การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร ในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟโดยแนวทางซิกซ์ ซิกม่า

นายฐากร พวงระย้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

REDUCTION OF MACHINE CYCLE TIME VARIATION IN THE HARD DISK DRIVE ASSEMBLY LINE BY SIX SIGMA APPROACH

Mr. Thakorn Poungraya

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	การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟโดยแนวทางซิกซ์ ซิกม่า
โดย	นาย ฐากร พวงระย้า
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร.ประมวล สุธีจารุวัฒน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประมวล สุธีจารุวัฒน)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญวา ธรรมพิทักษ์กุล)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฐากร พวงระย้า: การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟโดยแนวทางซิกซ์ ซิกม่า. (REDUCTION OF MACHINE CYCLE TIME VARIATION IN THE HARD DISK DRIVE ASSEMBLY LINE BY SIX SIGMA APPROACH) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร.ประมวล สุธีจารุวัฒน , 280 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้แนวทางซิกซ์ ซิกม่าเพื่อช่วยลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ จากการศึกษาสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟพบว่ารอบเวลาการผลิตของทั้ง 38 เครื่องจักรในสายการประกอบมีความแปรปรวนเกิดขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้จากสายการประกอบมีจำนวนลดลงตามทฤษฎีไดซ์เกมส์ งานวิจัยได้ออกแบบกระบวนการในการประยุกต์ใช้แนวทางซิกซ์ ซิกม่า และหลักการทางสถิติ เพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา วิเคราะห์ปัญหา ปรับปรุงกระบวนการ และควบคุมกระบวนการ โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ว่าเครื่องจักรใดในสายการประกอบมีโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าค่าเป้าหมายคือ 4.5 วินาทีมากที่สุด เพื่อทำการปรับปรุงเป็นลำดับแรก แล้ววิเคราะห์หาสาเหตุของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นด้วย ผังแสดงเหตุและผล การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ การทดสอบสมติฐาน เมื่อรู้สาเหตุที่แท้จริงแล้วก็ทำการปรับปรุงกระบวนการด้วย การวิเคราะห์อนุกรมเวลา การถดถอย และการทดสอบสมมติฐาน เพื่อลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร แล้วออกแบบและนำไปปฏิบัติวิธีการควบคุมกระบวนการที่ได้ทำการปรับปรุงไปแล้ว ผลการศึกษาพบว่าเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าค่าเป้าหมายมากที่สุด โดยมีความแปรปรวนที่ 6.6952 ซึ่งหลังการปรับปรุงลดลงมาที่ 4.9482 สามารถปรับปรุงได้ 26.09% แล้วกลับไปวิเคราะห์ที่ขั้นตอนแรกใหม่ ซึ่งเครื่องวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไดร์ฟมีโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าค่าเป้าหมายเป็นลำดับถัดไป โดยมีความแปรปรวนที่ 9.8641 ซึ่งหลังการปรับปรุงลดลงมาที่ 6.6792 สามารถปรับปรุงได้ 32.28% และเครื่องยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟด้วยสกรูที่3 เป็นเครื่องที่มีโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าค่าเป้าหมายมากที่สุดเป็นลำดับที่สามโดยมีความแปรปรวนที่ 7.3036 ซึ่งหลังการปรับปรุงลดลงมาที่ 5.2098 สามารถปรับปรุงได้ 28.66% การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรทั้งสามเครื่อง สามารถเพิ่มจำนวนชิ้นงานที่ทำได้จากสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 6.78% จากการปรับปรุงดังกล่าวสามารถลดต้นทุนการผลิตเป็นเงิน 67,800 เหรียญสหรัฐต่อปีต่อสายการประกอบที่ได้ทำการปรับปรุง

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2553 .....

5071413621 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS : CYCLE TIME / VARIATION / HARD DISK DRIVE / ASSEMBLY LINE / SIX SIGMA

THAKORN POUNGRAYA : REDUCTION OF MACHINE CYCLE TIME VARIATION IN THE HARD DISK DRIVE ASSEMBLY LINE BY SIX SIGMA APPROACH. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. PRAMUAL SUTEECHARUWAT, Ph.D., 270pp.

This research applied Six Sigma approach to reduce machine cycle time variation in the Hard Disk Drive assembly line. Following Dice Game theory, the study of 38 machines shows that the cycle time variation has an impact on an output of the process. Six Sigma and statistical approach such as problem measurement, problem analysis, process improvement and control are incorporated in this study to reduce the variation. The study started with analyzing all machines to find the cycle time of each machine, then indicating the machines that have the highest probability of the cycle time higher than the target, 4.5 seconds in this study. Cause and Effect Diagram, FMEA and Hypothesis Testing were used to mark the cause of that variation. When the causes were found out, Time Series Analysis, Regression and Hypothesis Testing were also used to reduce the machine cycle time variation. Finally, the process control is designed and implemented to maintain the variation after improvement. The study indicates that Topcover Install machine has the highest probability of cycle time higher than target. The cycle time variation before improvement was 6.6952 versus 4.9482 after improvement or 26.09% lower. Basedeck Load machine is ranked the second for the machines that have the probability of cycle time higher than target. The improvement process lowered the variation from 9.8641 to 6.6792 or by 32.28% lower. Topcover screw install machine is ranked the third for the machines that have the probability of cycle time higher than target. The improvement process lowered the variation from 7.3036 to 5.2098 or by 28.66% lower. By reducing machine cycle time variation at those three machines, the output of Hard Disk Drive assembly line was improved by 6.78%. This improvement project saves operation cost by 67,800 US dollar per year per assembly line.

Department : Industrial Engineering Student's Signature .....

Field of Study : Industrial Engineering Advisor's Signature .....

Academic Year : 2010 .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ ด้วยความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประมวล สุธีจารุวัฒน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำปรึกษา ข้อชี้แนะ และความช่วยเหลือในหลายสิ่งหลายอย่างจนกระทั่งลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ ประธานสอบวิทยานิพนธ์ และกรรมสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญวา ธรรมพิทักษ์กุล ที่ให้ความกรุณาในการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของงานวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 แนวความคิดของงานวิจัย..... 5

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 11

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย..... 11

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย..... 11

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 12

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 13

2.1 วัตถุประสงค์..... 13

2.2 ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ..... 13

2.3 แนวคิดการดำเนินงานแบบซิกซ์ ซิกม่า..... 18

2.4 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 62

บทที่ 3 กระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ..... 66

3.1 วัตถุประสงค์..... 66

3.2 บทนำ..... 66

3.3 ส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ..... 66

3.4 ขั้นตอนผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ..... 68

3.5 ผลกระทบจากความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตต่อสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ..... 71

3.6 บทสรุป..... 74

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

บทที่ 4 การลำดับความสำคัญของกระบวนการแก้ไขปัญหา..... 75
4.1 วัตถุประสงค์..... 75
4.2 บทนำ..... 75
4.3 การกำหนดปัญหา..... 76
4.4 การเปรียบเทียบความแปรปรวนของเครื่องจักรในสายประกอบ..... 77
4.5 การวิเคราะห์การไหลของกระบวนการผลิต..... 98
4.6 การวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยผังแสดงเหตุและผล..... 104
4.7 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ..... 114
4.8 บทสรุป..... 121

บทที่ 5 การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI..... 124
5.1 วัตถุประสงค์..... 124
5.2 บทนำ..... 124
5.3 การทดสอบสมมติฐานของเครื่อง TCI..... 126
5.4 การปรับปรุงกระบวนการของเครื่อง TCI..... 145
5.5 บทสรุปการลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI 161

บทที่ 6 การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องลำดับถัดไป..... 165
6.1 วัตถุประสงค์..... 165
6.2 บทนำ..... 165
6.3 การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL 166
6.4 การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3..... 211
6.5 บทสรุป..... 246

บทที่ 7 การควบคุมกระบวนการ..... 248
7.1 วัตถุประสงค์..... 248
7.2 บทนำ..... 248
7.3 การเก็บข้อมูลเพื่อควบคุมกระบวนการ..... 248
7.4 การควบคุมกระบวนการผลิต..... 252

หน้า

7.5 การจัดทำมาตรการป้องกัน..... 253

บทที่ 8 บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 254

8.1 บทนำ..... 254

8.2 บทสรุปการวัดเพื่อกำหนดปัญหา..... 254

8.3 บทสรุปการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา..... 256

8.4 บทสรุปการปรับปรุงกระบวนการ..... 257

8.5 บทสรุปการควบคุมกระบวนการ..... 261

8.6 ประสิทธิภาพกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้น..... 262

8.7 ข้อจำกัดในงานวิจัย..... 263

8.8 ข้อเสนอแนะ..... 263

รายการอ้างอิง..... 268

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 270

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	สรุปการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	2
1.2	เครื่องจักรที่มีค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิตสูงกว่า 4.5 วินาที.....	4
1.3	แสดงผลผลิตที่ทำได้จริงกับกำลังการผลิตของสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	6
1.4	แสดงแผนงานการทำวิจัยในขั้นตอนต่าง.....	12
2.1	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความแม่นยำในการวัด.....	30
2.2	สัญลักษณ์ค่าสถิติและค่าพารามิเตอร์.....	33
2.3	แสดงขอบเขตของพื้นที่ภายใต้เส้นโค้งแบบปกติ.....	37
2.4	แสดงค่าคาดหมายของรูปแบบอิทธิพลแบบสุ่ม.....	56
2.5	ชนิดของแผนภูมิควบคุม.....	59
4.1	แสดงรูปแบบข้อมูลดิบรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร.....	80
4.2	แสดงค่า AD ของเครื่องจักรทั้ง 38 เครื่องกับการกระจายแบบต่าง ๆ.....	88
4.3	แสดงค่าพารามิเตอร์และโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีของแต่ละเครื่องจักร.....	91
4.4	แสดงค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิตของข้อมูล ทีมีรอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมายคือ 4.5 วินาทีกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน.....	96
4.5	แสดงระดับความรุนแรงของผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI.....	116
4.6	แสดงระดับความถี่หรือโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาดต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI.....	117
4.7	แสดงระดับถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบ.....	118
5.1	แสดงระยะของซี่พลาสติกของตะกร้าดีกับตะกร้าเสียที่ใช้ในการทดลอง.....	131
5.2	เปรียบเทียบความสั่นสะเทือนของฐานเครื่อง TCI ก่อนและหลังปรับปรุง.....	138
5.3	เปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุง.....	161
6.1	เปรียบเทียบโอกาสที่รอบเวลาการผลิตเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาที.....	165
6.2	เปรียบเทียบโอกาสที่รอบเวลาการผลิตเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาที.....	166

ตารางที่		หน้า
6.3	แสดงระดับความรุนแรงของผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL…..	177
6.4	แสดงระดับความถี่การเกิดข้อผิดพลาดรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL……..	179
6.5	แสดงระดับถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบ……	180
6.6	เปรียบเทียบความสั่นสะเทือนของฐานเครื่อง BDL ก่อนและหลังปรับปรุง……..	190
6.7	เปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุง……..	210
6.8	เปรียบเทียบโอกาสที่รอบเวลาการผลิตเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาที……	211
6.9	แสดงระดับความรุนแรงของผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3…..	219
6.10	แสดงระดับความถี่หรือโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาดต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3……	220
6.11	แสดงระดับถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบ……	221
6.12	เปรียบเทียบความสั่นสะเทือนของฐานเครื่อง CS3 ก่อนและหลังปรับปรุง……..	224
6.13	เปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุง……..	246
7.1	แสดงรูปแบบข้อมูลดิบรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร……..	250

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	ยอดการจำหน่ายคอมพิวเตอร์ทั่วโลก.....	1
1.2	ยอดการจำหน่ายฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทั่วโลก.....	1
1.3	การกระจายตัวของข้อมูลรอบเวลาการผลิตเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (TCI).....	4
1.4	แผนภาพสรุปของกระบวนการในการทำงานวิจัย	10
2.1	แสดงความแตกต่างระหว่างแนวคิด Six Sigma กับ Continuous Improvement.....	19
2.2	แสดงแนวคิดพื้นฐานของกระบวนการผลิต.....	20
2.3	ภาพแสดงการกระจายของข้อมูลทั่วไป.....	20
2.4	แนวคิดการควบคุมคุณภาพ 3σ.....	21
2.5	แสดงแนวคิดของการควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิตแบบ 6σ.....	21
2.6	แสดงแผนภาพแนวทางการประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกม่าในการแก้ปัญหา.....	24
2.7	แสดงการแจกแจงแบบปกติ.....	37
2.8	แสดงการแจกแจงแบบปกติ.....	42
2.9	แสดงอิทธิพลของปัจจัยเดี่ยว	47
2.10	แสดงกราฟที่ไม่มีอิทธิพลของปัจจัยร่วม (ซ้าย) เปรียบเทียบกับกราฟที่มีอิทธิพลของปัจจัยร่วม (ขวา).....	54
3.1	แสดงส่วนประกอบภายในของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	67
3.2	ขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในห้องสะอาด.....	70
3.3	ขั้นตอนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	70
3.4	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top Cover Install).....	71
3.5	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟด้วยสกรูที่8 (Top Cover Screw Install 8).....	72
3.6	แสดงแผนภาพแบบจำลองของสายการประกอบ.....	73
4.1	แสดงการวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Analysis) ของข้อมูลแบบสุ่ม.....	82
4.2	แสดงการทำ Lag Plot ของข้อมูลแบบสุ่ม.....	83

ภาพที่		หน้า
4.3	แสดงการทดสอบว่าจำนวนข้อมูลที่สุ่มมาเพียงพอที่ความน่าเชื่อถือ 95%.....	84
4.4	แสดงการกระจายของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรเปรียบเทียบกับการกระจายแบบต่าง ๆ.....	87
4.5	การนำข้อมูลของเครื่องจักร BDLมาพล็อตฮีสโทแกรมและหาพารามิเตอร์การกระจาย.....	89
4.6	การหาโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมีค่ามากกว่าค่าเป้าหมาย 4.5 วินาที.....	90
4.7	พาเรโต (Pareto chart) เปรียบเทียบโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีของเครื่องจักร.....	93
4.8	แสดงวิธีการคำนวณหาค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิต ของกลุ่มข้อมูลที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมายกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเครื่องจักร.....	94
4.9	แสดงวิธีการคำนวณเปอร์เซ็นต์จำนวนของข้อมูลที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมายกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเครื่องจักร.....	95
4.10	แสดงแผนภาพการวิเคราะห์การไหลของกระบวนการผลิต.....	102
4.11	แสดงแผนภาพการวิเคราะห์การไหลอย่างละเอียดของเครื่อง TCI.....	104
4.12	แสดงที่ปรับตำแหน่งของฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	105
4.13	แสดงตำแหน่งยกขึ้น ลง ของฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเพื่อประกอบกับฝาปิด.....	106
4.14	แสดงระบบการลำเลียงตะกร้าฝาปิด.....	107
4.15	ระบบการหยิบจับฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	108
4.16	สายพานลำเลียงของสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	109
4.17	การวางฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟบนตะกร้า.....	110
4.18	แสดงการใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในตะกร้า.....	113
4.19	แสดงผังเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ของสาเหตุความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TC.....	114
4.20	แสดงการวิเคราะห์ FMEA ของเครื่อง TCI.....	119
4.21	แสดงแผนภูมิพาเรโตของความรุนแรงจากการวิเคราะห์ด้วย FMEA ของเครื่อง TCI.....	120
4.22	แสดงการลำดับความสำคัญของกระบวนการแก้ไขปัญหา.....	123
5.1	แสดงตะกร้าใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟและส่วนประกอบ.....	128

ภาพที่		หน้า
5.2	แสดงขนาดของซี่พลาสติกทั้งสามชนิดที่รองรับฝาปิด.....	129
5.3	อุปกรณ์ยึดเครื่องจักรเข้ากับพื้นเพื่อลดการสั่นสะเทือน.....	136
5.4	เครื่องมือวัดการสั่นสะเทือน.....	137
5.5	จุกยางที่เป็นชินส่วนในการจับและปล่อยฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	140
5.6	สภาพสึกกร่อนภายหลังการใช้งานของซี่พลาสติก.....	146
5.7	ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพของตะกร้าใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	147
5.8	การระบุเลขประจำตัวของตะกร้าใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	148
5.9	แผนภาพแสดงขั้นตอนการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน.....	148
5.10	อุปกรณ์ที่ออกแบบมาใช้ในการตรวจสอบขนาดของตะกร้าใสฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	149
5.11	การเปลี่ยนวัสดุจาก Monocast วัสดุเป็น Noveon STAT Tech F1260.....	150
5.12	แสดงกราฟ Time series analysis ของอายุที่จับยึดฝาปิดกับรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร.....	153
5.13	ระยะการเคลื่อนที่ของแขนกล.....	157
5.14	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะการตั้งค่าแขนกลตัวที่1และความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต.....	158
5.15	สรุปการลำดับความสำคัญของกระบวนการแก้ไขปัญหาและการปรับปรุงกระบวนการ.....	162
6.1	แสดงแผนภาพการวิเคราะห์การไหลอย่างละเอียดของเครื่อง BDL.....	167
6.2	แสดงระบบการลำเลียงตะกร้าใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	168
6.3	แสดงที่ปรับตำแหน่งฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	169
6.4	แสดงการลำเลียงและติดตั้ง RFID บนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	170
6.5	แสดงที่หยิบจับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	171
6.6	แสดงการหยิบจับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ต่างตำแหน่งกัน.....	172
6.7	แสดงตะกร้าใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	175
6.8	แสดงผังเหตุและผล (Cause and Effect Diagram).....	176
6.9	แสดงการวิเคราะห์ FMEA ของเครื่อง BDL.....	181
6.10	แสดงแผนภูมิพาเรโตของความรุนแรงจากการวิเคราะห์ด้วย FMEA ของเครื่อง BDL.....	182

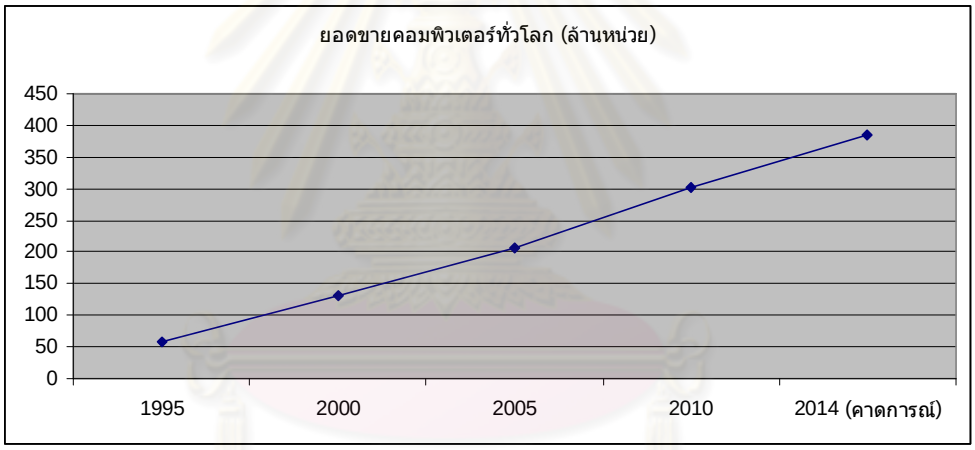
ภาพที่		หน้า
6.11	อุปกรณ์ยึดเครื่องจักรเข้ากับพื้นเพื่อลดการสั่นสะเทือน.....	189
6.12	แสดงการลำเลียง RFID TAG.....	192
6.13	แสดงอุปกรณ์เป่าลมเพื่อลดความผิดพลาดจากการลำเลียง RFID TAG.....	194
6.14	แสดงอุปกรณ์ในการยึดขาตั้งของเครื่อง BDL เข้ากับพื้น.....	202
6.15	แสดงระบบเป่าลมเพื่อช่วยลดข้อบกพร่องของระบบลำเลียง RFID TAG.....	205
6.16	แสดงแผนภาพการวิเคราะห์การไหลอย่างละเอียดของเครื่อง CS3.....	212
6.17	แสดงผังเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ของสาเหตุความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3.....	217
6.18	แสดงการวิเคราะห์ FMEA ของเครื่อง CS3.....	222
6.19	แสดงแผนภูมิพาเรโตของความรุนแรงจากการวิเคราะห์ด้วย FMEA ของเครื่อง CS3.....	223
6.20	แสดงอุปกรณ์เป่าลมเพื่อช่วยในการลำเลียงสกรู.....	243
7.1	การเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตเพื่อใช้ในการควบคุมกระบวนการ.....	249
7.2	ลักษณะการเก็บข้อมูลแบบช่วงในฐานข้อมูล.....	251
7.3	ข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรแบบ Real Time Monitoring System....	252
8.1	แสดงแนวโน้มกำลังการผลิตของเครื่องจักรที่เพิ่มขึ้นหลังการปรับปรุง.....	263
8.2	แนวทางในการลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบ.....	265

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

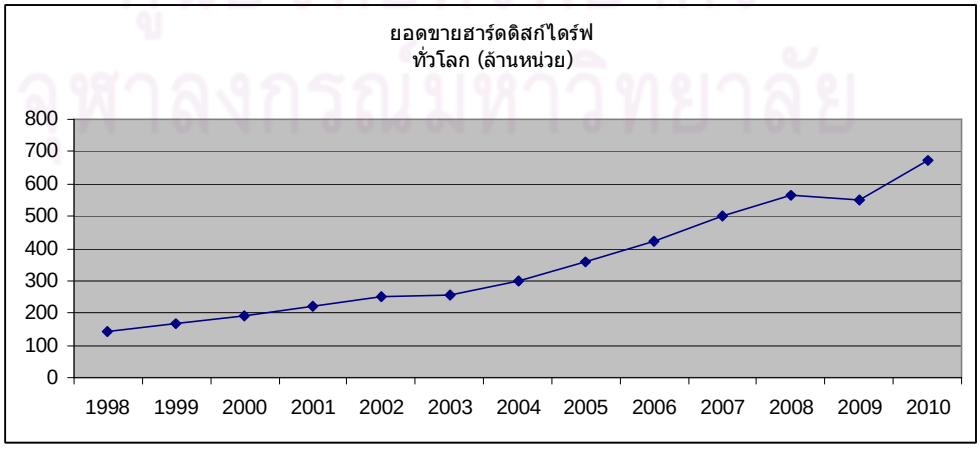
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันความต้องการการใช้งานคอมพิวเตอร์มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยยอดการจำหน่ายทั่วโลกในปี ค.ศ.1995 อยู่ที่ 58 ล้านเครื่อง ในขณะที่ยอดจำหน่ายในปี ค.ศ.2010 อยู่ที่ 300 ล้านเครื่อง และการคาดการณ์ยอดจำหน่ายในปี ค.ศ.2014 อยู่ที่ 384 ล้านเครื่อง ดังแสดงในรูปที่ 1.1 (eTForecasts, 2010) ทำให้ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Hard Disk Drive) ซึ่งเป็นอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลในคอมพิวเตอร์ มีความต้องการเพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน โดยยอดจำหน่ายฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทั่วโลกในปี ค.ศ.2009 อยู่ที่ 549 ล้านชิ้น และเพิ่มขึ้นเป็น 674 ล้านชิ้นในปี ค.ศ.2010 ดังแสดงในรูปที่ 1.2 (Gonsalves, 2010) และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามการคาดการณ์ยอดจำหน่ายคอมพิวเตอร์



รูปที่ 1.1 ยอดการจำหน่ายคอมพิวเตอร์ทั่วโลก



รูปที่ 1.2 ยอดการจำหน่ายฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทั่วโลก

ปัจจุบันผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์ ต้องการจัดเก็บข้อมูลที่ต้องการพื้นที่จัดเก็บมากขึ้นไม่ว่าจะเป็นการจัดเก็บภาพถ่ายส่วนบุคคล การจัดเก็บเพลงและหนังที่มีการมีความละเอียดสูง การบันทึกข้อมูลภาพวีดีโอเพื่อใช้ในงานด้านความปลอดภัย และการจัดเก็บฐานข้อมูลในอุตสาหกรรมการผลิตและบริการ โดยมีการประมาณการว่าผู้ใช้งานจะต้องการฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีความจุเฉลี่ยอยู่ที่ 260 กิกะไบท์ต่อคน ในปี 2011 (backupworks, 2011) ทำให้อุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องในหลายปีที่ผ่านมา

อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ออกสู่ตลาดอย่างต่อเนื่อง โดยฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นแรกซึ่งผลิตในปี ค.ศ.1980 มีความจุเพียง 5 เมกกะไบท์ แต่มีขนาดใหญ่ถึง 24 นิ้ว ในขณะที่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ผลิตในปี ค.ศ.2011 มีความจุถึง 4,000 กิกะไบท์ ด้วยขนาดเพียง 3.5 นิ้ว (Shimpi, 2011) โดยสามารถสรุปการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้ดังแสดงในตารางที่ 1.1 ความสามารถในการจัดเก็บข้อมูลที่สูงขึ้นมีตัวแปรสำคัญคือ ความสามารถในการบันทึกจำนวนแถบข้อมูลแม่เหล็กไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่สูงขึ้น โดย ความสามารถในการบันทึกจำนวนแถบข้อมูลแม่เหล็กไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่สูงขึ้น ต้องอาศัยการทำงานของชิ้นส่วนภายในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีความแม่นยำและเที่ยงตรงสูงมากขึ้นด้วย (Guoxiao Guo, Qi Hao and Teck-Seng Low, 2000)

ตารางที่ 1.1 สรุปการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ปี ค.ศ.	ขนาดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	ความจุ	ผู้ผลิตรายแรก
1980	24 นิ้ว	5 เมกกะไบท์	IBM
2005	3.5 นิ้ว	500 กิกะไบท์	Hitachi GST
2006	3.5 นิ้ว	750 กิกะไบท์	Seagate
2007	3.5 นิ้ว	1000 กิกะไบท์	Hitachi GST
2008	3.5 นิ้ว	1500 กิกะไบท์	Seagate
2009	3.5 นิ้ว	2000 กิกะไบท์	Western Digital
2010	3.5 นิ้ว	3000 กิกะไบท์	Seagate
2011	3.5 นิ้ว	4000 กิกะไบท์	Samsung

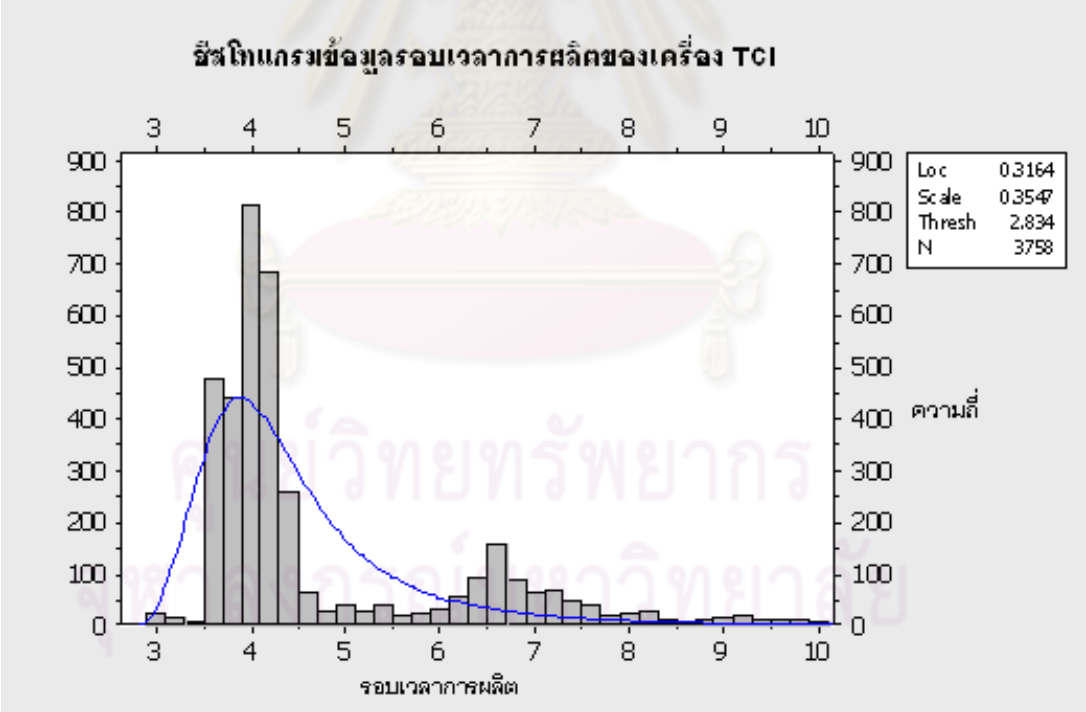
ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ถูกออกแบบให้มีการทำงานที่มีความแม่นยำและเที่ยงตรงระดับนาโนเมตร เครื่องจักรที่ใช้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก็ต้องมีความละเอียดเพียงพอที่จะประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ ของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าด้วยกัน ฝ่ายพัฒนาผลิตภัณฑ์และฝ่ายออกแบบเครื่องจักรต้องทำงานควบคู่กันไป เพื่อที่จะออกแบบผลิตภัณฑ์และออกแบบเครื่องจักรในการผลิตผลิตภัณฑ์นั้น เพื่อตอบสนองความสามารถในการบันทึกจำนวนแถบข้อมูลแม่เหล็กไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่มากขึ้น

จากลักษณะของผลิตภัณฑ์ข้างต้น จึงต้องออกแบบให้เครื่องจักรที่ใช้ในการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟให้มีความละเอียดและแม่นยำ ส่งผลให้ราคาของเครื่องจักรที่นำมาใช้ในการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีมูลค่าสูงถึง 3ล้านเหรียญสหรัฐต่อหนึ่งสายการประกอบ ทำให้บริษัทต้องมีการลงทุนในเครื่องจักรเป็นจำนวนเงินลงทุนมหาศาลในแต่ละปี ฝ่ายออกแบบเครื่องจักรต้องออกแบบเครื่องจักรที่มีกำลังการผลิต (Capacity) สูง ซึ่งสามารถทำงานได้เร็วและผลิตจำนวนชิ้นงานต่อวันให้ได้มากที่สุด เพื่อทำให้ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยผลิตภัณฑ์น้อยลง โดยกำลังการผลิตของสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ถูกออกแบบไว้คือ 15,360 ชิ้นต่อวัน โดยรอบเวลาการผลิตของสายการประกอบที่ถูกออกแบบไว้คือ 4.5 วินาที

เครื่องจักรที่ใช้ในการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟถูกออกแบบให้รอบเวลาการผลิตที่ 4.5 วินาที แต่ในขณะเดียวกันเครื่องจักรในสายประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีจำนวนถึง 38 เครื่อง พบว่า 11 เครื่องจักรมีค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิตสูงกว่า 4.5 วินาที ดังแสดงในตารางที่ 1.2 โดยเมื่อทดลองนำข้อมูลของเครื่องจักรที่มีค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิตสูงที่สุดใน 38 เครื่อง คือเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (TCI) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิตอยู่ที่ 4.69 วินาที มาทำการวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูลตัวอย่าง 3,758 ข้อมูล ดังรูปที่ 1.3 พบว่า เครื่อง TCI มีรอบเวลาการผลิตบางรอบเวลาที่มากกว่า 4.5 วินาทีเกิดขึ้น ซึ่งรอบเวลาการผลิตที่มากกว่า 4.5 วินาทีย่อมทำให้ค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ที่สูงขึ้นด้วย โดยมีค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิต (Mean) ที่ 4.69 วินาที ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ที่ 2.5782 ค่าความแปรปรวน (Variance) ที่ 6.6471 ค่าความเบ้ (Skewness) ที่ 6.6204 และค่าความโด่ง (Kurtosis) ที่ 52.4509

ตารางที่ 1.2 เครื่องจักรที่มีค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิตสูงกว่า 4.5 วินาที

เครื่องจักร	ลำดับที่	ค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิต (วินาที)
TCI	1	4.69
BDL	2	4.63
CS3	3	4.61
VS3	4	4.58
CSI1	5	4.57
CS5	6	4.56
CS6	7	4.54
CS8	8	4.53
VS2	9	4.52
CS7	10	4.52
RFI	11	4.51



รูปที่ 1.3 การกระจายตัวของข้อมูลรอบเวลาการผลิตเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (TCI)

ลักษณะรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรที่มีรอบเวลาการผลิตบางรอบเวลาที่มากกว่า 4.5 วินาทีเกิดขึ้น ก็คือความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรนั่นเอง ซึ่งเมื่อเกิดความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของแต่ละเครื่องจักรในสายประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ทำ

ให้รอบเวลาการผลิตเฉลี่ยของเครื่องจักรสูงขึ้น ก็ย่อมส่งผลต่อจำนวนชิ้นงานที่ทำได้จริงของสายประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ลดลง

1.2 แนวความคิดของงานวิจัย

การผลิตในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ต้องมีการแข่งขันด้านต้นทุนการผลิตที่ต้องต่ำลงเรื่อย ๆ ซึ่งจะเห็นได้จากเป้าหมายปี ค.ศ. 2010 ของบริษัทกรณีศึกษาที่ตั้งเป้าหมายไว้ว่าต้นทุนการผลิตต่อหน่วยจะต้องลดลงอย่างน้อย 10%ต่อปี (Seagate Technology, Slide) กำลังการผลิตของเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตจึงต้องมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าจะเป็นการลดรอบเวลาการผลิต (Cycle time) การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร (OEE: Overall Equipment Effectiveness) การลดของเสียในกระบวนการผลิต และการลดความแปรปรวนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เป็นต้น

ปัญหาในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่บริษัทกรณีศึกษาพบคือกระบวนการประกอบชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เนื่องจากเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ มีรอบเวลาการผลิตที่สั้นมากอยู่ที่ 4.5 วินาที เมื่อเกิดความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของแต่ละเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทีมากกว่า 4.5 วินาที จำนวนชิ้นงานหรือกำลังการผลิตของสายการประกอบน้อยลง จำนวนผลผลิตที่ทำได้จริงของสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะมีค่าน้อยกว่าตัวเลขจากการคำนวณประมาณ 10% ดังแสดงในตารางที่ 1.3 โดยค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรที่เป็นคอขวดอยู่ที่ 4.64 วินาที และจำนวนชิ้นงานที่ทำได้จริงต่อวันมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่12,127 ชิ้นต่อวัน จำนวนชิ้นงานที่ทำได้จริงน้อยกว่ากำลังการผลิตที่ออกแบบไว้ ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร ที่ไม่สามารถควบคุมได้น้อยกว่า 4.5 วินาทีทุกรอบเวลาการผลิต ซึ่งจะส่งผลต่อต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นตามมา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1.3 แสดงผลผลิตที่ทำได้จริงกับกำลังการผลิตของสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

วันที่	รอบเวลาการผลิตเฉลี่ยของคอขวด	% OEE	กำลังการผลิตต่อวัน	จำนวนชิ้นงานที่ทำได้จริง	% ที่คลาดเคลื่อน
02-ต.ค.-51	4.67	72.6%	13432	11902	11.4%
03-ต.ค.-51	4.72	71.3%	13052	11802	9.6%
04-ต.ค.-51	4.62	75.2%	14063	12045	14.4%
05-ต.ค.-51	4.60	72.4%	13599	12121	10.9%
06-ต.ค.-51	4.66	71.9%	13331	12150	8.9%
07-ต.ค.-51	4.53	73.2%	13961	12897	7.6%
08-ต.ค.-51	4.58	69.6%	13130	12145	7.5%
09-ต.ค.-51	4.76	72.6%	13178	12278	6.8%
10-ต.ค.-51	4.55	73.0%	13862	12086	12.8%
11-ต.ค.-51	4.87	71.2%	12632	11525	8.8%
12-ต.ค.-51	4.61	73.2%	13719	12478	9.0%
13-ต.ค.-51	4.59	72.8%	13704	12300	10.2%
14-ต.ค.-51	4.65	71.5%	13285	12301	7.4%
15-ต.ค.-51	4.71	71.7%	13153	11665	11.3%
16-ต.ค.-51	4.52	73.6%	14069	12988	7.7%
17-ต.ค.-51	4.67	68.9%	12747	11342	11.0%
ค่าเฉลี่ย	4.64	72.2%	13432	12127	9.7%

งานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นศึกษาเพื่อที่จะลดความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยเครื่องมือที่ใช้ในการลดความแปรปรวนในกระบวนการผลิตมีอยู่มากมายเช่น การออกแบบการทดลอง (Design of Experiments: DOE) เทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมสูงสุด (Optimization technique) และการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (Total Preventive Maintenance) แต่เครื่องมือที่ผู้วิจัยและบริษัทกรณีศึกษาเลือกใช้ในการแก้ปัญหาและปรับปรุงกระบวนการผลิตคือ แนวทางของซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma) เพราะว่าแนวความคิดของซิกซ์ ซิกม่าคือ การควบคุมคุณภาพที่ระดับค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงมากเท่าไร ก็จะลดค่าความแปรปรวนในกระบวนการผลิตน้อยลง ส่งผลให้การดำเนินงานมี

ประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Breyfogle, 1999) อีกทั้งพนักงานผู้มีส่วนร่วมในการปรับปรุงปัญหาและบริษัทกรณีศึกษา มีความรู้และประยุกต์ใช้หลักการของซิกซ์ ซิกม่ามาก่อน ซึ่งทำให้แนวทางของซิกซ์ ซิกม่า เหมาะสมที่สุดกับปัญหาของงานวิจัยนี้ ที่ต้องการลดความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้ศึกษาได้เลือกเอาปัญหาของงานด้านการผลิตตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น คือการลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายประกอบชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมาเป็นกรณีศึกษา เพื่อที่จะใช้แนวความคิดและวิธีปฏิบัติตามขั้นตอนของซิกซ์ ซิกม่า เพื่อเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างมีระบบ แนวทางการปฏิบัติด้านแนวคิดการควบคุมคุณภาพในระดับซิกซ์ ซิกม่า จะใช้หลักการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติเป็นสำคัญ ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนหลัก (Forrest, 1999) ที่ใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาคือ

1. การวัดเพื่อกำหนดหาสาเหตุของปัญหา (Measure Phase)
2. การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analyze Phase)
3. การปรับปรุงกระบวนการ (Improve Phase)
4. การควบคุมตัวแปรต่าง ๆ (Control Phase)

โดยการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาเริ่มจากการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา ซึ่งทำการวิเคราะห์เครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีจำนวนถึง 38 เครื่อง เพื่อกำหนดเครื่องจักรที่จะถูกเลือกมาปรับปรุงก่อน ซึ่งขั้นตอนในการเลือกนั้นต้องทำการเปรียบเทียบความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง เพราะเครื่องจักรที่มีโอกาสที่รอบเวลาการผลิตของเครื่องจักมากกว่าค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้คือ 4.5 วินาทีมากเท่าไหร่ ย่อมส่งผลต่อการลดลงของกำลังการผลิตของสายการประกอบมากตามไปด้วย

เนื่องจากข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรทั้ง 38 เครื่องมีลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลที่แตกต่างกัน จึงต้องนำข้อมูลเหล่านั้นมาทำการหาลักษณะการกระจายตัวของข้อมูล เพื่อดูลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลว่าใกล้เคียงกับการกระจายตัวแบบใดมากที่สุด โดยนำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรแต่ละเครื่องมาทำการพล๊อตการกระจายตัว (Probability Plot) แล้วดูแนวโน้มว่าข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรมีการกระจายตัวเป็นเป็นแบบใดและมีค่าทางสถิติที่เท่าไหร่ ซึ่งจะทำการเลือกการกระจายตัวที่มาเปรียบเทียบทั้งหมด 12 รูปแบบ เพื่อทำการเปรียบเทียบค่า Anderson-Darling (AD) Statistics แล้วทำการเลือกรูปแบบการกระจายที่มีค่า AD มากที่สุด (Stephens, 1974) ในแต่ละเครื่องจักรเพื่อทำการนำไปหาโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมีค่าเกิน 4.5 วินาทีต่อไป

เมื่อทราบโอกาสที่รอบเวลาการผลิตที่มีค่าเกิน 4.5 วินาทีของแต่ละเครื่องจักร ก็ทำการเลือกปรับปรุงเครื่องจักรที่มีโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมีค่าเกิน 4.5 วินาทีมากที่สุดมาปรับปรุงก่อน ซึ่งเริ่มจากการทำผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ซึ่งเป็นผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของเป้าหมายที่ต้องการทำการปรับปรุง (ฮิโตชิ, 2541) คือ ความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตกับปัจจัยต่าง ๆ ในการระบุหาสาเหตุของปัญหา ซึ่งกระทำโดยวิธีการระดมสมองจากกลุ่มคนที่มีความเชี่ยวชาญหรือคุ้นเคยในกระบวนการผลิตนั้น ๆ เมื่อได้ระดมความคิดเพื่อหาสาเหตุที่ทำให้เกิดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรนั้นได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการวิเคราะห์หาสาเหตุที่มีผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิตที่มีโอกาสการเกิดข้อผิดพลาดขึ้น และมีระบบตรวจจับความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใด โดยจะใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) (Forrest, 1999) เพื่อเลือกสาเหตุของปัญหาที่มีค่า RPN (Risk Priority Number) มาก ๆ ทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่แท้จริงถัดไป

ขั้นตอนถัดไปของการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาคือ การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา การวิเคราะห์ปัญหาโดยการตัดสินใจซึ่งปราศจากข้อมูลทางสถิติ จะทำให้เกิดความผิดพลาดในกระบวนการแก้ปัญหาต่าง ๆ ดังนั้นในขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหานี้จึงมีความสำคัญอย่างมากที่ต้องอาศัยวิธีการทางสถิติ ซึ่งจะประกอบไปด้วยขั้นตอนที่สำคัญคือ การตั้งสมมติฐานและการทดสอบสมมติฐาน เพื่อให้ค้นพบสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา (Randall, 2003) โดยปัจจัยที่เลือกมาทำการทดสอบสมมติฐานอิทธิพลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ จะได้มาจากการทำ FMEA ซึ่งจะเลือกปัจจัยที่มีค่า RPN สูงสุดอันดับแรก ๆ มาทำการทดสอบสมมติฐานในขั้นถัดไป เพื่อที่จะแยกปัจจัยที่มีอิทธิพลและไม่มีอิทธิพลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรออกจากกัน

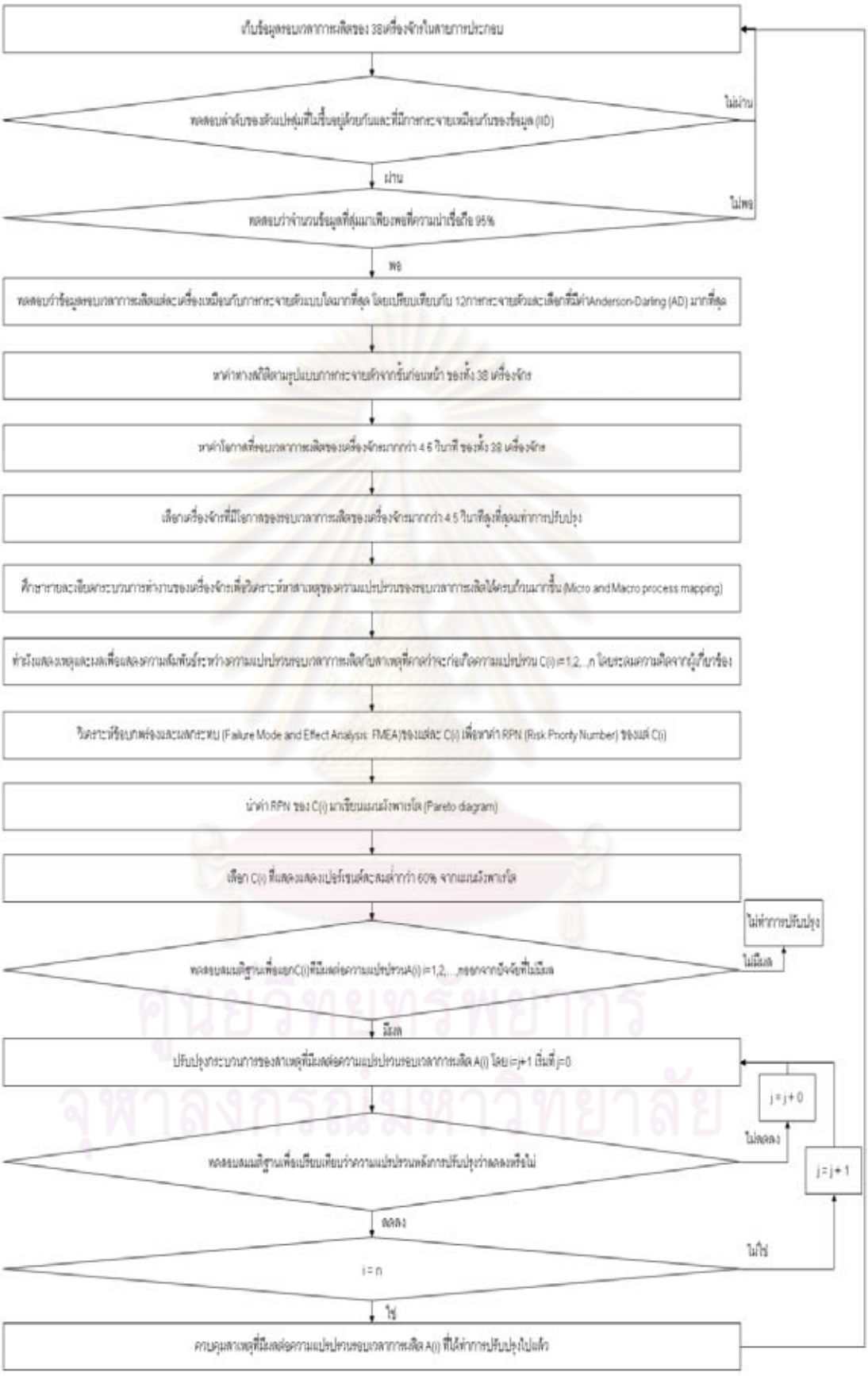
เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test (Levene, 1960) ด้วยค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% ซึ่งถ้าค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าน้อยกว่า 0.05 จะสามารถสรุปได้ว่าปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรเนื่องมาจากปัจจัยที่ได้ทำการทดลอง แต่ถ้าค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่ามากกว่า 0.05 จะสามารถสรุปได้ว่ายอมรับสมมติฐาน H_0 และสรุปว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรเนื่องมาจากปัจจัยที่ได้ทำการทดลอง

เมื่อทราบถึงสาเหตุของปัญหาที่ส่งผลต่อกระทบต่อความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรที่ได้ทำการเลือกมาปรับปรุงแล้ว ขั้นต่อไปคือการปรับปรุงเพื่อแก้ไขปัญหานั้น ๆ โดยการปรับปรุงเพื่อลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรก็ต้องอาศัยการปรับปรุงกระบวนการทำงานของเครื่องจักร การออกแบบอุปกรณ์เพิ่มเติมเพื่อช่วยลดข้อผิดพลาดการทำงานของเครื่องจักร การซ่อมบำรุงและเปลี่ยนอุปกรณ์ของเครื่องจักรอย่างเหมาะสม การเปลี่ยนอุปกรณ์ในเครื่องจักรบางตัวที่มีความสามารถมากขึ้นเพื่อลดข้อผิดพลาดในการทำงาน การหาตั้งระยะเครื่องจักรที่เหมาะสมเป็นต้น

ในการที่จะปรับปรุงจำเป็นต้องอาศัยการพิสูจน์หรือทดสอบสมมติฐานทางสถิติเพื่อเป็นการยืนยันว่าการปรับปรุงแก้ไขสามารถลดความแปรปรวนที่เกิดขึ้นกับรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรได้จริงหรือไม่ โดยจะทำการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรทั้งก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง โดยพยายามควบคุมปัจจัยอื่น ๆ ให้เหมือนกัน แล้วทำการวิเคราะห์ว่ารอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรหลังการปรับปรุงมีความแปรปรวนลดลงหรือไม่ โดยการใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ด้วยค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% ซึ่งจะสามารถสรุปได้ว่าหลังการปรับปรุงความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรลดลงหรือไม่

เมื่อสามารถระบุปัญหา หาสาเหตุของปัญหา หาแนวทางแก้ไขปัญหาและได้ถูกนำไปปฏิบัติแล้ว ขั้นตอนที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ การป้องกันและควบคุมกระบวนการเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาซ้ำขึ้นมา ป้องกันความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรที่ได้ทำการปรับปรุงไปแล้ว โดยกำหนดการตรวจสอบเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของการซ่อมบำรุงเชิงรักษา (Preventive Maintenance) และการนำแนวความคิดของ Real Time Monitoring System เพื่อช่วยในการควบคุมรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ได้นำถูกมาประยุกต์ใช้เพื่อให้พนักงานที่ดูแลเครื่องจักรและพนักงานฝ่ายผลิต ได้ใช้ข้อมูลในการเฝ้าระวังความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรได้ โดยข้อมูลรอบเวลาการผลิตจะถูกแสดงผลผ่านระบบฐานข้อมูลของบริษัท

จากงานวิจัยของตัวอย่างกรณีศึกษาที่สายประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สามารถออกแบบแนวทางในการลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบและเพิ่มกำลังการผลิตของสายการประกอบได้ อย่างเป็นระบบและเป็นขั้นตอนตามแนวทางของซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสายการประกอบอื่น ๆ ได้เช่นกัน โดยสามารถสรุปเป็นแผนภาพของกระบวนการในการทำงานวิจัยเพื่อลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟโดยแนวทางซิก ซิกซ์ม่า ดังแสดงในรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 แผนภาพสรุปของกระบวนการในการทำงานวิจัย

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟโดยประยุกต์ใช้แนวทางของซิกซ์ ซิกม่า

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

การวิจัยจะมุ่งศึกษาสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ โดยศึกษาจากขั้นตอนการประกอบผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง ของโรงงานกรณีศึกษา และวิเคราะห์หาสาเหตุของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งหาวิธีการลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรซึ่งทำให้กำลังการผลิตของสายการประกอบเพิ่มมากขึ้น โดยใช้แนวทางของซิกซ์ ซิกม่า

1. เลือกสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟผลิตภัณฑ์ตัวอย่างของโรงงานกรณีศึกษา ที่ทำการศึกษาวิจัยครั้งนี้ แล้ววิเคราะห์หาสาเหตุของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งหาวิธีการลดความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรลงไม่น้อยกว่า 10% ของค่าความแปรปรวนเดิม

2. งานวิจัยนี้จะใช้วิธีการตามแนวทางของซิกซ์ ซิกม่าในการวิเคราะห์และลดความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร

3. การลดความแปรปรวนของเครื่องจักรในสายการประกอบ จะปรับปรุงเครื่องจักรที่มีความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต ซึ่งมีผลกระทบสูงต่อกำลังการผลิตของสายการประกอบ ตามแนวทางของซิกซ์ ซิกม่าเท่านั้น

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ สายการประกอบ รอบเวลาการผลิต ความแปรปรวน แนวทางการประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกม่า

2. ศึกษาสภาพปัจจุบันและปัญหาของสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของโรงงานกรณีศึกษา

3. วิเคราะห์หาสาเหตุของความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตที่เกิดขึ้นของเครื่องจักรที่ส่งผลต่อกำลังการผลิตของสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

4. หาวิธีการปรับปรุงเพื่อลดความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตที่เกิดขึ้นและส่งผลต่อกำลังการผลิตของสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

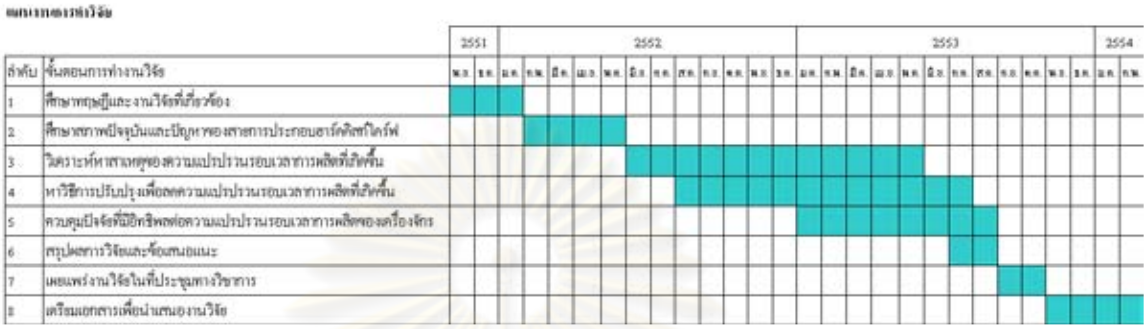
5. ควบคุมปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

7. เตรียมเอกสารเพื่อนำเสนองานวิจัย

โดยมีแผนงานการทำวิจัยในขั้นตอนต่างดังแสดงในตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 แสดงแผนงานการทำวิจัยในขั้นตอนต่าง



1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผลการศึกษาจะเป็นแนวทางในการปฏิบัติเพื่อวิเคราะห์ ปรับปรุง และควบคุมปัญหาที่เกิดขึ้นของโรงงานกรณีศึกษาในกรณีอื่น ๆ รวมทั้งเข้าใจการประยุกต์ใช้รูปแบบทางสถิติเพื่อใช้แก้ปัญหาในทางอุตสาหกรรม

2. ลดความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ซึ่งจะส่งผลกำลังการผลิตที่ทำได้จริงของสายการประกอบเพิ่มมากขึ้น และใกล้เคียงกับกำลังการผลิตที่ตั้งไว้มากขึ้น

3. เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตมากยิ่งขึ้น โดยจำนวนชิ้นงานที่ทำได้ต่อวันมากขึ้นในขณะที่ลดต้นทุนการผลิตทางด้านเครื่องจักรเท่าเดิม

4. อาจจะส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ อันเนื่องมาจากการลดความแปรปรวนของกระบวนการผลิต และสร้างความพึงพอใจแก่ลูกค้ามากยิ่งขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้เข้าใจถึงหลักการทำงานเบื้องต้นของการบันทึกและการอ่านข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

2. เพื่อให้เข้าใจหลักการและแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตตามแนวทางของซิกซ์ ซิกม่า และหลักการทางสถิติที่นำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาในงานวิจัย

3. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสายการประกอบ และการประยุกต์ใช้แนวทางของซิกซ์ ซิกม่าในการแก้ปัญหาในกระบวนการผลิต

2.2 ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

2.2.1 ตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (IDC, 2009)

การวิเคราะห์แนวโน้มของตลาดมีความสำคัญอย่างมากในการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์ เพื่อตอบสนองความสามารถในการครอบครองตลาดและสามารถแข่งขันกับคู่ต่อสู้ได้ เทคโนโลยีของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ก็ถูกพยายามคิดค้นและออกแบบเพื่อที่จะสร้างฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีความจุมากขึ้น และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานที่รวดเร็วขึ้น

เราสามารถแบ่งตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตามขนาดความจุของหน่วยความจำได้เป็น 3 ประเภทได้แก่

1. ตลาดคอมพิวเตอร์องค์กร (High End Market)

เป็นตลาดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีความจุของข้อมูลขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีความน่าเชื่อถือสูง ถูกนำไปใช้ในเครื่องมินิคอมพิวเตอร์และระบบเซิร์ฟเวอร์ทั่วไปในปัจจุบัน เนื่องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการใช้งานปัจจุบันเป็นโปรแกรมที่สร้างให้คนสามารถใช้งานได้ง่าย นอกจากนั้นยังต้องต่อเชื่อมเข้ากับระบบติดต่อสื่อสาร ดังนั้นตัวโปรแกรมจึงมีความสลับซับซ้อนสูงมากและต้องใช้หน่วยความจำมากเพื่อรองรับการทำงานกับโปรแกรมนั้น ๆ และเนื่องจากในปัจจุบันคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลแทบทุกเครื่องทั้งที่ใช้ในบ้านและที่ทำงานจะเป็นระบบสารพัดประโยชน์ ซึ่งจะสามารถใช้ประโยชน์ได้หลายอย่างจากคอมพิวเตอร์เพียงเครื่องเดียว เช่น ใช้ดูหนัง ใช้ฟังเพลง ใช้เป็นเครื่องโทรศัพท์ โทรสาร เครื่องถ่ายเอกสาร และการใช้ต่อกับกล้อง

ถ่ายภาพ ซึ่งจากการที่เราใช้คอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์สารพัดประโยชน์ดังกล่าว ทำให้หน่วยความจำที่จำเป็นต้องใช้ในคอมพิวเตอร์ จำเป็นต้องมีความจุสูงขึ้นเป็นเงาตามตัว ดังนั้นตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตลาดบน จึงมีการขยายตัวเป็นอย่างมากและมีการเจริญเติบโตที่สูงมาก

2. ตลาดคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (Desktop Market)

เป็นตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีความจุขนาดปานกลาง และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นบันทึกข้อมูลที่ประมาณ 3.5 นิ้ว ส่วนใหญ่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟพวกนี้จะใช้ในคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ที่ใช้กับโปรแกรมง่าย ๆ ที่ไม่มีความสลับซับซ้อมมากนัก ไม่ต้องต่อเข้ากับระบบการติดต่อสื่อสารที่ต้องการหน่วยความจำมาก หรือใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต่อเป็นระบบแลน (LAN) ซึ่งเมื่ออยู่ในระบบแลนแล้ว เครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องจะใช้หน่วยความจำของเครื่องแม่ข่ายหรือที่เรียกว่า SERVER ดังนั้นเครื่องลูกจึงไม่จำเป็นต้องมีหน่วยความจำมาก ๆ ก็สามารถทำงานได้

แนวโน้มทางการตลาดของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลสามารถวิเคราะห์ได้ดังต่อไปนี้

- เครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะส่วนบุคคลมีอัตราการเติบโตต่ำลงทุกปี
- ราคาเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะส่วนบุคคลต่ำลงทุกปี
- เน้นการลดต้นทุนเพื่อให้มีกำไรสูงขึ้น
- ผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีการเพิ่มทางเลือกให้กับลูกค้ามากขึ้น
- ผู้ผลิตพยายามรักษาความเป็นผู้นำทางด้านเทคโนโลยี

3. ตลาดคอมพิวเตอร์พกพา (Mobile Market)

เป็นตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีความจุของหน่วยความจำใกล้เคียงกับคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ แต่ว่ามีขนาดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่เล็กกว่า โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นบันทึกข้อมูลอยู่ที่ 2.5 นิ้ว ซึ่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟพวกนี้จะใช้ในคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดเล็กและใช้พกพา มีน้ำหนักเบา ซึ่งจะใช้ขนย้ายได้ง่าย แต่ในขณะเดียวกันก็จะมีราคาแพงเนื่องจากการผลิตที่ซับซ้อนและยุ่งยากกว่า

จากการคาดเดาในอนาคตถึงการเจริญเติบโตของอุปกรณ์แบบพกพา จะเห็นว่าความต้องการในอนาคตจะเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับความต้องการใช้คอมพิวเตอร์ในอนาคตที่มีมากขึ้นตามการเจริญเติบโตของโลก การพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์มีแนวโน้มไปในทางที่มีประสิทธิภาพและศักยภาพการใช้งานที่สูงขึ้น ความต้องการอุปกรณ์ในส่วนนี้คาดว่าจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก โดยเฉพาะอุปกรณ์ที่มีขนาดบางเหมาะกับการเคลื่อนย้าย มีแนวโน้มในลักษณะที่มีความต้องการ

ของผู้บริโภคมากขึ้น เพราะระบบของ Notebook ในอนาคตจะมีราคาถูกลง ขนาดของอุปกรณ์จะสะดวกในการนำติดตัวหรือเคลื่อนย้ายได้ง่าย

ตลาดส่วนใหญ่ของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะอยู่ในเขตประเทศที่พัฒนาแล้วมากว่า 84% โดยจะอยู่ในประเทศสหรัฐอเมริกา 57% ยุโรป 27% และอยู่ในเอเชียเพียง 16% ถ้าประเทศที่กำลังพัฒนาได้รับความรู้และรับเทคโนโลยีมากขึ้น ตลาดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก็จะเพิ่มมากขึ้น ทำให้แนวโน้มการขยายตัวของตลาดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก็จะมากขึ้นด้วย แต่อย่างไรก็ตามวงจรผลิตภัณฑ์ของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีอายุค่อนข้างสั้นเพียงประมาณ 12-15 เดือนเท่านั้น นั่นก็คือหลังจากที่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในแต่ละรุ่นเริ่มวางตลาดได้ประมาณ 12-15 เดือน ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นดังกล่าวก็จะล้าสมัยและมีการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นใหม่มาทดแทน ความแตกต่างระหว่างฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นเก่าและรุ่นใหม่จะอยู่ที่หน่วยความจำ โดยความจุฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นใหม่จะมีความจุเพิ่มขึ้นประมาณ 60% ทุก ๆ ปี หรืออาจจะกล่าวได้ว่าปริมาณความจุของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะถูกพัฒนาให้มีขนาดของหน่วยความจำเพิ่มขึ้นป็น 10 เท่า ทุก ๆ เวลา 5 ปี

2.2.2 เทคโนโลยีพื้นฐานของการบันทึกข้อมูล (Seagate Technology, Slide)

โครงสร้างของคอมพิวเตอร์ที่ต้องอาศัยการส่งข้อมูลและการคำนวณ จะใช้เป็นระบบตัวเลขฐาน 2 (Binary system) ที่อยู่ในรูป “0” และ “1” เท่านั้น การบันทึกข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก็ใช้ระบบตัวเลนฐาน 2 เหมือนกัน โดนที่ bit จะเป็น “0” หรือ “1” และ ไบต์ (Byte) จะเป็นการเอาบิต (Bit) หลาย ๆ ตัวเข้ามาเรียงกัน โดยทั่วไปในระบบคอมพิวเตอร์ 1 ไบต์จะมี 4 บิต หรือ 16 บิต ตัวอย่างเช่น

ไบต์ (4 บิต)	0000	0001	0010	0100
ไบต์ (8 บิต)	00000001	00000000	00101010	00001111

ไบต์ที่มี 4 บิตจะมีจำนวนรูปแบบที่เป็นไปได้อยู่ 16 รูปแบบ

ไบต์ที่มี 8 บิตจะมีจำนวนรูปแบบที่เป็นไปได้อยู่ 256 รูปแบบ

ไบต์ที่มี 16 บิตจะมีจำนวนรูปแบบที่เป็นไปได้อยู่ 65,536 รูปแบบ

ในระบบการบันทึกข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ถ้าเราใช้ ไบต์ระบบ 4 บิต แทนตัวอักษรที่จะบันทึกลงไปในแผ่นบันทึกข้อมูล เราจะได้ตัวอักษรทั้งหมด 16 ตัว

A = 0000	B = 0001	C = 0010	D = 0100
E = 1000	F = 0011	G = 0110	H = 1100
I = 0101	J = 1010	K = 1001	L = 0111

M = 1011 N = 1101 O = 1110 P = 1111

จากตัวอย่างจะเห็นว่าระบบไบต์ 4 บิต จะสามารถเขียนตัวอักษรได้จาก A ถึง P เท่านั้น อย่างไรก็ตามเราก็สามารถนำเอาตัวเลข ไบต์ 2 ไบต์ (4 บิต + 4 บิต) มารวมกันได้และสามารถแทนตัวอักษรตัวถัดไปได้เช่น

Q = 000000001 R = 00000010 S = 00000100

T = 00001000 U = 00000011 V = 00000110

<u>ตัวอย่าง</u>

- หนังสือ 1 เล่มซึ่งมี 100 หน้าจะมีจำนวนบิตที่บันทึกลงบนแผ่นบันทึกข้อมูลประมาณ 300 เมกะบิต

- ภาพยนตร์ที่เราใช้เวลาฉายประมาณ 2 ชั่วโมงจะมีความจุที่อยู่บนแผ่นบันทึกข้อมูลประมาณ 4,000 เมกะบิต

- ซอฟต์แวร์วินโดว์ 95 จะมีความจุอยู่ที่ประมาณ 100 เมกะบิต

2.2.3 เทคโนโลยีของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ในยุคต้น ๆ ของการใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเป็นอุปกรณ์ที่หรูหราเกินความจำเป็น แต่ปัจจุบันฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นอย่างมากสำหรับคอมพิวเตอร์ เพราะว่าซอท์ฟแวร์สมัยใหม่มีขนาดใหญ่ขึ้นและต้องใช้พื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูลเป็นจำนวนมาก ในการเก็บข้อมูลและโปรแกรมต่าง ๆ ลงบนแผ่น Floppy Disk อาจทำไม่ได้อย่างสมบูรณ์ ถึงแม้ว่าจะถ่ายลงแผ่น Floppy Disk ได้ก็ตาม การประมวลผลนั้นก็จะยุ่งยากไม่สะดวก เพราะต้องมีการสลับแผ่น Floppy Disk เข้าออกช่องไปมา ซึ่งต้องหันกลับมาใช้ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเพราะสามารถทำงานได้ง่ายและสะดวกกว่า แต่ที่สำคัญคือความได้เปรียบทางด้านขนาดความจุประสิทธิภาพ ความเร็วในการทำงาน ทำให้เทคโนโลยีทางด้านฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก้าวต่อไปอีกไกล

ความสามารถของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้ถูกพัฒนาตามความต้องการของตลาดตลอดมา ตั้งแต่ยุคต้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 8” ความจุเพียง 10 MB จนปัจจุบันนี้ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีขนาดเล็กลงมากเหลือเพียง 5.5 นิ้ว 3.5 นิ้ว 1.8 นิ้ว 1.3 นิ้ว และ 1 นิ้ว ตามลำดับ ในขณะเดียวกันความสามารถในการจัดเก็บข้อมูลกลับมากขึ้นหลายเท่าตัว รวมทั้งความเร็วในการเก็บและการค้นหาข้อมูลที่เร็วขึ้นด้วย

2.2.4 พื้นฐานกระบวนการอ่านและเขียนข้อมูลของหัวอ่านและบันทึก (Seagate Technology, Slide)

ในกระบวนการบันทึกข้อมูลของหัวอ่านและบันทึกลงแผ่นบันทึกข้อมูลหรือที่เรียกว่า Media นั้นมีอยู่สองกระบวนการคือ กระบวนการที่เรียกว่า Writing และกระบวนการอ่านซึ่งเรียกว่า Reading หรือ Reproducing โดยทั้งสองกระบวนการนั้นได้อาศัยทฤษฎีของการกำเนิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น

กระบวนการเขียน (Writing) นั้นสามารถอธิบายได้ดังนี้ คือ ในขั้นตอนการเขียนข้อมูลนั้นจะทำการป้อนกระแสไฟฟ้าชนิดสลับเข้าไปยังตัวหัวอ่านและบันทึก ซึ่งมีส่วนของเส้นลวดที่พันอยู่บนรอบแกนโลหะอยู่จะสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น และสนามแม่เหล็กไฟฟ้านี้จะสร้างเส้นแรงของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าตรงช่องว่างเล็ก ๆ ระหว่างแกนของขดลวด ซึ่งในทางทฤษฎีนั้นสามารถอธิบายได้ว่าเมื่อสนามแม่เหล็กเกิดรอยรั่วขึ้น หรือวงจรสนามแม่เหล็กเปิดเส้นแรงของแม่เหล็กจะพยายามที่ผ่านช่องว่างของรอยรั่วนั้นไป เพื่อพยายามให้เกิดวงจรปิดซึ่งจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบ ๆ ช่องว่างนั้นขึ้น และส่งผลให้เกิดมีเส้นแรงของแม่เหล็กขึ้นในบริเวณช่องว่างนั้น หรือที่เรียกว่า Line of force โดยที่หลักการเขียนของหัวอ่านและบันทึกก็ได้อาศัยการเกิดสนามแม่เหล็กและเส้นแรงแม่เหล็กในบริเวณรอยรั่วนี้มาบันทึกข้อมูลเป็นสนามแม่เหล็ก ลงบนแผ่นข้อมูลซึ่งเคลือบสารแม่เหล็กไว้โดยที่แผ่นข้อมูลหรือแผ่นดิสก์จะหมุนด้วยความเร็วรอบประมาณ 7,500 – 10,000 รอบต่อวินาที และการบันทึกข้อมูลของตัวหัวอ่านและบันทึก จะบันทึกข้อมูลเป็นระบบตัวเลขฐานสองดังแสดงรายละเอียดไว้ข้างต้น โดยการเกิดเลขฐานสองขึ้นในการบันทึกข้อมูลนั้นได้เกิดจากการป้อนกระแสไฟฟ้าสลับนั่นเอง โดยเมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าบวก ตัวหัวอ่านและบันทึกจะทำการบันทึกเป็น “1” หรือเรียกว่า Data bit “1” และเมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเป็นลบ ตัวหัวอ่านและบันทึก ก็จะบันทึกข้อมูลเป็น “0” หรือเรียกว่า Data bit “0”

การอ่านข้อมูล (Reading and Reproducing) จะใช้หลักการเดียวกับการเขียนข้อมูล แต่ต่างกันตรงที่การอ่านข้อมูลนั้นจะไม่มีการป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าไปที่ตัวหัวอ่านและบันทึกเหมือนกับการเขียนข้อมูล การอ่านข้อมูลจะทำโดยใช้แผ่นข้อมูลหรือแผ่นดิสก์หมุนด้วยความเร็วสูง โดยหมุนผ่านตัวหัวอ่านและบันทึกที่อยู่กับที่ โดยไม่มีกระแสไฟฟ้าผ่านตัวหัวอ่านและบันทึก ซึ่งมีระยะห่างระหว่างตัวหัวอ่านและบันทึกกับแผ่นดิสก์ที่เล็กมาก ๆ ประมาณ 0.001 – 0.002 นิ้วจะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กขึ้น การอ่านข้อมูลจะใช้สนามแม่เหล็กที่ถูกเหนี่ยวนำขึ้นนี้ ทำการอ่านข้อมูลบนแผ่นดิสก์ซึ่งข้อมูลจะถูกบันทึกไว้ในรูปของสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าและแปลงสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้ามาเป็นค่าความต่างศักย์ซึ่งวัดออกมาเป็นหน่วยของโวล์ตเทจ (Voltage) ค่าความต่างศักย์ที่วัดออกมาได้เป็นบวกจะหมายถึงข้อมูลที่เป็นเลขฐานสองคือ “1” หรือเรียกว่า Bit “1” และค่าความต่างศักย์ที่วัดออกมาได้เป็นลบ จะหมายถึงข้อมูลที่เป็นเลขฐานสองคือ “0” หรือเรียกว่า Bit “0”

2.2.5 ความจุของการบันทึกข้อมูล

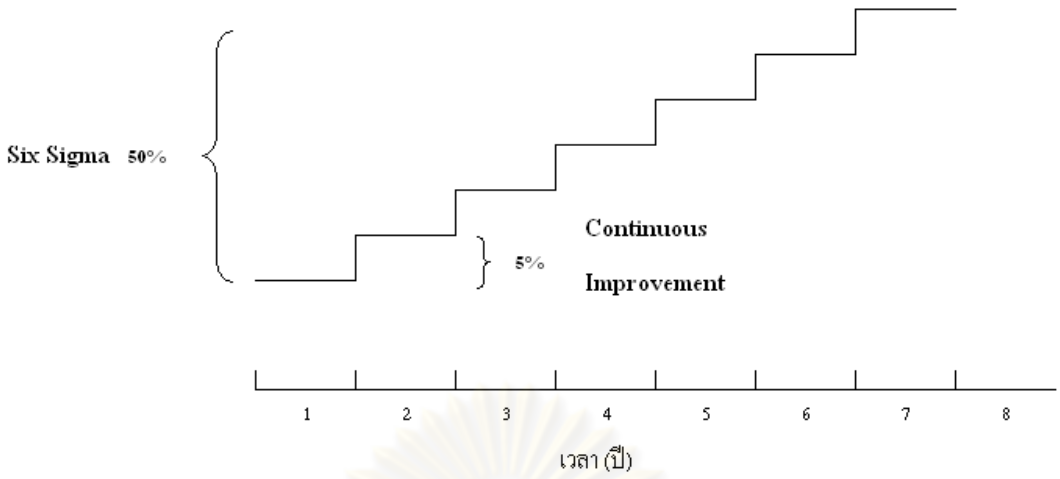
ความจุของการบันทึกข้อมูลหรือสามารถเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าความสามารถในการบันทึกข้อมูลของหัวอ่านและบันทึก ซึ่งจะวัดค่าออกมาเป็นความหนาแน่นของการการบันทึกข้อมูล (Areal Density) โดยมีหน่วยการวัดเป็นบิตต่อนิ้ว (Bit per inch : BPI) และ แทคต่อนิ้ว (Track per inch : TPI) โดย BPI คือการนับจำนวนบิตที่มีอยู่ในระยะความยาวหนึ่งนิ้วว่ามีจำนวนกี่บิต และ TPI คือการนับจำนวนแทค (Track) ที่มีอยู่ในระยะความยาวหนึ่งนิ้วว่ามีจำนวนเท่าไร ถ้ามีจำนวนของ BPI และ TPI สูงก็จะหมายถึงมีความหนาแน่นหรือความจุของการบันทึกข้อมูลสูง ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความจุหรือความหนาแน่นในการบันทึกข้อมูลก็คือ ความกว้างของช่องว่างระหว่างแกนของขดลวดซึ่งเรียกว่า Gap หรือขนาดของ Pole Tip ซึ่งเป็นภาษาในวงการอุตสาหกรรมการผลิตหัวอ่านและบันทึก และความยาวของ Gap ซึ่งในวงการของอุตสาหกรรมผลิตหัวอ่านและบันทึกเรียกว่า Top Pole Width (TPW)

2.3 แนวคิดการดำเนินงานแบบซิกซ์ ซิกม่า

ในอุตสาหกรรมทุก ๆ ประเภทมีการแข่งขันกันอย่างมากมาย โดยเฉพาะอุตสาหกรรมด้านฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สิ่งที่จะทำให้ยอดขายของบริษัทเพิ่มขึ้นจะต้องขึ้นกับจุดประสงค์ของลูกค้าเป็นหลัก ดังนั้นการได้มาซึ่งความได้เปรียบของบริษัท คือการสร้างความพึงพอใจสูงสุดให้กับลูกค้า และกลยุทธ์ที่สำคัญคือ การควบคุมคุณภาพในระดับซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งเป็นวิธีการดำเนินงานที่ทำให้หลายบริษัทสามารถประสบความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านคุณภาพเพื่อมุ่งสู่ผลลัพธ์คือ ความสามารถในการททำกำไรของบริษัท

การควบคุมคุณภาพในระดับซิกซ์ ซิกม่าคือ มาตราการซึ่งใช้วัดคุณภาพการดำเนินงาน ในขั้นตอนต่าง ๆ ของซิกซ์ ซิกม่า การควบคุมกระบวนการผลิตด้วยระดับ σ สูง ความต้องการในการลดค่าความแปรปรวนในกระบวนการผลิตให้น้อยลง เพื่อผลการดำเนินงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ขั้นตอนทุกขั้นตอนของการทำงานทุกประเภทจะถูกควบคุมอย่างมีระบบ โดยที่พนักงานจะต้องรู้สึกว่ามิใช่การทำงานหนักยิ่งขึ้น

ส่วนหนึ่งของงานวิจัยนี้ต้องการใช้แนวทางทางด้านการควบคุมคุณภาพในระดับซิกซ์ ซิกม่า มาเป็นมาตราฐาน หรือแนวทางในการวิเคราะห์ แก้ไขปัญหาขององค์กรอย่างเป็นรูปแบบ การปรับปรุงโดยใช้แนวทางของซิกซ์ ซิกม่า จะเห็นความแตกต่างได้ชัดเจน ดังภาพข้างล่างนี้



รูปที่ 2.1 แสดงความแตกต่างระหว่างแนวคิด Six Sigma กับ Continuous Improvement

จากรูปข้างบนอธิบายถึงแนวคิดและเป้าหมายของโครงการซิกซ์ ซิกม่านี้ จะดำเนินการพัฒนาได้เร็วกว่าการทำ Continuous Improvement คือการพัฒนา การทำตามขั้นตอน (Step by step) ซึ่งมีข้อจำกัดด้านเวลามาเกี่ยวข้อง

Robert S. , Six sigma quality, 1998 ได้กล่าวถึงหลักการบริหารธุรกิจของ General Electric (GE) ที่ประสบความสำเร็จโดยใช้ Six Sigma ไว้ดังต่อไปนี้

เริ่มต้นคำถามว่าเราไม่เคยทำสิ่งเหล่านี้

1. พยายามผลักดันให้ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตเกินกว่าขอบเขตที่ได้ตั้งเอาไว้
2. ยอมรับด้วยเหตุและผลกับลูกค้าถึงความถูกต้อง
3. คัดเลือกชิ้นงานที่ได้มาตรฐาน
4. มีของเสียมาก มีงานที่ต้องซ่อมแซม และชิ้นส่วนที่ต้องทำการตรวจสอบ
5. ถูกตำหนิในการชำระ ผิดพลาดทางบัญชีรายการ การขนส่งไม่ตรงตามเวลาผลิตภัณฑ์น้อยหรือมากเกินไป
6. ประสบปัญหาว่าการทำการลดต้นทุนในการผลิตไม่เคยประสบความสำเร็จ
7. สิ่งที่ลูกค้าจะได้รับจากการควบคุมในระดับซิกซ์ ซิกม่า มีดังต่อไปนี้

ลูกค้ามีส่วนร่วม

- มีการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบตัวผลิตภัณฑ์
- มีการเปลี่ยนแปลงในด้านการจัดซื้อชิ้นส่วนที่ใช้ในการผลิต
- มีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตภายในโรงงาน

- มีการเปลี่ยนแปลงทุก ๆ ด้านที่สนับสนุนการผลิต
- มีการเปลี่ยนแปลงในการฝึกอบรมในด้านธุรกิจภายในองค์กร

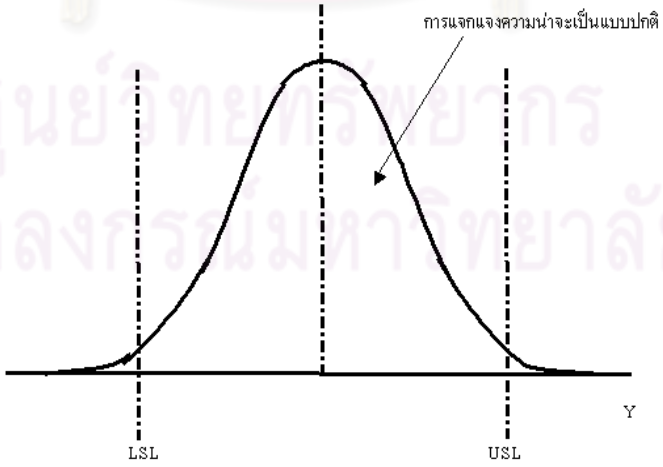
การเปลี่ยนแปลงระดับของ σ สามารถกำหนดเป้าหมายของประสิทธิภาพการผลิตได้ดังต่อไปนี้

σ	Yield
1	68.26%
2	95.45%
3	99.73%
4	99.993642%
5	99.999943%
6	99.9999998%

ที่มา : จากตารางการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ

ในอุตสาหกรรมทั่วไปกระบวนการในการผลิตจะมีแนวคิดโดยรวมดังต่อไปนี้

รูปที่ 2.2 แสดงแนวคิดพื้นฐานของกระบวนการผลิต



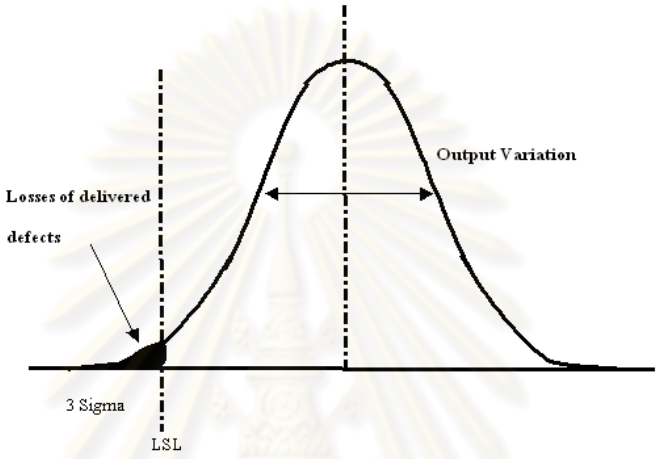
รูปที่ 2.3 ภาพแสดงการกระจายของข้อมูลทั่วไป

LSL = Lower Spec Limit คือ ค่าต่ำสุดของข้อกำหนด

USL = Upper Spec Limit คือ ค่าสูงสุดของข้อกำหนด

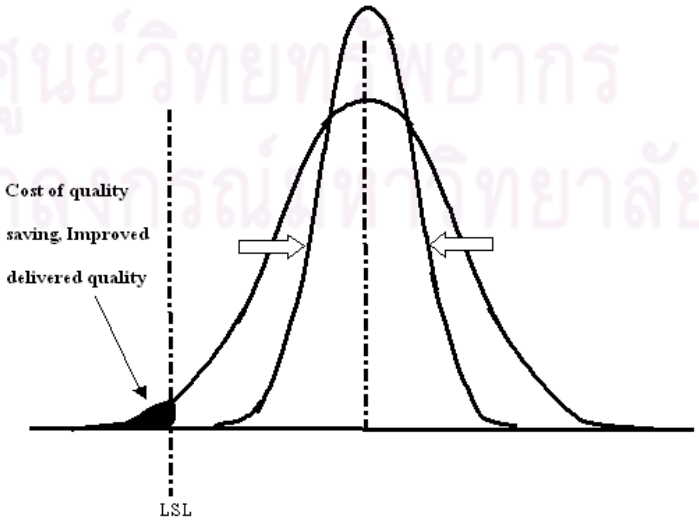
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรูปดังกล่าวสรุปได้ว่า ข้อมูลทั่วไปที่มีการกระจาบแบบปกติ จะมีบางครั้งที่ผลิตออกมาจะอยู่นอกเหนือจากข้อกำหนด (Specification) ไม่ว่าจะเป็นด้านที่มีค่าสูงสุดหรือค่าต่ำสุด หลักการของซิกซ์ ซิกม่า ก็คือ การควบคุมคุณภาพของตัวผลิตภัณฑ์ หรือการบริการให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยทั่ว ๆ ไปอุตสาหกรรมจะควบคุมคุณภาพในการผลิต เพื่อให้ได้คุณภาพผลิตภัณฑ์และบริการในระดับ 3σ ซึ่งพบว่ามีของเสียอยู่ 67,000 ชิ้นในการการผลิต 1 ล้านชิ้น ซึ่งได้อธิบายไว้ในภาพข้างล่างนี้



รูปที่ 2.4 แนวคิดการควบคุมคุณภาพ 3σ

พื้นที่แรเงาจะบอกถึงการสูญเสียหรือการขนส่งผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีคุณภาพ ออกสู่ลูกค้าในระดับ 3σ ซึ่งอุตสาหกรรมทั่วไปใช้อยู่ ถ้าเปรียบเทียบการใช้ซิกซ์ ซิกม่า (6σ) มาเป็นตัวลดความแปรปรวนในการผลิตเพื่อที่จะควบคุมของที่จะเสียในการผลิตและยังช่วยพัฒนาประสิทธิภาพในการผลิตอีกด้วย ซึ่งได้อธิบายไว้ในรูป



รูปที่ 2.5 แสดงแนวคิดของการควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิตแบบ 6σ

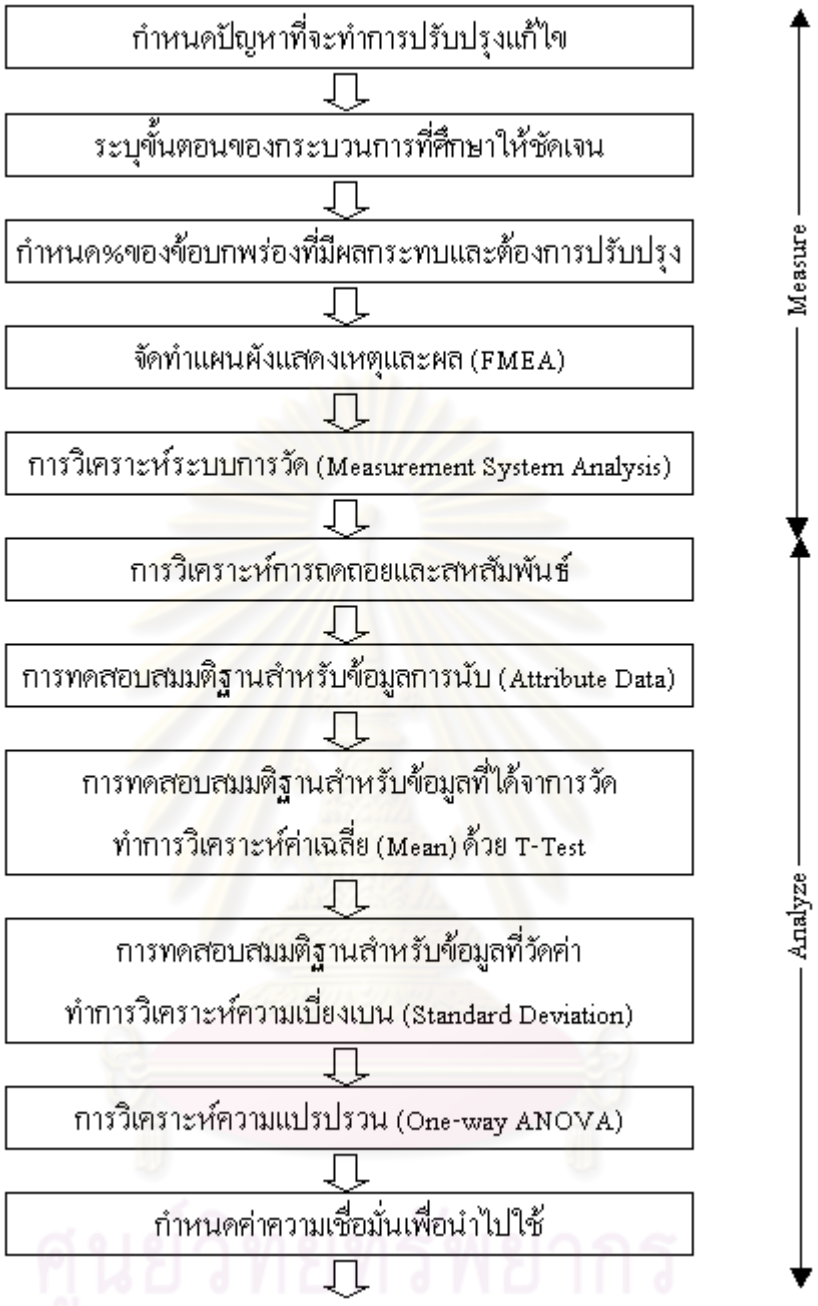
เส้นทึบรูประฆังคว่ำด้านในอธิบายถึงความผันแปรในกระบวนการผลิตที่ใช้หลักการของ 6σ ซึ่งจะมีความผันแปรน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบคุณภาพในระดับ 3σ

จากการศึกษาพบว่าแนวทางการปฏิบัติด้านแนวคิดการควบคุมคุณภาพในระดับ 6σ จะใช้หลักการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติที่บริษัทดำเนินการอยู่แต่จะมีการควบคุมและดำเนินการเป็นขั้นตอน ซึ่งจะมีขั้นตอนหลัก ๆ 5 ประการ ที่ใช้เป็นหลักฐานในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาคือ

1. การกำหนดปัญหา (Problem statement)
2. การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure)
3. การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analyze)
4. การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve)
5. การควบคุมตัวแปรต่าง ๆ (Control)

ซึ่งรายละเอียดและลักษณะของแต่ละขั้นตอนจะอธิบายตามแผนภาพดังต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.6 แสดงแผนภาพแนวทางการประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกม่าในการแก้ปัญหา

2.3.1 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกม่า

ประโยชน์ต่อผลิตภัณฑ์

- ลดระยะเวลาในการเสนอผลิตภัณฑ์ใหม่เข้าสู่ตลาดการแข่งขัน
- เป็นผู้นำทางเทคโนโลยีในการผลิต

ประโยชน์ต่อกระบวนการผลิต

- สร้างกระบวนการผลิตที่ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพสูง
- ลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำลง

ประโยชน์ต่อลูกค้า

- คุณภาพของผลิตภัณฑ์และการบริการเป็นที่พึงพอใจแก่ลูกค้า
- การส่งมอบสินค้าตรงตามกำหนดเวลา

ดั้งนั้นปรัชญาของการควบคุมคุณภาพแบบซิกซ์ ซิกม่า คือ การประยุกต์ใช้วิธีการอย่างมีโครงสร้างและระบบเพื่อที่จะประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาขององค์กร

2.3.2 แนวคิดและกลยุทธ์ของซิกซ์ ซิกม่า

- รู้ว่าอะไรคือสิ่งที่สำคัญสำหรับลูกค้า หรือลูกค้าต้องการอะไร
- ลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต
- ลดความแปรปรวนในกระบวนการผลิต

2.3.3 หลักการและขั้นตอนการประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกม่า

เพื่อให้บรรลุผลสำเร็จ สิ่งที่เราต้องให้ความสำคัญคือ กระบวนการผลิตไม่ใช่ผลลัพธ์จากกระบวนการผลิต ถ้ากระบวนการผลิตที่มีคุณภาพดีแล้ว เราไม่จำเป็นเลยที่จะต้องตรวจสอบผลิตภัณฑ์ โดยความสำคัญของ 4 ขั้นตอนโดยวิธีซิกซ์ ซิกม่า คือ

2.3.3.1 ขั้นตอนการวัดเพื่อระบุสาเหตุของปัญหา (Measure Phase) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การกำหนดปัญหา (Problem statement)

ระบุปัญหาที่ต้องการทำการศึกษาและแก้ไข ซึ่งปัญหานั้น ๆ จะต้องสัมพันธ์ในส่วนที่มีผลกระทบต่อลูกค้า โดยพิจารณาผลกระทบทุกด้านคือ ผลกระทบต่อการส่งมอบสินค้า (Critical to delivery) ผลกระทบต่อคุณภาพสินค้า (Critical to quality) ผลกระทบต่อต้นทุนการผลิต (Critical to cost)

แผนภาพกระบวนการผลิต (Process map)

ส่วนนี้เป็นส่วนที่สำคัญอย่างยิ่งในการที่จะหาสาเหตุของปัญหา ซึ่งการสร้างแผนภาพของกระบวนการผลิต จะทำอย่างละเอียดทุกขั้นตอนในการประกอบผลิตภัณฑ์ เพื่อที่จะสามารถระบุตัวแปรสำคัญในกระบวนการผลิต (Process Input) และผลลัพธ์ในกระบวนการผลิต (Process Output) ขั้นตอนนี้จึงเปรียบเสมือนเป็นการตรวจวิเคราะห์ของกระบวนการผลิต ซึ่งอาจจะทำให้เราทราบถึงกระบวนการผลิตที่ผิดปกติ หรือทราบสาเหตุที่แท้จริงของความบกพร่องในการผลิตที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งขั้นตอนนี้อาจเป็นขั้นตอนที่จะนำไปสู่การวิเคราะห์ปัญหา โดยการทดลอง โดยการตั้งสมมติฐาน หรือโดยการใช้ข้อมูลทางด้านสถิติที่มีการเก็บรวบรวมอย่างถูกวิธี

การสร้างแผนภาพกระบวนการไหลของผลิตภัณฑ์ต้องใช้การระดมสมอง และทีมงานที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์เพื่อที่จะได้รายละเอียดที่สำคัญและครบถ้วนของกระบวนการผลิต ซึ่งแผนภาพการไหลนั้นจะต้องสามารถบอกถึงสาเหตุความบกพร่องของผลิตภัณฑ์ (Cause of Poor Quality : COPQ)

การสร้างแผนภาพการไหลของผลิตภัณฑ์จำเป็นอย่างยิ่งในการระบุที่มาของข้อบกพร่อง และสิ่งที่ซ่อนในกระบวนการผลิต (Hidden Factory) ซึ่งสิ่งเหล่านี้ส่งผลให้สูญเสียเวลา เงิน ทรัพยากร และพื้นที่ในการจัดเก็บ

ผลรวมสัดส่วนของเสีย (Rolled Throughput Yield)

ได้มาจากการคำนวณของสัดส่วนของเสียครั้งแรกและไม่รวมสัดส่วนของเสียที่ได้มาจากกการซ่อมแซม การคำนวณสัดส่วนของเสียก็เพื่อเป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการควบคุมกระบวนการผลิต

ผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

(ฮิโตชิ คุเมะ, ผู้เขียน และ วีระพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์, ผู้แปล, 2536)

ผังแสดงเหตุและผลคือ ผังที่แสดงคุณลักษณะทางคุณภาพกับปัจจัยต่างที่เกี่ยวข้อง กล่าวคือ คุณลักษณะทางคุณภาพคือ ผลที่เกิดขึ้นจากเหตุคือ ปัจจัยต่าง ๆ ที่เป็นต้นตอของคุณลักษณะนั้น ๆ

การสร้างแผนผังแสดงเหตุและผลที่จะเอื้อประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาได้จริง ๆ ไม่ใช่เรื่องง่าย ผู้ที่สามารถสร้างผังก้างปลาได้ถูกต้องคือ ผู้ที่มีโอกาสแก้ปัญหาทางคุณภาพได้ถูกต้องเช่นเดียวกัน ข้อสังเกตเกี่ยวกับผังแสดงเหตุและผลจะต้องทำการแยกแยะและเลือกสรรเพื่อหาปัจจัยอันเป็นสาเหตุแห่งปัญหานั้นควรใช้การปรึกษาหารือในกลุ่มคนหลาย ๆ ความคิดมาร่วม

กัน เพราะการละเว้นหรือมองข้ามปัจจัยบางอย่างไปจะก่อผลเสียภายหลังได้หรืออาจแก้ปัญหาผิดจุดได้ เลือกคุณลักษณะของปัญหาและปัจจัยสาเหตุในรูปของขนาดและปริมาณที่สามารถใส่หน่วยวัดลงไปได้ เพราะในที่สุดแล้วผลสรุปจากผังก้างปลาจะต้องนำไปปรับปรุงตัวแปรต่าง ๆ ในการผลิต การนำผังแสดงเหตุและผลไปใช้งาน ก่อนสรุปปัญหาควรใส่น้ำหนักหรือคะแนนให้กับปัจจัยสาเหตุแต่ละตัวเพื่อจะได้ใช้การจัดลำดับความสำคัญของปัญหา ซึ่งแนวทางเสนอแนะนี้จะนำไปยังผังแสดงเหตุและผลที่ได้ไปเชื่อมโยงกับ FMEA

การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA)

FMEA คือ การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบที่เกิดขึ้นเนื่องจากข้อบกพร่องนั้น ๆ โดยข้อบกพร่องหมายถึง การทีผลิตภัณฑ์ไม่สามารถทำงานได้ตามหน้าที่ที่ออกแบบไว้ให้ทำงาน โดยลักษณะ (Mode) ของข้อบกพร่อง (ส่วนใหญ่ทางกายภาพ) เช่น แตก ไหม้ เสียรูป หลวม รั่ว มีรอยแตกร้าว เป็นต้น ข้อบกพร่องเหล่านี้นอกจากจะทำหน้าที่ของตัวเองแล้ว ยังมีผลกระทบทำให้ชิ้นส่วน หรือ ระบบขัดข้องหรือบกพร่องได้

วัตถุประสงค์ของ FMEA

1. เพื่อให้ทราบปัญหาด้านความบกพร่องตั้งแต่เนิ่น ๆ จะได้ออกแบบและวางแผนควบคุมได้ถูกต้อง ถ้าเป็นปัญหาข้อบกพร่องในการใช้งานระบบเรียกว่า System FMEA ถ้าเป็นปัญหาข้อบกพร่องในการใช้งานของผลิตภัณฑ์เรียกว่า Design FMEA และถ้าเป็นปัญหาข้อบกพร่องในการผลิตหรือประกอบเรียกว่า Process FMEA

2. เพื่อลดความเสี่ยงในกระบวนการผลิต ประกอบ และใช้งานของผลิตภัณฑ์ ซึ่งความเสี่ยงได้แก่ การผลิตไม่ได้ ผลิตแล้วเกิดของเสียมาก ผลิตแล้วเกิดอันตรายในกระบวนการผลิต ใช้งานแล้วมีปัญหาด้านความปลอดภัย ใช้งานแล้วไม่ทนทาน เป็นต้น ความเสี่ยงยิ่งน้อยเท่าไร นั่นคือต้นทุนต่ำ ผลิตได้รวดเร็วและตรงตามความต้องการและคาดหวังของลูกค้ามากเท่านั้น

3. เพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์และบริการเพราะ FMEA ต้องมีการปรับปรุงอยู่เสมอ

4. เป็นส่วนหนึ่งในการทำ APQP และช่วยเหลือในการทำ Control Plan (แผนควบคุม)

โดย FMEA จะมีตัวเลขวัดเรียกว่า RPN (Risk Priority Number)

RPN = S x O x D

S = ความรุนแรงมีค่า 1 ถึง 10 (น้อยไปมาก)

O = โอกาสการเกิดมีค่า 1 ถึง 10 (น้อยไปมาก)

D = ขีดความสามารถในการตรวจจับปัจจุบัน 1 ถึง 10 (ง่ายไปยาก)

การวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัด

(ดำรง ทวีแสงสกุลไทย, 2538) ได้ให้คำนิยามความแม่นยำและความเที่ยงตรงไว้ว่า ความแม่นยำ (Precision) คือ ความสามารถในการวัดที่ให้ผลค่าที่ใกล้เคียงกันมาก ค่าไม่กระจัดกระจาย และจะให้ความแม่นยำไม่เปลี่ยนค่ามาก ไม่มีการปรับวิธีการหรือปรับเครื่องมือวัด

ความเที่ยงตรง (Accuracy) คือความสามารถในการวัดที่ให้ค่าใกล้เคียงความจริงมาก ผลต่างของค่าความจริงและค่าโดยเฉลี่ยน้อยมาก

(กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2542) การวิเคราะห์ความแม่นยำมุ่งพิจารณาสองประเด็นหลักคือ คุณสมบัติเชิงสถิติของค่าวัดมีความไวต่อเทคนิคของพนักงานวัดหรืออุปกรณ์การวัดหรือไม่ และระบบการวัดที่พิจารณามีความสามารถในการตรวจจับความผันแปรของผลิตภัณฑ์ที่แสดงความผันแปรของกระบวนการผลิตหรือไม่

คุณสมบัติด้านความแม่นยำนี้ ถ้าหากมีการจำแนกช่วงเวลาที่เกิดขึ้นแล้วจะได้รับการแบ่งออกเป็นสองประเภทคือ ความสามารถในการทำซ้ำหรือรีพีททะบิลิตี้ (Repeatability) และความสามารถในการทำเหมือนหรือรีโปรดิวซิบิลิตี้ (Reproducibility) โดยที่รีพีททะบิลิตี้ของระบบการวัด หมายถึง ค่าความแตกต่างในการวัดอย่างต่อเนื่องกับชิ้นงานเดียวกันด้วยเครื่องมือเดียวกันและด้วยพนักงานคนเดียวกัน ซึ่งโดยปกติจะใช้ค่ารีพีททะบิลิตี้ในการประมาณค่าความผันแปรของระบบการวัดระยะสั้น (Short-term measurement) ส่วนรีโปรดิวซิบิลิตี้ของระบบการวัด หมายถึง ค่าความแตกต่างในค่าเฉลี่ยของการวัดงานชิ้นเดียวกันด้วนเครื่องมือเดียวกัน แต่ต่างพนักงานและโดยปกติจะใช้ค่ารีโปรดิวซิบิลิตี้ในการประมาณค่าความผันแปรของระบบการวัดในระยะยาว (Long-term measurement) นอกจากนี้อาจจะกล่าวอย่างสั้น ๆ ได้ว่า รีพีททะบิลิตี้ คือ ความผันแปรภายในเงื่อนไขการวัดด้วยกัน ในขณะที่รีโปรดิวซิบิลิตี้คือ ความผันแปรระหว่างเงื่อนไขของการวัด โดยเงื่อนไขที่กล่าวนี้ อาจหมายถึงพนักงานวัด อุปกรณ์จับยึด และเงื่อนไขสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เป็นต้น

ในการประเมินผลค่ารีพีททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้ของระบบการวัด (Gage Repeatability and Reproducibility :GR&R) จะหมายถึง การประเมินผลค่าผันแปรอันเนื่องมาจากการวัดค่าจริงของงานหนึ่งแบซ้ำ ๆ ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน และมีการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขเดียวกัน

การวางแผนศึกษารีพีททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้ของระบบการวัด

1. วิธีการและเวลาที่จะมีการสอบเทียบเครื่องมือวัด การสอบเทียบเครื่องมือวัดถือเป็นการดำเนินการที่มีความสำคัญมากต่อการพิจารณาถึงความคลาดเคลื่อนด้านความถูกต้องในระบบการวัด โดยปกติแล้วจะตองมีการสอบเทียบก่อนการศึกษารีพีททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้จะเริ่มต้นขึ้น และไม่ควรมีการสอบเทียบใหม่ถ้าหากการศึกษายังไม่สิ้นสุด เพราะถ้าหากมีการสอบเทียบใหม่ในระหว่างการศึกษา จะทำให้เกิดความผันแปรจากการสอบเทียบรวมอยู่กับค่ารีพีททะบิลิตี้ของระบบการวัดด้วย

2. จำนวนพนักงานวัดที่ใช้สำหรับการศึกษา GR&R ในการกำหนดจำนวนพนักงานวัดที่เหมาะสมสำหรับการศึกษานั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพิจารณาก่อนว่าในระบบการผลิตมีพนักงานวัด คือผู้ใช้เครื่องมือวัดในการกำหนดค่าตัวเลขกับชิ้นงานเพื่อการตัดสินใจ ในกรณีที่ระบบการวัดมีพนักงานวัดจำนวนหลายคน ให้ทำการสุ่มพนักงานวัดมาทำการศึกษาอย่างน้อยสองคน โดยพนักงานวัดทุกคนต้องผ่านการฝึกอบรมและปฏิบัติงานเกี่ยวกับงานวัดในอุปกรณ์วัดที่ทำการศึกษาสำหรับงานประจำ

3. จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา GR&R จำนวนตัวอย่างที่จะใช้ในการศึกษานั้น โดยปกติแนะนำไว้ที่ 10 ตัวอย่าง ซึ่งถ้าหากมาสามารถดำเนินการได้จะต้องพยายามให้ (จำนวนของตัวอย่าง) x (จำนวนของพนักงานวัด) มากกว่า 15 และถ้าหากไม่สามารถดำเนินการได้ให้เพิ่มจำนวนซ้ำของการวัดในแต่ละตัวอย่าง ถ้าตัวอย่างที่ใช้ในการวัดนี้ต้องเป็นตัวอย่างที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และในกรณีที่จะทำให้ระบบการวัดมีคุณภาพด้านความผันแปรเพียงพอต่อการตรวจจับความผันแปรของชิ้นงานในกระบวนการผลิตแล้ว จะต้องทำให้ข้อมูลแบ่งแยกได้ไม่ต่ำกว่า 5 กลุ่ม

4. จำนวนครั้งในการวัดซ้ำสำหรับตัวอย่างแต่ละชิ้น โดยปกติแล้วมักจะแนะนำให้ทำการวัดซ้ำ ที่แต่ละสิ่งตัวอย่างด้วยจำนวนซ้ำเท่า ๆ กัน เรียกการทดลองแบบนี้ว่า Balance design ซึ่งโดยทั่วไปจะกำหนดให้มีการวัดซ้ำสำหรับพนักงานวัดแต่ละคนด้วยจำนวน 2-3 ครั้งต่อชิ้นงานแต่ละชิ้น

5. วิธีการลดความผันแปรภายในสิ่งตัวอย่างของการศึกษา GR&R ในการศึกษา GR&R บางกรณีนั้น จะไม่สามารถกำจัดความผันแปรภายในสิ่งตัวอย่างออกจากการวัดซ้ำ จึงต้องมีการพยายามเลือกงานในล็อตให้มีความใกล้เคียงกันมากที่สุด

6. วิธีการประเมินผลรีพีททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้ มีทั้งหมด 3 วิธี แต่ในที่นี้จะขออธิบายวิธีการอาศัยการวเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

- วิธีอาศัยค่าพิสัย (Range Method)

- วิธีอาศัยค่าเฉลี่ยและพิสัย (Average and Range Method)

- วิธีอาศัยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) วิธีนี้เหมาะกับการวิเคราะห์ผลการศึกษาที่ได้มาจากการออกแบบการทดลองเพื่อพิจารณาว่าพนักงานและชิ้นงาน เป็นสาเหตุความผันแปรอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ และวิธีการนี้จะสามารถแยกความผันแปรจากสาเหตุร่วมระหว่างชิ้นงานและพนักงานวัดออกจากค่ารีพีททะบิลิตี้ได้ แต่อย่างไรก็ดีวิธีการนี้มีข้อเสียตรงที่ยุ่งยากในการคำนวณ แต่ส่วนใหญ่วิธีการนี้จะใช้กับกรณีการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณ

ตารางที่ 2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความแม่นยำในการวัด

ปัจจัย	ตัวแปรสุ่ม	ตัวแปรผสม
พนักงานวัด	$F = MS_O/MS_{OP}$	$F = MS_O/MS_{OP}$
ชิ้นงานทดสอบ	$F = MS_P/MS_{OP}$	$F = MS_O/MS_E$
พนักงาน x ชิ้นงาน	$F = MS_{OP}/MS_E$	$F = MS_{OP}/MS_E$

ในการตีความหมายผลการวิเคราะห์จากตาราง ANOVA จะต้องเริ่มจากการวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของอิทธิพลร่วม (Interact effect) ระหว่างพนักงานและชิ้นงานก่อนเสมอ ซึ่งถ้าพบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างพนักงานและชิ้นงานมีนัยสำคัญ แสดงว่าเมื่อเปลี่ยนชิ้นงานให้พนักงานคนเดิมทำการวัดแล้วผลการวัดจะเปลี่ยนไป ซึ่งพบว่าอิทธิพลร่วมมีผลมาก และในกรณีที่อิทธิพลร่วมมีนัยสำคัญนี้ก็ไม่มีความจำดป็นต้องตีความหมายจากอิทธิพลหลัก (Main effect) ของพนักงานวัดหรือชิ้นงานอีก เพราะว่าแม้อิทธิพลหลักของพนักงานวัดจะดูเหมือนมีผลอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่แท้จริงแล้วมีอิทธิพลมาก

2.3.3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์พื่อระบุสาเหตุของปัญหา (Analyze Phase)

โดยมีรายละเอียดดังนี้

- สถิติและการควบคุมคุณภาพ

(เจริญ สุนทรวาณิชย์, 2539) ได้ให้คำนิยามคำว่าสถิติไว้ดังนี้ สถิติ คือ ศาสตร์แขนงหนึ่งที่ใช้ตัดสินในการพยากรณ์ภายใต้ความผันแปร โดยการตัดสินใจประกอบด้วย การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนสรุปผลเพื่อดำเนินการจากข้อมูล

- ประชากรและการสุ่มตัวอย่าง

(กานดา พูนลาภทวี, 2530) ประชากรหมายถึง จำนวนสมาชิกทุกหน่วยข้อมูลที่สนใจศึกษา สำหรับการแบ่งประเภทของประชากรสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. ประชากรที่มีจำนวนจำกัดหรือนับถ้วน (Finite Population) เป็นประชากรที่มีจำนวนสมาชิกจำนวนจำกัด และสามารถนับได้แน่นอน เช่น จำนวนโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

2. ประชากรที่มีจำนวนไม่จำกัด (Infinite Population) เป็นประชากรที่มีจำนวนสมาชิกที่ไม่สามารถนับจำนวนที่แน่นอนได้ เช่น ปริมาณน้ำในมหาสมุทร

สิ่งตัวอย่าง (Sample) หมายถึง ส่วนหนึ่งของประชากรที่ถูกเลือกมาเพียงบางส่วนจากประชากรทั้งหมดเพื่อใช้เป็นตัวแทนในการศึกษา

- ค่าพารามิเตอร์และค่าสถิติ

ค่าพารามิเตอร์ (Parameter) หมายถึง ค่าที่แท้จริง ซึ่งใช้บรรยายลักษณะของประชากร คำนวณได้จากข้อมูลทั้งหมดของประชากร

ค่าสถิติ (Statistic) หมายถึง ค่าที่ใช้บรรยายลักษณะกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นค่าที่คำนวณได้จากข้อมูลของสิ่งตัวอย่าง โดยทั่วไปจะนำค่าสถิติไปใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์

- ข้อมูล (Data)

ข้อมูล หมายถึง ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับเรื่องที่สนใจศึกษา ซึ่งอาจอยู่ในรูปตัวเลข เช่น ความกว้าง ความยาว คะแนน น้ำหนัก ความสูง ระยะทาง หรืออาจเป็นข้อเท็จจริงที่อยู่ในรูปคุณลักษณะหรือคุณสมบัติ เช่น ของดี ของเสีย เป็นต้น

การแบ่งประเภทของข้อมูล มีวิธีการแบ่งได้หลายวิธี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณา

1. จำแนกตามลักษณะการเก็บข้อมูล สามารถแบ่งข้อมูลออกเป็นสองประเภทคือ

ก) ข้อมูลที่ได้จากการนับ (Counting Data) เป็นข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้โดยใช้วิธีการนับ เช่น จำนวนชิ้นงานทั้งสิ้น 50 ชิ้น เป็นจำนวนชิ้นงานที่ได้มาตรฐาน 45 ชิ้น จำนวนชิ้นงานที่ไม่ได้มาตรฐาน 5 ชิ้น ซึ่งจำนวนตัวเลข 45 และ 5 เป็นข้อมูลที่ได้จากการนับ ลักษณะของข้อมูลที่ได้จากการนับนี้โดยทั่วไปตัวเลขจะเป็นจะนวนเต็ม

ข) ข้อมูลที่ได้จากการวัด (Measurement Data) เป็นข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้โดยใช้วิธีการวัด เช่น การวัดขนาดของชิ้นงาน การชั่งน้ำหนักปริมาณสินค้า จำนวนตัวเลขที่ได้จากวิธีการวัดจะเป็นตัวเลขต่อเนื่อง ซึ่งอาจจะเป็นตัวเลขทศนิยมหรือเศษส่วนก็ได้ เช่น ขนาดของชิ้นงานที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.23 เซนติเมตร

2. จำแนกตามการจัดกระทำข้อมูล สามารถแบ่งข้อมูลออกเป็นสองประเภทคือ

ก) ข้อมูลดิบ (Raw Data) เป็นข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยยังไม่ได้นำข้อมูลเหล่านั้นมาจัดกระทำหรือจัดระเบียบ ข้อมูลเหล่านี้ยังคงปะปนกันอยู่ ไม่มีการจัดแบ่งเป็นประเภทหรือหมวดหมู่

ข) ข้อมูลที่จัดเป็นหมวดหมู่ (Group Data) เป็นข้อมูลที่มีการจัดกระทำให้เป็นหมวดหมู่อย่างเป็นระเบียบ มีการแจกแจงความถี่ ซึ่งจะช่วยให้ข้อมูลเหล่านี้ง่ายต่อการคำนวณหรือการนำไปใช้

3. จำแนกตามลักษณะข้อมูล สามารถแบ่งข้อมูลออกเป็นสองประเภทคือ

ก) ข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Data) เป็นข้อมูลที่แสดงปริมาณหรือขนาดในลักษณะตัวเลขโดยตรง เช่น ความกว้าง ความยาว อายุ น้ำหนัก เป็นต้น

ข) ข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative Data) เป็นข้อมูลที่แสดงถึงคุณลักษณะที่ไม่ได้อยู่ในรูปของตัวเลขโดยตรง เช่น ของดี ของเสีย เป็นต้น

- ตัวแปร (Variable)

ตัวแปร หมายถึง สิ่งที่มีความผันแปรซึ่งอาจจะเป็นทางด้านปริมาณ เช่น น้ำหนัก ความสูง อายุ ความเร็ว หรืออาจจะเป็นทางด้านคุณภาพ เช่น ของดี ของเสีย ตัวแปรเหล่านี้จะประกอบด้วยค่าต่าง ๆ กัน เช่น ในกลุ่มนักศึกษากลุ่มหนึ่ง นักศึกษาย่อมมีความสูงแตกต่างกัน ดังนั้นความสูงจึงถือว่าเป็นตัวแปร

การแบ่งประเภทของตัวแปร ถ้าพิจารณาตามคุณสมบัติของตัวแปรสามารถแบ่งได้เป็นสองประเภท คือ

ก) ตัวแปรต่อเนื่อง (Continuous Variable) หมายถึง ตัวแปรที่สามารถมีค่าต่อเนื่องกันระหว่างค่าสองค่าที่กำหนดให้ จะมีค่าอยู่ระหว่างค่าสองค่านั้นมากมาย เช่น ความสูง น้ำหนัก อายุ ระยะทาง ในด้านตัวแปรความสูง ช่วงความสูงระหว่าง 160-165 เซนติเมตร มีค่าความสูงที่เป็นไปได้มากมายนับไม่ถ้วน

ข) ตัวแปรไม่ต่อเนื่อง (Discrete Variable) หมายถึงตัวแปรที่มีค่าไม่ต่อเนื่องเป็นตัวแปรที่ไม่สามารถกำหนดให้มีค่าย่อยระหว่างค่าสองค่าได้ เช่น จำนวนนักศึกษา จำนวนสมาชิก ค่าตัวเลขของตัวแปรเหล่านี้ ไม่มีทศนิยม จะไม่มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือน 5.5 คนหรือจำนวนครัวเรือนที่ 1 และครัวเรือนที่ 2 จะไม่มีตัวเลขอยู่ระหว่าง 1 และ 2

- สถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมาน

ก) สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เป็นสถิติที่ศึกษาเกี่ยวกับข้อมูลเพื่อบรรยายคุณลักษณะของสิ่งตัวอย่างหรือกลุ่มประชากรเฉพาะที่ใช้ในการศึกษาเท่านั้น โดยผลที่ได้จากการศึกษาจะไม่นำไปสรุปอ้างอิงถึงสิ่งตัวอย่างหรือกลุ่มประชากรอื่น ๆ การศึกษาหาคำตอบจะบรรยายลักษณะหรือการแจกแจงของข้อมูลตามที่เก็บรวบรวมข้อมูลมาได้เท่านั้น ซึ่งอาจแสดงด้วยความถี่ของข้อมูล ร้อยละ สัดส่วน อัตราส่วน การหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

ข) สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) เป็นข้อมูลที่ศึกษาจากสิ่งตัวอย่างแล้วนำข้อสรุปที่ได้ไปคาดคะเนหรือสรุปอ้างอิงลักษณะประชากร โดยได้นำทฤษฎีความน่าจะเป็นมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากสิ่งตัวอย่าง เพื่อสรุปลักษณะของประชากร สถิติเชิงอนุมานจะเกี่ยวกับการประมาณค่า (Estimation) การทดสอบสมติฐาน (Hypothesis Testing)

ตารางที่ 2.2 สัญลักษณ์ค่าสถิติและค่าพารามิเตอร์

ความหมาย	สัญลักษณ์	
	ค่าสถิติ	ค่าพารามิเตอร์
ค่าเฉลี่ย	$\overline{X}$	μ
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	S	σ
ความแปรปรวน	S^2	σ^2

- การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง (Central Tendency Measure)

(อดิศักดิ์ พงษ์พูลผลศักดิ์, 2535) การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง ที่นิยมโดยทั่วไปจะประกอบด้วย ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ฐานนิยม และมัธยฐาน ซึ่งการใช้ค่ากลางเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะการกระจายของข้อมูลเป็นหลัก กล่าวคือ

ถ้าข้อมูลมีลักษณะการกระจายที่มีสมมาตรกันทั้งสองข้างของกราฟข้อมูล การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางก็จะวัดด้วยค่าเฉลี่ยเลขคณิต แต่ถ้ากราฟของข้อมูลมีลักษณะเบ้ไปทางใดทางหนึ่ง การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางจะวัดด้วยมัธยฐาน และถ้าข้อมูลมีค่าของจำนวนข้อมูลเกิดบ่อยที่สุด เราก็จะวัดแนวโน้วเข้าสู่ส่วนกลางด้วยฐานนิยม

จากการที่กล่าวมานี้ในการสร้างแผนภูมิเพื่อควบคุมคุณภาพสินค้า มักจะวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางด้วย ค่าเฉลี่เลขคณิต ทั้งนี้เนื่องจากการตรวจสอบคุณภาพของกระบวนการผลิตจะนิยมใช้ขนาดตัวอย่างมาก จะทำให้ข้อมูลมีลักษณะการกระจายสมมาตรกันทั้งสองข้าง ดังนั้นในการสร้างแผน ดังนั้นในการสร้างแผนภูมิควบคุมคุณภาพของสินค้าจึงนิยมวัดค่ากลางของข้อมูลด้วย ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

ส่วนการวัดค่ากลางของข้อมูลด้วยมัธยฐานและฐานนิยม จะมีความสัมพันธ์กับแผนภูมิควบคุมคุณภาพสินค้าน้อยมาก ซึ่งถ้าจะใช้ค่ามัธยฐานและฐานนิยมในการสร้างแผนภูมิควบคุมคุณภาพแล้ว จะต้องมีการปรับค่าความถี่ของข้อมูลก่อน จึงจะสามารถสร้างแผนภูมิควบคุมคุณภาพสินค้าได้อย่างเหมาะสม

ก) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) คือผลรวมทั้งหมดของข้อมูลกลุ่มหนึ่งหารด้วยจำนวนทั้งหมดของข้อมูลกลุ่มนั้น เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $\overline{X}$ การคำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิตมีวิธีดังนี้ ถ้าให้ข้อมูลกลุ่มหนึ่งมีค่าสังเกตจำนวน n ข้อมูล และ $X_1, X_2, X_3, \ldots, X_n$ เป็นค่าสังเกตของข้อมูลขนาด n ข้อมูลดังนั้น

$$\overline{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \ldots + X_2}{n}$$

เมื่อ X แทนค่าเฉลี่ยของข้อมูล

n แทนจำนวนค่าสังเกต

ข) ค่ามัธยฐาน (Median) ในการวัดค่ากลางของข้อมูลในกรณีที่มีข้อมูลเบ้ไปทางใดทางหนึ่งการวัดค่ากลางของข้อมูลจะวัดค่ามัธยฐาน ซึ่งการนิยามค่ามัธยฐานจะนิยามดังนี้

มัธยฐาน หมายถึง ข้อมูลที่อยู่ตรงกลางเมื่อเรียงข้อมูลจากน้อยไปมากหรือเรียงข้อมูลจากมากไปน้อย ซึ่งการพิจารณาค่าอยู่ตรงกลางนี้จะพิจารณาจากจำนวนข้อมูลดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$M_e = \frac{X_{n/2} + X_{(n/2+1)}}{2}$$ เมื่อ n เป็นจำนวนคู่

$$M_e = X_{(n/2+1)/2}$$ เมื่อ n เป็นจำนวนคี่

เมื่อ M_e แทนค่ามัธยฐานของข้อมูล

n แทนจำนวนข้อมูล

X_n แทนข้อมูลตัวที่ n

ค) ฐานนิยม (Mode) ฐานนิยมเป็นเซตของจำนวนข้อมูลที่มีค่าเกิดขึ้นมากที่สุดหรือเกิดบ่อยที่สุด การวัดค่ากลางในกรณีนี้จะไม่ค่อยเกิดขึ้นบ่อยครั้งนักกับวงการอุตสาหกรรม ฐานนิยมก็คือข้อมูลที่เกิดบ่อยที่สุด

- การวัดการกระจายของข้อมูล (Dispersion)

การสร้างแผนภูมิควบคุมนอกจากจะใช้ค่ากลางของข้อมูลแล้วยังต้องใช้ค่าที่ได้จากการวัดการกระจายของข้อมูล เพื่อพิจารณาถึงความกว้างของข้อมูลว่า มีลักษณะการกระจายไปมากน้อยเพียงใดและในการสร้างแผนภูมิควบคุมคุณภาพก็จะใช้ค่าที่ได้จากการวัดการกระจายของเพื่อดูลักษณะของข้อมูลว่าเบี่ยงเบนไปจากค่ากลางของข้อมูลมากน้อยเพียงใด ในการวัดการกระจายของข้อมูลมีอยู่ด้วยกันหลายวิธีแต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะในส่วนการวัดการกระจายที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแผนภูมิควบคุมคุณภาพดังนี้คือ

ก) การวัดการกระจายด้วยพิสัย (Range) คือการวัดการกระจายของข้อมูลด้วยค่าผลต่างของข้อมูลสูงสุดกับข้อมูลต่ำสุดเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ R ซึ่งถ้าให้ X_n เป็นค่าของข้อมูลสูงสุดและ X_1 เป็นค่าของข้อมูลต่ำสุด ดังนั้น

$$R = X_0 - X_1$$

ข) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เป็นวิธีการวัดการกระจายของข้อมูลรอบ ๆ ค่าเฉลี่ยกล่าวคือ ถ้าค่าของข้อมูลอยู่ห่างค่าเฉลี่ยมาก การกระจายของข้อมูลก็มีค่ามาก นิยามของส่วนเบียงเบนมาตรฐานคือ รากที่สองของส่วนเฉลี่ยเลขคณิตของผลต่างกำลังสองระหว่างข้อมูลแต่ละค่ากับส่วนเฉลี่ยเลขคณิต X เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ σ

ซึ่งถ้าให้ $X_1, X_2, X_3, \ldots, X_n$ เป็นค่าของข้อมูลแต่ละค่าและ $\overline{X}$ เป็นส่วนเฉลี่ยเลขคณิตของข้อมูลชุดนี้ ดังนั้น

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i^{\,2} - \overline{X^{\,2}}}$$

- การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

เทคนิควิธีการต่าง ๆ ในหลายสาขาวิชา มักจะใช้การประยุกต์สถิติบนพื้นฐานของการแจกแจงแบบปกติ เพื่อการศึกษาถึงการกระจายข้อมูล สำหรับในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการแจกแจงปกติเพื่อใช้ประยุกต์กับการสร้างแผนภูมิ

ถ้า X เป็นตัวแปรเชิงสุ่มเราจะกล่าวว่า X มีการแจกแจงแบบปกติ

$$f(x) = \frac{1e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2}}{\sigma\sqrt{2\pi}}$$

เมื่อ μ แทนค่าเฉลี่ยของประชากรและ และσ แทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร หรือพารามิเตอร์ (Parameter) ซึ่งมีลักษณะทั่วไปของการแจกแจงแบบปกติคือ

1. เป็นโค้งรูประฆังคว่ำและสมมาตรกับแกนตั้งที่ลากเส้นผ่านค่าเฉลี่ย μ
2. ฐานนิยมเดียว มีจุดสูงสุด X = μ
3. กราฟลดลงอย่างต่อเนื่องทั้งสองข้างมีจุดเปลี่ยนเว้าที่ X = $\mu \pm \sigma$ ปลายโค้งจะลดลงเข้าหาแกน X เมื่อ X ห่างจากค่าเฉลี่ย แต่จะไม่บรรจบกับแกน X
4. พื้นที่ภายใต้เส้นโค้งจะมีค่าเท่ากับ 1 นั่นคือ

การแจกแจงแบบปกติจะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ และความแปรปรวนคือ σ ในการหาพื้นที่ใต้เส้นโค้งแบบปกติ ในทางปฏิบัติจะเปลี่ยนแปลงการแจกแจงของตัวแปรเชิงสุ่ม X จากการแจกแจงปกติมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ และความแปรปรวนคือ σ ให้เป็นการแจกจแงปกติมาตรฐานที่มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์และความแปรปรวนเป็น 1 ด้วยค่าตัวแปรเชิงสุ่ม Z โดยที่

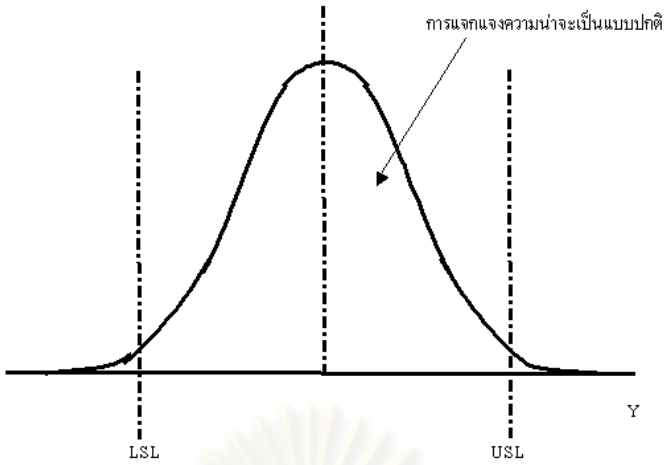
$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

มีฟังก์ชั่นการแจกแจงความน่าจะเป็นคือ

$$f(z) = \frac{1e^{\frac{-Z^2}{2}}}{\sigma\sqrt{2\pi}}$$

เรียก $f(z)$ นี้ว่าการแจกแจงปกติมาตรฐาน มีกราฟเป็นรูประฆังคว่ำที่สมมาตรกับแกนที่ตั้งที่ลากผ่านค่าเฉลี่ย μ = 0 และค่าความแปรปรวน σ = 1 ดังรูปที่ 2.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.7 แสดงการแจกแจงแบบปกติ

ค่าพื้นที่ภายใต้เส้นโค้งในตารางจะเป็นพื้นที่สะสมที่คำนวณจาก

$$P(Z \le z) = f(z) = \int_{-\infty}^{z} \frac{1e^{-1/2t^2}}{\sigma\sqrt{2\pi}} dt$$

ซึ่งพื้นที่ภายใต้เส้นโค้งของการกระจายแบบปกติภายใต้ขอบเขตต่าง ๆ จะกำหนดไว้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงขอบเขตของพื้นที่ภายใต้เส้นโค้งแบบปกติ

ขอบเขต	พื้นที่ภายใต้เส้นโค้ง
$\mu \pm 0.6745\sigma$	50.00%
$\mu \pm \sigma$	68.26%
$\mu \pm 2\sigma$	95.46%
$\mu \pm 3\sigma$	99.73%

- การประมาณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร (σ)

ในการสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพของสินค้า เราพยายามที่จะใช้ทุนการตรวจสอบน้อยที่สุด โดยให้มีประสิทธิภาพของการตรวจสอบมากที่สุด นั่นคือถ้าขนาดตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบมีขนาดใหญ่มากต้นทุนการตรวจสอบก็มีมาก ประสิทธิภาพการตรวจสอบก็ดี ราคาสินค้าก็แพง แต่ถ้าต้องการลดขนาดของตัวอย่างให้น้อยลง ต้นทุนการตรวจสอบก็ลดลง ประสิทธิภาพการตรวจสอบก็ลดลง ราคาของสินค้าก็ลดลงมาด้วย แต่ปัญหาอยู่ที่ว่าการตรวจสอบคุณภาพของสินค้านั้นต้องการใช้ต้นทุนการตรวจสอบน้อย โดยให้มีประสิทธิภาพการตรวจสอบ

มาก ดังนั้นเพื่อการแก้ปัญหาดังกล่าว ในทางปฏิบัติจึงได้ทำการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์มาบางเพียงส่วน เพื่อใช้เป็นตัวแทนทั้งหมดของกระบวนการผลิต ด้วยการสุ่มตัวอย่างมาจากกลุ่มย่อยแล้วทำการตรวจสอบทุกหน่วยที่เลือกมา

ถ้าประชากรมีการแจกแจงแบบปกติแล้ว เลือกตัวอย่างจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติจากการสุ่มตัวอย่าง ค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างก็ยังคงมีการแจกแจงเป็นแบบปกติด้วย

ในกรณีที่ประชากรไม่มีการแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงค่าเฉลี่ย $\overline{X}$ ก็จะไม่มีการแจกแจงเป็นแบบปกติ แต่ถ้าเลือกตัวอย่างขนาดใหญ่พอแล้ว การแจกแจงค่าเฉลี่ย $\overline{X}$ ก็สามารถประมาณได้ด้วยการแจกแจงปกติด้วยทฤษฎีขอบเขตเข้าสู่ศูนย์กลางดังนี้

ทฤษฎีขอบเขตเข้าสู่ศูนย์กลาง (Central Limit Theorem) ถ้า $\overline{X}$ เป็นค่าเฉลี่ยของตัวแปรสุ่มที่มีขนาด n จากประชากรที่มีค่าเฉลี่ย μ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ เมื่อ n มีค่าเข้าใกล้ ∞ การแจกแจง $Z = X \mu$ จะประมาณได้ด้วยการแจกแจงปกติมาตรฐานที่มีค่าเฉลี่ย $\mu = 0$ และค่าความแปรปรวน $\sigma = 1$

กรณีที่กล่าวว่า n มีขนาดใหญ่ในทางปฏิบัติจะกำหนดให้ $n \geq 30$ ไม่จำเป็นต้องสนใจถึงการแจกแจงของประชากร แต่ขอให้ทราบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรก็พอแล้ว การประมาณการแจกแจงค่าเฉลี่ยก็จะประมาณได้ด้วยการแจกแจงแบบปกติ และถ้า $n < 30$ ไม่จำเป็นต้องสนใจถึงการแจกแจงของประชากรก็พอแล้ว การประมาณการแจกแจงค่าเฉลี่ยก็ประมาณการได้จากการแจกแจงแบบปกติ และถ้า $n < 30$ บางครั้งอาจจะใช้การแจกแจงแบบประมาณได้ ถ้าเลือกตัวอย่างจากประชากรที่มีการแจกแจงไม่แตกต่างจากการแจกแจงแบบปกติ กล่าวคือ ข้อมูลที่มีลักษณะสมมาตร การประมาณการแจกแจงค่าเฉลี่ยจะประมาณได้ด้วยการแจกแจงปกติมาตรฐาน

การแจกแจงการสุ่มตัวอย่างข้างต้น ในการควบคุมคุณภาพได้จัดทำการสุ่มตัวอย่างจากแต่ละกลุ่มย่อย ภายใต้ข้อสมมุติที่ว่าข้อมูลที่ได้จากกระบวนการผลิตมีการแจกแจงแบบปกติ ดังนั้นการสุ่มตัวอย่างจากกลุ่มย่อยมากลุ่มละ 4 หรือมากกว่า 5 ตัวอย่าง จำนวน m กลุ่มย่อยภายใต้กฎเกณฑ์ที่ว่า ถ้าสุ่มตัวอย่างจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างก็จะมีการแจกแจงแบบปกติด้วย

สำหรับกรณีที่ประชากรไม่มีการแจกแจงแบบปกติ แต่การแจกแจงของประชากรสมมาตร มีฐานนิยมเดียวและเป็นการแจกแจงของข้อมูลที่วัดด้วยตัวแปรเชิงสุ่มชนิดต่อเนื่องแล้ว การใช้ขาดตัวอย่าง 4 หรือ 5 ตัวอย่าง ก็เพียงพอในการประมาณค่าเฉลี่ยด้วยการแจกแจงแบบปกติ

ในทางปฏิบัติขนาดตัวอย่าง n ที่ใช้สำหรับการสุ่มตัวอย่างในแต่ละกลุ่มย่อยจะใช้ตัวอย่างอย่างน้อย 4 ตัว แต่จะใช้มากกว่านี้ก็ได้ การประมาณค่าเฉลี่ยของตัวอย่างแต่ละกลุ่มย่อยจะประมาณด้วย $\overline{X}$ และวัดการกระจายของตัวอย่างแต่ละกลุ่มย่อยด้วย S และ R แต่ประเด็นสำคัญของการควบคุมคุณภาพการสร้างแผนภูมิควบคุมคุณภาพ ก็คือ การหาค่าประมาณการส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร

การประมาณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรได้ เมื่อในการควบคุมคุณภาพการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสุ่มตัวอย่างมากลุ่มย่อยละ 4 ตัวอย่างหรือมากกว่า แล้วทำการวัดการกระจายของข้อมูลในแต่ละกลุ่มย่อย จะใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง S หรือค่าพิสัยของกลุ่มเฉลี่ยตัวอย่าง R ในการประมาณค่า σ ได้ ซึ่งการประมาณค่า σ สามารถประมาณค่าได้จากความสัมพันธ์ระหว่าง σ กับ $\overline{S}$ และจากความสัมพันธ์ระหว่าง σ กับ $\overline{S}$

ก) การประมาณค่า σ จากความสัมพันธ์ระหว่าง σ กับ $\overline{S}$

σ' คือ ค่าประมาณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร

C_2 คือ ค่าที่กำหนดในตารางมาตรฐาน

$\overline{S}$ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

ดังนั้นจะได้ค่าประมาณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรคือ

$$\sigma' = \frac{\overline{S}}{C_2}$$

ข) การประมาณค่า σ จากความสัมพันธ์ระหว่าง σ กับ $\overline{R}$

σ' คือ ค่าประมาณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร

d_2 คือ ค่าที่กำหนดในตารางมาตรฐาน

$\overline{R}$ คือ ค่าพิสัยเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

ดังนั้นจะได้ค่าประมาณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรคือ

$$\sigma' = \frac{\overline{R}}{d_2}$$

ค) (ภรณี เจริญภักตร์ และคณะ, 2536) การประมาณค่า σ เมื่อสุ่มตัวอย่างจากประชากรที่ไม่มีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ หากไม่ทราบคาสส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรให้ใช้ขนาดตัวอย่าง $n \geq 30$ เมื่อใช้ขนาดตัวอย่างดังกล่าว สามารถใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบน

มาตรฐานของตัวอย่าง แทนค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรได้ (แม้ไม่ทราบค่า σ ก็ใช้ S แทน σ ได้)

- การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง

การแจกแจงความน่าจะเป็นไม่ต่อเนื่องคือ การแจกแจงความน่าจะเป้นของตัวแปรสุ่มที่มีค่าไม่ต่อเนื่องโดยการแจกแจงความน่าจะเป็นไม่ต่อเนื่องที่มักใช้มากในงานคุณภาพ ได้แก่ การแจกแจงทวินาม (Binomial Distribution) การแจกแจงไฮเปอร์จีออเทตริก (Hypergeometric Distribution) และการแจกแจงแบบปัวส์ซอง (Poison Distribution)

ก) การแจกแจงทวินาม (Binomial Distribution)

การแจกแจงทวินามเป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นไม่ต่อเนื่องที่มีการประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในงานวิศวกรรม เนื่องจากการแจกทวินามเป็นพื้นฐานของการประเมินผลตัวอย่างจากประชากรแบบคุณภาพ (Qualitative) ซึ่งผลการประเมินผลตัวอย่างจากประชากรแบบคุณภาพโดยทั่วไปจะแบ่งเป็นสองประเภทคือ ดี เสีย พึงพอใจหรือไม่พึงพอใจ สำเร็จหรือล้มเหลว เป็นต้น การแจกแจงทวินามเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ที่เกิดจากอนุกรมของการทดลองแบบสุ่มซึ่งการทดลองแบบสุ่มนี้เรียกว่า Bornoulli Process โดยมีสมมติฐานดังนี้

1. การทดลองสุ่มแต่ละครั้งเป็นการลอง (Trial) ที่มีผลลัพธ์สองประเภทเรียกว่าความสำเร็จและ ความล้มเหลว

2. ความน่าจะเป็นของความสำเร็จมีค่าคงที่ทุกครั้งที่ทดลอง

3. การทดลองแต่ละครั้งเป็นอิสระต่อกัน

การแจกแจงทวินามทำให้เกิดความน่าจะเป็นของจำนวนการสังเกตที่ตกลงไปอยู่ในประเภทใดประเภทหนึ่งของผลลัพธ์ เช่น ความน่าจะเป็นที่มีจำนวนความสำเร็จ X ครั้งที่เกิดขึ้นในการทดลองของ Bornoulli Process n ครั้ง หรือความน่าจะเป็นที่มีของดี X ชิ้นในการสุ่ม n ชิ้น ความน่าจะเป้นของการแจกแจงทวินามคำนวณได้จาก

$$b(x,n,p) = \binom{n}{p} p^x (1-p)^{n-x}$$

เมื่อ X แทนตัวแปรสุ่มทวินาม ซึ่งอาจจะเป็นจำนวนครั้งของความสำเร็จหรือล้มเหลว

n แทนจำนวนครั้งของการกระทำ

p แทนความน่าจะเป็นของความสำเร็จที่เกิดขึ้นจากการกระทำแต่ละครั้ง

b(x,n,p) แทนความน่าจะเป็นของการแจกแจงทวินามของตัวแปรสุ่ม X

นอกจากนี้ยังสามารถคำนวณความน่าจะเป็นสะสมได้จาก

$$P(x \le r) = B(r; n, p) = \sum_{x=0}^{r} b(x; n, p)$$

ข) การแจกแจงปัวส์ซอง (Poisson Distribution)

การแจกแจงปัวส์ซอง เป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นไม่ต่อเนื่องที่เกี่ยวกับเหตุการณ์เพียงเหตุการณ์เดียวที่เกิดจากการทดลองโดยจำนวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจะไม่แน่นอน แต่จะขึ้นกับอัตราการเกิดเหตุการณ์เฉลี่ยในบริเวณหนึ่ง ๆ จะลดลง เมื่อช่วงเวลาลดลงหรือบริเวณนั้น ๆ เล็กลง กล่าวคือเหตุการณ์ที่จะเกิดเหตุการณ์หนึ่งมากกว่า 1 ครั้งจะแปรผันตรงกับช่วงเวลาหรือขนาดของบริเวณ และเมื่อขนาดของชวงเวลาสั้นมากหรือในบริเวณที่มีขนาดเล็กมาก ๆ จนเกือบเป็นศูนย์ โอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์หนึ่งมากกว่า 1 ครั้ง สามารถประมาณให้มีค่าเป็นศูนย์ได้

การแจกแจงปัวส์ซองทำให้เกิดความน่าจะเป็นสำหรับจำนวนครั้งของเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาหนึ่ง โดยค่าความน่าจะเป็นนี้สามารถคำนวณได้จาก

$$P(x; \mu) = \frac{\mu^x e^{-\mu}}{x!}$$

เมื่อ X แทนตัวแปรสุ่มของปัวส์ซอง

μ แทนค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาหรือบริเวณหนึ่ง

$p(x, \mu)$ แทนความน่าจะเป็นปัวส์ซองของตัวแปรสุ่ม X

e แทน 2.71828.....

นอกจากนี้ยังสามารถคำนวณความน่าจะเป็นสะสมได้จาก

$$P(x \le c) = \sum_{x=0}^{c} p(x; \mu)$$

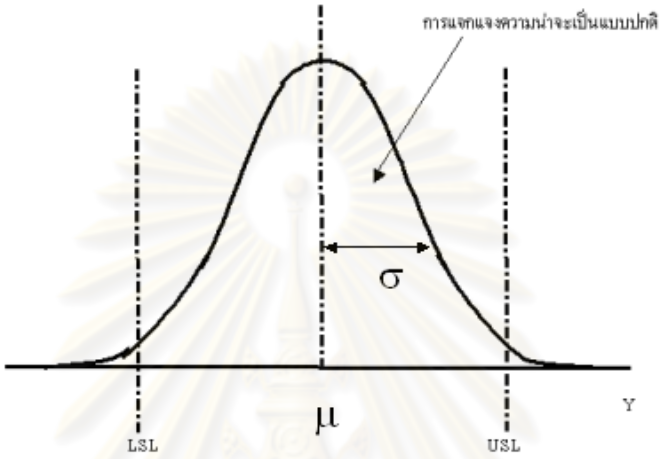
ค) การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง

การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง คือการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มที่มีค่าต่อเนื่องโดยการแจกแจงความน่าจะเป็นต่อเนื่องมักใช้มาก ได้แก่ การแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงเอ็กซ์โปเนนเชี่ยน และการแจกแจงแบบไคสแควร์

1. การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การแจกแจงแบบปกติ เป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มส่วนมากจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของตัวแปรเหล่านั้นแต่จะมีตัวแปรสุ่มเพียงส่วนน้อยที่มีค่ามากว่าหรือน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของตัวแปรซึ่งทำให้การแจกแจงแบบปกตินี้เป็นการการแจกแจงความน่าจะเป็นต่อเนื่องที่ใช้มาก เนื่องจากค่าในการวัดทางด้านกายภาพส่วนมาก เช่น ความยาวของชิ้นงานที่ตัดจากเครื่องตัด จะมีการแจกแจงความถี่ที่ใกล้เคียงกับเส้นโค้งปกติ ซึ่งเป็นเส้นโค้งที่แสดงให้เห็นความถี่ของตัวแปรสุ่มแต่ละค่ามีรูปร่างทรงระฆังคว่ำ (Bell Shape)



รูปที่ 2.8 แสดงการแจกแจงแบบปกติ

เส้นโค้งปกติมีคุณสมบัติดังนี้

1. ค่าเฉลี่ย มัธยฐาน และฐานนิยมอยู่ที่ $X= \mu$
2. เส้นโค้งสะสมมาตรกับแกนที่ลากตั้งฉาก $X= \mu$
3. เส้นโค้งมีจุดเปลี่ยนเว้าที่ $X = \mu \pm \sigma$ โดยเส้นโค้งจะโค้งลงในช่วง $\mu - \sigma < X < \mu \pm \sigma$ แต่จะโค้งขึ้นในช่วงที่เหลือ
4. ปลายโค้งจะลู่เข้าหาแกนนอนเมื่อ X มีค่าห่างจาก μ มากขึ้นแต่จะไม่ตัดแกนนอน
5. พื้นที่ทั้งหมดที่อยู่ภายใต้เส้นโค้งจะอยู่เหนือแกนนอนมีค่าเท่ากับ 1

หากการแจกแจงปกติใดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และมีค่าความแปรปรวนเท่ากับ 1 จะเรียกการแจกแจงนั้นว่า การแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน (Standard Normal Distribution)

การแจกแจงปกติ ทำให้เกิดความน่าจะเป็นสำหรับตัวแปรสุ่มเป็นช่วง เช่น ความน่าจะเป็นที่ตัวแปรสุ่มมีค่าระหว่าง X_1 ถึง X_2 การคำนวณความน่าจะเป็นของการแจกแจงปกติสามารถคำนวรได้จากการหาพื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติ และเพื่อความสะดวกในการหาค่าความน่าจะเป็นของการแจกแจงปกติ จึงได้มีการนำการแจกแจงปกติมาตรฐานมาช่วยในการคำนวณ โดยการปรับตัวแปรสุ่มของการแจกแจงปกติใด ๆ ให้สอดคล้องกับการแจกแจงปกติมาตรฐาน

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

โดยที่ Z = ตัวแปรสุ่มของการแจกแจงปกติมาตรฐาน

X = ตัวแปรสุ่มของการแจกแจงปกติใด ๆ

μ = ค่าเฉลี่ยของตัวแปรสุ่มของการแจกแจงปกติใด ๆ

σ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการแจกแจงปกติใด ๆ

2. การแจกแจงเอ็กซโปเนนเชียล (Exponential Distribution)

การแจกแจงเอ็กซโปเนนเชียลเป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นที่มีการประยุกต์ในงานด้านวิศวกรรมอย่างกว้างขวาง เช่น การประเมินความเชื่อถือได้ การประยุกต์ใช้ในทฤษฎีแถวคอย เป็นต้น การแจกแจงแบบเอ็กซโปเนนเชียลมีลักษณะใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบปัวส์ซอง จะแตกต่างกันตรงที่การแจกแจงปัวซ์ซองเป็นการแจกแจงของตัวแปรสุ่มไม่ต่อเนื่อง แต่การแจกแจงเอ็กซโปเนนเชียลเป็นการแจกแจงตัวแปรสุ่มต่อเนื่อง ดังนั้นสมมติฐานต่าง ๆ ที่ใช้กับการทดลองปัวส์ซองจึงถูกนำมาใช้กับการทดลองแบบเอ็กซโปเนชียลด้วย

3. การแจกแจงไคสแควร์ (Chi-Square Distribution)

การแจกแจงไคสแควร์ เป็นการแจกแจงที่ใช้มากในการทดสอบสมมติฐาน โดยการแจกแจงแบบไคสแควร์จะเป็นการแจกแจงของตัวแปรสุ่มที่เป็นผลรวมของค่ากำลังสองของตัวแปรสุ่มปกติหลาย ๆ ตัว ดังนั้น การแจกแจงไคสแควร์จึงใช้แทนการแจกแจงของการสุ่มตัวอย่าง S^2 เมื่อตัวอย่างที่สุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ

- กราฟที่ใช้ในการวิเคราะห์

1. ผังการกระจาย

(ฮิโตชิ คุเมะ, ผู้เขียน, วีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์, ผู้แปล, 2541)

ในการควบคุมกระบวนการผลิต ปัญหาที่พบบ่อยคือ การปรับค่าตัวแปรแล้วส่งผลถึงความเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรอีกตัวแปรหนึ่ง จึงจำเป็นต้องหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองตัว เพื่อจะใช้เป็นแนวทางในการควบคุมการผลิต ดังนั้นผังการกระจาย (Scatter Diagram) เป็นเครื่องมือหาความสัมพันธ์ที่แท้จริงของตัวแปรทั้งสองตัวได้

ผังการกระจาย จะมีลักษณะการเกาะกลุ่มและการกระจายของจุดแสดงข้อมูลที่แตกต่างกันออกไป จากกลุ่มของข้อมูลในผังกระจายนี้ เราสามารถใช้เพื่อการอนุมานหา

ความสัมพันธ์ของข้อมูลแกน X ละ Y ซึ่งในทางสถิติเรียกความสัมพันธ์นี้ว่า สหสัมพันธ์ (Correlation)

2. แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)

(ฮิโตชิ คุเมะ, ผู้เขียน, วีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์, ผู้แปล, 2541)

หากวิเคราะห์เรื่องปัญหาคุณภาพพบว่า จุดบกพร่องไม่กี่ชนิดทำให้เกิดความสูญเสียมากมาย ขณะที่ความสูญเสียเล็ก ๆ น้อย ๆ ที่เหลือนั้นมีสาเหตุมาจากจุดบกพร่องหลายชนิดมาก จึงมีคำกล่าวเรียกชนิดของจุดบกพร่อง 2 ประเภทนี้ว่า

1. ประเภทน้อยชนิดแต่มีผลมาก (The Vital Few)

2. ประเภทมากชนิดแต่มีผลน้อย (The Trivial Many)

แผนภูมิพาเรโต เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์อย่างมากในการหาปัญหาที่ก่อให้เกิดผลเสียอย่างมากมาย แผนภูมิพาเรโตมีลักษณะเป็นกราฟแท่งที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าของข้อมูลที่แสดงโดยใช้แกนตั้งกับประเภทของข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาซึ่งแสดงโดยใช้แกนนอน และเรียงลำดับตามข้อมูลที่รวบรวมมาจากมากไปหาน้อย

แผนภูมิพาเรโต เป็นการนำเสนอข้อมูลโดยใช้กราฟแท่งแทนข้อมูลที่ให้สามารถมองเห็นปัญหาได้อย่างชัดเจน กว่าการนำเสนอข้อมูลในรูปของตารางที่มีค่าเป็นตัวเลขเพียงอย่างเดียว

หลักการของแผนภูมิพาเรโต สามารถใช้ในการหาปัญหาที่มีความรุนแรงมากได้ เนื่องจากแผนภูมิพาเรโตจะแยกลำดับความสำคัญของปัญหาตามข้อมูลที่รวบรวมมา ซึ่งข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาอาจจะเป็นจำนวนของเสียแต่ละประเภท

การนำแผนภูมิพาเรโตมาช่วยในการหาปัญหานั้น ใช้หลักการที่ว่าร้อยละ 80 ของปัญหาที่เกิดขึ้นมาจากร้อยละ 20 ของส่วนที่อาจจะทำให้เกิดปัญหา หรือกล่าวได้ว่า ปัญหาที่เกิดส่วนใหญ่จะมีสาเหตุมาจากสาเหตุเพียง 2-3 สาเหตุ ดังนั้น เมื่อนำแผนภูมิพาเรโตมาใช้จะทำให้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ จะได้นำไปสู่การหาสาเหตุของปัญหา และการกำหนดมาตรการในการแก้ไขสาเหตุของปัญหานั้น ๆ ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว เมื่อกำจัดสาเหตุของปัญหาหนึ่งไปแล้ว จะทำให้ปัญหาอื่น ๆ มีแนวโน้มลดลงไปด้วย

3. การแจกแจงและฮีสโตแกรม

(ฮิโตชิ คุเมะ, ผู้เขียน, วีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์, ผู้แปล, 2541)

กล่าวว่า ถ้าสามารถควบคุมให้ปัจจัยต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตให้คงที่สม่ำเสมอตลอดเวลา ข้อมูลที่เก็บได้จากกระบวนการผลิตอันนั้นก็จะมีค่าคงที่ แต่ในทางเป็นจริงแล้วเป็นไปไม่ได้ เพราะปัจจัยการผลิตแต่ละตัวจะมีความผันแปร (Variation) อยู่ตลอดเวลาแม้ว่าเพียงเล็กน้อยก็ตาม ผลก็คือข้อมูลจากการผลิตนั้นก็จะแปรผันหรือเกิดความผันแปรไปด้วยเสมอตลอดเวลา

ถึงแม้ว่าข้อมูลที่เก็บได้จริงจากกระบวนการผลิต จะต้องมีความแตกต่างกันตลอดเวลา แต่ก็ใช่ว่าจะไม่มีรูปแบบแห่งความผันแปรที่ไม่แน่นอนแต่ว่าความผันแปรของข้อมูลเหล่านั้น ได้เกขึ้นเป็นไปตามกฎเกณฑ์บางอย่างที่เรียกว่า มีการแจกแจง (Distribution) ที่มีรูปแบบที่ศึกษาได้

ฮีสโทรแกรมเป็นการนำเสนอข้อมูลโดยใช้กราฟแทนข้อมูลที่แสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะของข้อมูลนอกเหนือจากจะที่สามารถสังเกตได้จากการสังเกตได้จากในรูปตาราง ซึ่งฮีสโตแกรมจะถูกนำมาใช้เมื่อ

1. ลักษณะการแจกแจงข้อมูลมีความสำคัญในการวิเคราะห์
2. ค่าของข้อมูลมีความแปรผันหรือแตกต่างกัน ซึ่งความแตกต่างนี้ย่อมจะเกิดขึ้นได้กับกระบวนการทุกกระบวนการ เนื่องจากการรักษาไว้ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ ให้คงที่ตลอดเวลาเป็นส่วนที่เป็นไปไม่ได้
3. ความผันแปรของข้อมูลแสดงให้เห็นรูปแบบของข้อมูล ซึ่งเรียกว่าการแจกแจง (Distribution) เช่น ข้อมูลทุกข้อมูลอยู่ภายใต้ข้อกำหนด ข้อมูลส่วนใหญ่อยู่ใกล้ข้อกำหนดสูงสุด
4. รูปแบบของข้อมูลไม่สามารถสังเกตได้ง่ายโดยใช้ตาราง
5. รูปแบบของข้อมูลสังเกตได้ง่ายเมื่อใช้ฮีสโตรแกรม

รูปแบบของฮีสโตรแกรมที่สำคัญ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. Bell-Shaped เป็นรูปร่างที่มีความสมมาตร โดยมีจุดกึ่งกลางของข้อมูลเป็นจุดสูงสุดและเป็นแกนสมมาตร ซึ่งเป็นรูปร่างแสดงให้เห็นว่า ข้อมูลปกติ

2. Double-Peaked เป็นรูปร่างที่เกิดจาก 2 Bell-Shaped มาต่อกันแล้วทำให้จุดกึ่งกลางของข้อมูลเป็นจุดที่มีความถี่ต่ำสุด ซึ่งเป็นความผิดปกติของข้อมูล ที่อาจจะเกิดจากการมีข้อมูลสองชุดที่เกิดจากวิธีทำงานที่แตกต่างกัน

3. Plateau เป็นรูปร่างที่ไม่มียอกเด่นของข้อมูล ความถี่ของข้อมูลใกล้เคียงกันแต่ที่ขอบของข้อมูลมีความถี่ลดลงเล็กน้อย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีความผันแปรมากซึ่งอาจจะเกิดจากการทำงานโดยไม่มีการฦกหรือกระบวนการผลิตที่มีความแปรปรวนมาก

4. Comb เป็นรูปร่างที่มียอดสูงต่ำสลับกันไป ซึ่งมักเกิดจากความผิดพลาดในการเก็บข้อมูลหรือการกำหนดขั้น

5. Skewed เป็นรูปร่างไม่สมมาตรโดยยอดที่สูงจะไปอยู่กึ่งกลางของข้อมูล ถ้าหากข้อมูลที่มีความถี่มากอยู่ทางด้านขวาจะเรียกว่า ข้อมูลเบ้ซ้าย และถ้าหากข้อมูลที่มีความถี่มากอยู่ทางด้านซ้ายจะเรียกว่า ข้อมูลเบ้ขวา ซึ่งการที่ข้อมูลมีความเบ้อาจจะเกิดจากความผิดปกติของกระบวนการ

6. Truncated เป็นรูปร่างที่ไม่สมมาตรโดยยอดของฮีสโตรแกรมจะอยู่สูงที่ขอบด้านใดด้านหนึ่งแล้วการกระจายของข้อมูลจะค่อย ๆ ลดลงอีกด้านหนึ่ง ซึ่งการที่ฮีสโตรแกรมมีรูปแบบนี้อาจจะมีสาเหตุมาจาก มีปัจจัยภายนอกมากระทบกับกระบวนการผลิต เช่น การตรสจสอบ 100% การเปลี่ยนแปลงกระบวนการ

7. Isolated Peaked เป็นรูปร่างคล้าย Double Peaked เพียงแต่มีกลุ่มข้อมูลกลุ่มหนึ่งใหญ่กว่าอีกกลุ่มหนึ่งมาก ซึ่งกลุ่มข้อมูลที่น้อยจะแสดงให้เห็นว่า มีความผิดปกติในกระบวนการหรืออาจจะมีผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมในช่วงที่เก็บข้อมูลหรืออาจจะเกิดจากความผิดพลาดในการวัด

8. Edge-Peaked เป็นรูปร่างการกระจายข้อมูลปกติเพียงแต่มีข้อมูลที่มีความถี่สูงอยู่ที่ขอบด้านใดด้านหนึ่ง ซึ่งการที่ฮีสโตรแกรมมีลักษณะเช่นนี้อาจจะเกิดมาจาก การเก็บบันทึกข้อมูลที่ไม่แม่นยำ

2.3.3.3 การปรับปรุงกระบวนการ (Improve Phase)

- ทฤษฎีการออกแบบและวิเคราะห์การทดลองทางสถิติ

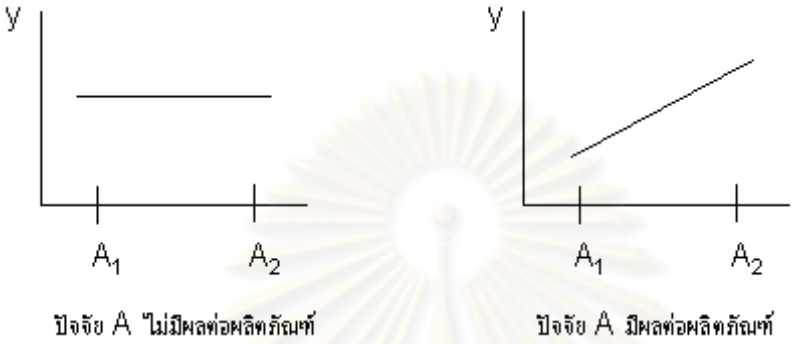
การออกแบบการทดลอง (Design of Experiments) การออกแบบการทดลองเพื่อตรวจดูว่าปัจจัย (Factor) ใดหรือตัวแปร (Input Variable) ใดที่มีผลต่อสิ่งที่ให้ความสำคัญ (หรือความสนใจ) ในผลิตภัณฑ์ที่ออกมา (Output response)

ปัจจัย (Factor) ในการผลิตสามารถแบ่งออกได้เป็น

1. **ปัจจัยที่ควบคุมได้** (Controllable Factors) **หมายถึง ปัจจัยที่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ในการผลิต**

2. ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable Factors) หมายถึง ปัจจัยที่ไม่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ในการผลิต

การออกแบบการทดลองเพื่อวิเคราะห์ได้ว่า ปัจจัยใดมีผลต่อผลิตภัณฑ์หรือไม่ ต้องทำการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยอย่างน้อยสองระดับ แล้วทำการทดลอง จากนั้นจึงวิเคราะห์ผลการทดลอง ตัวอย่างเช่น ให้ y เป็นค่าความขุ่น และ A หมายถึง ค่าความเข้มข้นของสี ซึ่งจะสรุปผลเมื่อได้กราฟตัวอย่างดังนี้



รูปที่ 2.9 แสดงอิทธิพลของปัจจัยเดี่ยว

- วัตถุประสงค์ของการออกแบบการทดลอง

1. เพื่อยืนยันข้อเท็จจริง (Confirmation) คือ การพิสูจน์ถึงข้อเท็จจริง หรือ ความเชื่อจากประสบการณ์ หรือ ทฤษฎีบางอย่างที่อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการผลิต

2. เพื่อค้นหาข้อเท็จจริง (Exploration) คือการศึกษาถึงอิทธิพลของเงื่อนไขใหม่ที่มีผลต่อกระบวนการ

- คำจำกัดความ (Definition)

อิทธิพลหรือผล (Effect) หมายถึง ผลของตัวแปรต้นที่มีต่อตัวแปรตาม

ปัจจัย (Factor) หมายถึง สิ่งที่คิดว่ามีอิทธิพลต่อผลการทดลองของคุณสมบัติในตัวผลิตภัณฑ์

ระดับของปัจจัย (Level of Factor) หมายถึง สภาวะต่าง ๆ ของปัจจัยหนึ่ง ๆ ที่ทำการกำหนดในการทดลอง

ปัจจัยรบกวน (Noise Factor) หมายถึง ปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลกระทบเล็ก ๆ น้อย ๆ และไม่สามารถควบคุมได้

- หลักในการออกแบบการทดลอง

1. การทำแบบสุ่ม (Randomization) คือ การให้โอกาสในการเก็บข้อมูลของข้อมูลแต่ละตัวเท่า ๆ กัน เพื่อกระจายผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ ให้กับทุกระดับที่ศึกษาเท่า ๆ กัน การทำแบบสุ่มยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธีคือ

1.1 การทำแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete randomization)

1.2 การทำแบบสุ่มอย่างง่าย (Simple randomization)

1.3 **การทำแบบสุ่มแบบสมบูรณ์ภายในบล็อก** (Complete randomization within blocks)

2. การทำซ้ำ (Replication) คือ การทำการทดลองซ้ำในแต่ละข้อมูล เพื่อกำจัดเอาผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ออก

3. การบล็อก (Blocking) คือ การจัดกลุ่มทำการเก็บข้อมูลเป็นช่วง เพื่อลดผลจากปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ แต่ไม่จำเป็นที่ต้องมีการทำเสมอไป

- ลำดับขั้นการออกแบบและวิเคราะห์ผลการทดลอง

1. การนิยามปัญหา เป็นการระบุว่า ความต้องการในการผลิตคืออะไรและต้องการรับรู้อะไรบ้างในการผลิต ซึ่งการนิยามปัญหานี้ จะเกี่ยวโยงไปถึงวัตุประสงค์ของการทดลอง

2. การเลือกปัจจัยที่มีผลและระดับปัจจัย เป็นการใช้หลักการทางทฤษฎี และประสบการณ์ที่เคยปฏิบัติมาในการผลิต เพื่อระบุว่า มีปัจจัยใดบ้างที่น่าจะมีผลต่อการทดลอง และในปัจจัยนั้นควรจะมีช่วงในการทดลองว่าเป็นอย่างไร เพื่อระบุระดับปัจจัยในการทดลอง สุดท้ายคือ ระบุว่าระดับที่ใช้เป็นแบบกำหนด (Fixed levels), แบบสุ่ม (Random levels) หรือแบบผสม (Mixed levels)

3. แบบกำหนด (Fixed levels) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าของปัจจัยได้แน่นอน

4. แบบสุ่ม (Random levels) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าของปัจจัยได้แน่นอน

5. แบบผสม (Mixed levels) หมายถึง การผสมผสานระดับของปัจจัยที่เป็นทั้งแบบกำหนดได้และแบบสุ่ม

6. การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response variables) ในการเลือกตัวแปรตอบสนอง ผู้ทำการทดลองจะต้องเลือกตัวแปรที่สามารถให้ข้อมูลที่เป็นประดยชน์ในการศึกษา และการวัดค่านั้นจะต้องแม่นยำ รวมทั้งความถูกต้องของเครื่องวัดด้วย

7. การเลือกแบบทดลอง จะต้องพิจารณาถึงจำนวนข้อมูลที่ทำซ้ำในการทดลอง ความเหมาะสม ข้อจำกัดในการสุ่ม (Randomization) และการบล็อก (Blocking) ที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ต้องนำมาเกี่ยวโยงกันในด้านความเสี่ยง และต้นทุนที่ใช้ในการทดลองสำหรับการเลือกปัจจัย

8. การทำการทดลอง ในขณะทำการทดลอง จะต้องปฏิบัติตามหลักการที่ได้ออกแบบไว้ นั่นคือต้องมีการสุ่ม การทำซ้ำ ข้อควรระวังในการทดลองคือ ความถูกต้องของเครื่องมือวัด และความสม่ำเสมอในการทดลองเพื่อความผิดพลาด (Error) ที่ออกมามีน้อยที่สุด

9. การวิเคราะห์ข้อมูล ในการวิเคราะห์ข้อมูล จะใช้ความรู้ทางสถิติเข้ามาวิเคราะห์และสรุปผล รวมทั้งตัดสินความถูกต้องของข้อมูลที่เกิดขึ้น ก่อนที่จะตีความข้อมูล วิธีทางสถิติไม่สามารถบอกได้ว่าปัจจัยใดมีผล (Effect) เท่าใดได้แน่นอน แต่เป็นเพียงเครื่องมือที่ให้แนวทางในการวิเคราะห์ภายใต้ความเชื่อมั่นเป็นเปอร์เซนต์ในการสรุปผล

10. สรุปผลและข้อเสนอแนะ เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมุลแล้วจะต้องสรุปผลการวิเคราะห์ ซึ่งอาจจะแสดงในรูปภาพ ตาราง แผนภูมิ เป็นต้น

- หลักการทางสถิติที่จำเป็นในการวิเคราะห์ข้อมูล

การทดสอบสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R^2) เป็นการวิเคราะห์ว่าการออกแบบที่ได้ออกแบบขึ้นมาใช้ในการทดลอง มีความเหมาะสมเพียงใด ซึ่งในการทดลองทุกครั้ง จะต้องมีความผันแปรที่อธิบายไม่ได้ (Unexplained variable) หรือ ความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเสมอ การออกแบบการทดลองที่ดีจะต้องทำให้เกิดความผันแปรที่อธิบายไม่ได้ (Unexplained variable) น้อยที่สุด

$$\text{สัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ } (R^2) = \frac{\text{ความผันแปรที่อธิบายได้ x 100\%}}{\text{ความผันแปรทั้งหมด}}$$

ถ้าค่าสัมประสิทธ์การตัดสินใจ (R^2) ต่ำ สามารถแก้ไขโดย

1. เพิ่มจำนวนซ้ำในการทดลอง

2. ตรวจสอบหาปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง แล้วออกแบบการทดลองใหม่

3. ถ้าทำการเพิ่มปัจจัยอื่นแล้ว ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ยังต่ำอยู่ แสดงว่าผลจากปัจจัยรบกวน (Noise Factor) มีมาก ต้องทำการบล็อก (Blocking) เพื่อลดปัจจัยรบกวน

- การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ (Model adequacy checking)

จากสมการ; $Y_{ij} = \mu + \tau_j + \varepsilon_{ij}$

ซึ่ง μ คือ ค่าเฉลี่ย

τ คือ อิทธิพลที่เกิดจากปัจจัย

ε คือ ความคลาดเคลื่อน

ในการออกแบบการทดลองส่วนใหญ่มักจะตั้งสมมติฐานในการวิเคราะห์จากการที่ y (ตัวแปร) มีการกระจายแบบแจกแจงปกติ (Normal Distribution) ดังนั้น y จะมีการกระจายแบบนี้ได้ต้องให้ ε มีการกระจายแบบปกติด้วย และต้องเป็นการกระจายที่เป็นอิสระ $\varepsilon_{ij} \sim$ NID $(0,\sigma^2)$

การตรวจสอบ ε_{ij} มี 3 ขั้นตอนคือ

1. การตรวจสอบการกระจายว่าเป็นแบบแจงแจงปกติ (Normal Distribution) หรือไม่

- การทดสอบแบบไคร์สแควร์ (χ- Goodness of fit test)
- การทดสอบแบบโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ (Kolgomorov-Smirnov test)
- การตรวจสอบโดยใช้กระดาษตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติ (NOPP)

2. การตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independent) โดยใช้แผนภูมิการกระจาย (Scatter plot) แล้วดูลักษณะการกระจายของจุกที่แทนข้อมูลบนแผนภูมิ ว่าเป็นรูปแบบอิสระหรือไม่

3. การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน (Variance Stability) โดยใช้แผนภูมิการกระจายซึ่งเป็นแผนภูมิการกระจายของค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) ในแต่ละระดับของปัจจัย ถ้ารูปร่างของการกระจายของข้อมูลที่ออกมาไม่เป็นลักษณะของการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความแปรปรวน (Megaphone) แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน (Variance Stability)

- การตั้งสมมติฐานในการตรวจสอบ (Hypothesis Testing)

จากที่กล่าวมาแล้วในลำดับขั้นตอนการออกแบบการทดลองว่า ในการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้วิธีทางสถิตินั้น จะมีความเสี่ยงเข้ามาเกี่ยวข้องอยู่เสมอ ดังนั้นการตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลจึงต้องอยู่ภายใต้ความเสี่ยงดังกล่าว

การตั้งสมมติฐานในการตรวจสอบ จะตั้งสมมติฐานใน 2 ทางเลือกคือ

H_0 : ระดับของปัจจัยไม่มีผลต่อกระบวนการผลิต

H_1 : ระดับของปัจจัยมีผลต่อกระบวนการผลิต

ทั้งนี้ภายใต้ความเสี่ยงสองตัวคือ α และβ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

α หมายถึง ความเสี่ยงในการไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก (Null Hypothesis) ทั้งที่สมมติฐานหลักเป็นจริง

β หมายถึง ความเสี่ยงในการยอมรับสมมติฐานหลัก (Null Hypothesis) ทั้งที่สมมติฐานหลักไม่เป็นจริง

จากความเสี่ยงทั้งสองแบบ จึงต้องทำการกำหนดจำนวนซ้ำที่ใช้ในการทดลองเพื่อให้มีความเชื่อมั่นหรือมีความเสี่ยงตามที่กำหนดไว้ และในการทำการวิเคราะห์ ก็มักจะให้ค่าของ α คงที่และให้ค่าของβ น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

การตั้งสมมติฐานแบ่งออกได้เป็นสองกรณี

1. กรณีรูปแบบกำหนด (Fixed Model) จะเป็นการตรวจสอบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการผลิตหรือไม่ ดังนั้นสมมติฐานที่ตั้งคือ

H_0 : ปัจจัยไม่มีผลต่อกระบวนการผลิต

H_1 : ปัจจัยมีผลต่อกระบวนการผลิต

หรือเขียนในรูปสัญลักษณ์เมื่อ τ คืออิทธิพลของปัจจัย

$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_3 = 0$

$H_1 : \tau_1 \neq 0$; อย่างน้อยที่สุดหนึ่ง

2. กรณีของรูปแบบสุ่ม (random Model) จะเป็นการตรวจสอบว่า ความแปรปรวน (σ^2) จะมีค่าเท่ากับ 0 หรือไม่ เพราะไม่สามารถหาค่าของอิทธิพล (Effect) ที่เกิดขึ้นแน่นอนได้ ดังนั้นสมมติฐานคือ

$H_0 : \sigma^2 = 0$

$H_1 : \sigma^2 \neq 0$

- การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

ผู้ที่นำวิธีการนี้มาใช้คือ ฟิชเชอร์ (Fisher) ซึ่งใช้วิธีการนี้จากหลักการที่ว่า ในการหาว่าปัจจัยใดที่มีผล ให้วิเคราะห์ที่ความแตกต่าง โดยวัดความแตกต่างรวมออกมาในรูปของความแปรปรวน (Variance) แล้วแตกออกมาเป็นความแตกต่างย่อย แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างย่อยนั้น หากความแตกต่างนั้น มีผลต่อตัวที่ต้องการคุณสมบัติและตัวประมาณค่าความแปรปรวน (Variance) ที่ดีที่สุด คือ ค่าเฉลี่ยกำลังสอบ (Mean Square: MS) ซึ่ง

$$MS = \frac{SS}{df}$$

เมื่อ SS คือผลรวมกำลังสอง (Sum of Square) และ df คือชั้นของความอิสระ (Degree of freedom) จากนั้นจะเปรียบเทียบค่าความแปรปรวนโดยที่

$$F = \frac{Var(tr)}{Var(E)}$$

และจากการต้องใช้การกระจายแบบแจกแจงเอฟ (F-Distribution) เป็นตัวทดสอบ ดังนั้น ε_{ij} จึงต้องมีรูปแบบเป็น NID $(0,\sigma^2)$ เท่านั้น

ตัวอย่างการสร้างตารางการวิเคาระห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการวิเคราะห์ปัจจัยสองปัจจัย

ตัวแบบ : $Y_{ijk} = \mu + \tau_j + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$

โดยที่ i = 1,2,...,a (ระดับของปัจจัย A)

J = 1,2,...,b (ระดับของปัจจัย B)

k = 1,2,...,n (จำนวนซ้ำ)

y = ค่าของตัวแปรตอบสนอง

μ = ค่าเฉลี่ย

τ = อิทธิพลที่เกิดจากปัจจัย

β = อิทธิพลที่เกิดจากปัจจัย

$\tau\beta$ = อิทธิพลที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ของ τ และ β

ε = ความคลาดเคลื่อน

A = คือปัจจัย A

B = คือปัจจัย B

AB = คือปฏิสัมพันธ์ของปัจจัย A และ B

MS_A, MS_B, MS_{AB} = กำลังสองเฉลี่ยของปัจจัย A,B และ AB ตามลำดับ

MS_E = กำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน

SS_A, SS_B, SS_{AB} = ผลรวมกำลังสองเฉลี่ยของปัจจัย A,B และ AB ตามลำดับ

SS_E = ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน

สมมติให้ $\alpha = 0.05$ หากค่า F_0 ที่ได้ $\leq F_{0.05}, \nu_1, \nu_2$ แล้วถือว่าปัจจัยนั้นไม่มีผล คือสามารถยอมรับสมมติฐาน แต่ถ้าค่าของ $F_0 \geq F_{0.05}, \nu_1, \nu_2$ ถือได้ว่าไม่สามารถยอมรับสมมติฐานหลักได้นั่นคือปัจจัยมีผล

- การเลือกแบบการทดลอง

ก. แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomize Design)

ใช้กับการทดลองปัจจัยเดี่ยว (Single factor experiment) และปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ที่มีขนาดไม่โตนัก และไม่มีปัจจัยรบกวน การทดลองจะทำโดยยึดหลักการทดลองแบบสุ่ม (Randomization) และการทำซ้ำ (Replication) โดยขั้นตอนในการทำการทดลองมีดังนี้

1. กำหนดตัวแปรตอบสนอง (Response variable) และปัจจัยที่ความคุมได้ (Controllable Factor) ที่สนใจ

2. ทำการทดลองโดยสุ่มแบบสมบูรณ์ (Complete Random) ในการวัดค่า

3. วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

ข. แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่ม (Randomize Block Design)

ใช้กับการทดลองปัจจัยเดี่ยวและมีปัจจัยรบกวน (Noise Factor) หลักการของแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่ม คือ

1. ต้องทำการสุ่ม (Randomization) ทุกครั้ง

2. ต้องทำซ้ำทุกการทดลอง

3. ต้องทำการบล็อก (Blocking) เพื่อลดปัจจัยรบกวน การบล็อก (Blocking) อาจจะทำ มากกว่า 1 บล็อกก็ได้ ซึ่งก็ขึ้นกับจำนวนของปัจจัยรบกวน

ขั้นตอนในการทำการทดลอง

1. ออกแบบและวางแผนการทดลอง

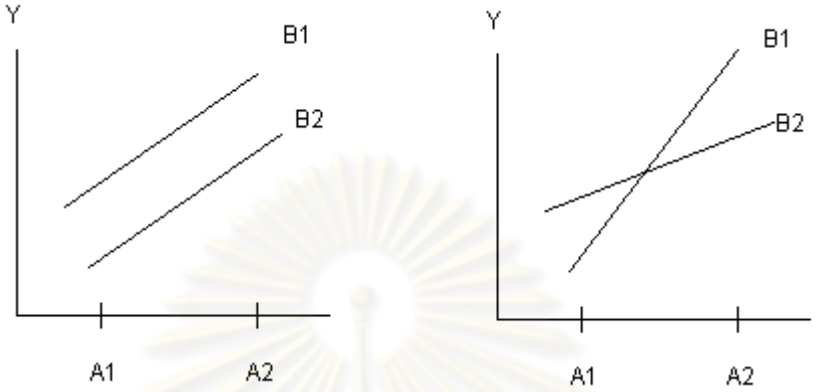
2. เก็บข้อมูล

3. วิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Table) ซึ่งต้องจะมีผลของบล็อก (Block Effect) ด้วย

ค. แผนการทดลองแบบแฟคโทเรียล (Factorial Design)

ใช้กับการทดลองที่มีปัจจัยตั้งแต่สองปัจจัย ซึ่งเป็นการทดลองที่มีหลายปัจจัย (Multiple Factor Experiment) และเนื่องจากปัจจัย (Factor) มากกว่า 1 ปัจจัย ดังนั้นนอกจากจะเกิดอิทธิพลของปัจจัยหลัก (Main Factor) ที่สมใจแล้ว ยังอาจจะเกิดอิทธิพลของปัจจัยรวม (Interact Effect) ได้ด้วย

อิทธิพลของปัจจัยร่วม (Interact Effect) คือ ผลที่เกิดขึ้นจากการที่ปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปแล้วมีผลทำให้อิทธิพล (Effect) ของอีกปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนไปด้วย ดังตัวอย่างการเกิดอิทธิพลของปัจจัยร่วมหรือปฏิสัมพันธ์ ซึ่งเมื่อไม่มีอิทธิพลของปัจจัยร่วมแสดงดังรูปที่ 2.10 ซ้าย และเมื่อมีอิทธิพลของปัจจัยร่วมแสดงดังรูปที่ 2.10 ขวา โดย A และ B คือปัจจัยสองปัจจัย



รูปที่ 2.10 แสดงกราฟที่ไม่มีอิทธิพลของปัจจัยร่วม (ซ้าย) เปรียบเทียบกับกราฟที่มีอิทธิพลของปัจจัยร่วม (ขวา)

แผนการทดลองแบบแฟคโทเรียลทั่วไป (Factorial Design) มีรูปแบบทั่ว ๆ ไป คือ A x B x C .... ! เช่น 3 x 2 x 2 ! โดยรูปแบบของแผนการทดลองแบบแฟคโทเรียลที่สำคัญได้แก่

2^k แฟคทอเรียล ใช้กับการทดลองหลายปัจจัย ที่กำหนดระดับของปัจจัยไว้ 2 ระดับใน k ปัจจัย เช่น 2^2 แฟคทอเรียล, 2^3 แฟคทอเรียล เป็นต้น

3^k แฟคทอเรียล ใช้กับการทดลองหลายปัจจัย ที่กำหนดระดับของปัจจัยไว้ 3 ระดับในปัจจัยทั้งหมด k ปัจจัย เช่น 3^2 แฟคทอเรียล, 3^3 แฟคทอเรียล เป็นต้น

เหตุที่ใช้ เนื่องจากการออกแบบ 2^k-แฟคทอเรียล นั้นเหมาะกับรูปแบบ (Model) ที่มีความเป็นเส้นตรง (Linearity) จึงมีความถูกต้องในการตีความข้อมูล ดังนั้น หากอิทธิพลของปัจจัยต่อตัวแปรตอบสนองมีความเป็นเส้นตรง (Linearity) ไม่ดีแล้ว จะหันมาใช้ 3^k แฟคทอเรียล แทนจะเหมาะสมกว่า

แผนการทดลองแบบแฟรกชั่นนอลแฟคโทเรียล (Fractional Factorial Design) เป็นการประยุกต์จากการออกแบบการทดลองแบบแฟคโทเรียล (Factorial Design) โดยการออกแบบการทดลองแบบแฟรกชั่นนอลแฟคโทเรียลจะใช้กับการทดลองหลายปัจจัย ที่มีปัจจัยเป็นจำนวนมาก จึงต้องทำการตัดปัจจัยบางตัวออก โดยอาศัยหลักการคอนฟาวด์ (Confound)

การคอนฟาวด์ (Confound) เป็นเทคนิคที่ใช้ช่วยในการออกแบบ ทำให้ขนาดของบล็อกเล็กลงจากเดิม ซึ่งในการออกแบบนี้ จะเกิดผลทำให้สารสนเทศเกี่ยวกับอิทธิพลของทรีต

เมนต์ (Treatment Effect) รวมปะปนอยู่กับอิทธิพลของบล็อก (Block Effect) เสมอ การเลือกอิทธิพลของทรีคเมนต์ที่จะทำการคอนฟาวด์ จะเลือกจากความรู้ในกระบวนการผลิตเป็นตัวกำหนด โดยเลือกทรีตเมนต์ที่คาดว่าจะมีผลน้อยต่อตัวผลิตภัณฑ์

การประมาณการทดสอบเอฟ (Approximate F-Test) ในการทดลองแบบแฟคโทเรียล ที่มีปัจจัย 3 ปัจจัยหรือมากกว่า ซึ่งจะเป็นรูปแบบกำหนดรูปแบบอื่น ๆ และการออกแบบที่ซับซ้อน บ่อยครั้งพบว่า ไม่สามารถที่จะทดสอบทางสถิติได้อย่างถูกต้องในบางอิทธิพลของทรีตเมนต์ ซึ่งการแก้ไขหนทางหนึ่งที่เป็นไปได้คือ การตั้งสมมติฐานในบางปฏิสัมพันธ์ บางอิทธิพลสามารถละเลยได้ แสดงได้ดังตัวอย่าง

ตัวอย่างในการทดลองแฟคโทเรียลของปัจจัย 3 ปัจจัย A B และ C โดยให้

i = 1,2,…,a (ระดับของปัจจัย A)

j = 1,2,…,b (ระดับของปัจจัย B)

k = 1,2,…,c (ระดับของปัจจัย C)

l = 1,2,…,n (จำนวนซ้ำ)

สมการตัวแบบของแหล่งความผันแปรต่อตัวแปรตอบสนอง คือ

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \gamma_k + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

และ Y คือค่าของตัวแปรตอบสนอง

μ = ค่าเฉลี่ย

τ = อิทธิพลที่เกิดจากปัจจัย A

β = อิทธิพลที่เกิดจากปัจจัย B

γ = อิทธิพลที่เกิดจากปัจจัย C

$\tau\beta$ = อิทธิพลที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ของ τ และ β

$\tau\gamma$ = อิทธิพลที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ของ τ และ γ

$\beta\gamma$ = อิทธิพลที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ของ β และ γ

$\tau\beta\gamma$ = อิทธิพลที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ของ τ และ β และ γ

ε = ความคลาดเคลื่อน

ค่าคาดหมายของกำลังสองเฉลี่ย (Expected Mean Square) ของรูปแบบอิทธิพลสุ่ม (Random Effect Model) ของ 3 ปัจจัยดังนี้

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าคาดหมายของรูปแบบอิทธิพลแบบสุ่ม

ปัจจัย	ค่าคาดหมายของค่าเฉลี่ยกำลังสอง
τ_i	$\sigma^2 + cn\sigma^2_{\tau\beta} + bn\sigma^2_{\tau\beta\gamma} + bcn\sigma^2_{\tau}$
β_j	$\sigma^2 + cn\sigma^2_{\tau\beta} + an\sigma^2_{\beta\gamma} + n\sigma^2_{\tau\beta\gamma} + anc\sigma^2_{\beta}$
γ_k	$\sigma^2 + bn\sigma^2_{\tau\gamma} + an\sigma^2_{\beta\gamma} + n\sigma^2_{\tau\beta\gamma} + abn\sigma^2_{\gamma}$
$(\tau\beta)_{ij}$	$\sigma^2 + n\sigma^2_{\tau\beta\gamma} + cn\sigma^2_{\tau\beta}$
$(\tau\gamma)_{ik}$	$\sigma^2 + n\sigma^2_{\tau\beta\gamma} + bn\sigma^2_{\tau\gamma}$
$(\beta\gamma)_{jk}$	$\sigma^2 + n\sigma^2_{\tau\beta\gamma} + an\sigma^2_{\beta\gamma}$
$(\tau\beta\gamma)_{ijk}$	$\sigma^2 + n\sigma^2_{\tau\beta\gamma}$
ε_{ijkl}	σ^2

จากการตรวจสอบค่าคาดหมายจากค่าเฉลี่ยกำลังสองพบว่า ในอิทธิพลของปัจจัยหลัก (Main Effect) หรืออิทธิพลของปัจจัย A ไม่สามารถที่จะทดสอบได้อย่างถูกต้องโดยที่ถ้าต้องการที่จะทดสอบสมมติฐาน $\sigma^2_{\tau} = 0$ จะไม่สามารถสร้างเศษส่วนของค่าเฉลี่ยกำลังสอง 2 ค่าที่มีเพียงเทอม $bcn\sigma^2_{\tau}$ อยู่ในเทอมของเศษ นอกเหนือจากนั้นอยู่ในเทอมของส่วน ซึ่งลักษณะเช่นนี้จะเกิดกับอิทธิพลของปัจจัยหลัก B และ C ด้วย ซึ่งในการทดลองส่วนใหญ่ ผู้ทำการทดลองจะสนใจและให้ความสำคัญกับอิทธิพลของปัจจัยหลัก ฉะนั้นการทำการละเลยอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ของสองปัจจัยหรือกำหนดให้ $\sigma^2_{\tau\beta} = \sigma^2_{\beta\gamma} = \sigma^2_{\tau\gamma} = 0$ ก็จะทำให้การทดสอบอิทธิพลของปัจจัยหลักมีความถูกต้องมากขึ้น

ถึงแม้ว่าการวิเคราะห์ในลักษณะนี้น่าจะสนใจและเป็นไปได้ แต่ในการละเลยอิทธิพลและปฏิสัมพันธ์นั้น ต้องอาศัยความรู้และข้อมูลในอดีตอย่างมากพอ

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวน จะทำการวิเคราะห์โดยทำการรวมค่าเฉลี่ยกำลังสอง (MS) และประมาณความคลาดเคลื่อนด้วยขั้นของความอิสระ (df) ที่มากขึ้น ดังตัวอย่าง ถ้าหากตัวทดสอบไม่มีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงต้องยอมรับสมมติฐานหลัก H_0 : $\sigma^2_{\tau\beta\gamma} = 0$ จึงประมาณความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (σ^2) จากค่าเฉลี่ยกำลังสองของทรีตเมนต์ ABC (MS_{ABC}) และค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (MS_E) และการรวมกันของค่าเฉลี่ยกำลังสองเป็นค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนใหม่ (MS_E) ทำได้โดย

$$MS_E = \frac{\left[abc(n-1)MS_E + (a-1)(b-1)MS_{ABC}\right]}{abc(n-1)+(a-1)(b-1)(c-1)}$$

$$E(MS_E) = \sigma^2$$

$E(MS_E)$ คือ ค่าคาดหมายของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน

สังเกตได้ว่า ขั้นของความอิสระของค่าเฉลี่ยกำลังสองจะเพิ่มขึ้น ข้อควรระวังคือ ถ้าหากทรีตเมนต์นั้นมีอิทธิพลกับความคลาดเคลื่อน ซึ่งจะทำให้ค่าฌลี่ยกำลังสองที่ได้ใหม่มีขนาดเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำการตรวจพบอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ เป็นไปได้ยากมาก แต่ในอีกแง่หนึ่ง หากค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนแต่เดิมมีขั้นของความอิสระน้อย การเพิ่มเติมโดยการรวมจะสามารถช่วยเพิ่มความสามารถตรวจพบอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ได้

2.3.3.4 การควบคุมกระบวนการผลิต (Control Phase)

- แผนภูมิควบคุม

(ฮิโตชิ คุเมะ, ผู้เขียน, วีระพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์, ผู้แปล, 2541) ได้อธิบายความหมายของแผนภูมิควบคุม (Control Chart) ไว้ดังนี้

แผนภูมิควบคุมคือ แผนภูมิหรือกราฟที่จัดทำขึ้นล่วงหน้า โดยอาศัยข้อมูลจากขอบเขตที่กำหนด (Specification) ที่ระบุคุณสมบัติทางคุณภาพข้อใดข้อหนึ่งของชิ้นงานที่ดำเนินการผลิต และต้องการจะควบคุม เพื่อเป็นแนวทางในการติดตามผลการผลิตจากกระบวนการผลิตขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง โดยการตรวจวัดคุณภาพของชิ้นงาน ซึ่งการวัดข้อมูลอาจจะอยู่ในลักษณะ 2 แบบ คือข้อมูลที่ได้จากการวัด (variable Data) และข้อมูลที่ได้จากการนับ (Attribute Data) จากนั้นเขียนบันทึกลงในข้อมูลนั้น ๆ ซึ่งโดยปกติจะมีเส้นควบคุม 3 เส้น ได้แก่ เส้นขอบเขตกลาง คือเส้นที่แสดงขนาดหรือจำนวนที่เป็นข้อกำหนดหรือเป้าหมายในการผลิต เส้นขอบเขตควบคุมบนและเส้นขอบเขตควบคุมล่างเป็นค่าที่อนุญาติให้มีความคลาดเคลื่อนในการผลิตเกิดขึ้นได้ และหากอยู่ในขอบเขตนี้ก็ถือว่า ผลการผลิตยอมรับได้ แต่หากว่าค่าที่ได้อยู่นอกเหนือขอบเขตควบคุม (ไม่ว่าในทางมากกว่าหรือต่ำกว่า) ถือว่า การผลิตในขณะนั้นยอมรับไม่ได้จะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขจุดบกพร่องโดยทันที

โดยธรรมชาติของกระบวนการผลิตทั้งหลายย่อมมีความผันแปร (Variation) เกิดขึ้นกับชิ้นงานหรือผลผลิตได้ โดยความผันแปรบางชนิดเป็นเรื่องปกติและอนุญาติให้เกิดขึ้นได้ในกระบวนการผลิต โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์ แต่ความผันแปรบางชนิดมีผลกระทบมากและมีผลเสียหานต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพราะทำให้ขนาดของชิ้นงานหรือคุณสมบัติบางประการผิดไปจากมาตรฐานที่กำหนด ดังนั้นการเข้าใจในสาเหตุแห่งความผันแปรจึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยสาเหตุความผันแปรต่าง ๆ มีผลมาจากสาเหตุสำคัญ 2 ชนิดคือ

1. สาเหตุที่เป็นปกติวิสัย หรือเป็นธรรมชาติของกระบวนการผลิต (Chance Cause) เป็นลักษณะสาเหตุของความผันแปรที่ไม่มีความรุนแรงและไม่มีผลต่อคุณภาพของสินค้า

ที่ผลิตได้ เกิดจากความผันแปรหรือความแตกต่างเล็ก ๆ น้อย ๆ ของวัตถุดิบและปัจจัยในการผลิตต่าง ๆ ซึ่งแน่นอนว่าไม่มีของสองสิ่งที่เหมือนกันทุกประการ วัตถุดิบ 100 ชิ้น ที่มีขนาดตรงกันตามข้อกำหนดทั้ง 100 ชิ้นก็จะมีขนาดแต่ละชิ้นที่แตกต่างกันออกไป เพียงแต่ความแตกต่างเหล่านั้น อยู่ในพิกัดที่ขอบเจตข้อกำหนดได้อนุญาติเอาไว้แล้วในค่าพิกัดความเผื่อ (Tolerance) ของชิ้นงาน

ฉะนั้นความผันแปรในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากสาเหตุที่เป็นปกติวิสัยของการผลิต จึงเป็นสิ่งที่ยอมรับได้ในการควบคุมคุณภาพด้วยแผนภูมินี้ นั่นคือ กระบวนการผลิตที่เขียนแสดงด้วยแผนภูมิควบคุมแล้วไม่มีจุดใดจุดหนึ่งอยู่นอกเส้นขอบเขตควบคุม (The Process is in Control)

2. สาเหตุที่ระบุได้ หรือสาเหตุที่กำจัดได้ (Assignable Cause) เป็นลักษณะสาเหตุของความผันแปรที่เกิดจากความผิดพลาด ความผิดปกติ ความชำรุด ความไม่ได้เกณฑ์ เป็นต้น ของปัจจัยการผลิตต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และไม่ใช่เป็นปกติวิสัยหรือธรรมชาติของการผลิตนั้น ๆ จำเป็นจะต้องได้รับการกำจัดหรือแก้ไขจึงจะทำให้คุณภาพของงานผลิตกลับเข้าสู่สภาวะปกติอีกครั้ง

ในแผนภูมิควบคุม เมื่อมีจุด (ซึ่งเขียนจากการเก็บข้อมูลและวัดค่าชิ้นงานตัวอย่างจากการผลิต) ปรากฏว่าอยู่นอกเส้นขอบเขตควบคุม ย่อมแสดงได้ว่ามีสาเหตุที่ระบุได้เกิดขึ้นมาในกระบวนการผลิตนั้นแล้ว และเรียกสภาวะผลิตนั้นว่า กระบวนการผลิตอยู่นอกควบคุม (The Process is out of Control)

แผนภูมิควบคุมแบ่งได้เป็นสองประเภทใหญ่ ๆ โดยพิจารณาคุณลักษณะของตัวแปรที่ใช้เขียนแผนภูมิคือ

1. แผนภูมิควบคุมชนิดมีค่าต่อเนื่อง (Continuous Value) หรือเป็นข้อมูลที่ได้จากการวัด

2. แผนภูมิควบคุมชนิดข้อมูลไม่ต่อเนื่อง ค่าที่นับได้ลงตัวแน่นอน (Discrete Value) หรือเป็นข้อมูลที่ได้จากการนับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.5 ชนิดของแผนภูมิควบคุม

ลักษณะจำเพาะของค่าที่ควบคุม	ชื่อแผนภูมิที่ใช้
1. ข้อมูลมีค่าต่อเนื่องหรือเป็นข้อมูลที่ได้จากการวัด	$\overline{X}$ – R chart (แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย) X Chart (แผนภูมิควบคุมค่าวัด)
2. ข้อมูลแบบค่าไม่ต่อเนื่องหรือข้อมูลที่ได้จากการนับ	pn Chart (แผนภูมิควบคุมชิ้นงานที่เป็นของเสีย) p Chart (แผนภูมิสัดส่วนของเสีย) c Chart (แผนภูมิควบคุมจำนวนตำหนิ) u Chart (แผนภูมิควบคุมจำนวนตำหนิต่อชิ้นงาน)

(ดำรง ทวีแสงสกุลไทย, 2538) ได้อธิบายว่าแผนภูมิควบคุมคิวซีเป็นคิวซีเทคนิคอีกชนิดหนึ่งที่ใช้ควบคุมการผลิตในระหว่างการผลิต เพื่อตรวจสอบว่ากระบวนการผลิตมีจุดใดเปลี่ยนแปลงหรือไม่ หรือการเปลี่ยนแปยงนั้น ๆ ยังอยู่ในพิกัดควบคุมหรือไม่ ปกติจะใช้แผนภูมิควบคุมกับระบบการผลิตสภาพปกติ หรือมีการผลิตสม่ำเสมอ จะไม่ใช้กับการผลิตเป็นแบบเลว ๆ หรือผิดปกติโดยเด็ดขาด จุดมุ่งหมายที่ใช้เทคนิคของแผนภูมิควบคุม มีดังนี้

1. เพื่อหาเป้าหมายหรือมาตรฐานในกระบวนการผลิต
2. เพื่อใช้เป็นเครื่องมือตรวจสอบว่า การผลิตอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่
3. เพื่อใช้เป็นเครื่องมือเพื่อให้ได้เป้าหมายที่วางแผนล่วงหน้าไว้แล้ว

การนำแผนภูมิควบคุมมาใช้งาน ก่อนอื่นจำเป็นต้องเข้าใจลักษณะของเส้นควบคุมทั้งสามประเภทเสียก่อนคือ เส้นควบคุมข้อกำหนด (Specification Limit) เส้นควบคุมขีดความสามารถ (Process Capability Limit) และเส้นขอบเขตควบคุม (Control Limit) โดยสัญลักษณ์ที่ใช้สำหรับเส้นควบคุม 3 ประเภทดังต่อไปนี้

LSL แทน เส้นควบคุมข้อกำหนดบน (Upper Specification Limit)

USL แทน เส้นควบคุมข้อกำหนดล่าง (Lower Specification Limit)

UPCL แทน เส้นควบคุมขีดความสามารถบน (Upper Process Capability Limit)

LPCL แทน เส้นควบคุมขีดความสามารถล่าง (Lower Process Capability Limit)

UCL แทน เส้นควบคุมบน (Upper Control Limit)

CL แทน เส้นขอบเขตควบคุมกลาง (Control Limit)

LCL แทน เส้นขอบเขตควบคุมล่าง (Lower Control Limit)

เส้นควบคุมข้อกำหนด (Specification Limit) หมายถึง ค่าขอบเขตข้อกำหนดของสินค้าหรือชิ้นงานที่โรงงานหรือรัฐบาลเป็นผู้กำหนดขึ้น ทั้งนี้เส้นควบคุมข้อกำหนดขึ้นอยู่กับดุลพินิจของผู้ออกแบบว่าต้องการความเสี่ยงหรือความปลอดภัย (Safety Factor) ไว้ที่ระดับเท่าใด

เส้นควบคุมขีดความสามารถ (Process Capability Limit) หมายถึง ค่าขอบเขตความสามารถจริงของกระบวนการ โดยทั่วไปคำนวณจากค่าพารามิเตอร์ของประชากรหรือคำนวณจากกลุ่มตัวอย่างที่จำนวนมาก เส้นควบคุมขีดความสามารถมีขนาดความกว้างเท่ากับ ค่าห่างจากค่าเฉลี่ยของประชากร $\pm 3\sigma$ และกำหนดส้นขอบเขตควบคุมสำหรับเป็นสัญญาณเตือนว่าการผลิตเริ่มออกจากกระบวนการควบคุมหรือยังกำหนดในช่วงค่าเฉลี่ย $\pm 2\sigma$

การใช้งานแผนภูมิควบคุม การใช้แผนภูมิควบคุมในกระบวนการผลิต ควรมีเทคนิคดังต่อไปนี้

เลือกบริเวณที่จะควบคุม ก่อนอื่นก็คือปัญหาอะไรที่ต้องการทำและเรามีจุดมุ่งหมายอะไร จากการตัดสินใจในปัญหาทำให้เราทราบทันทีอย่างชัดแจ้งว่าต้องการข้อมูลอะไร

พิจารณาการใช้แผนภูมิควบคุมแบบไหน อาจจะเป็นแผนภูมิแบบ X-R, $\overline{X}$, pn, p, c หรือ u chart ก็ได้ ขึ้นอยู่กับโรงงานและผลิตภัณฑ์แต่ละแห่ง

ทำแผนภูมิควบคุมสำหรับการวิเคราะห์และเก็บข้อมูลในช่วงเวลาที่เหมาะสมแล้วใช้ข้อมูลที่ผ่านมาทำแผนภูมิ ถ้ามีจุดใด ๆ ผิดปกติ ต้องทำการค้าหาเหตุผล ที่ทำให้คุณภาพเปลี่ยนไปทันที แล้วทำการแก้ไข

สร้างแผนภูมิควบคุมสำหรับการควบคุมในโรงงาน หากว่าต้นเหตุที่ทำให้คุณภาพเปลี่ยนได้ขจัดหมดสิ้นแล้วจากในข้อ 3 และกระบวนการผลิตก็คงที่ ให้พิจารณาดูอีกครั้งว่าผลิตภัณฑ์ได้มาตรฐานตามที่กำหนดไว้หรือไม่ หลังจากนั้นถ้าทุกอย่างเรียบร้อยก็ให้สรุปผลทั้งหมดเพื่อทำมาตรฐานวิธีการทำงาน (Standardize Working procedure) หรืออาจมีการปรับปรุงให้ดีขึ้น ถ้าจำเป็นต่อเส้นควบคุมของแผนภูมิออกไป จากนั้นพล็อตข้อมูลที่เก็บได้ในแต่ละวันต่อไป

การควบคุมกระบวนการผลิต ถ้าการทำงานของคนงานและวิธีการผลิตเป็นแบบมาตรฐานแล้ว แผนภูมิควบคุมจะชี้แสดงออกให้เห็นว่าสภาวะที่โรงงานอยู่ภายใต้การควบคุมที่ดีหรือไม่ แต่ถ้าปรากฏว่ามีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้น ต้องการค้นหาสาเหตุทันที แล้วแก้ไขให้ถูกต้องเสีย

คำนวณเส้นควบคุมใหม่ ถ้าเครื่องจักรหรือมาตรฐานการทำงานเปลี่ยนแปลง เส้นควบคุมต้องนำมาคำนวณใหม่ ถ้าการควบคุมของกระบวนการผลิตในโรงงานยังดีตลอด ระดับ

คุณภาพที่แสดงบนแผนภูมิจะปรับดีเพิ่มด้วย ในกรณีเช่นนี้ให้สังเกตแผนภูมิควบคุมเป็นระยะ ในการคำนวณเส้นควบคุมให้สังเกตกฎดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลที่จุดผิดปกติ ซึ่งค้นพบสาเหตุหรือไม่มีการแก้ไขควรจะรวมเข้าไปในการคำนวณใหม่

2. ข้อมูลที่จุดผิดปกติ แต่ไม่พบสาเหตุ หรือไม่มีการแก้ไขควรรวมเข้าไปในการคำนวณใหม่

แผนภูมิควบคุมสร้างได้ง่ายมาก ทำให้มรการใช้แพร่หลาย แต่แผนภูมิที่ใช้ประโยชน์จริง ๆ ถ้าพิจารณาดูให้ดีจะพบน้อยมาก

วิธีการอ่านแผนภูมิควบคุม

(วีระพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์, ผู้แปล, 2537)

สิ่งที่สำคัญที่สุดของการควบคุมคุณภาพโดยใช้แผนภูมิ คือการอ่านหรือการตีความหมายจากภาพที่ปรากฏบนแผนภูมิ เพื่อโยงเหตุผลไปที่สภาวะของกระบวนการผลิตซึ่งได้ผลิตข้อมูลที่เราได้นำมาเขียนเป็นแผนภูมิควบคุม เพราะอาการผิดปกติต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตที่จะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จะแสดงออกให้เป็นรูปธรรมที่แผนภูมิควบคุมนี้เอง และเมื่อเราตรวจพบความผิดปกติของกระบวนการผลิต โดยอ่านจากแผนภูมิควบคุมนี้แล้ว เราจะได้ไปทำการแก้ไขที่สาเหตุความผันแปรใด ๆ ในกระบวนการผลิตนั้น เพื่อปรับสภาวะการผลิตให้กลับสู่สภาวะที่อยู่ในควบคุม (In-Controlled) ได้ต่อไป

ต่อไปนี้คือข้อแนะนำเกี่ยวกับ 6 ลักษณะอาการสำคัญเพื่อการอ่านแผนภูมิควบคุม

1. อยู่นอกควบคุม พบได้ชัดเจนคือ มีจุดในแผนภูมิปรากฏอยู่นอกเส้นขอบเขตควบคุม เรียกว่า จุดอยู่นอกควบคุม (Out of Control) อาจจอยู่นอกค่าสูงหรือต่ำก็ได้

2. การรัน (Run) เมื่อปรากฏติดต่อกันบนซีกใดซีกหนึ่งของเว้นค่ากลาง เราเรียกว่าเกิดรัน ความยาวของเส้นรันแต่ละชุดนั้นนับจากจำนวนจุดในชุดนั้น และรันที่มีความยาวตั้งแต่ 7 จุดขึ้นไป เราตีความหมายได้ว่า ได้เกิดความผิดปกติขึ้นแล้ว ในการผลิตช่วงที่เกิดการรัน

3. การเกิดแนวโน้ม การเกิดจุดต่อเนื่องกันไปในทิศทางเดียวกันอย่างต่อเนื่องโดยไม่มีกี่สลับฟันปลาเลย มีผลทำให้เส้นต่อจุดเหล่านั้นคล้าย ๆ เส้นตรงพาดขึ้นหรือพาดลงเช่นนี้เราเรียกว่า การเกิดแนวโน้ม (Trend) ขึ้นในแผนภูมิควบคุม แนวโน้มที่ว่านี้คือแนวโน้มที่กำลังบอกเราว่า ค่าเฉลี่ยของขนาดควบคุมที่ผลิตได้จากกระบวนการผลิตนั้นกำลังมีปัญหาหรือมีแนวโน้มจะเคลื่อนไปจากขนาดกำหนดที่ได้ตั้งเอาไว้ตั้งแต่แรก

4. การเกิดการเข้าใกล้เส้นขอบเขตควบคุม หากเราแบ่งระยะ 3 ซิกม่า (3σ) จากค่ากลางออกเป็น 2σ แล้วพบว่ามีจุด 2 จุดใน 3 จุดที่ต่อเนื่องกันในแต่ละช่วงได้ตกไปอยู่ในพื้นที่ระหว่างเส้น 2σ กับเส้นขอบเขตควบคุม 3σ ถือได้ว่าเกิดการเข้าใกล้เส้นขอบเขตควบคุม (Approach to the control limits) แล้ว และเป็นการบอกว่ามีความผิดปกติขึ้นในกระบวนการผลิตแล้ว

5. การเกิดการเข้าใกล้เส้นค่ากลาง หากพบว่าเส้นกราฟทั้งหมดตกอยู่ในระหว่างเส้น 1.5σ นับจากเส้นค่ากลางขึ้นไปและลงมาแล้ว ไม่ได้หมายความว่ากระบวนการผลิตนั้นอยู่ในควบคุม แต่กลับแสดงว่า คงมีความผิดพลาดเกิดขึ้นของการกำหนดขนาดของกลุ่มย่อย ข้อมูลอาจมีการปะปนกันของข้อมูลที่นำมาจากต่างประชากรกันและเกิดการปะปนกัน

6. การเกิดวัฏจักร มีลักษณะคือ ค่าในเส้นกราฟจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น ๆ ลง ๆ มีลักษณะเป็นวงจรวงรอบ หรือวัฏจักรที่เกือบจะทำนายลักษณะเส้นกราฟในช่วงต่อ ๆ ไปได้ ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า เกิดวัฏจักร (Periodicity)

2.4 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 งานวิจัยเกี่ยวกับสายการประกอบ

Yogathasan และ คณะ (1996) ได้ให้ความหมายของสายงานการประกอบไว้ว่า เป็นการจัดรูปแบบของผังประกอบ ซึ่งประกอบไปด้วยหน่วยการผลิตต่าง ๆ ที่เรียกว่าสถานีงาน (Work Station) ในระบบสายงานประกอบแบบต่อเนื่อง ชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ที่จะทำการประกอบจะเคลื่อนย้ายมาตามสถานีงานต่าง ๆ เมื่อชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ดังกล่าวแต่ละหน่วยเข้ามาสู่สถานีงานใด ๆ แล้ว ก็จะเกิดขั้นงานการประกอบ (Assembly Operation) ขึ้นในสถานีนั้นตามลำดับ เมื่อหมดขั้นตอนการประกอบในสถานีนั้นแล้ว ชิ้นส่วนก็จะเคลื่อนไปยังสถานีต่อไป ในขณะเดียวกันที่สถานีเดิมก็จะมีชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์หน่วยถัดไปเข้ามาแทน

งานวิจัยจำนวนมากในหลายปีที่ผ่านมาได้กล่าวถึงสายงานการประกอบ เช่น Hui และ คณะ (1999) ได้ศึกษาในเรื่องผลกระทบของความแปรปรวนของเวลา ต่อการจัดสมดุลสายการผลิตโดยศึกษาการการผลิตเสื้อเชิ้ตของผู้ชาย พบว่าการจัดสมดุลสายการผลิตที่ใช้เวลาที่มีค่าความแปรปรวนจะทำให้ค่า Smooth Index ที่น้อยกว่าแบบที่ไม่ใช้ความแปรปรวนของเวลา ซึ่งค่า Smooth Index ที่น้อยกว่าทำให้ได้การจัดสมดุลสายการผลิตที่มีประสิทธิภาพที่ดีกว่า จึงสามารถสรุปได้ว่าความแปรปรวนของเวลาการทำงานมีผลต่อการจัดสมดุลสายการผลิต ความแปรปรวนของเวลาทำงานสามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของกำลังการผลิตได้ โดยจากการศึกษาพบว่าการใช้ความแปรปรวนของเวลาทำงานสำหรับแต่ละสถานีงานให้ผลต่อการจัด

สมดุลการผลิตที่ดีกว่าแบบการใช้ความแปรปรวนของเวลาสำหรับแต่ละงานย่อยสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม

การจัดดุลสมดุลสายงานการประกอบก็เป็นหัวข้อหนึ่งที่มีการศึกษา ตัวอย่างเช่น Nkasu และ คณะ (1995) ได้เสนอโปรแกรม CIMASD ซึ่งเป็นการนำเอาวิธีการจัดสมดุลการผลิตแบบ COMSOAL มาใช้ เพื่อทำการแก้ปัญหาการจัดสมดุลการผลิตที่อยู่ใต้สภาวะความไม่แน่นอน เช่น มีการเปลี่ยนแปลงของรอบเวลาการผลิต หรือเวลาที่ใช้ในการทำงาน โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้มีจำนวนสถานีงานน้อยที่สุด เวลาว่างน้อยที่สุด และรอบเวลาการผลิตที่น้อยที่สุด จากการนำเอา CIMSD ไปประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษาแสดงว่า CIMSD สามารถใช้งานได้ง่ายและสะดวก ทำให้สามารถประหยัดต้นทุน ซึ่งเป็นประโยชน์ในการวางแผนงาน ออกแบบ และการจัดลำดับงาน, Zhao และ คณะ (2000) นำเอาเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms) มาใช้ประยุกต์รวมกับการจำลองปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ โดยใช้แบบจำลองปัญหาในการจำลองระบบให้เหมือนระบบจริง และใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการหาคำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งประโยชน์จากงานวิจัยในกรณีศึกษาการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขั้นสุดท้ายคือช่วยแก้ปัญหาการจัดสมดุลการผลิตได้เป็นอย่างดี และสามารถทำให้ลดต้นทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ, ประยุทธ์ (2535) ได้ทำงานวิจัยเกี่ยวกับการแก้ปัญหาการจัดสมดุลการผลิตแบบผสมซึ่งได้ประยุกต์จากกรณีศึกษาโรงงานจริง และได้พัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์ โดยทำการทดลองวิเคราะห์เปรียบเทียบเทคนิคต่าง ๆ ในการจัดสมดุลการผลิต ซึ่งเทคนิคที่ให้การจัดสมดุลการผลิตที่ดีและง่ายต่อการทำงานจริงคือ COMSOAL โปรแกรมสำเร็จรูปที่พัฒนาขึ้นสามารถทำการจำลองแบบปัญหาแล้วแสดงผลการจัดสมดุลสายการประกอบในรูปแบบภาพจำลองการเคลื่อนไหว ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้สามารถจำลองและตรวจดูสถานะของสายการประกอบที่จัดขึ้นที่เวลาใด ๆ ระหว่างการผลิตได้ ผลจากการทดสอบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับวิธีการอื่นพบว่าให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า หรือเทียบเท่าวิธีการเหล่านั้นสำหรับโรงงานผลิตโทรทัศน์

2.4.2. งานวิจัยเกี่ยวกับซิกซ์ ซิกม่า

การประยุกต์ใช้หลักการทางสถิติในการแก้ปัญหาทางอุตสาหกรรม โดยย้อนกลับไป Deming (1982) ได้นำเสนอหลักการทางสถิติมาใช้ในการควบคุมคุณภาพโดยใช้เทคนิคของ Shewharts ในสมัยสงครามโลกครั้งที่สอง Deming เป็นอาจารย์ถ่ายทอดหลักสถิติกับกลุ่มวิศวกรในโรงงานประกอบอุปกรณ์เพื่อใช้ในการทำสงคราม อย่างไรก็ตามก็ไม่เป็นที่แพร่หลายในยุโรป แต่ประสบความสำเร็จอย่างมากในญี่ปุ่น แนวคิดของ Deming กล่าวถึงบทบาทของแต่ระดับการบริหารในองค์กร ซึ่งแต่ละฝ่ายจะมีบทบาทที่แตกต่างกันไป และเกื้อหนุนซึ่งกันและกัน Groebner และ คณะ (1994) กล่าวไว้ในหนังสือชื่อว่า “Essential of business statistics: A Decision

making approach" ว่าในโลกของธุรกิจ หลักการทางสถิติมีบทบาทสำคัญอย่างมาก ทำอย่างไรจะใช้หลักการทางสถิติอย่างมีระบบและประสิทธิภาพ เพื่อเป็นเครื่องมือในการตัดสินใจ การเข้าใจความหมายของการวัดในโลกธุรกิจ อย่างน้อยจะต้องรู้สองสิ่งต่อไปนี้ สิ่งแรกคือ ความสามารถในการวัดของกระบวนการที่เป็นอยู่ และสิ่งที่สองคือจะต้องสามารถเปรียบเทียบกับการวัดอื่นที่จะสามารถเปรียบเทียบกันได้

Forrest (1999) อ้างใน Six Sigma Quality ซึ่งกล่าวไว้ในหัวข้อ "How GE Manages it" โดยกล่าวถึงหลักการบริหารธุรกิจของ General Electric (GE) ที่ประสบความสำเร็จโดยใช้ Six Sigma Quality ดังต่อไปนี้ "เริ่มต้นคำถามว่าเราไม่เคยทำสิ่งเหล่านี้"

1. พยายามผลักดันให้ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตเกินกว่าขอบเขตที่ได้ตั้งเอาไว้
2. ยอมรับด้วยเหตุและผลกับลูกค้าถึงความถูกต้อง
3. คัดเลือกชิ้นส่วนที่ได้มาตรฐาน
4. มีของเสียมากมาย มีงานที่ต้องซ่อมแซม และชิ้นส่วนที่ต้องทำการตรวจสอบ
5. มีความผิดพลาดทางบัญชี ขนส่งไม่ตรงตามเวลา รวมทั้งผลิตภัณฑ์น้อยหรือมากเกินไป
6. ประสบปัญหาว่าการทำการลดต้นทุนในการผลิตไม่ประสบความสำเร็จ

มีหลายงานวิจัยได้ประประยุกต์ใช้แนวคิดแบบซิกซ์ ซิกม่า มาปรับปรุงกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม เช่น

การประประยุกต์ใช้แนวคิดแบบซิกซ์ ซิกม่า มาลดของเสียจากการผลิต ตัวอย่างเช่น Yam Hong See (1999) ทำการศึกษาเพื่อลดของเสียของกระบวนการหยอดกาวที่ Flip-chipโดยใช้หลักการของซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งเป็นกระบวนการเพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับรอยต่อระหว่างชิ้นส่วนของ Flip-chip โดยปัญหาที่เกิดขึ้นคือ หากทำการหยอดกาวปริมาณมาเกินไปจะทำให้โอกาสไปเลอะพื้นที่สำคัญของตัวงาน เช่น Tool hole มีมากขึ้น แต่ถ้าปริมาณกาวน้อยเกินไปจะทำให้ความแข็งแรงของรอยต่อนั้นน้อยลง ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญสองประการที่ทำให้เกิดของเสียขึ้น ผลจากการปรับปรุงกระบวนการหยอดกาวด้วยวิธีทางซิกซ์ ซิกม่า สามารถที่จะลดของเสียจาก 1,800 DPPM เหลือประมาณ 550 DPPM และทำให้บริษัทซีเกทสามารถลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากของเสียได้ 21,246 ดอลลาร์สหรัฐ นวลพรรณ (2542) ทำการวิจัยเกี่ยวกับการลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตย์ในกระบวนการประกอบหัวอ่านและบันทึกโดยใช้แนวทางของ ซิกซ์ ซิกม่า โดยหลังจาการปรับปรุงกระบวนการผลิต พบว่าอัตราว่าส่วนของ

ข้อบกพร่องจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตย์สามารถลดลงจาก 31,600 DPPM หรือเมื่อเทียบในค่าของ Sigma Quality Level สามารถปรับปรุงจากระดับ 3.36 เป็นที่ระดับ 3.91 และสามารถลดค่าความเสียหายและได้รับผลประโยชน์ตอบแทนจากการปรับปรุงคุณภาพได้ถึง 163,999 ดอลลาร์สหรัฐภายในระยะเวลาสองไตรมาส

การประยุกต์ใช้แนวคิดแบบซิกซ์ ซิกม่า มาปรับปรุงเครื่องมือที่ใช้เช่น TinKing Ang (1999) ทำการศึกษาเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่เกิดจากการใช้ขนาดของแพลแลทเป็นครึ่งหนึ่งจากขนาดเดิม ด้วยวิธีการทางซิกซ์ ซิกม่า เป้าหมายโดยการลดน้ำหนักของแพลแลทจากเดิม 16.5 กิโลกรัม เหลือ 8 กิโลกรัมต่อแพลแลท เนื่องจากน้ำหนักทั้งหมดมีความแปรผันโดยตรงกับค่าใช้จ่ายในการขนส่ง หลังจากการดำเนินการปรับปรุง สามารถที่จะลดน้ำหนักของแพลแลทเหลือ 7 กิโลกรัม ซึ่งเมื่อคิดเป็นค่าขนส่งที่สามารถประหนัดได้เท่ากับ 124,970 ดอลลาร์สหรัฐต่อปี

การประยุกต์ใช้แนวคิดแบบซิกซ์ ซิกม่า มาปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงาน เช่น พิมพ์ชนก (2550) นำเอาแนวคิดลีน ซิกซ์ซิกมา มาใช้ในการลดเวลานำในการผลิตของโรงงานเลนส์แว่นตากรณีศึกษา โดยเริ่มทำการวัดและเก็บรวบรวมข้อมูล แล้วนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาด้วยเครื่องมือทางคุณภาพ เช่น แผนภูมิกลุ่มเชื่อมโยง ผังความสัมพันธ์ แผนผังเมทริกซ์ รูปตัวเอกซ์ จนทำให้ได้แนวทางการแก้ปัญหาโดยนำหลักการบริหารการผลิตแบบลีน ซิกซ์ซิก มาใช้ เช่น การผลิตแบบดึง การควบคุมด้วยสายตา เป็นต้น ผลที่ได้คือ ผลิตภาพเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 2.14 เท่า งานระหว่างทำลดลง 70% ซึ่งส่งผลให้ระยะเวลานำลดลง 34% และความสามารถของกระบวนการ (Cpk) เพิ่มขึ้นจาก 0.32 เป็น 1.32

การประยุกต์ใช้แนวคิดแบบซิกซ์ ซิกม่า เพื่อลดความแปรปรวนในการผลิต สุเมธ (2544) ศึกษาการลดความแปรปรวนในการตั้งวาล์วของเครื่องยนต์ โดยประยุกต์ใช้แนวคิดแบบซิกซ์ ซิกม่า จากการศึกษาพบว่าการวัดระยะวาล์วในปัจจุบันซึ่งใช้ฟิลเลอร์เกจนั้นไม่ผ่านเกณฑ์การวิเคราะห์ระบบการวัด จึงทำการพัฒนาระบบการวัดแบบใหม่ ภายหลังจากเริ่มปฏิบัติตามระบบหารวัดใหม่ ทำการเก็บข้อมูลระยะวาล์วพลว่าโอกาสการเกิดของเสียเฉลี่ยระหว่างระยะวาล์วไอดีและไอเสียลดลง 113,289 DPPM หรือ 61.71% เทียบกับก่อนปรับปรุง

บทที่ 3
กระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

3.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้เข้าใจถึงส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในแต่ละขั้นตอนของกรณีศึกษา

2. เพื่อให้เข้าใจลักษณะความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตที่เกิดขึ้นกับเครื่องจักรแต่ละเครื่องของสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และเข้าใจถึงผลกระทบจากความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตที่เกิดขึ้นต่อผลผลิตที่ทำได้จริงจากสายการประกอบ โดยอาศัยการอธิบายด้วยทฤษฎีไดซ์เกม (Dice game theory)

3.2 บทนำ

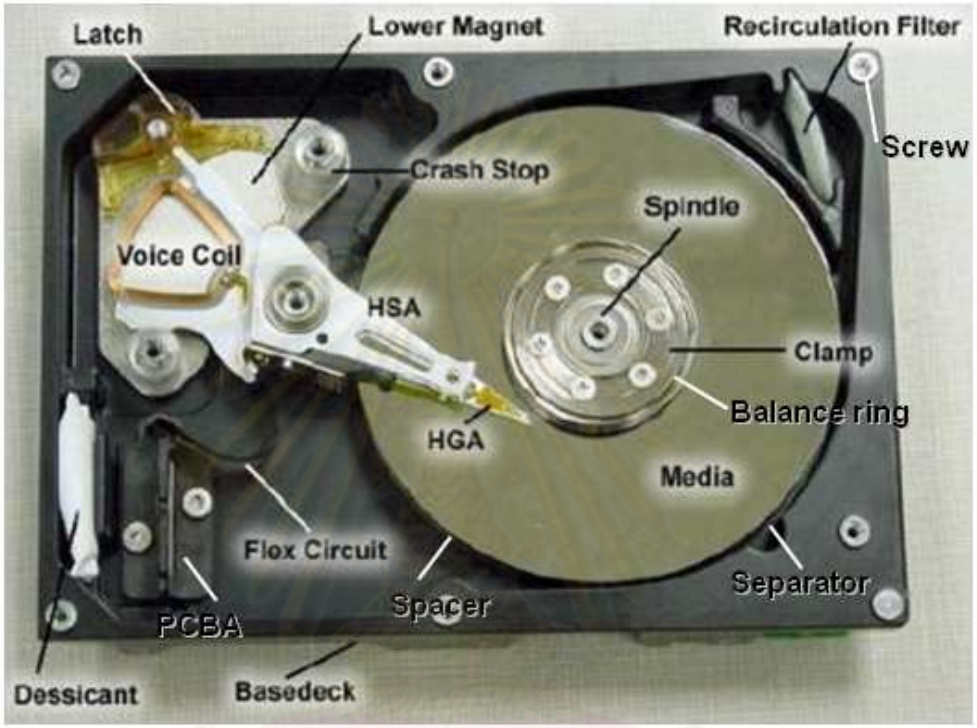
ชิ้นส่วนของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะถูกประกอบด้วยสายการประกอบอัตโนมัติ โดยสายการประกอบประกอบไปด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติทั้งหมด 38 เครื่องจักร โดยแต่ละเครื่องจักรมีหน้าที่ในการประกอบชิ้นส่วนแต่ละชิ้นเข้าไปในฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ซึ่งสายการประกอบกรณีศึกษานี้ได้ถูกออกแบบไว้ให้มีรอบเวลาการผลิตอยู่ที่ 4.5 วินาที ซึ่งจากข้อมูลรอบเวลาการผลิตของแต่ละเครื่องจักรพบว่า มีความแปรปรวนเกิดขึ้นกับรอบเวลาการผลิตแต่ละรอบของแต่ละเครื่องจักร โดยข้อมูลรอบเวลาการผลิตมีการกระจายตัวของข้อมูลไปทางด้านที่มากกว่าค่าเฉลี่ยมากกว่าทางด้านที่น้อยกว่าค่าเฉลี่ย จากข้อมูลที่ได้อธิบายในหัวข้อ 1.1

ลักษณะการกระจายตัวของขอมูลรอบเวลาการผลิตลักษณะนี้ ส่งผลต่อจำนวนชิ้นงานที่ทำได้จริงของสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟลดลง โดยจากการศึกษาทฤษฎีไดซ์เกมส์ที่ได้สร้างแบบจำลองของสายการประกอบ และทำการทดลองโดยให้เกิดความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตจากน้อยไปหามาก โดยที่ตัวแปรอื่นคือ ค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิต ประสิทธิภาพของเครื่องจักร มีค่าคงที่ ซึ่งผลที่ได้คือเมื่อความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตเพิ่มมากขึ้น จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้จากสายการประกอบจะมีค่าลดลง (Elisabeth and Michael, 2005)

3.3 ส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Hard Disk Drive) ที่มีสาขาในประเทศไทย และโรงงานสาขาตามภูมิภาคต่าง ๆ ทั่วโลก โรงงานแห่งนี้แบ่งการผลิตเป็น 4 ขั้นตอนคือ ส่วนงานผลิตหัวอ่าน-เขียน (Slider Process) ส่วนงานประกอบหัวอ่าน-เขียนเข้ากับแขนอ่าน (Head Gimbals Assembly Process) ส่วนงานประกอบหัวอ่าน-เขียนหลายอันเข้า

ด้วยกัน (Head Stack Assembly Process) ส่วนงานประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Hard Disk Drive Assembly Process) ในกรณีศึกษานี้จะมุ่งเน้นไปที่ส่วนงานประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เพื่อลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ จึงเป็นเรื่องจำเป็นที่ต้องทราบข้อมูลเบื้องต้นของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนประกอบหลักของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ดังแสดงในรูปที่ 3.1 คือ



รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบภายในของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

1. ฐานฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ประกอบมอเตอร์ (Basedeck) คือตัวฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ประกอบเข้ากับมอเตอร์เรียบร้อยแล้ว ทำหน้าที่เป็นฐานเพื่อรองรับอุปกรณ์ส่วนต่าง ๆ ในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ส่วนตัวมอเตอร์มีหน้าที่ในการหมุนจานแม่เหล็ก (Media)

2. จานแม่เหล็ก (Media) คือ จานแม่เหล็กที่ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บข้อมูลทางสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้า

3. สเปเซอร์ (Spacer) คือวงแหวนที่ทำหน้าที่วางคั่นระหว่างจานแม่เหล็กแต่ละแผ่น

4. เซปาเรเตอร์ (Separator) ทำหน้าที่ในการบังคับทิศทางและแรงลมในขณะที่จานแม่เหล็กหมุนอยู่ ตำแหน่งจะอยู่ระหว่างจานแม่เหล็กแต่ละแผ่น

5. แคลมป์ (Clamp) ทำหน้าที่ยึดจานแม่เหล็กให้อยู่สมดุลกับฐาน

6. วงแหวนถ่วงน้ำหนัก (Balance ring) ทำหน้าที่ถ่วงน้ำหนักสร้างความสมดุลในการหมุนจานแม่เหล็ก

7. ตัวเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กด้านล่าง (Lower magnet: LVCM) ทำหน้าที่เป็นตัวเหนี่ยวนำและควบคุมทิศทางสนามแม่เหล็กในส่วนล่างที่ไหลผ่านแกนทองแดงของตัวบันทึกและอ่านข้อมูล (HSA)

8. ตัวบันทึกและอ่านข้อมูล (Head stack assembly: HSA) ทำหน้าที่เป็นตัวบันทึกและอ่านข้อมูลจากจานแม่เหล็กผ่านทางสัญญาณไฟฟ้า

9. ตัวเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กด้านบน (Upper voice coil magnet: UVCM) ทำหน้าที่เป็นตัวเหนี่ยวนำและควบคุมทิศทางสนามแม่เหล็กในส่วนบนที่ไหลผ่านแกนทองแดงของ HAS

10. ชุดระบายความชื้นและดูดซับฝุ่น (Recirculating filter) ทำหน้าที่ในการระบายความชื้น และดูดซับฝุ่นผงที่มีอนุภาคขนาดเล็กระดับไมครอน

11. ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top cover) ทำหน้าที่ในการปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟหลังจากประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ เสร็จ

12. สกรู (Screw) หรือ ตะปูควง ทำหน้าที่ในการยึดชิ้นส่วนต่าง ๆ ภายในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

13. สติกเกอร์ (Seal) มีลักษณะคล้ายป้ายกาว ใช้ปิดตามร่องการขันตะปูควง ทำหน้าที่ในการป้องกันความชื้นและฝุ่นผงภายนอกไม่ให้เข้าสู่ภายในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

14. แผงวงจร (Printed circuit board assembly: PCBA) คือ วงจรไฟฟ้าที่ติดตั้งเพื่อควบคุมการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

3.4 ขั้นตอนผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ขั้นตอนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ จะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ กระบวนการประกอบชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในห้องสะอาด (Cleanroom process) และกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Backend process)

3.4.1 กระบวนการประกอบชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในห้องสะอาด (Cleanroom process)

คือกระบวนการประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ ของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าด้วยกันโดยจะนำชิ้นส่วนที่ล้างได้มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำบริสุทธิ์ มาทำการล้างและอบแห้งเพื่อขจัดฝุ่นที่ติดมากับชิ้นส่วน ส่วนชิ้นส่วนที่ไม่สามารถล้างได้ก็จะนำเข้าประกอบได้เลยเพราะทำความสะอาดมา

จากขบวนการของผู้จัดส่งชิ้นส่วนแล้ว โดยจะประกอบชิ้นส่วนเข้าด้วยกันโดยเครื่องจักรอัตโนมัติทั้งหมด 38 เครื่องจักร ดังแสดงขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในห้องสะอาด (Cleanroom process) ตามรูปภาพที่ 3.2

กระบวนการผลิตในห้องสะอาด	
เครื่องจักรใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสู่สายงานการประกอบ BDL (Basedeck Load)	
เครื่องจักรประกอบตัวเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กด้านล่าง LVI (LVCM Install)	
เครื่องจักรยึดตัวเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กด้านล่างด้วยสกรู VS1 (LVCM Screw Install)	
เครื่องจักรยึดตัวเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กด้านล่างด้วยสกรู VS2 (LVCM Screw Install)	
เครื่องจักรประกอบชุดระบายความชื้น BFI (Breather Filter Install)	
เครื่องจักรวัดชุดระบายความชื้น BFV (Breather Filter Verify)	
เครื่องจักรประกอบจานแม่เหล็กและสเปเซอร์ DSI (Disc and Spacer Install)	
เครื่องจักรประกอบแคลมป์ CSI1 (Clamp Install)	
เครื่องจักรประกอบแคลมป์ CSI2 (Clamp Install)	
เครื่องจักรยึดเซปาเรเตอร์ด้วยสกรู SS1 (Separator Screw Install)	
เครื่องจักรยึดเซปาเรเตอร์ด้วยสกรู SS2 (Separator Screw Install)	
เครื่องจักรยึดเซปาเรเตอร์ด้วยสกรู SS3 (Separator Screw Install)	
เครื่องจักรยึดเซปาเรเตอร์ด้วยสกรู SS4 (Separator Screw Install)	
เครื่องจักรวัดระนาบจานแม่เหล็กและวงแหวนถ่วงน้ำหนัก BLM1 (Balance Measurement)	
เครื่องจักรวัดระนาบจานแม่เหล็กและวงแหวนถ่วงน้ำหนัก BLM2 (Balance Measurement)	
เครื่องจักรวัดระนาบจานแม่เหล็กขั้นสุดท้าย BLV1 (Balance Verify)	
เครื่องจักรวัดระนาบจานแม่เหล็กขั้นสุดท้าย BLV2 (Balance Verify)	
เครื่องจักรยึดเซปาเรเตอร์ด้วยสกรู SS21 (Separator Screw Install)	
เครื่องจักรยึดเซปาเรเตอร์ด้วยสกรู SS21 (Separator Screw Install)	
เครื่องจักรประกอบตัวบันทึกและอ่านข้อมูล HSI1 (HSA Install)	
เครื่องจักรประกอบตัวบันทึกและอ่านข้อมูล HSI2 (HSA Install)	
เครื่องจักรยึดแผงวงจรของตัวบันทึกและอ่านข้อมูลด้วยสกรู FS1 (Flex screw Install)	
เครื่องจักรยึดแผงวงจรของตัวบันทึกและอ่านข้อมูลด้วยสกรู FS2 (Flex screw Install)	
เครื่องจักรผลักตัวบันทึกและอ่านข้อมูลให้อยู่บนจานแม่เหล็ก HMM1 (Head Media Merge)	
เครื่องจักรผลักตัวบันทึกและอ่านข้อมูลให้อยู่บนจานแม่เหล็ก HMM2 (Head Media Merge)	
เครื่องจักรประกอบตัวเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กด้านบน UVI (UVCM Install)	
เครื่องจักรยึดตัวเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กด้านบนด้วยสกรู VS3 (UVCM Screw Install)	
เครื่องจักรประกอบชุดดูดซับฝุ่น RFI (Recirculating Filter Install)	

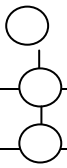
รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในห้องสะอาด

เครื่องจักรประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ TCI (Top Cover Install)	
เครื่องจักรยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟด้วยสกรูที่1 (Top Cover Screw Install 1)	
เครื่องจักรยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟด้วยสกรูที่2 (Top Cover Screw Install 2)	
เครื่องจักรยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟด้วยสกรูที่3 (Top Cover Screw Install 3)	
เครื่องจักรยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟด้วยสกรูที่4 (Top Cover Screw Install 4)	
เครื่องจักรยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟด้วยสกรูที่5 (Top Cover Screw Install 5)	
เครื่องจักรยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟด้วยสกรูที่6 (Top Cover Screw Install 6)	
เครื่องจักรยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟด้วยสกรูที่7 (Top Cover Screw Install 7)	
เครื่องจักรยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟด้วยสกรูที่8 (Top Cover Screw Install 8)	
เครื่องจักรยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟด้วยสกรูที่9 (Top Cover Screw Install 9)	

รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในห้องสะอาด (ต่อ)

3.4.2 กระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Backend process)

เป็นกระบวนการทดสอบความสามารถทางไฟฟ้า การอ่านเขียนข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และการบรรจุหีบห่อก่อนส่งมอบให้กับลูกค้า ดังแสดงขั้นตอนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Backend process) ตามรูปภาพที่ 3.3

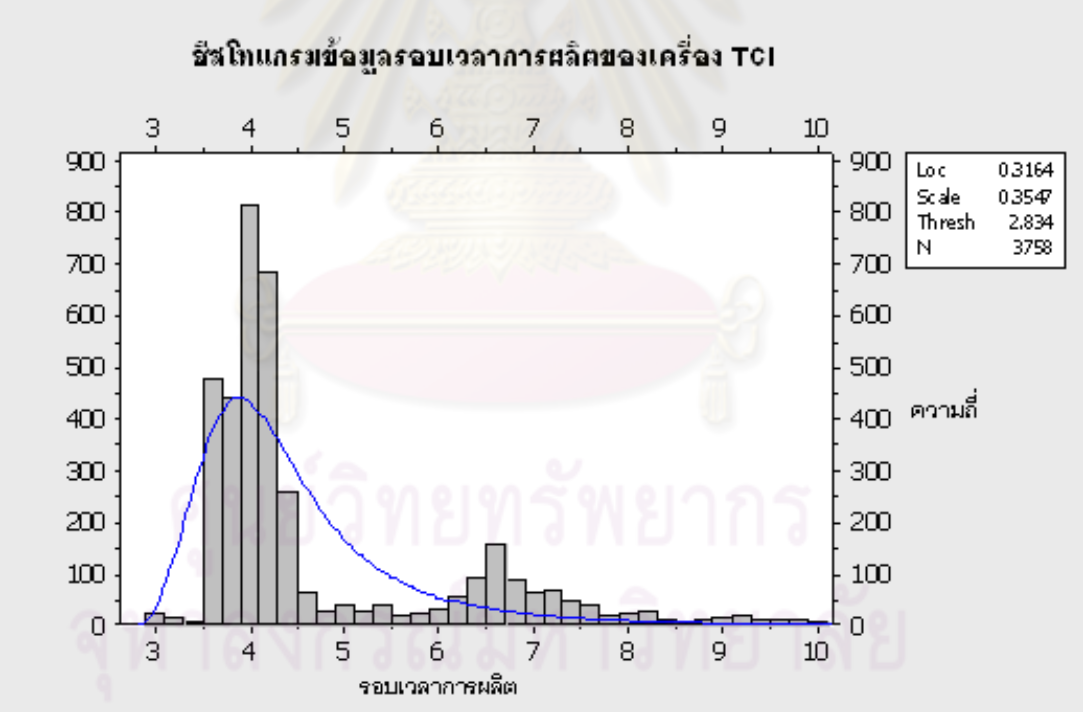
กระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	
เครื่องจักรใส่แผ่นฉนวนและแผงวงจร (Insulator and TOPCOVER Load)	
เครื่องจักรยึดแผงวงจรด้วยสกรูที่1 (PCBA Screw Install 1)	
เครื่องจักรยึดแผงวงจรด้วยสกรูที่2 (PCBA Screw Install 2)	
เครื่องจักรยึดแผงวงจรด้วยสกรูที่3 (PCBA Screw Install 3)	
เครื่องจักรยึดแผงวงจรด้วยสกรูที่4 (PCBA Screw Install 4)	
เครื่องจักรยึดแผงวงจรด้วยสกรูที่5 (PCBA Screw Install 5)	
เครื่องจักรยึดแผงวงจรด้วยสกรูที่6 (PCBA Screw Install 6)	
เครื่องจักรทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Gemini Test Process)	
เครื่องจักรติดสติกเกอร์ (Label Install)	
เครื่องจักรตรวจขั้นสุดท้าย (Final Visual Inspection)	
เครื่องจักรบรรจุหีบห่อ (Packing)	

รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

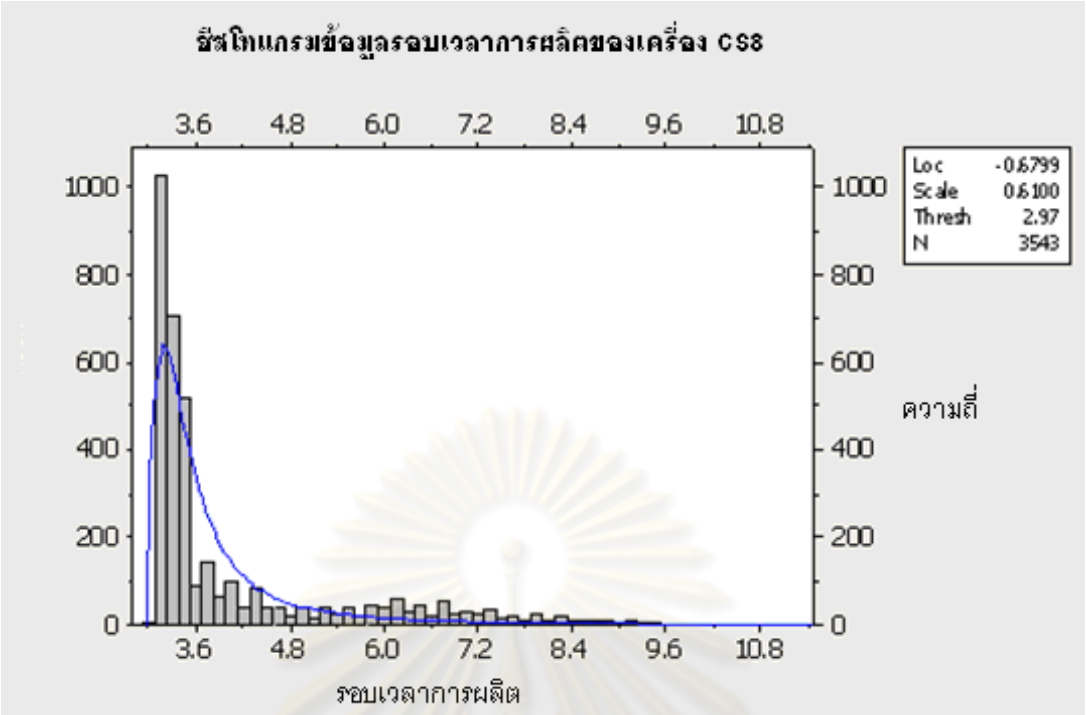
3.5 ผลกระทบจากความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตต่อสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

3.5.1 ความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตสายงานการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (σ)

เนื่องจากขั้นตอนการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟต้องการความละเอียดสูง จำนวนเครื่องจักรในสายงานการประกอบมีถึง 38 เครื่องจักร อีกทั้งรอบเวลาการผลิตที่ถูกออกแบบให้มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับสายการประกอบอื่น ๆ ในโรงงานกรณีศึกษา คือ 4.5 วินาที ความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตจึงมีผลต่อกำลังการผลิตของสายงานการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยเครื่องจักรแต่ละเครื่องจะมีสาเหตุความแปรปรวนที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับการออกแบบของเครื่องจักรนั้น ๆ โดยเมื่อนำข้อมูลของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรตัวอย่าง 2 เครื่องจากทั้งหมด 38 เครื่องคือ เครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top Cover Install) และเครื่องยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟด้วยสกรูที่8 (Top Cover Screw Install 8) มาทำการ พล็อตด้วยฮิสโทแกรม (Histogram) จะได้ข้อมูลดังรูปที่ 3.4 และรูปที่ 3.5 ตามลำดับ



รูปที่ 3.4 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Top Cover Install)



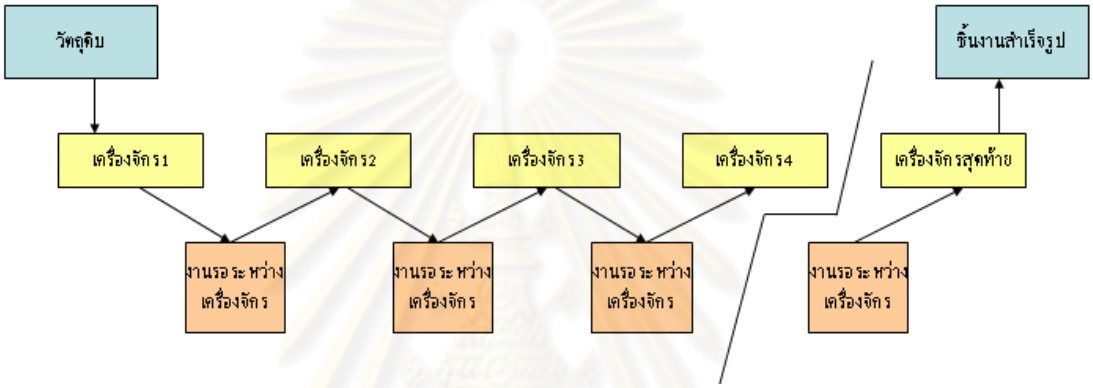
รูปที่ 3.5 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟด้วยสกรูที่8 (Top Cover Screw Install 8)

เมื่อนำข้อมูลดิบของรอบเวลาการผลิตของชิ้นงานที่ผ่านเครื่องจักรทั้งสองเครื่องมาพล็อตด้วยกราฟฮีสโทแกรมจะเห็นว่ารอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรทั้งสอง จะมีค่าเฉลี่ย (Mean) อยู่ที่ประมาณ 3.5-5 วินาทีและมีจำนวนประชากรส่วนมากของข้อมูลอยู่ที่ค่าเฉลี่ย ซึ่งก็มีข้อมูลบางส่วนที่กระจายตัวออกไปทั้งทางด้านมากกว่าและต่ำกว่าค่าเฉลี่ย ซึ่งก็คือความแปรปรวน (Variance) ของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรนั่นเอง จากกราฟฮีสโทแกรมจะเห็นว่าจำนวนข้อมูลที่กระจายตัวออกไปทั้งทางด้านมากกว่าค่าเฉลี่ยจะมีจำนวนของข้อมูลสูงกว่าทางด้านน้อยกว่าค่าเฉลี่ย การที่มีความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรลักษณะนี้ย่อมทำให้ค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรมากขึ้น และส่งผลต่อกำลังการผลิตที่ทำได้จริงของสายการประกอบลดลง

3.5.2 ผลกระทบจากความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตต่อจำนวนชิ้นงานที่ทำได้ของสายการประกอบ

ความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตที่เกิดขึ้นของแต่ละเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ส่งผลกระทบต่อจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้จริงจากสายการประกอบ ซึ่งสามารถอธิบายได้จากทฤษฎีไดซ์เกม (Dice game theory) (Elisabeth and Michael, 2005) ซึ่งทฤษฎีนี้เป็นการจำลองการทำงานของสายการประกอบที่มีเครื่องจักรเรียงตัวกับเป็นลำดับขั้น

และมีพื้นที่ในการเก็บงานรอระหว่างขบวนการผลิต (Work in process) ระหว่างเครื่องจักร โดยเมื่อชิ้นงานถูกประกอบเสร็จที่เครื่องจักรที่ 1 ชิ้นงานก็จะเคลื่อนที่มายังพื้นที่ในการเก็บงานรอของเครื่องจักรที่ 2 ถ้าเครื่องจักรที่สองไม่มีชิ้นงานที่กำลังประกอบอยู่ก็จะทำการประกอบชิ้นงานตัวนั้น แต่ถ้าเครื่องจักรที่ 2 ถ้าเครื่องจักรที่สองมีชิ้นงานก่อนหน้าที่กำลังประกอบอยู่ ชิ้นงานตัวนั้นก็จะต้องรอจนชิ้นงานก่อนหน้าประกอบเสร็จ จึงสามารถเคลื่อนที่ไปยังเครื่องจักรที่ 2 ได้ โดย พื้นที่ในการเก็บงานรอระหว่างขบวนการผลิตจะมีจำนวนจำกัด ซึ่งถ้าพื้นที่เก็บงานรอเต็ม งานจากเครื่องจักเครื่องก่อนหน้าก็ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปได้จนกว่าจะมีที่ว่างเกิดขึ้น ซึ่งสามารถเขียนแผนภาพแบบจำลองของสายการประกอบได้ดังรูปที่ 3.6



รูปที่3.6 แสดงแผนภาพแบบจำลองของสายการประกอบ

จากทฤษฎีไดซ์เกม (Dice game theory) ที่ได้สร้างแบบจำลองของสายการประกอบ และทำการทดลองโดยให้เกิดความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตจากน้อยไปหามาก โดยที่ตัวแปรอื่นคือ ค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิต ประสิทธิภาพของเครื่องจักร มีค่าคงที่ ซึ่งผลที่ได้คือ เมื่อความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตเพิ่มมากขึ้น จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้จากสายการประกอบจะมีค่าลดลง ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายประกอบกับจำนวนชิ้นงานที่ทำได้จริงดังนี้

$$\text{จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้จริง} \propto \frac{1}{\text{ความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายประกอบ}}$$

เมื่อตัวแปรอื่นมีค่าคงที่

จากแบบจำลองของทฤษฎีไดซ์เกม ซึ่งเป็นแบบจำลองที่มีลักษณะเหมือนกับสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของบริษัทกรณีศึกษา ที่มีเครื่องจักรหลายเครื่องในสายการประกอบ และมีพื้นที่ว่างสำหรับงานรอระหว่างเครื่องจักรแต่ละเครื่องที่อยู่ติดกันจำกัด จึงสามารถสรุปได้ว่าความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบย่อมส่งผลจำนวนชิ้นงาน

ที่ทำได้จริงในสายการประกอบลดลง ดังนั้นการการปรับปรุงโดยลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ จะส่งผลต่อจำนวนชิ้นงานที่ทำได้จริงของสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมากขึ้นเช่นกัน

3.6 บทสรุป

ขั้นตอนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ จะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ กระบวนการประกอบชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในห้องสะอาด (Cleanroom process) และกระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Backend process) โดยกระบวนการที่เป็นปัญหาในกรณีศึกษาคือ กระบวนการประกอบชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ จะประกอบชิ้นส่วนเข้าด้วยกันโดยเครื่องจักรอัตโนมัติทั้งหมด 38 เครื่องจักร

จากการศึกษารอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบพบว่า รอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรทั้งสอง จะมีค่าเฉลี่ย (Mean) อยู่ที่ประมาณ 3.5-5 วินาทีและมีจำนวนประชากรส่วนมากของข้อมูลอยู่ที่ค่าเฉลี่ย แต่จะเห็นว่าจำนวนข้อมูลที่กระจายตัวออกไปทางด้านมากกว่าค่าเฉลี่ยจะมีจำนวนของข้อมูลสูงกว่าทางด้านน้อยกว่าค่าเฉลี่ย การที่มีความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรลักษณะนี้ย่อมส่งผลต่อกำลังการผลิตที่ทำได้จริงของสายการประกอบลดลง โดยเปรียบเทียบได้กับการจำลองของทฤษฎีไดซ์เกม ที่ได้สร้างแบบจำลองของสายการประกอบ และทำการทดลองโดยให้เกิดความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตจากน้อยไปหามาก โดยที่ตัวแปรอื่นคือ ค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิต ประสิทธิภาพของเครื่องจักร มีค่าคงที่ ซึ่งผลที่ได้คือเมื่อความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตเพิ่มมากขึ้น จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้จากสายการประกอบจะมีค่าลดลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
การลำดับความสำคัญของกระบวนการแก้ไขปัญหา

4.1 วัตถุประสงค์

1. สามารถจัดลำดับความสำคัญว่าควรจะปรับปรุงเครื่องจักรอะไรเป็นลำดับแรกจากทั้งหมด 38 เครื่องจักร

2. ออกแบบแนวทางในการเลือกปัจจัยที่เป็นสาเหตุของปัญหาของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต ของเครื่องจักรที่เลือกมาทำการปรับปรุง เพื่อที่จะทำการปรับปรุงสาเหตุของปัญหาที่ถูกเลือกในขั้นตอนต่อไป

4.2 บทนำ

เพื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรทั้ง 38 เครื่อง เพื่อที่จะทำการจัดลำดับก่อนหลังในการลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของแต่ละเครื่องจักร จึงต้องทำการเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้ง 38 เครื่องจักรมาทำการวิเคราะห์ จากข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรแต่ละเครื่องเป็นข้อมูลที่แตกต่างกัน กลุ่มตัวอย่างซึ่งเราสุ่มจากประชากรที่ไม่ทราบจำนวนแน่นอน (Infinite Population) จะถือเป็นตัวแปรแบบสุ่ม (Random Sample) ก็ต่อเมื่อข้อมูลมีคุณสมบัติที่ไม่ขึ้นอยู่ด้วยกันและที่มีการกระจายเหมือนกัน (Independent and Identically Distributed: IID) โดยก่อนที่จะนำตัวแปรสุ่มที่ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างมาไปใช้วิเคราะห์ด้วยเครื่องมือทางสถิติ ต้องทำการทดสอบการ IID เสียก่อน

ขั้นตอนต่อไปคือนำข้อมูลเหล่านั้นมาทำการหาว่าข้อมูลมีลักษณะการกระจายตัวใกล้เคียงกับการกระจายตัวแบบใดมากที่สุด โดยนำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรแต่ละเครื่องมาทำการพล๊อตการกระจายตัว (Probability Plot) แล้วดูแนวโน้มว่าข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรมีการกระจายตัวเป็นเป็นแบบใด ซึ่งจะทำการเลือกการกระจายตัวที่มาเปรียบเทียบทั้งหมด 12 รูปแบบคือ Normal, Lognormal, 3 Parameter Lognormal, Exponential, 3 Parameter Exponential, Weibull, 3 Parameter Weibull, Gamma, 3 Parameter Gamma, Logistic, Loglogistic, 3 Parameter Loglogistic เพื่อทำการเปรียบเทียบค่า Anderson-Darling (AD) Statistics แล้วทำการเลือกรูปแบบการกระจายที่มีค่า AD มากที่สุดในแต่ละเครื่องจักรเพื่อทำการนำไปหาโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมีค่าเกิน 4.5 วินาทีต่อไป

เมื่อทราบโอกาสที่รอบเวลาการผลิตที่มีค่าเกิน 4.5 วินาทีของแต่ละเครื่องจักร ก็ทำการเลือกปรับปรุงเครื่องจักรที่มีโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมีค่าเกิน 4.5 วินาทีมากที่สุดมาปรับปรุงก่อน ซึ่งเริ่มจากการทำการทำแผนภูมิการไหล (Macro and Micro Process Mapping) เพื่อให้เข้าในกระบวนการของเครื่องจักรที่ทำการปรับปรุงอย่างละเอียด และผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ซึ่งเป็นผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของเป้าหมายที่ต้องการทำการปรับปรุงคือ ความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตกับปัจจัยต่าง ๆ ในการระบุหาสาเหตุของปัญหา ซึ่งกระทำโดยวิธีการระดมสมองจากกลุ่มคนที่มีความเชี่ยวชาญหรือคุ้นเคยในกระบวนการผลิตนั้น ๆ เมื่อได้ระดมความคิดเพื่อหาสาเหตุที่ทำให้เกิดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรนั้นได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปก็จะเป็นการวิเคราะห์ว่าสาเหตุใดมีผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิต มีโอกาสการเกิดข้อผิดพลาดขึ้น และมีระบบตรวจจับความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใด โดยจะใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) เพื่อที่จะเลือกสาเหตุของปัญหาที่มีค่า RPN มาก ๆ ทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่แท้จริงถัดไป

4.3 การกำหนดปัญหา

สายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ประกอบไปด้วยเครื่องจักรจำนวนทั้งหมด 38 เครื่องจักรโดยแต่ละเครื่องจักรมีความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตที่มากกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้คือ 4.5 วินาที ความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตที่เกิดขึ้นในแต่ละเครื่องจักร ส่งผลต่อจำนวนผลผลิตของสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ทำได้ภายใน 1 วันลดลง โดยถ้าสายงานการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทำงานตลอด 24 ชั่วโมง ด้วยประสิทธิภาพการผลิตของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness: OEE) เท่ากับ 70% และสายงานการประกอบมีรอบเวลาการผลิตที่ 4.5 วินาที ดังนั้นจำนวนผลผลิตต่อวันที่ทำได้จะเท่ากับ 13440 ชิ้นต่อวัน แต่จำนวนผลผลิตที่ทำได้จริงของสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะมีค่าน้อยกว่าตัวเลขจากการคำนวณประมาณ 10% ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร ที่ไม่สามารถทำได้น้อยกว่า 4.5 วินาทีทุกรอบเวลาการผลิต

4.3.1 ผู้มีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหา

เมื่อสามารถระบุปัญหาที่ต้องการทำการศึกษาปรับปรุง หลังจากนั้นจะต้องทำการก่อตั้งทีมงานเพื่อทำงานร่วมกันสำหรับการทำการลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร

โดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกม่า โดยทีมงานจะประกอบไปด้วยกลุ่มคนซึ่งทำหน้าที่รับผิดชอบในแต่ละส่วนของกระบวนการผลิต โดยสมาชิกที่มีส่วนรับผิดชอบในโครงการนี้มีดังนี้

1. หัวหน้าโครงการ คือ ผู้วิจัยโครงการนี้ซึ่งมีหน้าที่ในการวางแผนงาน ติดต่อประสานงาน และออกแบบกระบวนการปรับปรุงทั้งหมด

2. วิศวกรฝ่ายกระบวนการผลิต คือ ผู้ที่ทำหน้าที่ในการควบคุมการผลิตให้ตรงตามข้อกำหนดที่วางไว้ในการทดลองต่าง ๆ

3. วิศวกรฝ่ายเครื่องกล คือ ผู้ที่ทำหน้าที่ในการปรับแต่งเครื่องจักรและเป็นเชี่ยวชาญเครื่องจักรในแต่ละเครื่อง โดยจะมีวิศวกรประจำเครื่อง ๆ ละ 1 คน

4. วิศวกรฝ่ายออกแบบ คือ ผู้ที่ออกแบบเครื่องมือ เครื่องจักรต่าง ๆ เพื่อให้สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร

5. วิศวกรฝ่ายคุณภาพ คือ ผู้ที่ทำหน้าที่วิเคราะห์ผลกระทบทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์

6. ที่ปรึกษาฝ่ายซิกซ์ ซิกม่า คือ ผู้ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกม่าในการปรับปรุงกระบวนการผลิต

7. ฝ่ายผลิต คือ ผู้ที่ทำการผลิตตามการทดลองที่ออกแบบไว้

ทีมงานจะต้องทำการประชุมเพื่อรับทราบถึงเป้าหมาย แผนงาน ความก้าวหน้า และร่วมแสดงความคิดเห็นเพื่อให้เกิดการปรับปรุงที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

4.3.2 วัตถุประสงค์

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยจะทำการปรับปรุงเครื่องจักรที่มีความแปรปรวนออกจากค่าเป้าหมายคือ 4.5 วินาทีมากที่สุด และมีเป้าหมายลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรให้ได้มากกว่า 10% จากค่าความแปรปรวนเดิม โดยความแปรปรวนที่ลดลงย่อมส่งผลต่อกำลังการผลิตที่ทำได้จริงของสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่เพิ่มสูงขึ้น โดยการทดสอบทางสถิติจะกำหนดระดับความเชื่อมั่นไว้ที่ไม่ต่ำกว่า 95%

4.4 การเปรียบเทียบความแปรปรวนของเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

เนื่องจากเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีจำนวนถึง 38 เครื่อง จึงต้องทำการเปรียบเทียบความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรแต่ละเครื่องว่าจะทำการเลือก

ปรับปรุงเครื่องจักรอะไรก่อน เพราะเครื่องจักรที่มีความแปรปรวนมากย่อมส่งผลต่อกำลังการผลิตของสายการประกอบมากเช่นกัน

4.4.1 การเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร

เพื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรทั้ง 38 เครื่อง เพื่อที่จะทำการจัดลำดับก่อนหลังในการลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของแต่ละเครื่องจักร จึงต้องทำการเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้ง 38 เครื่องจักรมาทำการวิเคราะห์ โดยรูปแบบข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรที่ถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูลของบริษัท จะถูกเก็บรอบเวลาการผลิตของชิ้นงานตัวหนึ่ง ๆ ที่ทำการประกอบที่แต่ละเครื่องจักรในสายการประกอบเข้าที่ตัว RFID และเมื่อชิ้นงานไหลออกที่ท้ายสายการประกอบ RFID ก็จะถูกส่งข้อมูลรอบเวลาการผลิตเข้าไปที่ฐานข้อมูลกลางของบริษัทเพื่อนำไปใช้งานต่อไป โดยข้อมูลดิบที่เก็บเข้าฐานข้อมูลจะประกอบไปด้วย เลขที่ประจำตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ รอบเวลาการผลิต ชื่อรุ่นผลิตภัณฑ์ วันที่ผลิต เวลาที่ผลิตเสร็จออกจากสายการประกอบ ชื่อสายการประกอบ และชื่อเครื่องจักร ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 แสดงรูปแบบข้อมูลดิบรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร

P/N ของผลิตภัณฑ์	รอบเวลาการผลิต	ชื่อรุ่นผลิตภัณฑ์	วันที่ผลิต	เวลาที่ผลิตเสร็จออกจากไลน์	ชื่อสายการประกอบ	ชื่อเครื่องจักร
9VY1XW8T	4.55	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	BDL
9VY1XW8T	3.62	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	LVI
9VY1XW8T	3.81	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	VS1
9VY1XW8T	3.72	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	VS2
9VY1XW8T	4.13	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	BFI
9VY1XW8T	3.82	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	BFV
9VY1XW8T	3.54	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	DSI
9VY1XW8T	3.62	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	CSI1
9VY1XW8T	3.71	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	CSI2
9VY1XW8T	3.62	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	SS1
9VY1XW8T	3.52	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	SS2
9VY1XW8T	3.81	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	SS3
9VY1XW8T	4.05	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	SS4
9VY1XW8T	4.22	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	BLM1
9VY1XW8T	3.44	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	BLM2
9VY1XW8T	3.62	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	BLV1
9VY1XW8T	3.62	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	BLV2
9VY1XW8T	3.65	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	SS21
9VY1XW8T	3.56	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	SS22

ตารางที่ 4.1แสดงรูปแบบข้อมูลดิบรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร (ต่อ)

P/N ของผลิตภัณฑ์	รอบเวลาการผลิต	ชื่อรุ่นผลิตภัณฑ์	วันที่ผลิต	เวลาที่ผลิตเสร็จออกจากไลน์	ชื่อสายการประกอบ	ชื่อเครื่องจักร
9VY1XW8T	3.87	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	HSI1
9VY1XW8T	3.98	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	HSI2
9VY1XW8T	3.97	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	FS1
9VY1XW8T	4.25	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	FS2
9VY1XW8T	3.52	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	HMM1
9VY1XW8T	3.66	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	HMM2
9VY1XW8T	3.64	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	UVI
9VY1XW8T	4.42	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	VS3
9VY1XW8T	4.14	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	RFI
9VY1XW8T	4.56	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	TCI
9VY1XW8T	4.25	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	CS1
9VY1XW8T	4.08	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	CS2
9VY1XW8T	4.55	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	CS3
9VY1XW8T	4.15	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	CS4
9VY1XW8T	4.61	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	CS5
9VY1XW8T	4.22	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	CS6
9VY1XW8T	3.78	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	CS7
9VY1XW8T	4.45	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	CS8
9VY1XW8T	4.21	9SL13A-00W	22-Aug-09	8:31:25	105	CS9

โดยจะทำการเก็บข้อมูลแบบต่อเนื่องของทั้ง 38 เครื่องจักรในช่วงเวลาเดียวกันต่อเนื่องกัน 72 ชั่วโมง แล้วนำเอาข้อมูลดิบของรอบเวลาการผลิตของทั้ง 38 เครื่องจักรมาทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

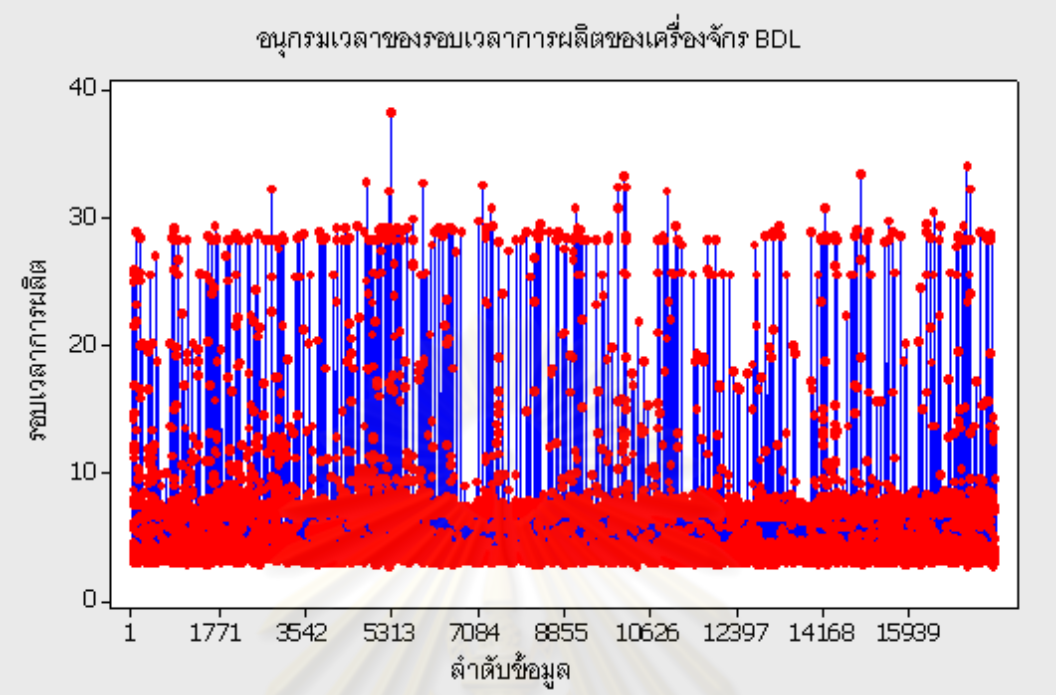
4.4.2 การทดสอบลำดับของตัวแปรสุ่มที่ไม่ขึ้นอยู่ด้วยกันและที่มีการกระจายเหมือนกัน (Independent and Identically Distributed: IID)

กลุ่มตัวอย่าง X_1, X_2, X_3, ... X_n ซึ่งเราสุ่มจากประชากรที่ไม่ทราบจำนวนแน่นอน (Infinite Population) จะถือเป็นตัวแปรแบบสุ่ม (Random Sample) ก็ต่อเมื่อ X_1, X_2, X_3, ... X_nมีคุณสมบัติที่ไม่ขึ้นอยู่ด้วยกันและที่มีการกระจายเหมือนกัน (Independent and Identically Distributed: IID) โดยก่อนที่จะนำตัวแปรสุ่มที่ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างมาไปใช้วิเคราะห์ด้วยเครื่องมือทางสถิติ ต้องทำการทดสอบการ IID เสียก่อน

การทดสอบลำดับของตัวแปรสุ่มที่ไม่ขึ้นอยู่ด้วยกัน (Independent) โดยจะใช้การวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Analysis) โดยนำข้อมูลที่เก็บเรียงตามช่วงเวลาที่ทำการผลิตก่อนถึงหลัง แล้วนำมาพล็อตด้วยอนุกรมเวลา ซึ่งถ้ากราฟที่ได้ถ้าไม่มีมีการลักษณะเป็นแนวโน้ม (Long Term Trend) การผันแปรตามฤดูกาล (Seasonal Variation) การผันแปรตามวัตจัก (Cyclical Variation) หรือ การผันแปรเนื่องจากเหตุการณ์ไม่ปกติ (Irregular Variation) ก็สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลตัวอย่างที่เก็บมามีคุณสมบัติเป็นตัวแปรสุ่มที่ไม่ขึ้นอยู่ด้วยกัน (Independent)

รูปที่ 4.1 เป็นการพล็อตข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร BDL ที่ทำการสุ่มตัวอย่างข้อมูลมาทั้งสิ้น 15,939 ข้อมูล ซึ่งจะเห็นว่าลักษณะของเส้นกราฟ ไม่มีมีการลักษณะเป็นแนวโน้ม (Long Term Trend) การผันแปรตามฤดูกาล (Seasonal Variation) การผันแปรตามวัตจักร (Cyclical Variation) หรือ การผันแปรเนื่องจากเหตุการณ์ไม่ปกติ (Irregular Variation) ก็สามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลตัวอย่างที่เก็บมาของเครื่องจักร BDL มีคุณสมบัติเป็นตัวแปรสุ่มที่ไม่ขึ้นอยู่ด้วยกัน (Independent)

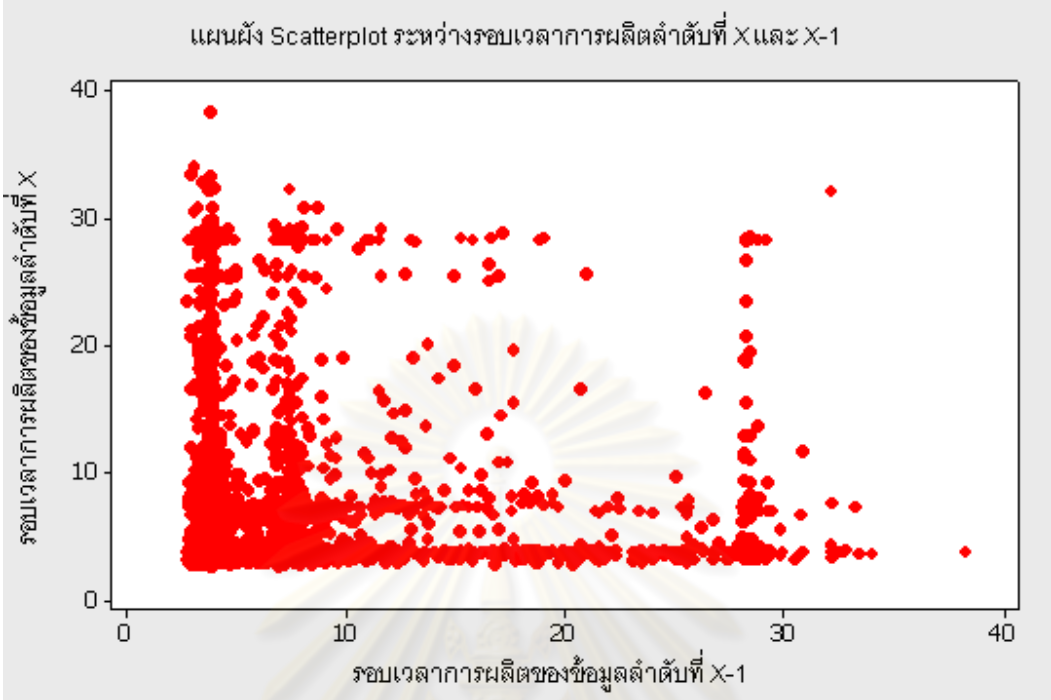
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.1 แสดงการวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Analysis) ของข้อมูลแบบสุ่ม

การทดสอบลำดับของตัวแปรสุ่มที่มีการกระจายเหมือนกัน (Identically) โดยจะใช้การวิเคราะห์ที่เรียกว่า Lag Plot ซึ่ง Lag Plot คือ Scatter Plot ที่ทำการพล็อตเพื่อดูความสัมพันธ์ของข้อมูลสุ่มตัวที่ X_n กับ X_{n-1} ซึ่งถ้าการกระจายตัวของข้อมูลบน Lag Plot ที่ได้ เป็นการกระจายแบบไม่มีความสัมพันธ์ (Autocorrelation) แบบไม่มีการวางตัวเป็นเส้นตรง (Autoregressive) หรือแบบไม่มีรูปแบบเฉพาะเช่น Sinusoidal Models ก็ถือว่าข้อมูลนั้นเป็นข้อมูลสุ่มที่มีการกระจายเหมือนกัน (Identically)

Lag Plot ตามรูปที่ 4.2 เป็น Lag Plot ของข้อมูลที่ทำการสุ่มรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร BDL ซึ่งจะเห็นว่ามีการกระจายตัวที่ไม่เป็นรูปแบบ แต่จะเห็นว่ามีสิ่งรบกวน (Noise) เกิดขึ้น ซึ่งการจะดูว่าข้อมูลที่เก็บตัวอย่างมาเป็นข้อมูลแบบสุ่มหรือไม่ต้องมีคุณสมบัติที่มีการกระจายเหมือนกัน (Identically) โดยข้อมูลใน Lag Plot ข้างล่างเป็นการกระจายแบบไม่มีความสัมพันธ์ (Autocorrelation) แบบไม่มีการวางตัวเป็นเส้นตรง (Autoregressive) หรือแบบไม่มีรูปแบบเฉพาะเช่น Sinusoidal Models ก็ถือว่าข้อมูลนั้นเป็นข้อมูลสุ่มที่มีการกระจายเหมือนกัน (Identically)



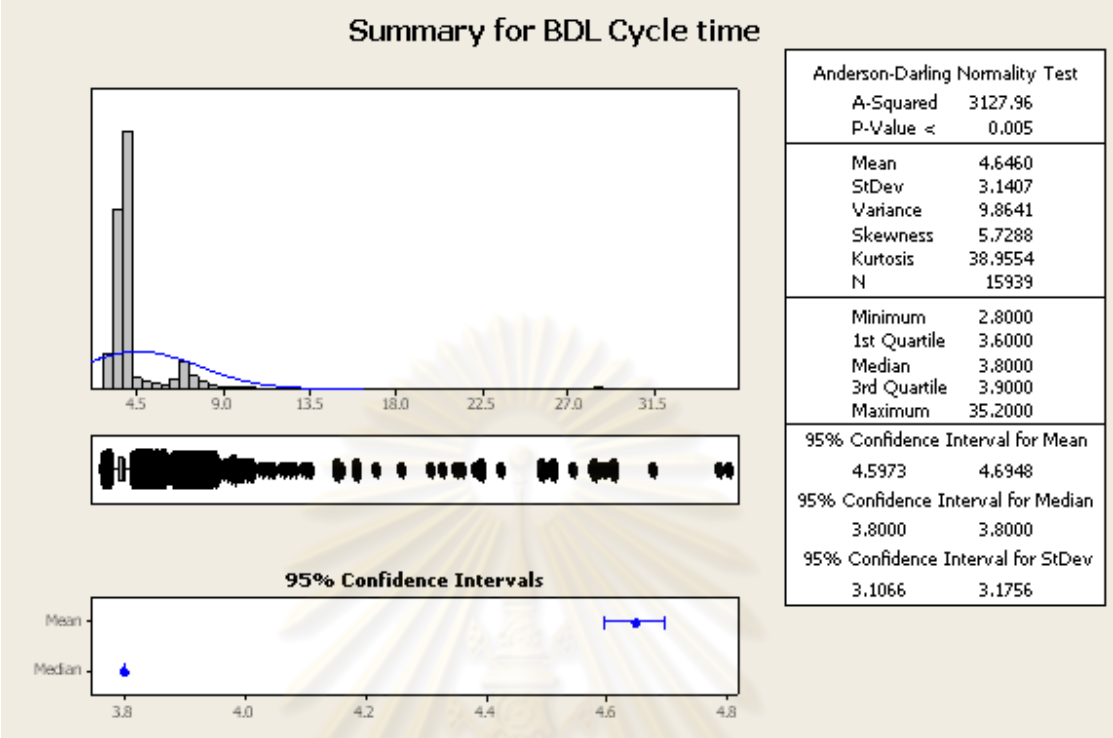
รูปที่ 4.2 แสดงการทำ Lag Plot ของข้อมูลแบบสุ่ม

เมื่อสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร BDL ที่สุ่มมามีคุณสมบัติ ของตัวแปรสุ่มที่ไม่ขึ้นอยู่ด้วยกันและที่มีการกระจายเหมือนกัน (Independent and Identically Distributed: IID) ก็สามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์หาค่าทางสถิติต่อไป

โดยเมื่อทำการวิเคราะห์ Time series analysis และ Lag plot analysis ของทั้ง 38 เครื่อง สามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลของทั้ง 38 เครื่องมีคุณสมบัติของตัวแปรสุ่มที่ไม่ขึ้นอยู่ด้วยกันและที่มีการกระจายเหมือนกัน (Independent and Identically Distributed: IID)

4.4.3 รูปแบบการกระจายตัวของข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร

ทำการเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทุกเครื่องในสายการประกอบซึ่งได้ข้อมูลมาประมาณ 15939 ข้อมูล และเพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลที่เก็บมาเพียงพอ และค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของข้อมูลมีความน่าเชื่อถือที่ 95% จึงต้องมีการทดสอบว่าข้อมูลที่ทำการเก็บมามีจำนวนของประชากรเพียงพอหรือไม่ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงการทดสอบว่าจำนวนข้อมูลที่สุ่มมาเพียงพอที่ความน่าเชื่อถือ 95%

ซึ่งข้อมูลของเครื่อง BDL จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนที่คำนวณได้จากข้อมูลกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาอยู่ในช่วงความเชื่อมั่นที่ 95% ซึ่งจากการทดสอบกับข้อมูลของทั้ง 38 เครื่องจักร ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาอยู่ในช่วงความเชื่อมั่นที่ 95%

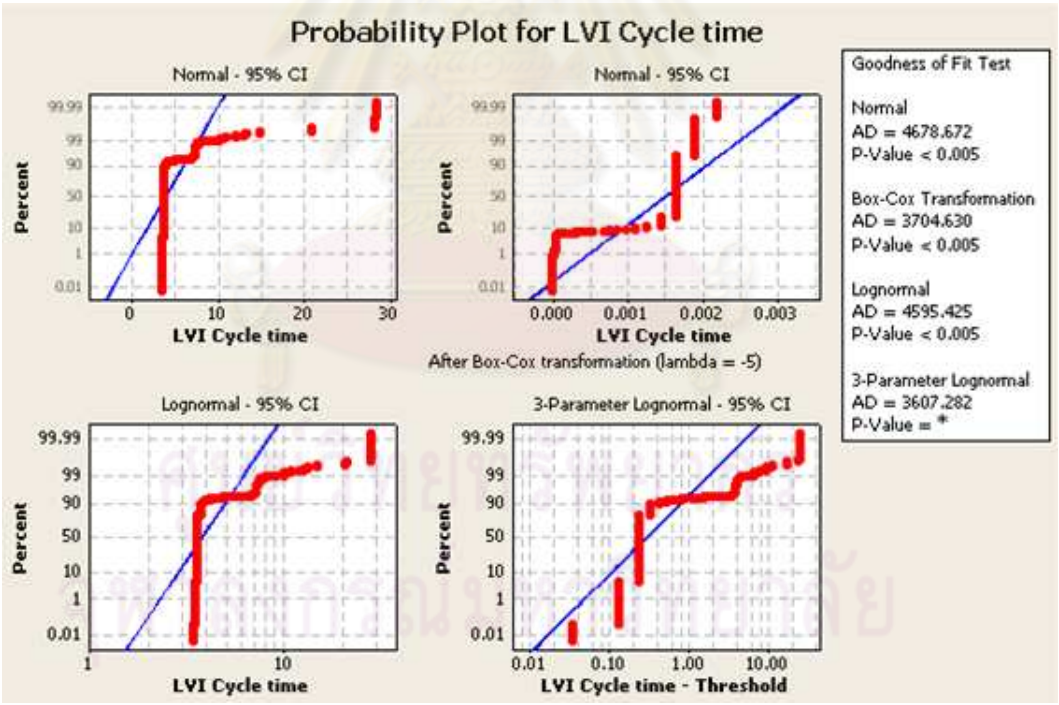
เนื่องจากข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรแต่ละเครื่องเป็นข้อมูลที่แตกต่างกัน จึงต้องนำข้อมูลเหล่านั้นมาทำการหาว่าข้อมูลมีลักษณะการกระจายตัวใกล้เคียงกับการกระจายตัวแบบใดมากที่สุด โดยนำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรแต่ละเครื่องมาทำการพล๊อตการกระจายตัว (Probability Plot) แล้วดูแนวโน้มว่าข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรมีการกระจายตัวเป็นเป็นแบบใด

ซึ่งจะทำการเลือกการกระจายตัวที่มาเปรียบเทียบทั้งหมด 12 แบบ คือ การกระจายตัวแบบ Normal, Lognormal, 3 Parameter Lognormal, Exponential, 3 Parameter Exponential, Weibull, 3 Parameter Weibull, Gamma, 3 Parameter Gamma, Logistic, Loglogistic, 3 Parameter Loglogistic เพื่อทำการเปรียบเทียบค่า Anderson-Darling (AD) Statistics แล้วทำการ

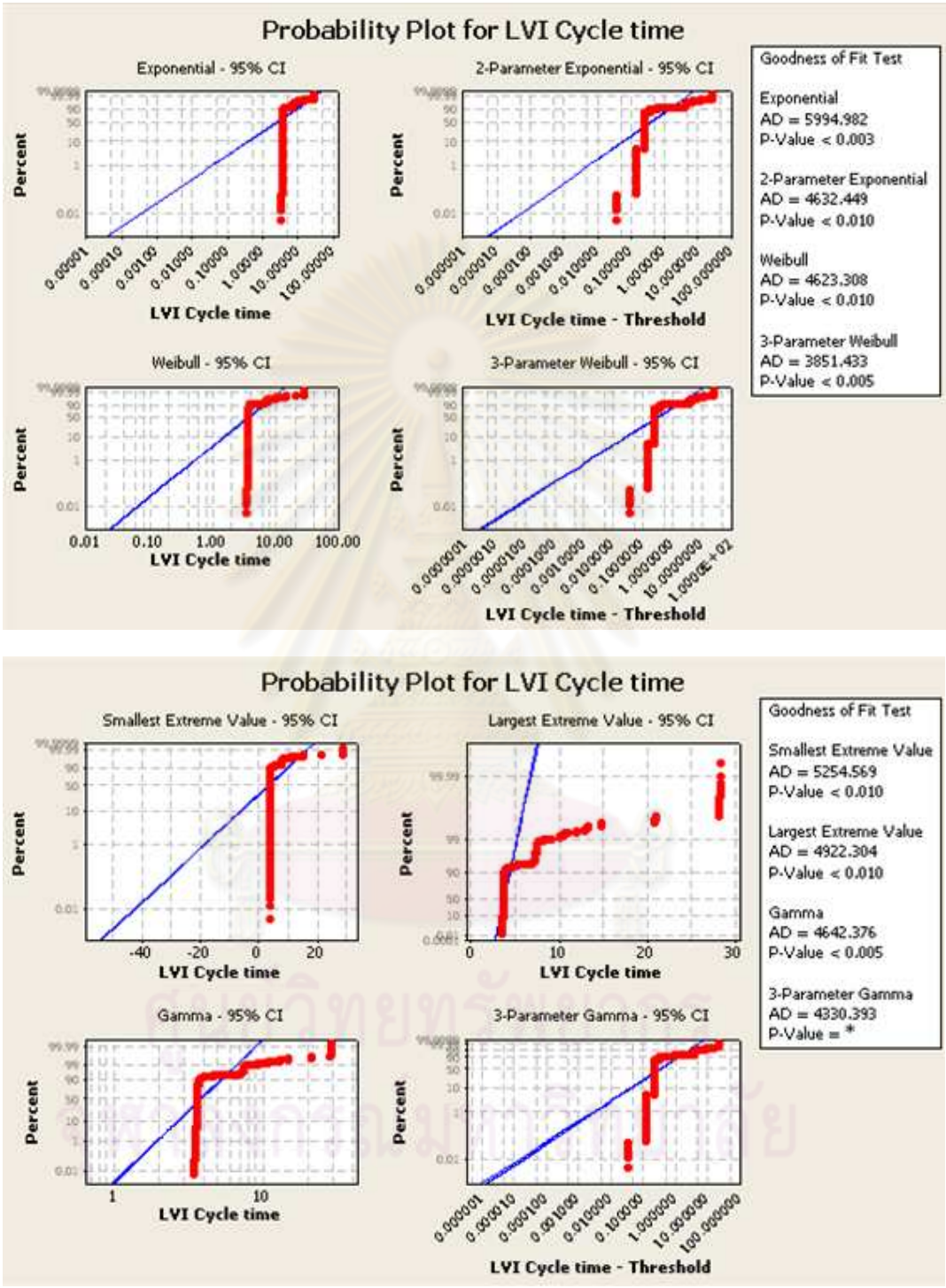
เลือกรูปแบบการกระจายที่มีค่า Anderson-Darling (AD) Statistics มากที่สุดในแต่ละเครื่องจักร เพื่อทำการนำไปหาโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมีค่าเกิน4.5 วินาที

เมื่อนำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรมาทำการพล็อตการกระจายตัวเพื่อหาค่า AD ซึ่งตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 4.4 เป็นการนำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร LVI มาทำการพล็อตการกระจาย ซึ่งจะได้ค่า AD กับการกระจายแบบต่าง ที่แสดงดังรูปที่4.4 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่า AD ของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร LVI กับการกระจายแบบ 3 Parameter Loglogistic มีค่าน้อยที่สุดที่ ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าการกระจายตัวของข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร LVI มีความใกล้เคียงกับการกระจายตัวของข้อมูลแบบ 3 Parameter Loglogistic มากที่สุด

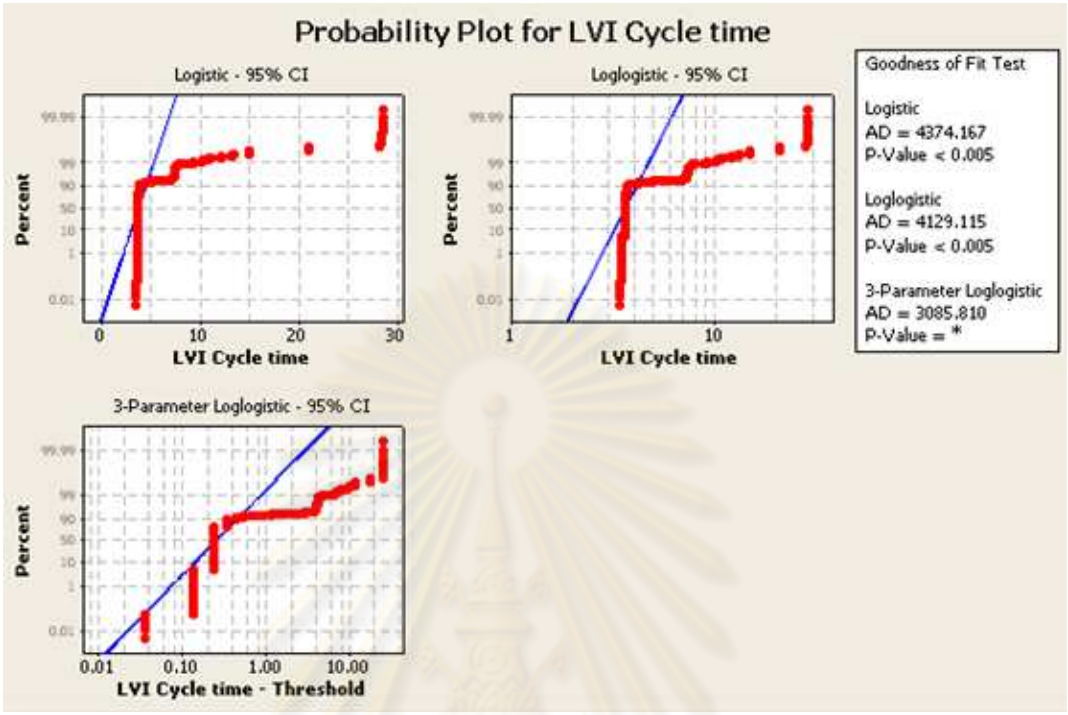
เมื่อทำการพล็อตการกระจายตัว กับข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรทั้ง 38 เครื่องกับการกระจายตัวแบบต่าง ๆ ซึ่งจะได้ข้อมูลตามตารางที่ 4.2 ซึ่งจะใช้การกระจายตัวที่มีค่าAD น้อยที่สุด เพื่อใช้ในการหาค่าความแปรปรวนที่ออกจากค่าเป้าหมายคือ 4.5 วินาทีต่อไป



รูปที่4.4 แสดงการกระจายของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรเปรียบเทียบกับการกระจายแบบต่าง ๆ



รูปที่4.4 แสดงการกระจายของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรเปรียบเทียบกับการกระจายแบบต่าง ๆ (ต่อ)



รูปที่4.4 แสดงการกระจายของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรเปรียบเทียบกับการกระจายแบบต่าง ๆ (ต่อ)

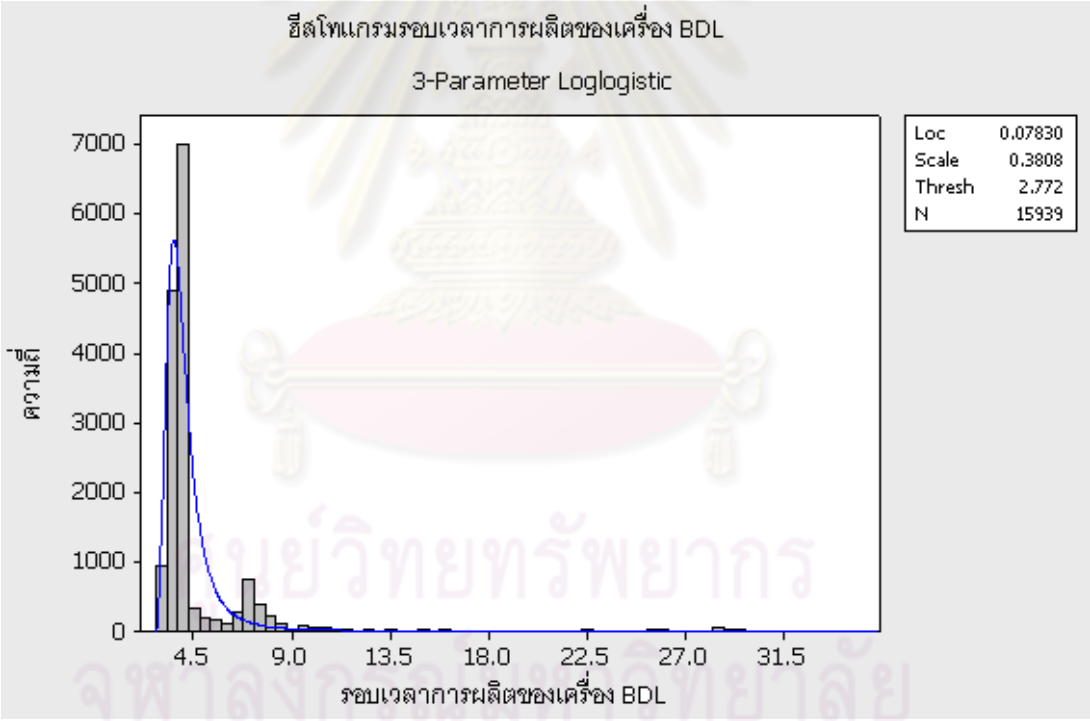
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่4.2 แสดงค่า AD ของเครื่องจักรทั้ง 38 เครื่องกับการกระจายแบบต่าง ๆ

เครื่องจักร	Correlation Coefficient											
	Normal	Lognormal	3 Parameter lognormal	Exponential	2 Parameter exponential	Weibull	3 Parameter weibull	Gamma	3 Parameter gamma	Logistic	Loglogistic	3 Parameter loglogistic
BDL	3127.965	2158.285	1198.729	4133.342	1740.912	2826.589	1737.862	2466.450	1813.728	2287.325	1723.597	933.818
LVI	4678.672	4595.425	3607.282	5994.982	4632.449	4633.308	3851.433	4642.376	4330.393	4374.167	4129.115	3085.810
VS1	3909.501	3449.212	2414.918	4939.040	3954.196	3722.601	2677.867	3590.298	3115.604	3386.521	3142.376	2045.485
VS2	3865.400	3341.918	1743.072	4646.212	5549.592	3598.267	2164.218	3512.328	2716.332	3315.221	3032.623	1403.566
BFI	4539.688	3597.653	2621.406	5721.692	3616.654	4467.756	3509.330	3956.492	3382.697	3069.765	2127.763	1396.974
BFV	4708.113	4091.877	3910.168	5971.216	5383.313	4694.401	5197.330	4319.548	4198.764	3623.019	2977.861	2796.165
DSI	4926.452	4695.013	4034.710	5456.601	7496.248	4690.102	4080.227	4789.322	4724.009	4617.950	4468.941	3563.843
CSI1	3187.223	2004.581	1770.419	5492.863	4871.933	3403.345	3106.832	2408.419	2219.351	1364.265	860.623	764.490
CSI2	2908.938	1741.030	314.558	5660.681	3063.676	3380.915	2053.319	2118.918	1394.006	1064.150	633.106	359.593
SS1	3839.428	3110.187	1957.519	5730.263	2133.085	3988.193	1902.921	3352.260	2110.726	2648.788	2067.222	655.589
SS2	3738.352	2970.179	1021.608	5385.181	2349.747	3767.561	1759.037	3207.259	2061.470	2694.028	2172.144	672.556
SS3	3290.818	2745.498	1223.536	5725.078	1957.378	3574.513	1950.847	2924.431	1992.587	2335.657	1924.460	801.758
SS4	3951.987	3328.797	1556.888	5718.343	2484.574	4050.493	2442.974	3543.186	2587.220	2912.042	2293.403	897.428
BLM1	4950.750	4905.662	3077.046	6227.077	4638.259	4883.645	4142.144	4948.485	4591.935	4620.387	4306.553	3152.865
BLM2	5094.930	5114.524	4090.183	6372.019	5808.981	5028.359	5130.296	5133.443	4859.836	4867.299	4650.758	3786.241
BLV1	5738.669	5688.436	4527.141	7075.330	5813.303	5525.301	4765.837	5733.195	5347.800	5351.612	5089.344	4164.173
BLV2	3820.307	3585.129	2495.775	5156.589	4465.202	3731.699	2701.073	3660.242	3170.972	3495.068	3281.004	2187.992
SS21	3756.102	2895.053	1009.051	5477.965	2191.978	3818.605	1752.453	3168.007	2016.517	2578.050	2067.363	676.305
SS22	3715.655	3236.748	1242.433	5582.734	2396.489	3789.877	2001.093	3401.530	2285.960	2930.683	2413.864	793.035
HSI1	3572.389	2708.183	659.452	5801.321	1670.021	3824.416	1310.276	3004.402	1521.293	2015.465	1535.232	537.041
HSI2	3207.783	2195.377	1985.091	6257.415	5203.334	4070.939	3387.563	2499.684	2258.870	1225.163	871.286	898.098
FS1	4446.159	3989.212	3840.715	5918.643	5369.731	4482.423	4653.432	4148.470	4053.944	3605.784	3152.568	2998.875
FS2	4876.727	4346.669	4163.659	6440.469	6017.907	5042.705	5432.913	4546.825	4429.667	3526.813	2898.281	2712.859
HMM1	4095.482	3095.683	737.469	6074.534	1938.574	4331.666	1977.567	3461.428	1876.237	2056.053	1280.611	301.816
HMM2	1775.316	932.392	155.996	5569.583	284.888	2737.750	287.073	1129.026	139.978	785.344	645.937	145.536
UVI	3644.864	3003.089	1093.862	5599.971	2070.433	3690.193	1816.843	3181.678	2043.887	2666.437	2191.337	724.805
VS3	3142.790	2253.668	1933.390	4811.199	3642.201	3107.494	2662.822	2531.504	2352.691	2169.488	1655.591	1388.331
RFI	3062.008	1797.390	741.369	4824.364	1784.368	3043.376	1610.428	2188.174	1388.259	1643.179	982.560	401.203
TCI	2805.366	1714.151	921.369	4441.670	1555.867	2713.534	1495.788	2035.748	1433.476	1713.855	1265.069	713.253
CS1	2376.671	1371.339	804.512	5035.920	2553.675	2628.845	1611.376	1679.329	1183.788	1160.737	752.244	455.248
CS2	2318.959	1412.537	1259.582	4531.132	2627.727	2419.157	1715.871	1614.857	1416.794	1369.519	1317.062	1262.189
CS3	3216.116	2123.157	544.096	4565.778	1615.385	3035.539	1137.923	2484.518	1367.075	2040.698	1478.146	393.634
CS4	3410.664	1518.992	2899.304	4969.008	2494.776	3595.536	2244.496	3169.728	2687.760	2300.008	1375.520	602.345
CS5	3380.069	2555.699	1135.894	5021.140	1907.438	3344.759	1753.083	2824.003	1937.370	2364.242	1897.610	846.809
CS6	3633.280	2875.485	1410.241	4896.863	3845.204	3492.726	2095.423	3129.223	2437.019	2748.717	2374.776	1437.514
CS7	3587.871	2795.731	1673.132	5030.678	2363.010	3511.582	2137.204	3050.970	2375.681	2618.107	2264.174	1363.616
CS8	3452.936	2675.675	1284.140	4818.266	2577.574	3326.085	1749.204	2925.024	2079.700	2569.347	2187.670	1034.180
CS9	2537.428	654.736	1123.775	5265.933	3334.443	2845.238	2053.276	1936.780	1569.371	1345.518	974.584	778.241

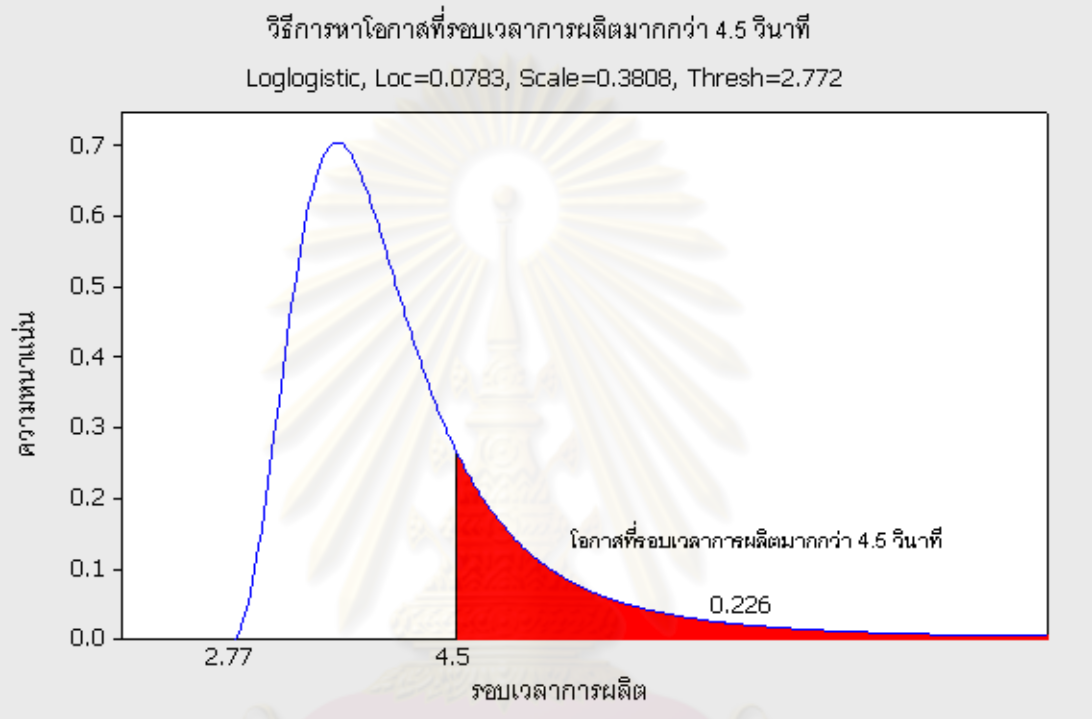
4.4.4 โอกาสที่รอบเวลาการผลิตเบี่ยงเบนไปจากเป้าหมาย

เมื่อทราบว่าการกระจายตัวของข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟแต่ละเครื่องมีความใกล้เคียงกับการกระจายแบบใดมากที่สุด ก็นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของแต่ละเครื่องจักรมาหาค่าพารามิเตอร์ของการกระจายแบบที่มีค่า AD น้อยที่สุด ตัวอย่างเช่นเครื่องจักร BDL มีค่า AD น้อยที่สุดที่การกระจายตัวแบบ 3 Parameter Loglogistic โดยการกระจายตัวแบบ 3 Parameter Loglogistic มี 3 พารามิเตอร์ด้วยกันคือ Loc, Scale และ Thresh ดังแสดงในรูปที่ 4.5 ซึ่งเป็นข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร BDL ที่นำมาพล็อตด้วยฮีสโทแกรมและทำการปรับให้เข้ากับการกระจายแบบ 3 Parameter Loglogistic ซึ่งจะได้พารามิเตอร์แบบการกระจายตัวแบบ 3 Parameter Loglogistic 3 ค่า คือ Loc = 0.0783, Scale = 0.3808 และ Thresh = 2.772



รูปที่ 4.5 การนำข้อมูลของเครื่องจักร BDLมาพล็อตฮีสโทแกรมและหาพารามิเตอร์การกระจาย

เมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัวของการกระจายแบบ Loglogistic แล้ว ก็นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าโอกาสที่รอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรมีค่ามากกว่าค่าเป้าหมายคือ 4.5 วินาที โดยใช้กราฟการกระจายตัวมาตรฐานแบบ Loglogistic มาหาโอกาสที่จะเกิดดังแสดงในรูปที่ 4.6 ซึ่งจะได้ข้อมูลทั้งหมดของทุกเครื่องจักรตามตารางที่ 4.3



รูปที่ 4.6 การหาโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมีค่ามากกว่าค่าเป้าหมาย 4.5 วินาที

ตารางที่ 4.3 เป็นการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทุกเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยเมื่อนำมาพล็อตด้วยกราฟฮิสโทแกรมและทำการปรับให้เข้ากับการกระจายแบบที่มีค่า AD น้อยที่สุดในแต่ละเครื่องจักร และการหาโอกาสที่รอบเวลาการผลิตของแต่ละเครื่องจักรมีโอกาสมากกว่าค่าเป้าหมายคือ 4.5 วินาที

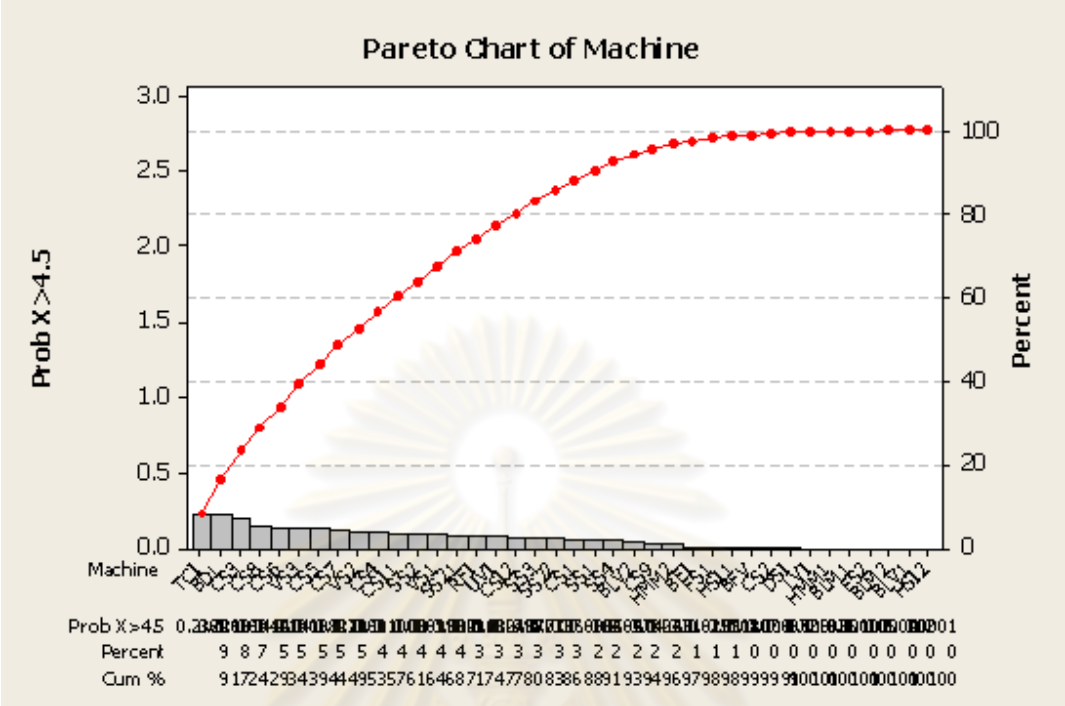
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าพารามิเตอร์และโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีของแต่ละเครื่องจักร

เครื่องจักร	รูปแบบการกระจายตัว	Loc	Scale	Thresh	Shape	X> 4.5
BDL	3 Parameter loglogistic	0.0738	0.3808	2.7720	-	22.60%
LVI	3 Parameter loglogistic	-1.3730	0.2648	3.3660	-	0.37%
VS1	3 Parameter loglogistic	-0.8798	0.4146	3.4650	-	9.93%
VS2	3 Parameter loglogistic	-1.1890	0.5524	3.5640	-	11.60%
BFI	3 Parameter loglogistic	0.0971	0.1423	2.5400	-	1.72%
BFV	3 Parameter loglogistic	0.7600	0.0791	1.4370	-	1.05%
DSI	3 Parameter loglogistic	0.9720	0.1016	1.1950	-	9.98%
CSI1	3 Parameter loglogistic	0.1177	0.4356	2.7680	-	16.10%
CSI2	3 Parameter lognormal	-1.3480	0.3014	3.3660	-	0.74%
SS1	3 Parameter loglogistic	-1.0690	0.3898	3.5640	-	6.65%
SS2	3 Parameter loglogistic	-1.0360	0.4406	3.5640	-	9.96%
SS3	3 Parameter loglogistic	-0.7852	0.3300	3.4650	-	7.70%
SS4	3 Parameter loglogistic	-0.8249	0.3056	3.4650	-	5.67%
BLM1	3 Parameter lognormal	-1.2800	0.7060	3.3660	-	2.33%
BLM2	3 Parameter loglogistic	-1.9400	0.2529	3.4650	-	0.04%
BLV1	3 Parameter loglogistic	-1.9380	0.2373	3.4650	-	0.02%
BLV2	3 Parameter loglogistic	-1.2250	0.4482	3.3660	-	4.68%
SS21	3 Parameter loglogistic	-1.0380	0.4273	3.5640	-	9.33%
SS22	3 Parameter loglogistic	-1.0920	0.4050	3.5640	-	7.36%

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าพารามิเตอร์และโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีของแต่ละเครื่องจักร (ต่อ)

เครื่องจักร	Distribution	Loc	Scale	Thresh	Shape	X> 4.5
HSI1	3 Parameter loglogistic	-1.6090	0.4850	2.7720	-	1.16%
HSI2	Loglogistic	1.0930	0.0414	-	-	5.00%
FS1	3 Parameter loglogistic	0.8069	0.0821	1.3410	-	1.51%
FS2	3 Parameter loglogistic	0.7461	0.0502	1.4390	-	0.06%
HMM1	3 Parameter loglogistic	-1.2730	0.3178	2.6730	-	0.27%
HMM2	3 Parameter gamma	-	0.4238	2.5740	1.1600	5.00%
UVI	3 Parameter loglogistic	-1.0600	0.4143	3.5640	-	8.29%
VS3	3 Parameter loglogistic	0.7328	0.1710	1.6790	-	14.40%
RFI	3 Parameter loglogistic	0.0270	0.3047	2.5540	-	10.90%
TCI	3 Parameter loglogistic	0.0672	0.3578	2.8700	-	23.50%
CS1	3 Parameter loglogistic	0.1966	0.0204	2.2190	-	6.83%
CS2	3 Parameter loglogistic	0.0645	0.2507	1.1310	-	1.01%
CS3	3 Parameter loglogistic	-0.6093	0.5204	3.3660	-	19.60%
CS4	3 Parameter loglogistic	0.5211	0.1443	1.6980	-	2.85%
CS5	3 Parameter loglogistic	-0.6198	0.4083	3.3660	-	13.90%
CS6	3 Parameter loglogistic	-0.7619	0.4412	3.4650	-	14.10%
CS7	3 Parameter loglogistic	-0.6174	0.3851	3.3660	-	12.70%
CS8	3 Parameter loglogistic	-0.8244	0.4845	3.4650	-	14.50%
CS9	3 Parameter loglogistic	0.5318	0.1555	1.7480	-	0.43%

เมื่อนำโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีของทุกเครื่องจักรมาทำการพล็อตด้วยพาเรโตชาร์ต (Pareto chart) ดังรูปที่ 4.7 จะพบว่าเครื่องจักรที่มีโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากว่า 4.5 วินาทีมากที่สุดคือเครื่อง TCI โดยมีโอกาสที่ 23.60% รองลงมาคือเครื่อง BDL โดยมีโอกาสที่ 22.60% และเครื่อง CS3โดยมีโอกาสที่ 19.60% ตามลำดับ

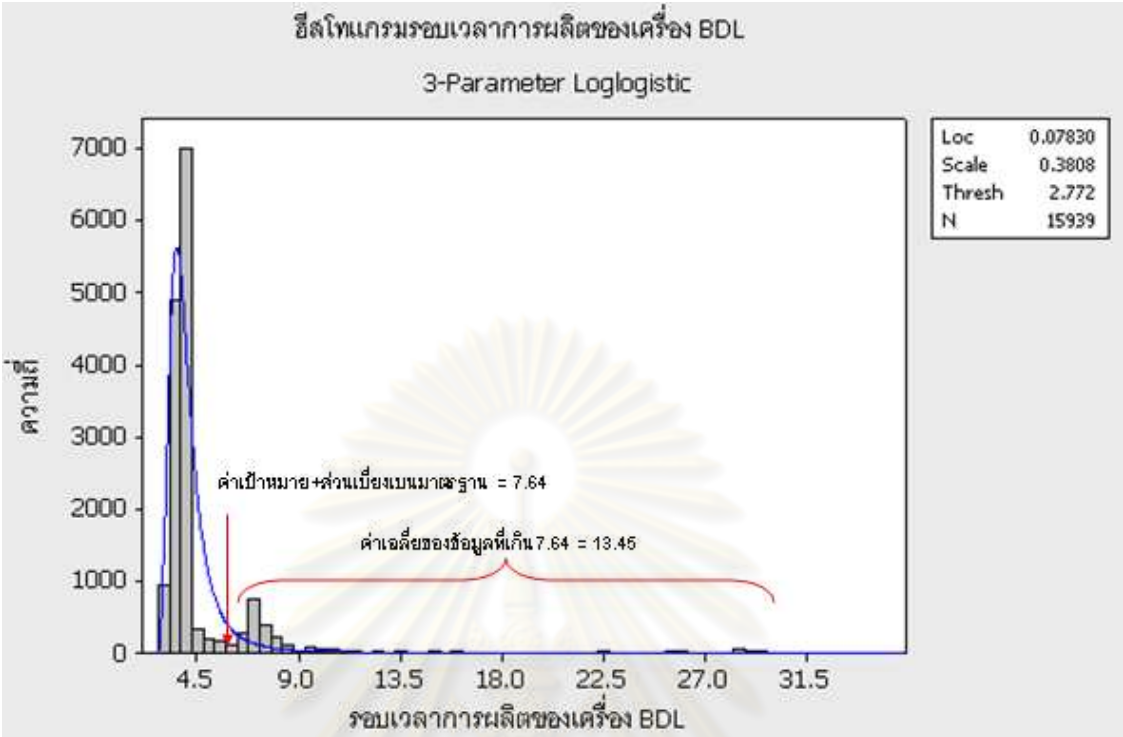


รูปที่ 4.7 พาเรโต (Pareto chart) เปรียบเทียบโอกาสที่รอบเวลาการผลิต
มากกว่า 4.5 วินาทีของเครื่องจักร

จากลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้ง 38 เครื่องจักรพบว่ามีการกระจายตัวของข้อมูลสองกลุ่มอยู่ด้วยกัน คือกลุ่มของรอบเวลาการผลิตปกติ และกลุ่มของรอบเวลาที่เกิดการทำงานที่ผิดปกติของเครื่องจักร เมื่อได้ทำการคัดแยกข้อมูลของรอบเวลาที่เกิดการทำงานที่ผิดปกติของเครื่องจักร โดยการนำข้อมูลที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมาย คือ 4.5 วินาที กับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเครื่องจักรนั้นๆ มาหาค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิต

โดยสามารถแสดงวิธีการคำนวณหาค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิต ของกลุ่มข้อมูลที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมาย คือ 4.5 วินาทีกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเครื่องจักรนั้นๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.8 โดยหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรนั้นๆ แล้วเลือกข้อมูลที่มีรอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมาย คือ 4.5 วินาทีกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเครื่องจักร แล้วนำข้อมูลกลุ่มนั้นมาหาค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิต

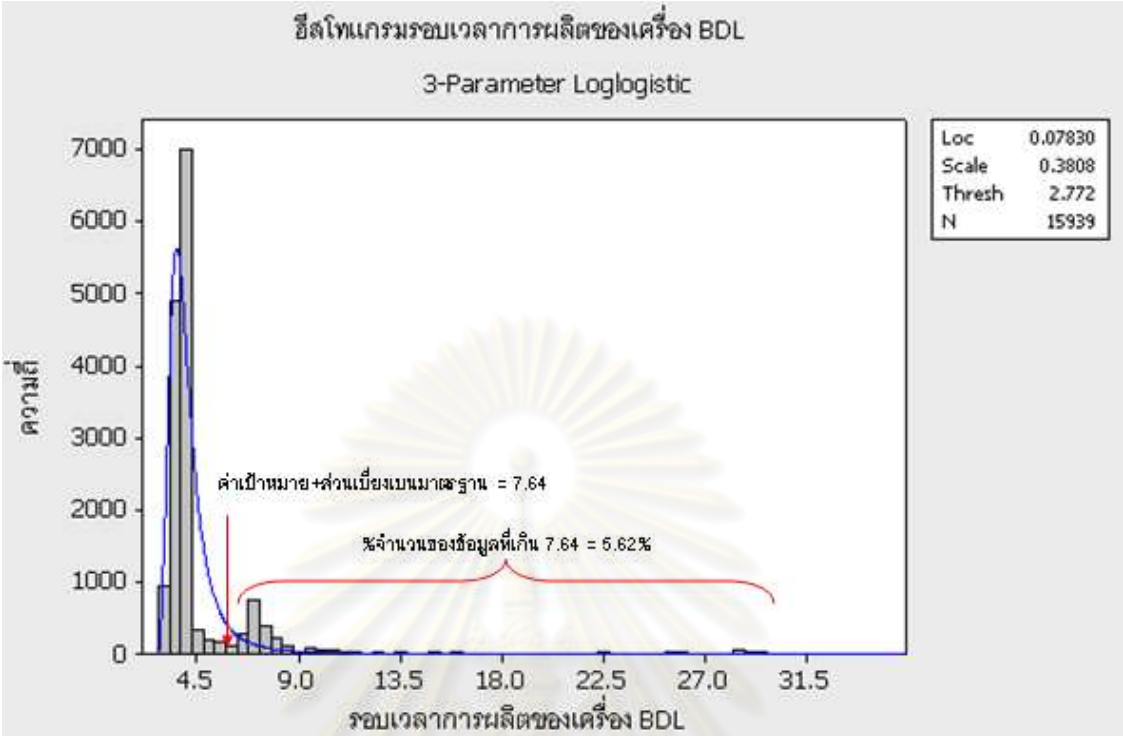
ซึ่งสามารถแสดงวิธีการคำนวณหาค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิต ของกลุ่มข้อมูลที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมายกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเครื่องจักร BDL ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แสดงวิธีการคำนวณหาค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิต ของกลุ่มข้อมูลที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมายกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเครื่องจักร

หลังจากที่คัดแยกข้อมูลของรอบเวลาที่เกิดการทำงานที่ผิดปกติของเครื่องจักร โดยการนำข้อมูลที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมาย คือ 4.5 วินาที กับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเครื่องจักรนั้นๆแล้ว นำจำนวนของข้อมูลชุดนั้นหารด้วยจำนวนของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด คือ 15,939 ก็จะได้เปอร์เซ็นต์จำนวนของข้อมูลที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมายกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเครื่องจักรนั้นๆ

ซึ่งสามารถแสดงวิธีการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์จำนวนของข้อมูลที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมายกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเครื่องจักร BDL ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 แสดงวิธีการคำนวณเปอร์เซ็นต์จำนวนของข้อมูลที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมายกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเครื่องจักร

โดยสามารถสรุปค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิตของกลุ่มข้อมูล ที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมายกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเครื่องจักร เปอร์เซ็นต์จำนวนของข้อมูลที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมายกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเครื่องจักร และโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาที ของทั้ง 38 เครื่องจักรดังแสดงในตารางที่ 4.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิตของข้อมูล ทีมีรอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมายคือ 4.5 วินาทีกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เครื่องจักร	ค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิต	ค่าเป้าหมายรอบเวลาการผลิตของสายการประกอบ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเป้าหมาย+ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่เกินค่าเป้าหมาย+ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	%ของจำนวนข้อมูลที่มาค่ามากกว่าค่าเป้าหมาย+ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	โอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาที	ลำดับการปรับปรุง
BDL	4.65	4.50	3.14	7.64	13.45	5.62%	22.60%	2
LVI	3.94	4.50	1.62	6.12	0.22	0.12%	0.37%	34
VS1	4.60	4.50	2.86	7.36	5.87	3.14%	9.93%	14
VS2	4.75	4.50	3.28	7.78	6.84	3.68%	11.60%	10
BFI	4.02	4.50	2.35	6.85	1.01	0.52%	1.72%	27
BFV	3.87	4.50	2.02	6.52	0.62	0.35%	1.05%	30
DSI	4.29	4.50	3.25	7.75	5.84	3.41%	9.98%	12
CSI1	4.10	4.50	1.44	5.94	9.39	5.01%	16.10%	4
CSI2	4.06	4.50	1.25	5.75	0.43	0.21%	0.74%	32
SS1	4.24	4.50	1.71	6.21	3.85	2.02%	6.65%	20
SS2	4.38	4.50	2.14	6.64	5.76	3.21%	9.96%	13
SS3	4.22	4.50	1.25	5.75	4.44	2.51%	7.70%	17
SS4	4.25	4.50	1.79	6.29	3.26	1.89%	5.67%	21
BLM1	3.87	4.50	1.40	5.90	1.34	0.81%	2.33%	26
BLM2	3.83	4.50	1.25	5.75	0.02	0.01%	0.04%	37
BLV1	3.79	4.50	0.91	5.41	0.01	0.01%	0.02%	38
BLV2	4.23	4.50	2.20	6.70	2.66	1.23%	4.68%	24
SS21	4.35	4.50	2.07	6.57	5.29	2.99%	9.33%	15
SS22	4.28	4.50	1.66	6.16	4.16	2.41%	7.36%	18

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิตของข้อมูล ทีมีรอบเวลาการผลิตมากกว่าผลรวมของค่าเป้าหมายคือ 4.5 วินาทีกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ต่อ)

เครื่องจักร	ค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิต	ค่าเป้าหมายรอบเวลาการผลิตของสายการประกอบ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเป้าหมาย+ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่เกินค่าเป้าหมาย+ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	%ของจำนวนข้อมูลที่มาค่ามากกว่าค่าเป้าหมาย+ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	โอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาที	ลำดับการปรับปรุง
HSI1	3.31	4.50	1.05	5.55	0.65	0.43%	1.16%	29
HSI2	3.06	4.50	0.67	5.17	2.81	1.65%	5.00%	22
FS1	3.87	4.50	1.74	6.24	0.85	0.50%	1.51%	28
FS2	3.72	4.50	1.31	5.81	0.03	0.02%	0.06%	36
HMM1	3.13	4.50	1.05	5.55	0.15	0.10%	0.27%	35
HMM2	3.07	4.50	0.77	5.27	2.78	1.52%	5.00%	23
UVI	4.27	4.50	1.56	6.06	4.59	2.78%	8.29%	16
VS3	4.24	4.50	2.25	6.75	7.95	4.72%	14.40%	6
RFI	3.95	4.50	2.10	6.60	6.00	3.52%	10.90%	11
TCI	4.55	4.50	2.59	7.09	13.90	6.28%	23.50%	1
CS1	3.71	4.50	1.32	5.82	3.95	2.21%	6.83%	19
CS2	2.43	4.50	1.14	5.64	0.58	0.31%	1.01%	31
CS3	4.60	4.50	2.70	7.20	11.26	5.49%	19.60%	3
CS4	3.62	4.50	1.30	5.80	1.63	0.98%	2.85%	25
CS5	4.44	4.50	2.22	6.72	7.94	4.01%	13.90%	8
CS6	4.61	4.50	2.77	7.27	8.03	4.41%	14.10%	7
CS7	4.49	4.50	2.46	6.96	7.21	3.78%	12.70%	9
CS8	4.57	4.50	2.58	7.08	8.21	4.88%	14.50%	5
CS9	3.70	4.50	1.20	5.70	0.24	0.15%	0.43%	33

จากตารางที่ 4.4 พบว่าค่าเฉลี่ยรอบเวลาการผลิต ของกลุ่มข้อมูลรอบเวลาการผลิตมากกว่า ผลรวมของค่าเป้าหมาย คือ 4.5 วินาที กับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเครื่องจักรจะเป็นลำดับเดียวกันกับ %ของจำนวนข้อมูลที่มาค่ามากกว่าค่าเฉลี่ย+ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาที ดังนั้น การเลือกที่จะทำการศึกษาเพื่อลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีทั้งหมด 38 เครื่อง ผู้วิจัยจะเลือกทำการศึกษาเครื่องที่มีความแปรปรวนมากที่สุด หรือเครื่องที่มีโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีมากที่สุดลำดับแรกก่อนซึ่งก็คือเครื่อง TCI เพื่อที่จะส่งผลต่อความแปรปรวนของทั้งสายการประกอบมากที่สุด

4.5 การวิเคราะห์การไหลของกระบวนการผลิต

การวิเคราะห์กระบวนการผลิตเป็นงานขั้นตอนแรกที่สำคัญของการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพราะผลจากการตรวจวิเคราะห์จะทำให้สามารถทราบสาเหตุที่แท้จริงของความบกพร่องที่มีผลจริง ๆ ต่อคุณภาพของกระบวนการผลิต เพราะการสรุปที่มองข้ามสาเหตุที่ถูกซ่อนเร้นและสาเหตุที่ไม่ใช่สาเหตุที่แท้จริงของปัญหาแล้วทำการแก้ไขไปทันที อาจจะได้ผลเพียงระยะสั้น แต่ในที่สุดก็จะเกิดปัญหาขึ้นมาอีกซึ่งอาจจะมีผลกระทบรุนแรงกว่าก็เป็นไปได้

การค้นหาหรือตรวจพิเคราะห์เพื่อหาจุดบกพร่องของกระบวนการผลิตอันเป็นสาเหตุของความบกพร่องของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นมานั้น กระทำได้หลายวิธีเช่น การระดมความคิดจากผู้มีประสบการณ์หรือจากพนักงานที่ปฏิบัติหน้าที่นั้น โดยการทดลอง การตั้งสมมติฐาน หรือโดยการป้อนข้อมูลทางสถิติที่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างถูกวิธีและมีปริมาณข้อมูลที่เพียงพอ

การวิเคราะห์กระบวนการผลิตอย่างละเอียดสามารถทำให้เข้าใจกระบวนการและวิเคราะห์สาเหตุอย่างแท้จริงได้ เนื่องจากบางครั้งกระบวนการที่ซ้อนเร้นอยู่ (Hidden Factory) อาจเป็นสาเหตุสำคัญก่อให้เกิดปัญหาซึ่งมิควรจะละเลย

4.5.1 การวิเคราะห์การไหลของกระบวนการผลิตโดยรวม (Macro process mapping)

การวิเคราะห์การไหลของกระบวนการผลิตโดยรวมคือการเข้าใจกระบวนการผลิตทั้งหมดเพื่อเป็นการเห็นความสัมพันธ์ของทั้งกระบวนการผลิต วัตถุดิบ วิธีการ และการทำงานของทั้งสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟโดยจะอธิบายเป็นการทำงานของแต่ละเครื่องจักร

1. เครื่อง BDL คือเครื่องที่ทำหน้าที่หยิบฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Basedeck) จากอุปกรณ์ใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมาวางบนสายพานลำเลียงเพื่อเคลื่อนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไปประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ

2. เครื่อง LVI คือเครื่องที่ทำหน้าที่หยิบตัวเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กด้านล่าง (Lower voice coil magnet) จากอุปกรณ์ใส่ที่ทำจากพลาสติกมาวางบนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ตรงตำแน่งที่มีการตั้งค่าไว้

3. เครื่อง VS1 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดตัวเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กด้านล่างกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่ตำแหน่งที่ 1

4. เครื่อง VS2 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดตัวเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กด้านล่างกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่ตำแหน่งที่ 2

5. เครื่อง BFI คือเครื่องที่ทำหน้าที่หยิบตัวระบายความชื้น (Breather filter) จากอุปกรณ์ใส่ที่ทำจากพลาสติกมาวางบนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ตรงตำแน่งที่มีการตั้งค่าไว้

6. เครื่อง BFV คือเครื่องตรวจวัดตำแหน่งของตัวระบายความชื้นที่ติดตั้งเข้าไปว่าตำแหน่งมีความคลาดเคลื่อนหรือไม่ โดยใช้ระบบกล้องถ่ายภาพ

7. เครื่อง DSI คือเครื่องทีทำหน้าที่หยิบแผ่นบันทึกข้อมูล สเปเซอร์ และ เซปาเรเตอร์จากอุปกรณ์ใส่ที่ทำจากพลาสติกและสแตนเลสมาวางบนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ตรงตำแน่งที่มีการตั้งค่าไว้

8. เครื่อง CSI1 คือเครื่องทีทำหน้าที่หยิบแคลมป์จากอุปกรณ์ใส่ที่ทำจากสแตนเลสมาวางบนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ตรงตำแน่งที่มีการตั้งค่าไว้

9. เครื่อง CSI2 คือเครื่องทีทำหน้าที่หยิบแคลมป์จากอุปกรณ์ใส่ที่ทำจากสแตนเลสมาวางบนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ตรงตำแน่งที่มีการตั้งค่าไว้

10. เครื่อง SS1 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดเซปาเรเตอร์กับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่ตำแหน่งที่ 1

11. เครื่อง SS2 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดเซปาเรเตอร์กับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่ตำแหน่งที่ 2

12. เครื่อง SS3 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดเซปาเรเตอร์กับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่ตำแหน่งที่ 3

13. เครื่อง SS4 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดเซปาเรเตอร์กับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่ตำแหน่งที่ 4

14. เครื่อง BLM1 คือเครื่องที่ทำหน้าที่วัดระนาบจานแม่เหล็กว่าได้ระนาบตามที่ต้องการหรือไม่พร้อมทั้งใส่วงแหวนถ่วงน้ำหนัก (Balance ring) เพื่อปรับระนาบให้ได้ตามข้อกำหนด

15. เครื่อง BLM2 คือเครื่องที่ทำหน้าที่วัดระนาบจานแม่เหล็กว่าได้ระนาบตามที่ต้องการหรือไม่พร้อมทั้งใส่วงแหวนถ่วงน้ำหนัก (Balance ring) เพื่อปรับระนาบให้ได้ตามข้อกำหนด

16. เครื่อง BLV1 คือเครื่องที่ทำหน้าที่วัดระนาบจานแม่เหล็กว่าได้ระนาบหลังจากทำการถ่วงด้วยวงแหวนถ่วงน้ำหนักหรือไม่

17. เครื่อง BLV2 คือเครื่องที่ทำหน้าที่วัดระนาบจานแม่เหล็กว่าได้ระนาบหลังจากทำการถ่วงด้วยวงแหวนถ่วงน้ำหนักหรือไม่

18. เครื่อง SS21 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดเซปาเรเตอร์กับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่ตำแหน่งที่ 5

19. เครื่อง SS21 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดเซปาเรเตอร์กับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่ตำแหน่งที่ 6

20. เครื่อง HSI1 คือเครื่องทีทำหน้าที่หยิบหัวอ่านหัวเขียนจากอุปกรณ์ใส่ที่ทำจากพลาสติกมาวางบนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ตรงตำแน่งที่มีการตั้งค่าไว้

21. เครื่อง HSI2 คือเครื่องทีทำหน้าที่หยิบหัวอ่านหัวเขียนจากอุปกรณ์ใส่ที่ทำจากพลาสติกมาวางบนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ตรงตำแน่งที่มีการตั้งค่าไว้

22. เครื่อง FS1 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดแผงวงจรของตัวหัวอ่านหัวเขียนกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่ตำแหน่งที่ 1

23. เครื่อง FS2 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดแผงวงจรของตัวหัวอ่านหัวเขียนกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่ตำแหน่งที่ 2

24. เครื่อง HMM1 คือเครื่องผลักตัวบันทึกและอ่านข้อมูลให้อยู่บนจานแม่เหล็กเพื่อที่จะอยู่ในตำแหน่งที่สามารถอ่านและเขียนได้

25. เครื่อง HMM2 คือเครื่องผลักตัวบันทึกและอ่านข้อมูลให้อยู่บนจานแม่เหล็กเพื่อที่จะอยู่ในตำแหน่งที่สามารถอ่านและเขียนได้

26. เครื่อง UVI คือเครื่องที่ทำหน้าที่หยิบตัวเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กด้านล่าง (Upper voice coil magnet) จากอุปกรณ์ใส่ที่ทำจากพลาสติกมาวางบนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ตรงตำแน่งที่มีการตั้งค่าไว้

27. เครื่อง VS3 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดตัวเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กด้านบนกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

28. เครื่อง RFI คือเครื่องที่ทำหน้าที่หยิบตัวกรองฝุ่น (Recirculating filter) จากอุปกรณ์ใส่ที่ทำจากพลาสติกมาวางบนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ตรงตำแน่งที่มีการตั้งค่าไว้

29. เครื่อง TCI คือเครื่องที่ทำหน้าที่หยิบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Topcover) จากอุปกรณ์ใส่ที่ทำจากพลาสติกและแตนเลสมาวางบนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ตรงตำแน่งที่มีการตั้งค่าไว้

30. เครื่อง CS1 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตำแหน่งที่1

31. เครื่อง CS2 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตำแหน่งที่2

32. เครื่อง CS3 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตำแหน่งที่3

33. เครื่อง CS4 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตำแหน่งที่4

34. เครื่อง CS5 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตำแหน่งที่5

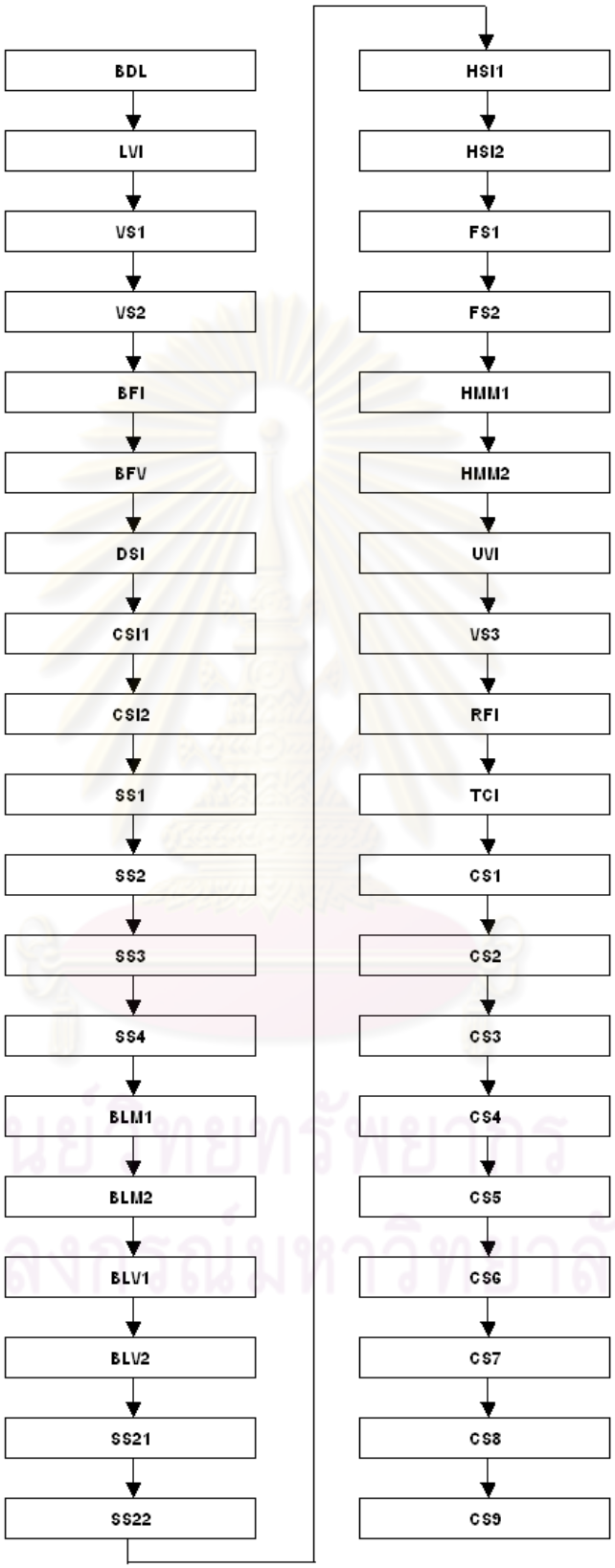
35. เครื่อง CS6 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตำแหน่งที่6

36. เครื่อง CS7 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตำแหน่งที่7

37. เครื่อง CS8 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตำแหน่งที่8

38. เครื่อง CS9 คือเครื่องที่ทำหน้าที่ลำเลียงสกรูจากที่เก็บและขันสกรูเพื่อยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตำแหน่งที่9

โดยสามารถเขียนแผนภาพกระบวนการผลิตทั้งหมดดังแสดงในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แสดงแผนภาพการวิเคราะห์การไหลของกระบวนการผลิต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5.2 การวิเคราะห์การไหลของกระบวนการผลิตโดยละเอียด (Micro process mapping)

การวิเคราะห์การไหลของกระบวนการผลิตโดยละเอียดจะทำการตรวจวิเคราะห์ทุกขั้นตอนของการประกอบชิ้นงานเพื่อสามารถเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์หาสาเหตุที่มีโอกาสจะก่อให้เกิดปัญหา เนื่องจากปัญหาเหล่านั้นอาจถูกมองข้ามหรือซ่อนเร้นได้ โดยปัญหาเหล่านั้นอาจจะเป็นสิ่งที่แอบซ่อนโดยที่ไม่ได้นำมาแก้ไข เพราะอาจจะเป็นสิ่งที่ปฏิบัติกันอย่างต่อเนื่องและมองข้ามปัญหาเหล่านั้นไป

การวิเคราะห์การไหลโดยละเอียดจะทำการวิเคราะห์ที่กระบวนการที่เลือกจะปรับปรุงคือกระบวนการประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟโดยสามารถอธิบายขั้นตอนการทำงานของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (TCI) ได้ดังนี้

1. ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะถูกนำออกจากถุงบรรจุและนำมาวางเรียงใส่ตะกร้าสำหรับเข้าเครื่องล้างชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยที่สามารถใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้ 30 ชิ้นต่อ 1 ตะกร้า

2. ตะกร้าที่บรรจุฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะถูกนำมาใส่เข้าเครื่องล้างเพื่อทำความสะอาดชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยจะมีการล้างด้วยน้ำบริสุทธิ์และอบให้แห้ง

3. ตะกร้าที่บรรจุฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะถูกเคลื่อนย้ายมายังหน้าเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ แล้วทำการวางตะกร้าลงบนตำแหน่งป้อนงานเข้าเครื่อง

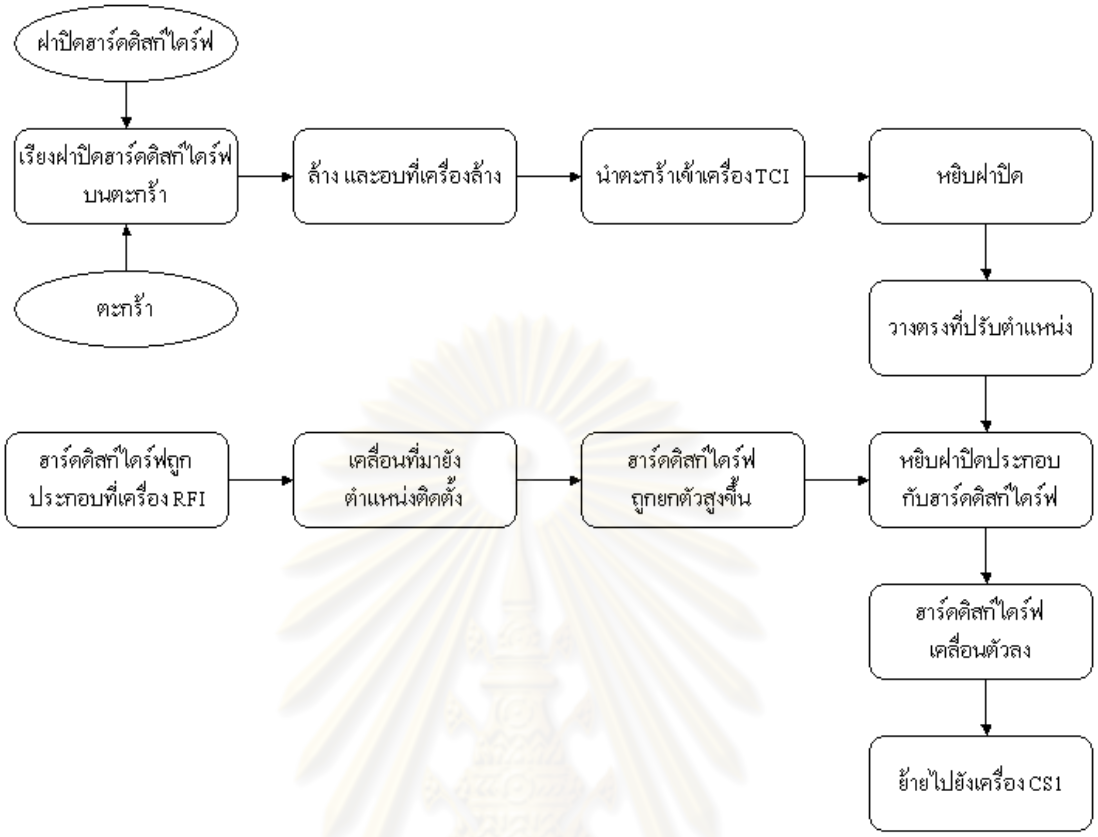
4. แขนกลตัวที่1 จะจับฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากตะกร้าที่ละชิ้นมาวางตรงตำแหน่งปรับระยะ

5. ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะเคลื่อนที่มายังตำแหน่งติดตั้งฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟและถูกยกขึ้นยังตำแหน่งที่ตั้งค่าไว้

6. แขนกลตัวที่2 จะจับฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากตำแหน่งปรับระยะมาวางบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

7. ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะเคลื่อนที่ลงบนสายพานลำเลียงและเคลื่อนที่ไปยังสถานีงานต่อไป

โดยสามารถแสดงแผนภาพการทำงานอย่างละเอียดของเครื่อง TCI ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 แสดงแผนภาพการวิเคราะห์การไหลอย่างละเอียดของเครื่อง TCI

4.6 การวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยผังแสดงเหตุและผล

ผังแสดงเหตุและผลเป็นผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของเป้าหมายที่ต้องการทำการปรับปรุง กับปัจจัยต่าง ๆ ในการระบุหาสาเหตุของปัญหา ต้องกระทำโดยวิธีการระดมสมองจากกลุ่มคนที่มีความเชี่ยวชาญหรือคุ้นเคยในกระบวนการผลิตนั้น ๆ เพราะการละเว้นหรือมองข้ามปัจจัยบางอย่างอาจจะทำให้แก้ปัญหาผิดจุดได้ สาเหตุที่ระบุได้จากผังแสดงเหตุและผลจะเป็นการกำหนดปัจจัย เพื่อที่จะทำการวิเคราะห์ด้วยหลักทางสถิติต่อไป

เมื่อพิจารณาถึงหลักการของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ จะพบว่ามีหลายปัจจัยที่มีโอกาสมีผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร ซึ่งรายละเอียดของผังแสดงเหตุและผลของการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ได้ดังนี้

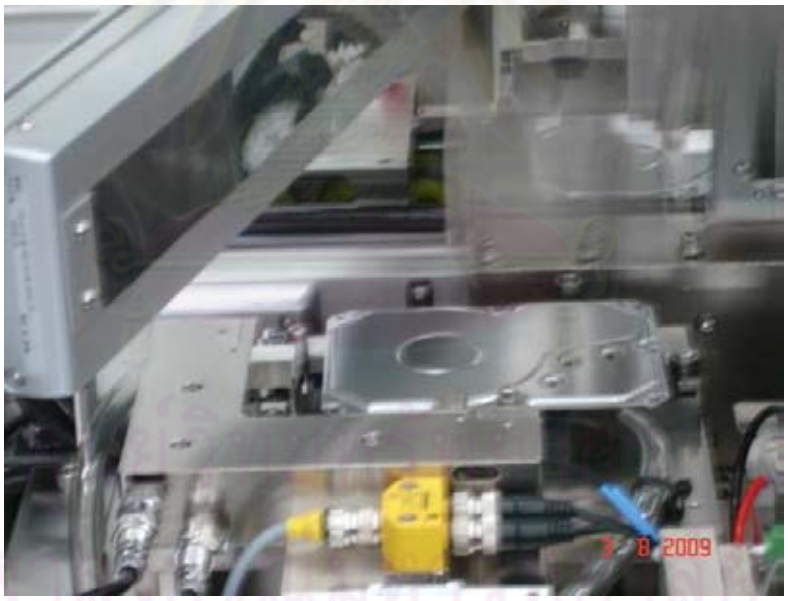
4.6.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมาจากเครื่องจักร

4.6.1.1 การตั้งค่าการทำงานของระบบแขนกลตัวที่1

ระบบแขนกลที่ทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายฝาใสฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากตะกร้ามายังตำแหน่งปรับระยะ เนื่องจากตะกร้าวางฝาปิดมีตำแหน่งที่วางฝาปิดทั้ง 30ชิ้น ที่แตกต่างกัน ซึ่งแต่ละตำแหน่งจะต้องตั้งค่าการเคลื่อนที่ของแขนกลมาหยิบที่แตกต่างกัน การตั้งค่าระยะการเคลื่อนที่ที่ไม่เหมาะสมย่อมส่งผลต่อการหยิบฝาปิดที่ผิดพลาด ซึ่งทำให้ฝาปิดหล่นแล้วต้องมีการเริ่มต้นการทำงานใหม่ ย่อมส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตของรอบการผลิตนั้น ๆ

4.6.1.2 การตั้งค่าที่ปรับตำแหน่งฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก่อนที่จะถูกหยิบด้วยแขนกลตัวที่สองไปประกอบจะต้องถูกวางที่ตำแหน่งปรับระยะก่อน เพื่อให้แขนกลตัวที่สองหยิบได้ตรงตามระยะที่จะไปวางลงบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ การปรับแต่งที่ปรับระยะของฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟดังแสดงในรูปที่ 4.12 ที่ไม่เหมาะสม ย่อมส่งผลต่อการวางฝาปิดกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ไม่เหมาะสมหรือผิดพลาดได้



รูปที่ 4.12 แสดงที่ปรับตำแหน่งของฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

4.6.1.3 การตั้งค่าการทำงานของระบบแขนกลตัวที่2

แขนกลตัวที่สองทำหน้าที่ในการหยิบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากตำแหน่งปรับระยะมาวางบนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะเคลื่อนที่มาบนสายพานลำเลียง ดังนั้น

การปรับตั้งตำแหน่งและระยะการเคลื่อนที่ที่ไม่เหมาะสมย่อมส่งผลต่อความผิดพลาดในการหยิบจับและการวางฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

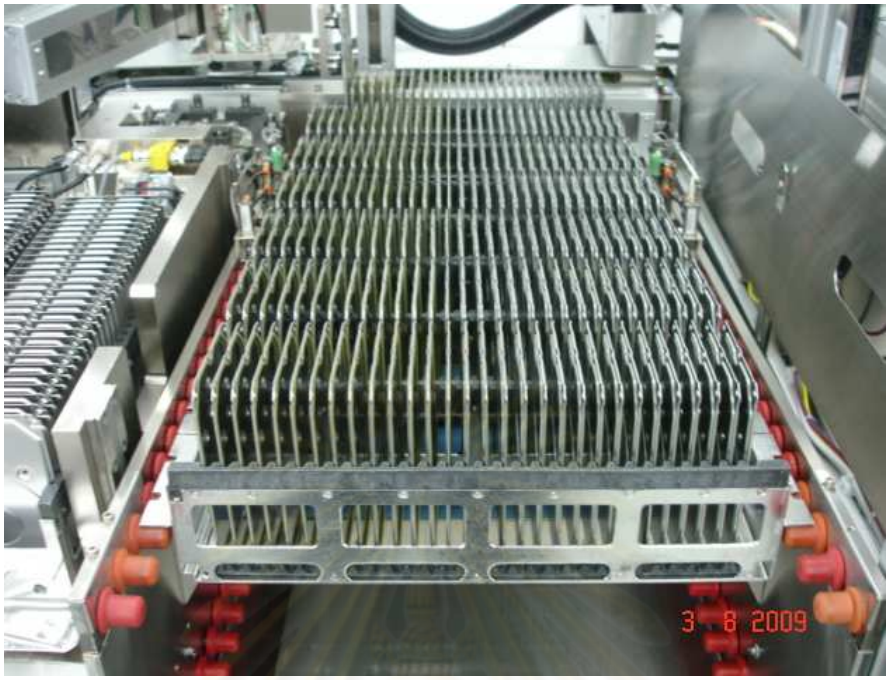
4.6.1.4 การตั้งค่าตำแหน่งหยุดและยกฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทีทำการประกอบชิ้นส่วนจากเครื่อง RFI แล้ว ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะเคลื่อนที่มาบนสายพานลำเลียงและเข้ามายังตำแหน่งพร้อมทำงาน เมื่องานตัวก่อนหน้าทำงานเสร็จ ชิ้นงานก็จะเคลื่อนที่มายังตำแหน่งทำงาน และจะถูกยกขึ้นเพื่อประกอบฝาปิด และเมื่อประกอบเสร็จก็จะถูกยกลงและเคลื่อนที่ไปยังเครื่องจักรถัดไป การปรับตั้งตำแหน่งหยุดดังแสดงในรูปที่ 4.13 ยกขึ้น และยกลง ย่อมมีผลต่อการประกบฝาปิดกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

รูปที่ 4.13 แสดงตำแหน่งยกขึ้น ลง ของฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเพื่อประกอบกับฝาปิด

4.6.1.5 การตั้งค่าระบบการเคลื่อนย้ายตะกร้าใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ฝาปิดที่อยู่บนตะกร้าจะถูกลำเลียงเข้าเครื่องจักรเพื่อทำการประกอบ ดังแสดงในรูปที่ 4.14 โดยเครื่องจะทำการหยิบจากตะกร้าทีละใบจนครบ 30 ฝาปิด แล้วก็จะทำการเปลี่ยนตะกร้าใหม่โดยกลับตะกร้าที่หมดลงด้านล่าง แล้วตะกร้าถัดไปก็จะเข้ามายังตำแหน่งทำงานแทน การตั้งระยะและทิศทางของตะกร้าย่อมส่งผลต่อความผิดพลาดของการหยิบของแขนกลตัวที่ 1 ต่อฝาปิดเช่นกัน



รูปที่ 4.14 แสดงระบบการลำเลียงตะกร้าฝาปิด

4.6.1.6 ความผิดพลาดของการทำงานของโปรแกรมของเครื่องจักร

การประมวลผลของโปรแกรมที่ผิดพลาดหรือไม่สามารถประมวลผลได้ ย่อยต้องมีการเริ่มประมวลผลใหม่ทำให้การทำงานของเครื่องจักรต้องเสียเวลามากขึ้น

4.6.1.7 ส่วนประกอบของเครื่องจักรที่เป็นส่วนประกอบในการเคลื่อนที่ของเครื่องจักร

การเคลื่อนที่ของเครื่องปรกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟต้องทำใน 3 แกนคือ X, Y และ Z โดยการเคลื่อนที่จะมี 2 ระบบคือการเคลื่อนที่ด้วยมอเตอร์และการเคลื่อนที่ด้วยกระบอกสูบ ซึ่งความแม่นยำและความคงที่ของการเคลื่อนที่ด้วยมอเตอร์จะมีมากกว่า ส่วนการเคลื่อนที่ด้วยกระบอกสูบอาจจะมีความผันแปรของกระบวนการจากการต่อระบบลม ความแรงลม ซึ่งจะส่งผมต่อรอบเวลาการชักเข้าออก ของกระบอกสูบ ซึ่งจะส่งผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของของเครื่องจักรได้เช่นกัน

4.6.1.8 ส่วนประกอบของเครื่องจักรที่เป็นส่วนประกอบในการจับชิ้นงาน

ระบบหยิบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะใช้ยางสัมผัสกับฝาปิดดังแสดงในรูปที่ 4.15 แล้วทำการดูดลมออกเพื่อให้เกิดเป็นสุญญากาศ ทำให้สามารถยกฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขึ้นมาได้ และเมื่อต้องการวาง ก็เพียงแต่ปล่อยให้อากาศไหลเข้าไปเพื่อหยุดการเกิดระบบสุญญากาศ ทำให้สามารถวาง

ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟลงได้ ยางที่ใช้สัมผัสกับฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก็จะมีอายุการใช้งาน ซึ่งสภาพของยางก็มีผลต่อการทำงานของระบบการหยิบจับ เช่น ถ้ายางคุณภาพไม่ดีก็จะเกิดการผิดพลาดในการหยิบจับและส่งผลต่อรอบเวลาการทำงานของเครื่องจักรได้เช่นกัน

รูปที่ 4.15 ระบบการหยิบจับฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

4.6.1.9 สายพานลำเลียงฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ระบบการลำเลียงฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากเครื่องจักรหนึ่งไปยังอีกเครื่องจักรหนึ่ง จะใช้ระบบสายพานลำเลียง โดยสายพานจะทำมาจากพลาสติกแข็งหุ้มด้วยพลาสติกอ่อนดังรูปที่ 4.16 เพื่อลดแรงกระแทกที่อาจจะเกิดขึ้นกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ความเร็วรอบของการหมุนของสายพานลำเลียงหรือความฝืดของพลาสติกที่สัมผัสกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก็มีส่วนต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรเช่นกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.16 สายพานลำเลียงของสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

4.6.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมาจากวิธีการทำงาน

4.6.2.1 การหยิบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ต่างตำแหน่งกัน

เนื่องจากฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟถูกวางใส่ตะกร้าเพื่อล้างชิ้นงานก่อนเข้าเครื่องจักร โดยสามารถใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้ 30 ชิ้นต่อ 1 ตะกร้า ดังรูปที่ 4.17 ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะถูกป้อนเข้าเครื่องจักรในขณะที่อยู่ในตะกร้า แขนกลตัวที่ 1 จะทำการหยิบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ละชิ้นเพื่อไปประกอบ เนื่องจากตำแหน่งของฝาปิดตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ 30 มีระยะต่างกัน ทำให้ระยะการเคลื่อนที่ของแขนกลมีระยะที่ต่างกัน ซึ่งจะส่งผลต่อความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในแต่ละรอบ

รูปที่ 4.17 การวางฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟบนตะกร้า

4.6.2.2 การเปลี่ยนตะกร้าเมื่อฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟหมดตะกร้า

เนื่องจากสามารถใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้ 30 ชิ้นต่อตะกร้าทำให้เมื่อเวลาฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟหมดตะกร้า เครื่องจักรจะต้องทำการเปลี่ยนตะกร้าใหม่ ซึ่งรอบเวลาการผลิตของชิ้นงานที่ต้องมีการเปลี่ยนตะกร้าด้วยอาจจะมีผลต่อรอบเวลาการผลิตที่เพิ่มขึ้น ทำให้ส่งผลกระทบต่อความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร

4.6.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมาจากสภาพแวดล้อม

4.6.3.1ระบบลมที่ใช้ในเครื่องจักร

เครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟต้องอาศัยแรงลมในการเคลื่อนที่และการหยิบจับฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมาประกอบ ความไม่สม่ำเสมอของระบบลมที่จ่ายให้เครื่องจักรทำให้การทำงานของเครื่องจักรทั้งระบบการเคลื่อนที่ ระบบการหยิบจับมีโอกาสผิดพลาดหรือมีโอกาสทำให้เวลาการทำงานของเครื่องจักรมีความแปรปรวนเกิดขึ้นได้ โดยระบบลมที่ใช้ในเครื่องจักรจะเป็นระบบลมจากศูนย์กลางซึ่งปล่อยมาให้แต่ละสายงานการประกอบในห้องสะอาดและจะถูกแยกออกมาในแต่ละสายงานการประกอบ แล้วจึงถูกแยกออกมาในแต่ละเครื่องจักรอีกทีหนึ่ง

4.6.3.2 ระบบไฟที่ใช้ในเครื่องจักร

เครื่องจักรต้องใช้ไฟฟ้าเพื่อเป็นตัวขับเคลื่อนการเคลื่อนที่ของระบบแขนกลและระบบหยิบจับฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ อีกทั้งยังมีผลกับระบบการกำหนดระยะเคลื่อนที่และการกำหนดตำแหน่ง ระบบการจ่ายไฟที่อาจจะมีความไม่สม่ำเสมอเกิดขึ้นย่อมส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องจักรได้เช่นกัน

4.6.3.3 การสั่นสะเทือนของเครื่องจักร

ในการผลิตในห้องสะอาด ห้องสะอาดหนึ่ง ๆ จะบรรจุสายการประกอบและแยกชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟประมาณ 18 สายงาน โดยแต่ละสายงานจะมีจำนวนเครื่องจักรในการทำงานประมาณ 30 ถึง 40 เครื่อง และยังมีการขนส่งส่วนประกอบที่ต้องทำการขนย้ายโดยพนักงาน ซึ่งย่อมก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนเกิดขึ้นได้บนพื้นการของห้องสะอาด การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นย่อมมีผลกระทบกับการประกอบชิ้นส่วนที่ต้องอาศัยความละเอียดสูงในการประกอบ ซึ่งการสั่นสะเทือนก็อาจจะเป็นสาเหตุหนึ่งของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรเช่นกัน

4.6.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมาจากพนักงานผู้ปฏิบัติงาน

4.6.4.1 ความชำนาญของผู้ปฏิบัติงานประจำเครื่องจักร

พนักงานที่มีหน้าที่ดูแลเครื่องจักรจะต้องทำการใส่ตะกร้าที่บรรจุฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าไปในเครื่องเมื่อฝาปิดถูกหยิบไปประกอบจนเกือบหมด การวางตะกร้าของพนักงานที่ไม่ได้ระยะตามที่กำหนดก็ส่งผลต่อการหยิบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไปประกอบได้เช่นกัน อีกทั้งเมื่อเครื่องจักรเกิดการขัดข้องเล็กน้อยซึ่งต้องอาศัยการทำงานของพนักงานเข้าไปแก้ไข ความชำนาญและความรวดเร็วในการแก้ไขก็ส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตด้วยเช่นกัน

4.6.4.2 การบังระบบความปลอดภัยของเครื่องจักร

เนื่องจากเครื่องจักรถูกออกแบบให้มีระบบรักษาความปลอดภัย เพื่อป้องกันมิให้พนักงานยื่นอวัยวะเข้าไปในตัวเครื่องขณะที่เครื่องทำงานอยู่เพื่อป้องกันมิให้เกิดอุบัติเหตุและอันตรายต่อตัวพนักงาน แต่ก็มีบางกรณีที่พนักงานมักปิดบังระบบเซนเซอร์ของเครื่องทำให้เครื่องต้องมีการหยุดทำงานกลางคันและต้องเริ่มทำงานใหม่ ทำให้รอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรมีค่าสูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อความแปรปรวนที่เพิ่มขึ้นด้วย

4.6.5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมาจากวัตถุดิบ

4.6.5.1 แหล่งผู้ผลิตฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของผลิตภัณฑ์รุ่นนี้ จะถูกสั่งซื้อกับผู้ผลิตทั้งหมดสามที่ ซึ่งกระบวนการผลิตของทั้งสามที่อาจจะมีข้อแตกต่างกันออกไป และคุณภาพของฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่ว่าจะเป็น ขนาดกว้าง ยาว สูง ความเรียบ ความมัน น้ำหนัก ก็ย่อมมีความแตกต่างกันออกไปในแต่ละผู้ผลิต ซึ่งความแตกต่างเหล่านี้ย่อมส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตของเครื่องจักร ละอาจจะส่งผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟด้วยก็ได้

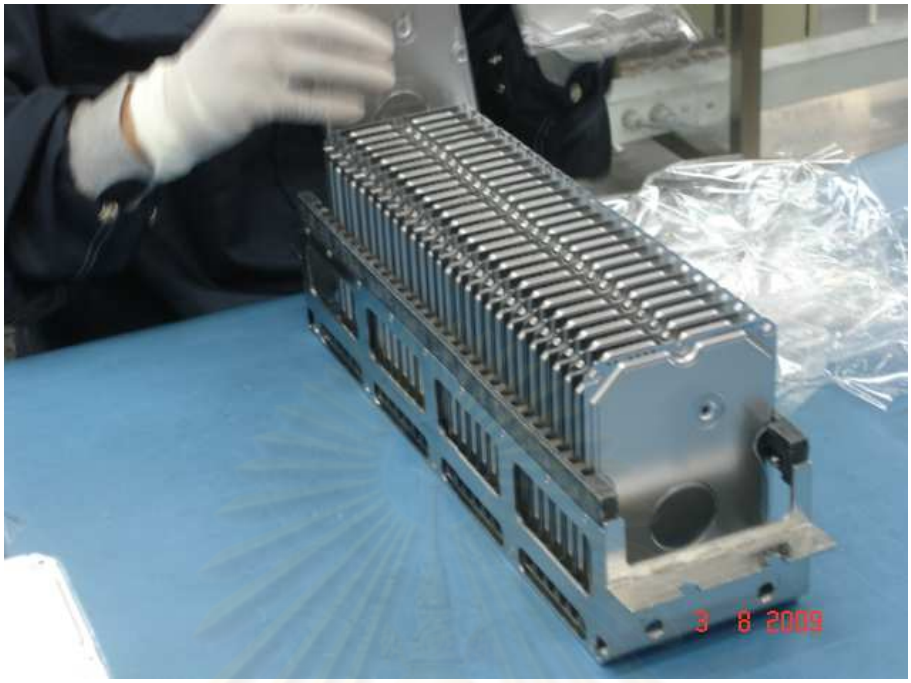
4.6.5.2 ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่ผ่านข้อกำหนดเข้ามาปะปนในกระบวนการผลิต

การที่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ไม่ผ่านข้อกำหนดเช่น ขนาดกว้าง ยาว สูง ไม่ได้มาตรฐาน ปะปนเข้ามาสู่กระบวนการผลิต ทำให้เครื่องจักรไม่สามารถหยิบหรือติดตั้งได้ตามที่ได้ตั้งค่าของเครื่องจักรไว้ ทำให้ต้องมีการเสียจังหวะในรอบการผลิตนั้นไป ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิตทำให้เกิดความแปรปรวนเกิดขึ้น

4.6.5.3 ตะกร้าใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ตะกร้าใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟดังแสดงในรูปที่ 4.18 ต้องผ่านกระบวนการล้าง อบด้วยอุณหภูมิสูง ทำให้พลาสติกส่วนที่เป็นตัวรองและประคองชิ้นงาน อาจจะเสียรูป ทำให้ชิ้นงานมีการวางในตำแหน่งที่ไม่สามารถหยิบได้โดยแขนกล หรือตะกร้าที่ขนาดไม่ได้มาตรฐานปะปนเข้ามาในกระบวนการผลิต ทำให้เครื่องจักรไม่สามารถทำงานได้ ซึ่งจะส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตซึ่งจะทำให้ความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตสูงขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

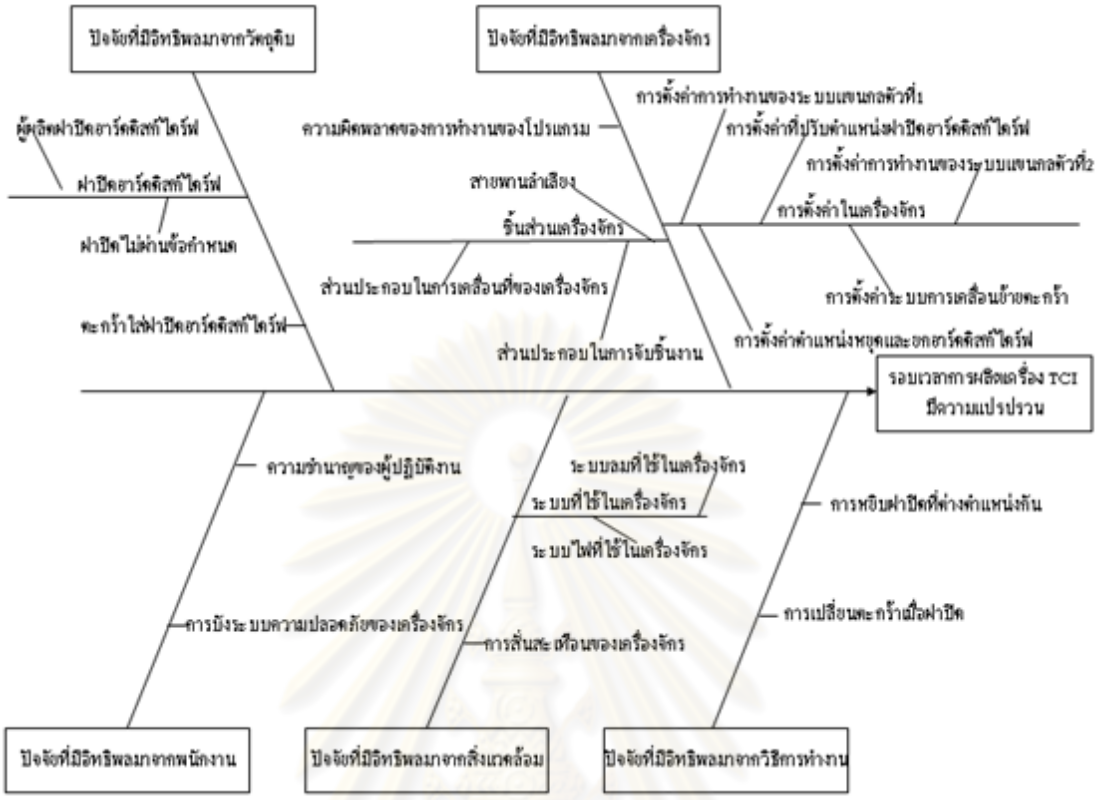


รูปที่ 4.18 แสดงการใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในตะกร้า

4.6.5.4 ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่นำมาประกอบฝาปิด

เนื่องจากฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก่อนที่จะนำมาประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ต้องประกอบด้วยชิ้นส่วนอื่น ๆ มาก่อนจนเกือบทุกชิ้นส่วนก่อนถูกปิดฝา ซึ่งความผันแปรของชิ้นส่วนที่ถูกประกอบมาก่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนประกอบที่เรียกว่าฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Motor base assembly: MBA) ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะต้องถูกวางประกบปิดโดยตรง ดังนั้นความผันแปรของขนาด น้ำหนัก ของฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก็อาจจะมีผลต่อกระบวนการประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก็เป็นไปได้

โดยเมื่อทำการระดมความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดสามารถเขียนแผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ที่อาจจะเป็นสาเหตุให้เกิดความรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 แสดงผังเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)
ของสาเหตุความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI

4.7 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ

เมื่อได้ระดมความคิดเพื่อหาสาเหตุที่ทำให้เกิดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปก็จะเป็นการวิเคราะห์ว่าสาเหตุใดมีผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิต มีโอกาสการเกิดข้อผิดพลาดขึ้น และมีระบบตรวจจับความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใด โดยจะใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA)

โดยเริ่มต้นของการทำ FMEA จะต้องทำการกำหนดมาตรฐานของการให้ระดับคะแนนของความรุนแรงของผลกระทบที่เกิด (Severity of Effect: S) ความถี่หรือโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาด (Occurrence, Probability of Failure: O) และระบบตรวจจับความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้น (Detection, Likelihood that control will detect Failure: D) โดยสามารถแบ่งระดับของ S, O และ D ซึ่งการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของเครื่อง TCI สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

4.7.1 การกำหนดระดับความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร TCI (Severity of Effect: S)

จากการเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร TCI พบว่า รอบเวลาการผลิตสูงสุดที่พบคือ 28.4 วินาที ในขณะที่รอบเวลาการผลิตเป้าหมายคือ 4.5 วินาที เมื่อต้องการแบ่งระดับความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร TCI เป็น 10 ระดับ ดังนั้นการทำงานของเครื่องจักรที่มีค่าเกิน 4.5 วินาทีถือได้ว่าทำงานผิดพลาด ซึ่งสามารถแบ่งช่วงระดับของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรได้โดยการคำนวณนี้

$$\text{ช่วงของรอบเวลาการผลิต} = \frac{\text{รอบเวลาการผลิตสูงสุด} - \text{รอบเวลาการผลิตเป้าหมาย}}{\text{จำนวนของระดับที่ต้องการ}}$$

เมื่อแทนค่าจะได้

$$\text{ช่วงของรอบเวลาการผลิต} = \frac{28.4 - 4.5}{10}$$

$$= 2.39 \text{ วินาที}$$

เพราะฉะนั้นระดับความรุนแรงที่ช่วงที่ 1 จะมีค่าของรอบเวลาการผลิตตั้งแต่ 4.5 ถึง 4.5+2.39 วินาที ซึ่งก็คือ 4.5 ถึง 6.89 วินาทีนั่นเอง ส่วนช่วงที่สองจะมีค่าของรอบเวลาการผลิตตั้งแต่ 6.90 ถึง 6.90+2.39 วินาที ซึ่งก็คือ 6.90 ถึง 9.29 วินาทีนั่นเอง ซึ่งจะได้ระดับความรุนแรงทั้งหมด 10 ระดับซึ่งก็คือรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ในแต่ละช่วงดังแสดงในตารางที่ 4.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 แสดงระดับความรุนแรงของผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI

รายละเอียดความรุนแรงที่เกิดขึ้น	รอบเวลาการผลิต (วินาที)	ระดับความรุนแรง
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 4.50 - 6.89 วินาที	4.50 - 6.89	1
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 6.90 - 9.29 วินาที	6.90 - 9.29	2
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 9.30 - 11.69 วินาที	9.30 - 11.69	3
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 11.10 - 14.09 วินาที	11.10 - 14.09	4
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 14.10 - 16.49 วินาที	14.10 - 16.49	5
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 16.50 - 18.89 วินาที	16.50 - 18.89	6
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 18.90 - 21.29 วินาที	18.90 - 21.29	7
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 21.30 - 23.69 วินาที	21.30 - 23.69	8
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 23.70 - 26.09 วินาที	23.70 - 26.09	9
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่ามากกว่า 26.10 วินาที	26.10 ขึ้นไป	10

4.7.2 ความถี่หรือโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาดของเครื่อง TCI (Occurrence, Probability of Failure: O)

จากการสุ่มตัวอย่างเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร TCI พบว่า โอกาสที่รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าสูงกว่ารอบเวลาการผลิตเป้าหมายคือ 4.5 วินาที มีค่าเท่ากับ 23.6% ซึ่งถ้ากำหนดระดับของโอกาสที่พบรอบเวลาการผลิตมากกว่าค่าเป้าหมายไว้ที่ 10 ระดับ จะมาสามารถกำหนดโอกาสในแต่ละช่วงระดับได้จากการคำนวณดังนี้

$$\text{ช่วงของโอกาส} = \frac{\text{โอกาสที่รอบเวลาการผลิตสูงกว่าค่าเป้าหมาย}}{\text{จำนวนของระดับที่ต้องการ}}$$

เมื่อแทนค่าจะได้

$$\text{ช่วงของโอกาส} = \frac{23.6}{10}$$

$$= 2.36\ \%$$

เพราะฉะนั้นระดับของโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาดต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ที่ช่วงที่ 1 จะมีค่าตั้งแต่ 0.00% ถึง 2.36% ส่วนช่วงที่สองจะมีค่าของรอบเวลาการผลิตตั้งแต่ 2.37% ถึง 4.73% ซึ่งจะได้ระดับระดับความถี่หรือโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาดต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ทั้งหมด 10 ระดับดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงระดับความถี่หรือโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาดต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI

รายละเอียดความถี่หรือโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาด	โอกาสที่เกิดข้อผิดพลาด	ระดับโอกาส
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 0 - 2.36 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	0.00 - 2.36 %	1
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 2.37 - 4.73 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	2.37 - 4.73 %	2
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 4.74 - 7.10 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	4.74 - 7.10 %	3
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 7.11 - 9.47 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	7.11 - 9.47 %	4
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 9.48 - 11.84 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	9.48 - 11.84 %	5
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 11.85 - 14.21 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	11.85 - 14.21 %	6
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 14.22 - 16.58 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	14.22 - 16.58%	7
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 16.59 - 18.95 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	16.59 - 18.95 %	8
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 18.96 - 21.32 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	18.96 - 21.32 %	9
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 21.33 ตัวขึ้นไปจากการผลิต 100 ตัว	21.33 % ขึ้นไป	10

4.7.3 ระบบตรวจจับความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นของเครื่อง TCI (Detection, Likelihood that control will detect Failure: D)

การที่ระบบการตรวจวัดกระบวนการทำงานที่ผิดพลาดของเครื่องจักร หรือวัตถุดิบไม่ได้มาตรฐาน เกิดความผิดพลาดเกิดขึ้น ทำให้มีความผิดพลาดหลุดเข้ามาสู่ระบบ จำนวนความผิดพลาดที่มีโอกาสเข้ามาสู่ระบบโดยระบบการตรวจวัดผิดพลาดสามารถแบ่งแยกออกเป็น 10 ระดับ ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แสดงระดับถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบ

รายละเอียดระบบตรวจจับความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้น	ความผิดพลาดหลุดเข้าสู่ระบบ	ระดับการตรวจจับ
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 10,000	1 ใน 10,000	1
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 5,000	1 ใน 5,000	2
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 2,000	1 ใน 2,000	3
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 1,000	1 ใน 1,000	4
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 500	1 ใน 500	5
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 200	1 ใน 200	6
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 100	1 ใน 100	7
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 50	1 ใน 50	8
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 20	1 ใน 20	9
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 10	1 ใน 10	10

4.7.4 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI

กระบวนการ	ข้อบกพร่องเกิดมาจาก	ข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้น	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น	SEV	สาเหตุที่เป็นไปได้	OCC	วิธีการควบคุมในปัจจุบัน	DET	RPN
เครื่องประกอบฝาปิดสาร์ดดิสก์ไดร์ฟ TCI	วิธีการทำงาน	การหยิบฝาปิดที่แตกต่างตำแหน่งกัน	ระยะเคลื่อนตัวของแขนกลเพื่อไปหยิบฝาปิดสาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ต่างตำแหน่งกัน	1	การวางฝาปิดสาร์ดดิสก์ไดร์ฟในตะกร้าที่ตำแหน่งต่างกัน	2	พนักงานสามารถวางได้ในช่องที่กำหนดเท่านั้นเนื่องจากการออกแบบของตะกร้า	2	4
		เกิดการรอระหว่างการเปลี่ยนตะกร้าเมื่อฝาปิดหมด	เกิดการรอระหว่างขั้นตอนการเปลี่ยนตะกร้า	2	เมื่อฝาปิดถูกใช้จนครบ 20 ชิ้น	2	ไม่มี	9	36
	สิ่งแวดล้อม	การสั่นสะเทือนของเครื่องจักร	ทำให้การเคลื่อนที่ไปยังระยะที่ตั้งไว้ผิดพลาด	4	การสั่นสะเทือนที่เกิดจากเครื่องจักร TCI เองและเครื่องจักรที่ติดกัน	5	ไม่มี	9	180
		ระบบไฟที่ใช้ในเครื่องจักร	ทำให้การเคลื่อนที่ของเครื่องจักรผิดตำแหน่ง หรือช้าไป	2	การจ่ายไฟเพื่อใช้ในเครื่องจักรไม่สม่ำเสมอ	2	อุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้า	2	8
		ระบบลมที่ใช้ในเครื่องจักร	ทำให้การเคลื่อนที่ของเครื่องจักรผิดตำแหน่ง หรือช้าไป	2	การจ่ายลมเพื่อใช้ในเครื่องจักรไม่สม่ำเสมอ หรือระดับน้อยกว่าที่ต้องการ	3	มีระบบลมจรัดลม	2	12
	พนักงาน	บั้งระบบความปลอดภัยของเครื่องจักร	เครื่องหยุดการทำงาน	2	พนักงานเผลอ	2	มีระบบการฝึกอบรม ข้อควรระวังและจะมีเสียงเตือนเมื่อมีการบั้งระบบความปลอดภัย	8	32
		ความชำนาญของผู้ปฏิบัติงาน	การแก้ไขข้อผิดพลาดการทำงานใช้เวลานาน	7	พนักงานใหม่ ไม่มีความเชี่ยวชาญ	5	ระบบการบันทึกการฝึกอบรม	6	210
	วัสดุดิบ	ผู้ผลิตฝาปิดสาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	ฝาปิดสาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีมาตรฐานแตกต่างกันซึ่งส่งผลต่อการตั้งค่าต่างๆของเครื่องจักรที่ผิดพลาด	3	คุณภาพของแต่ละผู้ผลิตแตกต่างกัน	4	มีแผนภูมิควบคุมจากผู้ผลิตและการตรวจ	2	24
		ฝาปิดไม่ผ่านข้อกำหนด	เครื่องจักรไม่สามารถวางฝาปิดได้	7	ขนาดของฝาปิดไม่ได้มาตรฐาน	3	มีแผนภูมิควบคุมจากผู้ผลิตและการตรวจ	2	42
		ตะกร้าใส่ฝาปิดสาร์ดดิสก์ไดร์ไม่ได้มาตรฐาน	การหยิบฝาปิดผิดพลาด	7	ขนาดของตะกร้าไม่ได้มาตรฐานหรือมีการเปลี่ยนรูปร่างระหว่างกระบวนการผลิต	5	ดูด้วยตา	8	280
	เครื่องจักร	การทำงานที่ผิดพลาดจากการตั้งค่าการทำงานของแขนกลตัวที่ 1	ไม่สามารถหยิบฝาปิดสาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากตระกร้าได้	7	การตั้งค่าระยะการเคลื่อนที่ที่ผิดพลาด	5	มีการระบุการตั้งค่าที่เป็นมาตรฐานของแต่ละเครื่อง	4	140
		ระบบการเคลื่อนย้ายตระกร้าไม่ตรงตามตำแหน่ง	ไม่สามารถหยิบฝาปิดสาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากตระกร้าได้	7	การตั้งค่าระยะการเคลื่อนที่ที่ผิดพลาด	3	มีการระบุการตั้งค่าที่เป็นมาตรฐานของแต่ละเครื่อง	4	84
		การตั้งค่าที่ปรับตำแหน่งฝาปิดสาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่ไม่เหมาะสม	การวางฝาปิดกับฐานรองสาร์ดดิสก์ไดร์ฟผิดพลาดได้	5	การปรับตั้งระยะไม่ได้มาตรฐาน	3	มีเกจในการปรับตั้งเครื่องจักร	4	60
		ความผิดพลาดของการทำงานของโปรแกรม	เครื่องเริ่มทำงานของโปรแกรมใหม่	4	การเขียนโปรแกรมผิดพลาด	2	ก่อนการลงโปรแกรมใหม่จะมีการทดสอบโดยวิศวกรผู้ออกแบบ	2	16
		การทำงานที่ผิดพลาดจากการตั้งค่าการทำงานของแขนกลตัวที่ 2	ไม่สามารถหยิบฝาปิดสาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากที่ปรับตำแหน่งฝาปิด	5	การตั้งค่าระยะการเคลื่อนที่ที่ผิดพลาด	5	มีการระบุการตั้งค่าที่เป็นมาตรฐานของแต่ละเครื่อง	4	100
		ส่วนประกอบการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรเสื่อมสภาพ	การเคลื่อนที่ด้วยกระบอกสูบอาจจะมีความดันแปร	4	ขาดการบำรุงรักษาที่ดี	5	มีระบบการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน	4	80
		การตั้งค่าตำแหน่งหยุดและยกสาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่เหมาะสม	การประกบฝาปิดกับฐานรองสาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	4	การปรับตั้งระยะไม่ได้มาตรฐาน	4	มีการระบุการตั้งค่าที่เป็นมาตรฐานของแต่ละเครื่อง	4	64
		ส่วนประกอบในการจับชิ้นงานเสื่อมสภาพ	ทำให้ยางไม่แนบกับฝาปิดและเกิดการหยิบที่ผิดพลาด	7	การใช้งานที่เป็นเวลานานเกินไป	4	ช่างเทคนิคตรวจสอบดูสภาพ	4	112

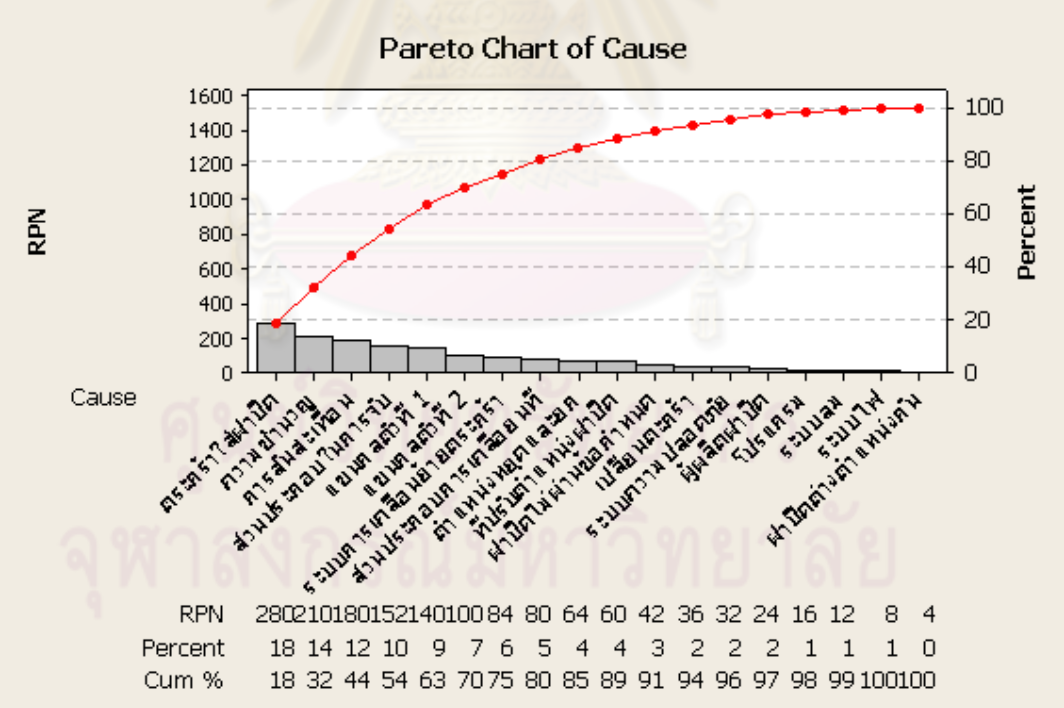
รูปที่ 4.20 แสดงการวิเคราะห์ FMEA ของเครื่อง TCI

หลังจากที่ทำการกำหนดระดับคะแนนของค่าระดับผลกระทบ ความถี่ และความสามารถในการตรวจจับ ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องจะทำการให้คะแนนของแต่ละสาเหตุของปัญหาดัง

แสดงในรูปที่ 4.20 ก็สามารถกำหนดระดับ RPN (Risk Priority Number) ของแต่ละสาเหตุ ซึ่งสาเหตุของปัญหาที่มีค่า RPN สูงสุดในลำดับต้นๆ 60% แรกคือ

1. สาเหตุจากตะกร้าใส่ฝาปิดไม่ได้มาตรฐานมีค่า RPN ที่ 280
2. สาเหตุจากจากความชำนาญของผู้ปฏิบัติงานมีค่า RPN ที่ 210
3. สาเหตุจากจากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรมีค่า RPN ที่ 180
4. สาเหตุจากจากการทำงานที่ผิดพลาดจากการตั้งค่าการทำงานของแขนกลตัวที่ 1 มีค่า RPN ที่ 140
5. สาเหตุจากจากส่วนประกอบในการจับชิ้นงานเสื่อมสภาพมีค่า RPN ที่ 112

จากการวิเคราะห์หาความรุนแรงของสาเหตุของปัญหาจาก FMEA ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI สามารถสรุปเป็นแผนผังพาเรโตของค่า RPN ของแต่ละสาเหตุของปัญหา ได้ดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 แสดงแผนภูมิพาเรโตของความรุนแรงจากการวิเคราะห์ด้วย FMEA ของเครื่อง TCI

4.8 บทสรุป

1. กลุ่มตัวอย่างที่ทำการสุ่มรอบเวลาการผลิตของทุกเครื่องจักรส่วนใหญ่จะมีการกระจายเหมือนกับการกระจายแบบ 3 Parameter Loglogistics มากที่สุด

2. โอกาสที่รอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาที เมื่อเรียงจากมากคือเครื่อง TCI โดยมีโอกาสที่ 23.60% รองลงมาคือเครื่อง BDL โดยมีโอกาสที่ 22.60% และเครื่อง CS3 โดยมีโอกาสที่ 19.60% ตามลำดับ

3. ทำการเลือกที่จะปรับปรุงความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI เป็นลำดับแรก

4. ปัจจัยที่มีโอกาสก่อให้เกิดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตเครื่อง TCI ซึ่งมีค่าระดับ RPN (Risk Priority Number) สูง และถูกเลือกที่จะทำการปรับปรุงสาเหตุของปัญหาในขั้นตอนต่อไป คือ

- อิทธิพลเนื่องมาจากตะกร้าใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่ได้มาตรฐาน
- อิทธิพลเนื่องมาจากความชำนาญของผู้ปฏิบัติงาน
- อิทธิพลเนื่องมาจากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร
- อิทธิพลเนื่องมาจากการทำงานที่ผิดพลาดจากการตั้งค่าการทำงานของแขนกลตัวที่ 1
- อิทธิพลเนื่องมาจากส่วนประกอบในการจับชิ้นงานเสื่อมสภาพ

5. สามารถสรุปเป็นแผนภาพการลำดับความสำคัญของกระบวนการแก้ไขปัญหาโดยจัดลำดับความสำคัญว่าควรจะปรับปรุงเครื่องจักรอะไรเป็นลำดับแรกจากทั้งหมด 38 เครื่องจักร และแนวทางในการเลือกปัจจัยที่เป็นสาเหตุของปัญหาของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต ของเครื่องจักรที่เลือกมาทำการปรับปรุง ดังแสดงในรูปที่ 4.22

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. เก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทุกเครื่องจักรในสายการประกอบ

⇩

2. ทดสอบว่าข้อมูลตัวอย่างที่เก็บมามีคุณสมบัติเป็นตัวแปรแบบสุ่ม (Random Sample) หรือไม่ โดยการคุณสมบัติที่ไม่ขึ้นอยู่ด้วยกันและที่มีการกระจายเหมือนกัน (IID)

⇩

3. ทดสอบว่าจำนวนข้อมูลสุ่มมาเป็นตัวอย่างเพียงพอที่ความน่าเชื่อถือ 95%หรือไม่

⇩

4. ทดสอบว่าแต่ละเครื่องมีข้อมูลรอบเวลาการผลิตเหมือนการกระจาย (Distribution) ตัวแบบใดมากที่สุด

⇩

5. นำข้อมูลมาหาค่าทางสถิติซึ่งขึ้นอยู่กับว่าข้อมูลรอบเวลาการผลิตของแต่ละเครื่องจักรเหมือนการกระจายแบบใดในข้อที่ 4

⇩

6. หาโอกาสที่รอบเวลาการผลิตของแต่ละเครื่องจักรว่ามากกว่า 4.5 วินาที ว่าเป็นกี่เปอร์เซ็นต์

⇩

รูปที่ 4.22 แสดงการลำดับความสำคัญของกระบวนการแก้ไขปัญหา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7. เปรียบเทียบว่าเครื่องจักรทั้งหมดเครื่องใดมีโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าค่าเป้าหมายมากที่สุด และเลือกมาทำการปรับปรุง

⇩

8. ศึกษารายละเอียดกระบวนการผลิตของเครื่องที่เลือกมาปรับปรุง เพื่อที่จะวิเคราะห์หาสาเหตุได้ครบถ้วนมากขึ้น

⇩

9. Brainstorm หาสาเหตุของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องที่จะปรับปรุงโดยใช้ Cause and Effect diagram

⇩

10. นำทุกสาเหตุที่ได้จากข้อ 9 มาทำFMEA เพื่อจัดลำดับความสำคัญสาเหตุของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต

⇩

11. เลือกสาเหตุที่มีค่า RPN สูงสุดใน 60% แรก เพื่อจะทำการปรับปรุงสาเหตุของปัญหาในขั้นตอนต่อไป

รูปที่ 4.22 แสดงการลำดับความสำคัญของกระบวนการแก้ไขปัญหา (ต่อ)

บทที่ 5
การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI

5.1 วัตถุประสงค์

1. สามารถแยกปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI และปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลต่อความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ออกจากกันได้

2. ทำการปรับปรุงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI

5.2 บทนำ

การวิเคราะห์ปัญหาโดยการตัดสินใจซึ่งปราศจากข้อมูลทางสถิติอ้างอิง จะทำให้เกิดความผิดพลาดในกระบวนการแก้ปัญหาต่าง ๆ ดังนั้นในขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหานี้จึงมีความสำคัญอย่างมากที่ต้องอาศัยวิธีการทางสถิติ ซึ่งจะประกอบไปด้วยขั้นตอนที่สำคัญคือ การตั้งสมมติฐาน และการทดสอบสมมติฐาน การวิเคราะห์เพื่อค้นให้พบสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาโดยนำผังแสดงเหตุและผล การวิเคราะห์ FMEA โดยเลือกสาเหตุจากการเรียงลำดับจากสาเหตุที่มีความเป็นไปได้สูงกว่าหรือมีความร้ายแรงมากกว่า เพื่อทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาก่อนตามลำดับไป แต่ทั้งนี้เหตุที่มีความเป็นไปได้มากที่สุดอาจจะไม่จำเป็นต้องเป็นสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาก็ได้ โดยทั่วไปการวิเคราะห์โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการทดลองจะลดโอกาสข้อผิดพลาดได้ การตัดสินใจที่อาศัยหลักการของสถิติวิศวกรรมหรือหลักการอนุมานทางสถิติ โดยการดำเนินการทดลองเพื่อหาข้อมูลสนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ เพื่อเป็นการยืนยันว่าสาเหตุที่สงสัยนั้นคือสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาหรือความบกพร่องด้านคุณภาพ นอกจากนี้เมื่อมีการยืนยันว่าสาเหตุเหล่านี้มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ก็ยังสามารถสรุปได้ต่อไปว่าสาเหตุดังกล่าวมีผลกระทบต่อปัญหามากน้อยเพียงใด

การแก้ปัญหาด้วยการลองผิดลองถูกโดยไม่ได้ทำการทดลองหรือทดสอบด้วยวิธีการเก็บข้อมูลและพิสูจน์ข้อมูลอย่างถูกต้อง เป็นวิธีการที่ไม่ได้ทำการแก้ปัญหาอย่างแท้จริง ปัญหาเหล่านี้อาจดีขึ้นในชั่วขณะแต่ก็อาจจะกลับเกิดขึ้นอีกในภายหลัง นั่นก็หมายความว่าปัญหาไม่ได้ทีการแก้ไขอย่างแท้จริง

โดยปัจจัยที่เลือกมาทำการทดสอบสมมติฐานว่ามีอิทธิพลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร TCI จะได้มาจากการทำ FMEA ซึ่งจะเลือกปัจจัยที่มีค่า RPN สูงสุดอันดับแรก ๆ จากบทที่ 4 มาทำการทดสอบสมมติฐานในขั้นถัดไป เพื่อที่จะแยกปัจจัยที่มีอิทธิพลและไม่มีอิทธิพลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรออกจากกัน โดยทำการทดลองเปลี่ยนปัจจัยที่จะทำการทดสอบสมมติฐาน แล้วออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบว่า ความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรระหว่างก่อนและหลังการเปลี่ยนแปลงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร TCI ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ด้วยค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% ซึ่งถ้าค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าน้อยกว่า 0.05 จะสามารถสรุปได้ว่าปฏิเสธสมมติฐาน H0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรเนื่องมาจากปัจจัยที่ได้ทำการทดลอง แต่ถ้าค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่ามากกว่า 0.05 จะสามารถสรุปได้ว่ายอมรับสมมติฐาน H0 และสรุปว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรเนื่องมาจากปัจจัยที่ได้ทำการทดลอง

เมื่อทราบสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาที่ส่งผลต่อความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรที่ได้ทำการเลือกมาปรับปรุงแล้ว ขั้นต่อไปคือการปรับปรุงเพื่อแก้ไขปัญหานั้น ๆ ในการที่จะปรับปรุงจำเป็นต้องอาศัยการพิสูจน์หรือทดสอบสมมติฐานทางสถิติ เพื่อเป็นการยืนยันว่าการปรับปรุงแก้ไขสามารถลดความแปรปรวนที่เกิดขึ้นกับรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรได้จริงหรือไม่

ซึ่งการปรับปรุงเพื่อลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ก็ต้องอาศัยการปรับปรุงกระบวนการทำงานของเครื่องจักร การออกแบบอุปกรณ์เพิ่มเติมเพื่อช่วยลดข้อผิดพลาดการทำงานของเครื่องจักร การซ่อมบำรุงและเปลี่ยนอุปกรณ์ของเครื่องจักรอย่างเหมาะสม การเปลี่ยนอุปกรณ์ในเครื่องจักรบางตัวที่มีความสามารถมากขึ้นเพื่อลดข้อผิดพลาดในการทำงาน การหาตั้งระยะเครื่องจักรที่เหมาะสมเป็นต้น

โดยจะทำการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรทั้งก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง โดยพยายามควบคุมปัจจัยอื่น ๆ ให้เหมือนกัน แล้วทำการวิเคราะห์ว่ารอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรหลังการปรับปรุงมีความแปรปรวนลดลงหรือไม่ โดยการใช้การ

ทดสอบแบบ Levene's Test ด้วยค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% ซึ่งจะสามารถสรุปได้ว่าหลังการปรับปรุงความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรลดลงหรือไม่

เมื่อสามารถระบุปัญหาหรือสาเหตุของปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหา ขั้นต่อไปคือการนำแนวทางนั้นไปปฏิบัติตาม โดยต้องคำนึงถึงว่าไม่มีผลข้างเคียงใด ๆ นอกจากนั้น การแก้ปัญหา จะต้องเน้นกิจกรรมเพื่อการแก้ไข และเน้นการป้องกันเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาซ้ำขึ้นมา ซึ่งสาเหตุของปัญหาได้ระบุและนำเสนอหลักการแก้ไขด้วยการพิสูจน์ด้วยหลักทางสถิติในบทที่แล้ว ในส่วนนี้จะนำเสนอหลักการเฝ้าติดตามเพื่อแก้ปัญหาอย่างทันท่วงที

โดยการควบคุมกระบวนการที่ได้ออกแบบและถูกนำไปใช้ เพื่อป้องกันและเฝ้าติดตามความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรที่ได้ทำการปรับปรุงไปแล้วคือ การนำสิ่งที่ได้ปรับปรุงไปเป็นส่วนหนึ่งของการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน และการแสดงผลของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรแบบ Real Time Monitoring System เพื่อที่จะให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องหรือผู้ปฏิบัติงาน สามารถรู้ถึงความแปรปรวนที่เกิดขึ้นและป้องกันได้ทันที

5.3 การทดสอบสมมติฐาน

การทดสอบสมมติฐานเป็นการทดสอบคำตอบที่ผู้ทดสอบ ผู้วิจัยคาดการณ์ไว้ล่วงหน้าอย่างมีเหตุผล ข้อมูลที่ถูกสุ่มมาจากประชากร จะถูกใช้เพื่ออ้างอิงค่าพารามิเตอร์ของประชากร ดังนั้น เมื่อมีการทดสอบสมมติฐาน จะเป็นการทดสอบว่าค่าพารามิเตอร์มีค่าเป็นอย่างที่ได้คาดการณ์ไว้หรือไม่ การทดสอบสมติฐานในงานวิจัยนี้มุ้งเน้นเพื่อทดสอบว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

โดยอิทธิพลที่เลือกมาทำการทดสอบสมมติฐานว่ามีอิทธิพลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI จะได้มาจากการทำ FMEA ของบทที่ 4 ซึ่งจะเลือกปัจจัยที่มีค่า RPN สูงสุด 5 อันดับแรกมาทำการทดสอบสมมติฐานในขั้นถัดไป เพื่อที่จะแยกปัจจัยที่มีอิทธิพลและไม่มีอิทธิพลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟออกจากกัน

จากการวิเคราะห์ FMEA ของเครื่องจักร TCI ในบทที่ 4 ทำให้สามารถสรุปว่าปัจจัยที่อาจจะมีอิทธิพลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร TCI 5 อันดับแรกคือ

1. อิทธิพลเนื่องมาจากตะกร้าใส่ฝาปิด

2. อิทธิพลเนื่องมาจากความชำนาญของพนักงานควบคุมเครื่องจักร

3. อิทธิพลเนื่องมาจากการสั่นสะเทือน

4. อิทธิพลเนื่องมาจากวัสดุที่จับยึดฝาปิด

5. อิทธิพลเนื่องมาจากการตั้งค่าของแขนกลตัวที่ 1

ซึ่งจะทำการตั้งสมติฐานและทดสอบสมมติฐานเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผมต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรต่อไป

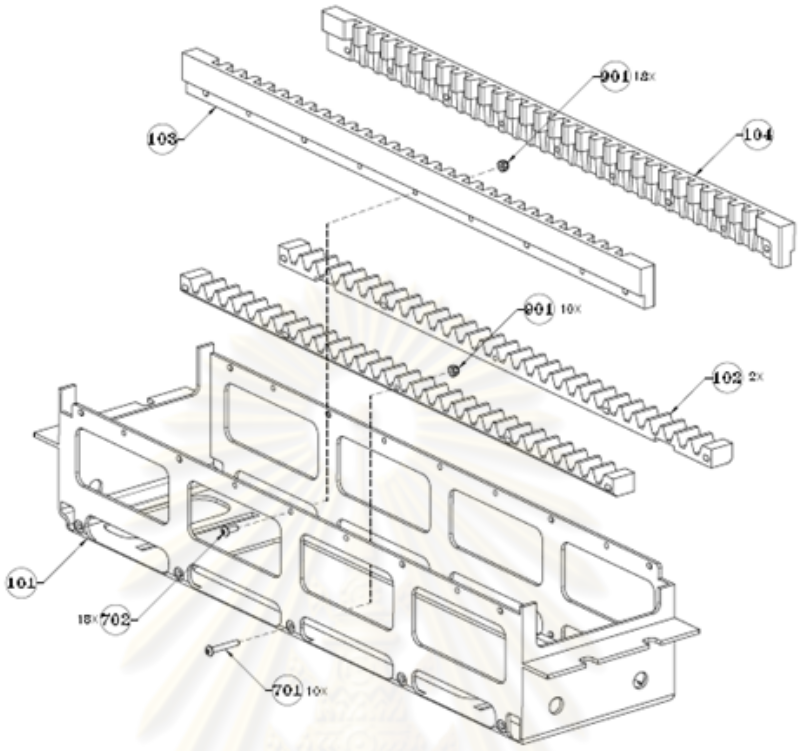
5.3.1 วิเคราะห์อิทธิพลเนื่องมาจากตะกร้าใส่ฝาปิด

<u>ปัญหา</u>

ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะต้องวางอยู่บนตะกร้าเพื่อนำเข้าไปล้างทำความสะอาดก่อนที่จะถูกส่งเข้าเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยเครื่องล้างทำความสะอาดจะต้องล้างด้วยน้ำสะอาด เป่าด้วยลม และทำการอบให้ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟแห้ง โดยจะต้องผ่านอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ซึ่งตะกร้าใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะทำจากโครงที่เป็นสเตนเลสและประกอบกับซี่พลาสติก ดังแสดงในรูปที่ 5.1

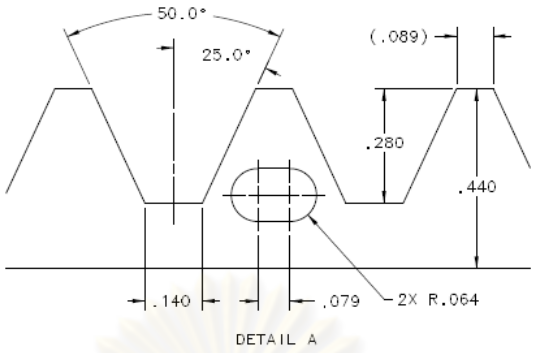
การที่ซี่พลาสติกผ่านความร้อนวันหนึ่งหลายรอบและการทีพนักงานวางฝาปิดในซี่พลาสติก ทำให้มีโอกาสสึกหรอและเสียรูปได้ การที่ซี่พลาสติกเสียรูปโดยขนาดไม่ได้ตามมาตรฐานที่ได้ทำการออกแบบไว้ดังแสดงในรูปที่ 5.2 เมื่อวางฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟลงในตะกร้าก็จะทำให้ความเอียง ความสูงต่ำ ไม่ได้ขนาดตามที่ได้ตั้งค่าของเครื่องจักรไว้ ก็จะส่งผลต่อการหยิบจับชิ้นงานที่เกิดการผิดพลาด ซึ่งจะทำให้รอบเวลาการผลิตรอบนั้นมากกว่าค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้

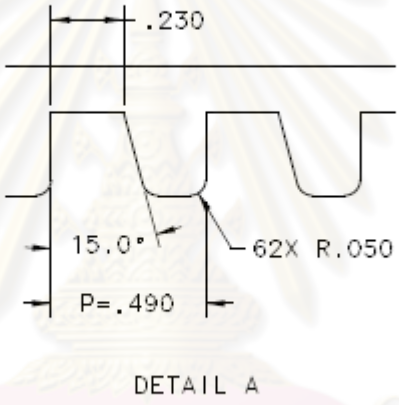
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

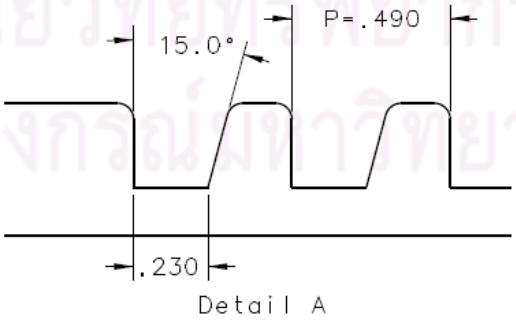


รูปที่ 5.1 แสดงตะกร้าใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟและส่วนประกอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย







รูปที่ 5.2 แสดงขนาดของซี่พลาสติกทั้งสามชนิดที่รองรับฝาปิด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การตั้งสมมติฐาน

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; ขนาดของซี่พลาสติกของตะกร้าใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; ขนาดของซี่พลาสติกของตะกร้าใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI

การคำนวณสิ่งตัวอย่าง

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 550 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 550 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

Power and Sample size

Sample size for comparing two sample standard deviations

Alpha = 0.05

Beta = 0.05

Critical ratio = 2.0595

Sample size = 26

วิธีการทดลอง

1. ทำการคัดเลือกตะกร้าใส่ชิ้นงานที่มีขนาดได้ตามมาตรฐาน และตะกร้าใส่ชิ้นงานที่มีขนาดไม่ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดซึ่งมีบางช่องของซี่พลาสติกขนาดกว้างเกินไป หรือมีการเสียรูป ดังตารางที่ 5.1
2. นำชิ้นงานฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากผู้ผลิตเดียวกัน รอบจัดส่งเดียวกัน มาใส่ในตะกร้าทั้งสอง
3. ทำการทดลองที่เครื่อง TCI โดยใช้พนักงานควบคุมเครื่องคนเดียวกันและเวลาในการทดลองทั้งสองกลุ่มต่อเนื่องกัน
4. ใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่อยู่บนตะกร้าที่ได้มาตรฐานเข้าเครื่อง TCI จนครบตามจำนวนขนาดสิ่งตัวอย่างที่คำนวณไว้
5. ใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่อยู่บนตะกร้าที่ไม่ได้มาตรฐานเข้าเครื่อง TCI จนครบตามจำนวนขนาดสิ่งตัวอย่างที่คำนวณไว้
6. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

ตารางที่ 5.1 แสดงระยะของซี่พลาสติกของตะกร้าดีกับตะกร้าเสียที่ใช้ในการทดลอง

		ระยะที่ 1	ระยะที่ 2	ระยะที่ 3			ระยะที่ 1	ระยะที่ 2	ระยะที่ 3
ตะกร้าดี	ช่องที่ 1	0.17	0.24	0.22	ตะกร้าเสีย	ช่องที่ 1	0.17	0.27	0.28
	ช่องที่ 2	0.15	0.25	0.23		ช่องที่ 2	0.22	0.31	0.28
	ช่องที่ 3	0.19	0.24	0.23		ช่องที่ 3	0.20	0.30	0.34
	ช่องที่ 4	0.14	0.22	0.24		ช่องที่ 4	0.17	0.25	0.32
	ช่องที่ 5	0.15	0.27	0.24		ช่องที่ 5	0.16	0.26	0.33
	ช่องที่ 6	0.16	0.23	0.25		ช่องที่ 6	0.23	0.27	0.35
	ช่องที่ 7	0.18	0.23	0.23		ช่องที่ 7	0.22	0.32	0.34
	ช่องที่ 8	0.14	0.26	0.25		ช่องที่ 8	0.25	0.31	0.32
	ช่องที่ 9	0.15	0.25	0.25		ช่องที่ 9	0.16	0.30	0.33
	ช่องที่ 10	0.15	0.25	0.26		ช่องที่ 10	0.20	0.28	0.26
	ช่องที่ 11	0.13	0.25	0.23		ช่องที่ 11	0.21	0.28	0.28
	ช่องที่ 12	0.14	0.23	0.26		ช่องที่ 12	0.22	0.26	0.29
	ช่องที่ 13	0.13	0.22	0.23		ช่องที่ 13	0.18	0.24	0.25
	ช่องที่ 14	0.16	0.24	0.26		ช่องที่ 14	0.15	0.25	0.26
	ช่องที่ 15	0.14	0.27	0.26		ช่องที่ 15	0.16	0.24	0.27
	ช่องที่ 16	0.15	0.28	0.25		ช่องที่ 16	0.14	0.26	0.29
	ช่องที่ 17	0.14	0.24	0.25		ช่องที่ 17	0.14	0.29	0.31
	ช่องที่ 18	0.16	0.25	0.27		ช่องที่ 18	0.17	0.32	0.32
	ช่องที่ 19	0.14	0.23	0.24		ช่องที่ 19	0.18	0.31	0.33
	ช่องที่ 20	0.13	0.22	0.24		ช่องที่ 20	0.19	0.33	0.27
	ช่องที่ 21	0.17	0.24	0.26		ช่องที่ 21	0.20	0.30	0.26
	ช่องที่ 22	0.16	0.24	0.24		ช่องที่ 22	0.18	0.28	0.32
	ช่องที่ 23	0.14	0.24	0.23		ช่องที่ 23	0.19	0.26	0.33
	ช่องที่ 24	0.15	0.26	0.22		ช่องที่ 24	0.21	0.29	0.32
	ช่องที่ 25	0.15	0.27	0.22		ช่องที่ 25	0.22	0.28	0.27
	ช่องที่ 26	0.18	0.26	0.23		ช่องที่ 26	0.14	0.28	0.28
	ช่องที่ 27	0.14	0.25	0.23		ช่องที่ 27	0.16	0.29	0.29
	ช่องที่ 28	0.16	0.24	0.23		ช่องที่ 28	0.21	0.31	0.31
	ช่องที่ 29	0.14	0.25	0.24		ช่องที่ 29	0.16	0.32	0.3
	ช่องที่ 30	0.14	0.25	0.24		ช่องที่ 30	0.17	0.30	0.31
	ค่าเฉลี่ย	0.15	0.25	0.24		ค่าเฉลี่ย	0.19	0.29	0.30
	ระยะมาตราฐาน	0.14	0.23	0.23		ระยะมาตราฐาน	0.14	0.23	0.23

ผลการทดลองทางสถิติ

Test for Equal Variances: Cycletime versus Group

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Group	N	Lower	StDev	Upper
A	550	1.72719	1.84425	1.97767
B	550	0.83865	0.89549	0.96028

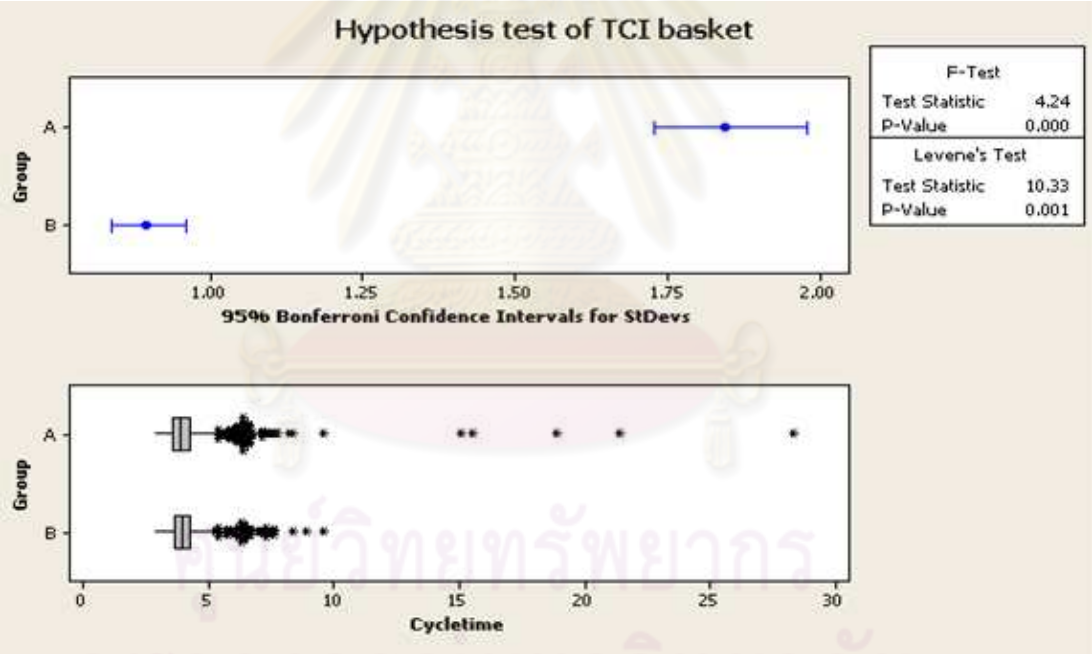
F-Test (Normal Distribution)

Test statistic = 4.24, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 10.33, p-value = 0.001

Hypothesis test of TCI basket



สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.001 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างการใช้ตระกร้าใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ที่ได้มาตรฐานกับไม่ได้มาตรฐานในการผลิต

5.3.2 วิเคราะห์อิทธิพลเนื่องมาจากความชำนาญของพนักงานควบคุมเครื่องจักร

ปัญหา

พนักงานควบคุมเครื่อง TCI จะมีอยู่ 1 คนซึ่งจะทำหน้าที่ในการใส่ตะกร้าที่บรรจุฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าเครื่องจักร เก็บตะกร้าเปล่าออกจากเครื่องจักร และแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องจักรเมื่อมีความผิดพลาดเกิดขึ้น ความชำนาญของพนักงานแต่ละคนที่ทำการควบคุมเครื่องจักรก็อาจจะมีผลต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร เช่น เมื่อเกิดข้อผิดพลาดโดยเครื่องหยิบชิ้นงานแล้วหล่นพนักงานจะต้องทำการหยิบชิ้นงานออกแล้วทำตามขั้นตอนของโปรแกรมของเครื่องเพื่อให้เครื่องสามารถทำงานต่อได้ ซึ่งความรวดเร็วและความชำนาญก็จะมีผลต่อรอบเวลาการผลิตนั้น ๆ

พนักงานควบคุมเครื่องจะมีประสบการทำงานที่เครื่อง TCI ที่แตกต่างกันตั้งแต่ประมาณ 2 เดือน จนถึง 3-4 ปีจนถึงในบางสายการผลิต อีกทั้งการอบรมถึงขั้นตอนการทำงานและการแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องจักรในกรณีต่าง ๆ ก็มีผลต่อความรวดเร็วในการแก้ปัญหาความผิดพลาดที่เกิดขึ้นของเครื่องจักรด้วยเช่นกัน

การตั้งสมมติฐาน

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; ความชำนาญของพนักงานควบคุมเครื่องจักรไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; ความชำนาญของพนักงานควบคุมเครื่องจักรมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI

การคำนวณสิ่งตัวอย่าง

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 550 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 550 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

Power and Sample size

Sample size for comparing two sample standard deviations

Alpha = 0.05

Beta = 0.05

Critical ratio = 1.22966

Sample size = 305

วิธีการทดลอง

1. ทำการคัดเลือกพนักงานสองคนที่ทำหน้าที่ควบคุมเครื่อง TCI โดยคนแรกมีประสบการณ์ควบคุมเครื่อง TCI มาแล้ว 3 ปี 2 เดือน กับอีกคนทำงานควบคุมเครื่อง TCI มาแล้ว 2 เดือน

2. นำชิ้นงานฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากผู้ผลิตเดียวกัน รอบจัดส่งเดียวกัน มาใส่ในตะกร้าที่ได้ขนาดมาตรฐาน ตามจำนวนขนาดสิ่งตัวอย่างที่ได้คำนวณไว้ โดยแบ่งเป็นสองกลุ่ม

3. กลุ่มแรกให้พนักงานทีทำงานควบคุมเครื่อง TCI มาแล้ว 3 ปี 2 เดือนทำการควบคุมเครื่องจักรระหว่างการทำงาน

4. กลุ่มสองให้พนักงานทีทำงานควบคุมเครื่อง TCI มาแล้ว 2 เดือนทำการควบคุมเครื่องจักรระหว่างการทำงาน

5. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

ผลการทดลองทางสถิติ

Test for Equal Variances: Cycletime versus Group

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Group	N	Lower	StDev	Upper
A	550	2.25665	2.40960	2.58391
B	550	2.19170	2.34024	2.50954

F-Test (Normal Distribution)

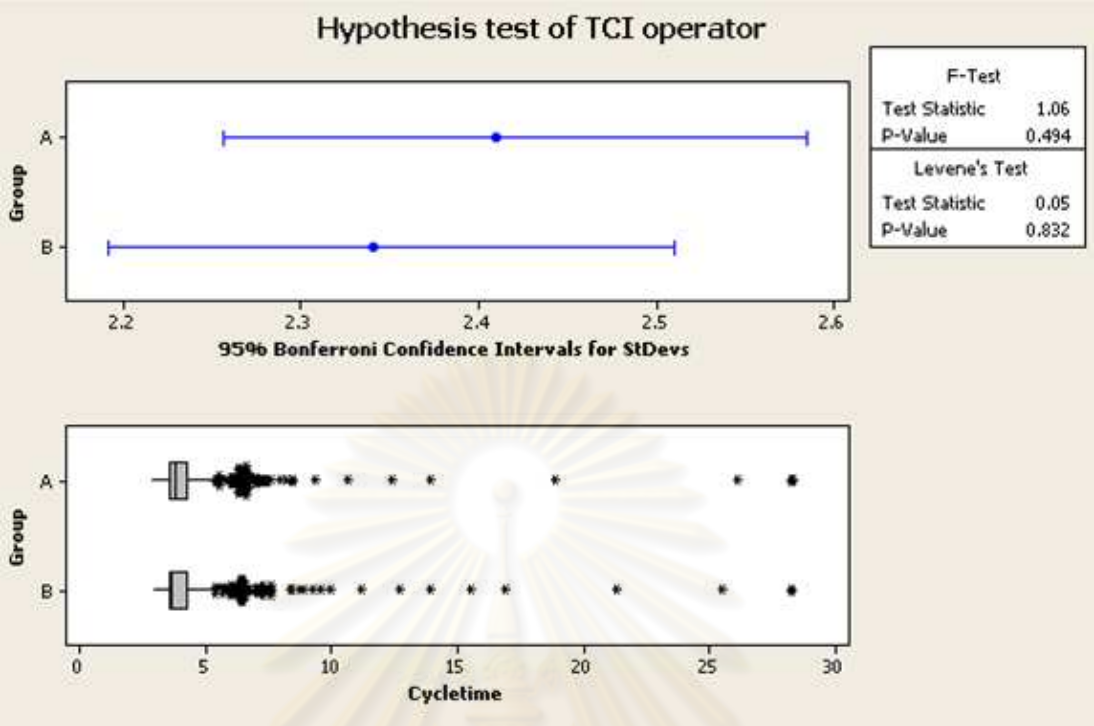
Test statistic = 1.06, p-value = 0.494

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 0.05, p-value = 0.832

Hypothesis test of TCI operator

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



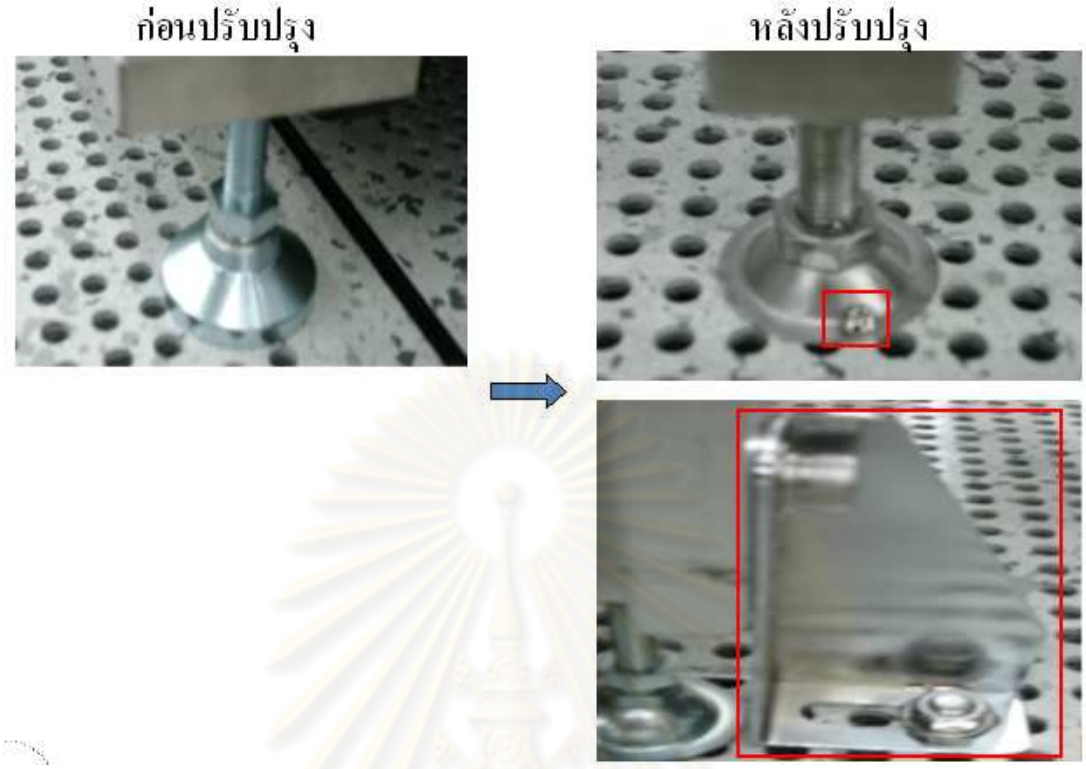
<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.832 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐาน H_0 และสรุปว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างการใช้พนักงานที่ทำการควบคุมเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีประสบการณ์การทำงานที่แตกต่างกัน

5.3.3 วิเคราะห์อิทธิพลเนื่องมาจากการสั่นสะเทือน

<u>ปัญหา</u>

การประกอบชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะต้องถูกกระทำในห้องสะอาด ซึ่งถูกออกแบบให้พื้นเป็นแบบโปร่งที่สามารถดูดฝุ่นลงไปใต้พื้นได้ ในหนึ่งห้องสะอาดจะมีเครื่องจักรอยู่จำนวนประมาณ 480 - 500 เครื่อง ซึ่งเมื่อทุกเครื่องทำงานพร้อมกันเกิดจะเกิดการสั่นสะเทือนเกิดขึ้น การสั่นสะเทือนก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่อาจจะมีผลต่อการทำงานและรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI โดยการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นอจจะส่งผมต่อตำแหน่งการวางที่คลาดเคลื่อนหรือการหยิบจับที่ผิดพลาด โดยอุปกรณ์ที่ได้ทำการออกแบบเพื่อลดความสั่นสะเทือนแสดงในรูปที่ 5.3 ที่จะยึดฐานของเครื่องจักรกับพื้น



รูปที่ 5.3 อุปกรณ์ยึดเครื่องจักรเข้ากับพื้นเพื่อลดการสั่นสะเทือน

<u>การตั้งสมมติฐาน</u>

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; การสั่นสะเทือนของเครื่องจักรTCI ไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; การสั่นสะเทือนของเครื่องจักรTCI มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI

<u>การคำนวณสิ่งตัวอย่าง</u>

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 550 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 550 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

Power and Sample size

Sample size for comparing two sample standard deviations

Alpha = 0.05

Beta = 0.05

Critical ratio = 1.2221

Sample size = 325

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ทำการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรเข้ากับพื้นของห้องสะอาด
2. ทำการวัดค่าความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรบริเวณฐานของเครื่องจักรโดยดูค่าที่สูงที่สุด
3. ถอดอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรกับพื้นของห้องสะอาดออก
4. ทำการวัดค่าความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรบริเวณฐานของเครื่องจักรโดยดูค่าที่สูงที่สุด
5. ทำการเปรียบเทียบสองจุดที่ได้ทำการวัดจากเครื่องมือดังรูปที่ 5.4 และผลการวัดดังแสดงในตารางที่ 5.2
6. นำชิ้นงานฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากผู้ผลิตเดียวกัน รอบจัดส่งเดียวกัน มาใส่ในตะกร้าที่ได้ขนาดมาตรฐาน ตามจำนวนขนาดสิ่งตัวอย่างที่ได้คำนวณไว้ โดยแบ่งเป็นสองกลุ่ม
7. กลุ่มแรกทำการประกอบในขณะที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรเข้ากับพื้นของห้องสะอาด
8. กลุ่มสองทำการประกอบในขณะที่ติดตั้งอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรเข้ากับพื้นของห้องสะอาดออก
9. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

รูปที่ 5.4 เครื่องมือวัดการสั่นสะเทือน

ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบความสั่นสะเทือนของฐานเครื่อง TCI ก่อนและหลังปรับปรุง

	ก่อนการปรับปรุง		หลังการปรับปรุง	
	จุดใส่ตะกร้า	จุดวางฝาปิด	จุดใส่ตะกร้า	จุดวางฝาปิด
การสั่นสะเทือน (mm/s)	0.92	1.05	0.81	0.94

ผลการทดลองทางสถิติ

Test for Equal Variances: Cycletime versus Group

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Group	N	Lower	StDev	Upper
A	550	3.31739	3.54222	3.79847
B	550	3.24561	3.46558	3.71629

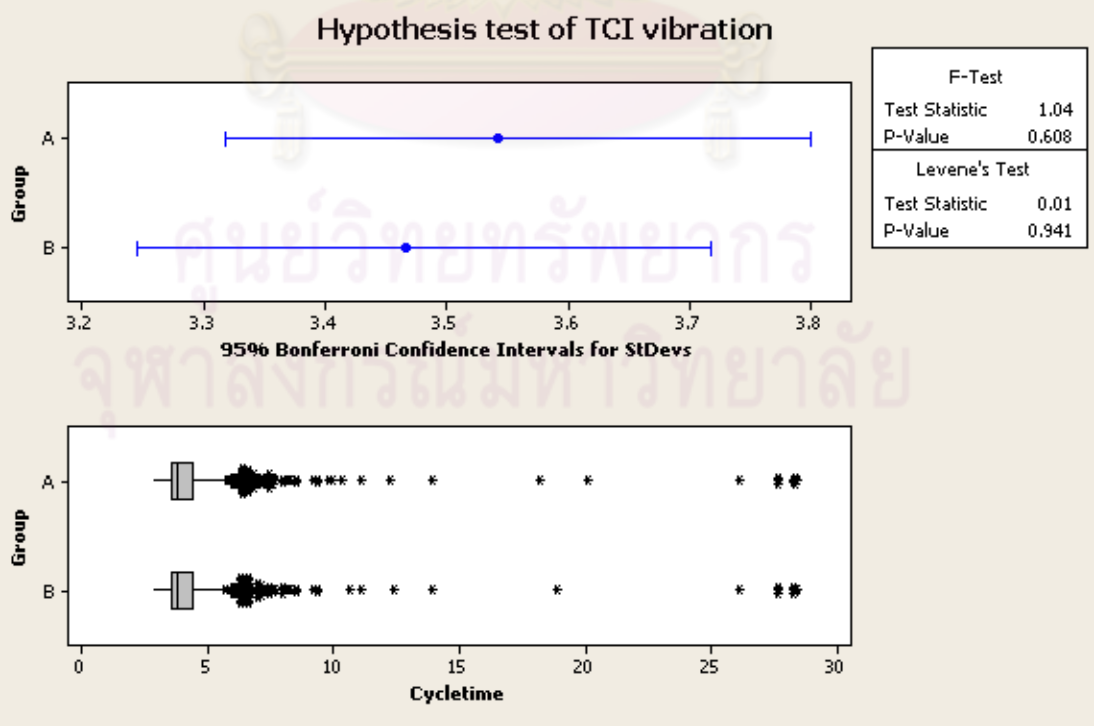
F-Test (Normal Distribution)

Test statistic = 1.04, p-value = 0.608

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 0.01, p-value = 0.941

Hypothesis test of TCI vibration



สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.941 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐาน H_0 และสรุปว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างการทำงานของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ที่มีความสั่นสะเทือนที่แตกต่างกัน

5.3.4 วิเคราะห์อิทธิพลเนื่องมาจากวัสดุที่จับยึดฝาปิด

ปัญหา

ชิ้นส่วนสำคัญอย่างหนึ่งของเครื่อง TCI ที่ทำหน้าที่ในการหยิบจับและปล่อยฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟคือจุกยาง ดังรูปที่ 5.5 ซึ่งจะเป็นตัวสร้างสูญญากาศเมื่อต้องการหยิบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และทำให้ระบบสูญญากาศหายไปเมื่อต้องการวางฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยเมื่อความดันของลมสูงขึ้นถึงค่าที่ตั้งไว้ก็หมายถึงแขนกลสามารถหยิบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้สำเร็จและสามารถทำงานในขั้นตอนถัดไปได้ อีกแง่หนึ่งเมื่อความดันของลมลดลงถึงค่าที่ตั้งไว้ก็หมายถึงแขนกลสามารถปล่อยฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้สำเร็จและสามารถทำงานในขั้นตอนถัดไปได้

สภาพของจุกยางและอายุการใช้งานก็อาจจะเป็นปัยจัยต่อรอบเวลาการผลิตที่มีความแปรปรวน เช่น จุกยางที่มีสภาพผิวไม่สม่ำเสมอ ก็อาจจะต้องใช้เวลานานในการเพิ่มความดันของลมให้สูงขึ้นถึงค่าที่ตั้งไว้ หรือจุกยางที่เสื่อมสภาพก็อาจจะทำให้หยิบแล้วหลุดระหว่างการเคลื่อนที่ ในปัจจุบันจุกยางจะถูกเปลี่ยนประมาณทุก ๆ สองอาทิตย์ ตามสภาพของจุกยางและขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของช่างเทคนิท ซึ่งบางกรณีสภาพของจุกยางอาจจะหมดสภาพการใช้งานก่อนกำหนดก็เป็นไปได้

รูปที่ 5.5 จุกยางที่เป็นชินส่วนในการจับและปล่อยฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

<u>การตั้งสมมติฐาน</u>

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; อายุการใช้งานของจุกยางไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; อายุการใช้งานของจุกยางมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI

<u>การคำนวณสิ่งตัวอย่าง</u>

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 550 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 550 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

Power and Sample size

Sample size for comparing two sample standard deviations

Alpha = 0.05

Beta = 0.05

Critical ratio = 2.11837

Sample size = 25

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. เตรียมจุกยางสองกลุ่มคือกลุ่มแรกเป็นจุกยางที่ผ่านการตรวจสภาพมาแล้วว่าพร้อมใช้งานมีอายุการใช้งาน 2 วัน ส่วนกลุ่มสองคือจุกยางที่ใช้งานมาแล้ว 14 วัน

2. นำชิ้นงานฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากผู้ผลิตเดียวกัน รอบจัดส่งเดียวกัน มาใส่ในตะกร้าที่ได้ขนาดมาตรฐาน ตามจำนวนขนาดสิ่งตัวอย่างที่ได้คำนวณไว้ โดยแบ่งเป็นสองกลุ่ม

3. กลุ่มแรกทำการประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟด้วยจุกยางใหม่จนครบตามจำนวณของสิ่งตัวอย่างที่ได้คำนวณไว้

4. กลุ่มสองทำการประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟด้วยจุกยางเก่าจนครบตามจำนวณของสิ่งตัวอย่างที่ได้คำนวณไว้

5. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

<u>ผลการทดลองทางสถิติ</u>

Test for Equal Variances: Cycletime versus Group

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Group	N	Lower	StDev	Upper
A	550	2.11346	2.25670	2.41996
B	550	0.99772	1.06534	1.14241

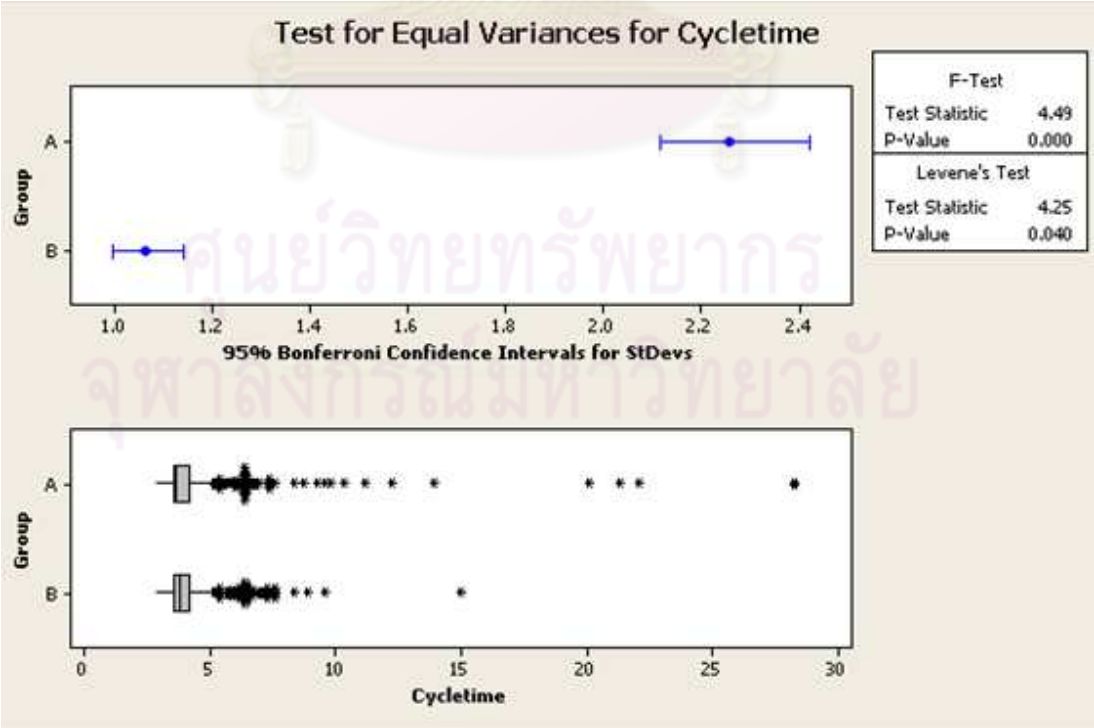
F-Test (Normal Distribution)

Test statistic = 4.49, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 4.25, p-value = 0.040

Test for Equal Variances for Cycletime



สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.040 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างการทำงานของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ที่ใช้จุกยางที่มีอายุงานที่แตกต่างกัน

5.3.5 วิเคราะห์อิทธิพลเนื่องมาจากการตั้งค่าของแขนกลตัวที่ 1

ปัญหา

แขนกลตัวที่ 1 ทำหน้าที่ในการหยิบฝาปิดจากตะกร้าใส่ฝาปิดมาวางบนตำแหน่งปรับระยะ การปรับตั้งระยะการเคลื่อนที่ของแขนกลที่ระยะไม่เหมาะสมย่อมส่งผลต่อความผิดพลาดของการหยิบจับฝาปิด โดยระยะการเคลื่อนที่ของแขนกลจะทำการขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าและควบคุมระยะการเคลื่อนที่โดนเอ็นโคดเดอร์ โดยระยะที่สามารถกำหนดให้แขนกลเคลื่อนที่ได้ด้วยความละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร ดังนั้นการตั้งค่าที่เหมาะสมก็จะสามารถลดความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรได้เช่นกัน

การตั้งสมมติฐาน

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; การตั้งค่าระยะการเคลื่อนที่ของแขนกลตัวที่1เพื่อหยิบฝาปิดไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; การตั้งค่าระยะการเคลื่อนที่ของแขนกลตัวที่1เพื่อหยิบฝาปิดมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI

การคำนวณสิ่งตัวอย่าง

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 550 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 550 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

Power and Sample size

Sample size for comparing two sample standard deviations

Alpha = 0.05

Beta = 0.05

Critical ratio = 2.08832

Sample size = 26

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. กำหนดระยะการเคลื่อนที่ของแขนกลตัวที่1 ที่เคลื่อนที่ไปหยิบฝาปิดที่ตำแหน่งต่าง ๆ ไว้สองกลุ่มการตั้งค่าโดยกลุ่มแรกเป็นค่าที่ตั้งอยู่ปัจจุบันคือ 46.50 เซนติเมตร และกลุ่มที่สองเพิ่มขึ้นเป็น 46.60 เซนติเมตร

2. นำชิ้นงานฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากผู้ผลิตเดียวกัน รอบจัดส่งเดียวกัน มาใส่ในตะกร้าที่ได้ขนาดมาตรฐาน ตามจำนวนขนาดสิ่งตัวอย่างที่ได้คำนวณไว้ โดยแบ่งเป็นสองกลุ่ม

3. กลุ่มแรกทำการประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟด้วยการตั้งค่าแรกจนครบตามจำนวณของสิ่งตัวอย่างที่ได้คำนวณไว้

4. กลุ่มสองทำการประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟด้วยการตั้งค่าสองจนครบตามจำนวณของสิ่งตัวอย่างที่ได้คำนวณไว้

5. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

<u>ผลการทดลองทางสถิติ</u>

Test for Equal Variances: Cycletime versus Group

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Group	N	Lower	StDev	Upper
A	550	1.97968	2.11385	2.26677
B	550	0.94792	1.01217	1.08539

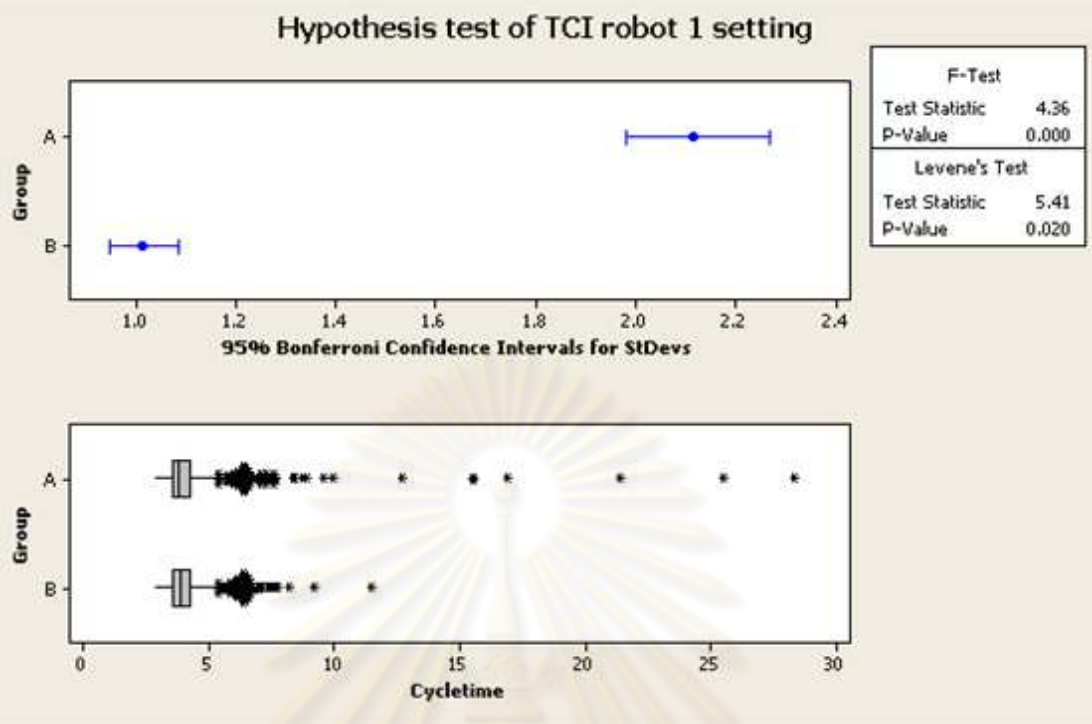
F-Test (Normal Distribution)

Test statistic = 4.36, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 5.41, p-value = 0.020

Hypothesis test of TCI robot 1 setting



<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.020 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างการทำงานของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ที่มีการตั้งค่าการเคลื่อนที่ของแขนกลตัวที่1 ที่แตกต่างกัน

5.3.6 สรุปผลการทดสอบสมมติฐานของเครื่อง TCI

สามารถสรุปผลการทดสอบสมมติฐานว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ได้ดังนี้

อิทธิพลที่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีด้วยกัน 3 ปัจจัยคือ

1. อิทธิพลเนื่องมาจากตะกร้าใส่ฝาปิด
2. อิทธิพลเนื่องมาจากวัสดุที่จับยึดฝาปิด
3. อิทธิพลเนื่องมาจากการตั้งค่าของแขนกลตัวที่ 1

อิทธิพลที่ไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีด้วยกัน 2 ปัจจัยคือ

1. อิทธิพลเนื่องมาจากความชำนาญของพนักงานควบคุมเครื่องจักร
2. อิทธิพลเนื่องมาจากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร

5.4 การปรับปรุงกระบวนการของเครื่อง TCI

การปรับปรุงกระบวนการของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (TCI) จากผลการทดสอบสมมติฐานในหัวข้อ 5.3 อิทธิพลที่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีด้วยกัน 3 ปัจจัยคือ

1. อิทธิพลเนื่องมาจากตะกร้าใส่ฝาปิด
2. อิทธิพลเนื่องมาจากวัสดุที่จับยึดฝาปิด
3. อิทธิพลเนื่องมาจากการตั้งค่าของแขนกลตัวที่ 1

ทีมงานที่ประกอบไปด้วยส่วนที่เกี่ยวข้องได้ทำการระดมความคิดเพื่อหาวิธีการปรับปรุงกระบวนการของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเพื่อที่จะลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องให้น้อยลง ซึ่งก็ได้การปรับปรุงในแต่ละอิทธิพลดังนี้

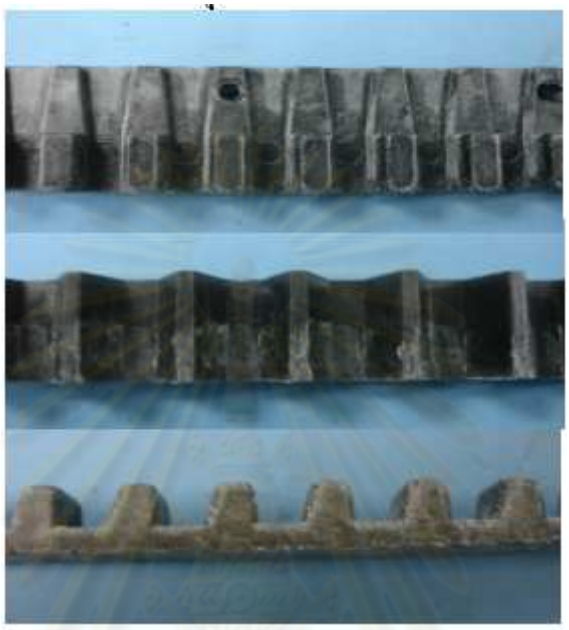
5.4.1 การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตเนื่องมาจากอิทธิพลของตะกร้าใส่ฝาปิด

<u>ปัญหา</u>

จากการที่ได้สุ่มตะกร้าของฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมาทำการวัดพบว่า มากกว่า 50% ของตะกร้ามีขนาดไม่ได้ตามมาตรฐานที่ฝ่ายออกแบบได้กำหนดไว้ โดยสาเหตุมาจาก

1. การส่งตะกร้าใหม่ที่ได้รับจากผู้ผลิตเข้าสู่กระบวนการผลิตโดยไม่มีระบบการตรวจสอบ
2. ไม่มีระบบซ่อมบำรุงตะกร้าที่เหมาะสม โดยจะมีการส่งตะกร้ามาทำการแก้ไขเมื่อตะกร้าไม่สามารถใช้งานได้ ทำให้ตะกร้าที่ใช้อยู่ในกระบวนการผลิตมีขนาดไม่ได้มาตรฐานหรือใช้งานมานามก็ยังถูกใช้อยู่จนกว่าจะเกิดการเสียหาย
3. ขาดอุปกรณ์ในการที่จะตรวจวัดตะกร้าว่าได้ขนาดตามมาตรฐานหรือไม่ ซึ่งปัจจุบันถ้าต้องการวัดว่าตะกร้ามีขนาดอยู่ในข้อกำหนดหรือไม่ต้องทำการวัดโดยใช้เวอร์เนีย ซึ่งมีความยุ่งยากและใช้เวลานาน

4. วัสดุที่ใช้ผลิตซี่พลาสติกทำจากวัสดุชื่อ Monocast ซึ่งมีสภาพสึกกร่อนภายหลังการใช้งานไประยะหนึ่งดังรูปที่ 5.6 ทำให้ระยะไม่ได้ตามมาตรฐาน ซึ่งส่งผลต่อความผิดพลาดในการทำงานของเครื่องจักร

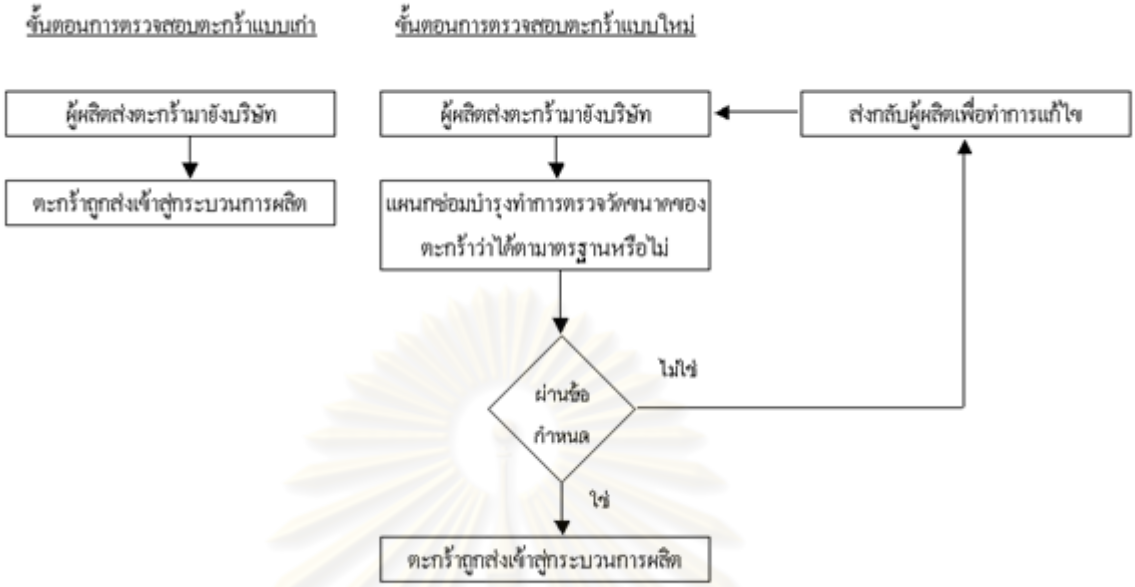


รูปที่ 5.6 สภาพสึกกร่อนภายหลังการใช้งานของซี่พลาสติก

<u>วิธีการปรับปรุง</u>

1. ออกแบบระบบและจัดหากำลังคนที่ใช้ในการตรวจคุณภาพของตะกร้าใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่ได้รับมาจากผู้ผลิตก่อนส่งเข้าไปใช้ในกระบวนการผลิต โดยสามารถเขียนขั้นตอนของการตรวจสอบคุณภาพได้ดังรูปที่ 5.7

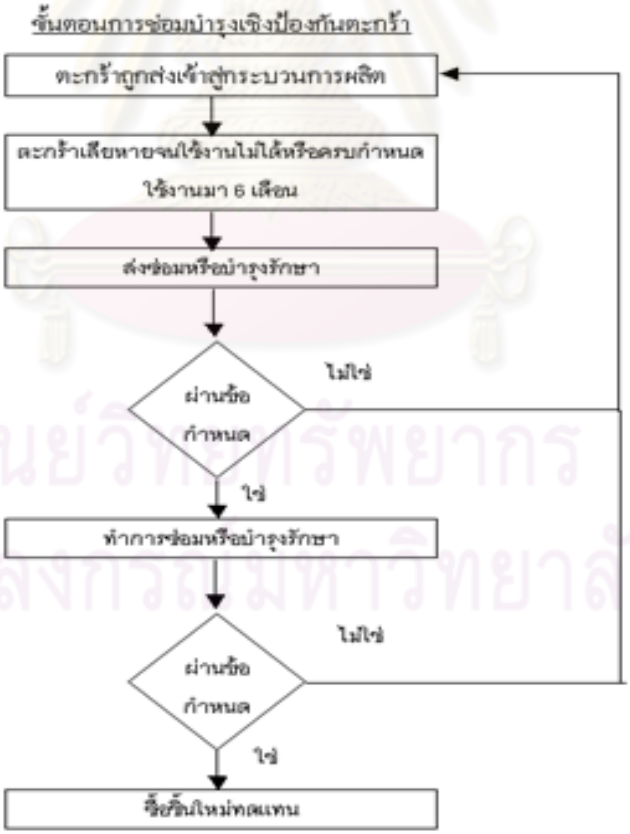
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.7 ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพของตะกร้าใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

2. สร้างระบบการซ่อมบำรุงตะกร้าใสฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เพื่อแก้ไขตะกร้าที่ไม่ได้มาตรฐานและไม่ถูกใช้งานในกระบวนการผลิต โดยสร้างระบบการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ขึ้น ซึ่งปกติตะกร้าจะไม่มีการส่งซ่อมจนกว่าจะเกิดอาการเสียรูปจนฝ่ายผลิตใช้งานไม่ได้ ดังนั้นตะกร้าที่ยังพอใช้งานได้อยู่แต่ขนาดไม่ได้มาตรฐานแล้วก็ยังถูกใช้งานในสายการผลิตต่อไป ทำให้มีผมต่อความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร ดังนั้นจึงได้สร้างระบบการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันของตะกร้าขึ้น โดยนำตะกร้าทุกชิ้นมาทำเลขประจำตัวดังรูปที่ 5.8 เพื่อที่จะสามารถบอกได้ว่าตะกร้าชิ้นนั้นต้องได้รับการตรวจสอบเมื่อใช้ไปนานเท่าใด โดยกำหนดว่าจะต้องได้รับการตรวจสอบทุก ๆ 6 เดือน โดยขั้นตอนการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน สามารถแสดงเป็นแผนภาพดังรูปที่ 5.9

รูปที่ 5.8 การระบุเลขประจำตัวของตะกร้าใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ



รูปที่ 5.9 แผนภาพแสดงขั้นตอนการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

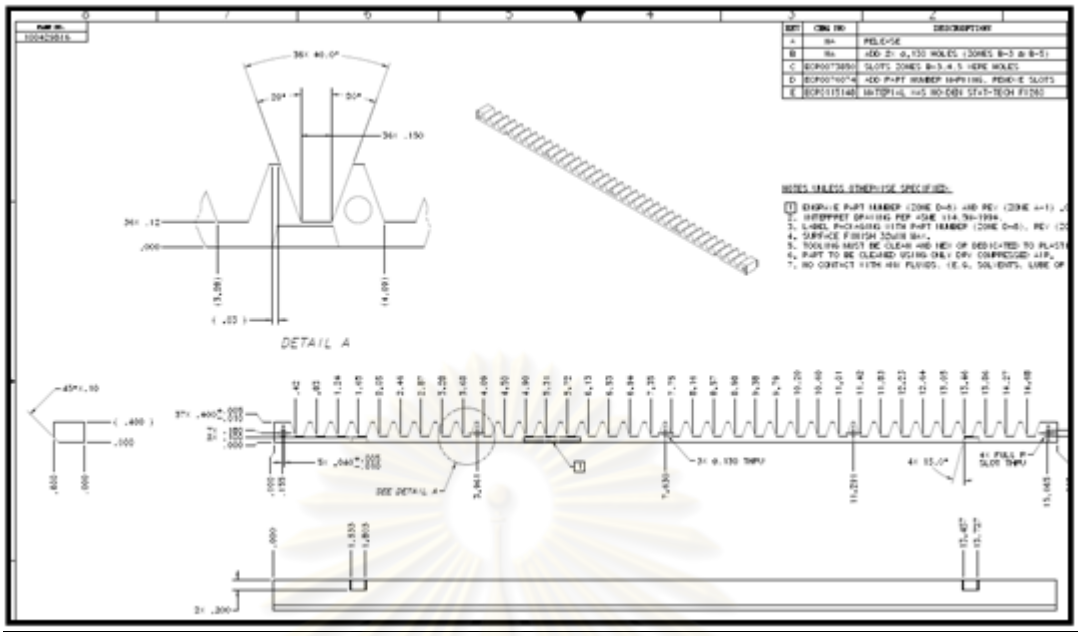
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ (Gage) ขนาดของตะกร้าใสฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เพื่อเพิ่มความสะดวกในการตรวจสอบชิ้นงานและป้องกันความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้น ซึ่งอุปกรณ์ที่ออกแบบมาใช้ในการตรวจสอบ แสดงในรูปที่ 5.10

รูปที่ 5.10 อุปกรณ์ที่ออกแบบมาใช้ในการตรวจสอบขนาดของตะกร้าใสฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

4. เปลี่ยนวัสดุที่ทำซี่พลาสติกซึ่งทำจาก Monocast ทำให้ปัจจุบันมีการเสื่อมสภาพของซีพลาสติกเมื่อใช้ไปเวลานาน จากการที่ปรึกษากับแผนกออกแบบและแผนกทดสอบวัสดุ ทางคณะผู้ทำการปรับปรุงได้เลือกวัสดุ Noveon STAT Tech F1260 ซึ่งเป็นวัสดุที่ทนทานต่อความร้อนและการเสียดสีได้มากกว่า ซึ่งได้ทำการเปลี่ยนวัสดุในแบบเพื่อใช้ในการสั่งซื้อเป็นวัสดุใหม่ดังรูปที่ 5.11

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.11 การเปลี่ยนวัสดุจาก Monocast วัสดุเป็น Noveon STAT Tech F1260

5. เปลี่ยนวิธีการทำงานโดยจะเลือกตะกร้าที่มีคุณภาพผ่านข้อกำหนดไว้บริเวณหน้าเครื่องจักรจำนวน 8 ตะกร้าต่อเครื่อง TCI และเมื่อทำการล้างฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟซึ่งถูกใส่ในตะกร้าทั่วไป ก็จะทำการเปลี่ยนมาใส่ตะกร้าที่ถูกควบคุมที่อยู่หน้าเครื่อง TCI เพื่อทำการประกอบต่อไป ซึ่งตะกร้าที่อยู่หน้าเครื่องจะได้รับการตรวจสอบข้อบกพร่องและคุณภาพของพนักงานที่ทำงานหน้าเครื่องอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งจะช่วยลดตะกร้าที่ไม่ได้มาตรฐานผ่านเข้าไปยังเครื่องจักรได้

<u>การตั้งสมมติฐาน</u>

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; การปรับปรุงตะกร้าใส่ฝาปิดไม่มีความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; การปรับปรุงตะกร้าใส่ฝาปิดมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI

<u>การคำนวณสิ่งตัวอย่าง</u>

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 550 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 550 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

Power and Sample size

Sample size for comparing two sample standard deviations

Alpha = 0.05

Beta = 0.05

Critical ratio = 2.0595

Sample size = 83

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. นำตะกร้าเก่าที่ใช้ในในสายการผลิตมาระยะหนึ่งโดยเป็นวัสดุเก่า และอีกกลุ่มตะกร้าหนึ่งเป็นวัสดุใหม่ที่ทำการตรวจสอบขนาดให้ได้ตามมาตรฐานและผ่าเครื่องมือเกจ

2. นำชิ้นงานฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากผู้ผลิตเดียวกัน รอบจัดส่งเดียวกัน มาใส่ในตะกร้าทั้งสอง

3. ทำการทดลองที่เครื่อง TCI โดยใช้พนักงานควบคุมเครื่องคนเดียวกันและเวลาในการทดลองทั้งสองกลุ่มต่อเนื่องกัน

4. ใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่อยู่บนตะกร้าที่ได้มาตรฐานเข้าเครื่อง TCI จนครบตามจำนวนขนาดสิ่งตัวอย่างที่คำนวณไว้

5. ใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่อยู่บนตะกร้าที่ไม่ได้มาตรฐานเข้าเครื่อง TCI จนครบตามจำนวนขนาดสิ่งตัวอย่างที่คำนวณไว้

6. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

<u>ผลการทดลองทางสถิติ</u>

Test for Equal Variances: Cycletime versus Group

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Group	N	Lower	StDev	Upper
A	550	1.17582	1.25551	1.34634
B	550	0.78853	0.84197	0.90288

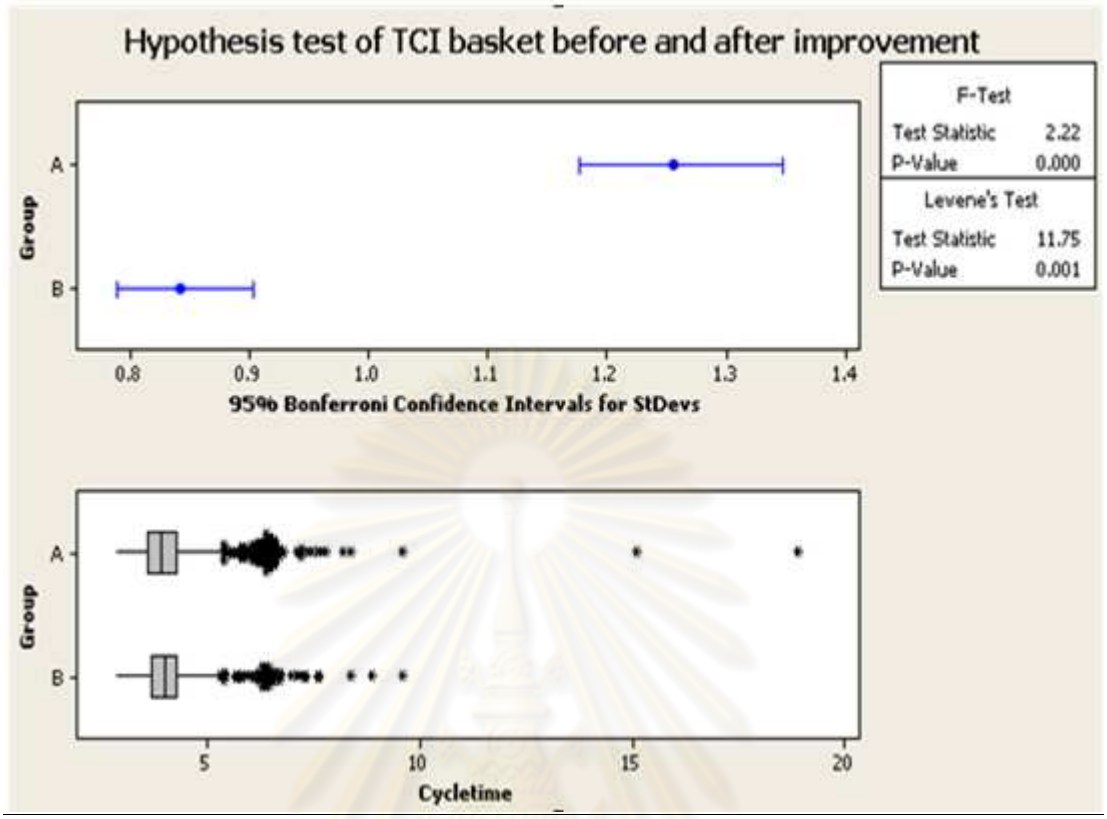
F-Test (Normal Distribution)

Test statistic = 2.22, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 11.75, p-value = 0.001

Hypothesis test of TCI basket before and after improvement



<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.001 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างก่อนการปรับปรุงคุณภาพตะกร้าใส่ฝาปิดและหลังการปรับปรุง

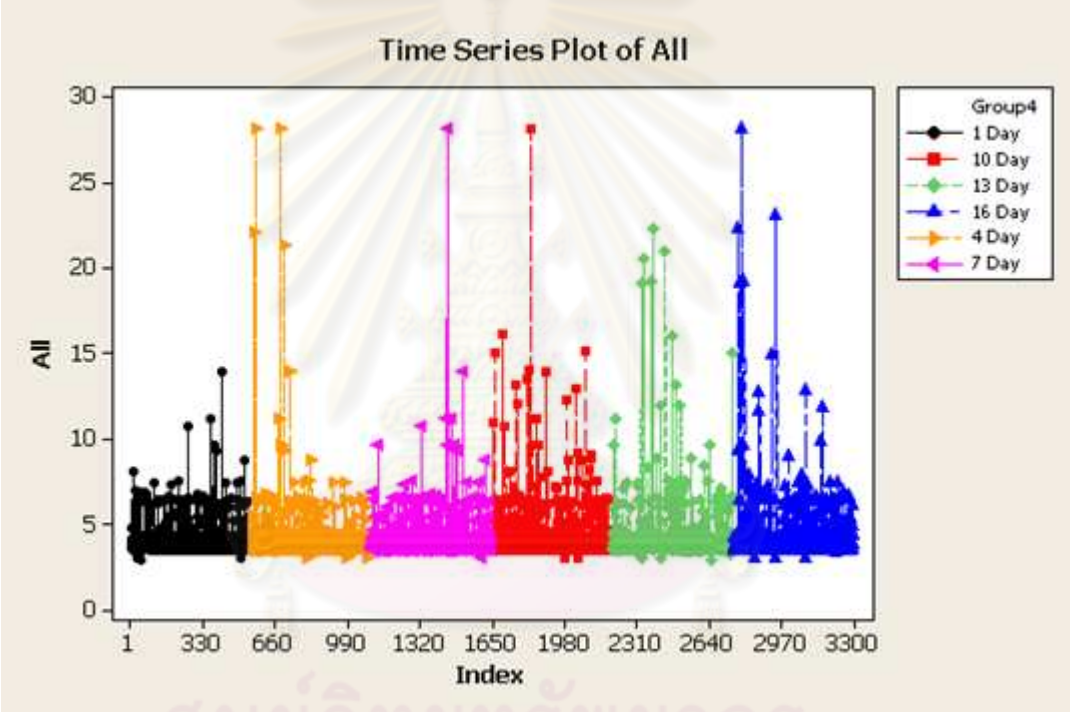
5.4.2 การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตเนื่องมาจากอิทธิพลของวัสดุที่จับยึดฝาปิด

<u>ปัญหา</u>

วัสดุที่จับยึดฝาปิดเป็นชิ้นส่วนที่สำคัญในการหยิบจับ สภาพของวัสดุที่จับยึดฝาปิดก็เป็นสาเหตุสำคัญต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต โดยอายุการใช้งานของวัสดุจับยึดฝาปิดย่อมส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบหยิบจับฝาปิด โดยปัจจุบันพนักงานช่างประจำเครื่องจักรจะเป็นผู้ทำการเปลี่ยนที่จับยึดตามสภาพของวัสดุที่จับยึด ซึ่งไม่มีการศึกษาที่ชัดเจนว่าระยะเวลาเท่าไรที่เหมาะสมที่จะเปลี่ยนวัสดุที่จับยึด

วิธีการปรับปรุง

ทำการเก็บข้อมูลรอบเวลาการ ณ การทำงานของวัสดุที่จับยึดที่อายุต่างกันคือ 1 วัน 4 วัน 7 วัน 10 วัน 13 วัน และ 16วัน แล้วนำมาพล็อตด้วย Time series analysis เพื่อดูว่าแนวโน้มความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุวัสดุที่จับยึดฝาปิดเปลี่ยนแปลงไปที่เวลาต่าง ๆ โดยกราฟที่ได้จากการพล๊อตเป็นดังรูปที่ 5.12 ซึ่งสามารถประมาณการได้ว่าความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตเริ่มมากขึ้นเมื่ออายุการใช้งานมากกว่า 7 วัน จึงสามารถประมาณการได้ว่าประสิทธิภาพการทำงานของวัสดุจับยึดชิ้นงานน่าจะน้อยลงหลังจากวันที่ 7 และควรจะทำการเปลี่ยน



รูปที่ 5.12 แสดงกราฟ Time series analysis ของอายุที่จับยึดฝาปิดกับรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร

การตั้งสมมติฐาน

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; อายุการใช้งานของวัสดุจับยึดฝาปิดไม่มีความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; อายุการใช้งานของวัสดุจับยึดฝาปิดมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI

การคำนวณสิ่งตัวอย่าง

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 550 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 550 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

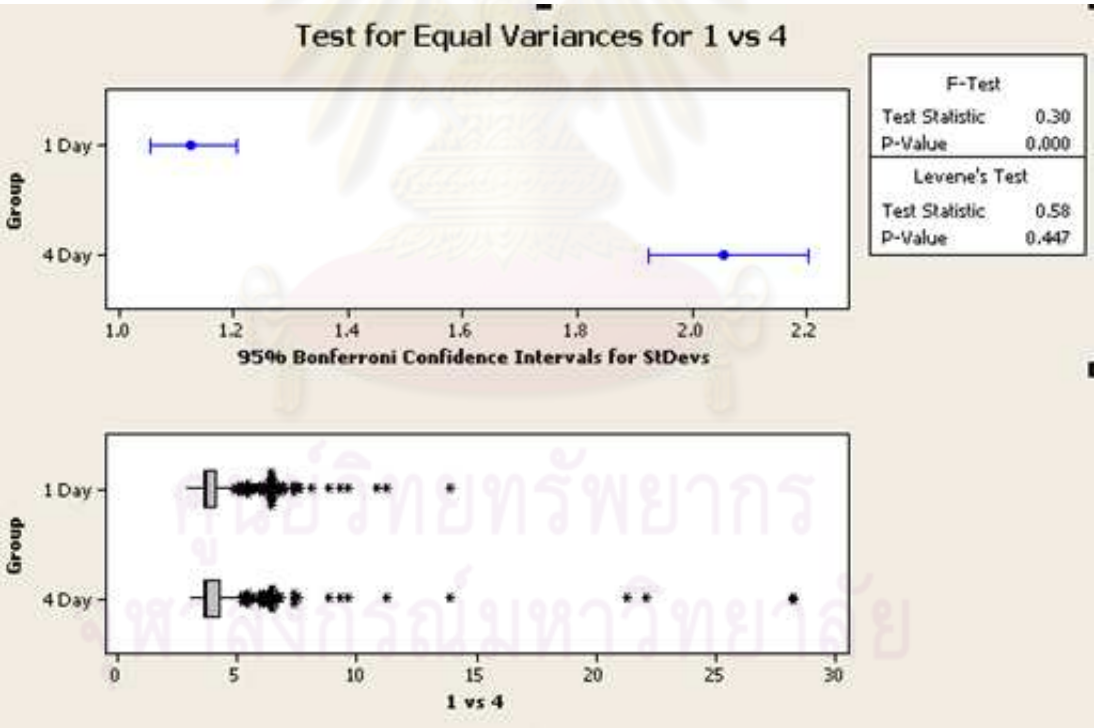
วิธีการทดลอง

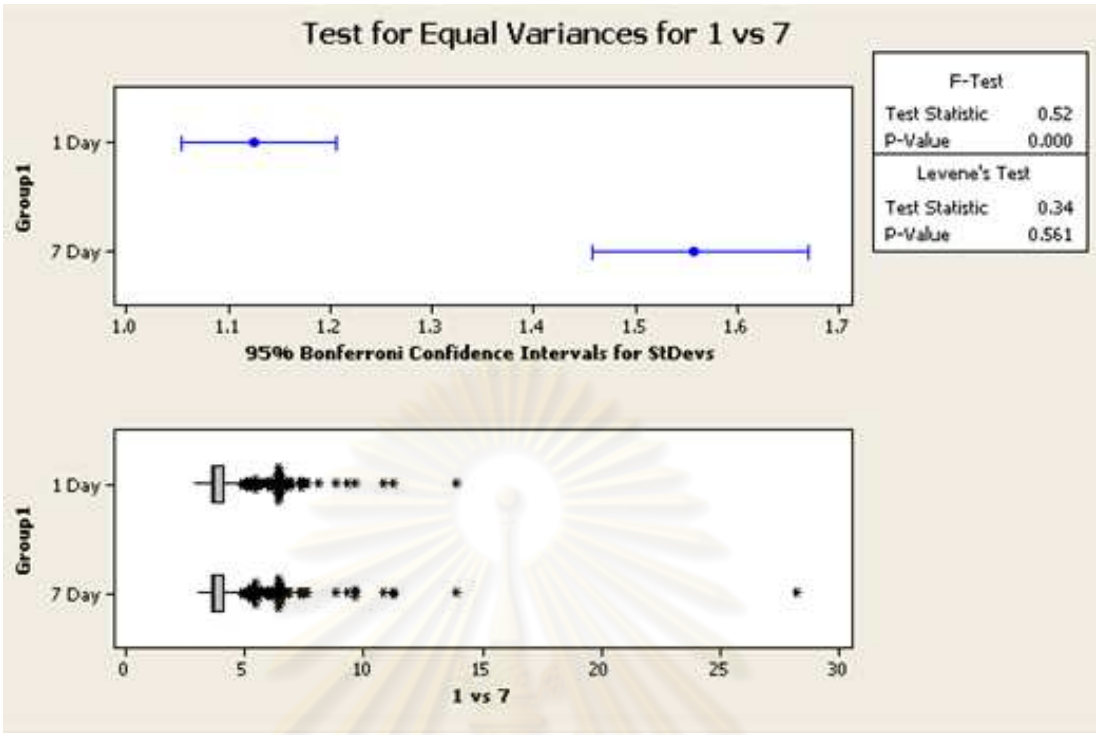
1. เตรียมฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากผู้ผลิตเดียวกัน รอบจัดส่งเดียวกัน พนักงานคนเดียวกัน และตะกร้ากลุ่มเดียวกันไว้ เพื่อทำการผลิตงาน 550 ชิ้น จำนวน 6 กลุ่ม

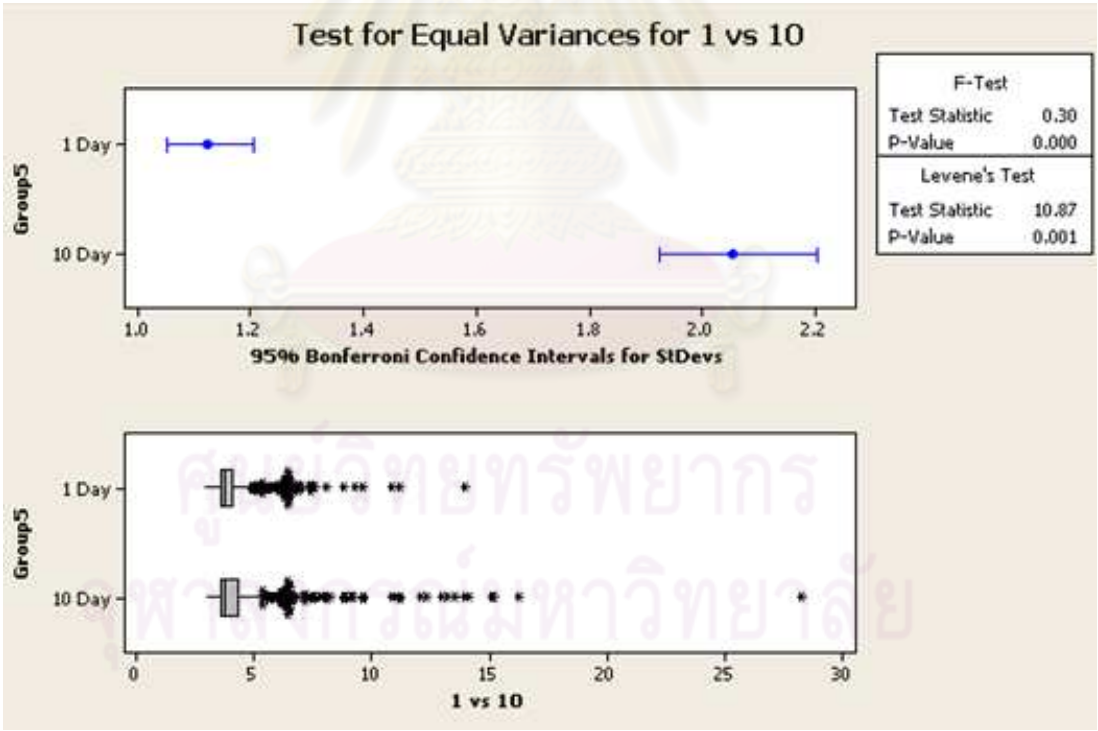
2. ทำการทดลองที่เครื่อง TCI โดยให้วัสดุในการจับฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่อายุใช้งานต่างกันดังนี้ คือ 1 วัน 4 วัน 7 วัน 10 วัน 13 วัน และ 16วัน

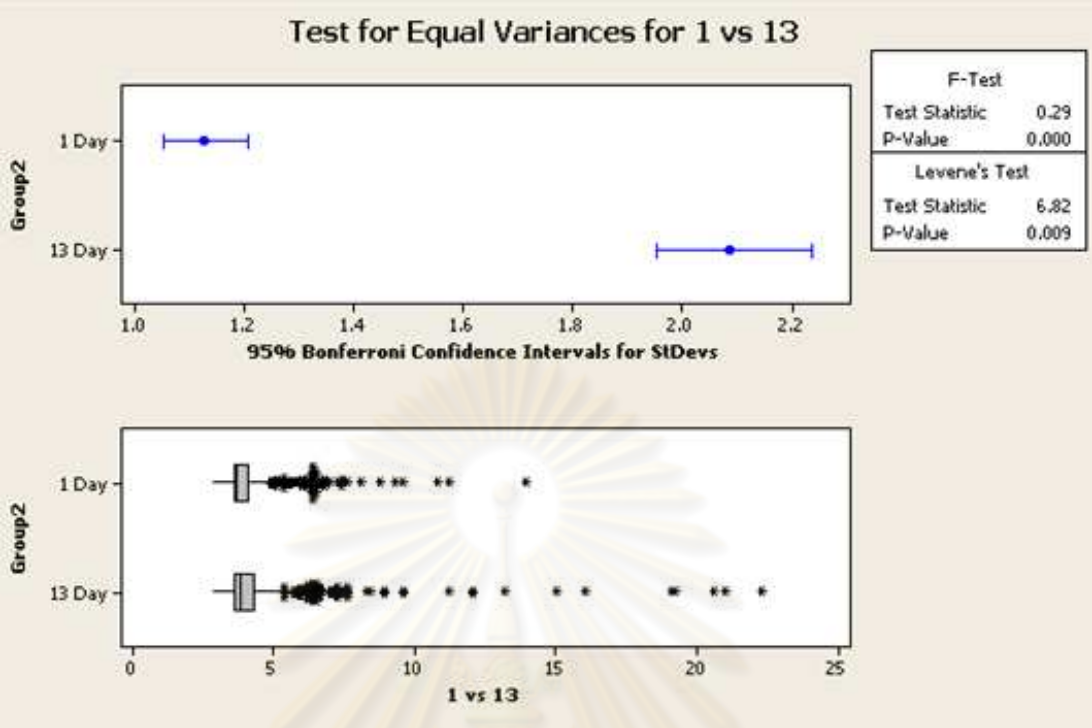
3. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งหกกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

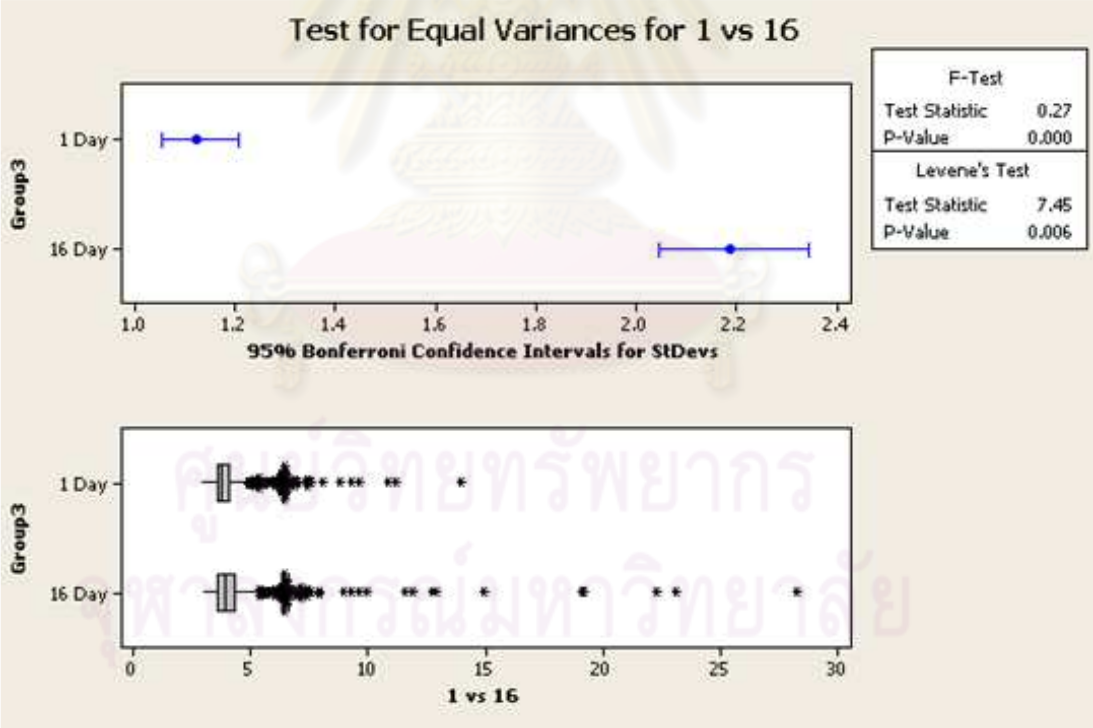
ผลการทดลองทางสถิติ




Test for Equal Variances for 1 vs 7
F-Test
Test Statistic 0.52
P-Value 0.000
Levene's Test
Test Statistic 0.34
P-Value 0.561
Group1
1 Day
7 Day
1.0 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 1.7
95% Bonferroni Confidence Intervals for StDevs
0 5 10 15 20 25 30
1 vs 7


Test for Equal Variances for 1 vs 10
F-Test
Test Statistic 0.30
P-Value 0.000
Levene's Test
Test Statistic 10.87
P-Value 0.001
Group5
1 Day
10 Day
1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 2.0 2.2
95% Bonferroni Confidence Intervals for StDevs
0 5 10 15 20 25 30
1 vs 10





ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.447 และ 0.561 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐาน H_0 และสรุปว่าไม่มีความ

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างอายุการใช้งานของที่จับยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 1 กับ 4 และ 7 วัน ในขณะที่ค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.001 0.009 และ 0.006 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างอายุการใช้งานของที่จับยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 1 กับ 10 และ 14 และ17 วัน

ซึ่งจาการทดลองสรุปว่าควรทำการเปลี่ยนที่จับยึดฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ทุก ๆ 7 วันเพื่อลดผลกระทบต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

5.4.3 การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตเนื่องจากอิทธิพลของการตั้งค่าของแขนกลตัวที่ 1

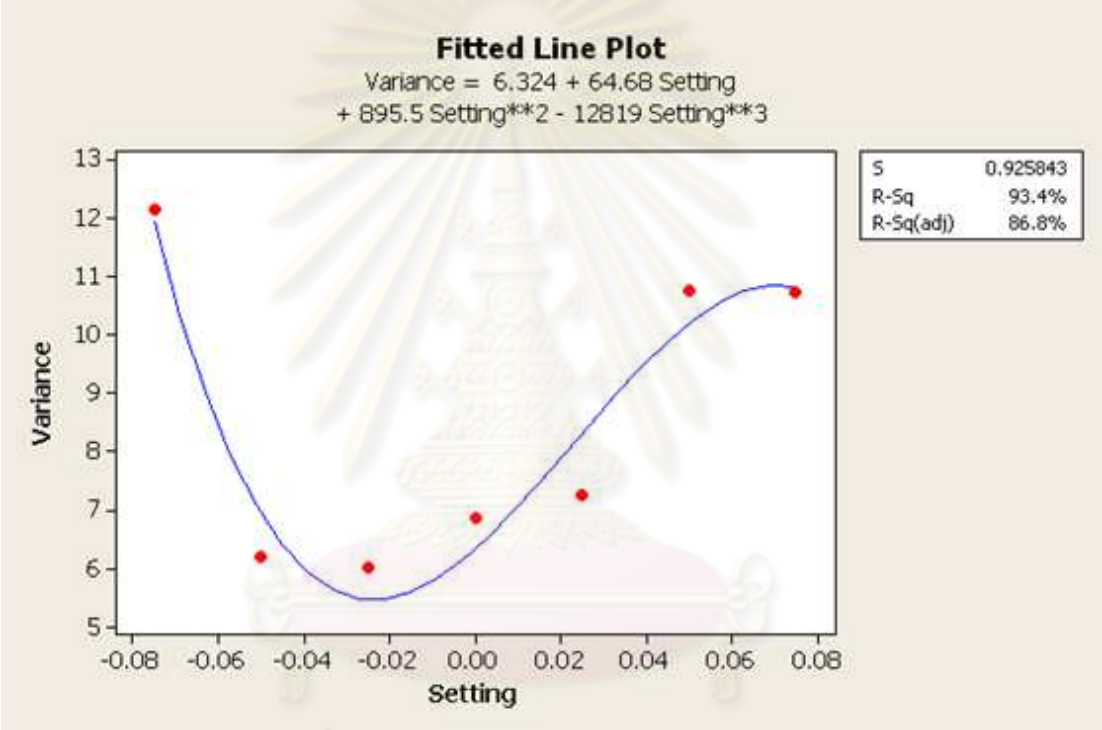
<u>ปัญหา</u>

แขนกลตัวที่ 1 ทำหน้าที่ในการหยิบฝาปิดจากตะกร้าใส่ฝาปิดมาวางบนตำแหน่งปรับระยะ การปรับตั้งระยะการเคลื่อนที่ของแขนกลที่ระยะไม่เหมาะสมย่อมส่งผลต่อความผิดพลาดของการหยิบจับฝาปิด โดยระยะการเคลื่อนที่ของแขนกลตามรูปที่ 5.13 จะทำการขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าและควบคุมระยะการเคลื่อนที่โดยเอ็นโคดเดอร์ โดยระยะที่สามารถกำหนดให้แขนกลเคลื่อนที่ได้ด้วยความละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร ดังนั้นการตั้งค่าที่เหมาะสมก็จะสามารถลดความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรได้เช่นกัน

รูปที่ 5.13 ระยะการเคลื่อนที่ของแขนกล

วิธีการปรับปรุง

ปัจจุบันแขนกลถูกตั้งค่ามาหยิบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ตำแหน่งแรกด้วยระยะ 46.500 เซนติเมตร โดยจะทดลองตั้งค่าระยะการเคลื่อนที่ของแขนกลที่ระยะต่าง ๆ คือ 46.575, 46.550, 46.525, 46.500, 46.475, 46.450 และ 46.425 เซนติเมตร แล้วทำการทดลองเพื่อหาความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของการตั้งค่าดังกล่าวทั้ง 7 ค่า แล้วนำความสัมพันธ์ระหว่างระยะและความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิต โดยใช้วิธี Regression เพื่อหาระยะที่ดีที่สุดในการปรับตั้งเครื่องจักรเพื่อลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 5.14



รูปที่ 5.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะการตั้งค่าแขนกลตัวที่1และความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต

การตั้งสมมติฐาน

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; ลดระยะการเคลื่อนที่ของแขนกล - 0.025 ซม ไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; ลดระยะการเคลื่อนที่ของแขนกล - 0.025 ซม มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต

การคำนวณสิ่งตัวอย่าง

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 550 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 550 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

วิธีการทดลอง

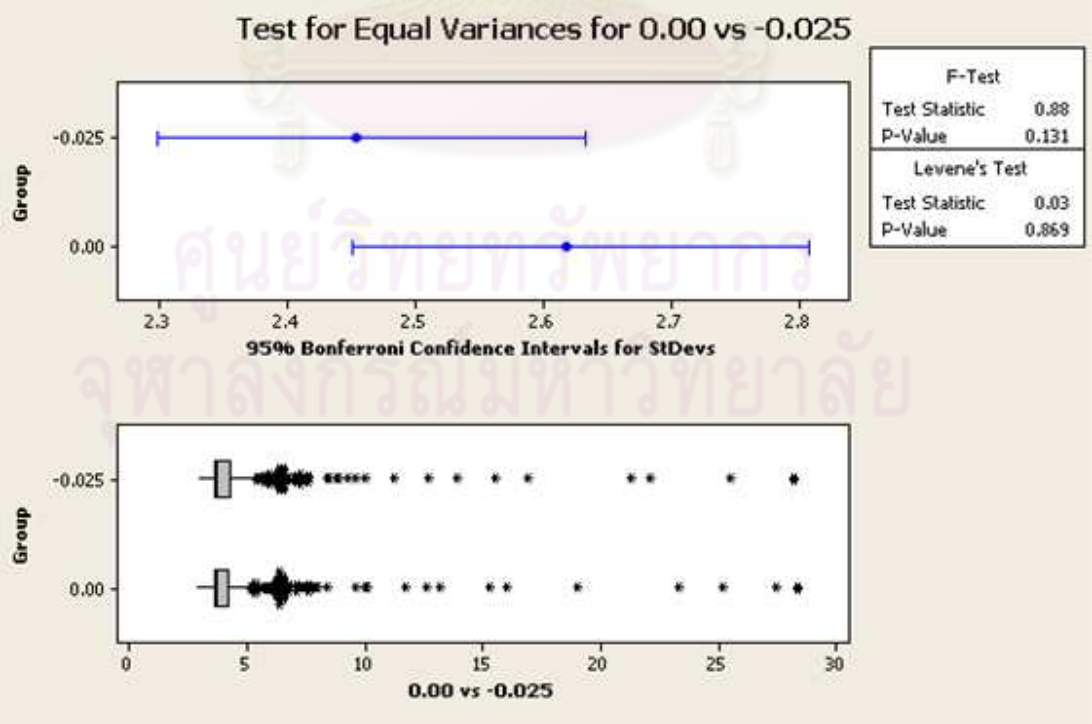
1. เตรียมฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากผู้ผลิตเดียวกัน รอบจัดส่งเดียวกัน พนักงานคนเดียวกัน และตะกร้ากลุ่มเดียวกันไว้ เพื่อทำการผลิตงาน 550 ชิ้น จำนวน 7 กลุ่ม

2. ทำการทดลองที่เครื่อง TCI โดยปรับระยะการเคลื่อนที่ของแขนกลที่ระยะต่าง ๆ คือ 46.575, 46.550, 46.525, 46.500, 46.475, 46.450 และ 46.425 เซนติเมตร

3. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้ง 7 กลุ่มมาทำการวิเคราะห์

ผลการทดลองทางสถิติ

จากรูปที่ 5.14 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะการตั้งค่าแขนกลตัวที่1และความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตจะเห็นว่า ที่ระยะการเคลื่อนที่ 46.475 เซนติเมตรเป็นระยะที่ดีที่สุด ที่ทำให้ความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตน้อยที่สุด โดยจะทำการทดสอบสมมติฐานก่อนและหลังการปรับปรุงดังนี้

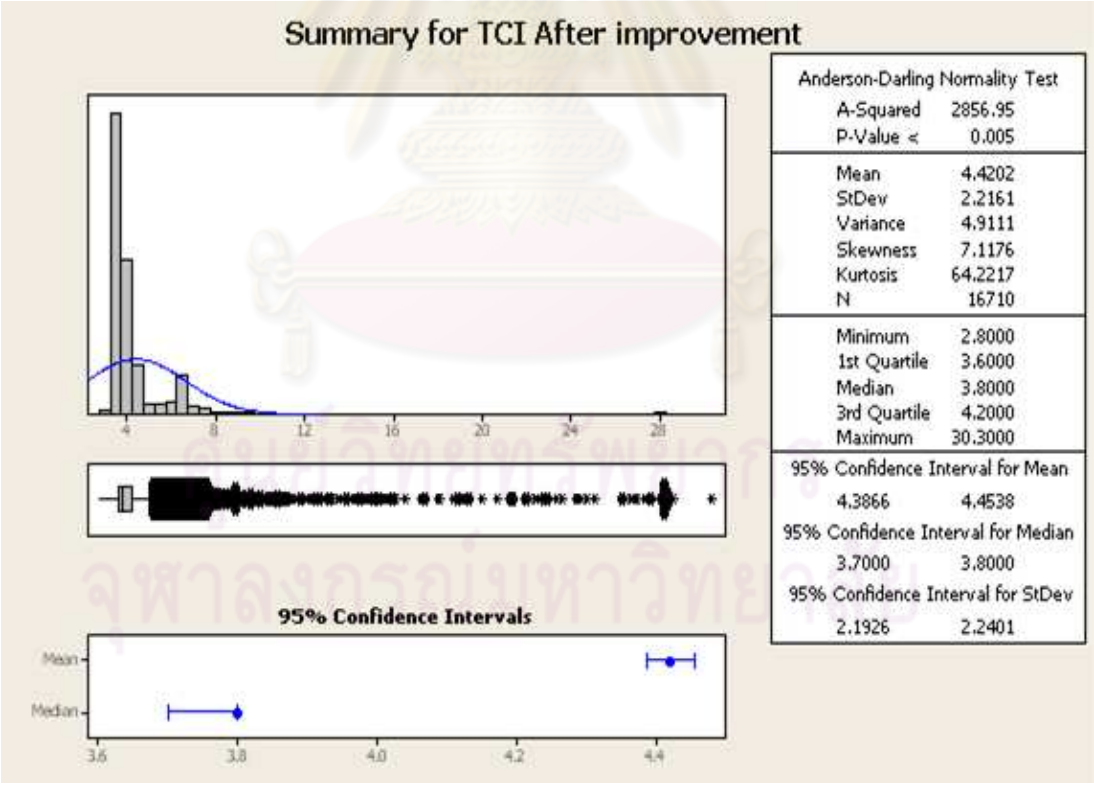


<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.869 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐาน H_0 และสรุปว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างการลดระยะการเคลื่อนที่ของแขนกล - 0.025 ซม กับระยะปกติ ซึ่งระยะที่ดีที่สุดในการปรับตั้งระยะการเคลื่อนที่ 46.475 เซนติเมตร จึงระบุเป็นการปรับตั้งมาตรฐานขึ้น

5.4.4 สรุปการปรับปรุงกระบวนการของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

เมื่อปรับปรุงกระบวนการทั้ง 3 วิธีการแล้วทำการเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ พบว่าความแปรปรวนหลังการปรับปรุงลดลงมาที่ 4.9111 ซึ่งสามารถปรับปรุงได้ 26.64%



โดยสามารถสรุปค่าทางสถิติของข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงได้ดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 เปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุง

ค่าทางสถิติ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
ค่าเฉลี่ย	4.5514	4.4202
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	2.5875	2.2161
ความแปรปรวน	6.6952	4.9111
โอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาที	23.50%	18.91%

5.5 บทสรุปการลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI

1. อิทธิพลที่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีด้วยกัน 3 ปัจจัยคือ อิทธิพลเนื่องมาจากตะกร้าใส่ฝาปิด อิทธิพลเนื่องมาจากวัสดุที่จับยึดฝาปิด และอิทธิพลเนื่องมาจากการตั้งค่าของแขนกลตัวที่ 1

2. เมื่อปรับปรุงกระบวนการทั้ง 3 วิธีการแล้วทำการเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ พบว่าความแปรปรวนหลังการปรับปรุงลดลงมาที่ 4.9111 ซึ่งสามารถปรับปรุงได้ 26.64%

3. สามารถสรุปเป็นแผนภาพการลำดับความสำคัญของกระบวนการแก้ไขปัญหา และกระบวนการการปรับปรุงกระบวนการได้ดังรูปที่ 5.15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. เก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทุกเครื่องจักรในสายการประกอบ

⇩

2. ทดสอบว่าข้อมูลตัวอย่างที่เก็บมามีคุณสมบัติเป็นตัวแปรแบบสุ่ม (Random Sample) หรือไม่ โดยการคุณสมบัติที่ไม่ขึ้นอยู่ด้วยกันและที่มีการกระจายเหมือนกัน (IID)

⇩

3. ทดสอบว่าจำนวนข้อมูลสุ่มมาเป็นตัวอย่างเพียงพอที่ความน่าเชื่อถือ 95%หรือไม่

⇩

4. ทดสอบว่าแต่ละเครื่องมีข้อมูลรอบเวลาการผลิตเหมือนการกระจาย (Distribution) ตัวแบบใดมากที่สุด

⇩

5. นำข้อมูลมาหาค่าทางสถิติซึ่งขึ้นอยู่กับว่าข้อมูลรอบเวลาการผลิตของแต่ละเครื่องจักรเหมือนการกระจายแบบใดในข้อที่ 4

⇩

6. หาโอกาสที่รอบเวลาการผลิตของแต่ละเครื่องจักรว่ามากกว่า 4.5 วินาที ว่าเป็นกี่เปอร์เซ็นต์

⇩

รูปที่ 5.15 สรุปการลำดับความสำคัญของกระบวนการแก้ไขปัญหาและการปรับปรุงกระบวนการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7. เปรียบเทียบว่าเครื่องจักรทั้งหมดเครื่องใดมีโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าค่าเป้าหมายมากที่สุด และเลือกมาทำการปรับปรุง

⇩

8. ศึกษารายละเอียดกระบวนการผลิตของเครื่องที่เลือกมาปรับปรุง เพื่อที่จะวิเคราะห์หาสาเหตุได้ครบถ้วนมากขึ้น

⇩

9. Brainstorm หาสาเหตุของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องที่จะปรับปรุงโดยใช้ Cause and Effect diagram

⇩

10. นำทุกสาเหตุที่ได้จากข้อ 9 มาทำFMEA เพื่อจัดลำดับความสำคัญสาเหตุของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต

⇩

11. เลือกสาเหตุที่มีค่า RPN สูงสุดใน 60% แรก เพื่อจะทำการปรับปรุงสาเหตุของปัญหาในขั้นตอนต่อไป

⇩

12. ออกแบบการทดลองและทดสอบสมมติฐานว่าสาเหตุใดมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรจริง

⇩

รูปที่ 5.15 สรุปการลำดับความสำคัญของกระบวนการแก้ไขปัญหาและรการปรับปรุงกระบวนการ (ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

13. ทำการปรับปรุงสาเหตุที่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตที่ได้จากข้อ 12 เพื่อลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต

⇩

14. ทดสอบสมมติฐานก่อนและหลังการปรับปรุงว่าความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตลดลงหลังการปรับปรุงหรือไม่

⇩

15. หาโอกาสที่รอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรที่ทำการปรับปรุงไปแล้วว่ามากกว่า 4.5 วินาทีกี่เปอร์เซ็นต์

⇩

16. กลับไปยังขั้นตอนที่ 7

รูปที่ 5.15 สรุปการลำดับความสำคัญของกระบวนการแก้ไขปัญหาและการปรับปรุงกระบวนการ (ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องลำดับถัดไป

6.1 วัตถุประสงค์

ลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรลำดับถัดไปโดยแนวทางการลำดับความสำคัญของกระบวนการแก้ไขปัญหาและการปรับปรุงกระบวนการ ตามแนวทางที่ออกแบบไว้ดังแสดงในรูปที่ 5.14

6.2 บทนำ

หลังจากการปรับปรุงความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI แล้ว หาโอกาสที่รอบเวลาการผลิตของแต่ละเครื่องจักรทั้ง 38 เครื่องจักรว่ามากกว่า 4.5 วินาทีว่าเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ แล้วนำมาเปรียบเทียบเพื่อที่จะจัดลำดับความสำคัญว่าควรจะปรับปรุงเครื่องจักรอะไรเป็นลำดับแรกจากทั้งหมด 38 เครื่องจักรอีกครั้ง ซึ่งหลังจากการปรับปรุงเครื่อง TCI แล้วทำให้ลำดับสูงสุดของโอกาสที่รอบเวลาการผลิตเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาที เป็นดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 เปรียบเทียบโอกาสที่รอบเวลาการผลิตเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาที

ลำดับที่	เครื่องจักร	โอกาสที่รอบเวลาการผลิตเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาที
1	BDL	22.60%
2	CS3	19.60%
3	TCI	18.91%
4	CSI1	16.10%
5	CS8	14.50%

เครื่องจักร BDL เป็นเครื่องจักรที่มีโอกาสที่รอบเวลาการผลิตเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาทีมากที่สุดจึงทำการปรับปรุงความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ตามแนวทาง ดังแสดงในรูปที่ 5.14 และหลังจากการปรับปรุงความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ทำให้ลำดับสูงสุดของโอกาสที่รอบเวลาการผลิตเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาที เป็นดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 เปรียบเทียบโอกาสที่รอบเวลาการผลิตเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาที

ลำดับที่	เครื่องจักร	โอกาสที่รอบเวลาการผลิตเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาที
1	CS3	19.60%
2	TCI	18.91%
3	CSI1	16.10%
4	BDL	16.02%
5	CS8	14.50%

ซึ่งเครื่องจักรที่มีโอกาสที่รอบเวลาการผลิตเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาทีมากที่สุดคือเครื่อง CS3 ดังนั้นเครื่อง CS3 ก็จะถูกเลือกเพื่อทำการปรับปรุงความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรตามแนวทางดังแสดงในรูปที่ 5.14

โดยรายละเอียดของการปรับปรุงเครื่องจักร BDL และ CS3 จะอธิบายในหัวข้อถัดไป

6.3 การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

6.3.1 การวิเคราะห์การไหลของกระบวนการผลิตโดยละเอียด (Micro process mapping) เครื่อง BDL

การวิเคราะห์การไหลโดยละเอียดจะทำการวิเคราะห์ที่กระบวนการที่เลือกจะปรับปรุงคือกระบวนการประกอบฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟโดยสามารถอธิบายขั้นตอนการทำงานของเครื่องประกอบฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (BDL) ได้ดังนี้

1. ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะถูกแกะออกจากกล่องและถุงบรรจุ
2. พนักงานฝ่ายผลิตจะทำการหยิบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมาวางเรียงในตะกร้า โดยหนึ่งตะกร้าจะประกอบด้วย 11 ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ
3. จากนั้นตะกร้าที่บรรจุด้วยฐานรอง จะถูกวางในตำแหน่งป้อนตะกร้าใส่ชิ้นงานเข้าเครื่องจักร
4. แขนกลตัวที่1 จะจับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากตะกร้าที่ละชิ้นมาวางตรงตำแหน่งปรับระยะ
5. แขนกลตัวที่2 จะจับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากตำแหน่งปรับระยะมาติดสติกเกอร์ระบุหมายเลขประจำตัวฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

6. แขนกลตัวที่2 จะจับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ติดสติกเกอร์แล้ววางลงบนสายพานลำเลียง

7. ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะหยุดที่ตำแหน่งติดตั้ง RFID แล้ว RFID จะถูกติดตั้งไปยังฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

8. ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเคลื่อนที่ไปยังเครื่องถัดไป

โดยสามารถแสดงแผนภาพการทำงานอย่างละเอียดของเครื่อง BDL ดังรูปที่ 6.1

รูปที่ 6.1 แสดงแผนภาพการวิเคราะห์การไหลอย่างละเอียดของเครื่อง BDL

6.3.2 การวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยผังแสดงเหตุและผลของเครื่อง BDL

โดยปัจจัยที่อาจจะมีอิทธิพลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDLมีดังนี้

6.3.2.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมาจากเครื่องจักร

6.3.2.1.1 การตั้งค่าการทำงานของระบบแขนกลตัวที่1

ระบบแขนกลที่ทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากตะกร้ามายังตำแหน่งปรับระยะ เนื่องจากตะกร้าวางฐานรองมีตำแหน่งที่วางฐานรองทั้ง 11ชิ้น ที่แตกต่างกัน ซึ่งแต่ละตำแหน่งจะต้องตั้งค่าการเคลื่อนที่ของแขนกลมาหยิบที่แตกต่างกัน การตั้งค่าระยะการเคลื่อนที่ที่ไม่เหมาะสมย่อมส่งผลต่อการหยิบฐานรองที่ผิดพลาด ซึ่งทำให้ฐานรองหล่นแล้วต้องมีการเริ่มต้นการทำงานใหม่ ย่อมส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตของรอบการผลิตนั้น ๆ

6.3.2.1.2 การตั้งค่าระบบการเคลื่อนย้ายตะกร้า

ฐานรองที่อยู่บนตะกร้าจะถูกลำเลียงเข้าเครื่องจักรเพื่อทำการประกอบดังแสดงในรูป 6.2 โดยเครื่องจะทำการหยิบจากตะกร้าทีละใบจนครบ 11 ฐานรอง แล้วก็จะทำการเปลี่ยนตะกร้าใหม่โดยกลับตะกร้าที่หมดลงด้านล่าง แล้วตะกร้าถัดไปก็จะเข้ามายังตำแหน่งทำงานแทน การตั้งระยะและทิศทางของตะกร้าย่อมส่งผลต่อความผิดพลาดของการหยิบของแขนกลตัวที่ 1 ต่อฐานรองเช่นกัน

รูปที่ 6.2 แสดงระบบการลำเลียงตะกร้าใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

6.3.2.1.3 การตั้งค่าที่ปรับตำแหน่ง Basedeck

ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก่อนที่จะถูกหยิบด้วยแขนกลตัวที่สองไปประกอบจะต้องถูกวางที่ตำแหน่งปรับระยะก่อน ดังแสดงในรูปที่ 6.3 เพื่อให้แขนกลตัวที่สองหยิบได้ตรงตามระยะที่จะไปวางลงบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ การปรับแต่งที่ปรับระยะของฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ไม่เหมาะสม ย่อมส่งผลต่อการวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ไม่เหมาะสมหรือผิดพลาดได้

รูปที่ 6.3 แสดงที่ปรับตำแหน่งฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

6.3.2.1.4 ความผิดพลาดของการทำงานของโปรแกรม

การประมวลผลของโปรแกรมที่ผิดพลาดหรือไม่สามารถประมวลผลได้ ย่อยต้องมีการเริ่มประมวลผลใหม่ทำให้การทำงานของเครื่องจักรต้องเสียเวลามากขึ้น

6.3.2.1.5 การตั้งค่าการทำงานของระบบแขนกลตัวที่2

แขนกลตัวที่สองทำหน้าที่ในการหยิบฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากตำแหน่งปรับระยะมาติดสติกเกอร์และวางบนสายพานลำเลียง การปรับตั้งระยะที่ไม่เหมาะสมย่อมส่งผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต

6.3.2.1.6 ระบบติดป้ายมีการทำงานที่ผิดพลาด

ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะต้องทำการติดป้ายระบุเลขประจำตัว เพราะที่เครื่อง BDL เป็นเครื่องแรกของสายการประกอบ การระบุเลขประจำตัวเป็นเป็นการเก็บข้อมูลว่าฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอันนี้ประกอบด้วยชิ้นส่วนที่มีที่มาจากอะไรบ้าง และเข้าประกอบที่สายการประกอบอะไร เวลาเท่าไร เมื่อมีการต้องการย้อนดูข้อมูลย้อนหลัง โดยเมื่อฐานรองถูกหยิบมาจากตำแหน่งปรับระยะเครื่องพิมพ์ก็จะทำการพิมพ์ลงบนสติกเกอร์และแขนกลตัวที่สองก็จะเคลื่อนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมาติดสติกเกอร์ ระบบการพิมพ์ที่ผิดพลาด หรือระบบการหมุนของสติกเกอร์ก็มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตได้เช่นกัน

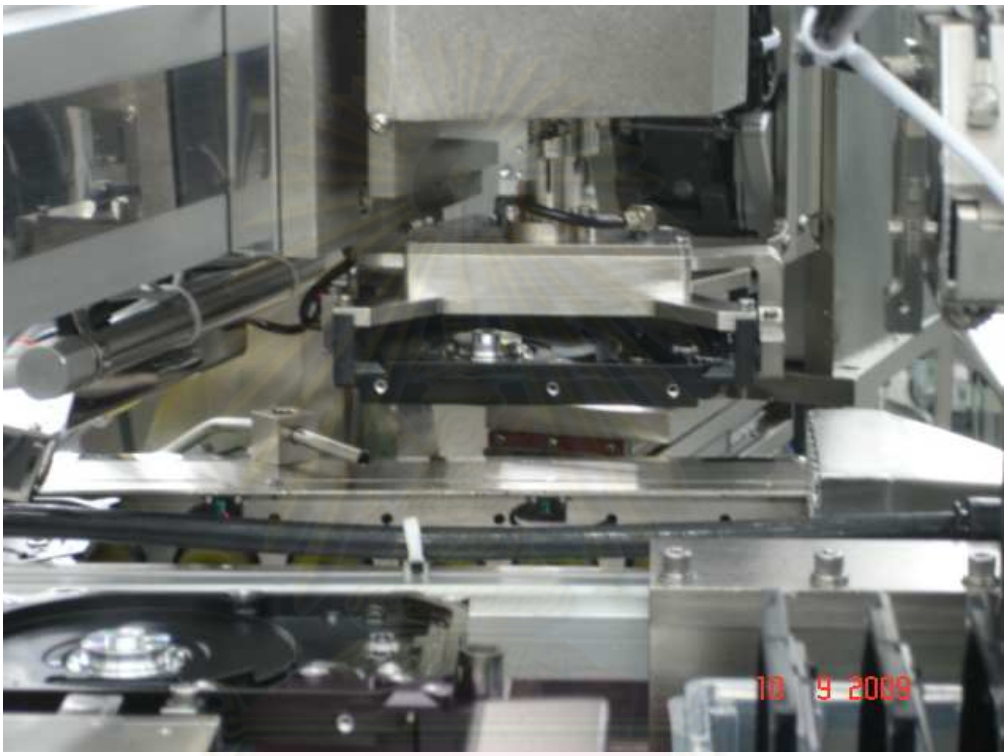
6.3.2.1.7 การลำเลียง RFID เกิดข้อผิดพลาด

ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะต้องถูกประกอบ RFID เข้าไปที่ฐานรองที่เครื่อง BDL ดังแสดงในรูปที่ 6.4 ซึ่งเป็นเครื่องแรกของสายการประกอบ โดย RFID จะทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลทุกอย่างของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวนี้ โดยตัวอย่างข้อมูลที่ถูกเก็บ เช่น รอบเวลาการผลิตที่เครื่องต่าง ๆ ค่าต่างที่เครื่องจักรได้ประกอบชิ้นส่วนเข้าไป ซึ่งจะเป็นตัวบอกว่าฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวนี้ผ่ายข้อกำหนดหรือไม่ โดยการติดตั้งหรือการลำเลียง RFID อาจจะเกิดข้อผิดพลาดหรือเกิดการติดขัดทำให้รอบเวลาการผลิตนั้นมีมากว่าปกติ

รูปที่ 6.4 แสดงการลำเลียงและติดตั้ง RFID บนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

6.3.2.1.8 ส่วนประกอบในการจับชิ้นงาน

ชิ้นส่วนของเครื่องจักร BDL ที่ใช้ในการหยิบจับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟดังแสดงในรูปที่ 6.5 จะทำมาจากพลาสติกแข็ง ซึ่งอาจจะเกิดการสึกหรอได้เมื่อทำงานไปเวลานาน ๆ ทำให้เกิดการหยิบจับที่ผิดพลาดได้

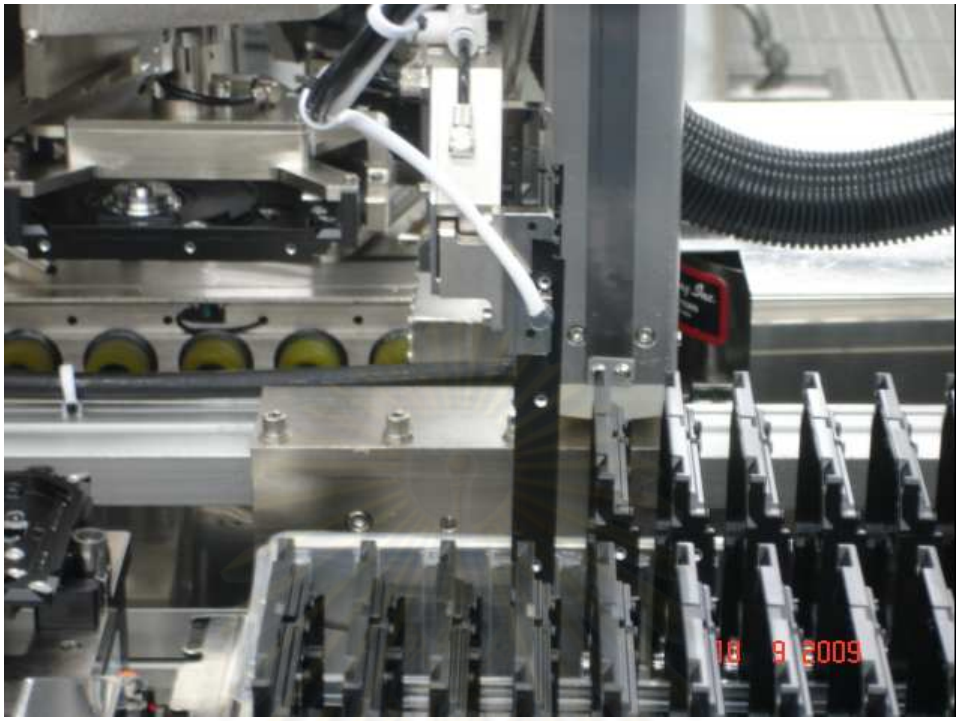


รูปที่ 6.5 แสดงที่หยิบจับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

6.3.2.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมาจากวิธีการทำงาน

6.3.2.2.1 การหยิบBasedeckที่ต่างตำแหน่งกัน

เนื่องจากฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟถูกวางใส่ตะกร้าก่อนเข้าเครื่องจักร โดยสามารถใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้ 11 ชิ้นต่อ 1 ตะกร้า ดังรูปที่ 6.6 ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะถูกป้อนเข้าเครื่องจักรในขณะทีอยู่ในตะกร้า แขนกลตัวที่ 1 จะทำการหยิบฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ละชิ้นเพื่อไปประกอบ เนื่องจากตำแหน่งของฐานรองตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ 30 มีระยะต่างกัน ทำให้ระยะการเคลื่อนที่ของแขนกลมีระยะที่ต่างกัน ซึ่งจะส่งผลต่อความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในแต่ละรอบ



รูปที่ 6.6 แสดงการหยิบจับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ต่างตำแหน่งกัน

6.3.2.2.2 การเปลี่ยนตะกร้าเมื่อ Basedeck หมด

เนื่องจากสามารถใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้ 11 ชิ้นต่อตะกร้าทำให้เมื่อเวลาฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟหมดตะกร้า เครื่องจักรจะต้องทำการเปลี่ยนตะกร้าใหม่ ซึ่งรอบเวลาการผลิตของชิ้นงานที่ต้องมีการเปลี่ยนตะกร้าด้วยอาจจะมีผลต่อรอบเวลาการผลิตที่เพิ่มขึ้น ทำให้ส่งผลกระทบต่อความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร

6.3.2.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมาจากสภาพแวดล้อม

6.3.2.3.1 ระบบลมที่ใช้ในเครื่องจักร

เครื่องประกอบฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟต้องอาศัยแรงลมในการเคลื่อนที่และการหยิบจับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมาประกอบ ความไม่สม่ำเสมอของระบบลมที่จ่ายให้เครื่องจักรทำให้การทำงานของเครื่องจักรทั้งระบบการเคลื่อนที่ ระบบการหยิบจับมีโอกาสผิดพลาดหรือมีโอกาสทำให้เวลาการทำงานของเครื่องจักรมีความแปรปรวนเกิดขึ้นได้ โดยระบบลมที่ใช้ในเครื่องจักรจะเป็นระบบลมจากศูนย์กลางซึ่งปล่อยมาให้แต่ละสายงานการประกอบในห้องสะอาดและจะถูกแยกออกมาในแต่ละสายงานการประกอบ แล้วจึงถูกแยกออกมาในแต่ละเครื่องจักรอีกทีหนึ่ง

6.3.2.3.2 ระบบไฟที่ใช้ในเครื่องจักร

เครื่องจักรต้องใช้ไฟฟ้าเพื่อเป็นตัวขับเคลื่อนการเคลื่อนที่ของระบบแขนกลและระบบหยิบจับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ อีกทั้งยังมีผลกับระบบการกำหนดระยะเคลื่อนที่และการกำหนดตำแหน่ง ระบบการจ่ายไฟที่อาจจะมีความไม่สม่ำเสมอเกิดขึ้นย่อมส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องจักรได้เช่นกัน

6.3.2.3.3 การสั่นสะเทือนของเครื่องจักร

ในการผลิตในห้องสะอาด ห้องสะอาดหนึ่ง ๆจะบรรจุสายการประกอบและแยกชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟประมาณ 18 สายงาน โดยแต่ละสายงานจะมีจำนวนเครื่องจักรในการทำงานประมาณ 30 ถึง 40 เครื่อง และยังมีการขนส่งส่วนประกอบที่ต้องทำการขนย้ายโดยพนักงาน ซึ่งย่อมก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนเกิดขึ้นได้บนพื้นการของห้องสะอาด การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นย่อมมีผลกระทบกับการประกอบชิ้นส่วนที่ต้องอาศัยความละเอียดสูงในการประกอบ ซึ่งการสั่นสะเทือนก็อาจจะเป็นสาเหตุหนึ่งของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรเช่นกัน

6.3.2.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมาจากพนักงานผู้ปฏิบัติงาน

6.3.2.4.1 ความชำนาญของผู้ปฏิบัติงาน

พนักงานที่มีหน้าที่ดูแลเครื่องจักรจะต้องทำการใส่ตะกร้าที่บรรจุฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าไปในเครื่องเมื่อฝาปิดถูกหยิบไปประกอบจนเกือบหมด การวางตะกร้าของพนักงานที่ไม่ได้ระยะตามที่กำหนดก็ส่งผลต่อการหยิบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไปประกอบได้เช่นกัน อีกทั้งเมื่อเครื่องจักรเกิดการขัดข้องเล็กน้อยซึ่งต้องอาศัยการทำงานของพนักงานเข้าไปแก้ไข ความชำนาญและความรวดเร็วในการแก้ไขก็ส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตด้วยเช่นกัน

6.3.2.4.2 การบังระบบความปลอดภัยของเครื่องจักร

เนื่องจากเครื่องจักรถูกออกแบบให้มีระบบรักษาความปลอดภัย เพื่อป้องกันมิให้พนักงานยื่นอวัยวะเข้าไปในตัวเครื่องขณะที่เครื่องทำงานอยู่เพื่อป้องกันมิให้เกิดอุบัติเหตุและอันตรายต่อตัวพนักงาน แต่ก็มีบางกรณีที่พนักงานมักปิดบังระบบเซนเซอร์ของเครื่องทำให้เครื่องต้องมีการหยุดทำงานกลางคันและต้องเริ่มทำงานใหม่ ทำให้รอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรมีค่าสูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อความแปรปรวนที่เพิ่มขึ้นด้วย

6.3.2.5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมาจากวัตถุดิบ

6.3.2.5.1 ผู้ผลิต Basedeck

ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของผลิตภัณฑ์รุ่นนี้ จะถูกสั่งซื้อกับผู้ผลิตทั้งหมดสองที่ ซึ่งกระบวนการผลิตของทั้งสองที่อาจจะมีข้อแตกต่างกันออกไป และคุณภาพของฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่ว่าจะเป็น ขนาดกว้าง ยาว สูง ความเรียบ ความมัน น้ำหนัก ก็ย่อมมีความแตกต่างกันออกไปในแต่ละผู้ผลิต ซึ่งความแตกต่างเหล่านี้ย่อมส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตของเครื่องจักร ละอาจจะส่งผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟด้วยก็ได้

6.3.2.5.2 Basedeckไม่ผ่านข้อกำหนด

การที่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ไม่ผ่านข้อกำหนดเช่น ขนาดกว้าง ยาว สูง ไม่ได้มาตรฐาน ปะปนเข้ามาสู่กระบวนการผลิต ทำให้เครื่องจักรไม่สามารถหยิบหรือติดตั้งได้ตามที่ได้ตั้งค่าของเครื่องจักรไว้ ทำให้ต้องมีการเสียจังหวะในรอบการผลิตนั้นไป ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิตทำให้เกิดความแปรปรวนเกิดขึ้น

6.3.2.5.3 ตะกร้าใส่ Basedeck

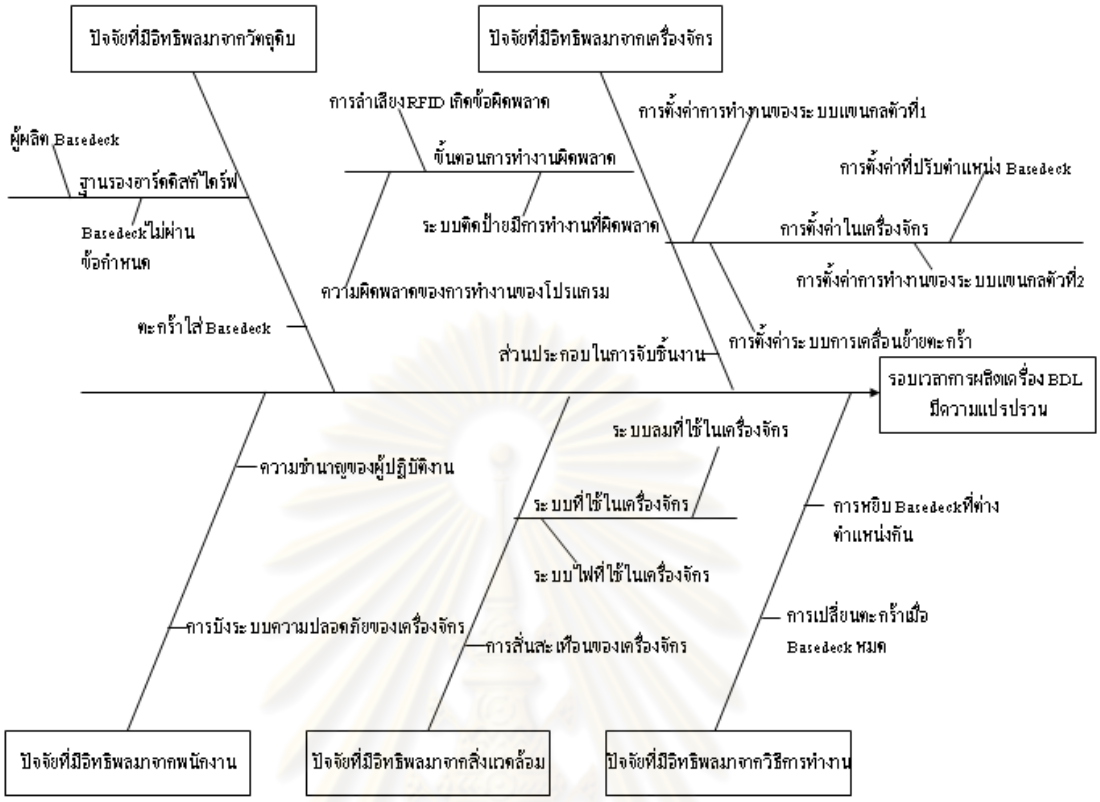
ตะกร้าใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟดังแสดงในรูปที่ 6.7 อาจจะเสียรูป ทำให้ชิ้นงานมีการวางในตำแหน่งที่ไม่สามารถหยิบได้โดยแขนกล หรือตะกร้าที่ขนาดไม่ได้มาตรฐานปะปนเข้ามาในกระบวนการผลิต ทำให้เครื่องจักรไม่สามารถทำงานได้ ซึ่งจะส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตซึ่งจะทำให้ความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตสูงขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 6.7 แสดงตะกร้าใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

โดยเมื่อทำการระดมความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดสามารถเขียนแผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ที่อาจจะเป็นสาเหตุให้เกิดความรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ได้ ดังแสดงในรูปที่ 6.8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.8 แสดงผังเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

ของสาเหตุความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

6.3.3 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของเครื่อง BDL

การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของเครื่อง BDL ดังแสดงวิธีการดังนี้

6.3.3.1 การกำหนดระดับความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร BDL (Severity of Effect: S)

จากการเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร BDL พบว่า รอบเวลาการผลิตสูงสุดที่พบคือ 37.2 วินาที ในขณะที่รอบเวลาการผลิตเป้าหมายคือ 4.5 วินาที เมื่อต้องการแบ่งระดับความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร BDL เป็น 10 ระดับ ดังนั้นการทำงานของเครื่องจักรที่มีค่าเกิน 4.5 วินาทีถือได้ว่าทำงานผิดพลาด ซึ่งสามารถแบ่งช่วงระดับของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรได้โดยการคำนวณนี้

$$\text{ช่วงของรอบเวลาการผลิต} = \frac{\text{รอบเวลาการผลิตสูงสุด} - \text{รอบเวลาการผลิตเป้าหมาย}}{\text{จำนวนของระดับที่ต้องการ}}$$

เมื่อแทนค่าจะได้

$$\text{ช่วงของรอบเวลาการผลิต} = \frac{37.2 - 4.5}{10}$$

$$= 3.27 \text{ วินาที}$$

เพราะฉะนั้นระดับความรุนแรงที่ช่วงที่ 1 จะมีค่าของรอบเวลาการผลิตตั้งแต่ 4.5 ถึง 4.5+3.27 วินาที ซึ่งก็คือ 4.5 ถึง 7.77 วินาทีนั่นเอง ส่วนช่วงที่สองจะมีค่าของรอบเวลาการผลิตตั้งแต่ 7.78 ถึง 7.78+3.27 วินาที ซึ่งก็คือ 6.78 ถึง 11.05 วินาทีนั่นเอง ซึ่งจะได้ระดับความรุนแรงทั้งหมด 10 ระดับซึ่งก็คือรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ในแต่ละช่วงดังแสดงในตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 แสดงระดับความรุนแรงของผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

รายละเอียดความรุนแรงที่เกิดขึ้น	รอบเวลาการผลิต (วินาที)	ระดับความรุนแรง
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 4.50 - 7.77 วินาที	4.50 - 7.77	1
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 7.78 - 11.05 วินาที	7.78 - 11.05	2
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 11.06 - 14.33 วินาที	11.06 - 14.33	3
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 14.34 - 17.61 วินาที	14.34 - 17.61	4
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 17.62 - 20.89 วินาที	17.62 - 20.89	5
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 20.90 - 24.17 วินาที	20.90 - 24.17	6
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 24.18 - 27.45 วินาที	24.18 - 27.45	7
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 27.46 - 30.73 วินาที	27.46 - 30.73	8
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่าอยู่ระหว่าง 30.47 - 34.01 วินาที	30.47 - 34.01	9
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีค่ามากกว่า 34.02 วินาที	34.02 ขึ้นไป	10

6.3.3.2 ความถี่หรือโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาดของเครื่อง BDL (Occurrence, Probability of Failure: O)

จากการสุ่มตัวอย่างเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร BDL พบว่า โอกาสที่รอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL มีค่าสูงกว่ารอบเวลาการผลิตเป้าหมายคือ 4.5 วินาที มีค่าเท่ากับ 22.6% ซึ่งถ้ากำหนดระดับของโอกาสที่พบรอบเวลาการผลิตมากกว่าค่าเป้าหมายไว้ที่ 10 ระดับ จะมาสามารถกำหนดโอกาสในแต่ละช่วงระดับได้จากการคำนวณดังนี้

$$\text{ช่วงของโอกาส} = \frac{\text{โอกาสที่รอบเวลาการผลิตสูงกว่าค่าเป้าหมาย}}{\text{จำนวนของระดับที่ต้องการ}}$$

เมื่อแทนค่าจะได้

$$\text{ช่วงของโอกาส} = \frac{22.6}{10}$$

$$= 2.26\ \%$$

เพราะฉะนั้นระดับของโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาดต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ที่ช่วงที่ 1 จะมีค่าตั้งแต่ 0.00% ถึง 2.26% ส่วนช่วงที่สองจะมีค่าของรอบเวลาการผลิตตั้งแต่ 2.27% ถึง 4.53% ซึ่งจะได้ระดับระดับความถี่หรือโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาดต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ทั้งหมด 10 ระดับดังแสดงในตารางที่ 6.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.4 แสดงระดับความถี่หรือโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาดต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

รายละเอียดความถี่หรือโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาด	โอกาสที่เกิดข้อผิดพลาด	ระดับโอกาส
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 0.00 - 2.26 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	0.00 - 2.26 %	1
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 2.27 - 4.53 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	2.27 - 4.53 %	2
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 4.54 - 6.80 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	4.54 - 6.80 %	3
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 6.81 - 9.07 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	6.81 - 9.07 %	4
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 9.08 - 11.34 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	9.08 - 11.34 %	5
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 11.35 - 13.61 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	11.35 - 13.61 %	6
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 13.62 - 15.88 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	13.62 - 15.88%	7
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 15.89 - 18.15 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	15.89 - 18.15 %	8
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 18.16 - 20.42 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	18.16 - 20.42 %	9
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 20.43 ตัวขึ้นไปจากการผลิต 100 ตัว	20.43 % ขึ้นไป	10

6.3.3.3 ระบบตรวจจับความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นของเครื่อง BDL (Detection, Likelihood that control will detect Failure: D)

การที่ระบบการตรวจวัดกระบวนการทำงานที่ผิดพลาดของเครื่องจักร หรือวัตถุดิบไม่ได้มาตรฐาน เกิดความผิดพลาดเกิดขึ้น ทำให้มีความผิดพลาดหลุดเข้ามาสู่ระบบ จำนวนความ

ผิดพลาดที่มีโอกาสเข้ามาสู่ระบบโดยระบบการตรวจวัดผิดพลาดสามารถแบ่งแยกออกเป็น 10 ระดับ ดังตารางที่ 6.5

ตารางที่ 6.5 แสดงระดับถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบ

รายละเอียดระบบตรวจจับความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้น	ความผิดพลาดหลุดเข้าสู่ระบบ	ระดับการตรวจจับ
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 10,000	1 ใน 10,000	1
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 5,000	1 ใน 5,000	2
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 2,000	1 ใน 2,000	3
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 1,000	1 ใน 1,000	4
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 500	1 ใน 500	5
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 200	1 ใน 200	6
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 100	1 ใน 100	7
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 50	1 ใน 50	8
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 20	1 ใน 20	9
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 10	1 ใน 10	10

6.3.3.4 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

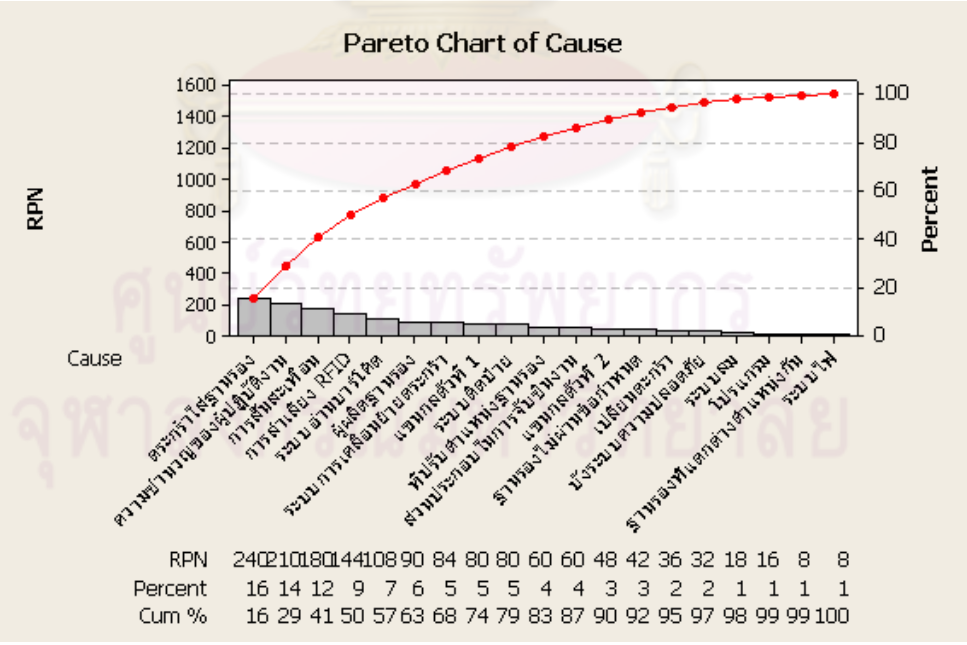
กระบวนการ	ข้อบกพร่องเกิดมาจาก	ข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้น	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น	SEV	สาเหตุที่เป็นไปได้	OCC	วิธีการควบคุมในปัจจุบัน	DET	RPN
เครื่องใส่ฐานรองสาร์ดลิสท์ไดร์ฟสู่สายงานการประกอบ BDL	วิธีการทำงาน	การหยิบฐานรองที่ผลิตต่างตำแหน่งกัน	ระยะเคลื่อนตัวของแขนกลเพื่อไปหยิบฐานรองที่ต่างตำแหน่งกัน	1	การวางฐานรองสาร์ดลิสท์ไดร์ฟในตระกร้าที่ตำแหน่งต่างกัน	4	พนักงานสามารถวางได้ในช่องที่กำหนดเท่านั้นเนื่องจากการออกแบบของตระกร้า	2	8
		เกิดการรอระหว่างการเปลี่ยนตะกร้าเมื่อฐานรองหมด	เกิดการรอระหว่างขั้นตอนการเปลี่ยนตระกร้า	2	เมื่อฐานรองถูกใช้จนครบ 15 ชิ้น	2	ไม่มี	9	36
	สิ่งแวดล้อม	การสั่นสะเทือนของเครื่องจักร	ทำให้การเคลื่อนที่ไปยังระยะที่ตั้งไว้ผิดพลาด	4	การสั่นสะเทือนที่เกิดจากเครื่องจักร BDL เองและเครื่องจักรที่ติดกัน	5	ไม่มี	9	180
		ระบบไฟที่ใช้ในเครื่องจักร	ทำให้การเคลื่อนที่ของเครื่องจักรผิดตำแหน่ง หรือช้าไป	2	การจ่ายไฟเพื่อใช้ในเครื่องจักรไม่สม่ำเสมอ	2	อุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้า	2	8
		ระบบลมที่ใช้ในเครื่องจักร	ทำให้การเคลื่อนที่ของเครื่องจักรผิดตำแหน่ง หรือช้าไป	3	การจ่ายลมเพื่อใช้ในเครื่องจักรไม่สม่ำเสมอ หรือระดับน้อยกว่าที่ต้องการ	3	มีระบบเกจวัดลม	2	18
	พนักงาน	บังระบบความปลอดภัยของเครื่องจักร	เครื่องหยุดการทำงาน	2	พนักงานเผลอ	2	มีระบบการฝึกอบรม ข้อควรระวังและจะมีเสียงเตือนเมื่อมีการบังระบบความปลอดภัย	8	32
		ความชำนาญของผู้ปฏิบัติงาน	การแก้ไขข้อผิดพลาดการทำงานใช้เวลานาน	7	พนักงานใหม่ ไม่มีความเชี่ยวชาญ	5	ระบบการบันทึกการฝึกอบรม	6	210
	วัตถุดิบ	ผู้ผลิตฐานรองสาร์ดลิสท์ไดร์ฟ	ฐานรองสาร์ดลิสท์ไดร์ฟมีมาตรฐานผลต่างกันซึ่งส่งผลต่อการตั้งค่าต่างๆของเครื่องจักรที่ผิดพลาด	5	คุณภาพของแต่ละผู้ผลิตแตกต่างกัน	6	มีแผนภูมิควบคุมจากผู้ผลิตและการสุ่มตรวจ	3	90
		ฐานรองไม่ผ่านข้อกำหนด	เครื่องจักรไม่สามารถวางฐานรองได้	7	ขนาดของฐานรองไม่ได้มาตรฐาน	3	มีแผนภูมิควบคุมจากผู้ผลิตและการสุ่มตรวจ	2	42
		ตระกร้าใส่ฐานรองสาร์ดลิสท์ไดร์ไม่ได้มาตรฐาน	การหยิบฐานรองผิดพลาด	6	ขนาดของตระกร้าไม่ได้มาตรฐานหรือมีการเปลี่ยนรูปร่างระหว่างกระบวนการผลิต	5	ดูด้วยตา	8	240
	เครื่องจักร	การทำงานที่ผิดพลาดจากการตั้งค่าการทำงานของแขนกลตัวที่ 1	ไม่สามารถหยิบฐานรองสาร์ดลิสท์ไดร์ฟจากตระกร้าได้	5	การตั้งค่าระยะการเคลื่อนที่ที่ผิดพลาด	4	มีการระบุการตั้งค่าที่เป็นมาตรฐานของแต่ละเครื่อง	4	80
		ระบบการเคลื่อนย้ายตระกร้าไม่ตรงตามตำแหน่ง	ไม่สามารถหยิบฐานรองสาร์ดลิสท์ไดร์ฟจากตระกร้าได้	7	การตั้งค่าระยะการเคลื่อนที่ที่ผิดพลาด	3	มีการระบุการตั้งค่าที่เป็นมาตรฐานของแต่ละเครื่อง	4	84
		การตั้งค่าที่ปรับตำแหน่งฐานรองสาร์ดลิสท์ไดร์ฟ ที่ไม่เหมาะสม	การวางฐานรองสาร์ดลิสท์ไดร์ฟผิดพลาดได้	5	การปรับตั้งระยะไม่ได้มาตรฐาน	3	มีเกจในการปรับตั้งเครื่องจักร	4	60
		ความผิดพลาดของการทำงานของโปรแกรม	ครั้งแรกทำงานของโปรแกรมใหม่	4	การเขียนโปรแกรมผิดพลาด	2	ก่อนการรองโปรแกรมใหม่จะมีการทดสอบโดยวิศวกรผู้ออกแบบ	2	16
		การทำงานที่ผิดพลาดจากการตั้งค่าการทำงานของแขนกลตัวที่ 2	ไม่สามารถหยิบฐานสาร์ดลิสท์ไดร์ฟจากที่ปรับตำแหน่ง	4	การตั้งค่าระยะการเคลื่อนที่ที่ผิดพลาด	4	มีการระบุการตั้งค่าที่เป็นมาตรฐานของแต่ละเครื่อง	3	48
		ระบบผิดป้ายมีการทำงานที่ผิดพลาด	เกิดการอ่านข้อมูลผิดพลาด	4	การปรับตั้งไม่ได้ระยะ	5	มีการระบุการตั้งค่าที่เป็นมาตรฐานของแต่ละเครื่อง	4	80
		การสำเลียง RFID เกิดข้อผิดพลาด	ใช้เวลานานขึ้นในการสำเลียง	6	ระบบรางสำเลียงผิดพลาด	6	ตรวจสอบตอนทำการบำรุงรักษา	4	144
		ระบบอ่านบาร์โค้ด	เวลาในการอ่านข้อมูลไม่สม่ำเสมอ	6	ประสิทธิภาพเครื่องอ่าน	6	ตรวจสอบตอนทำการบำรุงรักษา	3	108
		ส่วนประกอบในการจับชิ้นงานเสื่อมสภาพ	การจับฐานรองไม่แน่น	5	การออกแบบที่ไม่เหมาะสม	3	ทดลองใช้แล้วปรับปรุง	4	60

รูปที่ 6.9 แสดงการวิเคราะห์ FMEA ของเครื่อง BDL

หลังจากที่ทำการกำหนดระดับคะแนนของค่าระดับผลกระทบ ความถี่ และความสามารถในการตรวจจับ ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องจะทำการให้คะแนนของแต่ละสาเหตุของปัญหาดังแสดงในรูปที่ 6.9 ก็สามารถกำหนดระดับ RPN (Risk Priority Number) ของแต่ละสาเหตุ ซึ่งสาเหตุของปัญหาที่มีค่า RPN สูงสุดในลำดับต้นๆ 60% แรกคือ

1. สาเหตุจากตะกร้าใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่ได้มาตรฐานมีค่า RPN ที่ 240
2. สาเหตุจากความชำนาญของผู้ปฏิบัติงานมีค่า RPN ที่ 210
3. สาเหตุจากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรมีค่า RPN ที่ 180
4. สาเหตุจากการทำงานที่ผิดพลาดของการลำเลียง RFID มีค่า RPN ที่ 144
5. สาเหตุจากระบบการอ่านบาร์โคดมีค่า RPN ที่ 108
6. สาเหตุจากผู้ผลิตฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่แตกต่างกันมีค่า RPN ที่ 90

จากการวิเคราะห์หาความรุนแรงของสาเหตุของปัญหาจาก FMEA ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL สามารถสรุปเป็นแผนผังพาเรโตของค่า RPN ของแต่ละสาเหตุของปัญหาได้ดังรูปที่ 6.10



รูปที่ 6.10 แสดงแผนภูมิพาเรโตของความรุนแรงจากการวิเคราะห์ด้วย FMEA ของเครื่อง BDL

6.3.4 การทดสอบสมมติฐานของเครื่อง BDL

จากการวิเคราะห์ FMEA ของเครื่องจักร BDL ในหัวข้อ 6.3.3 ทำให้สามารถสรุปว่าปัจจัยที่อาจจะมีอิทธิพลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร BDL 6 อันดับแรกคือ

1. อิทธิพลเนื่องมาจากตะกร้าใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ
2. อิทธิพลเนื่องมาจากความชำนาญของพนักงานควบคุมเครื่องจักร
3. อิทธิพลเนื่องมาจากการสั่นสะเทือน
4. อิทธิพลเนื่องมาจากการลำเลียง RFID
5. อิทธิพลเนื่องมาจากผู้ผลิตฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ
6. อิทธิพลเนื่องมาจากระบบอ่านบาร์โค้ด

ซึ่งจะทำการตั้งสมติฐานและทดสอบสมมติฐานเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผมต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรต่อไป

6.3.4.1 วิเคราะห์อิทธิพลเนื่องมาจากตะกร้าใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

<u>ปัญหา</u>

ตะกร้าใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทำจากสเตนเลส ซึ่งทำหน้าที่ใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟโดยสามารถใส่ได้ 12 ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เพื่อทำหน้าที่ลำเลียงฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าเครื่องจักร คุณภาพ ขนาดที่ไม่ได้มาตรฐาน หรือการเสียรูปที่เนื่องจาการใช้งานก็อาจจะเป็นสาเหตุหนึ่งของการทำงานที่ผิดพลาดของเครื่องจักร และส่งผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก็เป็นไปได้

<u>การตั้งสมมติฐาน</u>

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; คุณภาพของตะกร้าใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; คุณภาพของตะกร้าใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

<u>การคำนวณสิ่งตัวอย่าง</u>

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความ

ผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 600 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

Power and Sample size

Sample size for comparing two sample standard deviations

Alpha = 0.05

Beta = 0.05

Critical ratio = 1.15

Sample size = 595

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. เตรียมตะกร้าใสฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยทำการวัดขนาดเทียบกับแบบของตะกร้าที่ฝ่ายออกแบบกำหนดไว้ ซึ่งจะได้ตะกร้าที่ได้ขนาดตามมาตรฐานสามอัน และตะกร้าที่ไม่ได้มาตรฐานสามอัน โดยขนาดที่ได้ทำการวัดเปรียบเทียบกับขนาดมาตรฐานตามที่ออกแบบไว้

2. เตรียมฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สติกเกอร์ และ RFID จากผู้ผลิตเดียวกันและกลุ่มวันที่ผลิตวันเดียวกันอย่างละ 1200 ชิ้น

3. ทำการเดินเครื่องจักรโดยใช้ตะกร้าที่ไม่ได้มาตรฐานทั้งสามตะกร้าในการทำงานจนครบทั้ง 600 ตัวอย่าง

4. ทำการเดินเครื่องจักรโดยใช้ตะกร้าที่ได้มาตรฐานทั้งสามตะกร้าในการทำงาน จนครบทั้ง 600 ตัวอย่าง

5. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสองกลุ่มตัวอย่างทำในเวลาต่อเนื่องกัน โดยใช้พนักงานควบคุมเครื่องจักรคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง

6. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

<u>ผลการทดลองทางสถิติ</u>

Test for Equal Variances: Cycletime versus Group

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Group	N	Lower	StDev	Upper
A	600	2.67864	2.85243	3.04940
B	600	2.32882	2.47991	2.65116

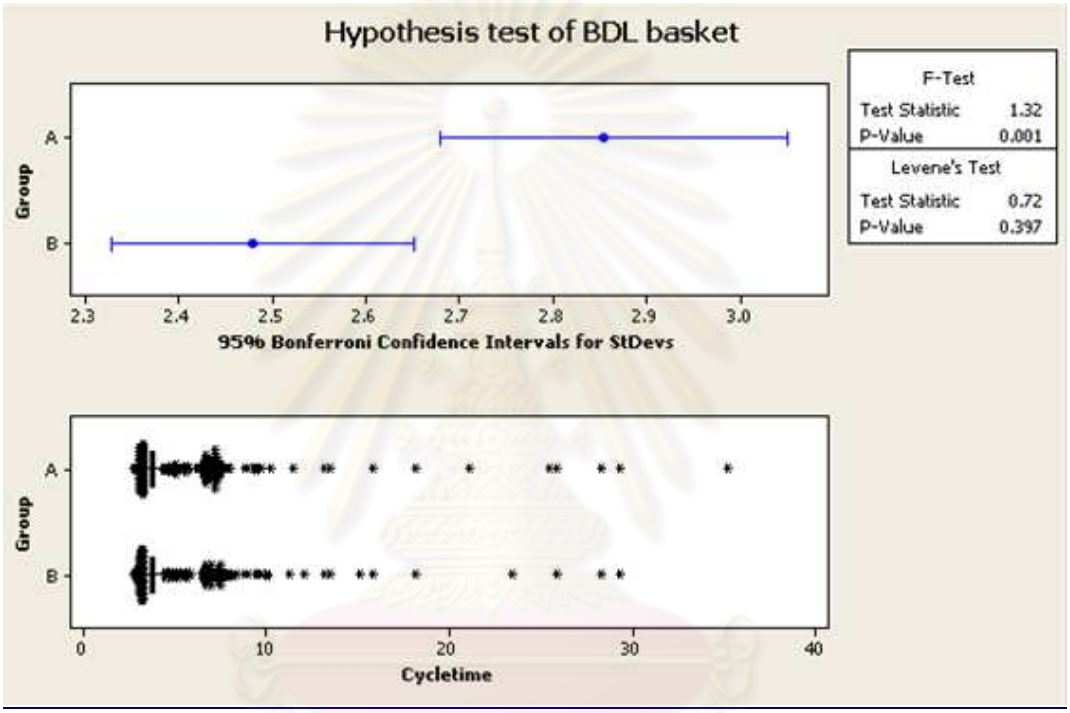
F-Test (Normal Distribution)

Test statistic = 1.32, p-value = 0.001

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 0.72, p-value = 0.397

Hypothesis test of BDL basket



<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.397 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐาน H_0 และสรุปว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างการทำงานของเครื่องวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ที่มีคุณภาพของตะกร้าใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่แตกต่างกัน

6.3.4.2 วิเคราะห์อิทธิพลเนื่องมาจากความชำนาญของพนักงานควบคุมเครื่องจักร

ปัญหา

พนักงานควบคุมเครื่อง BDL จะมีอยู่ 1 คนซึ่งจะทำหน้าที่ในการใส่ตะกร้าที่บรรจุฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเข้าเครื่องจักร เก็บตะกร้าเปล่าออกจากเครื่องจักร และแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องจักรเมื่อมีความผิดพลาดเกิดขึ้น ความชำนาญของพนักงานแต่ละคนที่ทำการควบคุมเครื่องจักรก็อาจจะมีผลต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร เช่น เมื่อเกิดข้อผิดพลาดโดยเครื่องหยิบชิ้นงานแล้วหล่นพนักงานจะต้องทำการหยิบชิ้นงานออกแล้วทำตามขั้นตอนของโปรแกรมของเครื่องเพื่อให้เครื่องสามารถทำงานต่อได้ ซึ่งความรวดเร็วและความชำนาญก็จะมีผลต่อรอบเวลาการผลิตนั้น ๆ

พนักงานควบคุมเครื่องจะมีประสบการทำงานที่เครื่อง BDL ที่แตกต่างกันตั้งแต่ประมาณ 3เดือน จนถึง 3 ปีจนถึงในบางสายการผลิต อีกทั้งการอบรมถึงขั้นตอนการทำงานและการแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องจักรในกรณีต่าง ๆ ก็มีผลต่อความรวดเร็วในการแก้ปัญหาความผิดพลาดที่เกิดขึ้นของเครื่องจักรด้วยเช่นกัน

การตั้งสมมติฐาน

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; ความชำนาญของพนักงานควบคุมเครื่องจักรไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; ความชำนาญของพนักงานควบคุมเครื่องจักรมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

การคำนวณสิ่งตัวอย่าง

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 600 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

Power and Sample size

Sample size for comparing two sample standard deviations

Alpha = 0.05

Beta = 0.05

Critical ratio = 1.1837

Sample size = 455

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการทดลอง

1. คัดเลือกพนักงานที่ทำการควบคุมเครื่อง BDL มาสองคนโดยคนหนึ่งทำงานที่เครื่อง BDL มาแล้ว 6 เดือน และอีกคนหนึ่งทำงานที่เครื่องนี้มาแล้ว 2 ปี

2. เตรียมฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สติกเกอร์ และ RFID จากผู้ผลิตเดียวกันและกลุ่มวันที่ผลิตวันเดียวกันอย่างละ 1200 ชิ้น

3. เตรียมตะกร้าใส่ชิ้นงานสามตะกร้าเพื่อใช้ในการทดลองของทั้งสองกลุ่มตัวอย่าง

4. ทำการเดินเครื่องจักรโดยใช้พนักงานที่ทำงานกับเครื่อง BDL มาแล้ว 6 เดือนในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรจนครบทั้ง 600 ตัวอย่าง

5. ทำการเดินเครื่องจักรโดยใช้พนักงานที่ทำงานกับเครื่อง BDL มาแล้ว 2 ปีในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรจนครบทั้ง 600 ตัวอย่าง

6. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสองกลุ่มตัวอย่างทำในเวลาต่อเนื่องกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง

7. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

ผลการทดลองทางสถิติ

Test for Equal Variances: Cycletime versus Group

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Group	N	Lower	StDev	Upper
A	600	3.13487	3.33826	3.56878
B	600	2.64829	2.82011	3.01485

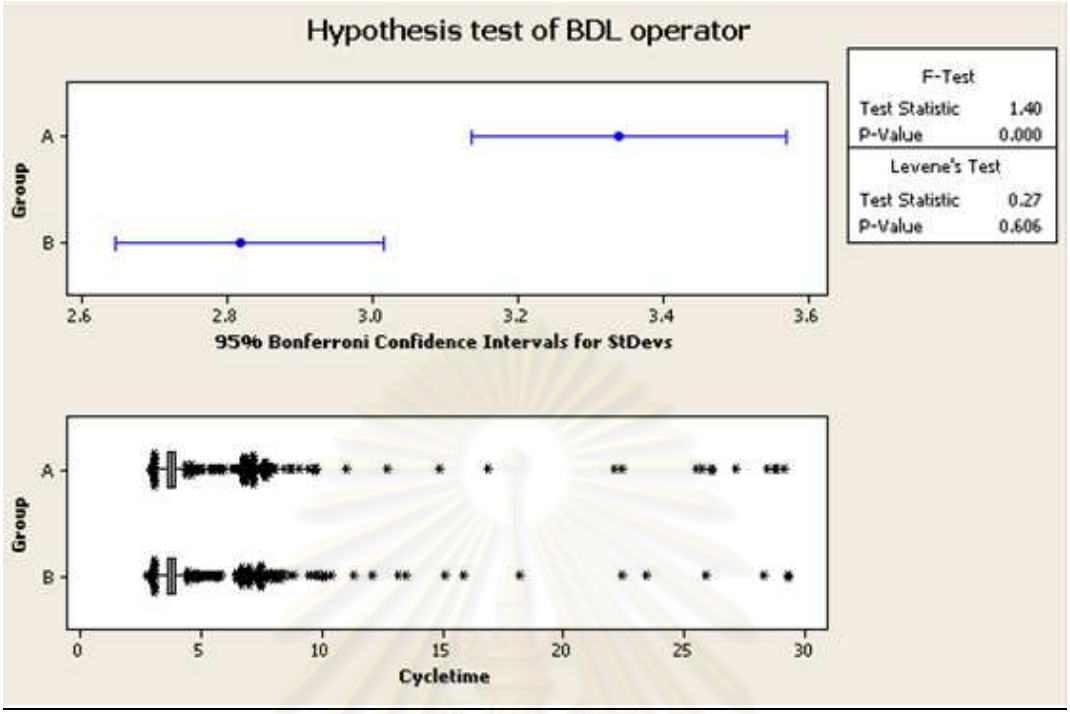
F-Test (Normal Distribution)

Test statistic = 1.40, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 0.27, p-value = 0.606

Hypothesis test of BDL operator



<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

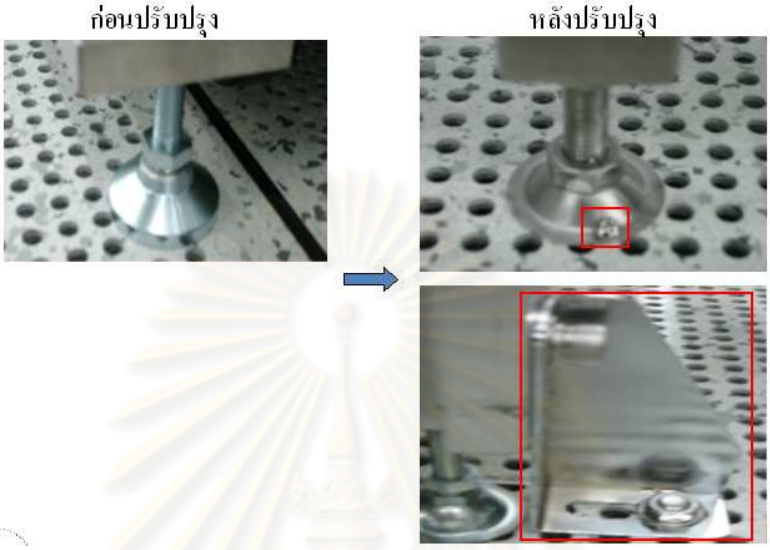
เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.606 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐาน H_0 และสรุปว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างการใช้พนักงานที่ทำการควบคุมเครื่องใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีประสบการณ์การทำงานที่แตกต่างกัน

6.3.4.3 วิเคราะห์อิทธิพลเนื่องมาจากการสั่นสะเทือน

<u>ปัญหา</u>

การประกอบชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะต้องถูกกระทำในห้องสะอาด ซึ่งถูกออกแบบให้พื้นเป็นแบบโปร่งที่สามารถดูดฝุ่นลงไปใต้พื้นได้ ในหนึ่งห้องสะอาดจะมีเครื่องจักรอยู่จำนวนประมาณ 480 - 500 เครื่อง ซึ่งเมื่อทุกเครื่องทำงานพร้อมกันเกิดจะเกิดการสั่นสะเทือนเกิดขึ้น การสั่นสะเทือนก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่อาจจะมีผลต่อการทำงานและรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL โดยการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นอาจจะส่งผมต่อตำแหน่งการวางที่คลาดเคลื่อนหรือการหยิบจับที่ผิดพลาด

โดยอุปกรณ์ที่ได้ทำการออกแบบเพื่อลดความสั่นสะเทือนแสดงในรูปที่ 6.11 ที่จะยึดฐานของเครื่องจักรกับพื้น



รูปที่ 6.11 อุปกรณ์ยึดเครื่องจักรเข้ากับพื้นเพื่อลดการสั่นสะเทือน

<u>การตั้งสมมติฐาน</u>

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; การสั่นสะเทือนของเครื่องจักรTCI ไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; การสั่นสะเทือนของเครื่องจักรTCI มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

<u>การคำนวณสิ่งตัวอย่าง</u>

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 600 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

Power and Sample size

Sample size for comparing two sample standard deviations

Alpha = 0.05

Beta = 0.05

Critical ratio = 1.6831

Sample size = 49

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ทำการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรเข้ากับพื้นของห้องสะอาด

2. ทำการวัดค่าความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรบริเวณฐานของเครื่องจักรโดยดูค่าที่สูงที่สุด

3. ถอดอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรกับพื้นของห้องสะอาดออก

4. ทำการวัดค่าความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรบริเวณฐานของเครื่องจักรโดยดูค่าที่สูงที่สุด

5. ทำการเปรียบเทียบสองจุดที่ได้ทำการวัดจากเครื่องมือวัดแรงสั่นสะเทือนและผลการวัดดังแสดงในตารางที่ 6.6

6. เตรียมฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สติกเกอร์ และ RFID จากผู้ผลิตเดียวกันและกลุ่มวันที่ผลิตวันเดียวกันอย่างละ 1200 ชิ้น

7. เตรียมตะกร้าใส่ชิ้นงานสามตะกร้าเพื่อใช้ในการทดลองของทั้งสองกลุ่มตัวอย่าง

8. กลุ่มแรกทำการประกอบในขณะที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรเข้ากับพื้นของห้องสะอาด และทำการเดินเครื่องจนครบ 600 ชิ้น

9. กลุ่มสองทำการประกอบในขณะที่ติดตั้งอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรเข้ากับพื้นของห้องสะอาดออก และทำการเดินเครื่องจนครบ 600 ชิ้น

10. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสองกลุ่มตัวอย่างทำในเวลาต่อเนื่องกัน พนักงานควบคุมเครื่องคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง

11. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

ตารางที่ 6.6 เปรียบเทียบความสั่นสะเทือนของฐานเครื่อง BDL ก่อนและหลังปรับปรุง

	ก่อนการปรับปรุง		หลังการปรับปรุง	
	จุดใส่ตะกร้า	จุดวางฐานรอง	จุดใส่ตะกร้า	จุดวางฐานรอง
การสั่นสะเทือน (mm/s)	1.05	1.12	0.88	0.92

ผลการทดลองทางสถิติ

Test for Equal Variances: Cycletime versus Group

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Group	N	Lower	StDev	Upper
A	600	3.10893	3.31064	3.53925
B	600	1.84701	1.96684	2.10266

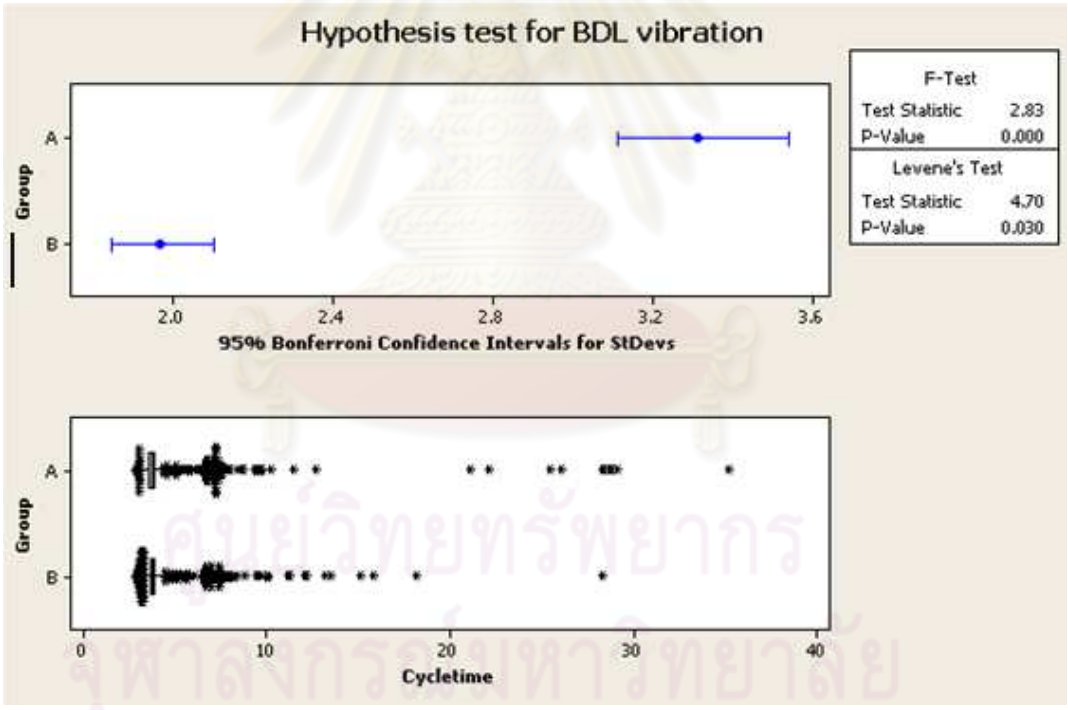
F-Test (Normal Distribution)

Test statistic = 2.83, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 4.70, p-value = 0.030

Hypothesis test for BDL vibration



สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

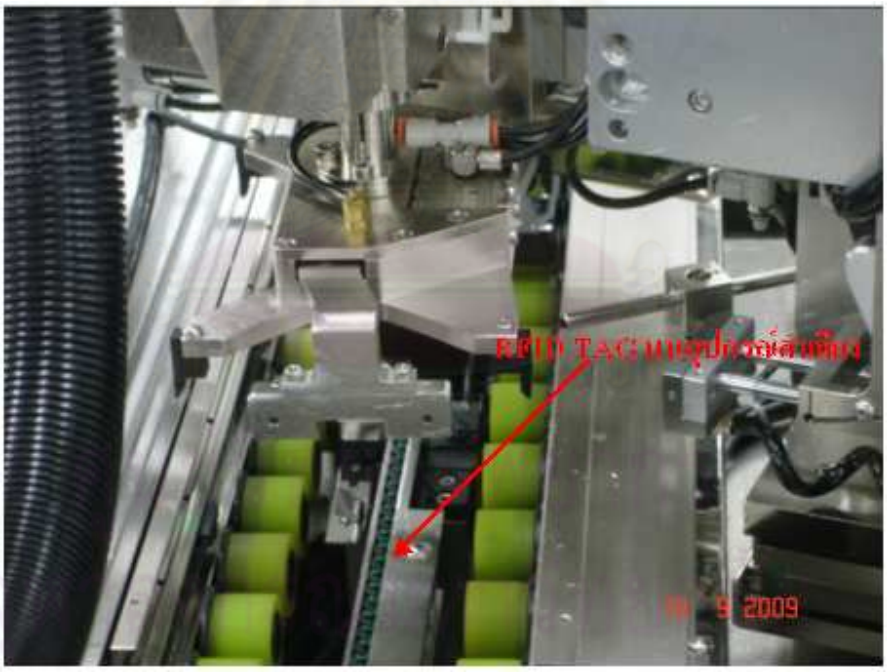
เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.030 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วย

ระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างการทำงานของเครื่องวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีความสั่นสะเทือนที่แตกต่างกัน

6.3.4.4 วิเคราะห์อิทธิพลเนื่องมาจากการลำเลียง RFID

ปัญหา

เครื่องวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะต้องทำการใส่ RFID TAG ที่ใต้ฐานฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดย RFID TAG จะติดกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไปจนออกจากสายการประกอบ โดย RFID TAG จะมีหน้าที่เก็บข้อมูลต่าง ๆ ในการประกอบเช่น ค่าการวัดต่าง ๆ ค่ารอบเวลาการผลิต ชื่อของกระบวนการที่ฮาร์ดดิสก์ตัวนั้นทำมาแล้ว เป็นต้น โดย RFID จะถูกนำมาใส่ที่อุปกรณ์ลำเลียงและจะเคลื่อนตัวมายังตำแหน่งที่จะประกอบเข้ากับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ดังแสดงในรูปที่ 6.12 เมื่อฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟถูกวางลง RFID TAG ก็จะถูกเสียบเข้าไปในฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ



รูปที่ 6.12 แสดงการลำเลียง RFID TAG

การลำเลียง RFID TAG อาจจะเกิดการติดขัดไม่สามารถลำเลียงไปจนถึงจุดที่จะติดตั้งได้ ทำให้เกิดความล่าช้าในการติดตั้ง RFID TAG บนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟซึ่งจะส่งผลต่อรอบเวลาการผลิต

<u>การตั้งสมมติฐาน</u>

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; ประสิทธิภาพการลำเลียง RFID TAG ไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; ประสิทธิภาพการลำเลียง RFID TAG มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

<u>การคำนวณสิ่งตัวอย่าง</u>

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 600 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

Power and Sample size

Sample size for comparing two sample standard deviations

Alpha = 0.05

Beta = 0.05

Critical ratio = 1.4341

Sample size = 102

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ทำการออกแบบระบบปรับปรุงการลำเลียง RFID TAG โดยติดตั้งระบบลมเป่าเพื่อช่วยลดการติดขัดจากการลำเลียง ดังแสดงในรูปที่ 6.13

2. เตรียมฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สติกเกอร์ และ RFID จากผู้ผลิตเดียวกันและกลุ่มวันที่ผลิตวันเดียวกันอย่างละ 1200 ชิ้น

3. เตรียมตะกร้าใส่ชิ้นงานสามตะกร้าเพื่อใช้ในการทดลองของทั้งสองกลุ่มตัวอย่าง

4. กลุ่มแรกทำการประกอบในขณะที่ไม่ได้เปิดระบบลมเป่าและทำการเดินเครื่องจนครบ 600 ชิ้น

5. กลุ่มสองทำการประกอบในขณะที่เปิดระบบลมเป่าและทำการเดินเครื่องจนครบ 600 ชิ้น

6. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสองกลุ่มตัวอย่างทำในเวลาต่อเนื่องกัน ใช้พนักงานควบคุมเครื่องจักรคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง

7. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

รูปที่ 6.13 แสดงอุปกรณ์เป่าลมเพื่อลดความผิดพลาดจากการลำเลียง RFID TAG

<u>ผลการทดลองทางสถิติ</u>

Test for Equal Variances: Cycletime versus Group

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

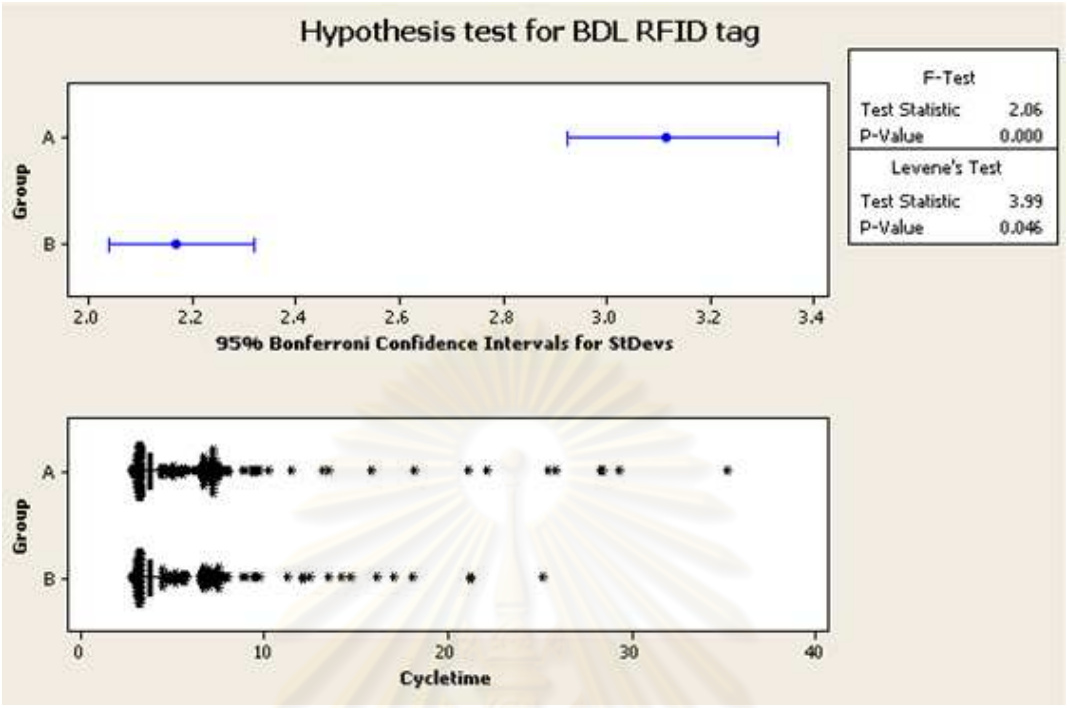
Group	N	Lower	StDev	Upper
A	600	2.92409	3.11380	3.32882
B	600	2.03893	2.17122	2.32115

F-Test (Normal Distribution)

Test statistic = 2.06, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 3.99, p-value = 0.046



<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.046 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างประสิทธิภาพการลำเลียง RFID TAG ที่แตกต่างกัน

6.3.4.5 วิเคราะห์อิทธิพลเนื่องมาจากฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

<u>ปัญหา</u>

ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นที่นำมาทำการศึกษา มีผู้ผลิตทั้งหมดสามผู้ผลิต ซึ่งคุณภาพของผู้ผลิตทั้งสามที่แตกต่างกัน อาจจะส่งผลต่อกระบวนการทำงานของเครื่อง BDL ได้เช่นกัน

<u>การตั้งสมมติฐาน</u>

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$; ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากผู้ผลิตที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3$; ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากผู้ผลิตที่แตกต่างกันมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

การคำนวณสิ่งตัวอย่าง

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 600 ที่ใช้ในการทดลองไม่เพียงพอ จึงต้องทำการทดลองใหม่ที่จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 3600

Power and Sample size

Sample size for comparing two sample standard deviations

Alpha = 0.05

Beta = 0.05

Critical ratio AB = 1.1400

Critical ratio BC = 1.0739

Critical ratio AC = 1.0619

Sample size AB = 750

Sample size BC = 2500

Sample size AC = 3600

วิธีการทดลอง

1. เตรียม สติกเกอร์ และ RFID จากผู้ผลิตเดียวกันและกลุ่มวันที่ผลิตวันเดียวกันอย่างละ 10800 ชิ้น

2. เตรียมตะกร้าใส่ชิ้นงานสามตะกร้าเพื่อใช้ในการทดลองของทั้งสามกลุ่มตัวอย่าง

3. เตรียมฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากผู้ผลิตทั้งสาม อย่างละ 3600 ชิ้น

4. ทำการเดินเครื่องประกอบฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่ม

5. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสามกลุ่มตัวอย่าง ใช้พนักงานควบคุมเครื่องจักรคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง

6. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

ผลการทดลองทางสถิติ

Test for Equal Variances: Cycletime versus Group

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Group	N	Lower	StDev	Upper
A	3600	3.23945	3.33099	3.42756
B	3600	2.84146	2.92175	3.00645
C	3600	3.05149	3.13771	3.22868

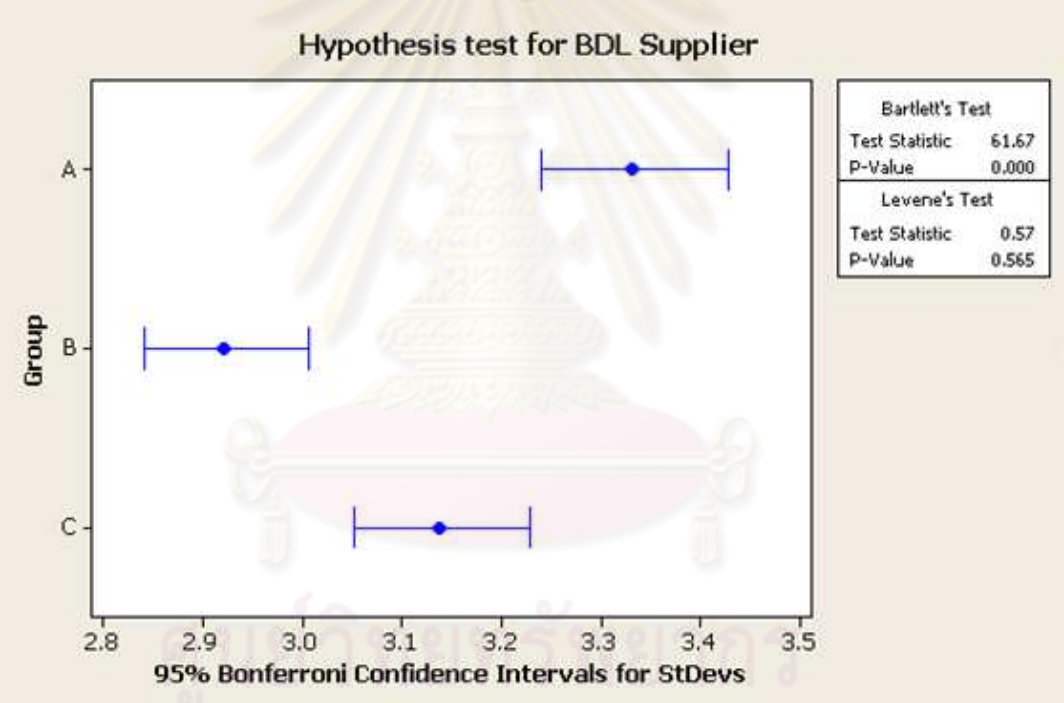
Bartlett's Test (Normal Distribution)

Test statistic = 61.67, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 0.57, p-value = 0.565

Test for Equal Variances: Cycletime versus Group



<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.565 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐาน H_0 และสรุปว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากผู้ผลิตที่แตกต่างกัน

6.3.4.6 วิเคราะห์อิทธิพลเนื่องมาจากระบบอ่านบาร์โค้ด

ปัญหา

ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะต้องทำการติดสติกเกอร์เพื่อระบุเลขประจำตัวในการผลิตที่เครื่องBDL และจะต้องทำการอ่านแถบรหัสที่ติดไป ด้วยเครื่องสแกนเนอร์ที่ติดอยู่บนเครื่องประสิทธิภาพของเครื่องอ่านแถบรหัสและเวลาในการอ่านย่อมส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

การตั้งสมมติฐาน

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; ระบบอ่านบาร์โค้ดที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; ระบบอ่านบาร์โค้ดที่แตกต่างกันกันมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

การคำนวณสิ่งตัวอย่าง

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 600 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

Power and Sample size

Sample size for comparing two sample standard deviations

Alpha = 0.05

Beta = 0.05

Critical ratio = 1.5663

Sample size = 66

วิธีการทดลอง

1. ทำการปรึกษากับผู้จัดจำหน่ายสแกนเนอร์และลองหารุ่นที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าที่ใช้อยู่มาทำการทดลอง

2. เตรียมฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สติกเกอร์ และ RFID จากผู้ผลิตเดียวกันและกลุ่มวันที่ผลิตวันเดียวกันอย่างละ 1200 ชิ้น

3. เตรียมตะกร้าใส่ชิ้นงานสามตะกร้าเพื่อใช้ในการทดลองของทั้งสามกลุ่มตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. ทำการเดินเครื่องประกอบฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากกลุ่มตัวอย่างทั้งทั้งสองกลุ่ม โดยกลุ่มแรกติดตั้งสแกนเนอร์รุ่นเก่า และอีกกลุ่มติดตั้งแสกนเนอร์รุ่นใหม่ โดยทำการทดลองกลุ่มตัวอย่างละ 600

5. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสามกลุ่มตัวอย่าง ใช้พนักงานควบคุมเครื่องจักรคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง

6. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

<u>ผลการทดลองทางสถิติ</u>

Test for Equal Variances: Cycletime versus Group

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Group	N	Lower	StDev	Upper
A	600	2.95515	3.14688	3.36418
B	600	1.88652	2.00892	2.14765

F-Test (Normal Distribution)

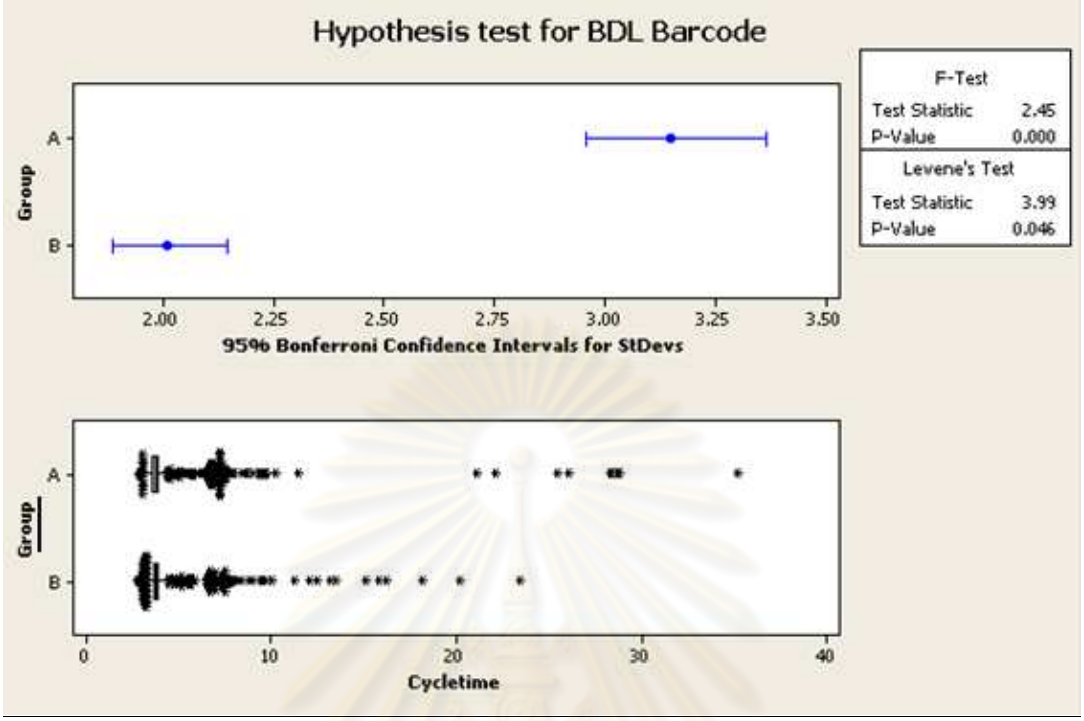
Test statistic = 2.45, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 3.99, p-value = 0.046

Hypothesis test for BDL Barcode

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.046 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างระบบอ่านบาร์โค้ดที่แตกต่างกัน

5.3.4.7 สรุปผลการทดสอบสมมติฐานของเครื่อง BDL

สามารถสรุปผลการทดสอบสมมติฐานว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ได้ดังนี้

อิทธิพลที่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL มีด้วยกัน 3 ปัจจัยคือ

1. อิทธิพลเนื่องมาจากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร
2. อิทธิพลเนื่องมาจากความผิดพลาดของการลำเลียง RFID

3. อิทธิพลเนื่องมาจากการระบบอ่านบาร์โค้ด

อิทธิพลที่ไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL มีด้วยกัน 3 ปัจจัยคือ

1. อิทธิพลเนื่องมาจากตะกร้าใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ
2. อิทธิพลเนื่องมาจากการความชำนาญของพนักงานควบคุมเครื่องจักร
3. อิทธิพลเนื่องมาจากผู้ผลิตฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

6.3.5 การปรับปรุงกระบวนการของเครื่อง BDL

การปรับปรุงกระบวนการของเครื่อง BDL จากผลการทดสอบสมมติฐานในหัวข้อ 6.3.4 อิทธิพลที่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีด้วยกัน 3 ปัจจัยคือ

1. อิทธิพลเนื่องมาจากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร
2. อิทธิพลเนื่องมาจากความผิดพลาดของการลำเลียง RFID
3. อิทธิพลเนื่องมาจากการระบบอ่านบาร์โค้ด

ทีมงานที่ประกอบไปด้วยส่วนที่เกี่ยวข้องได้ทำการระดมความคิดเพื่อหาวิธีการปรับปรุงกระบวนการของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเพื่อที่จะลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องให้น้อยลง ซึ่งก็ได้การปรับปรุงในแต่ละอิทธิพลดังนี้

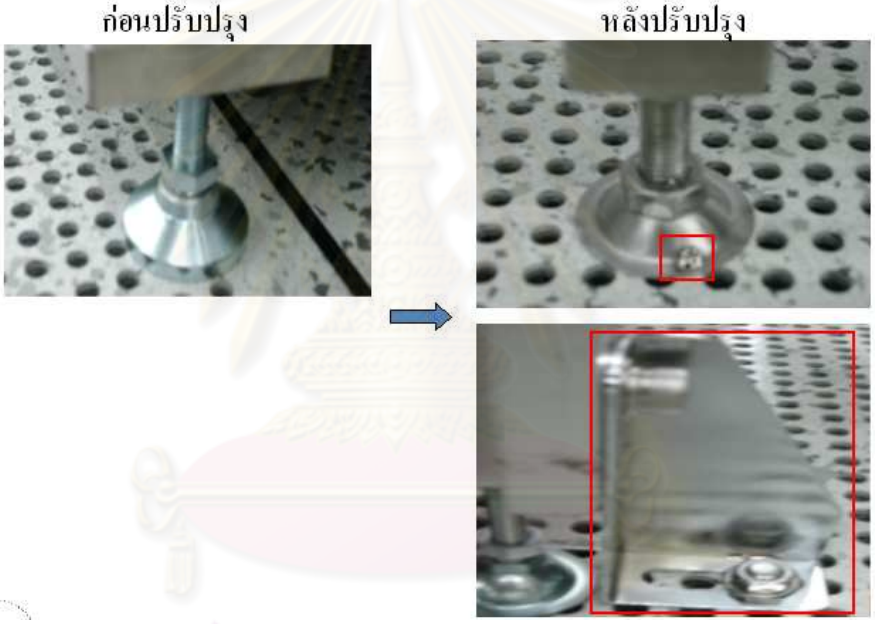
6.3.5.1 การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตเนื่องมาจากอิทธิพลของการสั่นสะเทือน

<u>ปัญหา</u>

การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นกับเครื่อง BDL โดยมีค่าความสั่นสะเทือนที่วัดได้คือ ที่บริเวณจุดใส่ตะกร้ามีค่าเท่ากับ1.05 mm/sec และที่บริเวณจุดวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีค่าเท่ากับ 1.12 mm/sec ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องจักรขนาดเล็กด้วยกัน การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นส่งผลต่อการทำงานที่ผิดพลาดของเครื่องจักรและความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร จากผลการทดสอบสมมติฐานในบทที่ 5 การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นกับเครื่อง BDL ส่งผลต่อระบบการติดบาร์โคดของเครื่องจักร ระบบการอ่านบาร์โคดของเครื่องจักร ระบบการติด RFID TAG และระบบการวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่อาจจะเกิดการทำงานที่ผิดพลาดได้

วิธีการปรับปรุง

จากการระดมความคิดและปรึกษาแผนกออกแบบเครื่องจักร ทางทีมงานได้ออกแบบอุปกรณ์ในการยึดขาตั้งเครื่องจักรเพื่อยึดเครื่องจักรให้ติดกับพื้น ดังแสดงในรูปที่ 6.14 ซึ่งจะทำให้แรงสั่นสะเทือนของต่อเครื่อง BDL ลดลง และได้ออกแบบคานที่ทำจากแสตนเลสสตีล เพื่อยึดตัวเครื่องจักรเพื่อให้เครื่องจักรมีความแข็งแรงมากขึ้น ซึ่งจะช่วยลดความสั่นสะเทือนที่จะเกิดขึ้นกับเครื่อง BDL โดยก่อนทำการปรับปรุงสามารถวัดความสั่นสะเทือนบนเครื่อง BDL ที่ตำแหน่งจุดใส่ตะกร้าและจุดวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเท่ากับ 1.05 และ 1.12 mm/sec ตามลำดับ และหลังจากปรับปรุงสามารถวัดความสั่นสะเทือนบนเครื่อง BDL ที่ตำแหน่งจุดใส่ตะกร้าและจุดวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเท่ากับ 0.85 และ 0.90 mm/sec ตามลำดับ



รูปที่ 6.14 แสดงอุปกรณ์ในการยึดขาตั้งของเครื่อง BDL เข้ากับพื้น

การตั้งสมมติฐาน

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; การสั่นสะเทือนที่ลดลงไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; การสั่นสะเทือนที่ลดลงมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต

การคำนวณสิ่งตัวอย่าง

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความ

ผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 550 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ทำการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรเข้ากับพื้นของห้องสะอาด และคานยึดเครื่องจักรที่ได้ออกแบบไว้

2. ทำการวัดค่าความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรบริเวณฐานของเครื่องจักรโดยดูค่าที่สูงที่สุดที่ตำแหน่งวางตะกร้าและตำแหน่งวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

3. ถอดอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรกับพื้นของห้องสะอาดและคานยึดเครื่องจักรออก

4. ทำการวัดค่าความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรบริเวณฐานของเครื่องจักรโดยดูค่าที่สูงที่สุด

5. ทำการเปรียบเทียบสองจุดที่ได้ทำการวัดจากเครื่องมือวัดแรงสั่นสะเทือน

6. เตรียมฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สติกเกอร์ และ RFID จากผู้ผลิตเดียวกันและกลุ่มวันที่ผลิตวันเดียวกันอย่างละ 1200 ชิ้น

7. เตรียมตะกร้าใส่ชิ้นงานสามตะกร้าเพื่อใช้ในการทดลองของทั้งสองกลุ่มตัวอย่าง

8. กลุ่มแรกทำการประกอบในขณะที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรเข้ากับพื้นของห้องสะอาด และทำการเดินเครื่องจนครบ 600 ชิ้น

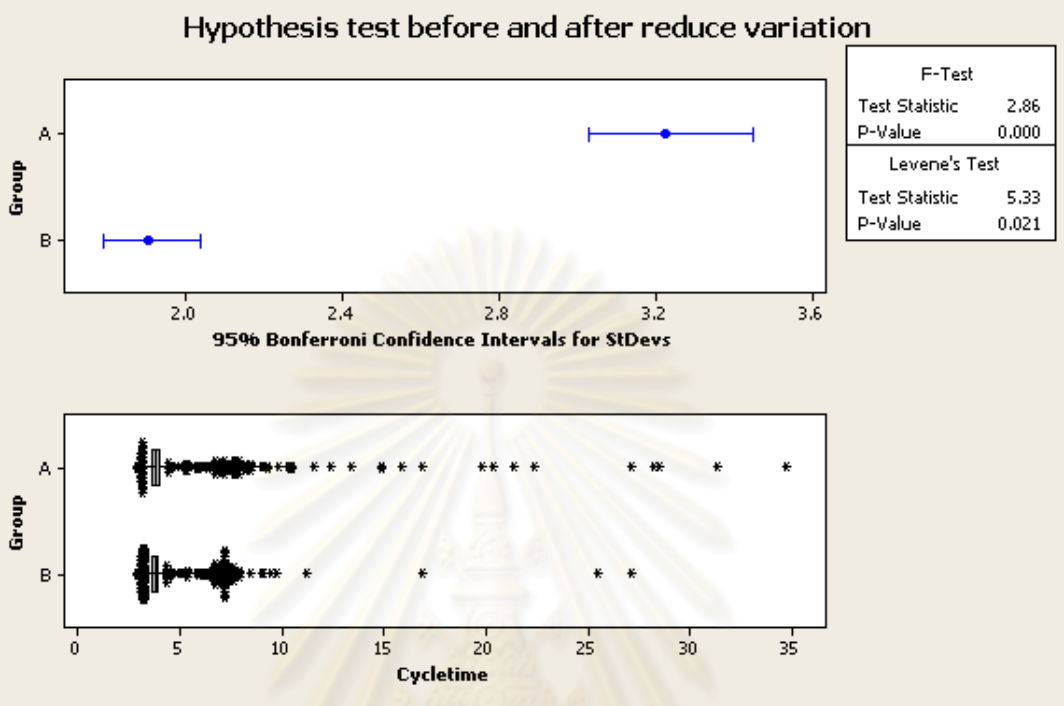
9. กลุ่มสองทำการประกอบในขณะที่ติดตั้งอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรเข้ากับพื้นของห้องสะอาดออก และทำการเดินเครื่องจนครบ 600 ชิ้น

11. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสองกลุ่มตัวอย่างทำในเวลาต่อเนื่องกัน พนักงานควบคุมเครื่องคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง

12. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองทางสถิติ



สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.021 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรที่แตกต่างกัน

6.3.5.2 การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตเนื่องมาจากอิทธิพลของระบบการลำเลียง RFID TAG

ปัญหา

การลำเลียง RFID TAG อาจจะเกิดการติดขัดไม่สามารถลำเลียงไปจนถึงจุดที่จะติดตั้งได้ ทำให้เกิดความล่าช้าในการติดตั้ง RFID TAG บนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟซึ่งจะส่งผลต่อรอบเวลาการผลิต โดยการติดขัดที่เกิดขึ้นอันอาจจะเนื่องมาจาก เศษวัสดุที่อยู่บนรางลำเลียง ขนาดของ RFID ที่อาจจะมีความไม่สม่ำเสมอ เป็นต้น

<u>วิธีการปรับปรุง</u>

เพื่อลดโอกาสในการติดขัดของการลำเลียง RFID TAG ที่อาจจะเกิดขึ้นบนรางลำเลียง ทางทีมงานได้ระดมสมองและหาแนวทางแก้ไขโดยได้ติดตั้งท่อเป่าลม โดยลมจากท่อจะช่วยเป่าเศษวัสดุที่เป็นสิ่งกีดขวางต่อการลำเลียง RFID TAG และแรงลมจะช่วยลดการติดขัดของ RFID TAG กับลางให้น้อยลง ซึ่งจะส่งผมรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรซึ่งบางจังหวะจะต้องรอ RFID TAG ถ้ายังลำเลียงมาไม่ถึงจุดที่จะติดตั้ง โดยระบบเป่าลมได้ออกแบบและทำการติดตั้งเข้าไปในเครื่อง BDL ดังรูปที่6.15

รูปที่ 6.15 แสดงระบบเป่าลมเพื่อช่วยลดข้อบกพร่องของระบบลำเลียง RFID TAG

<u>การตั้งสมมติฐาน</u>

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; ระบบเป่าลมเพื่อช่วยลดข้อบกพร่องของระบบลำเลียง RFID TAG ไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; ระบบเป่าลมเพื่อช่วยลดข้อบกพร่องของระบบลำเลียง RFID TAG มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต

การคำนวณสิ่งตัวอย่าง

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 550 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

วิธีการทดลอง

1. ทำการออกแบบระบบปรับปรุงการลำเลียง RFID TAG โดยติดตั้งระบบลมเป่าเพื่อช่วยลดการติดขัดจากการลำเลียง

2. เตรียมฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สติกเกอร์ และ RFID จากผู้ผลิตเดียวกันและกลุ่มวันที่ผลิตวันเดียวกันอย่างละ 1200 ชิ้น

3. เตรียมตะกร้าใส่ชิ้นงานสามตะกร้าเพื่อใช้ในการทดลองของทั้งสองกลุ่มตัวอย่าง

4. กลุ่มแรกทำการประกอบในขณะที่ไม่ได้เปิดระบบลมเป่าและทำการเดินเครื่องจนครบ 600 ชิ้น

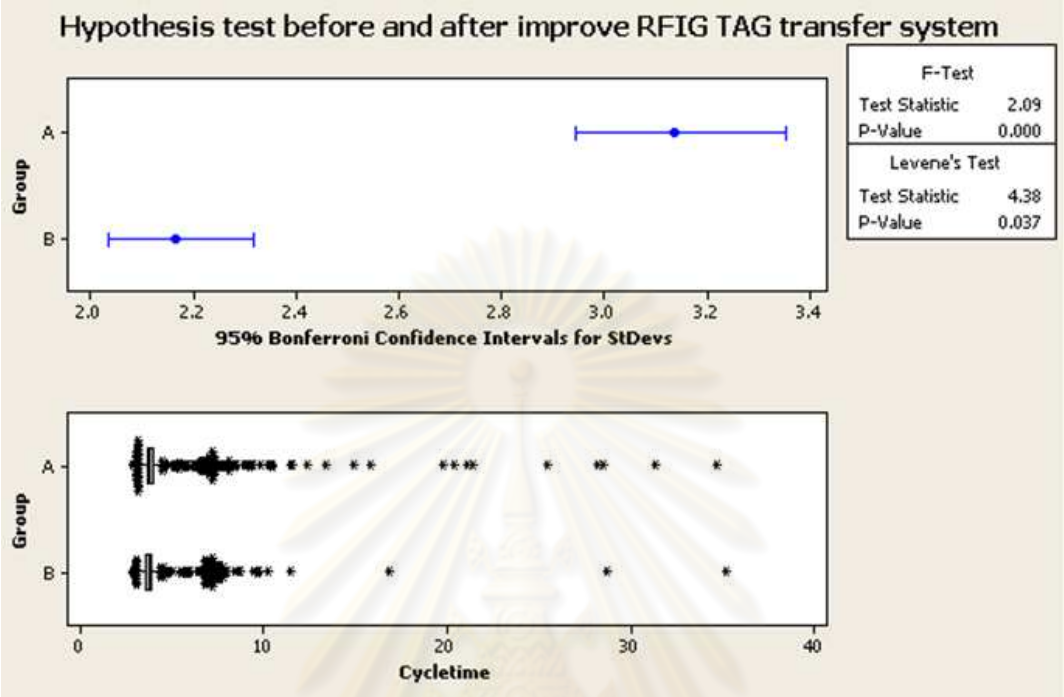
5. กลุ่มสองทำการประกอบในขณะที่เปิดระบบลมเป่าและทำการเดินเครื่องจนครบ 600 ชิ้น

6. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสองกลุ่มตัวอย่างทำในเวลาต่อเนื่องกัน ใช้พนักงานควบคุมเครื่องจักรคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง

7. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองทางสถิติ



สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.037 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างเปิดและปิดระบบระบบลมเป่าเพื่อช่วยลดการติดขัดจากการลำเลียง RFIG TAG

6.3.5.3 การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตเนื่องมาจากอิทธิพลของระบบการอ่านบาร์โคด

ปัญหา

กระบวนการหนึ่งของการทำงานของเครื่อง BDL ก็คือการอ่านบาร์โคดที่ถูกติดกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เพื่อที่จะระบุเลขลำดับและการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวนี้ เมื่อแถบบาร์โคดถูกติดกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟแล้ว ก็จะต้องทำการอ่านแถบบาร์โคดด้วยเครื่องแสกน ซึ่งพบปัญหาว่า ความผิดพลาดหรือเวลาในการอ่านแถบบาร์โคดมีความแปรปรวน ซึ่งย่อมส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL

วิธีการปรับปรุง

จากการปรึกษากับผู้ผลิตเครื่องอ่านบาร์โคดก็ได้ทำการเลือกเครื่องอ่านบาร์โคดอีกรุ่นหนึ่งมาทำการทดลองใช้กับเครื่อง BDL เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอ่านบาร์โคดรุ่นเก่าและใหม่

การตั้งสมมติฐาน

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอ่านบาร์โคดรุ่นเก่าและใหม่ไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอ่านบาร์โคดรุ่นเก่าและใหม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต

การคำนวณสิ่งตัวอย่าง

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 550 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

วิธีการทดลอง

1. ทำการปรึกษากับผู้จัดจำหน่ายสแกนเนอร์และลองหารุ่นที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าที่ใช้อยู่มาทำการทดลอง

2. เตรียมฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สติกเกอร์ และ RFID จากผู้ผลิตเดียวกันและกลุ่มวันที่ผลิตวันเดียวกันอย่างละ 1200 ชิ้น

3. เตรียมตะกร้าใส่ชิ้นงานสามตะกร้าเพื่อใช้ในการทดลองของทั้งสามกลุ่มตัวอย่าง

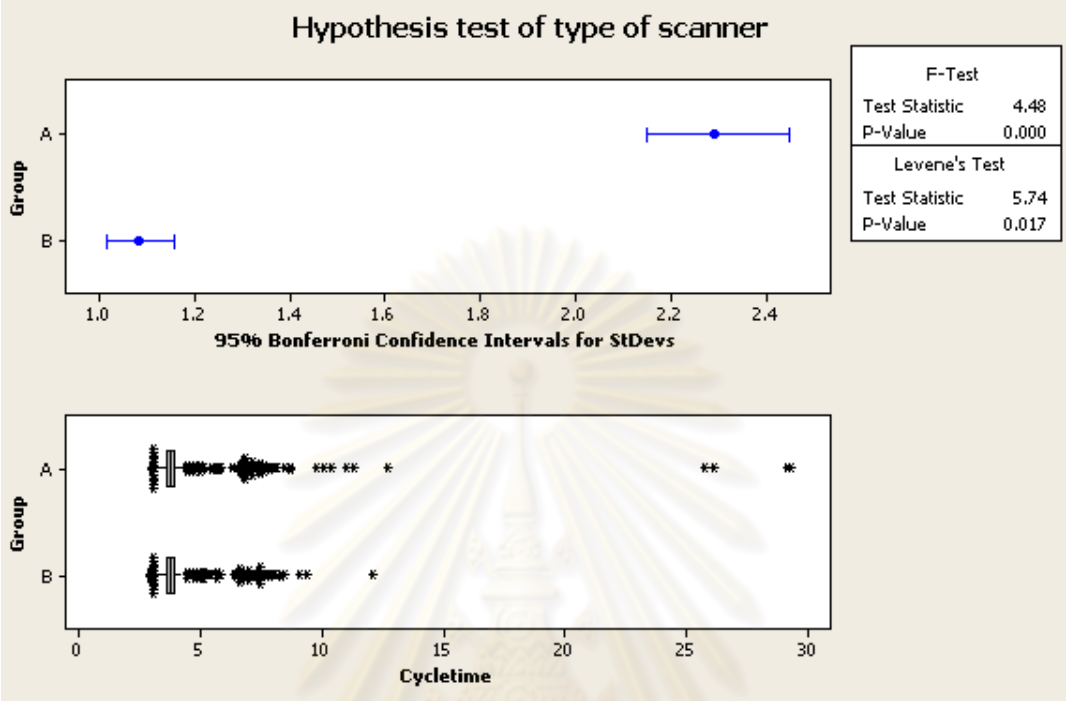
4. ทำการเดินเครื่องประกอบฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจากกลุ่มตัวอย่างทั้งทั้งสองกลุ่ม

5. โดยกลุ่มแรกติดตั้งสแกนเนอร์รุ่นเก่า และอีกกลุ่มติดตั้งแสกนเนอร์รุ่นใหม่ โดยทำการทดลองกลุ่มตัวอย่างละ 600

6. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสามกลุ่มตัวอย่าง ใช้พนักงานควบคุมเครื่องจักรคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง

7. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

ผลการทดลองทางสถิติ

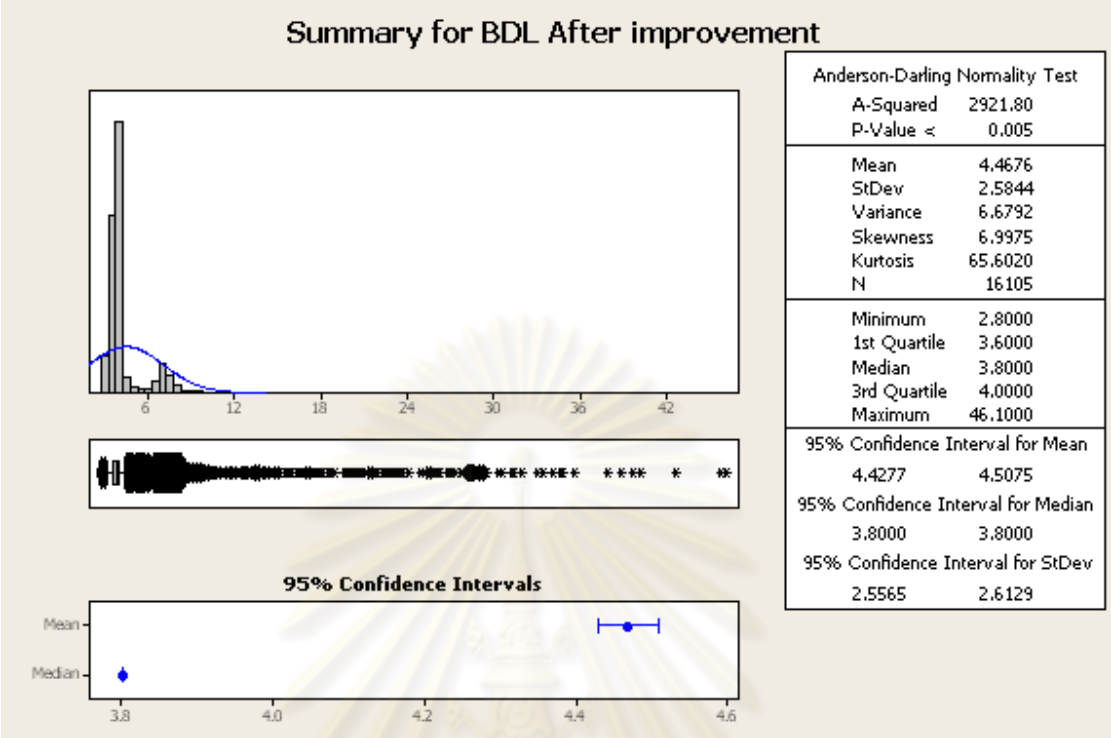


สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.017 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟระหว่างเครื่องอ่านบาร์โคดรุ่นเก่าและใหม่

6.3.5.4 สรุปการปรับปรุงกระบวนการของเครื่อง BDL

เมื่อปรับปรุงกระบวนการทั้ง 3 วิธีการแล้วทำการเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL พบว่าความแปรปรวนหลังการปรับปรุงลดลงมาที่ 6.6792 ซึ่งสามารถปรับปรุงได้ 32.28%



โดยสามารถสรุปค่าทางสถิติของข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงได้ดังตารางที่ 6.7

ตารางที่ 6.7 เปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุง

ค่าทางสถิติ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
ค่าเฉลี่ย	4.6460	4.4676
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	3.1407	2.5844
ความแปรปรวน	9.8641	6.6792
โอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาที	22.60%	16.02%

6.4 การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

หลังจากการปรับปรุงความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ทำให้ลำดับสูงสุดของโอกาสที่รอบเวลาการผลิตเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาที เป็นดังตารางที่ 6.8

ตารางที่ 6.8 เปรียบเทียบโอกาสที่รอบเวลาการผลิตเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาที

ลำดับที่	เครื่องจักร	โอกาสที่รอบเวลาการผลิตเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาที
1	CS3	19.60%
2	TCI	18.91%
3	CSI1	16.10%
4	BDL	16.02%
5	CS8	14.50%

ซึ่งเครื่องจักรที่มีโอกาสที่รอบเวลาการผลิตเครื่องจักรมากกว่า 4.5 วินาทีมากที่สุดคือเครื่อง CS3 ดังนั้นเครื่อง CS3 ก็จะถูกเลือกเพื่อทำการปรับปรุงความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรตามแนวทางดังแสดงในรูปที่ 5.14

6.4.1 การวิเคราะห์การไหลของกระบวนการผลิตโดยละเอียด (Micro process mapping) เครื่อง CS3

การวิเคราะห์การไหลโดยละเอียดจะทำการวิเคราะห์ที่กระบวนการที่เลือกจะปรับปรุงคือกระบวนการประกอบสกรูฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวที่ 3โดยสามารถอธิบายขั้นตอนการทำงานของเครื่องประกอบสกรูฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวที่ 3 (CS3) ได้ดังนี้

1. สกรูถูกแกะออกจากถุงแล้วนำมาใส่ในตะกร้าเพื่อเข้าเครื่องล้างทำความสะอาด
2. พนักงานฝ่ายผลิตจะทำการเทสกรูจากตะกร้าใส่ถุงแล้วเอามาเติมที่เครื่อง CS3
3. สกรูจะถูกเทใส่ที่ลำเลียงสกรู
4. สกรูแต่ละตัวจะถูกลำเลียงโดยการสั่นเพื่อเคลื่อนไปที่ละ 1 อัน
5. แขนกลจะเคลื่อนที่มาหยิบสกรูทีละตัวเพื่อไปไขยังรูของฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ
6. ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะเคลื่อนที่มายังตำแหน่งติดตั้งฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟและถูกยกขึ้นยังตำแหน่งที่ตั้งค่าไว้

7. แขนกลซึ่งมีหัวขันสกรูจะทำการเคลื่อนที่ลงมายังตำแหน่งขัน และทำการขันสกรูเข้าไปในรูฝาปิดเพื่อยึดติดกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

8. ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะเคลื่อนที่ลงบนสายพานลำเลียงและเคลื่อนที่ไปยังสถานีงานต่อไป

โดยสามารถแสดงแผนภาพการทำงานอย่างละเอียดของเครื่อง CS3 ดังรูปที่ 6.16

รูปที่ 6.16 แสดงแผนภาพการวิเคราะห์การไหลอย่างละเอียดของเครื่อง CS3

6.4.2 การวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยผังแสดงเหตุและผลของเครื่อง CS3

เมื่อพิจารณาถึงหลักการของเครื่อง CS3 จะพบว่ามีหลายปัจจัยที่มีโอกาสมีผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร ซึ่งรายละเอียดของผังแสดงเหตุและผลมีดังต่อไปนี้

6.4.2.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมาจากเครื่องจักร

6.4.2.1.1 การตั้งค่าตำแหน่งการยกตัวของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

เมื่อฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟถูกประกอบที่ที่เครื่อง CS2 เสร็จก็จะเคลื่อนที่มายังเครื่อง CS3 เพื่อเตรียมที่จะประกอบสกรูเข้าไป ตำแหน่งที่ฮาร์ดดิสก์หยุดและถูกยกตัวขึ้นเพื่อพร้อมประกอบจะถูกตั้งระยะไว้โดยผู้ติดตั้งและผู้ดูแลเครื่องจักร การปรับระยะที่เหมาะสมย่อมส่งผลต่อประประสิทธิภาพการประกอบสกรูเข้าไปเพื่อให้ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟถูกยึดติดกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เนื่องจากรูสกรูตรงให้ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟและฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ มีขนาดพอดีกับสกรูที่จะไขเข้าไป การปรับตั้งตำแหน่งการหยุดและยกตัวขึ้นของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟย่อมส่งผลต่อความผิดพลาดในการไขสกรูลงไปของเครื่องจักร

6.4.2.1.2 การตั้งค่าระยะการเคลื่อนที่ไปไข

ระยะการเคลื่อนที่จากจุดที่หัวไขหยิบสกรูไปยังตำแหน่งที่จะทำการขันสกรูลงบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเป็นระยะที่จะถูกตั้งค่าไว้โดยวิศวกรประจำเครื่องจักร ซึ่งระยะการเคลื่อนที่ที่ไม่เหมาะสมย่อมส่งผลต่อการทำงานที่ผิดพลาดของเครื่องจักร และส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง

6.4.2.1.3 การตั้งค่าการเคลื่อนที่มาหยิบสกรู

ระยะการเคลื่อนที่จากตำแหน่งที่ประกอบสกรูเสร็จมาหยิบสกรูตัวใหม่ เพื่อทำการประกอบกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวถัดไป ก็เป็นระยะที่มีผลต่อความผิดพลาดในการทำงานของเครื่องจักร ถ้าการปรับตั้งระยะไม่เหมาะสม ก็จะทำให้โอกาสที่หัวไขสกรูหยิบสกรูผิดพลาดได้เช่นกัน

6.4.2.1.4 ความผิดพลาดของการทำงานของโปรแกรม

การประมวลผลของโปรแกรมที่ผิดพลาดหรือไม่สามารถประมวลผลได้ ย่อยต้องมีการเริ่มประมวลผลใหม่ทำให้การทำงานของเครื่องจักรต้องเสียเวลามากขึ้น

6.4.2.1.5 การตั้งแรงลมในการดูดสกรูที่เหมาะสม

หัวไขสกรูจะมีแรงลมดูดสกรูจากที่ลำเลียง เพื่อให้กรูติดมาเพื่อไปไขยังตำแหน่งที่ต้องการ แรงลมที่ใช้ในการดูดสกรูก็เป็นส่วนสำคัญต่อการทำงานที่ผิดพลาดของเครื่องจักร การที่แรงลมน้อยเกินไปก็จะทำให้สกรูตก และทำให้เครื่องต้องเสียเวลาไปหยิบสกรูตัวใหม่มา

6.4.2.1.6 การอ่าน RFID ของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

RFID ที่ติดอยู่กับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตั้งแต่เครื่อง BDL จะทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลการทำงานต่าง ๆ บนสายการประกอบ และก่อนการทำงานที่เครื่องนั้น ๆ ข้อมูลก็จะถูกอ่านที่

เครื่องที่จะทำงาน การอ่านและเขียนในบางครั้งอาจจะมีเวลาที่แตกต่างกันเนื่องจากการรบกวน หรือระยะที่ไม่เหมาะสม ทำให้ส่งผลต่อรอบเวลาการผลิต

6.4.2.1.7 การอ่านลำเลียงสกรูเกิดการผิดพลาด

สกรูที่ใช้ในการประกอบที่เครื่อง CS3 จะถูกเทเข้าไปในที่ลำเลียงสกรูซึ่งมีหน้าที่ลำเลียง สกรูที่ละตัวเพื่อให้ หัวไขมาหยิบสกรูไปไขได้ เครื่องลำเลียงอาจจะเกิดการติดขัดในการลำเลียงซึ่งย่อมส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตนั้นจะมีรอบเวลาที่สูงกว่าปกติ เนื่องจากพนักงานควบคุมเครื่องจะต้องมีการช่วยเคาะให้เครื่องสามารถลำเลียงต่อไปได้

6.4.2.1.8 ความเร็วในการไขของหัวไขสกรู

ความเร็วรอบของหัวสกรูที่ไม่ได้เป็นไปตามค่าที่กำหนดไว้ย่อมส่งผลต่อเวลาในการไขสกรูให้ได้ระยะที่กำหนด ความเร็วรอบที่ต่ำจะส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตที่มากกว่าเวลาที่กำหนดไว้

6.4.2.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมาจากวิธีการทำงาน

6.4.2.2.1 การวัดค่าแรงขันสกรูว่าผ่านข้อกำหนดหรือไม่

เมื่อสกรูถูกไขเข้าไประหว่างฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ แรงบิดที่ใช้ในการไขสกรูจะถูกวัดว่าอยู่ในค่าที่กำหนดหรือไม่ ถ้าค่าใช้ไขเกินหรือไม่ถึงข้อกำหนด การประกอบครั้งนั้นก็จะไม่สมบูรณ์ และเป็นฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่เสีย

6.4.2.2.2 การเติมสกรูเวลาสกรูหมด

เมื่อสกรูที่ถูกเติมลงไปในช่องลำเลียงสกรูหมด พนักงานควบคุมเครื่องจักรจะต้องทำการเติมสกรูใหม่ โดยถ้าพนักงานลืมเติมสกรูจะทำให้เครื่องต้องรอจนกว่าสกรูจะถูกเติมถึงจะทำงานต่อได้ ซึ่งส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร

6.4.2.2.3 การวัดความสูงของสกรูที่ขันเสร็จ

สกรูที่ถูกไขเข้าไปจะมีการตรวจวัดความสูงของหัวสกรูว่าสูงจากฐานฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเท่าไร และได้เป็นไปตามข้อกำหนดหรือไม่ ความสูงที่สูงหรือต่ำกว่าข้อกำหนดก็จะเป็นการทำงานที่ผิดพลาด การประกอบครั้งนั้นก็จะไม่สมบูรณ์ และเป็นฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่เสีย

6.4.2.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมาจากสภาพแวดล้อม

6.4.2.3.1 ระบบลมของเครื่องจักร

เครื่อง CS3 ต้องอาศัยแรงลมในการเคลื่อนที่และการหยิบสกรูมาประกอบ ความไม่สม่ำเสมอของระบบลมที่จ่ายให้เครื่องจักรทำให้การทำงานของเครื่องจักรทั้งระบบการเคลื่อนที่ ระบบการหยิบจับมีโอกาสผิดพลาดหรือมีโอกาสทำให้เวลาการทำงานของเครื่องจักรมีความแปรปรวนเกิดขึ้นได้ โดยระบบลมที่ใช้ในเครื่องจักรจะเป็นระบบลมจากศูนย์กลางซึ่งปล่อยมาให้แต่ละสายงานการประกอบในห้องสะอาดและจะถูกแยกออกมาในแต่ละสายงานการประกอบ แล้วจึงถูกแยกออกมาในแต่ละเครื่องจักรอีกทีหนึ่ง

6.4.2.3.2 ระบบไฟฟ้าของเครื่องจักร

เครื่องจักรต้องใช้ไฟฟ้าเพื่อเป็นตัวขับเคลื่อนการเคลื่อนที่ของระบบแขนกลและระบบหยิบจับสกรู อีกทั้งยังมีผลกับระบบการกำหนดระยะเคลื่อนที่และการกำหนดตำแหน่ง ระบบการจ่ายไฟที่อาจจะมีความไม่สม่ำเสมอเกิดขึ้นย่อมส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องจักรได้เช่นกัน

6.4.2.3.3 การสั่นสะเทือนที่เกิดกับเครื่องจักร

ในการผลิตในห้องสะอาด ห้องสะอาดหนึ่ง ๆ จะบรรจุสายการประกอบและแยกชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟประมาณ 18 สายงาน โดยแต่ละสายงานจะมีจำนวนเครื่องจักรในการทำงานประมาณ 30 ถึง 40 เครื่อง และยังมีการขนส่งส่วนประกอบที่ต้องทำการขนย้ายโดยพนักงาน ซึ่งย่อมก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนเกิดขึ้นได้บนพื้นการของห้องสะอาด การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นย่อมมีผลกระทบกับการประกอบชิ้นส่วนที่ต้องอาศัยความละเอียดสูงในการประกอบ ซึ่งการสั่นสะเทือนก็อาจจะเป็นสาเหตุหนึ่งของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรเช่นกัน

6.4.2.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมาจากพนักงาน

6.4.2.4.1 ความชำนาญของพนักงานควบคุมเครื่องจักร

พนักงานที่มีหน้าที่ดูแลเครื่องจักรจะต้องทำการใส่สกรูเข้าไปในเครื่องเมื่อสกรูถูกหยิบไปประกอบจนหมด อีกทั้งเมื่อเครื่องจักรเกิดการขัดข้องเล็กน้อยซึ่งต้องอาศัยการทำงานของพนักงานเข้าไปแก้ไข ความชำนาญและความรวดเร็วในการแก้ไขก็ส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตด้วยเช่นกัน

6.4.2.4.2 การบังระบบรักษาความปลอดภัย

เนื่องจากเครื่องจักรถูกออกแบบให้มีระบบรักษาความปลอดภัย เพื่อป้องกันมิให้พนักงานยื่นอวัยวะเข้าไปในตัวเครื่องขณะที่เครื่องทำงานอยู่เพื่อป้องกันมิให้เกิดอุบัติเหตุและอันตรายต่อตัว

พนักงาน แต่ก็มีบางกรณีที่พนักงานมักปิดบังระบบเซนเซอร์ของเครื่องทำให้เครื่องต้องมีการหยุดทำงานกลางคันและต้องเริ่มทำงานใหม่ ทำให้รอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรมีค่าสูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อความแปรปรวนที่เพิ่มขึ้นด้วย

6.4.2.5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลมาจากวัตถุดิบ

6.4.2.5.1 ผู้ผลิตสกรู

ผู้ผลิตสกรูมีทั้งหมด 3 ผู้ผลิตที่แตกต่างกัน โดยคุณภาพของสกรูจากผู้ผลิตทั้ง 3 อาจจะมีความแตกต่างกัน จนทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง CS3 มีผลกระทบจากการประกอบสกรู

6.4.2.5.2 สกรูไม่ผ่านข้อกำหนด

สกรูที่ไม่ผ่านข้อกำหนดทางด้านคุณภาพ เช่น ความยาวของสกรูไม่ได้มาตรฐาน เกลียวของสกรูไม่ได้ขนาดตามที่กำหนด เข้ามาประกอบในกระบวนการผลิต ย่อมทำให้การประกอบมีโอกาสในการทำงานที่ผิดพลาดมากยิ่งขึ้น

6.4.2.5.3 ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ขนาดของรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และตำแหน่งของรูบนฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ไม่ได้ตามข้อกำหนด เมื่อผ่านเข้าเครื่อง CS3 เพื่อที่จะไขสกรูเข้าไป ย่อมทำให้เครื่องมีปัญหาในการไข เช่น ไขไม่ลง ไขลงไม่สุด ค่าแรงขันเกิดข้อกำหนด ซึ่งทำให้เครื่องเกิดการทำงานที่ผิดพลาด ซึ่งต้องส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตในรอบนั้นสูงขึ้นกว่าค่ามาตรฐาน

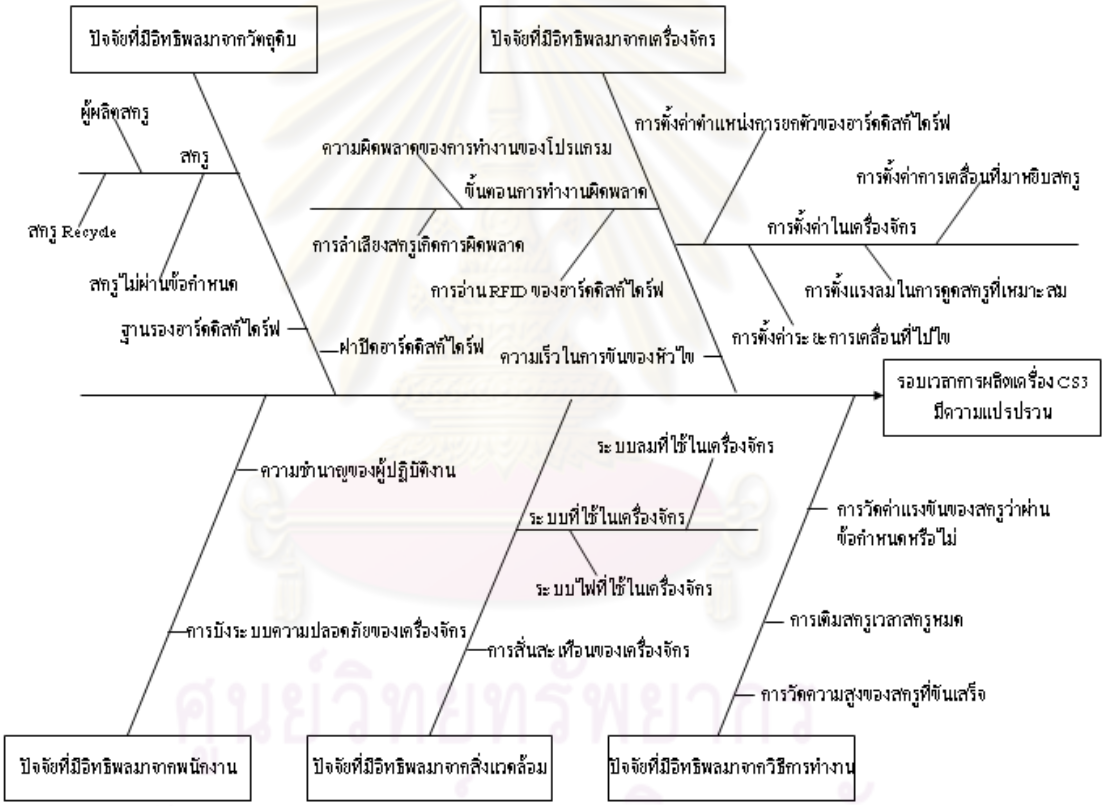
6.4.2.5.4 สกรู Recycle

สกรูที่ใช้ไขในเครื่อง CS3 จะมีสองประเภทคือ สกรูใหม่ที่ได้จากผู้ผลิตและสกรู Recycle ที่เคยผ่านกระบวนการประกอบมาแล้ว แต่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวนั้นไม่ผ่านข้อกำหนด จึงถูกแยกส่วนประกอบและเอาสกรูที่ยังดีอยู่มาใช้ใหม่เพื่อลดต้นทุนค่าชิ้นส่วน โดยสกรูจะผ่านเครื่องวัดขนาดความกว้างระหว่างเกลียว เพื่อให้แน่ใจว่าผ่านตามข้อกำหนดก่อนนำกลับมาใช้ใหม่ โดยสกรู Recycle ก็อาจจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เครื่องเกิดการทำงานที่ผิดพลาด และส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตได้

6.4.2.5.5 ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ขนาดของรูบนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และตำแหน่งของรูบนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ไม่ได้ตามข้อกำหนด เมื่อผ่านเข้าเครื่อง CS3 เพื่อที่จะไขสกรูเข้าไป ย่อมทำให้เครื่องมีปัญหาในการไข เช่น ไขไม่ลง ไขลงไม่สุด ค่าแรงขันเกิดข้อกำหนด ซึ่งทำให้เครื่องเกิดการทำงานที่ผิดพลาด ซึ่งต้องส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตในรอบนั้นสูงขึ้นกว่าค่ามาตรฐาน

โดยเมื่อทำการระดมความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดสามารถเขียนแผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ที่อาจจะเป็นสาเหตุให้เกิดความรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบสกรูที่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวที่ 3ได้ ดังแสดงในรูปที่ 6.17



รูปที่ 6.17 แสดงผังเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)
ของสาเหตุความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

6.4.3 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของเครื่อง CS3

6.4.3.1 การกำหนดระดับความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร CS3 (Severity of Effect: S)

จากการเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร CS3 พบว่า รอบเวลาการผลิตสูงสุดที่พบคือ 28.4 วินาที ในขณะที่รอบเวลาการผลิตเป้าหมายคือ 4.5 วินาที เมื่อต้องการแบ่งระดับความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร CS3 เป็น 10 ระดับ ดังนั้นการทำงานของเครื่องจักรที่มีค่าเกิน 4.5 วินาทีถือได้ว่าทำงานผิดพลาด ซึ่งสามารถแบ่งช่วงระดับของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรได้โดยการคำนวณนี้

$$\text{ช่วงของรอบเวลาการผลิต} = \frac{\text{รอบเวลาการผลิตสูงสุด} - \text{รอบเวลาการผลิตเป้าหมาย}}{\text{จำนวนของระดับที่ต้องการ}}$$

เมื่อแทนค่าจะได้

$$\text{ช่วงของรอบเวลาการผลิต} = \frac{28.4 - 4.5}{10}$$

$$= 2.39 \text{ วินาที}$$

เพราะฉะนั้นระดับความรุนแรงที่ช่วงที่ 1 จะมีค่าของรอบเวลาการผลิตตั้งแต่ 4.5 ถึง 4.5+2.39 วินาที ซึ่งก็คือ 4.5 ถึง 6.89 วินาทีนั่นเอง ส่วนช่วงที่สองจะมีค่าของรอบเวลาการผลิตตั้งแต่ 6.89 ถึง 6.89+2.39 วินาที ซึ่งก็คือ 6.89 ถึง 9.28 วินาทีนั่นเอง ซึ่งจะได้ระดับความรุนแรงทั้งหมด 10 ระดับซึ่งก็คือรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ในแต่ละช่วงดังแสดงในตารางที่ 6.9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.9 แสดงระดับความรุนแรงของผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

รายละเอียดความรุนแรงที่เกิดขึ้น	รอบเวลาการผลิต (วินาที)	ระดับความรุนแรง
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 มีค่าอยู่ระหว่าง 4.50 - 6.89 วินาที	4.50 - 6.89	1
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 มีค่าอยู่ระหว่าง 6.90 - 9.29 วินาที	6.90 - 9.29	2
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 มีค่าอยู่ระหว่าง 9.30 - 11.69 วินาที	9.30 - 11.69	3
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 มีค่าอยู่ระหว่าง 11.70 - 14.09 วินาที	11.70 - 14.09	4
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 มีค่าอยู่ระหว่าง 14.10 - 16.49 วินาที	14.10 - 16.49	5
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 มีค่าอยู่ระหว่าง 16.50 - 18.89 วินาที	16.50 - 18.89	6
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 มีค่าอยู่ระหว่าง 18.90 - 21.29 วินาที	18.90 - 21.29	7
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 มีค่าอยู่ระหว่าง 21.30 - 23.69 วินาที	21.30 - 23.69	8
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 มีค่าอยู่ระหว่าง 23.70 - 26.09 วินาที	23.70 - 26.09	9
รอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 มีค่ามากกว่า 26.10 วินาที	26.10 - 28.49	10

6.4.3.2 ความถี่หรือโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาดของเครื่อง CS3 (Occurrence, Probability of Failure: O)

จากการสุ่มตัวอย่างเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร CS3 พบว่า โอกาสที่รอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 มีค่าสูงกว่ารอบเวลาการผลิตเป้าหมายคือ 4.5 วินาที มีค่าเท่ากับ 19.60% ซึ่งถ้ากำหนดระดับของโอกาสที่พบรอบเวลาการผลิตมากกว่าค่าเป้าหมายไว้ที่ 10 ระดับ จะมาสามารถกำหนดโอกาสในแต่ละช่วงระดับได้จากการคำนวณดังนี้

$$\text{ช่วงของโอกาส} = \frac{\text{โอกาสที่รอบเวลาการผลิตสูงกว่าค่าเป้าหมาย}}{\text{จำนวนของระดับที่ต้องการ}}$$

เมื่อแทนค่าจะได้

$$\text{ช่วงของโอกาส} = \frac{19.6}{10}$$

$$= 1.96\ \%$$

เพราะฉะนั้นระดับของโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาดต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ที่ช่วงที่ 1 จะมีค่าตั้งแต่ 0.00% ถึง 1.96% ส่วนช่วงที่สองจะมีค่าของรอบเวลาการผลิตตั้งแต่ 1.97% ถึง 3.93% ซึ่งจะได้ระดับระดับความถี่หรือโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาดต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ทั้งหมด 10 ระดับดังแสดงในตารางที่ 6.10

ตารางที่ 6.10 แสดงระดับความถี่หรือโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาดต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

รายละเอียดความถี่หรือโอกาสที่เกิดข้อผิดพลาด	โอกาสที่เกิดข้อผิดพลาด	ระดับโอกาส
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 0.00 - 1.96 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	0.00 - 1.96 %	1
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 1.97 - 3.93 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	1.97 - 3.93 %	2
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 3.94 - 5.90 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	3.94 - 5.90 %	3
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 5.91 - 7.87 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	5.91 - 7.87 %	4
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 7.88 - 9.84 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	7.88 - 9.84 %	5
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 9.85 - 11.81 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	9.85 - 11.81 %	6
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 11.82 - 13.78 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	11.82 - 13.78%	7
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 13.79 - 15.75 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	13.79 - 15.75 %	8
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 15.76 - 17.72 ตัวจากการผลิต 100 ตัว	15.76 - 17.72 %	9
โอกาสพบรอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีในงาน 17.73 ตัวขึ้นไปจากการผลิต 100 ตัว	17.73 % ขึ้นไป	10

6.4.3.3 ระบบตรวจจับความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นของเครื่อง CS3 (Detection, Likelihood that control will detect Failure: D)

การที่ระบบการตรวจวัดกระบวนการทำงานที่ผิดพลาดของเครื่องจักร หรือวัตถุดิบไม่ได้มาตรฐาน เกิดความผิดพลาดเกิดขึ้น ทำให้มีความผิดพลาดหลุดเข้ามาสู่ระบบ จำนวนความผิดพลาดที่มีโอกาสเข้ามาสู่ระบบโดยระบบการตรวจวัดผิดพลาดสามารถแบ่งแยกออกเป็น 10 ระดับ ดังตารางที่ 6.11

ตารางที่ 6.11 แสดงระดับถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบ

รายละเอียดระบบตรวจจับความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้น	ความผิดพลาดหลุดเข้าสู่ระบบ	ระดับการตรวจจับ
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 10,000	1 ใน 10,000	1
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 5,000	1 ใน 5,000	2
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 2,000	1 ใน 2,000	3
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 1,000	1 ใน 1,000	4
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 500	1 ใน 500	5
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 200	1 ใน 200	6
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 100	1 ใน 100	7
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 50	1 ใน 50	8
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 20	1 ใน 20	9
ถ้ามีความผิดพลาดหลุดเข้ามาในกระบวนการและระบบตรวจจับปล่อยให้หลุดเข้าสู่ระบบได้ 1 ใน 10	1 ใน 10	10

6.4.3.4 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

กระบวนการ	ข้อบกพร่องเกิดมาจาก	ข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้น	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น	SEV	สาเหตุที่เป็นไปได้	OCC	วิธีการควบคุมในปัจจุบัน	DET	RPN
เครื่องไขสกรู CS3	วิธีการทำงาน	การวัดค่าแรงขันสกรูว่าผ่านข้อกำหนดหรือไม่	เครื่องจักรจะต้องทำการ Reject งานตัวนั้น	4	ไขสกรูเข้าไปไม่ได้ตามที่ตั้งค่าไว้	4	ค่าแรงไขที่เครื่องจักรวัด	3	48
		การเติมสกรูเวลาสกรูหมด	เครื่องหยุดทำงานอัตโนมัติ	6	พนักงานบ้าง Human เพื่อเติมสกรู	2	ไม่มี	9	108
		การวัดความสูงของสกรูที่ไขเสร็จ	เครื่องจักรจะต้องทำการ Reject งานตัวนั้น	4	ไขสกรูเข้าไปไม่ได้ตามที่ตั้งค่าไว้	4	เครื่องวัดความสูงสกรู	3	48
	สิ่งแวดล้อม	การสั่นสะเทือนของเครื่องจักร	ทำให้การเคลื่อนที่ไปยังระยะที่ตั้งไว้ผิดพลาด	4	การสั่นสะเทือนที่เกิดจากเครื่องจักร CS3 เองและเครื่องจักรที่ติดกัน	5	ไม่มี	9	180
		ระบบไฟที่ใช้ในเครื่องจักร	ทำให้การเคลื่อนที่ของเครื่องจักรผิดตำแหน่ง หรือช้าไป	2	การจ่ายไฟเพื่อใช้ในเครื่องจักรไม่สม่ำเสมอ	2	อุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้า	2	8
		ระบบลมที่ใช้ในเครื่องจักร	ทำให้การเคลื่อนที่ของเครื่องจักรผิดตำแหน่ง หรือช้าไป	3	การจ่ายลมเพื่อใช้ในเครื่องจักรไม่สม่ำเสมอ หรือระดับน้อยกว่าที่ต้องการ	3	มีระบบเกจวัดลม	2	18
	พนักงาน	ปิดระบบความปลอดภัยของเครื่องจักร	เครื่องหยุดการทำงาน	2	พนักงานเผลอ	2	มีระบบการฝึกอบรม ข้อควรระวัง และจะมีเสียงเตือนเมื่อมีการปิดระบบความปลอดภัย	8	32
		ความชำนาญของผู้ปฏิบัติงาน	การแก้ไขข้อผิดพลาดการทำงานใช้เวลานาน	4	พนักงานใหม่ ไม่มีความเชี่ยวชาญ	3	ระบบการบันทึกการฝึกอบรม	6	72
	วัสดุสิ้นเปลือง	ฐานรองสาร์ดสิทไดร์ฟ	ไขสกรูไม่ได้	5	ขนาดรูไม่ได้มาตรฐาน	3	ระบบควบคุมคุณภาพของผู้ผลิต	4	60
		ฝาปิดสาร์ดสิทไดร์ฟ	ไขสกรูไม่ได้	5	ขนาดรูไม่ได้มาตรฐาน	3	ระบบควบคุมคุณภาพของผู้ผลิต	4	60
		ผู้ผลิตสกรู	เครื่องเกิดการทำงานที่ผิดพลาด	5	มาตรฐานการผลิตที่แตกต่างกัน	6	ระบบควบคุมคุณภาพของผู้ผลิต	4	120
		สกรูไม่ผ่านข้อกำหนด	ไขสกรูไม่ได้	5	ผู้ผลิตตรวจสอบไม่ดีพอ	4	ระบบควบคุมคุณภาพของผู้ผลิต	4	80
		สกรู Recycle	ไขสกรูไม่ได้	5	ขนาดสกรูเกิดการเสียรูป	6	เครื่องตรวจคุณภาพสกรู	3	90
	เครื่องจักร	การตั้งค่าตำแหน่งการยกตัวของสาร์ดสิทไดร์ฟ	ไขสกรูไม่ได้	5	การปรับตั้งระยะไม่ได้มาตรฐาน	2	มีเกจในการปรับตั้งเครื่องจักร	4	40
		การตั้งค่าระยะการเคลื่อนที่ไปไข	ไขสกรูไม่ได้ตำแหน่ง	5	การปรับตั้งระยะไม่ได้มาตรฐาน	3	มีเกจในการปรับตั้งเครื่องจักร	4	60
		การตั้งค่าการเคลื่อนที่มาหยิบสกรู	การหยิบสกรูผิดพลาด	5	การปรับตั้งระยะไม่ได้มาตรฐาน	3	มีเกจในการปรับตั้งเครื่องจักร	4	60
		ความผิดพลาดของการทำงานของโปรแกรม	ต้องรีสตาร์ทการทำงานของโปรแกรมใหม่	4	การเขียนโปรแกรมผิดพลาด	2	ก่อนการลงโปรแกรมใหม่จะมีการทดสอบโดยวิศวกรผู้ออกแบบ	2	16
		การตั้งแรงลมในการดูดสกรูที่เหมาะสม	สกรูหล่นหรือสกรูติดที่หัวไข	6	แรงลมน้อยหรือมากเกินไป	5	เกจวัดลม	4	120
		การอ่าน RFID ของสาร์ดสิทไดร์ฟ	เครื่องไม่สามารถอ่านหรือบันทึกข้อมูลใน RFID ได้		ระยะระหว่างหัวอ่านกับ RFID		ระบบซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน โดยตรวจสอบทุกๆครั้ง		0
		การลำเลียงสกรูผิดการผิดพลาด	หัวไขไม่สามารถหยิบสกรูได้	5	เกิดการผิดพลาดในช่วงลำเลียงสกรู	5	พนักงานดู	7	175
		ความเร็วในการไขของหัวไข	ความเร็วไม่ได้ตามข้อกำหนด	6	อุปกรณ์เสื่อมสภาพ	2	ระบบซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน โดยตรวจสอบทุกๆครั้ง	4	48

รูปที่ 6.18 แสดงการวิเคราะห์ FMEA ของเครื่อง CS3

หลังจากที่ทำการกำหนดระดับคะแนนของค่าระดับผลกระทบ ความถี่ และความสามารถในการตรวจจับ ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องจะทำการให้คะแนนของแต่ละสาเหตุของปัญหาดังแสดงในรูปที่ 6.18 ก็สามารถกำหนดระดับ RPN (Risk Priority Number) ของแต่ละสาเหตุ ซึ่งสาเหตุของปัญหาที่มีค่า RPN สูงสุดในลำดับต้นๆ 60% แรกคือ

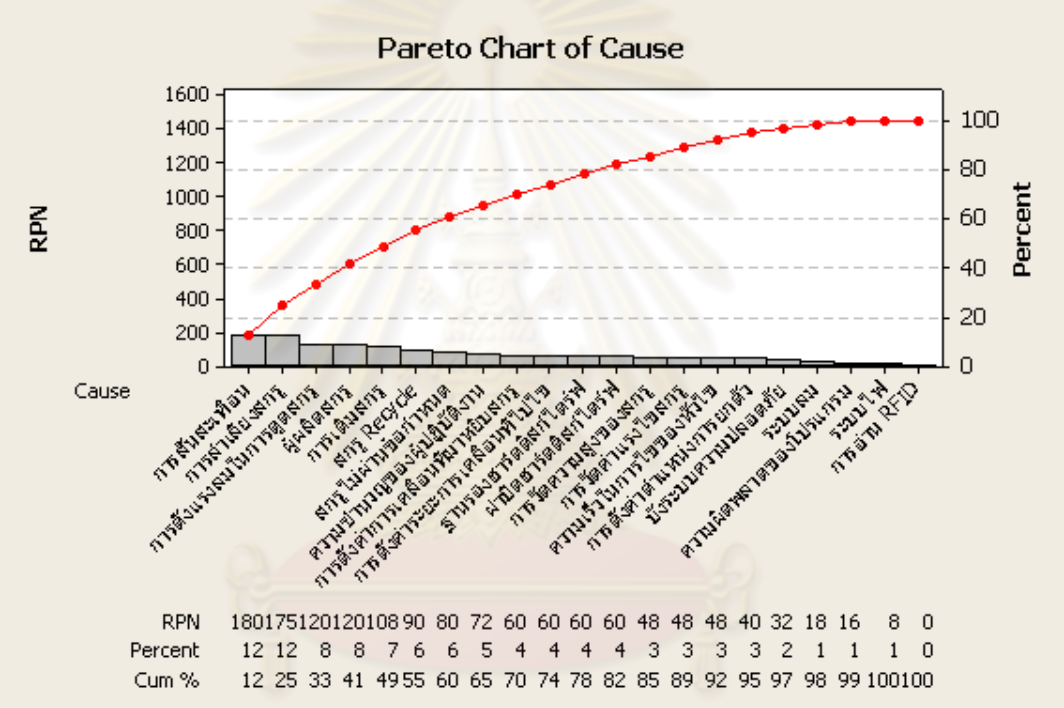
1. สาเหตุจากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรมีค่า RPN ที่ 180
2. สาเหตุจากการลำเลียงสกรูที่ผิดพลาดมีค่า RPN ที่ 175

3. สาเหตุจากการตั้งแรงลมในการดูดสกรูมีค่า RPN ที่ 120

4. สาเหตุจากผู้ผลิตสกรูที่แตกต่างกันมีค่า RPN ที่ 120

5. สาเหตุจากสกรู Recycleมีค่า RPN ที่ 108

จากการวิเคราะห์หาความรุนแรงของสาเหตุของปัญหาจาก FMEA ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 สามารถสรุปเป็นแผนผังพาเรโตของค่า RPN ของแต่ละสาเหตุของปัญหาได้ดังรูปที่ 6.19



รูปที่ 6.19 แสดงแผนภูมิพาเรโตของความรุนแรงจากการวิเคราะห์ด้วย FMEA ของเครื่อง CS3

6.4.4 การทดสอบสมมติฐานของเครื่อง CS3

จากการวิเคราะห์ FMEA ของเครื่องจักร CS3 ใน หัวข้อ 6.4.3 ทำให้สามารถสรุปว่าปัจจัยที่อาจจะมีอิทธิพลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร CS3 5 อันดับแรกคือ

1. อิทธิพลเนื่องมาจากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร

2. อิทธิพลเนื่องมาจากผู้ผลิตสกรู

3. อิทธิพลเนื่องมาจากสกรู Recycle

4. อิทธิพลเนื่องมาจากการตั้งแรงลมในการดูดสกรูที่เหมาะสม

5. อิทธิพลเนื่องมาจากการลำเลียงสกรูเกิดการผิดพลาด

ซึ่งจะทำการตั้งสมติฐานและทดสอบสมมติฐานเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผมต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรต่อไป

6.4.4.1 วิเคราะห์อิทธิพลเนื่องมาจากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร

ปัญหา

การประกอบชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะต้องถูกกระทำในห้องสะอาด ซึ่งถูกออกแบบให้พื้นเป็นแบบโปร่งที่สามารถดูดฝุ่นลงไปใต้พื้นได้ ในหนึ่งห้องสะอาดจะมีเครื่องจักรอยู่จำนวนประมาณ 480 - 500 เครื่อง ซึ่งเมื่อทุกเครื่องทำงานพร้อมกันเกิดจะเกิดการสั่นสะเทือนเกิดขึ้น การสั่นสะเทือนก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่อาจจะมีผลต่อการทำงานและรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 โดยการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นอาจจะส่งผมต่อตำแหน่งการวางที่คลาดเคลื่อนหรือการหยิบจับที่ผิดพลาด โดยอุปกรณ์ที่ได้ทำการออกแบบเพื่อลดความสั่นสะเทือนแสดงในรูปที่ 5.4 ที่จะยึดฐานของเครื่องจักรกับพื้น

การตั้งสมมติฐาน

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; การสั่นสะเทือนของเครื่องจักร CS3 ไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; การสั่นสะเทือนของเครื่องจักร CS3 มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องCS3

การคำนวณสิ่งตัวอย่าง

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 600 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

Power and Sample size

Sample size for comparing two sample standard deviations

Alpha = 0.05

Beta = 0.05

Critical ratio = 1.6145

Sample size = 58

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ทำการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรเข้ากับพื้นของห้องสะอาด

2. ทำการวัดค่าความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรบริเวณฐานของเครื่องจักรโดยดูค่าที่สูงที่สุด

3. ถอดอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรกับพื้นของห้องสะอาดออก

4. ทำการวัดค่าความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรบริเวณฐานของเครื่องจักรโดยดูค่าที่สูงที่สุด

5. ทำการเปรียบเทียบสองจุดที่ได้ทำการวัดจากเครื่องมือดังรูปที่5.5 และผลการวัดดังแสดงในตารางที่ 6.12

6. เตรียมฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สกรู จากผู้ผลิตเดียวกันและกลุ่มวันที่ผลิตวันเดียวกันอย่างละ 1200 ชิ้น

7. กลุ่มแรกทำการประกอบในขณะที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรเข้ากับพื้นของห้องสะอาด และทำการเดินเครื่องจนครบ 600 ชิ้น

8. กลุ่มสองทำการประกอบในขณะที่ติดตั้งอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรเข้ากับพื้นของห้องสะอาดออก และทำการเดินเครื่องจนครบ 600 ชิ้น

9. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสองกลุ่มตัวอย่างทำในเวลาต่อเนื่องกัน พนักงานควบคุมเครื่องคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง

10. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

ตารางที่ 6.12 เปรียบเทียบความสั่นสะเทือนของฐานเครื่อง CS3 ก่อนและหลังปรับปรุง

	ก่อนการปรับปรุง		หลังการปรับปรุง	
	จุดหยิบสกรู	จุดไขสกรู	จุดหยิบสกรู	จุดไขสกรู
การสั่นสะเทือน (mm/s)	0.81	0.89	0.71	0.81

ผลการทดลองทางสถิติ

Test for Equal Variances: Cycle time versus Group

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Group	N	Lower	StDev	Upper
A	600	2.21521	2.35893	2.52183
B	600	1.37201	1.46102	1.56191

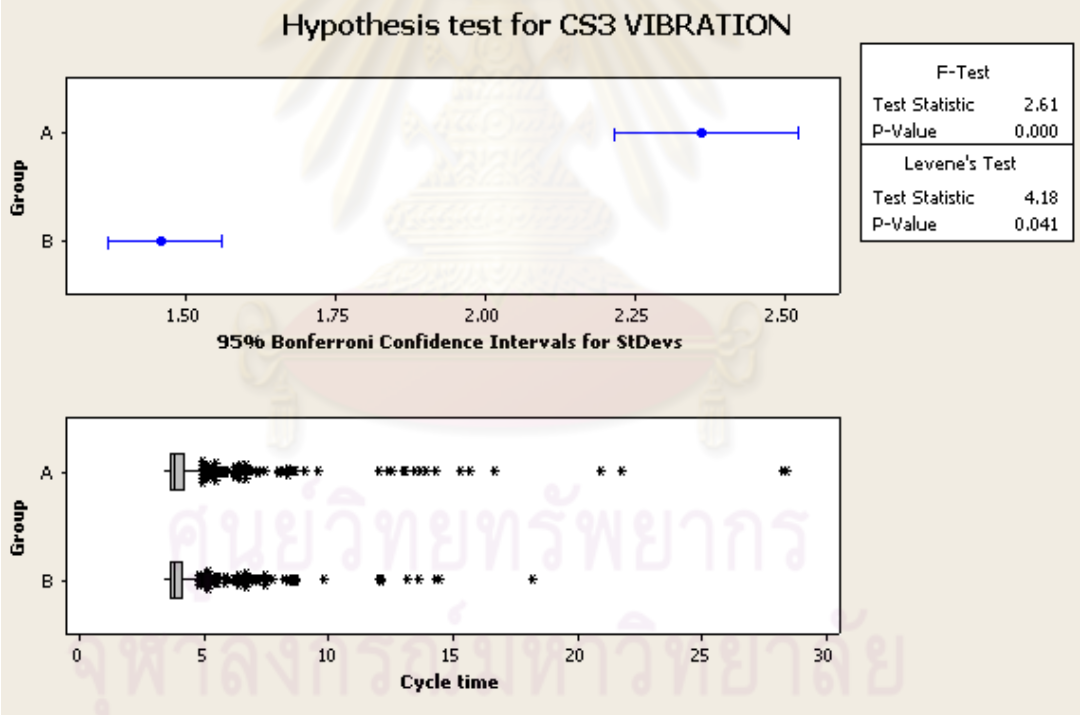
F-Test (Normal Distribution)

Test statistic = 2.61, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 4.18, p-value = 0.041

Hypothesis test for CS3 VIBRATION



สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.041 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วย

ระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ระหว่างการทำงานของเครื่อง CS3 ที่มีความสั่นสะเทือนที่แตกต่างกัน

6.4.4.2 วิเคราะห์อิทธิพลเนื่องมาจากผู้ผลิตสกรู

ปัญหา

ผู้ผลิตสกรูมีทั้งหมด 3 ผู้ผลิตที่แตกต่างกัน โดยคุณภาพของสกรูจากผู้ผลิตทั้ง 3 อาจจะมีความแตกต่างกัน จนทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง CS3 มีผลกระทบจากการประกอบสกรู

การตั้งสมมติฐาน

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$; สกรูจากผู้ผลิตที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3$; สกรูจากผู้ผลิตที่แตกต่างกันมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

การคำนวณสิ่งตัวอย่าง

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 600 ที่ใช้ในการทดลองไม่เพียงพอจึงต้องทำการเก็บข้อมูลเพิ่มที่กลุ่มตัวอย่าง 2700

Power and Sample size

Sample size for comparing two sample standard deviations

Alpha = 0.05

Beta = 0.05

Critical ratio AB = 1.2087

Critical ratio BC = 1.1278

Critical ratio AC = 1.0718

Sample size AB = 360

Sample size BC = 900

Sample size AC = 2700

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการทดลอง

1. เตรียมฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ จากผู้ผลิตเดียวกันและกลุ่มวันที่ผลิตวันเดียวกันอย่างละ 8100 ชิ้น

2. เตรียมสกรูจากผู้ผลิตทั้งสาม อย่างละ 2700 ชิ้น

3. ทำการเดินเครื่องประกอบสกรูจากกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่ม

4. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสามกลุ่มตัวอย่าง ใช้พนักงานควบคุมเครื่องจักรคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง

5. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

ผลการทดลองทางสถิติ

Test for Equal Variances: Cycle time versus Group

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Group	N	Lower	StDev	Upper
A	2700	2.75460	2.84449	2.94013
B	2700	2.36144	2.43851	2.52050
C	2700	2.60405	2.68903	2.77944

Bartlett's Test (Normal Distribution)

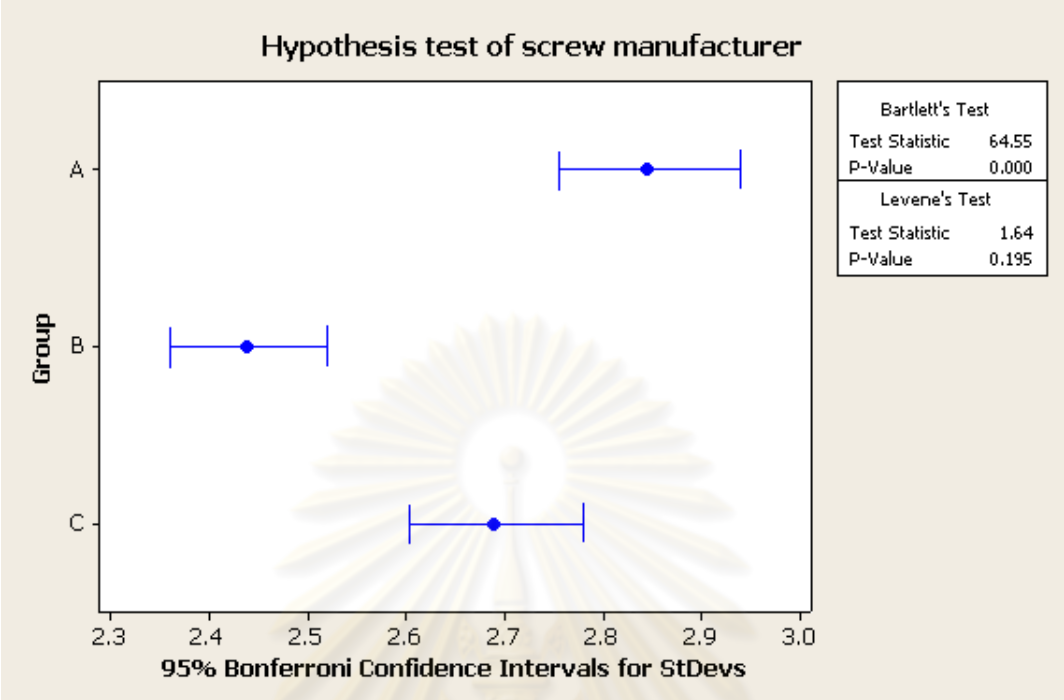
Test statistic = 64.55, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 1.64, p-value = 0.195

Test for Equal Variances: Cycle time versus Group

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.195 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐาน H_0 และสรุปว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ระหว่างการทำงานของเครื่อง CS3 ที่ประกอบสกรูจากผู้ผลิตแต่งต่างกัน

6.4.4.3 วิเคราะห์อิทธิพลเนื่องมาจากสกรู Recycle

<u>ปัญหา</u>

สกรูที่ใช้ไขในเครื่อง CS3 จะมีสองประเภทคือ สกรูใหม่ที่ได้จากผู้ผลิตและสกรู Recycle ที่เคยผ่านกระบวนการประกอบมาแล้ว แต่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวนั้นไม่ผ่านข้อกำหนด จึงถูกแยกส่วนประกอบและเอาสกรูที่ยังดีอยู่มาใช้ใหม่เพื่อลดต้นทุนค่าชิ้นส่วน โดยสกรูจะผ่านเครื่องวัดขนาดความกว้างระหว่างเกลียว เพื่อให้แน่ใจว่าผ่านตามข้อกำหนดก่อนนำกลับมาใช้ใหม่ โดยสกรู Recycle ก็อาจจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เครื่องเกิดการทำงานที่ผิดพลาด และส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตได้

<u>การตั้งสมมติฐาน</u>

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; สกรูใหม่กับสกรู Recycleไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; สกรูใหม่กับสกรู Recycleมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

<u>การคำนวณสิ่งตัวอย่าง</u>

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 600 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

Power and Sample size

Sample size for comparing two sample standard deviations

Alpha = 0.05

Beta = 0.05

Critical ratio = 1.3828

Sample size = 125

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. เตรียมฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ จากผู้ผลิตเดียวกันและกลุ่มวันที่ผลิตวันเดียวกันอย่างละ 600 ชิ้น
2. เตรียมสกรูสองแบบคือสกรูใหม่และสกรู Recycle อย่างละ 600 ชิ้น
3. ทำการเดินเครื่องประกอบสกรูจากกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม
4. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสามกลุ่มตัวอย่าง ใช้พนักงานควบคุมเครื่องจักรคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง
5. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

<u>ผลการทดลองทางสถิติ</u>

Test for Equal Variances: Cycle time versus Group

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Group	N	Lower	StDev	Upper
A	600	2.01377	2.14443	2.29251
B	600	2.78460	2.96527	3.17003

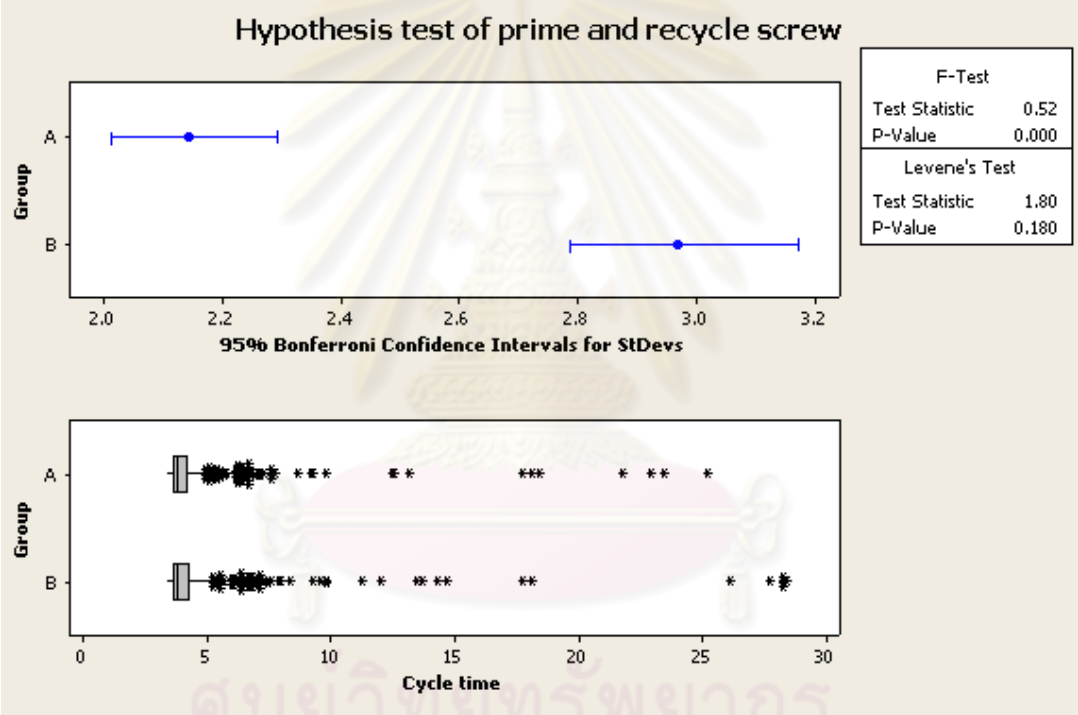
F-Test (Normal Distribution)

Test statistic = 0.52, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 1.80, p-value = 0.180

Hypothesis test of prime and recycle screw



<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.180 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐาน H_0 และสรุปว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ระหว่างการทำงานของเครื่อง CS3 ที่ประกอบสกรูใหม่จากผู้ผลิตกับสกรู Recycle

6.4.4.4 วิเคราะห์อิทธิพลเนื่องมาจากตั้งแรงลมในการดูดสกรูที่เหมาะสม

ปัญหา

แรงลมที่ใช้ในการดูดสกรูและปล่อยสกรูเพื่อทำการไข ก็เป็นส่วนสำคัญของการทำงานที่ผิดพลาดหรือ ได้รอบเวลาการผลิตตามค่าเป้าหมายหรือไม่ การที่ลมน้อยไปก็จะเกิดการตกของสกรูทำให้ต้องเสียเวลากลับมาหยิบสกรูตัวใหม่ ส่วนแรงลมที่แรงเกินไปก็จะทำให้ไขสกรูเวลานานขึ้น ดังนั้นการตั้งค่าแรงลมที่เหมาะสมก็จะช่วยให้การทำงานของเครื่องจักรเป็นไปตามค่าเป้าหมายที่กำหนด โดยปัจจุบันแรงลมที่ตั้งไว้คือ 530 ซึ่งค่าน้อยสุดถึงค่ามากสุดที่เครื่องสามารถทำงานได้ถูกกำหนดไว้คือ 550 - 650

การตั้งสมมติฐาน

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$; แรงลมในการดูดที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3$; แรงลมในการดูดที่แตกต่างกันมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

การคำนวณสิ่งตัวอย่าง

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 600 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอ

Power and Sample size

Sample size for comparing two sample standard deviations

Alpha = 0.05

Beta = 0.05

Critical ratio AB = 1.3126

Critical ratio BC = 1.1992

Critical ratio AC = 1.5741

Sample size AB = 177

Sample size BC = 395

Sample size AC = 65

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการทดลอง

1. เตรียมสกรู ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ จากผู้ผลิตเดียวกัน และกลุ่มวันที่ผลิตวันเดียวกันอย่างละ 1800 ชิ้น

2. ปรับตั้งแรงลมดูดสกรูที่สามค่าคือ 550,600 และ 650

3. ทำการเดินเครื่องประกอบสกรูจากกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่ม

4. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสามกลุ่มตัวอย่าง ใช้พนักงานควบคุมเครื่องจักรคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง

5. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

ผลการทดลองทางสถิติ

Test for Equal Variances: Cycle time versus Group

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Group	N	Lower	StDev	Upper
A	600	1.64818	1.76254	1.89296
B	600	2.16341	2.31351	2.48471
C	600	2.59454	2.77456	2.97987

Bartlett's Test (Normal Distribution)

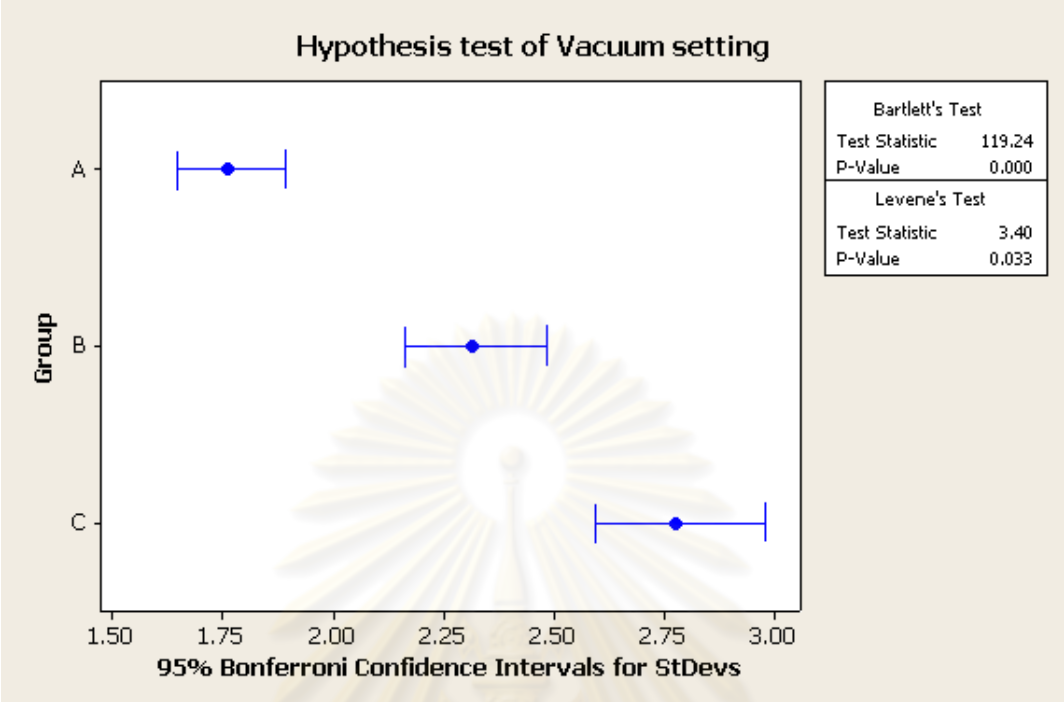
Test statistic = 119.24, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 3.40, p-value = 0.033

Test for Equal Variances: Cycle time versus Group

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.033 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ระหว่างการตั้งค่าแรงลมดูดที่แตดต่างกัน

6.4.4.5 วิเคราะห์อิทธิพลเนื่องมาจากการลำเลียงสกรูเกิดการผิดพลาด

<u>ปัญหา</u>

สกรูที่ใช้ในการประกอบจะถูกเทใส่ในชุดลำเลียงสกรู แล้วสกรูจะถูกลำเลียงไปตามรางโดย แรงสั่นสะเทือน ในบางจังหวะการลำเลียงของสกรูเกิดการติดขัดในสายลำเลียง เป็นสาเหตุให้รอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรต้องเกิดการรอ ทำให้รอบเวลาการผลิตมากกว่าปกติ

<u>การตั้งสมมติฐาน</u>

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; แรงลมที่ช่วยการลำเลียงสกรูไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; แรงลมที่ช่วยการลำเลียงสกรูมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

<u>การคำนวณสิ่งตัวอย่าง</u>

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 600 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอ

Power and Sample size

Sample size for comparing two sample standard deviations

Alpha = 0.05

Beta = 0.05

Critical ratio AB = 1.3381

Sample size AB = 155

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. เตรียมสกรู ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ จากผู้ผลิตเดียวกันและกลุ่มวันที่ผลิตวันเดียวกันอย่างละ 1200 ชิ้น

2. ทำการเดินเครื่องประกอบสกรูจากกลุ่มตัวอย่างกลุ่มแรก 600 ตัว

3. ทำการติดตั้งระบบลมเป่า และทำการเดินเครื่องประกอบสกรูจากกลุ่มตัวอย่างกลุ่มสอง 600 ตัว

4. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสองกลุ่มตัวอย่าง ใช้พนักงานควบคุมเครื่องจักรคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง

5. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

<u>ผลการทดลองทางสถิติ</u>

Test for Equal Variances: Cycle time versus Group

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Group	N	Lower	StDev	Upper
A	600	2.53786	2.70252	2.88914
B	600	1.89654	2.01959	2.15905

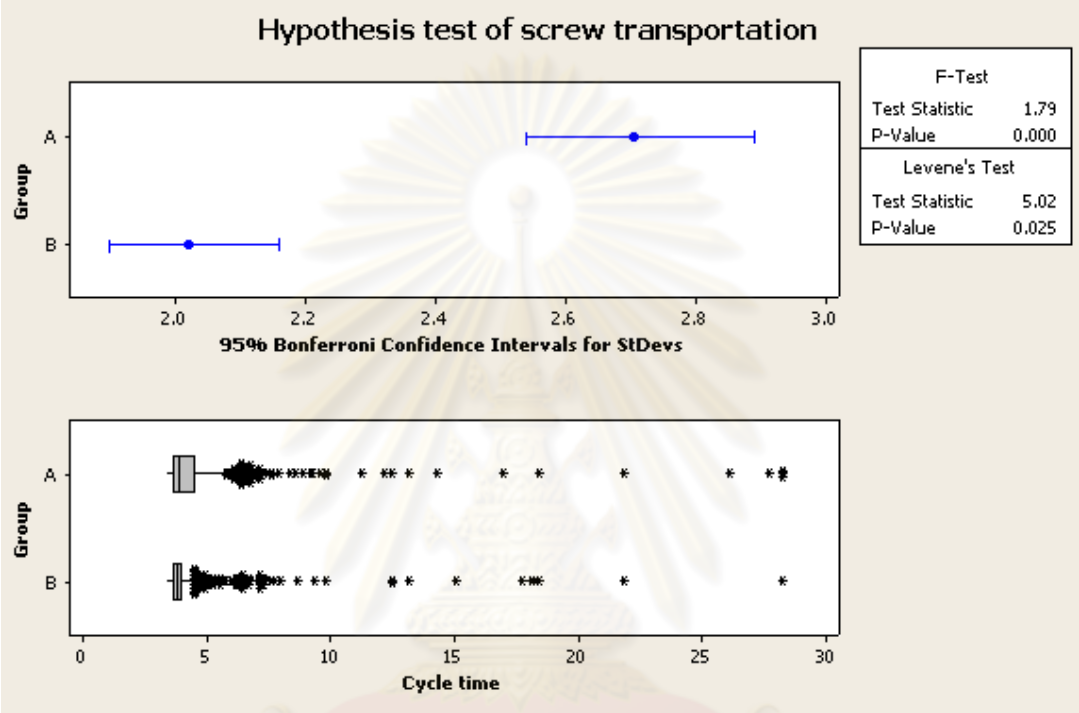
F-Test (Normal Distribution)

Test statistic = 1.79, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 5.02, p-value = 0.025

Hypothesis test of screw transportation



<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.025 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ระหว่างการติดตั้งระบบลมเป่าเพื่อช่วยในการลำเลียงสกรูและการไม่ติดตั้ง

6.4.4.6 สรุปผลการทดสอบสมมติฐานของเครื่อง CS3

สามารถสรุปผลการทดสอบสมมติฐานว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ได้ดังนี้

อิทธิพลที่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 มีด้วยกัน 3 ปัจจัยคือ

1. อิทธิพลเนื่องมาจากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร
2. อิทธิพลเนื่องมาจากการตั้งแรงลมในการดูดสกรูที่เหมาะสม
3. อิทธิพลเนื่องมาจากการลำเลียงสกรูเกิดการผิดพลาด

อิทธิพลที่ไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 มีด้วยกัน 2 ปัจจัยคือ

1. อิทธิพลเนื่องมาจากสกรู Recycle
2. อิทธิพลเนื่องมาจากผู้ผลิตสกรูที่แตกต่างกัน

6.4.5 การปรับปรุงเครื่องจักร CS3

การปรับปรุงกระบวนการของเครื่อง CS3 จากผลการทดสอบสมมติฐานในหัวข้อ 6.4.4 อิทธิพลที่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีด้วยกัน 3 ปัจจัยคือ

1. อิทธิพลเนื่องมาจากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร
2. อิทธิพลเนื่องมาจากการตั้งแรงลมในการดูดสกรูที่เหมาะสม
3. อิทธิพลเนื่องมาจากการลำเลียงสกรูเกิดการผิดพลาด

ทีมงานที่ประกอบไปด้วยส่วนที่เกี่ยวข้องได้ทำการระดมความคิดเพื่อหาวิธีการปรับปรุงกระบวนการของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเพื่อที่จะลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องให้น้อยลง ซึ่งก็ได้การปรับปรุงในแต่ละอิทธิพลดังนี้

6.4.5.1 การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตเนื่องมาจากอิทธิพลของการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร

<u>ปัญหา</u>

การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นกับเครื่อง CS3 โดยมีค่าความสั่นสะเทือนที่วัดได้คือ ที่บริเวณจุดหยิบสกรูมีค่าเท่ากับ 0.81 mm/sec และที่บริเวณจุดไขสกรูมีค่าเท่ากับ 0.89 mm/sec การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นส่งผลต่อการทำงานที่ผิดพลาดของเครื่องจักรและความแปรปรวนรอบเวลาการ

ผลิตของเครื่องจักร จากผลการทดสอบสมมติฐานในบทที่ 5 การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นกับเครื่อง CS3 ส่งผลต่อระบบการเคลื่อนย้ายสกรู การไขสกรู การวัดความสูงสกรู ที่อาจจะเกิดการทำงานที่ผิดพลาดได้

<u>วิธีการปรับปรุง</u>

จากการระดมความคิดและปรึกษาแผนกออกแบบเครื่องจักร ทางทีมงานได้ออกแบบอุปกรณ์ในการยึดขาตั้งเครื่องจักรเพื่อยึดเครื่องจักรให้ติดกับพื้น ดังแสดงในรูปที่ 6.10 ซึ่งจะทำให้แรงสั่นสะเทือนของต่อเครื่อง CS3 ลดลง และได้ออกแบบคานที่ทำจากแสตนเลสสตีล เพื่อยึดตัวเครื่องจักรเพื่อให้เครื่องจักรมีความแข็งแรงมากขึ้น ซึ่งจะช่วยลดความสั่นสะเทือนที่จะเกิดขึ้นกับเครื่อง CS3 โดยก่อนทำการปรับปรุงสามารถวัดความสั่นสะเทือนบนเครื่อง CS3 ที่ตำแหน่งจุดหยิบสกรูมีค่าเท่ากับ 0.81 mm/sec และที่บริเวณจุดไขสกรูมีค่าเท่ากับ 0.89 mm/sec ตามลำดับ และหลังจากปรับปรุง สามารถวัดความสั่นสะเทือนบนเครื่อง CS3 ที่ตำแหน่งจุดหยิบสกรูมีค่าเท่ากับ 0.71 mm/sec และที่บริเวณจุดไขสกรูมีค่าเท่ากับ 0.81 mm/sec ตามลำดับ

<u>การตั้งสมมติฐาน</u>

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; การสั่นสะเทือนที่ลดลงไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; การสั่นสะเทือนที่ลดลงมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต

<u>การคำนวณสิ่งตัวอย่าง</u>

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 600 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ทำการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรเข้ากับพื้นของห้องสะอาด และคานยึดเครื่องจักรที่ได้ออกแบบไว้

2. ทำการวัดค่าความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรบริเวณฐานของเครื่องจักรโดยดูค่าที่สูงที่สุดที่ตำแหน่งจุดหยิบสกรู และที่บริเวณจุดไขสกรู

3. ถอดอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรกับพื้นของห้องสะอาดและคานยึดเครื่องจักรออก

4. ทำการวัดค่าความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรบริเวณฐานของเครื่องจักรโดยดูค่าที่สูงที่สุด

5. ทำการเปรียบเทียบสองจุดที่ได้ทำการวัดจากเครื่องมือวัดแรงสั่นสะเทือน

6. เตรียมฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และ สกรู จากผู้ผลิตเดียวกันและกลุ่มวันที่ผลิตวันเดียวกันอย่างละ 1200 ชิ้น

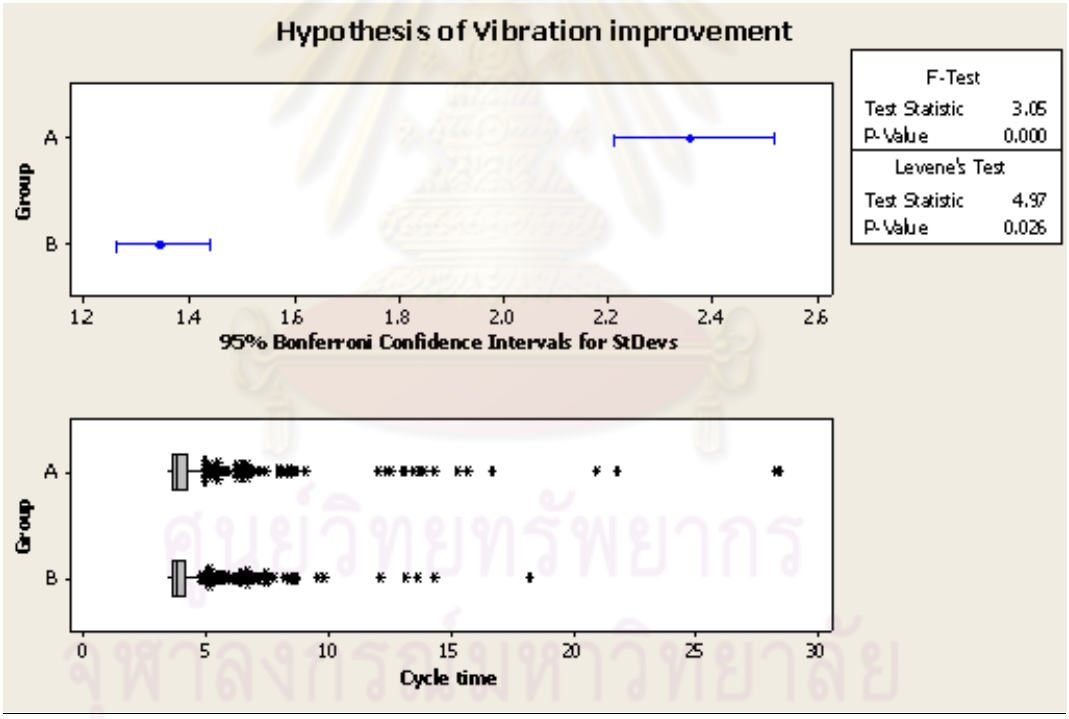
7. กลุ่มแรกทำการประกอบในขณะที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรเข้ากับพื้นของห้องสะอาด และทำการเดินเครื่องจนครบ 600 ชิ้น

8. กลุ่มสองทำการประกอบในขณะที่ติดตั้งอุปกรณ์ยึดฐานของเครื่องจักรเข้ากับพื้นของห้องสะอาดออก และทำการเดินเครื่องจนครบ 600 ชิ้น

9. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสองกลุ่มตัวอย่างทำในเวลาต่อเนื่องกัน พนักงานควบคุมเครื่องคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง

10. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้งสองกลุ่มมาทำการวิเคราะห์

<u>ผลการทดลองทางสถิติ</u>



<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.026 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วย

ระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องไขสกรูฝาปิดระหว่างความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรที่แตกต่างกัน

6.4.5.2 การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตเนื่องมาจากอิทธิพลของการตั้งแรงลมในการดูดสกรูที่เหมาะสม

ปัญหา

แรงลมที่ใช้ในการดูดสกรูและปล่อยสกรูเพื่อทำการไข ก็เป็นส่วนสำคัญของการทำงานที่ผิดพลาดหรือ ได้รอบเวลาการผลิตตามค่าเป้าหมายหรือไม่ การที่ลมน้อยไปก็จะเกิดการตกของสกรูทำให้ต้องเสียเวลากลับมาหยิบสกรูตัวใหม่ ส่วนแรงลมที่แรงเกินไปก็จะทำให้ไขสกรูเวลานานขึ้น ดังนั้นการตั้งค่าแรงลมที่เหมาะสมก็จะช่วยให้การทำงานของเครื่องจักรเป็นไปตามค่าเป้าหมายที่กำหนด

วิธีการปรับปรุง

การออกแบบเครื่องจักรที่ออกแบบไว้ให้สามารถปรับตั้งค่าแรงดูดลมที่ใช้ในการหยิบจับสกรู ให้มีค่าอยู่ระหว่าง 500 – 650 ซึ่งค่าปัจจุบันที่ตั้งค่าไว้คือ 530 เพื่อที่จะหาค่าแรงลมที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตน้อยที่สุด และค่าแรงลมอยู่ในระยะที่ฝ่ายออกแบบออกแบบไว้เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อสกรู จึงทำการทดลองที่ค่าแรงลมที่ตั้งไว้เป็น 500 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 และ 650 ตามลำดับ เพื่อดูว่าความแปรปรวนที่น้อยที่สุดเกิดขึ้นที่แรงลมเท่าไร

การตั้งสมมติฐาน

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; การตั้งแรงลมในการดูดสกรูที่เหมาะสมไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; การตั้งแรงลมในการดูดสกรูที่เหมาะสมมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

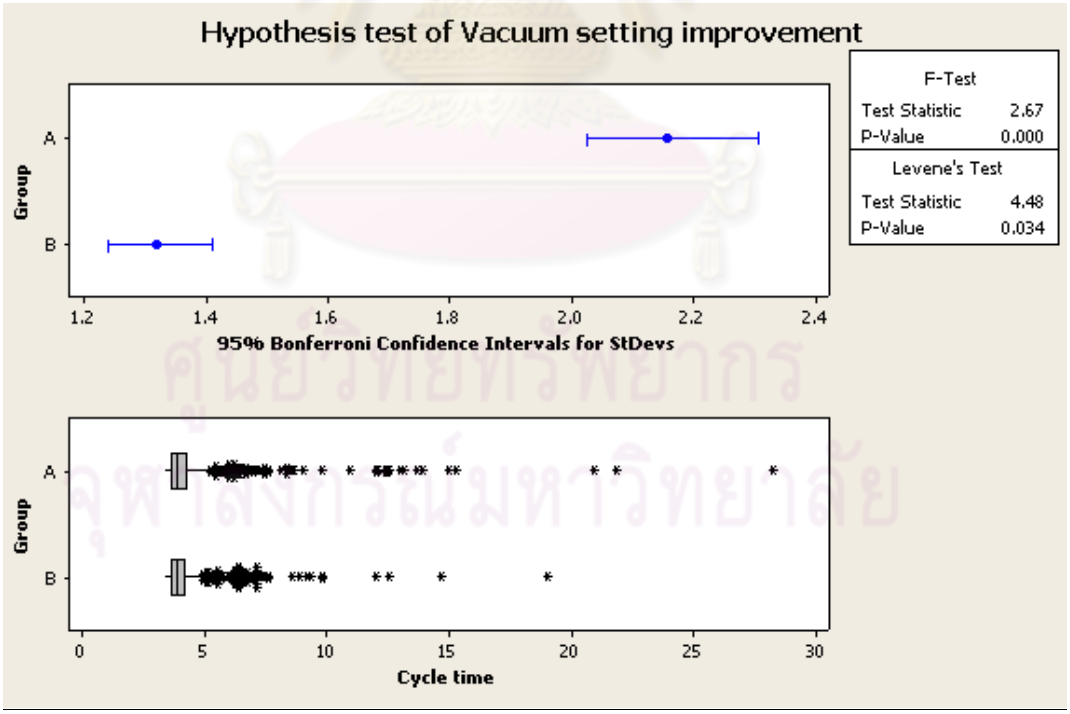
การคำนวณสิ่งตัวอย่าง

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 600 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

วิธีการทดลอง

1. เตรียมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 16 กลุ่ม ๆ ละ 600 โดยฐานรองและฝาปิดผู้ผลิตเดียวกัน ชุดผลิตเดียวกัน และสกรูจากผู้ผลิตเดียวกัน ชุดผลิตเดียวกัน 16 กลุ่ม ๆ ละ 600
2. ทำการผลิตทั้ง 16 กลุ่มโดยปรับค่าแรงลมดูดที่ต่างกันคือ 550 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 และ 650 ตามลำดับ
3. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสองกลุ่มตัวอย่างทำในเวลาต่อเนื่องกัน พนักงานควบคุมเครื่องคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง
4. นำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทั้ง 16 กลุ่มมาทำการวิเคราะห์

ผลการทดลองทางสถิติ



สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.034 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องไขสกรูฝาปิดระหว่างการตั้งค่าแรงลมดูดของเครื่องจักรที่ 530 กับ 580 แตกต่างกัน

6.4.5.3 การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตเนื่องมาจากอิทธิพลของการลำเลียงสกรูเกิดการผิดพลาด

ปัญหา

สกรูที่ใช้ในการประกอบจะถูกเทใส่ในชุดลำเลียงสกรู แล้วสกรูจะถูกลำเลียงไปตามรางโดย แรงสั่นสะเทือน ในบางจังหวะการลำเลียงของสกรูเกิดการติดขัดในสายลำเลียง เป็นสาเหตุให้รอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรต้องเกิดการรอ ทำให้รอบเวลาการผลิตมากกว่าปกติ

วิธีการปรับปรุง

ออกแบบระบบเป่าลมเพื่อช่วยในการลำเลียงสกรูตามรูปที่ 6.20 หรือลดเหตุการณ์ที่สกรูเกิดการติดขัดในสายลำเลียง ซึ่งย่อมส่งผลต่อการลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 6.20 แสดงอุปกรณ์เป่าลมเพื่อช่วยในการลำเลียงสกรู

<u>การตั้งสมมติฐาน</u>

H_0: $\sigma_1 = \sigma_2$; แรงลมที่ช่วยการลำเลียงสกรูไม่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

H_1: $\sigma_1 \neq \sigma_2$; แรงลมที่ช่วยการลำเลียงสกรูมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

<u>การคำนวณสิ่งตัวอย่าง</u>

เมื่อทำการทดลองด้วยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 600 ตัวอย่าง แล้วนำมาคำนวณหาค่ากลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ ด้วยความผิดพลาดแบบที่ 1 (Alpha Error) เท่ากับ 0.05 และความผิดพลาดแบบที่ 2 (Beta Error) เท่ากับ 0.05 แล้วพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 600 ที่ใช้ในการทดลองเพียงพอแล้ว

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ทำการออกแบบระบบเป่าลมที่รางลำเลียงสกรูและติดตั้งบนรางลำเลียงสกรู

2. เตรียมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 2 กลุ่ม ๆ ละ 600 โดยฐานรองและฝาปิดผู้ผลิตเดียวกัน ชุดผลิตเดียวกัน และสกรูจากผู้ผลิตเดียวกัน ชุดผลิตเดียวกัน 2 กลุ่ม ๆ ละ 600

3. ทำการประกอบสกรูฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟกลุ่มแรก 600 ชิ้น โดยไม่เปิดระบบลมเป่า

4. เก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของกลุ่มแรก

5. ทำการประกอบสกรูฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟกลุ่มสอง 600 ชิ้น โดยเปิดระบบลมเป่า

6. โดยการเดินเครื่องจักรทั้งสองกลุ่มตัวอย่างทำในเวลาต่อเนื่องกัน พนักงานควบคุมเครื่องคนเดียวกัน และไม่มีการปรับเปลี่ยนค่าการปรับแต่งเครื่องจักรในระหว่างการทดลอง

7. เก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของกลุ่มสองและทำการวิเคราะห์

<u>ผลการทดลองทางสถิติ</u>

Test for Equal Variances: Before install, After install

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

	N	Lower	StDev	Upper
Before install	600	2.40063	2.55638	2.73291
After install	600	1.18376	1.26057	1.34761

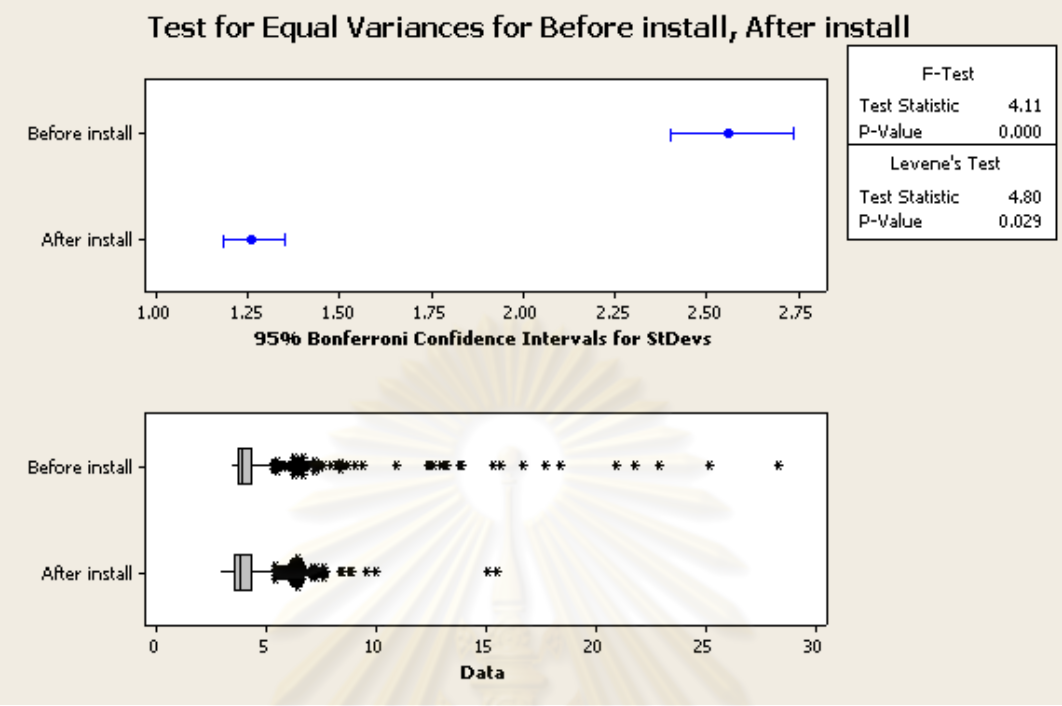
F-Test (Normal Distribution)

Test statistic = 4.11, p-value = 0.000

Levene's Test (Any Continuous Distribution)

Test statistic = 4.80, p-value = 0.029

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



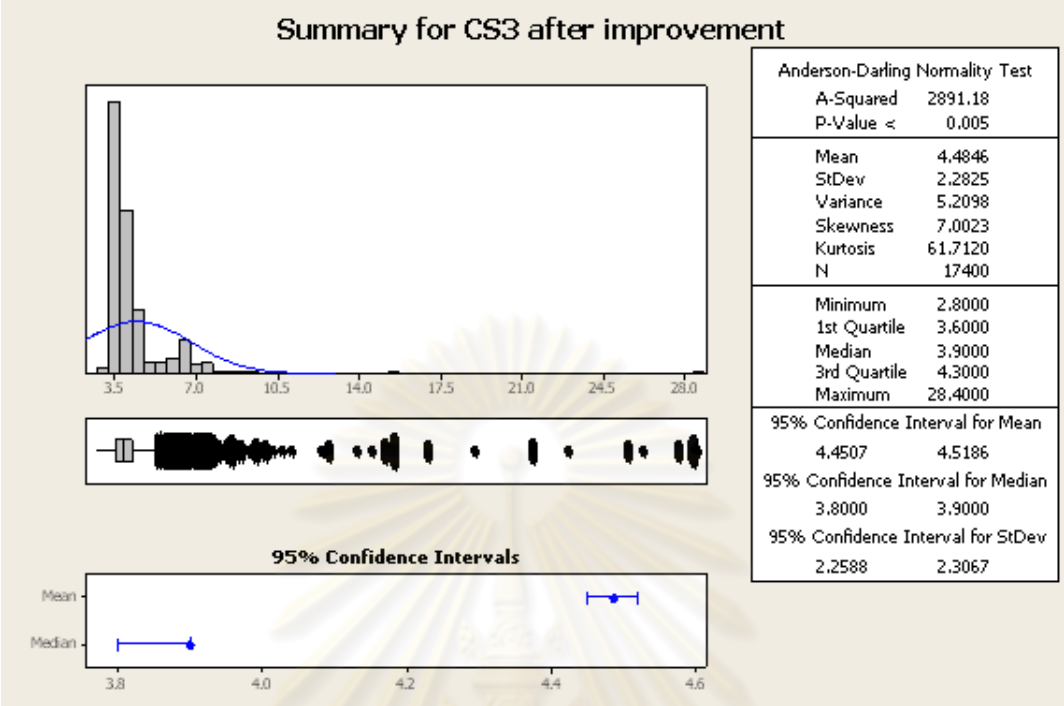
<u>สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ</u>

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ซึ่งค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 0.029 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องไขสกรูฝาปิดระหว่างการติดตั้งระบบเป่าลมที่รางลำเลียงสกรูและไม่ติดตั้งบนรางลำเลียงสกรู

6.4.5.4 สรุปการปรับปรุงกระบวนการของเครื่องไขสกรูฝาปิด

เมื่อปรับปรุงกระบวนการทั้ง 3 วิธีการแล้วทำการเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของ CS3 พบว่าความแปรปรวนหลังการปรับปรุงลดลงมาที่ 5.2098 ซึ่งสามารถปรับปรุงได้ 28.66%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



โดยสามารถสรุปค่าทางสถิติของข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงได้ดังตารางที่ 6.13

ตารางที่ 6.13 เปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุง

ค่าทางสถิติ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
ค่าเฉลี่ย	4.6042	4.4846
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	2.7025	2.2825
ความแปรปรวน	7.3036	5.2098
โอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาที	19.60%	15.21%

6.2 บทสรุป

1. ข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL พบว่าความแปรปรวนหลังการปรับปรุงลดลงมาที่ 6.6792 ซึ่งสามารถปรับปรุงได้ 32.28%

2. ข้อมูลรอบเวลาการผลิตของ CS3 พบว่าความแปรปรวนหลังการปรับปรุงลดลงมาที่ 5.2098 ซึ่งสามารถปรับปรุงได้ 28.66%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 7
การควบคุมกระบวนการ

7.1 วัตถุประสงค์

สามารถออกแบบการควบคุมกระบวนการ เพื่อป้องกันไม่ให้ความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรที่เกิดจากอิทธิพลที่ได้ทำการปรับปรุงไปแล้วกลับมาเกิดขึ้นอีก

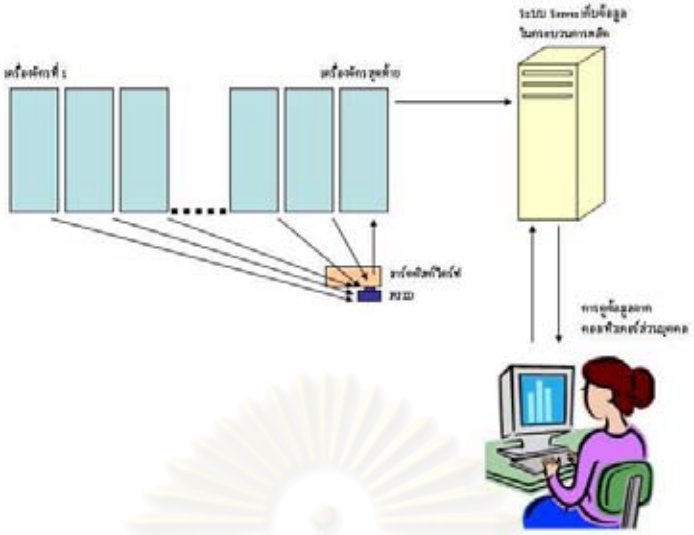
7.2 บทนำ

เมื่อสามารถระบุปัญหาหรือสาเหตุของปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหา ขั้นต่อไปคือการนำแนวทางนั้นไปปฏิบัติตาม โดยต้องคำนึงถึงว่าไม่มีผลข้างเคียงใด ๆ นอกจากนั้น การแก้ปัญหา จะต้องเน้นกิจกรรมเพื่อการแก้ไข และเน้นการป้องกันเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาซ้ำขึ้นมา ซึ่งสาเหตุของปัญหาได้ระบุและนำเสนอหลักการแก้ไขด้วยการพิสูจน์ด้วยหลักทางสถิติในบทที่ แล้ว ในส่วนนี้จะนำเสนอหลักการเฝ้าติดตามเพื่อแก้ปัญหาอย่างทันท่วงที

โดยการควบคุมกระบวนการที่ได้ออกแบบและถูกนำไปใช้ เพื่อป้องกันและเฝ้าติดตามความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรที่ได้ทำการปรับปรุงไปแล้วคือ การนำสิ่งที่ได้ปรับปรุงไปเป็นส่วนหนึ่งของการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน และการแสดงผลของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรแบบ Real Time Monitoring System เพื่อที่จะให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องหรือผู้ปฏิบัติงาน สามารถรู้ถึงความแปรปรวนที่เกิดขึ้นและป้องกันได้ทันที

7.3 การเก็บข้อมูลเพื่อควบคุมกระบวนการ

การออกแบบการเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ทำการศึกษาสามารถอธิบายได้ตามรูปที่ 7.1 ซึ่งข้อมูลรอบเวลาการผลิตของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟแต่ละตัวของแต่ละเครื่องจักร จะถูกเก็บไว้ใน RFID ที่ถูกติดตั้งกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่เครื่องจักรที่ 1 ของสายการประกอบ ซึ่งเมื่อฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวนั้นถูกประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่เครื่องจักรใด ๆ ในสายการประกอบ ข้อมูลรอบเวลาการผลิตก็จะถูกบันทึกลงใน RFID และเมื่อฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทำการประกอบเสร็จที่เครื่องจักรสุดท้าย ข้อมูลก็จะถูกส่งไปยังฐานข้อมูลกลาง (Server) เพื่อนำไปประมวลผลต่อไป ข้อมูลใน RFID ก็จะถูกลบทิ้งและ RFID ก็จะถูกลำเลียงไปที่เครื่องจักรแรกเพื่อทำการติดตั้งกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวถัดไปที่จะเข้ามาประกอบในสายการประกอบ



รูปที่ 7.1 การเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตเพื่อใช้ในการควบคุมกระบวนการ

ข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรที่อยู่ในระบบฐานข้อมูลกลางจะถูกเก็บเป็นลักษณะของข้อมูลดิบดังตารางที่ 7.1 ซึ่งระยะเวลาการเก็บจะเก็บไว้ 1 ปีหลังจากวันที่มีการส่งข้อมูลเข้าระบบฐานข้อมูลกลาง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.1 แสดงรูปแบบข้อมูลดิบรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร

P/N ของผลิตภัณฑ์	รอบเวลาการผลิต	ชื่อรุ่นผลิตภัณฑ์	วันที่ผลิต	เวลาที่ผลิตเสร็จออกจากไลน์	ชื่อสายการประกอบ	ชื่อเครื่องจักร
9VY1XW6R	3.2	9SL13A-00W	11-Aug-09	6:08:53	105	BDL
9VY1XW6R	3.6	9SL13A-00W	11-Aug-09	6:08:53	105	LVI
9VY1XW6R	3.8	9SL13A-00W	11-Aug-09	6:08:53	105	VS1
9VY1XW6R	3.7	9SL13A-00W	11-Aug-09	6:08:53	105	VS2
9VY1XW6R	4.1	9SL13A-00W	11-Aug-09	6:08:53	105	BFI
9VY1XW6R	3.8	9SL13A-00W	11-Aug-09	6:08:53	105	BFV
9VY1XW6R	3.5	9SL13A-00W	11-Aug-09	6:08:53	105	DSI
9VY1XW6R	3.6	9SL13A-00W	11-Aug-09	6:08:53	105	CSI1
9VY1XW6R	3.7	9SL13A-00W	11-Aug-09	6:08:53	105	CSI2
9VY1XW6R	3.6	9SL13A-00W	11-Aug-09	6:08:53	105	SS1
9VY1XW6R	3.5	9SL13A-00W	11-Aug-09	6:08:53	105	SS2
9VY1XW6R	3.8	9SL13A-00W	11-Aug-09	6:08:53	105	SS3
9VY1XW6R	4.0	9SL13A-00W	11-Aug-09	6:08:53	105	SS4
9VY1XW6R	4.2	9SL13A-00W	11-Aug-09	6:08:53	105	BLM1
9VY1XW6R	3.4	9SL13A-00W	11-Aug-09	6:08:53	105	BLM2
9VY1XW6R	3.6	9SL13A-00W	11-Aug-09	6:08:53	105	BLV1
9VY1XW6R	3.6	9SL13A-00W	11-Aug-09	6:08:53	105	BLV2
9VY1XW6R	3.6	9SL13A-00W	11-Aug-09	6:08:53	105	SS21
9VY1XW6R	3.5	9SL13A-00W	11-Aug-09	6:08:53	105	SS22

แต่เมื่ออายุของข้อมูลเกิน 1 ปีข้อมูลก็จะถูกแปลงมาเป็นข้อมูลรอบเวลาการผลิตแบบช่วง ดังรูปที่ 7.2 เพื่อลดความจุของข้อมูลที่ต้องบันทึก ซึ่งข้อมูลจะถูกเก็บไว้จบครบ 5 ปี ก็จะถูกลบออก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Range	Frequency	Range	Frequency
1.875 - 2.125	-	14.625 - 14.875	-
2.125 - 2.375	-	14.875 - 15.125	-
2.375 - 2.625	49	15.125 - 15.375	-
2.625 - 2.875	237	15.375 - 15.625	-
2.875 - 3.125	115	15.625 - 15.875	-
3.125 - 3.375	48	15.875 - 16.125	-
3.375 - 3.625	83	16.125 - 16.375	-
3.625 - 3.875	37	16.375 - 16.625	-
3.875 - 4.125	9	16.625 - 16.875	-
4.125 - 4.375	2	16.875 - 17.125	-
4.375 - 4.625	3	17.125 - 17.375	-
4.625 - 4.875	-	17.375 - 17.625	-
4.875 - 5.125	-	17.625 - 17.875	-
5.125 - 5.375	5	17.875 - 18.125	-
5.375 - 5.625	13	18.125 - 18.375	-
5.625 - 5.875	7	18.375 - 18.625	-
5.875 - 6.125	6	18.625 - 18.875	-
6.125 - 6.375	1	18.875 - 19.125	-
6.375 - 6.625	3	19.125 - 19.375	-
6.625 - 6.875	3	19.375 - 19.625	-
6.875 - 7.125	3	19.625 - 19.875	-
7.125 - 7.375	1	19.875 - 20.125	-
7.375 - 7.625	1	20.125 - 20.375	-
7.625 - 7.875	1	20.375 - 20.625	-
7.875 - 8.125	-	20.625 - 20.875	-
8.125 - 8.375	-	20.875 - 21.125	-
8.375 - 8.625	-	21.125 - 21.375	-
8.625 - 8.875	-	21.375 - 21.625	-
8.875 - 9.125	-	21.625 - 21.875	-
9.125 - 9.375	-	21.875 - 22.125	-
9.375 - 9.625	-	22.125 - 22.375	-
9.625 - 9.875	-	22.375 - 22.625	-
9.875 - 10.125	-	22.625 - 22.875	-
10.125 - 10.375	-	22.875 - 23.125	-
10.375 - 10.625	-	23.125 - 23.375	-
10.625 - 10.875	-	23.375 - 23.625	-
10.875 - 11.125	-	23.625 - 23.875	-
11.125 - 11.375	-	23.875 - 24.125	-
10.875 - 11.125	-	23.625 - 23.875	-
11.125 - 11.375	-	23.875 - 24.125	-
11.375 - 11.625	-	24.125 - 24.375	-
11.625 - 11.875	-	24.375 - 24.625	1
11.875 - 12.125	-	24.625 - 24.875	-
12.125 - 12.375	-	24.875 - 25.125	-
12.375 - 12.625	-	25.125 - 25.375	-
12.625 - 12.875	-	25.375 - 25.625	3
12.875 - 13.125	-	25.625 - 25.875	-
13.125 - 13.375	-	25.875 - 26.125	-
13.375 - 13.625	-	26.125 - 26.375	-
13.625 - 13.875	-	26.375 - 26.625	-
13.875 - 14.125	-	26.625 - 26.875	-
14.125 - 14.375	-	26.875 - 27.125	-
14.375 - 14.625	-	27.125 - 27.375	-

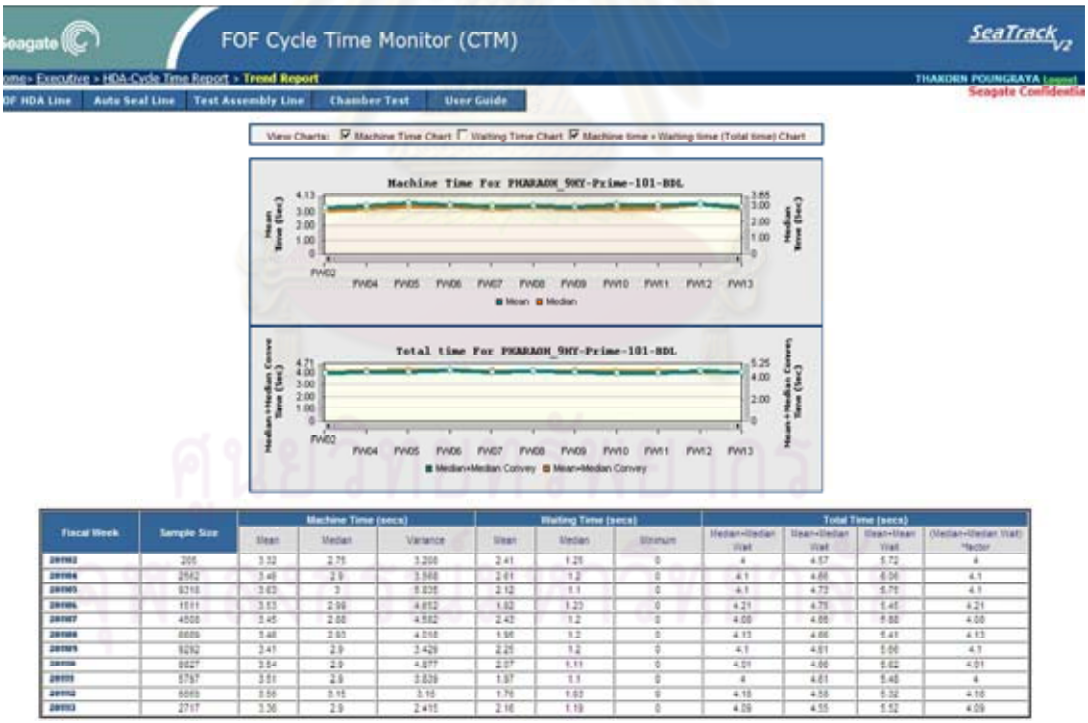
รูปที่ 7.2 ลักษณะการเก็บข้อมูลแบบช่วงในฐานข้อมูล

7.4 การควบคุมกระบวนการผลิต

เมื่อสามารถระบุปัญหา หาสาเหตุของปัญหา หาแนวทางแก้ไขปัญหาและได้ถูกนำไปปฏิบัติแล้ว ขั้นตอนที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ การป้องกันและควบคุมกระบวนการเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาซ้ำขึ้นมา นั่นก็คือแนวทางในการป้องกันหรือควบคุมกระบวนการ เพื่อไม่ให้เกิดความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรที่ได้ทำการปรับปรุงไปแล้ว

7.4.1 Real Time Monitoring System

การนำแนวความคิดของ Real Time Monitoring System เพื่อช่วยในการควบคุมรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ได้นำถูกมาประยุกต์ใช้เพื่อให้พนักงานที่ดูแลเครื่องจักรและพนักงานฝ่ายผลิต ได้ใช้ข้อมูลในการเฝ้าระวังความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรได้ ซึ่งข้อมูลรอบเวลาการผลิตจะถูกแสดงผลผ่านระบบฐานข้อมูลของบริษัทซึ่งแสดงดังรูปที่ 7.3 โดยผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องสามารถดูข้อมูลได้แบบ Real Time จากหน้าจอคอมพิวเตอร์



รูปที่ 7.3 ข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรแบบ Real Time Monitoring System

7.4.2 ระบบซ่อมบำรุงแบบป้องกัน (Preventive Maintenance)

โดยกำหนดการตรวจสอบเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของการซ่อมบำรุงเชิงรักษา (Preventive Maintenance) ซึ่งทำ 1 ครั้งต่อสัปดาห์ เช่น การวัดขนาดของตะกร้าใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเพื่อให้ได้มาตรฐาน การเปลี่ยนอุปกรณ์จับฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทุก 7 วัน การวัดค่าความสั่นสะเทือนของเครื่อง BDL ว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือไม่ การตรวจสอบระบบเป่าลมเข้าที่ราง RFID เป็นต้น

7.5 การจัดทำมาตรการป้องกัน

การที่ต้องกำหนดให้ต้องมีการจัดทำมาตรการกำจัดและป้องกันสาเหตุแห่งปัญหาเพื่อมิให้เกิดซ้ำ โดยจะต้องจัดทำรายละเอียดของการแก้ไขปัญหาและมาตรฐานการทำงานซึ่งได้ปรับปรุงขึ้นมาใหม่ นอกจากนั้นการทำเป็นมาตรการป้องกัน จะต้องฝึกอบรมให้พนักงานหรือบุคคลที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องในสายการผลิตนั้น ๆ มีความรู้ความเข้าใจ และต้องทำการจัดทำเป็นเอกสารเพื่อเป็นแนวทางให้เป็นมาตรฐานการปฏิบัติได้รับการนำไปปฏิบัติใหม่ ซึ่งจะเน้นความสำคัญในส่วนการฝึกอบรมพนักงานและกลุ่มคนที่เกี่ยวข้องให้เกิดความเข้าใจและปรับเปลี่ยนทัศนคติใหม่ในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์

พนักงานจะต้องมีความเข้าใจเพื่อควบคุมตนเองในการปฏิบัติตามขั้นตอน เนื่องเพราะพนักงานสามารถใช้สามัญสำนึกและวิจารณญาณได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการทำงานเพื่อป้องกันปัญหาอันจะเกดขึ้น การฝึกอบรมอย่างต่อเนื่องเพื่อประกันได้ว่าพนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่นั้นมีความรู้และความเข้าใจตลอดเวลาที่ปฏิบัติงาน นอกจากนั้นการแต่งตั้งกลุ่มคนพิเศษเพื่อตรวจผลการปฏิบัติงานที่ได้จัดทำเป็นมาตรฐานการปฏิบัติงานนั้น ๆ เพื่อเป็นการยืนยันว่าปัญหาต่าง ๆ ได้รับการแก้ไขป้องกันอย่างดีที่สุดตลอดไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 8
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

8.1 บทนำ

งานวิจัยได้นำเสนอการประยุกต์ใช้แนวทางการปรับปรุงคุณภาพแบบซิกซ์ ซิกม่า มาใช้ในการลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยดำเนินการผ่าน 4 ขั้นตอนอย่างเป็นระบบคือ การวัดเพื่อกำหนดปัญหา การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา การปรับปรุงกระบวนการ และการควบคุมกระบวนการ ซึ่งอาศัยการวิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติเพื่อแก้ไขที่สาเหตุที่แท้จริงของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในแต่ละเครื่องจักร จนสามารถลดความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรได้

8.2 บทสรุปการวัดเพื่อกำหนดปัญหา

เนื่องจากข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรแต่ละเครื่องเป็นข้อมูลที่แตกต่างกัน จึงต้องนำข้อมูลเหล่านั้นมาทำการหาว่าข้อมูลมีลักษณะการกระจายตัวใกล้เคียงกับการกระจายตัวแบบใดมากที่สุด โดยนำข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรแต่ละเครื่องมาทำการพล๊อตการกระจายตัว (Probability Plot) แล้วดูแนวโน้มว่าข้อมูลรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรมีการกระจายตัวเป็นเป็นแบบใด

ซึ่งจะทำการเลือกการกระจายตัวที่มาเปรียบเทียบทั้งหมด 12 รูปแบบ คือ การกระจายตัวแบบ Normal, Lognormal, 3 Parameter Lognormal, Exponential, 3 Parameter Exponential, Weibull, 3 Parameter Weibull, Gamma, 3 Parameter Gamma, Logistic, Loglogistic, 3 Parameter Loglogistic เพื่อทำการเปรียบเทียบค่า Anderson-Darling (AD) Statistics ตามที่ Stephen ได้เขียนไว้ แล้วทำการเลือกรูปแบบการกระจายที่มีค่า AD มากที่สุดในแต่ละเครื่องจักรเพื่อทำการนำไปหาโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมีค่าเกิน 4.5 วินาที

เมื่อนำโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีของทุกเครื่องจักรมาทำการพล๊อตด้วยแผนผังพาเรโต จะพบว่าเครื่องจักรที่มีโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีมากที่สุดคือเครื่อง TCI โดยมีโอกาสที่ 23.50% รองลงมาคือเครื่อง BDL โดยมีโอกาสที่ 22.60% และเครื่อง CS3 โดยมีโอกาสที่ 19.60% ตามลำดับ

เมื่อรู้ว่าเครื่อง TCI เป็นเครื่องที่มีโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่า 4.5 วินาทีมากที่สุดจึงเลือกที่จะวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและปรับปรุงเป็นเครื่องแรก ซึ่งเริ่มจากการทำ

ผังแสดงเหตุและผลซึ่งเป็นผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของเป้าหมายที่ต้องการทำการปรับปรุงคือ ความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตกับปัจจัยต่าง ๆ ในการระบุหาสาเหตุของปัญหา ซึ่งกระทำโดยวิธีการระดมสมองจากกลุ่มคนที่มีความเชี่ยวชาญหรือคุ้นเคยในกระบวนการผลิตนั้น ๆ เมื่อได้ระดมความคิดเพื่อหาสาเหตุที่ทำให้เกิดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องประกอบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปก็จะเป็นการวิเคราะห์ว่าสาเหตุใดมีผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิต มีโอกาสการเกิดข้อผิดพลาดขึ้น และมีระบบตรวจจับความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใด โดยจะใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ

จากการวิเคราะห์หาความรุนแรงของสาเหตุของปัญหาจาก FMEA ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI BDL และ CS3 สามารถสรุปเป็นค่า RPN สูงสุดดังนี้

จากการวิเคราะห์ FMEA ของเครื่องจักร TCI ทำให้สามารถสรุปว่าปัจจัยที่อาจจะมีอิทธิพลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร TCI 5 อันดับแรกคือ

1. อิทธิพลเนื่องมาจากตะกร้าใส่ฝาปิด
2. อิทธิพลเนื่องมาจากความชำนาญของพนักงานควบคุมเครื่องจักร
3. อิทธิพลเนื่องมาจากการสั่นสะเทือน
4. อิทธิพลเนื่องมาจากวัสดุที่จับยึดฝาปิด
5. อิทธิพลเนื่องมาจากการตั้งค่าของแขนกลตัวที่ 1

จากการวิเคราะห์ FMEA ของเครื่องจักร BDL ทำให้สามารถสรุปว่าปัจจัยที่อาจจะมีอิทธิพลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร BDL 6 อันดับแรกคือ

1. อิทธิพลเนื่องมาจากตะกร้าใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ
2. อิทธิพลเนื่องมาจากความชำนาญของพนักงานควบคุมเครื่องจักร
3. อิทธิพลเนื่องมาจากการสั่นสะเทือน
4. อิทธิพลเนื่องมาจากการลำเลียง RFID
5. อิทธิพลเนื่องมาจากผู้ผลิตฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ
6. อิทธิพลเนื่องมาจากระบบอ่านบาร์โค้ด

จากการวิเคราะห์ FMEA ของเครื่องจักร CS3 ทำให้สามารถสรุปว่าปัจจัยที่อาจจะมีอิทธิพลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร CS3 5 อันดับแรกคือ

1. อิทธิพลเนื่องมาจากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร
2. อิทธิพลเนื่องมาจากผู้ผลิตสกรู
3. อิทธิพลเนื่องมาจากสกรู Recycle
4. อิทธิพลเนื่องมาจากการตั้งแรงลมในการดูดสกรูที่เหมาะสม
5. อิทธิพลเนื่องมาจากการลำเลียงสกรูเกิดการผิดพลาด

8.3 บทสรุปการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

การวิเคราะห์ปัญหาโดยการตัดสินใจซึ่งปราศจากข้อมูลทางสถิติ จะทำให้เกิดความผิดพลาดในกระบวนการแก้ปัญหาต่าง ๆ ดังนั้นในขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหานี้จึงมีความสำคัญอย่างมากที่ต้องอาศัยวิธีการทางสถิติ ซึ่งจะประกอบไปด้วยขั้นตอนที่สำคัญคือ การตั้งสมมติฐาน และการทดสอบสมมติฐาน เพื่อให้ค้นพบสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา

โดยปัจจัยที่เลือกมาทำการทดสอบสมมติฐานว่ามีอิทธิพลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ จะได้มาจากการทำ FMEA ซึ่งจะเลือกปัจจัยที่มีค่า RPN สูงสุดอันดับแรก ๆ มาทำการทดสอบสมมติฐานในขั้นถัดไป เพื่อที่จะแยกปัจจัยที่มีอิทธิพลและไม่มีอิทธิพลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรออกจากกัน โดยปัจจัยของเครื่อง TCI ที่ถูกเลือกมาทดสอบสมมติฐานคือ คุณภาพของตะกร้าใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ความชำนาญของพนักงานควบคุมเครื่องจักร การสั่นสะเทือนของเครื่องจักร ชิ้นส่วนของเครื่องจักรที่ใช้จับฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และการตั้งค่าระยะการเคลื่อนที่ของแขนกล ส่วนปัจจัยของเครื่อง BDL ที่ถูกเลือกมาทดสอบสมมติฐานคือ คุณภาพของตะกร้าใส่ฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ความชำนาญของพนักงานควบคุมเครื่องจักร การสั่นสะเทือนของเครื่องจักร ระบบลำเลียงRFID เครื่องอ่านแถบบาร์โค้ด และผู้ผลิตฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่แตกต่างกัน ส่วนปัจจัยของเครื่อง CS3 ที่ถูกเลือกมาทดสอบสมมติฐานคือ การสั่นสะเทือนของเครื่องจักร อิทธิพลเนื่องมาจากผู้ผลิตสกรู อิทธิพลเนื่องมาจากสกรู Recycle การตั้งแรงลมในการดูดสกรูที่เหมาะสม และการลำเลียงสกรูเกิดการผิดพลาด

เนื่องจากรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI เครื่อง BDL และเครื่อง CS3 ไม่ได้เป็นการกระจายแบบปกติ จึงต้องใช้การทดสอบแบบ Levene's Test ด้วยค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% ซึ่งถ้าค่า P-Value ที่ได้จากการคำนวณมีค่าน้อยกว่า 0.05 จะสามารถสรุปได้ว่าปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรเนื่องมาจากปัจจัยที่ได้ทำการทดลอง แต่ถ้าค่า P-Value

ที่ได้จากการคำนวณมีค่ามากกว่า 0.05 จะสามารถสรุปได้ว่ายอมรับสมมติฐาน H_0 และสรุปว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 ของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรเนื่องมาจากปัจจัยที่ได้ทำการทดลอง

ซึ่งสามารถสรุปผลการทดสอบสมมติฐานว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI BDL และ CS3 ได้ดังนี้

อิทธิพลที่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI มีด้วยกัน 3 ปัจจัยคือ

1. อิทธิพลเนื่องมาจากตะกร้าใส่ฝาปิด
2. อิทธิพลเนื่องมาจากวัสดุที่จับยึดฝาปิด
3. อิทธิพลเนื่องมาจากการตั้งค่าของแขนกลตัวที่ 1

อิทธิพลที่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL มีด้วยกัน 3 ปัจจัยคือ

1. อิทธิพลเนื่องมาจากการสั่นสะเทือน
2. อิทธิพลเนื่องมาจากการลำเลียง RFID TAG
3. อิทธิพลเนื่องมาจากระบบการอ่านบาร์โคด

อิทธิพลที่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 มีด้วยกัน 3 ปัจจัยคือ

1. อิทธิพลเนื่องมาจากการสั่นสะเทือน
2. อิทธิพลเนื่องมาจากการตั้งแรงลมในการดูดสกรูที่เหมาะสม
3. อิทธิพลเนื่องมาจากการลำเลียงสกรูเกิดการผิดพลาด

8.4 บทสรุปการปรับปรุงกระบวนการ

เมื่อทราบถึงสาเหตุของปัญหาที่ส่งผลต่อกระทบต่อความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรที่ได้ทำการเลือกมาปรับปรุงแล้ว ขั้นต่อไปคือการปรับปรุงเพื่อแก้ไขปัญหานั้น ๆ ในการที่จะปรับปรุงจำเป็นต้องอาศัยการพิสูจน์หรือทดสอบสมมติฐานทางสถิติ เพื่อเป็นการยืนยันว่าการปรับปรุงแก้ไขสามารถลดความแปรปรวนที่เกิดขึ้นกับรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรได้จริงหรือไม่ โดยสามารถสรุปวิธีการปรับปรุงและการทดสอบสมมติฐานดังนี้

8.4.1 การปรับปรุงกระบวนการของเครื่อง TCI

1. การปรับปรุงคุณภาพของตะกร้าใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยการเปลี่ยนกระบวนการผลิตจากเดิมจะทำการใส่ฝาปิดในตะกร้า แล้วนำตะกร้าใส่ฝาปิดมาทำการล้างและอบที่เครื่องล้างชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ต่อจากนั้นก็นำตะกร้ามาเข้าเครื่อง TCI เพื่อให้เครื่องหยิบฝาปิดไปประกอบ และเมื่อฝาปิดถูกนำไปประกอบจนหมดตะกร้า ตะกร้าเปล่าก็จะถูกลำเลียงไปใส่ฝาปิดกลุ่มใหม่ต่อไป ตะกร้าใส่ฝาปิดเมื่อถูกใช้งานไปหลายรอบก็เกิดการเสียรูป ทำให้ขนาดไม่ได้มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งส่งผมต่อการทำงานที่ผิดพลาดของเครื่อง โดยกระบวนการผลิตใหม่ที่ออกแบบเพื่อลดโอกาสที่ตะกร้าไม่ได้มาตรฐานเข้าไปทำงานในเครื่อง TCI โดยจะคัดเลือกตะกร้าที่ได้มาตรฐานไว้ที่หน้าเครื่อง TCI และจะทำการเปลี่ยนฝาปิดจากตะกร้าที่ออกจากเครื่องล้างมายังตะกร้าที่คัดเลือกไว้ที่อยู่หน้าเครื่อง อีกทั้งยังออกแบบอุปกรณ์ตรวจวัดขนาดของตะกร้าให้ได้มาตรฐาน และระบบการซ่อมบำรุงตะกร้า

โดยผลการทดสอบสมมติฐานแบบ Levene's Test ระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพของตะกร้าใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟด้วยค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% สามารถสรุปได้ว่า ความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

2. การปรับปรุงประสิทธิภาพอุปกรณ์ที่จับยึดฝาปิด โดยกำหนดอายุการใช้งานของที่จับยึดฝาปิดที่เหมาะสม เนื่องจากที่จับยึดฝาปิดทำจากพลาสติก ทำให้เมื่อทำงานไประยะหนึ่งจะเกิดการเสื่อมสภาพ จึงเป็นสาเหตุให้เกิดการทำงานที่ผิดพลาด เนื่องจากระบบการหยิบฝาปิดจะใช้ระบบสุญญากาศระหว่างอุปกรณ์ที่จับยึดกับพื้นผิวของฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ การหาอายุการใช้งานที่เหมาะสมโดยทำการเก็บข้อมูลรอบเวลาการ ณ การทำงานของวัสดุที่จับยึดที่อายุต่างกันคือ 1 วัน 4 วัน 7 วัน 10 วัน 13 วัน และ 16วัน แล้วนำมาพล็อตกราฟ Time series analysis เพื่อดูว่าแนวโน้มความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่ออายุวัสดุที่จับยึดฝาปิดเปลี่ยนแปลงไปที่เวลาต่าง ๆ โดยกราฟที่ได้จากการพล๊อต ซึ่งสามารถประมาณการได้ว่าความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตเริ่มมากขึ้นเมื่ออายุการใช้งานมากกว่า 7 วัน จึงสามารถประมาณการได้ว่าประสิทธิภาพการทำงานของวัสดุจับยึดชิ้นงานน่าจะน้อยลงหลังจากวันที่ 7 และควรจะทำการเปลี่ยน

โดยผลการทดสอบสมมติฐานแบบ Levene's Test ระหว่างก่อนและหลังการกำหนดอายุการใช้งานของที่จับยึดฝาปิด ด้วยค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% สามารถสรุปได้ว่า ความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

3. การปรับปรุงการตั้งค่าการเคลื่อนที่ของแขนกลตัวที่ 1 โดยแขนกลตัวที่ 1 ทำหน้าที่ในการหยิบฝาปิดจากตะกร้าใส่ฝาปิดมาวางบนตำแหน่งปรับระยะ การปรับตั้งระยะการ

เคลื่อนที่ของแขนกลที่ระยะไม่เหมาะสมย่อมส่งผลต่อความผิดพลาดของการหยิบจับฝาปิด ปัจจุบันแขนกลถูกตั้งค่ามาหยิบฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ตำแหน่งแรกด้วยระยะ 46.500 เซนติเมตร โดยจะทดลองตั้งค่าระยะการเคลื่อนที่ของแขนกลที่ระยะต่าง ๆ คือ 46.575, 46.550, 46.525, 46.500, 46.475, 46.450 และ 46.425 เซนติเมตร แล้วทำการทดลองเพื่อหาความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของการตั้งค่าดังกล่าวทั้ง 7 ค่า แล้วนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะและความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิต โดยใช้วิธี Regression เพื่อหาระยะที่ดีที่สุดในการปรับตั้งเครื่องจักรเพื่อลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต ซึ่งระยะการเคลื่อนที่ 46.475 เซนติเมตรเป็นระยะที่เหมาะสมที่สุด ที่ทำให้ความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตน้อยที่สุด

โดยผลการทดสอบสมมติฐานแบบ Levene's Test ระหว่างก่อนและหลังการตั้งค่าการเคลื่อนที่เหมาะสมของแขนกลตัวที่ 1 ด้วยค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% สามารถสรุปได้ว่า ความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง TCI ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

8.4.2 การปรับปรุงกระบวนการของเครื่อง BDL

1. การปรับปรุงการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นกับเครื่อง BDL โดยมีค่าความสั่นสะเทือนที่วัดได้คือ ที่บริเวณจุดใส่ตะกร้ามีค่าเท่ากับ1.05 mm/sec และที่บริเวณจุดวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีค่าเท่ากับ 1.12 mm/sec ถือว่าเป็นค่าที่ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องจักรขนาดเล็กด้วยกัน การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นส่งผลต่อการทำงานที่ผิดพลาดของเครื่องจักรและความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร จากการระดมความคิดและปรึกษาแผนกออกแบบเครื่องจักร ทางทีมงานได้ออกแบบอุปกรณ์ในการยึดขาตั้งเครื่องจักรเพื่อยึดเครื่องจักรให้ติดกับพื้น และได้ออกแบบคานที่ทำจากโลหะ เพื่อยึดตัวเครื่องจักรเพื่อให้เครื่องจักรมีความแข็งแรงมากขึ้น ซึ่งจะช่วยลดความสั่นสะเทือนที่จะเกิดขึ้นกับเครื่อง BDL โดยหลังจากปรับปรุง สามารถวัดความสั่นสะเทือนบนเครื่อง BDL ที่ตำแหน่งจุดใส่ตะกร้าและจุดวางฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเท่ากับ 0.85 และ 0.90 mm/sec ตามลำดับ

โดยผลการทดสอบสมมติฐานแบบ Levene's Test ระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร ด้วยค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% สามารถสรุปได้ว่า ความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

2. การปรับปรุงประสิทธิภาพระบบการลำเลียง RFID ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลทุกชนิดของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวนั้น ซึ่งจะถูกติดเข้ากับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่เครื่องจักรแรกคือ BDL และจะถูกส่งข้อมูลเข้าระบบฐานข้อมูลก่อนจะถูกถอดออกที่เครื่องจักร

สุดท้าย การลำเลียง RFID อาจจะเกิดการติดขัดไม่สามารถลำเลียงไปจนถึงจุดที่จะติดตั้งได้ ทำให้เกิดความล่าช้าในการติดตั้ง RFID บนฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ซึ่งจะส่งผลต่อรอบเวลาการผลิต โดยการติดขัดที่เกิดขึ้นอันอาจจะเนื่องมาจาก เศษวัสดุที่อยู่บนรางลำเลียง ขนาดของ RFID ที่อาจจะมีความไม่สม่ำเสมอ เพื่อลดโอกาสในการติดขัดของการลำเลียง RFID ที่อาจจะเกิดขึ้นบนรางลำเลียง ทางทีมงานได้ระดมสมองและหาแนวทางแก้ไขโดยได้ติดตั้งท่อเป่าลม โดยลมจากท่อจะช่วยเป่าเศษวัสดุที่เป็นสิ่งกีดขวางต่อการลำเลียง RFID และแรงลมจะช่วยลดการติดขัดของ RFID กับรางให้น้อยลง ซึ่งจะส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรซึ่งบางจังหวะจะต้องรอ RFID ถ้ายังลำเลียงมาไม่ถึงจุดที่จะติดตั้ง โดยระบบเป่าลมถูกได้ออกแบบและทำการติดตั้งเข้าไปในเครื่อง BDL

โดยผลการทดสอบสมมติฐานแบบ Levene's Test ระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบการลำเลียง RFID ของเครื่องจักร ด้วยค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% สามารถสรุปได้ว่า ความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

3. การปรับปรุงประสิทธิภาพระบบการอ่านบาร์โคด กระบวนการหนึ่งของการทำงานของเครื่อง BDL ก็คือการอ่านบาร์โคดที่ถูกติดกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เพื่อที่จะระบุเลขลำดับและการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตัวนี้ เมื่อแถบบาร์โคดถูกติดกับฐานรองฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟแล้ว ก็จะต้องทำการอ่านแถบบาร์โคดด้วยเครื่องแสกน ซึ่งพบปัญหาว่า ความผิดพลาดหรือเวลาในการอ่านแถบบาร์โคดมีความแปรปรวน จากการปรึกษากับผู้ผลิตเครื่องอ่านบาร์โคดก็ได้ทำการเลือกเครื่องอ่านบาร์โคดอีกรุ่นหนึ่งมาทำการทดลองใช้กับเครื่อง BDL เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอ่านบาร์โคดรุ่นเก่าและใหม่ ซึ่งประสิทธิภาพการทำงาของเครื่องรุ่นใหม่ส่งผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ที่ลดลง

โดยผลการทดสอบสมมติฐานแบบ Levene's Test ระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบการอ่านบาร์โคดของเครื่องจักร ด้วยค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% สามารถสรุปได้ว่า ความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง BDL ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

8.4.3 การปรับปรุงกระบวนการของเครื่อง CS3

1. จากการระดมความคิดและปรึกษาแผนกออกแบบเครื่องจักร ทางทีมงานได้ออกแบบอุปกรณ์ในการยึดขาตั้งเครื่องจักรเพื่อยึดเครื่องจักรให้ติดกับพื้น ซึ่งจะทำให้แรงสั่นสะเทือนของต่อเครื่อง CS3 ลดลง และได้ออกแบบคานที่ทำจากแสตนเลสสตีล เพื่อยึดตัวเครื่องจักรเพื่อให้เครื่องจักรมีความแข็งแรงมากขึ้น ซึ่งจะช่วยลดความสั่นสะเทือนที่จะเกิดขึ้นกับ

เครื่อง CS3 โดยก่อนทำการปรับปรุงสามารถวัดความสั่นสะเทือนบนเครื่อง CS3 ที่ตำแหน่งจุดหยิบสกรูมีค่าเท่ากับ 0.81 mm/sec และที่บริเวณจุดไขสกรูมีค่าเท่ากับ 0.89 mm/sec ตามลำดับ และหลังจากปรับปรุง สามารถวัดความสั่นสะเทือนบนเครื่อง CS3 ที่ตำแหน่งจุดหยิบสกรูมีค่าเท่ากับ 0.71 mm/sec และที่บริเวณจุดไขสกรูมีค่าเท่ากับ 0.81 mm/sec ตามลำดับ

โดยผลการทดสอบสมมติฐานแบบ Levene's Test ระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร ด้วยค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% สามารถสรุปได้ว่า ความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

2. แรงลมที่ใช้ในการดูดสกรูและปล่อยสกรูเพื่อทำการไข ก็เป็นส่วนสำคัญของการทำงานที่ผิดพลาดหรือ ได้รอบเวลาการผลิตตามค่าเป้าหมายหรือไม่ การที่ลมน้อยไปก็จะเกิดการตกของสกรูทำให้ต้องเสียเวลากลับมาหยิบสกรูตัวใหม่ ส่วนแรงลมที่แรงเกินไปก็จะทำให้ไขสกรูเวลานานขึ้น ดังนั้นการตั้งค่าแรงลมที่เหมาะสมก็จะช่วยให้การทำงานของเครื่องจักรเป็นไปตามค่าเป้าหมายที่กำหนด

โดยผลการทดสอบสมมติฐานแบบ Levene's Test ระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงการตั้งค่าแรงลมของเครื่องจักร ด้วยค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% สามารถสรุปได้ว่า ความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

3. สกรูที่ใช้ในการประกอบจะถูกเทใส่ในชุดลำเลียงสกรู แล้วสกรูจะถูกลำเลียงไปตามรางโดย แรงสั่นสะเทือน ในบางจังหวะการลำเลียงของสกรูเกิดการติดขัดในสายลำเลียงเป็นสาเหตุให้รอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรต้องเกิดการรอ ทำให้รอบเวลาการผลิตมากกว่าปกติ การออกแบบระบบเป่าลมเพื่อช่วยในการลำเลียงสกรู หรือลดเหตุการณ์ที่สกรูเกิดการติดขัดในสายลำเลียง ซึ่งย่อมส่งผลต่อการลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3

โดยผลการทดสอบสมมติฐานแบบ Levene's Test ระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงการลำเลียงสกรูของเครื่องจักร ด้วยค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% สามารถสรุปได้ว่า ความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่อง CS3 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

8.5 บทสรุปการควบคุมกระบวนการ

เมื่อสามารถระบุปัญหา หาสาเหตุของปัญหา หาแนวทางแก้ไขปัญหาและได้ถูกนำไปปฏิบัติแล้ว ขั้นตอนที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ การป้องกันและควบคุมกระบวนการเพื่อไม่ให้

เกิดปัญหาซ้ำขึ้นมา นั่นก็คือแนวทางในการป้องกันหรือควบคุมกระบวนการ เพื่อไม่ให้เกิดความแปรปรวนของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรที่ได้ทำการปรับปรุงไปแล้ว

โดยกำหนดการตรวจสอบเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของการซ่อมบำรุงเชิงรักษา (Preventive Maintenance) ซึ่งทำ 1 ครั้งต่อสัปดาห์ เช่น การวัดขนาดของตะกร้าใส่ฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเพื่อให้ได้มาตรฐาน การเปลี่ยนอุปกรณ์จับฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทุก 7 วัน การวัดค่าความสั่นสะเทือนของเครื่อง BDL ว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือไม่ การตรวจสอบระบบเป่าลมเข้าที่ราง RFID เป็นต้น

การนำแนวความคิดของ Real Time Monitoring System เพื่อช่วยในการควบคุมรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ได้นำถูกมาประยุกต์ใช้เพื่อให้พนักงานที่ดูแลเครื่องจักรและพนักงานฝ่ายผลิต ได้ใช้ข้อมูลในการเฝ้าระวังความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรได้ ซึ่งข้อมูลรอบเวลาการผลิตจะถูกแสดงผลผ่านระบบฐานข้อมูลของบริษัท โดยผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องสามารถดูข้อมูลได้แบบ Real Time จากหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้

8.6 ประสิทธิภาพกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้น

ผลจากการปรับปรุงกระบวนการของเครื่องจักรทั้งสามพบว่า เครื่อง TCI ก่อนปรับปรุงมีความแปรปรวนที่ 6.6952 ซึ่งหลังการปรับปรุงลดลงมาที่ 4.9482 สามารถปรับปรุงได้ 26.09% และเครื่อง BDL ก่อนปรับปรุงมีความแปรปรวนที่ 9.8641 ซึ่งหลังการปรับปรุงลดลงมาที่ 6.6792 สามารถปรับปรุงได้ 32.28% และเครื่อง CS3 การลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรทั้งสามเครื่อง สามารถเพิ่มจำนวนชิ้นงานที่ทำได้จากสายการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 6.78% ดังแสดงข้อมูลในรูปที่ 8.1 ซึ่งสามารถเปรียบเทียบเป็นต้นทุนที่ลดต่ำลงเป็นเงิน 67,800 เหรียญสหรัฐต่อปีต่อสายการประกอบที่ทำการปรับปรุง

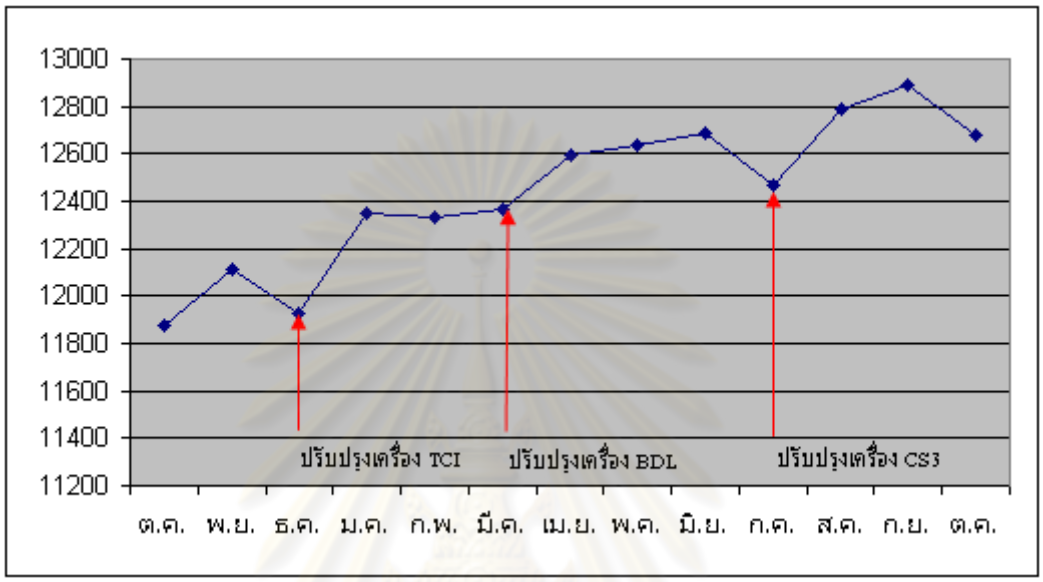
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2552			2553									
ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.
11878	12112	11930	12349	12329	12369	12597	12637	12689	12465	12785	12892	12678

ปรับปรุงเครื่อง TCI

ปรับปรุงเครื่อง BDL

ปรับปรุงเครื่อง CS3



รูปที่ 8.1 แสดงแนวโน้มกำลังการผลิตของเครื่องจักรที่เพิ่มขึ้นหลังการปรับปรุง

8.7 ข้อจำกัดในงานวิจัย

1. การเก็บข้อมูลจะต้องใช้เวลานานและจำนวนมาก และต้องพยายามควบคุมปัจจัยต่าง ๆ เพื่อให้สามารถได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องมากที่สุด

2. การปรับปรุงเครื่องจักรจะต้องใช้เวลานานเพราะต้องผ่านกระบวนการที่ออกแบบไว้ของบริษัท เช่น การแก้ไขแบบเครื่องจักร การจัดซื้อ เป็นต้น

3. การหาเวลาในการทดลองจะต้องมีผลกระทบกับยอดการผลิตซึ่งต้องรอให้กำลังการผลิตเหลือ ถึงจะสามารถทดลองได้

8.8 ข้อเสนอแนะ

1. สามารถลดความแปรปรวนของเครื่องจักรที่มีความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตมากกว่าค่าเป้าหมายในลำดับถัดไปเรื่อย ซึ่งจะส่งผลต่อกำลังการผลิตของสายการประกอบที่เพิ่มมากขึ้น

2. การออกแบบสายการประกอบควรคำนึงถึงความแปรปรวนของสายการประกอบที่เกิดขึ้น ซึ่งจะทำให้จำนวนงานที่ผลิตได้ลดลง ซึ่งสามารถลดความแปรปรวนนี้ได้โดยการใส่พื้นที่ว่างระหว่างเครื่องจักรเพื่อให้เก็บงานรอระหว่างกระบวนการ

3. จากงานวิจัยของตัวอย่างกรณีศึกษาที่สายประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สามารถออกแบบแนวทางในการลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบและสามารถเพิ่มกำลังการผลิตโดยแนวทางซิกซ์ ซิกม่า ได้ดังแสดงในรูปที่ 8.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. เก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตของทุกเครื่องจักรในสายการประกอบ

⇩

2. ทดสอบว่าข้อมูลตัวอย่างที่เก็บมามีคุณสมบัติเป็นตัวแปรแบบสุ่ม (Random Sample) หรือไม่ โดยการคุณสมบัติที่ไม่ขึ้นอยู่ด้วยกันและที่มีการกระจายเหมือนกัน (IID)

⇩

3. ทดสอบว่าจำนวนข้อมูลสุ่มมาเป็นตัวอย่างเพียงพอที่ความน่าเชื่อถือ 95%หรือไม่

⇩

4. ทดสอบว่าแต่ละเครื่องมีข้อมูลรอบเวลาการผลิตเหมือนการกระจาย (Distribution) ตัวแบบใดมากที่สุด

⇩

5. นำข้อมูลมาหาค่าทางสถิติซึ่งขึ้นอยู่กับว่าข้อมูลรอบเวลาการผลิตของแต่ละเครื่องจักรเหมือนการกระจายแบบใดในข้อที่ 4

⇩

6. หาโอกาสที่รอบเวลาการผลิตของแต่ละเครื่องจักรว่ามากกว่า 4.5 วินาที ว่าเป็นกี่เปอร์เซ็นต์

⇩

รูปที่ 8.2 แนวทางในการลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7. เปรียบเทียบว่าเครื่องจักรทั้งหมดเครื่องใดมีโอกาสที่รอบเวลาการผลิตมากกว่าค่าเป้าหมายมากที่สุด และเลือกมาทำการปรับปรุง

⇩

8. ศึกษารายละเอียดกระบวนการผลิตของเครื่องที่เลือกมาปรับปรุง เพื่อที่จะวิเคราะห์หาสาเหตุได้ครบถ้วนมากขึ้น

⇩

9. Brainstorm หาสาเหตุของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องที่จะปรับปรุงโดยใช้ Cause and Effect diagram

⇩

10. นำทุกสาเหตุที่ได้จากข้อ 9 มาทำFMEA เพื่อจัดลำดับความสำคัญสาเหตุของความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต

⇩

11. เลือกสาเหตุที่มีค่า RPN สูงสุดใน 60% แรก เพื่อจะทำการปรับปรุงสาเหตุของปัญหาในขั้นตอนต่อไป

⇩

12. ออกแบบการทดลองและทดสอบสมมติฐานว่าสาเหตุใดมีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรจริง

⇩

รูปที่ 8.2 แนวทางในการลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบ (ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

13. ทำการปรับปรุงสาเหตุที่มีผลต่อความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตที่ได้จากข้อ 12 เพื่อลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิต

⇩

14. ทดสอบสมมติฐานก่อนและหลังการปรับปรุงว่าความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตลดลงหลังการปรับปรุงหรือไม่

⇩

15. หาโอกาสที่รอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรที่ทำการปรับปรุงไปแล้วว่ามากกว่า 4.5 วินาที กี่เปอร์เซ็นต์

⇩

16. กลับไปยังขั้นตอนที่ 7

รูปที่ 8.2 แนวทางในการลดความแปรปรวนรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักรในสายการประกอบ (ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2542. การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) ประมวลผลด้วย Minitab 15 (ฉบับปรับปรุง). พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

กานดา พูนลาภทวี. 2530. สถิติเพื่อการวิจัย. กรุงเทพ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์

ดำรง ทวีแสงสกุลไทย. 2538. การควบคุมคุณภาพสำหรับนักบริหาร. กรุงเทพ : เอ็มแอนอี

นวลพรรณ ใจงาม. 2542. การลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายเทไฟฟ้ากระแสสถิตย์ในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้ระเบียบวิธีซิกซ์ ซิกม่า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภรณี เจริญภักตร์. 2536. ความน่าจะเป็นและสถิติ. กรุงเทพ : หจก.พิทักษ์การพิมพ์

วีระพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์. 2535. การควบคุมคุณภาพ. กรุงเทพ : อักษรประเสริฐ

ฮิโตชิ คุเมะ. 2541. วิธีทางสถิติเพื่อการพัฒนาคุณภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพ : T.P.PRINT

ภาษาอังกฤษ

Anand, L. S. 2010. The World's First 3TB HDD. Posted in Storage, HDD, Seagate: Seagate GoFlex Desk 3TB Review.

Antone, G. InformationWeek. 2010. Storage Demand, Revenue On The Rise. [Online]: Available from: http://www.informationweek.com/news/storage/.[2010, May 11]

Demimg E.W.. 1982. Quality Productivity and Competitive Position. USA : Center for Advance Engineering Study Massachusetts Institute of Technology

Elisabeth, J. U., and Michael, U. 2005. The Production Dice Game: An Active Learning Classroom Exercise and Spreadsheet Simulation. Operation Management Education Review vol1: 105-122.

eTForecasts publishes market research reports for the PC and Internet industries. 2010. PC Sales Will Top 300M Units in 2010. [Online]: Available from: http://www.etforecasts.com.

Forrest, W. B. 1999. Implementing Six Sigma Smarter Solutions Using Statistical Methods. USA : John Wiley and Sons,

Forrest, W.B., and John, W. 1999. Sigma Smarter Solutions Using Statistical Methods. New York : John Wiley&Sons,

Greebner, D.F., and Shanon, P.W. 1994. Essential of business statistics a decision making approach. New York : Macmillam,

Guoxiao, G; Qi, H. and Teck-Seng, L.2000. Access system requirement for high track per inch hard disk drives. Pacific Magnetic Recording Conference: TA1/1-TA1/2.

Hui, C.H.P., and Frency, S.F.A. 1999. A Study of the Effect of Time Variation for Assembly Line Balancing in the Clothing Industry. Proceedings of the International Journal of Clothing Science and Technology Vol.11 No.4: 181-188.

IDC. 2009. Worldwide Hard Disk Drive Semiconductor 2009-2013 Forecast. [Online]: Available from: http://www.IDC.com. [2009, January 8]

M.A., Stephens. 1974. EDF Statistics for Goodness of Fit and Some Comparisons. Journal of the American Statistical Association Vol. 69: 730-737.

Nkasu, M.M., and Leung, K.H.. 1995. Computer Integrated Manufacturing Assembly System Design. Integrate Manufacturing Systems Vol. 6 Issue. 6: 4-14.

Seagate Technology Thailand. 2005. Basic of data storage technology. Thailand: Seagate Technology.

Seagate Technology Thailand. 2005. Fundamental of read/write heads in HDD. Thailand: Seagate Technology.

Seagate Technology Thailand. 2010. Goal of 2010. Thailand: Seagate Technology.

Shannal Randall. 2003. Hypothesis Testing Methods. Seagate Technology: Documents of Six Sigma course Seagate Technology.

Storage solutions, BackupWorks. 2011. Data Demands - 260 GB per Person by 2011. [Online] Available from: http://www.backupworks.com/data-demand-increasing-snapserver-lto5.aspx.

Tin King Ang. 1999. Reduction of Pallet Transportation Cost. Singapore: Seagate Technology.

Yam Hong See. 1999. Reduction of Flip Chip Defect in Glue Filling Process. Singapore: Seagate Technology.

Yogathasan. 1996. Application of neural networks in assembly line balancing. Master's thesis degree Industrial Systems Engineering, School of Engineering and Technology Asian Institute of Technology.

Zhao, Z.Y., and De Souza, R. 2000. Genetic Production Line Balancing for the Hard Disk Drive. Proceedings of the International Journal of Advance Manufacturing Technology Vol.16 No.4 : 197-302.

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายฐากร พวงระย้า เกิดเมื่อวันที่ 23 กรกฎาคม พ.ศ. 2524 ที่จังหวัดนครปฐม สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโนยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2546 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ระหว่างปี พ.ศ. 2550-2554 และทำงานในตำแหน่ง วิศวกรอาวุโส บริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย