การปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซมแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์

นายธานินทร์ ศิลปนาฏ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

IMPROVING PRINTED CIRCUIT BOARD ASSEMBLY REPAIR PROCESS IN HARD DISK DRIVE INDUSTRY

Mr. Tanin Silapanad

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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 Engineering
Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซมแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์
โดย	นายธานินทร์ ศิลปนาฏ
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดาริชา สุธีวงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สีรง ปรีชานนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดาริชา สุธีวงศ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.นันทชัย กานตานันทะ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ธานินทร์ ศิลปนาฏ : การปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซมแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์. (IMPROVING PRINTED CIRCUIT BOARD ASSEMBLY REPAIR PROCESS IN HARD DISK DRIVE INDUSTRY) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร.ดาริชา สุธีวงศ์ ,159 หน้า.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซมแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นกระบวนการสนับสนุนการผลิตในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยในโรงงานกรณีศึกษาปัจจุบันกระบวนนี้ใช้การผลิตแบบผลัก ส่งผลให้มีระยะเวลานำในการซ่อมแซมแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยเฉลี่ยต่อแผ่นยาวนานและเกิดงานระหว่างทำในกระบวนการเป็นจำนวนมาก เนื่องจากกฎการปล่อยงานที่ไม่เหมาะสม รูปแบบการทำงานที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า และกระบวนการที่เป็นคอขวด จากปัญหาต่างๆดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้แบ่งการปรับปรุงแก้ไขปัญหาเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกคือ การแก้ไขปรับปรุงโดยนำระบบการบริหารการผลิตแบบลีน ซิกซ์ ซิกมา มาใช้ในการลดระยะเวลานำในการซ่อมแซมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการโดยวิธีการหลักที่นำมาใช้ได้แก่ การจัดการผลิตแบบไหลต่อเนื่องทีละชิ้น การจัดการทำงานที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า ผลที่ได้รับหลังการปรับปรุงกระบวนการ พบว่าสามารถลดระยะเวลานำโดยเฉลี่ยของการซ่อมแซมของ 2 ส่วนประกอบลดลง 54.72% และ 65.2% ตามลำดับ และทำให้จำนวนงานระหว่างทำเฉลี่ยของกระบวนการลดลง 81.65% ขั้นตอนที่สองคือ การแก้ไขปรับปรุงโดยมีการลงทุนในการซื้อเครื่องจักรเพิ่มเติม เพื่อช่วยในการจัดการกับคอขวดของกระบวนการโดยมีการทำแบบจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า เพื่อหาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมในการแก้ไขปัญหา ผลที่ได้จากแบบจำลองเหตุการณ์พบว่า โรงงานกรณีศึกษาควรลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่มจำนวน 1 เครื่อง จะสามารถลดระยะเวลานำได้เหมาะสมที่สุด และการลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่มมีความคุ้มค่าในการลงทุน และมีอัตราผลตอบแทนการลงทุนเท่ากับ 24.62% และระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 7.39 ปี

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต ธานินทร์ ศิลปนาฏ

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ดาริชา สุธีวงศ์

ปีการศึกษา 2553

#5171494521: MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS : LEAN SIX SIGMA / MANUFACTURING LEAD TIME REDUCTION / SIMULATION / PRINTED CIRCUIT BOARD ASSEMBLY REPAIR PROCESS / HARD DISK DRIVE INDUSTRY

TANIN SILAPANAD: IMPROVING PRINTED CIRCUIT BOARD ASSEMBLY REPAIR PROCESS IN HARD DISK DRIVE INDUSTRY.THESIS ADVISOR: ASST. PROF. DARICHA SUTIVONG, PH.D. , 159 pp.

This thesis aims to improve productivity of the Printed Circuit Board Assembly Repair Process, which is a supportive process in the hard disk drive production. Currently, the repair process is based on a push production, leading to a long lead time and extensive work-in-process. The specific problems include improper launching rules, non-value added activities and the bottleneck in the production line. As the first step of the solutions, the Lean Six Sigma approach has been applied to solve these problems and improve efficiency. The main tools consist of an application of One Piece Flow manufacturing and management of non-value added activities. Using the Lean Six Sigma, the lead time of two types of repair have been reduced by 54.72% and 65.2% and the average work-in-process has been reduced by 81.65%. The second step of the solutions involves the investment in a new machine in order to address the bottleneck of the production line. A simulation model has been constructed using ARENA simulation package to analyze an impact of adding more machines to the process. From simulation results, this factory should buy one new machine which can optimally reduce the lead time, and the investment has an internal rate of return (IRR) of 24.62% and payback period of 7.39 years.

Department : INDUSTRIAL ENGINEERING Student's Signature Tanin S.
Field of Study : INDUSTRIAL ENGINEERING Advisor's Signature Daricha Sutivong
Academic Year : 2010

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีต้องขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.ดาริชา สุธีวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูง ที่ท่านได้ให้ความรู้ให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ตลอดจนวางแผนและติดตามการทำงานวิจัยนี้อย่างใกล้ชิด ทำให้ผู้วิจัยได้เกิดแนวความคิดและมุมมองต่างๆ มากมายในการทำงานเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นตลอดระยะเวลาของการทำวิทยานิพนธ์ หากไม่มีท่านอาจารย์คอยช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ แล้ววิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่สำเร็จลงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สีรง ปรีชานนท์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ และ ท่านอาจารย์ ดร.นันทชัย กานตานันทะ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ทางวิชาการ คำแนะนำและการอบรมข้าพเจ้าด้วยดีตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาอยู่ในสถาบันการศึกษาแห่งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณธวัชชัย วงศ์ภิญโญจิต และ คุณเชาวลิต ส้มแก้ว ที่ให้ความช่วยเหลือทุกอย่างให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวทุกคน ที่ให้การสนับสนุนทางด้านการศึกษาด้วยดีตลอดมา ขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือเวลาพบปัญหาต่างๆ และช่วยให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจทุกท่าน และเป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อไปในอนาคต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฐ

สารบัญภาพ..... ฒ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา..... 1

1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.3 แนวคิดและวิธีการดำเนินงาน..... 5

1.4 วัตถุประสงค์..... 8

1.5 ขอบเขตของการวิจัย..... 8

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน..... 9

1.7 ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย..... 10

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 11

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 12

2.1 ลีนและซิกซ์ซิกมา..... 12

2.2 ระบบการผลิตแบบลีน..... 14

2.2.1 มุมมองของลีน (Lean Perspective)..... 14

2.2.2 ผังกระบวนการระดับสูง (SIPOC)..... 15

2.2.3 การปรับปรุงพื้นที่ทำงานด้วยกิจกรรม 5 ส..... 15

2.2.4 การปรับปรุงการวางผังพื้นที่ทำงาน (Plan Layout)..... 16

2.2.5 ความสูญเปล่า 7 ประการ..... 17

2.2.6 แนวคิดของระบบการผลิตแบบลีน..... 18

2.2.7 แผนภาพสายธารคุณค่า (Value Stream Mapping: VSM)..... 19

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

2.2.8 การผลิตแบบไหลต่อเนื่องทีละชิ้น (One Piece Flow)..... 19
2.2.9 การควบคุมการผลิตแบบลีน..... 20
2.2.10 การฝึกอบรมพนักงานข้ามสายงาน (Cross Trained Workforce)..... 22
2.2.11 งานที่เป็นมาตรฐาน (Standard Work)..... 23
2.3 การจำลองแบบปัญหา (Simulation)..... 23
2.4 การทดสอบสมมติฐาน (Test of Hypotheses)..... 26
2.4.1 ความหมายของสมมติฐานทางสถิติ..... 26
2.4.2 การตั้งสมมติฐานทางสถิติ..... 26
2.4.3 หลักเกณฑ์ในการตั้งสมมติฐาน..... 27
2.4.4 ความผิดพลาดในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ..... 27
2.4.5 ประเภทของการทดสอบสมมติฐาน..... 28
2.4.6 ขั้นตอนการทดสอบสมมติฐาน..... 30
2.4.7 การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับผลต่างค่าเฉลี่ยของสองประชากร (Two Sample Tests of Hypothesis)..... 31
2.5 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Analysis)..... 37
2.5.1 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่าย..... 37
2.5.2 การวิเคราะห์ผลประโยชน์ตอบแทน..... 38
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 41
2.6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับลีน ซิกซ์ ซิกมา (Lean Six Sigma)..... 41
2.6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Analysis)..... 42

บทที่ 3 การนิยามปัญหา (Define Phase)..... 44
3.1 ความต้องการของกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Customer Requirement) 44
3.2 การสำรวจระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBAและการสร้างสายธารคุณค่า..... 45
3.3 การจัดตั้งทีมงานและกำหนดปัญหา..... 46
3.4 แผนผังกระบวนการระดับสูง (SIPOC Map)..... 47
3.5 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับกระบวนการซ่อมแซม PCBA..... 49
3.5.1 คำจำกัดความ..... 49

หน้า

3.5.2 เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการซ่อมแซม PCBA..... 49
3.5.3 แผนผังกระบวนการซ่อมแซม PCBA..... 50
3.5.4 เส้นทางการเดินของ PCBA (Spaghetti Diagram)..... 51
3.6 ระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA (PCBA Repair Lead Time)..... 51
3.7 จำนวนชั่วโมงการทำงานของพนักงาน (Work Hours)..... 52
3.8 ผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA (PCBA Repair Process Productivity)..... 52
3.9 ปริมาณงานระหว่างทำ (Work In Process)..... 52

บทที่ 4 การวัดสภาพของปัญหา (Measure Phase)..... 53
4.1 แนวทางการวัดและเก็บข้อมูลเบื้องต้น..... 53
4.2 ข้อมูลเกี่ยวกับระยะเวลานำในการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 และ แผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1..... 54
4.3 ข้อมูลเกี่ยวกับชั่วโมงการทำงานของพนักงาน..... 56
4.4 ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA โดยรวม..... 57
4.5 ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภาพการทำงานของแต่ละกระบวนการ..... 58
4.6 ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณงานระหว่างทำ..... 62
4.7 สรุปผลการวัดข้อมูลเบื้องต้น..... 64

บทที่ 5 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)..... 65
5.1 การวิเคราะห์ 4M..... 66
5.2 การวิเคราะห์แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart)..... 67
5.3 การสร้างแผนภูมิกลุ่มเชื่อมโยงหรือผังกลุ่มเครือญาติ (Affinity Diagram)..... 69
5.4 ผังความสัมพันธ์ (Relation Diagram)..... 73
5.5 การพิจารณาเลือกสาเหตุของปัญหาเพื่อทำการปรับปรุงแก้ไข..... 76
5.6 การนำสาเหตุมาหาแนวทางปรับปรุงแก้ไข..... 82
5.7 สรุปแนวทางการแก้ไขปัญหา..... 87

หน้า

บทที่ 6 การปรับปรุงแก้ไขปัญหา (Improve Phase) โดยไม่มีการลงทุนเพิ่ม..... 89
6.1 การลดกระบวนการที่สูญเปล่าของกระบวนการซ่อมแซม PCBA..... 89
6.2 การปรับปรุงผังการผลิตของกระบวนการซ่อมแซม PCBA..... 91
6.3 วิธีการผลิตแบบไหลต่อเนื่องทีละชิ้น (One Piece Flow)..... 93
6.4 การจัดทำเอกสารวิธีการทำงานมาตรฐาน..... 95
6.5 การจัดทำแผนฝึกอบรมพนักงานข้ามสายงาน..... 86
6.5.1 ช่วงก่อนการฝึกอบรมพนักงานข้ามสายงาน..... 97
6.5.2 ช่วงดำเนินการฝึกอบรมพนักงานข้ามสายงาน..... 99
6.5.3 ช่วงหลังการฝึกอบรมพนักงานข้ามสายงาน..... 99
6.6 การแก้ไขปัญหากระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยพนักงาน..... 101
6.7 ผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุงแก้ไขปัญหาทั้งหมด..... 102
6.7.1 ระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA (PCBA Repair Lead Time)..... 102
6.7.2 จำนวนชั่วโมงการทำงานของพนักงาน (Work Hours)..... 103
6.7.3 ผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA (PCBA Repair Process Productivity)..... 105
6.7.4 ปริมาณงานระหว่างทำ (Work In Process)..... 107

บทที่ 7 การปรับปรุงแก้ไขปัญหา (Improve Phase) โดยมีการลงทุนเพิ่ม..... 110
7.1 การวิเคราะห์ระยะเวลานำที่ลดลงโดยการจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า..... 111
7.2 การตั้งข้อกำหนดของแบบจำลองเหตุการณ์..... 114
7.3 การกำหนดตัววัดผล..... 114
7.4 วิธีการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในแบบจำลองเหตุการณ์..... 114
7.5 การวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้า (Input Analyzer) ในแต่ละกระบวนการ..... 115
7.6 การสร้างแบบจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า..... 117
7.7 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเหตุการณ์ (Model Validation)..... 117
7.7.1 การทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำของการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ในแต่ละกระบวนการและระยะเวลานำโดยรวม..... 118
7.8 ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า..... 121

หน้า

7.9 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน..... 124
7.9.1 วิธีที่ใช้ในการประเมินความคุ้มค่า..... 124
7.9.2 ต้นทุนในการสั่งซื้อเครื่องจักร..... 124
7.9.3 การวิเคราะห์ผลตอบแทนจากการลงทุน..... 125
7.9.4 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน..... 129
7.10 การตัดสินใจลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่ม..... 131
7.11 สรุปผลประโยชน์ตอบแทนของการซื้อเครื่องจักรเพิ่ม..... 133
7.4.1 ผลประโยชน์ตอบแทนทางตรง (Direct Benefit)..... 133
7.4.2 ผลประโยชน์ตอบแทนทางอ้อม (Indirect Benefit)..... 133

บทที่ 8 การควบคุม (Control Phase)..... 134
8.1 การวางแผนเพื่อกำหนดตัวควบคุมผลการดำเนินงานของกระบวนการซ่อมแซม PCBA.... 134
8.1.1 การกำหนดเป้าหมายและเปอร์เซ็นต์ต่ำที่สุดที่สามารถยอมรับได้ของเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการส่งคืน PCBA ให้กับกระบวนการผลิต..... 134
8.1.2 การกำหนดเป้าหมายและค่าสูงสุดที่สามารถยอมรับได้ของระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA ในแต่ละกระบวนการและระยะเวลานำโดยรวม..... 135
8.1.3 การกำหนดเป้าหมายและค่าต่ำที่สุดที่สามารถยอมรับได้ของผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ต่อวัน..... 136

บทที่ 9 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 138
9.1 สรุปผลการวิจัย..... 138
9.1.1 สรุปผลการแก้ไขปัญหาเพื่อลดระยะเวลานำในกระบวนการซ่อมแซม PCBA โดยไม่มีการลงทุนเพิ่มและมีการลงทุนเพิ่ม..... 138
9.1.2 สรุปผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนในการซื้อเครื่องจักรเพิ่ม..... 139
9.2 ปัญหาและอุปสรรค..... 140
9.3 ข้อเสนอแนะ..... 141
รายการอ้างอิง..... 142
ภาคผนวก..... 145

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ภาคผนวก ก เอกสารที่ออกแบบเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลเบื้องต้นของกระบวนการซ่อมแซม PCBA..... 146
ภาคผนวก ข การเขียนแบบจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า 12.0 เพื่อหาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมในการปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซม PCBA..... 149
ภาคผนวก ค รายละเอียดเครื่องจักรที่ต้องการซื้อ..... 152
ภาคผนวก ง การคำนวณความคุ้มค่าในการลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่ม..... 154
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 159

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลานำโดยเฉลี่ยของการซ่อมแซม PCBA เดือน ต.ค. 2552 ถึง มี.ค.2553..... 3
ตารางที่ 1.2 รุ่นของ PCBA ที่เข้าสู่กระบวนการซ่อมแซม PCBA เดือน ม.ค. ถึง มี.ค.2553..... 4
ตารางที่ 1.3 ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย..... 10
ตารางที่ 2.1 Integrated Lean Sigma Roadmap จาก Sigma Breakthrough Technologies, Inc. (SBTI)..... 13
ตารางที่ 2.2 การพิจารณาสภาพสมดุลการผลิตของกระบวนการ..... 22
ตารางที่ 2.3 แสดงสัญลักษณ์ในการทดสอบสมมติฐานของประชากร..... 31
ตารางที่ 2.4 แสดงสัญลักษณ์ในการทดสอบสมมติฐานของตัวอย่างที่สุ่มจากประชากร..... 31
ตารางที่ 2.5 แสดงส่วนเขตปฏิเสธ H_0 ในกรณีประชากรทั้งสองมีการแจกแจงแบบปกติและทราบค่า σ^2_1 และ σ^2_2 33
ตารางที่ 2.6 เขตการปฏิเสธ H_0 ในกรณีที่ประชากรทั้งสองมีการแจกแจงแบบปกติหรือใกล้เคียงแบบปกติ ขนาดตัวอย่างเล็กและไมทราบค่า σ^2_1 และ σ^2_2 35
ตารางที่ 2.7 เขตการปฏิเสธ H_0 ในกรณีไม่ทราบค่า σ^2_1 และ σ^2_2 แต่ทราบว่า $\sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$..... 36
ตารางที่ 3.1 แผนผังกระบวนการระดับสูง (SIPOC Map)..... 48
ตารางที่ 5.1 ประเภทและความหมายของความสูญเปล่า 7 ประการ..... 70
ตารางที่ 5.2 สาเหตุย่อยทั้งหมดที่ได้จากปัญหาเรื่องผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ต่ำ... 76
ตารางที่ 5.3 สาเหตุย่อยทั้งหมดที่ได้จากปัญหาเรื่องปริมาณงานระหว่างทำมาก..... 77
ตารางที่ 5.4 สาเหตุของปัญหาทั้งหมดในกระบวนการซ่อมแซม PCBA..... 78
ตารางที่ 6.1 ระยะทางการทำงานก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง..... 93
ตารางที่ 6.2 ระดับทักษะพนักงานก่อนการฝึกอบรมพนักงานข้ามสายงาน..... 98
ตารางที่ 6.3 ระดับทักษะพนักงานหลังการฝึกอบรมพนักงานข้ามสายงาน..... 100
ตารางที่ 6.4 สรุปทักษะความสามารถของพนักงานก่อนและหลังการฝึกอบรมข้ามสายงาน..... 101
ตารางที่ 7.1 ทรัพยากรการผลิตในแต่ละกระบวนการซ่อมแซม PCBA..... 113
ตารางที่ 7.2 ลักษณะการกระจายข้อมูลและค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองเหตุการณ์ของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ของแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1..... 116
ตารางที่ 7.3 แสดงผลการทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบ Z ของแต่ละกระบวนการและโดยรวม.. 120

หน้า

ตารางที่ 7.4 ระยะเวลานำเฉลี่ยที่ได้จากการจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า..... 121
ตารางที่ 7.5 สรุปผลการปรับปรุงแก้ไขก่อนและหลังการดำเนินการแก้ไขปัญหาโดยมีการลงทุนเพิ่ม...
เพิ่มในการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1..... 123
ตารางที่ 7.6 การคิดเงินในการทำงานล่วงเวลาช่วงวันจันทร์ถึงวันศุกร์..... 127
ตารางที่ 7.7 การคิดเงินในการทำงานล่วงเวลาช่วงวันหยุด (วันเสาร์)..... 128
ตารางที่ 7.8 ตารางสรุปค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลาในเดือนพฤศจิกายน 2553..... 129
ตารางที่ 7.9 การคิดค่าใช้กระแสไฟฟ้าของเครื่องที่ซื้อเพิ่ม..... 130
ตารางที่ 7.10 สรุปค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่อปี..... 131
ตารางที่ 7.11 ค่าที่ใช้ในการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่ม..... 132
ตารางที่ 8.1 ระยะเวลานำที่ได้กำหนดเป็นเป้าหมาย..... 136
ตารางที่ 8.2 ดัชนีชี้วัดเพื่อติดตามและควบคุมการดำเนินงานของกระบวนการซ่อมแซม PCBA..... 137
ตารางที่ 9.1 ผลการปรับปรุงก่อนและหลังการดำเนินการแก้ไขปัญหาโดยไม่มีการลงทุนเพิ่มและมี
การลงทุนเพิ่ม..... 139
ตารางที่ 9.2 ค่าที่ใช้ในการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่ม..... 140

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 แผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Printed Circuit Board Assembly: PCBA)..... 2
ภาพที่ 1.2 กราฟพาเรโตแสดงจำนวนส่วนประกอบที่ทำการซ่อมแซมของ PCBA รุ่น E ตั้งแต่ ม.ค. ถึง มี.ค. 2553..... 4
ภาพที่ 3.1 สายธารคุณค่า (Value Stream Map) ของกระบวนการซ่อมแซม PCBA..... 46
ภาพที่ 3.2 แผนผังกระบวนการซ่อมแซม PCBA..... 50
ภาพที่ 3.3 แผนภาพเส้นทางการเดินของงาน (Spaghetti Diagram) ในกระบวนการซ่อมแซม PCBA 51
ภาพที่ 4.1 ลักษณะความสามารถของกระบวนการของชั่วโมงการทำงานของพนักงานในแต่ละวัน..... 56
ภาพที่ 4.2 ลักษณะการกระจายของผลิตภาพของการซ่อมแซม PCBA แต่ละวัน..... 58
ภาพที่ 4.3 เปรียบเทียบผลิตภาพการผลิตของแต่ละกระบวนการ (จำนวน PCBA ชิ้น/วัน)..... 59
ภาพที่ 4.4 ปริมาณงานระหว่างทำเฉลี่ยในแต่ละกระบวนการ..... 63
ภาพที่ 4.5 กระบวนการที่มีปริมาณงานระหว่างทำ (Work In Process)..... 63
ภาพที่ 5.1 แผนภูมิกระบวนการไหลของกระบวนการซ่อมแซม PCBA..... 68
ภาพที่ 5.2 เปรียบเทียบผลิตภาพของการซ่อมแซมของแต่ละกระบวนการซ่อมแซม PCBA..... 69
ภาพที่ 5.3 ผังกลุ่มเครือญาติ (Affinity Diagram) จะทำให้ได้สาเหตุของปัญหาหลักของกระบวนการ 72
ภาพที่ 5.4 ผังความสัมพันธ์ (Relation Diagram) แสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุที่ทำให้เกิดผลิตภาพในการซ่อมแซม PCBA โดยรวมต่ำ..... 74
ภาพที่ 5.5 ผังความสัมพันธ์ (Relation Diagram) แสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุที่ทำให้เกิดปริมาณงานระหว่างทำมาก..... 75
ภาพที่ 5.6 แผนภูมิคัดเลือก (Pick Chart) คัดเลือกสาเหตุของปัญหาที่จะนำไปปรับปรุงแก้ไข..... 80
ภาพที่ 5.7 แผนผังเมทริกซ์ชนิดรูปตัวเอ็กซ์ (X-type Matrix) แสดงความสัมพันธ์ของปัญหาหลักการในกระบวนการ กระบวนการต่างๆ สาเหตุของปัญหา และแนวทางการแก้ปัญหา..... 83
ภาพที่ 6.1 แผนภูมิกระบวนการไหลของกระบวนการซ่อมแซม PCBA หลังการปรับปรุง..... 90
ภาพที่ 6.2 การเปลี่ยนแปลงผังกระบวนการซ่อมแซม PCBA เพื่อปรับปรุงการไหลของ PCBA..... 92
ภาพที่ 6.3 การวางตำแหน่งของพนักงานและช่างเทคนิคในการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2..... 93
ภาพที่ 6.4 การวางตำแหน่งของพนักงานและช่างเทคนิคในการซ่อมแซมแผงวงจร (IC) ชนิด M1..... 94
ภาพที่ 6.5 คู่มือการทำงานมาตรฐานของกระบวนการซ่อมแซม PCBA..... 96

หน้า

ภาพที่ 6.6 ระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA หลังการปรับปรุง..... 103
ภาพที่ 6.7 ความสามารถของกระบวนการของชั่วโมงการทำงานของพนักงานก่อนและ
และหลังการปรับปรุง..... 104
ภาพที่ 6.8 ผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA โดยรวมหลังการปรับปรุง..... 105
ภาพที่ 6.9 ผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ก่อนและหลังการปรับปรุง..... 106
ภาพที่ 6.10 ปริมาณงานระหว่างทำ (Work In Process) ก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ..... 107
ภาพที่ 6.11 สรุปผลดัชนีชี้วัดทั้ง 4 ตัว ก่อน-หลังการปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซม PCBA..... 109
ภาพที่ 7.1 ขั้นตอนการไหลของ PCBA ภายในระบบการซ่อมแซม PCBA หลังการปรับปรุง..... 112
ภาพที่ 7.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลานำและจำนวนเครื่องจักร..... 122
ภาพที่ 7.3 ร้อยละของระยะเวลานำเฉลี่ยที่ลดลงกับจำนวนเครื่องจักรที่เพิ่มขึ้น..... 122
ภาพที่ ข-1 แบบจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า 12.0 ในการหาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสม.. 150
ภาพที่ ข-2 การคำนวณหาค่า Z ของแต่ละกระบวนการซ่อมแซม PCBA ด้วยโปรแกรม
ไมโครซอฟเอ็กเซล..... 151
ภาพที่ ค-1 เครื่องจักร Summit 1100 (BGA Rework Station)..... 153
ภาพที่ ง-1 รายละเอียดในการคำนวณหามูลค่าสุทธิและอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนการซื้อ
เครื่องจักรเพิ่มเติม ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟเอ็กเซล..... 155
ภาพที่ ง-2 รายละเอียดในการคำนวณหาอัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) ด้วยโปรแกรม
ไมโครซอฟเอ็กเซล..... 156
ภาพที่ ง-3 การคำนวณระยะเวลาคืนทุน ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟเอ็กเซล..... 157

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

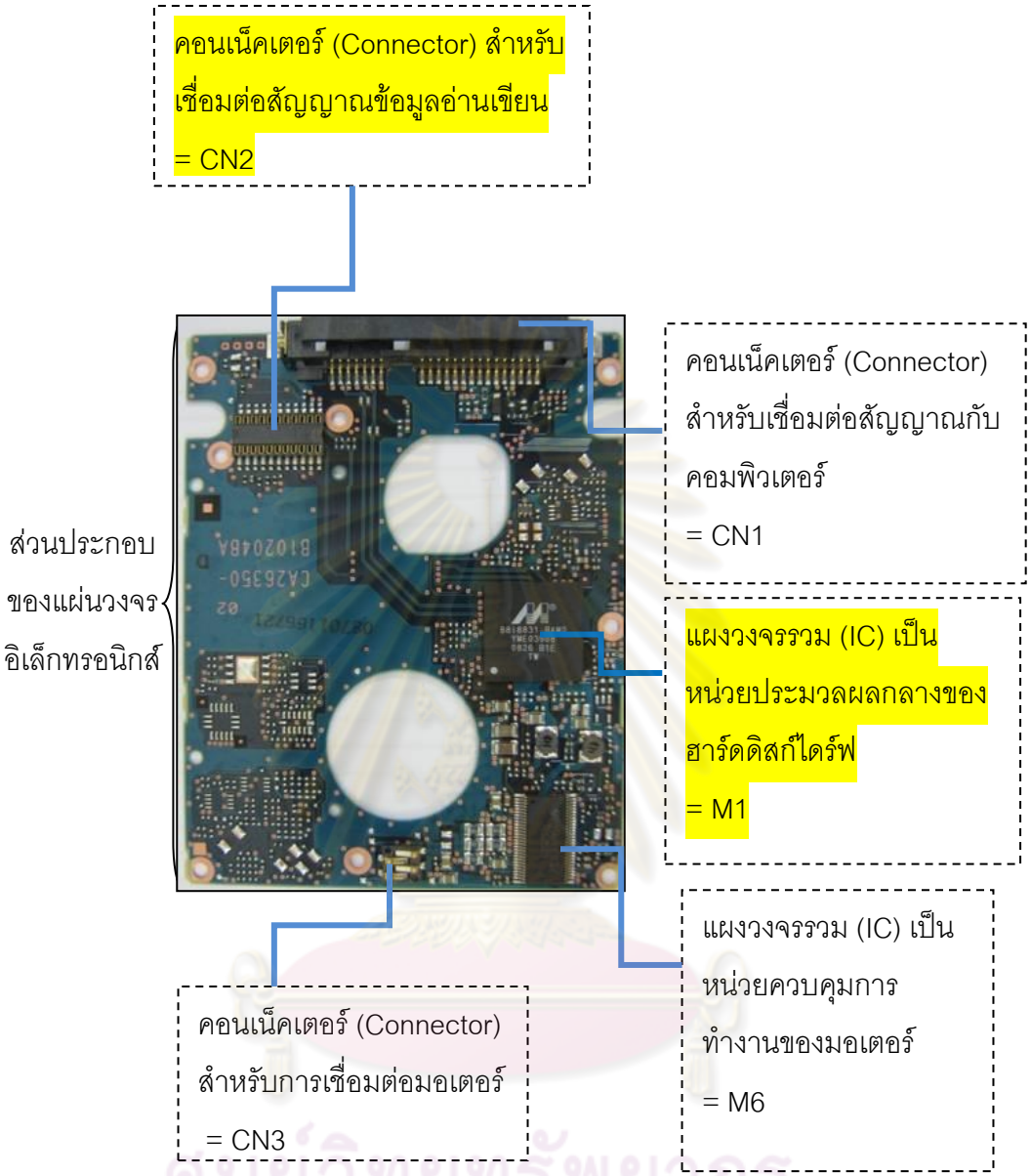
ฮาร์ดดิสก์นอกจากเป็นผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีความสำคัญต่อภาคการส่งออกของประเทศไทยแล้ว ไทยยังถูกจัดว่าเป็นฐานการผลิตฮาร์ดดิสก์ที่สำคัญของโลกอีกด้วย เนื่องจากมีผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์รายใหญ่เข้ามาตั้งฐานการผลิตเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดการแข่งขันอย่างรุนแรง เนื่องจากลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ที่มีวัฏจักรชีวิตที่สั้นกว่าสินค้าอุปโภคบริโภคในกลุ่มธุรกิจอื่น กลยุทธ์อย่างหนึ่งที่นำมาใช้ในการแข่งขันคือ การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต เพื่อพัฒนาศักยภาพการผลิตทั้งในการเพิ่มกำลังการผลิตและลดต้นทุนการผลิต แต่ในบางครั้งการผลิตอาจเกิดของเสียจำนวนมาก ซึ่งเป็นต้นเหตุที่ทำให้ต้นทุนในการผลิตเพิ่มสูงขึ้น การซ่อมแซมให้กลับมาใช้ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่ต้องทำลายทิ้งทั้งหมด จึงเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้เป็นอย่างดี

1.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Hard Disk Drive: HDD) ขนาด 2.5 นิ้ว ขายส่งออกภายนอกประเทศเท่านั้น โดยบริษัทแม่ประเทศญี่ปุ่นเป็นผู้ถือหุ้นทั้งหมด ทางโรงงานกรณีศึกษาได้แบ่งกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ 1.กระบวนการประกอบไดร์ฟ (Disk Enclosure Process) 2.กระบวนการทดสอบฟังก์ชั่นการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Test Line Process) หลังการประกอบระหว่างแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Printed Circuit Board Assembly: PCBA) กับ ไดร์ฟ (Disk Enclosure: DE) ส่วนกระบวนการซ่อมแซมแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Printed Circuit Board Assembly Repair Process) ที่ผู้วิจัยทำการศึกษาในครั้งนี้ เป็นกระบวนการสนับสนุนกรรมวิธีการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

แผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Printed Circuit Board Assembly: PCBA) ดังรูปที่ 1.1 เป็นชิ้นส่วนประกอบหนึ่งของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยมีหน้าที่สำคัญคือควบคุมการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ



รูปที่ 1.1 แผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Printed Circuit Board Assembly: PCBA)

ในโรงงานกรณีศึกษา กระบวนการซ่อมแซมแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Printed Circuit Board Assembly Repair Process) เป็นกระบวนการสนับสนุนในกรรมวิธีการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ มีหน้าที่ซ่อมแซมแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์หรือ PCBA ที่เสียจากการผลิตให้สามารถนำกลับไปใช้ใหม่ได้ โดยการเปลี่ยนเฉพาะส่วนประกอบที่เสียหายที่ทราบได้จากการวิเคราะห์หาสาเหตุแล้ว ด้วยการตรวจสอบฟังก์ชั่นการทำงาน (Functional Test: FT) จึงไม่จำเป็นต้องทำลาย

PCBA ทิ้งทั้งหมด กระบวนการนี้จึงเป็นกระบวนการที่ช่วยลดต้นทุนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอย่างมากเนื่องจาก PCBA มีราคาต้นทุนค่อนข้างสูง

กระบวนการซ่อมแซม PCBA เป็นเพียงกระบวนการสนับสนุนในการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ทำให้ไม่ได้รับการใส่ใจและดูแลเทียบเท่ากับกระบวนการหลัก จึงปล่อยให้พนักงานทำงานโดยไม่มีหลักเกณฑ์หรือข้อกำหนดต่างๆ จะทำงานให้เสร็จเมื่อไหร่ก็ได้โดยไม่มีเวลามากำหนด จากการเก็บข้อมูลของระบบควบคุมการใช้ PCBA ของโรงงานกรณีศึกษาในช่วงเดือนตุลาคม 2552 ถึงมีนาคม 2553 ดังตารางที่ 1.1 โดยระยะเวลานำที่ใช้ในการซ่อมแซม PCBA จะเริ่มตั้งแต่กระบวนการรับ PCBA ที่เสียเข้าสู่ระบบของกระบวนการซ่อมแซม PCBA (Key In PCBA Process) และเสร็จสิ้นกระบวนการเมื่อนำ PCBA บรรจุลงในกล่องเพื่อส่งคืนฝ่ายผลิต มีระยะเวลานำที่ใช้โดยเฉลี่ยเท่ากับ 362 นาทีต่อชิ้น หรือประมาณ 6 ชั่วโมงต่อชิ้น ซึ่งเป็นระยะเวลานำที่ยาวนานมาก ทำให้เกิดปัญหาต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ปัญหาการทำงานล่วงเวลา (Overtime: OT) ของพนักงาน ทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้น
2. ปัญหา PCBA รอคอยการซ่อมแซมและเกิดเป็นงานที่อยู่ระหว่างการทำงาน (Work In Process: WIP) เป็นจำนวนมาก

จากปัญหาทั้งสองอาจจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดปัญหา PCBA ไม่เพียงพอต่อการผลิตได้ เป็นปัญหาที่ต้องรีบแก้ไขอย่างเร่งด่วนของโรงงานกรณีศึกษา

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลานำโดยเฉลี่ยของการซ่อมแซม PCBA เดือน ต.ค. 2552 ถึง มี.ค. 2553

เดือน-ปี	จำนวน PCBA (ชิ้น)	ระยะเวลานำโดยเฉลี่ย (นาที/ชิ้น)
ตุลาคม-2552	14,048	410
พฤศจิกายน -2552	3,668	365
ธันวาคม-2552	2,569	352
มกราคม-2553	3,497	371
กุมภาพันธ์-2553	4,679	316
มีนาคม -2553	3,797	356
	ระยะเวลานำโดยเฉลี่ย	362

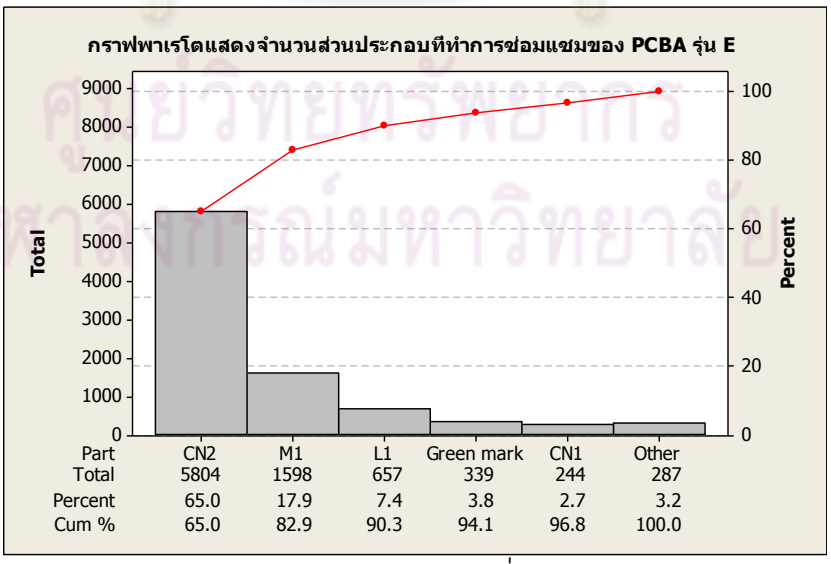
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากสภาพปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษาพบว่า กระบวนการมีการซ่อมแซม PCBA หลายชนิด จากการเก็บข้อมูลการซ่อมแซมระหว่างเดือนมกราคมถึงมีนาคม 2553 ดังตารางที่ 1.2 พบว่า PCBA รุ่น E (นามสมมติ) ส่งเพื่อซ่อมแซมเป็นจำนวนมากที่สุด คิดเป็น 74.72 เปอร์เซ็นต์เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีการผลิตในปัจจุบันเป็นสัดส่วนสูงสุด

ตารางที่ 1.2 รุ่นของ PCBA ที่เข้าสู่กระบวนการซ่อมแซม PCBA เดือน ม.ค. ถึง มี.ค. 2553

เดือน / PCBA รุ่น	มกราคม-2553 (ชิ้น)	กุมภาพันธ์ -2553 (ชิ้น)	มีนาคม -2553 (ชิ้น)	รวม (ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์
A	209	237	230	676	5.65%
B	32	16	32	80	0.67%
C	264	338	611	1,213	10.13%
D	262	437	359	1,058	8.84%
E	2,713	3,651	2,565	8,946	74.72%
รวม	3,497	4,679	3,797	11,973	100%

เมื่อทำการแยกชนิดของส่วนประกอบที่ทำการซ่อมแซมด้วยกราฟพาเรโตพบว่า คอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 และ แผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 มีจำนวนการซ่อมแซมรวมกันมากที่สุดคิดเป็น 82.9 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 1.2 ผู้วิจัยจึงตัดสินใจเลือกทำการวิเคราะห์กระบวนการซ่อมแซม PCBA เฉพาะการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 และแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ของ PCBA รุ่น E เท่านั้น เป็นตัวแทนในการปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซม PCBA ในครั้งนี้



รูปที่ 1.2 กราฟพาเรโตแสดงจำนวนส่วนประกอบที่ทำการซ่อมแซมของ PCBA รุ่น E ตั้งแต่ ม.ค. ถึง มี.ค. 2553

1.3 แนวคิดและวิธีการดำเนินงาน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ยังไม่มีงานวิจัยใดที่นำกระบวนการซ่อมแซม PCBA ซึ่งเป็นกระบวนการสนับสนุนของกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟนำมาปรับปรุง งานวิจัยส่วนใหญ่จะเน้นปรับปรุงเฉพาะกระบวนการผลิตหลักของกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยงานวิจัยนี้ต้องการปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซม PCBA ในโรงงานกรณีศึกษา ที่ปัจจุบันมีระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA ยาวนานโดยในการดำเนินการวิจัยนี้จะดำเนินตามหลักดังนี้

1.3.1 แนวคิดลีน ซิกซ์ซิกมา (Lean Six Sigma) คือ DMAIC ซึ่งมีรายละเอียดในการดำเนินงานแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1. การนิยามปัญหา (Define Phase) คือ ขั้นตอนการศึกษาและกำหนดปัญหา
    - ก. สำรวจงานวิจัย บทความ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้แนวคิดลีน ซิกซิกซ์มา การสร้างแบบจำลองเหตุการณ์ (Simulation) และการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้และความคุ้มค่าในการลงทุน
    - ข. ศึกษากระบวนการซ่อมแซม PCBA และขั้นตอนการซ่อมแซม PCBA ของโรงงานกรณีศึกษาและสร้างแผนผังกระบวนการซ่อมแซม PCBA (Process Chart) แผนผังกระบวนการไหลในกระบวนการซ่อมแซม PCBA (Flow Process Chart)
    - ค. ทำการประชุมกับส่วนที่รับผิดชอบเพื่อจัดตั้งทีมงานขึ้นมา รวมทั้งแต่งตั้งและมอบหมายหน้าที่ให้กับทีมงาน และทำการแจ้งเป้าหมายของโครงการและระยะเวลาในการดำเนินงานเพื่อขอความคิดเห็นของทีมงาน หากไม่เหมาะสมจะได้ทำการปรับปรุงและแก้ไขให้สอดคล้องกับความพร้อมและแนวโน้มของความเป็นไปได้
    - ง. ประชุมกับแต่ละแผนกเพื่อสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำงานของกระบวนการซ่อมแซม PCBA
2. การวัดสภาพของปัญหา (Measure Phase) คือ ขั้นตอนการวัดสภาพของปัญหา
    - ก. ศึกษาการทำงานแต่ละกระบวนการอย่างใกล้ชิดและทำการจดบันทึก
    - ข. ประชุมกับทีมงานเพื่อระบุปัญหาที่แท้จริงและมีแนวทางในการแก้ไขได้ รวมทั้งตัวชี้วัดและวิธีการชี้วัดปัญหาคือ ระยะเวลานำที่ใช้ในการซ่อมแซม PCBA จำนวนชั่วโมงการทำงานของพนักงาน ผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA และ ปริมาณงานระหว่างทำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค. ออกแบบรูปแบบหรือแบบฟอร์มที่จะใช้ในการวัดสภาพปัญหา

ง. มีการประยุกต์ใช้หลักการของซิกซ์ ซิกมาโดยนำหลักการทางสถิติมาช่วยในคำนวณหาตัวอย่างที่เหมาะสมที่จะเป็นตัวแทนของข้อมูลทั้งระบบเพื่อประหยัดเวลาในการวัดสภาพปัญหาและจำนวนข้อมูลที่ต้องจัดเก็บ

3. การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase) คือ ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา

ก. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวัดสภาพปัญหาโดยใช้เครื่องมือทางวิศวกรรมอุตสาหการคือ ใช้แผงผังเครือญาติ (Affinity Diagram) ในการจัดกลุ่มสาเหตุของปัญหาที่มีอยู่มากมายให้เป็นหมวดหมู่ จากนั้นหาความสัมพันธ์ของแต่ละสาเหตุโดยใช้แผนผังความสัมพันธ์ (Relation Diagram) และเลือกสาเหตุที่จะนำมาแก้ไขโดยพิจารณาจากความเป็นได้และนำสาเหตุที่ได้มาวิเคราะห์หาวิธีการแก้ไข

ข. วิเคราะห์หากระบวนการที่เป็นคอขวดของกระบวนการซ่อมแซม PCBA

ค. ทำการสรุปแนวทางการแก้ไขปัญหา

ง. ประชุมร่วมกับฝ่ายบริหารของส่วนที่รับผิดชอบเพื่อรายงานถึงสภาพปัญหาและสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำงาน

4. การปรับปรุงแก้ไข (Improve Phase) คือ ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขปัญหา

ก. ระดมสมองร่วมกับทีมงานถึงแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆ โดยมุ่งเน้นสาเหตุหลักของปัญหาที่ได้จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ในการพิจารณาถึงแนวทางแก้ไขนี้จะต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการปฏิบัติจริงด้วย รวมถึงการเตรียมการสำหรับการปรับปรุง เช่น การฝึกอบรมพนักงานในเรื่องระบบการผลิตแบบลีน เพื่อให้พนักงานเกิดความเข้าใจในการทำงาน หรือ อาจจะต้องมีการปรับแผนผังในการทำงานใหม่เพื่อปรับปรุงการไหลของงาน เป็นต้น

ข. ประเมินงบประมาณ อุปกรณ์และบุคลากรที่ต้องใช้สำหรับแนวทางการปรับปรุงที่คิดขึ้นมา

ค. นำเสนอแนวทางการปรับปรุง ผลที่คาดว่าจะได้รับเบื้องต้นและงบประมาณความพร้อมต่างๆ ก่อนการปรับปรุงให้กับฝ่ายบริหารของส่วนที่รับผิดชอบเพื่อขอความเห็นถึงแนวโน้มความเป็นไปได้และขออนุมัติให้สามารถนำดำเนินการปรับปรุง

ง. ออกแบบฟอร์มที่ใช้ในการบันทึกผลที่เกิดขึ้นหลังจากการปรับปรุง

จ. ดำเนินการเตรียมความพร้อมในการปรับปรุง

ฉ. นำวิธีการแก้ไขที่พิจารณาแล้วมาทดลองปฏิบัติจริงและบันทึกผลหลังการปรับปรุงที่เกิดขึ้น

ช. ทำการประชุมกับทีมงานถึงผลที่เกิดขึ้นหลังการปรับปรุง รวมทั้งความพึงพอใจในการทำงานของพนักงาน โดยหากแนวทางยังไม่ได้ผลที่ดีหรือพนักงานยังคงไม่พอใจกับสภาพการทำงานก็จะระดมสมองหาแนวทางการแก้ไขใหม่และทดลองใช้จนกว่าจะได้แนวทางที่เหมาะสม

5. การควบคุม (Control Phase) คือ ขั้นตอนการควบคุมเพื่อรักษาสภาพหลังปรับปรุงไว้

ก. ประชุมทีมงานเพื่อสรุปผลแนวทางที่ใช้ในการปรับปรุงอีกครั้งหนึ่ง

ข. ทีมงานมีการจัดทำบอร์ดใช้สำหรับแสดงตัวชี้วัดผลการดำเนินงานหลัก (Key Performance Indicator: KPI) สำหรับให้ทุกคนในองค์กรได้เห็นผลการทำงานและสภาพการซ่อมแซม PCBA ปัจจุบันอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้เกิดการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องโดยมีการมอบหมายให้ผู้ควบคุมการผลิต (Supervisor) ทำหน้าที่ปรับข้อมูลบนบอร์ดทุกๆ วัน ตัวชี้วัดประกอบไปด้วย เปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการส่งคืน PCBA ให้กับฝ่ายผลิต ระยะเวลานำเฉลี่ยในการซ่อมแซม PCBA ผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA เพื่อรายงานผลยอดการซ่อมแซม PCBA ในแต่ละวัน

ค. ดำเนินการปรับปรุงวิธีการทำงานของเอกสารของการปฏิบัติงาน (Work Instruction Sheet) และกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบของพนักงาน (Job Description) ที่ชัดเจนมีการอธิบายให้พนักงานเข้าใจโดยตรงและแสดงคำอธิบายวิธีการที่ถูกต้อง

1.3.2 การสร้างแบบจำลองเหตุการณ์ (Simulation) โดยใช้โปรแกรมอารีน่าสร้างแบบจำลองเหตุการณ์ เพื่อศึกษาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมในการแก้ไขปัญหากระบวนการที่เป็นคอขวดของกระบวนการซ่อมแซม PCBA โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลต่างๆ คือ กระบวนการซ่อมแซม PCBA จำนวนเครื่องจักร พนักงาน ระยะเวลานำของแต่ละกระบวนการ
2. วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Input Analysis เพื่อวิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูล
3. พัฒนาโปรแกรมจำลองเหตุการณ์จากโปรแกรมอารีน่า

4. ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเหตุการณ์ (Model Validation)
5. สรุปผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า

1.3.3 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้และความคุ้มค่าในการลงทุนในการซื้อเครื่องจักรเพิ่ม จะศึกษาว่าโครงการลงทุนมีความเหมาะสมด้านการเงินอย่างไร โดยจะมีการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน 3 ประการด้วยกันคือ

1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)
2. อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return: IRR)
3. ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

1.4 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยมีด้วยกัน 2 ประการคือ

1. เพื่อปรับปรุงวิธีการทำงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อลดระยะเวลานำ (Lead Time) ในการซ่อมแซม PCBA ลดปริมาณงานระหว่างทำ (Work In Process: WIP) ในกระบวนการซ่อมแซม PCBA
2. เพื่อนำเสนอข้อมูลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้และความคุ้มค่าในการลงทุนในการซื้อเครื่องจักรเพิ่ม ให้เป็นข้อมูลช่วยในการตัดสินใจลงทุนปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซม PCBA ของผู้บริหารของโรงงานกรณีศึกษาได้

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1. ทำการศึกษาและเก็บข้อมูลของการทำงานของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ในโรงงานกรณีศึกษาเฉพาะการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 และ แผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ของ PCBA รุ่น E เท่านั้น
2. การดำเนินการปรับปรุงแก้ไขการปฏิบัติงานจริงในกระบวนซ่อมแซม PCBA โดยใช้ลีนซิกซ์ซิกมา และสร้างแบบจำลองเหตุการณ์เพื่อศึกษาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมในการแก้ไขปัญหากระบวนการคอขวด
3. ทำการศึกษาภายใต้เงื่อนไขที่ว่ามีความพร้อมของเครื่องมือ เครื่องจักร พนักงาน และวัตถุดิบที่ต้องใช้ในการซ่อมแซมเรียบร้อยแล้ว ไม่นับเวลาที่ใช้ในการรอคอยวัตถุดิบ

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. สำรวจงานวิจัย บทความ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้แนวคิดลีน ซิกซิกซ์มา การสร้างแบบจำลองเหตุการณ์ (Simulation) และการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้และความคุ้มค่าในการลงทุน
2. ทำการประชุมเพื่อจัดตั้งทีมงานและศึกษากระบวนการซ่อมแซม PCBA ของโรงงานกรณีศึกษา เพื่อวัดสภาพของปัญหาและระบุปัญหาที่แท้จริงของการซ่อมแซม PCBA ที่ใช้ระยะเวลานำยาวนานที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน
3. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวัดสภาพของปัญหา โดยใช้เครื่องมือทางวิศวกรรมอุตสาหการ และเลือกสาเหตุที่จะนำมาแก้ไขและวิเคราะห์หากระบวนการที่เป็นคอขวดของกระบวนการซ่อมแซม PCBA
4. นำเสนอแนวทางการปรับปรุงและผลที่คาดว่าจะได้รับเบื้องต้นเพื่อขออนุมัติให้สามารถดำเนินการปรับปรุง และ นำวิธีการแก้ไขที่พิจารณาแล้วมาทดลองปฏิบัติจริงและบันทึกผลหลังการปรับปรุงที่เกิดขึ้น
5. ทำการสร้างแบบจำลองเหตุการณ์ (Simulation) มาใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมในการแก้ไขปัญหากระบวนการคอขวด
6. ทำการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่ม เพื่อเป็นข้อมูลช่วยในการตัดสินใจลงทุนของผู้บริหารของโรงงานกรณีศึกษา
7. ทำการประชุมทีมงานเพื่อสรุปผลแนวทางที่ใช้ในการปรับปรุงอีกครั้ง และจัดทำบอร์ดตัวชี้วัดผลการดำเนินงานหลัก (Key Performance Indicator: KPI) เพื่อให้เกิดการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง
8. สรุปผลการวิจัยและจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.7 ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย

ตารางที่ 1.3 ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย

ลำดับ	กิจกรรม	ปี 2552		ปี 2553											
		พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	สำรวจงานวิจัย บทความ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง														
2	ทำการประชุมเพื่อจัดตั้งทีมงานและศึกษากระบวนการซ่อมแซม PCBA														
3	ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวัดสภาพของปัญหา														
4	นำเสนอแนวทางการปรับปรุงและผลที่คาดว่าจะได้รับเบื้องต้นเพื่อขออนุมัติให้ดำเนินการปรับปรุง และ นำวิธีการแก้ไขที่พิจารณาแล้วนำมาทดลองปฏิบัติจริงและบันทึกผลหลังการปรับปรุงที่เกิดขึ้น														
5	ทำการสร้างแบบจำลองเหตุการณ์ (Simulation) มาใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมในการแก้ไขปัญหากระบวนการคอขวด														
6	ทำการวิเคราะห์ความเป็นได้ในการลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่ม														
7	ทำการประชุมทีมงานเพื่อสรุปผลแนวทางที่ใช้ในการปรับปรุงอีกครั้ง และ จัดทำบอร์ดตัวชี้วัดผลการดำเนินงานหลัก (KPI)														
8	สรุปผลการวิจัยและจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์														

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA ลดลง
2. ปริมาณงานระหว่างทำ (Work In Process: WIP) ลดลง
3. กระบวนการซ่อมแซม PCBA มีประสิทธิภาพมากขึ้น
4. เป็นกรณีศึกษาสำหรับโรงงานที่มีกระบวนการซ่อมแซม PCBA และนำแนวคิดลีนนี้ไปใช้ในโรงงาน และยังสามารถเป็นกรณีศึกษาถึงการนำเทคนิคและเครื่องมือลีนไปใช้ในการปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซมได้อีกด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลีนและซิกซ์ซิกมา

ลีน ซิกซ์ซิกมา เป็นกลยุทธ์ทางธุรกิจและเป็นวิธีการที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการเพื่อเพิ่มความพึงพอใจให้กับลูกค้า (Ronald, 2010)

ลีน คือหลักการที่เป็นระบบช่วยลดความยุ่งยากซับซ้อนและช่วยทำให้การไหลของกระบวนการดีขึ้นโดยระบุและขจัดแหล่งของความสูญเปล่าในกระบวนการ ซึ่งความสูญเปล่าเป็นสาเหตุของการไหลของกระบวนการที่ไม่สะดวกและติดขัด

ซิกซ์ซิกมา คือหลักการที่เป็นระบบที่ค้นหาปัจจัยสำคัญที่ขับเคลื่อนประสิทธิภาพของกระบวนการและกำหนดปัจจัยที่สำคัญให้อยู่ในระดับที่ดีที่สุดและรักษาระดับที่ดีที่สุดไว้ตลอดไป

ลักษณะทั่วไป ลีนจะมองว่าอะไรที่ไม่ควรจะทำและมีเป้าหมายที่จะกำจัดมัน ส่วนซิกซ์ ซิกมา จะมองว่าอะไรที่ควรจะทำและมีเป้าหมายที่จะทำให้ถูกต้องตั้งแต่ครั้งแรก และทุกเวลาสำหรับตลอดเวลา

ลีน ซิกซ์ซิกมา เป็นการเชื่อมความสัมพันธ์ของเครื่องมือต่างๆไว้ด้วยกันโดยไม่ได้ใช้เครื่องมือชนิดใดชนิดหนึ่งเพียงอย่างเดียว โดยมีจุดเด่นในเรื่องการใช้เครื่องมือต่างๆซึ่งความสามารถในเข้าใจถึงทฤษฎีของแต่ละเครื่องมือจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ ดังตารางที่ 2.1 เป็นการแสดงการประยุกต์ใช้ลีน ซิกซ์ซิกมาเข้าด้วยกันโดยสถาบัน Sigma Breakthrough Technologies, Inv. (SBTI) (Wedgwood, 2006) ซึ่งเป็นสถาบันที่มีความเชี่ยวชาญให้การให้บริการความรู้ทางด้านการพัฒนาลีนและซิกซ์ซิกมาของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยจะยึดหลักการของ DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, and Control) ตามหลักการของซิกซ์ซิกมา รวมเครื่องมือของลีนและเครื่องมือทางสถิติของซิกซ์ซิกมาเข้าไว้ด้วยกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 Integrated Lean Sigma Roadmap จาก Sigma Breakthrough Technologies, Inc. (SBTI)

	Steps	Tools	Outputs
Define	Initiate the project	1.Project Charter 2.Meeting Effectiveness	1. Project charter 2. Project Team formed 3. Clear customer requirements
	Define the Process	1.SIPOC Map 2.Value Stream Map	
	Determine Customer Requirements	1.Brandstorming 2.Affinity Diagramming 3.Murphy 's Analysis 4.Interviews 5. Customer Requirements Trees	
	Define Key Process Output Variables	1. Project Charter 2. KPOVs	
Measure	Understand the Process	1.SIPOC/VSM 2.Input/Output Analysis 3.C&E Matrix 4.Detailed Process Maps	1. Current State Process Maps 2. Identified and Measured Xs (KPIVs) 3. Measurement system verified 4. Current capability of Ys (KPOVs)
	Evaluate Risks on Process Inputs	1. FMEA	
	Develop and Evaluate Measurement Systems	1. Data Collection Plans 2. Data Integrity Audits 3. Continuous MSA (Gage R&R) 4. Attribute MSA (Kappa Studies)	
	Measure Current Performance	Process Capability	
Analyze	Analyze Data to Prioritize Key Input Variables	1. Basic Statistics 2. Basic Graphs 3. Statistical Process Control 4. T-Test 5. ANOVA 6. Non-parametric 7.Chi-Square 8. Regression 9. Multi-vari Studies	1. Root causes of defects identified and reduced to vital few 2. Prioritized list of potential key inputs 3. Waste identified
	Identify Waste	1. Spaghetti Diagrams 2. VA/NVA Analysis 3. Takt time 4. 5S	
Improve	Verify Critical Inputs	1. Design of Experiments	1. Finalized List of KPIVs 2. Action plan for improvement 3. Future state process maps FMEA , control plans 4. New process design / Documentation 5. Pilot study plan
	Design Improvements	1. Kanban / Pull 2. Mistake Proofing 3. Quick Changeover 4.Workplace Organization 5. Process Mapping 6. Process Documentation	
	Pilot New Process	1. Training Plans 2. SPC 3. FMEA 4. Control Plans	
Control	Finalize the Control System	1. Control Plans 2. Process Documentation 3. Training Plans 4. Communication Plans 5. Statistical Process Control 6. Documentation	1. Control system in place 2. Improvements validated long term 3. Continuous improvement opportunities identified 4. New process handed off 5. Team recognition
	Verify Long-Term Capability	1. Statistical Process Control 2. Process Capability	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 ระบบการผลิตแบบลีน

"Lean (ลีน)" (Hines และ Taylor, 2000) แปลว่าผอมหรือบาง ในที่นี้มีความหมายในแง่บวก ถ้าเปรียบกับคนก็หมายถึงคนที่มีร่างกายสมส่วนปราศจากชั้นไขมัน แข็งแรง ว่องไว กระฉับกระเฉง ดังนั้น แนวคิดลีนจึงเป็นแนวคิดที่นำเอาเครื่องมือ วิธีการหรือกิจกรรมต่างๆมาประยุกต์ใช้ เพื่อมุ่งหวังในการขจัดความสูญเปล่าในกระบวนการและสร้างคุณค่าที่ตรงกับความต้องการของลูกค้าแก่สินค้าหรือบริการ

ลีน คือ หลักการที่เป็นระบบช่วยลดความยุ่งยากซับซ้อนและช่วยทำให้การไหลของกระบวนการดีขึ้นโดยระบุและขจัดแหล่งของความสูญเปล่าในกระบวนการ ซึ่งความสูญเปล่าเป็นสาเหตุของการไหลของกระบวนการที่ไม่สะดวกและติดขัด

2.2.1 มุมมองของลีน (Lean Perspective)

หลักการหนึ่งของแนวคิดลีน (Hines และ Taylor, 2000) คือ การระบุคุณค่าและกำหนดสายธารคุณค่า โดยมุมมองของลีนคือ การพิจารณากิจกรรมที่เกิดขึ้นในสายการผลิต ทำให้สามารถแบ่งเป็นลักษณะของกิจกรรมที่เกิดขึ้นในการผลิตออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. กิจกรรมที่ทำให้เกิดคุณค่า (Value Add Activity: VA) คือ กิจกรรมที่ทำการเพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์หรือบริการในกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปผลิตภัณฑ์ ส่วนมากหากวิเคราะห์กิจกรรมทั้งหมดจะมีกิจกรรมที่มีคุณค่านี้คิดเป็น 5-10% ของกิจกรรมทั้งหมด (วิโรจน์ ลักขณาอดิศร, 2552)
2. กิจกรรมที่ไม่ทำให้เกิดคุณค่า (Non Value Added Activity: NVA) คือ กิจกรรมที่ไม่ทำให้เกิดคุณค่าเพิ่มแก่ผลิตภัณฑ์หรือบริการ และเป็นกิจกรรมที่ไม่มีความจำเป็นต่อกระบวนการ ซึ่งนับเป็นเป้าหมายต้นๆที่ควรจะดำเนินการแก้ไขปรับปรุง มักจะเป็นเวลาที่ต้องเสียไปกับการรอคอย การดำเนินการต่างๆกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้คุณภาพ เช่น การตรวจสอบซ้ำ การซ่อมแซมแก้ไข โดยกิจกรรมนี้คิดเป็น 30-40% ของกิจกรรมทั้งหมด (วิโรจน์ ลักขณาอดิศร, 2552)
3. กิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าแต่มีความจำเป็น (Necessary Non Value Added Activity: NVA-N) คือ กิจกรรมที่ไม่ทำให้เกิดคุณค่าเพิ่มแก่ผลิตภัณฑ์หรือบริการ แต่เป็นกิจกรรมที่มีความจำเป็นต่อกระบวนการ เช่น การเตรียมวัตถุดิบหรือวัสดุอุปกรณ์ การติดตั้งอุปกรณ์ กิจกรรมนี้สามารถปรับให้มีสัดส่วนน้อยลงได้ โดยปกติกิจกรรมนี้คิดเป็น 50-60% ของกิจกรรมทั้งหมด (วิโรจน์ ลักขณาอดิศร, 2552)

2.2.2 **ผังกระบวนการระดับสูง** (SIPOC)

ผังกระบวนการระดับสูง คือ ผังแสดงกระบวนการว่าโรงงานสนองความต้องการของลูกค้าให้พึงพอใจได้อย่างไร เพื่อบ่งชี้องค์ประกอบพื้นฐานของกระบวนการที่จะต้องศึกษา (วิทยา สุหฤทดำรง, 2553) ซึ่งประกอบด้วยดังต่อไปนี้

1. ผู้จัดส่งวัตถุดิบ (Suppliers) คือ บุคคลหรือกลุ่มคนที่จัดหาสิ่งที่นำมาดำเนินการในกระบวนการ (ข้อมูล แบบฟอร์ม วัสดุ)
2. อินพุต (Input) คือ ข้อมูลหรือวัสดุที่ถูกจัดหามา
3. กระบวนการ (Process) คือ ขั้นตอนที่ใช้ทำงาน
4. เอาท์พุต (Output) คือ ผลิตภัณฑ์ บริการ หรือข้อมูลที่ถูกส่งไปให้กับลูกค้า
5. ลูกค้า (Customers) คือ ขั้นต่อไปในกระบวนการ หรือ ลูกค้ารายสุดท้าย (ภายนอก)

2.2.3 **การปรับปรุงพื้นที่ทำงานด้วยกิจกรรม 5 ส**

กิจกรรม 5ส (เกียรติขจร โฆมานะสิน, 2550) ได้รับการออกแบบมาเพื่อจัดการให้สถานที่ทำงาน เป็นระบบพื้นฐานที่ต้องทำก่อนที่จะนำวิธีการปรับปรุงอื่นๆ มาใช้ ประกอบด้วยกิจกรรม 5 อย่างดังนี้

1. สะสาง (Seiri, Sort) คือ การแยกแยะสิ่งของที่จำเป็นออกจากสิ่งของที่ไม่จำเป็น และขจัดสิ่งของที่ไม่จำเป็นออกไป ผลลัพธ์ที่ได้คือ ลดการหยิบสิ่งของที่ไม่ถูกต้องไปใช้งาน และ เพิ่มความคุ้มค่าในการใช้พื้นที่ทำงาน และ ลดต้นทุนการจัดเก็บ
2. สะดวก (Seiton, Set In Order) คือ การจัดวางหรือจัดเก็บสิ่งของต่างๆ ในสถานที่ทำงานอย่างเป็นระบบเพื่อความสะดวกและปลอดภัย และคงไว้ซึ่งคุณภาพประสิทธิภาพการทำงาน ผลลัพธ์ที่ได้คือ เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน เช่น ลดการเสียเวลาในการค้นหาสิ่งของ ลดการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น เป็นต้น
3. สะอาด (Seiso, Shine) คือ การทำความสะอาด (ปัด กวาด เช็ด ถู) และตรวจสอบเครื่องจักร อุปกรณ์ รวมทั้งบริเวณสถานที่ทำงาน ผลลัพธ์ที่ได้คือ เพิ่มความปลอดภัยในสถานที่ทำงาน เพิ่มประสิทธิภาพในการบำรุงรักษาเครื่องจักร เพิ่มความรู้ ความชำนาญเกี่ยวกับเครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์
4. สุขลักษณะ (Seiketsu, Standardize) คือ การรักษามาตรฐานในการปฏิบัติ 3ส ที่ดีไว้และปรับปรุงเพื่อยกระดับมาตรฐานให้สูงขึ้น ผลลัพธ์ที่ได้คือ เพิ่มอายุการใช้

งานของเครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์ เพิ่มขวัญกำลังใจของพนักงาน ทำให้มองเห็นปัญหา เพื่อแก้ไขปรับปรุงได้อย่างทันท่วงที

5. สร้างนิสัย (Shitsuke, Sustain) คือ การปฏิบัติตามระเบียบ กฎเกณฑ์ของหน่วยงานอย่างสม่ำเสมอ จนกลายเป็นการกระทำที่เกิดขึ้นเองโดยอัตโนมัติหรือโดยธรรมชาติ ผลลัพธ์ที่ได้คือ พนักงานมีทัศนคติที่ดีในการปรับปรุงงาน ปฏิบัติตามมาตรฐาน 5ส อย่างเต็มใจ และยินดีให้ความร่วมมือ สร้างวัฒนธรรมองค์กรในด้านความมีระเบียบวินัย

2.2.4 **การปรับปรุงการวางผังพื้นที่ทำงาน** (Plant Layout)

การจัดการสถานที่ทำงาน คือ การปรับปรุงการวางผังพื้นที่ทำงาน เพื่อใช้พื้นที่ทำงานอย่างคุ้มค่า ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และการสื่อสารของพนักงาน อีกทั้งเป็นการเพิ่มความยืดหยุ่นของกระบวนการผลิต และ การพัฒนาคุณภาพสินค้า เนื่องจากเป็นการลดความสูญเปล่าโดยเฉพาะการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบ ชิ้นงาน หรือ สินค้าต่างๆ ซึ่งไม่จำเป็นภายในกระบวนการ การวางผังพื้นที่ทำงานโดยทั่วไปจำแนกเป็น การวางผังตามกระบวนการ การวางผังตามผลิตภัณฑ์ หรือการวางผังแบบอยู่กับที่ การปรับปรุงการวางผังพื้นที่ทำงานตามแนวทางของลีน มีหลักพื้นฐานดังต่อไปนี้

1. Cross Traffic คือ หลีกเลี่ยงการจัดเส้นทางการเคลื่อนที่ของชิ้นงานที่ตัดกัน เนื่องจากก่อให้เกิดความสับสนของชิ้นงานในแต่ละกระบวนการผลิต อาจนำมาซึ่งความสูญเปล่าจากการผลิตของเสีย และ การติดขัดในระหว่างเคลื่อนย้าย
2. Backtracking คือ การจัดให้ชิ้นงานเคลื่อนที่ไปข้างหน้าตามลำดับของกระบวนการผลิตจนกระทั่งจัดส่งสินค้าให้แก่ลูกค้า ไม่เคลื่อนที่กลับไปกลับมาเพื่อป้องกันความสูญเปล่าจากการขนส่งที่ไม่จำเป็น
3. Shortest Distance Travel คือ การลดระยะทางการเคลื่อนที่ให้สั้นที่สุด กระบวนการผลิตรูปตัวยูเป็นการวางผังเครื่องจักรที่ทำให้พนักงานมีระยะทางการเคลื่อนที่สั้นลง โดยจัดเรียงเครื่องจักรตามลำดับของกระบวนการเป็นรูปคล้ายตัวยู จัดวางวัตถุดิบและสินค้าสำเร็จรูปไว้ใกล้กัน แล้วให้พนักงานทำงานตามลำดับจนครบทุกกระบวนการ เมื่อครบรอบก็จะเริ่มทำงานซ้ำแบบเดิมอีกครั้ง ซึ่งจะช่วยลดการเดินของพนักงานลง และพนักงานยังช่วยเหลืองานกันได้ง่ายอีกด้วย
4. Integration คือ การจัดทรัพยากรผลิตให้อยู่ร่วมกัน เพื่อเพิ่มความสามารถในการตอบสนองการทำงาน

5. Flexibility คือ การปรับเปลี่ยนสิ่งต่างๆ ได้ง่าย โดยมีต้นทุนการปรับเปลี่ยนต่ำที่สุด และ ติดขัดน้อยที่สุด

2.2.5 ความสูญเปล่า 7 ประการ

Muda คือ ภาษาญี่ปุ่น หมายถึงความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการ Taiichi Ohno ได้จำแนกความสูญเปล่าที่พบได้ทั่วไปในการผลิตทางกายภาพออกเป็น 7 ประเภท (Hines และ Taylor, 2000) คือ

1. ความสูญเปล่าที่เกิดจากการผลิตมากเกินไป (Over Production) คือ การผลิตสินค้าที่มากเกินความพอดี อันจะทำให้เกิดความสูญเปล่าในการใช้ทรัพยากรมากเกินจำเป็น และยังก่อให้เกิดต้นทุนการเก็บรักษาและการขนย้ายที่มากเกินไป
2. ความสูญเปล่าที่เกิดจากการรอคอย (Idle Time/Delay) คือ ระยะเวลาที่เสียไปเพราะการรอคอย ซึ่งอาจเกิดจากการที่พนักงานยืนเฝ้าเครื่องจักรอัตโนมัติ การยืนรอเพื่อดำเนินงานขั้นตอนต่อไป รอเครื่องมือ รอวัตถุดิบ เป็นต้น
3. ความสูญเปล่าที่เกิดจากการขนส่งที่ไม่จำเป็น (Transportation) คือ การขนส่งข้อมูล ข่าวสาร หรือสินค้าที่มากเกินไป เช่น การเคลื่อนย้ายชิ้นงานระหว่างทำเป็นระยะทางไกลๆ การขนย้ายอย่างไม่มีประสิทธิภาพ การเคลื่อนย้ายวัตถุดิบชิ้นส่วนสินค้าสำเร็จรูป งานระหว่างทำไปเก็บหรือนำออกจากคลังสินค้าหรือในระหว่างกระบวนการผลิต เป็นต้น
4. ความสูญเปล่าที่เกิดจากการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น (Unnecessary Motion) คือ การเคลื่อนไหวที่ไม่เหมาะสม โดยอาจเกิดจากการจัดสภาพที่ทำงานไม่เหมาะสม ไม่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ ทำให้พนักงานเกิดการเคลื่อนไหวที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ในระหว่างปฏิบัติงาน เช่น การเอื้อม การมองหา การเดิน เป็นต้น
5. ความสูญเปล่าที่เกิดจากกระบวนการผลิตที่ขาดประสิทธิผล (Non-Effective Process) คือ การดำเนินขั้นตอนการผลิตที่ไม่เหมาะสม อันจะทำให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น เกิดความบกพร่องจากการผลิต ซึ่งจะทำให้เกิดความสูญเปล่าขึ้น
6. ความสูญเปล่าที่เกิดจากการผลิตของเสียและการแก้ไขงานเสีย (Defects And Reworks) คือ การผลิตชิ้นส่วนที่มีความบกพร่องหรือการแก้ไขข้อบกพร่องการซ่อมแซม การผลิตใหม่เพื่อทดแทนชิ้นส่วนที่เสียหาย การตรวจสอบ ซึ่งทำให้เกิดความสูญเปล่าในกระบวนการทั้งด้านต้นทุนและเวลา

7. ความสูญเปล่าที่เกิดจาการเก็บพัสดุคงคลังที่ไม่จำเป็น (Unnecessary Stock) คือ การจัดเก็บวัตถุดิบ งานระหว่างทำ หรือสินค้าสำเร็จรูปที่มากเกินไปโดยจะส่งผลให้ระยะเวลานำมากขึ้น สินค้าตกรุ่น ต้นทุนการจัดเก็บที่สูงขึ้น ความล่าช้า นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดปัญหาอื่นๆ ในทางอ้อมอีกด้วย เช่น ความไม่สมดุลของสายการผลิต ข้อบกพร่องของชิ้นส่วนต่างๆ พื้นที่ใช้สอยลดลง เป็นต้น

2.2.6 **แนวคิดของระบบการผลิตแบบลีน**

หลักการเบื้องต้นของแนวคิดลีนแบ่งออกเป็น 5 ข้อด้วยกัน (นิพนธ์ บัวแก้ว, 2547) คือ การระบุคุณค่า ระบุสายธารคุณค่า การสร้างการไหล การใช้ระบบดึงและการมุ่งสู่ความสมบูรณ์แบบ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การระบุคุณค่า (Value) ช่วงการระบุคุณค่านับเป็นช่วงที่สำคัญมาก โดยจะทำการระบุคุณค่าหรือลักษณะของสินค้าหรือบริการที่ลูกค้าต้องการ ไม่ควรกำหนดคุณค่าจากมุมมองของบริษัท องค์กรหรือโรงงานเอง เพื่อให้สามารถดำเนินการตอบสนองได้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้าอย่างแท้จริง
2. การระบุสายธารคุณค่า (Value Stream) เป็นขั้นตอนในการสร้างสายธารคุณค่าหรือการระบุขั้นตอนการดำเนินงานทุกขั้นตอน ตั้งแต่ การออกแบบ การสั่งซื้อสินค้าของลูกค้า การวางแผน การผลิตสินค้า การจัดจำหน่าย รวมถึงการจัดส่งสินค้าหรือบริการให้กับลูกค้า เพื่อนำสายธารคุณค่ามาวิเคราะห์หากิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่าให้กับสินค้าหรือบริการ
3. การสร้างการไหล (Flow) เมื่อดำเนินการระบุคุณค่า ระบุสายธารคุณค่าและขจัดความสูญเปล่าตามหลักการลีนแล้ว ก็จะเกิดการไหลของกิจกรรมต่างๆ ที่เพิ่มคุณค่าให้กับสินค้าและบริการไปอย่างต่อเนื่อง โดยปราศจากของเสีย การอ้อม การย้อนกลับและการรอคอย
4. การใช้ระบบดึง (Pull) นั้น จะมุ่งเน้นเพื่อตอบสนองเฉพาะสิ่งที่ลูกค้าต้องการเท่านั้น กล่าวคือ ทำเฉพาะสิ่งที่ลูกค้าต้องการ ตามปริมาณที่ต้องการ ภายในเวลาที่ต้องการ ระบบดึงจึงจะช่วยลดความสูญเปล่าในการผลิตหรือการจัดเก็บสินค้าคงคลังที่เกินความต้องการ
5. การมุ่งสู่ความสมบูรณ์แบบ (Perfection) นับเป็นเป้าหมายของการดำเนินโครงการลีน โดยจะทำการสร้างคุณค่า กำจัดความสูญเปล่า ค้นหาส่วนเกินที่ถูกซ่อนไว้และทำการกำจัดออกไปอย่างต่อเนื่อง

2.2.7 **แผนภาพสายธารคุณค่า** (Value Stream Mapping: VSM)

แผนภาพสายธารคุณค่า (เกียรติขจร โฆมานะสิน, 2550) หมายถึง แผนภาพแสดงกิจกรรมทั้งหมดที่ธุรกิจดำเนินการส่งมอบคุณค่าในตัวสินค้าจากองค์กรไปยังลูกค้า เริ่มจากการรับวัตถุดิบ นำมาแปรรูป จนกระทั่งส่งมอบสินค้าที่มีคุณภาพให้แก่ลูกค้า โดยแสดงข้อมูลของกระบวนการต่างๆ เส้นทางการเคลื่อนที่ของงาน และระบบเอกสารภายในกระบวนการ โดยแบ่งตามลักษณะการใช้งานออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. แผนภาพสายธารคุณค่าแสดงสถานะในปัจจุบัน (The Current State VSM หรือ Current VSM)
2. แผนภาพสายธารคุณค่าแสดงสถานะในอนาคต (The Future State VSM หรือ Future VSM)

โดยปกติลูกค้าจะเป็นผู้กำหนดสายธารคุณค่าให้ แต่หากลูกค้ามิได้กำหนดสายธารคุณค่าให้ การเลือกสายธารคุณค่า (วิทยา, ยุพา และ สุนทร, 2550) มี 2 วิธีการที่น่าเชื่อเพื่อช่วยในตัดสินใจว่า สายธารคุณค่าสายใดที่จะเป็นเป้าหมายเพื่อการปรับปรุง มีดังนี้

1. การวิเคราะห์ปริมาณของผลิตภัณฑ์ (Product Quantity Analysis: PQ Analysis) หมายถึงการวิเคราะห์ถึงชิ้นส่วนใดที่การใช้มากพอที่จะเป็นทางเลือกที่ชัดเจนโดยการแสดงออกในรูปของแผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart) ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณการผลิตที่สูงกว่า ควรจะเป็นเป้าหมายสำหรับการปรับปรุงเป็นอันดับแรก
2. การวิเคราะห์เส้นทางของผลิตภัณฑ์ (Product Routing Analysis) ใช้ในกรณีที่ไม่มีข้อสรุปที่แน่ชัดจากการวิเคราะห์แบบ PQ แล้ว ให้ใช้วิธีการวิเคราะห์เส้นทางของผลิตภัณฑ์แทน

2.2.8 **การผลิตแบบไหลต่อเนื่องทีละชิ้น** (One Piece Flow)

การผลิตแบบไหลต่อเนื่องทีละชิ้น (One Piece Flow) (โกศล ดีศีลธรรม, 2547) หรือการผลิตแบบไหลอย่างต่อเนื่อง (Continuous Flow manufacturing) เป็นเทคนิคที่มุ่งหมายให้เกิดการไหลของชิ้นงานระหว่างกระบวนการเป็นไปอย่างต่อเนื่องไม่ติดขัด (Interruptions) และลดเวลาในแถวคอย (Queue Times) นอกจากนี้ยังส่งผลต่อการเพิ่มผลิตภาพ ดังเช่น ลดความผิดพลาดการทำงานจากแรงงานหรือเครื่องจักร การไหลอย่างต่อเนื่องจะส่งผลให้เกิดผลิตผลที่มีคุณภาพและสร้างผลกำไรให้กับองค์กร โดยไม่จำเป็นต้องลงทุนเพิ่มในทรัพยากรการผลิต การลดช่วงระยะเวลานำการผลิตให้สั้นลง ลดระดับของงานระหว่างกระบวนการและสินค้าคงคลัง

2.2.9 การควบคุมการผลิตแบบลีน

เป้าหมายสำคัญของการควบคุมการผลิตแบบลีน (เกียรติขจร โฆมานะสิน, 2550) คือ การรักษาสภาพการผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just-In-Time) คือ การทำผลิตเฉพาะสินค้าหรือชิ้นส่วนที่ลูกต้องการ ภายในเวลาที่ลูกค้าต้องการ และปริมาณที่ลูกค้าต้องการ ทำให้สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลง และจัดการแก้ไขได้อย่างรวดเร็วโดยอาศัยแนวคิดและวิธีการดังต่อไปนี้

1. กระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง (Continue Flow Processing) หรือ การผลิตทีละชิ้น คือ แนวคิดในการผลิตและเคลื่อนย้ายงานที่ต่อเนื่อง โดยไม่มีการหยุด การรอ หรือ การสะสมของงานระหว่างทำ ทำให้ระยะเวลานำในการผลิตสั้นลง ต่างจากการผลิตแบบเดิม ดังนี้
    1) กระบวนการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง คือ เมื่อพนักงานที่รับผิดชอบกระบวนการ A ทำงานเสร็จทีชิ้นแล้ววางลงภาชนะที่จัดเตรียมไว้ เมื่อชิ้นงานเต็มภาชนะก็จะส่งต่อไปยังกระบวนการ B และ C ซึ่งผลิตเป็นรุ่นจำนวนมาก และใช้ระยะเวลานำในการผลิตยาวนาน
    2) กระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง คือ เมื่อพนักงานที่รับผิดชอบกระบวนการ A ทำงานเสร็จ ก็จะส่งชิ้นงานต่อไปยังกระบวนการ B และ C ซึ่งอยู่ถัดไปทันที ไม่ต้องรอให้ครบจำนวน และไม่ต้องนำไปใส่รวมในภาชนะ การผลิตแบบนี้เรียกว่า การผลิตแบบไหลต่อเนื่องทีละชิ้น (One Piece Flow) เป็นแนวทางที่จะช่วยลดปริมาณพัสดุคงคลัง ซึ่งเป็นสิ่งที่ปิดบังปัญหาภายในกระบวนการผลิตทำให้ปรับปรุงการทำงานได้ยาก การทำให้กระบวนการผลิตเป็นแบบต่อเนื่องมีแนวทางการปฏิบัติดังนี้
        ก. จัดเรียงเครื่องจักรตามลำดับของกระบวนการผลิตและจัดสายการผลิตให้มีระยะทางการเคลื่อนที่น้อยที่สุด
        ข. ใช้เครื่องจักรเฉพาะงานที่มีขนาดเหมาะสมกับปริมาณความต้องการของลูกค้าเพื่อให้การจัดรูปแบบสายการผลิตได้ง่าย
        ค. ผลิตแบบไหลต่อเนื่องทีละชิ้น หรือลดจำนวนชิ้นงานที่ส่งมอบระหว่างกระบวนการในแต่ละครั้งให้น้อยที่สุด
        ง. ดำเนินการผลิตให้ตรงเวลาตามการเรียกร้องของลูกค้าหรือกระบวนการถัดไป
        จ. พัฒนาพนักงานให้สามารถทำงานได้หลายหน้าที่ เพื่อให้ควบคุมการผลิตได้หลายขั้นตอน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฉ. ดำเนินการควบคุมการผลิตหลายขั้นตอนโดยกำหนดจำนวนพนักงานให้เหมาะสม

ช. จัดให้พนักงานยืนทำงานแทนการนั่งทำงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

2. การกำหนดจังหวะการผลิต (Takt Time) คือ ค่าอัตราความต้องการสินค้าของลูกค้า จะนำไปใช้ในการกำหนดจังหวะการทำงานเพื่อรองรับความต้องการของลูกค้าหรือกำหนดอัตราการผลิตให้เท่ากับอัตราการขาย โดยมีการคำนวณค่า Takt Time ดังสมการที่ (2.1)

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{เวลาทำงานทั้งหมด} - \text{เวลาหยุดตามแผน}}{\text{จำนวนสินค้าที่ลูกค้าต้องการ}} \quad (2.1)$$

1) การควบคุมการผลิตโดยใช้ Takt Time

การรักษาอัตราการผลิตของทุกกระบวนการให้เท่ากับ Takt Time ตลอดเวลา แต่ถ้าปริมาณความต้องการสินค้ามีการเปลี่ยนแปลงไปไม่มากนัก ก็อาจจะปรับเพิ่มลดเวลาในการทำงานเพื่อชดเชยส่วนต่าง อย่างก็ตาม เมื่อกระบวนการผลิตมีปัญหา ทำให้ไม่สามารถผลิตได้ตามปกติ เช่น เครื่องจักรเสีย วัตถุดิบขาดช่วง ฯลฯ การใช้ค่า Takt Time ที่ได้จากการคำนวณไปใช้วางแผนและควบคุมการผลิตอาจมีความเสี่ยงต่อการผลิตสินค้าไม่ทัน ในทางปฏิบัติสามารถแก้ไขได้โดยการกำหนดค่า Operation Takt Time ซึ่งรวดเร็วกว่า แทนการใช้ Takt Time ควรที่จะเผื่อความไม่แน่นอนเอาไว้ 5% หมายถึงจะกำหนดให้ผลิตเร็วกว่าความต้องการจริงเล็กน้อยเพื่อชดเชยปัญหาต่างๆ ในกระบวนการ โดยพยายามกำจัดความไม่แน่นอนในกระบวนการเพื่อเปลี่ยนไปใช้ Takt Time จากการคำนวณ จึงจะเป็นการตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างแท้จริง

2) การจัดสมดุลการผลิตด้วย Takt Time

การจัดสมดุลการผลิตของระบบลีน โดยพยายามจัดให้อัตราการผลิตตลอดทั้งกระบวนการมีค่าใกล้เคียงกัน และมีค่าเท่ากับ Takt Time ซึ่งโดยปกติอัตราการผลิตของแต่ละกระบวนการจะพิจารณาในรูปแบบของ Cycle Time (รอบเวลาในการทำงาน) หมายถึง ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตสินค้าหรือชิ้นงาน 1 ชิ้น

ทั้งนี้การพิจารณาสภาพสมดุลการผลิตของกระบวนการสามารถแบ่งออกเป็นกรณีต่างๆ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การพิจารณาสภาพสมดุลการผลิตของกระบวนการ

กรณีที่	สภาพของกระบวนการผลิต	ความหมาย	ผลลัพธ์
1	Cycle time > Takt Time	ผลิตสินค้าไม่ทันความต้องการของลูกค้า หรือ กระบวนการถัดไป	ไม่เกิดสมดุลการผลิต
2	Cycle time < Takt Time	มีกำลังการผลิตส่วนเกิน อาจจะมีการผลิตมากกว่าความต้องการ	
3	Cycle time > หรือ < Takt Time (ไม่แน่นอน)	มีปัญหาภายในกระบวนการผลิต ทำให้การผลิตทำได้ไม่สม่ำเสมอ	
4	Cycle Time ของทุกกระบวนการ = Takt Time	มีกำลังการผลิตพอเพียงกับความต้องการของลูกค้า ซึ่งตรงตามเป้าหมายของระบบลีน	เกิดสมดุลการผลิต

กำลังการผลิตของกระบวนการทั้งหมดนั้นจะขึ้นอยู่กับกระบวนการที่มี Cycle Time ยาวนานที่สุด หรือ ที่เรียกว่า จุดคอขวด (Bottle Neck) ดังนั้น การวางแผนการผลิตจะคำนึงถึง Cycle Time ณ จุดคอขวด โดยเปรียบเทียบกับ Takt Time ว่ามีกำลังการผลิตเพียงพอกับความต้องการของลูกค้าหรือไม่

การลดความสูญเปล่าจากการที่มีกำลังผลิตที่ไม่เหมาะสมกับความต้องการสินค้าสามารถทำได้ โดยการปรับจำนวนพนักงานตามความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อให้มีการกระจายภาระงานที่เหมาะสม ดังสมการที่ (2.2) และ (2.3)

$$\text{จำนวนพนักงานที่เหมาะสม} = \frac{\text{เวลารวมในการทำงานเพื่อให้ชิ้นงาน 1 ชิ้น โดยพนักงาน 1 คน}}{\text{Takt Time}} \quad (2.2)$$

$$= \frac{\text{Cycle Time รวมทั้งหมดของพนักงาน}}{\text{Takt Time}} \quad (2.3)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.10 การฝึกอบรมพนักงานข้ามสายงาน (Cross Trained Workforce)

การที่จะทำให้กระบวนการมีความยืดหยุ่นสูงสุดได้นั้น จำเป็นต้องมีการฝึกอบรมข้ามสายงาน (Cross Training) ให้กับพนักงานทุกคน และสำหรับการที่จะประยุกต์ใช้ระบบผลิตแบบดึงให้เป็นผลสำเร็จได้นั้น ก็จำเป็นต้องจัดโปรแกรมการฝึกอบรมที่จะทำให้พนักงานสามารถเรียนรู้ เพื่อปฏิบัติหน้าที่ได้หลากหลายด้าน อาจเป็นการฝึกอบรมในขณะปฏิบัติงาน (On The Job Training) ก็ได้ และยังทำให้พนักงานแต่ละคนมีคุณค่ามากยิ่งขึ้นต่อทีมงานและต่อบริษัทด้วย นอกจากนี้ยัง

เป็นจุดกำเนิดหนึ่งของความภาคภูมิใจของพนักงาน ซึ่งหลายบริษัทจะมีการทำแผนภาพแสดงระดับทักษะของพนักงานไว้ให้ดูด้วย (วิทยา และ ยุพา, 2549)

2.2.11 **งานที่เป็นมาตรฐาน** (Standard Work)

งานที่เป็นมาตรฐาน คือ ชุดขั้นตอนการทำงานที่ทุกคนคนเห็นพ้องต้องกันแล้วว่าเป็นวิธีการและลำดับการทำงานที่ดีที่สุดและเชื่อถือได้มากที่สุดสำหรับกระบวนการแต่ละกระบวนการและสำหรับพนักงานแต่ละคน (พรเทพ และ ยุพา, 2550) ประสิทธิผลที่เกิดขึ้นมากที่สุดในการทำงานร่วมกันของแรงงานคน วัสดุและเครื่องจักร นั้นคือ การสร้างรากฐานของการพัฒนารายวันโดยการสร้างกระบวนการซ้ำๆ โดยให้คำจำกัดความของขั้นตอน เวลาและการจัดระเบียบแบบแผนของการปฏิบัติงาน เพื่อได้ผลตามที่ต้องการในราคาที่ต่ำและรับประกันในคุณภาพที่สูง ประโยชน์ที่จะได้รับจากการทำงานมาตรฐาน คือ สร้างผังโรงงานที่มีพื้นที่ที่ไร้ประโยชน์น้อยที่สุด จำแนกความต้องการของงานในกระบวนการ (Work In Process: WIP) ที่น้อยที่สุดได้ เข้าใจเวลานำ (Lead Time) ที่มีผลกระทบต่อ WIP สามารถคำนวณความต้องการของพนักงานที่ต้องการต่อความต้องการที่หลากหลาย (Green, 2002) ทำให้สามารถดำเนินการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพตามเป้าหมายที่กำหนดในด้านคุณภาพ ต้นทุน กำหนดส่งมอบ และความปลอดภัยตามที่ลูกค้าต้องการ (เกียรติขจร โฆมานะสิน, 2550) ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. นำขั้นตอนวิธีการทำงาน และระยะเวลาในการทำงานที่ได้จากการตกลงร่วมกับพนักงานมาเขียนสรุป โดยอาจจะใช้สัญลักษณ์ต่างๆ มาแสดงให้เห็นชัดเจนยิ่งขึ้น
2. กำหนดรอบเวลามาตรฐาน (Takt Time) นำไปจัดสมดุลการผลิต และใช้ควบคุมความเร็วในการปฏิบัติงานของพนักงาน
3. ทดลองปฏิบัติพิจารณา และระบุสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาต่างๆ ที่พบเพื่อกำหนดแนวทางการปรับปรุง
4. ดำเนินการปรับปรุงเพื่อให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานได้มาตรฐานที่กำหนด กำหนดมาตรฐานที่ประกอบด้วยวิธีการทำงาน และระยะเวลาในการทำงานอีกครั้ง และ ปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

2.3 **การจำลองแบบปัญหา** (Simulation)

การจำลองแบบปัญหา (Simulation) เป็นวิธีการหนึ่งซึ่งใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาในด้านต่างๆ ซึ่งมีผู้ที่ให้คำจำกัดความของการจำลองแบบปัญหาอยู่มากมาย แต่คำจำกัดความที่เป็นที่ยอมรับว่าครอบคลุมความหมายของการจำลองแบบปัญหาได้เหมาะสมที่สุดก็คือ คำจำกัดความ

ที่ให้โดย Shannon (1975) ที่ว่า “การจำลองแบบปัญหา คือ กระบวนการออกแบบแบบจำลอง (Model) ของระบบงานจริง (Real System) แล้วดำเนินการทดลองโดยใช้แบบจำลองนั้นเพื่อการเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานหรือเพื่อประเมินผลการใช้กลยุทธ์ (Strategies) ต่างๆในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้” (ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, 2537)

ดังนั้น จะเห็นได้ว่ากระบวนการออกแบบแบบจำลองนั้นแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ การสร้างแบบจำลอง และการนำแบบจำลองมาใช้งานวิเคราะห์ แบบจำลองที่ดีนั้นจะต้องสามารถช่วยให้เข้าใจระบบงานจริง เพื่อประโยชน์ในการอธิบายพฤติกรรมและเพื่อปรับปรุงการดำเนินงานของระบบจริงได้

การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์นั้นเป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุด เพราะสามารถใช้ได้กับปัญหาของระบบงานมากมายหลายประเภท ซึ่งถึงแม้การจำลองแบบปัญหานั้นจะมีประโยชน์อย่างมากแต่ก็ยังมีข้อจำกัดอยู่ นั่นคือ แบบจำลองปัญหาที่สร้างขึ้นนั้นไม่สามารถที่จะสร้างให้กับระบบจริงทุกประการได้ ซึ่งจะมีรายละเอียดบางอย่างของระบบถูกตัดออกไปบ้าง แต่ระบบจริงกับระบบจำลองนั้นจะมีความเหมือนกันทางด้านสถิติซึ่งจะสามารถยอมรับรายละเอียดที่ตัดออกไปได้ ดังนั้น การจำลองแบบปัญหาจึงมีไว้เพื่อศึกษาระบบ ไม่ใช่เพื่อการหาคำตอบที่ดีที่ของระบบ เพราะสิ่งที่ต้องยอมรับคือการจำลองปัญหาเป็นการเก็บข้อมูลในอดีต ดังนั้น การวิเคราะห์ระบบจากแบบจำลองปัญหา จะมีความคลาดเคลื่อนหรือแตกต่างกันได้จากระบบงานจริง ผู้ที่วิเคราะห์ระบบจะต้องมีความเข้าใจในข้อจำกัดและสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อระบบเป็นอย่างดี จึงจะสามารถวิเคราะห์ระบบจากแบบจำลองปัญหาได้อย่างใกล้เคียงกับระบบงานจริง

แบบจำลอง (Simulation Model) หมายถึง ตัวแทนของวัตถุ ระบบ หรือ แนวคิดลักษณะใดลักษณะหนึ่งโดยโครงสร้างของแบบจำลองควรประกอบด้วย องค์ประกอบ (Component) ตัวแปรและพารามิเตอร์ (Variables and Parameters) ฟังก์ชันความสัมพันธ์ (Functional Relationships) ขอบข่ายจำกัด (Constraints) ฟังก์ชันเป้าหมาย (Objective Function) กระบวนการในการจำลองแบบปัญหา ประกอบด้วย

1. การตั้งปัญหาและการให้คำจำกัดความของระบบงาน ซึ่งเป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาระบบ การกำหนดขอบเขต ข้อจำกัดต่างๆ และวิธีการวัดผลของระบบงาน
2. การสร้างแบบจำลองจากลักษณะของระบบงานที่จะต้องทำการศึกษา
3. การจัดเตรียมข้อมูลและวิเคราะห์หาข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับแบบจำลองแล้วจัดเตรียมให้อยู่ในรูปแบบที่จะนำไปใช้งานกับแบบจำลองได้
4. การแปรรูปแบบจำลองไปอยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

5. การทดสอบความถูกต้อง เป็นการวิเคราะห์เพื่อช่วยให้มั่นใจได้ว่าแบบจำลองนั้นสามารถใช้แทนระบบงานจริงได้ เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา
6. การออกแบบการทดลอง เป็นการออกแบบการทดลองที่ทำให้แบบจำลองสามารถให้ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์หาผลลัพธ์ตามที่ต้องการ
7. การวางแผนการใช้งานแบบจำลองเป็นการวางแผนว่าจะใช้งานแบบจำลองในการทดลองอย่างไร จึงจะได้ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ผลที่เพียงพอ (ด้วยระดับความเชื่อมั่นในผลการวิเคราะห์ที่เหมาะสม) ความแตกต่างระหว่างขั้นตอนนี้กับการออกแบบการทดลองมีอยู่ว่า ในการออกแบบการทดลองนั้น เป็นเพียงแค่การบอกเงื่อนไปดังกล่าวกี่ครั้ง เพื่อให้ได้จำนวนข้อมูลที่เหมาะสม หรือได้ความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ยอมรับได้
8. การดำเนินการทดลอง เป็นการคำนวณหาข้อมูลต่างๆ ที่ต้องการ และความไวของการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจากแบบจำลอง
9. การตีความผลการทดลอง โดยตีความว่าระบบงานจริงมีปัญหาอย่างไร และการแก้ปัญหาจะได้ผลอย่างไร
10. การนำไปใช้งาน เป็นการเลือกวิธีการที่จะแก้ปัญหาได้ดีที่สุดไปใช้กับระบบจริง
11. การจัดทำเป็นเอกสารการใช้งาน เป็นการบันทึกกิจกรรมในการจัดทำแบบจำลอง โครงสร้างแบบจำลอง วิธีการใช้งาน และผลที่ได้จากการใช้งานเพื่อประโยชน์สำหรับผู้ที่จะนำแบบจำลองไปใช้งาน และเพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงดัดแปลงแบบจำลองเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงระบบ

โปรแกรมอารีนา (รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ, 2551) เป็นเครื่องมือสำหรับสร้างแบบจำลอง และดำเนินการทดลองไปกับตัวแบบจำลอง โดยตัวแบบจำลองจะถูกทำการทดลองความคิดในคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาพฤติกรรมของระบบ และนำไปสู่แนวทางในการวิเคราะห์ปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ยังสามารถสร้างภาพเคลื่อนไหว เสมือนจริงของระบบไว้บนจอคอมพิวเตอร์ได้อีกด้วย โดยตัวอย่างของการประยุกต์ใช้การจำลองแบบปัญหาในงานด้านต่างๆ ดังนี้

1. การจำลองระบบปัญหาด้านการจราจร เช่น จำลองรอบสัญญาณการปล่อยไฟจราจร
2. การจำลองระบบโครงข่ายการขนส่ง เช่น จำลองเส้นทางการลำเลียงสินค้า

3. การจำลองระบบงานด้านอุตสาหกรรม เช่น จำลองระบบสินค้าคงคลัง จำลองระบบการผลิต
4. การจำลองระบบงานด้านบริการ เช่น จำลองระบบโรงพยาบาล จำลองระบบธนาคาร

2.4 **การทดสอบสมมติฐาน** (Test of Hypotheses)

การสรุปเกี่ยวกับลักษณะที่สำคัญของประชากร (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2547) โดยใช้ข้อมูลหรือสารสนเทศจากตัวอย่างอาจทำโดยการประมาณค่า และการทดสอบสมมติฐาน โดยการทดสอบสมมติฐานแตกต่างจากการประมาณค่า คือ การทดสอบสมมติฐานนอกจากจะอ้างอิงถึงประชากรได้แล้วยังสามารถทดสอบได้ว่าค่าพารามิเตอร์ของประชากรมีค่าหรือเป็นตามที่คาดไว้หรือไม่ เช่น ต้องการทดสอบว่าคนกรุงเทพฯ มีรายได้เฉลี่ยอย่างน้อย 5,000 บาทต่อเดือนหรือไม่ หรือสามารถทดสอบความเชื่อของผู้จัดการที่ว่ามีผู้ใช้สินค้าของเขามากกว่าของคู่แข่งเกิน 20% ดังนั้น การสรุปลักษณะต่างๆของประชากรเพื่อใช้ช่วยในการตัดสินใจจึงมักจะใช้การทดสอบสมมติฐาน ในขณะที่การประมาณค่าอาจจะสรุปได้เพียงว่า ค่าพารามิเตอร์อยู่ในช่วงใดช่วงหนึ่งที่ระดับความเชื่อมั่นหนึ่งๆเท่านั้น

2.4.1 **ความหมายของสมมติฐานทางสถิติ**

สมมติฐานคือ ความเชื่อของบุคคลใดบุคคลหนึ่งหรือของกลุ่มบุคคลใดๆ หรืออาจกล่าวได้ว่า สมมติฐานเป็นสิ่งที่บุคคลหรือองค์กรคาดว่าจะเกิดขึ้น ความเชื่อหรือสิ่งที่คาดนั้นจะเป็นจริงหรือไม่ก็ได้ เช่น ผู้จัดการโรงงานเจาะกระป๋องเชื่อว่าน้ำหนักเฉลี่ยของเจาะกระป๋องจะหนักอย่างน้อย 200 กรัม เป็นต้น ดังนั้น การทดสอบความเชื่อหรือสิ่งที่คาดไว้เรียกว่า การทดสอบสมมติฐาน ซึ่งจำเป็นต้องใช้ความรู้ทางสถิติเข้ามาช่วยเพื่อทดสอบความเชื่อว่าถูกต้องหรือไม่

2.4.2 **การตั้งสมมติฐานทางสถิติ**

ในการทดสอบสมมติฐาน (Lind and others, 2007) โดยใช้ข้อมูลจากตัวอย่างเพื่อสรุปว่าสมมติฐานหรือสิ่งที่คาดไว้จริงหรือไม่นั้น สิ่งที่สำคัญที่สุด คือการตั้งสมมติฐานเพื่อการทดสอบ ซึ่งจะต้องประกอบด้วยสมมติฐาน 2 ชนิดทุกครั้งของการทดสอบคือ

1) สมมติฐานว่าง (Null Hypothesis) ใช้สัญลักษณ์ H_0

2) สมมติฐานแย้ง (Alternative Hypothesis) ใช้สัญลักษณ์ H_a หรือ H_1

โดยสมมติฐาน H_0 และ H_1 จะอยู่ในทิศทางที่ตรงข้ามกันเสมอ

2.4.3 หลักเกณฑ์ในการตั้งสมมติฐาน

การพิจารณาว่าควรจะนำความเชื่อหรือสิ่งที่คาดไว้ใส่ในสมมติฐาน H_0 หรือ H_1 นั้น สรุปได้ดังนี้คือ ถ้าสิ่งที่คาดไว้มีเครื่องหมายเท่ากับ (=) อยู่ด้วยให้ไว้ใน H_0 ซึ่งจะมีผลทำให้สมมติฐาน H_1 จะอยู่ในทิศทางตรงกันข้ามกับ H_0 เสมอ แต่ถ้าสิ่งที่คาดไว้ไม่มีเครื่องหมายเท่ากับ (คือมีเครื่องหมาย $>$ หรือ $<$ หรือ $\neq$) ให้ไว้ใน H_1 และใน H_0 อยู่ในทิศทางตรงกันข้ามกับ H_1 เหตุผลที่นำสิ่งที่คาดไว้ใน H_0 เมื่อสิ่งที่คาดนั้นมีเครื่องหมายเท่ากับอยู่ด้วย เนื่องจากจะมีการนำค่าที่เท่ากับค่านั้นไปคำนวณหาค่าสถิติทดสอบเพื่อสรุปผลว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธ H_0 ในทางปฏิบัติจะพบว่าส่วนใหญ่สิ่งที่คาดไว้หรือสิ่งที่เชื่อมักจะไม่รวมเครื่องหมายเท่ากับ จึงมักนำความเชื่อหรือสิ่งที่คาดไว้ใส่ใน H_1

2.4.4 ความผิดพลาดในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ

การทดสอบสมมติฐานทางสถิติมักจะมีความผิดพลาดอยู่เสมอ คำว่าความผิดพลาดหรือความคลาดเคลื่อนในที่นี้ หมายถึง ความผิดพลาดเนื่องจากการใช้ข้อมูลตัวอย่างมาสรุปผลการทดสอบเพื่ออ้างอิงถึงประชากร ซึ่งอาจทำให้ผลสรุปของการทดลองคือไม่ยอมรับสมมติฐาน H_0 ทั้งที่ในประชากร H_0 เป็นจริง หรือผลการทดสอบทำให้สรุปได้ว่ายอมรับ H_0 จริงแต่ในความเป็นจริงแล้วสมมติฐาน H_0 ไม่จริง ความผิดพลาดแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1) ความผิดพลาดประเภทที่ 1 (Type I Error) เป็นความผิดพลาดเนื่องจากการปฏิเสธ H_0 หรือไม่ยอมรับ H_0 เมื่อ H_0 เป็นจริง และมักจะเรียกความผิดพลาดชนิดนี้ว่า ระดับนัยสำคัญ (Level of Significance) และใช้สัญลักษณ์ α

โดยที่ α = P (ปฏิเสธ H_0 โดยที่ H_0 เป็นจริง) = P (ปฏิเสธ H_0 I H_0 เป็นจริง)

2) ความผิดพลาดประเภทที่ 2 (Type II Error) เป็นความผิดพลาดเนื่องจากการยอมรับ H_0 โดยที่ H_0 ไม่เป็นจริง และใช้สัญลักษณ์ β แทนความผิดพลาดประเภทนี้

โดยที่ β = P (ยอมรับ H_0 โดยที่ H_0 ไม่เป็นจริง) = P (ยอมรับ H_0 I H_0 ไม่เป็นจริง)

ในการทดสอบสมมติฐานแต่ละครั้ง ผู้ทดสอบย่อมต้องการที่จะให้มีความผิดพลาดทั้ง 2 ประเภท (α และ β) น้อยที่สุด แต่ถ้าลด α จะทำให้ β เพิ่มขึ้น ในทำนองเดียวกัน ถ้าลด β จะทำให้ α เพิ่มขึ้น การที่จะลดค่าทั้ง α และ β จะต้องเพิ่มขนาดตัวอย่าง โดยทั่วไปผู้ทดสอบควรลด β ให้มีค่าน้อยที่สุด เท่าที่จะทำได้ ซึ่งมีผลทำให้ α เพิ่มขึ้น ดังนั้น ผู้ทดสอบจะกำหนดค่า α (ระดับนัยสำคัญ) หรือกำหนดระดับความเชื่อมั่น 1-α โดยที่ 1-α คือโอกาสที่จะยอมรับ H_0 โดยที่ H_0 เป็นจริง

2.4.5 ประเภทของการทดสอบสมมติฐาน

การทดสอบสมมติฐานแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1) การทดสอบแบบด้านเดียว (One-Sided Test)

การพิจารณาว่าการทดสอบสมมติฐานแบบใดจึงจะเรียกว่าการทดสอบแบบด้านเดียว ให้พิจารณาจากสมมติฐานแย้ง H_1 ถ้าใน H_1 มีเครื่องหมายมากกว่าหรือน้อยกว่าจะเรียกว่า การทดสอบแบบด้านเดียว

เขตปฏิเสธของการทดสอบแบบด้านเดียว

แบบที่ 1: การทดสอบด้านขวา (A Right-Tailed Test)

สมมติฐาน

H_0: $\mu \leq \mu_0$

H_1: $\mu > \mu_0$

โดยที่ μ_0 เป็นค่าคงที่ที่เราคาดหวัง และ μ เป็นค่าเฉลี่ยประชากรที่เราไม่ทราบค่าและให้ $\mu_1 > \mu_0$

สถิติทดสอบ

$\bar{x}$ โดยที่ $\bar{x}$ ~ normal (μ, $\sigma^2/\sqrt{n}$)

ในทางปฏิบัติจะต้องเปลี่ยนสถิติทดสอบ $\bar{x}$ ให้เป็น Z ดังสมการที่ (2.4)

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \qquad (2.4)$$

โดยที่

$\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างที่สุ่มมาจากประชากร

μ_0 = ค่าเฉลี่ยของประชากร

σ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร

n = ขนาดตัวอย่าง

ถ้า $\bar{x} \leq \mu_0$ จะยอมรับว่า H_0 จริง หรือถ้า $\bar{x}$ มีค่ามากกว่า μ_0 ไม่มากนัก จะยังคงสามารถยอมรับ H_0 ได้เช่น ถ้า $\bar{x} \leq U$ จะยอมรับว่า H_0 จริง ค่า U ควรจะเป็นเท่าใด และจะเรียก U ว่าค่าวิกฤต (Critical Value) โดยการคำนวณหาค่า U จะพิจารณาจากค่า α และ β ถ้า α มีค่าน้อย (β มาก) จะทำให้ค่า U มาก ในทางตรงกันข้าม ถ้า α มีค่ามาก (β น้อย) จะทำให้ U มีค่าน้อย ในทางปฏิบัติ จะต้องกำหนดค่า α ไว้ล่วงหน้าก่อนทำการทดสอบ จึงทำให้สามารถหาค่า U

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ได้ด้วยสมการที่ (2.5)

$$U = \mu_0 + Z_{1-\alpha}\, \sigma / \sqrt{n} \qquad (2.5)$$

<u>เขตปฏิเสธสมมติฐาน</u> (H_0: $\mu \leq \mu_0$)

จะปฏิเสธ H_0: $\mu \leq \mu_0$ ถ้า $\bar{x} > U$ หรือ $\bar{x} > \mu_0 + Z_{1-\alpha}\, \sigma/\sqrt{n}$ หรือ $Z > Z_{1-\alpha}$

<u>แบบที่ 2</u>: การทดสอบด้านซ้าย (A Left-Tailed Test)

<u>สมมติฐาน</u>

H_0: $\mu \geq \mu_0$

H1: $\mu < \mu_0$

<u>สถิติทดสอบ</u>

$\bar{x}$ โดยที่ $\bar{x}$ ~ normal (μ, $\sigma^2/\sqrt{n}$)

ถ้า $\bar{x} \geq \mu_0$ จะยอมรับว่า H_0 จริง หรือ ถ้า $\bar{x}$ น้อยกว่า μ_0 ไม่มากนักจะยังคงยอมรับ H_0 ดังนั้นจึงกำหนดให้ L เท่ากับค่าต่ำที่สุดที่จะยอมรับว่า H_0 จริง นั้นคือ ถ้า $\bar{x} < L$ จะปฏิเสธ H_0 โดยเรียก L ว่าค่าวิกฤต ซึ่งจะสามารถหา L ได้จากสมการที่ (2.6)

$$L = \mu_0 - Z_{1-\alpha}\, \sigma / \sqrt{n} \qquad (2.6)$$

<u>เขตปฏิเสธสมมติฐาน</u> (H_0: $\mu \geq \mu_0$)

จะปฏิเสธ H_0: $\mu \geq \mu_0$ ถ้า $\bar{x} < L$ หรือ $\bar{x} < \mu_0 + Z_{1-\alpha}\, \sigma/\sqrt{n}$ หรือ $Z < -Z_{1-\alpha}$

2) การทดสอบแบบสองด้าน (Two-Sided Test)

ถ้าในสมมติฐานแย้ง H_1 มีเครื่องหมายไม่เท่ากับ ($\neq$) จะเรียกว่าเป็นการทดสอบแบบสองด้าน เช่น H1: $\mu \neq \mu_0$ หมายความว่า μ อาจจะน้อยกว่าหรือมากกว่า μ_0 ก็ได้

<u>สมมติฐาน</u>

H_0: $\mu = \mu_0$

H_1: $\mu \neq \mu_0$

<u>เขตปฏิเสธของการทดสอบแบบสองด้าน</u>

จะยอมรับว่า H_0 จริง ถ้า $\bar{x}$ มีค่าใกล้เคียงกับค่า μ_0 นั้นคือ จะยอมรับ H_0 ถ้า $L < \bar{x} < U$ โดยที่ค่า L และ U จะขึ้นอยู่กับระดับนัยสำคัญ α คือ จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $\bar{x} > L$

หรือ $\bar{x} < U$ โดยค่า U และค่า L สามารถหาได้จากสมการที่ (2.7) และ (2.8) ตามลำดับ

$$U = \mu_0 + Z_{1-\alpha/2}\, \sigma / \sqrt{n} \qquad (2.7)$$

$$L = \mu_0 - Z_{1-\alpha/2}\, \sigma / \sqrt{n} \qquad (2.8)$$

<u>เขตปฏิเสธสมมติฐาน</u> (H_0: $\mu = \mu_0$)

จะปฏิเสธ H_0: $\mu = \mu_0$ ถ้า $\bar{x} < \mu_0 - Z_{1-\alpha/2}\, \sigma / \sqrt{n}$ หรือ $\bar{x} > \mu_0 + Z_{1-\alpha/2}\, \sigma / \sqrt{n}$ ($\bar{x} < L$ หรือ $\bar{x} > U$) หรือ จะปฏิเสธ H_0: $\mu = \mu_0$ ถ้า $Z < -Z_{1-\alpha/2}$ หรือ $Z > Z_{1-\alpha/2}$ นั้นคือ จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $|Z| > Z_{1-\alpha/2}$

2.4.6 ขั้นตอนการทดสอบสมมติฐาน

ขั้นตอนการทดสอบสมมติฐาน (มัลลิกา บุนนาค, 2548) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) กำหนดสมมติฐานที่ต้องการทดสอบ (H_0) และ สมมติฐานแย้ง (H_1) ให้เหมาะสมกับค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการจะทดสอบ เพื่อให้ได้คำตอบที่ครบถ้วนและสมบูรณ์ โดยทั่วไปจะกำหนดสมมติฐานที่ต้องการทดสอบ (H_0) ว่าไม่มีความแตกต่าง และภายใต้ข้อสมมติที่ว่า ค่าที่กำหนดในสมมติฐานเพื่อการทดสอบ (H_0) ถูกต้อง จึงนำค่านี้ไปคำนวณค่าตัวสถิติสำหรับการทดสอบ ดังนั้นค่าที่กำหนดในสมมติฐานเพื่อการทดสอบ (H_0) จะต้องมีเครื่องหมายเท่ากับ (=) อยู่ด้วยเสมอ ส่วนใหญ่ที่จะทดสอบสมมติฐานเกี่ยวข้องกับค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญ 3 ค่าคือ ค่าเฉลี่ย ค่าสัดส่วน และค่าความแปรปรวน สำหรับประชากรเดียว ถ้าเป็นสองประชากร ก็จะสนใจทดสอบเกี่ยวกับความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์

2) กำหนดระดับนัยสำคัญหรือค่าวิกฤตในรูปของค่า α คือ ความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธสมมติฐานที่เป็นจริง ซึ่งเป็นความผิดพลาดชนิดที่ 1 (Type I error) ค่า α ที่นิยมใช้กันคือ 0.01, 0.02, 0.05 และ 0.1 ไม่ควรกำหนดให้ค่า α มีค่าเกิน 1.0 เพราะจะทำให้ผลที่ได้มีความเชื่อถือน้อย

3) เลือกตัวสถิติสำหรับการทดสอบให้เหมาะสมกับค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการทดสอบ โดยขึ้นอยู่กับว่าจะทดสอบเกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์ค่าใด และมีข้อจำกัดอย่างไร จากหลักการทางสถิติ ถ้าทดสอบเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยเมื่อทราบค่าแปรปรวนให้ใช้สถิติทดสอบคือ Z แต่ไม่ทราบค่าแปรปรวนและตัวอย่างขนาดเล็ก ใช้สถิตทดสอบคือ t เป็นต้น

4) สร้างขอบเขตในการปฏิเสธสมมติฐานที่ต้องการทดสอบ (H_0)

5) คำนวณค่าตัวเลขสถิติ โดยแทนค่าข้อมูลที่รวบรวมได้จากตัวอย่างลงในสูตรคำนวณตัวสถิติสำหรับการทดสอบที่เลือกไว้ในขั้นตอนที่ 3

6) สรุปผลการทดสอบ โดยเปรียบเทียบค่าสถิติที่คำนวณได้จากขั้นตอนที่ 5 กับค่าวิกฤติที่สร้างขอบเขตไว้ในขั้นตอนที่ 4 ถ้าค่าตัวสถิติที่คำนวณได้ตกอยู่ในขอบเขตที่ปฏิเสธสมมุติฐาน ก็จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 (เท่ากับยอมรับ H_1) และ ถ้าค่าตัวสถิติตกอยู่นอกขอบเขตที่จะปฏิเสธสมมติฐาน ก็จะยอมรับ H_0 (เท่ากับปฏิเสธ H_1)

2.4.7 **การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับผลต่างค่าเฉลี่ยของสองประชากร** (Two Sample Tests of Hypothesis)

เป็นการทดสอบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ย (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2550) ของลักษณะที่สนใจของ 2 ประชากรว่าแตกต่างกันหรือไม่ โดยใช้ข้อมูลตัวอย่าง 2 ชุด สุ่มมาจากประชากรทั้งสองอย่างเป็นอิสระกัน ถ้าให้ n_1 และ n_2 เป็นขนาดตัวอย่างที่สุ่มจากประชากรที่ 1 และ 2 ตามลำดับ โดยที่ n_1 และ n_2 จะมีขนาดเท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้ เมื่อสุ่มตัวอย่างขนาด n_1 จากประชากรที่ 1 และสุ่มตัวอย่างขนาด n_2 จากประชากรที่ 2 อย่างเป็นอิสระกันแล้ว จะนำข้อมูลจากหน่วยตัวอย่างมาทดสอบสมมติที่ตั้งไว้ เช่น ต้องการเปรียบเทียบยอดขายเฉลี่ยต่อปีของกาแฟยี่ห้อ A และยี่ห้อ B ว่าเท่ากันหรือไม่ หรือในบางกรณีต้องการทราบว่าค่าเฉลี่ยของประชากรหนึ่งมากกว่าค่าเฉลี่ยของอีกประชากรหนึ่งอย่างน้อย $(\mu_1-\mu_2)$ d_0 หน่วย เช่น ผลผลิตข้าวโดยเฉลี่ยของจังหวัดสุพรรณบุรีมากกว่าของจังหวัดอยุธยาอย่างน้อย 10 ถังต่อไร่ โดยสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงดังตารางที่ 2.3 และ 2.4

ตารางที่ 2.3 แสดงสัญลักษณ์ในการทดสอบสมมติฐานของประชากร

ประชากรที่	ค่าเฉลี่ย	ค่าแปรปรวน
1	μ_1	σ^2_1
2	μ_2	σ^2_2

ตารางที่ 2.4 แสดงสัญลักษณ์ในการทดสอบสมมติฐานของตัวอย่างที่สุ่มจากประชากร

ตัวอย่างที่สุ่มจากประชากรที่	ขนาดตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ค่าแปรปรวน
1	n_1	$\bar{x}_1$	S^2_1
2	n_2	$\bar{x}_2$	S^2_2

ในการทดสอบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 ประชากร พิจาณาได้ 2 แบบคือ

1) การทดสอบแบบข้างเดียว

ก) $H_0: \mu_1-\mu_2 = d_0$ หรือ ข) $H_0: \mu_1-\mu_2 = d_0$

$H1: \mu_1-\mu_2 > d_0$ $H1: \mu_1-\mu_2 < d_0$

โดยที่ d_0 เป็นค่าคงที่อาจจะมีค่าเป็นบวก, ลบ หรือ เป็นศูนย์ก็ได้

ถ้า $d_0 = 0$ จะทำให้การทดสอบสมมติฐานแบบข้างเดียว มีลักษณะดังนี้

ก) $H_0: \mu_1-\mu_2 = 0$ หรือ $H_0: \mu_1= \mu_2$

$H1: \mu_1-\mu_2 > 0$ $H1: \mu_1 > \mu_2$

ข) $H_0: \mu_1-\mu_2 = 0$ หรือ $H_0: \mu_1= \mu_2$

$H1: \mu_1-\mu_2 < 0$ $H1: \mu_1 < \mu_2$

2.การทดสอบแบบสองข้าง

$H_0: \mu_1-\mu_2 = 0$

$H1: \mu_1-\mu_2 \neq 0$

ถ้า $d_0 = 0$ จะทำให้การทดสอบสมมติฐานแบบสองข้าง มีลักษณะดังนี้

$H_0: \mu_1= \mu_2$

$H1: \mu_1 \neq \mu_2$

การทดสอบสมมติฐานที่ตั้งขึ้นข้างต้นทั้งแบบข้างเดียวและสองข้างนั้น จะสุ่มตัวอย่างแต่ละชุดจากแต่ละประชากรอย่างเป็นอิสระต่อกัน จะคำนวณหาค่าเฉลี่ย $\overline{x}_1$ และ $\overline{x}_2$ ตามลำดับ และจะพิจารณาได้เป็น 3 กรณีคือ

1. **ประชากรทั้งสองมีการแจกแจงแบบปกติและทราบค่า σ^2_1 และ σ^2_2** ภายใต้สมมติฐาน $H_0: \mu_1-\mu_2 = d_0$ ดังนั้น สถิติทดสอบดังสมการที่ (2.9) และ ส่วนเขตปฏิเสธ H_0 ดังแสดงได้ในตารางที่ 2.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$Z = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - d_0}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} \qquad (2.9)$$

โดยที่

$\bar{x}_1$ = ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างที่ 1

$\bar{x}_2$ = ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างที่ 2

σ^2_1 = ค่าแปรปรวนของประชากรที่ 1

σ^2_2 = ค่าแปรปรวนของประชากรที่ 2

n_1 = ขนาดของตัวอย่างที่ 1

n_2 = ขนาดของตัวอย่างที่ 2

d_0 = ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรทั้งสอง

ตารางที่ 2.5 แสดงส่วนเขตปฏิเสธ H_0 ในกรณีประชากรทั้งสองมีการแจกแจงแบบปกติและทราบค่า σ^2_1 และ σ^2_2

สมมติฐานแย้ง	เขตปฏิเสธ H_0
1. H_1: $\mu_1 - \mu_2 > d_0$	$Z > Z_{1-\alpha}$
2. H_1: $\mu_1 - \mu_2 < d_0$	$Z < -Z_{1-\alpha}$
3. H_1: $\mu_1 - \mu_2 \neq d_0$	$\lvert Z \rvert > Z_{1-\alpha/2}$

โดย ค่า d_0 เป็นค่าคงที่ที่อาจมีค่าเป็นศูนย์ หรือ มีค่าเป็นบวกหรือลบก็ได้

2. ประชากรทั้งสองมีการแจกแจงแบบใดก็ได้ และขนาดตัวอย่าง n_1 และ n_2 มีขนาดใหญ่ ($n_1 \geq 30$, $n_2 \geq 30$)

กรณีที่ประชากรทั้งสองมีการแจกแจงแบบใดๆ เช่น ประชากรที่หนึ่งอาจมีการแจกแจงแบบปกติ แต่ประชากรที่สองมีการแจกแจงแบบอื่นๆ ที่ไม่ใช่แบบปกติ การสุ่มตัวอย่างจากแต่ละประชากรเป็นอิสระกัน โดยที่ $n_1 \geq 30$ และ $n_2 \geq 30$ แล้ว จากทฤษฎีลิมิตสู่ส่วนกลางจะได้ $\bar{x}_1$ และ $\bar{x}_2$ ต่างมีการแจกแจงโดยประมาณแบบปกติ ซึ่งทำให้ $\bar{x}_1 - \bar{x}_2$ มีการแจกแจงแบบปกติที่

มีค่าเฉลี่ย μ_1-μ_2 และค่าแปรปรวน $\frac{\sigma_1^2}{n_1}+\frac{\sigma_2^2}{n_2}$ ดังนั้น สถิติทดสอบ คือ Z โดยแยกเป็น 2 กรณี ดังนี้

1) ทราบค่าแปรปรวนประชากร σ^2_1 และ σ^2_2

ใช้สถิตทดสอบ Z และเขตปฏิเสธเช่นเดียวกับกรณีประชากรทั้งสองมีการแจกแจงแบบปกติและทราบค่า σ^2_1 และ σ^2_2 ดังสมการที่ 2.9 และ ตารางที่ 2.5

2) ไม่ทราบค่าแปรปรวนประชากร σ^2_1 และ σ^2_2

เมื่อไม่ทราบค่าแปรปรวน σ^2_1 และ σ^2_2 จะประมาณค่า σ^2_1 ด้วย S^2_1 และประมาณค่า σ^2_2 ด้วย S^2_2 ทำให้สถิติทดสอบ Z ได้ดังสมการที่ (2.10) และเขตปฏิเสธจะเหมือนกับกรณีประชากรทั้งสองมีการแจกแจงแบบปกติและทราบค่า σ^2_1 และ σ^2_2 ดังตารางที่ 2.5

$$Z=\frac{(\bar{X}_1-\bar{X}_2)-d_0}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1}+\frac{S_2^2}{n_2}}} \qquad (2.10)$$

โดยที่ $\bar{x}_1$ = ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างที่ 1

$\bar{x}_2$ = ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างที่ 2

S^2_1 = ค่าแปรปรวนของตัวอย่างที่ 1

S^2_2 = ค่าแปรปรวนของตัวอย่างที่ 2

n_1 = ขนาดของตัวอย่างที่ 1

n_2 = ขนาดของตัวอย่างที่ 2

d_0 = ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรทั้งสอง

3.ประชากรทั้งสองมีการแจกแจงแบบปกติหรือใกล้เคียงแบบปกติ ขนาดตัวอย่างเล็กและไม่ทราบค่า σ^2_1 และ σ^2_2 จะแบ่งเป็น 2 กรณี คือ

1) ไม่ทราบค่า σ^2_1 และ σ^2_2 ทราบเพียงแต่ว่า $\sigma^2_1 = \sigma^2_2$

เมื่อไม่ทราบว่า σ^2_1 และ σ^2_2 มีค่าเท่าใด แต่ทราบว่ามีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน ($\sigma^2_1 = \sigma^2_2$) นั้นคือ $\sigma^2_1 = \sigma^2_2 = \sigma^2_p$ จึงประมาณ σ^2_p ด้วย S^2_p (ค่าแปรปรวนร่วมของตัวอย่าง) มีสมการดังต่อไปนี้

$$S_p^2 = \frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2} = \frac{\sum(X_{i1}-\overline{X}_1)^2 + \sum(X_{2i}-\overline{X}_2)^2}{n_1+n_2-2}$$

และ $\frac{(\overline{X}_1-\overline{X}_2)-(\mu_1-\mu_2)}{\sqrt{S_p^2(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2})}}$ จะมีการแจกแจงแบบ t ที่องศาอิสระ $n_1 + n_2 -2$

ดังนั้น ภายใต้สมมติฐาน H_0: μ_1-μ_2 = d_0 จะได้สถิติทดสอบดังสมการที่ (2.11) และมีเขตการปฏิเสธ H_0 ได้ดังตารางที่ 2.6

$$t = \frac{(\overline{X}_1-\overline{X}_2)-d_0}{\sqrt{S_p^2(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2})}} \qquad (2.11)$$

โดยที่ $\overline{x}_1$ = ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างที่ 1

$\overline{x}_2$ = ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างที่ 2

S^2_p = ค่าแปรปรวนร่วมของตัวอย่าง

n_1 = ขนาดของตัวอย่างที่ 1

n_2 = ขนาดของตัวอย่างที่ 2

d_0 = ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรทั้งสอง

ตารางที่ 2.6 เขตการปฏิเสธ H_0 ในกรณีที่ประชากรทั้งสองมีการแจกแจงแบบปกติหรือใกล้เคียงแบบปกติ ขนาดตัวอย่างเล็กและไม่ทราบค่า σ^2_1 และ σ^2_2

สมมติฐานแย้ง	เขตปฏิเสธ H_0
1. H_1: μ_1-μ_2 > d_0	$t > t_{1-\alpha;n1+n2-2}$
2. H_1: μ_1-μ_2 < d_0	$t < -t_{1-\alpha;n1+n2-2}$
3. H_1: μ_1-$\mu_2 \neq d_0$	$\lvert t \rvert > t_{1-\alpha/2;n1+n2-2}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2) ไม่ทราบค่า σ^2_1 และ σ^2_2 แต่ทราบว่า $\sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$

เมื่อไม่ทราบค่า σ^2_1 และ σ^2_2 ทราบเพียงแต่ว่าไม่เท่ากัน ($\sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$) จึงต้องประมาณค่า σ^2_1 ด้วย S^2_1 และประมาณค่า σ^2_2 ด้วย S^2_2

$$\frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$ จะมีการแจกแจงแบบ t ที่องศาอิสระ v

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

ดังนั้น จะได้สถิติทดสอบดังสมการที่ (2.12) และ เขตของการปฏิเสธ H_0 ได้ดังตารางที่ 2.7

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - d_0}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$ ที่องศาอิสระ v (2.12)

โดยที่ $\bar{x}_1$ = ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างที่ 1

$\bar{x}_2$ = ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างที่ 2

S^2_1 = ค่าแปรปรวนของตัวอย่างที่ 1

S^2_2 = ค่าแปรปรวนของตัวอย่างที่ 2

n_1 = ขนาดของตัวอย่างที่ 1

n_2 = ขนาดของตัวอย่างที่ 2

d_0 = ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรทั้งสอง

ตารางที่ 2.7 เขตของการปฏิเสธ H_0 ในกรณีไม่ทราบค่า σ^2_1 และ σ^2_2 แต่ทราบว่า $\sigma^2_1 \neq \sigma^2_2$

สมมติฐานแย้ง	เขตปฏิเสธ H_0
1. H_1: $\mu_1 - \mu_2 > d_0$	$t > t_{1-\alpha;v}$
2. H_1: $\mu_1 - \mu_2 < d_0$	$t < -t_{1-\alpha;v}$
3. H_1: $\mu_1 - \mu_2 \neq d_0$	$\lvert t \rvert > t_{1-\alpha/2;v}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5 **การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์** (Economic Analysis)

2.5.1 **การวิเคราะห์ค่าใช้จ่าย**

ในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของโครงการโดยทั่วไป (จันทนา จันทโร, 2550) ค่าใช้จ่ายในการทำโครงการมักจะประกอบด้วยค่าใช้จ่ายต่อไปนี้

1. **ค่าวิจัยและพัฒนา** (R&D Cost)

โครงการบางประเภทต้องอาศัยการวิจัยขั้นต้นก่อนจึงจะเริ่มทำโครงการนั้นๆ ได้ ค่าใช้จ่ายประเภทนี้มักจะรู้จักกันในนามของค่าใช้จ่ายจม หรือ ค่าใช้จ่ายในอดีต (Sunk Cost) ค่าใช้จ่ายประเภทนี้มักจะไม่นำมาพิจารณาในการคิดหาในผลประโยชน์หรือค่าใช้จ่าย เพราะถือว่าการจ่ายเงินประเภทนี้ไม่มีผลต่อการตัดสินใจทำโครงการ ถ้าผลการวิเคราะห์เป็นที่พอใจ โครงการก็อาจดำเนินต่อไป หรือผลของการวิเคราะห์ไม่เป็นที่พอใจ ค่าใช้จ่ายจำนวนนั้นก็สูญเสียไป

2. **ค่าลงทุน** (Investment Cost)

ค่าลงทุน เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเพื่อทำให้เกิดความพร้อมที่จะดำเนินการผลิตได้ (แต่ยังไม่ผลิต) ค่าใช้จ่ายเหล่านี้ประกอบด้วยค่าที่ดิน ค่าอาคาร และสิ่งก่อสร้างอื่นๆ รั้ว ถนน ท่อระบาย เครื่องใช้ในสำนักงาน เครื่องจักรและการติดตั้ง ค่าวัสดุอุปกรณ์ ค่าติดตั้งประปา ติดตั้งโทรศัพท์ ติดตั้งไฟฟ้า (ไม่รวมค่าน้ำ ค่าโทรศัพท์ และค่าไฟฟ้า) ค่าช่างผู้เชี่ยวชาญในการติดตั้งและทดสอบเครื่องจักร ค่าวัตถุดิบที่ใช้ในการทดสอบเครื่องจักร ค่าใช้จ่ายในการจัดหาสูตรที่จะใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ (Technical Know How) ค่ายานพาหนะ ค่าติดตั้งระบบความปลอดภัย ฯลฯ ค่าใช้จ่ายเหล่านี้มักเกิดในระยะต้นของโครงการ ถ้าเป็นโครงการขนาดเล็กอาจจะเกิดเฉพาะปีแรกของโครงการ แต่ถ้าเป็นโครงการขนาดใหญ่อาจจะเกิดระยะ 1 ปี ถึง 5 ปี ของการทำโครงการ แต่บางครั้งค่าใช้จ่ายประเภทนี้อาจจะเกิดในระหว่างทำโครงการได้ เช่น การสร้างเขื่อนนั้นถือว่าอายุของโครงการคืออายุของเขื่อน แต่ก่อนที่เขื่อนจะหมดอายุ อาจมีเครื่องจักร วัสดุอุปกรณ์หลายประเภทหมดอายุลง จำเป็นต้องซื้อใหม่ ค่าใช้จ่ายเหล่านี้ก็อาจเกิดในระหว่างการทำโครงการได้

3. **ค่าดำเนินการ** (Operating Cost)

ค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่ใช้จ่ายไปเพื่อดำเนินการผลิตหรือบริการ เริ่มตั้งแต่การออกแบบ การผลิต การตรวจสอบ การจัดเก็บ การขนส่ง พร้อมที่จะส่งมอบให้กับลูกค้า มักจะประกอบด้วยค่าวัตถุดิบ ค่าแรงงาน ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าล่วงเวลา ค่าเดินทาง ค่าที่พัก ค่าเลี้ยงรับรอง ดอกเบี้ย ค่าภาษี ค่าน้ำ ค่าไฟ ค่าโทรศัพท์ ค่าอุปกรณ์สำนักงาน ค่าถ่ายเอกสาร ค่าน้ำมัน ค่าเชื้อเพลิง หรือ ค่าพลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องจักร ค่าขนส่ง การบรรจุหีบห่อ ค่าโฆษณาประชาสัมพันธ์ ค่าเก็บรักษา ค่านายหน้า ค่าเช่า ค่าประกันต่างๆ ค่าฝึกอบรม ค่าอะไหล่ ค่าที่ปรึกษา ฯลฯ

4. **ค่าบำรุงรักษา** (Maintenance Cost)

การของบประมาณในเมืองไทย ทั้งผู้ขอและผู้อนุมัติมักจะลืมรายจ่ายที่สำคัญ คือ ค่าบำรุงรักษา ค่าชิ้นส่วนและอะไหล่ต่างๆ ของเครื่องจักร จึงทำให้อายุการใช้งานของอาคาร สิ่งก่อสร้าง เครื่องจักร และอุปกรณ์ หรือค่าลงทุนมีอายุการใช้งานสั้นกว่าปกติ บางโครงการเงินลงทุนต่ำแต่เงินค่าบำรุงรักษาสูง เช่น การขุดคลองส่งน้ำอาจลงทุนไม่สูงมากนัก แต่ค่าบำรุงรักษาไม่ให้ดินตามชายฝั่งพังทลาย และการบำรุงรักษาไม่ให้คลองตื้นเขินทำได้ยาก ดังนั้น ในการทำโครงการทุกครั้งจะต้องรวมค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการบำรุงรักษาเข้าไว้ด้วย ซึ่งพบว่าประหยัดกว่าการที่จะอนุมัติให้เฉพาะโครงการที่มีค่าลงทุนต่ำเพียงอย่างเดียว

5. **ค่าเสียโอกาส** (Opportunity Cost)

ค่าเสียโอกาส หมายถึง การสูญเสียโอกาสจากการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด เพื่อโครงการใดโครงการหนึ่ง ทรัพยากรนั้นจะสูญเสียหายหรือหมดไป ไม่สามารถนำทรัพยากรนั้นมาใช้เพื่อการอย่างอื่นได้ เช่น ใช้ 3 ชั่วโมง บรรยาย ณ แห่งหนึ่งจะสูญเสียโอกาส ใช้ 3 ชั่วโมงนั้นเพื่อการอื่น

2.5.2 การวิเคราะห์ผลประโยชน์ตอบแทน

การวิเคราะห์ผลประโยชน์ตอบแทน (Benefit) ในการหาผลประโยชน์ตอบแทนนั้นเพื่อไม่ให้เกิดการขาดตกบกพร่อง หรือละเลยผลประโยชน์ตอบแทนบางอย่าง เพื่อง่ายต่อการเข้าใจและง่ายต่อการดำเนินการ การพิจารณาผลประโยชน์ตอบแทนจะได้แบ่งเป็นประเภทต่างๆ ดังนี้

1. **ผลประโยชน์ตอบแทนทางตรง** (Direct Benefit) คือ ผลประโยชน์ตอบแทนที่เกิดจากโครงการโดยตรง ซึ่งตรงตามเป้าหมายเบื้องต้นของการมีโครงการ

2. **ผลประโยชน์ตอบแทนทางอ้อม** (Indirect Benefit) คือ ผลประโยชน์ตอบแทนที่เกิดจากผลกระทบในขั้นตอนต่อๆ ไปของโครงการ หรือผลที่ได้รับอื่นๆ ที่เกี่ยวเนื่องจากการมีโครงการ

ไม่ว่าจะเป็นผลประโยชน์ทางตรงหรือว่าทางอ้อม จะนำเฉพาะผลประโยชน์สุทธิ (Net Benefit) ไปใช้เท่านั้น ตามปกติผลประโยชน์ตอบแทนอาจปรากฏออกมาอยู่ในรูปแบบต่างๆ เช่น การเพิ่มคุณภาพของสินค้า การเพิ่มจำนวนงาน การยืดอายุของผลผลิต การเปลี่ยนรูปผลิตภัณฑ์ การลดต้นทุนการผลิต การลดต้นทุนการขนส่ง หรือลดอุบัติเหตุ

ในการศึกษาด้านการเงิน จะศึกษาว่าโครงการลงทุนมีความเหมาะสมด้านการเงินอย่างไร โดยพิจารณาจากผลตอบแทนการลงทุนว่าเป็นอย่างไร ผลการดำเนินงานสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลากี่ปี ฯลฯ ซึ่งโดยทั่วไป จะมีการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน 3 ประการด้วยกัน (Blank และ Tarquin, 2004) คือ

1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ ได้จากการนำค่ากระแสเงินสดสุทธิของแต่ละปี (ตลอดอายุโครงการ) มาเทียบให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน โดยใช้อัตราผลตอบแทนที่กำหนดขึ้น กระแสเงินสดสุทธิที่จะนำมาเทียบเป็นมูลค่าปัจจุบันจะคำนวณตั้งแต่ปีที่คาดว่าจะเริ่มดำเนินการ โดยสามารถคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ได้ดังสมการที่ (2.13) และ (2.14) ดังนี้

$$\text{NPV} = \sum_{k=0}^{N} A_k (1+i)^{-k} \qquad (2.13)$$

หรือ

$$\text{NPV} = A_0(1+i)^0 + A_1(1+i)^{-1} + A_2(1+i)^{-2} + \ldots + A_N(1+i)^{-N} \qquad (2.14)$$

โดยที่ NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ

A_k = กระแสเงินสดสุทธิของโครงการ ในปีที่ k

i = อัตราผลตอบแทน

N = อายุของโครงการ

ผลอัตราตอบแทนต่ำสุดควรมีค่าเท่ากับดอกเบี้ยเงินกู้ระยะยาว หรือเท่ากับดอกเบี้ยที่ได้จากการให้กู้ยืม แต่เนื่องจากดอกเบี้ยจำนวนนี้ไม่คงที่ ดังนั้นผลอัตราตอบแทนต่ำสุดจึงเป็นตัวชี้ให้เห็นถึงโอกาสของการลงทุน นั่นคือ ความสามารถที่เงินลงทุนในโครงการจะคืนทุนมาให้ผู้ลงทุนได้ เมื่อเทียบกับการนำเงินไปลงทุนในแหล่งต่างๆกัน หรือกล่าวได้ว่าผลอัตราตอบแทนต่ำสุดควรจะมีค่าอย่างน้อยที่สุดมากกว่าผลอัตราดอกเบี้ยที่ผู้ลงทุนคิดว่าถ้าได้ดอกเบี้ยเท่าจำนวนนี้ก็ไม่มีประโยชน์ที่จะลงทุนในโครงการ

เกณฑ์การตัดสินใจในกรณีที่มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 0 หรือมากกว่า จะรับโครงการลงทุนนั้นกล่าวคือจะรับโครงการลงทุนที่มีมูลค่าปัจจุบันของเงินสดรับเท่ากับหรือมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดจ่าย ถ้ามูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบ แสดงว่าโครงการนั้นไม่คุ้มกับการลงทุน ทั้งนี้ผลอัตราตอบแทนต่ำสุดที่ใช้ต้องเป็นผลอัตราตอบแทนต่ำสุดที่ยอมรับได้

2. อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return: IRR)

อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) เป็นอัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดจ่าย หรือ อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) เป็นอัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของรายรับจากโครงการเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของการลงทุน ดังนั้น มูลค่าปัจจุบันสุทธิจึงเท่ากับศูนย์

ขั้นตอนของการคำนวณหาอัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) เหมือนกับการคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เราใช้สมการในการคำนวณเหมือนเดิม แต่เราจะต้องหาอัตราส่วนลดที่ทำให้ NPV เป็นศูนย์ แทนการกำหนดอัตราส่วนลด ดังสมการที่ (2.15) ซึ่งอัตราส่วนลดตัวนี้เรียกว่า IRR และจะเป็นตัวเลขที่บอกผลกำไรของโครงการ

$$\text{NPV} = \sum_{k=0}^{N} A_k \left(1+i^*\right)^{-k} = 0 \qquad (2.15)$$

โดยที่ NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (ในกรณีการหา IRR จะกำหนด NPV ให้เป็นศูนย์)

A_k = กระแสเงินสดสุทธิของโครงการ ในปีที่ k

i^* = อัตราผลตอบแทน (IRR)

N = อายุของโครงการ

เกณฑ์การตัดสินใจ จากอัตราผลตอบแทนการลงทุนที่คำนวณได้ ให้นำไปเปรียบเทียบกับอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ธุรกิจจะยอมรับการลงทุนได้ หรือ อัตราดอกเบี้ยของสถาบันการเงิน ถ้าอัตราผลตอบแทนการลงทุนที่คำนวณได้สูงกว่า ถือเป็นโครงการที่คุ้มค่าต่อการลงทุน เช่น ควรจะสูงกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ของบรรษัทเงินทุน หรือสถาบันการเงินต่างๆ หรือสูงกว่า หรือเท่ากับอัตราผลตอบแทนการลงทุนตามที่กฎหมายกำหนดไว้

3. **ระยะเวลาคืนทุน** (Payback Period)

ระยะเวลาคืนทุน คือ จำนวนปีในการดำเนินงาน ซึ่งทำให้มูลค่าปัจจุบันของการลงทุนสะสมเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนเงินสดสุทธิสะสม หรือ อาจกล่าวได้ว่า ระยะเวลาคืนทุน คือ จำนวนปีในการดำเนินการซึ่งทำให้ผลกำไรที่ได้รับในแต่ละปีรวมกันแล้ว มีค่าเท่ากับจำนวนเงินลงทุน

ในกรณีที่ไม่มีการลดทอนกระแสเงิน การคำนวณระยะเวลาคืนทุนอาจแบ่งเป็น 2 กรณีด้วยกันคือกรณีที่กระแสเงินสดสุทธิเท่ากันทุกงวดตลอดโครงการ จะมีวิธีคำนวณดังสมการ (2.16) และกรณีที่กระแสเงินสดรับแต่ละงวดไม่เท่ากัน จะมีการคำนวณดังสมการ (2.17)

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุนเริ่มแรก}}{\text{ผลตอบแทนจากการลงทุน}} \qquad (2.16)$$

กรณีที่กระแสเงินสดรับแต่ละงวดไม่เท่ากัน

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \text{จำนวนปีก่อนคืนทุน} + \frac{\text{กระแสเงินสดที่เหลือ}}{\text{กระแสเงินสดทั้งปี}} \quad (2.17)$$

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับลีน ซิกซ์ ซิกมา (Lean Six Sigma)

จากการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า Andrew และคณะ (Andrew and others, 2009) ได้นำลีน ซิกซ์ซิกมาไปใช้ในการพัฒนาและประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมการผลิตที่มีขนาดเล็กหรือ Small and Medium Enterprises (SMEs) โดยทำการประยุกต์ใช้กับโรงงานผลิตเก้าอี้สำหรับรถยนต์และยานอวกาศ ซึ่งพบปัญหาโฟมสำหรับทำเบาะที่นั่งไม่ได้มาตรฐานจำนวนมาก ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการแก้ไขตามหลักการซิกซ์ซิกมา หรือ DMAIC และประยุกต์ใช้เครื่องมือของลีนในการลดกระบวนการหรือกิจกรรมที่สูญเปล่า ส่วน Garcia-Porres และคณะ (Garcia-Porres and others, 2008) ได้นำลีน ซิกซ์ซิกมาไปใช้ในการปรับปรุงกระบวนของแผนกฉายรังสีของสถาบันวิจัยโรคระบบทางเดินหายใจโดยลดการทำงานที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า (Non Value-Added Work) ในกระบวนการ ทำให้เวลาในรอคอยลดลงและเพิ่มความพึงพอใจให้กับผู้ป่วย Gang และคณะ (Gang and others , 2010) ได้นำลีน ซิกซ์ซิกมาไปใช้ในกระบวนการผลิตคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ โดยใช้ซิกซ์ซิกมาในการปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่อง และ นำการผลิตแบบลีนไปใช้ลดกระบวนการที่สูญเปล่าและให้ตอบสนองตรงกับความต้องการของลูกค้า ซึ่งลีน ซิกซ์ซิกมา ทำให้ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะเพิ่มขึ้นตามเป้าหมายที่ตั้งเอาไว้ และ William และคณะ (William and others , 2002) ได้แสดงวิธีการประยุกต์ใช้สายธารแห่งคุณค่า (Value Stream Mapping: VSM) กับโรงงานกรณีศึกษา โดยแสดงวิธีการใช้ VSM และนำเสนอข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์ปัญหาในการตัดสินใจที่จะทดแทนเครื่องมือในกระบวนการที่ใช้การผลิตแบบลีน

ในการนำลีน ซิกซ์ซิกมา มาใช้ในอุตสาหกรรมไทย พบว่ามีงานวิจัยมากมาย เช่น นภดล เฟื่องเด่นขจร (2547) ได้นำเสนอการปรับปรุงความพร้อมในการตอบสนองในอุตสาหกรรมบริการทันตกรรมโดยหาแนวทางการเพื่อลดเวลาที่ผู้ป่วยต้องใช้ในการรับบริการ และเพิ่มความพร้อมในการให้บริการข้อมูล โดยใช้แนวคิดและขั้นตอนของ ลีน ซิกซ์ซิกมา ในการหาสาเหตุหลักที่เกิดจากการจัดสรรจำนวนทันตแพทย์ในแต่ละประเภทไม่สอดคล้องกับกับจำนวนผู้ป่วยที่ต้องการเข้ารับ

การรักษา ก่อให้เกิดแถวคอยสะสมเป็นจำนวนมาก หลังจากการปรับปรุงสามารถกำจัดแถวคอยสะสมของทุกประเภทการรักษาได้ภายใน 3.7 เดือน พิมพ์ชนก ไพศาลภาณุมาส (2550) นำเสนอวิธีการในการลดระยะเวลานำในการผลิตเลนส์แว่นตา โดยใช้ระบบบริหารการผลิตแบบลีน ได้แก่ การจัดการผลิตแบบดึง การควบคุมด้วยสายตา การฝึกอบรมพนักงานข้ามสายงาน การจัดการกับคอขวดของกระบวนการ เช่น การปรับปรุงผังการผลิต การรวมและเปลี่ยนแปลงลำดับสถานีงาน ซึ่งทำให้มีระบบการไหลของงานที่รวดเร็ว ทำให้มีผลิตภาพเฉลี่ยเพิ่มขึ้น จำนวนงานระหว่างทำลดลง ส่งผลให้ระยะเวลานำในการผลิตเลนส์แว่นตาลดลง และมีเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการส่งสินค้าให้ลูกค้าทันกับระยะเวลาเป้าหมายเพิ่มขึ้น ณัสญ์ศยา สิทธิโชควโรดม (2552) นำเสนอการปรับปรุงกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปโดยใช้แนวคิดลีน ซิกซ์ซิกมา หรือ DMAIC และนำโปรแกรมอารีน่าไปใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูปในส่วนกระบวนการตกแต่งสำเร็จรูปโดยการจำลองเหตุการณ์หลังปรับปรุง ทำให้ปริมาณงานระหว่างทำที่ค้างในกระบวนการ และเวลารอคอยระหว่างกระบวนการย่อยลดลง

2.6.2 **งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์** (Economic Analysis)

จากการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า จิริสุดา ลาภจิตร (2552) นำเสนอการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนทางการเงินจากการลงทุนของภาคเอกชนในโครงการห้องชุด(อพาร์ทเมนท์)ให้เช่าบนที่ดินราชพัสดุ เขตสาธร กรุงเทพมหานคร โดยพิจารณาถึงความเหมาะสมในการลงทุน ผลตอบแทนจากการลงทุนด้วยการวิเคราะห์งบกระแสเงินสด (Cash Flow) โดยทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนจากการลงทุนด้วยมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน (IRR) และ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) จากผลการวิเคราะห์ให้ทราบได้โครงการให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าต่อการลงทุนหรือไม่ จารุวรรณ เจษเกษกิจ (2547) นำเสนอการศึกษาความเป็นได้และความคุ้มค่าในการลงทุนทั้งทางเศรษฐศาสตร์และทางบริหารในการประกอบอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนเซรามิกส์ในประเทศไทย โดยทำการวิจัยเชิงการวิเคราะห์ จากข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลและข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จากการสัมภาษณ์ภาคอุตสาหกรรมจำนวนหนึ่ง และ ข้อมูลการทำงานวิจัยจริง เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์จะใช้เครื่องมือการวิเคราะห์ทั้งทางบริหารและทางเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ อัตราผลตอบแทนของโครงการ อัตราผลตอบแทนของค่าใช้จ่าย จุดคุ้มทุน ระยะเวลาคืนทุน การประหยัดในการขนาดการผลิต ความคุ้มค่าในการใช้ต้นทุนทรัพยากรในประเทศ ความเป็นไปได้ด้านต่างๆ ที่จำเป็น และผลกระทบของภาคอุตสาหกรรมจากแรงกดดัน 5 ประการ ทำให้ทราบว่าโครงการนี้มีความเป็นไปได้หรือไม่ จะสามารถคุ้มทุนได้ภายในระยะเวลาเท่าไหร่

ธนะกิติ บำรุงเชาร์เกษม (2552) นำเสนอการศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนของการเป็นศูนย์จำหน่ายและให้บริการผลิตภัณฑ์และให้บริการผลิตภัณฑ์ปั๊มสามสูบในเขตอำเภอเมืองสมุทรสาคร โดยใช้แนวคิดทฤษฎีการศึกษาความเป็นไปได้ประกอบด้วย 4 ด้าน คือ ด้านการตลาด ด้านเทคนิค ด้านการจัดการ และ ด้านการเงินโดยเฉพาะด้านการเงินเพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุน เครื่องมือทางการเงินคือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ระดับต้นทุนของเงินทุนเฉลี่ย (WACC) ค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และระยะเวลาในการคืนทุน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
การนิยามปัญหา (Define Phase)

ในบทนี้จะกล่าวถึง การสำรวจความต้องการของฝ่ายผลิตที่มีต่อกระบวนการซ่อมแซม PCBA เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุง การสำรวจระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA และ วาดสายธารคุณค่า (Value Stream Map: VSM) การจัดตั้งทีมทำงานและกำหนดเป้าหมาย ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับกระบวนการซ่อมแซม PCBA (PCBA Repair Process) แบ่งเป็นหัวข้อเรื่อง คำจำกัดความเกี่ยวกับลักษณะ PCBA ความหมายของระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA จำนวนชั่งโมงการทำงานของพนักงาน ผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ปริมาณงานระหว่างทำ ซึ่งใช้เป็นตัววิเคราะห์ปัญหา และ ตัวติดตามผลการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

3.1 ความต้องการของกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Customer Requirement)

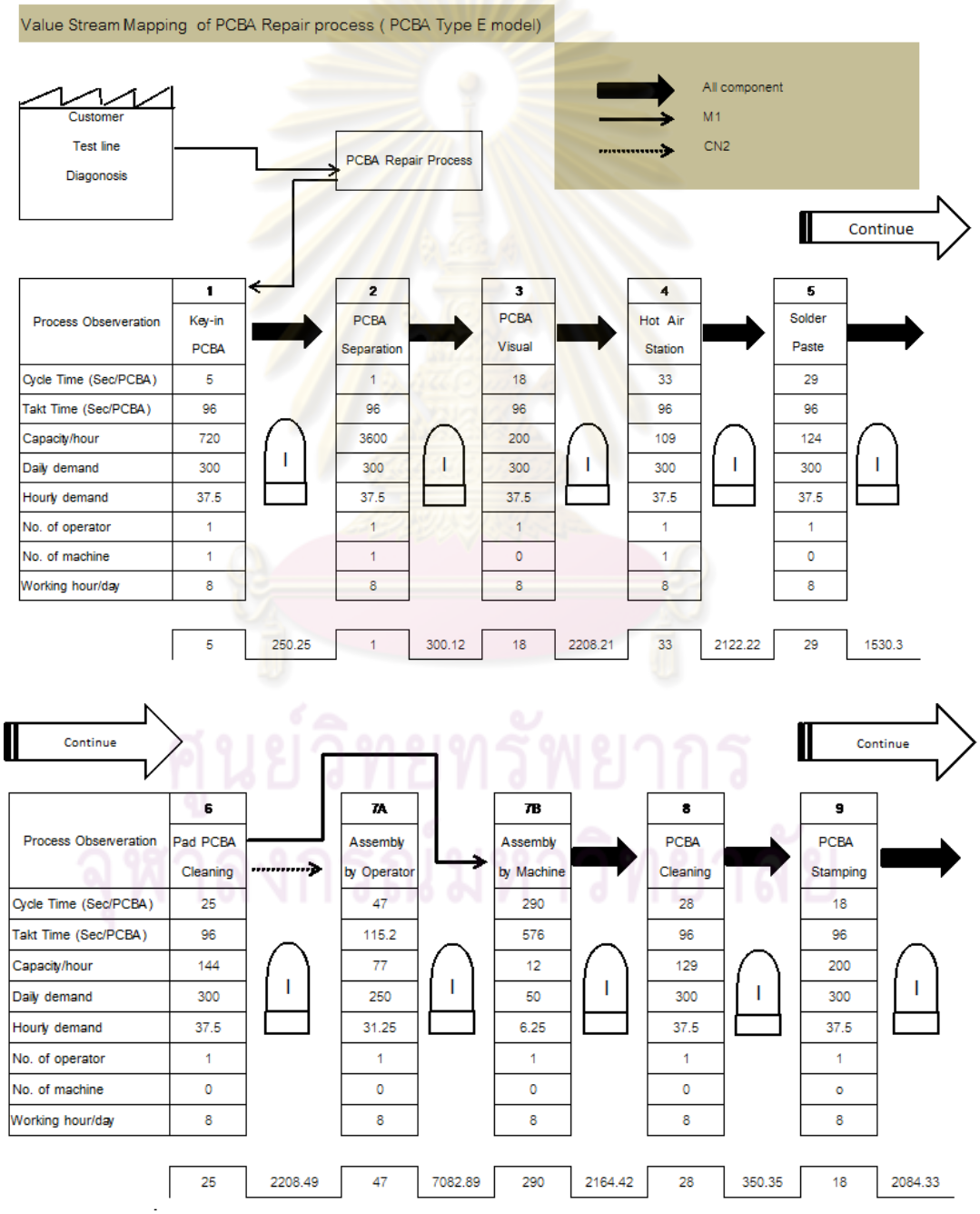
ปัจจุบันกระบวนการซ่อมแซม PCBA ไม่มีการกำหนดเป้าหมายในการซ่อมแซม PCBA เนื่องจากไม่ได้รับการเอาใจใส่เพราะเป็นเพียงกระบวนการสนับสนุนการผลิตเท่านั้น ไม่สามารถทราบจำนวนที่ชัดเจนของ PCBA ที่เสียจากกระบวนการผลิตที่เกิดขึ้นต่อวันได้ เพราะต้องขึ้นอยู่กับแผนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในแต่ละครั้ง โดยไม่มีการควบคุมระยะเวลานำที่ใช้ในการซ่อมแซม PCBA (PCBA Repair Lead Time) และเวลาส่งคืน PCBA ไปยังกระบวนการผลิต เพื่อให้ง่ายต่อขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไข ผู้วิจัยจึงทำสอบถามความต้องการและระยะเวลาที่ต้องการรับ PCBA คืนเฉพาะ PCBA รุ่น E เท่านั้น เนื่องจากมียอดการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเป็นจำนวนมากที่สุด ขณะนั้น หลังจากประชุมกับผู้บริหารฝ่ายผลิตสามารถสรุปได้ความต้องการของฝ่ายผลิตได้ดังต่อไปนี้

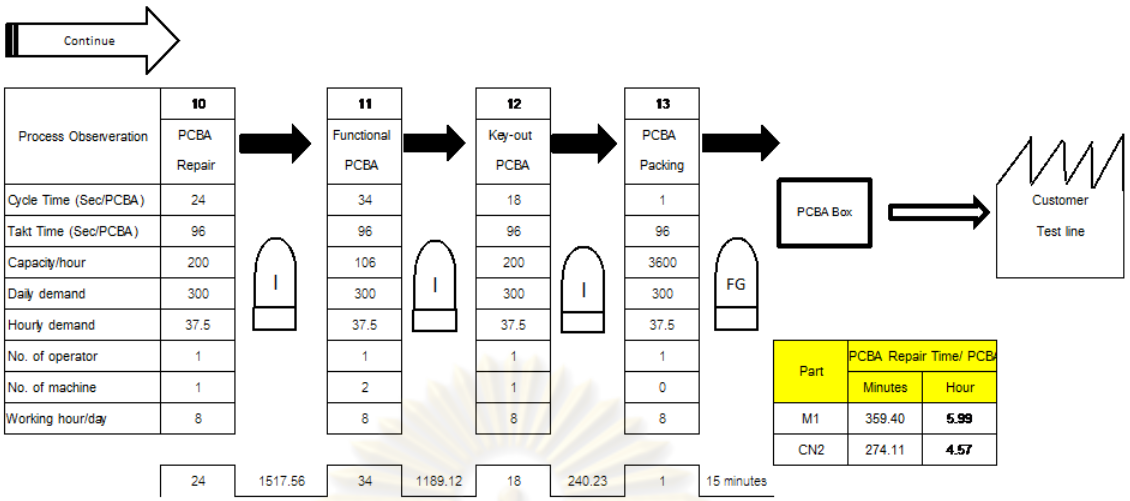
1. มีความต้องการ PCBA ที่ผ่านการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 จำนวน 250 ชิ้น ในเวลา 16:30 น. ซึ่งเป็นเวลาเลิกงานของพนักงานกะกลางวันของวันที่ส่ง PCBA ซ่อมแซม สำหรับกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Test Line Process)
2. มีความต้องการ PCBA ที่ผ่านการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 จำนวน 50 ชิ้น ในเวลา 16:30 น.ซึ่งเป็นเวลาเลิกงานของพนักงานกะกลางวันของวันที่ส่ง PCBA ซ่อมแซม สำหรับกระบวนการวิเคราะห์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Diagnosis Process)

จากการทราบถึงความต้องการของฝ่ายผลิตแล้ว ผู้วิจัยจึงทำการสำรวจสภาพปัจจุบันของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ว่าสามารถตอบสนองความต้องการดังกล่าวได้หรือไม่

3.2 การสำรวจระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA และการสร้างสายธารคุณค่า

ในปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา ที่ผ่านมายังไม่เคยมีการสำรวจระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA รุ่น E มาก่อนเลย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการสำรวจและจับเวลาเพื่อหาสภาวะปัจจุบันของระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA โดยเลือกการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 และแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 เป็นตัวแทนของกระบวนการซ่อมแซม PCBA เพื่อแสดงภาพรวมของระยะเวลานำทั้งกระบวนการซ่อมแซม PCBA ดังแสดงดังรูปที่ 3.1





รูปที่ 3.1 สายธารคุณค่า (Value Stream Map) ของกระบวนการซ่อมแซม PCBA

เนื่องจากปัจจุบันกระบวนการซ่อมแซม PCBA ใช้ระบบการผลิตแบบเป็นชุดใหญ่ (Large-Lot-Production) จากรูปที่ 3.1 แสดงให้เห็นระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA ในส่วนของคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 และ แผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 เฉลี่ยต่อชิ้นเท่ากับ 359.40 นาที หรือเท่ากับ 5.99 ชั่วโมง และ 274.11 นาที หรือเท่ากับ 4.57 ชั่วโมง ตามลำดับ ปัจจุบันกระบวนการต้องทำการซ่อมแซมทั้ง 2 ชนิดในวันเดียวกัน โดยเมื่อรวมเวลาการซ่อมแซมเฉลี่ยต่อชิ้นทั้ง 2 ชนิด จะได้เกือบ 11 ชั่วโมง ซึ่งเกินเวลาทำงานต่อวันคือ 8 ชั่วโมง ทำให้โรงงานกรณีศึกษาต้องจ้างพนักงานทำงานล่วงเวลา (Overtime: OT) และ ไม่สามารถส่งคืน PCBA ได้ตามที่กระบวนการผลิตต้องการ อาจเป็นสาเหตุในการขาดแคลน PCBA ในกระบวนการผลิตฮาร์ดิสก์ไดร์ฟ จึงจำเป็นต้องปรับปรุงแก้ไขปัญหานี้อย่างเร่งด่วน

3.3 การจัดตั้งทีมทำงานและกำหนดปัญหา

จากปัญหาที่ได้กล่าวข้างต้น เป็นปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน การวิจัยนี้ผู้วิจัยได้จัดตั้งทีมงาน เพื่อช่วยกันรวบรวมปัญหาและสาเหตุที่ก่อให้เกิดระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA ที่ยาวนาน หลังจากนั้นจึงทำการวิเคราะห์คัดเลือกสาเหตุ และดำเนินการปรับปรุงแก้ไขโดยมีวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการคือ 1.เพื่อปรับปรุงวิธีการทำงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้ผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA เพิ่มสูงขึ้น (PCBA Repair Process Productivity) ลดระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA (PCBA Repair Lead Time) ที่ส่งผลต่อชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาของพนักงาน ทำให้สามารส่งคืน PCBA ให้กับฝ่ายผลิตได้ตามเวลาที่กำหนดไว้ และ ลดปริมาณงานระหว่างทำ (Work In Process: WIP) เพื่อที่จะสามารถตอบสนอง

ความต้องการของฝ่ายผลิตได้ 2. เพื่อนำเสนอข้อมูลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้และความคุ้มค่าในการลงทุนในการซื้อเครื่องจักรเพิ่ม เพื่อให้เป็นข้อมูลช่วยในการตัดสินใจปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซม PCBA ของผู้บริหารโรงงาน เนื่องจากผู้บริหารมีความต้องการที่จะซื้อเครื่องจักรเพิ่มเติมเพื่อตอบสนองกำลังการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต แต่ยังขาดข้อมูลที่เพียงพอในการสนับสนุนการตัดสินใจซื้อเครื่องจักร โดยสมาชิกในทีมทำงานจะประกอบไปด้วยผู้บริหารของโรงงานกรณีศึกษา (Manager) 1 ท่าน วิศวกรอาวุโสด้านกระบวนการ (Senior Engineer) 1 ท่าน ผู้ควบคุมการผลิต (Supervisor) 1 ท่าน ช่างเทคนิค (Technician) 3 ท่าน พนักงานฝ่ายปฏิบัติการ (Operator) 5 ท่าน และรวมผู้วิจัยจึงมีทีมงานทั้งหมด 12 คน

3.4 **แผนผังกระบวนการระดับสูง** (SIPOC Map)

ผู้วิจัยได้ทำการสร้างแผนผังกระบวนการระดับสูง หรือ SIPOC Map (วิทยา สุหฤทดำรง, 2553) ใช้เพื่อบ่งชี้องค์ประกอบพื้นฐานต่างๆของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ที่ทีมงานต้องทำการศึกษา เนื่องจากทีมงานบางส่วนไม่ได้มีความรู้พื้นฐานของกระบวนการซ่อมแซม PCBA มาก่อน ทำให้ทีมงานที่ไม่ได้ทำงานเกี่ยวกับกระบวนการซ่อมแซม PCBA ยากที่จะเข้าใจ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 แผนผังกระบวนการระดับสูง (SIPOC Map)

ผู้จัดส่งวัตถุดิบ (Supplier)	**ความต้องการ** (Input)	**กระบวนการ** (Process)	**ความต้องการ** (Output)	**ลูกค้า** (Customer)
1.กระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Test Line process) 2. กระบวนการวิเคราะห์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Diagnosis Process) 3.แผนกควบคุมวัตถุดิบ (Material Control Section)	ซ่อมแซม PCBA รุ่น E ที่เสียจากคอนเน็คเตอร์ชนิด CN2 และแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 จำนวน 250 ชิ้นต่อวันและ 50 ชิ้นต่อวัน ตามลำดับ	1.การตรวจรับ PCBA 2.การตรวจแยกชนิดของอาการเสียของ PCBA 3.การตรวจสอบ PCBA 4.การถอดส่วนประกอบที่เสียหาย 5.การดูดซับตะกั่ว 6.การทำความสะอาดพื้นที่วางส่วนประกอบ 7A.การประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยคน 7B.การประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยเครื่องจักร 8.การทำความสะอาด PCBA 9.การประทับตราบน PCBA 10.การบันทึกประวัติ PCBA 11.การตรวจสอบฟังก์ชั่นการทำงาน 12.การนำ PCBA ออกระบบ 13. การบรรจุ PCBA	PCBA รุ่น E ที่ผ่านการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ชนิด CN2 จำนวน 250 ชิ้นต่อวัน และแผ่นวงจรรวม (IC) ชนิด M1 จำนวน 50 ชิ้นต่อวันในเวลา 16:30 น.ของวันที่ส่งซ่อมแซม PCBA	1.กระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Test Line Process) 2. กระบวนการวิเคราะห์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Diagnosis Process)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.5 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับกระบวนการซ่อมแซม PCBA

3.5.1 คำจำกัดความ

แผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Printed Circuit Board Assembly: PCBA) หมายถึง แผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานหลักของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

การซ่อมแซม PCBA (PCBA Repair) หมายถึง วิธีถอดชิ้นส่วนประกอบที่เสียหายหลังจากการตรวจสอบฟังก์ชั่นการทำงานแล้ว ด้วยความร้อนเพื่อให้ตะกั่วบัดกรีละลายและสามารถถอดชิ้นส่วนประกอบที่เสียหาย หลังจากนั้นใส่ชิ้นส่วนประกอบใหม่วางลงบน PCBA ด้วยเครื่องจักรหรือพนักงาน โดยใช้ความร้อนเพื่อให้ตะกั่วบัดกรีละลายและสามารถเชื่อมต่อกับ PCBA และ ทำการตรวจสอบฟังก์ชั่นการทำงานก่อนที่จะส่ง PCBA คืนฝ่ายผลิตเพื่อนำไปใช้งานต่อไป

คอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 (Read-Write Connector: Type CN2) หมายถึง คอนเน็คเตอร์ที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อสัญญาณข้อมูลอ่าน-เขียนของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

แผงวงจรรวม (Integrated Circuit: IC) ชนิด M1 หมายถึง แผงวงจรรวมที่ทำหน้าที่เป็นหน่วยประมวลผลกลางของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

3.5.2 เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ในการซ่อมแซม PCBA

1) เครื่องสำหรับถอดส่วนประกอบที่เสียหาย (Hot Air Station Machine)
2) เครื่องสำหรับประกอบแผงวงจรรวม (BGA Rework Station Machine)
3) หัวแร้งเชื่อมตะกั่ว (Soldering Iron)
4) กล้องจุลทรรศน์ (Microscope)
5) เครื่องตรวจสอบฟังก์ชั่นการทำงาน (Functional PCBA Tester)
6) คอมพิวเตอร์ (Computer)
7) เครื่องอ่านบาร์โค้ด (Barcode Reader)
8) ตะกั่วเหลวและตะกั่วเส้นสำหรับเชื่อมต่อ PCBA กับ ชิ้นส่วนประกอบ
9) แผ่นทองแดงสำหรับดูดซับตะกั่ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

10) คีมจับชิ้นงาน

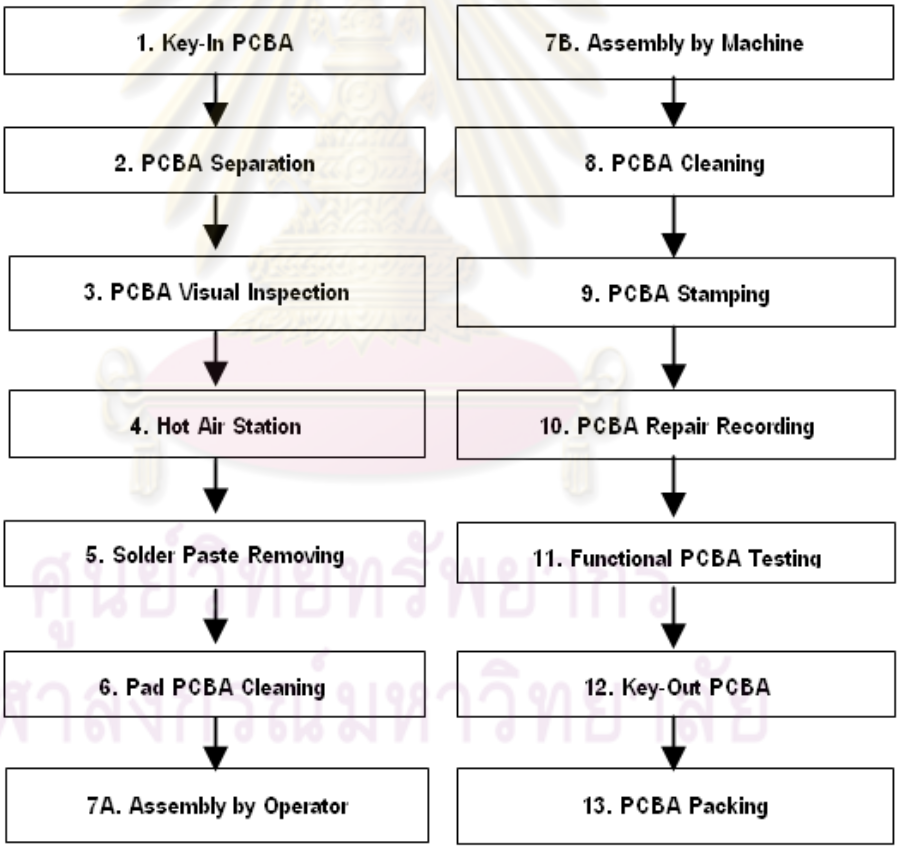
11) แม่พิมพ์แบบ (Stencil)

12) น้ำยาทำความสะอาด (Isopropyl Alcohol: IPA)

13) กล่องบรรจุ PCBA สำหรับขนย้าย PCBA

3.5.3 แผนผังกระบวนการซ่อมแซม PCBA

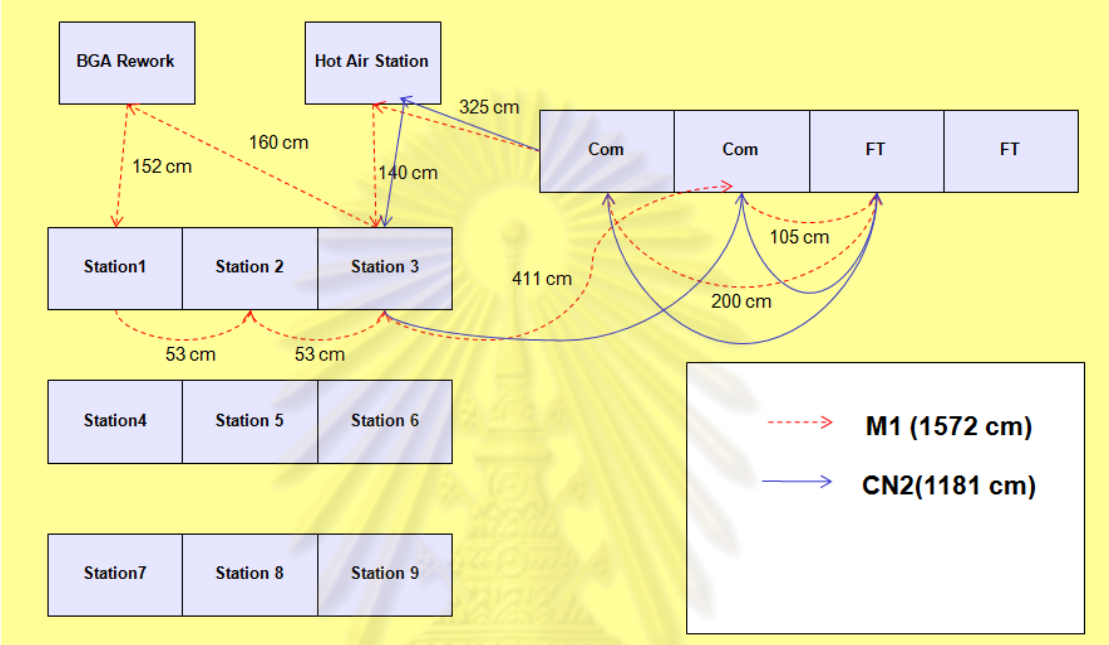
แผนผังกระบวนการซ่อมแซม PCBA แสดงดังรูปที่ 3.2 เริ่มต้นจากการรับ PCBA ที่เสียจากฝ่ายผลิตเข้าสู่ระบบของกระบวนการซ่อมแซม PCBA จนกระทั่งถึงกระบวนการนำ PCBA ที่ซ่อมแซมเสร็จแล้ว ใส่กล่องบรรจุ PCBA เพื่อส่งคืนให้กับฝ่ายผลิต



รูปที่ 3.2 แผนผังกระบวนการซ่อมแซม PCBA

3.5.4 เส้นทางการเดินของ PCBA (Spaghetti Diagram)

เส้นทางการเดินของ PCBA ภายในกระบวนการซ่อมแซม PCBA และระยะทางในการเดินทางของ PCBA ของการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 และ แผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ของ PCBA รุ่น E แสดงได้รูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แผนภาพเส้นทางการเดินทางของ PCBA (Spaghetti Diagram) ในกระบวนการซ่อมแซม PCBA

จากรูปที่ 3.3 พบว่ามีบางกระบวนการมีระยะห่างระหว่างกระบวนการมาก ทำให้เกิดภาระในการขนถ่าย PCBA และมีการไหลของ PCBA ที่ซ้อนทับกัน เคลื่อนที่กลับไปกลับมา ซึ่งเป็นความสูญเปล่า จำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงผังการทำงาน

3.6 ระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA (PCBA Repair Lead Time)

องค์ประกอบของระยะเวลานำประกอบไปด้วยเวลา 5 ส่วน (Burcher และ Dupernex, 1996) คือ 1. ระยะเวลานำในการวางแผน ทั้งเรื่องวัตถุดิบและแผนการผลิต 2. ระยะเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนการผลิต 3. ระยะเวลาการผลิต 4. ระยะเวลารอเคลื่อนย้าย และ 5. ระยะเวลารอแถวคอย ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการลดระยะเวลานำในส่วนของการผลิต โดยในการวิจัยนี้ หมายถึง การซ่อมแซม PCBA ของกระบวนการซ่อมแซม PCBA เท่านั้น และความหมายของระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA ที่อยู่ในขอบเขตงานวิจัยนี้ คือ เวลาเริ่มต้นที่พนักงานฝ่ายปฏิบัติการรับ PCBA ที่เสียเข้าสู่ระบบ (Key In PCBA Process) และระยะเวลานำในการซ่อมแซม

จะเสร็จสิ้นเมื่อนำ PCBA บรรจุลงในกล่องเพื่อส่งคืนฝ่ายผลิต โดยระยะเวลานำได้หมายความถึงเวลาในการทำงานและเวลาในการพักทั้งหมดด้วย โดยระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA ที่ยาวนาน ทำให้พนักงานต้องทำงานล่วงเวลาเพื่อให้งานเสร็จ ซึ่งส่งผลกระทบถึงเวลาในการส่งคืน PCBA ให้ฝ่ายผลิตอีกด้วย ซึ่งปัญหานี้จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องได้รับการแก้ไขปัญหาอย่างเร่งด่วน

3.7 **จำนวนชั่วโมงการทำงานของพนักงาน** (Work Hours)

จำนวนชั่วโมงการทำงานของพนักงานในงานวิจัยนี้ หมายถึง จำนวนชั่วโมงการทำงานของพนักงานปฏิบัติการและช่างเทคนิค ที่ทำการซ่อมแซม PCBA ที่ส่งซ่อมแซมในแต่ละวัน ในกรณีที่ซ่อมแซมจนเสร็จแล้ว จะส่งคืน PCBA ให้กับฝ่ายผลิต โดยจำนวนชั่วโมงการทำงานปกติจะเริ่มต้นตั้งแต่ 7:30น. จนถึง 16:30น. รวมเวลาทั้งหมดเท่ากับ 8 ชั่วโมง ในกรณีที่พนักงานไม่สามารถซ่อมแซม PCBA ที่ได้รับมาเสร็จได้ในเวลาปกติ พนักงานสามารถทำงานล่วงเวลาได้ไม่เกิน 4 ชั่วโมงต่อวัน เมื่อรวมเวลาทำงานปกติจะต้องไม่เกิน 12 ชั่วโมงต่อวัน ถ้า PCBA ยังคงซ่อมแซมไม่เสร็จ พนักงานสามารถกลับมาทำการซ่อมแซม PCBA ต่อในวันทำงานถัดไปได้

3.8 **ผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม** PCBA (PCBA Repair Process Productivity)

ผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ในงานวิจัยนี้ หมายถึง จำนวนยอดการซ่อมแซม PCBA เฉลี่ยที่กระบวนการซ่อมแซม PCBA สามารถทำได้ในแต่ละวัน ซึ่งจะพิจารณาผลิตภาพโดยรวมของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ตามที่ฝ่ายผลิตต้องการ เพื่อให้สามารถรองรับความต้องการของฝ่ายผลิตได้ และ พิจารณาผลิตภาพในแต่ละกระบวนการต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลใช้ในการสำรวจกระบวนการที่เป็นคอขวดของกระบวนการซ่อมแซม PCBA และใช้ในการหาสาเหตุที่ทำให้กระบวนการนั้นๆ มีผลิตภาพต่ำ เพื่อให้สามารถดำเนินการปรับปรุงแก้ไขได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้น

3.9 **ปริมาณงานระหว่างทำ** (Work In Process)

ปริมาณงานระหว่างทำในกระบวนการเป็นอีกปัจจัย ที่แสดงให้เห็นถึงปัญหาเรื่องการไหลของงาน งานวิจัยนี้จึงทำการสำรวจปริมาณงานระหว่างทำโดยรวมเฉลี่ยที่อยู่ในกระบวนการต่างๆ ของกระบวนการซ่อมแซม PCBA สำหรับเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจเพื่อดำเนินการแก้ไขปัญหากระบวนการที่มีปริมาณงานระหว่างทำมากตามลำดับ

บทที่ 4
การวัดสภาพของปัญหา (Measure Phase)

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการวัดสภาพปัญหา (Measure Phase) หรือการเก็บข้อมูลเบื้องต้น โดยมีการใช้เครื่องมือทางสถิติมาช่วยในการคำนวณหาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมในการเก็บข้อมูล เพื่อลดเวลาในการเก็บข้อมูล โดยทำการวัดและเก็บข้อมูลต่างๆ ดังนี้

1. ระยะเวลานำในการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 และ แผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 (PCBA Repair Lead Time)
2. จำนวนชั่วโมงการทำงานของพนักงาน (Work Hours)
3. ผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA โดยรวม (Total PCBA Repair Productivity)
4. ผลิตภาพการทำงานของแต่ละกระบวนการ (PCBA Repair Productivity Per Process)
5. ปริมาณงานระหว่างทำ (Work In Process: WIP)

รวมทั้งอธิบายถึงลักษณะการทำงานทั่วไปของแต่ละกระบวนการ จากนั้นทีมงานจะทำการพิจารณาข้อมูลที่เก็บได้ดังกล่าว เพื่อนำเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ปัญหาต่อไป

4.1 แนวทางการวัดและเก็บข้อมูลเบื้องต้น

แนวทางการหาระยะเวลานำในการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 และ แผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ที่ทำการซ่อมแซมในแต่ละวัน ทำได้โดยการศึกษาระยะเวลานำในการทำงานของแต่ละกระบวนการ ปริมาณงานระหว่างทำเฉลี่ย สำหรับข้อมูลที่ผู้วิจัยต้องการเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาคือ ผลิตภาพการทำงานของแต่ละกระบวนการ ประกอบกับสาเหตุที่ทำให้ระยะเวลานำในแต่ละกระบวนการยาวนาน ปริมาณงานระหว่างทำที่มีอยู่ของกระบวนการ และจำนวนชั่วโมงการทำงานของพนักงานในแต่ละวัน

เนื่องจากกระบวนการซ่อมแซม PCBA ไม่ได้รับการใส่ใจเท่าที่ควรเมื่อเทียบกับกระบวนการผลิตหลัก ทำให้ไม่เคยมีการเก็บข้อมูลในเรื่อง ระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA ในแต่ละชิ้นส่วนประกอบ ปริมาณงานระหว่างทำ และผลิตภาพการทำงานของแต่ละกระบวนการ

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการออกแบบบันทึกข้อมูลต่างๆ เหล่านี้ (แสดงในภาคผนวก ก) โดยมอบหมายให้พนักงานแต่ละกระบวนการเป็นผู้กรอกข้อมูลในแบบบันทึกนี้ สำหรับข้อมูลผลิตภาพการทำงานโดยรวม และจำนวนชั่วโมงการทำงานของพนักงานในแต่ละวัน สามารถเก็บข้อมูลได้โดยมอบหมายให้ผู้ควบคุมการผลิต (Supervisor) รับผิดชอบทำการบันทึกข้อมูลลงในระบบฐานข้อมูลแล้วส่งผลรายงานให้ผู้วิจัยและทีมงาน

4.2 ข้อมูลเกี่ยวกับระยะเวลานำในการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 และ แผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1

ข้อมูลเกี่ยวกับระยะเวลานำในการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 และแผงวงจร (IC) ชนิด M1 เริ่มตั้งแต่กระบวนการรับ PCBA ที่เสียเข้าสู่ระบบ (Key In PCBA Process) และเสร็จสิ้นกระบวนการเมื่อนำ PCBA บรรจุลงในกล่องเพื่อส่งคืนฝ่ายผลิต โดยพนักงานจะทำการบันทึกข้อมูลตามกระบวนการต่างๆ ที่กำหนดลงในแบบบันทึกข้อมูลที่สร้างขึ้นมา โดยทำการวัดระยะเวลานำจากกลุ่มตัวอย่างที่เก็บได้จำนวนหนึ่งเทียบกับระยะเวลานำเป้าหมาย ทำให้ได้ค่าความสามารถของกระบวนการ (Process Capability: $\hat{C}_{pk}$) ที่ประมาณได้จากกลุ่มตัวอย่าง จากนั้นจึงคำนวณหาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม (n) ดังสมการที่ (4.1) (Leroy, 1999) ที่จะสามารถเป็นตัวแทนของข้อมูลทั้งหมดได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$n = (Z(\alpha))^2 \frac{\left(\frac{1}{9(\hat{C}_{pk})^2} + \frac{1}{2} \right)}{\left(1 - \frac{C'^{c'}_{pk}}{\hat{C}_{pk}} \right)^2} \qquad (4.1)$$

โดยที่ n = จำนวนข้อมูลในกลุ่มตัวอย่าง

$Z(\alpha)$ = ค่ามาตรฐานที่ระดับความเชื่อมัน (1-α) 100%

$\hat{C}_{pk}$ = ค่าความสามารถของกระบวนการที่ประมาณ

ได้จากกลุ่มตัวอย่าง

$\hat{C}_{pk} / C'^{c'}_{pk}$ = สัดส่วนของค่าขอบเขตล่างของความสามารถของ

กระบวนการจริงเทียบ กับค่าความสามารถของกระบวนการ

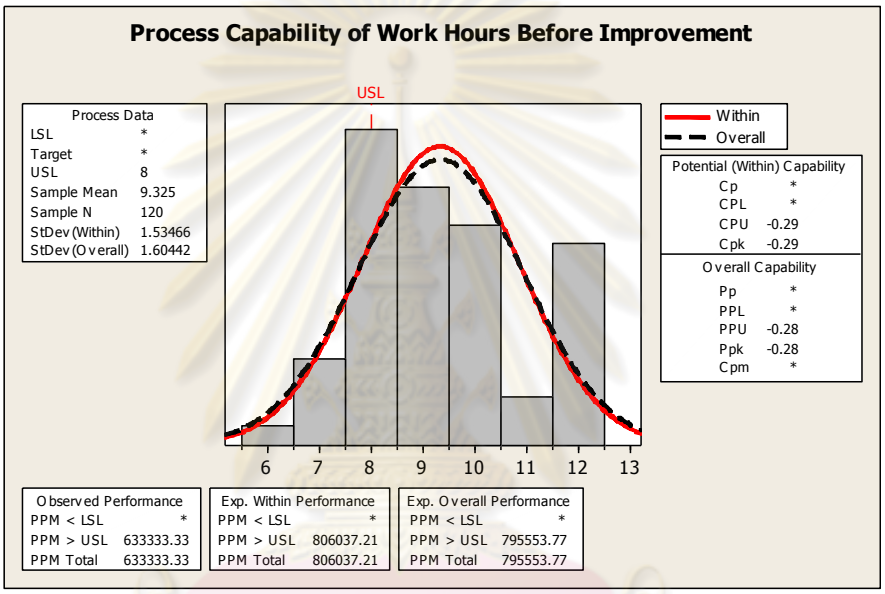
ที่ประมาณได้จากกลุ่มตัวอย่าง

ค่าความสามารถของกระบวนการของกลุ่มตัวอย่าง ($\hat{C}_{pk}$) ควรจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าความสามารถของกระบวนการจริง ($C'^{c'}_{pk}$) เทียบกับค่าความสามารถของกระบวนการที่ประมาณได้จากกลุ่มตัวอย่าง ไม่ต่ำกว่า 0.2 ($\hat{C}_{pk}/C'^{c'}_{pk}$ = 0.8) และกำหนดระดับความเชื่อมั่น (1-α) 100% เท่ากับ 95% เมื่อแทนค่าต่างๆ ลงในสมการที่ (4.1) จะทำให้ได้ n ที่เหมาะสมคือ 107 ข้อมูล ในการทำวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการเก็บตัวอย่างระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA จำนวน 120 ข้อมูล จึงถือว่าขนาดตัวอย่างมีความเหมาะสมตามข้อกำหนดที่ตั้งไว้ข้างต้น

จากการกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ดังนั้น ค่า Z (α) = 1.645 จากการเก็บข้อมูลในเบื้องต้น สามารถสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำในการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 เท่ากับ 274.11 นาที หรือ 4.57 ชั่วโมง และแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 เท่ากับ 359.4 นาที หรือเท่ากับ 5.99 ชั่วโมง

4.3 ข้อมูลเกี่ยวกับชั่วโมงการทำงานของพนักงาน

จากการเก็บข้อมูลชั่วโมงการทำงานของพนักงานในแต่ละวันของการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 และ แผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ของ PCBA รุ่น E จำนวน 120 ข้อมูล เมื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วย Minitab15.0 เพื่อดูค่าความสามารถของกระบวนการซ่อมแซม PCBA โดยกำหนดขอบเขตของระยะเวลาในการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 และแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 รวมกันเท่ากับ 8 ชั่วโมง หรือ เท่ากับ 480 นาที ซึ่งเป็นจำนวนชั่วโมงการทำงานปกติต่อวัน พบว่า ความสามารถของกระบวนการ (C_{pk}) เท่ากับ -0.29 แสดงได้ดังรูปที่ 4.1



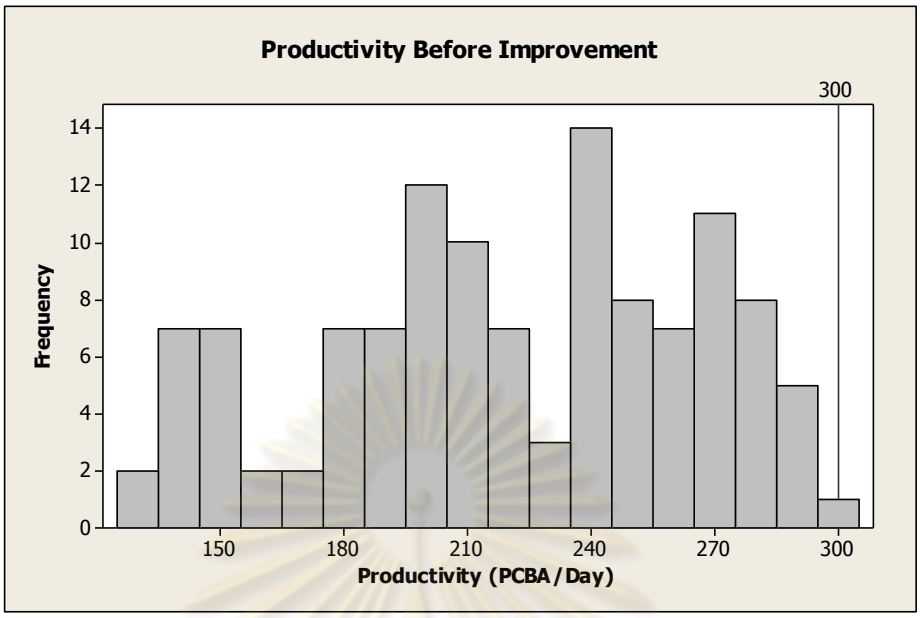
รูปที่ 4.1 ลักษณะความสามารถของกระบวนการของชั่วโมงการทำงานของพนักงานในแต่ละวัน

จากความสามารถของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ดังรูปที่ 4.1 แสดงให้ว่า กระบวนการซ่อมแซม PCBA ไม่สามารถซ่อมแซม PCBA ทั้ง 2 ชิ้นส่วนประกอบภายในชั่วโมงการทำงานปกติที่กำหนดไว้ได้ โดยมีชั่วโมงการทำงานโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 9.325 ชั่วโมง และส่งผลกระทบต่อการไม่สามารถส่งคืน PCBA ให้กับฝ่ายผลิตได้ตามเวลาที่ต้องการเท่ากับ 663,333 ชิ้นใน 1 ล้านชิ้น หรือ 66.33 เปอร์เซ็นต์ โดยพิจารณาพื้นที่ใต้กราฟที่อยู่นอกขอบเขตบนหรือชั่วโมงการทำงานปกติที่กำหนดไว้ และในตัวเลขในช่อง Observed Performance ทำให้สรุปได้ว่า กระบวนการซ่อมแซม PCBA มีเปอร์เซ็นต์ความสามารถในซ่อมแซม PCBA ทั้ง 2 ชิ้นส่วนประกอบภายชั่วโมงการทำงานปกติที่กำหนด และส่งผลต่อการส่งคืน PCBA ให้กับกระบวนการผลิตตามที่ฝ่ายผลิตกำหนดทันเวลาเพียง 33.67 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทำให้โรงงานกรณีศึกษาต้องเสียต้นทุนในการซ่อมแซม PCBA เพิ่มขึ้น ในการจ้างพนักงานทำงานล่วงเวลา (Overtime: OT) เป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นปัญหาที่ต้องรีบแก้ไขอย่างเร่งด่วนของโรงงานกรณีศึกษา

4.4 ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA โดยรวม

เนื่องจากกระบวนการซ่อมแซม PCBA ไม่สามารถทราบข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณของ PCBA ที่เสียล่วงหน้า ผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA จึงขึ้นอยู่จำนวน PCBA เสียที่กระบวนการผลิตส่งให้กระบวนการเพื่อทำการซ่อมแซม ผู้วิจัยจึงทำการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA โดยรวม เพื่อแสดงถึงความสามารถของแต่ละกระบวนการในการทำงานของการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 และแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ของ PCBA รุ่น E ในแต่ละวัน โดยมอบหมายให้ผู้ควบคุมการผลิต (Supervisor) เป็นผู้บันทึกยอดการซ่อมแซมในแต่ละวันในรายงานการซ่อมแซม PCBA ในแต่ละวัน ได้ทำการเก็บข้อมูลระหว่างเดือนเมษายนถึงกรกฎาคม 2553 เป็นเวลา 4 เดือน จำนวน 120 ข้อมูล พบว่าการซ่อมแซม PCBA เฉพาะการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 และแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ของ PCBA รุ่น E มีผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA โดยเฉลี่ยรวมกันเท่ากับเฉลี่ยต่ำสุด คือ 128 ชิ้น ผลิตภาพสูงสุดของการซ่อมแซม PCBA เฉลี่ยสูงสุดคือ 300 ต่อวัน และผลิตภาพโดยเฉลี่ยของการซ่อมแซม PCBA คือ 220 ต่อวัน โดยแบ่งเป็นการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 และแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 เท่ากับ 190 ชิ้นต่อวัน และ 30 ชิ้นต่อวัน ในระยะเวลาทำงานปกติ 8 ชั่วโมง ในกรณีที่ยังมี PCBA ที่ยังซ่อมแซมไม่เสร็จ พนักงานจะทำงานล่วงเวลา (Overtime: OT) เพื่อให้สามารถซ่อมแซม PCBA ที่ส่งเข้ามาในแต่ละวันให้เสร็จ โดยสามารถดูการกระจายของข้อมูลด้วยฮิสโตแกรม ดังรูปที่ 4.2 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับกำหนดเป้าหมายของฝ่ายผลิตในการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 และแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ของ PCBA รุ่น E ในแต่ละวัน คือ 250 ชิ้นต่อวัน และ 50 ชิ้นต่อวัน ตามลำดับ เมื่อรวมกันทั้งชนิดเท่ากับ 300 ชิ้นต่อวัน จะเห็นว่าส่วนมากกระบวนการซ่อมแซม PCBA ยังไม่สามารถตอบสนองความต้องการของฝ่ายผลิตได้

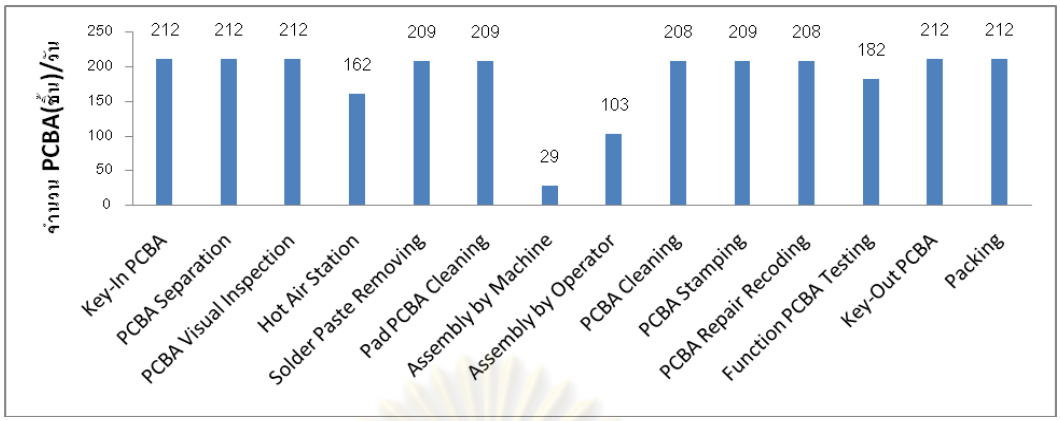
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.2 ลักษณะการกระจายของผลิตภาพของการซ่อมแซม PCBA แต่ละวัน

4.5 ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภาพการทำงานของแต่ละกระบวนการ

จากข้อมูลข้างต้นเป็นผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA โดยรวมผู้วิจัยต้องการหาสาเหตุหรือกระบวนการที่เป็นคอขวด จึงต้องศึกษาผลิตภาพการทำงานของแต่ละกระบวนการ โดยทำการเก็บข้อมูลเพิ่มเป็นเวลา 1 เดือน ในเดือนกรกฎาคม 2553 มีจำนวน 30 ข้อมูลโดยให้พนักงานแต่ละกระบวนการบันทึกจำนวน PCBA ที่ซ่อมแซมได้ในแต่ละชั่วโมง และให้มีการระบุสาเหตุที่ไม่สามารถซ่อมแซม PCBA ออกมาได้ในช่วงเวลานั้นๆ ด้วย แล้วส่งต่อให้ผู้ควบคุมการผลิตทำการรวบรวมข้อมูลของจำนวน PCBA ที่ซ่อมแซมได้ในชั่วโมงทำงานปกติ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หากระบวนการและสาเหตุที่เป็นปัญหาคอขวดของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ทำให้สามารถเปรียบเทียบผลิตภาพการทำงานของแต่ละกระบวนการได้ดังรูปที่ 4.3 โดยจะพบว่ากระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยเครื่องจักร (Assembly by Machine Process) ทำหน้าที่ประกอบแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 มีผลิตภาพการทำงานน้อยที่สุด คือ สามารถซ่อมแซม PCBA ได้เพียง 29 ชิ้นต่อวัน ซึ่งมีลักษณะเป็นกระบวนการที่เป็นคอขวดของกระบวนการซ่อมแซม PCBA



รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบผลิตภาพการผลิตของแต่ละกระบวนการ (จำนวน PCBA ชิ้น/วัน)

ลักษณะการทำงานของแต่ละกระบวนการซ่อมแซม PCBA สามารถอธิบายได้ ดังนี้

1. กระบวนการตรวจรับ PCBA ที่เสียจากฝ่ายผลิต (Key In PCBA Process) ทำหน้าที่รับ PCBA ที่เสียจากกระบวนการผลิตที่ใส่ในกล่องบรรจุ PCBA ที่มีขนาดจำนวน PCBA 50 ชิ้นต่อกล่อง เข้าสู่ระบบของกระบวนการซ่อมแซม PCBA พนักงานจะทำการตรวจรับ PCBA โดยการอ่านบาร์โค้ด (Barcode) ของ PCBA เพื่อบันทึกประวัติการผ่านกระบวนการซ่อมแซม PCBA เมื่อทำงานเสร็จแล้วขนถ่ายต่อให้กระบวนการตรวจแยกชนิดของอาการเสียของ PCBA

2. กระบวนการตรวจแยกชนิดของอาการเสียของ PCBA (PCBA Separation Process) ทำหน้าที่แยก PCBA เสียด้วยส่วนประกอบที่ต้องการเปลี่ยนให้เป็นกลุ่มเดียวกันเพื่อให้ง่ายต่อการทำงาน เนื่องจากกระบวนการผลิตจะส่ง PCBA ด้วยวิธีการแยกเป็นรุ่นของ PCBA

3. กระบวนการตรวจสอบ PCBA (PCBA Visual Inspection Process) ทำหน้าที่ตรวจสอบทางกายภาพของ PCBA ด้วยตาเปล่าทุกครั้ง หลังจากการแยกชนิดของอาการเสีย เพื่อไม่ให้ PCBA ที่ไม่สามารถซ่อมแซมได้ เช่น แตก หัก สายวงจรขาด เป็นต้น หลุดเข้าไปในส่วนของกระบวนการ ทำให้ยากต่อการตรวจสอบหาสาเหตุของปัญหาและเสียค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมอย่างไร้ประโยชน์ เมื่อเสร็จแล้วจะทำการขนถ่าย PCBA ไปยังกระบวนการถอดส่วนประกอบที่เสียหายต่อไป

4. กระบวนการถอดส่วนประกอบที่เสียหาย (Hot Air Station Process) ทำหน้าที่ถอดส่วนประกอบที่เสียหายออกจาก PCBA ด้วยความร้อน ทำให้ตะกั่วเหลว (Solder

Paste) ละลาย จะใช้คีมจับดึงส่วนประกอบที่เสียออกจาก PCBA เมื่อเสร็จแล้วมีการขนถ่าย PCBA ส่งต่อให้กระบวนการดูดซับตะกั่วต่อไป

5. กระบวนการดูดซับตะกั่วเหลว (Solder Paste Removing Process) ทำหน้าที่ดูดซับตะกั่วเหลวที่เหลือจากการถอดส่วนประกอบที่เสียหายด้วยหัวแร้งเชื่อมตะกั่ว (Solder Iron) และใช้แผ่นทองแดงดูดซับตะกั่วเหลวที่อยู่บน PCBA ออก แล้วขนถ่าย PCBA ให้กับกระบวนการทำความสะอาดพื้นที่วางส่วนประกอบต่อไป

6. กระบวนการทำความสะอาดพื้นที่วางส่วนประกอบ (Pad PCBA Cleaning Process) ทำหน้าที่ทำความสะอาดพื้นที่วางส่วนประกอบที่เพิ่งถอดส่วนประกอบออกโดยใช้น้ำยาทำความสะอาด (Isopropyl Alcohol: IPA) เช็ดทำความสะอาด เพื่อให้พื้นที่วางส่วนประกอบสะอาด และง่ายต่อการวางส่วนประกอบชิ้นใหม่ เมื่อเสร็จขั้นตอนนี้แล้ว PCBA ที่ต้องการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 กล่อง PCBA จะถูกขนถ่ายไปยังเครื่องจักร BGA Rework Station ขณะที่ PCBA ที่ต้องการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ชนิด CN2 สามารถซ่อมที่พื้นที่เดิมได้ทันทีโดยไม่ต้องถูกขนถ่าย

7. กระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยพนักงาน (Assembly by Operator Process) ทำหน้าที่ประกอบคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 ชิ้นใหม่ ลงบน PCBA โดยการใช้หัวแร้งเชื่อมตะกั่วในการประกอบด้วยพนักงาน

8. กระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยเครื่องจักร (Assembly by Machine Process) ทำหน้าที่ประกอบแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ที่เป็นส่วนประกอบใหม่ด้วยเครื่องจักร BGA Rework Station ซึ่งมีลักษณะการทำงานเป็นแบบกึ่งอัตโนมัติ (Semi Automatic Machine) โดยก่อนการประกอบพนักงานจะต้องเตรียม PCBA ด้วยการทาตะกั่วเหลวลงบนพื้นที่ส่วนที่วางส่วนประกอบใหม่โดยใช้แม่พิมพ์แบบ (Stencil) เพื่อให้ตะกั่วเหลวถูกวางลงบนตำแหน่งของ PCBA อย่างถูกต้อง หลังจากนั้นพนักงานจะทำการเลือกโปรแกรมที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ของเครื่องจักร เพื่อปรับตำแหน่งการวางแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ให้ตรงกับตำแหน่งของ PCBA โดยการใช้เมาส์ (Mouse) ในการควบคุม และ พนักงานจะสั่งให้เครื่องจักรทำงานผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ เครื่องจักรจะทำการประกอบแผงวงจรรวม ชนิด M1 โดยอัตโนมัติ เมื่อทำงานเสร็จแล้ว PCBA จะถูกขนถ่ายด้วยพนักงาน ส่งต่อไปยังกระบวนการทำความสะอาด PCBA ต่อไป

9. กระบวนการทำความสะอาด PCBA (PCBA Cleaning Process) ทำหน้าที่ทำความสะอาดบริเวณที่ทำการประกอบส่วนประกอบใหม่เพื่อไม่ให้มีคราบน้ำยาประสาน (Flux) ของตะกั่วเหลวเหลืออยู่บน PCBA เมื่อทำงานเสร็จแล้ว PCBA จะถูกขนถ่ายไปยังกระบวนการประทับตราบน PCBA ต่อไป

10. กระบวนการประทับตราบน PCBA (PCBA Stamping Process) ทำหน้าที่ประทับตราลงบนส่วนประกอบที่ทำการประกอบใหม่และรหัสของพนักงานที่ทำการตรวจสอบ เพื่อให้สามารถตรวจสอบตำแหน่งที่ถูกทำการซ่อมแซมได้ด้วยตาเปล่าและสามารถตรวจสอบกลับถึงพนักงานที่ทำการซ่อมแซมได้ในกรณีที่เกิดปัญหาภายหลัง เมื่อทำงานเสร็จแล้ว PCBA จะถูกขนถ่ายด้วยพนักงานไปยังกระบวนการบันทึกประวัติ PCBA

11. กระบวนการบันทึกประวัติ PCBA (Repair PCBA Recording Process) ทำหน้าที่บันทึกบาร์โค้ดของ PCBA ด้วยการอ่านบาร์โค้ดและทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลของส่วนประกอบของ PCBA ที่ทำการเปลี่ยนใหม่ในระบบการควบคุมของ PCBA ผ่านทางคอมพิวเตอร์ เมื่อทำงานเสร็จแล้ว PCBA จะถูกขนถ่ายด้วยพนักงานไปยังกระบวนการตรวจสอบฟังก์ชั่นการทำงานของ PCBA

12. กระบวนการตรวจสอบฟังก์ชั่นการทำงานของ PCBA (Functional PCBA Testing Process) ทำหน้าที่ตรวจสอบความถูกต้องของการซ่อมแซม PCBA ด้วยเครื่องตรวจสอบฟังก์ชั่นการทำงาน (Functional Tester) โดยพนักงานจะนำ PCBA ที่ผ่านการซ่อมแซมแล้วมาตรวจสอบความถูกต้องของฟังก์ชั่นการทำงานอีกครั้ง ถ้า PCBA ที่ผ่านทดสอบฟังก์ชั่นการทำงานไม่ผ่าน จะนำ PCBA ส่งคืนให้กับกระบวนการผลิตเพื่อทำการวิเคราะห์หาสาเหตุใหม่อีกครั้ง ส่วน PCBA ที่ผ่านการทดสอบจะถูกขนถ่ายไปยังกระบวนการนำ PCBA ออกจากระบบของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ต่อไป

13. กระบวนการนำ PCBA ออกจากระบบของกระบวนการซ่อมแซม PCBA (Key-Out PCBA Process) มีหน้าที่นำข้อมูลของ PCBA ที่ผ่านการซ่อมแซมแล้ว ส่งข้อมูลต่อให้กับกระบวนการผลิต โดยพนักงานจะทำการอ่านบาร์โค้ดของ PCBA เมื่อทำงานเสร็จแล้ว PCBA จะถูกขนถ่ายไปกระบวนการบรรจุ PCBA ต่อไป

14. กระบวนการบรรจุ PCBA (PCBA Packing Process) ทำหน้าที่บรรจุ PCBA ที่ผ่านการซ่อมแซมแล้วใส่ในกล่องของ PCBA โดยนับจำนวน PCBA ที่ซ่อมแซมได้ และเขียนบันทึกลงบนแผ่นรายงานที่อยู่ตรงหน้ากล่องเพื่อส่งคืนให้กระบวนการผลิตต่อไป

4.6 ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณงานระหว่างทำ

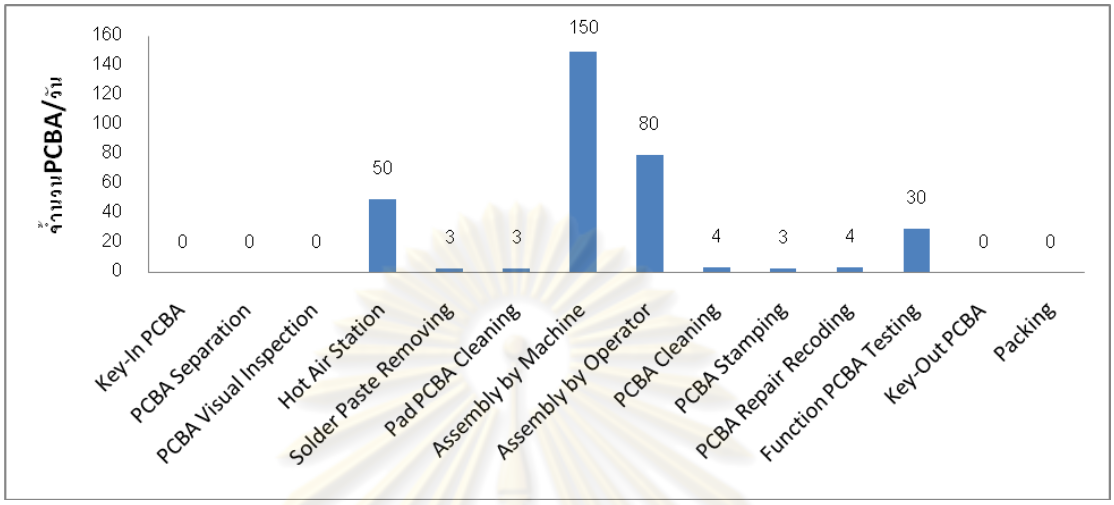
พนักงานแต่ละกระบวนการจะลงบันทึกปริมาณงานระหว่างทำที่มีอยู่ ณ กระบวนการนั้นที่มีทั้งหมด 14 กระบวนการ ทุกครั้งที่หมดเวลาทำงานปกติ โดยสามารถแบ่งกระบวนการที่มีปริมาณงานระหว่างทำได้เป็น 9 กระบวนการจาก 14 กระบวนการ คือ

1. กระบวนการถอดส่วนประกอบที่เสียหาย (Hot Air Station Process)
2. กระบวนการดูดซับตะกั่ว (Solder Paste Removing Process)
3. กระบวนการทำความสะอาดพื้นที่วางส่วนประกอบ (Pad PCBA Cleaning Process)
4. กระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยพนักงาน (Assembly by Operator Process)
5. กระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยเครื่องจักร (Assembly by Machine Process)
6. กระบวนการทำความสะอาด PCBA (PCBA Cleaning Process)
7. กระบวนการประทับตราบน PCBA (PCBA Stamping Process)
8. กระบวนการบันทึกประวัติ PCBA (PCBA Repair Recording Process)
9. กระบวนการตรวจสอบฟังก์ชั่นการทำงานของ PCBA (Functional PCBA Testing Process)

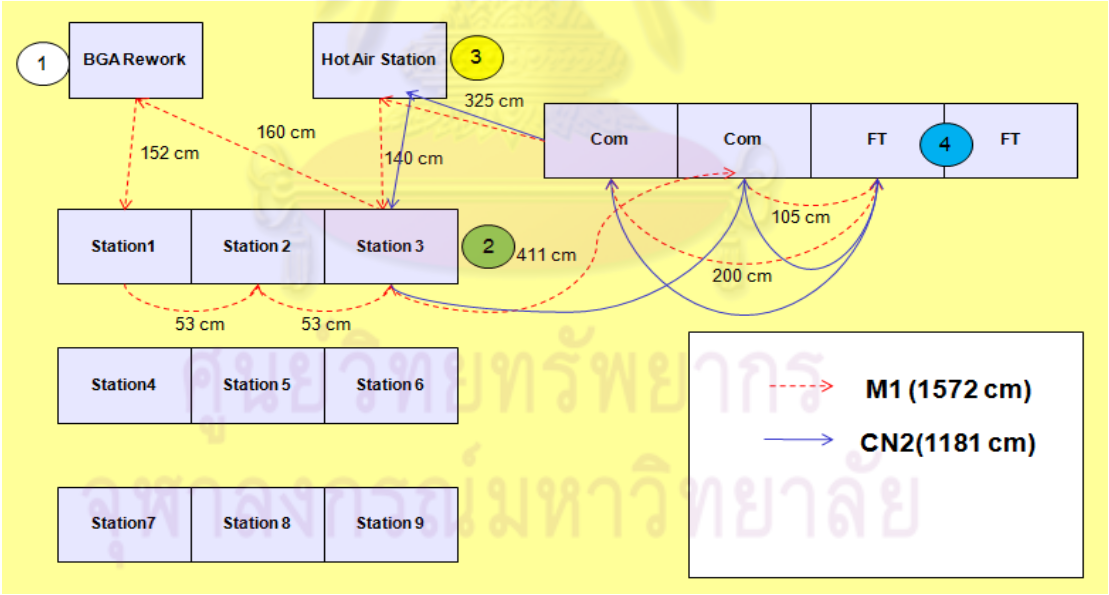
จากการเก็บข้อมูลปริมาณงานระหว่างทำ โดยมอบหมายให้พนักงานบันทึกปริมาณงานระหว่างทำลงในแบบบันทึกที่ออกแบบไว้หลังเลิกเวลาทำงานปกติ (16:30น.) ซึ่งเป็นใบบันทึกเดียวกันกับการบันทึกผลิตภาพการซ่อมแซม PCBA ของแต่ละกระบวนการ โดยทำการเก็บข้อมูลในเดือนกรกฎาคม 2553 เป็นเวลา 1 เดือน จำนวน 30 ข้อมูล พบว่าปริมาณงานระหว่างทำเฉลี่ย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทุกกระบวนการซ่อมแซม PCBA เท่ากับ 327 ชิ้นต่อวันโดยสามารถแสดงปริมาณงานระหว่างทำตามกระบวนการต่างๆ จำนวน 14 กระบวนได้ดังรูปที่ 4.4 และ 4.5



รูปที่ 4.4 ปริมาณงานระหว่างทำเฉลี่ยในแต่ละกระบวนการ



รูปที่ 4.5 กระบวนการที่มีปริมาณงานระหว่างทำ (Work In Process)

4.7 สรุปผลการวัดข้อมูลเบื้องต้น

1. เรื่องระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA (PCBA Repair Lead Time) พบว่ามีระยะเวลานำในการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 และ แผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 เฉลี่ยต่อชิ้นอยู่ที่ 274.11 นาที และ 359.4 นาที ตามลำดับ
2. เรื่องชั่วโมงการทำงานของพนักงานของการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 และแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ของ PCBA รุ่น E เมื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อดูค่าความสามารถของกระบวนการ PCBA โดยกำหนดขอบเขตของระยะเวลานำในการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 และแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 รวมกันเท่ากับ 8 ชั่วโมง ซึ่งเป็นจำนวนชั่วโมงการทำงานปกติต่อวัน พบว่า ความสามารถของกระบวนการ (C_{pk}) เท่ากับ -0.29 ซึ่งถือว่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับทั่วไปคือ 1 หรือ 1.33 ส่งผลกระทบทำให้การส่ง PCBA คืนให้ฝ่ายผลิตล่าช้าและไม่เป็นตามความต้องการของฝ่ายผลิต
3. เรื่องผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA โดยรวม (Total of PCBA Repair Process Productivity) พบว่า ปัจจุบันกระบวนการซ่อมแซม PCBA ยังไม่สามารถบรรลุเป้าหมายของกระบวนการผลิตที่กำหนดไว้ โดยปัจจุบันที่กระบวนการสามารถซ่อมแซมได้โดยเฉลี่ยคือ คอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 190 ชิ้นต่อวัน และ แผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 30 ชิ้นต่อวัน รวมทั้งหมด 220 ชิ้นต่อวันในชั่วโมงการทำงานปกติ
4. เรื่องผลิตภาพการทำงานของแต่ละกระบวนการ (PCBA Repair Productivity Per Process) จากการเก็บข้อมูลและทำการเปรียบเทียบผลิตภาพการทำงานของแต่ละกระบวนการ พบว่ากระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยเครื่องจักร (Assembly by Machine Process) ที่ทำหน้าที่ประกอบแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 มีผลิตภาพการทำงานน้อยที่สุด คือ สามารถซ่อมแซม PCBA ได้เพียง 29 ชิ้นต่อวัน ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีลักษณะเป็นคอขวด
5. เรื่องปริมาณงานระหว่างทำ (Work In Process) พบว่า ปัจจุบันมีปริมาณงานระหว่างทำโดยเฉลี่ยเท่ากับ 327 ชิ้นต่อวัน กระบวนการที่มีปริมาณงานระหว่างทำมาก ได้แก่ กระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยเครื่องจักร (Assembly by Machine Process) กระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยพนักงาน (Assembly by Operator Process) กระบวนการถอดส่วนประกอบที่เสียหาย (Hot Air Station Process) และกระบวนการตรวจสอบฟังก์ชั่นการทำงานของ PCBA (Functional PCBA Testing Process) โดยเรียงตามลำดับจากมากไปน้อย

บทที่ 5
การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)

จากข้อมูลในเรื่องระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA (PCBA Repair Lead Time) ส่งผลกระทบต่อชั่วโมงการทำงานของพนักงานและการส่งคืน PCBA ให้กับฝ่ายผลิต ทำให้ความสามารถของกระบวนการซึ่งวัดโดยค่า C_{pk} ได้เพียง -0.29 ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับทั่วไป คือ 1 หรือ 1.33 ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภาพของแต่ละกระบวนการซ่อมแซม PCBA ดังรูปที่ 4.4 เพื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้มีระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA ที่ยาวนาน พบว่าปัญหาหลักของกระบวนการซ่อมแซม PCBA มี 2 เรื่องคือ เรื่องผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA โดยรวมต่ำ และ เรื่องปริมาณงานระหว่างทำสูง

ในบทนี้จะทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่ส่งผลให้เกิดระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA ของคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 และ แผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ที่ผู้วิจัยเลือกเป็นตัวแทนในการศึกษาในครั้งนี้ ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา ผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาจากปัญหาหลักทั้ง 2 เรื่องนี้ โดยอาศัยเครื่องมือทางวิศวกรรมอุตสาหการ และเครื่องมือทางด้านคุณภาพ ดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ 4M (Man, Machine , Method, Material)

2. การวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงานด้วยแผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart) ร่วมกับการจำแนกกิจกรรมตามแนวคิดลีนคือ กิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่ากับผลิตภัณฑ์ (Value Added Activity: VA) และกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่ากับผลิตภัณฑ์แต่จำเป็นต้องมี (Necessary Non Value Added Activity: NVA-N) และกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่ากับผลิตภัณฑ์และไม่จำเป็นต้องมี (Non Value Added: NVA) เพื่อคัดกรองหาจุดที่ไม่เหมาะสมในการทำงาน และกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่ากับผลิตภัณฑ์

3. การสร้างแผนภูมิกลุ่มเชื่อมโยงหรือผังกลุ่มเครือญาติ (Affinity Diagram) จะทำให้ได้สาเหตุหลักของปัญหา โดยใช้องค์ความรู้เรื่องความสูญเปล่า 7 ประการ (7 Wastes) ร่วมกับการระดมสมองของทีมงาน

4. การสร้างผังความสัมพันธ์ (Relation Diagram) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุย่อยที่ก่อให้เกิดสาเหตุหลักของปัญหาที่ได้จากการทำผังกลุ่มเครือญาติ

5.1 การวิเคราะห์ 4M

จากการวิเคราะห์สาเหตุย่อยต่าง ๆ เป็นหมวดหมู่มีรายละเอียดดังนี้

5.1.1 ด้านทรัพยากรบุคคล (Man)

1. พนักงานขาดความกระตือรือร้นในการปฏิบัติงานเนื่องจากกระบวนการผลิตเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง พนักงานทำงานโดยไม่มีเวลากำหนด จะทำงานให้เสร็จเมื่อไหร่ก็ได้ ทำให้ระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA เพิ่มขึ้นมากกว่าสภาพความเป็นจริง
2. กระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยพนักงาน (Assembly by Operator Process) ใช้สำหรับซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 เนื่องจากจำนวนพนักงานมีเพียงคนเดียว ไม่เพียงพอกับงาน ทำให้เกิดแถวคอยสะสมเป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นความสูญเปล่า

5.1.2 ด้านเครื่องจักร (Machine)

1. กระบวนการถอดชิ้นส่วนประกอบที่เสียหาย (Hot Air Station Process) เนื่องจากเครื่องจักรมีเพียงเครื่องเดียว PCBA ทุกชิ้นที่ต้องการซ่อมแซม ต้องผ่านการถอดชิ้นส่วนอุปกรณ์จากกระบวนการนี้ ทำให้เกิดแถวคอยสะสมเป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นความสูญเปล่า
2. กระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยเครื่องจักร (Assembly by Machine Process) เนื่องจากเครื่องจักรมีเพียงเครื่องเดียว และเวลาที่การทำงานโดยอัตโนมัติประมาณ 5-14 นาทีต่อชิ้น ทำให้เกิดแถวคอยสะสมเป็นจำนวนมาก

5.1.3 ด้านวิธีการผลิต (Method)

1. ระบบการผลิตของกระบวนการซ่อมแซม PCBA เป็นการผลิตแบบเป็นชุดใหญ่ (Large Lot Production) ทำให้เกิดความล่าช้าในกระบวนการ ยิ่งเป็นชุดใหญ่ขึ้นเท่าไหร่ เวลาที่ PCBA จะถูกวางและรอคอยอยู่ระหว่างกระบวนการก็ยิ่งนานมากขึ้นเท่านั้น
2. กฎในการปล่อยงานแบบผลักจึงทำให้มีปริมาณงานระหว่างทำจำนวนมากในกระบวนการหนึ่งและทำให้เกิดการว่างงานในอีกกระบวนการหนึ่ง
3. วิธีการผลิตเป็นแบบไม่ต่อเนื่องจึงทำให้พนักงานไม่มีแรงกระตุ้นในการปฏิบัติงานของตนเอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.4 **ด้านวัตถุดิบ** (Material)

1. ส่วนประกอบที่ต้องใช้ในการซ่อมแซมในบางกรณี พบว่าไม่ได้มาตรฐานที่กำหนดไว้ ทำให้พนักงานต้องใช้เวลามากขึ้นในการซ่อมแซม PCBA
2. ส่วนประกอบที่เป็นวัตถุดิบหลักมีการส่งมอบจากผู้ผลิตล่าช้ากว่ากำหนด ทำให้ไม่สามารถทำงานได้

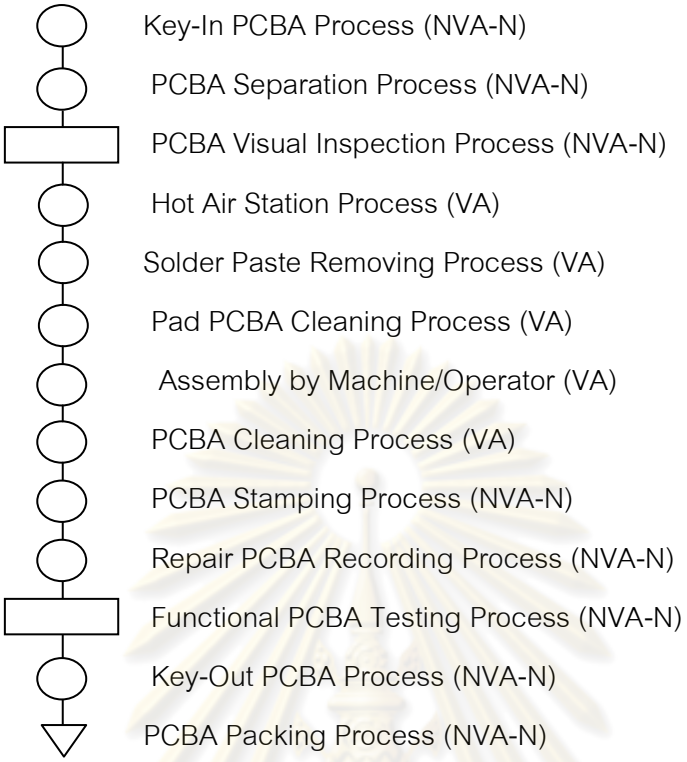
5.2 **การวิเคราะห์แผนภูมิกระบวนการไหล** (Flow Process Chart)

แผนภูมิกระบวนการไหลจะสามารถจัดประเภทของกิจกรรมได้เป็น 5 ชนิดคือ

1. การทำงาน มีสัญลักษณ์เป็นรูปวงกลม
2. การขนส่ง มีสัญลักษณ์เป็นรูปลูกศร
3. การรอคอย มีสัญลักษณ์เป็นรูปตัวอักษร D
4. การตรวจสอบ มีสัญลักษณ์เป็นรูปสี่เหลี่ยม
5. การจัดเก็บ มีสัญลักษณ์เป็นรูปสามเหลี่ยม

ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงหน้าที่ที่แท้จริงของแต่ละกิจกรรมได้ดีขึ้นรวมกับการจำแนกกิจกรรมตามแนวคิดลีน จากการศึกษาขั้นตอนการทำงานของกระบวนการซ่อมแซม PCBA สรุปได้ดังรูปที่ 5.1

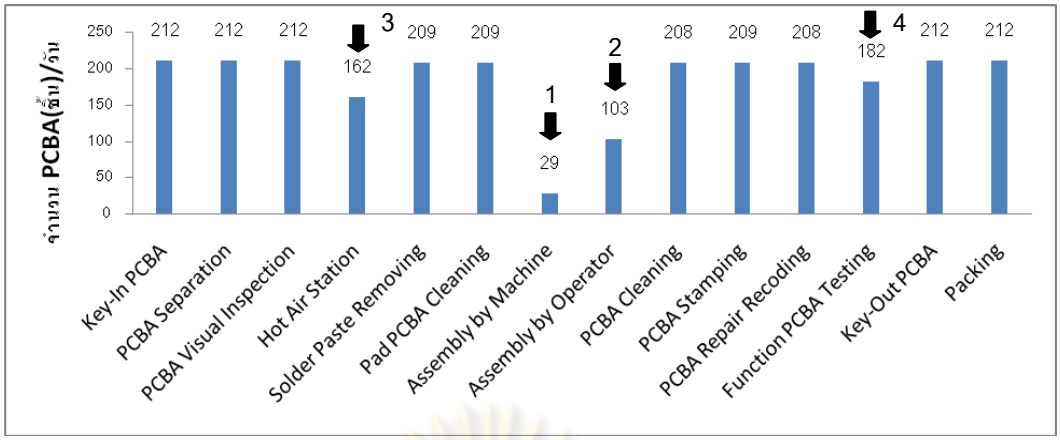
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.1 แผนภูมิกระบวนการไหลของกระบวนการซ่อมแซม PCBA

จากการจำแนกประเภทกิจกรรมตามแนวคิดของลีน พบว่ามีกิจกรรมที่ทำให้เกิดมูลค่า 5 กระบวนการ มีกิจกรรมที่ไม่ทำให้เกิดมูลค่าแต่มีความจำเป็น 8 กระบวนการ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่ากระบวนการซ่อมแซม PCBA มีเพียง 38% ของจำนวนกระบวนการทั้งหมดและอีก 62% ต้องสูญเสียให้กับกระบวนการทำงานที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่ากับ PCBA

จากการสังเกตพบว่า การรอคอยงานบ่อยครั้งในบางขั้นตอนของการซ่อมแซม PCBA จากข้อมูลที่ได้จากการบันทึกข้อมูลที่ได้จากพนักงาน และข้อมูลผลิตภาพของแต่ละกระบวนการได้ดังรูปที่ 5.2 สามารถวิเคราะห์ได้ว่ามี 4 จุดในกระบวนการซ่อมแซม PCBA ที่ผลิตภาพในการซ่อมแซมต่ำ และเป็นกระบวนการที่เป็นคอขวดของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ได้แก่



รูปที่ 5.2 เปรียบเทียบผลิตภาพของการซ่อมแซมของแต่ละกระบวนการซ่อมแซม PCBA

จุดที่ 1 กระบวนการประกอบชิ้นส่วนใหม่ด้วยเครื่องจักร (Assembly by Machine: 29 ชิ้นต่อวัน)

จุดที่ 2 กระบวนการประกอบชิ้นส่วนใหม่ด้วยพนักงาน (Assembly by Operator: 103 ชิ้นต่อวัน)

จุดที่ 3 กระบวนการถอดชิ้นส่วนประกอบที่เสียหาย (Hot Air Station: 162 ชิ้นต่อวัน)

จุดที่ 4 กระบวนการตรวจสอบฟังก์ชั่นการทำงานของ PCBA (Functional PCBA Testing: 182 ชิ้นต่อวัน) เนื่องจาก PCBA ทุกชิ้นที่ผ่านการซ่อมแซมต้องผ่านการทดสอบก่อนส่งคืนฝ่ายผลิตโดยโปรแกรมตรวจสอบฟังก์ชั่นการทำงานแต่ละรุ่นจะแตกต่างกัน ทำให้เสียเวลาในการเปลี่ยนโปรแกรมและเครื่องทดสอบ แต่ทางโรงงานกรณีศึกษาสามารถสร้างเครื่องตรวจสอบฟังก์ชั่นการทำงานได้ด้วยตัวเอง เมื่อพบว่ากระบวนการเป็นคอขวด จะสร้างเครื่องทดสอบเพิ่มเติมเพื่อแก้ไขปัญหากระบวนการที่เป็นคอขวดทันที

5.3 การสร้างแผนภูมิกลุ่มเชื่อมโยงหรือผังกลุ่มเครือญาติ (Affinity Diagram)

ในการวิเคราะห์ปัญหาที่ส่งผลให้เกิดระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA ที่ยาวนาน เพื่อเลือกสาเหตุมาทำการปรับปรุงแก้ไข โดยข้อมูลที่จะนำเอามาพิจารณาโดยรวบรวมมาจาก 2 แหล่ง คือ ข้อมูลส่วนแรกที่ได้จากสภาวะการทำงานจริงของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ที่ได้จากการวิเคราะห์ 4M และ วิเคราะห์แผนภูมิกระบวนการไหล แล้วนำข้อมูลมาทำการประชุมร่วมกับทีมงานเพื่อระดมสมองถึงสาเหตุต่างๆ ที่ทำให้เกิดการทำงานที่ล่าช้า และส่งผลต่อการซ่อมแซม

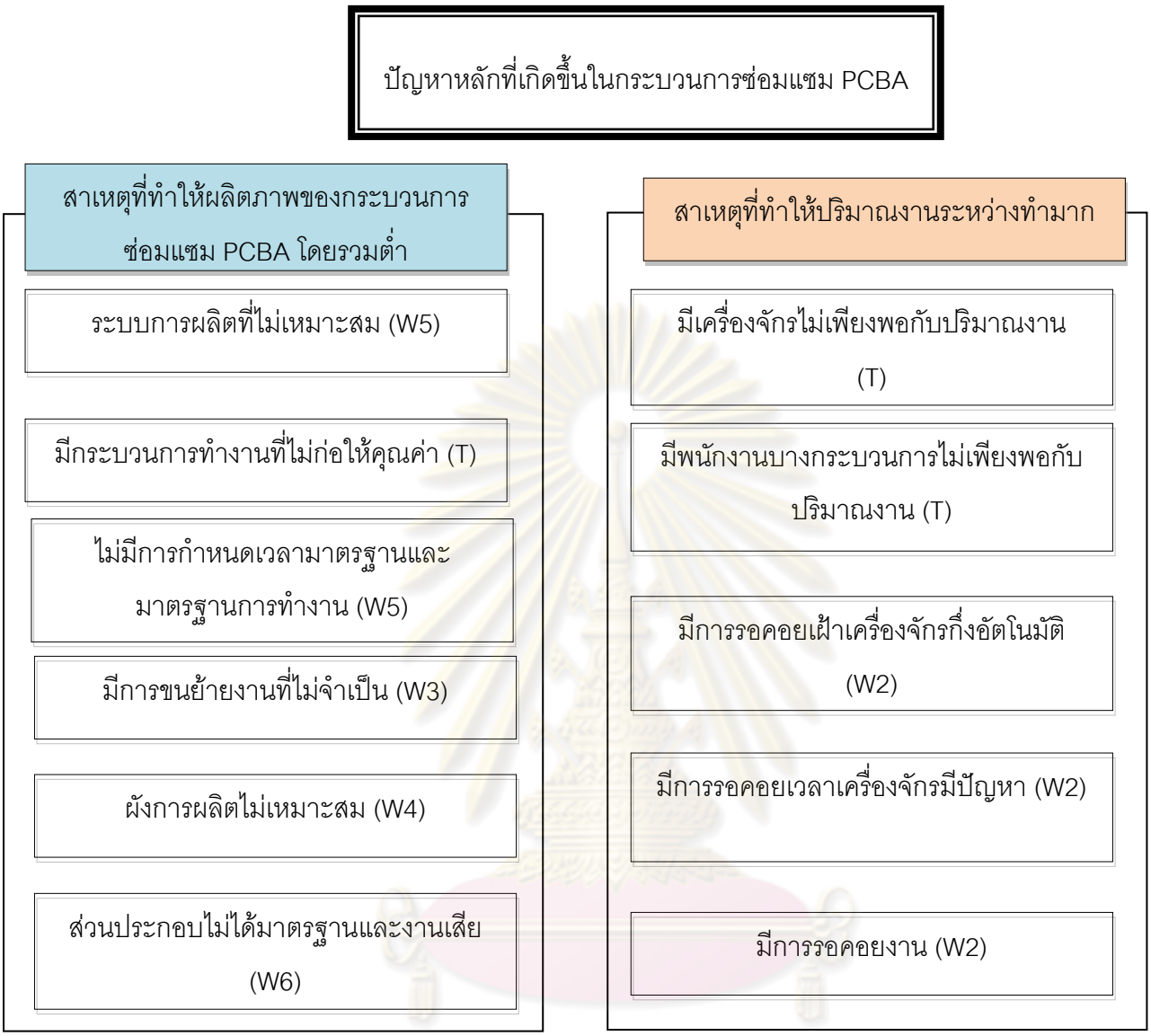
PCBA ที่ยาวนาน และ ข้อมูลส่วนที่สองมาจากข้อมูลที่ผู้วิจัยได้ศึกษาจากองค์ความรู้ในเรื่องความสูญเปล่า 7 ประการ (7 Wastes) ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ประเภทและความหมายของความสูญเปล่า 7 ประการ (Hines และ Taylor, 2000)

ลำดับที่	ความสูญเปล่า 7 ประการ	ความหมาย
1	ความสูญเปล่าที่เกิดจากการผลิตมากเกินไป	การผลิตสินค้าที่มากเกินความพอดี ทำให้เกิดความสูญเปล่าในการใช้ทรัพยากร การจัดเก็บ การขนย้าย
2	ความสูญเปล่าที่เกิดจากการรอคอย	ระยะเวลาที่เสียไปเพราะการรอคอย เช่น พนักงานยืนเฝ้าเครื่องจักรอัตโนมัติ รอเพื่อดำเนินงานขั้นต่อไป
3	ความสูญเปล่าที่เกิดการขนส่งที่ไม่จำเป็น	การขนส่งข้อมูล ข่าวสาร หรือสินค้าที่มากเกินไป เช่น การเคลื่อนย้ายชิ้นงานระหว่างทำ
4	ความสูญเปล่าที่เกิดจากการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น	การเคลื่อนไหวที่ไม่เหมาะสม โดยอาจเกิดจากการจัดสภาพที่ทำงานไม่เหมาะสม
5	ความสูญเปล่าที่เกิดจากกระบวนการผลิตที่ขาดประสิทธิภาพ	การดำเนินขั้นตอนการผลิตที่ไม่เหมาะสม อันทำให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น เกิดความบกพร่องจากการผลิต
6	ความสูญเปล่าที่เกิดจากการผลิตของเสียและการแก้ไขงานเสีย	การผลิตชิ้นส่วนที่มีความบกพร่องหรือการแก้ไขข้อบกพร่อง การซ่อมแซม การผลิตใหม่เพื่อทดแทนชิ้นส่วนที่เสียหาย การตรวจสอบ
7	ความสูญเปล่าที่เกิดจากการเก็บพัสดุคงคลังที่ไม่จำเป็น	การจัดเก็บวัตถุดิบ งานระหว่างทำ หรือสินค้าสำเร็จรูปที่มากเกินไป โดยส่งผลให้ระยะเวลานำมากขึ้น

เนื่องจากมีสาเหตุต่างๆ มากมายที่ได้จากการรวบรวม อาจทำให้สับสนในการพิจารณา จึงจำเป็นจะต้องนำเครื่องมือทางคุณภาพ คือ ผังกลุ่มเครือญาติ (Affinity Diagram) ซึ่งมีประโยชน์ในการเชื่อมโยงแบ่งกลุ่มสาเหตุของปัญหาที่อยู่มากมายให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น โดยทางทีมงานได้แบ่งปัญหาหลักๆ 2 เรื่อง คือ เรื่องผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA โดยรวมต่ำ และ เรื่องปริมาณงานระหว่างทำสูง โดยผู้วิจัยได้นำผังกลุ่มเครือญาติมาช่วยในการจัดกลุ่มของสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาดังกล่าว ดังแสดงไว้ในรูปที่ 5.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



โดยที่ WX หมายถึง ความสูญเปล่า 7 ประการข้อที่ X

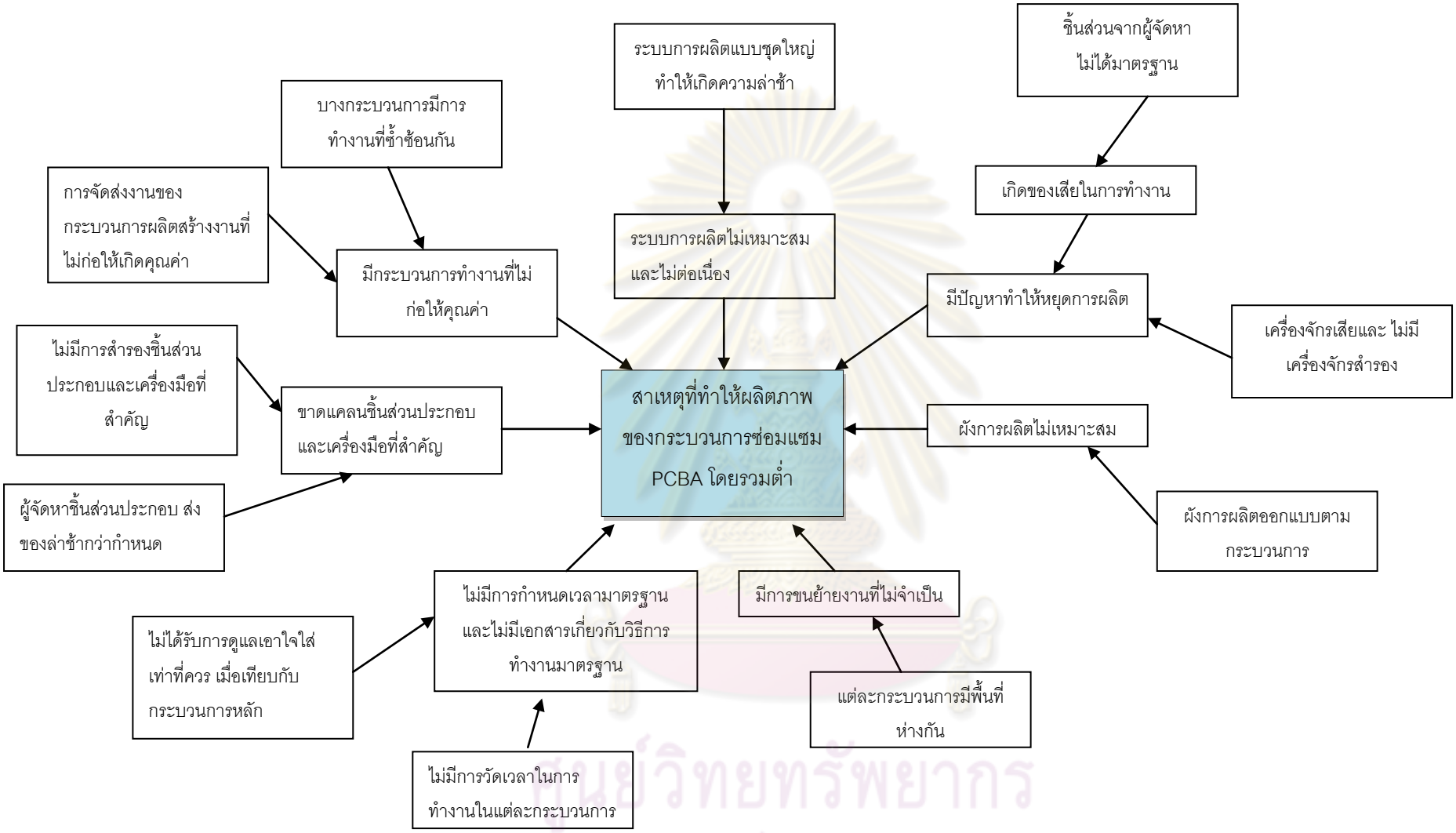
T หมายถึง สาเหตุที่จากการประชุมร่วมกับทีมงาน

รูปที่ 5.3 ผังกลุ่มเครือญาติ (Affinity Diagram) จะทำให้ได้สาเหตุของปัญหาหลักของกระบวนการ

5.4 ผังความสัมพันธ์ (Relation Diagram)

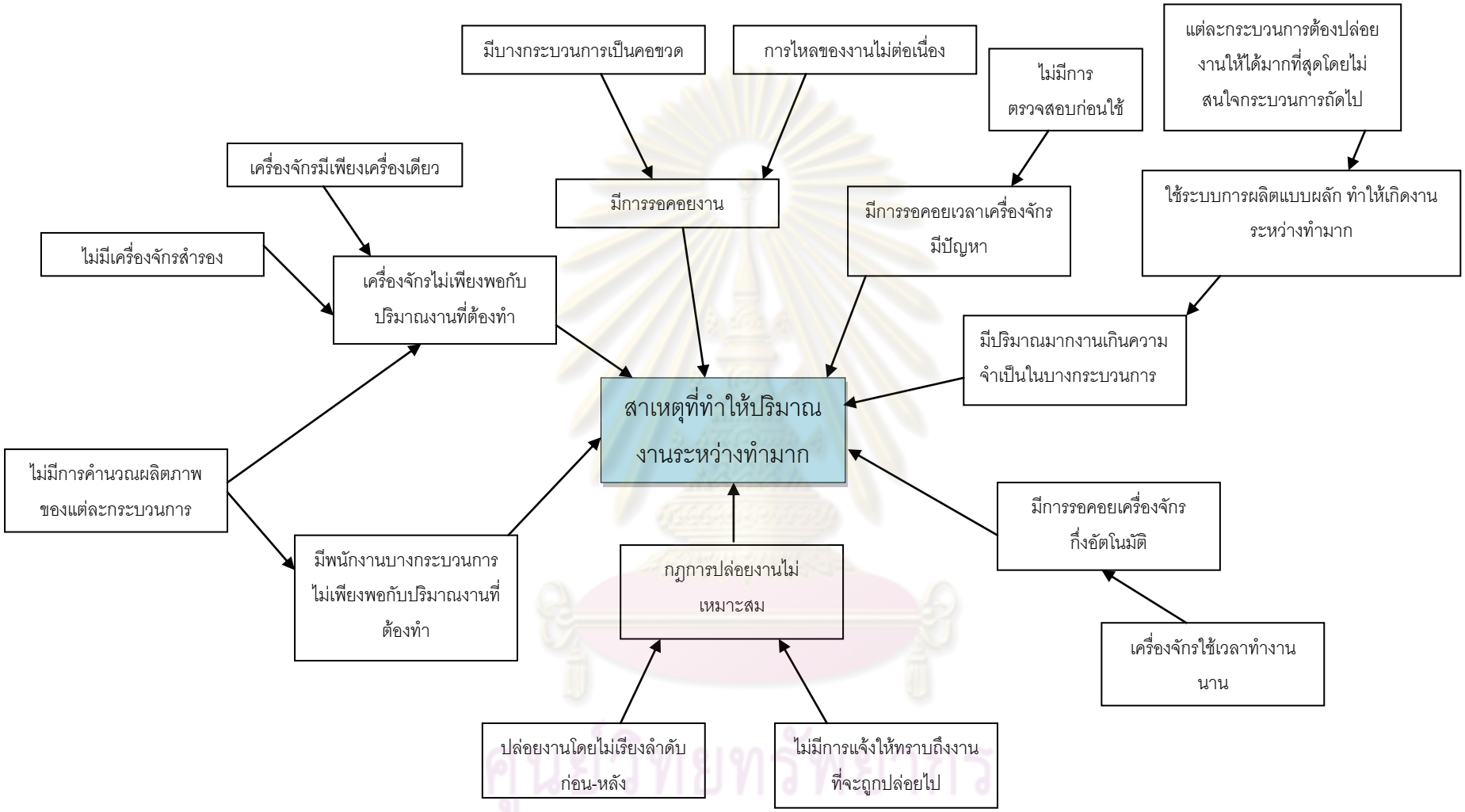
หลังจากได้สาเหตุหลักๆจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยผังกลุ่มเครือญาติแล้ว ผู้วิจัยและทีมงานได้ทำการระดมสมอง เพื่อหาความสัมพันธ์ของสาเหตุที่ส่งผลกระทบทำให้เกิดปัญหาเรื่องระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA ที่ยาวนานในระดับลึกลงไปอีก โดยใช้เครื่องมือทางคุณภาพ คือ ผังความสัมพันธ์ (Relation Diagram) มาช่วยในการหาว่าแต่ละส่วนย่อยๆของปัญหาและสาเหตุที่เกิดขึ้นนั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างไร และ เกี่ยวข้องกันอย่างไร โดยทำผังความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาและสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA ที่ยาวนาน 2 ชุด ตามที่ได้แบ่งกลุ่มปัญหาไว้ในผังกลุ่มเครือญาติ ซึ่งผังความสัมพันธ์ที่แสดงได้ดังรูปที่ 5.4 และ 5.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.4 ผังความสัมพันธ์ (Relation Diagram) แสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุที่ทำให้ผลิตภาพในการซ่อมแซม PCBA โดยรวมต่ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.5 ผังความสัมพันธ์ (Relation Diagram) แสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุที่ทำให้เกิดปริมาณงานระหว่างทำมาก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.5 การพิจารณาเลือกสาเหตุของปัญหาเพื่อทำการปรับปรุงแก้ไข

การเลือกสาเหตุของปัญหาที่จะนำมาทำการปรับปรุงแก้ไข จะทำการเลือกสาเหตุมาจากระดับนอกสุดของผังความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาและสาเหตุที่ส่งผลให้เรื่องผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA โดยรวมต่ำ และ ปริมาณงานระหว่างทำสูง จากรูปที่ 5.4 และ 5.5 ตามลำดับ เนื่องจากถ้าสามารถทำการปรับปรุงแก้ไขสาเหตุระดับนอกสุดได้แล้ว ก็จะทำให้สาเหตุในระดับอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน ถูกปรับปรุงแก้ไขไปด้วย สาเหตุย่อยทั้งหมดที่ได้สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.2 และ 5.3 ดังนี้

ตารางที่ 5.2 สาเหตุย่อยทั้งหมดที่ได้จากปัญหาเรื่องผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ต่ำ

สาเหตุหลักที่ทำให้ผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ต่ำ	**สาเหตุย่อยที่ทำให้ผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ต่ำ**
ระบบการผลิตไม่เหมาะสมและไม่ต่อเนื่อง	ระบบการผลิตแบบชุดใหญ่ทำให้เกิดความล่าช้า
มีปัญหาทำให้หยุดการผลิต	ชิ้นส่วนจากผู้จัดหาไม่ได้มาตรฐาน
	เกิดของเสียในการทำงาน
	เครื่องจักรเสียและไม่มีเครื่องจักรสำรอง
ผังการผลิตไม่เหมาะสม	ผังการผลิตออกแบบตามกระบวนการ
มีการขนย้ายงานที่ไม่จำเป็น	แต่ละกระบวนการมีพื้นที่ห่างกัน
ไม่มีการกำหนดเวลามาตรฐานและไม่มีเอกสารเกี่ยวกับวิธีการทำงานมาตรฐาน	ไม่ได้รับการดูแลเอาใจใส่เท่าที่ควร เมื่อเทียบกับกระบวนการหลัก
	ไม่มีการวัดเวลาในการทำงานในแต่ละกระบวนการ
ขาดแคลนชิ้นส่วนประกอบและเครื่องมือที่สำคัญ	ไม่มีการสำรองชิ้นส่วนประกอบและเครื่องมือที่สำคัญ
	ผู้จัดหาชิ้นส่วนประกอบ ส่งของล่าช้ากว่ากำหนด
มีกระบวนการทำงานที่ไม่ก่อให้คุณค่า	บางกระบวนการมีการทำงานที่ซ้ำซ้อนกัน
	การจัดส่งงานของกระบวนการผลิตสร้างงานที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.3 สาเหตุย่อยทั้งหมดที่ได้จากปัญหาเรื่องปริมาณงานระหว่างทำมาก

สาเหตุหลักที่ทำให้ปริมาณงานระหว่างทำมาก	**สาเหตุย่อยที่ทำให้ปริมาณงานระหว่างทำมาก**
มีการรอคอยงาน	มีบางกระบวนการเป็นคอขวด
	การไหลของงานไม่ต่อเนื่อง
มีการรอคอยเวลาเครื่องจักรมีปัญหา	ไม่มีการตรวจสอบก่อนใช้งาน
มีปริมาณงานมากเกินความจำเป็นในบางกระบวนการ	แต่ละกระบวนการต้องการปล่อยงานให้ได้มากที่สุด โดยไม่สนใจกระบวนการถัดไป
	ใช้ระบบการผลิตแบบผลัก ทำให้เกิดงานระหว่างทำมาก
มีการรอคอยงานเครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติ	เครื่องจักรใช้เวลาทำงานนาน
กฎการปล่อยงานที่ไม่เหมาะสม	ปล่อยงานโดยไม่เรียงลำดับก่อน-หลัง
	ไม่มีการแจ้งให้ทราบถึงงานที่จะถูกปล่อยไป
มีพนักงานบางกระบวนการไม่เพียงพอกับปริมาณที่ต้องทำ	ไม่มีการคำนวณผลิตภาพของแต่ละกระบวนการ
เครื่องจักรไม่เพียงพอกับปริมาณงานที่ต้องทำ	เครื่องจักรมีเพียงเครื่องเดียว
	ไม่มีเครื่องจักรสำรอง

จากตารางสาเหตุย่อยทั้งหมดที่ได้จากการปัญหาทั้ง 2 เรื่อง ดังตารางที่ 5.2 และ 5.3 มีบางสาเหตุที่ซ้ำกัน ผู้วิจัยจึงได้ทำการสรุปอีกครั้งเป็นสาเหตุย่อยของปัญหาทั้งหมดที่เกิดขึ้นในกระบวนการซ่อมแซม PCBA โดยตัดสาเหตุที่ซ้ำออกไป ซึ่งจะได้หัวข้อสาเหตุย่อยในกระบวนการซ่อมแซม PCBA ได้ทั้งหมด 21 หัวข้อ ดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 สาเหตุของปัญหาทั้งหมดในกระบวนการซ่อมแซม PCBA

ลำดับที่	สาเหตุของปัญหาในกระบวนการซ่อมแซม PCBA
1	ระบบการผลิตแบบชุดใหญ่ ทำให้เกิดความล่าช้า
2	ชิ้นส่วนจากผู้จัดหาไม่ได้มาตรฐาน
3	เกิดของเสียในการทำงาน
4	เครื่องจักรเสียและไม่มีเครื่องจักรสำรอง
5	ผังการผลิตออกแบบตามกระบวนการ
6	แต่ละกระบวนการมีพื้นที่ห่างกัน
7	ไม่ได้รับการดูแลเอาใจใส่เท่าที่ควร เมื่อเทียบกับกระบวนการหลัก
8	ไม่มีการวัดเวลาในการทำงานในแต่ละกระบวนการ
9	ไม่มีการสำรองชิ้นส่วนประกอบและเครื่องมือที่สำคัญ
10	ผู้จัดหาชิ้นส่วนประกอบ ส่งของล่าช้ากว่ากำหนด
11	บางกระบวนการมีการทำงานที่ซ้ำซ้อนกัน
12	การจัดส่งงานของกระบวนการผลิตสร้างงานที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า
13	มีบางกระบวนการเป็นคอขวด
14	การไหลของงานไม่ต่อเนื่อง
15	ไม่มีการตรวจสอบก่อนใช้งาน
16	แต่ละกระบวนการต้องการปล่อยงานให้ได้มากที่สุดโดยไม่สนใจกระบวนการถัดไป
17	ใช้ระบบการผลิตแบบผลัก ทำให้เกิดงานระหว่างทำมาก
18	เครื่องจักรใช้เวลาทำงานนาน
19	ปล่อยงานโดยไม่เรียงลำดับก่อน-หลัง
20	ไม่มีการแจ้งให้ทราบถึงงานที่จะถูกปล่อยไป
21	ไม่มีการคำนวณผลิตภาพของแต่ละกระบวนการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เนื่องจากสาเหตุทั้งหมดที่ได้วิเคราะห์มีจำนวนมาก อีกทั้งข้อจำกัดของระยะเวลาการวิจัยและข้อจำกัดต่างๆ ของโรงงานกรณีศึกษาที่มาจากความเห็นชอบของผู้บริหาร จึงจำเป็นต้องมีการคัดเลือกสาเหตุย่อยที่เหมาะสมเท่านั้นในการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขในระยะเวลาที่การวิจัยนี้สามารถกระทำได้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงใช้เครื่องมือทางคุณภาพที่เรียกว่า แผนภูมิคัดเลือก (Causes and Effects Selection หรือ Pick Chart) มาทำการเลือกสาเหตุที่ต้องการปรับปรุงแก้ไขภายในระยะเวลาการวิจัย โดยนำสาเหตุย่อยที่ได้จากตารางที่ 5.4 มาทำการระดมสมองกับทีมงานเพื่อกำหนดตำแหน่งบนแผนภูมิคัดเลือกที่แสดงผลด้วยตารางที่มีทั้งหมด 4 ช่อง โดยเกิดจากการเกณฑ์ในการพิจารณา 2 เรื่อง คือ ความยากง่ายในการนำไปปฏิบัติในระยะเวลาการวิจัยเป็นเกณฑ์และผลตอบแทนทางการเงินที่จะได้รับเป็นเกณฑ์ที่กำหนดขึ้นสำหรับแผนภูมิคัดเลือกดังรูปที่ 5.6

จากรูปที่ 5.6 สามารถอธิบายเกณฑ์ในการพิจารณาได้ดังนี้

1. เกณฑ์ของเรื่องความยากง่ายในการนำไปปฏิบัติในระยะเวลาการวิจัย

    1) ความยากในการนำไปปฏิบัติในระยะเวลาการวิจัยเป็นเกณฑ์ หมายถึง การดำเนินการแก้ไขสาเหตุของปัญหาเป็นไปได้ยาก อันเนื่องมาจากอุปสรรคต่างๆ เช่น การปรับปรุงแก้ไขส่งผลกระทบกระบวนการหลัก ไม่ได้รับความเห็นชอบจากผู้บริหาร ผลลัพธ์ที่ได้รับจากการปรับปรุงแก้ไขใช้เวลานานเกินกว่าระยะการวิจัย เป็นต้น

    2) ความง่ายในการนำไปปฏิบัติในระยะเวลาการวิจัยเป็นเกณฑ์ หมายถึง การดำเนินการแก้ไขสาเหตุของปัญหานั้น มีโอกาสการบรรลุเป้าหมาย สามารถแก้ไขปัญหาได้ภายในช่วงระยะเวลาวิจัย ได้รับความเห็นชอบ และ การสนับสนุนจากผู้บริหารของโรงงานกรณีศึกษา เป็นต้น

2. เกณฑ์ของเรื่องผลตอบแทนทางการเงินที่จะได้รับ

    1) ผลตอบแทนทางการเงินในระดับสูง หมายถึง เมื่อดำเนินการแก้ไขสาเหตุของปัญหาดังกล่าวแล้ว จะช่วยให้รับผลตอบแทนทางการเงินสูง ซึ่งเป็นการประมาณตัวเลขคร่าวๆ เท่านั้น

    2) ผลตอบแทนทางการเงินในระดับต่ำ หมายถึง เมื่อดำเนินการแก้ไขสาเหตุของปัญหานั้นแล้ว จะช่วยให้รับผลตอบแทนทางการเงินต่ำ ซึ่งเป็นประมาณตัวเลขคร่าวๆ เท่านั้น

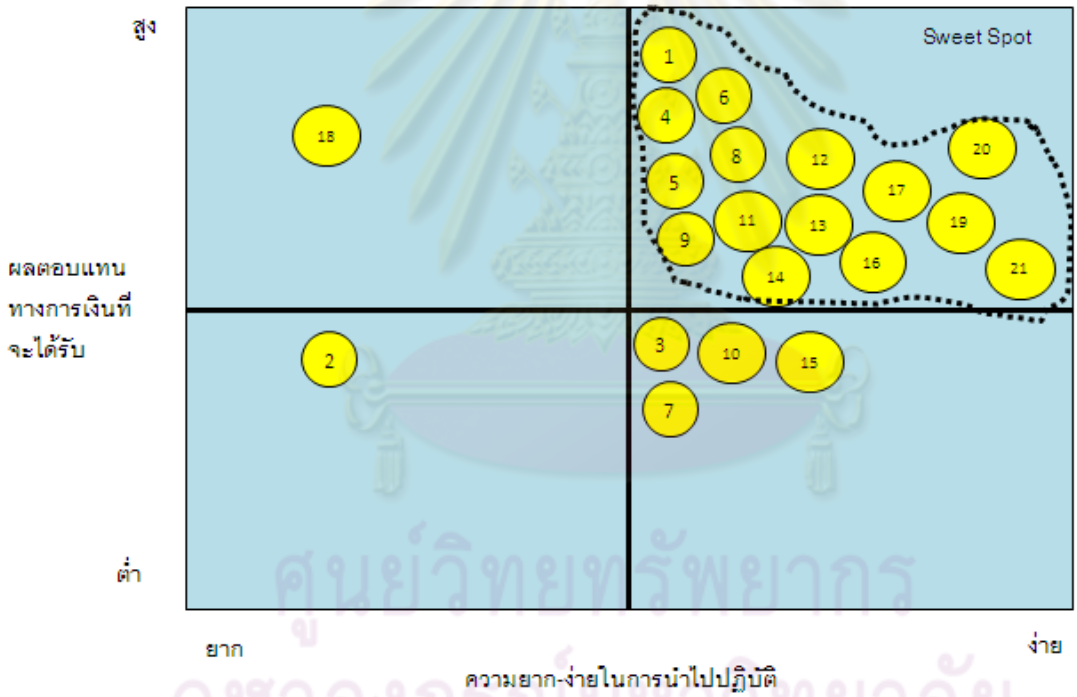
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยแผนภูมิคัดเลือก เกิดจากการนำเกณฑ์ในการพิจารณาทั้ง 2 เรื่อง มาวาดเป็นตาราง (Matrix) โดยให้

แกนแนวนอน (X) = เกณฑ์ของเรื่องความยาก-ง่ายในการนำไปปฏิบัติ

แกนแนวตั้ง (Y) = เกณฑ์ของเรื่องผลตอบแทนทางการเงินที่ได้รับ

จากนั้นนำสาเหตุย่อยที่ได้ทั้งหมดจากตารางที่ 5.4 มาทำการระดมสมองกับทีมงานเพื่อพิจารณาตำแหน่งที่เหมาะสมบนแผนภูมิคัดเลือก โดยหัวข้อสาเหตุของปัญหาที่นำมาปรับปรุงแก้ไข จะเลือกเฉพาะช่องตารางที่เรียกว่า Sweet Spot ซึ่งหมายถึงจุดที่คุ้มค่ากับการปฏิบัติมากที่สุด นั้นคือ สาเหตุนั้นอยู่ในเกณฑ์ง่ายในการปฏิบัติในระยะการวิจัยนี้ และให้ผลตอบแทนทางการเงินสูง ดังรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.6 แผนภูมิคัดเลือก (Pick Chart) คัดเลือกสาเหตุของปัญหาที่จะนำไปปรับปรุงแก้ไข

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สาเหตุที่ถูกคัดเลือกเพื่อนำไปหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขมีทั้งหมด 15 หัวข้อ ดังต่อไปนี้

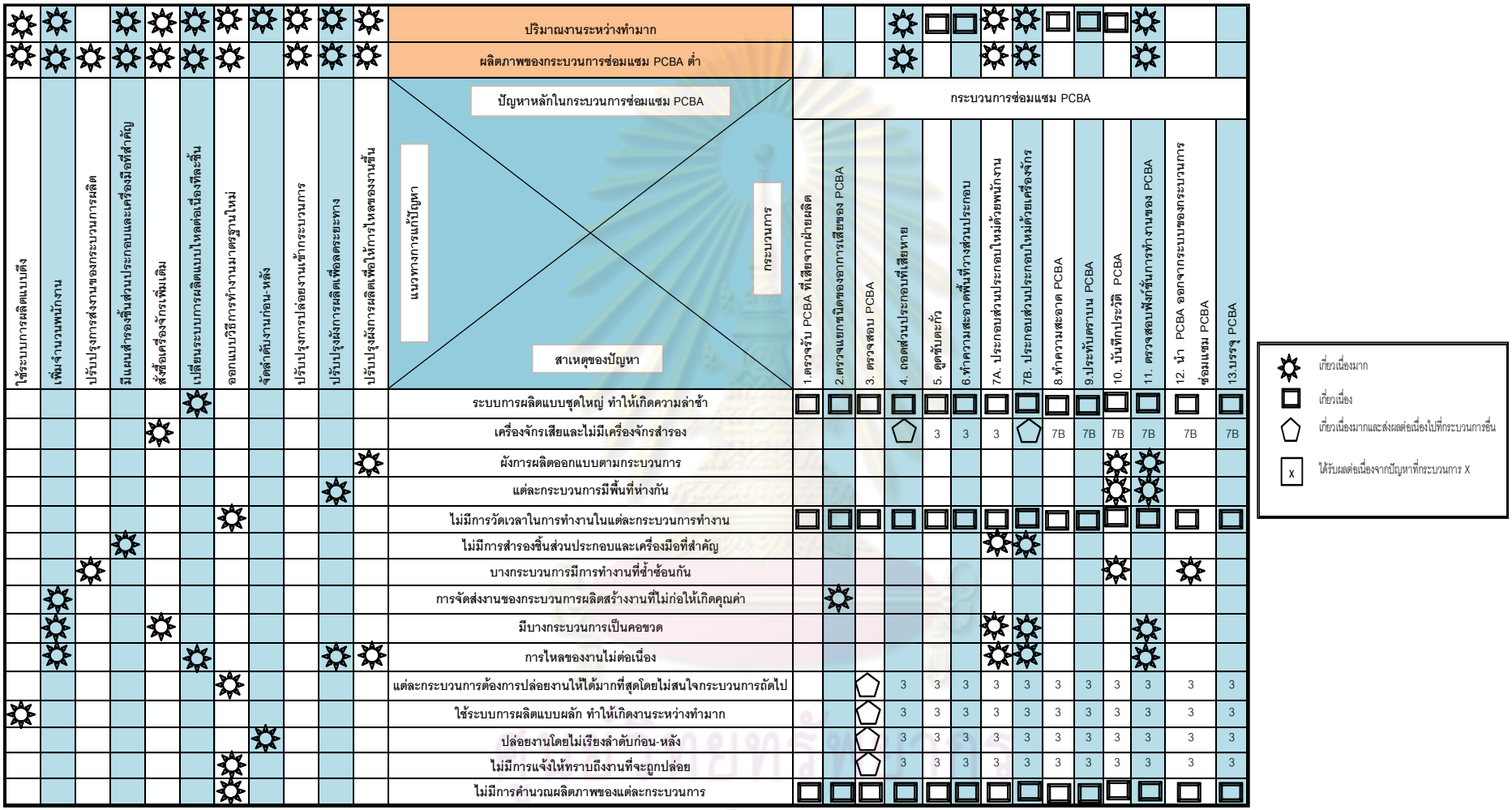
1. ระบบการผลิตแบบชุดใหญ่ ทำให้เกิดความล่าช้า (หัวข้อที่ 1)
2. เครื่องจักรเสียและไม่มีเครื่องจักรสำรอง (หัวข้อที่ 4)
3. ผังการผลิตออกแบบตามกระบวนการ (หัวข้อที่ 5)
4. แต่ละกระบวนการมีพื้นที่ห่างกัน (หัวข้อที่ 6)
5. ไม่มีการวัดเวลาในการทำงานในแต่ละกระบวนการทำงาน (หัวข้อที่ 8)
6. ไม่มีการสำรองชิ้นส่วนประกอบและเครื่องมือที่สำคัญ (หัวข้อที่ 9)
7. บางกระบวนการมีการทำงานที่ซ้ำซ้อนกัน (หัวข้อที่ 11)
8. การจัดส่งงานของกระบวนการผลิตสร้างงานที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า (หัวข้อที่ 12)
9. มีบางกระบวนการเป็นคอขวด (หัวข้อที่ 13)
10. การไหลของงานไม่ต่อเนื่อง (หัวข้อที่ 14)
11. แต่ละกระบวนการต้องการปล่อยงานให้ได้มากที่สุดโดยไม่สนใจกระบวนการถัดไป (หัวข้อที่ 16)
12. ใช้ระบบการผลิตแบบผลัก ทำให้เกิดงานระหว่างทำมาก (ข้อที่ 17)
13. ปล่อยงานโดยไม่เรียงลำดับก่อน-หลัง (ข้อที่ 19)
14. ไม่มีการแจ้งให้ทราบถึงงานที่จะถูกปล่อยไป (ข้อที่ 20)
15. ไม่มีการคำนวณผลิตภาพของแต่ละกระบวนการ (ข้อที่ 21)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.6 การนำสาเหตุมาหาแนวทางปรับปรุงแก้ไข

เมื่อได้สาเหตุที่ต้องนำไปดำเนินการแก้ไขแล้ว ขั้นตอนต่อมา คือ การหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกเครื่องมือทางคุณภาพ คือ แผนผังเมทริกซ์ชนิดรูปตัวเอ็กซ์ (X-Type Matrix) เพื่อให้สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของหัวข้อ 4 เรื่อง ได้แก่ ปัญหาหลักของกระบวนการ กระบวนการต่างๆ สาเหตุของปัญหา และแนวทางการแก้ไข ซึ่งเป็นการแสดงให้ภาพรวมในหลายๆ มิติอย่างชัดเจน โดยทำให้สามารถทราบได้ว่า แต่ละกระบวนการซ่อมแซม PCBA มีปัญหาหลักเรื่องใดบ้าง และเกิดจากสาเหตุใด โดยสาเหตุของนี้ก็จะเชื่อมโยงไปสู่แนวทางการแก้ไข และ แนวทางการแก้ไขปัญหานี้ก็จะแสดงให้เห็นว่าสามารถแก้ปัญหาหลักในเรื่องใดได้ ดังรูปที่ 5.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.7 แผนผังเมทริกซ์ชนิดรูปตัวเอ็กซ์ (X-Type Matrix) แสดงความสัมพันธ์ของปัญหาหลักการในกระบวนการ กระบวนการต่างๆ สาเหตุของปัญหา และแนวทางการแก้ปัญหา

จากรูปที่ 5.7 ผู้วิจัยจะแนวทางการแก้ไขปัญหาโดยใช้สาเหตุของปัญหาเป็นเกณฑ์ไปสู่กระบวนการ งานที่จะต้องดำเนินการแก้ไข และแนวทางการแก้ไข มีรายละเอียดต่อไปนี้

1. สาเหตุเรื่อง “ระบบการผลิตแบบชุดใหญ่ ทำให้เกิดความล่าช้า” เกิดขึ้นทุกกระบวนการ ทำให้เกิดงานระหว่างทำจำนวนมากในกระบวนการหนึ่ง และทำให้อีกกระบวนการรอคอยการทำงาน ยิ่งชุดมีขนาดใหญ่มีมากเท่าไหร่ งานระหว่างทำและเวลาในการรอคอยงานก็มากขึ้นเท่านั้น แนวทางการแก้ไขปัญหา คือ เปลี่ยนระบบการผลิตแบบชุดใหญ่เป็นระบบการผลิตแบบไหลต่อเนื่องทีละชิ้น ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตหนึ่งของลีนที่มีข้อดีในเรื่องการลดจำนวนงานระหว่างทำ

2. สาเหตุเรื่อง “เครื่องจักรเสียและไม่มีเครื่องจักรสำรอง” เกิดขึ้นที่กระบวนการถอดชิ้นส่วนประกอบที่เสียหายและกระบวนการประกอบชิ้นส่วนใหม่ด้วยเครื่องจักร เนื่องจากเครื่องจักรมีเครื่องเดียว เมื่อเครื่องจักรเสีย ทำให้กระบวนการไม่สามารถทำงานได้ แนวทางแก้ไขปัญหา คือ วางแผนการสั่งซื้อเครื่องจักรเพิ่มเติม

3. สาเหตุเรื่อง “ผังการผลิตออกแบบตามกระบวนการ” ทำให้เกิดงานระหว่างทำจำนวนมากในแต่ละกระบวนการ กระบวนการที่ต่อเนื่องกัน ซึ่งพื้นที่มีระยะห่างระหว่างกันมาก ทำให้พนักงานต้องเสียเวลาในการขนถ่ายงาน แนวทางแก้ไขปัญหา คือ ปรับปรุงผังการผลิตเพื่อให้การไหลของงานให้ดีขึ้น

4. สาเหตุเรื่อง “แต่ละกระบวนการมีพื้นที่ห่างกัน” เกิดขึ้นที่ระหว่างกระบวนการประทับตราบน PCBA กับกระบวนการบันทึกประวัติ PCBA ซึ่งพื้นที่มีระยะห่างระหว่างกันมาก ทำให้พนักงานต้องเสียเวลาในการขนถ่ายงาน แนวทางการแก้ไขปัญหา คือ ปรับปรุงผังการผลิตเพื่อลดระยะทางในการทำงาน

5. สาเหตุเรื่อง “ไม่มีการวัดเวลาในการทำงานในแต่ละกระบวนการทำงาน” เนื่องจากในปัจจุบัน กระบวนการไม่เคยมีการวัดเวลาในการทำงานในแต่ละกระบวนการ ทำให้ยากต่อการคิดผลิตภาพในการทำงานของกระบวนการ แนวทางการแก้ไขปัญหา คือ ออกแบบวิธีการทำงานมาตรฐานใหม่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. สาเหตุเรื่อง “ไม่มีการสำรองชิ้นส่วนประกอบและเครื่องมือที่สำคัญ” เกิดขึ้นที่กระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยพนักงานและกระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยเครื่องจักร เมื่อผู้จัดหาไม่สามารถส่งของได้ตามกำหนด ทำให้กระบวนการไม่สามารถทำงานได้ แนวทางการแก้ไขปัญหา คือ มีแผนสำรองชิ้นส่วนประกอบและเครื่องมือที่สำคัญ

7. สาเหตุเรื่อง “บางกระบวนการมีการทำงานที่ซ้ำซ้อนกัน” เกิดขึ้นที่กระบวนการบันทึกประวัติ PCBA กับ กระบวนการนำ PCBA ออกจากระบบของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ซึ่งมีพื้นที่การทำงานเดียวกัน ปัจจุบันพนักงานต้องเสียเวลาขนถ่าย PCBA ไปกระบวนการตรวจสอบฟังก์ชันการทำงานของ PCBA ก่อน แล้วต้องขนย้ายงานกลับมาอีกครั้ง ซึ่งกระบวนการทั้งสองสามารถรวมเป็นหนึ่งกระบวนการได้ แนวทางการแก้ไขปัญหา คือ ออกแบบวิธีการทำงานมาตรฐานใหม่ โดยการยุบกระบวนการบันทึกประวัติ PCBA ไปรวมกับกระบวนการนำ PCBA ออกจากระบบของกระบวนการซ่อมแซม PCBA

8. สาเหตุเรื่อง “การจัดส่งงานของกระบวนการผลิตสร้างงานที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่า” เกิดขึ้นที่กระบวนการตรวจแยกชนิดของอาการเสียของ PCBA เนื่องจากกระบวนการผลิตจัดส่ง PCBA ที่เสียโดยจัดกลุ่มเป็นรุ่นของ PCBA ทำให้พนักงานต้องเสียเวลาในการแยกชนิดของอาการเสียของ PCBA แนวทางการแก้ไขปัญหา คือ ปรับปรุงการส่งงานของกระบวนการผลิต และ ออกแบบวิธีการทำงานมาตรฐานใหม่โดยการลดกระบวนการตรวจแยกชนิดของอาการเสียของ PCBA

9. สาเหตุเรื่อง “มีบางกระบวนการเป็นคอขวด” เกิดขึ้นที่กระบวนการส่วนประกอบที่เสียหาย กระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยพนักงาน กระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยเครื่องจักร และกระบวนการตรวจสอบฟังก์ชั่นการทำงานของ PCBA จากรูปที่ 5.2 ทั้ง 4 กระบวนการมีผลิตภาพในการทำงานต่ำเมื่อเทียบกับกระบวนการอื่นๆ แนวทางการปรับปรุงแก้ไข คือ สั่งซื้อเครื่องจักรเพิ่มเติม และ เพิ่มจำนวนพนักงานในกระบวนการที่เป็นคอขวดโดยการดึงพนักงานจากส่วนงานอื่นๆ มาช่วยทำงานเป็นครั้งคราว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

10. สาเหตุเรื่อง “การไหลของงานไม่ต่อเนื่อง” เกิดขึ้นที่ระบบการผลิตที่ไม่เหมาะสม ผังการผลิตที่ไม่เหมาะสม มีบางกระบวนการเป็นคอขวด ทำให้การไหลของงานไม่ต่อเนื่อง แนวทางการแก้ไขปัญหาคือ เปลี่ยนเป็นระบบการผลิตแบบไหลต่อเนื่องทีละชิ้น เพื่อแก้ไขปัญหากระบวนการที่เป็นคอขวด

11. สาเหตุเรื่อง “แต่ละกระบวนการต้องการปล่อยงานให้ได้มากที่สุดโดยไม่สนใจกระบวนการถัดไป” เกิดขึ้นที่กระบวนการตรวจสอบ PCBA ทำให้เกิดงานระหว่างทำเป็นจำนวนมากในกระบวนการถัดไป แนวทางการแก้ไขปัญหาคือ ออกแบบวิธีการทำงานมาตรฐานใหม่

12. สาเหตุเรื่อง “ใช้ระบบการผลิตแบบผลัก ทำให้เกิดงานระหว่างทำมาก” เกิดขึ้นที่กระบวนการตรวจสอบ PCBA ทำให้เกิดงานระหว่างทำเป็นจำนวนมากในกระบวนการถัดไป แนวทางการแก้ไขปัญหาคือ ใช้ระบบการผลิตแบบดึงและออกแบบวิธีการทำงานมาตรฐานใหม่

13. สาเหตุเรื่อง “ปล่อยงานโดยไม่เรียงลำดับก่อน-หลัง” เกิดที่กระบวนการตรวจสอบ PCBA เนื่องจากชิ้นส่วนที่เสียหายมีหลายชนิด จะทำให้เกิดปัญหากับกระบวนการถอดชิ้นส่วนที่เสีย ต้องทำการเปลี่ยนขนาดของหัวลมเป่าของเครื่อง Hot Air Station บ่อยครั้ง และส่งผลกระทบถึงกระบวนการอื่นๆ ที่ไม่สามารถเตรียมส่วนประกอบใหม่และอุปกรณ์ต่างๆ ได้ทันถ่วงที ทำให้ระยะเวลานำในแต่ละกระบวนการเพิ่มขึ้น วิธีการแก้ไขปัญหาคือออกแบบวิธีการทำงานมาตรฐานใหม่

14. สาเหตุเรื่อง “ไม่มีการแจ้งให้ทราบถึงงานที่ถูกปล่อย” เกิดที่กระบวนการตรวจสอบ PCBA ทำให้เกิดปัญหาเช่นเดียวกับสาเหตุ “ปล่อยงานโดยไม่เรียงลำดับก่อน-หลัง”วิธีการแก้ไขปัญหาคือออกแบบวิธีการทำงานมาตรฐานใหม่

15. สาเหตุเรื่อง “ไม่มีการคำนวณผลิตภาพของแต่ละกระบวนการ” เนื่องไม่มีการวัดระยะเวลานำในการทำงานแต่ละกระบวนการ ทำให้ไม่สามารถทราบถึงผลิตภาพของแต่ละกระบวนการ และ ไม่ทราบถึงกระบวนการไหนที่เป็นกระบวนการที่เป็นคอขวดที่ต้องได้รับการแก้ไข วิธีการแก้ไขปัญหา คือ ออกแบบวิธีการทำงานมาตรฐานใหม่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.7 สรุปแนวทางการแก้ไขปัญหา

ผู้วิจัยจะแบ่งแนวทางการแก้ไขปัญหาให้กับกระบวนการซ่อมแซม PCBA ให้กับโรงงานกรณีศึกษาโดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การแก้ไขปัญหาในปัจจุบันที่ไม่มีการลงทุนเพิ่ม ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด และ การแก้ไขปัญหาที่ต้องมีการลงทุนเพิ่ม เช่น การเพิ่มเครื่องจักรในบางกระบวนการที่เป็นคอขวด

5.7.1 การแก้ไขปัญหาในปัจจุบันที่ไม่มีการลงทุนเพิ่ม

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ผ่านมา ทำให้ได้แนวทางในการแก้ไขปัญหา เพื่อให้ง่ายต่อการเรียงลำดับในการแก้ไขปัญหา ผู้วิจัยจะสรุปแนวทางการแก้ไขปัญหาทั้งหมด ดังต่อไปนี้

1. ลดกระบวนการตรวจสอบ PCBA เข้ากับกระบวนการตรวจรับ PCBA ที่เสียเข้าสู่กระบวนการซ่อมแซม PCBA ทำให้ลดกระบวนการที่ไม่สร้างคุณค่าให้กับ PCBA ได้ 1 กระบวนการ

2. ลดกระบวนการตรวจแยกชนิดของอาการเสียของ PCBA โดยแจ้งกับทางกระบวนการผลิตให้ทำการเปลี่ยนวิธีการส่ง PCBA แบบใหม่ โดยแยกเป็นอุปกรณ์ที่ต้องการซ่อมแซมแทนการส่ง PCBA โดยการแยกเป็นรุ่นของ PCBA ทำให้ลดกระบวนการที่ไม่สร้างคุณค่าให้กับ PCBA ได้ 1 กระบวนการ

3. ลดกระบวนการบันทึกประวัติเข้ากับกระบวนการนำ PCBA ออกจากระบบของกระบวนการซ่อมแซม PCBA เพื่อต้องการลดระยะทางในการขนย้าย PCBA ระหว่างพื้นที่ที่วางคอมพิวเตอร์กับพื้นที่ที่วางเครื่องทดสอบฟังก์ชั่นการทำงานของ PCBA

4. ปรับปรุงผังการผลิตของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ใหม่โดยหลักวางอุปกรณ์เครื่องจักรในแนวโค้งเพื่อให้เส้นทางการส่งงานของพนักงานดูคล้ายๆ กับตัว U หรือตัว C รูปแบบนี้จะทำให้จุดสุดท้ายของกระบวนการอยู่ใกล้กับจุดเริ่มต้น

5. เปลี่ยนระบบการผลิตแบบเดิมที่ใช้ระบบการผลิตแบบเป็นชุดใหญ่ (Large Lot Production) เป็นระบบการผลิตแบบไหลต่อเนื่องทีละชิ้น (One Piece Flow) ซึ่งเป็นระบบการผลิตแบบหนึ่งของการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) ในการผลิตแบบไหลต่อเนื่องทีละชิ้น อุปกรณ์ และเครื่องจักรจะถูกจัดเรียงไว้ตามลำดับ

6. ในกรณีต้องเพิ่มพนักงานเพื่อแก้ไขปัญหาพนักงานไม่เพียงพอต่อการทำงาน ผู้วิจัยจะทำการตรวจสอบการทำงานของพนักงานและช่างเทคนิคของกระบวนการซ่อมแซม PCBA แต่ละคนเพื่อตรวจสอบการรองานหรือว่างงานและจะทำการปรับปรุงการทำงาน หรือ มอบหมายงานใหม่โดยให้มีการจัดการอบรมข้ามสายงาน ทำให้ไม่จำเป็นต้องเพิ่มจำนวนพนักงาน ถ้ามีความจำเป็นต้องเพิ่มจำนวนพนักงานเนื่องจากปริมาณ PCBA ที่ส่งซ่อมแซมมีจำนวนมากเกินกว่าจะทำงานได้สำเร็จ ทางผู้ควบคุมการผลิต (Supervisor) จะดำเนินการดึงพนักงานส่วนอื่นๆ มาช่วยทำงานเป็นครั้งคราว

7. หลังจากผลการปรับปรุงเป็นที่พึงพอใจของทีมงานและผู้บริหาร ผู้วิจัยจะทำการออกแบบวิธีการทำงานมาตรฐานใหม่เพื่อรักษาสภาพหลังการปรับปรุง

5.7.2 การแก้ไขปัญหาในปัจจุบันที่มีการลงทุนเพิ่ม

หลังการแก้ไขปัญหาในปัจจุบันแล้ว ถ้าไม่สามารถช่วยให้ปัญหาลดลงและไม่เป็นที่พึงพอใจของทีมงานและผู้บริหารของโรงงานกรณีศึกษา จะมีการดำเนินการแก้ไขที่มีการลงทุนเพิ่มเพื่อแก้ไขปัญหา จากการประชุมร่วมกับทีมงานพบว่า กรณีเพิ่มเครื่องจักรในกระบวนการอาจไม่สามารถทดลองทำได้จริง เนื่องจากอาจส่งผลกระทบต่อกระบวนการปัจจุบัน และเครื่องจักรมีราคาแพงจึงเป็นเรื่องยากที่ซื้อเพื่อนำมาทดลองดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำวิธีการจำลองแบบเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่ามาใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมของกระบวนการซ่อมแซม PCBA และ ผู้วิจัยจะการวิเคราะห์ความเป็นไปได้และความคุ้มค่าในการลงทุนในการซื้อเครื่องจักรเพิ่ม โดยจะศึกษาว่าโครงการลงทุนมีความเหมาะสมด้านการเงินอย่างไร เพื่อเป็นข้อมูลช่วยในการตัดสินลงทุนของผู้บริหารของโรงงานกรณีศึกษาต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6
การปรับปรุงแก้ไขปัญหา (Improve Phase) โดยไม่มีการลงทุนเพิ่ม

เนื้อหาในบทที่ 6 จะกล่าวถึงการปรับปรุงแก้ไขปัญหาในสภาพการปัจจุบัน ซึ่งผู้วิจัยได้มีการแบ่งเนื้อหาการปรับปรุงแก้ไขปัญหาให้กับโรงงานกรณีศึกษา ออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรก จะเป็นการปรับปรุงแก้ไขปัญหาในสภาพการปัจจุบันที่ไม่มีการลงทุนเพิ่ม โดยดำเนินการตามแนวทางแก้ปัญหาที่ได้จากการวิเคราะห์ในบทที่ 5 และ ส่วนที่สอง ในบทที่ 7 จะเป็นการปรับปรุงแก้ไขปัญหาในปัจจุบันที่มีการลงทุนเพิ่ม หลังจากการปรับปรุงแก้ไขสภาพการปัจจุบันที่ไม่มีการลงทุนเพิ่มแล้ว เพื่อเป็นการปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซม PCBA อย่างต่อเนื่องต่อไป

6.1 การลดกระบวนการที่สูญเปล่าของกระบวนการซ่อมแซม PCBA

จากการจำแนกประเภทของกิจกรรมตามแนวคิดของลีนและทำการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิกระบวนการไหลดังรูปที่ 5.1 ในบทที่ 5 ทำให้ทราบว่ามีหลายกระบวนการที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่ากับ PCBA เป็นจำนวนมาก ประกอบกับการสังเกตการทำงานของพนักงาน พบว่าบางกระบวนการสามารถรวมเข้าด้วยกันได้ จากการประชุมร่วมกับทีมงานเพื่อทำการระดมสมองในการปรับปรุงกระบวนการ PCBA โดยสามารถสรุปการเปลี่ยนแปลงกระบวนการซ่อมแซม PCBA ในปัจจุบันได้ดังนี้

1. ลดกระบวนการตรวจสอบ PCBA (PCBA Visual Inspection Process) เข้ากับกระบวนการรับตรวจ PCBA ที่เสียเข้าสู่กระบวนการซ่อมแซม PCBA (Key-In PCBA Process) โดยลดเวลาในการตรวจสอบ PCBA ให้น้อยที่สุดเนื่องจากเป็นกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่ากับ PCBA ทำให้ลดกระบวนการได้ 1 กระบวนการ

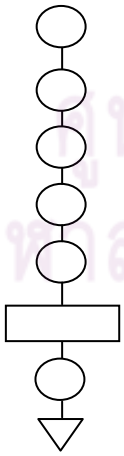
2. ลดกระบวนการตรวจแยกชนิดของอาการเสียของ PCBA (PCBA Separation Process) โดยแจ้งกับทางฝ่ายผลิตให้ทำการเปลี่ยนวิธีการส่ง PCBA แบบวิธีใหม่ โดยแยกเป็นอุปกรณ์ที่ต้องการซ่อมแซมแทนการส่ง PCBA โดยการแยกเป็นรุ่นของ PCBA ทำให้พนักงานไม่ต้องเสียเวลาแยกชนิดของอาการเสีย ทำให้ลดกระบวนการได้ 1 กระบวนการ

3. รวมกระบวนการดูดซับตะกั่ว (Solder Paste Removing Process) กับกระบวนการทำความสะอาดพื้นที่วางส่วนประกอบ (Pad PCBA Cleaning) เข้าด้วยกันเนื่องจาก 2 กระบวนการมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันทำให้สามารถปฏิบัติ

พร้อมกันได้ด้วยพนักงานเพียงคนเดียวได้ และไม่ทำให้เกิดการรอคอย PCBA และ ขนถ่าย PCBA ซึ่งเป็นความสูญเปล่า ทำให้กระบวนการซ่อมแซม PCBA ลดลงอีก 1 กระบวนการ

4. รวมกระบวนการทำความสะอาด PCBA (PCBA Cleaning Process) กับกระบวนการประทับตราบน PCBA (PCBA Stamping Process) เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ใกล้เคียง จากการทดลองพบว่า พนักงานสามารถกระทำทั้ง 2 อย่างในกระบวนการเดียวกันได้ ทำให้เหลือพนักงานไปช่วยงานกระบวนการอื่นๆ ได้และไม่ทำให้เกิดการรอคอย PCBA และขนถ่าย PCBA ซึ่งเป็นความสูญเปล่า ทำให้กระบวนการซ่อมแซม PCBA ลดลงอีก 1 กระบวนการ

5. รวมกระบวนการบันทึกประวัติ (PCBA Recording Process) เข้ากับกระบวนการนำ PCBA ออกจากระบบของกระบวนการซ่อมแซม PCBA (PCBA Key-out Process) ทำให้ลดกระบวนการได้ 1 กระบวนการ และลดการขนถ่ายงานของพนักงานอีกด้วยเนื่องจากพนักงานต้องขนถ่ายงานไปทดสอบฟังก์ชันการทำงานของ PCBA และขนถ่าย PCBA กลับมา ซึ่งเป็นความสูญเปล่า ทำให้กระบวนการซ่อมแซม PCBA มีจำนวนกระบวนการลดลงอีก 1 กระบวนการ ทำให้กระบวนการซ่อมแซม PCBA ลดลงจาก 14 กระบวนการ เหลือเพียง 8 กระบวนการ ดังแสดงแผนภูมิกระบวนการไหลดังรูปที่ 6.1



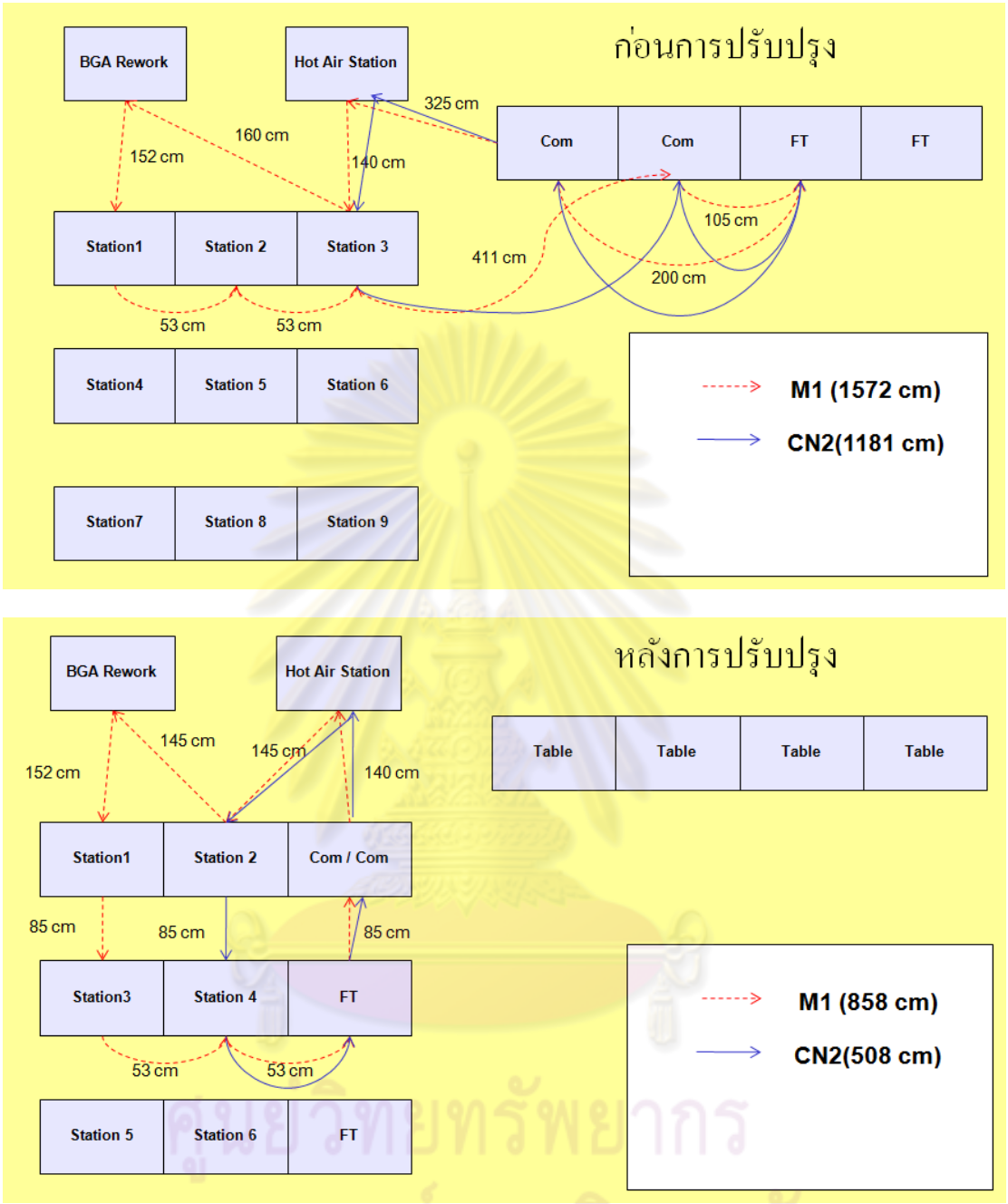
รูปที่ 6.1 แผนภูมิกระบวนการไหลของการซ่อมแซม PCBA หลังการปรับปรุง

จากการจำแนกประเภทกิจกรรมตามแนวคิดของลีนหลังการปรับปรุง พบว่ามีกิจกรรมที่ทำให้เกิดมูลค่า 4 กระบวนการ แต่กิจกรรมที่ไม่ทำให้เกิดมูลค่าแต่มีความจำเป็น ลดลงจาก 8 กระบวนการเหลือเพียง 4 กระบวนการ ดังนั้นกระบวนการซ่อมแซม PCBA เพิ่มเป็น 50 % จากเดิม 38% ของจำนวนกระบวนการทั้งหมดและลดการสูญเสียให้กับกระบวนการทำงานที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่ากับ PCBA จาก 62% เหลือเพียง 50 % เท่านั้น

6.2 การปรับปรุงผังการผลิตของกระบวนการซ่อมแซม PCBA

ระบบการผลิตปัจจุบันไม่เหมาะสมกับการทำงานในปัจจุบันเนื่องจากก่อให้เกิดปัญหางานระหว่างทำ (Work In Process) จำนวนมาก หลังจากผู้วิจัยทำการประชุมกับทีมงานและได้ข้อสรุปว่า จะทำการแก้ปัญหาโดยเปลี่ยนระบบการผลิตจากแบบการผลิตแบบเป็นชุดใหญ่ (Large Lot Production) ที่มีระบบการปล่อยงานแบบผลัก ให้เป็นระบบการผลิตแบบไหลต่อเนื่องทีละชิ้น (One Piece Flow) ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งของการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) โดยมีระบบการปล่อยงานแบบการไหลต่อเนื่องทีละชิ้น จากการสังเกตผู้วิจัยพบว่าผังการผลิตของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ในปัจจุบันไม่มีความเหมาะสมในการปฏิบัติงานของระบบการผลิตแบบไหลต่อเนื่องทีละชิ้น เนื่องจากมีระยะห่างระหว่างกระบวนการมากเกินไปเพื่อลดระยะทางให้ PCBA เข้าถึงแต่ละกระบวนการได้เร็วขึ้น ผู้วิจัยจึงเสนอแนวคิดที่จะปรับปรุงผังกระบวนการซ่อมแซม PCBA ใหม่โดยหลักวางอุปกรณ์ เครื่องจักรในแนวโค้งเพื่อให้เส้นทางการเดินทางของงานดูคล้ายๆ กับตัว U หรือตัว C รูปแบบนี้จะทำให้จุดสุดท้ายของกระบวนการอยู่ใกล้กับจุดเริ่มต้น ดังรูปที่ 6.2 ซึ่งจะช่วยลดระยะทางที่พนักงานจะเดินทางโดยกรณีการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 ระยะลดลง 1,572 เซนติเมตร เป็น 858 เซนติเมตรหรือลดลง 56.98% และแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ระยะลดลงจาก 1,181 เซนติเมตร เป็น 508 เซนติเมตร หรือลดลง 45.41% ทำให้การไหลของ PCBA ดีขึ้นและลดเวลาในการเดินทางระหว่างกระบวนการได้แสดงดังตารางที่ 6.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



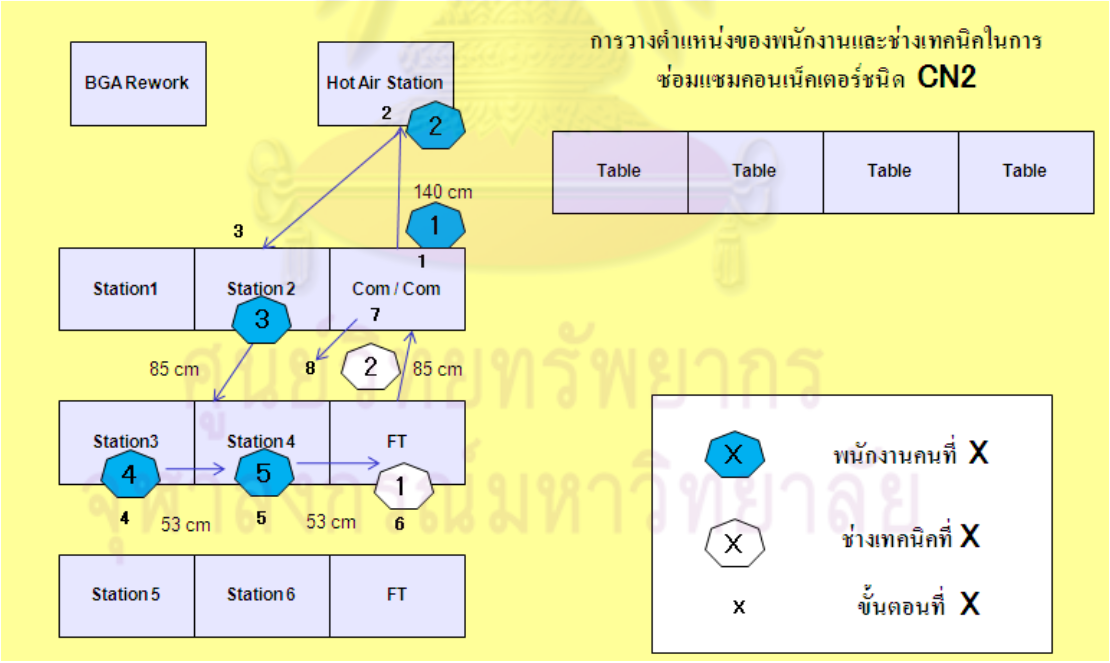
รูปที่ 6.2 การเปลี่ยนแปลงผังกระบวนการซ่อมแซม PCBA เพื่อปรับปรุงการไหลของ PCBA

ตารางที่ 6.1 ระยะทางการทำงานก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง

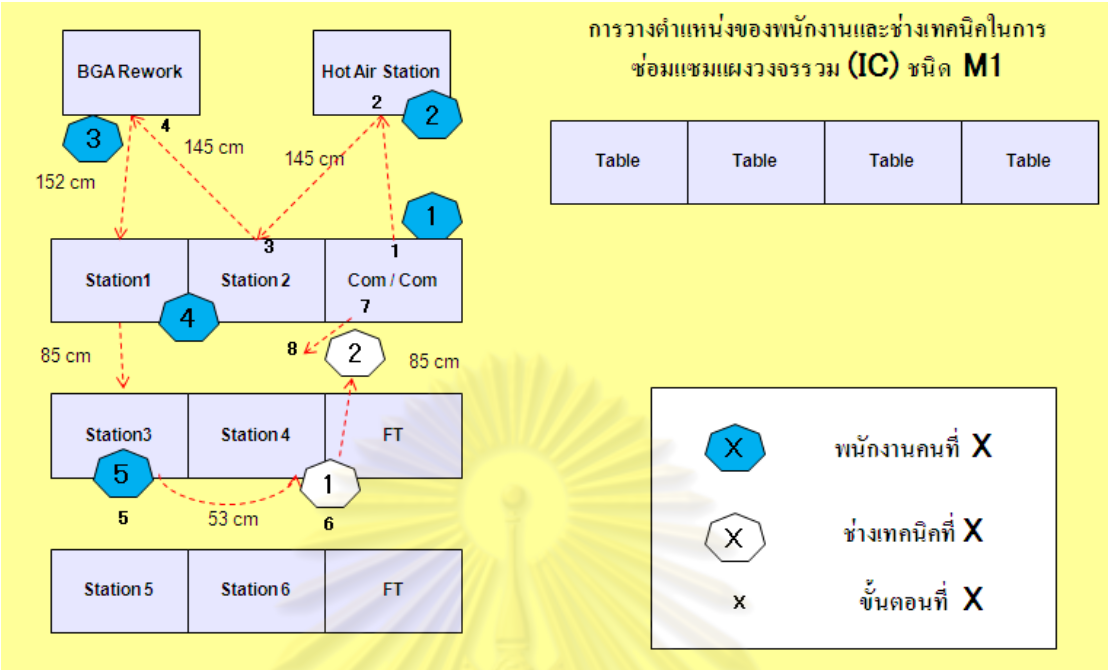
ระยะทางการทำงาน (เซนติเมตร)	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	เปอร์เซ็นต์ที่ลดลง
CN2	1,572	858	56.98%
M1	1,181	508	45.41%

6.3 วิธีการผลิตแบบไหลต่อเนื่องทีละชิ้น (One Piece Flow)

วิธีการผลิตแบบไหลต่อเนื่องทีละชิ้น มีลักษณะคือ พนักงานจำเป็นต้องอยู่ประจำของแต่ละกระบวนการ อุปกรณ์ และเครื่องจักรจะถูกจัดเรียงไว้ตามลำดับ โดยมีจำนวนพนักงานปฏิบัติการ 5 คน และ ช่างเทคนิคจำนวน 2 คน โดยจะวางตำแหน่งของพนักงานในการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 และ แผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ได้ดังรูปที่ 6.3 และ 6.4 โดยให้พนักงานทำการซ่อมแซม PCBA แล้วส่งต่อไปยังกระบวนการถัดไปอย่างต่อเนื่องทีละชิ้น



รูปที่ 6.3 การวางตำแหน่งของพนักงานและช่างเทคนิคในการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2



รูปที่ 6.4 การวางตำแหน่งของพนักงานและช่างเทคนิคในการซ่อมแซมแผงวงจรรวม(IC) ชนิด M1

โดยที่ลำดับในการทำงานมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เริ่มที่กระบวนการตรวจรับ PCBA ที่เสียเข้าสู่ระบบกระบวนการซ่อมแซม PCBA จากฝ่ายผลิต พนักงานจะตรวจสอบทางกายภาพก่อน และหลังจากนั้น จะบันทึกจำนวน PCBA ที่ต้องการซ่อมแซมโดยแยกส่วนประกอบที่เสียและรุ่นของ PCBA ที่ได้รับจากฝ่ายผลิต เพื่อจัดลำดับการทำงานของการซ่อมแซม และ แจ้งลำดับการทำงานให้ทุกกระบวนการได้รับทราบเพื่อเตรียมชิ้นส่วนประกอบใหม่ เครื่องมือ และ เครื่องจักรให้พร้อมก่อนทำการซ่อมแซม

2. เมื่อทุกกระบวนการได้รับการแจ้งลำดับงานของการซ่อมแซม PCBA และเตรียมส่วนประกอบใหม่ เครื่องมือ และเมื่อเครื่องจักรพร้อมแล้ว กระบวนการตรวจรับ PCBA จะเริ่มปล่อย PCBA ไหลทีละชิ้น (One Piece Flow) เข้าสู่กระบวนการ และ PCBA จะไหลผ่านครบทุกกระบวนการจนเสร็จสิ้น

3. ทุกกระบวนการจะทำการจับระยะเวลานำในการทำงาน และบันทึกงานระหว่างทำทุกวันหลังเลิกเวลาเพื่อรายงานผลการปรับปรุงให้แก่ทีมงานและผู้บริหารของโรงงานกรณีศึกษาทราบถึงสถานการณ์ในปัจจุบันของกระบวนการซ่อมแซม PCBA

6.4 การจัดทำเอกสารวิธีการทำงานมาตรฐาน

หลังจากปรับปรุงผังการผลิตและวิธีการผลิตแล้ว เพื่อให้พนักงานทำงานเป็นระบบ และพนักงานทุกคนและบุคคลภายทั้งภายในและภายนอกสามารถเข้าใจวิธีการทำงาน จึงได้จัดทำเอกสารวิธีการทำงานของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ขึ้นมา ภายในเอกสารวิธีการทำงานจะอธิบายขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียดโดยมีการกำหนดเวลาในแต่ละขั้นตอน เพื่อให้พนักงานเริ่มต้นทำงานได้อย่างถูกต้องและสามารถควบคุมรอบเวลาการทำงานของแต่กระบวนการได้ ดังรูปที่ 6.5 นอกจากนี้ ผู้วิจัยและทีมงานมีการฝึกอบรมพนักงานในเรื่องของ 5 ส ความสูญเปล่า 7 ประการ และการผลิตแบบลีน เพื่อให้พนักงานมีความรู้ความเข้าใจ และ ร่วมมือปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซม PCBA อย่างต่อเนื่องต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บริษัท XX

คู่มือวิธีการทำงานมาตรฐานของกระบวนการซ่อมแซม PCBA

PCBA Repair Process Work Standard

จุดประสงค์ (PURPOSE)

ใช้เป็นคู่มือการทำงานมาตรฐานของกระบวนการซ่อมแซม PCBA

1. ขั้นตอนการทำงาน (Process Procedure) สำหรับพนักงานที่กระบวนการซ่อมแซม PCBA ดังนี้

เริ่มต้น/จบ | กระบวนการ | ตัดสินใจ | เชื่อมโยงกระบวนการอื่น

กระบวนการ	ขั้นตอน/รายละเอียด
รับ PCBA ที่เสีย ตรวจสอบทางกายภาพ และนำ PCBAเข้าสู่ระบบ 5'	1.พนักงานรับ PCBA ที่เสียจากฝ่ายกระบวนการผลิต โดยทำการตรวจสอบทางกายภาพ และ นำ PCBA เข้าสู่ระบบการซ่อมแซม PCBA โดยการอ่านบาร์โค้ดของ PCBA ด้วยเครื่องอ่านบาร์โค้ด
จัดลำดับการซ่อมแซม PCBA และแจ้งให้ทุกกระบวนการทราบ 5'	2.จัดลำดับการซ่อมแซม PCBA และ แจ้งให้ทุกกระบวนการให้ได้รับทราบเพื่อเตรียมความพร้อมเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ และ ส่วนประกอบใหม่ที่ต้องใช้เปลี่ยน
ปล่อย PCBA ที่เสียทีละชิ้นตามลำดับงาน 1'	3.เมื่อทุกกระบวนการพร้อม พนักงานจะเริ่มปล่อย PCBA ทีละชิ้น (One Piece Flow) เข้าสู่กระบวนการถอดส่วนประกอบที่เสียหาย
ถอดชิ้นส่วนประกอบที่เสีย 33'	4.พนักงานถอดชิ้นส่วนที่เสียด้วยเครื่อง Hot Air Station
ดูดซับตะกั่วเหลว และ ทำความสะอาดพื้นที่วางส่วนประกอบ 54'	5.พนักงานดูดซับตะกั่วเหลวด้วยแผ่นทองแดงและทำความสะอาดพื้นที่วางส่วนประกอบด้วยการเช็ดด้วยผ้าที่ผสมน้ำยา IPA
ประกอบส่วนประกอบด้วยพนักงาน 47' / ประกอบส่วนประกอบด้วยเครื่องจักร 290'	6.พนักงานแยก PCBA ออกเป็น 2 ทางคือ PCBA ที่ประกอบส่วนประกอบด้วยพนักงาน และ PCBA ที่ประกอบส่วนประกอบด้วยเครื่องจักร
ทำความสะอาด และประทับตราลง PCBA 44'	7.พนักงานทำความสะอาด PCBA หลังการประกอบส่วนประกอบใหม่ และ ประทับตราบริเวณชิ้นส่วนที่เปลี่ยน รหัสของพนักงานที่ปฏิบัติงาน
ตรวจสอบฟังก์ชั่นการทำงาน 34' (ไม่ผ่าน → ส่งคืนกระบวนการผลิต 18') (ผ่าน)	8. พนักงานตรวจสอบฟังก์ชั่นการทำงานของ PCBA หลังการซ่อมแซมด้วยเครื่องตรวจสอบฟังก์ชั่นการทำงานของ PCBA ถ้าไม่ผ่าน ส่งงานคืนกระบวนการผลิต เพื่อวิเคราะห์สาเหตุใหม่ ถ้าผ่าน ส่งต่อไปให้กับกระบวนการถัดไป
บันทึกประวัติและนำ PCBA ออกจากระบบ 36'	9.พนักงานนำ PCBA ที่ผ่านการตรวจสอบฟังก์ชั่นการทำงานแล้วมาบันทึกประวัติส่วนประกอบที่เปลี่ยน และ นำ PCBA ออกจากระบบ
บรรจุ PCBA ส่งคืนกระบวนการผลิต 1'	10.พนักงานบรรจุงาน PCBA ลงกล่อง PCBA เพื่อส่งคืนให้กับกระบวนการผลิตต่อไป
ระยะเวลานำมาตรฐานของการซ่อมแซม PCBA ต่อชิ้น M1 = 529 วินาที , CN2 = 277 วินาที	หมายเหตุ : ' หมายถึง วินาที

รูปที่ 6.5 คู่มือการทำงานมาตรฐานของกระบวนการซ่อมแซม PCBA

6.5 การจัดทำแผนฝึกอบรมพนักงานข้ามสายงาน

กระบวนการซ่อมแซม PCBA ยังไม่เคยมีการจัดทำแผนฝึกอบรมข้ามสายงานมาก่อน ทำให้พนักงานแต่ละกระบวนการไม่สามารถไปช่วยงานหรือแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าต่างๆ ได้ ทำให้ผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ต่ำลง จากการประชุมร่วมกับทีมงาน ทำการระดมสมองพบว่า ควรมีการจัดฝึกอบรมพนักงานข้ามสายงาน 4 กระบวนการคือ กระบวนการถอดส่วนประกอบที่เสียหาย (Hot Air Station Process) กระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยพนักงาน (Assembly by Operator Process) กระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยเครื่องจักร (Assembly by Machine Process) และ กระบวนการทดสอบฟังก์ชั่นการทำงานของ PCBA (Functional PCBA Testing Process) ซึ่งทั้ง 4 กระบวนการจากการวิเคราะห์ในบทที่ 5 มีลักษณะเป็นคอขวด ซึ่งจะช่วยให้พนักงานมีความสามารถหลายด้าน เพื่อให้สามารถช่วยเหลือกระบวนการอื่นได้เมื่อยามจำเป็น

ในการดำเนินการแก้ไขปัญหาเพื่อให้พนักงานมีความสามารถหลายด้านนี้ ได้แบ่งออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ 1. ช่วงก่อนการฝึกอบรมพนักงานข้ามสายงาน 2. ช่วงดำเนินการฝึกอบรมข้ามสายงาน 3. ช่วงหลังการฝึกอบรมพนักงานข้ามสายงาน

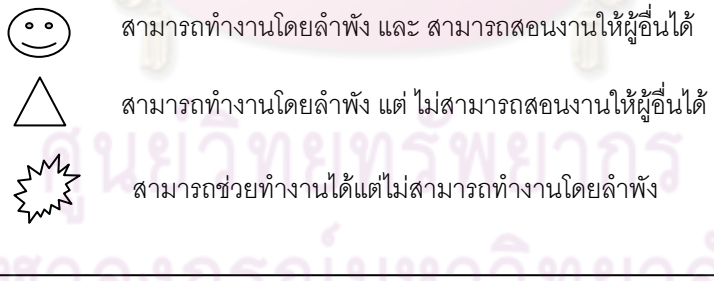
6.5.1 ช่วงก่อนการฝึกอบรมพนักงานข้ามสายงาน

จากการระดมสมองระหว่างทีมงานทำให้ได้ข้อสรุปว่า ควรมีการวัดผลหรือเก็บข้อมูลความสามารถของพนักงานก่อนทำการอบรม เพื่อเก็บไว้เป็นผลเปรียบเทียบความสามารถของพนักงานหลังจากมีการอบรมแล้ว จึงได้ออกแบบตารางระดับแสดงทักษะพนักงาน โดยผู้ควบคุมการผลิต (Supervisor) เป็นผู้ประเมินความสามารถของพนักงานทั้ง 5 คนและ ช่างเทคนิค 2 คน ดังตารางที่ 6.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.2 ระดับทักษะพนักงานก่อนการฝึกอบรมพนักงานข้ามสายงาน

เลขที่พนักงาน	ตำแหน่ง	กระบวนการ			
		ถอดส่วนประกอบที่เสียหาย	ประกอบด้วยพนักงาน	ประกอบด้วยเครื่องจักร	ทดสอบฟังก์ชั่นการทำงานของ PCBA
1	พนักงานปฏิบัติการ				
2	พนักงานปฏิบัติการ				
3	พนักงานปฏิบัติการ				
4	พนักงานปฏิบัติการ				
5	พนักงานปฏิบัติการ				
6	ช่างเทคนิค				
7	ช่างเทคนิค				



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.5.2 ช่วงดำเนินการฝึกอบรมพนักงานข้ามสายงาน

หลังจากการประเมินระดับทักษะของพนักงานดังตารางที่ 6.2 แล้ว จึงดำเนินการวางแผนเพื่อจัดการอบรมพนักงานข้ามสายงานขึ้น ซึ่งจากตารางแสดงระดับทักษะของพนักงานนั้นสามารถบอกได้ว่า พนักงานที่มีทักษะความสามารถดีและสามารถสอนหรือฝึกอบรมพนักงานคนอื่นๆ ได้นั้น จะเป็นพนักงานที่ประจำกระบวนการนั้นๆ หรือเป็นพนักงานที่เคยประจำกระบวนการนั้นๆ มาก่อน จึงกำหนดให้เป็นผู้สอนในเรื่องงานที่เกี่ยวกับที่ตนเองมีความชำนาญให้กับพนักงานคนอื่นๆ และในการสอนงานในแต่ละกระบวนการนั้นจะใช้วิธีการสอนแบบฝึกอบรมขณะปฏิบัติงาน (On The Job Training) และในช่วงที่เสร็จจากการซ่อมแซม PCBA ในช่วงก่อนเวลาเลิกงานเนื่องจาก PCBA ที่ส่งซ่อมแซมมีปริมาณน้อย ได้กำหนดช่วงของการฝึกอบรมตามช่วงเวลาการทำงานจริงของพนักงานแต่ละกระบวนการ และกำหนดระยะเวลาดำเนินการฝึกอบรมในช่วงเดือนสิงหาคม 2553 เป็นระยะเวลา 1 เดือน

โดยผู้สอนแต่ละคนต้องดำเนินการฝึกอบรมตามข้อต่อไปนี้

1. ขอบเขตความรับผิดชอบและบทบาทหน้าที่ที่ต้องทำของพนักงานในกระบวนการนั้นๆ
2. ขั้นตอนการทำงานมาตรฐานประจำวันในของแต่ละกระบวนการ
3. ชุดอุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นต้องใช้ในกระบวนการ

6.5.3 ช่วงหลังการฝึกอบรมพนักงานข้ามสายงาน

หลังจากการฝึกอบรมพนักงานข้ามสายงานเป็นเวลา 1 เดือนเสร็จสิ้นแล้ว ผู้ควบคุมการผลิต (Supervisor) จะมีการวัดผลความสามารถของพนักงานแต่ละคนอีกครั้ง โดยแสดงเป็นตารางแสดงระดับทักษะของพนักงานเช่นเดิม เพื่อดูผลการฝึกอบรมพนักงานข้ามสายงาน ระดับทักษะพนักงานหลังผ่านการฝึกอบรมพนักงานข้ามสายงาน ทำให้พนักงานมีความสามารถหลากหลายมากขึ้น ดังตารางที่ 6.3 นอกจากนี้พนักงานมีความรู้สึกอยากปรับปรุงความสามารถของตนเองอย่างต่อเนื่องอีกด้วย

ตารางที่ 6.3 ระดับทักษะพนักงานหลังการฝึกอบรมพนักงานข้ามสายงาน

เลขที่พนักงาน	ตำแหน่ง	กระบวนการ			
		ถอดส่วนประกอบที่เสียหาย	ประกอบด้วยพนักงาน	ประกอบด้วยเครื่องจักร	ทดสอบฟังก์ชั่นการทำงานของ PCBA
1	พนักงานปฏิบัติการ				
2	พนักงานปฏิบัติการ				
3	พนักงานปฏิบัติการ				
4	พนักงานปฏิบัติการ				
5	พนักงานปฏิบัติการ				
6	ช่างเทคนิค				
7	ช่างเทคนิค				

สามารถทำงานโดยลำพัง และ สามารถสอนงานให้ผู้อื่นได้

สามารถทำงานโดยลำพัง แต่ ไม่สามารถสอนงานให้ผู้อื่นได้

สามารถช่วยทำงานได้ แต่ไม่สามารถทำงานโดยลำพัง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หลังการฝึกอบรมพนักงานข้ามสายงานทำให้พนักงานมีทักษะที่หลากหลายด้านมากขึ้น ทำให้กระบวนการซ่อมแซม PCBA มีความยืดหยุ่นมากขึ้น ซึ่งสามารถสรุปทักษะความสามารถของพนักงานก่อนและหลังการฝึกอบรมข้ามสายงานของพนักงาน 5 คน และช่างเทคนิค 2 คน ได้ดังตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.4 สรุปทักษะความสามารถของพนักงานก่อนและหลังการฝึกอบรมข้ามสายงาน

ระดับทักษะ	กระบวนการ							
	ถอดส่วนประกอบที่เสียหาย		ประกอบด้วยพนักงาน		ประกอบด้วยเครื่องจักร		ทดสอบฟังก์ชั่นการทำงานของ PCBA	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ทักษะที่ 1 คนสามารถทำงานได้โดยลำพังและสามารถสอนงานคนได้	2	4	3	5	1	4	2	5
ทักษะที่ 2 คนสามารถทำงานได้โดยลำพังแต่สามารถสอนงานคนได้	2	3	2	2	1	3	3	2
ทักษะที่ 3 คนสามารถช่วยทำงานได้แต่ไม่สามารถทำงานโดยลำพังได้	4	-	2	-	5	-	2	-

6.6 การแก้ไขปัญหากระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยพนักงาน

เนื่องจากพนักงานที่ทำงานกระบวนการนี้มีเพียง 1 คน ทำให้กระบวนการเกิดเป็นคอขวด ส่งผลให้เกิดแถวคอยสะสม ผู้วิจัยและทีมงานจึงระดมสมองหาทางแก้ไข คือ ในช่วง PCBA ที่เสียส่งซ่อมเกินกว่าเป้าหมายคือ 250 ชิ้นต่อวัน ผู้ควบคุมการผลิต (Supervisor) จะดึงพนักงานปฏิบัติการจากส่วนอื่นๆ เข้ามาช่วยทำงานเพื่อลดปัญหากระบวนการที่เป็นคอขวดนี้

6.7 ผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุงแก้ไขปัญหาทั้งหมด

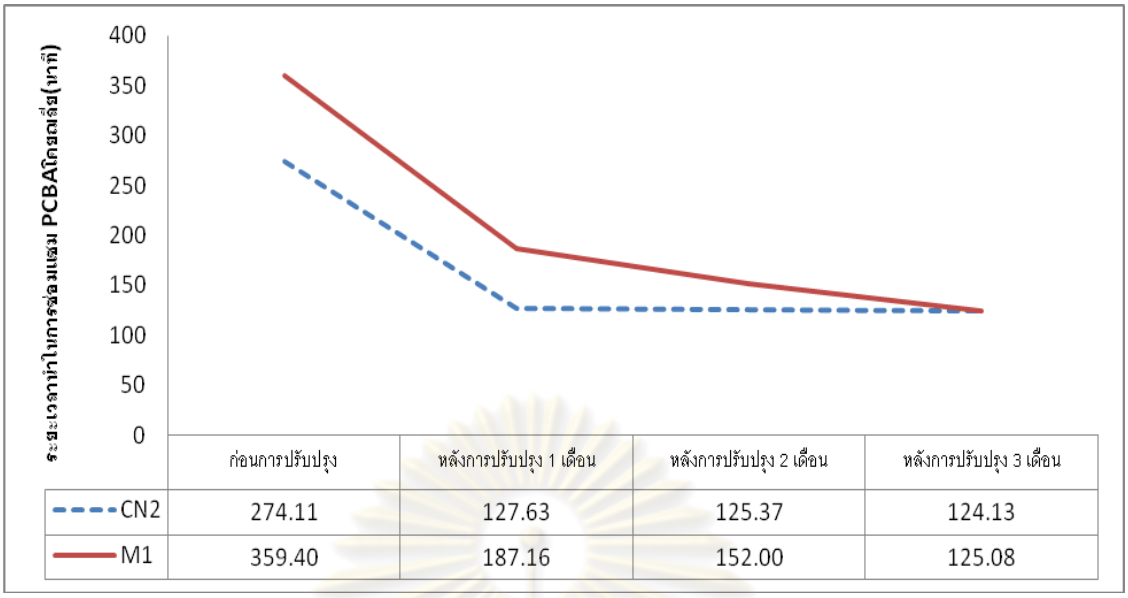
หลังจากที่ได้มีการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขปัญหาทั้งหมดในกระบวนการซ่อมแซม PCBA แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การเปรียบเทียบผลลัพธ์ก่อนและหลังการปรับปรุง ด้วยดัชนีชี้วัดทั้ง 4 ตัว คือ ระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA (PCBA Repair Lead Time) ชั่วโมงการทำงานของพนักงาน (Work Hours) ผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA (PCBA Repair Process Productivity) และปริมาณงานระหว่างทำ (Work In Process)

6.7.1 ระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA (PCBA Repair Lead Time)

ก่อนการปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซม PCBA พบว่า โรงงานงานกรณีศึกษามีระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA ของคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 เฉลี่ยเท่ากับ 274.11 นาที หรือ 4.57 ชั่วโมง และ แผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 เฉลี่ยเท่ากับ 359.40 หรือ เท่ากับ 5.99 ชั่วโมง

ในช่วงระยะเวลาทำการวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA ทุกวันโดยมอบหมายให้กับผู้ควบคุมการผลิต (Supervisor) เป็นผู้ทำการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบบันทึกแบบเดิม เพื่อเป็นการตรวจสอบแนวทางการแก้ไขปัญหาที่ได้ดำเนินการนั้นถูกต้องหรือไม่ โดยทำการเก็บข้อมูลระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน 2553 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทำให้เห็นว่ากระบวนการซ่อมแซม PCBA มีระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA ของคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 และ แผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ลดลงอย่างต่อเนื่อง ดังรูปที่ 6.6 ผลของการปรับปรุงกระบวนการ พบว่า ระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA ของคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 และ แผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 เฉลี่ยเท่ากับ 124.13 นาที และ 125.08 นาที ตามลำดับ หรือเมื่อเปรียบเทียบผลของระยะเวลานำในการซ่อมแซมก่อนและหลังมีการปรับปรุงกระบวนการพบว่า ระยะเวลานำในการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 ลดลง 149.98 นาทีหรือลดลง 54.72% และแผงวงรวม (IC) ชนิด M1 ลดลง 234.32 นาที หรือ ลดลง 65.2%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

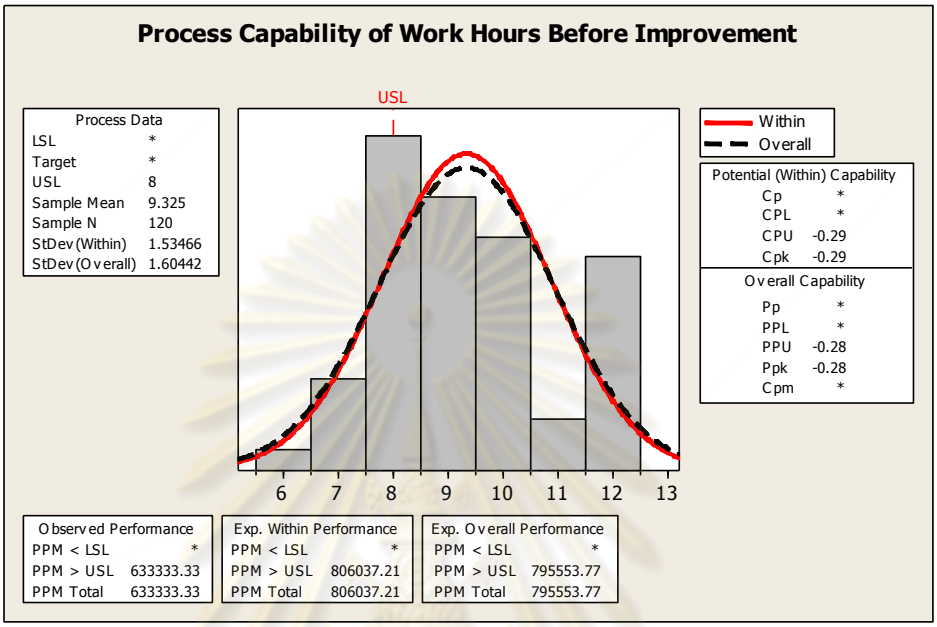


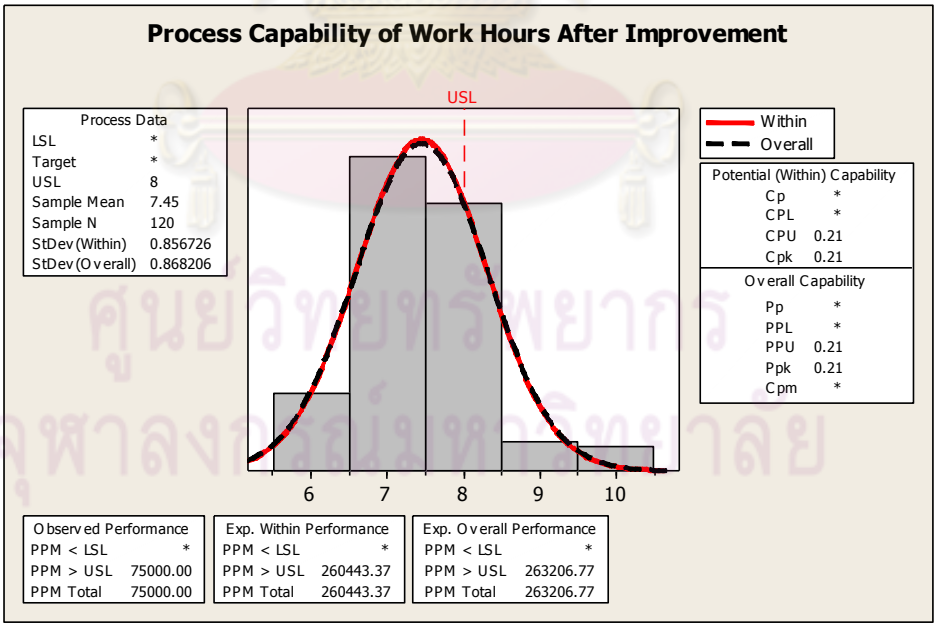
	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง 1 เดือน	หลังการปรับปรุง 2 เดือน	หลังการปรับปรุง 3 เดือน
CN2	274.11	127.63	125.37	124.13
M1	359.40	187.16	152.00	125.08

รูปที่ 6.6 ระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA หลังการปรับปรุง

6.7.2 **จำนวนชั่วโมงการทำงานของพนักงาน** (Work Hours)

ผลของการปรับปรุงกระบวนการ จนทำให้ระยะเวลาของการซ่อมแซม PCBA ลดลง ส่งผลให้พนักงานใช้เวลาในการทำงานโดยเฉลี่ยลดลงจาก 9.325 ชั่วโมงเป็น 7.45 ชั่วโมง ทำให้กระบวนการซ่อมแซม PCBA มีความสามารถของกระบวนการ (C_{pk}) เพิ่มขึ้นจาก -0.29 เป็น 0.21 ดังรูปที่ 6.7 เมื่อพนักงานทำงานเสร็จเร็วขึ้น จะทำให้เวลาในการทำงานล่วงเวลา (Overtime: OT) ของพนักงานลดลงจากเดิม และ การส่ง PCBA คืนให้กับฝ่ายผลิตได้มากขึ้นจากสามารถส่งได้ทันเวลาเพียง 33.67% หลังการปรับปรุงเพิ่มขึ้นเป็น 92.5% หรือเพิ่มขึ้นถึง 58.83% แต่บางครั้งจำนวน PCBA ที่ส่งซ่อมแซมมีจำนวนมากเกินไป ทำให้บางครั้งพนักงานจำเป็นต้องทำงานล่วงเวลาเพื่อซ่อมแซม PCBA ให้ตามครบจำนวน PCBA ที่ฝ่ายผลิตส่ง PCBA มาซ่อมแซม เนื่องจากความสามารถของกระบวนการ (C_{pk}) เพิ่มขึ้นเป็น 0.21 ถือว่าน้อยมากและต่ำกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับทั่วไป คือ 1 หรือ 1.33 หลังจากผู้วิจัยและทีมงานทำการตรวจสอบพบว่า ถึงแม้จะปรับปรุงกระบวนการและลดความสูญเปล่าจากกระบวนการแล้วก็ตาม แต่ก็ไม่สามารถปรับปรุงได้ดีที่สุดเนื่องจากการสังเกต พบว่ากระบวนการซ่อมแซม PCBA ที่มีการใช้เครื่องจักรโดยเฉพาะกระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยเครื่องจักร (Assembly by Machine Process) ยังมีข้อจำกัดในการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ถ้าต้องการให้ระยะเวลานำโดยเฉลี่ยในการซ่อมแซมแผงวงรวม (IC) ชนิด M1 ลดลงจากเดิมอีก ผู้บริหารของโรงงานกรณีศึกษาจำเป็นต้องมีการลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่มเติม ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์หาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมในการปรับปรุงด้วยการสร้างแบบจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่าดังที่จะกล่าวต่อไปในบทที่ 7

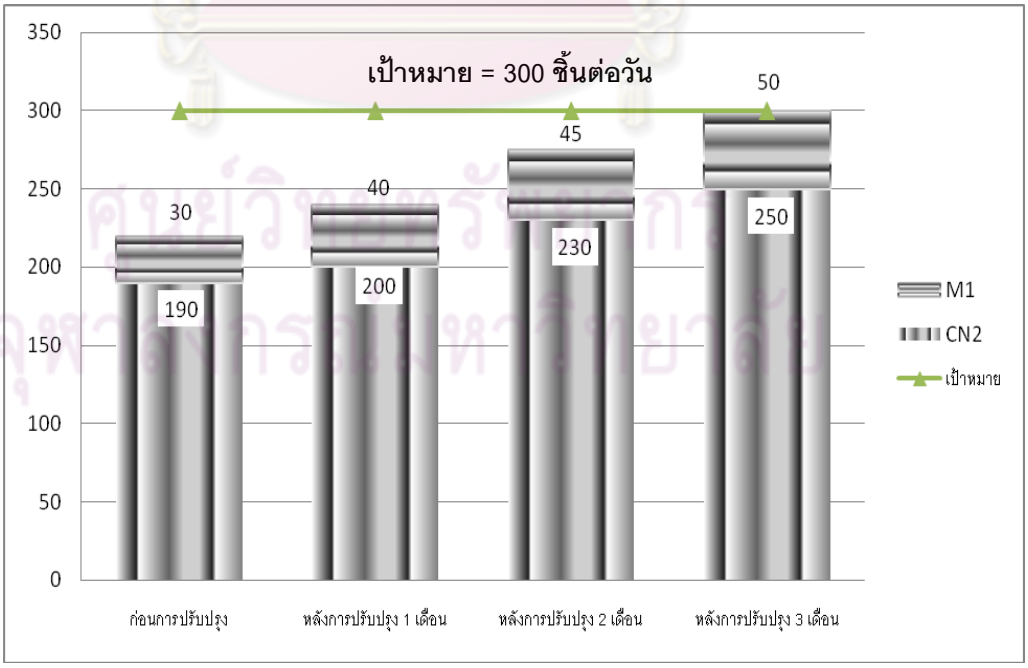




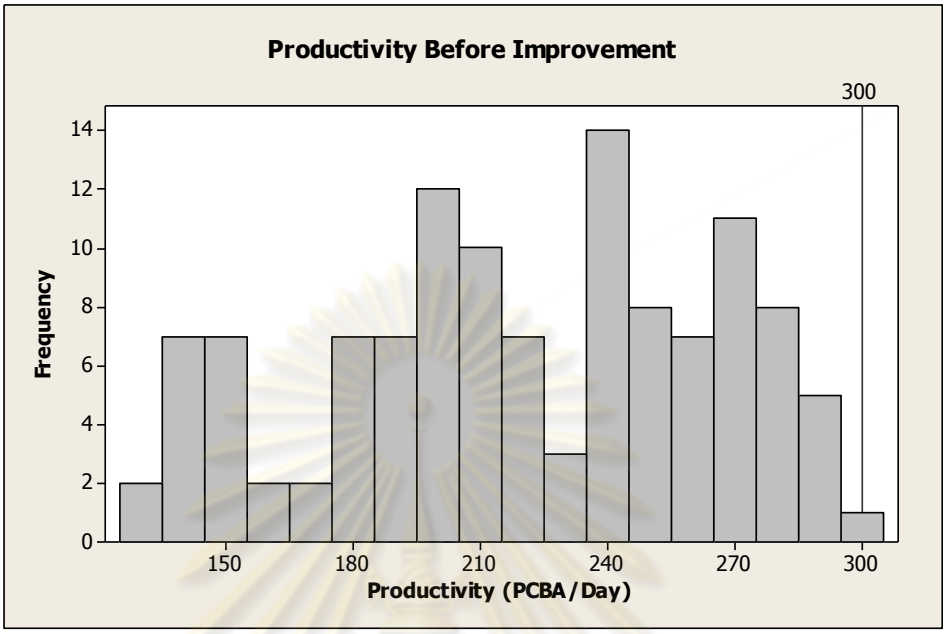
รูปที่ 6.7 ความสามารถของกระบวนการของชั่วโมงการทำงานของพนักงานก่อนและหลังการปรับปรุง

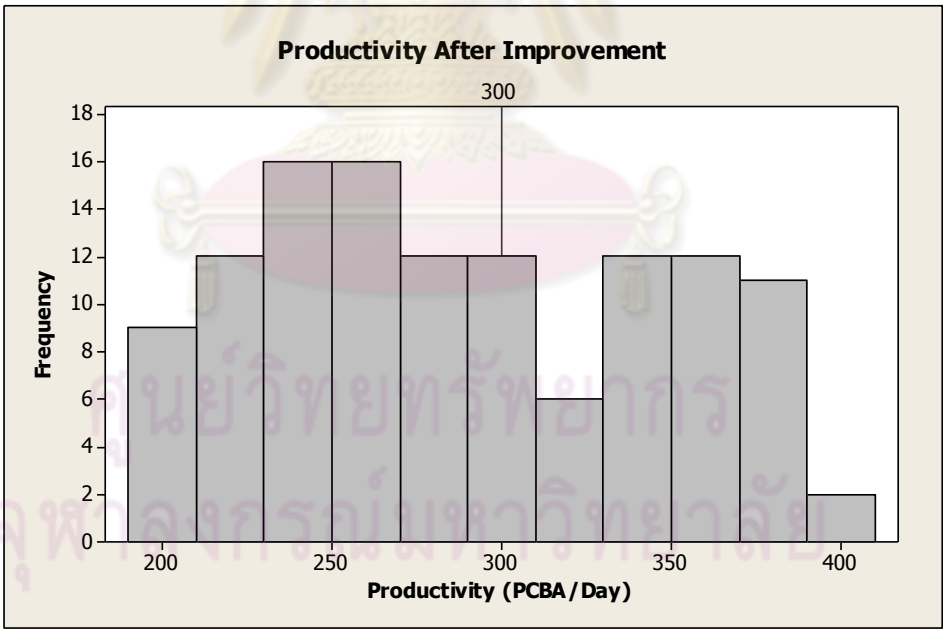
6.7.3 ผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA (PCBA Repair Process Productivity)

ก่อนการปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซม PCBA โรงงานกรณีศึกษามีผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA โดยเฉลี่ยคือ คอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 จำนวน 190 ชิ้นและแผงวงจรรวม (IC) จำนวน 30 ชิ้นเท่านั้น ซึ่งถือว่ายังไม่สามารถทำการซ่อมแซม PCBA ต่อวันได้เท่ากับเป้าหมายที่ต้องการของฝ่ายผลิตคือ คอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 จำนวน 250 ชิ้นและแผงวงจร (IC) ชนิด M1 จำนวน 50 ชิ้น ในเวลาทำงานปกติได้ พนักงานจำเป็นต้องทำงานล่วงเวลา (Overtime: OT) เพื่อให้สามารถซ่อมแซม PCBA ให้เสร็จ ตลอดเวลาการปรับปรุงกระบวนการผู้วิจัยได้มอบหมายให้ผู้ควบคุมการผลิต (Supervisor) ทำการเก็บผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA อย่างต่อเนื่อง เพื่อเป็นการตรวจสอบดูว่าการแก้ไขปัญหานั้นถูกต้องหรือไม่ จากการเก็บข้อมูลระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน 2553 และทำการวิเคราะห์ข้อมูลทำให้เห็นว่ากระบวนการซ่อมแซม PCBA มีผลิตภาพเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังรูปที่ 6.8 จากเดิมที่ซ่อมแซมได้เฉลี่ยวันละ 220 ชิ้นต่อวัน เป็น 300 ชิ้นต่อวัน หรือ เพิ่มขึ้น 36.36% หลังการปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซม PCBA สามารถซ่อมแซม PCBA ได้เกินที่ฝ่ายผลิตตั้งเป้าหมายเอาไว้ คือ 300 ชิ้นต่อวัน ดังรูปที่ 6.9 ในส่วนของบางวันที่ซ่อมแซมได้น้อยกว่า 300 ชิ้นต่อวัน จากการตรวจสอบพบว่าเนื่องจากฝ่ายผลิตส่ง PCBA ที่เสียมีจำนวนน้อยกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ 300 ชิ้นต่อวัน



รูปที่ 6.8 ผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA โดยรวมหลังการปรับปรุง

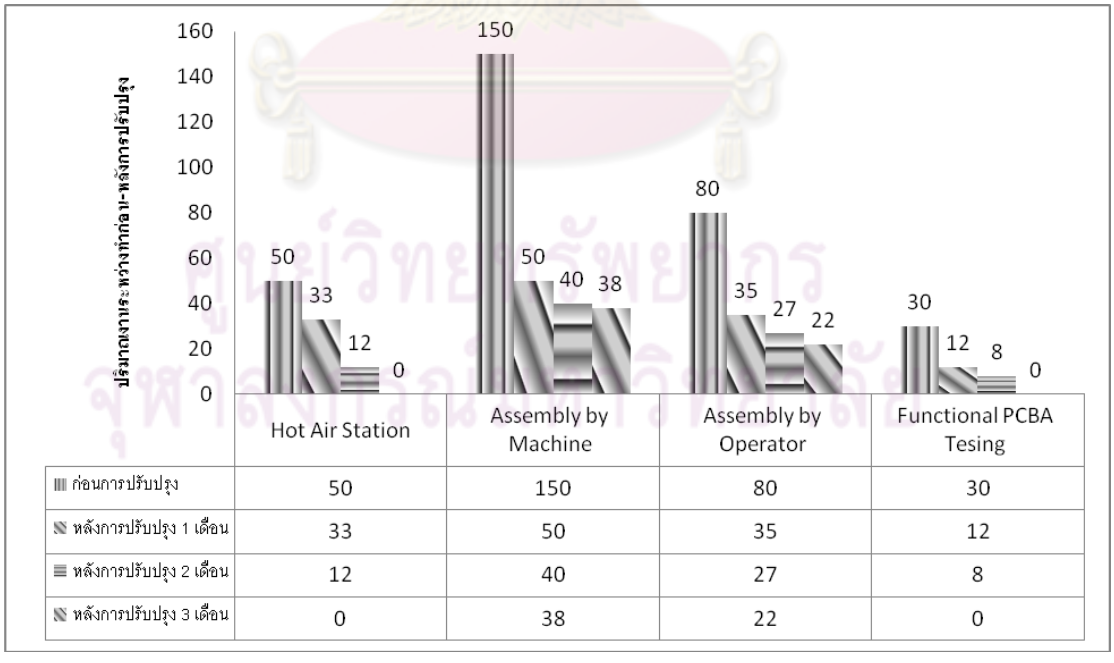




รูปที่ 6.9 ผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ก่อนและหลังการปรับปรุง

6.7.4 ปริมาณงานระหว่างทำ (Work In Process)

ก่อนการปรับปรุงกระบวนการ โรงงานกรณีศึกษามีปริมาณงานระหว่างทำ (Work In Process) เฉลี่ยเท่ากับ 327 ชิ้นต่อวัน ซึ่งถือว่ามีปริมาณสูงเมื่อเทียบกับ PCBA ที่เสียของฝ่ายผลิต กระบวนการที่มีปริมาณงานระหว่างทำมาก ได้แก่ กระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยเครื่องจักร (Assembly by Machine Process) กระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยพนักงาน (Assembly by Operator Process) กระบวนการถอดชิ้นส่วนประกอบที่เสียหาย (Hot Air Station Process) และกระบวนการตรวจสอบฟังก์ชั่นการทำงาน (Functional PCBA Testing Process) ทางโรงงานกรณีศึกษาต้องการลดปริมาณงานระหว่างทำให้มากที่เท่าจะได้ทำได้ ผู้วิจัยได้มอบหมายให้ผู้ควบคุมการผลิตทำการเก็บข้อมูลปริมาณงานระหว่างทำในทุกวันของการทำงาน โดยใช้แบบฟอร์มชุดเดิม เพื่อตรวจสอบแนวทางการแก้ไขว่าสามารถลดปริมาณงานระหว่างทำได้จริงหรือไม่ จากการเก็บข้อมูลระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน 2553 และผลการวิเคราะห์ข้อมูลทำให้เห็นว่า วิธีการแก้ไขที่เลือกนั้นสามารถช่วยลดปริมาณงานระหว่างทำบริเวณกระบวนการทั้ง 4 กระบวนได้ลงได้ ดังรูปที่ 6.10 พบว่าปริมาณงานระหว่างทำเฉลี่ยเท่ากับ 60 ชิ้น โดยสามารถเปรียบเทียบผลของปริมาณงานระหว่างทำตามกระบวนการต่างๆในกระบวนการก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ พบว่าปริมาณระหว่างทำเฉลี่ยในกระบวนการลดลงจากเดิม 81.56 %



รูปที่ 6.10 ปริมาณงานระหว่างทำ (Work In Process) ก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ

จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปผลดัชนีชี้วัดทั้ง 4 ตัว ก่อน-หลังการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซม PCBA ได้ดังนี้

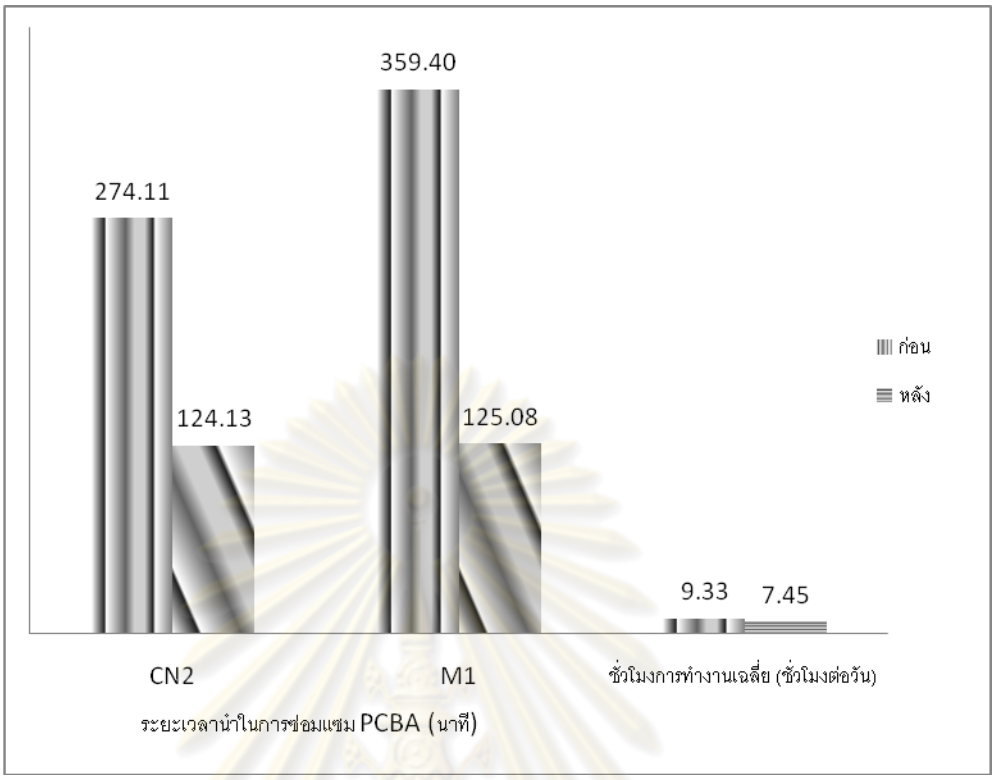
1. สรุปผลการปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซม PCBA โดยไม่มีการลงทุนเพิ่ม ดังรูปที่ 6.11 ระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA ของคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 เฉลี่ยลดลงจาก 274.11 นาที เป็น 124.13 นาที โดยลดลง 149.98 นาทีหรือลดลง 54.72% และแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ลดลงจาก 359.40 นาที เป็น 125.08 นาที โดยลดลง 234.32 นาทีหรือลดลง 65.2%

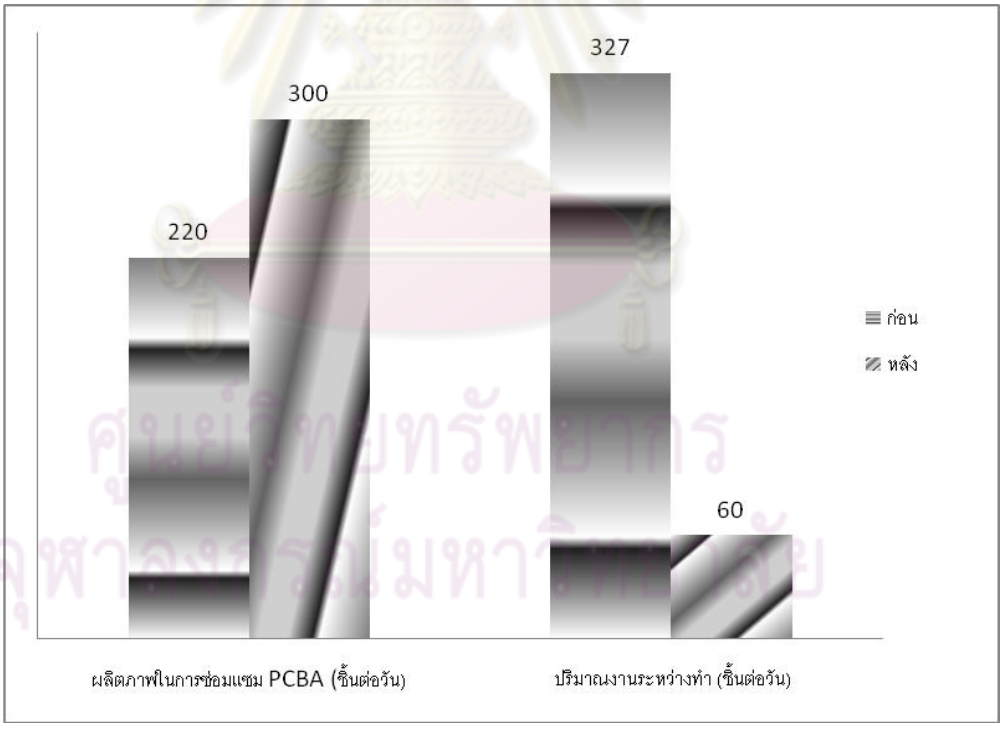
2. ชั่วโมงการทำงานของพนักงานเฉลี่ยลดลงจาก 9.325 ชั่วโมงเป็น 7.45 ชั่วโมง หรือ คิดเป็น 20.1% จึงทำให้มีความสามารถของกระบวนการ (C_{pk}) เพิ่มขึ้นจาก -0.29 เป็น 0.21 ทำให้สามารถส่งคืน PCBA ให้กับฝ่ายผลิตตามเวลาที่ต้องการเพิ่มขึ้นจากเดิม 58.83% แต่เนื่องจากความความสามารถของกระบวนการ (C_{pk}) ยังต่ำกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับทั่วไป คือ 1 หรือ 1.33 ผู้วิจัยและทีมงานจำเป็นต้องมีการปรับปรุงกระบวนการเพิ่มเติมต่อไป

3. ผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA เพิ่มขึ้นจาก 220 ชิ้นต่อวัน เป็น 300 ชิ้นต่อวัน หรือ คิดเป็น 36.36 %

4. ปริมาณงานระหว่างทำเฉลี่ยลดลงจาก 327 ชิ้นต่อวัน เป็น 60 ชิ้นต่อวัน หรือคิดเป็น 81.65 %

หลังจากการปรับปรุง PCBA สามารถไหลผ่านตลอดทั้งกระบวนการไปได้อย่างราบรื่นและสามารถลดจำนวนงานระหว่างทำของ PCBA ลงได้ ทำให้ระยะเวลานำที่ใช้ในการซ่อมแซม PCBA ลดลง แต่ในกระบวนการประกอบส่วนประกอบโดยเครื่องจักร (Assembly by Machine Process) ในการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ยังเกิดแถวคอยสะสมอยู่ ทำให้ระยะเวลานำของการซ่อมแซม PCBA ยังคงยาวนาน ซึ่งเป็นต้นเหตุที่ทำให้ความสามารถของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ยังคงต่ำ ทางทีมงานจึงประชุมเพื่อหาแนวทางในการแก้ไขต่อไปในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาโดยมีการลงทุนเพิ่มในบทที่ 7 ต่อไป





รูปที่ 6.11 สรุปผลดัชนีชี้วัดทั้ง 4 ตัว ก่อน-หลังการปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซม PCBA

บทที่ 7
การปรับปรุงแก้ไขปัญหา (Improve Phase) โดยมีการลงทุนเพิ่ม

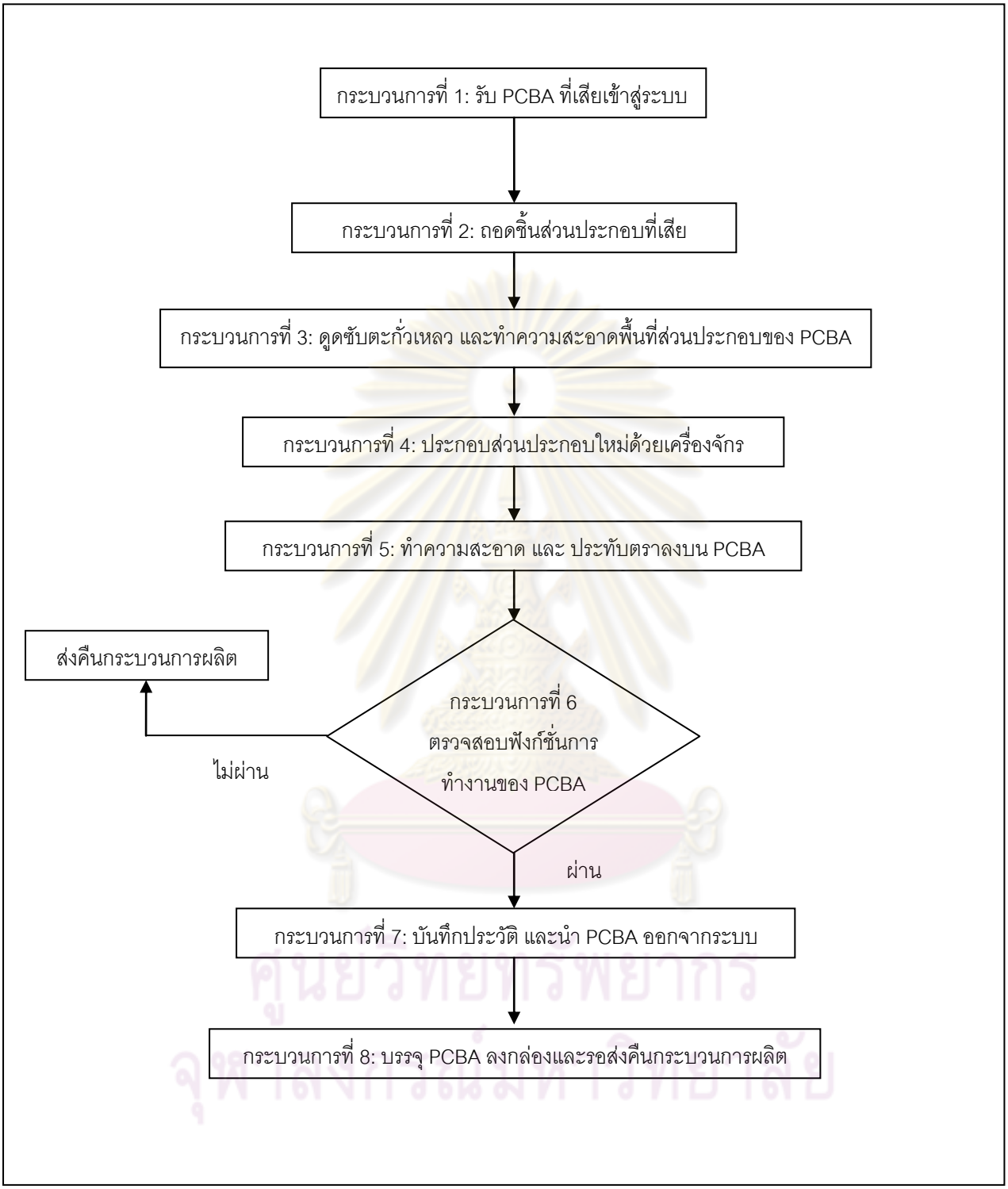
บทนี้จะกล่าวถึงการปรับปรุงแก้ไขปัญหาโดยมีการลงทุนเพิ่ม หลังจากทีมงานได้ทำการปรับปรุงแก้ไขปัญหาโดยไม่มีการลงทุนเพิ่มในกระบวนการซ่อมแซม PCBA แล้วเป็นระยะเวลา 1 เดือน โดยจุดประสงค์ในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาโดยมีการลงทุนเพิ่มคือ ต้องการลดระยะเวลานำในกระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยเครื่องจักร (Assembly by Machine Process) เนื่องจากหลังจากการปรับปรุงแก้ไขปัญหาโดยไม่มีการลงทุนเพิ่มแล้ว กระบวนการนี้ยังมีลักษณะเป็นคอขวดในการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ผู้วิจัยจึงทำการเก็บข้อมูลและนำมาวิเคราะห์ระยะเวลานำที่ลดลงจากการเพิ่มจำนวนเครื่องจักรโดยการจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่าเพื่อหาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมในการแก้ไขปัญหาคอขวดของกระบวนการนี้ และวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจลงทุนของผู้บริหารโรงงานกรณีศึกษาต่อไป โดยผู้วิจัยจะดำเนินงานตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) การวิเคราะห์ระยะเวลานำที่ลดลงโดยการจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า
2) การตั้งข้อกำหนดของแบบจำลองเหตุการณ์
3) การกำหนดตัววัดผล
4) วิธีการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในแบบจำลองเหตุการณ์
5) การวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้า (Input Analyzer) ในแต่ละกระบวนการ
6) การสร้างแบบจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า
7) การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเหตุการณ์
8) ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า
9) การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน
10) การตัดสินใจลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่ม
11) สรุปผลประโยชน์ตอบแทนของการซื้อเครื่องจักรเพิ่ม

7.1 การวิเคราะห์ระยะเวลานำที่ลดลงโดยการจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า

จากการสังเกตเพิ่มเติมของทีมงานพบว่า ในการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ในกระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยเครื่องจักร (Assembly by Machine Process) ยังเกิดแถวคอยสะสมเป็นจำนวนมากและมีลักษณะเป็นคอขวด ทางทีมงานจึงหาทางแก้ไขจากการวิเคราะห์ปัญหาข้างต้น พบว่ากระบวนการเกิดเป็นคอขวดเกิดขึ้นเนื่องจากจำนวนเครื่องจักรไม่เพียงพอกับการทำงาน จึงทำให้เกิดแถวคอยสะสมจำนวนมาก ซึ่งเป็นความสูญเปล่า ประกอบกับเครื่องจักรที่ใช้อยู่ปัจจุบันมีสภาพเก่าและมีเพียงจำนวน 1 เครื่องเท่านั้น ถ้าเครื่องจักรเกิดเสีย จะทำให้ไม่สามารถซ่อมแซม PCBA ได้ ซึ่งเป็นปัญหาที่ต้องหาทางป้องกัน และเพื่อรองรับจำนวน PCBA ที่เสียอาจจะเพิ่มขึ้นจากการเพิ่มกำลังการผลิตของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในอนาคตอีกด้วย โดยผู้บริหารของโรงงานกรณีศึกษามีความต้องการที่จะซื้อเครื่องจักรนี้เพิ่มเติม แต่ไม่ทราบว่าควรจะซื้อเครื่องจักรจำนวนเท่าไหร่จึงจะเหมาะสมในการปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซม PCBA ในปัจจุบัน เนื่องจากเครื่องจักรมีราคาแพงจึงเป็นเรื่องยากที่ซื้อมาทดลองเพื่อหาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมในการปรับปรุงกระบวนการในครั้งนี้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำวิธีการจำลองแบบเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า 12.0 ดังแสดงในภาคผนวก ข โดยลักษณะกระบวนการผลิตแบบจำลองเหตุการณ์นี้ เป็นรูปแบบของระบบการผลิตของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ที่ผ่านการปรับปรุงมาแล้ว ดังแสดงแผนผังการไหลของ PCBA ในระบบดังรูปที่ 7.1 โดยทำการทดลองเพื่อศึกษาจำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่โดยเครื่องจักรคือ BGA Rework Station ที่มีความเหมาะสมในการแก้ไขปัญหากระบวนการคอขวดนี้ โดยมีตัวชี้วัดคือ ระยะเวลานำของการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 และสามารถสรุปทรัพยากรของแต่ละกระบวนการดังแสดงในตารางที่ 7.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.1 ขั้นตอนการไหลของ PCBA ภายในระบบการซ่อมแซม PCBA หลังการปรับปรุง

ตารางที่ 7.1 ทรัพยากรการผลิตในแต่ละกระบวนการซ่อมแซม PCBA

กระบวนการ	ทรัพยากร
รับ PCBAที่เสียเข้าสู่ระบบ (Key-In PCBA)	พนักงาน 1 คน คอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง
ถอดชิ้นส่วนประกอบที่เสีย (Hot Air Station)	พนักงาน 1 คน เครื่องจักร Hot Air Station 1 เครื่อง
ดูดซับตะกั่วเหลวและทำความสะอาดพื้นที่ส่วนประกอบของ PCBA (Solder Paste Remove & Pad PCBA Cleaning)	พนักงาน 1 คน หัวแร้งตะกั่วบัดกรี 1 ชิ้น
ประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยเครื่องจักร (Assembly by Machine)	พนักงาน 1 คน เครื่องจักร BGA Rework Station 1 เครื่อง
ทำความสะอาดและประทับตราลงบน PCBA (PCBA Cleaning & Stamping)	พนักงาน 1 คน หัวแร้งตะกั่วบัดกรี 1 ชิ้น
ตรวจสอบฟังก์ชั่นการทำงานของ PCBA (Functional PCBA Testing)	ช่างเทคนิค 1 คน เครื่องทดสอบฟังก์ชั่น 1 เครื่อง
บันทึกประวัติและนำ PCBA ออกจากระบบ (PCBA Record & Key-out)	ช่างเทคนิค 1 คน คอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง
บรรจุ PCBA ลงกล่องและรอส่งคืนกระบวนการผลิต (PCBA Packing)	พนักงาน 1 คน

7.2 การตั้งข้อกำหนดของแบบจำลองเหตุการณ์ มีดังต่อไปนี้

1. การจัดลำดับงานก่อนหลังของ PCBA ที่ถูกกระทำโดยพนักงานแต่กระบวนการจะใช้กฎมาก่อนทำก่อน (First In First Out: FIFO)
2. ในแต่ละช่วงเวลาที่การกระทำกับ PCBA เสร็จสิ้น ถ้ายังมี PCBA ที่รอการอยู่ในแถวคอย เวลาเสร็จสิ้นของ PCBA นั้นจะเป็นเวลาเริ่มต้นการทำงานของ PCBA ถัดไป
3. สำหรับ PCBA ที่รอการถูกกระทำ จะอยู่ในแถวคอยในลักษณะคือ ระบบคิวมีหนึ่งแถวคอย หากกระบวนการใดมีหน่วยการผลิตมากกว่าหนึ่งหน่วย PCBA จะเข้าสู่หน่วยการผลิตที่กระทำกับ PCBA ที่ทำเสร็จแล้ว
4. PCBA ที่เข้าสู่กระบวนการซ่อมแซม PCBA มีเพียงประเภทเดียวคือ การซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 เท่านั้น
5. ระบบการผลิตอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า ปริมาณชิ้นส่วนประกอบ เครื่องจักร พนักงาน มีพร้อมสำหรับการผลิตเสมอ

7.3 การกำหนดตัววัดผล

ตัววัดผลของแบบจำลองเหตุการณ์นี้ จะเป็นการวัดระยะเวลานำการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ที่ลดลง ซึ่งเป็นผลจากการเพิ่มจำนวนเครื่องจักร BGA Rework Station ในกระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยเครื่องจักร (Assembly by Machine) ในกระบวนการซ่อมแซม PCBA

7.4 วิธีการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในแบบจำลองเหตุการณ์

เนื่องจากในกระบวนการซ่อมแซม PCBA ของแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 จะเริ่มต้นจากการรับ PCBA ที่เสียเข้าสู่ระบบของกระบวนการซ่อมแซม PCBA โดยการผลิตแบบไหลต่อเนื่องทีละชิ้น (One Piece Flow) โดยจะส่ง PCBA ทีละชิ้นไปยังกระบวนการต่างๆ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงจะทำการเก็บข้อมูลของระยะเวลานำในแต่ละกระบวนการเป็นหน่วยชิ้นต่อวินาที และในการเข้าไปเก็บข้อมูลเวลาการทำงานแต่ละกระบวนการ ผู้วิจัยได้เข้าไปทำการจับเวลาโดยไม่แจ้งให้พนักงาน ไม่เลือกพนักงาน เพื่อให้ได้เวลาที่มีลักษณะการทำงานเป็นไปตามความเป็นจริงมากที่สุด ซึ่งจะทำการเก็บเวลาการทำงานแต่ละกระบวนการ กระบวนการละ 68 ข้อมูลตามการส่ง PCBA ของฝ่ายผลิต และ นำมาหาค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำในแต่ละกระบวนการ การประมาณค่าพารามิเตอร์ของเวลา ที่พนักงานประจำแต่ละกระบวนการต้องกระทำกับ PCBA ที่เข้ามา (Processing Time)

ทำได้โดยการเก็บระยะเวลานำที่ประจำแต่ละกระบวนการ โดยแยกกลุ่มของเวลาออกเป็น 10 ชนิด ตามลักษณะของภาระงานที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการซ่อมแซม PCBA และอีก 1 ชนิดเป็นกลุ่มของเวลาที่งานเข้าสู่ระบบ (Inter Arrival Time) โดยจะใช้ข้อมูลจากปริมาณ PCBA ที่เสียในระยะหลังการปรับปรุงกระบวนการโดยไม่มีการลงทุนเพิ่มแล้วเป็นระยะเวลา 1 เดือน

7.5 การวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้า (Input Analyzer) ในแต่ละกระบวนการ

เมื่อได้รับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลของระยะเวลานำทั้งหมดที่ได้จากการเก็บข้อมูลมาหาลักษณะการกระจายของข้อมูล (Data Distribution) และค่าพารามิเตอร์ (Parameter) ด้วยโปรแกรม Input Analyzer ของโปรแกรมอารีน่า 12.0 เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้า (Input Analyzer) มีจุดประสงค์เพื่อทดสอบค่าการกระจายของข้อมูลที่ป้อนเข้าไป (รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ, 2551) ซึ่งการกระจายที่เป็นตัวแทนที่เหมาะสมของข้อมูลสามารถตรวจสอบได้จากค่า P-Value ที่ได้จากผลลัพธ์ของโปรแกรมอารีน่าว่าค่านั้นมีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ (Significance Level) หรือไม่ จากการตั้งสมมติฐานที่ว่า

H_0: ข้อมูลมีการกระจายตามแบบที่ต้องการทดสอบ

H_1: ข้อมูลไม่มีการกระจายตามแบบที่ต้องการทดสอบ

โดยใช้วิธีการทดสอบไคสแคร์ (Chi-Square Test) ของโปรแกรมอารีน่า ในการทดสอบสมมติฐานการกระจายตัวของความน่าจะเป็นของข้อมูล (Goodness of Fit Test) เนื่องจากมีจำนวนข้อมูลที่นำมาใช้มากกว่า 50 ข้อมูล คือ 68 ข้อมูลโดยโปรแกรมอารีน่าจะคำนวณค่า P-Value ที่ได้จากการทดสอบ

ค่า P-value ที่ได้จากการทดสอบของแต่ละกระบวนการซ่อมแซม PCBA มีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ (Significance level) ที่กำหนดไว้คือ 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานหลัก H_0 และนำการกระจายที่ได้ไปเป็นตัวแทนของข้อมูล เพื่อใช้เป็นตัวแทนข้อมูลนำเข้าให้กับตัวแบบจำลองเหตุการณ์ต่อไป สามารถสรุปผลของลักษณะการกระจายของข้อมูลและค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลทั้ง 11 ชนิด ดังตารางที่ 7.2

ตารางที่ 7.2 ลักษณะการกระจายข้อมูลและค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองเหตุการณ์ของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ของแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1

Process	Distribution	Parameter	Input data	Time
Inter-arrival Time	Exponential	Random(Expo)	Value =1	Seconds
Key-in PCBA	Beta	BETA(α, β)	2.5 + 3 * BETA(1.33, 1.2)	Seconds
Hot Air Station	Triangular	TRIA(Min, Mode, Max)	TRIA(12.5, 33, 63.5)	Seconds
Solder Paste Remove & Pad PCBA Cleaning	Triangular	TRIA(Min, Mode, Max)	TRIA(50.5, 54.8, 57.5)	Seconds
Assembly by Machine (BGA Rework Station)	Weibull	WEIB(β, α)	259 + WEIB(36.3, 1.25)	Seconds
PCBA Cleaning & Stamping	Beta	BETA(α, β)	40.5 + 6 * BE-TA(1.97, 1.22)	Seconds
Functional PCBA Testing	Uniform	UNIF(Min, Max)	UNIF(33.5, 36.5)	Seconds
PCBA Record & Key-out	Beta	BETA(α, β)	40.5 + 4 * BE-TA(2.69, 1.82)	Seconds
PCBA Packing	Triangular	TRIA(Min, Mode, Max)	TRIA(0.5, 1.24, 2.5)	Seconds

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.6 การสร้างแบบจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า

เมื่อทราบถึงลักษณะของการกระจายตัวของข้อมูล และค่าพารามิเตอร์เรียบร้อยแล้ว จะทำการสร้างแบบจำลองเหตุการณ์ในโปรแกรมอารีน่า 12.0 ให้มีเส้นทางการไหลของ PCBA ดังรูปที่ 7.1 และกำหนดเงื่อนไขต่างๆ โดยมีการเพิ่มเวลาการเตรียมอุปกรณ์และเครื่องจักร (Warm-up Period) เป็นเวลา 5 นาที กำหนดจำนวน PCBA ที่เสียตามเป้าหมายของฝ่ายผลิต คือ 50 ชิ้น แล้วจึงนำข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่างๆ มาใส่ในแบบจำลองเหตุการณ์ของระบบการทำงานนี้เพื่อความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้ จึงให้โปรแกรมทำการประมวลผลซ้ำ (Number of Replications) จำนวน 30 ครั้ง มีระยะความยาวของการประมวล (Replication Length) จำนวน 1 วัน ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลด้วยโปรแกรมอารีน่า 12.0 แสดงรูปโปรแกรมในภาคผนวก ข

7.7 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเหตุการณ์ (Model Validation)

ก่อนนำแบบจำลองเหตุการณ์ (Simulation Model) ที่สร้างขึ้น ไปทำการประมวลผลเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของกระบวนการต่างๆ จะต้องตรวจสอบให้มั่นใจว่าแบบจำลองเหตุการณ์ที่สร้างขึ้นมีความถูกต้อง โดยการเปรียบเทียบแบบจำลองเหตุการณ์กับกระบวนการจริง

จากแบบจำลองเหตุการณ์ที่สร้างขึ้นในโปรแกรมอารีน่า12.0 ซึ่งแสดงรูปโปรแกรมในภาคผนวก ข ผู้วิจัยได้ทำการประมวลผลจากการเก็บข้อมูลในเอกสารการบันทึกระยะเวลานำในการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ในแต่ละกระบวนการ จะถูกประมวลผลด้วยโปรแกรมการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม การวิเคราะห์ข้อมูล Input Analyzer ซึ่งทำให้ได้สมการของการวิเคราะห์ทางด้านระยะเวลานำในการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ในแต่ละกระบวนการมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด หลังจากนั้นแบบจำลองเหตุการณ์ที่สร้างขึ้น จะถูกตรวจสอบความถูกต้องด้วยวิธีการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing)

ขั้นตอนก่อนการตรวจสอบสมมติฐาน ได้ทำการทดลองสุ่มจำนวนครั้งที่ทำให้ข้อมูลของแบบจำลองเหตุการณ์เกิดผลลัพธ์ที่มีความเที่ยงตรงมากขึ้น โดยทดลองทำซ้ำระหว่างจำนวนครั้งที่จะทำการสุ่มกับระยะเวลานำเฉลี่ยของการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ในแบบจำลองของโปรแกรมอารีน่า ซึ่งผลลัพธ์จากการทดลอง พบว่า ณ จำนวนการสุ่มซ้ำ 30 ครั้งเป็นจุดที่ผลลัพธ์ของระยะเวลานำเฉลี่ยเริ่มมีค่าคงที่ จึงเลือกจำนวนการสุ่มซ้ำ 30 ครั้งในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ ในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเหตุการณ์ ณ ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยจะทำการทดสอบสมมติฐาน 2 อย่าง คือ

ค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำของการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ในแต่ละกระบวนการ และค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำของการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 โดยรวม

7.7.1 การทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำของการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ในแต่ละกระบวนการ และระยะเวลานำโดยรวม
โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

<u>จุดประสงค์</u> ต้องการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำของการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ในแต่ละกระบวนการ และระยะเวลานำโดยรวมที่ได้จากกระบวนการจริงมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำที่ได้จากแบบจำลองเหตุการณ์หรือไม่

กำหนดให้

μ_{Real} คือ ค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำของการซ่อมแซมแผงวงจร (IC) ชนิด M1 ที่ได้จากกระบวนการจริง

μ_{Sim} คือ ค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำของการซ่อมแซมแผงวงจร (IC) ชนิด M1 ที่ได้จากแบบจำลองเหตุการณ์

$\overline{x}_{real}$ คือ ค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำของการซ่อมแซมแผงวงจร (IC) ชนิด M1 ที่ได้จากข้อมูลตัวอย่างของกระบวนการจริง

$\overline{x}_{Sim}$ คือ ค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำของการซ่อมแซมแผงวงจร (IC) ชนิด M1 ที่ได้จากข้อมูลตัวอย่างของแบบจำลองเหตุการณ์

σ^2_{Real} คือ ค่าแปรปรวนของระยะเวลานำที่ได้จากกระบวนการจริง

σ^2_{Sim} คือ ค่าแปรปรวนของระยะเวลานำที่ได้จากแบบจำลองเหตุการณ์

S^2_{Real} คือ ค่าแปรปรวนของระยะเวลานำที่ได้จากตัวอย่างของกระบวนการจริง

S^2_{Sim} คือ ค่าแปรปรวนของระยะเวลานำที่ได้จากตัวอย่างของแบบจำลองเหตุการณ์

n_{Real} คือ จำนวนข้อมูลตัวอย่างที่ได้จากกระบวนการจริง

n_{Sim} คือ จำนวนข้อมูลตัวอย่างที่ได้จากแบบจำลองเหตุการณ์

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> ตั้งสมมติฐานเพื่อการทดสอบ

H_0: ค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำของการซ่อมแซมแผงวงจร (IC) ชนิด M1 ที่ได้จากกระบวนการจริงมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำที่ได้จากแบบจำลองเหตุการณ์ ($\mu_{Real} = \mu_{Sim}$)

H_1: ค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำของการซ่อมแซมแผงวงจร (IC) ชนิด M1 ที่ได้จากกระบวนการจริงมีค่าไม่เท่ากับค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำที่ได้จากแบบจำลองเหตุการณ์ ($\mu_{Real} \neq \mu_{Sim}$)

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดระดับนัยสำคัญ

α = 0.05, 1-α = 0.95, หรือ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ $n_{Real} = n_{Sim} = 30$

ขั้นตอนที่ 3 เลือกตัวสถิติสำหรับการทดสอบ

กรณีที่ประชากรทั้งสองมีการแจกแจงแบบใด ๆ และ การสุ่มตัวอย่างจากแต่ละประชากรเป็นอิสระกัน โดยที่ $n_1 = 30$,$n_2 = 30$ ซึ่งเป็นข้อมูลขนาดใหญ่ จากทฤษฎีลิมิตสู่ส่วนกลางจะได้ $\bar{x}_{real}$ และ $\bar{x}_{Sim}$ ต่างมีการแจกแจงโดยประมาณแบบปกติ ซึ่งทำให้ $\bar{x}_{real}$ - $\bar{x}_{Sim}$ มีการแจกแจงแบบปกติ และ ไม่ทราบค่า σ^2_{Real} และ σ^2_{Sim} จึงสามารถประมาณค่าได้โดย S^2_{Real} และ S^2_{Sim} ซึ่งคุณสมบัติจึงสอดคล้องกับสมการที่ (2.10)

ดังนั้น สถิติทดสอบที่ใช้คือ Z โดยในที่นี้ $d_0 = 0$ จะได้ดังสมการที่ (7.1)

$$Z_{cal} = \frac{(\bar{X}_{real} - \bar{X}_{sim})}{\sqrt{\frac{S^2_{real}}{n_{real}} + \frac{S^2_{sim}}{n_{sim}}}} \qquad (7.1)$$

ขั้นตอนที่ 4 สร้างขอบเขตปฏิเสธที่จะปฏิเสธสมมติฐาน

เนื่องจาก $H_1 : \mu_{Real} \neq \mu_{Sim}$ จึงเป็นการทดสอบแบบสองด้าน จากตารางแจกแจงแบบปกติ

$Z_{1-\alpha/2} = Z_{0.975} = 1.96$ ดังนั้น จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $Z_{cal} < -1.96$ หรือ $Z_{cal} > 1.96$

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณค่าสถิติทดสอบของแต่ละกระบวนการ และโดยรวม โดยวิธีการคำนวณแสดงไว้ที่ภาคผนวก ข ซึ่งจะได้ผลลัพธ์จากการคำนวณแสดงได้ดังตารางที่ 7.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.3 แสดงผลการทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบ Z ของแต่กระบวนการและโดยรวม

Process	$\overline{x}_{real}$	$\overline{x}_{Sim}$	S^2_{Real}	S^2_{Sim}	Z_{cal}	สรุปผล
Key-in PCBA (Sec)	4.03	4.00	0.65	0.62	0.162	ยอมรับสมมติฐาน $\mu_{key\text{-}in(Real)} = \mu_{Key\text{-}in(Sim)}$
Hot Air Station (Sec)	38.83	37.10	114.63	50.44	0.739	ยอมรับสมมติฐาน $\mu_{Hot(Real)} = \mu_{Hot(Sim)}$
Solder Paste Re-move & Pad PCBA Cleaning (Sec)	54.03	53.77	1.48	1.43	0.857	ยอมรับสมมติฐาน $\mu_{SP(Real)} = \mu_{SP(Sim)}$
Assembly by Machine (Sec)	276.70	276.27	119.11	135.03	0.149	ยอมรับสมมติฐาน $\mu_{Asy(Real)} = \mu_{Asy(Sim)}$
PCBA Cleaning & Stamping (Sec)	44.53	44.30	2.26	1.87	0.629	ยอมรับสมมติฐาน $\mu_{Clean(Real)} = \mu_{Clean(Sim)}$
Functional PCBA Testing (Sec)	35.03	34.97	0.65	0.59	0.328	ยอมรับสมมติฐาน $\mu_{Clean(Real)} = \mu_{Clean(Sim)}$
PCBA Record & Key-out (Sec)	42.50	42.37	1.22	0.52	0.554	ยอมรับสมมติฐาน $\mu_{Rec(Real)} = \mu_{Rec(Sim)}$
PCBA Packing (Sec)	1.43	1.40	0.25	0.25	0.258	ยอมรับสมมติฐาน $\mu_{Clean(Real)} = \mu_{Clean(Sim)}$
Total all (Min)	125.67	125.59	2.57	0.31	0.219	ยอมรับสมมติฐาน $\mu_{Total(Real)} = \mu_{Total(Sim)}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนที่ 6 สรุปผลการทดสอบ

จากตารางที่ 7.3 เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำของการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ในแต่ละกระบวนการ และโดยรวม ที่ได้จากกระบวนการจริงเทียบกับค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำที่ได้จากแบบจำลองเหตุการณ์ สามารถสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำที่จากกระบวนการจริงมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำที่ได้จากแบบจำลองเหตุการณ์ของกระบวนการซ่อมแซม PCBA โดยยอมรับที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

7.8 ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า

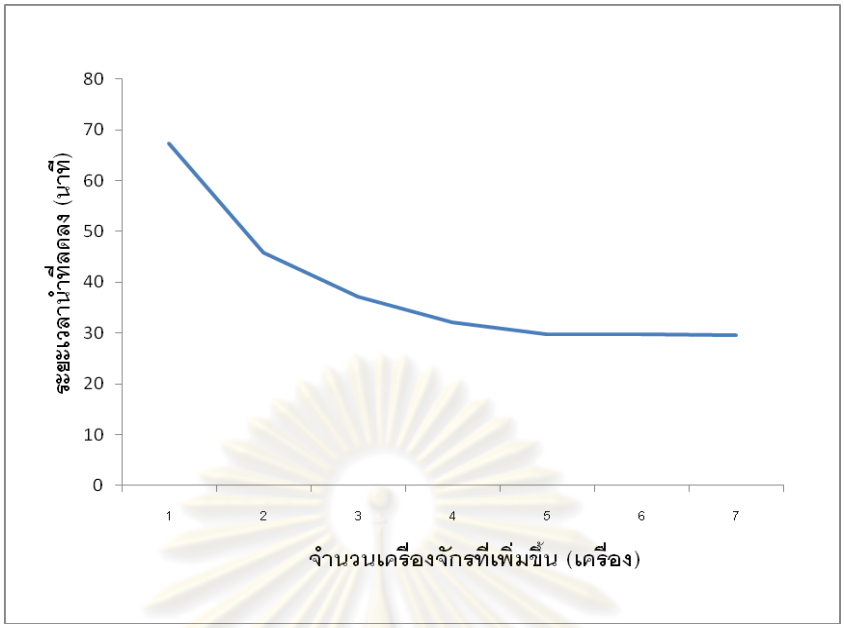
ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่าที่ทำการเพิ่มจำนวนเครื่องจักรในกระบวนการสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 7.4

ตารางที่ 7.4 ระยะเวลานำเฉลี่ยที่ได้จากการจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า

จำนวนเครื่องจักร (เครื่อง)	ระยะเวลานำโดยเฉลี่ย (นาที/ชิ้น)
1	128.08
2	67.36
3	45.90
4	37.17
5	32.12
6	29.86
7	29.85
8	29.66

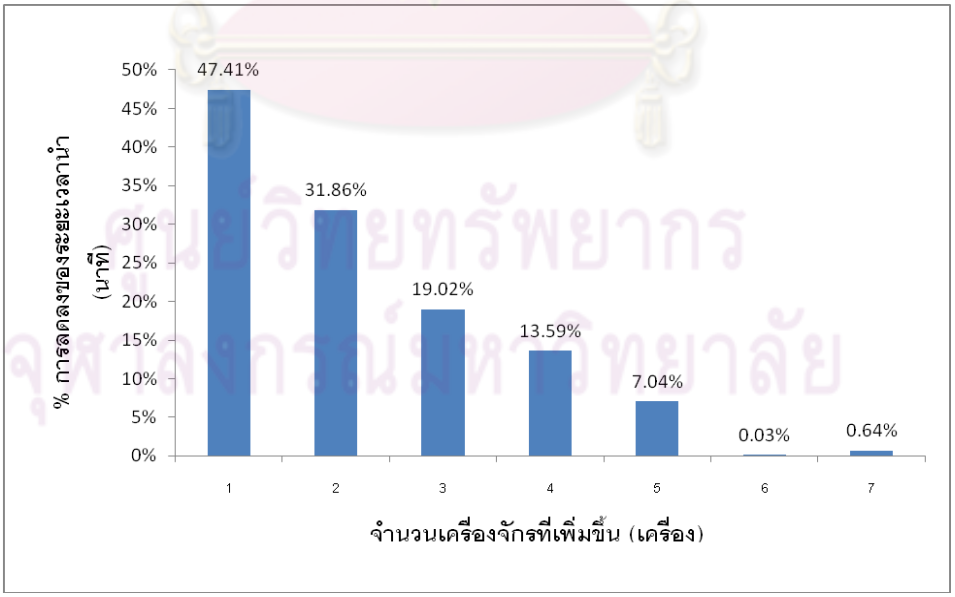
เมื่อนำระยะเวลานำที่ได้จากแบบจำลองเหตุการณ์โดยโปรแกรมอารีน่ามาเปรียบเทียบกับจำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการจะได้ดังรูปที่ 7.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลานำและจำนวนเครื่องจักร

จากรูปที่ 7.2 จะพบการเพิ่มเครื่องจักร (BGA Rework Machine) ทำให้ระยะเวลานำของการซ่อมแซมแผงวงจร (IC) ชนิด M1 โดยเฉลี่ยต่อแผ่นลดลงโดยเครื่องจักรแรกที่เพิ่มจะทำให้เวลาลดลงมากกว่าเครื่องต่อไป โดยแสดงดังรูปที่ 7.3 กล่าวคือ ถ้าโรงงานกรณีศึกษาเพิ่มเครื่องจักรจาก 1 เครื่องจักรเป็น 2 เครื่องจักร จะทำให้ระยะเวลานำของการซ่อมแซมแผงวงจร (IC) ชนิด M1 ลดลงจาก 128.05 นาทีเป็น 67.63 นาทีหรือลดลง 60.72 นาที คิดเป็น 47.41 %



รูปที่ 7.3 ร้อยละของระยะเวลานำเฉลี่ยที่ลดลงกับจำนวนเครื่องจักรที่เพิ่มขึ้น

จากข้อมูลที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น การปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซม PCBA ตรงบริเวณที่เป็นกระบวนการที่เป็นคอขวดคือ กระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยเครื่องจักร (Assembly by Machine Process) โรงงานกรณีศึกษาจำเป็นต้องเพิ่มเครื่อง BGA Rework Station จาก 1 เครื่องเป็น 2 เครื่องจะทำให้ระยะเวลานำลดลงของการซ่อมแซมมากที่สุด ผลลัพธ์จากแบบจำลองเหตุการณ์สามารถสรุปผลที่ได้จากแบบจำลองเหตุการณ์ของการปรับปรุงแก้ไขก่อนและหลังการดำเนินการแก้ไขปัญหาโดยมีการลงทุนเพิ่มในการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 โดยการเพิ่มเครื่อง BGA Rework Station จาก 1 เครื่องเป็น 2 เครื่อง แสดงดังตารางที่ 7.5

ตารางที่ 7.5 สรุปผลการปรับปรุงแก้ไขก่อนและหลังการดำเนินการแก้ไขปัญหาโดยมีการลงทุนเพิ่มในการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1

ตัววัดผลการดำเนินการ	ก่อนการปรับปรุงแก้ไข	หลังการปรับปรุงแก้ไขโดยมีการลงทุนเพิ่ม
ระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA	M1= 359.4 นาที	M1 = 67.36 นาที
ผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA	M1 = 30 ชิ้นต่อวัน	M1 = 80 ชิ้นต่อวัน
ปริมาณงานระหว่างทำเฉลี่ย	150 ชิ้นต่อวัน	0 ชิ้นต่อวัน

จากตารางที่ 7.5 เมื่อโรงงานกรณีศึกษาเพิ่มเครื่องจักรเป็นเครื่องที่ 2 จะทำให้ระยะเวลานำในการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ลดลงเหลือเพียง 67.36 นาทีต่อชิ้น และทำให้ผลิตภาพการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 เพิ่มขึ้นเป็น 80 ชิ้นต่อวัน ทำให้พนักงานสามารถซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 เสร็จในชั่วโมงการทำงานปกติและไม่ต้องทำงานล่วงเวลา ดังนั้น ในการซื้อเครื่องจักรเพิ่มเครื่องที่ 3 จึงไม่มีความจำเป็นสำหรับกระบวนการซ่อมแซม PCBA

ผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนในการซื้อเครื่องจักรเพิ่ม เพื่อให้เป็นข้อมูลช่วยในการตัดสินใจลงทุนปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซม PCBA ของผู้บริหารโรงงานกรณีศึกษาต่อไป

7.9 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน

จากแนวทางการแก้ไขปัญหากระบวนการคอขวดในหัวข้อที่ 7.8 ถ้าโรงงานกรณีศึกษาซื้อเครื่องจักร BGA Rework Station เพิ่มเติมจำนวน 1 เครื่อง จะช่วยลดระยะเวลานำในการซ่อมแซมแผงวงจรรวมชนิด M1 ของ PCBA ได้มีประสิทธิภาพสูงที่สุดคือ สามารถลดระยะเวลานำคิดเป็น 47.41% แต่เนื่องจากการเครื่อง BGA Rework Station มีราคาสูง ทางทีมงานจึงทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์โดยแสดงความเป็นไปได้และประโยชน์ที่จะได้รับในการตัดสินใจซื้อเครื่องจักรเพิ่มในครั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลช่วยในการตัดสินใจของผู้บริหารของโรงงานกรณีศึกษาต่อไป

7.9.1 วิธีที่ใช้ในการประเมินความคุ้มค่า

วิธีที่ใช้ในการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่มด้วยวิธีทางการเงิน จะใช้วิธีคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) และ ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) การวิเคราะห์ตามวิธีการดังกล่าวนี้ ต้องอาศัยกระแสเงินสดในการวิเคราะห์ ซึ่งกระบวนการที่ได้มาและใช้ไปของกระแสเงินสดตลอดโครงการ สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์เงินลงทุนขั้นต้น ได้แก่ ต้นทุนในการสั่งซื้อเครื่องจักร
2. การวิเคราะห์กระแสเงินสดจากการดำเนินงาน หรือผลตอบแทนจากการลงทุน ได้แก่ ค่าทำงานล่วงเวลาของพนักงานและช่างเทคนิคที่ลดลง และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เป็นต้น

7.9.2 ต้นทุนในการสั่งซื้อเครื่องจักร

เนื่องจากเครื่องจักรชนิดที่ต้องการไม่มีผลิตขายภายในประเทศจำเป็นต้องสั่งซื้อเครื่องจักรจากต่างประเทศ ผู้วิจัยจึงติดต่อไปยังตัวแทนจำหน่ายเครื่องจักร BGA Rework Station เพื่อสอบถามรายละเอียดของเครื่องจักรในรุ่นต่างๆ และราคาในการสั่งซื้อเพื่อนำเสนอในทีมทำงาน จากการประชุมร่วมกับทีมงานได้ข้อสรุปของรุ่นของเครื่องจักร BGA Rework Station ที่ต้องการสั่งซื้อคือ เครื่องจักร BGA Rework Station รุ่น Summit 1100 Rework Station ด้วยเหตุผลที่สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. เป็นเครื่องจักรที่มีคุณสมบัติในการทำงานที่สามารถตอบสนองความต้องการของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ได้

2. เป็นเครื่องจักรรุ่นเดียวกับเครื่องจักรที่มีใช้ในปัจจุบันแต่มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงให้ดีขึ้นเพียงเล็กน้อย ทำให้ง่ายต่อการปฏิบัติงานของพนักงานปฏิบัติงาน เนื่องจากไม่ต้องมีการอบรมการใช้งานใหม่

3. เป็นเครื่องจักรรุ่นเดียวกับเครื่องจักรที่มีใช้ในปัจจุบัน ทำให้ง่ายต่อการคิดประสิทธิภาพในการทำงานและง่ายต่อการซ่อมแซมบำรุงรักษา ซึ่งรายละเอียดเพิ่มเติมของเครื่องจักร BGA Rework Station รุ่น Summit 1100 แสดงไว้ในภาคผนวก ค

จากการสอบถามตัวแทนจำหน่ายเครื่องจักร เครื่องจักรมีราคา 93,000 ดอลลาร์สหรัฐ หรือ ประมาณ 2,828,585.7 บาท (คิดอัตราการแลกเปลี่ยนค่าเงิน ณ วันที่ 30 พฤศจิกายน 2553 1 ดอลลาร์สหรัฐ เท่ากับ 30.4149 บาท)

7.9.3 การวิเคราะห์ผลตอบแทนจากการลงทุน

ผลตอบแทนจากการลงทุนจะเท่ากับจำนวนค่าการทำงานล่วงเวลาที่ลดลงของพนักงานและช่างเทคนิค มีรายละเอียดต่างๆ ดังต่อไปนี้

7.9.3.1 ค่าการทำงานล่วงเวลา (Overtime: OT) ที่ลดลง

จากการสำรวจข้อมูลอายุการทำงาน ฐานเงินเดือน และประวัติการทำงานล่วงเวลา เพื่อคิดหาค่าเฉลี่ยของจำนวนเงินค่าล่วงเวลาของพนักงานปฏิบัติการจำนวน 5 คนและช่างเทคนิคจำนวน 2 คน โดยมีวิธีการคิดค่าล่วงเวลาดังสมการที่ (7.2)

$$\text{เงินค่าล่วงเวลา} = \frac{\text{ฐานเงินเดือน} \times \text{ชั่วโมงการทำงานล่วงเวลา} \times \text{อัตราการเพิ่มของค่าจ้าง}}{\text{30 วันการทำงาน} \times \text{8 ชั่วโมงการทำงาน}} \quad (7.2)$$

โดยโรงงานกรณีศึกษามีเงื่อนไขในการทำงานล่วงเวลา 2 เงื่อนไข ดังต่อไปนี้

1. ในช่วงเวลาทำงานปกติคือ วันจันทร์ถึงวันศุกร์ เวลาทำงานเริ่มตั้งแต่เวลา 7:30-16:30น. โดยมีเวลาพักรับประทานอาหารกลางวันตั้งแต่เวลา 11:30-12:30น. รวมเวลาการทำงานทั้งหมด 8 ชั่วโมง ในกรณีที่มีงานที่ตกค้างสามารถขออนุญาตหัวหน้างานเพื่อขอทำงานล่วงเวลาได้ โดยเวลาในการทำงานล่วงเวลาค่าจ้างจะเพิ่มขึ้น 1.5 เท่าของค่าจ้างต่อชั่วโมงในอัตราปกติ

2. เนื่องจากมีงานตกค้างในช่วงเวลาทำงานปกติ พนักงานสามารถขออนุญาตหัวหน้างานเพื่อขอทำงานล่วงเวลาในช่วงวันหยุดได้แต่ห้ามทำงานเกิน 7 วันในสัปดาห์ โดยค่าจ้างของการทำงานล่วงเวลาตั้งแต่เวลา 7:30-16:30น.จะเพิ่มขึ้น 1.5 เท่าของค่าจ้างต่อชั่วโมงในอัตราปกติ และค่าจ้างของการทำงานล่วงเวลาตั้งแต่เวลา 16:30น. เป็นต้นไป จะเพิ่มขึ้น 3 เท่าของค่าจ้างต่อชั่วโมงในอัตราปกติ สามารถแสดงการคำนวณเงินค่าทำงานล่วงเวลาได้ดังตารางที่ 7.6 และ 7.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.6 การคิดเงินในการทำงานล่วงเวลาช่วงวันจันทร์ถึงวันศุกร์

ลำดับที่	ตำแหน่งงาน	อายุการทำงาน	ฐานเงินเดือน (บาท)	รายได้ต่อชั่วโมง	จำนวนการทำงานล่วงเวลาโดยเฉลี่ย (ชั่วโมง)	จำนวนเงินค่าล่วงเวลาเฉลี่ยต่อวัน (บาท)
1	พนักงานปฏิบัติการ	16	12,000	50	2	150
2	พนักงานปฏิบัติการ	16	10,980	47.75	2	137.25
3	พนักงานปฏิบัติการ	10	8,750	36.46	2	109.38
4	พนักงานปฏิบัติการ	3	6,500	27.8	2	81.25
5	พนักงานปฏิบัติการ	3	6,480	27	2	81
6	ช่างเทคนิค	15	16,000	66.67	2	200
7	ช่างเทคนิค	15	14,527	60.53	2	181.59

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.7 การคิดเงินในการทำงานล่วงเวลาช่วงวันหยุด (วันเสาร์)

ลำดับที่	ตำแหน่งงาน	อายุการทำงาน	ฐานเงินเดือน (บาท)	รายได้ต่อชั่วโมง	จำนวนการทำงานล่วงเวลาโดยเฉลี่ย (ชั่วโมง)	จำนวนเงินค่าล่วงเวลาเฉลี่ยต่อวัน (บาท) 1-8 ชั่วโมง	จำนวนการทำงานล่วงเวลาโดยเฉลี่ย (ชั่วโมง)	จำนวนเงินค่าล่วงเวลาเฉลี่ยต่อวัน (บาท) 9-10.5 ชั่วโมง	รวม
1	พนักงานปฏิบัติการ	16	12,000	50	8	600	2.5	375	975
2	พนักงานปฏิบัติการ	16	10,980	47.75	8	549	2.5	343.13	892.13
3	พนักงานปฏิบัติการ	10	8,750	36.46	8	437.5	2.5	273.44	710.94
4	พนักงานปฏิบัติการ	3	6,500	27.8	8	325	2.5	203.13	528.13
5	พนักงานปฏิบัติการ	3	6,480	27	8	324	2.5	202.50	526.50
6	ช่างเทคนิค	15	16,000	66.67	8	800	2.5	500	1.300
7	ช่างเทคนิค	15	14,527	60.53	8	726.35	2.5	453.97	1,180

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.9.3.2 สรุปค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลาของพนักงานปฏิบัติการและช่างเทคนิคของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ในเดือนพฤศจิกายน 2553

จากคำนวณสามารถสรุปค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลาของพนักงานปฏิบัติการและช่างเทคนิคของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ในเดือนพฤศจิกายน 2553 โดยมีเวลาวันทำงานปกติจำนวน 22 วัน และ การทำงานในวันเสาร์จำนวน 4 วัน ได้ดังตารางที่ 7.8 มีค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลาจำนวน 45,142.20 บาท หรือ คิดเป็นต่อปีมีค่าใช้จ่ายสูงถึง 541,706.40 บาทต่อปี

ตารางที่ 7.8 ตารางสรุปค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลาในเดือนพฤศจิกายน 2553

ชนิดของค่าทำงานล่วงเวลา	จำนวนเงินค่าทำงานล่วงเวลา (บาท)
วันทำงานปกติ (จันทร์-ศุกร์)	24,452.03
วันหยุด (วันเสาร์)	20,690.18
รวมต่อเดือน	45,142.20
รวมต่อปี	541,706.40

7.9.4 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

1. ค่าชิ้นส่วนสำรอง

จากการสอบถามผู้ขาย ค่าชิ้นส่วนที่สำคัญที่จำเป็นที่ต้องมีการสำรองมีค่าใช้จ่ายไม่เกิน 30,000 บาทต่อปี

2. ค่าซ่อมแซมบำรุงรักษา

เนื่องจากเครื่องจักรรุ่นที่จะทำการสั่งซื้อมีลักษณะใกล้เคียงกับเครื่องจักรที่มีอยู่ในปัจจุบัน ช่างเทคนิคของโรงงานกรณีศึกษาสามารถทำการบำรุงรักษาได้โดยไม่จำเป็นต้องจ้างช่างเทคนิคจากภายนอกบริษัท ทางโรงงานกรณีศึกษามีงบประมาณสำหรับค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรจำนวน 10,000 บาทต่อปี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ค่าไฟฟ้า

เนื่องจากเครื่องจักรใช้กระแสไฟฟ้าในการทำงาน โดยใช้กระแสไฟฟ้าขนาด 4 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง สามารถคิดจำนวนการใช้กระแสไฟฟ้าโดยเฉลี่ยต่อเดือนได้สมการที่ (7.3) ดังนี้

จำนวนการใช้กระแสไฟฟ้าโดยเฉลี่ยต่อเดือน(หน่วย)

= จำนวนกิโลวัตต์ x จำนวนชั่วโมงการทำงาน x 30 วัน (7.3)

= 4 กิโลวัตต์ x 8 ชั่วโมงการทำงาน x 30 วัน

= 960 หน่วย

เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานอุตสาหกรรมที่ทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจัดอยู่ในประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่ โดยมีการคิดค่าไฟฟ้าเป็นแบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff: TOU Tariff) โดยสามารถคิดค่าไฟฟ้าเท่ากับ 2.75 บาทต่อหน่วย สามารถคำนวณค่าใช้กระแสไฟฟ้าของเครื่องจักรที่ซื้อเพิ่ม ได้ดังตารางที่ 7.9

ตารางที่ 7.9 การคิดค่าใช้กระแสไฟฟ้าของเครื่องจักรที่ซื้อเพิ่ม

หัวข้อ	อัตราค่าบริการ	การใช้งาน	คิดเป็นเงิน (บาท)
ค่าความต้องการพลังงาน ไฟฟ้า	74.14 (บาท/กิโลวัตต์)	4 กิโลวัตต์	296.56
ค่าพลังงานไฟฟ้า	2.75 (บาท/หน่วย)	960 หน่วย	2,640
ค่าบริการ	228.17 (บาทต่อเดือน)	228.17 บาท	288.17
รวมค่ากระแสไฟฟ้าต่อเดือน			3,224.73
รวมค่ากระแสไฟฟ้าต่อปี			38,696.76

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สามารถสรุปค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่อปีจากการซื้อเครื่องจักรเพิ่ม สรุปได้ดังตารางที่ 7.10

ตารางที่ 7.10 สรุปค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่อปี

รายละเอียด	จำนวนค่าใช้จ่ายต่อปี (บาท)
1.ค่าชิ้นส่วนสำรอง	30,000
2.ค่าซ่อมแซมบำรุงรักษา	10,000
3.ค่าไฟฟ้า	38,696.76
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด	78,696.76

7.10 การตัดสินใจลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่ม

การตัดสินใจลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่มด้วยวิธีการหาค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) จะบอกได้ว่าลงทุนจะให้ผลตอบแทนมากน้อยเท่าใดในรูปของมูลค่าเทียบเท่ากับปัจจุบัน แต่จำเป็นต้องมีการกำหนดอัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่ยอมรับได้ (Minimum Attractive Rate of Return: MARR) สำหรับการคำนวณด้วย ซึ่งทางโรงงานกรณีศึกษามีการกำหนดค่าของ MARR เท่ากับ 17% และกำหนดอายุการใช้งานของเครื่องจักรเท่ากับ 15 ปี

อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) จะใช้เป็นตัวแสดงถึงผลตอบแทนหรือกำไรในรูปของเปอร์เซ็นต์ โดยเกณฑ์การตัดสินใจจะต้องพิจารณาเปรียบเทียบกับอัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่ยอมรับได้

ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) เป็นเทคนิคเบื้องต้นที่ใช้คัดกรองการลงทุนที่มีหลายโครงการโดยตัดโครงการที่ไม่ผ่านเกณฑ์พิจารณาออกไป วิธีนี้จะเหมาะสมกับบริษัทอิเล็กทรอนิกส์ เช่นโรงงานกรณีศึกษา ในการตั้งระยะเวลาคืนทุนที่จำกัดตามการล้าสมัยอันรวดเร็วของเทคโนโลยี

จากการคำนวณสามารถแสดงค่าที่ใช้ในการประเมินความคุ้มค่าในตัดสินใจลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่มมีรายละเอียดได้ดังตารางที่ 7.11

ตารางที่ 7.11 ค่าที่ใช้ในการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่ม

ค่าที่ใช้ในการประเมินความคุ้มค่า	ผลลัพธ์จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	1,423,695.96 บาท
อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR)	24.62 %
ระยะเวลาคืนทุน (Payback period)	7.39 ปี

ที่มา: จากคำนวณ (รายละเอียดการคำนวณ อยู่ที่ภาคผนวก ง)

จากตารางที่ 7.11 สามารถสรุปผลการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่มสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าด้วยวิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) จะพบว่า NPV มีค่าเป็นบวก แสดงว่า การลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่มมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน

2. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าด้วยวิธีอัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) จะพบว่า IRR มีค่าเท่ากับ 24.62% จะมีค่ามากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่ยอมรับได้ (MARR) ของโรงงานกรณีศึกษาที่เท่ากับ 17% แสดงว่า การลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่มมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน

3. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าด้วยวิธีระยะเวลาคืนทุน (Payback period) จะพบว่า ระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 7.39 ปี ซึ่งมีค่าน้อยกว่าอายุการใช้งานที่ทางโรงกรณีศึกษากำหนดไว้ที่ 15 ปี แสดงว่า การลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่มมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.11 สรุปผลประโยชน์ตอบแทนของการซื้อเครื่องจักรเพิ่ม

จากการระดมสมองของทีมงานสามารถสรุปผลประโยชน์ตอบแทนของการซื้อเครื่องจักรเพิ่มเติม สามารถสรุปได้เป็น 2 ประเภท คือ ผลประโยชน์ตอบแทนทางตรง (Direct Benefit) กับผลประโยชน์ตอบแทนทางอ้อม (Indirect Benefit) ได้ดังต่อไปนี้

7.11.1 ผลประโยชน์ตอบแทนทางตรง (Direct Benefit)

1. การซ่อมแซม PCBA ของแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 จะมีการไหลของ PCBA ที่สะดวกมากขึ้น เนื่องจากกระบวนการที่เป็นคอขวดคือกระบวนการประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยเครื่องจักร (Assembly by Machine Process) มีกำลังการผลิตที่มากขึ้น
2. ระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA ของแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ลดลง
3. พนักงานทำงานล่วงเวลา (Overtime: OT) ลดลง ทำให้ต้นทุนการซ่อมแซม PCBA ลดลงโดยเฉลี่ย 135 บาทต่อชั่วโมงต่อคน
4. ปริมาณระหว่างทำ (Work-In-Process) และ สินค้าค้าคลัง (Inventory) ของกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีปริมาณลดลง
5. เวลาในการส่งคืน PCBA ที่ซ่อมแซมเสร็จแล้วให้กับฝ่ายผลิตรวดเร็วยิ่งขึ้น
6. มีเครื่องจักรสำรอง ทำให้ไม่ต้องหยุดการซ่อมแซม PCBA เวลาเครื่องจักรเสีย

7.11.2 ผลประโยชน์ตอบแทนทางอ้อม (Indirect Benefit)

1. ฝ่ายผลิตมี PCBA เพียงพอต่อกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ
2. ลดมูลค่าสินค้าคลัง (Inventory Cost) ของ PCBA ที่ฝ่ายจัดซื้อสั่งเพิ่มเติมเพื่อทดแทนในส่วน PCBA ที่เสีย
3. เมื่อหมดอายุของรุ่นของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (End of Life : EOL) จำนวน PCBA ที่ทำลายทิ้งลดลง ช่วยลดต้นทุนของโรงงานกรณีศึกษา
4. เมื่อเวลาของการซ่อมแซม PCBA ลดลง ช่วงเวลาที่เหลือพนักงานของกระบวนการซ่อมแซม PCBA สามารถส่งไปช่วยงานในกระบวนการอื่นๆ
5. ฝ่ายจัดซื้อสามารถคำนวณปริมาณสั่งซื้อได้ง่ายขึ้นเนื่องจากไม่ต้องประมาณการสั่งซื้อ PCBA เพิ่มเติมเพื่อทดแทนในส่วน PCBA ที่เสีย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 8
การควบคุม (Control Phase)

บทนี้จะกล่าวถึงตัวชี้วัดสถานะของผลการดำเนินงาน (Key Performance Indicator: KPI) ที่จะนำมาใช้ในการควบคุมระดับความสามารถของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ที่ได้ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วให้คงอยู่ต่อไปในระยะยาว อีกทั้งตัววัดนี้ยังสามารถใช้ในการติดตามผลการดำเนินงานได้อย่างต่อเนื่อง ถ้าหากระดับความสามารถของกระบวนการเปลี่ยนแปลงไป ผู้ควบคุมการผลิต (Supervisor) ของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ก็จะสามารถทราบได้ทันท่วงที ทำให้พนักงานของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ได้เข้าใจและสามารถควบคุมผลการดำเนินการของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ได้อย่างถูกต้อง

8.1 การวางแผนเพื่อกำหนดตัวควบคุมผลการดำเนินงานของกระบวนการซ่อมแซม PCBA

ในการวางแผนเพื่อกำหนดตัวควบคุมผลการดำเนินการของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ผู้วิจัยได้มีการประชุมกับผู้บริหารของฝ่ายผลิต เพื่อให้ทราบความต้องการในเรื่องการควบคุมกระบวนการซ่อมแซม PCBA ในระยะยาว ซึ่งพบว่า ผู้บริหารต้องการควบคุมระดับความสามารถในการดำเนินการของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ในแต่ละวันด้วยตัวชี้วัด 3 ตัว ได้แก่ 1. เปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการส่งคืน PCBA ให้กับฝ่ายผลิต (% Service Rate) 2. ระยะเวลานำที่ใช้ในการซ่อมแซม PCBA (PCBA Repair Lead Time) 3.ผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA (PCBA Repair Process Productivity) ในแต่ละวัน ในแต่ละตัวชี้วัดจะมีการกำหนดเป้าหมาย (Target) ค่าสูงสุดหรือค่าต่ำสุดที่ยอมรับได้ (Maximum or Minimum) ความถี่ในการตรวจสอบ และ ผู้รับผิดชอบในการตรวจวัด

8.1.1 การกำหนดเป้าหมายและเปอร์เซ็นต์ต่ำที่สุดที่สามารถยอมรับได้ของเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการส่งคืน PCBA ให้กับกระบวนการผลิต

จากการประชุมกับทีมงาน และ ผู้บริหารของฝ่ายผลิตพบว่า ต้องการให้กระบวนการซ่อมแซม PCBA ส่งคืน PCBA ที่ผ่านการซ่อมแซมแล้วให้ตามจำนวน PCBA เสียที่ถูกส่งในทุกวัน ดังนั้น จึงตั้งเป้าหมายเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการส่งคืน PCBA ให้กับกระบวนการผลิตที่ 100% และกำหนดเปอร์เซ็นต์ต่ำที่สุดที่ยอมรับได้ที่ 90% โดยมีพนักงานของฝ่ายผลิตเป็นผู้รายงานผลในทุกวัน และหากวันใดมีเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการส่งคืน PCBA ลดลง ต่ำกว่าเกณฑ์ที่

ยอมรับได้ ในวันถัดมาจะต้องมีการประชุมร่วมกับฝ่ายผลิตเพื่อหาสาเหตุของปัญหาและสรุปเป็นแผนการแก้ไขปัญหา (Action Plan) ให้กับผู้บริหารต่อไป

8.1.2 การกำหนดเป้าหมายและค่าสูงสุดที่สามารถยอมรับได้ของระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA ในแต่ละกระบวนการและระยะเวลานำโดยรวม

สำหรับระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA นั้น ทางผู้บริหารของฝ่ายผลิต ต้องการให้มีการกำหนดเป้าหมายและค่าสูงสุดที่ยอมรับได้ของระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA ในแต่ละกระบวนการและระยะเวลานำโดยรวม (PCBA Repair Lead Time) ดังนั้น ทีมงานจึงได้กำหนดระยะเวลานำเป้าหมายและค่าสูงสุดที่ยอมรับได้สำหรับกระบวนการซ่อมแซม PCBA เพื่อให้สามารถควบคุมระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการแบ่งการควบคุมออกเป็น 2 อย่างคือ ระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA ในแต่ละกระบวนการและระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA โดยรวม ระยะเวลานำที่ได้กำหนดเป็นเป้าหมายแสดงได้ดังตารางที่ 8.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8.1 ระยะเวลานำที่ได้กำหนดเป็นเป้าหมาย

กระบวนการ	ระยะเวลานำ (วินาที)
รับ PCBA ที่เสียเข้าสู่ระบบ	5
ถอดส่วนประกอบที่เสีย	33
ดูดซับตะกั่วเหลวและทำความสะอาดพื้นที่วางส่วนประกอบ	54
ประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยพนักงาน	47
ประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยเครื่องจักร	290
ทำความสะอาดและประทับตราลงบน PCBA	44
ตรวจสอบฟังก์ชั่นการทำงานของ PCBA	34
บันทึกประวัติและนำ PCBA ออกจากระบบ	36
บรรจุ PCBA	1
เวลาที่ใช้ในการเตรียมจัดลำดับการซ่อมแซม	6
ระยะเวลานำรวมในการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 = 227 **วินาที /ชิ้น**	
ระยะเวลานำรวมในการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) **ชนิด** M1 = 529 **วินาที /ชิ้น**	

8.1.3 การกำหนดเป้าหมายและค่าต่ำที่สุดที่สามารถยอมรับได้ของผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ต่อวัน

สำหรับเป้าหมายของผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA นั้น ผู้บริหารต้องการกำหนดเป้าหมายเป็นผลิตภาพของการซ่อมแซม PCBA ต่อวัน ซึ่งในความเป็นจริงแล้วจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาตามปริมาณ PCBA ที่เสียจากกระบวนการผลิต จึงกำหนดเป้าหมายของผลิตภาพของการซ่อมแซม PCBA ต่อวันเท่ากับ 300 ชิ้นต่อวันโดยการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ชนิด CN2 จำนวน 250 ชิ้น และแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 จำนวน 50 ชิ้น สำหรับผลิตภาพของการซ่อมแซม PCBA ต่อวันต่ำสุดที่ยอมรับได้ให้เท่ากับจำนวน PCBA เสียที่ส่งให้กับกระบวนการ

ซ่อมแซม PCBA ต่อวัน จากการกำหนดเป้าหมายและค่าสูงสุดหรือค่าต่ำสุด สามารถสรุปได้ ดังแสดงในตารางที่ 8.2

ตารางที่ 8.2 ดัชนีชี้วัดเพื่อติดตามและควบคุมการดำเนินงานของกระบวนการซ่อมแซม PCBA

ตัวชี้วัด (KPI)	เป้าหมาย	ค่าสูงสุด/ต่ำสุดที่สามารถยอมรับได้	ความถี่ในการตรวจสอบ	ผู้รับผิดชอบ
เปอร์เซ็นต์การส่งคืน PCBA ให้กับฝ่ายผลิต	100%	$\geq$ 90%	ทุกวัน	พนักงานฝ่ายผลิต
ระยะเวลานำที่ใช้ในการซ่อมแซม PCBA	CN2 = 227 วินาที/ ชิ้น M1 = 529 วินาที / ชิ้น	$\leq$ 8 ชั่วโมง	ทุกวัน	ผู้ควบคุมกระบวนการซ่อมแซม PCBA
ผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA	300 ชิ้นต่อวัน (CN2= 250, M1 =50)	ขึ้นอยู่กับจำนวน PCBA ที่ส่งให้กับกระบวนการ	ทุกวัน	ผู้ควบคุมกระบวนการซ่อมแซม PCBA

เพื่อให้มีการตรวจสอบอยู่ตลอดเวลา ผู้วิจัยและทีมงานจึงได้จัดทำบอร์ดตัวชี้วัดผลการดำเนินงานหลัก (KPI) สำหรับให้ทุกคนในองค์กรได้เห็นผลการทำงานและสภาพการซ่อมแซม PCBA ของปัจจุบันอยู่ตลอดเวลาเพื่อให้เกิดการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องโดยมอบหมายให้ผู้ควบคุมการผลิต (Supervisor) ทำหน้าที่ปรับข้อมูลบนบอร์ดทุกๆวัน ตัวชี้วัดประกอบด้วย 3 ตัว ได้แก่ 1. เปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการส่งคืน PCBA ให้กับฝ่ายผลิต (% Service Rate) 2. ระยะเวลานำที่ใช้ในการซ่อมแซม PCBA (PCBA Repair Lead Time) 3. ผลิตภาพ (Productivity) ของกระบวนการซ่อมแซม PCBA ในแต่ละวัน และมีการดำเนินการปรับปรุงวิธีการทำงานของเอกสารการปฏิบัติงาน (Work Instruction Sheet) และกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบของพนักงาน (Job Description) ที่ชัดเจนมีการอธิบายให้พนักงานเข้าใจโดยตรงและแสดงคำอธิบายวิธีการที่ถูกต้องอีกด้วย

บทที่ 9
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

9.1 สรุปผลการวิจัย

9.1.1 สรุปผลการแก้ไขปัญหาเพื่อลดระยะเวลานำในกระบวนการซ่อมแซม PCBA โดยไม่มีการลงทุนเพิ่มและมีการลงทุนเพิ่ม

จากปัญหาของโรงงานกรณีศึกษา เรื่องระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA ที่ยาวนาน จึงเกิดแนวคิดในการปรับปรุงด้วยการบริหารการผลิตแบบลีน ซิกซ์ซิกมา เพื่อนำจุดเด่นหลักการทางสถิติของซิกซ์ ซิกมา มาช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาและประเมินผลการปรับปรุงแก้ไข และจุดเด่นของลีนในเรื่องวิธีการผลิตแบบไหลต่อเนื่องทีละชิ้น การกำจัดงานที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่ากับ PCBA ทำให้ระยะเวลานำที่ใช้ในการซ่อมแซม PCBA ลดลง จากการปรับปรุงแก้ไขปัญหาโดยไม่มีการลงทุนเพิ่ม พบว่าการซ่อมแซมคอนเน็คเตอร์ ชนิด CN2 ใช้ระยะเวลานำโดยเฉลี่ยลดลงจาก 274.11 นาที เป็น 124.13 นาทีหรือลดลง 54.72% และการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ใช้ระยะเวลานำโดยเฉลี่ยลดลงจาก 359.4 นาทีเป็น 125.08 นาทีหรือลดลง 65.2% และสามารถลดจำนวนงานระหว่างทำ (WIP) จาก 327 ชิ้นต่อวันเป็น 60 ชิ้นต่อวันหรือลดลง 81.65%

จากการปรับปรุงแก้ไขปัญหาโดยมีการลงทุนเพิ่ม ผลลัพธ์จากแบบจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า 12.0 พบว่าการเพิ่มเครื่องจักร (BGA Rework Machine) ทำให้ระยะเวลานำของการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 โดยเฉลี่ยต่อแผ่นลดลงโดยเครื่องจักรแรกที่เพิ่มจะทำให้เวลาลดลงมากกว่าเครื่องต่อไป กล่าวคือ โรงงานกรณีศึกษาควรเพิ่มเครื่องจักรจาก 1 เครื่องจักร เป็น 2 เครื่องจักร จะทำให้ระยะเวลานำของการซ่อมแซม PCBA ในการซ่อมแซมแผงวงจรรวม (IC) ชนิด M1 ลดลงมากที่สุดจาก 128.05 นาทีเป็น 67.63 นาทีหรือลดลง 60.72 นาทีคิดเป็น 47.41% ผลการปรับปรุงแก้ไขก่อนและหลังการปรับปรุงแก้ไขปัญหาในกระบวนการซ่อมแซม PCBA โดยไม่มีการลงทุนเพิ่ม และมีการลงทุนเพิ่ม สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 9.1

ตารางที่ 9.1 ผลการปรับปรุงก่อนและหลังการดำเนินการแก้ไขปัญหาโดยไม่มีการลงทุนเพิ่ม และมีการลงทุนเพิ่ม

ตัววัดผลการดำเนินการ	ก่อนการปรับปรุงแก้ไข	หลังการปรับปรุงแก้ไข โดยไม่มีการลงทุนเพิ่ม	หลังการปรับปรุงแก้ไข โดยมีการลงทุนเพิ่ม
ระยะเวลานำในการซ่อมแซม PCBA	CN2 = 274.11 นาที M1= 359.4 นาที	CN2=124.13 นาที M1 = 125.08 นาที	CN2 ไม่มีการปรับปรุงโดยการลงทุนเพิ่ม M1 = 67.36 นาที
ผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA	220 ชิ้นต่อวัน (CN2 = 190, M1 = 30)	300 ชิ้นต่อวัน (CN2 = 250, M1 = 50)	330 ชิ้นต่อวัน M1 = 80 ชิ้นต่อวัน
ปริมาณงานระหว่างทำเฉลี่ย	327 ชิ้นต่อวัน	60 ชิ้นต่อวัน	22 ชิ้นต่อวัน
จำนวนชั่วโมงการทำงานของพนักงานเฉลี่ย	9.325 ชั่วโมงต่อวัน	7.45 ชั่วโมงต่อวัน	ต้องเก็บข้อมูลเพิ่มเติมเมื่อเพิ่มเครื่องจักรแล้ว

9.1.2 สรุปผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนในการซื้อเครื่องจักรเพิ่ม

การตัดสินใจลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่ม ด้วยวิธีการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน 3 ประการ คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) และ ระยะเวลาคืนทุน (Payback period) จากตารางที่ 9.2 สามารถสรุปผลการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่มสามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 9.2 ค่าที่ใช้ในการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่ม

ค่าที่ใช้ในการประเมินความคุ้มค่า	ผลลัพธ์จากการคำนวณ
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	1,423,695.96 บาท
อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR)	24.62 %
ระยะเวลาคืนทุน (Payback period)	7.39 ปี

จากผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนทำให้ได้ข้อสรุปคือ การลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่มเป็นโครงการที่คุ้มค่ากับการลงทุน

9.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. กระบวนการซ่อมแซม PCBA ในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่มีงานวิจัยใดที่ทำการศึกษามาก่อน ส่วนมากจะทำการวิจัยในกระบวนการหลักของกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ทำให้ใช้เวลานานในการค้นหาข้อมูลและทำการวิจัย
2. ผู้วิจัยจำเป็นต้องรอ PCBA ที่เสียจากกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ซึ่งบางครั้งไม่มี PCBA ที่เสียจากกระบวนการผลิต ทำให้ใช้เวลานานในเก็บข้อมูลและทำการวิจัย
3. พนักงานอาวุโสบางส่วนยังยึดติดกับการทำงานรูปแบบเดิมเนื่องไม่มีข้อกำหนดใดๆ จนทำให้เกิดความไม่เข้าใจหรือไม่เห็นด้วยกับการปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซม PCBA จึงต้องจัดการประชุม เพื่อให้เกิดความเข้าใจในหลักการเกี่ยวกับระบบการผลิตแบบลีน โดยเน้นในเรื่องการกำจัดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าต่างๆ เพื่อทำให้เห็นถึงประโยชน์ของการปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซม PCBA

9.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการอบรมเกี่ยวกับระบบการผลิตแบบลีนในระดับพนักงานและระดับผู้ควบคุมการผลิต (Supervisor) เพื่อให้สามารถนำความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า และปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซม PCBA

2. หลังการนำแนวทางและวิธีการปรับปรุงแก้ไขไปปฏิบัติ ควรให้ความสำคัญในเรื่องการควบคุม และติดตามสถานะการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง เพื่อรักษาสภาพหลังการปรับปรุงให้อยู่ต่อไปในระยะยาว

3. การซ่อมแซม PCBA ที่เสียเป็นความสูญเปล่าอย่างหนึ่ง โรงงานกรณีศึกษาควรมีโครงการแก้ไขปัญหาเรื่องการลดจำนวน PCBA ที่เสียจากกระบวนการผลิตด้วยซิกซ์ ซิกมา เพื่อช่วยลดต้นทุนในการผลิต และลดปริมาณงานของกระบวนการซ่อมแซม PCBA

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กัลยา วานิชย์บัญชา.หลักสถิติ.พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

กัลยา วานิชย์บัญชา.การวิเคราะห์สถิติ: สถิติสำหรับการบริหารและวิจัย.พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

เกียรติขจร โฆมานะสิน.Lean: วิถีแห่งการสร้างคุณค่าสู่องค์กรที่เป็นเลิศ. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ, 2550.

โกศล ดีศีลธรรม.เพิ่มศักยภาพการแข่งขันด้วยแนวคิดลีน. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2547.

จารุวรรณ เจตเกษกิจ.การศึกษาความเป็นไปได้และความคุ้มค่าในการลงทุนประกอบอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนเซรามิกในประเทศ.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2547.

จีรสุดา ลาภจิตร.การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนโครงการห้องชุด (อพาร์ทเมนท์) ให้เช่าบนที่ดินราชพัสดุ: กรณีศึกษา ที่ดินราชพัสดุเขตสาทร.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2552.

จันทนา จันทโร.การจัดการทางวิศวกรรม.พิมพ์ครั้งที่ 10.กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์, 2550.

ญัศญ์ศยา สิทธิโชควโรดม.การปรับปรุงกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปโดยใช้แนวคิดลีน ซิกซ์ซิกมา.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

ธนะกิจ บำรุงเชาร์เกษม.การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนของการเป็นศูนย์จำหน่ายและให้บริการผลิตภัณฑ์ปั๊มสามสูบในอำเภอเมืองสมุทรสาคร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาบริหารธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2552.

นภดล เฟื่องเด่นขจร.การปรับปรุงความพร้อมในการตอบสนองในอุตสาหกรรมบริการทันตกรรมโดยใช้แนวคิดลีน ซิกซ์ซิกมา: กรณีศึกษา คลินิกบริการทันตกรรมพิเศษ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

นิพนธ์ บัวแก้ว.รู้จัก...ระบบการผลิตแบบลีน (Lean manufacturing system). กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2547

พรเทพ เหลือทรัพย์สุข.Improving Production with Lean Thinking. กรุงเทพมหานคร: อี.ไอ. สแควร์ สำนักพิมพ์, 2551.

พรเทพ เหลือทรัพย์สุข และ ยุพา กลอนกลาง.งานที่เป็นมาตรฐาน Standard Work for the Shop floor. กรุงเทพมหานคร: อี.ไอ. สแควร์ สำนักพิมพ์, 2550.

พิมพ์ชนก ไพศาลภานุมาศ.การลดระยะเวลานำในการผลิตในโรงงานผลิตเลนส์แว่นตา โดยใช้แนวคิดลีน ซิกซ์ซิกมา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

มัลลิกา บุนนาค.สถิติเพื่อการวิจัยและตัดสินใจ.พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ.คู่มือการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2551.

วิทยา สุหฤทดำรง และ ยุพา กลอนกลาง .การผลิตแบบดึง Pull Production for the Shop floor. กรุงเทพมหานคร: อี.ไอ. สแควร์ พับลิชชิ่ง , 2549.

วิทยา สุหฤทดำรง และ ยุพา กลอนกลาง .การบ่งชี้ “ความสูญเปล่า” Identifying Waste on the Shop floor. กรุงเทพมหานคร: อี.ไอ. สแควร์ พับลิชชิ่ง , 2549.

วิทยา สุหฤทดำรง และ ยุพา กลอนกลาง .การผลิตแบบเซลลูล่าร์ Cellular Manufacturing One-Piece Flow for Work teams. กรุงเทพมหานคร: อี.ไอ. สแควร์ พับลิชชิ่ง , 2549.

วิทยา สุหฤทดำรง และ ยุพา กลอนกลาง .การผลิตแบบทันเวลาพอดี Just-In-Time for Operators. กรุงเทพมหานคร: อี.ไอ. สแควร์ พับลิชชิ่ง , 2549.

วิทยา สุหฤทดำรง , ยุพา กลอนกลาง และ สุนทร ศรีดังกา. Value Stream Management: มุ่งสู่ลีนด้วยการจัดการสายธารคุณค่า. กรุงเทพมหานคร: อี.ไอ. สแควร์ สำนักพิมพ์ , 2550.

วิทยา สุหฤทดำรง . What is Lean Six Sigma? กรุงเทพมหานคร: อี.ไอ. สแควร์ สำนักพิมพ์ , 2553.

วิโรจน์ ลักขณาอดิศร. ลีนอย่างไรสร้างกำไรให้องค์กร = Profitable Lean Manufacturing.พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2552.

ภาษาอังกฤษ

Andrew, T., Richard, B., and Chiamaka, C.O. Applying lean six sigma in a small engineering company - a model for change. Journal of Manufacturing Technology Management 2009:113-129.

Burcher, P. and Dupernex, S. The road to lean repetitive batch manufacturing. Modeling planning system performance. International Journal of Operation &Production Management, 16, 2(1996):210-220.

Gang, N., Michael, P. Improving Computer Manufacturing Management through Lean Six Sigma and PHM. Prognostics & System Health Management Conference 2010.

Garcia-Porres, J., Ortiz-Posadas, M.R. and Pimental-Aguilar. Lean Six Sigma Applied to a Process Innovation in a Mexican Health Institute's Imaging Department. Journal of 30th Annual International IEEE EMBS Conference Vancouver 2008:20-24.

Green, B.M.Taxonomy of the adaptation of lean production tools and techniques. Ph.D. Thesis Faculty of Engineering Science The University of Tennessee, 2002.

Hines, P. and Taylor, D. Going lean. UK, Lean Enterprise Research Center Cardiff Business School: 2000.

Franklin, L. A. Sample size determination for lower confidence limits for estimating process capability indices. Computer & Industrial Engineering 36 1999:603-614.

Blank, L.T. and Anthony, T., Engineering Economy. 6th Edition. : McGraw-Hill, 2006.

Lind, D., Marchal, W. and Wathen, S. Statistical Techniques in Business and Economics with Global Data Sets. 13th Edition. McGraw-Hill, 2007.

Ronald, D.S. Lean Six Sigma-getting better all the time. International Journal of Lean Six Sigma 2010:9-29.

Wedgwood, L.D. Lean sigma: a practitioner's guide. Prentice Hall, 2006.

William, G.S., Thomas, N. M. and Eileen, M.V.A. Equipment replacement decisions and lean manufacturing. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Volume 18, Issues 3-4 ,2010: 255-265

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

เอกสารที่ออกแบบเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลเบื้องต้น ของกระบวนการซ่อมแซม PCBA

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบบันทึกผลิตภาพของกระบวนการซ่อมแซม PCBA

เดือน_____ กระบวนการ _____ ชื่อพนักงาน _____

วันที่	**ชนิดของส่วนประกอบที่ทำการซ่อมแซม**	**จำนวน PCBA ที่ได้รับ (ชิ้น)**	**จำนวน PCBA ที่ซ่อมได้ (ชิ้น)**	**จำนวน PCBA ที่รอการซ่อม WIP (ชิ้น)**	**เวลาที่ทำงานเสร็จ**	**OT (ชั่วโมง)**	**หมายเหตุ**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบบันทึกระยะเวลานำในกระบวนการซ่อมแซม PCBA

ส่วนที่ประกอบที่ซ่อมแซม CN2 / M1 **ชื่อพนักงาน**_____ **วันที่**___/___/___

กระบวนการ	**เวลา (วินาที)**
1.ตรวจรับ PCBA ที่เสียฝ่ายผลิตส่ง	
2.ตรวจแยกชนิดของอาการเสียของ PCBA	
3.การตรวจสอบ PCBA	
4.ถอดชิ้นส่วนประกอบที่เสียหาย	
5.ดูดซับตะกั่วเหลว	
6.ทำความสะอาดพื้นที่วางส่วนประกอบ	
7.ประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยพนักงาน	
8.ประกอบส่วนประกอบใหม่ด้วยเครื่องจักร	
9.ทำความสะอาด PCBA	
10.ประทับตราบน PCBA	
11.บันทึกประวัติ PCBA	
12.ตรวจสอบฟังก์ชั่นการทำงานของ PCBA	
13.นำ PCBA ออกจากระบบ	
14.บรรจุ PCBA ลงกล่อง	

บันทึกข้อความ

_____

_____

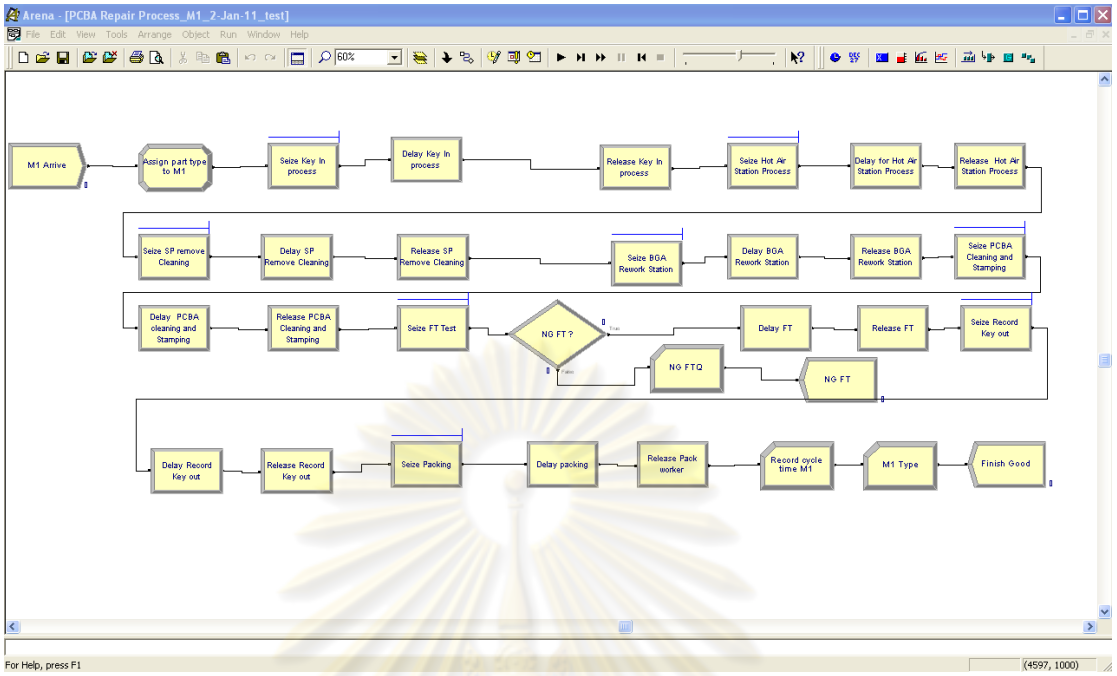
_____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

การเขียนแบบจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า 12.0 เพื่อหาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสม ในการปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซม PCBA

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Other

Number Out	Value
System	50

User Specified

Tally

Interval	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Record cycle time M1	128.08	(Insufficient)	7.0670	246.62

Counter

Count	Value
M1 Type	50.0000
NG FTQ	0

Replication 11 Start Time: 5.00 Stop Time: 28,800.00 Time Units: Minutes

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ข-1 แบบจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า 12.0 ในการหาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสม

1.การคำนวณหาค่า Z ของแต่ละกระบวนการซ่อมแซม PCBA ดังรูปที่ ข-2

	Process	Key in Process	Hot Air Station	SP Remove & Pad PCBA	Assembly by Machine	PCBA Cleaning & Stamping	Functional PCBA Testing	PCBA Record & Key-out	PCBA Packing	Total
4	Real Process									
5	Mean (Real)	4.03	38.83	54.03	276.70	44.53	35.03	42.50	1.43	125.67
6	Variance (Real)	0.65	114.63	1.48	119.11	2.26	0.65	1.22	0.25	2.57
7	Simluation									
8	Mean (Sim)	4.00	37.10	53.77	276.27	44.30	34.97	42.37	1.40	125.59
9	Variance (Sim)	0.62	50.44	1.43	135.03	1.87	0.59	0.52	0.25	1.31
10	n1= n2 = 30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
11	Calculation									
12	Mean (Real) - Mean (Sim)	0.03	1.73	0.27	0.43	0.23	0.07	0.13	0.03	0.08
13	Variance (Real)/n	0.02	3.82	0.05	3.97	0.08	0.02	0.04	0.01	0.09
14	Variance (Sim)/n	0.02	1.68	0.05	4.50	0.06	0.02	0.02	0.01	0.04
15	Variance (Real)/n + Variance (Sim)/n	0.04	5.50	0.10	8.47	0.14	0.04	0.06	0.02	0.13
16	Square root (Variance (Real)/n + Variance (Sim)/n)	0.21	2.35	0.31	2.91	0.37	0.20	0.24	0.13	0.36
17	Z	0.162	0.739	0.857	0.149	0.629	0.328	0.554	0.258	0.219

=C5-C8
=C6/C10
=C9/C10
=SUM(C13:C14)
=SQRT(C15)
=C12/C16

รูปที่ ข-2 การคำนวณหาค่า Z ของแต่ละกระบวนการซ่อมแซม PCBA ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟเอ็กเซล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

รายละเอียดของเครื่องจักรที่ต้องการซื้อ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Summit 1100
Semi-Automatic Rework System

SRT SERIES

Summit 1100
Semi-Automatic Rework System

VJ Technologies offers the Summit 1100 Semi-Automatic Rework system. Developed by SRT and further refined by VJ Technologies, the 1100 is specifically designed to meet the needs of users who demand high performance and advanced process control. The Summit 1100 Rework system provides some of the most advanced features to address difficult Rework challenges.

Proprietary SierraMate™ Windows® based software provides an easy to use "1-2-3-Go" graphical user interface, featuring intuitive programming and Auto Profile. The 1100 is "Production Ready", configurable with an available High Resolution feature, providing a high performance at an affordable price.

Key Features	
Max. Board Size	18"X 22" (455mm X 560mm) standard
	22" X30" (560mm X 760mm) optional
Min. Component Size	0.020" (0.5mm)
Placement	0.001" (25μ) mean + 3σ
Compliance	CE mark
Top Heater	1.6kW Focused Convection
Bottom Heater	4.0kW Convection Plenum
Field-of-View	2.0" (50mm) Square

รูปที่ ค-1 เครื่องจักร Summit 1100 (BGA Rework Station)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

การคำนวณความคุ้มค่าในการลงทุนซื้อเครื่องจักรเพิ่ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.การคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิและอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนของการซื้อเครื่องจักรเพิ่มเติม (อายุการใช้งาน 15 ปี) ดังรูปที่ ง-1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
4							มูลค่าปัจจุบัน			
5		ปีที่	ผลตอบแทนรวม อัตราขึ้น 1.1 เท่าต่อปี =C7*1.1	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	ผลตอบแทนสุทธิ =C7-D7	MARR = 17 % =1/(1+0.17)	ผลตอบแทนรวม =C7*F7	ค่าใช้จ่ายรวม =D7*F7	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) =G7-H7	
6		0	-	2,828,585.70	-	1.0000	-	2,828,585.70	-	
7		1	541,706.40	78,696.76	463,009.64	0.8547	462,996.92	67,262.19	395,734.74	
8		2	595,877.04	78,696.76	517,180.28	0.7305	435,296.25	57,489.05	377,807.20	
9		3	655,464.74	78,696.76	576,767.98	0.6244	409,252.89	49,135.94	360,116.95	
10		4	721,011.22	78,696.76	642,314.46	0.5337	384,767.67	41,996.53	342,771.14	
11		5	793,112.34	78,696.76	714,415.58	0.4561	361,747.38	35,894.47	325,852.91	
12		6	872,423.57	78,696.76	793,726.81	0.3898	340,104.38	30,679.03	309,425.34	
13		7	959,665.93	78,696.76	880,969.17	0.3332	319,756.25	26,221.40	293,534.86	
14		8	1,055,632.52	78,696.76	976,935.76	0.2848	300,625.54	22,411.45	278,214.09	
15		9	1,161,195.78	78,696.76	1,082,499.02	0.2434	282,639.39	19,155.09	263,484.31	
16		10	1,277,315.36	78,696.76	1,198,618.60	0.2080	265,729.34	16,371.87	249,357.48	
17		11	1,405,046.89	78,696.76	1,326,350.13	0.1778	249,831.01	13,993.05	235,837.96	
18		12	1,545,551.58	78,696.76	1,466,854.82	0.1520	234,883.85	11,959.87	222,923.98	
19		13	1,700,106.74	78,696.76	1,621,409.98	0.1299	220,830.97	10,222.11	210,608.86	
20		14	1,870,117.41	78,696.76	1,791,420.65	0.1110	207,618.86	8,736.85	198,882.02	
21		15	2,057,129.15	78,696.76	1,978,432.39	0.0949	195,197.22	7,467.39	187,729.83	
22		รวม	17,211,356.68	4,009,037.10	16,030,905.28	6.3242	4,671,277.94	3,247,581.98	1,423,695.96	NPV

รูปที่ ง-1 รายละเอียดในการคำนวณหามูลค่าสุทธิและอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนของการซื้อเครื่องจักรเพิ่มเติม ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟเอ็กเซล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR)

2.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิเมื่อใช้อัตราส่วนลด ดังรูปที่ ง-2

A	B	C	D	E	F
	ปีที่	ผลตอบแทนรวม อัตราขึ้น 1.1 เท่าต่อปี	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	ผลตอบแทนสุทธิ	IRR
		=C7*1.1			
	0	-	2,828,585.70	-2,828,585.70	24.61082%
	1	541,706.40	78,696.76	463,009.64	
	2	595,877.04	78,696.76	517,180.28	
	3	655,464.74	78,696.76	576,767.98	=IRR(E6:E21)
	4	721,011.22	78,696.76	642,314.46	
	5	793,112.34	78,696.76	714,415.58	
	6	872,423.57	78,696.76	793,726.81	
	7	959,665.93	78,696.76	880,969.17	
	8	1,055,632.52	78,696.76	976,935.76	
	9	1,161,195.78	78,696.76	1,082,499.02	
	10	1,277,315.36	78,696.76	1,198,618.60	
	11	1,405,046.89	78,696.76	1,326,350.13	
	12	1,545,551.58	78,696.76	1,466,854.82	
	13	1,700,106.74	78,696.76	1,621,409.98	
	14	1,870,117.41	78,696.76	1,791,420.65	
	15	2,057,129.15	78,696.76	1,978,432.39	
	รวม	17,211,356.68	4,009,037.10	13,202,319.58	

รูปที่ ง-2 รายละเอียดในการคำนวณหาอัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟเอ็กเซล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. **ระยะเวลาคืนทุน** (Payback period) **ดังรูปที่ ง-3**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
4							มูลค่าปัจจุบัน				
5		ปีที่	ผลตอบแทนรวม อัตราขึ้น 1.1 เท่าต่อปี =C7*1.1	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	ผลตอบแทนสุทธิ =C7-D7	MARR = 17 % =1/(1+0.17)	ผลตอบแทนรวม =C7*F7	ค่าใช้จ่ายรวม =D7*F7	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) =G7-H7	ผลตอบแทนสะสม =J6+G7	เงินที่ใช้ลงทุน -ผลตอบแทนสะสม =H6-I6
6		0	-	2,828,585.70	-	1.0000	0.00	2,828,585.70	0.00	0.00	2,828,585.70
7		1	541,706.40	78,696.76	463,009.64	0.8547	462,996.92	67,262.19	395,734.74	462,996.92	2,365,588.78
8		2	595,877.04	78,696.76	517,180.28	0.7305	435,296.25	57,489.05	377,807.20	898,293.18	1,930,292.52
9		3	655,464.74	78,696.76	576,767.98	0.6244	409,252.89	49,135.94	360,116.95	1,307,546.06	1,521,039.64
10		4	721,011.22	78,696.76	642,314.46	0.5337	384,767.67	41,996.53	342,771.14	1,692,313.73	1,136,271.97
11		5	793,112.34	78,696.76	714,415.58	0.4561	361,747.38	35,894.47	325,852.91	2,054,061.12	774,524.58
12		6	872,423.57	78,696.76	793,726.81	0.3898	340,104.38	30,679.03	309,425.34	2,394,165.49	434,420.21
13		7	959,665.93	78,696.76	880,969.17	0.3332	319,756.25	26,221.40	293,534.86	2,713,921.75	114,663.95
14		8	1,055,632.52	78,696.76	976,935.76	0.2848	300,625.54	22,411.45	278,214.09	3,014,547.28	-185,961.58

รูปที่ ง-3 การคำนวณระยะเวลาคืนทุน ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟเอ็กเซล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรูปที่ ง-3 จะได้ค่าดังนี้

1. จำนวนปีก่อนคืนทุน = 7 ปี
2. กระแสเงินสดที่เหลือ = 114,663.95 บาท
3. กระแสเงินสดทั้งปี = 293,534.86 บาท

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \text{จำนวนปีก่อนคืนทุน} + \frac{\text{กระแสเงินสดที่เหลือ}}{\text{กระแสเงินสดทั้งปี}} \qquad \text{(ง-1)}$$

จากสมการ (ง-1) การคำนวณจะได้ ระยะเวลาคืนทุน $= 7 + \frac{114,663.95}{293,534.86} = 7.39$ ปี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายธานินทร์ ศิลปนาฏ เกิดเมื่อวันที่ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2526 ที่จังหวัดพิษณุโลก สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา จากโรงเรียนทวีธาภิเศก จังหวัดกรุงเทพมหานคร และสำเร็จการระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล จังหวัดนครปฐม ในปีพ.ศ.2549 ภายหลังจากจบการศึกษาได้เข้าทำงานในตำแหน่งวิศวกรที่บริษัท ฟูจิตสึ (ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งต่อมาเปลี่ยนชื่อเป็น บริษัท โตชิบา สตอเรจ ดีไวซ์ (ประเทศไทย) จำกัด จนกระทั่งถึงปัจจุบัน ได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคการศึกษาปลายปีการศึกษา 2551

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย