n: ขนาดตัวอย่างครั้งแรก

N: ขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม

d2: ค่าองค์ประกอบประมาณการค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าพิสัย

โดยการสุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้จะเริ่มสุ่มเมื่อการทำงานเข้าสู่ภาวะคงตัวแล้ว พิจารณาจากเส้นการเรียนรู้ (Learning Curve) โดยปัจจัยที่สำคัญของการเรียนรู้คือเวลา งานที่มีความซับซ้อนใช้เวลาเรียนรู้นานกว่า (Niebel, 1999) รูปแบบเส้นการเรียนรู้โดยทั่วไปดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 เส้นการเรียนรู้

เมื่อความชันเส้นกราฟลดลง เส้นกราฟจะขนานแกน X มากขึ้น นั่นคือภาวะงานที่คงตัว ดังนั้นการอบรมฝึกงานจะช่วยให้การทำงานเข้าสู่สภาวะคงตัว (Steady State) ได้เร็วขึ้น และช่วยให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น

ในทางทฤษฎี ได้นิยามเปอร์เซนต์การเรียนรู้คือ เปอร์เซนต์เวลาการทำงานที่ลดลง เมื่อ เช่น 90% การเรียนรู้คือ เวลาเฉลี่ยต่อหน่วยในการผลิตลดลง 10% เมื่อปริมาณชิ้นงานที่ผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า

2.2.6 การประเมินอัตราการทำงาน

ในการจับเวลาและบันทึกการทำงาน จะมีกรณีที่มีเวลาที่บันทึกสูงเกินไปหรือต่ำเกินไป ซึ่งเราอาจจะใช้วิธีการตัดเวลาดังกล่าวออกจากข้อมูลที่บันทึกได้ อย่างไรก็ตามเรามักจะพบว่า เวลาที่จับได้สูงหรือต่ำเกินไปนั้นมีส่วนที่เกิดจากเงื่อนไขของวัสดุซึ่งน่าจะเป็นส่วนของงาน

ที่ทำให้เป็นตามความเป็นจริงจึงไม่ควรจะขจัดเวลาเหล่านี้ออกไปทั้ง ๆ ที่เป็นเวลาที่ค่อนข้างจะผิดปกติก็ตาม แนวทางการใช้ข้อมูลเวลาที่บันทึกได้โดยใช้ค่าเวลาเฉลี่ยหรือค่าเวลาฐานนิยมยังไม่สามารถแก้ปัญหาด้านข้อมูลเวลาที่อาจจะเบี่ยงเบนไป เนื่องจากความตั้งใจหรือไม่ตั้งใจของคนงานในการทำงานให้เร็วขึ้นหรือช้าลงได้ ซึ่งการประเมินอัตราความเร็วของการทำงานของคนงานระหว่างการศึกษาเวลาเป็นส่วนที่ยุ่งยากและสำคัญมาก

ปัญหาของการจับเวลาและบันทึกเวลาพอสรุปได้ดังนี้

- ค่าเวลาที่จับได้อาจจะสูงหรือต่ำเกินไป
- เวลาของงานย่อยในชิ้นงานหนึ่งในบางรอบของการจับเวลา อาจจะสูงเกินไปเพราะสภาพเวลาที่ต่างกัน
- อารมณ์ที่ผันแปรของคนงานระหว่างการศึกษาเวลา ทำให้อัตราการทำงานผันแปรไม่เท่ากันในแต่ละรอบของการทำงาน
- ความชำนาญงานของคนงานระหว่างการศึกษาเวลา มีผลกระทบต่ออัตราการทำงานโดยตรง

ปัญหาดังกล่าวข้างต้นทำให้เกิดความจำเป็นในการปรับค่าเวลาที่ได้ให้เหมาะสมโดยการใช้ค่าองค์ประกอบการประเมิน (Rating Factor)

ค่าเวลาที่เลือก X องค์ประกอบการประเมิน = ค่าเวลาปกติของงาน

การประเมินอัตราการทำงาน เป็นกระบวนการเปรียบเทียบอัตราการทำงานของคนงานซึ่งนักศึกษาเวลาจะใช้ทำการศึกษาเวลากับอัตราการทำงานตามมาตรฐานปกติของการทำงานนั้น การประเมินอัตราการทำงานเป็นไปตามการวินิจฉัยของผู้ศึกษาเวลาและการกำหนดเวลามาตรฐาน จึงขาดกระบวนการวินิจฉัยในการปรับอัตราการทำงานของผู้ศึกษาเวลา ผู้ศึกษาเวลาจึงจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจ ความเฉลียวฉลาด ความเชื่อมั่น และประสบการณ์เพียงพอ มิฉะนั้นแล้วจะถูกหลอกได้ง่าย เพียงการเคลื่อนที่ให้เร็วขึ้นโดยอัตราการทำงานไม่ได้มากขึ้น อาจจะทำให้เชื่อได้ว่า คนงานทำงานในอัตราที่สูงเป็นผลทำให้มีการคาดประเมินค่าองค์ประกอบการปรับอัตราการทำงานผิดพลาดได้

มาตรฐานความสามารถในการทำงาน (Standard Performance) คืออัตราการทำงานที่คนงานที่เหมาะสมทำงานได้โดยไม่ต้องเร่งการทำงานเกินกว่าอัตราการทำงานเฉลี่ยของเขาในแต่ละวัน ภายใต้เงื่อนไขว่า คนงานเข้าใจวิธีการทำงานเป็นอย่างดีและพอใจที่จะทำงานนั้น

องค์ประกอบที่มีผลต่ออัตราการทำงานประกอบด้วย องค์ประกอบที่อยู่เหนือการควบคุมของคนงาน และองค์ประกอบที่อยู่ภายใต้การควบคุมของคนงาน

องค์ประกอบที่อยู่เหนือการควบคุมของคนงานได้แก่

- ความแตกต่างของคุณภาพและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้
- การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพของเครื่องมือและเครื่องจักร
- การเปลี่ยนแปลงเล็ก ๆ น้อย ๆ ในการทำงาน
- การเปลี่ยนแปลงบางอย่างที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ เช่น สถานที่ทำงาน
- ความแตกต่างในความตั้งใจในการทำงานของคนงาน
- การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและสภาวะแวดล้อม เช่น แสง สี เสียง อุณหภูมิ

องค์ประกอบที่อยู่ภายใต้การควบคุมของคนงาน ได้แก่

- ความแตกต่างด้านคุณภาพผลิตภัณฑ์
- ความแตกต่างด้านความชำนาญ
- ความแตกต่างด้านสมรรถนะในการทำงาน
- ความแตกต่างด้านจุดมุ่งหมายในการทำงาน
- ความแตกต่างด้านความพยายามในการทำงาน

ระบบการประเมินอัตราการทำงานที่ใช้กันอย่างกว้างขวางประกอบด้วย

- ระบบการประเมินอัตราการทำงานตามความชำนาญและความพยายาม (Skill and Effort Rating)
- ระบบการประเมินอัตราการทำงานระบบเวสติงเฮาส์ (Westinghouse System)
- ระบบการประเมินอัตราการทำงานโดยการสังเคราะห์ (Synthetic Rating)
- ระบบการประเมินอัตราการทำงานตามวัตถุประสงค์ (Objective Rating)

- ระบบการประเมินอัตราการทำงานตามสมรรถนะการทำงาน (Performance Rating)

- ระบบการประเมินอัตราการทำงานโดยการใช้ค่าคะแนนสเกลการประเมิน (Scale Rating)

ระบบสมรรถนะการทำงาน

เป็นระบบที่ใช้กันแพร่หลายมากเนื่องจากจะใช้เกณฑ์เฉลี่ยอัตราการทำงานของคนงานโดยทั่วไปในการทำงานจะมีคนที่ทำงานเร็วและทำงานช้า ซึ่งถ้ามีกลุ่มตัวอย่างข้อมูลมากพอจะพบว่า อัตราการทำงานของกลุ่มตัวอย่างจะกระจายในรูปของการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) ซึ่งสามารถใช้ค่าเวลาเฉลี่ยเป็นเกณฑ์อัตราการทำงานปกติ และสามารถกำหนดค่าองค์ประกอบการประเมินโดยใช้ค่าเวลาเฉลี่ยเป็น 100%

2.2.7 การกำหนดเวลาเผื่อ

เวลาเผื่อ เป็นเวลาที่เพิ่มให้จากเวลาปกติของคนงานที่เหมาะสมเพื่อกิจธุระส่วนตัว เพื่อลดความเมื่อยล้า และเผื่อสำรับความล่าช้าของกิจกรรมรอต่าง ๆ จะถูกกำหนดให้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะความหกนักเบาของงาน ระยะเวลาทำงาน เงื่อนไขการทำงาน ฯลฯ เวลาเผื่อส่วนตัวจะต้องสูงมากขึ้นถ้าเลื่อนไขการทำงานเลวลง เช่น งานหักร้อน ฝุ่นจัด เสียงดัง ฯลฯ เวลาเผื่อสำหรับความเมื่อยล้าจำเป็นสำหรับงานที่มีเงื่อนไขการทำงานที่จะสร้างความเมื่อยล้าในการทำงานได้มาก เช่น งานหนัก สภาพแวดล้อมการทำงนไม่ดีระยะเวลาในการทำงาน ฯลฯ คนจำเป็นต้องพักเมื่อรู้สึกว่าทำงานแล้วเกิดความเมื่อยล้า ปัญหาก็คือ ควรให้เวลาสำหรับการพักผ่อนเป็นเวลามากน้อยเท่าใดซึ่งเวลาพักผ่อนนี้จะแปรผันไปตามสุขภาพ เพศและวัยของคนงานรวมทั้งลักษณะของงานที่ทำ เงื่อนไขการทำงาน วิธีการทำงาน และสภาพแวดล้อมการทำงาน สำหรับงานทั่วไปกำหนดเวลาเผื่อไว้ประมาณ 4 % การทำงานที่เบาและมีช่วงเวลาพักผ่อนเพียงพอในระหว่างวัน ไม่จำเป็นต้องมีเวลาเผื่อความเมื่อยล้า เวลาเผื่อสำหรับความล่าช้าเป็นเวลาเผื่อสำหรับความล่าช้าเนื่องจากการปรับเปลี่ยนเครื่องมือเครื่องจักร หรือเวลาที่เสียไปเนื่องจากเครื่องจักรชำรุด ขาดแคลนวัสดุ รอเครื่องมือ รอหัวหน้า รอช่าง ฯลฯ

ในการกำหนดเวลาเผื่อ เมื่อมีการประเมินเวลาเผื่อสำหรับกิจส่วนตัว ความเมื่อยล้าและความล่าช้าแล้ว จะรวมกันเป็นเปอร์เซ็นต์เวลาเผื่อและใช้ปรับค่าเวลาปกติให้เป็นค่าเวลามาตรฐาน ในหลาย ๆ กรณี เราอาจจะไม่ได้ประเมินเวลาเผื่อแยกตามชนิดของเวลาเผื่อดังกล่าว แต่จะใช้วิธีกำหนดเวลาเผื่อไปตามการพิจารณาเงื่อนไขการงานที่เกิดขึ้น

2.2.8 การหาเวลามาตรฐาน

เมื่อมีการจับเวลา บันทึกข้อมูลเวลาตามจำนวนวัฏจักรให้ได้ระดับความเชื่อมั่นและระดับความแม่นยำที่ต้องการแล้ว เราจะสามารถหาเวลาเลือก ซึ่งจะให้ค่าเฉลี่ยหรือค่าฐานนิยมของข้อมูลเวลา จากนั้นจะปรับค่าองค์ประกอบการประเมิน ทำให้ได้ค่าเวลาปกติ เมื่อปรับค่าเวลาเผื่อจะได้เป็นเวลามาตรฐาน

การกำหนดหาเวลามาตรฐานจากค่าเวลาปกติปรับค่าเวลาเผื่อทำได้ 2 วิธี ดังนี้

วิธีที่ 1

เวลามาตรฐาน = เวลาปกติ + (เวลาปกติ x % เวลาเผื่อ)

วิธีที่ 2

เวลามาตรฐาน = เวลาปกติ + (100/(100 - % เวลาเผื่อ))

ในการศึกษาเวลาเพื่อกำหนดเวลามาตรฐานจะใช้กระบวนการปรับค่าเวลาของทุก ๆ งานย่อยด้วยค่าองค์ประกอบการประเมินและค่าเวลาเผื่อและได้ค่ามาตรฐานเวลาของแต่ละงานย่อย รวมเวลามาตรฐานของทุก ๆ งานย่อยเป็นเวลามาตรฐานของงานหรือจะใช้กระบวนการหาค่าองค์ประกอบการประเมินเฉลี่ย แล้วเอาผลรวมของเวลาเลือกมาหาเวลาปกติและหาเวลามาตรฐานของงานโดยการปรับค่าเวลาเผื่อ เวลามาตรฐานที่ได้จะถูกนำไปใช้เพื่อจัดภาระงานในแต่ละสถานี

2.3 การจัดสมดุลสายการผลิต

การจัดสมดุลสายการผลิต หรือที่เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าการจัดสมดุลสายงานประกอบ (Assembly Line Balancing) เป็นการกำหนดงานให้กับหน่วยผลิตหนึ่ง ซึ่งเป็นลักษณะของการผลิตหรือประกอบสินค้าปริมาณมาก ๆ และค่อนข้างสม่ำเสมอไม่ค่อยมีการผันแปรมากนัก สายการประกอบจะถูกแบ่งออกเป็นสถานีงาน (Work Station) หลาย ๆ สถานีต่อเนื่องกัน ปัญหาการจัดสมดุลสายการผลิตจึงเป็นเรื่องการพิจารณากำหนดงานหรือขั้นตอนต่าง ๆ ที่ใช้ในการประกอบสินค้าให้กับสถานีงาน โดยพยายามให้สถานีงานต่าง ๆ มีภาระงานที่สมดุลกันขณะเดียวกันก็สามารถผลิตสินค้าได้ตามอัตราความต้องการ

หลักการของการจัดสมดุลสายการผลิต

เนื่องจากในระบบสายการผลิตหนึ่ง ๆ จะประกอบไปด้วยขั้นตอนงานต่าง ๆ มากมายจึงต้องมีการแบ่งงานให้กับสถานีงานต่าง ๆ เป็นกลุ่ม ๆ ไป การจัดงานต่าง ๆ นี้สามารถจัด

ได้มากมายหลายวิธี แต่อย่างไรก็ดี ถ้าสามารถจัดให้แต่ละสถานีมีความสมดุลกัน การผลิตเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ เวลาว่างเปล่าในแต่ละสถานีก็มีน้อย การรอหรือการตกค้างของชิ้นส่วนในสถานีงานต่าง ๆ น้อย ส่งผลให้สายการผลิตนั้นมีประสิทธิภาพสูง

การจัดสมดุลสายการผลิตเป็นการกำหนดภาระงานในสถานีทำงานต่าง ๆ ให้มีความสมดุล คืออัตราการทำงานหรือเวลาที่ใช้เท่า ๆ กัน และจะต้องไม่ขัดกับลำดับความสัมพันธ์ก่อนหลังของงานต่าง ๆ ถ้าหากเวลาที่ใช้ในแต่ละสถานีงานไม่เท่ากันแล้ว อัตราการผลิตของผลิตภัณฑ์ (Production Rate) จะถูกกำหนดโดยเวลาการทำงานของสถานีงานที่ใช้มากที่สุด รอบเวลาการผลิต (Cycle Time) คือเวลาระหว่างที่สินค้าเสร็จออกมาแต่ละชิ้นซึ่งจะเท่ากับเวลาของสถานีงานที่ช้าที่สุด จึงทำให้เกิดการสูญเสียอัตราการผลิตหรือว่างงานเกิดขึ้น เพราะสถานีอื่นที่เสร็จเร็วกว่าจะต้อรอ หรืออาจเกิดมีชิ้นส่วนหรือวัสดุรอการผลิตปริมาณมากรอที่จะผ่านสถานีงานนั้น หรือมีสถานีงานที่หยุดรอการป้อนงานจากสถานีที่ทำงานช้า เป้าหมายการจัดสมดุลสายการผลิตอาจจะพยายามทำให้มีจำนวนสถานีงานน้อยที่สุด ภายใต้รอบเวลาการผลิตที่กำหนดให้ หรืออาจจะพยายามทำให้รอบเวลาการผลิตน้อยที่สุดเมื่อกำหนดจำนวนสถานีงานมาให้

สิ่งที่ต้องพิจารณาในการจัดสมดุลสายการผลิตได้แก่

1) ลำดับขั้นตอนของงานก่อนหลัง (Precedence Relationship)

2) ข้อมูลแสดงเวลาที่ใช้ในการทำงานต่าง ๆ ซึ่งควรเป็นเวลามาตรฐาน (Standard Time) ของงานนั้น ๆ

3) ข้อจำกัดในการปฏิบัติงานรวมกัน

4) อัตราการผลิตที่ต้องการ

การแบ่งสายการผลิตออกเป็นสถานีงานสามารถกระทำได้โดยการนำสินค้าสำเร็จรูปแยกออกเป็นส่วน ๆ และศึกษาขั้นตอนในการประกอบชิ้นส่วนย่อย ๆ (การศึกษาวิธีการ) ต่อจากนั้นจึงศึกษาเวลาที่ใช้ในการทำงานแต่ละขั้นตอน (การวัดผลงาน รวมเรียกขั้นตอนการศึกษาวิธีการและการวัดผลงานว่า “การศึกษาการทำงาน”) แล้วจึงนำขั้นตอนของงานเหล่านั้นมาแบ่งในสถานีงานให้ถูกต้องตามลำดับขั้นตอน โดยให้สายการผลิตนั้นมีความสมดุลด้วย

การเลือกงานมาจัดลงสถานีทำงานต้องพิจารณาถึงลำดับความสัมพันธ์ก่อนหลังของงานต่าง ๆ และเวลารวมของงานในแต่ละสถานีต้องไม่เกินรอบเวลาการผลิตที่กำหนดไว้เพื่อให้ได้อัตราผลผลิตที่ได้กำหนดไว้ จึงนำเทคนิคต่าง ๆ เข้ามาใช้ในการจัดเพื่อให้ได้คำตอบตาม

วัตถุประสงค์ที่ต้องการ (Ignall, 1965) โดยเทคนิคในการจัดสมดุลการผลิตแบ่งออกเป็น 2 ประเภท หลัก ๆ ได้ดังนี้

1) วิธีการทาง Mathematical Programming เป็นวิธีที่ใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) แต่มีข้อเสียในเรื่องความยุ่งยากในการคำนวณและมีความซับซ้อนในรูปแบบปัญหาวิธีการ จึงเหมาะสมกับการจัดสมดุลให้กับสายการผลิตขนาดเล็กเท่านั้น ได้แก่ Dynamic Programming Algorithm (Jackson, 1956), Integer Programming Formulation (Bowman, 1960), Dynamic Programming (Held, 1963) เป็นต้น

2) วิธีการทาง Heuristic เป็นวิธีการที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาโดยให้คำตอบที่ไม่อาจจะรับประกันได้ว่าจะให้คำตอบที่ดีที่สุด แต่จะให้คำตอบที่พอใช้ได้ด้วยความรวดเร็ว มีทั้งวิธีการประมวลผลด้วยมือและคอมพิวเตอร์ โดยปกติเราต้องการคำตอบที่ดีที่สุด แต่สาเหตุที่เลือกเอาวิธีทางฮิวริสติกก็พอสรุปได้ดังนี้

1) เกิดความยุ่งยากในการใช้ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ หรือวิธีการอื่น ๆ ไม่อาจหาคำตอบที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติ

2) ฮิวริสติกให้คำตอบที่ดีพอสมควร สามารถนำไปใช้ได้ในทางปฏิบัติ คำตอบที่ได้ไม่จำเป็นต้องดีที่สุด

3) ในบางกรณีฮิวริสติกก็เพียงเพื่อหาแนวทางเริ่มที่จะแก้ปัญหานั้น

วิธีการที่สำคัญได้แก่ Column Technique (Kilbridge & Wester, 1961), Ranked Position Weights Rule (Helgeson and Birnie, 1961), Comsoal A Computer Method for Seqencing Operations for Assembly Line (Arcus,1966), The Largest-Candidate Rule, Most Number of Following Task Rule

เทคนิคต่างๆที่ใช้ในการจัดสมดุลสายการผลิตมีรายละเอียด โดยย่อดังต่อไปนี้

วิธีแรกที่ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดสมดุลสายการผลิตซึ่งคิดค้นโดย Salveson (1955) โดยได้เสนอแนวทางปัญหา โดยการกำหนดรอบเวลาการผลิตคงที่ และจำนวนของสถานีงานจะเป็นตัวแปร Salveson ได้แยกแยะปัญหาออกเป็นขั้นดังนี้คือ ทำการเลือกโดยการสลับเปลี่ยนไปมาของขั้นงานเพื่อให้ได้สถานีงาน กล่าวคือ 1) เลือกรวมขั้นงานที่สอดคล้องกับโครงข่ายที่แสดงลำดับก่อน – หลังของกระบวนการผลิต 2) เวลาของสถานีงานจะน้อยกว่าหรือเท่ากับรอบเวลาการผลิต และ 3) ผลรวมของรอบเวลาว่างในสายการผลิตจะมีค่าน้อยที่สุด

ได้กำหนดรอบเวลาการผลิตเป็นฟังก์ชันปริมาณการผลิต โดยกำหนดให้

รอบเวลาการผลิต = เวลาการผลิต / ปริมาณการผลิต

และ Salveson ได้ทำการกำหนดจำนวนของสถานีงานที่น้อยที่สุดสำหรับสายการผลิต ซึ่งจะเป็นค่าน้อยที่สุดของจำนวนเต็มบวก n ซึ่ง n จะมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับผลรวมของเวลาของขั้นตอนงานหารด้วย รอบเวลาการผลิต

K_{min} = Min[Integer n] / $n > \sum E_i / C$

โดย K_{min} = จำนวนที่น้อยที่สุดของสถานีงาน

E = เวลาของขั้นงาน

C = รอบเวลาการผลิต

Salveson ยังได้เสนอถึงการใช้ไดอะแกรมลำดับก่อน- หลัง (Precedence Diagram) เพื่อที่จะแสดงลำดับของขั้นงานและการใช้แบบจำลองของโปรแกรมเชิงเส้นตรงที่จะทำการรวบรวมขั้นงานที่จะมอบหมายให้สถานีงานหนึ่ง ๆ การรวมนี้จะทำให้เกิดเวลาว่างงานน้อยที่สุด

Jackson (1956) ได้พัฒนาโปรแกรมไดนามิคเพื่อใช้ในการหาผลลัพธ์ที่มีจำนวนของสถานีงานที่น้อยที่สุด โดยรอบเวลาที่กำหนดให้ใด ๆ วิธีการของ Jackson จะทำการแจกแจงผลรวมของขั้นตอนงานทั้งหมดที่เป็นไปได้ และรวมขั้นตอนงานที่เป็นไปได้ไว้ในสถานีงานที่ 1 แล้วหลังจากสถานีงานที่ 1 ทำการรวมขั้นตอนงานต่าง ๆ ที่เป็นไปได้ไว้ในสถานีงานที่ 2 และทำเช่นนี้ต่อไปเรื่อย ๆ จากวิธีนี้พบว่าที่บางจุดหลังจากการสร้างสถานีงานครั้งแรกจำนวน K สถานีแล้ว จะมีการจัดสมดุลอันหนึ่งที่ได้มอบหมายขั้นตอนงานทั้งหมดในสถานีงาน ดังนั้นการจัดสมดุลเหล่านี้จะมีจำนวนสถานีงานน้อยที่สุดสำหรับรอบเวลาการผลิตหนึ่ง ๆ Jackson ได้พิสูจน์ว่าวิธีนี้ได้ผลลัพธ์ดีที่สุด แต่มีความยุ่งยากในการคำนวณอยู่มาก

ต่อมา Bowman (1960) ได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมโดยพัฒนาโปรแกรมเชิงเส้นตรง 2 ชนิดที่แตกต่างกันมาใช้ในการจัดสมดุลสายการผลิต ปัญหาจะถูกจัดเป็นชุดของตัวแปรที่มีขอบข่ายเป็นเส้นตรง ซึ่งสามารถประเมินคุณค่าได้ในรูปแบบของสมการเป้าหมายเชิงเส้นตรง ซึ่งวิธีของ Bowman ยังคงเป็นวิธีที่มีความยุ่งยากในการคำนวณ

หลังจากนั้นเทคนิคในการจัดสมดุลสายการผลิตต่าง ๆ ก็ได้มีการพัฒนามากขึ้น และที่รู้จักกันดีคือวิธีฮิวริสติก (Heuristic) ซึ่งไม่มีการรับประกันผลว่าจะเป็นวิธีที่ให้คำตอบที่ดีที่สุด ตัวอย่างวิธีเชิงฮิวริสติกที่ใช้ในปัจจุบัน ได้แก่

Kilbridge and Wester (1961) ได้พัฒนาเทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิตโดยปราศจากการใช้คอมพิวเตอร์คือ Column Technique ซึ่งให้ประสิทธิภาพสายการผลิตสูง ให้ผลลัพธ์ที่ดีหากมีงานจำนวนไม่มากนัก ลักษณะที่สำคัญของเทคนิคนี้ก็คือการรวมกลุ่มของขั้นตอนงานให้อยู่ในแถวยืน แต่ละหมายเลขของแถวยืนแสดงถึงขั้นตอนงานที่จะถูกเลือก สำหรับการมอบหมายให้เป็นหนึ่งสถานีงาน วิธีการคำนวณหมายเลขของแถวยืนในแต่ละขั้นตอนงานมีดังนี้คือ ขั้นตอนงานทั้งหมดที่ไม่มีขั้นตอนงานอื่นที่ต้องทำก่อนจะจัดไว้ในแถวยืนที่หนึ่ง ขั้นตอนงานที่ถัดมาจากขั้นตอนงานในแถวยืนที่ 1 จะถูกจัดเป็นหมวดหมู่โดยหมายเลขของแถวยืน วิธีการมอบหมายงานเริ่มต้นโดยการมอบหมายงานตามลำดับก่อนหลัง พยามยามรวมขั้นงานต่าง ๆ เข้าเป็นสถานีงานหนึ่งให้มีเวลาใกล้รอบเวลาการผลิตมากที่สุดจนกระทั่งได้ผลลัพธ์ที่เป็นที่พึงพอใจ

Helgeson and Birnie (1961) ได้พัฒนาเทคนิคของวิธีการฮิวริสติกมาเป็นวิธี Ranked Position Weights Rule ซึ่งเป็นวิธีการให้น้ำหนักในตำแหน่งงานต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน โดยวิธีนี้จะเป็นวิธีที่ให้ผลลัพธ์คร่าว ๆ และใช้เวลาในการคำนวณน้อยกว่าวิธีอื่น ๆ โดยน้ำหนักของงานในตำแหน่งต่าง ๆ ที่ให้นั้นขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ใช้การปฏิบัติงาน งานที่มีน้ำหนักมากจะเป็นงานในขั้นตอนแรก ๆ ของงาน

Hoffman (1963) ได้เสนอวิธีการคำนวณการจัดสมดุลสายการผลิต โดยใช้เมตริทซ์แสดงลำดับก่อน – หลัง (Precedence Matrices) ในการรวมขั้นตอนงานให้เป็นสถานีงาน

Mansoor (1964) ได้นำวิธีของ Helgeson and Birnie มาปรับปรุงเป็นวิธี Optimal Seeking Back – Tracking ในปี ค.ศ. 1964 และในปี ค.ศ. 1973 ได้นำมาขยายเพิ่มเติมเป็นระบบ Malda Heuristic Technique for Balancing Large Scale Single – Model Assembly Lines โดยจะเป็นการกำหนดให้มีรอบเวลาการผลิตที่น้อยที่สุดกำหนดจำนวนของสถานีงานโดยวิธีการ Search Mansoor อ้างว่าวิธีการของเขาเกือบจะได้ผลลัพธ์ที่เป็นเลิศแต่ต้องใช้เวลาในการประมวลโดยคอมพิวเตอร์มาก

Arcus (1966) ได้เสนอเทคนิค Comsoal A Computer Method for Sequencing Operations for Assembly Lines ซึ่งเป็นเทคนิคของการสุ่มตัวอย่างลำดับของขั้นงานที่เป็นไปได้ จากนั้นทำการจำลองการรวมขั้นงานทั้งหมดที่สามารถจัดได้ และพิจารณาการจัดขั้นงานที่ทำให้เกิดเวลาว่างงานน้อยที่สุด การเลือกลำดับจะเป็นแบบสุ่มโดยการกำหนดน้ำหนักให้แก่ขั้นงานตาม

คุณลักษณะที่มีอยู่โดยการเลือก Arcus จะเลือกตัวอย่างที่เรียงตามลำดับก่อน – หลังและเลือกการเรียงลำดับที่เกิดเวลาว่างน้อยที่สุดในแต่ละสถานี

กฎการจัดงานอื่น ๆ ที่นิยมใช้ในปัจจุบันนอกเหนือจากกฎที่ได้กล่าวมาแล้วได้แก่ The Largest – Candidate Rule วิธีการนี้จะเป็นวิธีการจัดงานให้แก่สถานีงานโดยเริ่มจากการจัดงานเข้าสถานีแรกโดยเลือก ขั้นงานที่มีระยะเวลานานที่สุดจากขั้นตอนที่เป็นไปได้ทั้งหมด เพื่อที่จะได้ทำให้การจัดงานสถานีการผลิตต่อ ๆ ไปทำได้ง่ายขึ้นเพราะเมื่องานย่อยมีเวลาน้อยจะจัดได้ง่ายกว่ากรณีที่ งานย่อยใช้เวลาทำมากวิธีนี้เป็นวิธีที่ให้ผลเร็วแต่ใช้กับปัญหาที่มีความซับซ้อนมากไม่ได้ Most number of following task rule จะให้ความสำคัญกับงานที่มีงานย่อยอื่น ๆ ตามมาก โดยจะจัดให้ทำก่อนงานที่มีงานย่อยตามน้อยเพื่อที่จะได้มีจำนวนงานย่อยในการจัดครั้งต่อไปได้มาก การจะเลือกใช้กฎเกณฑ์ใดเพื่อจัดงานให้แก่สถานีการผลิตก็ขึ้นอยู่กับผู้วางแผนกระบวนการผลิต

นอกจากนี้ Becker and Scholl (2006) ได้รวบรวมเทคนิคการจัดสมดุลสายการด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และพัฒนารูปแบบปัญหาให้เหมาะสมกับสภาพความเป็นจริงซึ่งซับซ้อนมากขึ้น เช่นพิจารณาด้านต้นทุน เวลาการทำงานที่ไม่แน่นอน การเรียนรู้ของคนงาน เป็นต้น เทคนิคแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้แก่ การจัดสายการประกอบรูป U (U-shaped Assembly line) การใช้เทคนิคขนาน (Parallelism) การจัดสายการประกอบแบบ 2 ด้านเป็นต้น

นอกจากนี้งานวิจัยด้านการจัดสมดุลสายการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิต โดยการใช้เทคนิคต่าง ๆ ได้แก่ นิสา (2545) ศึกษาและลดความสูญเสียในการผลิตในส่วนการประกอบและส่วนการผลิตชิ้นส่วนของโรงงานผลิตเก้าอี้ทันตกรรมตัวอย่าง โดยการทำให้เกิดความสมดุลในส่วนการประกอบ อัญชลี (2545) ศึกษาการเพิ่มผลิตภาพทางด้านแรงงานในโรงงานเบเกอรี่ โดยการแก้ไขปัญหาความไม่สมดุลของสายการผลิต ด้วยการวิเคราะห์ปัญหาผลิตภาพแรงงาน การสร้างเวลามาตรฐาน การจัดทำสมดุลสายการผลิต การจัดกำลังคนที่มีอยู่ให้เข้ากับงาน และการปรับแผนการผลิตเพื่อนำไปใช้งานตามกลุ่มปริมาณการผลิต หรือการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาจัดสมดุลในสายการผลิตแบบประกอบที่มีอยู่ให้เหมาะสมโดยใช้โปรแกรม LINDO เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อได้ชิ้นงานออกมามากที่สุด (นภิส,2543)

ด้วยเทคนิคต่าง ๆ พบว่าต้องใช้ผู้มีความรู้และประสบการณ์ในการจัดทำ บางเทคนิคต้องใช้การคำนวณที่ซับซ้อน ยุ่งยาก ทำให้ความยืดหยุ่นในการทำงานลดลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีผลิตภัณฑ์หลากหลาย มีขั้นตอนการผลิตหลายรูปแบบ ทำให้มีผู้นำเสนอเทคนิคที่สามารถจัดสมดุลสายการผลิตได้ด้วยตนเอง โดยไม่จำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการจัดทำ นั่นคือเทคนิคบัคเกต บริเกดส์

2.4 บัคเกต บริเกดส์ (Bucket Brigades)

เทคนิคหนึ่งในการจัดสมดุลสายการผลิตประเภทสายการประกอบซึ่งประสบความสำเร็จอย่างมากในบริษัทชั้นนำของประเทศสหรัฐอเมริกาได้แก่ United Technologies, IBM, Intel, Ford Customer Service และ Walgreens คือ บัคเกต์ บริเกดส์ (Bucket Brigades) ซึ่งเป็นการจัดสายการประกอบระบบดึงโดยการเรียงลำดับพนักงานตามความเร็วการทำงาน (Speed) พนักงานทุกคนสามารถทำงานได้ในทุกสถานีงาน โดยคนงานที่ทำงานเร็วที่สุดจะเป็นผู้เริ่มทำงานก่อนทำงานจนครบทุกขั้นตอนได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (Forward Part) หลังจากนั้นจึงเดินกลับลงไปทันทีเพื่อทำงานของพนักงานผู้ที่อยู่ก่อนตนเอง (Predecessor) ซึ่งมีความเร็วการทำงานน้อยกว่าตนเอง (Backward Part) และผู้ที่มีความเร็วการทำงานน้อยที่สุดเมื่อมีผู้มาทำงานที่ตนเองทำค้างไว้แล้ว ก็จะไปเริ่มงานชิ้นใหม่ต่อไป (Backward part) ซึ่งเป็นแนวความคิดที่เลียนแบบการทำงานของแมลงเช่น มด ผึ้ง เป็นต้น บัคเกต บริเกดส์เมื่อการทำงานเข้าสู่สภาวะสมดุล สถานีงานและภาระงานจะถูกจัดแบ่งเองโดยอัตโนมัติ

การประยุกต์ บัคเกต์ บริเกดส์ เป็นที่นิยมใช้ในสายผลิต โดยเริ่มใช้ครั้งแรกที่ Aisin Seiki Co., Ltd ซึ่งเป็นบริษัทสิ่งทอในเครือโตโยตา รู้จักกันในชื่อ “Toyota Sewn Products Management System, TSS” และแพร่หลายเข้าสู่อุตสาหกรรมอื่น ๆ ด้วย ได้แก่

- อุตสาหกรรมเครื่องแต่งกาย Champion Products ซึ่งประยุกต์ บัคเกต์ บริเกดส์ บนสายการผลิตรูป U (U-Shaped Production Line) ซึ่งสามารถเพิ่มอัตราผลผลิตได้ และวัสดุรอการผลิตที่ลดลงทำให้สะดวกในการเปลี่ยนรุ่นการผลิตได้ง่าย

- อุตสาหกรรมอาหาร Subway ซึ่งเป็นธุรกิจแฟรนไชส์ (Franchises) ได้แนะนำเทคนิคนี้ในการทำแซนวิชและจัดชุดอาหารทำให้อัตราผลผลิตสูงขึ้น

- อุตสาหกรรมอิเลคโทรนิกส์ Mitsubishi Consumer Electronics America ซึ่งเป็นสายการผลิตโทรทัศน์ และโทรศัพท์มือถือ ซึ่งนำ บัคเกต บริเกดส์ มาแก้ปัญหาความไม่สมดุลของสายการผลิต ทำให้สายการผลิตเข้าสู่ภาวะสมดุลได้ภายใน 30 นาที กำจัดจุดคอขวด และ ไม่มีวัสดุรอการผลิต

- สายการประกอบที่มีความซับซ้อน เช่น การผลิตรถแทรกเตอร์ของ Tug Manufacturing ซึ่งไม่มีขั้นตอนมาตรฐาน และ มีอัตราการเข้าออกของพนักงานสูงถึง 70% บัคเกต บริเกดส์ สามารถให้อัตราผลผลิตที่สูงขึ้นและลดเวลาฝึกงานของพนักงานใหม่ (Training Period of the new workers) ได้

- อุตสาหกรรมรถยนต์ United Technologies Automotive (Mexican Plant) ซึ่งเดิมใช้เวลามาตรฐานในการประกอบเครื่องมืออิเลคโทรนิกส์ในรถยนต์ 12 นาที และมีวัสดุรอการผลิตจำนวนมาก เกิดปัญหาคอขวดเป็นระยะ ๆ ภายใต้ บัคเกต บริเกดส์ อัตราผลผลิตเพิ่มขึ้น 10% วัสดุรอการผลิตลดลงจาก 50 ชิ้นส่วนเหลือเพียง 6 ชิ้นส่วนซึ่งอยู่ในมือพนักงานในสายการผลิต และสามารถเข้าสู่สมดุลการทำงานได้เร็วขึ้น

นอกจากนี้สามารถประยุกต์ใช้บัคเกต บริเกดส์ ในงานโลจิสติกส์และจัดเก็บ (Logistics and Warehousing) กับการจัดหยิบของในแผนกวัตถุดิบได้เพื่อลดเวลาในการจัดเตรียมวัตถุดิบ Bartholdi และทีมงานเริ่มประยุกต์ใช้ครั้งแรกในปี 1993 ที่ Revco Drug Store, Inc. เป็นศูนย์กระจายสินค้าซึ่งมีการจ้างพนักงานชั่วคราวมาก ทำให้ความแปรปรวนด้านอัตราผลผลิตสูงถึง 300% การทำงานแออัด ไม่สมดุล บัคเกต บริเกดส์ สามารถเพิ่มอัตราผลผลิตได้ถึง 34% เช่นเดียวกันกับ WAWA Convenience Store สามารถเพิ่มอัตราผลผลิตได้ถึง 25%

ข้อดี ของเทคนิคนี้ คือ

- เป็นการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยตนเอง ไม่ต้องเสียเวลาในการคำนวณหาเวลามาตรฐาน และจัดสมดุลซึ่งต้องใช้ผู้มีความรู้ ความชำนาญในการจัดทำ
- ทำให้อัตราผลผลิตสูงขึ้น
- ไม่มีวัสดุรอการผลิต (work-in-process)
- มีความยืดหยุ่นสูง อัตราผลผลิตคงเดิมถึงแม้สายการผลิตจะมีคนงานเปลี่ยนแปลงเข้าออกบ่อย
- สามารถลดจำนวนสถานีงาน และจำนวนคนงานลงได้

ข้อเสียของเทคนิคนี้ คือ

- คนงานต้องสามารถทำงานในทุกขั้นตอนได้ ดังนั้นต้องมีการเตรียมการเพื่อฝึกฝนคนงานให้เรียนรู้งานในทุกขั้นตอน (Cross Training)
- ความแม่นยำในการจัดลำดับความเร็วของพนักงานซึ่งเป็นหัวใจหลักในการประยุกต์ Bucket Brigades เป็นเรื่องยุ่งยาก ละเอียดอ่อน เนื่องจากลำดับของพนักงานส่งผลต่ออัตราผลผลิตได้

สมมุติฐานที่สำคัญในการจัดสายการผลิตแบบนี้คือ

- เวลาที่ใช้เดินเพื่อลงไปทำงานของคนงานที่อยู่ก่อน (Walk-back Time) และเวลาที่คนงานใช้ในการรับงานต่อจากกัน (Hand Off) มีค่าน้อยมาก
- พนักงานแต่ละคนมีความเร็วในการทำงานแตกต่างกัน และถูกจัดลำดับด้วยความเร็วนี้
- งานมีขั้นตอนการทำงานที่แน่นอน ต่อเนื่อง ตลอดสายการผลิต

มีงานวิจัยจำนวนมากกล่าวถึงเทคนิคบัคเกต บริเกดส์นี้ ดังนี้

Bartholdi, Eisenstein, and et al (1995) นำเสนอแนวคิดการจัดสายการผลิตบัคเกต บริเกดส์ เมื่อมีจำนวนคนงานน้อยกว่าจำนวนสถานีงาน จัดเรียงลำดับตามความเร็วจากน้อยไปมาก ตามสายการผลิตแบบตัวยู (U-shape Assembly Line) และด้วยการพิสูจน์ทางสมการคณิตศาสตร์ พบว่าสายการผลิตบัคเกต บริเกดส์ที่มีคนงานมาตรฐาน n คน มีอัตราการผลิตสูงสุดคือ $\min(n, 1/p_{max})$ รุ่นต่อหน่วยเวลา เมื่อ p_{max} คือเวลาทำงานสูงสุดบนสถานีงานใด ๆ และนำเสนอข้อเสนอแนะสำหรับการประยุกต์ใช้บัคเกต บริเกดส์ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ ลักษณะของสายการผลิตที่เหมาะสมและข้อดีของสายการผลิตบัคเกต บริเกดส์

Munoz and Villalobos (2002) ศึกษาสมดุลสายการผลิตภายใต้เวลาการผลิตที่แปรปรวนในสถานีงานจำนวน 3 และ 6 สถานีงาน โดยออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลและจำลองแบบปัญหาด้วยโปรแกรม Promodel ในการวิเคราะห์ผล ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ รูปแบบการจัดสายการผลิต (Production Method; Traditional, Bucket Brigades) ความสามารถในการเรียนรู้ (Learning Rate; 80%, 85%, 90%) และอัตราการเข้าออกของพนักงาน (Turnover rate; 0%, 6%, 12%) โดยมีตัววัดผลคืออัตราผลผลิต (Throughput rate) ผลที่ได้พบว่า ที่ 3 สถานีงาน ทั้ง 3 ปัจจัยส่งผลต่ออัตราผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญ บัคเกต บริเกดส์ให้อัตราผลผลิตที่สูงกว่ามีการเข้าออกของพนักงาน และใกล้เคียงกับวิธีดั้งเดิมเมื่อไม่มีการเข้าออกของพนักงาน ที่ 6 สถานีงานพบว่าและบัคเกต บริเกดส์ให้อัตราผลผลิตที่สูงกว่าในทุกระดับของปัจจัย

Armbruster and Gel (in press, 2002) วิเคราะห์ถึงการทำงานจริงของบัคเกต บริเกดส์ซึ่งคนงานมีความชำนาญในแต่ละขั้นตอนแตกต่างกัน ทำให้ความเร็วไม่คงที่ตลอดสายการผลิต โดยศึกษากรณีคนงาน 2 คน ภายใต้ 2 สมมุติฐานหลักคือ ยอมให้มี และไม่มีการผ่านของพนักงาน (Passing & Blocking) ด้วยวิธีการคณิตศาสตร์ วัดผลในด้านการเข้าสู่สมดุล และอัตราผลผลิต พบว่าเมื่อยอมให้มีการผ่านของพนักงานระบบจะเข้าสู่สมดุล ณ จุดหนึ่ง (Self balancing, a

stable fixed point) เสมอ และอาจเกิดสมดุลมากกว่าหนึ่งจุดได้ (Self organizing, a stable period-two orbit) เมื่อไม่ยอมให้มีการผ่านของพนักงาน นอกจากนี้อัตราผลผลิตในบางสภาวะอาจลดลง ซึ่งขึ้นกับการให้ความสำคัญของผู้ที่จะนำบัคเกต บริเกดส์ไปใช้

Armbruster and Gel (in press, 2004) ศึกษาการจัดสมดุลสายการผลิตบัคเกต บริเกดส์ (Bucket Brigades) ในคนงานจำนวน 2 คนเปรียบเทียบกับแบบดั้งเดิม (Traditional allocation) ภายใต้สภาวะการทำงานที่คนงานมีความชำนาญเฉพาะในบางขั้นตอนงานด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้สมมุติฐานดั้งเดิมถูกผ่อนคลายลงโดยการยอมให้มีการผ่านของพนักงาน (Passing Environment) เปรียบเทียบกับสมมุติฐานดั้งเดิมซึ่งไม่ยอมให้มีการผ่าน (Blocking Environment) พบว่าหากงานมีความต้องการความชำนาญเฉพาะ บัคเกต บริเกดส์ สามารถเพิ่มอัตราผลผลิตได้เมื่อมีการจัดลำดับความเร็วพนักงานจากช้าไปเร็วเท่านั้น และภายใต้การยอมให้มีการผ่านของพนักงานจะเข้าสู่สมดุลสายการผลิตและลำดับของพนักงานจะถูกจัดลำดับใหม่ตามความเร็วเพื่อเพิ่มอัตราผลผลิตได้

Armbruster, Gel and Murakami (Working paper, 2004) เสนองานวิจัยที่ศึกษาความเปลี่ยนแปลงด้านความเร็วและตำแหน่งของบัคเกต บริเกดส์เมื่อคนงานใหม่ที่เพิ่มเข้ามามีรูปแบบการเรียนรู้แบบ Expo และ Log model ทั้งแบบที่มีและไม่มีการจัดลำดับใหม่ (Passing and Blocking) โดยการจำลองแบบปัญหาด้วย Matlab เพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับแนวทางการจัดการสายการผลิต ผลการวิจัยพบว่ารูปแบบการเรียนรู้ทั้ง 2 แบบให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และบัคเกต บริเกดส์จะช่วยแบ่งภาระงาน จัดลำดับพนักงานเมื่อเข้าสู่สมดุลได้อย่างเหมาะสมภายใต้การยอมให้มีการจัดลำดับใหม่ แต่หากไม่ยอมให้มีการจัดลำดับใหม่ (Blocking) ลำดับเริ่มต้นของพนักงานจะมีผลต่อการเข้าสู่สมดุลเป็นอย่างมาก

Bratcu and Dolgui (2005) ทำการสรุปและวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบัคเกต บริเกดส์ โดยเริ่มจากการเน้นถึงแนวคิดบัคเกต บริเกดส์ภายใต้สมมุติฐานดั้งเดิม และการนำไปใช้ในสายการผลิตของอุตสาหกรรมต่าง ๆ และในคลังสินค้า ทำการวิเคราะห์รูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ของบัคเกต บริเกดส์ภายใต้สภาวะของระบบต่าง ๆ เพื่อให้ใกล้เคียงสภาวะงานจริงเช่น Chaotic Dynamic System, Hybrid Dynamic System, Stochastic Dynamic System เป็นต้น และสรุปผลการจำลองแบบปัญหาด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของบัคเกต บริเกดส์ภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ เช่น มีอัตราการเข้าออกของคนงานสูง ผลิตภัณฑ์มีขั้นตอนการประกอบที่แตกต่างกัน Stochastic operating times เป็นต้น

2.5 การ จำลองแบบปัญหา (Computer Simulation)

การจำลองแบบปัญหา (Simulation) เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาในด้านต่าง ๆ ซึ่งได้รับความสนใจและตื่นตัวในการนำมาใช้แก้ปัญหาในสาขาอาชีพต่าง ๆ อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องมาจากความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ โดยมีผู้ให้คำจำกัดความของการจำลองแบบปัญหาว่า คือกระบวนการออกแบบแบบจำลอง (Model) ของระบบงานจริง (Real System) แล้วดำเนินการทดลองใช้แบบจำลองนั้นเพื่อการเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานหรือเพื่อประเมินผลการใช้กลยุทธ์ (Strategies) ต่าง ๆ ในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้

จากคำจำกัดความดังกล่าวจะเห็นได้ว่า กระบวนการของการจำลองแบบปัญหานั้นแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ การสร้างแบบจำลองส่วนหนึ่ง และการนำเอาแบบจำลองนั้นไปใช้งานเชิงวิเคราะห์อีกส่วนหนึ่ง ดังนั้นจะเห็นได้ว่า กลไกของวิธีการของการจำลองแบบปัญหานั้นขึ้นอยู่กับแบบจำลองและกรใช้แบบจำลอง แบบจำลองที่ใช้ในการจำลองแบบปัญหานี้อาจเป็น หุ่น เป็นระบบ หรือเป็นแนวความคิดลักษณะหนึ่งลักษณะใด โดยไม่จำเป็นต้องเหมือนกับระบบงานจริง แต่ต้องสามารถช่วยให้เข้าใจในระบบการผลิตจริงเพื่อประโยชน์ในการอธิบายพฤติกรรมและเพื่อการปรับปรุงการดำเนินการของระบบงานจริง

การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) เป็นการศึกษาปัญหาของระบบงานด้วยแบบจำลองซึ่งอยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยที่การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์นี้เป็นที่นิยมใช้ที่สุดของการใช้การจำลองแบบปัญหา เราสามารถใช้ได้กับปัญหาของระบบงานได้มากมายหลายประเภท ปัจจุบันเป็นเทคนิคที่ได้รับการนำเอาไปใช้อย่างกว้างขวาง โดยที่การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์จะต้องมีการคำนวณ มีข้อมูลทั้งที่เป็นข้อมูลนำเข้าและผลลัพธ์จากแบบจำลอง และโดยปกติพฤติกรรมของระบบงานจริงส่วนใหญ่มีลักษณะที่ไม่แน่นอนมีความผันแปร ข้อมูลต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบงานจึงเป็นข้อมูลซึ่งมีความผันแปรไม่แน่นอนไปตามพฤติกรรมของระบบงานนั้น ๆ และมีการแปรเปลี่ยนตามกาลเวลา ดังนั้นการจัดเตรียมและการวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ รวมทั้งขั้นตอนต่าง ๆ ที่ใช้กับการจำลองแบบปัญหานี้จึงต้องอาศัยวิธีการต่าง ๆ ทางสถิติเข้าช่วย (ศิริจันทร์, 2542)

สำหรับปัญหาที่ทำการศึกษานี้ สามารถจำลองระบบได้ด้วยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จะนำมาใช้ในการจำลองแบบปัญหานี้ คือโปรแกรม Pro Model

2.5.1 ขั้นตอนของการจำลองแบบปัญหา

1) การตั้งปัญหาและการให้คำจำกัดความของระบบงาน (Problem Formulation and System Definition) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการจำลองแบบปัญหา เป็นการ

กำนหดวัตถุประสงค์ของการศึกษาระบบการกำหนดขอบเขต ข้อจำกัดต่าง ๆ และวิธีการวัดผลของระบบงาน ถ้าเราตั้งปัญหาไม่ดีแล้วผลที่ออกมาอาจไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ตามความต้องการ โดยทั่วไปวัตถุประสงค์จะมาจากผู้บริหารต้องการให้มีการแก้ไขปัญหาบางอย่าง หน้าที่ของผู้ศึกษาคือต้องวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและศึกษาให้เข้าใจครอบคลุมในระบบงานที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น

2) การสร้างแบบจำลองปัญหา (Model Formulation) จากลักษณะของระบบงานที่จะต้องทำการศึกษา เขียนแบบจำลองที่สามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบงานตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา ซึ่งจะไม่มีสูตรสำเร็จตายตัว ความถูกต้องของแบบจำลองจะขึ้นกับความเข้าใจในระบบงานที่ทำการศึกษาและความสามารถในการถ่ายทอดระบบงานมาเป็นแบบจำลอง มักจะเริ่มต้นด้วยแบบจำลองง่าย ๆ ที่จะเป็นที่จะทำให้แบบจำลองสามารถแสดงได้เหมือนกับระบบงานตามที่ตั้งวัตถุประสงค์ไว้ ในการแปลงแบบจำลองให้อยู่ในรูปแบบจำลองคอมพิวเตอร์ จะต้องสามารถใช้ค่าเชิงปริมาณแทนพฤติกรรมขององค์ประกอบเพื่อคำนวณหาผลลัพธ์ที่ต้องการ ดังนั้นองค์ประกอบและความสัมพันธ์ภายในแบบจำลองจะต้องอยู่ในรูปของตัวแปร พารามิเตอร์ และฟังก์ชั่น ความถูกต้องของการใช้ค่าเชิงปริมาณขึ้นอยู่กับความเข้าใจในการทำงานขององค์ประกอบความเชื่อถือได้ของข้อมูล และวิธีการทางสถิติที่ใช้การวิเคราะห์

3) การจัดเตรียมข้อมูล (Data Preparation) วิเคราะห์หาข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับแบบจำลองและจัดเตรียมให้อยู่ในรูปแบบที่จะนำไปใช้งานกับแบบจำลองได้ ข้อมูลที่ใช้งานนั้นมาจากแหล่งข้อมูลสองแหล่ง คือ แหล่งข้อมูลภายในระบบ ซึ่งหาได้จากเอกสารภายในโรงงานและแหล่งข้อมูลภายนอกระบบ เช่นข้อมูลจากบริษัทที่จำหน่ายสินค้าให้บริษัท ลูกค้าของบริษัท เป็นต้น นอกจากนี้ข้อมูลยังสามารถได้มาจากการทำการประมาณค่าข้อมูลต่าง ๆ ที่ต้องการซึ่งอาจได้มาจากการวัดผล การสังเกตการณ์ และการสัมภาษณ์บุคลาการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และถ้ายังไม่เป็นที่น่าพอใจ เราอาจจะต้องร่วมลงมือกระทำกิจกรรมนั้น ๆ และข้อมูลที่ได้มานั้นควรจะทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้รับมา

4) การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Validation) เป็นการวิเคราะห์เพื่อช่วยให้ผู้เขียนและผู้ใช้แบบจำลองมั่นใจว่าแบบจำลองที่ได้มานั้นสามารถใช้แทนระบบงานจริงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาได้

5) การพัฒนาโปรแกรมและการทวนสอบความถูกต้อง การพัฒนาแบบจำลองปัญหาอาจพัฒนาเป็นโปรแกรมภาษาทางคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนา เช่น ภาษาฟอร์แทรน ภาษาปาสคาล หรือภาษาซี เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีภาษาคอมพิวเตอร์กึ่งสำเร็จรูปชนิดพิเศษที่ให้ความสะดวกรวดเร็วต่อการจำลองปัญหา เช่น ARENA (SIMAN), SLAM, SIMSCRIPT หรือ GPSS เป็นต้น หลังจากพัฒนาโปรแกรมเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะต้องทำการตรวจสอบ และแก้ไขโปรแกรมให้ทำงานได้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของแบบจำลองปัญหาด้วย

6) การออกแบบการทดลองและการใช้งานการจำลองแบบปัญหา ในการใช้งานแบบจำลองปัญหาจะมีการทดลองหลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้มีการเลือกใช้ตัวแปรในการตัดสินใจชุดต่าง ๆ การทดลองแต่ละครั้งจะให้ผลลัพธ์ที่จะนำไปใช้เปรียบเทียบทางเลือกต่าง ๆ นั้น โดยแต่ละผลลัพธ์จะเกิดจากการเฉลี่ยผลลัพธ์อันเนื่องมาจากการทดลองเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของตัวแปรสุ่ม สิ่งที่จะต้องระมัดระวังในการประเมินผลเปรียบเทียบทางเลือกคือการหาค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์จากการใช้งานการจำลองแบบปัญหาแต่ละครั้ง ทั้งนี้เนื่องจากค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์โดยตัวมันองเป็นค่าสุ่ม ดังนั้นต้องให้ความสำคัญต่อการออกแบบทางเลือกและควรจะเป็นวิธีที่เป็นระบบ การออกแบบทางเลือกโดยวิธีการออกแบบการทดลองเป็นวิธีที่เป็นระบบวิธีหนึ่ง เช่นการออกแบบโดย Factorial ซึ่งสามารถใช้การวิเคราะห์ทางสถิติประเมินผลกระทบของแต่ละปัจจัยที่มีต่อระบบได้ และสามารถพิจารณาได้ว่าปัจจัยใดเป็นปัจจัยที่สำคัญของระบบนอกจากนั้นการกำหนดระยะเวลาและจำนวนครั้งของการจำลองแต่ละทางเลือกจะต้องพิจารณาความพร้องของเงินทุน และระดับความถูกต้องที่ต้องการ

7) การวิเคราะห์และประเมินผล ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองควรใช้การวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อก่อให้เกิดความเข้าใจการทำงานของระบบได้อย่างถูกต้องและสามารถประเมินผลนโยบายทางเลือกต่าง ๆ นอกจากนี้การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) เพื่อก่อให้เกิดความมั่นใจในผลลัพธ์ที่ไม่เปลี่ยนแปลง

หฤทัย (2546) เปรียบเทียบการจัดสมดุลสายการประกอบ 2 แบบ ได้แก่ การจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียว และการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ รวมทั้งวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ 2 แบบได้แก่ และวิธีปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษาซึ่งผลิตจอแสดงภาพ (Monitor) โดยการนำเทคนิคการจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ผล ด้วยการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลซึ่งปัจจัยที่ใช้ในการทดลองได้แก่ วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบ และความเร็วสายพาน แล้ววัดประสิทธิภาพของระบบในด้านจำนวนสถานีงาน และเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ พบว่าวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบมีผลต่อทั้งเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ ประสิทธิภาพของสายการผลิต และจำนวนผลผลิตโดยวิธี COMSOAL และการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ทำให้เวลาชิ้นงานอยู่ในระบบน้อยกว่า จำนวนผลผลิตมากกว่าและประสิทธิภาพสายการผลิตสูงกว่า สำหรับปัจจัยความเร็วสายพานจะมีผลต่อเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบอย่างเดียว ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพสายการผลิตและจำนวนผลผลิต

บทที่ 3
การจัดสมดุลสายการผลิต

บริษัทกรณีศึกษาผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางประเภทที่เกี่ยวกับเส้นผม โดยมีวัตถุดิบหลัก คือ สารเคมี และน้ำ ผ่านการผสมที่แผนกผสมเป็นรุ่น ๆ และพักรอการบรรจุที่แผนกบรรจุตามแผนจากแผนกวางแผน ขั้นตอนการทำงานของแผนกบรรจุดังแสดงในภาคผนวก ค. รูปที่ ค.1 โดยผลิตภัณฑ์จะถูกกำหนดสายการบรรจุจากประเภท ลักษณะเนื้อผลิตภัณฑ์ และรูปแบบ บรรจุภัณฑ์ ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวทางการดำเนินการวิจัยเพื่อจัดปรับปรุงสายการผลิต เพิ่มอัตราผลผลิตในสายการผลิตตัวอย่าง โดยเริ่มศึกษาขั้นตอนการทำงานในปัจจุบันเพื่อวิเคราะห์หาเวลามาตรฐาน ปรับปรุงสายการผลิตเพื่อให้ได้อัตราการผลิตที่ต้องการต่อไป ด้วยการจัดสมดุลสายการผลิตโดยการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม ไม่มีการเปลี่ยนแปลงขั้นตอนงาน และสถานีงาน สามารถนำไปใช้ได้ทันที โดยวิธีของ Kilbridge และ Wester ซึ่งเป็นวิธีฮิวริสติกที่เหมาะสำหรับสายการผลิตอย่างง่าย ไม่ซับซ้อน และโดยวิธีบัคเกต บริเกดส์ (Bucket Brigades) ซึ่งเป็นวิธีการใหม่ไม่มีการแบ่งสถานีงานที่แน่นอน

3.1 การศึกษาและวิเคราะห์สภาพปัญหาปัจจุบัน

3.1.1 การเลือกงาน

การเลือกหน่วยงานเพื่อศึกษาการทำงานนั้นเลือกหน่วยงานที่ผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีความต้องการสูง ค่อนข้างสม่ำเสมอ และพบว่าบางขั้นตอนในการผลิตมีเวลาการทำงานที่ไม่เท่ากัน มีจุดคอขวดเกิดขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพของสายการผลิตไม่สูง จึงต้องมีการจัดสมดุลสายการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของสายการผลิต และเพิ่มผลิตภาพด้านแรงงานซึ่งสายการผลิตที่ทำการศึกษา คือ สายการบรรจุ 1/1 สายการบรรจุ 1/1 มีพนักงานจำนวน 8-14 คน ขึ้นกับประเภทของผลิตภัณฑ์ และจำนวนคนงานว่างในขณะนั้น ใช้เครื่องบรรจุ LFM – 09 และ LFM – 20 โดยในการวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะส่วนการผลิตที่ใช้แรงงานคนซึ่งรับชิ้นงานจากเครื่องบรรจุ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่นำชิ้นงานที่ผ่านการบรรจุเนื้อผลิตภัณฑ์มาประกอบส่วนประกอบบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ ตามที่ข้อกำหนดระบุไว้ เช่น การใส่ถุง การใส่ฟิล์ม การใส่กล่องรูปแบบต่าง ๆ เป็นต้น โดยมีส่วนประกอบผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันไปตามรูปแบบบรรจุภัณฑ์หลัก ดังแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์หลักในสายการผลิต 1/1

ผลิตภัณฑ์	ส่วนประกอบบรรจุภัณฑ์					
	ขวด	ฟิล์มหด PVC	ฟิล์มหดคู่ PVC	ถุงบรรจุ 3 ขวด	กล่อง โหล	กล่อง 6 โหล
แบบที่ 1 ตัวแทนผลิตภัณฑ์ได้แก่ น้ำมันเซ็ทผม A ขาว 350 ml.	X	X			X	
แบบที่ 2 ตัวแทนผลิตภัณฑ์ได้แก่ น้ำมันเซ็ทผม A ขาว (พิเศษ) 350 ml.	X	X			X	X
แบบที่ 3 ตัวแทนผลิตภัณฑ์ได้แก่ โลชั่นบำรุงผม A มอยส์เจอร์ไรเซอร์ (พิเศษ) 330 ml.	X	X	X		X	
แบบที่ 4 ตัวแทนผลิตภัณฑ์ได้แก่ น้ำมันเซ็ทผม D 400 ml.	X	X		X	X	

จากตารางที่ 3.1 รูปแบบส่วนประกอบบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 ซึ่งได้แก่ น้ำมันเซ็ทผม A ขาว 350 ml. มีดังนี้

1. ขวดพร้อมฝา น้ำมันเซ็ทผม A ขาว 1 ชิ้น
2. ฟิล์มหด PVC น้ำมันเซ็ทผม A ขาว 1 ชิ้น
3. กล่องลูกฟูก น้ำมันเซ็ทผม A ขาว 1 ชิ้น

สำหรับผลิตภัณฑ์แบบอื่น ๆ นั้นมีส่วนประกอบอื่นเพิ่มขึ้นมาได้แก่ เพิ่มกล่อง 6 โหลสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 2 เป็นต้น

3.1.2 การแบ่งแยกงานย่อย

จากการศึกษากระบวนการบรรจุของผลิตภัณฑ์ 4 รูปแบบ สามารถแบ่งแยกออกมาเป็นงานย่อยเพื่อให้วิเคราะห์สังเกตส่วนของงานและสะดวกในการจับเวลา โดยงานวิจัยนี้พิจารณาเฉพาะส่วนการทำงานด้วยแรงงานคนเท่านั้น หลังจากที่แบ่งแยกงานย่อยแล้วกำหนดจุดจับเวลาในแต่ละงานย่อยว่าจะมีการจับเวลาในแต่ละจุดงานย่อยที่จุดไหน เพื่อจะได้เป็นมาตรฐานเดียวกันว่างานงานหนึ่งจะเริ่มและสิ้นสุดที่จุดไหน

การแบ่งแยกงานย่อยและกำหนดจุดจับเวลาการทำงานของสายการบรรจุ 1/1 ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 การแบ่งแยกงานย่อย และจุดจับเวลา

ลำดับที่	งานย่อย	จุดเริ่มจับเวลา	จุดหยุดจับเวลา
1	หยิบงาน: เก็บจากสายพานและทำความสะอาดใต้ขวด	หยิบขวดที่บริเวณคอขวด	วางขวดบนโต๊ะของสถานีงานถัดไป
2	ใส่ฟิล์มขวด: ใส่ฟิล์มหด (Shrink)	จัดตั้งขวดในพื้นที่ทำงาน	ดันขวดออกนอกพื้นที่ทำงาน
3	อบฟิล์ม: ปล่อยผ่านเครื่องอบฟิล์ม	หยิบขวดที่บริเวณคอขวด	ขวดมาถึงสุดรางเครื่องอบ
4	เก็บท้ายเครื่อง: หยิบงานออกจากรางอบ	หยิบขวดที่บริเวณคอขวด	ตั้งขวดบนสถานีงานถัดไป
5	ใส่ฟิล์มคู่ : ใส่ฟิล์มหดคู่ (Pack Shrink)	หยิบขวดที่บริเวณคอขวด	ตั้งขวดบนสถานีงานถัดไป
6	ใส่ถุง 3 : ใส่ถุงบรรจุ 3 ขวด	หยิบขวดที่บริเวณคอขวด	ดันถุงออกนอกพื้นที่ทำงาน
7	ใส่กล่องโหล	หยิบขวดที่บริเวณคอขวด	กล่องเคลื่อนมาถึงสุดรางเครื่องปิดเทปกาว
8	ใส่กล่อง 6 โหล	หยิบขวดที่บริเวณคอขวด	กล่องเคลื่อนมาถึงสุดรางเครื่องปิดเทปกาว
9	ตรวจสอบ: ตรวจสอบความถูกต้องกล่องและจัดวางบนพาเลท	จดเลขที่กล่อง	วางบนพาเลทอย่างถูกตำแหน่ง

เมื่อรวบรวมข้อมูลขั้นตอนในการประกอบผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์ดังภาคผนวก ข. แล้ว สรุปได้ว่า ขั้นตอนย่อยในการประกอบแต่ละผลิตภัณฑ์แสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 สรุปขั้นตอนย่อยในการประกอบผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท

	งานย่อย	ผลิตภัณฑ์ แบบที่ 1	ผลิตภัณฑ์ แบบที่ 2	ผลิตภัณฑ์ แบบที่ 3	ผลิตภัณฑ์ แบบที่ 4
1	หยิบงาน: เก็บจากสายพานและทำความสะอาดใต้ขวด	X	X	X	X
2	ใส่ฟิล์มขวด: ใส่ฟิล์มหด (Shrink)	X	X	X	X
3	อบฟิล์ม: ปล่อยผ่านเครื่องอบฟิล์ม	X	X	X	X
4	เก็บท้ายเครื่อง: หยิบงานออกจากรางอบ	X	X	X	X
5	ใส่ฟิล์มคู่ : ใส่ฟิล์มหดคู่ (Pack Shrink)			X	
6	ใส่ถุง 3 : ใส่ถุงบรรจุ 3 ขวด				X
7	ใส่กล่องโหล	X	X	X	X
8	ใส่กล่อง 6 โหล		X		
9	ตรวจสอบ: ตรวจสอบความถูกต้องกล่องและจัดวางบนพาเลท	X	X	X	X
	จำนวนขั้นตอนรวม	6	7	8	7

3.1.3 การวัด บันทึก และคำนวณหาเวลามาตรฐาน

ในการวัดเวลาและบันทึกข้อมูลเวลา มีอุปกรณ์ดังนี้

- เครื่องมือจับเวลา เป็นนาฬิกาดิจิตอล CASIO รุ่น HS-30W
- แบบฟอร์มบันทึกและวิเคราะห์เวลา ดังแสดงในภาคผนวก ค. ตารางที่ ค.1

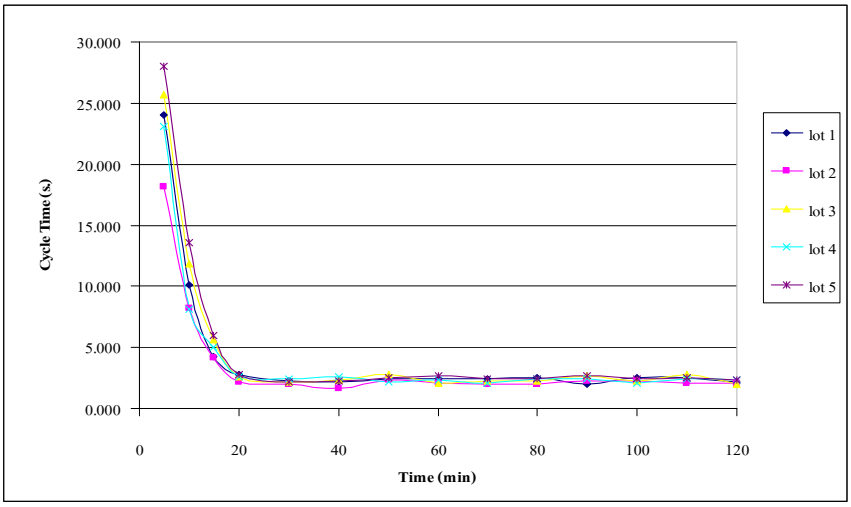
ในส่วนที่ศึกษานั้นเป็นส่วนที่ใช้แรงงานคนในการผลิต เพื่อให้ได้อัตราผลผลิตที่ต้องการ ตามธรรมชาติการทำงานของคนงานจะมีการเรียนรู้ ทำให้เวลาที่ใช้ในการผลิตลดลงเมื่อจำนวนที่ผลิตเพิ่มขึ้น และคงตัวในที่สุด นั่นคือเมื่อแรกเริ่มเปิดสายการผลิต คนงานจะใช้เวลาช่วงแรกในการปรับตัว อัตราการทำงานไม่แน่นอน ดังนั้นการเก็บข้อมูลด้านเวลาจะใช้เวลาเมื่อรอบเวลาการผลิตเข้าสู่สภาวะคงตัวแล้วโดยพิจารณาจากเส้นการเรียนรู้ของคนงานบนสายการผลิต การทดลองเก็บตัวอย่างข้อมูลการเรียนรู้ของคนงานในการบรรจุน้ำมันเซ็ทผม A ขาว 350 ml. เมื่อใช้คนงานจำนวน 8 คน ด้วยวิธีการทำงานแบบแบ่งสถานีงาน โดยเก็บข้อมูลจำนวนขวดที่ผลิตได้เมื่อ

เวลาทุก 5 นาทีจนครบ 20 นาที และทุก 10 นาทีจนครบ 2 ชั่วโมง คำนวณหารอบเวลาการผลิต แสดงดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการผลิตเพื่อหาเส้นการเรียนรู้สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 คนงาน 8 คน

	รุ่นที่ 1		รุ่นที่ 2		รุ่นที่ 3		รุ่นที่ 4		รุ่นที่ 5		เฉลี่ย	
เวลา (นาที)	จำนวนขวดผลิตภัณฑ์สำเร็จ (ชิ้น)	รอบเวลาการผลิต (วินาที)	จำนวนขวดผลิตภัณฑ์สำเร็จ (ชิ้น)	รอบเวลาการผลิต (วินาที)	จำนวนขวดผลิตภัณฑ์สำเร็จ (ชิ้น)	รอบเวลาการผลิต (วินาที)	จำนวนขวดผลิตภัณฑ์สำเร็จ (ชิ้น)	รอบเวลาการผลิต (วินาที)	จำนวนขวดผลิตภัณฑ์สำเร็จ (ชิ้น)	รอบเวลาการผลิต (วินาที)	จำนวนขวดผลิตภัณฑ์สำเร็จ (ชิ้น)	รอบเวลาการผลิต (วินาที)
5	13	24.000	11	27.273	12	25.714	13	23.077	11	28.000	12	25.613
10	80	4.444	70	5.085	76	4.663	79	4.545	74	4.740	76	10.372
15	175	3.158	167	3.093	170	3.191	174	3.158	161	3.448	169	4.995
20	299	2.419	271	2.885	269	3.030	274	3.000	262	2.970	275	2.571
30	532	2.575	511	2.500	528	2.317	546	2.206	544	2.128	532	2.194
40	776	2.459	789	2.158	778	2.400	798	2.381	800	2.344	788	2.188
50	1042	2.256	1033	2.459	1042	2.273	1064	2.256	1051	2.390	1046	2.434
60	1275	2.575	1309	2.174	1279	2.532	1322	2.326	1314	2.281	1300	2.325
70	1528	2.372	1552	2.469	1533	2.362	1567	2.449	1557	2.469	1547	2.232
80	1779	2.390	1805	2.372	1802	2.230	1812	2.449	1815	2.326	1803	2.334
90	2048	2.230	2071	2.256	2061	2.317	2067	2.353	2069	2.362	2063	2.400
100	2308	2.308	2328	2.335	2319	2.326	2325	2.326	2322	2.372	2320	2.280
110	2570	2.290	2584	2.344	2578	2.317	2582	2.335	2590	2.239	2581	2.461
120	2829	2.317	2841	2.335	2831	2.372	2841	2.317	2845	2.353	2837	2.167

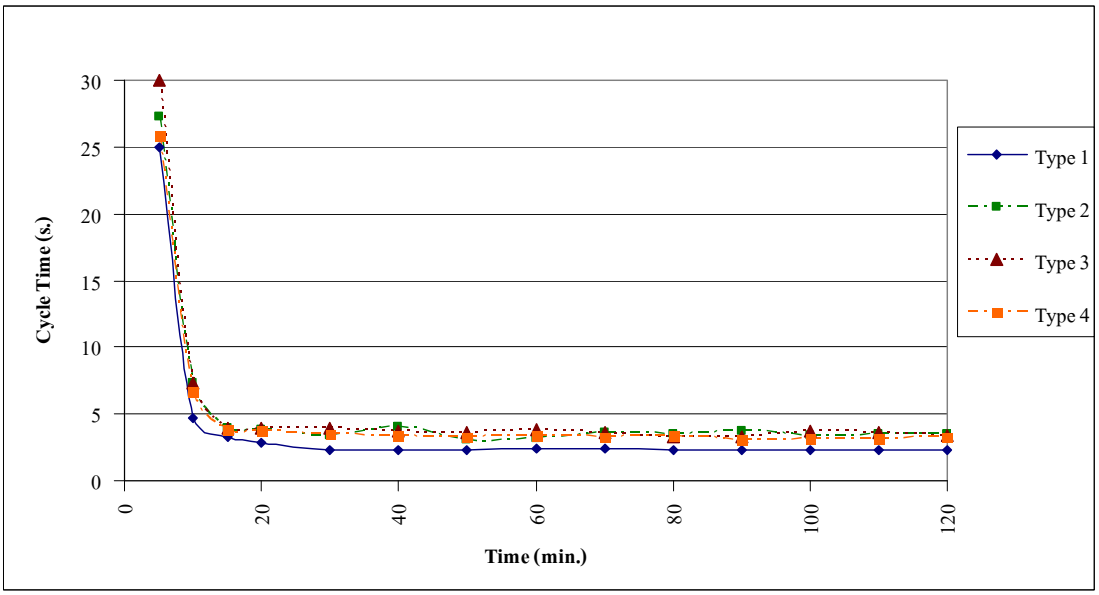
สามารถวาดกราฟความสัมพันธ์ระหว่างรอบเวลาการผลิต ณ เวลาต่าง ๆ ได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 เส้นการเรียนรู้ของคนงานในสายการบรรจุน้ำมันเซ็ทผม A ขาว 350 ml.

เมื่อเก็บข้อมูลการเรียนรู้ของคนงานในสายการบรรจุน้ำมันเซ็ทผม A ขาว 350 ml ต่อเนื่อง 5 รุ่นการบรรจุ พบว่ารอบเวลาการผลิตเข้าสู่สภาวะคงตัวเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 20 นาที หลังจากเริ่มเปิดสายการผลิต (ชิ้นงานขวดแรกถูกบรรจุโดยเครื่องบรรจุ) ดังนั้นการเก็บข้อมูลเวลาการทำงานจะเริ่มเก็บเมื่อเวลาผ่านไป 20 นาทีหลังจากเริ่มเปิดสายการผลิต

สำหรับรูปแบบผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เมื่อทำการเก็บข้อมูลการเรียนรู้ของคนงานต่อเนื่อง 5 รุ่นการบรรจุ เมื่อใช้คนงาน 8 คน โดยการทำงานแบบแบ่งสถานีงาน สามารถวาดรูปกราฟได้ใกล้เคียงกันดังรูปที่ 3.2 ดังนั้นเมื่อเริ่มเปิดสายการผลิต จะเก็บเริ่มเก็บข้อมูลเวลาการทำงานเมื่อเวลาผ่านไป 20 นาทีใน 4 รูปแบบผลิตภัณฑ์



รูปที่ 3.2 เส้นการเรียนรู้ของคนงานในสายการบรรจุทั้ง 4 รูปแบบบรรจุภัณฑ์

การเก็บข้อมูลเวลาการทำงานเมื่อเข้าสู่สมดุลแล้ว ใช้การบันทึกเวลาแบบสะสมซึ่งช่วยลดโอกาสผิดพลาดเนื่องจากงานย่อยเหล่านี้ใช้เวลาทำงานสั้น ๆ ทำการเก็บข้อมูลขนาดตัวอย่างขั้นแรก 5 ข้อมูลในรุ่นที่กำหนดไว้ โดยเก็บเป็นจำนวนขวดที่สามารถผลิตได้ในระยะเวลาที่กำหนดไว้ลงในแบบฟอร์มการเก็บเวลา สรุปเวลาเฉลี่ยต่อขวดในแต่ละขั้นตอนสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 ได้ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 สรุปเวลาเฉลี่ยต่อขวดในแต่ละขั้นตอนสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์แบบที่ 1

สถานีงาน	รายละเอียดของงาน	หน่วยวัด (ขวดหรือกล่อง)	เวลาเฉลี่ยต่อขวดต่อคน (วินาที)					
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ค่าเฉลี่ย
1	เก็บจากสายพาน + ทำความสะอาดใต้ขวด	53	0.85	0.76	0.68	0.98	0.95	0.84
2	ใส่ฟิล์ม (Shrink)	230	8.52	7.58	7.50	8.02	8.21	7.97
3	ปล่อยผ่านเครื่องอบฟิล์ม	90	0.60	0.85	0.68	0.72	0.75	0.72
4	เก็บท้ายเครื่อง	120	1.67	2.07	1.85	2.00	2.18	1.95
5	ใส่กล่องโหล + ติดเทปกาว	1 กล่อง	1.92	1.75	2.25	2.00	2.17	2.02
6	ตรวจสอบความถูกต้องกล่อง + จัดวางบนพาเลท	1 กล่อง	1.17	1.33	1.33	1.08	1.25	1.23

จากตารางที่ 3.5 พบว่าสถานีงานที่ 2 ใส่ film shrink เป็นสถานีคอขวด ใช้เวลาการผลิตสูงสุดคือ 7.01 วินาที คำนวณหาขนาดตัวอย่างที่ต้องเก็บข้อมูลเพื่อหาเวลามาตรฐานที่จะสร้างความเชื่อมั่นในระดับ 95 เปอร์เซ็นต์ ระดับความผิดพลาด 5 เปอร์เซนต์โดยประมาณการจากการใช้ค่าพิสัยของขนาดตัวอย่างขั้นแรก 5 ตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 การคำนวณจำนวนตัวอย่างที่เหมาะสมโดยการใช้ค่าพิสัย

สถานีงาน	รายละเอียดของงาน	H-L/H+L	จำนวนตัวอย่างที่เหมาะสม
1	เก็บจากสายพาน + ทำความสะอาดใต้ขวด	0.18	40
2	ใส่ฟิล์ม (Shrink)	0.06	3
3	ปล่อยผ่านเครื่องอบฟิล์ม	0.17	35
4	เก็บท้ายเครื่อง	0.13	21
5	ใส่กล่องโหล + ติดเทปกาว	0.13	21
6	ตรวจสอบความถูกต้องกล่อง + จัดวางบนพาเลท	0.10	12

H: ค่าเวลามากที่สุด L: ค่าเวลาน้อยที่สุด

จากตารางที่ 3.6 พบว่าขนาดตัวอย่างที่มากที่สุดที่ต้องเก็บข้อมูลคือ 40 ข้อมูล แต่เพื่อให้ข้อมูลมีเพียงพอสำหรับการทดสอบทางสถิติ จึงเก็บข้อมูลเวลาการผลิตขนาด 50 ข้อมูลในแต่ละขั้นตอน ค่าเฉลี่ยเวลาการผลิตจากขนาดตัวอย่าง 50 ตัวอย่างถูกนำมาประเมินอัตราการทำงาน เนื่องจากในช่วงที่เข้าไปเก็บข้อมูล เป็นช่วงเวลาที่มีคำสั่งผลิตปานกลาง คนงานทำงานไม่เร่งรีบ หัวหน้างานจึงประเมินอัตราการทำงานตามระบบสเกลไว้ที่ 120% (ใช้เวลาทำงานมากกว่าเวลาปกติประมาณ 1.2 เท่า นำมาคำนวณเพื่อปรับให้เป็นเวลาปกติ) และกำหนดเวลาเผื่อ 10% สำหรับกิจส่วนตัวและความเมื่อยล้า เพื่อให้ได้เวลามาตรฐาน ดังตารางที่ 3.7 แสดงการคำนวณหาเวลามาตรฐานการทำงานในปัจจุบันของการบรรจุผลิตภัณฑ์น้ำมันเซ็ทผม A ขาว 350 ml.

ตารางที่ 3.7 เวลามาตรฐานการทำงานต่อชิ้นของการบรรจุผลิตภัณฑ์น้ำมันเซ็ทผม A ขาว 350 ml.ในปัจจุบัน

สถานีงาน	รายละเอียดของงาน	เวลาเฉลี่ยจากขนาดตัวอย่างครั้งแรก (วินาที)	เวลาเฉลี่ยจากตัวอย่าง 50 ข้อมูล (วินาที)	Rating*	Total NT	% Allowance	เวลามาตรฐาน (วินาที)
1	เก็บจากสายพาน + ทำความสะอาดใต้ขวด	0.84	0.81	120	0.68	10	0.74
2	ใส่ฟิล์ม (Shrink)	7.97	7.65	120	6.38	10	7.01
3	ปล่อยผ่านเครื่องอบฟิล์ม	0.72	0.69	120	0.58	10	0.63
4	เก็บท้ายเครื่อง	1.95	1.87	120	1.56	10	1.72
5	ใส่กล่องโหล + ติดเทปกาว	2.02	1.94	120	1.61	10	1.77
6	ตรวจสอบความถูกต้องกล่อง + จัดวางบนพาเลท	1.23	1.18	120	0.99	10	1.09

หมายเหตุ Total NT = (เวลาเฉลี่ยจากข้อมูล 50 ตัวอย่าง *100)/120

เวลามาตรฐาน = Total NT*110

Rating การประเมินอัตราการทำงานเมื่อเทียบกับเวลาปกติโดยหัวหน้างาน

ดังนั้นสรุปเวลามาตรฐานที่ใช้ในการทำงานแต่ละขั้นตอนงานย่อยสำหรับแต่ละรูปแบบผลิตภัณฑ์โดยคำนวณจากจำนวนตัวอย่าง 50 ข้อมูล แสดงดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 เวลามาตรฐานต่อ 1 ชิ้นสำหรับแต่ละขั้นตอนในแต่ละรูปแบบผลิตภัณฑ์

ขั้นตอนที่	ผลิตภัณฑ์/งานย่อย	เวลามาตรฐานของผลิตภัณฑ์แต่ละแบบ (วินาที)			
		แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4
1	หยิบงาน: เก็บจากสายพานและทำความสะอาดใต้ขวด	0.74	0.74	0.74	0.74
2	ใส่ฟิล์มขวด: ใส่ฟิล์มหด (Shrink)	**7.01**	**7.01**	**7.01**	**7.01**
3	อบฟิล์ม: ปล่อยผ่านเครื่องอบฟิล์ม	0.63	0.63	0.63	0.63
4	เก็บท้ายเครื่อง: หยิบงานออกจากรางอบ	1.72	1.72	1.72	1.72
5	ใส่ฟิล์มคู่ : ใส่ฟิล์มหดคู่ (Pack Shrink)			2.55	
6	ใส่ถุง 3 : ใส่ถุงบรรจุ 3 ขวด				0.83
7	ใส่กล่องโหล	1.77	1.77	1.77	1.55
8	ใส่กล่อง 6 โหล		0.91		
9	ตรวจสอบ: ตรวจสอบความถูกต้องกล่องและจัดวางบนพาเลท	1.09	1.09	1.09	1.09

3.1.4 รอบเวลาการผลิต (Cycle Time)

จากตารางที่ 3.8 เมื่อพิจารณาการบรรจุผลิตภัณฑ์ทุกแบบ พบว่าเกิดสถานีงานคอขวดขึ้นในสถานีงานที่ 2 รอบเวลาการผลิต 7.01 วินาที นั่นคืออัตราผลผลิต (Throughput Rate) ที่เกิดขึ้นมีเพียง 8 ขวดต่อนาที ในการผลิตผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 ปัจจุบันมีจำนวนคนงานในสถานีงานที่ 2 จำนวน 3 คน เมื่อพิจารณารอบเวลาการผลิตลดลงแบบเส้นตรง ดังนั้นรอบเวลาการผลิตเหลือ 2.34 วินาที อัตราผลผลิต 25 ขวดต่อวินาที โดยความสามารถของเครื่องบรรจุ LFM-09 และ LFM – 20 สามารถบรรจุผลิตภัณฑ์ขนาด 300-400 ml. ได้สูงสุดคือ 50 ขวดต่อนาที นับเป็นเพียง 50% ของอัตราผลผลิตสูงสุดของเครื่องจักร สำหรับการบรรจุขนาด 300-400 ml. จึงจำเป็นต้องมีการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่ตามลำดับการทำงานก่อนหลัง โดยเวลาทำงานแต่ละสถานีต้องไม่เกินรอบเวลาทำงานที่กำหนดเพื่อให้ได้อัตราผลผลิตที่ต้องการ

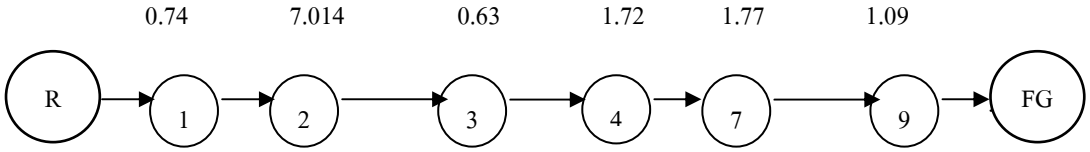
3.2 การจัดสมดุลสายการผลิต

การจัดสมดุลสายการผลิตที่ใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 3 เทคนิค คือโดยวิธีการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม โดยวิธีของ Kilbridge และ Wester และโดยวิธีบัคเกต บริเกดส์

เนื่องจากในการจัดสมดุลสายการผลิตคือการพยายามจัดให้สถานีงานต่าง ๆ มีเวลาทำงานที่เท่า ๆ กัน หรือใกล้เคียงกัน โดยทั่วไปจะพยายามรวมขั้นตอนงานเข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดความแตกต่างของเวลาที่ใช้ในแต่สถานีงานน้อยที่สุด อาจทำให้ขั้นตอนการทำงานของคนงานเปลี่ยนไป ต้องมีการฝึกสอนพนักงานก่อนการปฏิบัติงานจริง ในงานวิจัยนี้จึงนำเสนอวิธีการจัดสมดุลเริ่มจาก โดยวิธีการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม ซึ่งสามารถนำมาใช้งานได้โดยทันที เนื่องจากไม่มีการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานของคนงาน โดยวิธีของ Kilbridge และ Wester ซึ่งเหมาะสำหรับสายการผลิตอย่างง่าย ไม่ซับซ้อน และโดยบัคเกต บริเกดส์ ซึ่งเป็นวิธีการจัดสมดุลใหม่ที่ไม่มีการจัดแบ่งสถานีการทำงานที่แน่นอน เหมาะสำหรับสายการผลิตที่ไม่ต้องการทักษะการทำงานมากในแต่ละขั้นตอน ตามลำดับ

3.2.1 การจัดสมดุลสายการผลิตโดยการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม

เมื่อคำนวณหาเวลามาตรฐานในแต่ละขั้นตอนงานดังตารางที่ 3.5 แล้ว ขั้นตอนงานต่าง ๆ ถูกนำมาจัดลงสถานีงานตามลำดับก่อนหลัง ขั้นตอนและลำดับการทำงานสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 แสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนและลำดับการบรรจุผลิตภัณฑ์แบบที่ 1

สถานีงานที่	รายละเอียดของงาน	เวลามาตรฐาน
1	เก็บจากสายพาน + ทำความสะอาดใต้ขวด	= 0.74
2	ใส่ฟิล์ม (Shrink)	= 7.01
3	ปล่อยผ่านเครื่องอบฟิล์ม	= 0.64
4	เก็บท้ายเครื่อง	= 1.72
7	ใส่กล่องโหล + ติดเทปกาว	= 1.77
9	ตรวจสอบความถูกต้องกล่อง + จัดวางบนพาเลท	= 1.08

จากรูปที่ 3.3 พบว่าขั้นตอนงานที่ 2 มีเวลาทำงานต่อ 1 ชิ้นผลิตภัณฑ์สูงที่สุด เกิดคอขวดในสถานีงานที่ 2 และการรอคอยในสถานีงานถัดไป ดังนั้นการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิมเป็นวิธีอย่างง่ายที่ช่วยให้สายการผลิตมีความสมดุลขึ้น รอบเวลาการผลิตลดลง ประสิทธิภาพสูงขึ้น

สมมุติฐานในการจัดสมดุลโดยวิธีการจัดกำลังคนบนสายการผลิตดั้งเดิมคือ คนงานได้รับการฝึกสอนเพื่อให้มีเวลาการทำงานใกล้เคียงเวลามาตรฐาน และเวลามาตรฐานลดลงเป็นเส้นตรงเมื่อมีจำนวนคนงานเพิ่มขึ้น

ตัวอย่างการคำนวณกำลังคนในสายการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 เมื่อต้องการอัตราผลผลิต 80% ของอัตราผลผลิตสูงสุดของเครื่องบรรจุ หรือ 40 ชิ้นต่อนาที ดังนั้นรอบเวลาการผลิตเท่ากับ (60/40) = 1.5 วินาทีต่อชิ้น สามารถคำนวณจำนวนคนงานที่ต้องใช้ในแต่ละสถานีงานโดยการใช้ค่าเวลามาตรฐานหารด้วยรอบเวลาการผลิต และภายหลังจากการกำหนดจำนวนคนงานแล้วจึงคำนวณเวลาต่อหน่วยในแต่ละสถานีเพื่อหารอบเวลาการผลิตดังแสดงในตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 การคำนวณจำนวนคนในสายการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 เมื่อต้องการอัตราผลผลิต 80% ของอัตราผลผลิตสูงสุดของเครื่องจักร

สถานีผลิต	เวลามาตรฐานต่อหน่วย (วินาที)	มาตรฐานเวลา/รอบเวลาการผลิต	จำนวนคน	รอบเวลาการผลิต (เวลา/หน่วย/คน)
1	0.74	0.74/1.5 = 0.49	1	0.74
2	7.01	7.01/1.5 = 4.6	5	1.40
3	0.63	0.63/1.5 = 0.42	1	0.63
4	1.72	1.72/1.5 = 1.15	2	0.86
5	1.77	1.77/1.5 = 1.18	2	0.89
6	1.09	1.09/1.5 = 0.72	1	1.09
รวม			12	1.40

ดังนั้นต้องใช้คนงานทั้งสิ้น 12 คน โดยจัดคนงานในสถานีงาน 2 จำนวน 5 คน สถานี 4 และ 5 จำนวน 2 คน และสถานีงานอื่น ๆ จำนวน 1 คน เพื่อให้ได้อัตราผลผลิตเป้าหมายที่ 80% ของอัตราผลผลิตสูงสุดของเครื่องจักร (40 ชิ้นต่อนาที) และสรุปรอบเวลาการผลิตและจำนวน

คนงานในแต่ละสถานีงานเมื่อมีคนงานรวม 8-14 คน สำหรับผลิตภัณฑ์ทุกแบบ ดังตารางที่ 3.10 – 3.13

ตารางที่3.10 สรุปรอบเวลาการผลิตและรูปแบบการจัดกำลังคนงาน 8-14 คน สำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1

สถานีงาน	เวลามาตรฐาน	คนงานรวม 8 คน		คนงานรวม 9 คน		คนงานรวม 10 คน		คนงานรวม 11 คน		คนงานรวม 12 คน		คนงานรวม 13 คน		คนงานรวม 14 คน	
		จำนวนคนงานในสถานี (คน)	รอบเวลาการผลิต (เวลา/คน/หน่วย)	จำนวนคนงานในสถานี (คน)	รอบเวลาการผลิต (เวลา/คน/หน่วย)	จำนวนคนงานในสถานี (คน)	รอบเวลาการผลิต (เวลา/คน/หน่วย)	จำนวนคนงานในสถานี (คน)	รอบเวลาการผลิต (เวลา/คน/หน่วย)	จำนวนคนงานในสถานี (คน)	รอบเวลาการผลิต (เวลา/คน/หน่วย)	จำนวนคนงานในสถานี (คน)	รอบเวลาการผลิต (เวลา/คน/หน่วย)	จำนวนคนงานในสถานี (คน)	รอบเวลาการผลิต (เวลา/คน/หน่วย)
1	0.74	1	0.74	1	0.74	1	0.74	1	0.74	1	0.74	1	0.74	1	0.74
2	7.01	3	2.34	4	1.75	4	1.75	5	1.40	5	1.40	6	1.17	7	1.00
3	0.63	1	0.63	1	0.63	1	0.63	1	0.63	1	0.63	1	0.63	1	0.63
4	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	2	0.86	2	0.86	2	0.86
7	1.78	1	1.78	1	1.78	2	0.89	2	0.89	2	0.89	2	0.89	2	0.89
9	1.09	1	1.09	1	1.09	1	1.09	1	1.09	1	1.09	1	1.09	1	1.09
รวมจำนวนคนงาน /รอบเวลาการผลิต		8	2.34	9	1.78	10	1.75	11	1.72	12	1.40	13	1.17	14	1.09
% อัตราผลผลิต			51.36		67.61		68.47		69.85		85.59		100.00		100.00

ตารางที่3.11 สรุปรอบเวลาการผลิตและรูปแบบการจัดกำลังคนงาน 8-14 คน สำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 2

สถานีงาน	เวลามาตรฐาน	คนงานรวม 8 คน		คนงานรวม 9 คน		คนงานรวม 10 คน		คนงานรวม 11 คน		คนงานรวม 12 คน		คนงานรวม 13 คน		คนงานรวม 14 คน	
		จำนวนคนงานในสถานี (คน)	รอบเวลาการผลิต (เวลา/คน/หน่วย)	จำนวนคนงานในสถานี (คน)	รอบเวลาการผลิต (เวลา/คน/หน่วย)	จำนวนคนงานในสถานี (คน)	รอบเวลาการผลิต (เวลา/คน/หน่วย)	จำนวนคนงานในสถานี (คน)	รอบเวลาการผลิต (เวลา/คน/หน่วย)	จำนวนคนงานในสถานี (คน)	รอบเวลาการผลิต (เวลา/คน/หน่วย)	จำนวนคนงานในสถานี (คน)	รอบเวลาการผลิต (เวลา/คน/หน่วย)	จำนวนคนงานในสถานี (คน)	รอบเวลาการผลิต (เวลา/คน/หน่วย)
1	0.74	1	0.74	1	0.74	1	0.74	1	0.74	1	0.74	1	0.74	1	0.74
2	7.01	2	3.51	3	2.34	4	1.75	4	1.75	5	1.40	5	1.40	6	1.17
3	0.63	1	0.63	1	0.63	1	0.63	1	0.63	1	0.63	1	0.63	1	0.63
4	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	2	0.86	2	0.86
7	1.78	1	1.78	1	1.78	1	1.78	2	0.89	2	0.89	2	0.89	2	0.89
8	0.91	1	0.91	1	0.91	1	0.91	1	0.91	1	0.91	1	0.91	1	0.91
9	1.09	1	1.09	1	1.09	1	1.09	1	1.09	1	1.09	1	1.09	1	1.09
รวมจำนวนคนงาน		8	3.51	9	2.34	10	1.78	11	1.75	12	1.72	13	1.40	14	1.17
% อัตราผลผลิต			34.24		51.36		67.61		68.47		69.85		85.59		100.00

ตารางที่3.12 สรุปรอบเวลาการผลิตและรูปแบบการจัดกำลังคนงาน 8-14 คน สำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 3

สถานีงาน	เวลามาตรฐาน	คนงานรวม 8 คน		คนงานรวม 9 คน		คนงานรวม 10 คน		คนงานรวม 11 คน		คนงานรวม 12 คน		คนงานรวม 13 คน		คนงานรวม 14 คน	
		จำนวนคนงานในสถานี (คน)	รอบเวลาการผลิต (เวลา/คน/หน่วย)	จำนวนคนงานในสถานี (คน)	รอบเวลาการผลิต (เวลา/คน/หน่วย)	จำนวนคนงานในสถานี (คน)	รอบเวลาการผลิต (เวลา/คน/หน่วย)	จำนวนคนงานในสถานี (คน)	รอบเวลาการผลิต (เวลา/คน/หน่วย)	จำนวนคนงานในสถานี (คน)	รอบเวลาการผลิต (เวลา/คน/หน่วย)	จำนวนคนงานในสถานี (คน)	รอบเวลาการผลิต (เวลา/คน/หน่วย)	จำนวนคนงานในสถานี (คน)	รอบเวลาการผลิต (เวลา/คน/หน่วย)
1	0.74	1	0.74	1	0.74	1	0.74	1	0.74	1	0.74	1	0.74	1	0.74
2	7.01	2	3.51	3	2.34	3	2.34	4	1.75	4	1.75	5	1.40	5	1.40
3	0.63	1	0.63	1	0.63	1	0.63	1	0.63	1	0.63	1	0.63	1	0.63
4	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	2	0.86
5	2.55	1	2.55	1	2.55	2	1.28	2	1.28	2	1.28	2	1.28	2	1.28
7	1.78	1	1.78	1	1.78	1	1.78	1	1.78	2	0.89	2	0.89	2	0.89
9	1.09	1	1.09	1	1.09	1	1.09	1	1.09	1	1.09	1	1.09	1	1.09
รวมจำนวนคนงาน		8	3.51	9	2.55	10	2.34	11	1.78	12	1.75	13	1.72	14	1.40
% อัตราผลผลิต			34.24		47.06		51.36		67.61		68.47		69.85		85.59

ตารางที่3.13 สรุปรอบเวลาการผลิตและรูปแบบการจัดกำลังคนงาน 8-14 คน สำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 4

สถานีงาน	เวลามาตรฐาน	คนงานรวม 8 คน		คนงานรวม 9 คน		คนงานรวม 10 คน		คนงานรวม 11 คน		คนงานรวม 12 คน		คนงานรวม 13 คน		คนงานรวม 14 คน	
		จำนวนคนงานในสถานี (คน)	รอบเวลาการผลิต (เวลา/คน/หน่วย)	จำนวนคนงานในสถานี (คน)	รอบเวลาการผลิต (เวลา/คน/หน่วย)	จำนวนคนงานในสถานี (คน)	รอบเวลาการผลิต (เวลา/คน/หน่วย)	จำนวนคนงานในสถานี (คน)	รอบเวลาการผลิต (เวลา/คน/หน่วย)	จำนวนคนงานในสถานี (คน)	รอบเวลาการผลิต (เวลา/คน/หน่วย)	จำนวนคนงานในสถานี (คน)	รอบเวลาการผลิต (เวลา/คน/หน่วย)	จำนวนคนงานในสถานี (คน)	รอบเวลาการผลิต (เวลา/คน/หน่วย)
1	0.74	1	0.74	1	0.74	1	0.74	1	0.74	1	0.74	1	0.74	1	0.74
2	7.01	2	3.51	3	2.34	4	1.75	4	1.75	5	1.40	5	1.40	6	1.17
3	0.63	1	0.63	1	0.63	1	0.63	1	0.63	1	0.63	1	0.63	1	0.63
4	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	1	1.72	2	0.86	2	0.86
6	0.83	1	0.83	1	0.83	1	0.83	1	0.83	1	0.83	1	0.83	1	0.83
7	1.78	1	1.78	1	1.78	1	1.78	2	0.89	2	0.89	2	0.89	2	0.89
9	1.09	1	1.09	1	1.09	1	1.09	1	1.09	1	1.09	1	1.09	1	1.09
รวมจำนวนคนงาน		8	3.51	9	2.34	10	1.78	11	1.75	12	1.72	13	1.40	14	1.17
% อัตราผลผลิต			34.24		51.36		67.61		68.47		69.85		85.59		100.00

จากตารางที่ 3.10 – 3.13 สามารถสรุปรอบเวลาการผลิต และเปอร์เซนต์ของอัตราผลผลิตสูงสุดทางทฤษฎีสำหรับผลิตภัณฑ์ทุกแบบ เมื่อมีคนงานจำนวน 8 – 14 คนได้ดังตารางที่ 3.14

ตารางที่ 3.14 สรุปรอบเวลาการผลิตและเปอร์เซนต์ของอัตราผลผลิตสูงสุดทางทฤษฎีเมื่อจัดกำลังคนงานจำนวน 8 -14 คนในสายการผลิตดั้งเดิมสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 – 4

จำนวนคนงาน	แบบที่ 1		แบบที่ 2		แบบที่ 3		แบบที่ 4	
	รอบเวลาการผลิต	%อัตราผลผลิตสูงสุด	รอบเวลาการผลิต	%อัตราผลผลิตสูงสุด	รอบเวลาการผลิต	%อัตราผลผลิตสูงสุด	รอบเวลาการผลิต	%อัตราผลผลิตสูงสุด
8	2.34	51.35	3.51	34.24	3.51	34.24	3.51	34.24
9	1.78	67.42	2.34	51.35	2.55	47.06	2.34	51.35
10	1.75	68.57	1.78	67.42	2.34	51.35	1.75	68.49
11	1.72	69.85	1.75	68.49	1.78	67.42	1.72	69.85
12	1.40	85.59	1.72	69.85	1.75	68.49	1.55	77.27
13	1.17	100.00	1.40	85.59	1.72	69.85	1.40	85.59
14	1.09	100.00	1.17	100.00	1.40	85.59	1.17	100.00

จากตารางที่ 3.14 เมื่อพิจารณาทางทฤษฎีสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 เมื่อใช้คนงานจำนวน 9-11 คน อัตราผลผลิตเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับใช้คนงาน 12 คน และหากใช้คนงานจำนวน 13 และ 14 คน จะสามารถทำงานได้เท่ากับอัตราผลผลิตสูงสุดของเครื่องจักร สรุปรอบเวลาการผลิตและ % อัตราผลผลิตสูงของการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละแบบเมื่อมีคนงานจำนวน 8 – 14 คนได้ดังตารางที่ 3.8พบว่าหากใช้คนงานจำนวน 13 คนสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 2 และ 4 อัตราผลผลิตที่ได้คิดเป็น 85% ของอัตราผลผลิตสูงสุดของเครื่องบรรจุ และ 70% ของอัตราผลผลิตสูงสุดของเครื่องบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 3 หากใช้จำนวนสูงสุดของคนงานคือ 14 คน ทุกผลิตภัณฑ์ถูกผลิตได้ในอัตราสูงสุดของเครื่องจักร ยกเว้นผลิตภัณฑ์แบบที่ 3 ซึ่งได้เพียง 85%

เมื่อทำการทดลองปฏิบัติงานจริง เก็บผลการทดสองใน 5 รุ่นทดลอง สำหรับผลิตภัณฑ์ทุกแบบได้อัตราผลผลิตเฉลี่ย แสดงดังตารางที่ 3.15

ตารางที่ 3.15 สรุปอัตราผลผลิตที่เกิดขึ้นจริงเมื่อจัดกำลังคนงาน 8 -14 คนในสายการผลิตดั้งเดิมสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 – 4

	ผลิตภัณฑ์แบบที่ 1			ผลิตภัณฑ์แบบที่ 2			ผลิตภัณฑ์แบบที่ 3			ผลิตภัณฑ์แบบที่ 4		
จำนวนคนงาน	ผลผลิตในชั่วโมงที่ 1 (ชิ้นต่อชั่วโมง)	ผลผลิตในชั่วโมงที่ 2 (ชิ้นต่อชั่วโมง)	%อัตราผลผลิตสูงสุด	ผลผลิตในชั่วโมงที่ 1 (ชิ้นต่อชั่วโมง)	ผลผลิตในชั่วโมงที่ 2 (ชิ้นต่อชั่วโมง)	%อัตราผลผลิตสูงสุด	ผลผลิตในชั่วโมงที่ 1 (ชิ้นต่อชั่วโมง)	ผลผลิตในชั่วโมงที่ 2 (ชิ้นต่อชั่วโมง)	%อัตราผลผลิตสูงสุด	ผลผลิตในชั่วโมงที่ 1 (ชิ้นต่อชั่วโมง)	ผลผลิตในชั่วโมงที่ 2 (ชิ้นต่อชั่วโมง)	%อัตราผลผลิตสูงสุด
8	1300	1537	47.29	923	1024	32.45	843	1038	31.36	925	1121	34.11
9	1687	1941	60.47	1372	1614	49.77	1158	1366	42.07	1261	1493	45.90
10	1915	2194	68.48	1692	1897	59.82	1298	1524	47.03	1685	1992	61.28
11	1916	2255	69.52	1718	1978	61.60	1857	2066	65.37	1703	2008	61.84
12	2221	2692	81.89	1841	2148	66.49	1812	2115	65.44	2072	2458	75.50
13	2573	2958	92.18	2210	2392	76.69	1859	2318	69.63	2310	2767	84.61
14	2696	3206	98.37	2692	3201	98.21	2085	2462	75.79	2680	3179	97.66
อัตราผลผลิตเฉลี่ย 2 ชั่วโมงแรก (ชิ้น)	2044	2398		1778	2036		1559	1841		1805	2145	
% อัตราผลผลิตแตกต่างชม.ที่ 1 และ 2	14.74			12.67			15.32			15.86		

จากตารางที่ 3.15 เมื่อทำการเก็บข้อมูลจริงพบว่าอัตราผลผลิตที่ได้เมื่อในชั่วโมงแรกมีจำนวนน้อยกว่าในชั่วโมงที่ 2 สำหรับทุกผลิตภัณฑ์ เฉลี่ยประมาณ 14.6% และเมื่อพิจารณาอัตราเฉลี่ยทั้ง 2 ชั่วโมงแล้ว พบว่า อัตราผลผลิตเฉลี่ยลดลงจากทางทฤษฎีประมาณ 5-8 % สำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 -4

นอกจากนี้พบว่าการจัดสมดุลโดยวิธีการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิมไม่สามารถทำให้เวลาการผลิตในแต่ละสถานีใกล้เคียงกันนัก ทำให้ประสิทธิภาพสายการผลิตยังไม่ดีพอ การพิจารณาเพิ่มคนเป็นทางเลือกที่เพิ่มต้นทุน และไม่คุ้มค่า จึงจัดสมดุลสายการผลิตใหม่โดยวิธีการของ Kilbridge และ Wester ซึ่งเป็นฮิวริสติกที่ให้ผลลัพธ์ที่ดี เหมาะในการจัดสมดุลสายการผลิตที่มีจำนวนงานไม่มากนัก

3.2.2 การจัดสมดุลสายการผลิตโดยวิธีของ Kilbridge และ Wester

ตามหลักการของวิธีการนี้คือ การพยายามรวมขั้นตอนงานต่าง ๆ เข้าเป็นสถานีงานหนึ่ง ให้มีเวลาใกล้รอบเวลาการผลิตมากที่สุด โดยเลือกขั้นตอนงานที่ไม่มีงานอยู่ก่อนหน้า และพยายามไม่ให้ขัดกับลำดับของขั้นตอนงาน ดังนั้นงานถูกจัดให้สถานีงานต่าง ๆ สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 ดังนี้

สถานีงานที่	รายละเอียดของงาน	เวลามาตรฐาน
1	เก็บจากสายพาน ทำความสะอาดใต้ขวด และใส่ฟิล์มหด	=0.74+ 7.01 = 7.75
2	ปล่อยผ่านเครื่องอบฟิล์ม	= 0.64
3	เก็บท้ายเครื่อง ใส่กล่องโหล และ ติดเทปกาว	=1.72+1.77 = 3.49
4	ตรวจสอบความถูกต้องกล่อง + จัดวางบนพาเลท	= 1.08

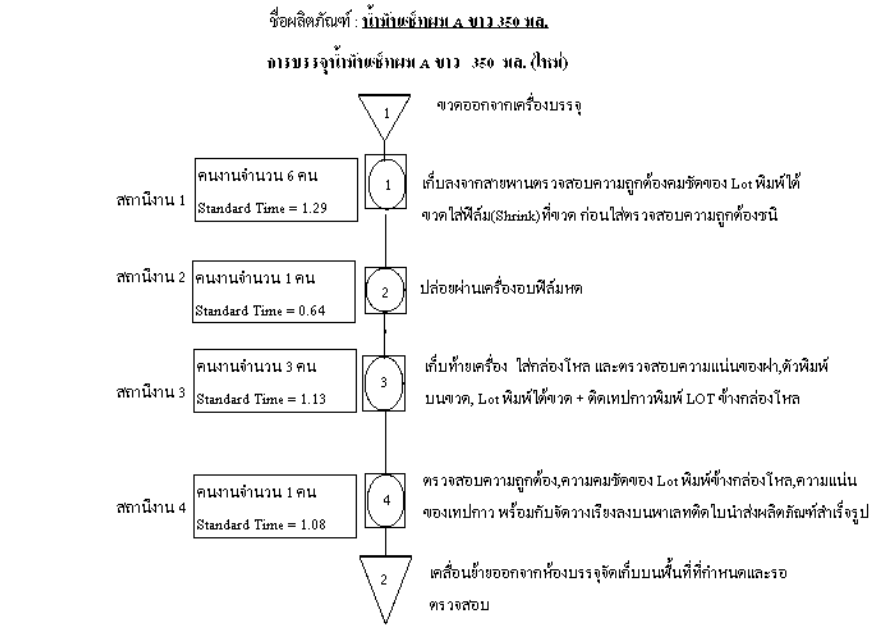
- สถานีงานที่ 1 รวมงานขั้นตอนงานที่ 1 และ 2 ทำให้เวลาของสถานีงานเท่ากับ 7.75 แต่เมื่อจัดคนงานจำนวน 6 คน ทำให้เวลามาตรฐานของสถานีงานนี้เท่ากับ 1.29

- สถานีงานที่ 2 ไม่สามารถรวมกับขั้นตอนงานใดได้เนื่องจากมีระยะห่างจากสถานีงานอื่นพอสมควร เวลาของสถานีงานเท่ากับ 0.64

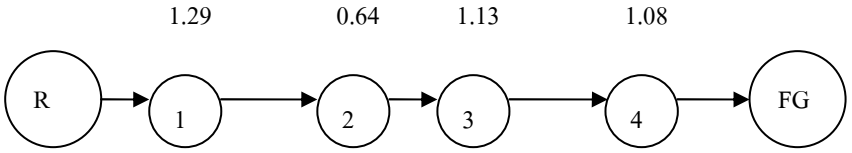
- สถานีงานที่ 3 รวมงานขั้นตอนงานที่ 4 และ 7 ทำให้เวลาของสถานีงานเท่ากับ 3.49 แต่เมื่อจัดคนงานจำนวน 3 คน ทำให้เวลามาตรฐานของสถานีงานนี้เท่ากับ 1.13

- สถานีงานที่ 4 ไม่สามารถรวมกับขั้นตอนงานใดได้เนื่องจากมีระยะห่างจากสถานีงานอื่นพอสมควร เวลาของสถานีงานเท่ากับ 1.08

สรุปขั้นตอนและลำดับการทำงานสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 หลังจัดสมดุลด้วยวิธีของ Kilbridge และ Wester แสดงดังรูปที่ 3.4 และ 3.5



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการบรรจุผลิตภัณฑ์น้ำมันเซ็ทผม A ขาว 350 ml. (ใหม่)



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนและลำดับการทำงานสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 หลังจัดสมดุลด้วยวิธีของ Kilbridge และ Wester

เมื่อจัดสมดุลแล้วสามารถคำนวณกำลังคนในสายการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 โดยมีสมมุติฐานในการจัดสมดุลคือ คนงานได้รับการฝึกสอนเพื่อให้มีเวลาการทำงานใกล้เคียงเวลามาตรฐาน และเวลามาตรฐานลดลงเป็นเส้นตรงเมื่อมีจำนวนคนงานเพิ่มขึ้น ดังนั้นหากต้องการอัตราผลผลิต 80% ของอัตราผลผลิตสูงสุดของเครื่องบรรจุ (40 ชิ้นต่อนาที) คำนวณการจัดกำลังคนดังแสดงในตารางที่ 3.16

ตารางที่ 3.16 การคำนวณจำนวนคนในสายการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 เมื่อต้องการอัตราผลผลิต 80% ของอัตราผลผลิตสูงสุด โดยวิธีของ Kilbridge และ Wester

สถานีผลิต	เวลามาตรฐานต่อหน่วย (วินาที)	มาตรฐานเวลา/รอบเวลาการผลิต	จำนวนคน	เวลา/หน่วย/คน
1	7.75	7.75/1.5 = 5.17	6	1.29
2	0.64	0.65/1.5 = 0.43	1	0.64
3	3.49	3.49/1.5 = 2.26	3	1.13
4	1.08	1.082/1.5 = 0.72	1	1.08
รวม			**11**	**1.29**

ดังนั้นสามารถแบ่งสถานีงานได้ 4 สถานี ดังแสดงในตารางที่ 3.16 และมีประสิทธิภาพสายการผลิต เท่ากับ 80% อัตราผลผลิตสูงสุดเมื่อใช้คนงานจำนวน 11 คน โดยมีรอบเวลาการผลิตใหม่เป็น 1.29 วินาที

ตารางที่ 3.17 สรุปรอบเวลาการผลิตและเปอร์เซนต์ของอัตราผลผลิตสูงสุดทางทฤษฎีเมื่อมีคนงานจำนวน 8 -14 คนสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 – 4 หลังการจัดสมดุลด้วยวิธีของ Kilbridge และ Wester

จำนวนคนงาน	แบบที่ 1		แบบที่ 2		แบบที่ 3		แบบที่ 4	
	รอบเวลาการผลิต	%อัตราผลผลิตสูงสุด	รอบเวลาการผลิต	%อัตราผลผลิตสูงสุด	รอบเวลาการผลิต	%อัตราผลผลิตสูงสุด	รอบเวลาการผลิต	%อัตราผลผลิตสูงสุด
8	1.94	61.92	2.20	54.55	2.58	46.44	2.05	58.48
9	1.75	68.73	1.94	61.92	2.55	47.06	1.94	61.92
10	1.55	77.42	1.55	77.42	1.94	61.92	1.55	77.42
11	1.29	92.88	1.47	81.63	1.75	68.69	1.37	87.72
12	1.16	100.00	1.29	93.02	1.55	77.37	1.29	92.88
13	1.11	100.00	1.11	100.00	1.29	92.88	1.11	100.00
14	1.09	100.00	1.10	100.00	1.28	94.12	1.09	100.00

สรุปรอบเวลาการผลิตและเปอร์เซนต์ของอัตราผลผลิตสูงสุดของการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละแบบเมื่อมีคนงานจำนวน 8 – 14 คนหลังการจัดสมดุลด้วยวิธีของ Kilbridge และ Wester ได้ดังตารางที่ 3.17 พบว่าหากใช้จำนวนคนงานตั้งแต่ 13 คนขึ้นไปสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่

1 2 และ 4 อัตราผลผลิตที่ได้คิดเป็น 100% ของอัตราผลผลิตสูงสุดของเครื่องบรรจุ และ 92.88% และ 94.12% ของอัตราผลผลิตสูงสุดของเครื่องบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 3 ตามลำดับ ซึ่งอัตราผลผลิตที่ได้สูงขึ้นจากวิธีการจัดกำลังคนในสายการผลิตประมาณ 15%

เมื่อทำการเก็บผลการทดลองจริง ใน 5 รุ่นทดลอง สำหรับผลิตภัณฑ์ทุกแบบได้อัตราผลผลิตเฉลี่ย แสดงดังตารางที่ 3.18

ตารางที่ 3.18 สรุปอัตราผลผลิตที่เกิดขึ้นจริงเมื่อจัดคนงาน 8 -14 คนในสายการผลิตที่ถูกจัดสมดุลโดยวิธีของ Kilbridge และ Wester สำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 – 4

	ผลิตภัณฑ์แบบที่ 1			ผลิตภัณฑ์แบบที่ 2			ผลิตภัณฑ์แบบที่ 3			ผลิตภัณฑ์แบบที่ 4		
จำนวนคนงาน	อัตราผลผลิตในชั่วโมงที่ 1 (ชิ้นต่อชั่วโมง)	อัตราผลผลิตในชั่วโมงที่ 2 (ชิ้นต่อชั่วโมง)	%อัตราผลผลิตสูงสุด	อัตราผลผลิตในชั่วโมงที่ 1 (ชิ้นต่อชั่วโมง)	อัตราผลผลิตในชั่วโมงที่ 2 (ชิ้นต่อชั่วโมง)	%อัตราผลผลิตสูงสุด	อัตราผลผลิตในชั่วโมงที่ 1 (ชิ้นต่อชั่วโมง)	อัตราผลผลิตในชั่วโมงที่ 2 (ชิ้นต่อชั่วโมง)	%อัตราผลผลิตสูงสุด	อัตราผลผลิตในชั่วโมงที่ 1 (ชิ้นต่อชั่วโมง)	อัตราผลผลิตในชั่วโมงที่ 2 (ชิ้นต่อชั่วโมง)	%อัตราผลผลิตสูงสุด
8	1576	1862	57.30	1384	1705	51.48	1177	1449	43.77	1476	1790	54.44
9	1769	1960	62.15	1661	1954	60.26	1289	1520	46.82	1559	1802	56.01
10	2030	2400	73.84	1896	2244	68.99	1536	1802	55.63	1965	2323	71.46
11	2556	3008	92.73	2052	2361	73.56	1870	2080	65.83	2153	2538	78.18
12	2555	3096	94.18	2376	2782	85.96	2053	2395	74.12	2391	2881	87.87
13	2774	3127	98.35	2797	3028	97.08	2237	2790	83.78	2589	3256	97.41
14	2720	3211	98.84	2721	3271	99.87	2399	2802	86.69	2589	3393	99.69
อัตราผลผลิตเฉลี่ย 2 ชั่วโมงแรก (ชิ้น)	2283	2666		2127	2478		1794	2120		2103	2569	
% อัตราผลผลิตแตกต่างชม.ที่ 1 และ 2	14.38			14.16			15.36			18.14		

จากตารางที่ 3.18 เมื่อทำการเก็บข้อมูลจริงพบว่าอัตราผลผลิตที่ได้เมื่อในชั่วโมงแรกมีจำนวนน้อยกว่าในชั่วโมงที่ 2 ประมาณ 15% และเมื่อพิจารณาอัตราเฉลี่ยทั้ง 2 ชั่วโมงแล้วพบว่า อัตราผลผลิตเฉลี่ยลดลงจากทางทฤษฎีประมาณ 4-6%

แต่เนื่องจากวิธีการจัดสมดุลนี้ต้องอาศัยหัวหน้างานที่มีความชำนาญในการจัดสรรคนงาน ฝึกสอนคนงาน และหากมีคนงานใหม่เข้ามา สมดุลอาจจะเปลี่ยนไป ดังนั้นหัวหน้าจึงต้องคอยสังเกต และปรับแต่งสายการผลิตเพื่อให้เข้าสู่สมดุลอยู่เสมอ ดังนั้นเทคนิคการจัดสมดุลบัคเกตบริเกดส์จึงถูกนำเสนอเพื่อลดปัญหาเหล่านี้

3.2.3 การจัดสมดุลโดยบัคเกต บริเกดส์

เนื่องจากเป็นเทคนิคการทำงานใหม่ จึงต้องมีการวางแผนเตรียมการก่อนนำไปใช้ปฏิบัติจริง โดยมีขั้นตอนการเตรียมงานดังนี้

3.2.3.1 นำเสนอเทคนิคนี้ในด้านรูปแบบหลักการ ข้อดี และข้อเสียต่อฝ่ายจัดการและบริหาร เพื่อขอการอนุมัติทำการทดลองผลิต

รูปแบบหลักการ

เป็นการจัดสายการผลิตระบบดึงโดยการเรียงลำดับพนักงานตามความเร็วการทำงาน พนักงานทุกคนสามารถทำงานได้ในทุกสถานีงาน โดยคนงานที่ทำงานเร็วที่สุดจะเป็นผู้เริ่มทำงานก่อน ทำงานจนครบทุกขั้นตอนได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป หลังจากนั้นจึงเดินกลับลงไปทันทีเพื่อทำงานของพนักงานผู้ที่อยู่ก่อนตนเอง ซึ่งมีความเร็วการทำงานน้อยกว่าตนเองทำงานชิ้นนั้นต่อไปจนเสร็จหรือจนกว่าจะมีคนงานอื่นเดินย้อนกลับมารับชิ้นงานต่อไป ส่วนผู้ที่มีความเร็วการทำงานน้อยที่สุดเมื่อมีผู้มาทำงานที่ตนเองทำค้างไว้แล้ว ก็จะย้อนกลับไปรับงานจากคนงานที่อยู่ก่อนตนเองหรือเริ่มงานชิ้นใหม่ต่อไป

ข้อดี ของเทคนิคนี้ คือ

- เป็นการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยตนเอง ไม่ต้องเสียเวลาในการคำนวณหาเวลามาตรฐาน และจัดสมดุลซึ่งต้องใช้ผู้มีความรู้ ความชำนาญในการจัดทำ
- ทำให้อัตราผลผลิตสูงขึ้น
- ไม่มีวัสดุรอการผลิต (work-in-process)
- มีความยืดหยุ่นสูง อัตราผลผลิตคงเดิมถึงแม้สายการผลิตจะมีคนงานเปลี่ยนแปลงเข้าออกบ่อย
- สามารถลดจำนวนสถานีงาน และจำนวนคนงานลงได้

ข้อเสียของเทคนิคนี้ คือ

- คนงานต้องสามารถทำงานในทุกขั้นตอนได้ ดังนั้นต้องมีการเตรียมการเพื่อฝึกฝนคนงานให้เรียนรู้งานในทุกขั้นตอน (Cross Training)

- ความแม่นยำในการจัดลำดับความเร็วของพนักงานซึ่งเป็นหัวใจหลักในการประยุกต์ Bucket Brigades เป็นเรื่องยุ่งยาก ละเอียดอ่อน เนื่องจากลำดับของพนักงานส่งผลต่ออัตราผลผลิตได้

- วิธีการนี้พนักงานมีการทำงานและเดินทางโดยตลอด อาจทำให้เกิดความล้าในการทำงาน อีกทั้งความกระตือรือร้นในการคงความเร็วในการทำงานลดลง จึงอาจต้องมีการจูงใจพนักงานเพื่อให้พนักงานร่วมมือทำงานกันเป็นทีม

3.2.3.2 เตรียมความพร้อมกับหัวหน้างานและหัวหน้าหน่วยที่เกี่ยวข้องภายหลังได้รับการอนุมัติ

โดยการคัดเลือกรุ่นจำนวน 10 รุ่นเพื่อทำการทดลองคือ รุ่นการผลิตน้ำมันเซ็ทผม A ขาว 350 ml. เป็นตัวแทนผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 จำนวน 5 รุ่นทดลอง เนื่องจากมีขั้นตอนและลำดับการทำงานน้อยที่สุดไม่ซับซ้อน และเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณการสั่งผลิตมาก และ รุ่นการผลิตโลชั่นบำรุงผม A มอยส์เจอร์ไรเซอร์ (พิเศษ) 330 ml. เป็นตัวแทนผลิตภัณฑ์แบบที่ 3 จำนวน 5 รุ่นทดลอง เนื่องจากมีขั้นตอนและลำดับการทำงานมากยุ่งยากที่สุด

ทำการฝึกสอนและอบรมคนงานในสายการผลิตเพื่อความเข้าใจในหลักการและขั้นตอนงานในทุกขั้นตอน รวมถึงคัดเลือกคนงานเพื่อแบ่งกลุ่ม คนงานทำงานเร็ว ทำงานปานกลาง และทำงานช้า จากเวลารวมการทำงานตามขั้นตอนทั้งหมดโดยแต่ละกลุ่มมีความเร็วเฉลี่ยต่างกันราว 3%

3.2.3.3 เก็บข้อมูลการทดลองในผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่คัดเลือกไว้ โดยเก็บข้อมูลจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ได้ในชั่วโมงแรกและชั่วโมงที่ 2 จากจำนวนรุ่นตัวอย่าง 5 รุ่น ของตัวแทนผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 และ 3 ได้ค่าเฉลี่ยดังแสดงในตารางที่ 3.19

ตารางที่ 3.19 สรุปอัตราผลผลิตที่เกิดขึ้นจริงเมื่อจัดคนงาน 8 -14 คนในสายการผลิตที่ถูกจัดสมดุลโดยวิธีบัคเกต บริเกดส์สำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 และ 3

จำนวนคนงาน	ผลิตภัณฑ์แบบที่ 1			ผลิตภัณฑ์แบบที่ 3		
	อัตราผลผลิตในชั่วโมงที่ 1 (ชิ้นต่อชั่วโมง)	อัตราผลผลิตในชั่วโมงที่ 2 (ชิ้นต่อชั่วโมง)	%อัตราผลผลิตสูงสุด	อัตราผลผลิตในชั่วโมงที่ 1 (ชิ้นต่อชั่วโมง)	อัตราผลผลิตในชั่วโมงที่ 2 (ชิ้นต่อชั่วโมง)	%อัตราผลผลิตสูงสุด
8	1875	2326	70.01	1596	1966	59.37
9	1928	2605	75.55	1863	2197	67.67
10	2749	2931	94.67	2049	2405	74.23
11	2934	3214	100.00	2364	2630	83.24
12	2852	3499	100.00	2445	2853	88.30
13	3397	3791	100.00	2489	3061	92.49
14	2906	4064	100.00	2809	3282	100.00
อัตราผลผลิตเฉลี่ย 2 ชั่วโมงแรก (ชิ้น)	2663	3204		2231	2628	
% อัตราผลผลิตแตกต่างชม.ที่ 1 และ 2	16.90			15.10		

จากตารางที่3.19 พบว่าที่จำนวนคนงาน 11 คนสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้เต็ม 100% ของอัตราผลผลิตสูงสุดที่เครื่องบรรจุสามารถผลิตได้สำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 และใช้คนงานจำนวน 14 คนสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 3 นอกจากนี้อัตราผลผลิตในชั่วโมงแรกน้อยกว่าในชั่วโมงที่ 2 ประมาณ 16% เนื่องจากวิธีการนี้พนักงานต้องมีการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงาน ทำให้พนักงานยังไม่คุ้นเคย จึงทำให้อัตราผลผลิตในชั่วโมงแรกน้อยกว่าในชั่วโมงที่ 2 มากกว่า 2 วิธีข้างต้น

3.2.3.4 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง นำเสนอต่อฝ่ายบริหาร

สายการผลิตที่ถูกจัดสมดุลโดยบัคเกต บริเกดส์ให้อัตราผลผลิตสูงสุดเมื่อเทียบกับวิธีการจัดกำลังคน และวิธีของ Kilbridge และ Wester โดยเปอร์เซนต์ความแตกต่างจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อจำนวนคนงานเพิ่มขึ้น ดังแสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซนต์อัตราผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากการทดลองจริงด้วยวิธีการจัดสมดุลทั้ง 3 วิธี สำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 และ 3 ในตารางที่ 3.20

ตารางที่ 3.20 เปรียบเทียบเปอร์เซนต์อัตราผลผลิตที่เพิ่มขึ้นด้วยวิธีการจัดสมดุลทั้ง 3 วิธี สำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 และ 3 เมื่อมีคนงานจำนวน 8-14 คน

	แบบที่ 1		แบบที่ 2	แบบที่ 3		แบบที่ 4	ค่าเฉลี่ย	
จำนวนคนงาน	จัดกำลังคน - Kilbridge (%)	จัดกำลังคน - Bucket (%)	จัดกำลังคน - Kilbridge (%)	จัดกำลังคน - Kilbridge (%)	จัดกำลังคน - Bucket (%)	จัดกำลังคน - Kilbridge (%)	จัดกำลังคน - Kilbridge (%)	จัดกำลังคน - Bucket (%)
8	17.30	32.55	40.75	22.71	43.02	37.35	29.53	37.79
9	2.70	19.95	17.40	10.15	37.83	18.06	12.08	28.89
10	7.25	27.67	13.29	15.46	36.64	14.24	12.56	32.16
11	25.04	30.48	16.26	0.69	21.46	20.91	15.72	25.97
12	13.05	18.11	22.65	11.71	25.88	14.09	15.37	22.00
13	6.28	7.82	21.00	16.90	24.26	13.14	14.33	16.04
14	0.48	1.63	1.66	12.57	24.21	2.04	4.19	12.92
เฉลี่ย (%)	10.30	19.74	19.00	12.88	30.47	17.12	14.83	25.11

จากตารางที่ 3.20 พบว่า ที่คนงานจำนวนน้อยที่สุดคือ 8 คน สำหรับผลิตภัณฑ์แบบ1 และ 3 วิธีของ Kilbridge และ Wester ให้อัตราผลผลิตสูงกว่าวิธีการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม 20.01% และวิธีบัคเกต บริเกดส์ให้อัตราผลผลิตสูงกว่าวิธีการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม 37.79% แต่เมื่อคนงานจำนวนเพิ่มขึ้น เปอร์เซนต์ความแตกต่างนี้จะค่อย ๆ ลดลงโดยเมื่อมีคนงาน 14 คน วิธีของ Kilbridge และ Wester ให้อัตราผลผลิตสูงกว่าวิธีการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม เพียง 6.52% และวิธีบัคเกต บริเกดส์ให้อัตราผลผลิตสูงกว่าวิธีการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม 12.92% เนื่องจากแต่ละวิธีให้อัตราผลผลิตเข้าใกล้ 100 เปอร์เซนต์อัตราผลผลิตสูงสุดของเครื่องจักรแล้ว อัตราการเพิ่มขึ้นจึงค่อย ๆ ลดลง

3.3 สรุปท้ายบท

เพื่อการจัดสมดุลสายการผลิตที่คัดเลือกไว้ คือสายการผลิต 1/1 ข้อมูลที่ต้องเตรียมได้แก่ ลำดับการทำงานก่อนหลัง เวลาการทำงาน ขั้นงานย่อย และรอบเวลาการผลิต โดยเลือกใช้เทคนิคการจัดสมดุล 3 วิธี ได้แก่ การจัดกำลังคนในสายการผลิต วิธีของ Kilbridge และ Wester และ วิธี Bucket Brigades

การจัดสมดุลสายการผลิตโดยการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิมนั้น เป็นวิธีการปรับปรุงสายการผลิตอย่างง่าย ไม่มีการเปลี่ยนแปลงขั้นตอนงานในแต่ละสถานีจากวิธีการปัจจุบัน แต่จัดสรรคนงานในแต่ละสถานีงานเพื่อให้รอบเวลาการผลิตในแต่ละสถานีใกล้เคียงกัน ดังนั้นหากอัตราผลผลิตที่ต้องการเช่น 80% ของอัตราผลผลิตสูงสุดของเครื่องบรรจุ (40 ขวดต่อนาที) จะต้องใช้คนงานจำนวน 12 13 14 และ 12 คนสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1-4 ตามลำดับ

สำหรับวิธีของ Kilbridge และ Wester ซึ่งมีการรวมขั้นตอนงานต่าง ๆ เข้าเป็นสถานีงานหนึ่ง ก่อนทำการจัดสรรคนให้มีเวลาใกล้รอบเวลาการผลิตมากที่สุด ทำให้จำนวนสถานีงานลดลงจาก 6 7 8 และ 7 สถานีงานเป็น 4 4 6 และ 4 สถานีงานสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1-4 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจำนวนคนงานเพื่อให้ได้อัตราที่ต้องการเช่น 80% ของอัตราผลผลิตสูงสุดของเครื่องบรรจุ (40 ขวดต่อนาที) จึงต้องใช้คนงานเพียงจำนวน 10 11 12 และ 11 คนสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1-4 ตามลำดับ

วิธีสุดท้ายที่นำเสนอคือ วิธีบัคเกต บริเกดส์ ซึ่งไม่มีการจัดแบ่งสถานีงาน แต่เป็นการจัดสายการผลิตระบบดึงโดยการเรียงลำดับพนักงานตามความเร็วการทำงาน โดยคนงานที่ทำงานเร็วที่สุดจะเป็นผู้เริ่มทำงานก่อน พนักงานทุกคนทำงานได้ในทุกขั้นตอนงานจนชิ้นงานนั้นเสร็จ หลังจากนั้นจึงเดินกลับลงไปทันทีเพื่อทำงานของพนักงานผู้ที่อยู่ก่อนตนเอง ซึ่งมีความเร็วการทำงานน้อยกว่าตนเองทำงานชิ้นนั้นต่อไปจนเสร็จหรือจนกว่าจะมีคนงานอื่นเดินย้อนกลับมารับชิ้นงานต่อไป ส่วนผู้ที่มีความเร็วการทำงานน้อยที่สุดเมื่อมีผู้มาทำงานที่ตนเองทำค้างไว้แล้ว ก็จะย้อนกลับไปรับงานจากคนงานที่อยู่ก่อนตนเองหรือเริ่มงานชิ้นใหม่ต่อไป จากการทดลองในผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 และ 3 ซึ่งมีจำนวนขั้นตอนงานน้อยที่สุด และมากที่สุดตามลำดับนั้น จำนวนคนงานเพื่อให้ได้อัตราที่ต้องการเช่น 80% ของอัตราผลผลิตสูงสุด (35 ขวดต่อนาที) จึงใช้คนงานเพียงจำนวน 9 และ 11 คนสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 และ 3 ตามลำดับเท่านั้น

และเมื่อเปรียบเทียบอัตราผลผลิตจาก 2 วิธีการใหม่ที่นำเสนอกับวิธีการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิมที่คนงานจำนวนน้อยที่สุดคือ 8 คน สำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 และ 3 เพื่อเป็นตัวแทนของทุกแบบผลิตภัณฑ์ วิธีของ Kilbridge และ Wester ให้อัตราผลผลิตสูงกว่าวิธีการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม 20.01% และวิธีบัคเกต บริเกดส์ให้อัตราผลผลิตสูงกว่าวิธีการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม 37.79% แต่เมื่อคนงานจำนวนเพิ่มขึ้น เปอร์เซนต์ความแตกต่างนี้จะค่อย ๆ ลดลงโดยเมื่อมีคนงาน 14 คน วิธีของ Kilbridge และ Wester ให้อัตราผลผลิตสูงกว่าวิธีการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม เพียง 6.52% และวิธีบัคเกต บริเกดส์ให้อัตราผลผลิตสูงกว่าวิธีการจัดกำลังคน 12.92% หลังจากที่ได้ทำการจัดสมดุลสายการประกอบแล้ว ขั้นตอนต่อไปของงานวิจัย ได้แก่ การจัดทำแบบจำลองการทำงานของระบบที่ต้องการศึกษา เพื่อนำผลที่ได้จาก

แบบจำลองมาทำการวิเคราะห์ผล และสร้างโปรแกรมสนับสนุนการตัดสินใจจัดกำลังคนซึ่งจะอยู่ในบทที่ 4 ต่อไป

บทที่ 4
แบบจำลองการทำงาน

การจำลองแบบปัญหารูปแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นการจำลองแบบปัญหาที่ได้รับการนำเอาไปใช้อย่างกว้างขวาง โดยสามารถใช้ได้กับปัญหาของระบบงานมากมายหลายประเภท งานวิจัยนี้ใช้การจำลองแบบปัญหาช่วยในการจำลองรูปแบบ และสภาพการณ์ของระบบที่ศึกษาคือสายการผลิต 1/1 เพื่อทำให้เข้าใจถึงการทำงานของระบบได้เป็นอย่างดี สามารถทดลองปรับปรุงกระบวนการผลิตได้ในหลายรูปแบบอย่างรวดเร็วโดยไม่รบกวนต่อระบบการทำงานจริง และสามารถประมาณการอัตราผลผลิตที่ได้ โดยใช้แบบจำลองช่วยในการวิเคราะห์สายการผลิตจัดสมดุลโดยจัดการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม โดยวิธีของ Kilbridge และ Wester และ โดยบัคเกตบริเกดส์ Bucket Brigades ตามลำดับ และนำเสนอโปรแกรมสนับสนุนการตัดสินใจจัดกำลังคนเพื่อช่วยหัวหน้างานตัดสินเลือกจำนวนคน และวิธีจัดสมดุลสายการผลิตเพื่อให้ได้อัตราผลผลิตที่ต้องการ

4.1 การจัดเตรียมข้อมูลป้อนเข้า

ข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญสำหรับแบบจำลองของสายการผลิตนี้ได้แก่

4.1.1 ระบบงาน

ในการจำลองแบบปัญหาจะต้องมีการกำหนดขอบเขตของระบบงาน ซึ่งก็คือการกำหนดองค์ประกอบของระบบทั้งภายในและภายนอก โดยองค์ประกอบเหล่านี้จะมีลักษณะเฉพาะตัว (Attribute) ที่ทำให้เกิดกิจกรรม (Activities) และกิจกรรมเหล่านี้จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพของระบบงาน (System Status) โดยการกำหนดองค์ประกอบ ลักษณะเฉพาะตัว และกิจกรรมของระบบแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบ ลักษณะเฉพาะตัว และกิจกรรมของระบบการบรรจุผลิตภัณฑ์

องค์ประกอบ	ลักษณะเฉพาะตัว	กิจกรรม
คนงาน	เวลาในการผลิต ประสิทธิภาพในการผลิต	ทำงาน ว่าง เคลื่อนที่
ชิ้นงาน	ชนิดผลิตภัณฑ์ รุ่นผลิตภัณฑ์ เวลาในการผลิต	รอผลิต ระหว่างผลิต ผลิตเสร็จแล้ว
แถวคอย	จำนวนชิ้นงานในแถวคอย	มีชิ้นงาน ว่าง

4.1.2 อัตราการเข้ามา (Arrival Rate) ของชิ้นงาน

ขวดชิ้นงานถูกบรรจุเนื้อน้ำยาโดยเครื่องบรรจุ LFM – 09 และ LFM – 20 ซึ่งมีความเร็วสูงสุดในการผลิตคือ 50 ชิ้นต่อนาที โดยอาศัยระบบแรงดันลมในการปรับความเร็วการบรรจุ เมื่อเครื่องจักรบรรจุเนื้อผลิตภัณฑ์ ปิดฝาและตอกวันเดือนปีที่ผลิตแล้วเสร็จ ชิ้นงานถูกลำเลียงผ่านสายพานออกสู่สถานีงานถัดไปด้วยสายพานลำเลียงรองรับชิ้นงานได้สูงสุด 34 ขวด หากชิ้นงานบนสายพานเต็มอันเนื่องมาจากคนงานในสถานีถัดไปดึงชิ้นงานจากสายพานมาทำงานไม่ทัน จะมีระบบเซ็นเซอร์ส่งสัญญาณไปหยุดการบรรจุของเครื่องจักร ดังนั้นเมื่อพิจารณาความสามารถสูงสุดของเครื่องจักรจึงกำหนดให้เครื่องจักรสามารถบรรจุได้สูงสุด 50 ชิ้นต่อนาที

4.1.3 ขั้นตอนการผลิต คนงานและสถานีงาน

จากผลการจัดสมดุลในบทที่ 3 สายการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์แต่ละแบบถูกจำลองออกมาใน 3 รูปแบบคือ สายการผลิตดั้งเดิมเมื่อจัดสมดุลโดยจัดกำลังคนในสายการผลิตโดยวิธีของ Kilbridge และ Wester และ โดยบัคเกต บริเกดส์ เมื่อมีคนงานจำนวน 8 – 14 คน สถานีงานและขั้นตอนงานในแต่ละสถานีงานแตกต่างกันไปในแต่ละรูปแบบผลิตภัณฑ์ โดยมีความจุสูงสุดในแต่ละสถานีเท่ากับจำนวนคนงานสูงสุดที่จะนำมาจัด

4.2 การพัฒนาโปรแกรม

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม C# พัฒนาแบบจำลองสายการผลิต โดยปกติพฤติกรรมของระบบงานจริงส่วนใหญ่มีลักษณะที่ไม่แน่นอนมีความผันแปร ข้อมูลต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบงานจึงเป็นข้อมูลซึ่งมีความผันแปรไม่แน่นอนไปตามพฤติกรรมของระบบงานนั้น ๆ และมีการแปรเปลี่ยนตามเวลา ดังนั้นจึงต้องอาศัยวิธีการทางสถิติเข้าช่วยในการเก็บข้อมูลพฤติกรรมของระบบที่เกิดขึ้นจริงเพื่อให้แบบจำลองมีความถูกต้องมากขึ้น

ข้อกำหนดของแบบจำลองที่สำคัญ ได้แก่ ข้อกำหนดด้านวิธีการทำงานและข้อกำหนดด้านเวลา

4.2.1 ข้อกำหนดด้านวิธีการทำงาน โดยลักษณะวิธีการทำงานแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ วิธีการทำงานแบบแบ่งสถานีงานสำหรับสายการผลิตเมื่อจัดสมดุลโดยวิธีจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม และโดยวิธีของ Kilbridge และ Wester และวิธีการทำงานแบบบัคเกต บริเกดส์

4.2.1.1 ขั้นตอนการทำงานสำหรับการทำงานแบบแบ่งสถานีงาน

สำหรับการจัดสมดุลโดยการจัดกำลังคนงานในสายการผลิตดั้งเดิม และโดยวิธีของ Kilbridge และ Wester นั้นอาศัยหลักการเดียวกันคือ แบ่งสถานีในการทำงาน โดยเริ่มจากคนงานในสถานีงานที่ 1 หยิบชิ้นงานจากแถวคอย ทำงานขั้นตอนที่ 1 ด้วยเวลา p1 จนเสร็จจากนั้นเคลื่อนที่ไปยังสถานีงานที่ 2 เพื่อนำชิ้นงานไปส่งต่อให้คนงานในสถานีงานที่ 2 คนงานในสถานีงานที่ 2 รอคอยชิ้นงานจากคนงานในสถานีงานแรก เมื่อได้รับชิ้นงานจึงเริ่มทำงานขั้นตอนที่ 2 ด้วยเวลา p2 จนเสร็จจึงนำชิ้นงานเคลื่อนที่ไปส่งให้สถานีที่ 3 คนงานในสถานีถัดไปก็มีขั้นตอนเช่นเดียวกัน จนครบทุกขั้นตอนงาน และคนงานในสถานีงานสุดท้ายจะเป็นผู้นำชิ้นงานเข้าเก็บเมื่อทำขั้นตอนสุดท้ายแล้ว ชิ้นงานในแถวคอยของแต่ละสถานีมีได้ไม่จำกัด

สมมุติฐานสำหรับการทำงานแบบแบ่งสถานีงานคือ พนักงานได้รับการฝึกสอนเพื่อให้มีเวลาทำงานใกล้เคียงเวลามาตรฐาน และเวลามาตรฐานลดลงเป็นเส้นตรงเมื่อมีจำนวนคนงานเพิ่มขึ้น

4.2.1.2 ขั้นตอนการทำงานสำหรับการทำงานแบบบัคเกต บริเกดส์

เรียงลำดับพนักงานตามความเร็วการทำงาน พนักงานทุกคนสามารถทำงานได้ในทุกสถานีงาน โดยคนงานที่ทำงานเร็วที่สุดจะเป็นผู้เริ่มทำงานก่อน โดยหยิบชิ้นงานจากแถวคอย ทำงานในสถานีงานที่ 1 ทำงานจนครบทุกขั้นตอนได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป หลังจากนั้นจึงเดินกลับลงไปทันทีเพื่อทำงานของคนงานผู้ที่อยู่ก่อนตนเอง ซึ่งมีความเร็วการทำงานน้อยกว่าตนเองทำงานชิ้นนั้นต่อไปจนเสร็จหรือจนกว่าจะมีคนงานอื่นเดินย้อนกลับมารับชิ้นงานต่อไป ส่วนผู้ที่มีความเร็วการทำงานน้อยที่สุดเมื่อมีผู้มาทำงานที่ตนเองทำค้างไว้แล้ว ก็จะย้อนกลับไปรับงานจากคนงานที่อยู่ก่อนตนเองหรือเริ่มงานชิ้นใหม่ต่อไป ชิ้นงานใดที่ถูกทำค้างอยู่จะถูกคำนวณหาเวลาการทำงานตามสัดส่วนที่เหลืออยู่ด้วยความเร็วของคนงานที่เข้ามารับต่อไป เช่นเดียวกับระยะทาง หากชิ้นงานใดถูกผู้ที่อยู่หลังตนเองย้อนกลับมารับงานไปทำ ระยะทางจะถูกคิดคำนวณต่อเนื่องทันที ไม่คิดตั้งต้นใหม่ และเนื่องจากเป็นการทำงานบัคเกต บริเกดส์แบบ passing ซึ่งยอมให้แต่ละสถานีงานมีพนักงานอยู่ได้มากกว่า 1 และหากคนใดเสร็จก็สามารถออกไปสู่สถานีถัดไป

ได้ทันที ไม่เหมือนแบบ non-passing ซึ่งต้องเป็นไปตามระบบ First-in First-out ดังนั้นความจุของสถานีงานถูกกำหนดโดยจำนวนคนงานสูงสุดที่นำมาบรรจุในสายการผลิตนั้น และกำหนดเวลาการเดินทางสำหรับแบบจำลองนี้เป็น 0 เนื่องจากแต่ละสถานีงานอยู่ติดกัน

4.2.2 ข้อกำหนดด้านเวลา

หลังจากที่ได้ทำการเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาเส้นการเรียนรู้ของคนงานในบทที่ 3 แล้ว พบว่า รอบเวลาการผลิตเข้าสู่สภาวะคงตัวเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 20 นาทีหลังจากเริ่มเปิดสายการผลิตสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ทุกแบบ ดังนั้นจึงสุ่มจับเวลาการทำงานแต่ละขั้นตอนภายหลังจากที่รอบเวลาการผลิตเข้าสู่สภาวะคงตัวจำนวน 50 ตัวอย่างมาทำการหารูปแบบการกระจายที่เหมาะสมกับข้อมูลที่ได้ด้วยโปรแกรม MINITAB โดยใช้จำนวนข้อมูล 50 ข้อมูลที่ได้จับเวลามาจากการสุ่มจับเวลาในช่วง 2 ชั่วโมงการทำงานภายหลังจากเริ่มเปิดสายการผลิต 20 นาที ทำการทดสอบ Normality Test เพื่อยอมรับสมมุติฐานว่าเวลาแต่ละขั้นตอนมีการกระจายแบบปกติจริง โดยพิจารณาจากค่า p-value ที่สูงกว่า 0.05 โดยแบบทดสอบโคลโมโกรอฟ – สเมียร์นอฟ (แบบทดสอบ K-S) ซึ่งเหมาะสำหรับตัวอย่างขนาดเล็ก ดังแสดงในภาคผนวก ง.1 ดังนั้นรูปแบบการกระจายของข้อมูลเวลาแต่ละขั้นตอนงานและ p-value แสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การกระจายข้อมูลของเวลาแต่ละขั้นตอน

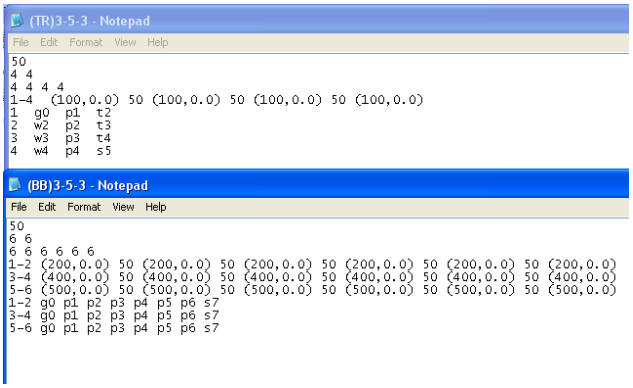
ลำดับที่	งานย่อย	เวลาในการผลิต	p-value
1	หยิบงาน: เก็บจากสายพานและทำความสะอาดใต้ขวด	N(0.743,0.017)	0.921
2	ใส่ฟิล์มขวด: ใส่ฟิล์มหด (Shrink)	N(7.010,0.023)	0.742
3	อบฟิล์ม: ปล่อยผ่านเครื่องอบฟิล์ม	N(0.634,0.012)	0.718
4	เก็บท้ายเครื่อง: หยิบงานออกจากรางอบ	N(1.718,0.053)	0.438
5	ใส่ฟิล์มคู่ : ใส่ฟิล์มหดคู่ (Pack Shrink)	N(2.550,0.024)	0.968
6	ใส่ถุง 3 : ใส่ถุงบรรจุ 3 ขวด	N(0.830,0.029)	0.453
7	ใส่กล่องโหล	N(1.775,0.012)	0.867
8	ใส่กล่อง 6 โหล	N(0.910,0.202)	0.309
9	ตรวจสอบ: ตรวจสอบความถูกต้องกล่องและจัดวางบนพาเลท	N(1.085,0.012)	0.776

4.2.3 ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง

ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง นำเข้าโดยโปรแกรม Notepad ประกอบด้วย

- อัตราการเข้ามา (Arrival Rate) โดยใช้ความสามารถสูงสุดของเครื่องบรรจุคือ 50 ขวดต่อนาที
- จำนวนคนงาน และจำนวนขั้นตอนงาน
- ความจุของแต่ละสถานีงาน
- เวลาทำงานในรูปแบบการกระจายแบบปกติ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เวลาการเดินทาง(ถ้ามี) ตามข้อกำหนดด้านเวลา

- ลำดับขั้นตอนงานที่ต้องทำซึ่งแตกต่างกันระหว่างการทำงานแบบแบ่งสถานีงาน และแบบบัคเกต บริเกดส์ตามข้อกำหนดวิธีการทำงาน



รูปที่ 4.1 แฟ้มข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง

4.3 ข้อมูลขาออก

ส่วนข้อมูลขาออกจะแสดงออกมาใน 2 ส่วนคือ ส่วนสรุป (Summary file) เพื่อให้สามารถเห็นถึงอัตราผลผลิต เปอร์เซนต์การทำงาน ฯลฯ ได้โดยง่าย และส่วนติดตาม (Debug file) เพื่อให้สามารถติดตามการทำงาน ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม และสามารถเห็นสิ่งผิดปกติในการทำงานของแบบจำลองได้

4.3.1 ส่วนสรุป แสดงข้อมูลทางสถิติที่ได้จากการรันโปรแกรม ประกอบด้วยข้อมูลของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ จำนวนผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป อัตราผลผลิตเป็นจำนวนหน่วยต่อวินาที และเวลาเฉลี่ยที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ เป็นต้น และข้อมูลของคนงาน ได้แก่ เปอร์เซ็นต์อรรถประโยชน์ของคนงานโดยเฉลี่ย เปอร์เซนต์การเคลื่อนที่ของคนงานโดยเฉลี่ย และ เปอร์เซนต์การว่างงานของคนงานโดยเฉลี่ย เป็นต้น

เนื่องจากตัวแปรเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสายการผลิตพิจารณาจากอัตราผลผลิตเป็นจำนวนหน่วยที่ผลิตต่อชั่วโมง ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการรันแบบจำลองคือ 1 ชั่วโมงเพื่อง่ายต่อการเปรียบเทียบอัตราผลผลิต

4.3.2 ส่วนติดตาม แสดงถึงรายละเอียดการเคลื่อนที่ของชิ้นงานภายในระบบกิจกรรมต่าง ๆ ที่ชิ้นงานถูกกระทำในแต่ละที่ที่ชิ้นงานผ่านตามลำดับเวลา จนครบเวลาชั่วโมงที่ตั้งไว้ และแสดงผลสรุปด้านผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

4.4 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

เพื่อตรวจสอบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมานั้นมีขั้นตอนและวิธีการคิดคำนวณที่ถูกต้องสอดคล้องกับระบบงานจริงหรือไม่ จึงทำการกำหนดเงื่อนไขการทำงานอย่างง่ายลงในข้อมูลขาเข้า เพื่อสะดวกในการตรวจสอบความผิดปกติในส่วนติดตาม โดยตรวจสอบรายละเอียดการเคลื่อนที่และเวลาของคนงาน ชิ้นงาน รวมถึงกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในระบบของแบบจำลองทั้ง 2 วิธีการทำงาน

4.4.1 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสายการผลิตแบบแบ่งสถานีงาน

กำหนดเงื่อนไขการทำงานให้ครอบคลุมเงื่อนไขที่มีคือ

เวลาการทำงานในทุกสถานีงานเท่ากับ 100 วินาที และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0 เพื่อให้เวลาเท่ากันในทุกครั้งและไม่ให้มีจำนวนการติดตามที่มากเกินไป เวลาการเคลื่อนที่ระหว่างแต่ละสถานีคือ 50 วินาทีเพื่อแยกความแตกต่างของเวลาการทำงานและเวลาการเดินทาง จำนวนสถานีงานคือ 4 และโดยคนงานจำนวน 4 และ 12 คน ทำการรันโปรแกรม และตรวจสอบข้อมูลขาออกต่อไป

ข้อมูลขาออกที่ทำการตรวจสอบได้แก่ เวลาที่ใช้ในการทำงาน แต่ละสถานีงาน เวลาการเคลื่อนที่ระหว่างสถานีงาน คนงานที่ทำงานในแต่ละสถานีงานที่เกิดขึ้นจากส่วนติดตาม เปอร์เซนต์อรรถประโยชน์และอัตราผลผลิตที่ได้จากส่วนสรุป เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการคำนวณขั้นตอนต่าง ๆ ด้วยวิธีการคำนวณมือ ดังแสดงผลการตรวจสอบในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 เงื่อนไขการทำงานเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสายการผลิตแบบแบ่งสถานีงาน

การทดลองที่	1	2
จำนวนสถานีงาน	4	4
จำนวนคนงาน	4	12
เวลาการทำงานในแต่ละสถานีงาน	100	100
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0	0
เวลาการเคลื่อนที่	50	50
ความถูกต้องของขั้นตอนในแบบจำลอง	ถูกต้อง	ถูกต้อง

4.4.2 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสายการผลิตแบบบัคเกตบริเกดส์

กำหนดเวลาเคลื่อนที่อย่างง่ายคือ 50 วินาทีในทุกสถานีงาน และเวลาทำงานในแต่ละกลุ่มคนงานในทุกสถานีงานให้แตกต่างกันอย่างชัดเจนคือ 100 วินาทีสำหรับกลุ่มคนงานทำงานเร็ว 200 วินาทีสำหรับกลุ่มคนงานทำงานปานกลาง และ 400 วินาทีสำหรับกลุ่มคนงานทำงานช้า เพื่อให้เกิดบัคเกต บริเกดส์ได้อย่างทั่วถึง โดยกำหนดเวลาทำงานในแต่ละสถานีตามเวลาทำงานของขั้นตอนงานย่อย คนงานตั้งแต่ 6-14 คน ทำการรันโปรแกรม และตรวจสอบข้อมูลขาออกต่อไป

ข้อมูลขาออกที่ทำการตรวจสอบจากส่วนติดตามได้แก่ เวลาที่ใช้ในการทำงานในแต่ละสถานีงาน เวลาการเคลื่อนที่ระหว่างสถานีงานของแต่ละคนงาน เวลาที่เกิดบัคเกต บริเกดส์ ลำดับงานภายหลังการเกิดบัคเกต บริเกดส์ นอกจากนี้ทำการตรวจสอบเปอร์เซนต์อรรถประโยชน์และอัตราผลผลิตที่ได้จากส่วนสรุป เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการคำนวณขั้นตอนต่าง ๆ ด้วยวิธีการคำนวณมือดังแสดงผลการตรวจสอบในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 เงื่อนไขการทำงานเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสายการผลิตแบบบัคเกต บริเกดส์

การทดลองที่	1	2
จำนวนสถานีงาน	6	6
จำนวนคนงาน	8	12
เวลาการทำงานในแต่ละสถานีงานของกลุ่มคนงานเร็ว	100	100
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มคนงานเร็ว	0	0
เวลาการเคลื่อนที่ของกลุ่มคนงานเร็ว	50	50
เวลาการทำงานในแต่ละสถานีงานของกลุ่มคนงานกลาง	200	200
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มคนงานกลาง	0	0
เวลาการเคลื่อนที่ของกลุ่มคนงานกลาง	50	50
เวลาการทำงานในแต่ละสถานีงานของกลุ่มคนงานช้า	400	400
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มคนงานช้า	0	0
เวลาการเคลื่อนที่ของกลุ่มคนงานช้า	50	50
ความถูกต้องของขั้นตอนในแบบจำลอง	ถูกต้อง	ถูกต้อง

4.5 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง

เป็นการตรวจสอบว่าแบบจำลองที่เราสร้างขึ้นมามีความสอดคล้องและความใกล้เคียงกับระบบงานจริงมากน้อยเพียงใด เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้ใช้แบบจำลองว่า

แบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนของระบบจริงได้ และสามารถนำข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์ไปใช้ได้อย่างมั่นใจ

วิธีการทางสถิติที่นิยมใช้ในการเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลองและผลที่ได้จากระบบงานจริงคือ การทดสอบสมมุติฐานหลัก (Null Hypothesis) โดยใช้การทดสอบแบบ t-test (Two Sample T-Test) ตัวแปรที่ใช้ในการเปรียบเทียบคือ อัตราผลผลิตเฉลี่ย ชิ้นต่อชั่วโมง ที่จำนวนคนงาน 8 – 10 คน เนื่องจากมีข้อจำกัดทางด้านการทดลองทำงานจริง โดยเปรียบเทียบอัตราผลผลิตเฉลี่ยที่ได้จากระบบงานจริงที่ทำการสุ่มเก็บข้อมูลจำนวน 10 ครั้ง และอัตราผลผลิตที่ได้จากแบบจำลองจำนวน 10 เรพพลิเคต ว่าทั้ง 2 ระบบมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือไม่ โดยทำการทดสอบสมมุติฐานด้วยโปรแกรม MINITAB โดยเปรียบเทียบเฉพาะที่จำนวนคนงาน 8 คนเท่านั้นเนื่องจากมีข้อจำกัดทางการทดลองทำงานจริง

จากผลการจัดสมดุลในบทที่ 3 ซึ่งอัตราผลผลิตเฉลี่ยในชั่วโมงแรกน้อยกว่าในชั่วโมงที่ 2 อยู่อันเนื่องมาจากสายการผลิตใช้เวลาประมาณ 20 แรกเพื่อเข้าสู่สมดุล ดังนั้นความยาวนานของการจำลองมีผลโดยตรงกับความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง แต่เนื่องจากในการทำงานจริง การผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละรุ่นใช้เวลารันติดต่อกันนานสุดคือ 4 ชั่วโมง ซึ่งไม่นานเพียงพอเพื่อจะลดผลจากภาวะไม่คงตัวได้ จึงแยกพิจารณาความสมเหตุสมผลของแบบจำลองออกเป็น 2 ช่วงคือ ในชั่วโมงที่ 2 เมื่อสายการผลิตเข้าสู่สภาวะคงตัวแล้วและในชั่วโมงแรก ตามลำดับ

4.5.1 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองสายการผลิตเมื่อสายการผลิตเข้าสู่สภาวะคงตัว (ในชั่วโมงที่ 2)

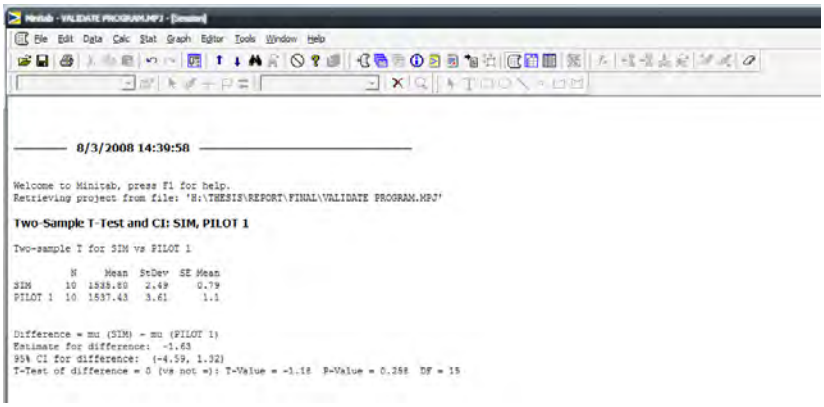
เนื่องจากวิธีการทำงานแบบแบ่งสถานีและแบบบัคเกต บริเกดส์มีหลักการทำงานที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องแยกการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองแต่ละวิธี

4.5.1.1 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองสายการผลิตแบบแบ่งสถานีงานเมื่อสายการผลิตเข้าสู่สภาวะคงตัว

เพื่อการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของบบจำลองสายการผลิตที่ถูกจัดสมดุลโดยวิธีการจัดกำลังคนงานในสายการผลิต และโดยวิธีของ Kilbridge และ Wester ซึ่งเป็นการทำงานแบบแบ่งสถานีงานนั้น จึงได้ทำการทดสอบสมมุติฐานโดยใช้โปรแกรม Minitab วิเคราะห์ผลการการทำงานจริง และผลจากแบบจำลองจำนวน 10 เรพพลิเคตของการผลิตผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 คนงานจำนวน 8 คน ด้วยวิธีการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิมดังตารางที่ 4.5 ว่าแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือไม่ ดังรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลอัตราผลผลิตต่อชั่วโมงจากการทดลองจริง และจากแบบจำลองสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 คนงานจำนวน 8 คน ด้วยการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิมเมื่อสายการผลิตเข้าสู่สภาวะคงตัว

Replicate	อัตราผลผลิตจากการทดลองจริง (ชิ้นต่อชั่วโมง)	อัตราผลผลิตจากการแบบจำลอง (ชิ้นต่อชั่วโมง)
1	1539	1533
2	1536	1540
3	1537	1538
4	1531	1532
5	1539	1535
6	1544	1537
7	1536	1535
8	1541	1536
9	1536	1534
10	1534	1538



รูปที่ 4.2 การทดสอบสมมุติฐานของแบบจำลองสายการผลิตแบบแบ่งสถานีงานสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 คนงานจำนวน 8 คน เมื่อสายการผลิตเข้าสู่สภาวะคงตัว

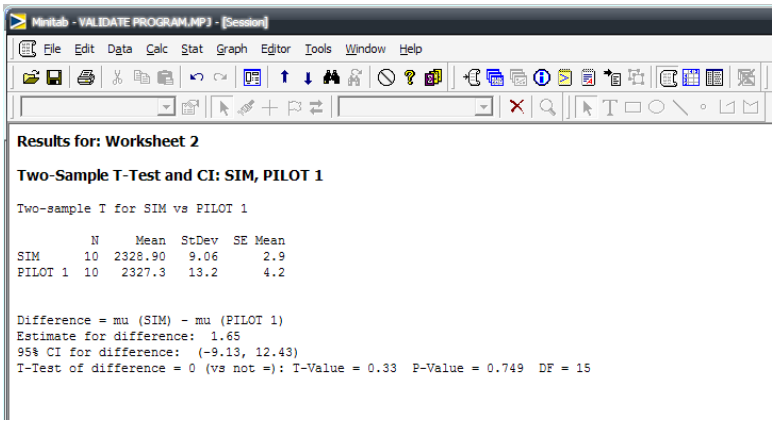
จากผลที่ได้พบว่า P-value = 0.258 ซึ่งมากกว่า 0.05 แสดงว่าทั้ง 2 ระบบไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นสามารถใช้แบบจำลองนี้แทนระบบการผลิตแบบแบ่งสถานีงานเมื่อสายการผลิตเข้าสู่สภาวะคงตัวได้จริง

4.5.1.2 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองสายการผลิตแบบบัคเกต บริเกดส์

ทดสอบสมมุติฐานโดยใช้โปรแกรม Minitab วิเคราะห์ผลการการทำงานจริง และผลจากแบบจำลองจำนวน 10 เรพพลิเคตของการผลิตผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 คนงานจำนวน 8 คน ด้วยวิธีการจัดกำลังคนในสายการผลิตบัคเกต บริเกดส์ดังตารางที่ 4.6 ว่าแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือไม่ ดังรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.6 ข้อมูลอัตราผลผลิตต่อชั่วโมงจากการทดลองจริง และจากแบบจำลองสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 คนงานจำนวน 8 คน โดยวิธีบัคเกต บริเกดส์เมื่อสายการผลิตเข้าสู่สภาวะคงตัว

Replicate	อัตราผลผลิตจากการทดลองจริง (ชิ้นต่อชั่วโมง)	อัตราผลผลิตจากการแบบจำลอง (ชิ้นต่อชั่วโมง)
1	2328	2338
2	2320	2332
3	2315	2345
4	2327	2323
5	2332	2332
6	2342	2317
7	2342	2315
8	2303	2329
9	2321	2331
10	2343	2327



รูปที่ 4.3 การทดสอบสมมุติฐานของแบบจำลองสายการผลิตผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 คนงานจำนวน 8 คน ด้วยการทำงานแบบบัคเกต บริเกดส์เมื่อสายการผลิตเข้าสู่สภาวะคงตัว

จากผลที่ได้พบว่า P-value = 0.749 ซึ่งมากกว่า 0.05 แสดงว่าทั้ง 2 ระบบไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นสามารถใช้แบบจำลองนี้แทนระบบการผลิตแบบบัคเกตบริเกดส์เมื่อสายการผลิตเข้าสู่สภาวะคงตัวได้จริง

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองสายการผลิตทั้ง 2 วิธีสามารถใช้แทนระบบการผลิตจริงเมื่อสายการผลิตเข้าสู่สภาวะคงตัวได้ ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.5.2 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองสายการผลิตในชั่วโมงแรก

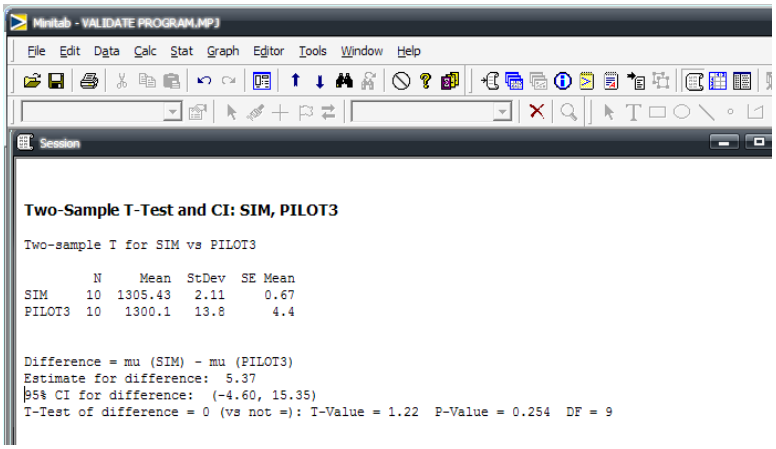
จากผลการทดลองจริงพบว่าอัตราผลผลิตในชั่วโมงแรกของการผลิตผลิตภัณฑ์ทุกแบบ น้อยกว่าในชั่วโมงที่ 2 อยู่ 14.6 15.51 และ 16.01 เปอร์เซนต์ สำหรับสายการผลิตที่ถูกจัดสมดุลโดยวิธีจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม วิธี Kilbridge และ Wester และวิธีบัคเกต บริเกดส์ตามลำดับ ดังนั้นจึงตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองโดยการทดสอบสมมุติฐานว่าอัตราผลผลิตในชั่วโมงแรกน้อยกว่าอัตราผลผลิตในชั่วโมงที่ 2 อยู่ 15 เปอร์เซนต์ สำหรับแบบจำลองของการทำงานแบบแบ่งสถานีงาน และแบบบัคเกต บริเกดส์

4.5.2.1 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองสายการผลิตแบบแบ่งสถานีงานในชั่วโมงแรก

ใช้โปรแกรม Minitab วิเคราะห์อัตราผลผลิตจากการทำงานจริง และจากแบบจำลองจำนวน 10 เรพพลิเคตของการผลิตผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 คนงานจำนวน 8 คน ด้วยวิธีการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิมดังตารางที่ 4.7 ว่าแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือไม่ ดังรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลอัตราผลผลิตต่อชั่วโมงจากการทดลองจริง และจากแบบจำลองสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 คนงานจำนวน 8 คน ด้วยการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิมในชั่วโมงแรก

Replicate	อัตราผลผลิตจากการทดลองจริง (ชิ้นต่อชั่วโมง)	อัตราผลผลิตจากการแบบจำลอง (ชิ้นต่อชั่วโมง)
1	1318	1303
2	1283	1309
3	1281	1307
4	1290	1302
5	1315	1305
6	1296	1306
7	1312	1305
8	1310	1306
9	1307	1304
10	1289	1307



รูปที่ 4.4 การทดสอบสมมุติฐานของแบบจำลองสายการผลิตผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 คนงานจำนวน 8 คน ด้วยการทำงานแบบแบ่งสถานีงานในชั่วโมงแรก

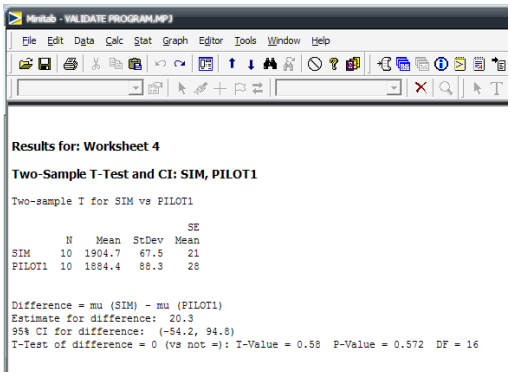
จากผลที่ได้พบว่า P-value = 0.254 ซึ่งมากกว่า 0.05 แสดงว่าทั้ง 2 ระบบไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นสามารถใช้แบบจำลองนี้แทนระบบการผลิตแบบแบ่งสถานีในชั่วโมงแรกได้จริง

4.5.2.2 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองสายการผลิตแบบบัคเกต บริเกดส์ในชั่วโมงแรก

ใช้โปรแกรม Minitab วิเคราะห์อัตราผลผลิตจากการทำงานจริง และจากแบบจำลองจำนวน 10 เรพพลิเคตของการผลิตผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 คนงานจำนวน 8 คน ด้วยวิธีการจัดกำลังคนในสายการผลิตบัคเกต บริเกดส์ดังตารางที่ 4.8 ว่าแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือไม่ ดังรูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลอัตราผลผลิตต่อชั่วโมงจากการทดลองจริง และจากแบบจำลองสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 คนงานจำนวน 8 คน ด้วยการจัดกำลังคนในสายการผลิตบัคเกต บริเกดส์ในชั่วโมงแรก

Replicate	อัตราผลผลิตจากการทดลองจริง (ชิ้นต่อชั่วโมง)	อัตราผลผลิตจากการแบบจำลอง (ชิ้นต่อชั่วโมง)
1	2328	2347
2	2320	2407
3	2315	2317
4	2327	2292
5	2332	2323
6	2342	2349
7	2342	2364
8	2303	2256
9	2321	2301
10	2343	2302



รูปที่ 4.5 การทดสอบสมมุติฐานของแบบจำลองสายการผลิตผลิตภัณฑ์
แบบที่ 1 คนงานจำนวน 8 คน ด้วยการทำงานแบบบัคเกต บริเกดส์ในชั่วโมงแรก

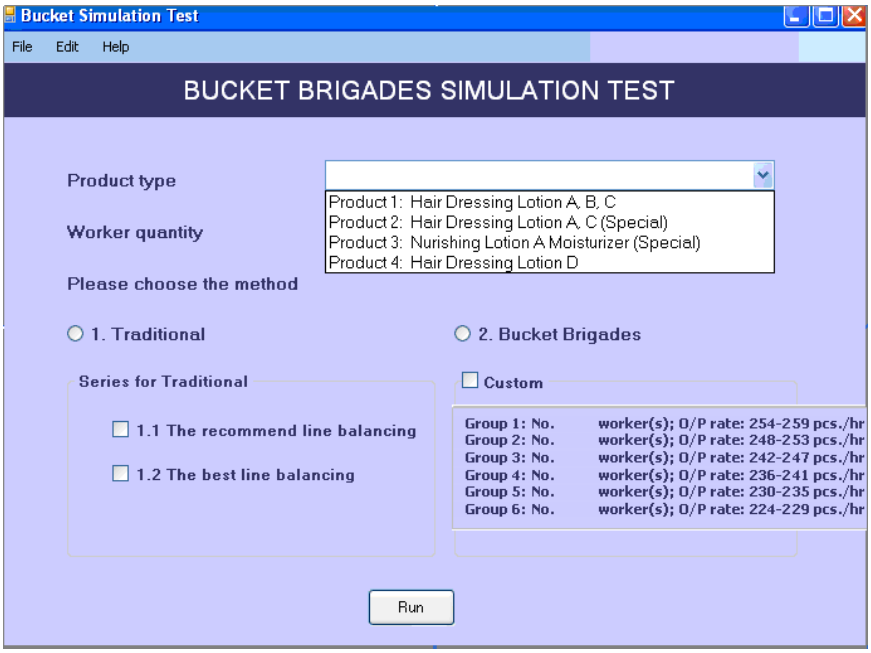
จากผลที่ได้พบว่า P-value = 0.572 ซึ่งมากกว่า 0.05 แสดงว่าทั้ง 2 ระบบไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นสามารถใช้แบบจำลองนี้แทนระบบการผลิตแบบบัคเกตบริเกดส์ในชั่วโมงแรกได้จริง

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองสายการผลิตทั้ง 2 วิธีสามารถใช้แทนระบบการผลิตจริงในชั่วโมงแรกได้ ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.6 การพัฒนาโปรแกรมสนับสนุนการตัดสินใจจัดกำลังคน

แบบจำลองการทำงานที่ผ่านการทดสอบและตรวจสอบความถูกต้องแล้วสามารถนำข้อมูลที่ได้มาช่วยให้หัวหน้างานมีข้อมูลเพื่อจัดจำนวนคนงานเพื่อให้ได้อัตราผลผลิตที่ต้องการหรือทราบอัตราผลผลิต หากจำนวนคนงานมีจำกัดได้ถึงแม้หัวหน้างานจะไม่มีประสบการณ์มากนัก แต่เนื่องจากการใส่ข้อมูลขาเข้าของแบบจำลองค่อนข้างมีความซับซ้อน จึงสร้างโปรแกรมการนำเสนอเพื่อช่วยให้หัวหน้างานสามารถนำแบบจำลองไปใช้ได้โดยสะดวก

หน้าต่างการใช้งานของโปรแกรมสนับสนุนการตัดสินใจจัดกำลังคนดังแสดงในรูปที่ 4.6



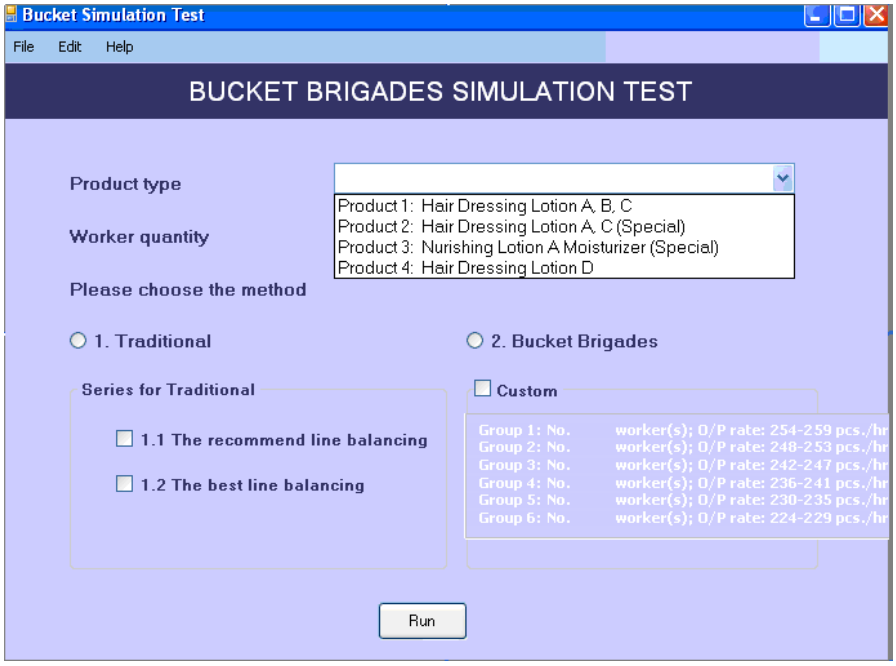
รูปที่ 4.6 หน้าต่างการใช้งานของโปรแกรม

การใช้งานดังรูปที่ 4.6 หัวหน้างานสามารถเลือกผลิตภัณฑ์ที่ต้องการจัดได้ทั้ง 4 แบบ ใส่จำนวนคนที่ต้องการจัด หรือที่คาดว่าจะมี ลงในช่อง “Worker quantity” และเลือกวิธีที่ต้องการทดสอบ เช่น ถ้าต้องการเลือกวิธีการทำงานแบบแบ่งสถานีงาน (Traditional) สามารถเลือกได้ 2 วิธีคือ วิธีการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม (The recommend line balancing) หรือวิธีของ Kilbridge และ Wester (The best line balancing) และหากต้องการพิจารณาวิธีบัคเกต บริเกดส์ สามารถดูค่าเฉลี่ยที่เกิดจากการมีจำนวนคนงานในแต่ละกลุ่มความเร็วอย่างละเท่า ๆ กัน แต่หากต้องการระบุจำนวนคนตามลักษณะความเร็วการทำงานของคนงานซึ่งแบ่งระดับความเร็วของคนงานออกเป็น 6 กลุ่มย่อย ๆ ตามอัตราผลผลิตที่คนงานทำได้ในแต่ละผลิตภัณฑ์ในเวลา 1 ชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 4.9 สามารถเลือก Custom และใส่จำนวนคนในแต่ละระดับความเร็วได้ โดยเลือกดูได้ทีละวิธีเท่านั้นดังแสดงในรูปที่ 4.7

ตารางที่ 4.9 อัตราผลผลิต (ชิ้นต่อชั่วโมง) ในแต่ละกลุ่มความเร็วของคนงานสำหรับผลิตภัณฑ์ทุกแบบ

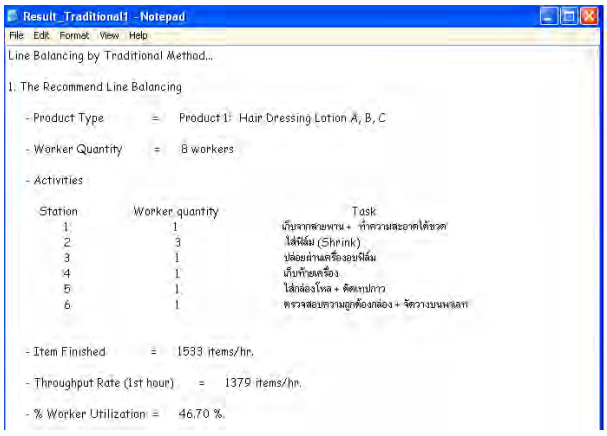
	ผลิตภัณฑ์แบบที่ 1		ผลิตภัณฑ์แบบที่ 2		ผลิตภัณฑ์แบบที่ 3		ผลิตภัณฑ์แบบที่ 4	
	ต่ำสุด (ชิ้นต่อชั่วโมง)	สูงสุด (ชิ้นต่อชั่วโมง)	ต่ำสุด (ชิ้นต่อชั่วโมง)	สูงสุด (ชิ้นต่อชั่วโมง)	ต่ำสุด (ชิ้นต่อชั่วโมง)	สูงสุด (ชิ้นต่อชั่วโมง)	ต่ำสุด (ชิ้นต่อชั่วโมง)	สูงสุด (ชิ้นต่อชั่วโมง)
กลุ่ม 1	254	259	209	213	227	231	245	252
กลุ่ม 2	248	253	204	208	222	226	237	244
กลุ่ม 3	242	247	199	203	217	221	229	236
กลุ่ม 4	236	241	194	198	212	216	221	228
กลุ่ม 5	230	235	189	193	207	211	213	220
กลุ่ม 6	224	229	184	188	202	206	205	212

จากตารางที่ 4.9 พบว่าสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 อัตราผลผลิตของคนงานกลุ่มที่ 1 ที่มีความเร็วสูงสุดคือ 296-303 ชิ้นต่อชั่วโมง และอัตราผลผลิตของคนงานกลุ่มอื่น ๆ ลดลงตามลำดับ

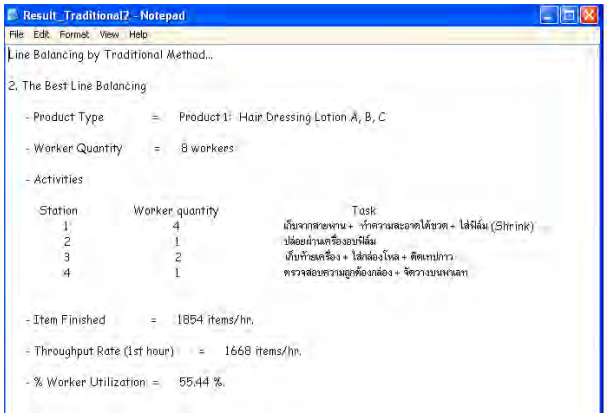


<u>รูปที่ 4.7</u> หน้าต่างข้อมูลขาเข้าเมื่อต้องการหาอัตราผลผลิตสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 คนงานจำนวน 8 คน

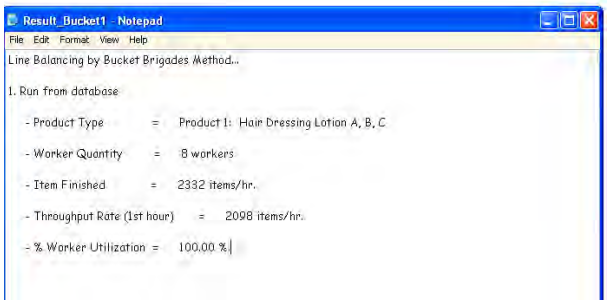
เมื่อเลือกวิธีการจัดสมดุลแล้ว กด Run โปรแกรมจะแสดงส่วนสรุปออกมาดังรูปที่ 4.8 - 4.11



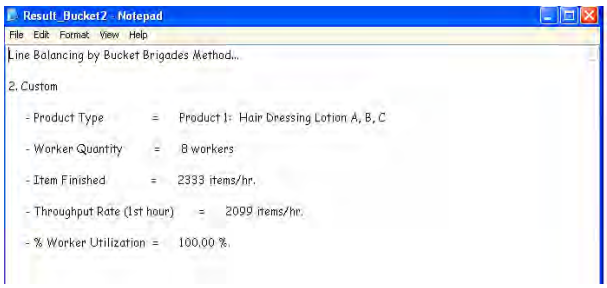
<u>รูปที่ 4.8</u> ส่วนแสดงผลของโปรแกรมเมื่อเลือกจัดสมดุลสายการผลิตโดยการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม



รูปที่ 4.9 ส่วนแสดงผลของโปรแกรมเมื่อเลือกจัดสมดุลสายการผลิตโดยวิธี Kilbridge และ Wester



รูปที่ 4.10 ส่วนแสดงผลของโปรแกรมเมื่อเลือกจัดสมดุลสายการผลิตโดยวิธีบัคเกต บริเกดส์



รูปที่ 4.11 ส่วนแสดงผลของโปรแกรมเมื่อเลือกจัดสมดุลสายการผลิตโดยวิธีบัคเกต บริเกดส์ โดยเลือกใส่จำนวนคนงานในแต่ละกลุ่ม

ในส่วนแสดงผลดังรูปที่ 4.8 – 4.11 นี้ ระบุถึงข้อมูลขาเข้าได้แก่ ชนิดของผลิตภัณฑ์ จำนวนคนงานที่ใช้ และวิธีการจัดสมดุลสายการผลิต และ ส่วนข้อมูลขาออกเพื่อการเสนอแนะ ได้แก่ จำนวนสถานีงาน จำนวนคนงานในแต่ละสถานี ขั้นตอนงานย่อยในสถานีนั้น รวมถึง อัตราผลผลิตที่ได้เมื่อสายการผลิตคงตัว และในชั่วโมงแรก และเปอร์เซนต์อรรถประโยชน์ของคนงานสำหรับวิธีการจัดสมดุลสายการผลิตโดยการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม และวิธี

Kilbridge และ Wester และ อัตราผลผลิตที่ได้เมื่อสายการผลิตคงตัว และในชั่วโมงแรก และเปอร์เซ็นต์อรรถประโยชน์ของคนงานสำหรับวิธีการจัดสมดุลสายการผลิตแบบบัคเกต บริเกดส์

ดังนั้นหัวหน้าจะสามารถทดลองแบบจำลองเพื่อเปรียบเทียบดูอัตราผลผลิตที่ต้องการด้วยวิธีการจัดสมดุลแตกต่าง ๆ กันได้โดยไม่กระทบการทำงานของสายการผลิต และตัดสินใจเลือกจำนวนคนงานได้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาโปรแกรมสนับสนุนการตัดสินใจจัดกำลังคนเพื่อช่วยในการจัดสายการผลิตเพื่อให้ได้อัตราผลผลิตสูงสุดที่ต้องการ โดยการจำลองรูปแบบสายการผลิตที่ถูกจัดสมดุลโดย 1) การจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม 2) วิธีของ Kilbridge และ Wester และ 3) วิธีบัคเกตบริเกดส์ สามารถสรุปผลที่ได้ต่าง ๆ ปัญหาที่พบ และรวบรวมข้อเสนอแนะที่คาดว่าจะเป็นประโยชน์ต่อไปในบทนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ผลการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธีการและรูปแบบต่าง ๆ ที่ผ่านมา สามารถสรุปผลของการวิเคราะห์ประสิทธิภาพสายการผลิตทางด้าน อัตราผลผลิต และเปอร์เซ็นต์อรรถประโยชน์ของคนงานได้ดังนี้

5.1.1 ผลการจัดสมดุลสายการผลิต

จากการเก็บข้อมูลการทำงานจริงในสายการผลิตที่ถูกจัดสมดุลโดย 3 วิธีการที่นำเสนอ โดยวิธีแรกคือวิธีการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิมนั้นเป็นวิธีการปรับปรุงสายการผลิตอย่างง่าย ไม่มีการเปลี่ยนแปลงขั้นตอนการงาน โดยคนงานได้รับการฝึกสอนเพื่อให้มีเวลาการทำงานใกล้เคียงเวลามาตรฐาน และเวลามาตรฐานลดลงเป็นเส้นตรงเมื่อมีจำนวนคนงานเพิ่มขึ้นดังนั้นหากอัตราการผลิตที่ต้องการคือ 80 เปอร์เซนต์ของอัตราผลผลิตสูงสุดของเครื่องบรรจุ จะต้องจัดคนงานจำนวน 12 13 14 และ 12 คนลงในสถานีงานจำนวน 6 7 8 และ 7 สถานีงาน สำหรับการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1-4 ตามลำดับ

สำหรับวิธีการที่ 2 คือวิธีของ Kilbridge และ Wester ซึ่งมีการรวมขั้นตอนงานก่อนทำการจัดสรรกำลังคนให้มีเวลาใกล้รอบเวลาการผลิตมากที่สุดโดยคนงานได้รับการฝึกสอนขั้นตอนงานใหม่เพื่อให้มีเวลาการทำงานใกล้เคียงเวลามาตรฐาน และเวลามาตรฐานลดลงเป็นเส้นตรงเมื่อมีจำนวนคนงานเพิ่มขึ้นนั้น หากอัตราการผลิตที่ต้องการคือ 80 เปอร์เซนต์ของอัตราผลผลิตสูงสุดของเครื่องบรรจุ จะจัดคนงานเพียง 10 11 12 และ 11 คนลงในสถานีงานจำนวน 4 4 6 และ 4 สถานีงาน สำหรับการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1-4 ตามลำดับ

วิธีการจัดสมดุลวิธีสุดท้ายที่นำเสนอคือ บัคเกต บริเกดส์ ซึ่งไม่มีการแบ่งสถานีงานในการทำงาน จึงต้องมีการฝึกสอนเพื่อให้พนักงานสามารถทำงานในทุกขั้นตอนได้ พบว่าหาก

อัตราการผลิตที่ต้องการคือ 80 เปอร์เซนต์ของอัตราผลผลิตสูงสุด จะจัดคนงานเพียง 10 11 สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 และ 3 เท่านั้น

จากการเปรียบเทียบผลการจัดสมดุลสายการผลิตโดยวิธีการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม วิธีของ Kilbridge และ Wester และวิธีบัคเกต บริเกดส์ จากการทดลองจริงพบว่าการจัดสมดุลสายการผลิตโดยวิธีของ Kilbridge และ Wester จะใช้จำนวนสถานีงานน้อยกว่าวิธีการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม 2-3 สถานีงาน เมื่อพิจารณาสายการผลิตผลิตภัณฑ์ทุกแบบ โดยได้อัตราผลผลิตเพิ่มขึ้นเฉลี่ยประมาณ 14.83 เปอร์เซนต์ และอัตราการเพิ่มขึ้นแปรผกผันกับจำนวนคนงานคือเมื่อมีจำนวนคนงานเพิ่มขึ้นเปอร์เซนต์การเพิ่มขึ้นจะค่อย ๆ ลดลง และเมื่อพิจารณาวิธีบัคเกต บริเกดส์ในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ 1 และ 3 พบว่าอัตราผลผลิตเพิ่มขึ้นจากวิธีการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม 25.11 เปอร์เซนต์ ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบเปอร์เซนต์อัตราผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากการทดลองจริงด้วยวิธีการจัดสมดุลทั้ง 3 วิธี สำหรับผลิตภัณฑ์ทุกแบบ เมื่อมีคนงานจำนวน 8-14 คน

จำนวนคนงาน	แบบที่ 1		แบบที่ 2	แบบที่ 3		แบบที่ 4	ค่าเฉลี่ย	
	จัดกำลังคน - Kilbridge (%)	จัดกำลังคน - Bucket (%)	จัดกำลังคน - Kilbridge (%)	จัดกำลังคน - Kilbridge (%)	จัดกำลังคน - Bucket (%)	จัดกำลังคน - Kilbridge (%)	จัดกำลังคน - Kilbridge (%)	จัดกำลังคน - Bucket (%)
8	17.30	32.55	40.75	22.71	43.02	37.35	29.53	37.79
9	2.70	19.95	17.40	10.15	37.83	18.06	12.08	28.89
10	7.25	27.67	13.29	15.46	36.64	14.24	12.56	32.16
11	25.04	30.48	16.26	0.69	21.46	20.91	15.72	25.97
12	13.05	18.11	22.65	11.71	25.88	14.09	15.37	22.00
13	6.28	7.82	21.00	16.90	24.26	13.14	14.33	16.04
14	0.48	1.63	1.66	12.57	24.21	2.04	4.19	12.92
เฉลี่ย (%)	10.30	19.74	19.00	12.88	30.47	17.12	14.83	25.11

5.1.2 ผลจากแบบจำลองปัญหา

ผลจากแบบจำลองปัญหาสามารถสรุปได้ดังนี้

1. วิธีการจัดสมดุลสายการผลิต มีผลต่อประสิทธิภาพสายการผลิต อัตราผลผลิต และเปอร์เซ็นต์อรรถประโยชน์ของคนงาน โดยการจัดสมดุลสายการผลิตโดยวิธีบัคเกต บริเกดส์ ทำให้ได้ประสิทธิภาพสายการผลิตที่สูงกว่า จำนวนผลผลิตที่มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการจัดสมดุลอื่น ๆ และเปอร์เซ็นต์อรรถประโยชน์ของคนงานแต่ละคนใกล้เคียงกัน

2. อัตราผลผลิตของวิธีบัคเกต บริเกดส์ แปรผันตามจำนวนคนงานเป็นความสัมพันธ์แบบเส้นตรง ในขณะที่วิธีการทำงานแบบแบ่งสถานีงาน ได้แก่ การจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม และวิธีของ Kilbridge – Wester อัตราผลผลิตมีความสัมพันธ์เป็นขั้นบันได

3. การคัดเลือกคนงานลงสายการผลิตเพื่อเปรียบเทียบอัตราผลผลิตของวิธีบัคเกต บริเกดส์ กับวิธีจัดสมดุลอื่น ๆ นั้น จะจัดให้มีจำนวนคนงานกลุ่มเร็ว และช้าอย่างละเท่า ๆ กัน เช่น กรณีต้องการคนงาน 8 คน สามารถเลือกคนงานกลุ่มเร็ว และช้า กลุ่มละ 2 คน และคนงานกลุ่ม กลาง 4 คน หรือ เลือกคนงานกลุ่มเร็ว และช้า กลุ่มละ 3 คน และคนงานกลุ่ม กลาง 2 คน ซึ่งจะให้อัตราผลผลิตใกล้เคียงกัน ยอมรับได้ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยการทดสอบแบบ t-test

4. อัตราผลผลิตในชั่วโมงแรกของสายการผลิตที่จัดสมดุลโดยวิธีการจัดกำลังในสายการผลิตดั้งเดิม วิธีของ Kilbridge และ Wester และวิธีบัคเกต บริเกดส์นั้นน้อยกว่าอัตราผลผลิตในชั่วโมงที่ 2 หลังจากเปิดสายการผลิตอยู่ 14.60 15.51 และ 16.01 เปอร์เซนต์ตามลำดับ

5. จำนวนคนงานและสถานีงานหากอัตราผลผลิตที่ต้องการคือ 80 เปอร์เซนต์ของอัตราผลผลิตสูงสุดสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการทดลองจริงคือ 1) วิธีจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม โดยจัดคนงานจำนวน 12 13 14 และ 12 คนลงในสถานีงานจำนวน 6 7 8 และ 7 สถานีงาน สำหรับการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1-4 ตามลำดับ 2) วิธีของ Kilbridge และ Wester โดยจัดคนงาน 10 11 12 และ 11 คนลงในสถานีงานจำนวน 4 4 6 และ 4 สถานีงาน สำหรับการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์แบบที่ 1-4 ตามลำดับ และ 3) วิธีบัคเกต บริเกดส์ โดยจัดคนงานเพียง 10 11 สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์แบบที่ 1 และ 3 ตามลำดับ

6. เปรียบเทียบอัตราผลผลิตจากการจัดสมดุลทิศทางการเพิ่มขึ้นของอัตราผลผลิตเป็นไปแบบเดียวกับผลจากการทดลองจริง โดยได้อัตราผลผลิตโดยวิธีของ Kilbridge และ Wester เพิ่มขึ้น 15.69 เปอร์เซนต์ จากวิธีการจัดกำลังคนในสายการผลิตดั้งเดิม และเมื่อพิจารณาวิธีบัคเกต บริเกตพบว่าอัตราผลผลิตเพิ่มขึ้นจากวิธีการจัดกำลังคนในสายการผลิตประมาณ 33 เปอร์เซนต์ ดังแสดงในตารางที่ 5.2 ทั้งนี้พบว่าเมื่อจำนวนคนเพิ่มมากขึ้น ผลจากแบบจำลองให้ผลดีกว่าการทดลองจริงอยู่มาก เนื่องจากในการทดลองจริงอาจมีข้อจำกัดในด้านพื้นที่ทำงาน ทำให้คนงานทำงานลำบากขึ้นกว่าปกติ แต่สมมุติฐานของแบบจำลองกำหนดว่า มีพื้นที่ทำงานเพียงพอกับจำนวนคนงานทั้งหมด

ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบเปอร์เซนต์อัตราผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากผลของแบบจำลองด้วยวิธีการจัดสมดุลทั้ง 3 วิธีสำหรับผลิตภัณฑ์ทุกแบบ เมื่อมีคนงานจำนวน 8-14 คน

จำนวนคนงาน	แบบที่ 1		แบบที่ 2		แบบที่ 3		แบบที่ 4		เฉลี่ยรวมผลิตภัณฑ์ทุกแบบ	
	จัดกำลังคน-Kilbridge (%)	จัดกำลังคน-Bucket (%)	จัดกำลังคน-Kilbridge (%)	จัดกำลังคน-Bucket (%)	จัดกำลังคน-Kilbridge (%)	จัดกำลังคน-Bucket (%)	จัดกำลังคน-Kilbridge (%)	จัดกำลังคน-Bucket (%)	จัดกำลังคน-Kilbridge (%)	จัดกำลังคน-Bucket (%)
8	17.30	34.47	37.05	56.66	26.24	47.97	41.35	57.72	30.49	49.21
9	0.93	21.88	17.40	41.95	0.91	35.78	17.17	43.27	9.10	35.72
10	11.16	29.92	15.44	33.29	16.97	36.13	11.86	32.82	13.86	33.04
11	25.04	35.35	16.26	36.94	0.69	22.93	20.41	37.19	15.60	33.10
12	16.78	26.72	24.28	41.09	11.71	28.39	16.94	36.24	17.43	33.11
13	5.43	19.07	21.00	33.64	24.34	31.46	21.08	35.27	17.96	29.86
14	0.15	18.92	5.61	26.26	9.05	22.18	6.83	27.74	5.41	23.78
เฉลี่ย	10.97	26.62	19.58	38.55	12.84	32.12	19.38	38.61	15.69	33.97

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากงานวิจัยนี้ศึกษาใน 2 ส่วนคือการจัดสมดุลสายการผลิต และการจัดทำแบบจำลอง ข้อเสนอแนะจึงนำเสนอเป็น 2 ส่วนดังนี้

5.2.1 ข้อเสนอแนะด้านการจัดสมดุลสายการผลิต

ถึงแม้ว่าการจัดสมดุลสายการผลิตโดยวิธีบัคเกต บริเกดส์จะให้อัตราผลผลิตสูงสุด แต่การที่จะตัดสินใจจัดสายการผลิตแบบนี้ต้องขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลด้วย เช่น ความสามารถของพนักงาน ความล้าของพนักงานที่จะต้องมีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา เป็นต้น ซึ่งนโยบายด้านการจูงใจ มีผลโดยตรงต่อการทำงานด้วยวิธีนี้ เนื่องจากคนงานจะรู้สึกตื่นตัว กระตือรือร้น ในระยะแรกของการทดลอง แต่เมื่อทำได้ระยะหนึ่งจะรู้สึกเหนื่อย ล้า และรู้สึกว่าตนเองต้องทำงานเพิ่มขึ้น จึงไม่ต้องการเปลี่ยนแปลงวิธีทำงาน

ข้อมูลด้านเวลาการผลิต ควรมีการปรับปรุงให้ทันสมัยอยู่เสมอ เพื่อปรับปรุงแผนการผลิตได้อย่างเหมาะสม เนื่องจากในปัจจุบันมีความแตกต่างของปริมาณความต้องการผลิตภัณฑ์ค่อนข้างมากในแต่ละช่วงเวลาของปี

5.2.2 ข้อเสนอแนะด้านการจัดทำแบบจำลอง

แบบจำลองสายการผลิตเพื่อวิเคราะห์การจัดสมดุลสายการผลิตควรถูกเพิ่มเติมข้อมูลสำหรับสายการผลิตอื่น ๆ ให้สามารถใช้ได้ทุกสายการผลิต เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ภาพรวมจำนวนคนงานที่ต้องการในแต่ละช่วงเวลาของบริษัทได้ดีกว่าวิเคราะห์เพียงแค่สายการผลิตเดียว และหากสายการผลิตอื่น ๆ ที่แต่ละสถานีงานมีระยะทางห่างกันพอสมควร ควรมีการใส่ข้อมูลเวลาการเดินทางเพื่อความถูกต้องของแบบจำลอง

ในงานวิจัยนี้ไม่ได้ศึกษาถึงเรื่องขนาดบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมระหว่างสถานีงานอันเนื่องมาจากข้อจำกัดในด้านพื้นที่ของสายการผลิต ซึ่งจะส่งผลให้การไหลของงานไม่สม่ำเสมอ และรอบเวลาการผลิตไม่คงที่ทำให้ไม่สามารถผลิตสินค้าได้ตามอัตราผลผลิตที่ตั้งไว้ และรูปแบบเวลาการทำงานที่นำมาพิจารณาเป็นเพียงเวลาเมื่อสายการผลิตเข้าสู่สมดุล ซึ่งไม่สามารถบ่งบอกถึงอัตราผลผลิตรวมทั้งหมดได้ หัวหน้างานจึงต้องมีการเพิ่มเวลาเผื่อสำหรับการนำไปใช้

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

นภิส ชุณห์ศรี. การจัดสมดุลสายการผลิตแบบประกอบ: กรณีศึกษาโรงงานผลิตฮาร์ดดิสก์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

นิสา ชัยนภาพร. การจัดสมดุลสายการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิตในโรงงานเก้าอี้ทันตกรรม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

พิภพ ลลิตาภรณ์. ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น), 2547.

วันชัย ริจิรวนิช. การศึกษาการทำงานหลักการและกรณีศึกษา. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์, 2545.

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. การจำลองแบบปัญหา. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์, 2542.

หฤทัย ศุภพฤกษพงศ์. การจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์โดยการจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

อัญชลี จินดาฤกษ์. การเพิ่มผลิตภาพแรงงานในโรงงานเบเกอรี่. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

ภาษาอังกฤษ

Armbruster, D. and Gel, E.S. (in press, a). Bucket brigades when worker speeds do not dominate each other uniformly. Operations Research. 2002.

Armbruster, D. and Gel, E.S. (in press, b). Bucket brigades revisited: Are they always effectives?. European Journal of Operational Research. 2004.

Armbruster, D., Gel, E.S. and Murakami, J. Bucket brigades with worker learning. 2004. (Working paper)

Bartholdi, J. J., and Eisenstein, D. D., Jacob-Blejcha, C. and Ratcliff, H.D. (1995). Design of bucket brigade production line. (www.isye.gatech.edu/~jjb, May 2002)

Bratcu, A. and Dolgui A. A survey of the self - balancing production line ("Bucket Brigades"). Journal of Intelligent Manufacturing 16 (2005): 139-158.

Becker, C. and Scholl A. A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing. European Journal of Operational Research. 168 (2006): 694-715.

Harrell, C., Ghosh, B.K. and Bowden, O.R. Simulation using ProModel. 2nd ed. Singapore : McGraw-Hill, 2003.

Ignall, E.J. Review of assembly line balancing. Journal of Industrial Engineering. 15(4) (1965): 244-254.

Law, A.M. and Kelton, W.D. Simulation modeling and analysis. 3rd ed. Singapore : McGraw-Hill, 2000.

Munoz, L.F and Vilialobos, J.R. Worker allocation strategies for serial assembly lines under high labor turnover. International Journal of Production Research 40(8) (2002): 1835-1852.

Niebel, B. and Freivalds, A. Methods, Standards, and Work Design. 10th ed. Singapore : McGraw-Hill, 1999.

WWW 1 www.isye.gatech.edu/faculty/John_Bartholdi/bucket-brigades/resources.html

WWW 2 www.tli.gatech.edu/research/casestudy/cs.cfm

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ประวัติกรณีศึกษา

ประวัติกรณีศึกษา

บริษัท จัสท์โมเดิร์น ไทยแลนด์ จำกัด เริ่มก่อตั้งเมื่อวันที่ 25 พฤศจิกายน พ.ศ. 2519 ปัจจุบันเปลี่ยนชื่อใหม่เป็นบริษัท เจ.เอ็ม.ที ลาบอเรตอรีส จำกัด โดยย่อมาจาก Just Modern Thailand เมื่อวันที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2525 โดยมีสำนักงานใหญ่ตั้งอยู่เลขที่ 20/2 หมู่ 6 ถนนบางขุนเทียน-ชายหาดทะเล แขวงแสมดำ เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ และสำนักงานสาขาที่จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเริ่มก่อตั้งเมื่อวันที่ 3 พฤษภาคม พ.ศ. 2547 ตั้งอยู่เลขที่ 200 หมู่ที่ 10 ถนนมิตรภาพ โคราช - พิมาย ตำบลโตนด อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา โดยมี บริษัทในเครือ 4 บริษัท คือ

1. บริษัท เจ.เอ็ม.ที. ลาบอเรตอรีส จำกัด
2. บริษัท พี.ซี.แอล. จำกัด
3. บริษัท อิโนวา คอสเมติกส์ รีเซิร์ส จำกัด
4. บริษัท โกลบอล คอสเมติกส์ รีเซิร์ส จำกัด

<u>ผลิตภัณฑ์ของบริษัท</u> บริษัทผลิต ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางเกี่ยวกับเส้นผม บำรุงเส้นผมและปรับแต่งเส้นผม ได้แก่ แชมพู ครีมนวด ยาย้อม ยาดัด โฟม มูส เจล โคลนมักผม อาหารผม เป็นต้น

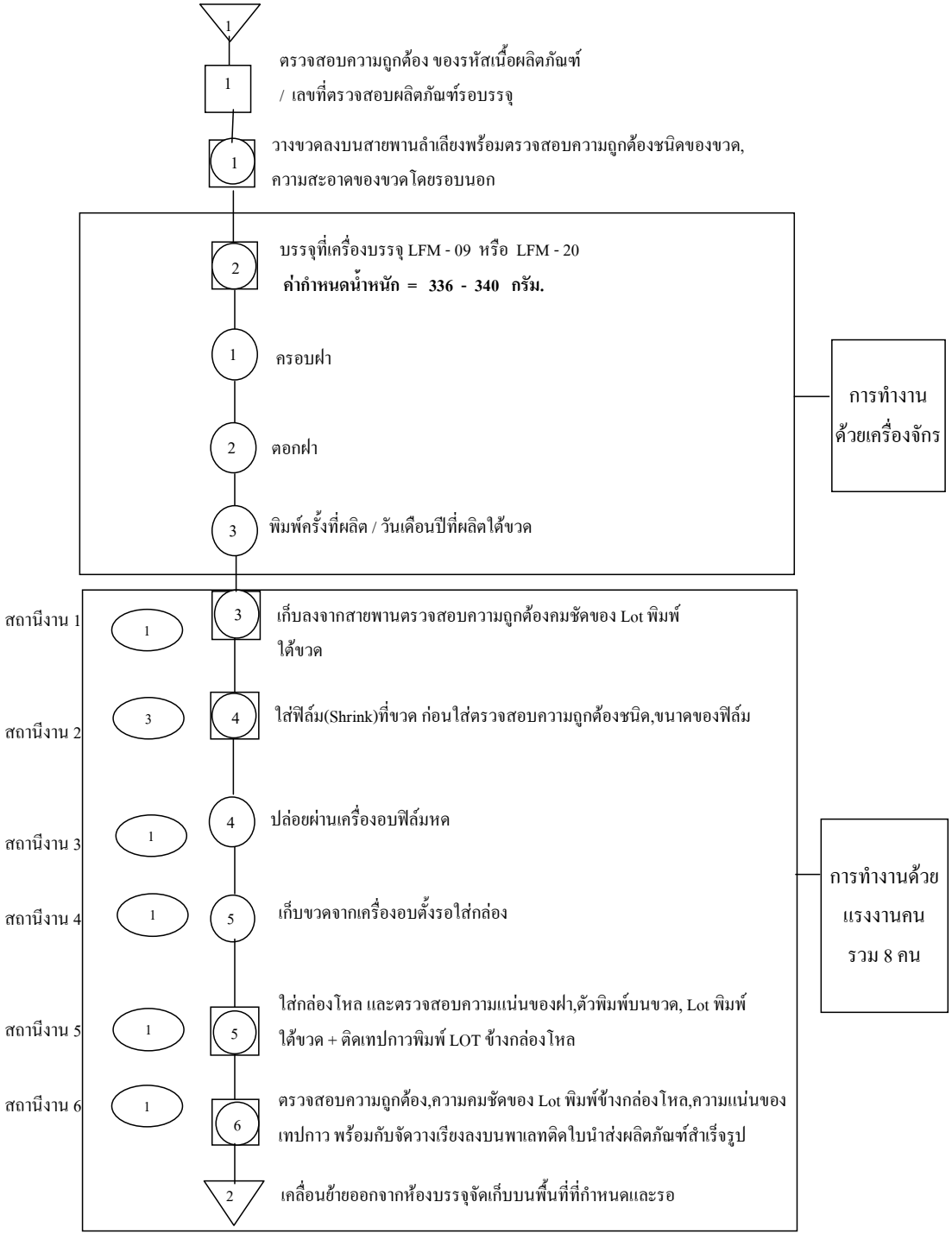
<u>ยี่ห้อของผลิตภัณฑ์</u>ได้แก่ แคริ่ง (Caring) , ไอลี่ (Aily), จัสท์โมเดิรน์ (Just Modern) และทิปท้อป (Tip Top)

ภาคผนวก ข

ขั้นตอนการบรรจุผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง

แบบบรรจุภัณฑ์ที่ 1 ได้แก่ **น้ำมันเซ็ทผมแคริ่งขาว 350 มล.**

การบรรจุน้ำมันเซ็ทผมแคริ่งขาว 350 มล.

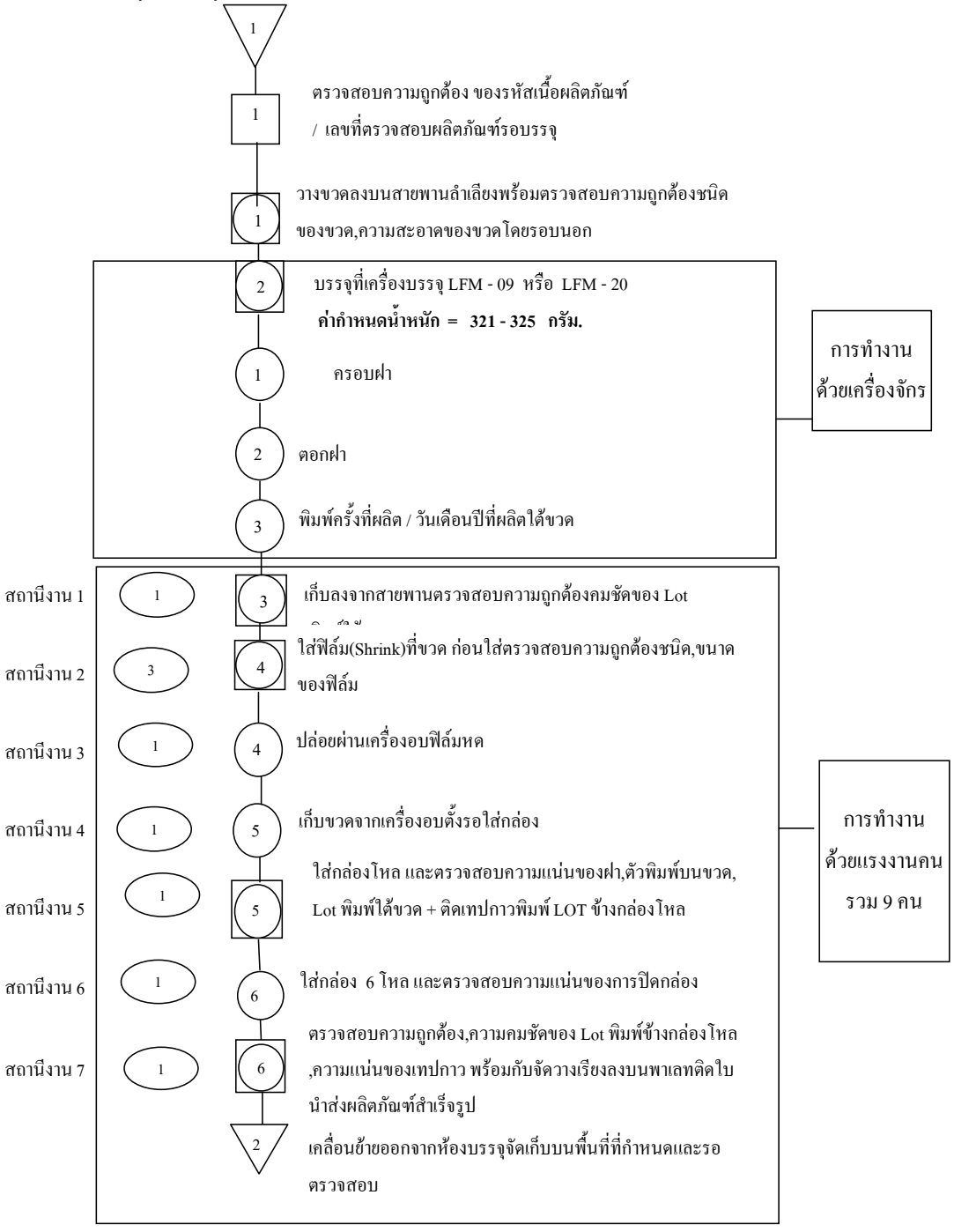


รูปที่ ข.1 ขั้นตอนการบรรจุผลิตภัณฑ์น้ำมันเซ็ทผมแคริ่งขาว 350 ml.

หมายเหตุ ⬭ คือ จำนวนคนงานที่ใช้ในสถานีนั้น ๆ ขั้นตอนสุดท้ายเป็นส่วนของพนักงานกลางดำเนินการ

แบบบรรจุภัณฑ์ที่ 2 ได้แก่ **<u>โลชั่นบำรุงผมแคริ่งมอยส์เจอร์ไรเซอร์ โลตัส 330 มล.</u>**

การบรรจุโลชั่นบำรุงผมแคริ่งมอยส์เจอร์ไรเซอร์ โลตัส

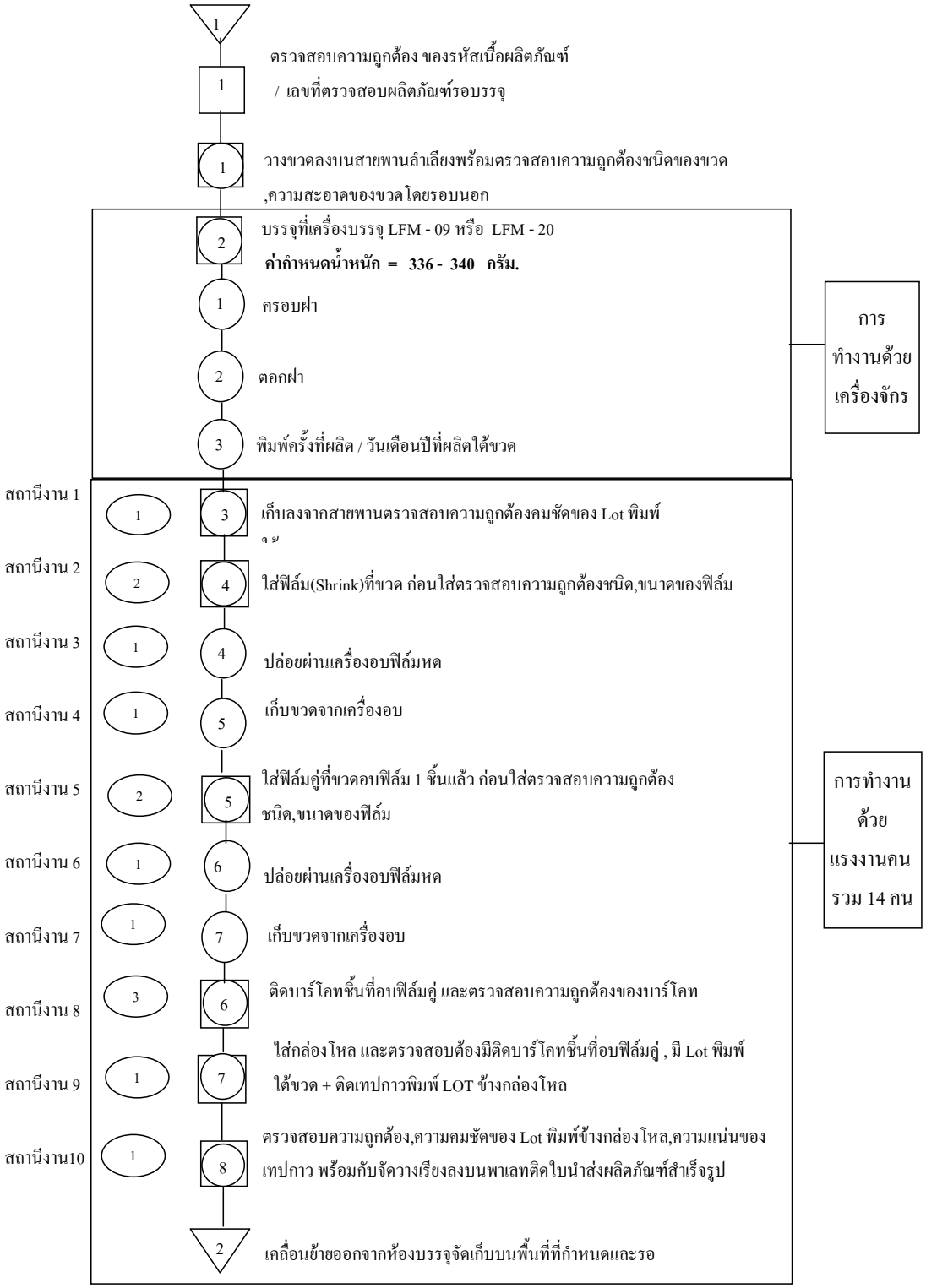


<u>รูปที่ ข.2</u> ขั้นตอนการบรรจุผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผมแคริ่งมอยส์เจอร์ไรเซอร์ โลตัส 330 มล.

<u>หมายเหตุ</u> ⬭ คือ จำนวนคนงานที่ใช้ในสถานีนั้น ๆ ขั้นตอนสุดท้ายเป็นส่วนของพนักงานกลางดำเนินการ

แบบบรรจุภัณฑ์ที่ 3 ได้แก่ **น้ำมันเซ็ทผมแคริ่งขาว (แม็คโคร) 350 มล.**

การบรรจุน้ำมันเซ็ทผมแคริ่งขาว (แม็คโคร) 350 มล.

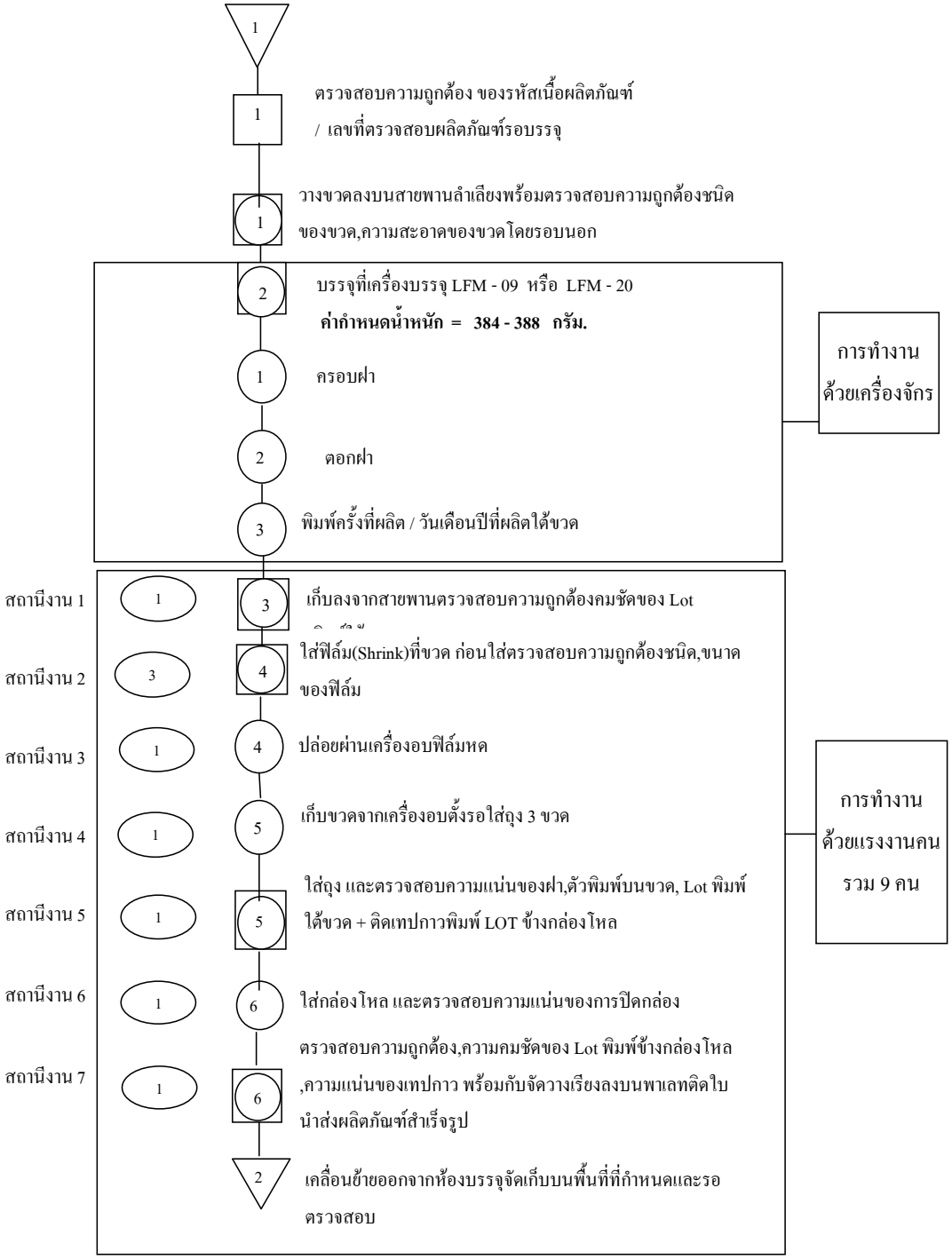


รูปที่ ข.3 ขั้นตอนการบรรจุผลิตภัณฑ์น้ำมันเซ็ทผมแคริ่งขาว (แม็คโคร) 350 มล.

หมายเหตุ ⬭ คือ จำนวนคนงานที่ใช้ในสถานีนั้น ๆ ขั้นตอนสุดท้ายเป็นส่วนของพนักงานกลางดำเนินการ

แบบบรรจุภัณฑ์ที่ 4 ได้แก่ น้ำมันเซ็ทผมทิปทอป 400 มล.

การบรรจุน้ำมันเซ็ทผมทิปทอป 400 มล.



รูปที่ ข.4 ขั้นตอนการบรรจุผลิตภัณฑ์น้ำมันเซ็ทผมทิปทอป 400 มล.

หมายเหตุ ( ) คือ จำนวนคนงานที่ใช้ในสถานีนั้น ๆ ขั้นตอนสุดท้ายเป็นส่วนของพนักงานกลางดำเนินการ

ภาคผนวก ค

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ตารางที่ ค.1 แบบฟอร์มบันทึกเวลาการทำงาน

ข้อมูลการบันทึกการจับเวลาในสายการผลิต (Line Balancing)

ชื่อผลิตภัณฑ์ รหัสผลิตภัณฑ์ รหัสเนื้อ

P/O ผสม P/O บรรจุ ว/ด/ป ที่บรรจุ

ปริมาณ เนื้อ/น้ำยา จำนวนที่ผลิต ครั้งที่ผลิต

ห้องบรรจุ สายพานที่ ขนาด

รายละเอียดของสายการผลิต

จำนวนพนักงานในสายการผลิต คน

จำนวนสถานี (Station) สถานี

เวลาเตรียมงาน ชั่วโมง นาที

สถานี	จำนวน	รายละเอียด	หน่วยวัด	จำนวนครั้งที่ทำการจับเวลา							Cycle
งาน	พนักงาน	ของงาน	(sec.)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ค่าเฉลี่ย	เวลา/ชิ้น	Time

JMT	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน การบรรจุผลิตภัณฑ์	รหัส PF-01 หน้าที่ 4 / 12 เอกสารชุดที่ 2 แก้ไขครั้งที่ - ประกาศใช้วันที่ 15 มีนาคม 2548 เลขที่ผู้ครอบครอง

1.ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ผังความสัมพันธ์ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

สัญลักษณ์ : เริ่มต้น/สิ้นสุด, กระบวนการ, พิจารณา, จุดเชื่อมโยง

ลำดับ	ผู้รับผิดชอบ / กระบวนการ	แผนกวางแผนการผลิต	หัวหน้าแผนกบรรจุ	หัวหน้างานบรรจุ	หัวหน้าหน่วยเตรียมงาน	พนักงานเตรียมงานบรรจุ	หัวหน้าหน่วยบรรจุ	พนักงานบรรจุ	พนักงานรับบรรจุภัณฑ์	พนักงานธุรการบรรจุ	แผนกบรรจุภัณฑ์	แผนกผสม	แผนกประกันคุณภาพ	แผนกวิศวกรรม	แผนกทรัพยากรบุคคล	คลังสินค้า PCL	เอกสารอ้างอิง
1.1	รับใบสั่งผลิตสินค้า																
1.2	ตรวจสอบความพร้อมก่อนการบรรจุแล้วแจ้งข้อมูลกลับ																FF-34
1.3	รับแผนการบรรจุผลิตภัณฑ์และตรวจสอบแผนการผลิตพร้อมมอบหมายงานให้หัวหน้างาน																FP-02, SF-01, FE-09
1.4	จัดทำแผนการบรรจุประจำสัปดาห์และกระจายแผนการบรรจุ																FP-02, FF-32, FF-01
1.5	ตรวจรับบรรจุภัณฑ์							No / Yes / NC									FK-04, WF-09, FP-02, FF-04
1.6	รับบรรจุภัณฑ์เข้าที่เก็บบรรจุภัณฑ์ย่อย																WF-10
1.7	รับใบแจ้งการผสมและตรวจรับเนื้อผลิตภัณฑ์รอบรรจุ								No / Yes								FM-04, FF-19, FQ-W02, WF-15
								A									

JMT	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน การบรรจุผลิตภัณฑ์	รหัส PF-01 หน้าที่ 5/ 12 เอกสารชุดที่ 2 แก้ไขครั้งที่ - ประกาศใช้วันที่ 15 มีนาคม 2548 เลขที่ผู้ครอบครอง

6.ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (ต่อ)

ผังความสัมพันธ์ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

สัญลักษณ์ : เริ่มต้น/สิ้นสุด, กระบวนการ, พิจารณา, จุดเชื่อมโยง

ลำดับ	ผู้รับผิดชอบ / กระบวนการ	แผนกวางแผนการผลิต	หัวหน้าแผนกบรรจุ	หัวหน้างานบรรจุ	หัวหน้าหน่วยเตรียมงาน	พนักงานเตรียมงานบรรจุ	หัวหน้าหน่วยบรรจุ	พนักงานบรรจุ	พนักงานรับบรรจุภัณฑ์	พนักงานธุรการบรรจุ	แผนกบรรจุภัณฑ์	แผนกผสม	แผนกประกันคุณภาพ	แผนกวิศวกรรม	แผนกทรัพยากรบุคคล	คลังสินค้า PCL	เอกสารอ้างอิง
										A							
1.8	เบิกบรรจุภัณฑ์และเนื้อผลิตภัณฑ์รอบรรจุพร้อมทำใบสั่งงาน																FM-04, FF-35, FF-02, FF-05, SF..-01
1.9	รับใบสั่งงานและกระจายการเตรียมงาน																FF-05
1.10	เตรียมงานก่อนการบรรจุ																WF-05, FF-05 , FF-06, FF-07
1.11	ตรวจสอบความถูกต้องของการเตรียมงาน			NC			No / Yes										FM-04 , FF-14, FF-05
1.12	การบรรจุ ควบคุมน้ำหนัก จัดรูปผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป																WF-12 , SQ-F02 ถึง SQ-F06, SQ-M0 FF-19, FF-14, PQ-02, FF-09 , SQ-F
1.13	รับผลการตรวจสอบคุณภาพระหว่างการบรรจุ พิจารณาผล		NC				No / Yes										FF-10, PC-01, FC-01
							B										

JMT	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน การบรรจุผลิตภัณฑ์	รหัส PF-01 หน้าที่ 6 /12 เอกสารชุดที่ 2 แก้ไขครั้งที่ - ประกาศใช้วันที่ 15 มีนาคม 2548 เลขที่ผู้ครอบครอง

6.ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (ต่อ)

ผังความสัมพันธ์ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

สัญลักษณ์ : เริ่มต้น/สิ้นสุด, กระบวนการ, พิจารณา, จุดเชื่อมโยง

ลำดับ	ผู้รับผิดชอบ / กระบวนการ	แผนกวางแผนการผลิต	หัวหน้าแผนกบรรจุ	หัวหน้างานบรรจุ	หัวหน้าหน่วยเตรียมงาน	พนักงานเตรียมงานบรรจุ	หัวหน้าหน่วยบรรจุ	พนักงานบรรจุ	พนักงานรับบรรจุภัณฑ์	พนักงานธุรการบรรจุ	แผนกบรรจุภัณฑ์	แผนกผสม	แผนกประกันคุณภาพ	แผนกวิศวกรรม	แผนกทรัพยากรบุคคล	คลังสินค้า PCL	เอกสารอ้างอิง
							B										
1.14	ติดใบนำส่งผลิตภัณฑ์-สำเร็จรูป																FF-10, FF-22, FF-23, FF-24, W FP-04, FF-30, FF-06, WF-08
1.15	เคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปและส่งมอบผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป																WF-03, WF-06, FF-31 FF-23, FF-15
1.16	ปิดProduction Order																WF-02, WF-04, FF-33
1.17	สรุปรายงาน																FF-11, FF-12, FF-13

รูปที่ ค.1 ขั้นตอนการทำงานของแผนกบรรจุ

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวกรองทอง งามณรงค์พงษ์เกิดเมื่อ 3 กันยายน พ.ศ. 2522 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสตรีวิทยา ในปีการศึกษา 2539 จากนั้นเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สำเร็จการศึกษาปริญญาบัณฑิตวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ในปีการศึกษา 2543 จากนั้นได้เข้าทำงานในบริษัท ฟาบริเนท จำกัด และในปี พ.ศ. 2547 ได้เข้าศึกษาต่อในระดับบัณฑิตศึกษาที่ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย