การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของภาพพิมพ์ กรณีศึกษาการทดสอบขั้นสุดท้ายของการผลิตเครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ท

AN ANALYSIS OF FACTORS THAT AFFECT IMAGE QUALITY: A CASE STUDY OF A FINAL INSPECTION FOR INKJET PRINTER PRODUCTION

ชีวิน จันทร์สุนทร

CHEEWIN JANSUNTHRON

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
พ.ศ. 2553

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของภาพพิมพ์
กรณีศึกษาการทดสอบขั้นสุดท้ายของการผลิตเครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ท

ชีวิน จันทร์สุนทร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
พ.ศ. 2553

AN ANALYSIS OF FACTORS THAT AFFECT IMAGE QUALITY: A CASE STUDY OF A FINAL INSPECTION FOR INKJET PRINTER PRODUCTION

CHEEWIN JANSUNTHRON

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING
IN INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTMENT OF INDUSTRIAL
ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI
2010

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยที่เกิดจากการค้นคว้าและวิจัยขณะที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีและข้อความต่าง ๆ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าขอรับรองว่าไม่มีการคัดลอกหรือนำงานวิจัยของผู้อื่นมานำเสนอในชื่อข้าพเจ้า

นายชีวิน จันทร์สุนทร

COPYRIGHT © 2010 ลิขสิทธ์ พ.ศ. 2553
FACULTY OF ENGINEERING คณะวิศวกรรมศาสตร์
RAAJMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของภาพพิมพ์ กรณีศึกษาการทดสอบขั้นสุดท้ายของการผลิตเครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ท AN ANALYSIS OF FACTORS THAT AFFECT IMAGE QUALITY: A CASE STUDY OF A FINAL INSPECTION FOR INKJET PRINTER PRODUCTION
ชื่อนักศึกษา	นายชีวิน จันทร์สุนทร
รหัสประจำตัว	1151704404086
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณฐา คุปตัษเฐียร
วัน เดือน ปี ที่สอบ	1 ตุลาคม 2553
สถานที่สอบ	ห้อง E509 ชั้น 5 อาคารเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ดร.กรกฎ เหมสถาปัตย์)

..... กรรมการ
(ดร.ระพี กาญจนะ)

..... กรรมการ
(ดร.สมศักดิ์ อิทธิโสภณกุล)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณฐา คุปตัษเฐียร)

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชัย หิรัญวโรดม)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของภาพพิมพ์ กรณีศึกษาการทดสอบขั้นสุดท้ายของการผลิตเครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ท
นักศึกษา	นายชีวิน จันทร์สุนทร
รหัสประจำตัว	115170440408-6
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปี พ.ศ.	2553
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณฐา คุปตัษเฐียร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงการนำทฤษฎีและหลักการทางวิศวกรรมอุตสาหการมาประยุกต์ใช้แก้ไขปัญหาในงานอุตสาหกรรม ได้แก่ทฤษฎีการควบคุมคุณภาพโดยใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพ (7 QC Tools) ร่วมกับเครื่องมือควบคุมคุณภาพยุคใหม่ (New 7 QC Tools) ทฤษฎีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต (Productivity Improvement) และทฤษฎีการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) ในการทดสอบขั้นสุดท้ายของการผลิตเครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ท

ในการผลิตเครื่องพิมพ์จำนวน 2,685,662 เครื่อง จากโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษา พบว่ามีอัตราจำนวนเครื่องไม่ผ่านคุณภาพภาพพิมพ์ จำนวน 2,723 เครื่อง โดยคิดเป็นร้อยละ 0.10 หรือเฉลี่ย 452 เครื่องต่อเดือน ของการผลิตทั้งหมดส่งผลให้โรงงานเสียค่าใช้จ่ายในการทำซ่อม (Rework) เกิดขึ้น 45,578 บาทหรือคิดเป็นโดยเฉลี่ย 7,596 บาทต่อเดือน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุและศึกษาปัจจัย ที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของภาพพิมพ์ ในการทดสอบขั้นสุดท้ายของการผลิตเครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ทโดยมี ระเบียบวิธีการวิจัยทั้งหมด 6 ขั้นตอนได้แก่ การเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การวิเคราะห์ผล การทดลอง การปรับปรุงกระบวนการและการสรุปผลการทดลองโดยทำการศึกษาเฉพาะขั้นตอนการทดสอบการพิมพ์ภาพซึ่งเป็นการทดสอบขั้นสุดท้ายก่อนการบรรจุผลิตภัณฑ์ก่อนส่งมอบให้กับลูกค้า

จากการดำเนินการวิจัยพบว่ามี 3 ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อคุณภาพของภาพพิมพ์ คือ ลักษณะของล้อยาง ลักษณะของล้อรหัสและแรงสะเทือนในขณะทำงาน เมื่อควบคุมปัจจัยทั้ง 3 ผลที่ได้รับพบว่าจำนวนของปัญหาเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพหลังการปรับปรุงเกิดขึ้นเฉลี่ยลดลงเหลือ 197 เครื่องต่อเดือนหรือคิดเป็นร้อยละ 0.04 และค่าใช้จ่ายในการแก้ไขเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพเฉลี่ยลดลงเหลือ 3,300 บาทต่อเดือน ส่งผลทำให้อัตราส่วนเครื่องภาพพิมพ์ไม่ผ่านคุณภาพนั้นลดลงได้ร้อยละ 60 หรือคิดเป็นโดยเฉลี่ยร้อยละ 50 ต่อเดือน ซึ่งผลเป็นที่น่าพอใจ

คำสำคัญ: การควบคุมคุณภาพ, การออกแบบการทดลอง, การเพิ่มประสิทธิภาพ

Thesis Title:	AN ANALYSIS OF FACTORS THAT AFFECT IMAGE QUALITY : A CASE STUDY A FINAL INSPECTION OF INKJET PRINTER PRODUCTION
Student Name:	Mr.Cheewin Jansunthron
Student ID:	115170440408-6
Degree Award:	Master of Engineering
Study Program:	Industrial Engineering
Academic Year:	2010
Thesis Advisor:	Assistant Professor Dr. Natha Kuptasthien

ABSTRACT

This case study reveals the application of theory and industrial engineering in solving the problems occurring in industry, for instance, using the theory of 7 QC Tools together with the theory of New 7 QC Tools, Productivity Improvement and the Theory of Design of Experiment in the last testing process of Inkjet production.

The processes of 2,685,662 printers' production from the factory are used as a case study. The finding shows that 2,723 printers which are produced in per month, there are 0.10 % or 452 printers which are the under-standard in the image quality. As the result, the factory has to pay for reworking which cost 45,578 baht or 7,596 baht per month. The study aims to analyze the causes and study the factors which affect to the image quality in the final inspection of inkjet printer production. The study consists of 6 procedures including data collection, data analysis, results, experiments, improvement processes and conclusion. The study is focused on the process of the final inspection of Inkjet production before packaging and delivering to the customers.

The findings show that there are 3 factors which affect to the image quality in the final inspection of inkjet printer production including rubber wheels, code wheel and shaking force while working. After controlling the three factors, the findings mention that the problems of the printers which don't pass the quality control are decreased at 197 printers per month or 0.04% and able to decrease the expense in resolving these problems at average 3,300 baht per month. As the results, the rate of under-standard of quality printers is decreased at 60 % or 50% per month which gives the factory's satisfaction.

Key words: Quality Control, Design of Experiment, Productivity Improvement

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ท่าน ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร.ณฐา คุปตัษเฐียร ขอขอบพระคุณที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ของการทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ ดร.ระพี กาญจนะ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพบูลย์ แย้มเผื่อน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศรีไร จารุภิญโญ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรัตน์ ตรัยวนพงศ์ ที่ให้ความรู้คำปรึกษาแหล่งข้อมูลหนังสือและคำแนะนำต่างๆ เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณอาจารย์ และเจ้าหน้าที่สำนักงานบัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกๆ ท่านของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความรู้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆเป็นอย่างดี

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ชีวิน จันทร์สุนทร

1 ตุลาคม 2553

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	4
1.3 สมมติฐานการวิจัย	4
1.4 ขอบเขตการวิจัย	4
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.7 นิยามคำศัพท์	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 การบริหารเพื่อเพิ่ม	7
2.2 หลักสำคัญ 4 ประการ ในการบริหารเพื่อเพิ่มผลผลิต	8
2.3 ความสูญเสีย (Waste)	11
2.4 การเพิ่มผลผลิตโดยพนักงานและหัวหน้างาน	12
2.5 แนวทางการควบคุมคุณภาพ	13
2.6 องค์ประกอบในงานควบคุมคุณภาพ	14
2.7 การนำสถิติมาใช้ในงานวิจัย	26
2.8 การนำสูตรทางสถิติมาแสดงไว้โดยย่อ	28
2.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA)	32
2.10 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment, DOE)	33
2.11 การออกแบบปัจจัยบางส่วน (Fractional Factorial Designs)	38
2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	42
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	45
3.1 ศึกษาโครงสร้างของเครื่องพิมพ์และขั้นตอนการผลิต	45

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 เก็บข้อมูลเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ	51
3.3 วิเคราะห์สาเหตุด้วยเครื่องมือควบคุมคุณภาพ	53
3.4 วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)	56
3.5 ออกแบบการทดลอง	60
3.6 เสนอวิธีการปรับปรุง	64
3.7 ดำเนินการปรับปรุง	64
3.8 เก็บข้อมูลหลังการปรับปรุง	64
3.9 กำหนดเป็นมาตรฐานการทำงาน	65
บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย	66
4.1 ผลการวิเคราะห์สาเหตุด้วยเครื่องมือควบคุมคุณภาพ	66
4.2 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)	68
4.3 ผลวิเคราะห์การออกแบบการทดลอง (DOE)	71
4.4 ผลการเสนอวิธีการปรับปรุง	81
4.5 ผลการดำเนินการปรับปรุง	81
4.6 ผลการนำแนวทางการปรับปรุงไปปฏิบัติ	82
4.7 กำหนดเป็นระเบียบวิธีการปฏิบัติงาน	84
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	85
5.1 สรุปผลการศึกษา	85
5.2 การอภิปรายผล	86
5.3 ข้อเสนอแนะ	86
เอกสารอ้างอิง	88
ภาคผนวก	
ก การคำนวณ One-Way-ANOVA เปรียบเทียบตัวอย่างจากการสุ่มเครื่องที่อัตราชดเชยในการป้อนกระดาษเครื่องที่ผ่านและไม่ผ่าน	93
ข การออกแบบการทดลอง	97
ค การทดสอบเพื่อยืนยันผลการปรับปรุง โดยทำการทดสอบสมมุติฐาน	105
ง กำหนดมาตรฐานวิธีการปฏิบัติงาน	109
จ ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่	113
ประวัติผู้เขียน	126

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ปัญหาภาพพิมพ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเดือน พ.ค. - ต.ค. 2552	3
1.2 แผนการดำเนินงานวิจัย	5
2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน	33
2.2 อัตราส่วนของผลจากปัจจัยหลักต่อจำนวนปัจจัยรวมทั้งหมดในการทดลอง	39
2.3 การทดลองเต็มรูปแบบของ 4 ปัจจัย	40
2.4 ปัจจัยหลักและปัจจัยร่วมของ 3 ปัจจัย	41
2.5 ปัจจัยบางส่วนของ 4 ปัจจัย	41
3.1 ชนิดเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพในช่วงเดือน พ.ค. - ต.ค. 2552	52
3.2 ค่าใช้จ่ายแก้ไขเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพในช่วงเดือน พ.ค. - ต.ค. 2552	52
3.3 สุ่มเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านและผ่านเกณฑ์คุณภาพ	58
3.4 แผนผังการออกแบบการทดลอง	61
3.5 แผนผังการออกแบบการทดลองแบบสุ่ม	62
4.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เครื่องที่ผ่านและไม่ผ่าน	71
4.2 ปัจจัยที่กำหนดขึ้นใช้ในการทดลอง	74
4.3 ผลการทดลอง 16 การทดลอง	75
4.4 การวิเคราะห์ Estimated Effects and Coefficients for Result	77
4.5 วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)	77
4.6 เงื่อนไขแต่ละปัจจัยที่ต้องควบคุม	78
4.7 สัดส่วนเครื่องภาพพิมพ์ไม่ผ่านคุณภาพที่เกิดขึ้นในช่วงเดือน พ.ย. 2552 ถึง ม.ค. 2553	82
4.8 เปรียบเทียบสัดส่วนเครื่องภาพพิมพ์ไม่ผ่านคุณภาพ	83

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนการปฏิบัติงานของสายการผลิต	2
2.1 อัตราส่วนระหว่างผลิตผลต่อปัจจัยการผลิตที่ใช้ไป	10
2.2 ใบตรวจสอบ (Check-Sheets)	15
2.3 ตัวอย่างใบตรวจสอบข้อบกพร่องของเครื่องรับโทรทัศน์	16
2.4 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart)	16
2.5 ตัวอย่างแผนภูมิพาเรโตของงานพับขึ้นรูปโลหะ	17
2.6 ผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)	17
2.7 ตัวอย่างผังแสดงเหตุและผลผลิตภัณฑ์ไม่ได้มาตรฐาน	18
2.8 ตัวอย่างกราฟแท่ง (Bar Chart)	18
2.9 ฮิสโตแกรม (Histogram)	19
2.10 ตัวอย่างฮิสโตแกรมของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรู (Hole Diameters)	19
2.11 ผังแสดงการกระจาย (Scatter Diagram)	20
2.12 ตัวอย่างการกระจายการใช้พลังงานของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์	20
2.13 แผนภูมิควบคุม (Control Chart)	21
2.14 ตัวอย่างการออกนอกการควบคุม	21
2.15 ตัวอย่างแผนผังกลุ่มเชื่อมโยง	22
2.16 ตัวอย่างผังความสัมพันธ์	23
2.17 ตัวอย่างแผนผังต้นไม้	23
2.18 ตัวอย่างแผนผังแมทริกซ์	24
2.19 ตัวอย่างแผนผังลูกศร	24
2.20 แผนภูมิขั้นตอนการตัดสินใจ	25
2.21 ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลทางเลือกทำเลที่ตั้งโรงงาน	25
2.22 ตัวอย่างปัจจัยกระบวนการและตัวแปรตอบสนอง	34
2.23 ปัจจัยกระบวนการและตัวแปรตอบสนอง	37
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	46
3.2 โครงสร้างหลักต่างๆของเครื่องพิมพ์	47
3.3 ตัวอย่างภาพพิมพ์ที่มีคุณภาพ	48
3.4 ตัวอย่างภาพพิมพ์ที่ไม่ได้คุณภาพ	49
3.5 ตัวอย่างภาพพิมพ์ผ่านเกณฑ์คุณภาพในสายการผลิต	50

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.6 ตัวอย่างภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพในสายการผลิต	51
3.7 ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพภาพพิมพ์	51
3.8 โครงสร้างผังแสดงเหตุและผล	54
3.9 โครงสร้างแผนผังความสัมพันธ์	55
3.10 แบบจำลองสายการผลิตแบบเซล	57
3.11 ขั้นตอนการวางแผนออกแบบการทดลอง	60
3.12 หน้าจอที่เครื่องปรับอัตราชดเชยระยะการพิมพ์	63
4.1 ผังแสดงเหตุและผลของปัญหาภาพพิมพ์	67
4.2 แผนผังความสัมพันธ์ของปัญหาภาพพิมพ์	68
4.3 การทดสอบความพอเพียงของแบบจำลอง	69
4.4 โค้งปกติเปรียบเทียบอัตราการชดเชยในการป้อนกระดาษเครื่องที่ผ่านและไม่ผ่าน	70
4.5 ฮีสโตแกรมเปรียบเทียบอัตราการชดเชยในการป้อนกระดาษเครื่องที่ผ่านและไม่ผ่าน	70
4.6 รูปร่างล้อยางหลังกระบวนการเจียร	72
4.7 รูปร่างล้อยางหลังกระบวนการเจียรแบบใหม่	72
4.8 ล้อรหัสที่สะอาด	72
4.9 ล้อรหัสที่เปื้อนสารหล่อลื่น	73
4.10 รูปจำลองการกระแทกของโต๊ะงานติดล้อ	73
4.11 รูปจำลองการเคลื่อนที่ของโต๊ะงานติดล้อ	74
4.12 การทดสอบความพอเพียง	76
4.13 การทดสอบความเหมาะสมของปัจจัยหลัก	79
4.14 การทดสอบความเหมาะสมของปัจจัยร่วม	79
4.15 การทดสอบความเหมาะสม (Optimization Plot)	80
4.16 ตำแหน่งที่ปรับปรุงในสายการผลิต	81
4.17 การแท่งเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพก่อนและหลังปรับปรุง	83
4.18 ผลการคำนวณด้วยโปรแกรม Minitab	84

บทที่ 1
บทนำ

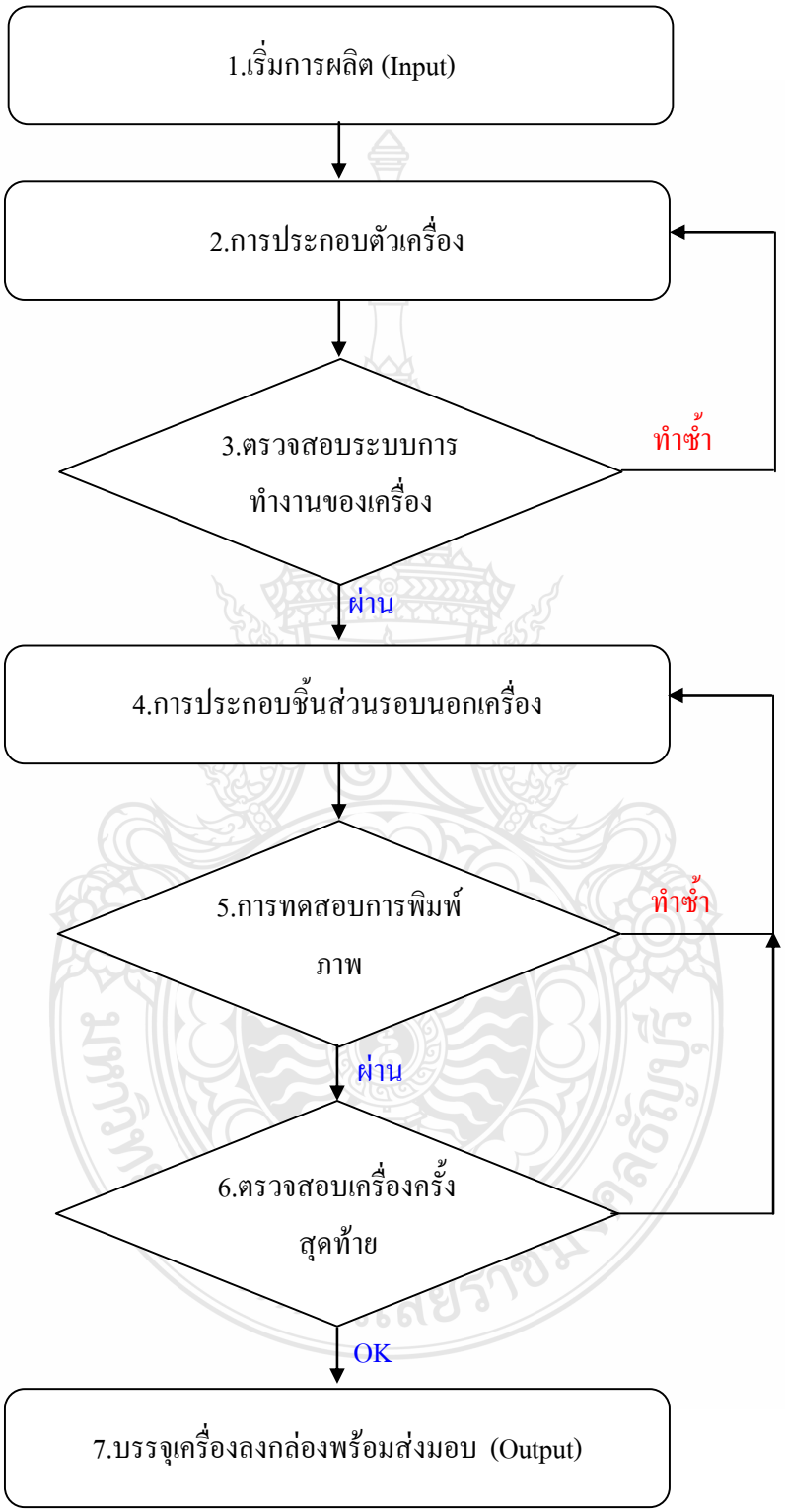
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

นับตั้งแต่ประเทศไทยประสบปัญหาภาวะเศรษฐกิจตกต่ำ หลักการเพิ่มผลผลิต (Productivity) เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน เริ่มเป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจมากขึ้น ทั้งในหน่วยงานภาครัฐบาลและภาคธุรกิจเอกชน เนื่องจากเล็งเห็นว่าภายใต้สภาวะการแข่งขันของโลกปัจจุบัน กลไกราคาซึ่งเคยเป็นตัวจักรสำคัญในการแข่งขันเริ่มใช้การไม่ได้อีกต่อไป ประเทศคู่แข่งที่มีต้นทุนการผลิตด้านค่าแรงงานที่ต่ำกว่า และหันมาใช้มาตรการแข่งขันกันลดราคา เช่นเดียวกันคุณภาพสินค้าและนวัตกรรม รวมถึงความสามารถในการจัดการเพื่อลดต้นทุนการผลิต ได้กลายมาเป็นกุญแจสำคัญที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับทั้งในประเทศและต่างประเทศรวมทั้งต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องภายใต้หลักการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยการปรับเปลี่ยนระบบการบริหารจัดการให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ในส่วนของอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องใช้สำนักงาน นับว่าเป็นธุรกิจหนึ่งที่จัดว่าเป็นธุรกิจที่จะพัฒนาภาคอุตสาหกรรมในประเทศ เพราะธุรกิจอุตสาหกรรมเครื่องใช้ในสำนักงาน ประเทศไทยถือเป็นฐานการผลิตหลักของนักลงทุนชาวญี่ปุ่นและมีแหล่งส่งขายทั่วหลายทวีป [1] และอุตสาหกรรมส่วนที่จะกล่าวถึงนี้ก็คืออุตสาหกรรมผลิตเครื่องพิมพ์ (Printer) คาดว่าในปี 2552 มูลค่าตลาดอยู่ที่ประมาณ 4,348 ล้านบาท [2] ในช่วงภาวะเศรษฐกิจตกต่ำองค์กรมีความจำเป็น อย่างยิ่งที่จะต้องรักษาสภาพคล่อง เพื่อให้ธุรกิจสามารถดำเนินต่อไปได้ จึงมีแนวคิดหาวิธีการลดต้นทุนโดยการเพิ่มผลผลิต (Productivity) โดยแนวคิดการผลิตให้มีต้นทุนต่ำที่สุด

โรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตเครื่องพิมพ์ โดยสามารถอธิบายขั้นตอนหลักของการผลิตเครื่องพิมพ์ออกเป็น 7 ขั้นหลัก เริ่มจากขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนเริ่มการผลิต (Start Production) ในขั้นตอนนี้จะนำชิ้นส่วนต่างๆส่งเข้าสายการผลิตเพื่อนำชิ้นส่วนมาประกอบเป็นหน่วยหลัก (Unit) จำนวนตามโครงสร้างของเครื่อง (Machine Structure) ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการประกอบตัวเครื่อง (Assemble Engine) ขั้นตอนนี้จะนำชิ้นส่วนที่เป็นหน่วยมาประกอบเข้าเป็นตัวเครื่อง ขั้นตอนที่ 3 ขั้นตอนตรวจสอบระบบการทำงานของเครื่อง (Mechanic Check) โดยในขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนจำลองการทำงานระบบต่างๆของเครื่อง ขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนรอบนอกเครื่อง (Assemble Exteriors) ซึ่งในขั้นตอนนี้จะได้เครื่องพิมพ์ที่สมบูรณ์ ขั้นตอนที่ 5 ขั้นตอนการทดสอบการพิมพ์ภาพ (Image Check) ในขั้นตอนนี้จะทำการปรับระยะการพิมพ์และส่งถ่ายข้อมูลระยะการพิมพ์บันทึกลงในหน่วยความจำเครื่อง หลังจากนั้นจะทำการทดสอบพิมพ์ภาพ ขั้นตอนที่ 6 ขั้นตอนตรวจสอบเครื่องครั้งสุดท้าย (Final Inspection) โดยพนักงานจะตรวจสอบชิ้นส่วนต่างๆด้วยสายตา

(Visual Check) ขั้นตอนที่ 7 ขั้นตอนบรรจุเครื่องลงกล่อง (Packing) พร้อมอุปกรณ์ (Accessory) เตรียมพร้อมส่งมอบให้กับลูกค้า โดยขั้นตอนทั้ง 7 แสดงดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ขั้นตอนการปฏิบัติงานของสายการผลิต

ในโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษานี้ประกอบไปด้วย 6 ส่วนงานหลัก ส่วนงาน 1 ฝ่ายจัดซื้อ (Purchase, PUR) ทำหน้าที่จัดซื้อจัดจ้างชิ้นส่วนหรือวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ติดต่อประสานงานและตรวจสอบสภาพคลองทางด้านการเงินผู้ผลิตชิ้นส่วน (Supplier) ส่วนงานที่ 2 ฝ่ายวางแผนการผลิต (Production Administration Development, PAD) ทำหน้าที่วางแผนการผลิตและดูแลการสั่งซื้อชิ้นส่วนเตรียมสำหรับการผลิต (Inventory Balance) ส่วนงาน 3 ฝ่ายตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วน (Production Part Quality Assessment, PTQA) ทำหน้าที่ตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วนก่อนส่งเข้าสายการผลิต ส่วนงาน 4 ฝ่ายควบคุมคุณภาพเครื่องพิมพ์ (Product Requirement Quality Assessment, PRQA) ทำหน้าที่ตรวจสอบและทดสอบเครื่องพิมพ์เพื่อควบคุมคุณภาพเครื่องพิมพ์ ส่วนงาน 5 ฝ่ายวิศวกรรมการผลิต (Product Engineering, PE) ทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการผลิตและตรวจสอบปัญหาหรือข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ ส่วนงาน 6 ฝ่ายการผลิต (Manufacturing, MFG) ทำหน้าที่ดำเนินการผลิตตามแผน ซึ่งผู้วิจัยได้ปฏิบัติงานฝ่ายวิศวกรรมการผลิตและในขั้นตอนที่ 5 เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยได้รับมอบหมายดูแลแก้ไขปัญหาภาพพิมพ์ที่เกิดขึ้น ก่อนการบรรจุเครื่องพิมพ์และส่งมอบให้กับลูกค้าซึ่งเก็บข้อมูลในการผลิตเครื่องพิมพ์จำนวน 2,685,662 เครื่อง จากโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษา พบว่ามีอัตราจำนวนเครื่องภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ จำนวน 2,723 เครื่องหรือเฉลี่ย 452 เครื่องต่อเดือน ของการผลิตทั้งหมดและทำให้โรงงานต้องมีค่าใช้จ่ายในการทำซ้ำ (Rework) เกิดขึ้น 45,578 บาทคิดเป็นโดยเฉลี่ย 7,596 บาทต่อเดือน แสดงดังตารางที่ 1.1 เครื่องพิมพ์ที่เกิดปัญหาภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นนี้มีอยู่ตลอดเวลาการผลิต ทำให้ต้องเสียเวลาซ่อมหรือตรวจสอบแก้ไข ซึ่งทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายทั้งทางด้านวัตถุดิบและแรงงาน ดังนั้นจึงได้เข้ามาศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานแห่งนี้ และนำปัญหาไปวิเคราะห์สาเหตุโดยใช้หลักการทางวิศวกรรมไปประยุกต์ เพื่อใช้แก้ปัญหาในกระบวนการผลิต เพื่อให้จุดบกพร่องของกระบวนการผลิตลดน้อยลงให้มากที่สุด ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมศึกษาข้อมูลเครื่องพิมพ์ที่เกิดปัญหาภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์ตามคุณภาพที่เกิดขึ้นในหน่วยงานที่รับผิดชอบ คือ กระบวนการตรวจสอบปัญหาภาพพิมพ์

ตารางที่ 1.1 ปัญหาภาพพิมพ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเดือน พ.ค. - ต.ค. 2552

เครื่องพิมพ์	จำนวน	เฉลี่ย/เดือน
ยอดการผลิตรวม(เครื่อง)	2,685,662	447,611
จำนวนเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ(เครื่อง)	2,713	452
เปอร์เซ็นต์เครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ	0.10	0.02
ค่าใช้จ่ายในการแก้ไขเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ(บาท)	45,578	7,596

[ที่มาของค่าใช้จ่ายในการแก้ไขเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ คือ Reject Cost = (Reject Rate = 2.96 Wage Working/minute x Quantity Machines x Time Minute) + (Paper Cost x Quantity Machines)]

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดปัญหาภาพพิมพ์ในกระบวนการผลิตเครื่องพิมพ์

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของภาพพิมพ์

1.2.3 เพื่อลดปัญหาภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพลงร้อยละ 50

1.2.4 เพื่อลดค่าใช้จ่ายค่าในการแก้ไขเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ

1.3 สมมติฐานการวิจัย

การศึกษานี้จะทำให้สามารถทราบปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของภาพพิมพ์และสามารถลดสัดส่วนของปัญหาในการพิมพ์ภาพลงได้อย่างน้อยร้อยละ 50

1.4 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาสายการประกอบเครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ท (Inkjet Printer) ณ โรงงานอุตสาหกรรมตัวอย่าง โดยผู้วิจัยทำการศึกษากระบวนการผลิตเครื่องพิมพ์ เริ่มต้นในเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2552 จนถึงเดือน มกราคม พ.ศ. 2553 โดยการใช้ทฤษฎีการควบคุมคุณภาพ เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 แบบ (7 QC Tools) เครื่องมือควบคุมคุณภาพยุคใหม่ 7 แบบ (New 7 QC Tools) และการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) มาประยุกต์ใช้ในการกำหนดปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของภาพพิมพ์

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 6 ขั้นตอน โดยแสดงในตารางที่ 1.2 มีรายระเอียดระยะเวลาดำเนินการดังนี้

1.5.1 การเก็บข้อมูล เป็นขั้นตอนของการศึกษาสภาพปัจจุบันของงาน และกระบวนการ

1.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูล เป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริง และประยุกต์ใช้การทดลองเชิงสถิติวิศวกรรม

1.5.3 การทดลอง เป็นขั้นตอนของการจำลองหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิต

1.5.4 การวิเคราะห์ผลเป็นขั้นตอนของการแจกแจงหาสาเหตุข้อบกพร่องของกระบวนการผลิต

1.5.5 การปรับปรุงกระบวนการ เป็นขั้นตอนของการเลือกวิธีการแก้ไขปัญหา โดยพิจารณาหาวิธีการแก้ไขปัญหาเปรียบเทียบกับก่อนและหลังปรับปรุง

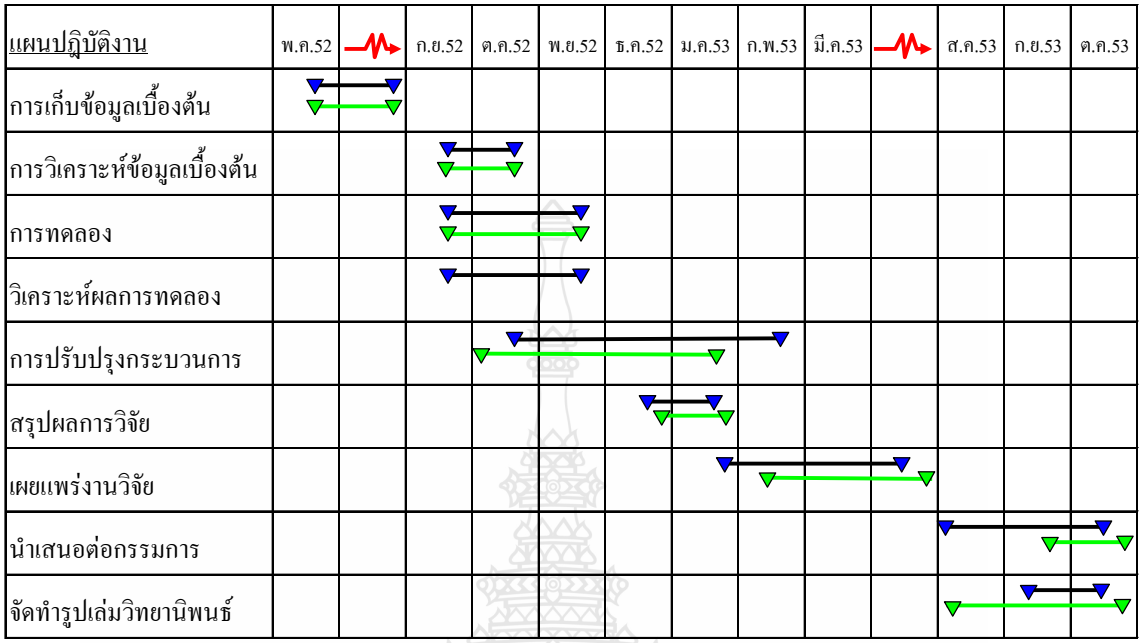
1.5.6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1.5.7 เผยแพร่งานวิจัยต่อสาธารณะ

1.5.8 นำงานวิจัยเสนอต่อคณะกรรมการ

1.5.9 จัดทำและพิมพ์รูปเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์ ยื่นต่อมหาลัยราชมงคลธัญบุรี

ตารางที่ 1.2 แผนการดำเนินงานวิจัย



1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ทราบสาเหตุของการเกิดปัญหาภาพพิมพ์ในกระบวนการผลิตเครื่องพิมพ์

1.6.2 ทราบแนวทางการควบคุมปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของภาพพิมพ์

1.6.3 ลดปัญหาและต้นทุนในการตรวจสอบคุณภาพทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำลง จะช่วยเพิ่มโอกาสในการแข่งขัน

1.6.4 เป็นแนวทางในการหาสาเหตุในการลดของเสียในอุตสาหกรรมอื่นๆ

1.7 นิยามคำศัพท์

Printer	เครื่องพิมพ์
Reject	ไม่ยอมรับ
Repair	การซ่อมแซม
Rework	ทำซ้ำ
Checkers	เครื่องมือตรวจสอบ (คุณภาพผลิตภัณฑ์)
Parts	ชิ้นส่วน
Grease	จาระบี, สารหล่อลื่น
Code Wheel	ล้อรหัส
Roller	ลูกกลิ้ง

Temperature	อุณหภูมิ
Head	หัว (หัวพ่นหมึก)
Ink	หมึก (หมึกพิมพ์)
Correction	อัตราการชดเชยในการป้อนกระดาษ
μ	ไมครอน

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การบริหารเพื่อเพิ่มผลผลิต

ความหมายของการเพิ่มผลผลิต (Productivity Improvement) โดยทั่วไปแล้วจะมีความหมายหลากหลายแตกต่างกันออกไป เช่น เป็นการเพิ่มปริมาณด้านการผลิต การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต เป็นการลดปริมาณของเสียที่เกิดจากการผลิตในทางที่เป็นจริงแล้ว ความหมายการเพิ่มผลผลิตในที่นี้ไม่จำเป็นต้องเพิ่มการผลิตอย่างเดียว การเพิ่มผลผลิตในทางเศรษฐกิจและสังคมหมายถึง การที่จะแสวงหาแนวทางในการปรับปรุงสิ่งต่างๆ ให้ดีขึ้นอยู่ตลอดเวลา ทั้งในด้านการประหยัดพลังงาน ประหยัดทรัพยากร ทั้งนี้ก็เพื่อให้เกิดความมั่นคง ส่วนความหมายอีกแนวทางหนึ่ง ซึ่งหมายถึงอัตราส่วนระหว่างปัจจัยการผลิตที่เราใช้ เช่น วัตถุดิบ แรงงานเครื่องจักร เป็นต้น เมื่อใดที่เราสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายเหล่านี้ได้ก็หมายถึงเราเพิ่มผลผลิตนั่นเอง[3] ส่วนการเพิ่มผลผลิตด้วยเทคโนโลยีเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถเพิ่มผลผลิตให้กับองค์กร องค์ประกอบของการใช้เทคโนโลยีเพื่อการเพิ่มผลผลิต คือ องค์ประกอบด้านกำลังคน ด้านเทคโนโลยี และด้านระบบการซ่อมบำรุงที่ต้องพิจารณาให้การใช้เทคโนโลยีเกิดประสิทธิภาพสูงสุด การบำรุงรักษาแบบมีส่วนร่วม คือ ความร่วมมือของผู้ใช้เทคโนโลยี ผู้ซ่อมบำรุงและหัวหน้าหน่วยงานในการดูแล รักษา และซ่อมบำรุงเทคโนโลยีให้พร้อมใช้งานเสมอ การใช้เทคโนโลยีต้องคำนึงถึงการประหยัดพลังงาน โดยคำนึงถึงความสิ้นเปลืองของการใช้พลังงาน และการบริหารการใช้พลังงานให้ประหยัด การนำเอาระบบคอมพิวเตอร์มาใช้ในองค์กร ทั้งในสำนักงาน ในงานออกแบบ และงานผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม ทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพและได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ แต่การเพิ่มผลผลิตโดยเทคโนโลยีมีทั้งประโยชน์และปัญหาที่ควรจะให้ความสำคัญในการพิจารณาลงทุนจัดหาเทคโนโลยี[4] สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติมีแนวคิด 2 ประการ ที่อธิบายความหมายของคำว่า "การเพิ่มผลผลิต" ได้อย่างชัดเจน คือ

1. แนวคิดในเชิงเทคนิค (Technical Concept) การเพิ่มผลผลิต คือ การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า

2. แนวคิดด้านปรัชญา เหนือสิ่งอื่นใด การเพิ่มผลผลิตคือจิตสำนึก หรือเจตคติที่จะแสวงหาทางปรับปรุงและสร้างสรรค์สิ่งต่างๆ ให้ดีขึ้นเสมอ ด้วยความเชื่อมั่นว่า สามารถทำวันนี้ให้ดีกว่าเมื่อวานนี้ และพรุ่งนี้ต้องดีกว่าวันนี้ เป็นความเพียรพยายามอย่างไม่มีที่สิ้นสุดที่จะปรับเปลี่ยนงานหรือกิจกรรมที่ทำให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นด้วยการใช้เทคนิควิธีการใหม่ๆ [5]

การปรับปรุงคุณภาพเพื่อการเพิ่มผลผลิต เปรียบเสมือนกับการแก้ปัญหาเพื่อให้การทำงานที่มีประสิทธิภาพ ประสิทธิผลที่ดีขึ้น ในการปรับปรุงแก้ไขจะต้องกระทำอย่างต่อเนื่องในทุกขั้นตอนของวิธีการการแก้ไขปัญหา ซึ่งตามวิธีของการแก้ปัญหานี้ได้มีการใช้การแก้ปัญหาตามหลักวงจร PDCA

ของ W.E. Deming โดยในแต่ละขั้นตอนของการปฏิบัติจะต้องได้รับการตอบสนองการทำงานจากกลุ่มคนที่ทำงานด้วยกัน ร่วมกันทำจึงจะประสบผลสำเร็จ การที่จะทำการปรับปรุงคุณภาพเพื่อที่จะเพิ่มผลผลิตอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลแล้ว จำเป็นที่จะต้องมีขั้นตอนที่ชัดเจนที่ทำให้ผู้ที่ปฏิบัติงานมีความรู้ความเข้าใจที่ตรงกัน เมื่อพิจารณาถึงกระบวนการในการปรับปรุงเพื่อเพิ่มผลผลิตแล้วกล่าวได้ว่ามีความคล้ายคลึงกับกระบวนการเพื่อการแก้ปัญหา เพราะเป็นลักษณะการที่องค์กรมุ่งเน้นที่ความพยายามเพื่อการปรับปรุงให้ดีขึ้น โดยทั่วไปแล้วกระบวนการแก้ปัญหาตามวงจร PDCA ประกอบด้วย [6]

องค์ประกอบของการเพิ่มผลผลิต (Productivity Factors)

ในส่วนของการปรับปรุงเพื่อเพิ่มผลผลิต ซึ่งจะนำไปถึงการได้เปรียบทางการแข่งขันกับคู่แข่ง และก่อให้เกิดความเข้มแข็งต่อองค์กรนั้นๆ ดังนั้นจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้

ก. ด้านคุณภาพ (Quality) หมายถึง การที่เราจะต้องสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า

ข. ด้านต้นทุน (Cost) หมายถึง การที่เราจะต้องพยายามลดต้นทุนทุกๆอย่าง แต่จะต้องคงไว้ ซึ่งคุณภาพและมาตรฐานที่กำหนด

ค. ด้านการส่งมอบ (Delivery) หมายถึง การส่งมอบสินค้าหรือบริการ ที่ถูกต้องถูกเวลาและถูกสถานที่

ง. ด้านความปลอดภัย (Safety) หมายถึง การจัดสภาพแวดล้อมในการทำงานให้มีความปลอดภัยมากที่สุด

จ. ด้านขวัญกำลังใจ (Morale) หมายถึง การจัดสภาพแวดล้อมในการทำงานให้เอื้อประโยชน์ต่อพนักงานที่ปฏิบัติงานให้ดีที่สุด

ฉ. ด้านสิ่งแวดล้อม (Environment) หมายถึง การประกอบธุรกิจโดยไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมและชุมชนโดยรอบ

ช. ด้านจรรยาบรรณ (Ethics) หมายถึง การประกอบธุรกิจโดยตรงไปตรงมาไม่เอาเปรียบ ซึ่งกันและกันรวมถึงสังคมและสิ่งแวดล้อม

2.2 หลักสำคัญ 4 ประการ ในการบริหารเพื่อเพิ่มผลผลิต

2.2.1 กลยุทธ์ในการบริหารเพื่อเพิ่มผลผลิต

สาเหตุส่วนใหญ่ที่โรงงานมีผลผลิตต่ำนั้นเนื่องมาจากกลยุทธ์ในการบริหารที่ใช้อยู่ในปัจจุบันไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอหรือ อาจจะเป็นเพราะว่ากลยุทธ์ที่ใช้อยู่ไม่เหมาะสมกับโรงงาน ในแง่ของการแข่งขันทางการตลาดหรือทางด้านเศรษฐกิจเป็นต้นกลยุทธ์ที่ใช้ในการเพิ่มผลผลิตมีดังนี้คือ

ก. การเปลี่ยนแปลงทางการบริหาร (Changes in Management) การบริหารงานที่ขาดประสิทธิภาพเป็นสาเหตุใหญ่ของผลผลิตต่ำดังนั้นกลยุทธ์ที่ใช้ในการปรับปรุงก็คือเปลี่ยนแปลงระบบการบริหารรวมทั้งผู้บริหารด้วย

ข. การเปลี่ยนแปลงในระบบการบริหารขององค์การ (Changes in Organization) ซึ่งอาจจะใช้ระบบการรวมอำนาจ (Centralization) หรือระบบการกระจายอำนาจ (Decentralization) ย่อมขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของสภาพการณ์

ค. การเปลี่ยนแปลงทางด้านการตลาด (Changes in Marketing) โดยที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อเพิ่มยอดขาย และเพิ่มรายได้ อาจจะด้วยวิธีการปรับราคา เพิ่มการโฆษณา เพิ่มประสิทธิภาพด้านการขาย หรือ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ เป็นต้น

ง. การเปลี่ยนแปลงในโรงงานและกรรมวิธีที่ใช้ในแผนการผลิต (Changes in Plant and Process) การพัฒนา การปรับปรุง และการขยายโรงงาน เครื่องมือ เครื่องจักร เพื่อเพิ่มผลผลิต เป็นกลยุทธ์ทั่วไปที่ใช้กันอยู่ กลยุทธ์นี้จะบรรลุผลสำเร็จได้ก็โดย

1. พยายามลดการเสียเวลา (Downtime) ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของระบบการผลิตและเทคนิคของโรงงานเพื่อเพิ่มอัตราการผลิต

2. ใช้กลยุทธ์ในการเพิ่มอัตราการพัฒนาของเทคโนโลยี โดยปรึกษาหารือกับผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในองค์กรหรือการเปลี่ยนวิธีการผลิตจากแรงงานคนเป็นเครื่องจักร

3. ใช้กลยุทธ์ในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ใหม่ โดยใช้โรงงานและกรรมวิธีในการผลิตใหม่ทั้งหมด

จ. การรวมตัวกับกิจการอื่นๆ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับกิจการที่ตนเองทำอยู่ (Vertical Integration) เช่น การรวมกิจการผลิตของวัตถุดิบหรือชิ้นส่วนประกอบที่ต้องใช้ในโรงงานเข้าจัดการในกิจการตนเอง

ฉ. การลดจำนวน (Divestiture) กิจการอาจจะต้องลดปริมาณการผลิต ลดปริมาณวัตถุดิบ วัตถุดิบ ทรัพย์สินอื่นๆ หรือแม้กระทั่งการปิดทั้งแผนกเมื่อฝ่ายบริหารพิจารณาเห็นว่าไม่สามารถจะให้ประโยชน์ต่อกิจการได้

ช. การปลดคนงานที่เกินความจำเป็น (Redundancies) เป็นกลยุทธ์ที่สามารถเพิ่มผลผลิต ได้ แต่ในทางกฎหมายทางสังคมและส่วนบุคคลไม่เห็นด้วยกับกลยุทธ์นี้เท่าใดนัก

ซ. การเพิ่มชนิดผลิตภัณฑ์ (Product Diversification) โดยการรวมตัวกับกิจการอื่นหรือ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ด้วยกิจการตนเอง

ฌ. การระมัดระวังผลกระทบจากสภาพการเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจ และการวางแผน (Monitoring the Business Environment and Comprehensive Planning) เช่นการประมาณอัตราเงินเฟ้อเพื่อที่จะได้เตรียมเงินหมุนเวียนให้เพียงพอกับการใช้จ่ายในอนาคตเพื่อความอยู่รอดของบริษัท [7]

2.2.2 หลักการเพิ่มผลผลิต (Basic Productivity Improvement)

การเพิ่มผลผลิตเป็นแนวคิดที่พัฒนาขึ้นเพื่อสร้างจิตสำนึกของคนทุกคนในชาติให้รู้คุณค่าของทรัพยากรที่มีอยู่จำกัด เพื่อใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยมีแนวทางกว้างๆในการปรับปรุงการเพิ่มผลผลิตอยู่ 2 แนวทาง คือ การลดความสูญเสียทุกประเภทที่ซ่อนอยู่และการแสวงหาทาง

ปรับปรุงสิ่งต่างๆให้ดีขึ้นอยู่เสมอ ดังนั้นการเพิ่มผลผลิตจึงเกี่ยวข้องกับทุกคนที่ต้องตระหนัก และเมื่อทุกคนมีความพยายามร่วมกันผลที่ได้รับจะกลับคืนสู่ทุกคนในองค์กร ทั้งมาตรฐานการครองชีพที่สูงขึ้นและคุณภาพชีวิตที่ดี

ก. <u>การเพิ่มผลผลิตตามแนวคิดวิทยาศาสตร์</u> เป็นการใช้มาตรฐานกำหนดวิธีการทำงานเพื่อให้สามารถควบคุมและวัดผลงานได้ โดยก่อนอื่นต้องเข้าใจว่าในการผลิตหรือการบริการเกิดขึ้นจากการนำสิ่งที่จำเป็นในการผลิตหรือเรียกว่าปัจจัยการผลิต (Input) เช่น วัตถุดิบเครื่องมือ เครื่องจักร พนักงาน เป็นต้น มาผ่านกระบวนการ (Process) หรือขั้นตอนการทำงานต่างๆ เพื่อให้ได้ผลผลิต (Output) หรือบริการ (Service) ตามต้องการ ดังนั้นการเพิ่มผลิตตามแนวคิดวิทยาศาสตร์จึงหมายถึงอัตราส่วนระหว่างผลิตผลต่อปัจจัยการผลิตที่ใช้ไปเขียนเป็นสมการตัวอย่างดังรูป 2.1 เพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น

$$\text{การเพิ่มผลผลิต (Productivity)} = \frac{\text{ผลิตผล (Output)}}{\text{ปัจจัยการผลิต (Input)}}$$

รูปที่ 2.1 อัตราส่วนระหว่างผลิตผลต่อปัจจัยการผลิตที่ใช้ไป [8], [9], [10], [11]

ความหมายโดยสรุปก็คือการเพิ่มผลผลิตตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่สามารถวัดค่าได้ ทำให้สามารถมองเห็นได้ว่า การทำงานนั้นมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลหรือไม่ โดยอาจใช้แนวทางการเพิ่มผลผลิตตามความเหมาะสมขององค์กรดังต่อไปนี้

1. ใช้ปัจจัยการผลิตเท่าเดิม แต่ทำให้ผลิตผล**เพิ่มขึ้น**
2. ใช้ปัจจัยการผลิตน้อยลง แต่ทำให้ผลิตผล**เท่าเดิม**
3. ใช้ปัจจัยการผลิตน้อยลง แต่ทำให้ผลิตผล**เพิ่มขึ้น**
4. ใช้ปัจจัยการผลิตเพิ่มขึ้น แต่ทำให้ผลิตผล**เพิ่มขึ้น**มากกว่า
5. ลดจำนวนผลิตผลลงจากเดิม โดยลดอัตราการใช้ปัจจัยการผลิตในอัตราส่วนที่มากกว่า

ข. <u>การเพิ่มผลผลิตตามแนวคิดทางเศรษฐกิจสังคม</u> การเพิ่มผลผลิตตามแนวคิดทางเศรษฐกิจสังคมหมายถึง

1. ความสำนึกในจิตใจ (Consciousness of Mind) เป็นพลังความก้าวหน้าของมนุษย์ที่จะแสวงหาทางปรับปรุงสิ่งต่างๆให้ดีขึ้นอยู่เสมอ ผู้ที่มีจิตสำนึกจะพยายามปรับปรุงอย่างต่อเนื่องที่จะประยุกต์เทคนิคและวิธีการใหม่ๆให้เกิดประโยชน์กับองค์กรตลอดเวลา

2. การใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด พร้อมทั้งลดความสูญเสียทุกประเภท อาทิ เช่น

- การประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่าย
- การมีนิสัยตรงต่อเวลา
- การเคารพระเบียบ วินัย เพื่อความสงบสุขของสังคม เป็นต้น

2.3 ความสูญเสีย (Waste)

ความสูญเสียสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา หากเราไม่ปรับปรุงการเพิ่มผลผลิตอย่างต่อเนื่อง เพียงเราใส่ใจและไม่ละเลยในสิ่งเล็กๆน้อยๆ ขอแบ่งความสูญเสียออกเป็น 2 ด้านใหญ่ๆ คือ ความสูญเสียในชีวิตประจำวันและความสูญเสียในสถานที่ทำงาน

2.3.1 ความสูญเสียในชีวิตประจำวัน

ในชีวิตประจำวันของเรามีความสูญเสียเกิดขึ้นตลอดเวลาโดยเฉพาะอย่างยิ่งเกิดจากพฤติกรรมของเรา เช่น

ก. คนไม่มีวินัยในการข้ามถนนเนื่องจากไม่มีจิตสำนึกด้านความปลอดภัย ทำให้เสียชีวิตหรือพิการและทำให้เป็น ภาระของคนรอบข้าง

ข. การไม่มีนิสัยในการวางแผนก่อนออกเดินทางอาจทำให้สิ้นเปลืองน้ำมันมากกว่าที่ควรจะเป็น

ค. การไม่โทรศัพท์ไปนัดหมายคนที่จะไปพบก่อนล่วงหน้า อาจทำให้สูญเสียเวลาหากไปแล้วไม่พบ

ง. การเปิดน้ำทิ้งขณะแปรงฟัน เป็นต้น

2.3.2 ความสูญเสียในที่ทำงาน

การที่เราจะเพิ่มผลผลิตเราต้องลดความสูญเสีย ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต/บริการให้ได้เสียก่อนซึ่งเราสามารถตรวจสอบได้ จากการใช้คำถามของด้านต่างๆ เช่น

ก. <u>วัตถุดิบ (Material)</u>

- ได้ใช้วัตถุดิบหาง่าย ราคา คุณภาพเหมาะสมกับงานหรือไม่
- สั่งซื้อในปริมาณที่จำเป็นในขณะนั้นหรือไม่
- มีการกำหนดมาตรฐานการใช้วัตถุดิบที่ก่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดหรือไม่ เป็นต้น

ข. <u>ด้านพนักงาน (Man)</u>

- มีการกำหนดเวลามาตรฐานการทำงานแต่ละงาน และมีการปรับปรุงให้เหมาะสมอยู่เสมอหรือไม่

- มีการจัดวางเครื่องมือเครื่องใช้ และวัตถุดิบให้อยู่ในตำแหน่งหยิบใช้ได้สะดวก หาง่ายหรือ ไม่เป็นต้น นอกจากนี้ก็จะมีคำถามในด้านของ **เครื่องจักร/เครื่องมือ วิธีการผลิต/บริการ** เพื่อการประเมินการทำงานอยู่เสมอ[12]

2.3.3 ความสูญเสีย 7 ประการ (7 Waste)

หากผู้ประกอบการไม่ให้ความสำคัญกับการขจัดความสูญเสียแล้ว ปัญหาที่ตามมาคือ องค์กรจะมีค่าใช้จ่ายสูง แต่ผลผลิตต่ำ ปัญหานี้กระทบต่อธุรกิจโดยตรง แต่จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความสูญเสียที่แฝงอยู่ในงานประจำวันต่างๆ ซึ่งบางครั้งผู้ประกอบการเองก็ไม่ได้สังเกตว่า กิจกรรมบางอย่างก่อให้เกิดความสูญเสียหรือสูญเปล่าขึ้น แต่เมื่อขจัดความสูญเสียออกไปจากขั้นตอนต่างๆ แล้ว ปัญหาต่างๆ จะลดตามไปด้วย ความสูญเสียสามารถจำแนกได้เป็น 7 ประการ ดังนี้

ก. ความสูญเสียจากกระบวนการผลิต (Processing) ความสูญเสียนี้มีสาเหตุมาจากขั้นตอนการดำเนินงานไม่มีประสิทธิภาพ ทำงานซ้ำซ้อนกัน การวางแผนการทำงานไม่รัดกุม ทำให้องค์กรต้องแก้ไขบ่อยครั้งภายหลังการผลิต หรือ ทำงานที่ไม่เกิดประโยชน์หรือเพิ่มคุณภาพให้ตัวผลิตภัณฑ์ แต่กลับเพิ่มต้นทุนอย่างไม่จำเป็น

ข. ความสูญเสียจากงานเสีย (Defect) หรือของเสียจากขั้นตอนการผลิต โดยที่ผู้ปฏิบัติงานไม่สามารถตรวจสอบของเสียที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตได้ในทันที ความสูญเสียนี้อาจเกิดจากความละเลยของพนักงาน รวมไปถึงหัวหน้าไม่ควบคุมดูแล ปล่อยให้งานผ่านเลยไป และเมื่อองค์กรมีการตรวจสอบ ก็พบว่าเกิดของเสียเป็นจำนวนมาก ความสูญเสียประเภทนี้ นอกจากจะทำให้ต้นทุนเพิ่มแล้ว ยังต้องเสียเวลาแก้ไข ซ่อมแซมให้งานออกมาตรงตามที่ต้องการ หรือต้องทิ้งไปทั้งหมด

ค. ความสูญเสียจากการผลิตเกินความจำเป็น (Over Production) ทำให้งานระหว่างทำมีมากเกินความต้องการใช้งานในขณะนั้น (Work in process) ความสูญเสียประเภทนี้อาจจะมีผลมาจากความต้องการต้นทุนต่อหน่วยต่ำที่สุด ผู้ประกอบการจึงผลิตสินค้าในแต่ละครั้งเป็นปริมาณมาก โดยไม่คำนึงว่างานที่ผลิตได้นั้น จะนำไปใช้หมดในขั้นตอนการผลิตถัดไป หรือขายให้ลูกค้าได้หรือไม่

ง. ความสูญเสียจากการเคลื่อนไหว (Motion) ความสูญเสียนี้เกิดได้จากจัดสภาพแวดล้อมการทำงานไม่ดี คือ จัดวางตำแหน่งระหว่างคนและสิ่งของต่างๆ ไม่เหมาะสม พนักงานต้องก้ม เอื้อม เอียง ลุกเดิน รีบ เช่น พนักงานต้องรีบหยิบของจากสายพานลำเลียงที่เลื่อนเร็วเกินไป หรือพนักงานต้องเอื้อมไปหยิบของจากด้านหลัง เหล่านี้ทำให้ร่างกายเมื่อยล้า และการทำงานก็เกิดความล่าช้า หรือเสียหายได้

จ. ความสูญเสียจากการรอคอย (Waiting) การสูญเสียเวลาไปกับการรอ มีสาเหตุมาจากความไม่พร้อมหรือเหตุขัดข้องต่างๆ เช่น เครื่องจักรขัดข้อง การรอวัตถุดิบ การรอรับช่วงงาน เนื่องจากพนักงานใหม่ยังไม่เข้าใจงาน การรอการแก้ไขงานที่ผิดพลาด เช่น พิมพ์รายงานผิด ผลิตชิ้นงานไม่ได้ขนาด เป็นต้น

ฉ. ความสูญเสียจากวัสดุคงคลัง (Inventory) ความสูญเสียนี้เกิดจากการสั่งซื้อวัสดุมาเก็บไว้คราวละมากๆ เพื่อจะมีวัสดุใช้ไม่ขาดมือ วิธีนี้ทำให้เกิดต้นทุนเพิ่มในด้านค่าเก็บรักษา ค่าเช่าโกดัง ค่าแรงงานต่างๆ และหากการจัดการด้านวัสดุคงคลังไม่ดีพอ วัสดุอาจเสื่อมคุณภาพได้

ช. ความสูญเสียจากการขนส่ง (Transportation) หรือ การขนย้ายแบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการย้ายระหว่างแผนก จากชั้นบนลงชั้นล่าง จากโกดังเก็บของสู่โรงงานหนึ่ง เพื่อส่งต่อไปยังโรงงานถัดไป กิจกรรมเหล่านี้ ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่วัสดุ สินค้า หรือผลิตภัณฑ์ ฉะนั้น องค์กรต้องควบคุมให้มีการขนส่งน้อยที่สุด[13]

2.4 การเพิ่มผลผลิตโดยพนักงานและหัวหน้างาน

ทุกคนในองค์กรล้วนมีความสำคัญต่อความสำเร็จที่ยั่งยืนขององค์กรด้วยกันทั้งสิ้น ด้วยบทบาทที่แตกต่างกัน และการปฏิบัติหน้าที่ที่รับผิดชอบอย่างเต็มความสามารถ จะทำให้เกิดการประสานงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เราสามารถช่วยกันได้ด้วยแนวทางดังต่อไปนี้

2.4.1 เข้าใจเป้าหมายและนโยบายของหน่วยงาน

ต้องเรียนรู้ว่าหน่วยงานของเราทำอะไร มีเป้าหมายและนโยบายว่าอย่างไร เพื่อที่เราจะได้ปฏิบัติงานตรงกับความต้องการของหน่วยงาน

2.4.2 เรียนรู้งานและคิดปรับปรุงสิ่งต่างๆ อยู่เสมอ

จะต้องรู้และเข้าใจสิ่งที่ต้องรับผิดชอบอย่างแท้จริง มีความพยายามเรียนรู้สิ่งต่างๆและมีแนวคิดการปรับปรุงงานอยู่เสมอ

2.4.3 เปิดใจรับฟังความคิดเห็นผู้อื่น

ผลงานที่ดีเกิดจากการที่ทุกคนในหน่วยงานมีการประสานงานที่ดี และทำให้ทุกคนมีส่วนร่วมในงาน ทำให้มีความรู้สึกในความเป็นเจ้าของ เกิดความรักหน่วยงาน

2.4.4 เสียสละ

เป็นการเสียสละแรงกายและแรงใจ เพื่อไปสู่เป้าหมายร่วมกัน

2.4.5 การทำงานเป็นทีม

การทำงานเป็นทีมจะช่วยสร้างสรรค์งานได้ดีกว่าการเรียนรู้และทำงานคนเดียว

2.4.6 มีความสัมพันธ์ที่ดีกับเพื่อนร่วมงาน

ความสัมพันธ์ที่ดีในหน่วยงานเกิดจากการที่พนักงานทุกคนมีจิตใจที่ดี มีความจริงใจและช่วยเหลือแก่กัน ล้วนมีผลสะท้อนต่อประสิทธิภาพในการทำงาน

2.4.7 รู้จักการวางแผนและใช้เวลาให้คุ้มค่า

การวางแผนที่ดีสะท้อนถึงการใช้ประโยชน์ของเวลาในแต่ละวันอย่างคุ้มค่าโดยเริ่มจากลำดับความสำคัญก่อนหลังของงาน และเมื่อแต่ละวันได้ทำงานสิ้นสุดลงก็ควรทบทวนและบันทึกว่างานใดสำเร็จ เป็นเช่นใดหรืองานใดยังค้างอยู่ก็ต้องวางแผนทำต่อไป

2.4.8 มีทักษะการสื่อสารที่ดี

การมีทักษะการสื่อสารที่ดีทำให้ทุกคนในองค์กรสามารถเข้าใจเป้าหมาย/นโยบายเข้าใจได้ตรงกันและสามารถเพิ่มผลผลิตได้

2.4.9 ผลิตสินค้าและบริการที่มีคุณภาพดี

เราต้องยึดถือเสมอว่า “คุณภาพของสินค้าหรือบริการคือ ความพอใจของลูกค้า” ทำให้ต้องพิจารณาทุกกระบวนการทำงาน

2.4.10 ช่วยกันประหยัดและลดความสูญเสียต่างๆ

เราต้องพิจารณาทุกกระบวนการทำงานว่ามีของเสียเกิดขึ้นหรือไม่ ต้องเสียเวลาในการค้นหาเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ในการทำงาน การรอวัตถุดิบหรือสิ่งของการรอเนื่องจากการซ่อมเป็นต้น

2.4.11 การมีทัศนคติที่ดี

เราควรมีทัศนคติที่ดีในการทำงานอยู่เสมอ การมองโลกในแง่ดีเป็นสิ่งที่เพิ่มพลังในการทำงานทั้งทางร่างกายและจิตใจ สามารถทำและคิดสิ่งใหม่ๆได้โดยไม่จำกัด [12]

2.5 แนวทางการควบคุมคุณภาพ

ในวงการอุตสาหกรรม การที่จะผลิตสินค้าใดๆ ก็ตามสิ่งสำคัญจะประกอบด้วยปัจจัยต่างๆคือ คน เครื่องจักร และวัตถุดิบ ทั้ง 3 ปัจจัยนี้มีผลต่อสินค้าที่ผลิตทั้งสิ้นเมื่อใดที่ส่วนประกอบทั้ง 3 ส่วน มีความสมบูรณ์ ไม่บกพร่องสินค้าที่ผลิตได้ก็จะเป็นสินค้าที่มีคุณภาพ แต่เมื่อปัจจัยตัวใดตัวหนึ่ง หรือทั้งสามตัวไม่ได้มาตรฐาน คุณภาพของสินค้าก็จะบกพร่องตามไปด้วย ในทางธุรกิจแล้วย่อมไม่มีผลดีต่อผู้ประกอบการทั้งสิ้น ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมปัจจัยที่กล่าวแล้วเบื้องต้น

2.5.1 ด้านพนักงาน

พนักงานจัดเป็นองค์ประกอบหนึ่งในการผลิต ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อกระบวนการผลิตเพราะการจัดการเกี่ยวกับแรงงานที่ไม่มีการวางแผนที่ดี หรือมีการเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอนอยู่เสมอผู้ปฏิบัติงานก็จะไม่สามารถปรับตัวให้เข้ากับระบบการทำงานกับเครื่องจักรได้ ซึ่งท้ายสุดก็จะส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตไม่ดีขาดความแน่นอน ดังนั้นการควบคุมในด้านนี้จึงต้องมีการจัดการหรือวางแผนการผลิต ให้ดีเพื่อจะก่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานสูงที่สุด

2.5.2 ด้านเครื่องจักร

องค์ประกอบนี้ถือได้ว่ามีส่วนทำให้เกิดความผันแปรในการผลิตได้มาก เช่น เครื่องจักรที่ได้รับการบำรุงรักษาไม่ดี ขาดการดูแลเอาใจใส่ ย่อมส่งผลต่อผลผลิตทั้งสิ้น เช่น ผลผลิตได้น้อยไม่สมบูรณ์ มีของเสียมาก ดังนั้นการควบคุมบำรุงรักษาให้เครื่องจักรมีประสิทธิภาพมากที่สุดก็จะเป็นแนวทางที่ทำให้สินค้าที่ผลิตออกมาได้คุณภาพตามที่ต้องการ

2.5.3 ด้านวัตถุดิบ

นับว่าเป็นองค์ประกอบหลักเพราะเมื่อใดที่วัตถุดิบมีปัญหา เช่น หมดอายุ หรือไม่ได้ตามมาตรฐานก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีปัญหาหรือไม่ได้คุณภาพตามต้องการ ดังนั้นจึงจะต้องมีการตรวจสอบคุณสมบัติต่างๆ ของวัตถุดิบด้วย ให้ได้มาตรฐานที่กำหนดโดยต้องมีการวางแผนถึงขั้นตอนวิธีการ และข้อกำหนดต่างๆ เพื่อให้ผู้ปฏิบัติสามารถที่จะตรวจสอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ [14]

2.6 องค์ประกอบในงานควบคุมคุณภาพ

ทางด้านคุณภาพถือว่าเป็นจุดมุ่งหมายสูงสุด และเป็นหัวใจทางด้านการผลิต เพราะเมื่อใดที่เราผลิตสินค้าที่ไม่ได้มาตรฐาน ปัญหาต่างๆ ก็จะตามมามากมาย เช่น ผู้รับมอบสินค้าไม่รับมอบต้องเสียค่าใช้จ่ายในการแก้ไขสินค้า ระยะเวลาการส่งมอบล่าช้าต่างๆ เหล่านี้ ล้วนขึ้นอยู่กับคุณภาพสินค้าทั้งสิ้น ดังนั้นเราจึงต้องมีแนวทางในการวางแผน หรือกำหนดแนวทางในการปฏิบัติไว้อย่างชัดเจน เพื่อให้พนักงานได้รู้ขอบเขตของการควบคุมและง่ายต่อการวิเคราะห์ แก้ไขปัญหา ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิต โดยรูปแบบของแนวทางการวิเคราะห์จะเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ โดยทั่วไปจะมีวิธีการดังต่อไปนี้[15]

2.6.1 เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 แบบ (7 QC Tools)

เป็นเครื่องมือที่ติดต่อ สื่อสารเพื่อเข้าใจระหว่างบุคคลที่อยู่ในกลุ่มกิจกรรมคุณภาพให้สามารถมองเห็นประเด็นต่างๆ ของข้อมูลด้วยความเข้าใจที่ตรงกันและนำไประดมความคิดร่วมกัน

ก. ใบตรวจสอบ (Check-Sheets) เป็นตารางที่แสดงรายการรายละเอียดต่างๆ ของข้อมูลโดยออกแบบให้ง่ายต่อการจดบันทึกข้อมูลสะดวกต่อการจำแนกข้อมูลและสะดวกต่อการวิเคราะห์ผล ซึ่งมักจะมีช่องให้พนักงานผู้ตรวจสอบสามารถทำเครื่องหมายลงได้เลย ตัวอย่างหนึ่งของใบตรวจสอบในรูปที่ 2.2 และตัวอย่างใบตรวจสอบข้อบกพร่องของเครื่องรับโทรทัศน์รูปที่ 2.3

	วัน			
ของเสีย	**1**	**2**	**3**	**4**
A	///		////	/
B	//	/	//	///
C	/	////	//	////

รูปที่ 2.2 ใบตรวจสอบ (Check-Sheets) [16], [17], [18], [19], [20]

ใบตรวจสอบข้อบกพร่องของเครื่องรับโทรทัศน์

Model : 1013 ผู้ตรวจสอบ : กีรติ

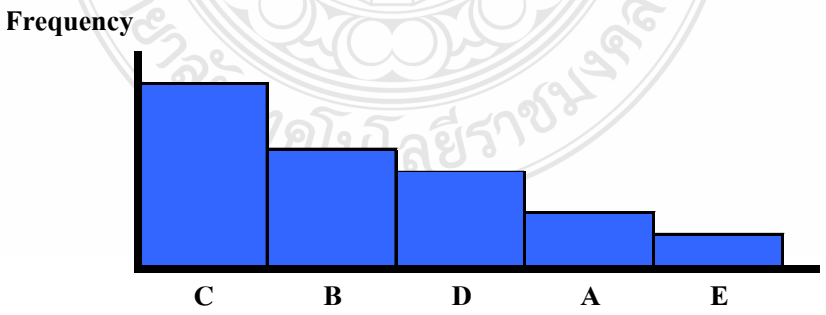
หมายเลขเครื่อง : CS - 002 ช่างเทคนิคผู้แก้ไข : ชุมพล

วันที่ตรวจสอบ : 18 - 22 เม.ย. 43

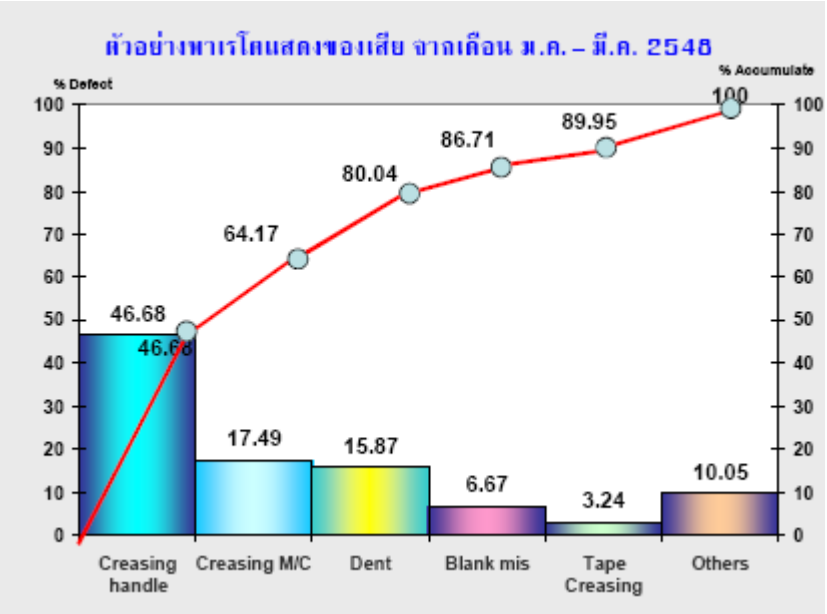
อุปกรณ์	จำนวนข้อบกพร่อง	รวม	%
IC	𝍸 //	7	28
Capacitors	𝍸 𝍸 //	12	48
Transformers	//	2	8
ชุดคำสั่ง			0
จอภาพ (CRT)	///	3	12
อื่นๆ	/	1	4
รวมจำนวนข้อบกพร่อง		25	100

รูปที่ 2.3 ตัวอย่างใบตรวจสอบข้อบกพร่องของเครื่องรับโทรทัศน์ [21]

ข. แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart) เป็นแผนภูมิที่ใช้สำหรับแสดงปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น โดยเรียงลำดับปัญหาเหล่านั้นตามความถี่ที่พบจากมากไปหาน้อย และแสดงขนาดความถี่มากน้อยด้วยกราฟแท่งควบคู่ไปกับการแสดงค่าสะสมของความถี่ด้วยกราฟเส้น ซึ่งแกนนอนของ แผนภูมิกราฟเป็นประเภทของปัญหาและแกนตั้งเป็นค่าร้อยละของปัญหาที่พบ แผนภูมิพาเรโตใช้เลือกปัญหาที่จะลงมือทำ เพราะปัญหาสำคัญในเรื่องคุณภาพมีอยู่ไม่กี่ประการ แต่สร้างข้อบกพร่องด้านคุณภาพจำนวนมาก ส่วนปัญหาปลีกย่อยมีอยู่มากมายแต่ไม่ส่งผลกระทบด้านคุณภาพมากนัก ดังนั้นจึงควรเลือกแก้ไขปัญหาที่สำคัญซึ่งถ้าแก้ไขได้จะลดข้อบกพร่องด้านคุณภาพลงได้มาก ตัวอย่างหนึ่งของแผนภูมิพาเรโต ในรูปที่ 2.4 และตัวอย่างแผนภูมิพาเรโตของงานพับขึ้นรูปโลหะรูปที่ 2.5

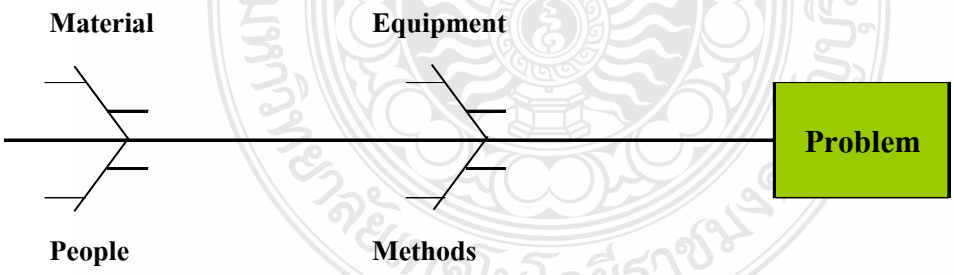


รูปที่ 2.4 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart) [16], [22]

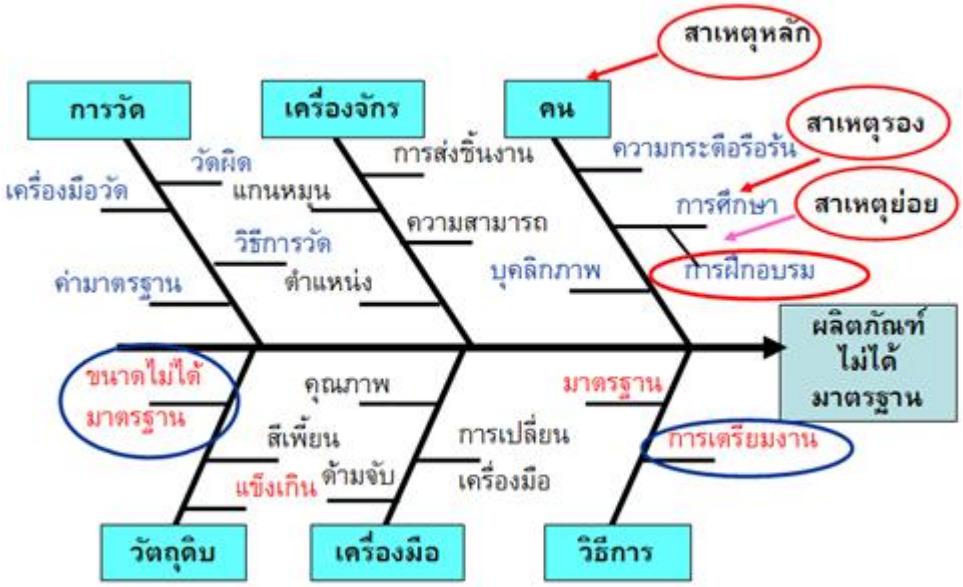


รูปที่ 2.5 ตัวอย่างแผนภูมิพาเรโตของงานพับขึ้นรูปโลหะ [23]

ค. ผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) หรือผังก้างปลา (Fishbone Diagram) หรือผังอิชิกาวา เป็นแผนภูมิที่ใช้ต่อจากแผนภูมิพาเรโต ซึ่งเมื่อเลือกแก้ปัญหาใดจากแผนภูมิพาเรโตแล้ว ก็นำปัญหานั้นมาแจกแจงสาเหตุของปัญหาแบ่งเป็น 4 ประการ คือ คน (Man) เครื่องจักร (Machines) วิธีการ (Method) วัตถุดิบ (Material) ตัวอย่างรูปแบบของผังแสดงเหตุและผลแสดงดังรูปที่ 2.6 และตัวอย่างผังแสดงเหตุและผลคำตำหนิของผลิตภัณฑ์ไม่ได้มาตรฐานแสดงดังรูปที่ 2.7

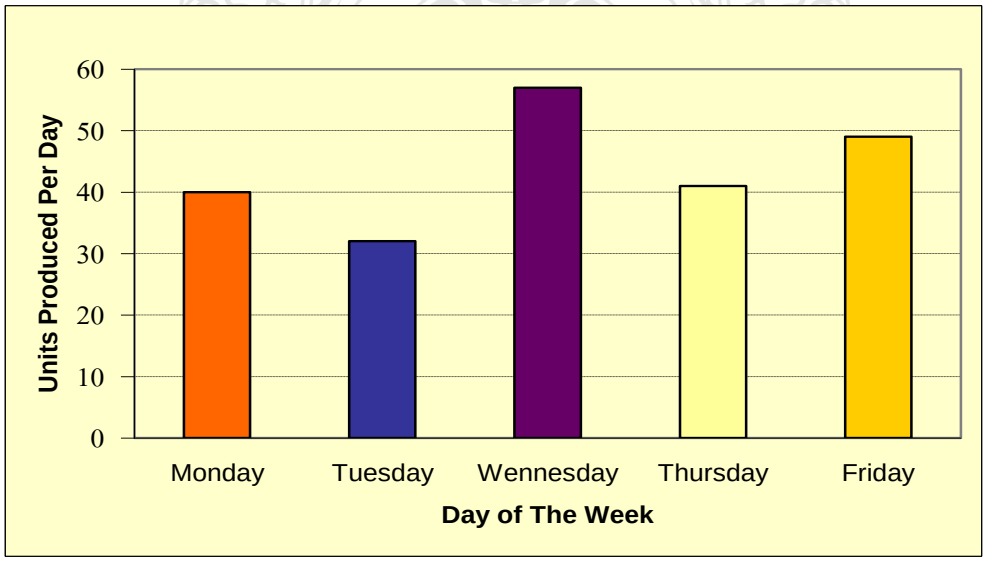


รูปที่ 2.6 ผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) [16], [24]



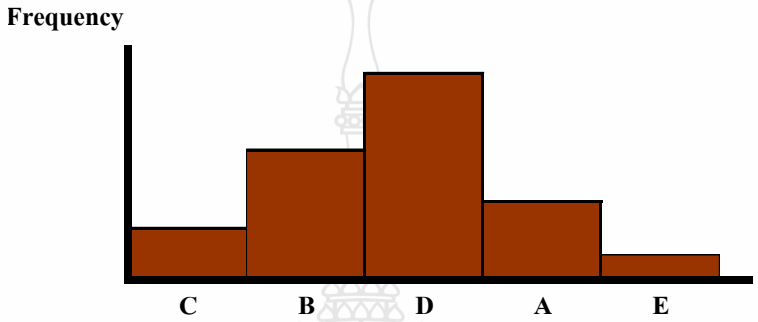
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างผังแสดงเหตุและผลผลิตภัณฑ์ไม่ได้มาตรฐาน [25]

ง. <u>กราฟ (Graph)</u> เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการแสดงนำเสนอข้อมูลให้ผู้อ่านเข้าใจข้อมูลต่างๆ ได้ง่ายและชัดเจนขึ้น และสามารถใช้วิเคราะห์แปลความหมาย ตลอดจนให้ราย ละเอียดของการเปรียบเทียบได้ดีโดยเฉพาะเมื่อข้อมูลมีจำนวนมาก และการนำเสนอข้อมูลด้วยกราฟสามารถใช้กราฟเส้น กราฟแท่ง กราฟวงกลม กราฟรูปภาพ ตัวอย่างกราฟแท่งในแสดงรูปที่ 2.8

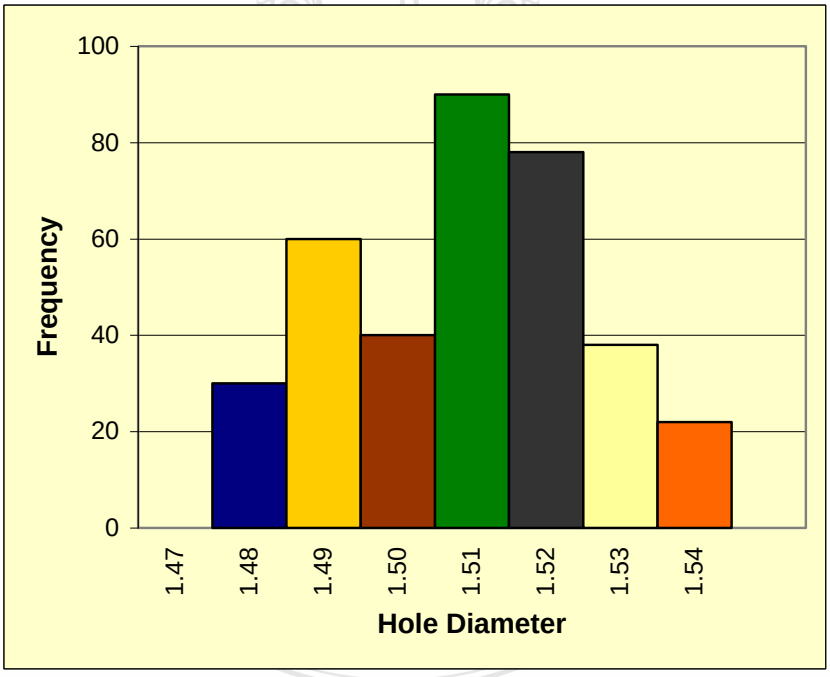


รูปที่ 2.8 ตัวอย่างกราฟแท่ง (Bar Chart) [25], [10]

จ. ฮิสโตแกรม (Histogram) เป็นกราฟแท่งที่ใช้แสดงความถี่ของข้อมูลที่จัดเป็นหมวดหมู่ โดยที่แท่งกราฟมีความกว้างเท่ากัน และมีด้านข้างติดกัน ซึ่งจัดตัวอย่างให้ศูนย์กลางของฮิสโตแกรมเป็นค่าความถี่สูงสุด ส่วนความถี่รองลงมาจะกระจายลดหลั่นไปตามลำดับ รูปแบบโดยทั่วไปของฮิสโตแกรมแสดงในรูปที่ 2.9 และตัวอย่างฮิสโตแกรมของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูของชิ้นงานแสดงดังรูปที่ 2.10



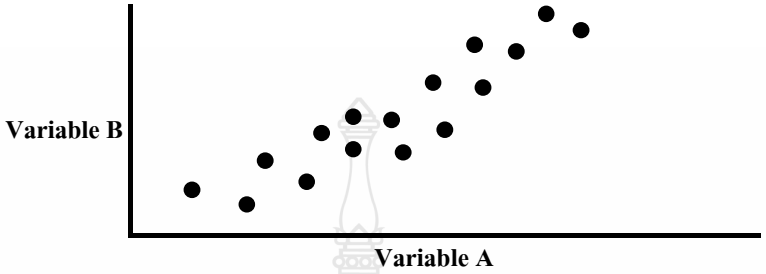
รูปที่ 2.9 ฮิสโตแกรม (Histogram) [16], [10], [26]



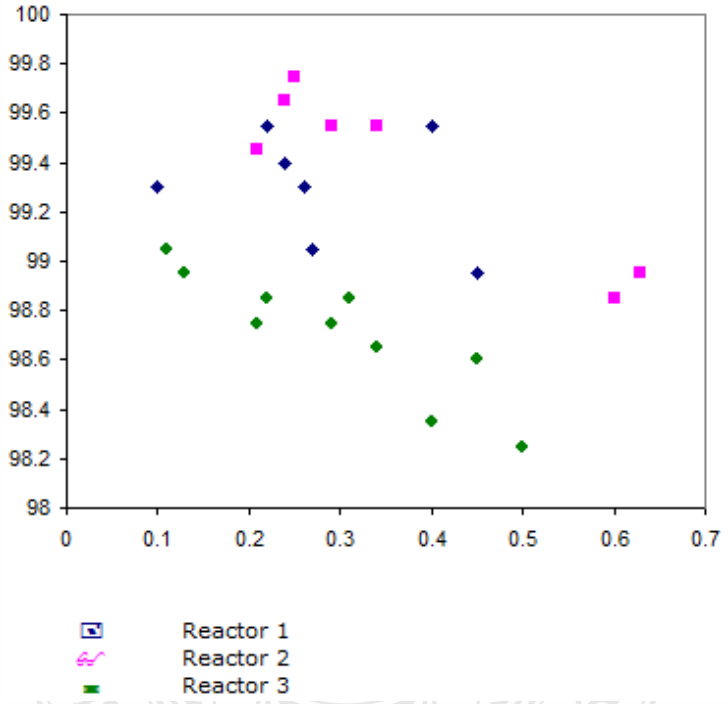
รูปที่ 2.10 ตัวอย่างฮิสโตแกรมของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรู (Hole Diameters) [27]

ฉ. ผังแสดงการกระจาย (Scatter Diagram) เป็นแผนผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว ว่าสัมพันธ์กันในลักษณะใด ซึ่งจะสามารถหาสหพันธ์ (Correlation) ของตัวแปรทั้งสองตัวที่แสดงด้วยแกน x และแกน y ของกราฟ ว่าสหพันธ์เป็นบวก คือ ตัวแปรมีความสัมพันธ์แปรตาม

กัน หรือมีสหพันธ์เป็นลบคือตัวแปร มีความสัมพันธ์แปรผกผันต่อกันตัวอย่างหนึ่งของผังแสดงการกระจาย ในรูปที่ 2.11 และตัวอย่างการกระจายการใช้พลังงานของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.12

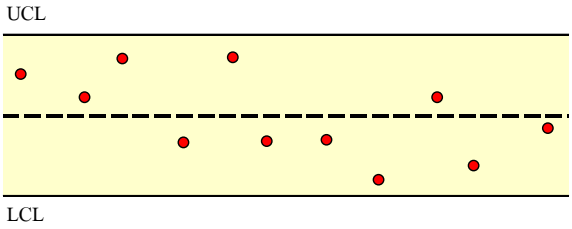


รูปที่ 2.11 ผังแสดงการกระจาย (Scatter Diagram) [16], [28]

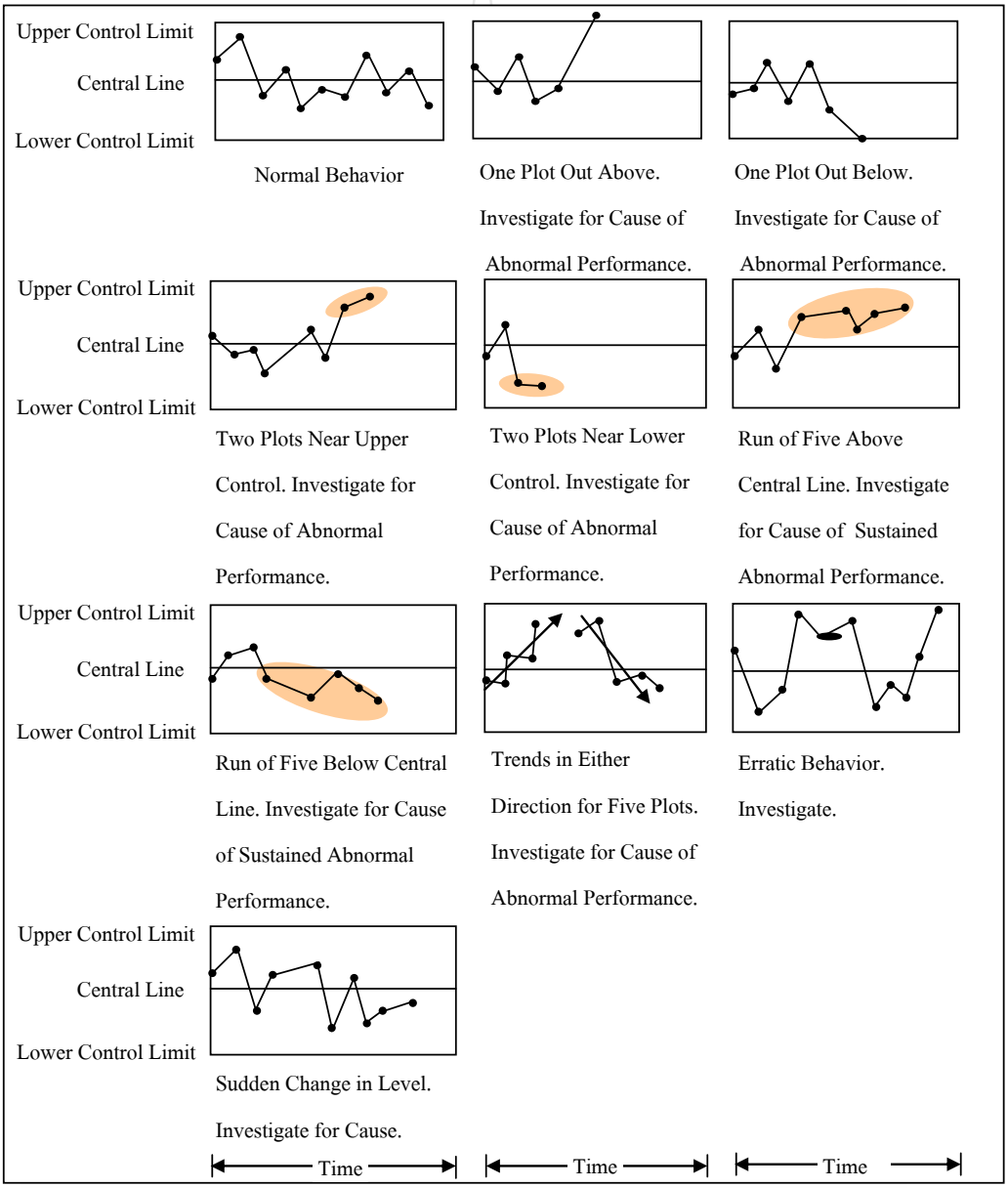


รูปที่ 2.12 ตัวอย่างการกระจายการใช้พลังงานของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ [29]

ช. <u>แผนภูมิควบคุม (Control Chart)</u> เป็นแผนภูมิกราฟที่ใช้เพื่อการควบคุมกระบวนการผลิต โดยมีการแสดงให้เห็นถึงขอบเขตในการควบคุมทั้งขอบเขตควบคุมบน (Upper Control Limit, UCL) และขอบเขตล่าง (Lower Control Limit, LCL) แล้วนำข้อมูลด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการมาเขียนเทียบกับขอบเขตที่ตั้งไว้เพื่อจะได้รู้ว่า ในกระบวนการผลิต ณ เวลาใดมีปัญหาด้านคุณภาพ จะได้รีบแก้ไขปรับปรุงกระบวนการให้กลับสู่สภาพปกติโดยเร็ว ตัวอย่างรูปแบบของแผนภูมิควบคุมแสดงในรูปที่ 2.13 และลักษณะการออกนอกการควบคุมแสดงดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.13 แผนภูมิควบคุม (Control Chart) [16], [10], [30]

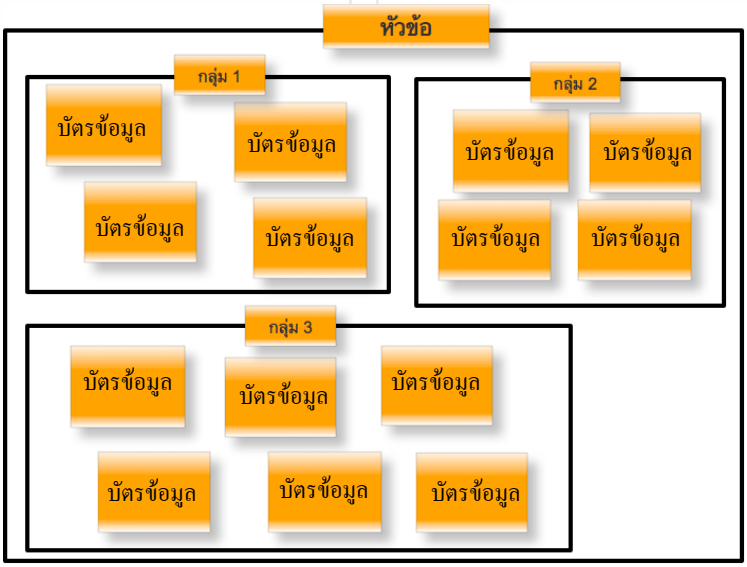


รูปที่ 2.14 ตัวอย่างการออกนอกการควบคุม [31]

2.6.2 เครื่องมือควบคุมคุณภาพยุคใหม่ 7 แบบ (New 7 QC Tools)

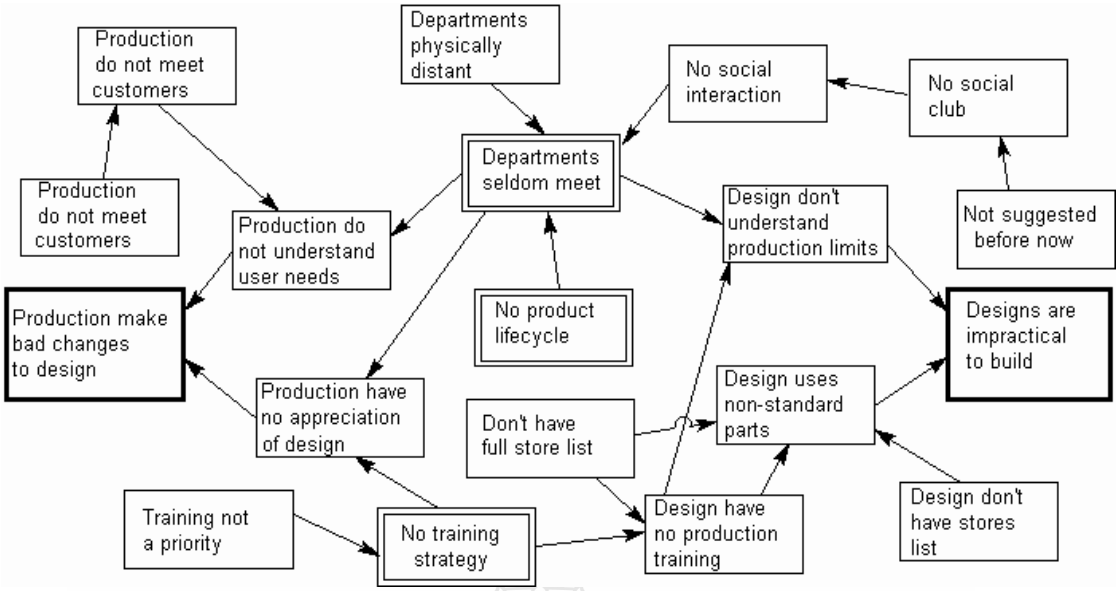
ในปัจจุบันนี้มีการพัฒนาเครื่องมือควบคุมคุณภาพยุคใหม่ 7 แบบที่ใช้ในการทำกิจกรรมกลุ่มคุณภาพเพื่อการวิเคราะห์ปัญหาที่มีความซับซ้อนมากขึ้น และช่วยในการสร้างกลยุทธ์ในการแก้ไขปัญหา เครื่องมือควบคุมคุณภาพยุคใหม่ 7 แบบมีดังต่อไปนี้

ก. แผนผังกลุ่มเชื่อมโยง (Affinity Diagrams) เป็นเครื่องมือสำหรับช่วยจัดระเบียบของประเด็นปัญหาที่ซับซ้อน โดยการนำปัญหาต่างๆ มาเขียนเป็นโครงสร้างของปัญหาที่มีความชัดเจนขึ้นด้วยการเชื่อมโยงข้อมูลหรือความคิดเห็นต่างๆเข้าด้วยกันตัวอย่างหนึ่งของแผนผังกลุ่มเชื่อมโยงในรูปที่ 2.15



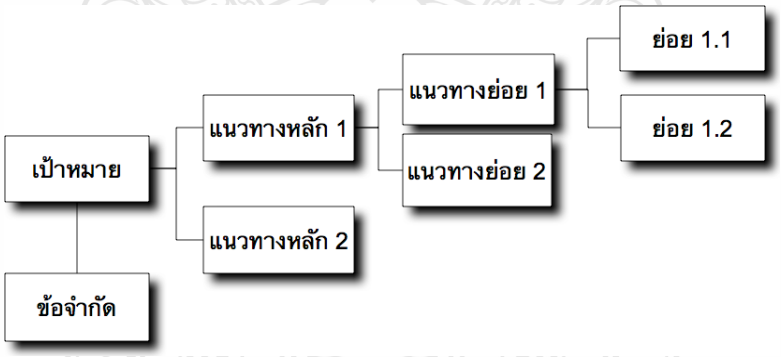
รูปที่ 2.15 ตัวอย่างแผนผังกลุ่มเชื่อมโยง [32], [33]

ข. ผังความสัมพันธ์ (Relations Diagrams) เป็นเครื่องมือสำหรับแก้ไขปัญหาที่ยุ่งยากซับซ้อน โดยช่วยทำให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาและสาเหตุของปัญหาอย่างชัดเจน ซึ่งจะทำให้สามารถวางแผนในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องตามลำดับความสำคัญ ตัวอย่างหนึ่งของผังความสัมพันธ์ในรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 ตัวอย่างผังความสัมพันธ์ [34], [32]

ค. <u>แผนผังต้นไม้ (Tree Diagram)</u> เป็นเครื่องมือที่แสดงให้เห็นแนวทางหรือกลยุทธ์ต่างๆ ในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบโดยจะเริ่มจากการตั้งวัตถุประสงค์ขึ้นมาก่อน แล้วดำเนินการพัฒนากลยุทธ์ในการแก้ปัญหาและนำกลยุทธ์ดังกล่าวมาตั้งเป็นวัตถุประสงค์ต่อไป เพื่อหากลยุทธ์ใหม่ต่อไปเรื่อยๆจนได้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดตัวอย่างของแผนผังต้นแสดงไม้ในรูปที่ 2.17



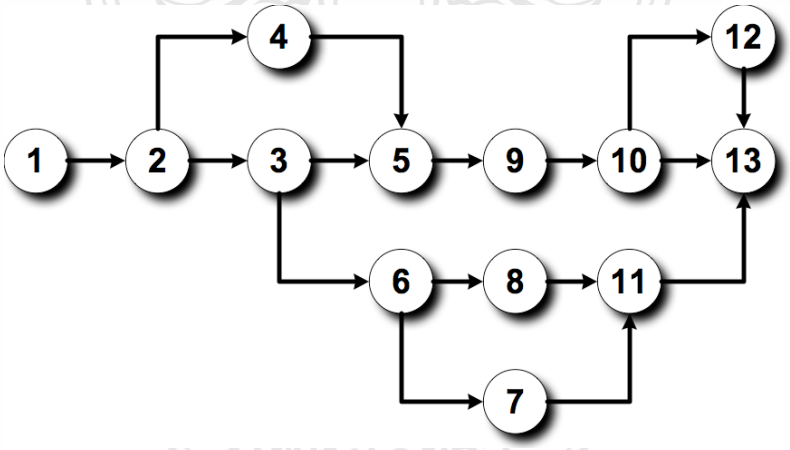
รูปที่ 2.17 ตัวอย่างแผนผังต้นไม้ [32], [33]

ง. <u>แผนผังแมทริกซ์ (Matrix Diagram)</u> เป็นการนำเอากลยุทธ์ที่ดีที่สุดจากแผนผังต้นไม้มาเขียนเป็นแกนนอนของแมทริกซ์ และสร้างแกนตั้งของแมทริกซ์โดยแยกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มการประเมิน อันได้แก่ ความสามารถอำนวยผลได้ ความสามารถนำไปสู่การปฏิบัติ ลำดับตำแหน่ง ฯลฯ และกลุ่มความรับผิดชอบอันได้แก่ ผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบในด้านการผลิตระดับต่างๆ แล้วพิจารณาจุดตัดกันระหว่างแนวตั้งและแนวนอนเพื่อใช้เป็นแนวคิดสำคัญสำหรับการแก้ไขปัญหาต่อไป ตัวอย่างของแผนผังแมทริกซ์แสดงในรูปที่ 2.18

	การประเมิน			ความรับผิดชอบ					หมายเหตุ
	ผลที่ได้รับกับองค์กร	การนำไปปฏิบัติ	ลำดับคะแนน	ผู้รับผิดชอบ 1	ผู้รับผิดชอบ 2	ผู้รับผิดชอบ 3	ผู้รับผิดชอบ 4	ผู้รับผิดชอบ 5	
วิธีการจากแผนผังต้นไม้									
"									
"									
"									
"									
"									
"									
"									

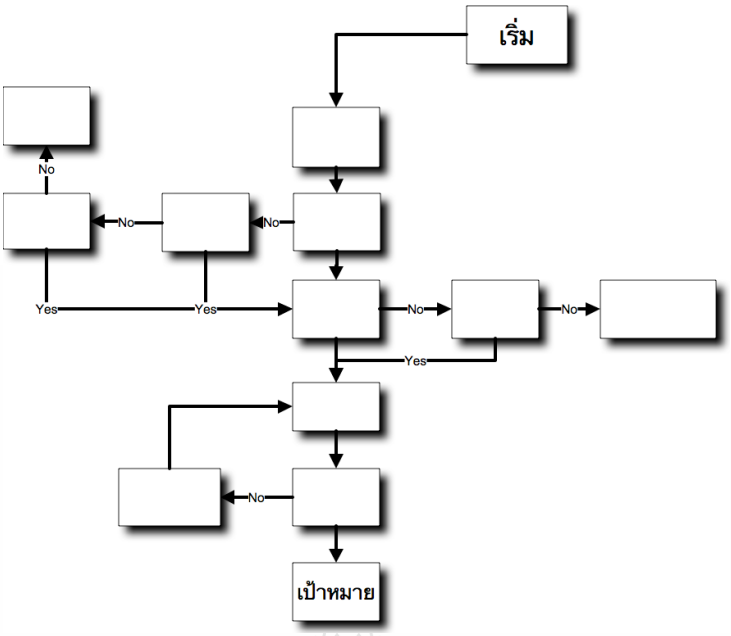
รูปที่ 2.18 ตัวอย่างแผนผังแมทริกซ์ [32], [33]

จ. <u>แผนผังลูกศร (Arrow Diagram)</u> เป็นแผนผังที่แสดงถึงแผนงานและกำหนดการในการแก้ไขปัญหาต่างๆ เพื่อช่วยให้สามารถติดตามความก้าวหน้าในการแก้ไขปัญหาได้ง่ายขึ้น โดยเฉพาะเมื่อมีงานย่อยหลายงานสัมพันธ์กันอย่างซับซ้อน ตัวอย่างหนึ่งแผนผังลูกศรแสดงในรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 ตัวอย่างแผนผังลูกศร [32], [33]

ฉ. <u>แผนภูมิขั้นตอนการตัดสินใจ (Process Decision Program Chart)</u> เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมการดำเนินการแก้ไขปัญหาให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ และช่วยแก้ไขปัญหาในกรณีที่มีการดำเนินการออกนอกแนวทางที่ต้องการด้วย ตัวอย่างแผนภูมิขั้นตอนการตัดสินใจแสดงในรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 แผนภูมิขั้นตอนการตัดสินใจ [32], [33]

ซ. การวิเคราะห์ข้อมูลแบบแมทริกซ์ (Matrix Data Analysis) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ตัวแปรหลายๆ ตัวที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ต้องการวิเคราะห์ โดยวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นตัวเลขเพื่อหาระดับความสัมพันธ์ไปใช้ในการปฏิบัติงานด้านต่างๆ เช่น การพัฒนาและวางแผนผลิตภัณฑ์ใหม่ ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลทางเลือกทำเลที่ตั้งโรงงาน แบบแมทริกซ์แสดงในรูปที่ 2.21

	น้ำหนักความสำคัญ	ทำเล A	ทำเล B	ทำเล C	รวม
ใกล้ตลาด	50	30	10	10	50
ใกล้แหล่งวัตถุดิบ	25	10	5	10	50
ใกล้แหล่งแรงงาน	10	5	5	0	10
ใกล้ศูยน์กลางคมนาคม	10	5	10	0	10
นิคมที่ได้รับสิทธิพิเศษ	5	1	1	3	5
รวม	**100**	**46**	**31**	**23**	**100**

เกณฑ์การประเมิน
น้ำหนักความสำคัญในแต่ละเกณฑ์
ทางเลือก
คะแนนในแต่ละทางเลือก

รูปที่ 2.21 ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลทางเลือกทำเลที่ตั้งโรงงาน [32], [33]

2.7 การนำสถิติมาใช้ในงานวิจัย

การนำหลักการและทฤษฎีสถิติมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการวิจัย ซึ่งทำให้การทำวิจัยแต่ละขั้นตอนลดเวลาลงได้มากโดยเฉพาะการคำนวณเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ ทำให้ผลการคำนวณมีความถูกต้องและรวดเร็วยิ่งขึ้น

2.7.1 ประชากรและตัวอย่าง

การทำวิจัยแต่ละครั้งได้นำวิชาสถิติมาช่วยในการจำแนกตัวอย่างหรือกลุ่มตัวอย่างออกจากประชากร คือ

ก. ประชากร (Population) เป็นหน่วยที่ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษา ฉะนั้นประชากรจึง หมายถึงบุคคล องค์กร สัตว์ สิ่งของต่างๆ ที่นำมาเป็นหน่วยศึกษาหรือปัญหาการวิจัย

ข. ตัวอย่าง (Sample) เป็นส่วนหนึ่งของประชากร ซึ่งอาจเป็น 5% 10% หรือ 50% ของจำนวนประชากรทั้งหมด โดยทั่วไปการทำวิจัยมักจะใช้ตัวอย่างหรือข้อมูลบางส่วน เพราะถ้าเก็บข้อมูลจากทุกหน่วยในประชากร จะทำให้เสียทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายสูง ทำให้ไม่ทันเวลาที่กำหนดไว้ด้วย

ค. การสุ่มตัวอย่าง (Random Sampling) เป็นวิธีการเลือกตัวอย่างหรือการกระทำเพื่อให้ได้ตัวแทนประชากรให้มากที่สุดเท่าที่กระทำได้ โดยการสุ่มตัวอย่างมีหลักใหญ่ ๆ คือ

1. การสุ่มแบบไม่เป็นไปตามความน่าจะเป็น (Non Probability Sampling) เช่น การสุ่มแบบสะดวก (Convenience Sampling) การสุ่มแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) การสุ่มแบบโควตา (Quota sampling) และการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Random Sampling)

2. การสุ่มแบบให้เป็นไปตามโอกาสทางสถิติ (Probability Sampling) เช่น การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) การสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบ (Systematic Random Sampling) การสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (Stratify Random Sampling) การสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้น (Multi-Stage Random Sampling) เป็นต้น

2.7.2 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาวิเคราะห์มีทั้งข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ ดังนี้

ก.ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) เป็นข้อมูลที่ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลมาเอง เช่น การสอบถาม การสัมภาษณ์ การสังเกตการณ์ หรือ การทดลอง โดยข้อมูลปฐมภูมิจะมีรายละเอียดตรงตามความต้องการ แต่ก็จะทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายสูง ซึ่งเป็นข้อมูลดิบที่ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ข. ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) เป็นข้อมูลที่ผู้วิจัยไม่ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเอง แต่มีผู้อื่นหรือมีหน่วยงานได้รวบรวมข้อมูลไว้แล้ว เมื่อผู้วิจัยนำข้อมูลทุติยภูมิมาใช้จะต้องตรวจสอบข้อมูลอย่างละเอียดและระมัดระวังในการนำมาใช้ด้วย เพราะข้อมูลอาจคลาดเคลื่อนหรือผิดพลาดได้ซึ่งจะมีผลทำให้การสรุปผิดพลาดไปด้วย ดังนั้นการทำวิจัยในแต่ละเรื่อง จึงมีการใช้ข้อมูลทั้ง 2 อย่างผสมกันไป

การนำสถิติมาวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัย จะมีทั้งสถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) และสถิติอนุมาน (Inference Statistics) โดยมีวิธีการใช้ดังนี้

2.7.3 การใช้สถิติอธิบายลักษณะข้อมูล (Describing Data)

เป็นการใช้สถิติมาวิเคราะห์ข้อมูลและอธิบายลักษณะของข้อมูลที่ใช้สถิติจำแนกออกเป็นค่าร้อยละ การแจกแจงออกเป็นความถี่ ($\overline{X}$) การคำนวณค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ซึ่งมีทั้งข้อมูลส่วนบุคคล ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรม เช่น การเลือกตอบ (Check List) เป็นต้น

2.7.4 การใช้สถิติวิเคราะห์เพื่อสรุปจากข้อมูลตัวอย่าง (Conclusions from Sample Data)

เป็นการใช้สถิติวิเคราะห์หาข้อสรุปเพื่อนำไปสู่การตอบวัตถุประสงค์การวิจัย โดยใช้สถิติเชิงอนุมานวิเคราะห์เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปไปยังประชากร ซึ่งมีเทคนิคทางสถิติ ดังนี้

ก. <u>การใช้สถิติ Chi-Square</u> เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่อยู่ในรูปของความถี่ (Frequency) ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพหรือคุณลักษณะ ที่จำแนกข้อมูลเป็นประเภท เช่น จำนวนหรือความถี่ของแต่ละระดับ/แต่ละกลุ่ม เช่น ความคิดเห็นต่อสินค้า/ต่อบริหารจัดการ ซึ่งอาจแบ่งออกเป็น 4-5 ระดับ โดยใช้สถิติ χ^2 ทดสอบสมมติฐานสำหรับข้อมูลที่จำแนกทางเดียว เช่น การทดสอบลักษณะต่าง ๆ และการแจกแจงของประชากร/ตัวอย่าง ว่าเป็นไปตามที่คาดหวังไว้หรือไม่ และทดสอบสมมติฐานสำหรับข้อมูลจำแนกแบบสองทาง ซึ่งเป็นการทดสอบความเป็นอิสระกันระหว่างข้อมูล 2 ลักษณะ (Testing for Independence) เช่น ปัจจัยส่วนบุคคลสัมพันธ์กับพฤติกรรมการซื้อหรือใช้บริการฯ

ข. <u>การใช้สถิติ t – test</u> วิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย $\overline{X}$ โดยใช้กับข้อมูล 2 กลุ่ม และมีตัวแปรอิสระที่เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ/คุณลักษณะ และตัวแปรตามที่มีข้อมูลเป็นเชิงปริมาณ(คำนวณค่าเฉลี่ยได้) โดยใช้สถิติ t - test ได้สองรูปแบบ คือกรณีตัวอย่าง 2 กลุ่มมีความสัมพันธ์หรือกลุ่มเดียวกัน (ไม่เป็นอิสระต่อกัน) ใช้ t-test Pairs และกรณีที่ตัวอย่าง 2 กลุ่มเป็นอิสระต่อกัน (ไม่เกี่ยวข้องกัน) ใช้ Independent Sample t-test เช่น เพศชายและเพศหญิง โดยทดสอบเพื่อเปรียบเทียบ (ค่าเฉลี่ย) ระดับความพึงพอใจในการเลือกซื้อสินค้าหรือใช้บริการฯ

ค. <u>การใช้สถิติ F – test</u> วิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย $\overline{X}$ โดยใช้กับข้อมูล 3 กลุ่มขึ้นไป มีทั้งการทดสอบความแปรปรวนภายในกลุ่มและความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม และการทดสอบแบบ One-Way ANOVA and Two-Way ANOVA ถ้าการทดสอบตัวแปรตาม (ค่าเฉลี่ย) ปรากฏว่า “แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ” จะต้องนำไปเปรียบเทียบเป็นรายคู่ ๆ โดยวิธีของ Scheffe’s หรือ Fisher’s LSD. ตามความสอดคล้องต่อไป [35]

2.8 การนำสูตรทางสถิติมาแสดงไว้โดยย่อ

2.8.1 การหาค่าร้อยละ (Percentage) โดยใช้สูตร 2.1 ดังนี้

$$P = \frac{f}{n} \times 100 \tag{2.1}$$

f	หมายถึง	ความถี่หรือจำนวนข้อมูล
X	หมายถึง	ค่าของข้อมูลหรือคะแนน
n	หมายถึง	จำนวนตัวอย่างหรือผู้ตอบแบบสอบถาม
P	หมายถึง	ค่าร้อยละ (Percentage)

2.8.2 ค่าเฉลี่ยตัวอย่าง (Sample Mean = $\overline{X}$) โดยใช้สูตร 2.2 ดังนี้

$$\overline{X} = \frac{\sum fx}{n} \tag{2.2}$$

เมื่อ	$\overline{X}$	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง
	$\sum fx$	หมายถึง	ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด
	n	หมายถึง	จำนวนตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถาม

2.8.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยใช้สูตร 2.3 ดังนี้

$$S.D. = \sqrt{\frac{n(\sum fx^2) - (\sum x)^2}{n(n-1)}} \tag{2.3}$$

เมื่อ	**S.D.**	หมายถึง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	$\sum fx^2$	หมายถึง	ผลรวมกำลังสอง
	$\sum fx)^2$	หมายถึง	ผลรวมของข้อมูล
	n	หมายถึง	ขนาดของตัวอย่าง

2.8.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนกรณีตัวอย่างอิสระกัน และประชากร 2 กลุ่มไม่เท่ากัน

เป็นการเปรียบเทียบระดับความคิดเห็นของตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกัน โดยใช้สูตร 2.4 คือ t - test เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละคู่ ดังนี้

$$t = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \tag{2.4}$$

2.8.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนกรณีตัวอย่างประชากร 3 กลุ่มขึ้นไป

เป็นการเปรียบเทียบระดับความคิดเห็นของตัวอย่าง ตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป โดยใช้สถิติ F - test เพื่อทดสอบค่าเฉลี่ย มีสูตร 2.5 ดังนี้

$$F = \frac{MS_B}{MS_W} \tag{2.5}$$

เมื่อทดสอบด้วยสถิติ F – test ปรากฏว่าแตกต่าง(Significant) ให้แยกเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Post Hoc Comparison) ด้วยวิธีของ Scheffe's และ Fisher's LSD มีสูตร 2.6 และ 2.7 คำนวณดังนี้

ก. วิธีของ Scheffe มีสูตร 2.6 ดังนี้

$$F = \frac{\left(\overline{X}_1 - \overline{X}_2\right)^2}{MS_W\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_1}\right)(k-1)} \tag{2.6}$$

ข. วิธีของ Fisher's LSD มีสูตร 2.7 ดังนี้

$$LSD = t\sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)(MSE)} \tag{2.7}$$

2.8.6 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ที่มี 2 กลุ่มและเป็นค่าความถี่

เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวแปรที่เป็นปัจจัยส่วนบุคคลกับตัวแปรตามที่คำนวณค่าออกมาเป็นความถี่/ร้อยละทั้ง 2 กลุ่ม โดยใช้สถิติ Chi-Square มีสูตรคำนวณ ดังนี้

ก. การทดสอบสมมติฐานแบบ Goodness of Fit Test ที่ใช้ทดสอบข้อมูลทางเดียวมีสูตร 2.8 คำนวณ ดังนี้

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{n} \frac{(O_i - Ei)^2}{Ei} \tag{2.8}$$

กำหนดให้ χ^2 แทนค่าไค-สแควร์ (Chi-Square)

O ค่าความถี่ที่ได้จากการสังเกต (Observed Frequency)

E ค่าความถี่ที่ได้จากความคาดหวัง (Expected Frequency)

n จำนวนกลุ่มตัวแปร และกรณี df = n – 1

ข. การทดสอบความเป็นอิสระกัน (χ^2 Testing for Independence) โดยใช้กับกรณีที่ข้อมูล 2 x 3, 3 x 3, 3 x 5 or 5 x 4 ใช้สูตร 2.9 ดังนี้

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{r} \sum_{j=1}^{c} \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \qquad (2.9)$$

กำหนดให้ χ^2 แทน ค่าไค-สแควร์ (Chi-Square)

O_{ij} ค่าความถี่ที่ได้จากการสังเกต (Observed Frequency)

E_{ij} ค่าความถี่ที่ได้จากความคาดหวัง (Expected Frequency)

n จำนวนกลุ่มตัวแปร และกรณี df = n – 1

r_{ij} จำนวนข้อมูลคุณลักษณะตามแนวนอนในระดับที่ i….

c_{ij} จำนวนข้อมูลคุณลักษณะตามแนวตั้งในระดับที่ j….

2.8.7 การสุ่มตัวอย่างแบบให้เป็นไปตามโอกาสทางสถิติ (Probability Sampling)

เป็นการเลือก/สุ่มตัวอย่างที่สามารถเปิดโอกาสให้แต่ละหน่วยของประชากรจะถูกเลือกมาเป็นตัวแทนหรือตัวอย่างเท่า ๆ กัน โดยมี 5 วิธี ดังนี้

ก. <u>การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling)</u> เป็นการสุ่มตัวอย่างที่เปิดโอกาสให้แต่ละหน่วยตัวอย่างมีโอกาสถูกเลือกมาเท่า ๆ กัน เพราะลักษณะของประชากรต้องมีการกระจาย การสุ่มที่ให้ได้เป็นตัวแทนของประชากรที่ดี เช่น ต้องการศึกษาทัศนคติต่อมหาวิทยาลัยฯ ของนักศึกษากลุ่มวิชาการจัดการทั่วไปจากความเชื่อว่านักศึกษากลุ่มวิชาการจัดการทั่วไป น่าจะมีทัศนคติต่อมหาวิทยาลัยฯ เหมือน ๆ กัน ดังนั้นการสุ่ม ตัวอย่างแบบง่าย จะสามารถทำได้ เพราะเพียงแต่ให้โอกาสในการสุ่มในแต่ละครั้ง จากนักศึกษาสาขาบริหารธุรกิจ กลุ่มวิชาการจัดการทั่วไป ให้มีโอกาสถูกสุ่มเท่าเทียมกัน โดยทั่วไปจะใช้วิธีจับฉลากหรือใช้กับกลุ่มผู้บริโภคหรือลูกค้าที่มาใช้บริการ

ข. <u>การสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบ (Systematic Random Sampling)</u> เป็นกรณีกลุ่มประชากรที่จะทำการสุ่มได้ถูกจัดไว้เป็นระบบอยู่แล้ว เช่น เรียงตามเลขพนักงานฯหรือเรียงลำดับตาม

บัญชีรายชื่อในการเลือกตั้ง หรือครัวเรือนตามบ้านเลขที่ สามารถจัดระบบ โดยนำทุก ๆ ลำดับที่ 3 หรือที่ 5 มาเป็นตัวอย่าง ซึ่งมีความเชื่อที่ว่าประชากร จะเรียงลำดับกันเป็นระบบอยู่แล้ว

ค. <u>การสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)</u> เป็นการสุ่มตัวอย่างจากแต่ละกลุ่ม เพราะมีความเชื่อว่าแต่ละกลุ่มเป็นตัวแทนของประชากรอยู่แล้ว เช่น การสุ่มตัวอย่างเพื่อจะศึกษาการใช้คอมพิวเตอร์ในมหาวิทยาลัยฯ หรือลูกค้าที่ซื้อโทรศัพท์มือถือหรือกลุ่มสมาชิกสหกรณ์ประเภทต่างๆ โดยแบ่งกลุ่มลูกค้าหรือสมาชิกหรือนักศึกษาออกไปตามชั้นปีและการแบ่งออกเป็นกลุ่มๆ เพื่อให้กระจายตัวอย่างออกไปอย่างทั่วถึง ดังนั้น การแบ่งตัวอย่างออกเป็นกลุ่ม ๆ จึงเหมาะสำหรับการทำวิจัยที่เน้นลูกค้าหรือสมาชิกเป็นเป้าหมายสำคัญ

ง. <u>การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (Stratify Random Sampling)</u> เป็นการแบ่งกลุ่มตัวอย่างโดยแบ่งออกเป็นชั้น ๆ (Strata) เพราะมีความเชื่อว่าประชากรมีความแตกต่างกันมากตามตัวแปรคุณลักษณะ เช่น เพศ ช่วงอายุ ระดับการศึกษา รายได้ อาชีพ ฯลฯ ดังนั้น การแยกตัวแปรอิสระต่างๆ ออกมาเป็นชั้นๆ เพื่อกระจายให้ตัวอย่างที่ได้รับเลือกและมีโอกาสเป็นตัวแทนหรือตัวอย่างของทุกระดับชั้น ซึ่งจะทำให้เป็นตัวแทนหรือตัวอย่างที่ดีได้

จ. <u>การสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้น (Multi-Stage Random Sampling)</u> เป็นการนำวิธีการสุ่มตัวอย่างทุกแบบมาผสมผสานกันโดยแบ่งการสุ่มตัวอย่างออกเป็นขั้นตอนต่างๆ เช่น การศึกษารูปแบบของธุรกิจชุมชนในท้องถิ่น ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น สุ่มจังหวัดในประเทศไทยมาจากชั้นที่เป็นภาคภูมิศาสตร์ ได้แก่ ภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเชื่อว่าเรื่องที่ต้องการศึกษาน่าจะมีรูปแบบในการพัฒนาแตกต่างกันไปตามตัวแปรของภูมิภาค จึงแบ่งชั้นเพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างเป็นตัวแทนจากภาคต่าง ๆ

ขั้นตอนที่ 2 การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย หลังจากได้จังหวัดที่เป็นตัวแทนจากทุกภาคของประเทศแล้ว ก็ทำการสุ่มจากอำเภอ โดยให้ทุกอำเภอภายในแต่ละจังหวัดตัวอย่างมีโอกาสถูกเลือกโดยเท่าเทียมกัน เพราะเชื่อว่าอำเภอในจังหวัดตัวอย่าง ก็เป็นตัวแทนของจังหวัดนั้น ๆ เท่ากัน

ขั้นตอนที่ 3 การสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม เมื่อได้อำเภอเป็นตัวอย่างแล้ว ใช้อำเภอเป็นกลุ่ม (Cluster) เพื่อกำหนดการเลือกตำบลออกมาเป็นตัวอย่าง โดยให้เป็นไปตามสัดส่วนแต่ละตำบลภายในอำเภอ ซึ่งวิธีการนี้ จะได้ตำบลที่เป็นตัวแทนจากอำเภอต่าง ๆ มีโอกาสได้รับเลือกเท่ากัน

ขั้นตอนที่ 4 การสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบ เพื่อให้ได้ตัวแทนหมู่บ้านที่กระจายอยู่ในตำบล โดยใช้จำนวนหมู่บ้านมาเป็นการเลือกตัวอย่าง แต่เมื่อถึงประชาชนในหมู่บ้านอาจใช้วิธีสุ่มจากประชาชนทั้งหมดในหมู่บ้าน และการเลือกตัวอย่างไม่จำเป็นต้องใช้การสุ่มตัวอย่างเหมือนกันทุกขั้นตอน แต่ต้องผสมผสานกันหลายขั้นตอนได้ ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับการเป็นตัวแทนหรือตัวอย่างที่ดีของการทำวิจัยในแต่ละเรื่อง เป็นต้น

2.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA)

ค่า 1 ค่าในการวิเคราะห์สามารถแยกความเบี่ยงเบน ได้เป็น 2 ส่วน คือ $\bar{x}_i - \bar{\bar{x}}$ เป็นค่าเบี่ยงเบนเนื่องมาจากแต่ละค่าเฉลี่ยแต่ละกลุ่มแตกต่างจากค่าเฉลี่ยทั้งหมด และ $x_{ij} - \bar{x}_i$ เป็นค่าเบี่ยงเบน เนื่องมาจากค่าสังเกตเองในแต่ละกลุ่มของประชากร ในการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อให้ได้ค่าความแปรปรวนให้นำค่าความเบี่ยงเบนหาผลรวมกำลังสอง ซึ่งสามารถเขียนในรูปของผลรวมกำลังสองได้ดังนี้

2.9.1 ผลรวมกำลังสองทั้งหมด มีสูตร 2.10 คำนวณ ดังนี้

$$\begin{aligned} SST &= \text{Total Sum of Squares} \\ &= \sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i}(x_{ij}-\bar{\bar{x}})^2 = \sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i}x_{ij}^2 - \frac{T^2}{\sum_{i=1}^{k}n_i} \end{aligned} \quad (2.10)$$

2.9.2 ผลรวมกำลังสองระหว่างกลุ่ม มีสูตร 2.11 คำนวณ ดังนี้

$$\begin{aligned} SSA &= \text{Between Groups Sum of Squares} \\ &= \sum_{i=1}^{k}n_i(\bar{x}_i-\bar{\bar{x}})^2 = \sum_{i=1}^{k}\frac{T_i^2}{n_i} - \frac{T^2}{\sum_{i=1}^{k}n_i} \end{aligned} \quad (2.11)$$

2.9.3 ผลรวมกำลังสองภายในกลุ่ม มีสูตร 2.12 คำนวณ ดังนี้

$$\begin{aligned} SSE &= \text{Within Groups Sum of Squares} \\ &= \sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i}(x_{ij}-\bar{x}_i)^2 = SST\text{-}SSA \end{aligned} \quad (2.12)$$

ถ้า กำหนด $n = \sum_{i=1}^{k} n_i$ จะได้ว่า

$$SST = \text{Total Sum of Squares} = \sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n}x_{ij}^2 - \frac{T^2}{n}$$

$$SSA = \text{Between Groups Sum of Squares} = = \sum_{i=1}^{k}\frac{T_i^2}{n_i} - \frac{T^2}{n}$$

$$SST = SSA + SSE$$

$$SSE = SST - SSA$$

ตัวสถิติ F ได้จากการพิจารณาจากค่าอัตราส่วนระหว่างความความแปรปรวนระหว่างกลุ่มกับความแปรปรวนภายในกลุ่ม ซึ่งเขียนเป็นสัญลักษณ์ 2.13 ได้ดังนี้

$$F = \frac{MSA}{MSE} \tag{2.13}$$

จะมีการแจกแจงแบบ F ด้วยระดับขั้นเสรี (Degree of Freedom) k-1และ n-k ตามลำดับ โดยมีสัญลักษณ์ 2.14 และ 2.15 ดังนี้

$$MSA = \frac{SSA}{k-1} \quad \text{เป็นค่าแปรปรวนระหว่างกลุ่ม} \tag{2.14}$$

$$MSE = \frac{SSE}{n-k} \quad \text{เป็นค่าแปรปรวนภายในกลุ่ม} \tag{2.15}$$

k = จำนวนประชากร

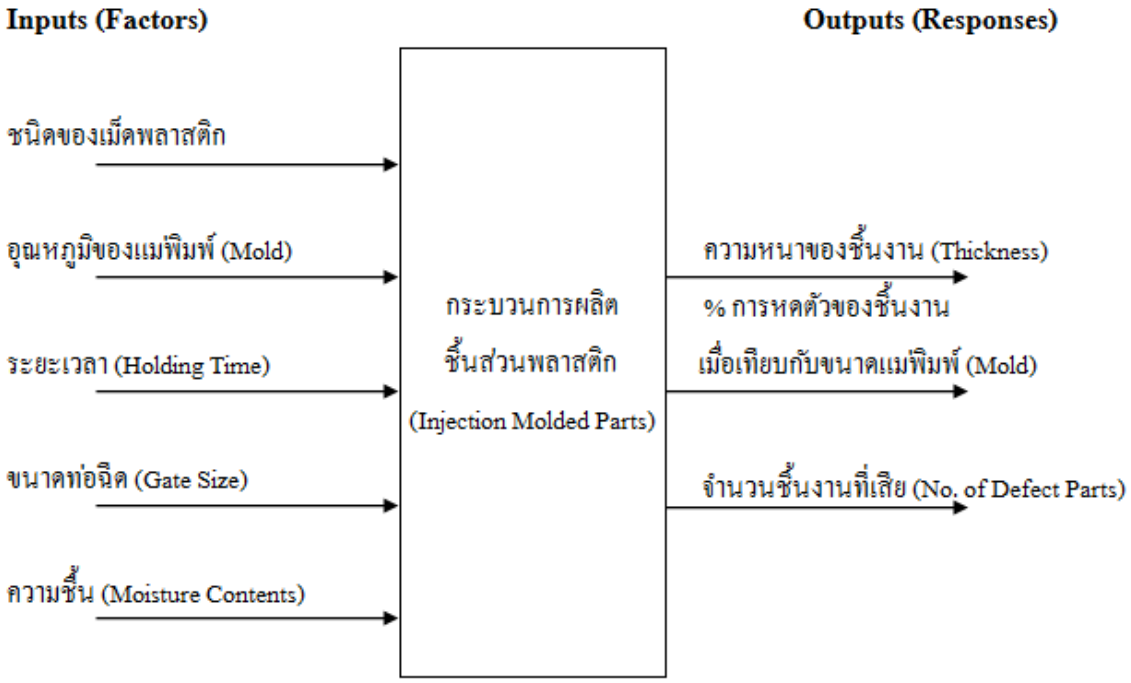
ตารางที่ 2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน[36], [37]

Source of Variation	Sum of Squares	Degree of Freedom	Mean Square	F-statistic
Between Groups (Treatment)	$SSA=\sum_{i=1}^{k}\frac{T_i^2}{n_i}-\frac{T^2}{n}$	k-1	$MSA = \frac{SSA}{k-1}$	$F = \frac{MSA}{MSE}$
Within Groups (Error)	SSE = SST-SSA	n-k	$MSE = \frac{SSE}{n-k}$	
Total	$SST=\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i}x_{ij}^2-\frac{T^2}{n}$	n-1		

2.10 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment)

การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment, DOE) มีจุดประสงค์ที่จะควบคุมการเปลี่ยนแปลงตัวแปรอิสระซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่าปัจจัย (Factors) ของกระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง แล้วดูผลที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตอบสนอง (Response) ของกระบวนการนั้น กระบวนการ (Process) คือการทำงานรวมกัน ผสมผสานกันของ เครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) มนุษย์ (People) กรรมวิธีการทำงาน (Methods) สภาพแวดล้อมในการทำงาน (Environment) และกระบวนการวัดค่า (Measurement) เพื่อให้เกิดเป็นผลผลิตหรือการบริการ ตัวอย่างหนึ่งของปัจจัยกระบวนการและตัว

แปรตอบสนองในรูปที่ 2.22 เป็นตัวอย่างกระบวนการหนึ่งที่อยู่ในหมวดการผลิตสินค้าอุตสาหกรรม เพื่อชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ของปัจจัย กระบวนการและตัวแปรตอบสนอง



รูปที่ 2.22 ตัวอย่างปัจจัยกระบวนการและตัวแปรตอบสนอง [38]

ในกระบวนการหนึ่งๆอาจจะมีปัจจัยมากมาย บางตัวก็ไม่อาจจะควบคุมได้และถึงแม้จะเป็นเหตุให้เกิดผลกระกระทบต่อกระบวนการก็ตาม ก็จำเป็นต้องละเลยหรือปล่อยให้ตัวแปรเหล่านี้เป็นไปตามธรรมชาติของมัน ในการออกแบบการทดลองจะเรียกตัวแปรเหล่านี้ว่า Noise แต่ตัวแปรบางตัวไม่สามารถปล่อยให้มันเปลี่ยนไปตามธรรมชาติของมันได้ เพราะมันมีผลต่อกระบวนการมากกว่าตัวแปร Noise จะต้องควบคุมตัวแปรเหล่านี้ให้เปลี่ยนแปลงอยู่ในตำแหน่งและช่วงใดช่วงหนึ่งที่มีผลเสียต่อกระบวนการน้อยที่สุด เรียกตัวแปรเหล่านี้ว่า Key Process Input Variable หรือ KPIV ในขณะเดียวกันจะรู้ประสิทธิภาพหรือความเป็นไปของกระบวนการได้ ก็โดยการวัดด้วยตัวชี้วัด เช่นเดียวกันกระบวนการหนึ่งๆอาจจะวัดด้วยตัวชี้วัดเพียงตัวเดียว หรือมากกว่า 1 ตัวก็เป็นได้ วิธีวัดก็มีได้ทั้งวัดด้วยเครื่องมือวัดซึ่งจะได้ค่าเป็นค่าต่อเนื่อง (Continuous Data) หรือเรียกว่าตัวแปรเชิงปริมาณ (Quantitative Variable) ถ้าวัดได้ด้วยการนับ การสังเกต ซึ่งจะได้ค่าเป็นค่าไม่ต่อเนื่อง (Discrete data) หรือเรียกว่าตัวแปรเชิงคุณภาพ (Qualitative Variable) แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นเราจะไม่สามารถวัดตัวแปรผลผลิต (Output) ของกระบวนการได้ทุกตัว จำเป็นจะต้องวัดเฉพาะตัวแปรที่เห็นว่าบอกหรือสื่อถึงประสิทธิภาพหรือผลที่เกิดขึ้นในกระบวนการได้ดีที่สุดหรือมากที่สุดเท่านั้น เรียกตัวแปรที่คัดเลือกมานี้ว่า Key Process Output Variable หรือ KPOV จากรูปที่ 2.22 ตัวแปรปัจจัยเข้า (Input Factors) ที่

เห็นนั้น คือ ตัวแปรที่พิสูจน์แล้วว่าเป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อกระบวนการมาก และตัวแปรปัจจัยออก (Output Factors) ที่ปรากฏก็เป็นตัวชี้วัดที่จะบ่งบอกถึงกระบวนการได้ดีที่สุด ซึ่งมีทั้งที่วัดด้วยเครื่องมือวัดได้คือความหนา การหดตัวของชิ้นงาน และที่นับหรือสังเกตด้วยคนเท่านั้น คือจำนวนชิ้นงานที่ไม่ผ่านเกณฑ์หรือมีตำหนินั่นเอง เมื่อต้องใช้ DOE นั้นจะไม่นิยมใช้ Response หลายตัวในการทำครั้งหนึ่งเพื่อลดความผันแปรของข้อมูล

2.10.1 ขั้นตอนในการออกแบบการทดลอง

ก. กำหนดหัวข้อปัญหา (Problem Statement) จะต้องชัดเจนเข้าใจได้ง่ายและเป็นรูปธรรมประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 อย่าง อะไรที่กำลังเป็นเป็นปัญหา (What) ลักษณะของปัญหาเป็นเช่นไรขนาดไหน (How) และพบปัญหานั้นที่ไหนช่วงเวลาใด (Where)

ข. การเลือกปัจจัย (Factor) และการกำหนดระดับของปัจจัย (Treatment) จำเป็นที่จะต้องเลือกปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการอย่างแท้จริง ซึ่งสามารถเลือกจากกรรมวิธีคัดกรองโดยเครื่องมือทางสถิติ จำพวก Univariate Analysis เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ทางสถิติที่นำตัวแปรเพียงหนึ่งตัวมาวิเคราะห์ โดยวิธีบรรยายคุณลักษณะต่างๆ ของตัวแปรนั้นๆ เช่น T-Test เป็นต้น ผู้ที่มีความรู้หรือเชี่ยวชาญในกระบวนการนั้นๆ ก็เป็นผู้ที่สามารถให้คำแนะนำที่ดีในการเลือกปัจจัย และการกำหนดระดับของปัจจัยด้วย

ค. การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response) จะต้องเน้นตัวแปรที่สามารถวัดได้ ทั้งที่วัดด้วยเครื่องมือวัดและวัดด้วยกระบวนการวัดอื่นๆเช่น การนับและจะต้องเป็นตัวแปรที่สื่อถึงกระบวนการที่ต้องการศึกษานั้นได้ดีด้วย

ง. เลือกแบบทดลอง (Experiment Design) เช่น การกำหนดจำนวนสิ่งตัวอย่างวิธีการเลือกสิ่งตัวอย่าง วางแผนการทำการทดลอง วิธีการบันทึกผลการทดลอง และการกำหนดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ เป็นต้น

จ. ดำเนินการทดลอง (Perform the Experiment) ให้เป็นไปตามแผนการ ทั้งวิธีการดำเนินการ ความถูกต้องในการวัด การควบคุมตัวแปรในการทดลอง และเก็บผลการทดลอง

ฉ. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) ไม่ใช่แค่การ Run Computer Program เพื่อให้ได้ผลออกมาเท่านั้น แต่รวมถึงการตรวจสอบ ลักษณะและคุณภาพของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง การพิสูจน์ทราบความถูกต้องของ Model ที่ได้ (Model Adequacy Checking) หาค่าระดับนัยสำคัญของอิทธิพลของแต่ละปัจจัย โดยปกติ DOE จะใช้ ANOVA ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนั้นผู้วิเคราะห์ก็ต้องเข้าใจเงื่อนไข ของ ANOVA ด้วย

ช. สรุปผลการทดลองและให้คำแนะนำ ผู้ดำเนินการทดลองจะเป็นผู้ที่เข้าใจถึงที่มาที่ไปของตัวข้อมูลดีและมองออกว่าผลที่ได้เป็นเช่นนั้นเพราะอะไร ในการดำเนินการหากมีข้อบกพร่องตรงไหน มีสาระสำคัญอะไรที่ผู้อ่านรายงานควรจะได้รับรู้ เผื่ออนาคตได้ดำเนินการทดลองบ้างก็จะ

เอาไปเป็นบรรทัดฐานได้ ผู้บริหารหน่วยงานอาจจะสนใจข้อวิเคราะห์ ความคิดเห็น ของผู้ดำเนินการมากกว่าผลที่ปรากฏก็เป็นได้

2.10.2 การดำเนินการการออกแบบการทดลอง

ในการกำหนดเป้าหมายที่จะต้องทำให้มีความคลาดเคลื่อนของข้อมูลให้น้อยที่สุดให้ได้สาระสำคัญของตัวปัจจัยที่กำลังพิจารณาให้มากที่สุด ให้ใช้ต้นทุนและเวลาดำเนินการน้อยที่สุด ส่วนกลยุทธ์และวิธีการดำเนินการที่ดีควรจะเริ่มจากเข้าใจสภาพปัญหาอย่างถ่องแท้และรู้ว่าตัวผู้ดำเนินการหรือผู้บริหารต้องการสิ่งใดและสิ่งที่ต้องยึดถือและต้องทำให้ได้ 3 ประการ

ก. <u>การสุ่ม (Randomization)</u> การดำเนินการใดๆกับปัจจัยจะต้องอิสระ เพื่อให้ข้อมูลแต่ละตัวเป็นอิสระต่อกัน นอกจากนั้นจะต้องคำนึงถึง หลักการกระจายอย่างทั่วถึงสมดุล (Balance Out) สำหรับปัจจัยอื่นที่เราไม่อาจควบคุมได้

ข. <u>การทำซ้ำ (Replication)</u> หมายถึงการดำเนินการทดลองซ้ำอีกครั้ง เพื่อจุดประสงค์ 2 อย่างที่สำคัญคือ

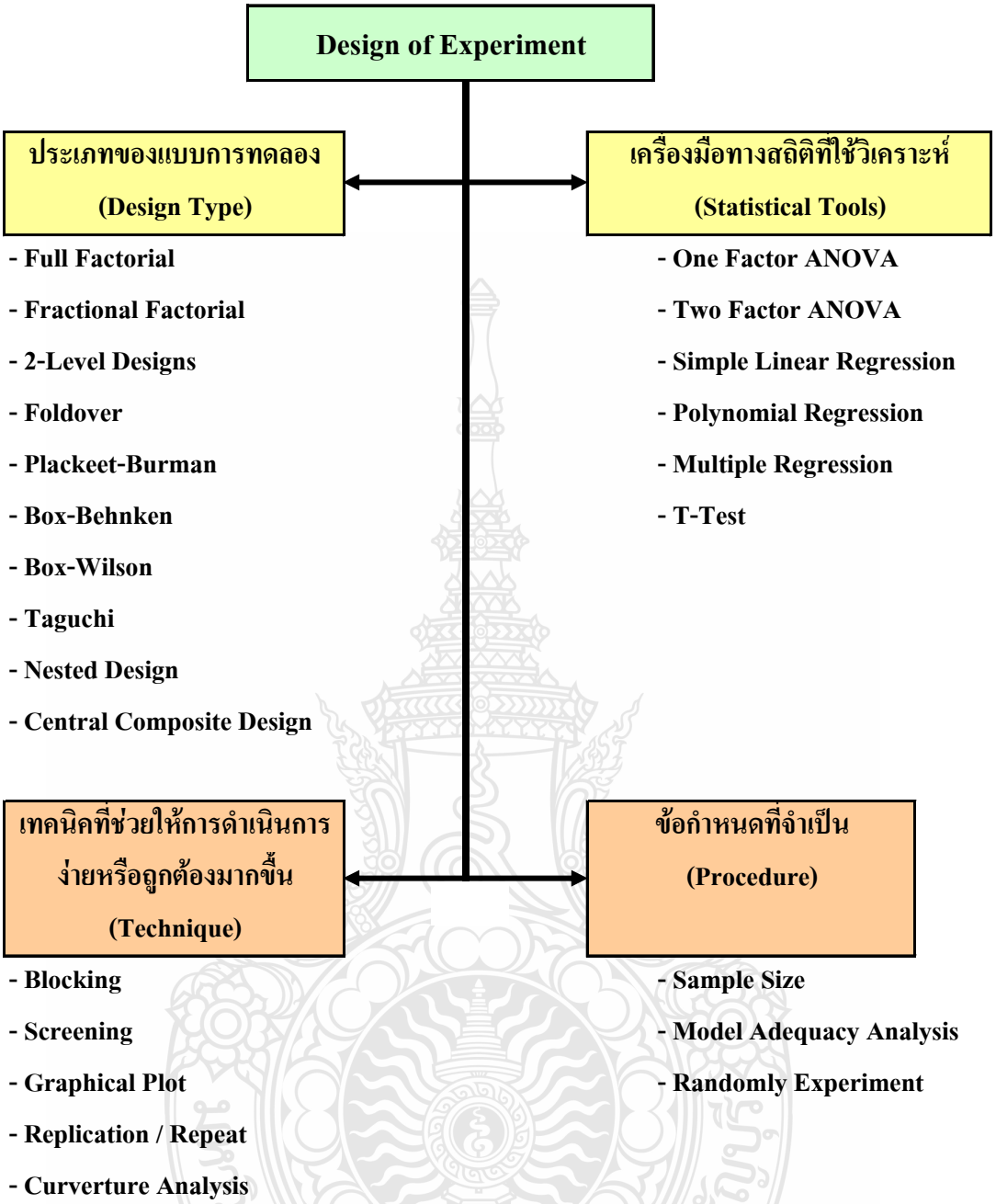
1. เพื่อให้สามารถมองเห็นและประเมินค่าความคลาดเคลื่อนจากการทดลองได้การดำเนินการวิเคราะห์จะนำเอาค่าความคลาดเคลื่อนดังกล่าวไปประเมินว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อกระบวนการได้บ้าง

2. เพื่อกำจัดทิ้งความคลาดเคลื่อน (Average Out) อิทธิพลที่ไม่สามารถควบคุมได้ที่มีต่อปัจจัยเปรียบดังเช่นการหาค่าเฉลี่ยนั่นเอง เป็นวิธีการในการประเมินค่าอิทธิพลของปัจจัยอีกอย่างหนึ่ง

ค. <u>การบล็อค (Blocking)</u> เป็นเทคนิคที่ใช้ในการเพิ่มความแม่นยำ (Precision) ของการทดลองหรือเพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อนในการทดลอง ในบางครั้งอาจจะมีปัจจัยบางตัวที่ไม่อาจควบคุมได้หรือไม่อยู่ในความสนใจของผู้วิเคราะห์ และถ้าคิดว่าอิทธิพลของปัจจัยตัวที่ไม่สนใจนั้น ไม่ใช่ค่าคงที่และน่าจะมีขนาดมากพอที่จะทำให้เกิดความผันแปรของข้อมูล ในการขจัดอิทธิพลของปัจจัยที่ไม่ต้องการซึ่ง เรียกว่า Block ออกไปก่อนที่จะวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยที่ต้องการ

2.10.3 องค์ประกอบ Design of Experiment

องค์ประกอบ DOE สามารถแยกแยะองค์ประกอบ ตัวอย่างหนึ่งของปัจจัยกระบวนการและตัวแปรตอบสนองในแสดงดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 ปัจจัยกระบวนการและตัวแปรตอบสนอง [38]

2.10.4 ประเภทของแบบการทดลอง

ประเภทของแบบการทดลองหมายถึงรูปแบบมาตรฐานที่จะใช้ในการดำเนินการ ผู้ทำการทดลองจะต้องตัดสินใจเลือกตั้งแต่อยู่ในขั้นตอนวางแผน เพราะการออกแบบ จะนำไปสู่วิธีการดำเนินการทดลอง วิธีเก็บบันทึกข้อมูลและเครื่องมือทางสถิติที่จะใช้ในการวิเคราะห์ในที่สุด การจะตัดสินใจเลือกการทดลองแบบใดนั้น มีองค์ประกอบ คือ ผลหรือเป้าหมายที่ต้องการได้รับ ความซับซ้อนของการทำการทดลอง และข้อจำกัดของทรัพยากรต่างๆ นักสถิติในยุคที่ผ่านๆมาได้คิดค้น

การออกแบบการทดลองต่างๆไว้มากมายจำเป็นที่ผู้ต้อง การใช้จะต้องศึกษารายละเอียดของแต่ละ การทดลองเพิ่มเติมด้วย

2.10.5 เครื่องมือทางสถิติ (Statistical tools)

หมายถึงกรรมวิธีในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ เช่นเดียวกันที่ผู้ทำการทดลองจะต้องเลือกตั้งแต่อยู่ในขั้นตอนการวางแผนการทดลอง และที่สำคัญผู้ใช้จะต้องเข้าใจ Tool เหล่านี้ให้ดีพอเมื่อผลการวิเคราะห์ปรากฏบนหน้าจอคอมพิวเตอร์แล้ว จะแปลความหมายอย่างไร มีข้อผิดพลาดจะรู้ได้อย่างไรและจะตรวจได้ที่ใด

2.10.6 เทคนิคหรือกลยุทธ์ (Technique)

หมายถึงวิธีการที่จะทำให้การดำเนินการทดลองง่าย สะดวก และประหยัดทรัพยากรมากขึ้น โดยที่ผลการวิเคราะห์ยังเป็นที่ยอมรับได้ เช่นเดียวกันผู้ทำการทดลองจะต้องกำหนดเทคนิคหรือกลยุทธ์พร้อมกับการเลือกแบบการทดลองเพราะบางแบบการทดลองก็มีข้อห้ามข้อกำหนดหรือข้อยืดหยุ่นที่แตกต่างกันไป

2.10.7 ข้อกำหนดที่จำเป็น (Fundamental Procedure)

สิ่งพื้นฐานที่ผู้ทำการทดลองจะต้องคำนึงถึงอยู่เสมอหาไม่แล้วผลการวิเคราะห์ตลอดจนข้อสรุปที่ได้ก็อาจจะไร้ความหมาย หากปราศจากสิ่งเหล่านี้

2.11 การออกแบบปัจจัยบางส่วน (Fractional Factorial Designs)

2.11.1 ความหมายและหลักการ

หมายถึงวิธีที่ผู้ทำการทดลองไม่ต้องทำการทดลองให้ครบทุกเงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงค่าของทุกปัจจัย เนื่องจากจะมีจำนวนปัจจัยใช้ดำเนินการ (Run) มากจนเกินไปจนไม่สามารถดำเนินการได้ เนื่องจากมีข้อจำกัดบางประการ แน่นอนว่าความแม่นยำของผลการทดลองไม่เท่ากับใช้การทดลองเต็มรูปแบบ (Full Factorial) ในเชิงทฤษฎี แต่ในทางปฏิบัติถึงจะสามารถดำเนินการทดลองด้วยวิธี การทดลองเต็มรูปแบบ แต่อาจจะได้ผลที่แย่กว่าใช้การทดลองด้วยปัจจัยบางส่วน (Fractional Factorial) ก็เป็นได้ เนื่องจากปัจจัย (Factor) ยิ่งมากการดำเนินการก็ยิ่งควบคุมการทดลองได้ยาก ความผิดพลาดก็จะยิ่งเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงไม่มีประโยชน์ที่จะคงยืนยันใช้การทดลองแบบเต็มรูปแบบเมื่อเรามีปัจจัยหลายตัว นักสถิติประยุกต์ในยุคแรกๆ ได้ค้นพบว่าในความเป็นจริงเมื่อดำเนินการทดลองจะมีเพียง**ปัจจัยหลัก (Main Effects) และปัจจัยร่วม (Interaction)** เท่านั้นที่มีความสำคัญ ยิ่งลำดับของบางปฏิสัมพันธ์ สูงขึ้นก็ยิ่งมีโอกาสจะมีนัยสำคัญน้อยลง จึงได้นำเอาหลักการนี้ไปใช้ประโยชน์เพื่อลดขนาดของการทดลองลง

ตารางที่ 2.2 อัตราส่วนของผลจากปัจจัยหลักต่อจำนวนปัจจัยรวมทั้งหมดในการทดลอง

จำนวน Main Effects	จำนวน Interaction Effects	จำนวนรวม Effects	อัตราร้อยละของ Main Effects
1	0	1	100
2	1	3	66.7
3	4	7	42.9
4	11	15	26.7
5	26	31	16.1
6	57	63	9.5
7	120	127	5.5
8	247	255	3.1
9	502	511	1.8
10	1013	1023	1

จากตารางที่ 2.2 จะพบว่าสัดส่วนของปัจจัยหลักต่อปัจจัยทั้งหมดจะยิ่งลดลงเรื่อยๆ เมื่อการทดลองนั้นมีปัจจัยมากขึ้น เช่น หากการทดลองนั้นมี 6 ปัจจัยสัดส่วนผลที่มาจากปัจจัยหลักจะมีเพียงแค่ 9.5% ของจำนวนปัจจัยรวม ที่เหลืออีก 90.5% เป็นอิทธิพลปัจจัยร่วมซึ่งส่วนใหญ่ก็ไม่มีนัยสำคัญเชิงสถิติต่อการทดลองนั้นด้วย

2.11.2 วิธีการสร้างปัจจัยบางส่วนแบบ 2^{k-1} design

ความหมาย คือ เมื่อออกแบบเสร็จจะได้จำนวนดำเนินการเท่ากับการทดลองเต็มรูปแบบ ของการออกแบบเมื่อจำนวนปัจจัยน้อยกว่าอยู่ 1 ตัว (k-1) หรือจำนวนดำเนินการจะเท่ากับครึ่งหนึ่งของการออกแบบการทดลองแบบเต็มรูปแบบนั่นเอง เราเอาหลักการที่ว่ายิ่งอันดับปัจจัยร่วมสูงเท่าใดก็จะมีความสำคัญน้อยเท่านั้นและจะเอาปัจจัยหลักบางตัวเข้าแทนที่ปัจจัยร่วมดังกล่าว ตัวอย่างหนึ่งมีปัจจัย 4 ตัวคือ A, B, C, D ถ้าออกแบบโดยใช้วิธี 2^k Full Factorial จะมีจำนวนรอบการทดลองหรือดำเนินการทั้งหมด 16 ดำเนินการตัวอย่างการออกแบบการทดลองเต็มรูปแบบของ 4 ปัจจัยแสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การทดลองเต็มรูปแบบของ 4 ปัจจัย

Run	A	B	C	D
1	-1	-1	-1	-1
2	+1	-1	-1	-1
3	-1	+1	-1	-1
4	+1	+1	-1	-1
5	-1	-1	+1	-1
6	+1	-1	+1	-1
7	-1	+1	+1	-1
8	+1	+1	+1	-1
9	-1	-1	-1	+1
10	+1	-1	-1	+1
11	-1	+1	-1	+1
12	+1	+1	-1	+1
13	-1	-1	+1	+1
14	+1	-1	+1	+1
15	-1	+1	+1	+1
16	+1	+1	+1	+1

เมื่อต้องการทำการทดลองแบบปัจจัยบางส่วนโดยให้เหลือจำนวน 8 การดำเนินการ เท่ากับจำนวนดำเนินการของ 3 ปัจจัยเริ่มด้วยการ เขียน 3 ปัจจัยหลักและปัจจัยร่วมทั้งหมดในตารางจะเรียก 3 ปัจจัยหลักนี้ว่าตัวให้กำเนิด (Generator) ของปัจจัย D จากนั้นให้ใช้ค่าของปัจจัยร่วมที่มีอันดับสูงสุดเป็นค่าของปัจจัยหลักตัวที่เหลือ จากตารางที่ 2.4 ปัจจัยร่วมที่มีอันดับสูงสุดคือ ABC เราจะใช้เป็นค่าของ D จึงได้ตารางการออกแบบปัจจัยบางส่วน ของ 4 ปัจจัยตามตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.4 ปัจจัยหลักและปัจจัยร่วมของ 3 ปัจจัย

A	B	C	AB	AC	BC	ABC
-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1
+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1
-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1
+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1
-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1
+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1
-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1
+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1

ตารางที่ 2.5 ปัจจัยบางส่วนของ 4 ปัจจัย

Run	A	B	C	D
1	-1	-1	-1	-1
2	+1	-1	-1	+1
3	-1	+1	-1	+1
4	+1	+1	-1	-1
5	-1	-1	+1	+1
6	+1	-1	+1	-1
7	-1	+1	+1	-1
8	+1	+1	+1	+1

จากตารางที่ 2.5 เมื่อเทียบกับตารางที่ 2.3 ก็คือแถวที่พื้นสีเหลืองนั่นเอง วิธีการออกแบบเช่นนี้จะได้จำนวนดำเนินการครึ่งหนึ่งของปัจจัยเต็มรูปแบบเสมอหรือ 1/2 Fraction จึงเรียกวิธีการออกแบบการทดลองนี้ว่าการออกแบบครึ่งหนึ่งของปัจจัยทั้งหมด (Half Factorial Design) ซึ่งบางครั้งก็เรียกว่า $\mathbf{2}^{k-1}$ Design เมื่อทำการทดลองตามที่ออกแบบนี้ ก็จะเรียกว่าการออกแบบการทดลองครึ่งหนึ่ง (Half Factorial Experiment) ด้วยเช่นกัน [39]

2.12 วิจารณ์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการค้นคว้างานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามีการประยุกต์ใช้ **เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 แบบ** ในการเก็บข้อมูลสภาพปัญหาหรือของเสียเชิงตัวเลข ตลอดจนการค้นหาเหตุเพื่อเป็นแนวทางในการลดของเสียในกระบวนการผลิต **เครื่องมือควบคุมคุณภาพ**ถูกนำมาใช้ในหลากหลายอุตสาหกรรมดังเช่น อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนกันโคลนรถยนต์[3] อุตสาหกรรมผลิตแบตเตอรี่รถยนต์ [40] อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ [41] อุตสาหกรรมการผลิตแม่พิมพ์กราเวียร์ [42] และ อุตสาหกรรมเครื่องมือวัด [43]

ในปัจจุบันการไม่ใช่เพียงเครื่องมือคุณภาพ 7 แบบแต่ยังมีเทคนิค**เครื่องมือควบคุมคุณภาพยุคใหม่** ถูกนำมาใช้เก็บข้อมูลสภาพปัญหาและค้นหาสาเหตุหลัก ที่มีลักษณะของข้อมูลเชิงพรรณนา ดังปัญหาการลดข้อร้องเรียนจากลูกค้า [44]

งานวิจัยที่ได้รับความน่าเชื่อถือจะต้องมีสถิติ คือ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยให้การตัดสินใจต่อปัญหาต่างๆเป็นไปอย่างมีหลักการและถูกต้อง ได้มีการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่ากลาง โดยการวิเคราะห์ผ่านค่าความแปรปรวนหรือเรียกง่ายๆว่า **ANOVA** และ**หลักการออกแบบการทดลอง** ในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียในขบวนการผลิตหรือแม้แต่นำไปใช้ในการค้นหาปัจจัยที่ต้องการศึกษาอื่นๆดังเช่น การนำไปใช้ศึกษาปัจจัยในอุตสาหกรรมหล่ออลูมิเนียม[45] การหาเงื่อนไขที่เหมาะของน้ำยาที่ใช้เคลือบกระดาษ[46] ใช้ในการศึกษาพารามิเตอร์งานเชื่อม[47] ค้นหาปัจจัยในการหลอมละลายเม็ดพีวีซีของอุตสาหกรรมการผลิตเม็ดพลาสติก[48] การศึกษาและหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของปัจจัยการเคลือบชิ้นงานด้วยโพลียูรีเธน[49] ในการศึกษาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของการเชื่อมอัตโนมัติแบบแม็ก[50] การศึกษาเพื่อกำหนดปัจจัยที่เหมาะสมของกระบวนการพ่นสีเฟอร์นิเจอร์ไม้[51] ใช้กับงานด้านปรับปรุงกระบวนการของอุตสาหกรรมการผลิตแผ่นยางพื้นรองเท้า[52] กับงานเปรียบเทียบระดับการให้บริการของระบบการขนส่งและการผลิต [53] การศึกษาการละเมิดสมมติฐานระหว่าง Bootstrap Control Chart และ Shewhart Control Chart[54] ในการศึกษาอีกมุมมองหนึ่งงานของแผนการผลิตของโรงงานผลิต Semiconductors[55] และการวิเคราะห์ความไว เพื่อตรวจสอบผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ในอุตสาหกรรมการประกอบโครงรถยนต์[56] ตลอดจนงานในการศึกษาผลของช่วงเวลาการแช่แข็งเพื่อกำหนดแผนจัดการผลิต[57] งานวิจัยทั้งหมดใช้การทดลองแบบ Factorial Design มีเพียงจำนวนปัจจัย รอบการทดลองและสภาพปัญหาที่แตกต่างกันตามตัวแปร แต่มีบางงานวิจัยที่นำ**เครื่องมือควบคุมคุณภาพประยุกต์ใช้ร่วมกับหลักการออกแบบการทดลอง** ดังงานลดอัตราการเกิดของเสียโดยใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพ ในการค้นหาสาเหตุเบื้องต้นแล้วใช้การออกแบบการทดลองทดลองค้นหาปัจจัยที่แท้จริงในอุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสก์[58] ใช้กับงานพัฒนากระบวนการ ในการควบคุมการพิมพ์กล่องบรรจุภัณฑ์[59] ในการศึกษาหาความเสถียรภาพของน้ำเชื้อที่แช่แข็งชิ้นปลาในการพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพโปรตีน ในเนื้อปลาแซลมอนจากกระบวนการแช่แข็ง[60] การศึกษาประสิทธิภาพรูปแบบระบบการขนส่งและขนาดบรรทุกพื้นฐาน[61] การศึกษาเพื่อกำหนดความสัมพันธ์ ระหว่าง

ระดับพารามิเตอร์ของกระบวนการพิมพ์ 3D [62] และการปรับปรุงคุณภาพกระบวนการผลิตของโครงรถยนต์[63] ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวมีลำดับการดำเนินงานและลักษณะแนวทางการแก้ไขปัญหาใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้ แตกต่างกันตรงลักษณะของปัญหาและตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง ส่วนขั้นตอนของการออกแบบการทดลองใช้วิธีการทดลองแบบ Factorial Design เหมือนกับงานวิจัยนี้ แตกต่างกันออกไปตามลักษณะของปัญหาและตัวแปร ในงานวิจัยนี้เริ่มการค้นหาจากการใช้เครื่องมือ แผนผังเหตุและผลหรือแผนภูมิก้างปลา เป็นหนึ่งในเครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 อย่างที่ได้รับความนิยมใช้ในการค้นหาสาเหตุของปัญหาจะทำให้มองเห็นภาพขององค์ประกอบทั้งหมด ที่จะเป็นสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น มีข้อดี คือ

1. ไม่ต้องเสียเวลาแยกความคิดต่าง ๆ ที่กระจัดกระจายของแต่ละสมาชิก ผังแสดงเหตุและผลจะช่วยรวบรวมความคิดของสมาชิกในทีม

2. ทำให้ทราบสาเหตุหลัก ๆ และสาเหตุย่อย ๆ ของปัญหา ทำให้ทราบสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา ซึ่งทำให้เราสามารถแก้ปัญหาได้ถูกวิธี

แต่มีข้อเสีย คือ

1. ความคิดไม่อิสระเนื่องจากมีผังแสดงเหตุและผลเป็นตัวกำหนดซึ่งความคิดของสมาชิกในทีมจะมารวมอยู่ที่ผังแสดงเหตุและผล

2. ต้องอาศัยผู้ที่มีความสามารถสูง จึงจะสามารถใช้ผังแสดงเหตุและผลในการระดมความคิด เพื่อความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นในการค้นหาสาเหตุของปัญหา การนำแผนผังความสัมพันธ์หนึ่งในเครื่องมือควบคุมคุณภาพใหม่ 7 อย่าง มาแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกัน (Interrelationship Diagraph) เป็นเครื่องมือสำหรับแก้ไขเรื่องที่ยุ่งเหยิงและยุ่งยาก โดยการคลี่คลายการเชื่อมโยงกันอย่างมีเหตุมีผล (Logical Connections) ระหว่างเหตุและผลซึ่งเกี่ยวข้องกันหรือวัตถุประสงค์และกลยุทธ์ที่จะบรรลุความสำเร็จในเรื่องนี้ เทคนิคนี้มีประโยชน์ในการเปลี่ยนความคิดอ่านของคนโดยจับประเด็นความยุ่งยากของปัญหาและเปิดทางไปสู่การแก้ไข ข้อดีของแผนผังความสัมพันธ์ คือ

- แผนผังความสัมพันธ์ช่วยทำให้ปัญหาที่มีความสัมพันธ์ทางเหตุและผลหลาย ๆ แขนงได้รับ การแยกออกมาอย่างมีเหตุผล แผนผังนี้มีประโยชน์ในขั้นการวางแผนเพื่อให้ได้มุมมองที่กว้างในสถานการณ์โดยรวม

- แผนผังนี้ช่วยทำให้เกิดความคิดเห็นที่ตรงกันระหว่างสมาชิกในกลุ่มงานขึ้น

- แผนผังนี้ไม่ผูกติดกับรูปแบบใดโดยเฉพาะจึงสามารถช่วยเปลี่ยนและพัฒนาการนึกคิดของผู้คน

- แผนผังนี้ช่วยทำให้สามารถบ่งชี้ลำดับความสำคัญได้อย่างแม่นยำ และยังช่วยทำให้ปัญหาเป็นที่ประจักษ์ยอมรับ โดยทำให้ความสัมพันธ์ในกลุ่มต้นเหตุของปัญหาชัดเจนขึ้น

ในส่วนของการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) นั้นมีข้อเด่น คือ

1. สามารถวิเคราะห์ความแตกต่างของประชากรได้พร้อมกันมากกว่า 2 ประชากร ซึ่ง ถ้าเราใช้ T-Test จะทำได้มากที่สุดแค่ 2 ประชากรเท่านั้น

2. สามารถวิเคราะห์ได้มากกว่า 1 ปัจจัย (Factor) ซึ่ง T-Test จะทำได้เพียงปัจจัยเดียวเท่านั้น เช่น อุณหภูมิ (Temperature) ความเร็ว (Speed) ความกด (Pressure)

3. สามารถใช้วิเคราะห์เพื่อให้เห็นผลกระทบซึ่งกันและกันของปัจจัยต่างๆ ได้ด้วย

แต่การวิเคราะห์ความแปรปรวนมีข้อกำหนดบางประการที่ควรทราบ คือ

- ข้อมูลของทุกๆ ประชากร จะต้องมีการกระจายของข้อมูลแบบปกติ (Normal Distribution) เท่านั้น

- ค่าความผันแปร (Variation) ของกลุ่มข้อมูล ของแต่ละประชากรจะต้องไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเท่านั้น

ด้านการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment, DOE) เหตุผลที่เลือกใช้การออกแบบการทดลองหรือเรียกแบบย่อว่า DOE เป็นเครื่องมือคุณภาพตัวหนึ่งซึ่งจะทำการทดลองตามรูปแบบที่ได้ถูกออกแบบไว้ เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ แล้วสร้างเป็นสมการทางสถิติซึ่งเป็นความสัมพันธ์แบบประมาณการระหว่างค่าตัวแปรอิสระ (ซึ่งมักเป็น Quality Characteristics) กับตัวแปรตาม (ซึ่งมักเป็นProcess/Product Variables) อันจะช่วยอำนวยประโยชน์ในการปรับกระบวนการเพื่อให้ผลลัพธ์ตามที่เราต้องการ[64] ประเภทของการออกแบบการทดลองแบบปัจจัยเต็มรูปแบบ (Full Factorial Design) มีข้อดีของการออกแบบปัจจัยเต็มรูปแบบ คือ

1. ไม่มีการเกิดอิทธิพลแฝง (Alias)

2. สามารถวิเคราะห์อิทธิพลหลักและบางปฏิสัมพันธ์ได้ทั้งหมด

และมีข้อด้อยของการออกแบบปัจจัยเต็มรูปแบบ คือ

1. ต้องทำการทดลองให้ครบทุกการดำเนินการทำให้ต้องสิ้นเปลืองทรัพยากรมากใช้เวลาดำเนินการมาก

2. เมื่อจำนวนดำเนินการมากๆ อาจจะประสบปัญหาในการป้องกันความคลาดเคลื่อนของการปรับเปลี่ยนค่าของปัจจัยใดๆได้

งานวิจัยดังกล่าวทั้งหมดสามารถแก้ไขหรือพัฒนากระบวนได้สำเร็จบรรลุตามวัตถุประสงค์และจัดทำเป็นมาตรฐานในการทำงานเช่นเดียวกัน

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยนี้เป็นการศึกษา เพื่อค้นหาปัจจัยที่มีผลกระทบ ทำให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิต โดยผู้ทำวิจัยได้ทำการศึกษาที่โรงงานกรณีศึกษาตัวอย่างแห่งนี้โดยเริ่มต้นจากการเก็บข้อมูลปัญหาในการผลิตโดยศึกษาเฉพาะส่วนที่มีหน้าที่รับผิดชอบเท่านั้น เมื่อเก็บข้อมูลแล้วศึกษาบริเวณทำงานของพนักงาน ทำการสอบถามข้อมูลจากพนักงานและสังเกตวิธีการทำงาน เมื่อทราบถึงปัญหาแล้วจึงจัดประชุมร่วมกับทีมงาน เพื่อศึกษาและทำการวิจัยเกี่ยวกับปัญหานี้ เริ่มทำการเก็บข้อมูลเพื่อนำไปหาวิธีการแก้ไขปัญหาในส่วนของการผลิต โดยกำหนดวิธีการดำเนินงานวิจัยดังรูปที่ 3.1

3.1 ศึกษาโครงสร้างของเครื่องพิมพ์และขั้นตอนการผลิต

3.1.1 โครงสร้างผลิตภัณฑ์

การศึกษาชิ้นส่วนที่ประกอบอยู่ในเครื่องพิมพ์และโครงสร้างหลักต่างๆแบ่งออก 7 ส่วน แสดงในรูปที่ 3.2

ก. Ink Tank ส่วนนี้ทำหน้าที่บรรจุน้ำหมึกชนิดต่างๆจำนวน 5 สีที่ใช้ในการพิมพ์ภาพหรือตัวอักษร

ข. Carriage ส่วนนี้ทำหน้าที่เคลื่อนตัวในแนวนอนด้านในประกอบไปด้วยท่อเล็กๆ สำหรับใช้พ่นน้ำหมึกลงบนกระดาษให้เกิดภาพหรือตัวอักษร

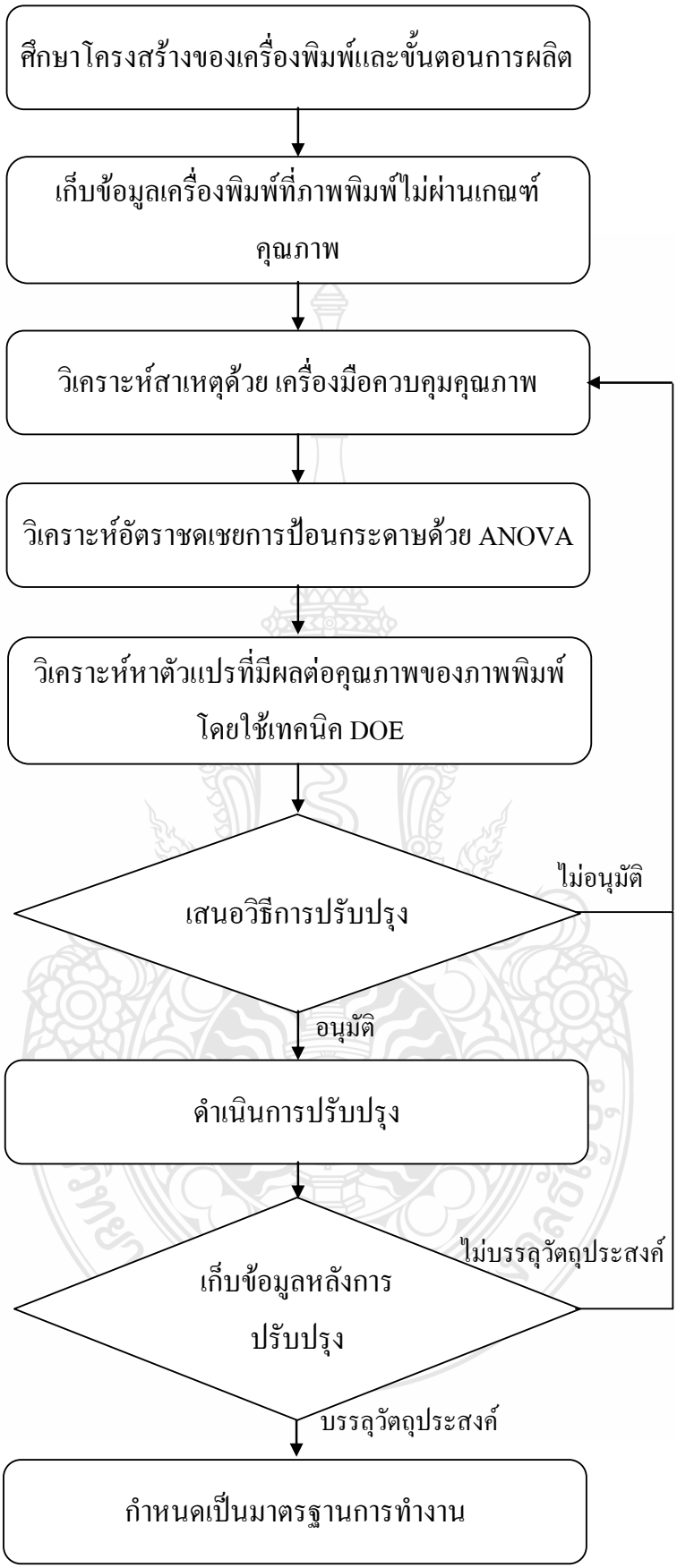
ค. LCD Monitor ส่วนนี้ทำหน้าที่แสดงเมนูและสถานะภาพการทำงานต่างๆของเครื่องพิมพ์

ง. Scanner ส่วนนี้ทำหน้าที่สแกนภาพหรือสแกนสำเนาเอกสารก่อนส่งข้อไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อบันทึกหรือพิมพ์สำเนา

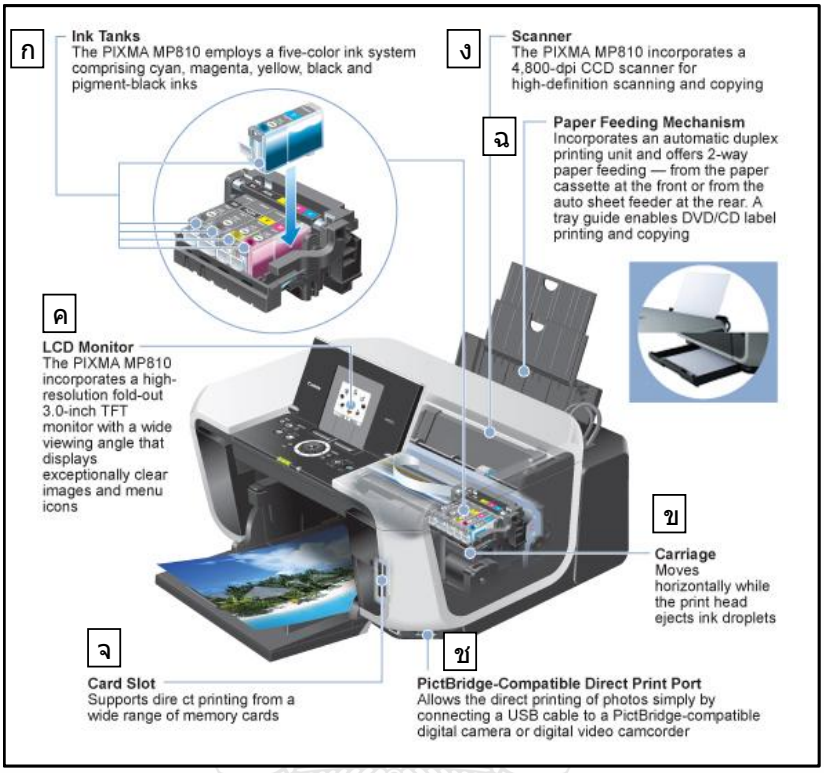
จ. Card Slot ส่วนนี้ทำหน้าที่รองรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์บันทึกต่าง เช่น SD Card จากกล้องถ่ายรูป ลูกค้าสามารถสั่งพิมพ์ได้โดยตรงโดยไม่ต้องเชื่อมต่อผ่านคอมพิวเตอร์

ฉ. Paper Feeding Mechanism ส่วนนี้ทำหน้าบรรจุกระดาษสำหรับเตรียมที่จะใช้ทำการพิมพ์ภาพหรือตัวอักษร

ช. Pitch Bridge-Compatible Direct Print Port ส่วนนี้ทำหน้ารองรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เช่น กล้องถ่ายรูป, กล้องวีดีโอ, โทรศัพท์มือ



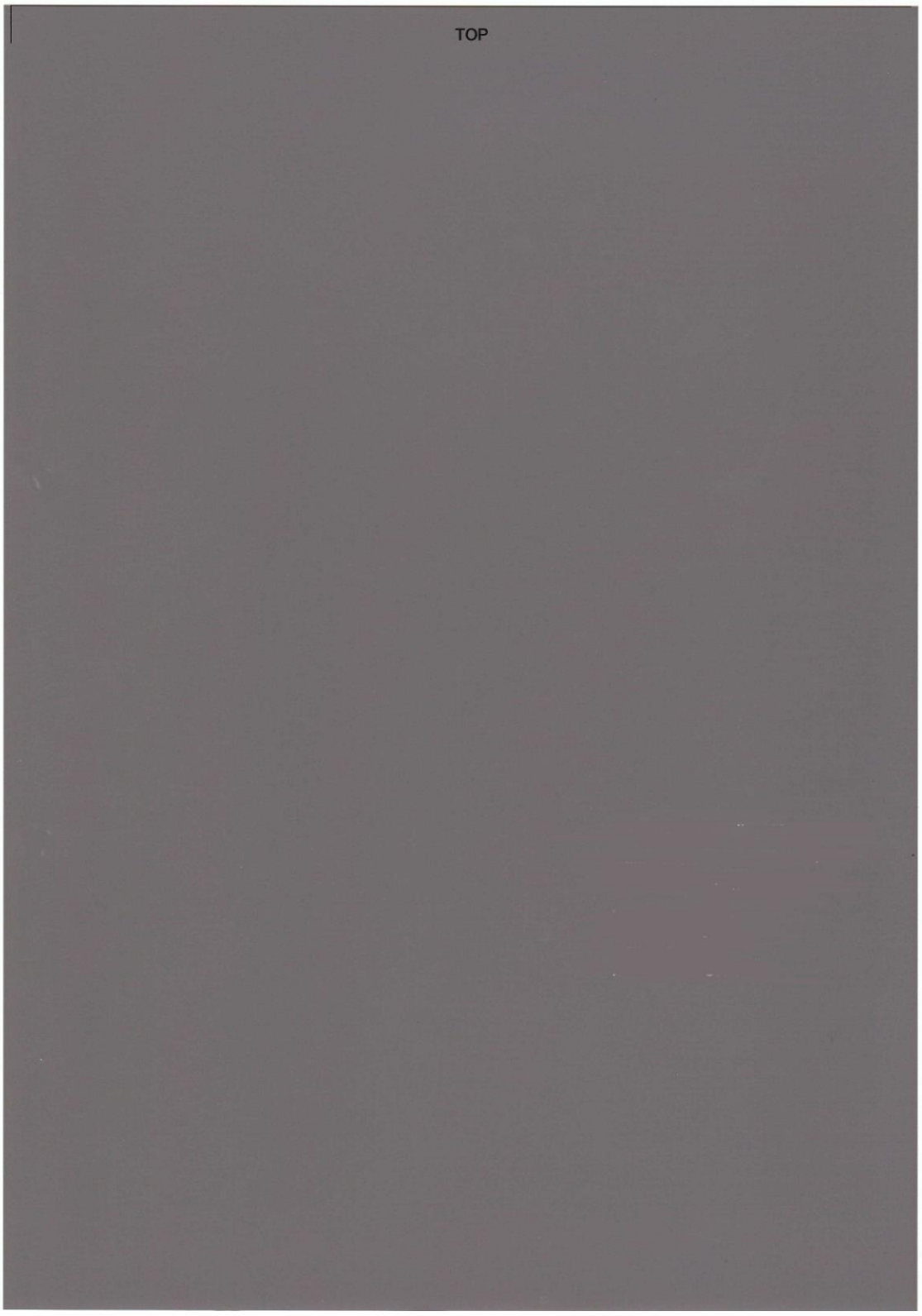
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย



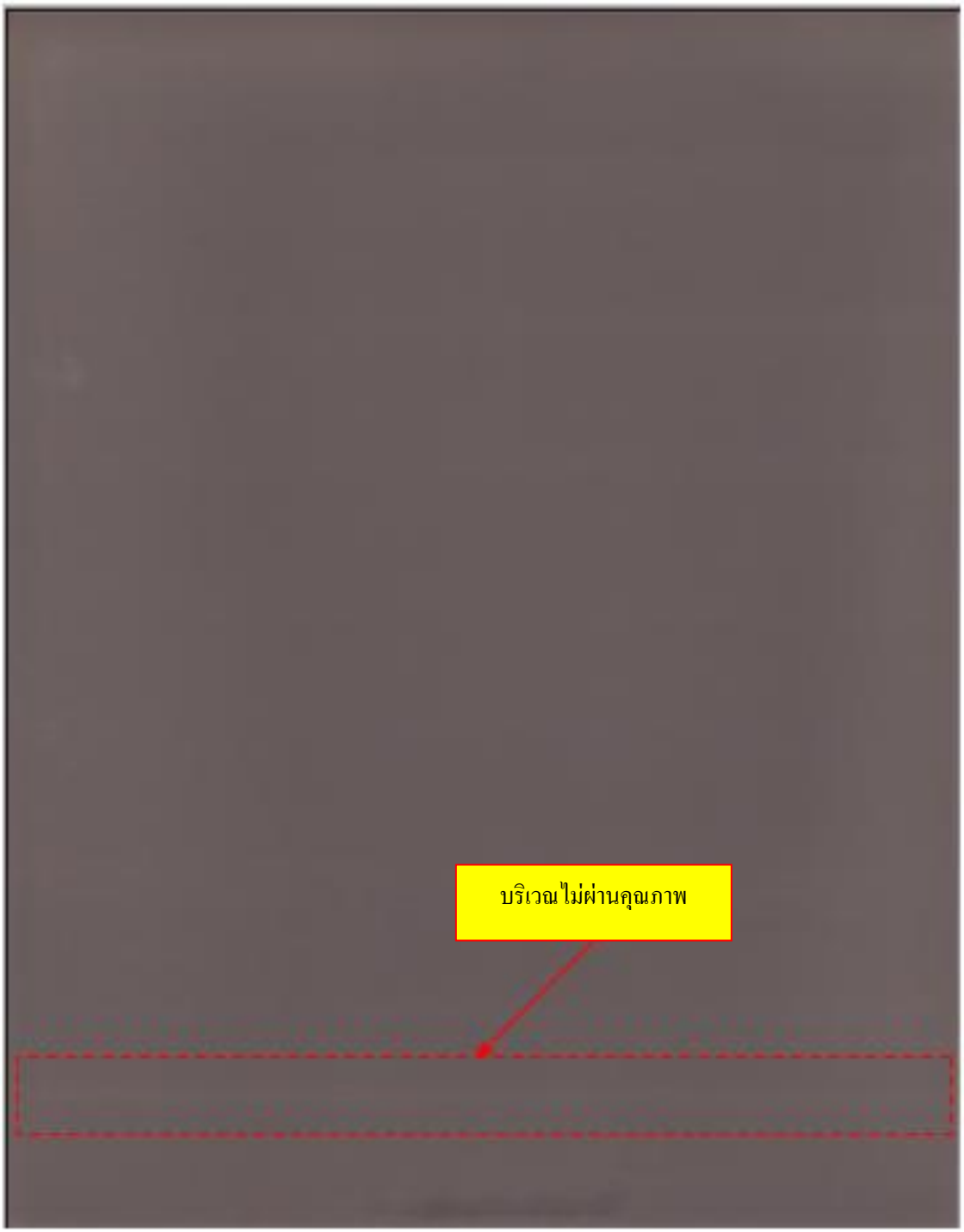
รูปที่ 3.2 โครงสร้างหลักต่างๆของเครื่องพิมพ์

3.1.2 ขั้นตอนการผลิตเครื่องพิมพ์

โรงงานกรณีศึกษาตัวอย่างมีลักษณะขั้นตอนการปฏิบัติงานของสายการผลิตดังรูปที่ 1.1 ที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 1 โดยขั้นตอนการปฏิบัติงานของสายการผลิต ขั้นตอนที่ 5 การทดสอบการพิมพ์ภาพ (Image Check) คือ ส่วนที่ผู้วิจัยรับผิดชอบ ในกระบวนการตรวจสอบปัญหาภาพพิมพ์ ซึ่งลักษณะภาพพิมพ์ที่ดีนั้น สีจะมีลักษณะที่สม่ำเสมอเท่ากันทั้งภาพ ส่วนภาพพิมพ์ที่ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพนั้น สีบนภาพจะมีลักษณะความสม่ำเสมอของสีที่ไม่เท่ากัน ตัวอย่างภาพพิมพ์ที่ดีและตัวอย่างภาพพิมพ์ที่ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพจากการจำลองพิมพ์ภาพ RGB บนกระดาษผิวมัน ดังรูปที่ 3.3 และรูปที่ 3.4 ตามลำดับ จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้น การผลิตเครื่องพิมพ์จำนวน 2,685,662 เครื่อง มีอัตราจำนวนเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ จำนวน 2,723 เครื่อง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 454 เครื่องต่อเดือน เพื่อทำให้เครื่องพิมพ์กลับมามีคุณภาพตรงตามมาตรฐานของโรงงาน ปัญหาดังกล่าวจึงเป็นประเด็นสำคัญที่ทำให้ผู้วิจัยเลือกมาเป็นหัวข้อของการทำงานวิจัย ในการลดปัญหาภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพจากกระบวนการผลิตเครื่องพิมพ์ มาทำการแก้ไขและปรับปรุงการทำงาน เพื่อลดอัตราเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ โดยนำหลักการทางด้าน วิศวอุตสาหการมาประยุกต์ใช้ เช่น ทฤษฎีการควบคุมคุณภาพ เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 แบบ เครื่องมือควบคุมคุณภาพยุคใหม่ 7 แบบ สำหรับควบคุมคุณภาพ ทฤษฎีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและทฤษฎีการออกแบบการทดลองมาวิเคราะห์หาสาเหตุและปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างภาพพิมพ์ที่มีคุณภาพ (ภาพจริงใช้กระดาษ SH300 ขนาด A4)

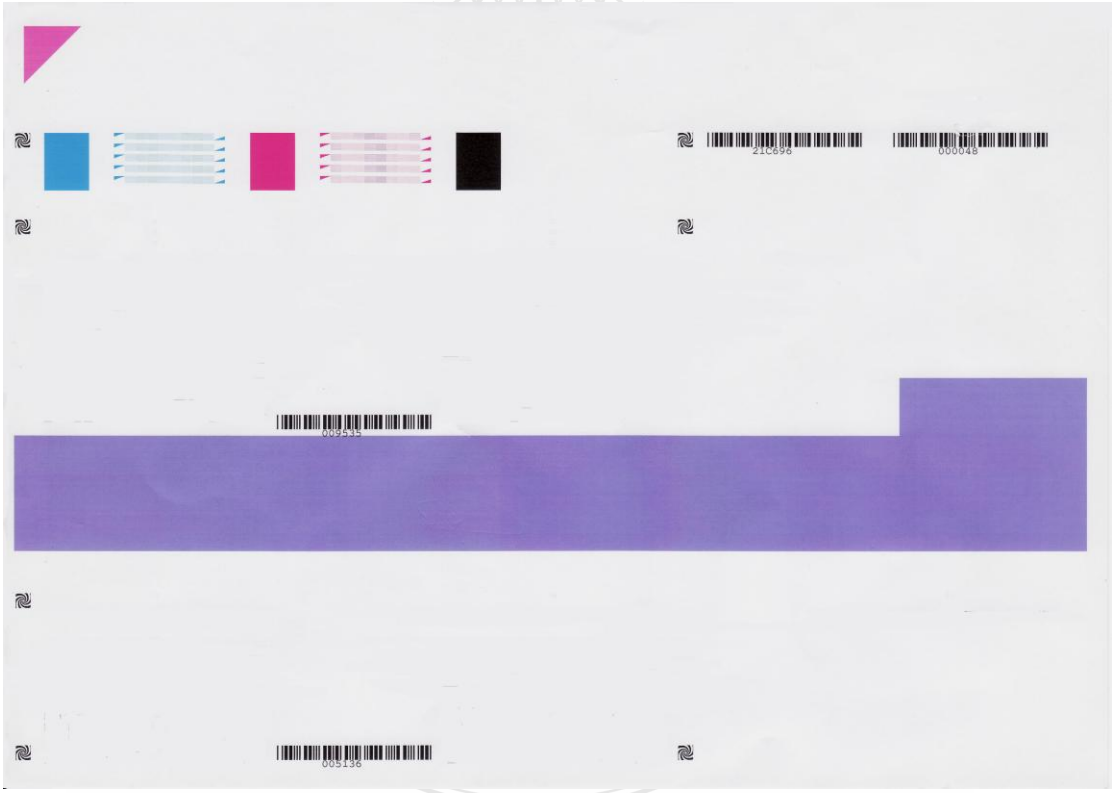


รูปที่ 3.4 ตัวอย่างภาพพิมพ์ที่ไม่ได้คุณภาพ (ภาพจริงใช้กระดาษ SH300 ขนาด A4)

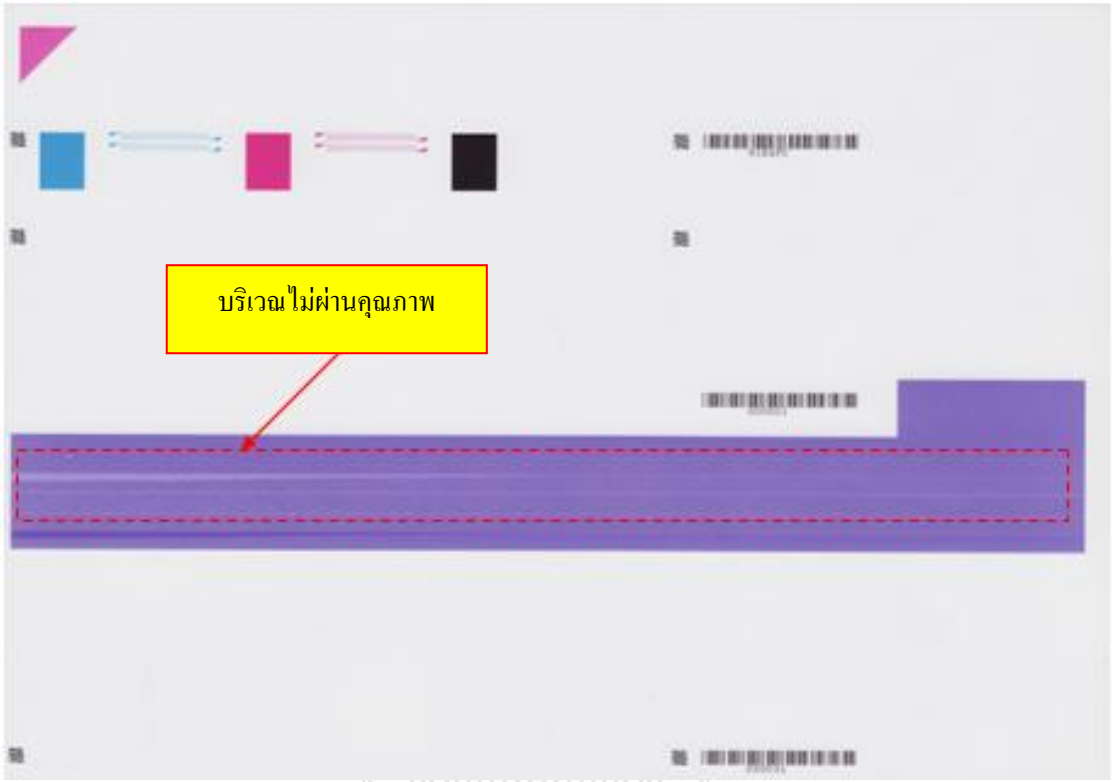
3.1.3 การตรวจสอบคุณภาพของภาพพิมพ์

ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพภาพพิมพ์ โดยเริ่มหลังจากที่พนักงานประกอบเครื่องพิมพ์เรียบร้อย จากนั้นพนักงานประจำสายการผลิตจะทำการพิมพ์ภาพเพื่อตรวจสอบคุณภาพภาพพิมพ์และปรับอัตราการชดเชยในการป้อนกระดาษ ซึ่งการปรับอัตราการชดเชยในการป้อน

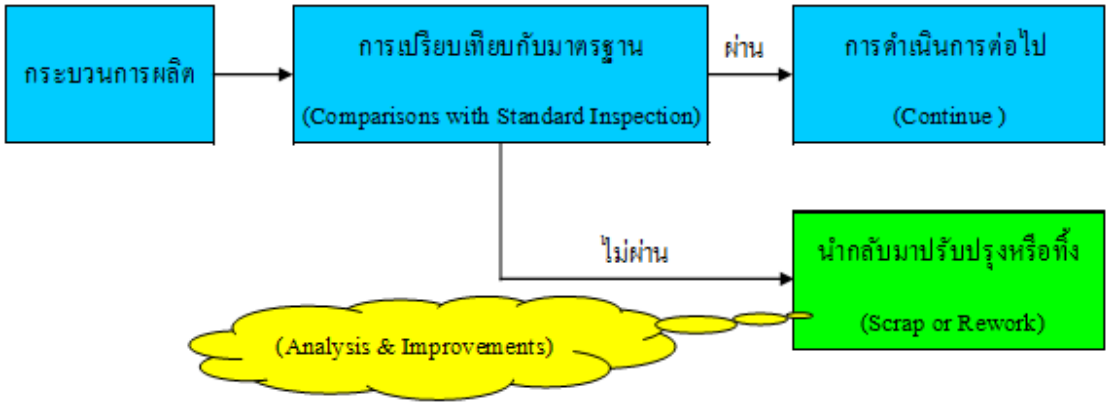
กระดาษจะนำภาพพิมพ์ไปสแกนโดยเครื่องสแกนจะเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ เมื่อทำแล้วเครื่องพิมพ์จะบันทึกค่าอัตราการป้อนกระดาษที่คำนวณจากคอมพิวเตอร์ลงในหน่วยความจำภายในเครื่องพิมพ์ สำหรับการพิมพ์ครั้งต่อไปเครื่องพิมพ์จะใช้อัตราการป้อนกระดาษจากหน่วยความจำและหากภาพพิมพ์ที่ใช้ปรับอัตราการชดเชยในการป้อนกระดาษนั้นมีความผิดปกติ อัตราการชดเชยในการป้อนกระดาษจะมีค่ามากเกินมาตรฐาน คือ 36 ไมครอน ตัวอย่างภาพพิมพ์สำหรับตรวจสอบคุณภาพซึ่งเป็นภาพพิมพ์ผ่านเกณฑ์คุณภาพในสายการผลิต ดังแสดงรูปที่ 3.5 ส่วนภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพจะมีลักษณะระดับความเข้มของสีแตกต่างกันหรือสีเข้มไม่เท่ากันเมื่อมองด้วยสายตา ตัวอย่างภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพในสายการผลิตดังแสดงรูปที่ 3.6 เมื่อพิมพ์ภาพจากเครื่องพิมพ์พนักงานนำภาพไปเปรียบเทียบกับภาพพิมพ์ที่เป็นภาพมาตรฐาน ซึ่งผลการตรวจสอบหากผ่านเกณฑ์ เครื่องพิมพ์จะถูกดำเนินการขั้นต่อไปแต่หากเครื่องพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์ เครื่องพิมพ์นั้นจากถูกตรวจสอบสาเหตุร่วมกับวิศวกรและแก้ไขข้อบกพร่องก่อนกลับมาทำการยืนยันคุณภาพอีกครั้ง โดยการปรับระยะการพิมพ์และพิมพ์ภาพเพื่อตรวจสอบอีกครั้ง ดังรูปที่ 3.7 ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพภาพพิมพ์



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างภาพพิมพ์ผ่านเกณฑ์คุณภาพในสายการผลิต (ภาพจริงใช้กระดาษ HR101ขนาด A5)



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพในสายการผลิต (ภาพจริงใช้กระดาษ HR101ขนาด A5)



รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพภาพพิมพ์

3.2 เก็บข้อมูลเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ

จากการศึกษาข้อมูลเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพย้อนหลัง 6 เดือน ในช่วงเดือน พ.ค. - ต.ค. 2552 พบว่าจำนวนเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพมีแนวโน้มเกิด ขึ้นในเครื่องพิมพ์ทุกชนิดที่ทำการผลิต ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และจากตารางที่ 1.1 (บทที่ 1) ในช่วงเดือน พ.ค. - ต.ค. 2552 พบว่ามีจำนวนเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ 2,713 เครื่อง

ตารางที่ 3.1 ชนิดเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพในช่วงเดือน พ.ค. - ต.ค. 2552

เดือน/ชนิด	HQ73	HN76	HN77	HN79	JN71	JN72	JN74	JN75	JN77	JQ73	รวม/เดือน
พฤษภาคม	33	-	53	17	-	-	-	-	2	-	105
มิถุนายน	41	4	15	12	-	-	-	-	4	-	76
กรกฎาคม	23	2	23	4	67	133	18	0	7	13	290
สิงหาคม	-	4	-	-	281	157	156	38	39	511	1,186
กันยายน	-	17	-	-	188	293	90	17	40	94	739
ตุลาคม	-	-	-	-	20	107	124	26	2	38	317
รวม/ชนิด	97	27	91	33	556	690	388	81	94	656	2,713

ตารางที่ 3.2 ค่าใช้จ่ายแก้ไขเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพในช่วงเดือน พ.ค. - ต.ค. 2552

เดือน	จำนวนเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ (เครื่อง)	เปอร์เซ็นต์เครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ	ค่าใช้จ่ายในการแก้ไขเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ (บาท)
พฤษภาคม	105	0.03%	1,764
มิถุนายน	76	0.03%	1,277
กรกฎาคม	290	0.05%	4,872
สิงหาคม	1,186	0.25%	19,925
กันยายน	739	0.16%	12,415
ตุลาคม	317	0.06%	5,326
รวม	2,713	0.10%	45,578
เฉลี่ย/เดือน	452	0.02%	7,596

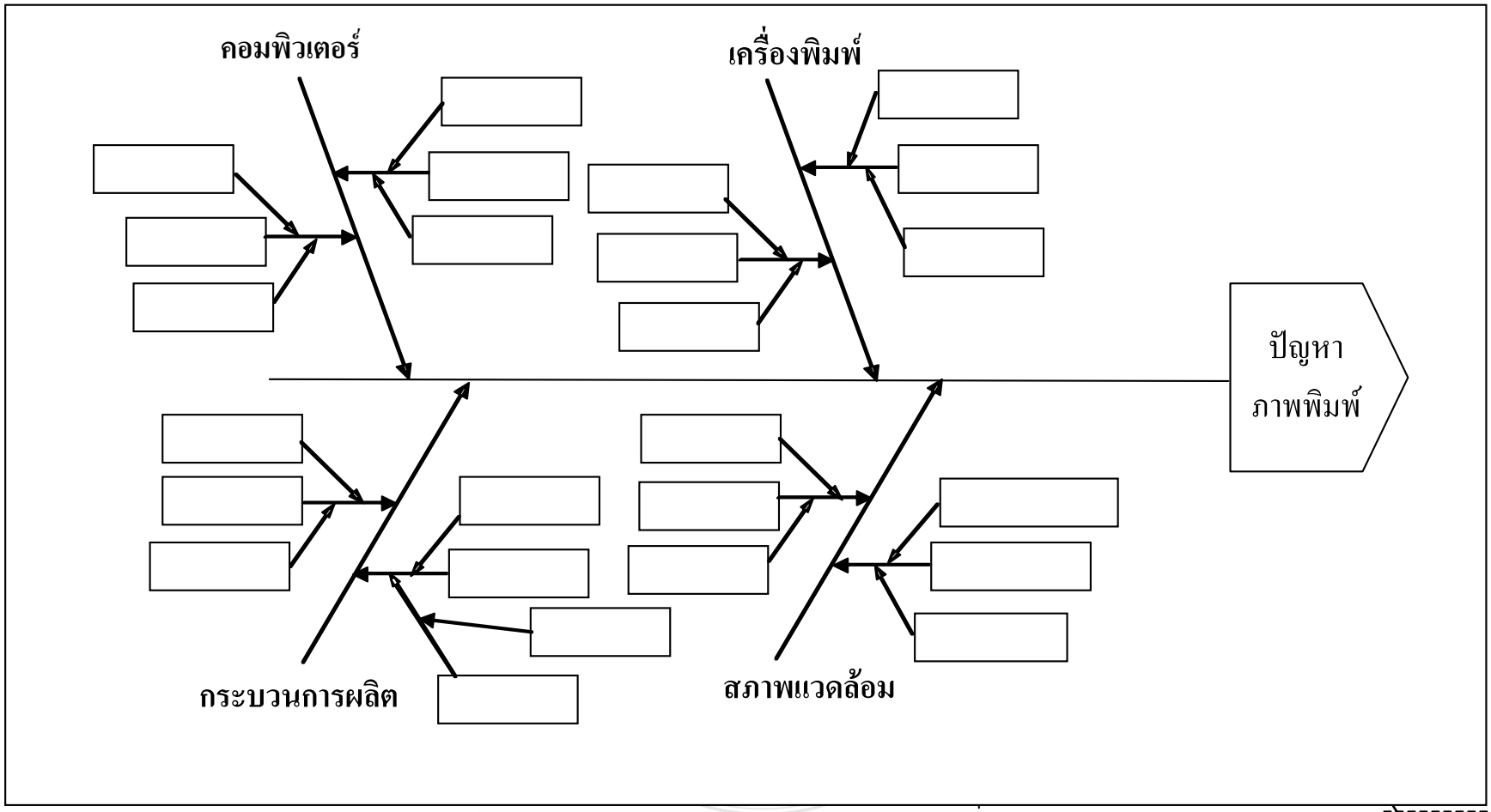
ซึ่งก่อให้เกิดเป็นค่าใช้จ่ายแก้ไขเครื่องพิมพ์ เฉลี่ย 7,596 บาทต่อเดือน จากตารางที่ 3.2 แสดงค่าใช้จ่ายแก้ไขเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพในช่วงเดือน พ.ค. - ต.ค. 2552 จะเห็นได้ว่าจำนวนเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพเฉลี่ยต่อเดือนก่อนการปรับปรุงมีจำนวน 452 เครื่องต่อเดือน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบผลกับจำนวนเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพหลังการปรับปรุง

3.3 วิเคราะห์สาเหตุด้วยเครื่องมือควบคุมคุณภาพ

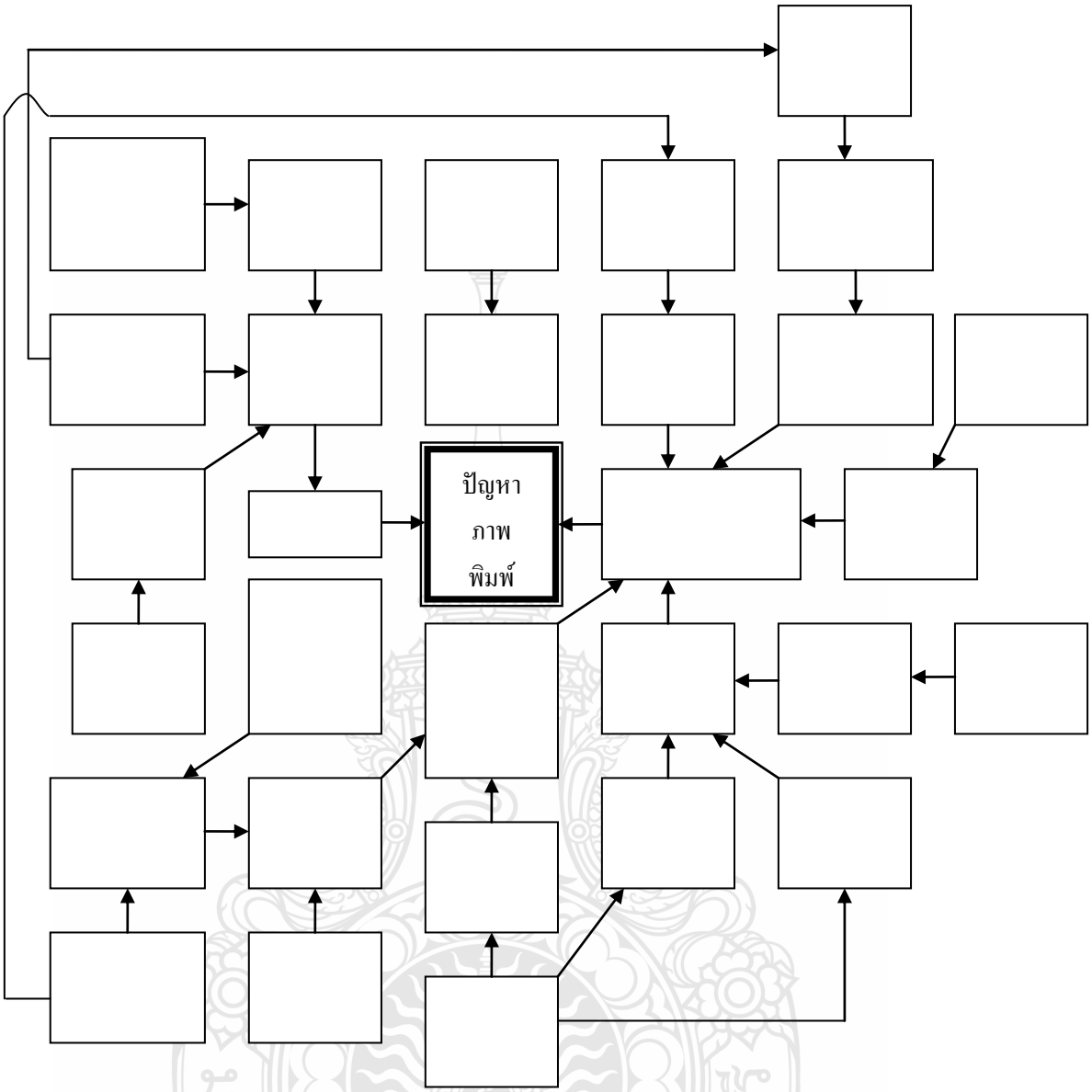
งานวิจัยนี้นำเครื่องมือควบคุมคุณภาพและเครื่องควบคุมคุณภาพยุคใหม่มาใช้ 2 เครื่องมือคือ ผังแสดงเหตุและผล และแผนผังความสัมพันธ์ ทั้ง 2 เครื่องมือจะดำเนินการผ่านการระดมสมองของทีมภายในหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยสำหรับงานวิจัยนี้ ทีมงานประกอบด้วยสมาชิก 4 คน ได้แก่ ผู้วิจัย กับวิศวกรอีก 1 ท่านและเทคนิเชี่ยน 2 ท่าน ผังแสดงเหตุและผลประกอบด้วยส่วนต่างๆส่วนปัญหาหรือผลลัพธ์ (Problem or Effect) ซึ่งจะแสดงอยู่ที่ด้านขวามือสุด ส่วนสาเหตุ (Causes) จะสามารถแยกย่อยออกได้อีกเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปัญหา โดยมีลำดับการเขียน 6 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. กำหนดประโยคปัญหาที่ด้านขวามือสุด
2. กำหนดกลุ่มปัจจัยที่จะทำให้เกิดปัญหา
3. ระดมสมองเพื่อหาสาเหตุในแต่ละปัจจัย
4. หาสาเหตุหลักของปัญหา
5. จัดลำดับความสำคัญของสาเหตุ
6. ใช้แนวทางการปรับปรุงที่จำเป็น

เมื่อระดมความคิดค้นหาสาเหตุแห่งปัญหาได้แล้ว ปัจจัยที่ผู้วิจัยใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย เครื่องพิมพ์ คอมพิวเตอร์ สภาพแวดล้อมและกระบวนการผลิต ก็ช่วยกันระดมความคิดหาวิธีแก้ปัญหาต่อไปโดยพิจารณาในแต่ละสาเหตุย่อยหาวิธีแก้ และเขียนวิธีแก้ลงไปในผังแสดงเหตุและผล เขียนสาเหตุลงในก้างปลาย่อย เมื่อเราเขียนสาเหตุแต่ละสาเหตุลงในก้างปลาย่อยจะทำให้เราเห็นต้นเหตุของปัญหาอย่างชัดเจนดังแสดงในโครงสร้างดังรูปที่ 3.8 ส่วนแผนผังความสัมพันธ์ จะถูกใช้ในการสรุปความสัมพันธ์ ที่มีผลกระทบกันอย่างซับซ้อนเกินกว่าที่จะใช้แผนผังเหตุและผลอธิบายให้มีความชัดเจนขึ้น โดยแผนผังความสัมพันธ์ มีลำดับวิธีสร้าง 7 ขั้นตอนดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.8 โครงสร้างผังแสดงเหตุและผล



รูปที่ 3.9 โครงสร้างแผนผังความสัมพันธ์

1. นำปัญหาที่ต้องการหาสาเหตุมาไว้ที่จุดกึ่งกลางของกระดาษ ในขั้นตอนนี้เราจะต้องให้ความสำคัญกับประโยคของปัญหาเป็นอย่างมาก กล่าวคือประโยคของปัญหาต้องชัดเจน คือ ปัญหาภาพพิมพ์

2. ระบุสาเหตุของปัญหานั้นสมาชิกกลุ่มหรือผู้ร่วมทีมแต่ละคน ลองระบุถึงสาเหตุที่เป็นไปได้ที่ทำให้ปัญหานั้นเกิดขึ้น เพื่อยืนยันว่าสมาชิกทุกคนเข้าใจปัญหาที่ว่าไว้จริง ๆ ซึ่งถ้าสมาชิกแต่ละท่านยังไม่สามารถระบุสาเหตุได้ หรือระบุแล้วแต่ยังไม่ชัดเจนก็อาจจะต้องเปลี่ยนประโยคปัญหา หรือเปลี่ยนปัญหาใหม่

3. จัดเตรียมบัตร (Card) เมื่อมั่นใจว่าทุกคนเข้าใจปัญหาดีแล้ว ก็ให้สมาชิกแต่ละคนเริ่มเขียนสาเหตุที่มีความเกี่ยวข้องกับปัญหา โดยเขียนสาเหตุเหล่านั้นลงในบัตร 1 แผ่นต่อ 1 สาเหตุ ซึ่งต่อไปนี้เราจะเรียกบัตรนี้ว่า “บัตรข้อความ”

4. สร้างผังของบัตรข้อความในขั้นตอนนี้จะเป็นการเริ่มหาความสัมพันธ์ของบัตรข้อความ (สาเหตุ) กับปัญหา และความสัมพันธ์ระหว่างบัตรข้อความด้วยกันเอง ดังต่อไปนี้

ก. นำบัตรข้อความแผ่นเล็กๆที่ได้จากสมาชิกกลุ่มทุกคนมากระจายให้ทั่วกระดาษแผ่นใหญ่ ๆ

ข. จากนั้นนำบัตรข้อความที่มีเนื้อความคล้าย ๆ กันรวมเข้าไว้ด้วยกัน

ค. กลุ่มข้อความกลุ่มใดมีความสัมพันธ์อย่างมากกับปัญหาให้โยกมาไว้ใกล้ ๆ กัน

5. กำหนดสาเหตุตามลำดับขั้นจากขั้นตอนที่ 4 เราจะได้ความสัมพันธ์คร่าวๆของแต่ละกลุ่มแล้วขั้นต่อไปให้ยึดบัตรข้อความทีละใบและดูว่าเป็นเหตุเป็นผลกับบัตรข้อความใบอื่น ๆ บ้างหรือไม่ หากเป็นเหตุเป็นผลกันให้ลากเส้นลูกศร โดยให้หางลูกศรอยู่ที่สาเหตุ และหัวลูกศรอยู่ที่ปัญหา

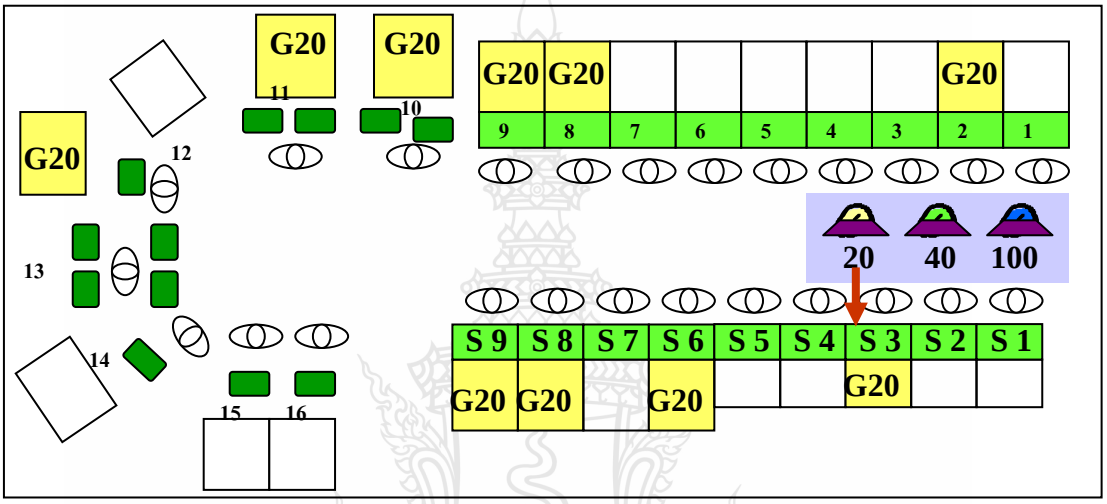
6. แสดงความสัมพันธ์ของแผนผังจากขั้นตอนที่ 5 เราจะได้ความสัมพันธ์ในแต่ละลำดับขั้นแต่ก็ยังไม่เรียกว่ามีความสมบูรณ์ เพราะว่าสาเหตุเหล่านั้นอาจมีความสัมพันธ์ขึ้นตรงต่อกัน หรือข้ามขั้นกันก็ได้

7. เมื่อเขียนแผนผังความสัมพันธ์เสร็จสมบูรณ์ การอ่านแผนผังความสัมพันธ์นี้ให้เริ่มอ่านจากกล่องที่มีหางลูกศรออกมากที่สุดก่อน โดยหางลูกศรจะหมายถึงสาเหตุ และหัวลูกศรจะหมายถึงผล โครงสร้างของแผนผังความสัมพันธ์แสดงดังรูปที่ 3.9

3.4 วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

ผู้วิจัยค้นหาปัจจัยต่างๆในสายผลิตและคาดว่าน่าจะเป็นต้นเหตุให้ภาพพิมพ์ที่พิมพ์ออกมาไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพเพื่อนำไปทดสอบว่าปัจจัยดังกล่าวส่งผลกระทบต่อการผลิตประการใด เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงสายผลิตต่อไป เริ่มค้นหาปัจจัยที่คาดว่าสามารถทำให้เกิดปัญหาเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพจากสายการผลิตเป็นอันดับแรก เนื่องสายการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมของโรงงานสามารถควบคุมและปรับปรุงได้เลย โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายมากเพราะสายการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาตัวอย่างแห่งนี้ใช้สายการผลิตแบบเซล (Cell) ดังแสดงในรูปที่ 3.10 ซึ่งมีข้อดีของสายการผลิตแบบดังกล่าวนี้ จะมีขนาดเล็กสามารถปรับปรุงให้เข้ากับสภาพการทำงานจริงได้สะดวก ผู้วิจัยเริ่มจากการการแบ่งประชากรออกเป็น 2 กลุ่มสำหรับสุ่มตัวอย่างเครื่องพิมพ์ ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพและเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ผ่านเกณฑ์คุณภาพ ด้วยการวิธีสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น จากนั้นจึงทำการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาทำการศึกษา จำนวน 5 เครื่องต่อรุ่นการผลิตจากสายการผลิตที่ผลิตอยู่ในโรงงานกรณีศึกษาตัวอย่างในขณะนั้น จำนวน 10 รุ่น แบ่งเป็นการสุ่มจำนวน 1 เครื่อง/กลุ่ม จาก 5 ช่วงการผลิต คือ เช้าได้แก่ช่วงเวลา 8.00 น.ถึง 10.00 น. และช่วงเวลา 10.08 ถึง 12.00 น. ช่วง

บ่ายได้แก่ 13.00 น.ถึง 15.00 น.และช่วงเวลา 15.07 น.ถึง 17.00น. ช่วงทำงานร่วงเวลา 17.20 น.ถึง 19.20 น. ค่าตัวแปรที่ทำการเปรียบเทียบ คือ อัตราชดเชยระยะการพิมพ์ ซึ่งเครื่องที่ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพจะมีอัตราชดเชยระยะการพิมพ์มากกว่าหรือเท่ากับ 36 ไมครอน และเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ผ่านเกณฑ์คุณภาพจะมีอัตราชดเชยระยะการพิมพ์น้อยกว่า 36 ไมครอน บันทึกผลลงโปรแกรม Minitab ดังแสดงค่าในตารางที่ 3.3 โดยเลือกใช้ One-Way ANOVA ในการเปรียบเทียบ แต่ก่อนการทดสอบ



รูปที่ 3.10 จำลองสายการผลิตแบบเซล

ANOVA ใช้โปรแกรม Minitab ทดสอบความพอเพียงของแบบจำลอง (Model Adequacy Check) จากกราฟแปลงส่วนตกค้างสำหรับผล (Residual Plots for Result) ทั้ง 4 ชนิดเพื่อการทดสอบแบบ Parametric โดยข้อมูลต้องมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ ดัง 4 เงื่อนไข

ก. จุดน่าจะเป็นปกติ (Normal Probability Plot) ของส่วนตกค้าง (Residual) ต้องเป็นกราฟเส้นตรง

ข. ฮิสโตแกรมของส่วนตกค้างต้องการกระจายแบบปกติหรือแบบสุ่มซึ่งทั้งข้อ ก และข้อ ข เป็นการตรวจสอบว่ากลุ่มข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

ค. ระดับเหมาะสมต่อต้านส่วนตกค้าง (Residual Plot Versus Fitted Value) ต้องมีการกระจายแบบสุ่ม (อยู่เหนือและใต้เส้นกึ่งกลางพอๆ กัน) เพื่อตรวจสอบความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มต้องเท่ากัน

ง. ลำดับต่อต้านส่วนตกค้าง (Residual Plot Versus the Order (time)) กระจายแบบสุ่มเพื่อตรวจสอบความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มคงที่

ตารางที่ 3.3 สุ่มเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านและผ่านเกณฑ์คุณภาพ

ลำดับ	เครื่องพิมพ์	ผลการตรวจสอบ	อัตราการชดเชย (ไมครอน)	ลำดับ	เครื่องพิมพ์	ผลการตรวจสอบ	อัตราการชดเชย (ไมครอน)
1	เครื่องที่ 1	ไม่ผ่าน	36	1	เครื่องที่ 1	ผ่าน	10
2	เครื่องที่ 2	ไม่ผ่าน	39	2	เครื่องที่ 2	ผ่าน	3
3	เครื่องที่ 3	ไม่ผ่าน	36	3	เครื่องที่ 3	ผ่าน	11
4	เครื่องที่ 4	ไม่ผ่าน	39	4	เครื่องที่ 4	ผ่าน	16
5	เครื่องที่ 5	ไม่ผ่าน	41	5	เครื่องที่ 5	ผ่าน	13
6	เครื่องที่ 6	ไม่ผ่าน	36	6	เครื่องที่ 6	ผ่าน	11
7	เครื่องที่ 7	ไม่ผ่าน	38	7	เครื่องที่ 7	ผ่าน	12
8	เครื่องที่ 8	ไม่ผ่าน	39	8	เครื่องที่ 8	ผ่าน	1
9	เครื่องที่ 9	ไม่ผ่าน	37	9	เครื่องที่ 9	ผ่าน	11
10	เครื่องที่ 10	ไม่ผ่าน	36	10	เครื่องที่ 10	ผ่าน	7
11	เครื่องที่ 11	ไม่ผ่าน	38	11	เครื่องที่ 11	ผ่าน	12
12	เครื่องที่ 12	ไม่ผ่าน	38	12	เครื่องที่ 12	ผ่าน	17
13	เครื่องที่ 13	ไม่ผ่าน	37	13	เครื่องที่ 13	ผ่าน	6
14	เครื่องที่ 14	ไม่ผ่าน	38	14	เครื่องที่ 14	ผ่าน	9
15	เครื่องที่ 15	ไม่ผ่าน	37	15	เครื่องที่ 15	ผ่าน	9
16	เครื่องที่ 16	ไม่ผ่าน	40	16	เครื่องที่ 16	ผ่าน	10
17	เครื่องที่ 17	ไม่ผ่าน	36	17	เครื่องที่ 17	ผ่าน	10
18	เครื่องที่ 18	ไม่ผ่าน	36	18	เครื่องที่ 18	ผ่าน	10
19	เครื่องที่ 19	ไม่ผ่าน	36	19	เครื่องที่ 19	ผ่าน	16
20	เครื่องที่ 20	ไม่ผ่าน	38	20	เครื่องที่ 20	ผ่าน	8
21	เครื่องที่ 21	ไม่ผ่าน	36	21	เครื่องที่ 21	ผ่าน	11
22	เครื่องที่ 22	ไม่ผ่าน	37	22	เครื่องที่ 22	ผ่าน	11
23	เครื่องที่ 23	ไม่ผ่าน	39	23	เครื่องที่ 23	ผ่าน	9
24	เครื่องที่ 24	ไม่ผ่าน	37	24	เครื่องที่ 24	ผ่าน	8
25	เครื่องที่ 25	ไม่ผ่าน	37	25	เครื่องที่ 25	ผ่าน	11

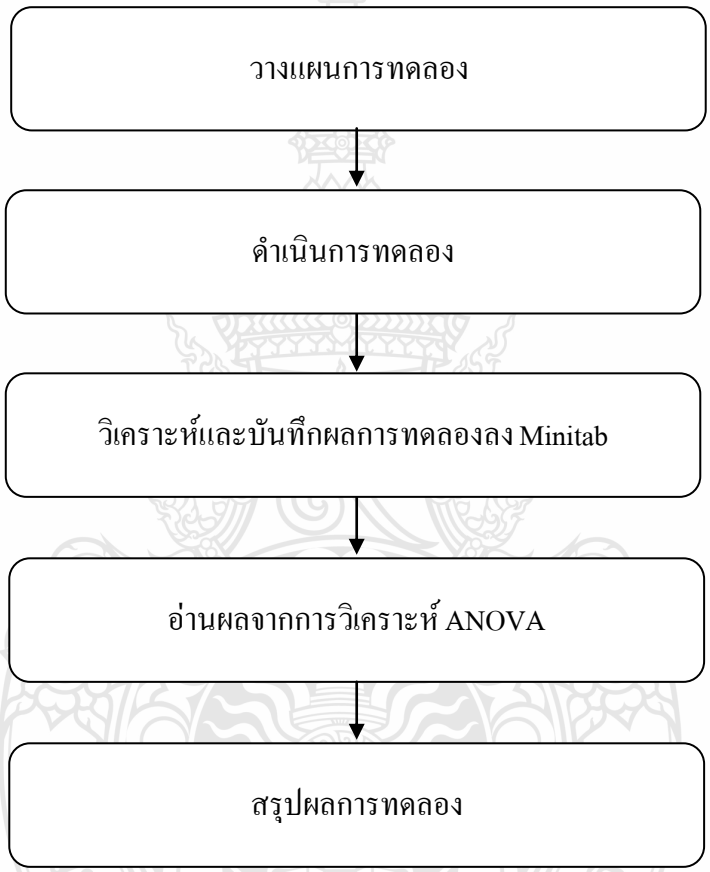
ตารางที่ 3.3 สุ่มเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านและผ่านเกณฑ์คุณภาพ (ต่อ)

ลำดับ	เครื่องพิมพ์	ผลการตรวจสอบ	อัตราการชดเชย (ไมครอน)	ลำดับ	เครื่องพิมพ์	ผลการตรวจสอบ	อัตราการชดเชย (ไมครอน)
26	เครื่องที่ 26	ไม่ผ่าน	37	26	เครื่องที่ 26	ผ่าน	11
27	เครื่องที่ 27	ไม่ผ่าน	36	27	เครื่องที่ 27	ผ่าน	23
28	เครื่องที่ 28	ไม่ผ่าน	36	28	เครื่องที่ 28	ผ่าน	8
29	เครื่องที่ 29	ไม่ผ่าน	40	29	เครื่องที่ 29	ผ่าน	5
30	เครื่องที่ 30	ไม่ผ่าน	36	30	เครื่องที่ 30	ผ่าน	13
31	เครื่องที่ 31	ไม่ผ่าน	41	31	เครื่องที่ 31	ผ่าน	13
32	เครื่องที่ 32	ไม่ผ่าน	45	32	เครื่องที่ 32	ผ่าน	8
33	เครื่องที่ 33	ไม่ผ่าน	41	33	เครื่องที่ 33	ผ่าน	14
34	เครื่องที่ 34	ไม่ผ่าน	36	34	เครื่องที่ 34	ผ่าน	9
35	เครื่องที่ 35	ไม่ผ่าน	36	35	เครื่องที่ 35	ผ่าน	14
36	เครื่องที่ 36	ไม่ผ่าน	44	36	เครื่องที่ 36	ผ่าน	17
37	เครื่องที่ 37	ไม่ผ่าน	38	37	เครื่องที่ 37	ผ่าน	8
38	เครื่องที่ 38	ไม่ผ่าน	37	38	เครื่องที่ 38	ผ่าน	20
39	เครื่องที่ 39	ไม่ผ่าน	40	39	เครื่องที่ 39	ผ่าน	14
40	เครื่องที่ 40	ไม่ผ่าน	37	40	เครื่องที่ 40	ผ่าน	17
41	เครื่องที่ 41	ไม่ผ่าน	39	41	เครื่องที่ 41	ผ่าน	8
42	เครื่องที่ 42	ไม่ผ่าน	44	42	เครื่องที่ 42	ผ่าน	25
43	เครื่องที่ 43	ไม่ผ่าน	40	43	เครื่องที่ 43	ผ่าน	9
44	เครื่องที่ 44	ไม่ผ่าน	39	44	เครื่องที่ 44	ผ่าน	13
45	เครื่องที่ 45	ไม่ผ่าน	39	45	เครื่องที่ 45	ผ่าน	12
46	เครื่องที่ 46	ไม่ผ่าน	38	46	เครื่องที่ 46	ผ่าน	14
47	เครื่องที่ 47	ไม่ผ่าน	37	47	เครื่องที่ 47	ผ่าน	16
48	เครื่องที่ 48	ไม่ผ่าน	38	48	เครื่องที่ 48	ผ่าน	6
49	เครื่องที่ 49	ไม่ผ่าน	38	49	เครื่องที่ 49	ผ่าน	13
50	เครื่องที่ 50	ไม่ผ่าน	36	50	เครื่องที่ 50	ผ่าน	19

อ่านค่า P-Value ที่ได้จากโปรแกรม Minitab ตารางสรุป ANOVA พบว่าค่า P-Value มีค่าน้อยกว่าหรือมากกว่า ค่า $\alpha = 0.05$ เพื่อพิสูจน์ว่าเครื่องที่ผ่านและไม่ผ่านมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 หรือไม่

3.5 ออกแบบการทดลอง

ขั้นตอนการวางแผนออกแบบการทดลองสามารถเขียนอธิบายเป็นขั้นตอนให้เข้าใจได้ง่ายดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ขั้นตอนการวางแผนออกแบบการทดลอง

3.5.1 ขั้นตอนการวางแผนออกแบบการทดลอง

ก. ผู้วิจัยออกแบบการทดลองโดยเลือกแบบ 2^k และการทดลองแบบสุ่มเนื่องจากวิธีนี้สามารถให้ความเชื่อมั่นของข้อมูลที่ได้จากการทดลองสูง

ข. นำแผนผังการออกแบบการทดลอง (Work Sheet) ที่ได้จากการออกแบบไปเตรียมบันทึกผลการทดลองและดำเนินการทดลองตามลำดับแผนผังการออกแบบการทดลอง

ค. นำผลการทดลองจากการบันทึกอัตราระยะชดเชยการป้อนกระดาษในแผนผังการออกแบบการทดลองบันทึกลงในโปรมแกรม Minitab

ง. คำนวณความแปรปรวนของอัตราระยะชดเชยการป้อนกระดาษการทดลอง

จ. สรุปผลการทดลองโดยนำผลการทดลองมาวิเคราะห์

3.5.2 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

ก. ดำเนินการออกแบบการทดลองใน Minitab โดยเลือกการทดลองแบบ 2^3 ออกแบบให้ใช้ Full Factorial และการทำซ้ำ 2 ครั้ง (Replicates) กำหนด Number of blocks 1 เลือกการออกแบบRandomize Runs เพื่อความเชื่อมั่นที่สูง

ข. นำแผนผังการออกแบบการทดลองที่ได้จากการออกแบบ ไปเตรียมบันทึกผล (Result) อัตราการชดเชยในการป้อนกระดาษที่ได้จากการทดลอง

ตารางที่ 3.4 แผนผังการออกแบบการทดลอง

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	Result
1	1	1	1	-1	-1	-1	
2	2	1	1	1	-1	-1	
3	3	1	1	-1	1	-1	
4	4	1	1	1	1	-1	
5	5	1	1	-1	-1	1	
6	6	1	1	1	-1	1	
7	7	1	1	-1	1	1	
8	8	1	1	1	1	1	
9	9	1	1	-1	-1	-1	
10	10	1	1	1	-1	-1	
11	11	1	1	-1	1	-1	
12	12	1	1	1	1	-1	
13	13	1	1	-1	-1	1	
14	14	1	1	1	-1	1	
15	15	1	1	-1	1	1	
16	16	1	1	1	1	1	

ค. ดำเนินการประกอบเครื่องพิมพ์สำหรับใช้ทดลอง โดยใช้ปัจจัยต่างๆเรียงตามลำดับที่ตัวอย่างในตารางที่ 3.4

ง. ดำเนินการทดลองโดยการนำเครื่องพิมพ์ที่เตรียมไว้เข้ากระบวนการ โดยเลือกใช้ลำดับการทดลองแบบสุ่มโดยเลือกลำดับสุ่มจากโปรแกรม Minitab ตัวอย่างในตารางที่ 3.5

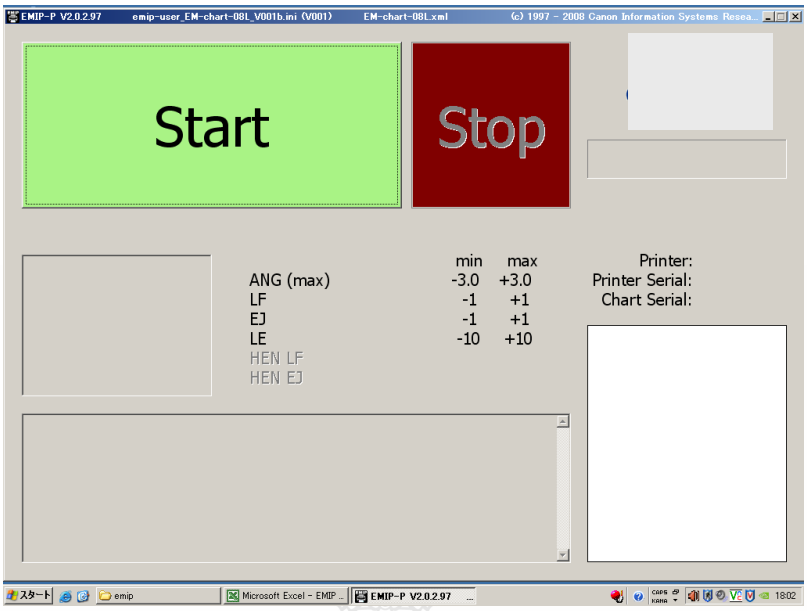
ตารางที่ 3.5 แผนผังการออกแบบการทดลองแบบสุ่ม

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	Result
4	1	1	1	1	1	-1	
12	2	1	1	1	1	-1	
2	3	1	1	1	-1	-1	
7	4	1	1	-1	1	1	
8	5	1	1	1	1	1	
3	6	1	1	-1	1	-1	
13	7	1	1	-1	-1	1	
1	8	1	1	-1	-1	-1	
9	9	1	1	-1	-1	-1	
14	10	1	1	1	-1	1	
15	11	1	1	-1	1	1	
16	12	1	1	1	1	1	
6	13	1	1	1	-1	1	
10	14	1	1	1	-1	-1	
11	15	1	1	-1	1	-1	
5	16	1	1	-1	-1	1	

จ. พิมพ์ภาพสำหรับที่ใช้ในการปรับอัตราชดเชยระยะการพิมพ์พร้อมทั้งใส่ปัจจัยแรงสั่นสะเทือนขณะพิมพ์ภาพดังกล่าว

ฉ. นำภาพที่พิมพ์ไปเข้าเครื่องปรับอัตราชดเชยระยะการพิมพ์โดยเครื่องคอมพิวเตอร์จะต่อสาย USB เข้ากับเครื่องพิมพ์เพื่อทำการปรับค่าที่คำนวณได้ลงในหน่วยความจำของเครื่อง

ช. อ่านผลจากหน้าจอที่เครื่องปรับอัตราชดเชยระยะการพิมพ์ แสดงดังรูปที่ 3.12 ผลคำนวณอัตราชดเชยระยะการพิมพ์ได้และบันทึกผลการทดลองทั้งหมด 16 การทดลองลงในแผนผังการออกแบบการทดลอง



รูปที่ 3.12 หน้าจอที่เครื่องปรับอัตราชดเชยระยะการพิมพ์

3.5.3 ขั้นตอนบันทึกข้อมูลลง Minitab

นำผลการทดลองทั้งหมด 16 การทดลอง บันทึกข้อมูลการทดลองลงในโปรแกรม Minitab เลือกการทดสอบเต็มรูปแบบและอ่านผลการทดสอบความพอเพียงจากกราฟแปลงส่วนที่เหลือสำหรับผล (Residual Plots for Result) ทั้ง 4 ชนิดเพื่อการทดสอบแบบพาราเมตริก ข้อมูลต้องมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ เพื่อความสมบูรณ์ของเงื่อนไขการทดสอบ

3.5.4 ขั้นตอนอ่านผลจากการวิเคราะห์ ANOVA

อ่านผลการวิเคราะห์ ANOVA โดยอ่านค่า P-Value ที่ได้จากตารางสรุป ANOVA ว่าค่า P-Value ของปัจจัยหลักและปัจจัยร่วม ปัจจัยใดมีค่าน้อยกว่า ค่า $\alpha = 0.05$ แสดงว่าปัจจัยตัวนั้นมีอิทธิพลต่ออัตราชดเชยระยะการพิมพ์ หรือหากค่ามากกว่า $\alpha = 0.05$ แสดงว่าปัจจัยตัวนั้นไม่มีอิทธิพลต่ออัตราชดเชยระยะการพิมพ์ เพื่อพิสูจน์ว่าเครื่องที่ผ่านและไม่ผ่านมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 หรือไม่

3.5.5 ขั้นตอนสรุปผลการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์ ANOVA ผู้วิจัยจะทราบว่าปัจจัยหลักทั้ง 3 และปัจจัยร่วมปัจจัยใดบ้างที่มีอิทธิพลต่ออัตราชดเชยระยะการพิมพ์ แล้วเลือกระดับปัจจัยที่ทำให้ค่าความพึงพอใจ (Desirability) เข้าใกล้ 0 มากที่สุดซึ่งจะได้ค่า Y ที่เหมาะสม จากกราฟทดสอบความเหมาะสมระดับปัจจัย

3.6 เสนอวิธีการปรับปรุง

นำผลการทดลองนำเสนอปัจจัยที่ต้องควบคุมต่อทีมงานและจัดประชุม เพื่อชี้แจ้งผู้เกี่ยวข้องแผนกต่างๆได้แก่ แผนก PE, MFG, PRQA, PTQA, เพื่อขออนุมัติการปรับปรุงแก้ไขสายการผลิตตามที่เกิดขึ้นตามผลการทดลอง ขั้นแรกผู้วิจัยนำเสนอแนวทางการปรับปรุงโดยร้องขอให้แต่แผนกปฏิบัติงานดังนี้ แผนก MFG ปรับเปลี่ยนลำดับการปฏิบัติงานในสายการผลิต แผนก PTQA ดำเนินการตรวจสอบขนาดล้อยางแบบใหม่ที่ส่งมาจากผู้ผลิตชิ้นส่วนทำการแบ่งแยกกลุ่มชิ้นส่วนแบบใหม่กับแบบเก่า โดยเพิ่มการติดป้ายข้างกล่องบรรจุแสดงผลผ่านการตรวจสอบจากแผนก PTQA เรียบร้อย แผนก PRQA ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพโดยวิธีการเลือกสุ่มตรวจสอบและยืนยันคุณภาพผลิตภัณฑ์หนึ่งเครื่องต่อการผลิตในสี่ช่วงเวลาต่อวัน (Quarter/Day) หากทุกแผนกสามารถดำเนินการได้ มติที่ประชุมลงความเห็นอนุมัติให้สามารถเริ่มปฏิบัติได้ โดยมีเงื่อนไขจะเริ่มปฏิบัติหลังจากได้รับเอกสารคำสั่งจากแผนก PE ซึ่งเป็นผู้ออกเอกสารชี้แจ้งการเปลี่ยนแปลงมาตรฐานการปฏิบัติงาน (Assembly Work)

3.7 ดำเนินการปรับปรุง

หลังจากที่ประชุมอนุมัติเห็นชอบสามารถให้ปรับปรุงสายการผลิต ผู้วิจัยออกเอกสารร้องขอเปลี่ยนแปลงมาตรฐานการปฏิบัติงาน โดยให้เริ่มมีผลปรับปรุงสายการผลิตเพียงหนึ่งเซลก่อนเพื่อสังเกตความเป็นไปได้สี่ช่วงเวลาปฏิบัติงานเมื่อไม่พบข้อผิดพลาดใดๆ จึงเริ่มขยายผลไปยังสายการผลิตทุกรุ่นในโรงงานกรณีศึกษาตัวอย่าง โดยจะทยอยดำเนินการปรับปรุงสายการผลิตทุกรุ่นเป็นภายในระยะเวลา 1 เดือน เพื่อให้พนักงานประจำจุดได้รับคำชี้แจ้งและทำความเข้าวิธีการปฏิบัติงานจากเอกสารครบถ้วน

3.8 เก็บข้อมูลหลังการปรับปรุง

ระหว่างดำเดินการปรับปรุงมีการเก็บข้อมูลเป็นระยะๆเมื่อครบแผนการปรับปรุง 3 เดือนจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุง โดยการทดสอบสมมุติฐานที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.05 และสร้างเขตปฏิเสธสมมุติฐานว่าง หรือเรียกว่าบริเวณวิกฤต และกำหนดสมมุติฐานทางสถิติที่กำหนดไว้ คือ

$$H_0 : P_1 = P_2$$

$$H_1 : P_1 > P_2$$

P_1 = จำนวนเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพเฉลี่ยต่อเดือนก่อนการปรับปรุง

P_2 = จำนวนเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพเฉลี่ยต่อเดือนหลังการปรับปรุง

เรียกว่าสมมุติฐานแบบ 1 หาง (1-Tailed Upper Hypothesis) โดยผู้วิจัยใช้การคำนวณด้วยโปรแกรม Minitab โดยจะปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 ยอมรับสมมุติฐาน H_1 เมื่อผลการทดสอบสมมุติฐาน จากการอ่านค่า P-Value มีค่าน้อยกว่าค่า $\alpha = 0.05$ แสดงว่าจำนวนเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านและผ่านเกณฑ์คุณภาพเฉลี่ยต่อเดือนหลังการปรับปรุงลดลงอย่างมีนัยสำคัญร้อยละ 95

3.9 กำหนดเป็นมาตรฐานการทำงาน

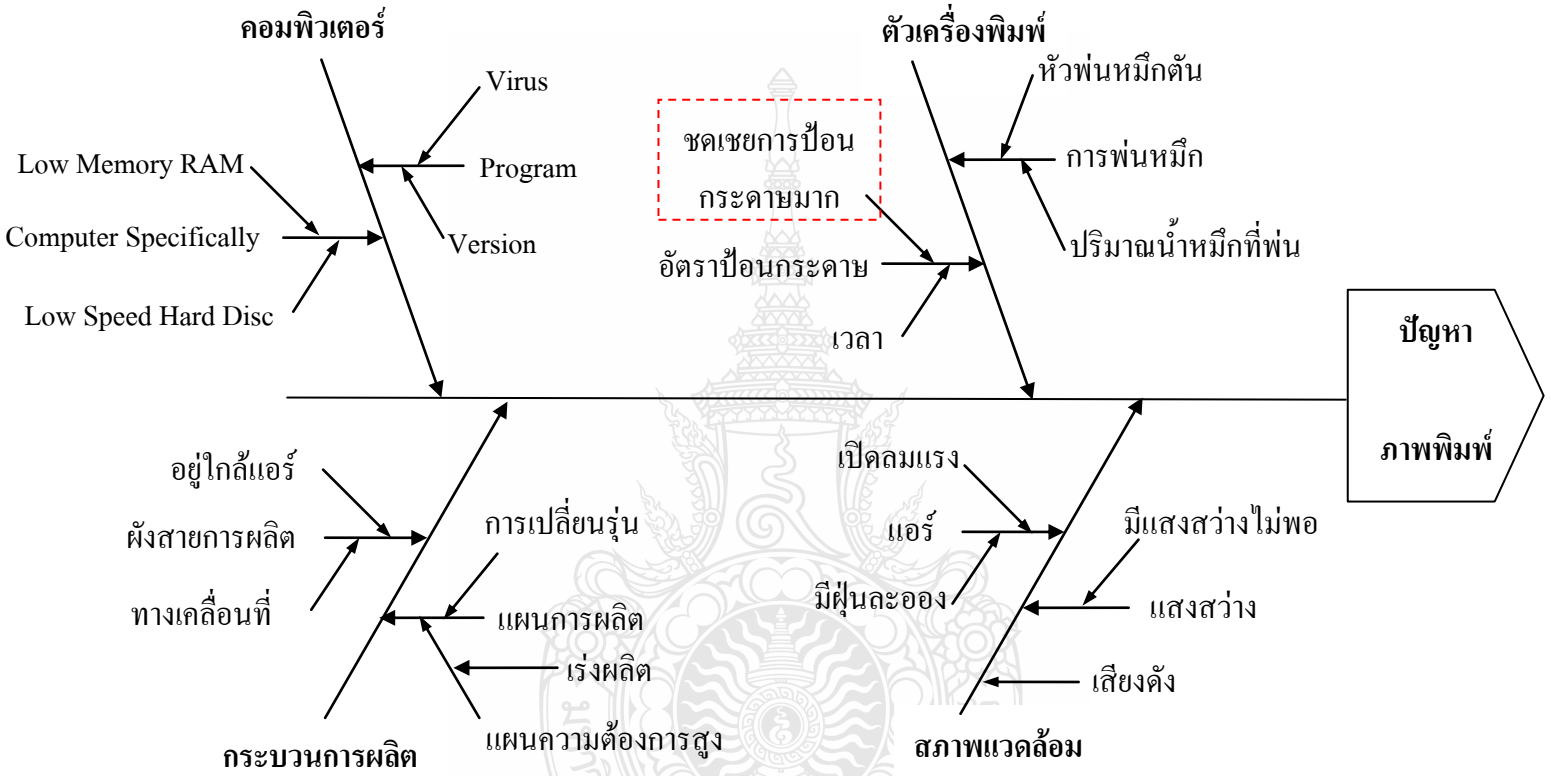
หากผลที่ได้รับหลังจากทำการแก้ไขและปรับปรุงแล้วลดลง จึงจะนำไปกำหนดเป็นระเบียบวิธีการปฏิบัติงาน (Work Standards) เพื่อใช้เป็นแนวทางปฏิบัติเพื่อป้องกันปัญหาเครื่องพิมพ์ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพของทางบริษัทต่อไปหากไม่บรรลุวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยต้องกลับไปลำดับขั้นตอนวิเคราะห์สาเหตุด้วยเครื่องมือควบคุมคุณภาพ ดังแสดงในขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยรูปที่ 3.1

บทที่ 4
ผลการดำเนินการวิจัย

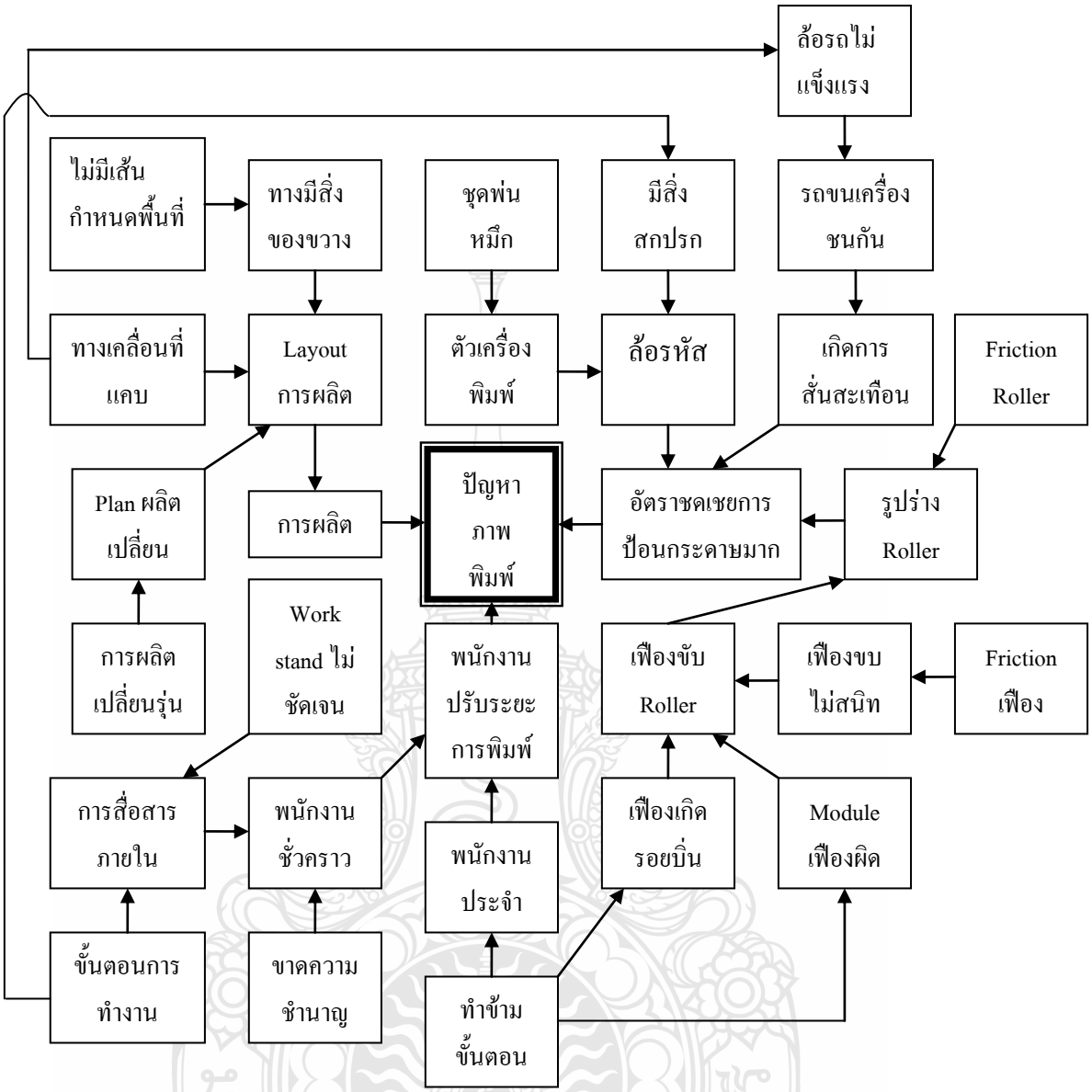
4.1 ผลการวิเคราะห์สาเหตุด้วยเครื่องมือควบคุมคุณภาพ

การค้นหาสาเหตุของปัญหาเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ เพื่อนำไปกำหนดปัจจัยหรือค่าตอบสนองที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยใช้ผังแสดงเหตุและผลและแผนผังความสัมพันธ์ในการระดมสมองเพื่อค้นหาสาเหตุการเกิดปัญหาในการผลิต ซึ่งแสดงถึงความ สัมพันธ์ระหว่างปัญหากับสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ (Possible Cause) ผลการวิเคราะห์สาเหตุ พบว่าสาเหตุของการเกิดปัญหาเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ จากผังแสดงเหตุและผลในรูปที่ 4.1 สรุปเบื้องต้นได้ว่าเครื่องพิมพ์ที่เกิดปัญหานั้น น่าจะมีสาเหตุมาจากอัตราการชดเชยในการป้อนกระดาษขณะพิมพ์ไม่เหมาะสม และจากแผนผังความสัมพันธ์ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของภาพพิมพ์มี 3 ปัจจัยหลัก คือ 1. รูปร่างของล้อยาง 2. ล้อรหัสและ 3. เกิดการสั่นสะเทือน จึงดำเนินการตรวจสอบข้อมูลจากเครื่องมือปรับอัตราการชดเชยในการป้อนกระดาษประจำสายการผลิต โดยได้สุ่มตัวอย่างเครื่องที่ผ่านและไม่ผ่านจำนวน 5 เครื่องต่อรุ่นการผลิตจากสายการผลิต 10 รุ่น รวมทั้งหมด 50 ตัวอย่าง ได้ผลอัตราการชดเชยในการป้อนกระดาษดังตารางที่ 4.1 ซึ่งผลเปรียบเทียบจากการเก็บตัวอย่างทั้ง 50 ตัวอย่างสามารถเขียนเป็นกราฟปกติโค้งและกราฟฮิสโตแกรมด้วยโปรแกรม Minitab แสดงผลดังรูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4

ผลจากการสุ่มเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพจำนวน 50 เครื่องและเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ผ่านเกณฑ์คุณภาพมาเปรียบเทียบอัตราชดเชยระยะการพิมพ์ พบว่าเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพทั้ง 50 เครื่องนั้น มีอัตราการชดเชยในการป้อนกระดาษเกินกว่าที่ทางโรงงานกำหนด คือ 36-45 ไมครอน ซึ่งทางโรงงานกำหนดความสามารถเครื่องต้องชดเชยอัตราในการป้อนกระดาษน้อยกว่า 36 ไมครอน นำเครื่องที่อัตราการชดเชยในการป้อนกระดาษเครื่องที่ผ่านและไม่ผ่านมาเปรียบเทียบจากการสุ่มตัวอย่างจำนวน 50 เครื่อง ด้วยโปรแกรม Minitab และใช้ One-Way ANOVA ในการเปรียบเทียบ



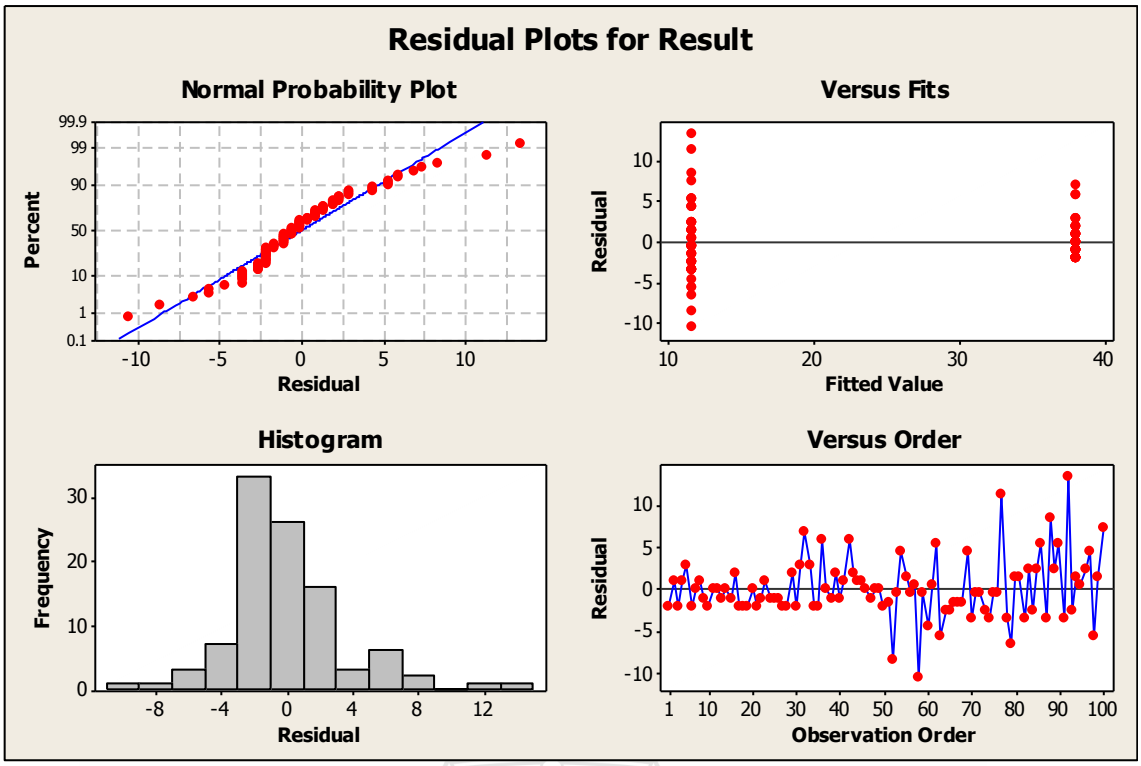
รูปที่ 4.1 ผังแสดงเหตุและผลของปัญหาภาพพิมพ์



รูปที่ 4.2 แผนผังความสัมพันธ์ของปัญหาภาพพิมพ์

4.2 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

ผลทดสอบความพอเพียงจากกราฟแปลงส่วนที่เหลือสำหรับผล ทั้ง 4 ชนิดเพื่อยืนยันผลการทดสอบแบบ Parametric โดยข้อมูลต้องมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ แสดงดังรูปที่ 4.3 สรุปเบื้องต้นได้ว่าเป็นไปตาม 4 เงื่อนไขของการทดสอบ



รูปที่ 4.3 การทดสอบความพอเพียงของแบบจำลอง

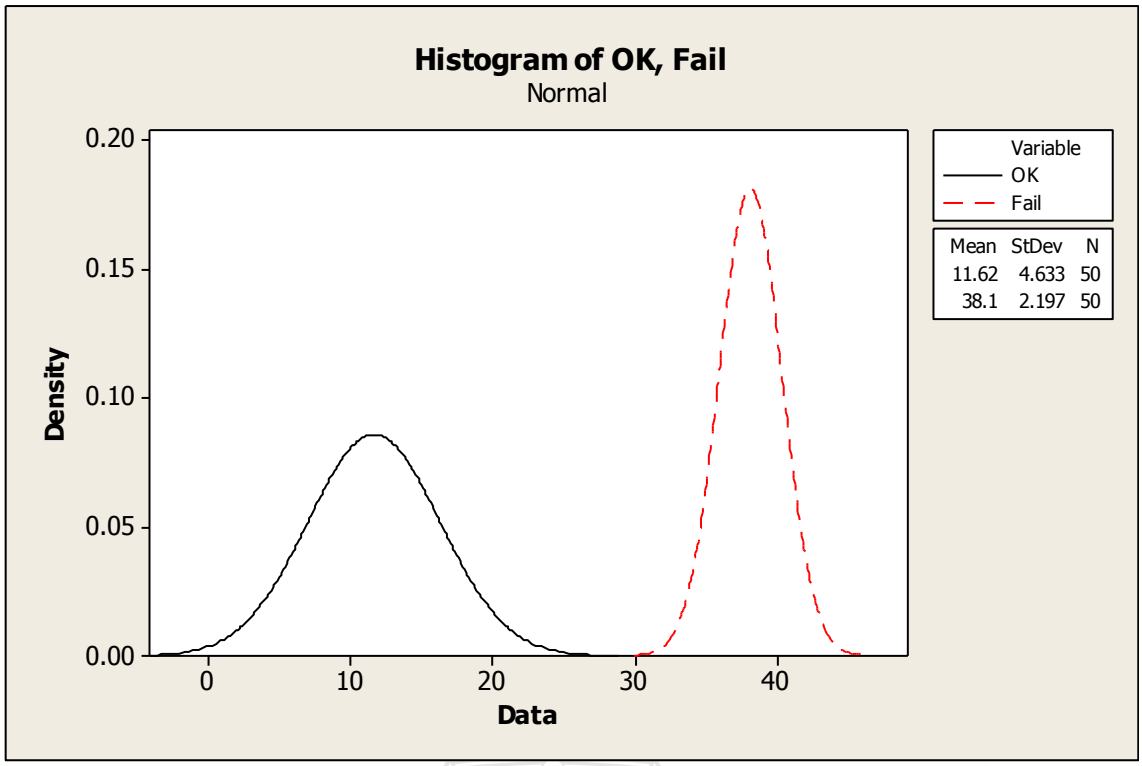
ก. จุดน่าจะเป็นปกติ ของส่วนที่ตกค้างเป็นกราฟเส้นตรง

ข. ฮิสโตแกรมของส่วนตกค้างมีการกระจายแบบปกติซึ่งทั้งข้อ ก และข้อ ข เป็นการยืนยันว่า Y มีการแจกแจงแบบปกติ

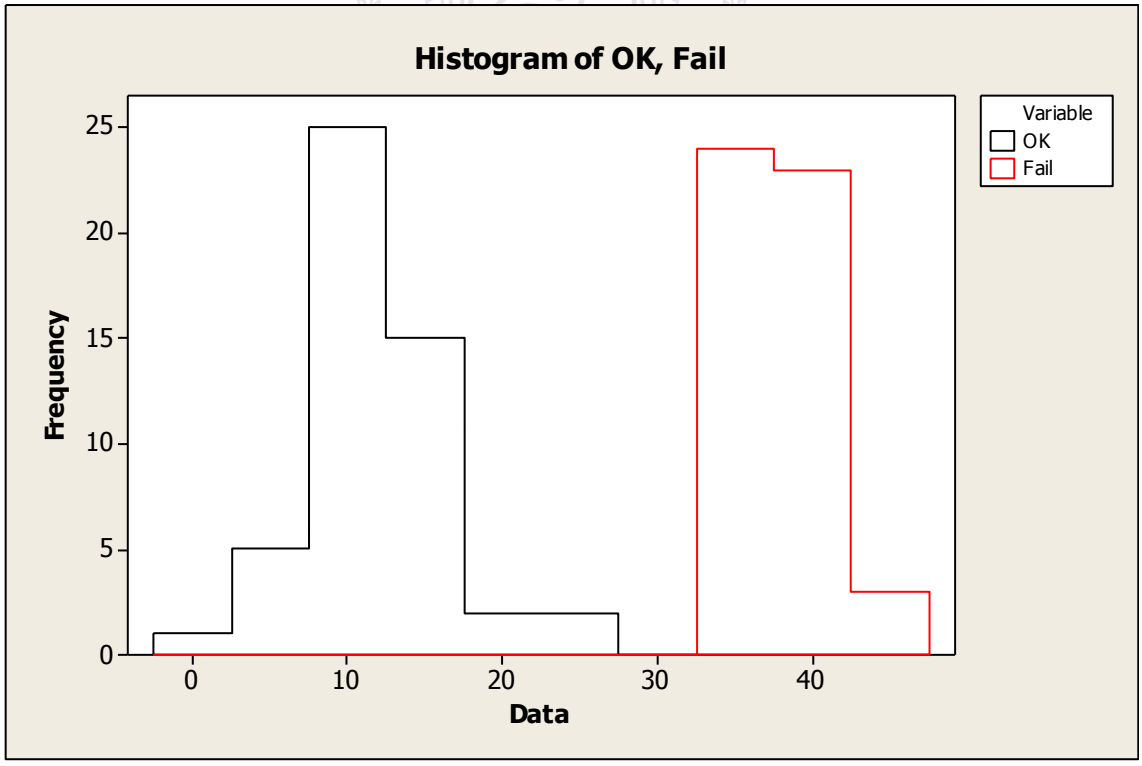
ค. ระดับเหมาะสมต่อต้านส่วนตกค้างมีการกระจายแบบสุ่ม(อยู่เหนือและใต้เส้นกึ่งกลางพอๆ กัน) เป็นการยืนยันว่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มอนุโลมให้เท่ากัน

ง. ลำดับต่อต้านส่วนตกค้างกระจายแบบสุ่มเป็นการยืนยันว่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มอนุโลมใกล้คงที่ จากกราฟมีบางข้อมูลผิดปกติจากการเก็บข้อมูล

และผลจากการกราฟโค้งปกติและฮิสโตแกรมเปรียบเทียบอัตราการชดเชยในการป้อนกระดาษเครื่องที่ผ่านและไม่ผ่านแสดงให้เห็นความแตกต่างกันอย่างชัดเจนยิ่งขึ้นดังแสดงในรูปที่ 4.4 และรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.4 โค้งปกติเปรียบเทียบอัตราการชดเชยในการป้อนกระดาษเครื่องที่ผ่านและไม่ผ่าน



รูปที่ 4.5 ฮีสโตแกรมเปรียบเทียบอัตราการชดเชยในการป้อนกระดาษเครื่องที่ผ่านและไม่ผ่าน

ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เครื่องที่ผ่านและไม่ผ่าน

แหล่งความแปรผัน(Source)	ดีกรีของความอิสระ(DF)	ผลบวกกำลังสอง(SS)	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง(MS)	*F*	*P*
ปัจจัย (Group)	1	17,529.8	17,529.8	1,333.50	0.000
ความผิดพลาดแบบสุ่ม(Error)	98	1,288.3	13.1		
รวม(Total)	99	18,818.0			

S = 3.626 R-Sq = 93.15% R-Sq(adj) = 93.08%

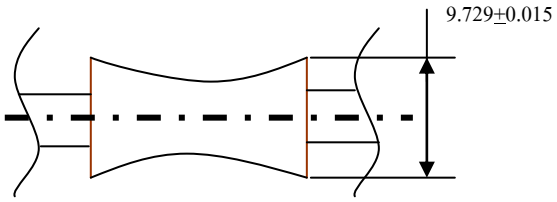
จากตารางสรุป ANOVA พบว่า ค่า P-Value ที่ได้มีค่าเท่ากับ 0.00 ซึ่งน้อยกว่าค่า $\alpha = 0.05$ ที่กำหนดไว้ ดังนั้นแสดงว่า อัตราการชดเชยในการป้อนกระดาษของทั้ง 2 กลุ่ม (เครื่องที่ผ่านและไม่ผ่าน) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ดังแสดงผลในภาคผนวก ก

4.3 ผลวิเคราะห์การออกแบบการทดลอง (DOE)

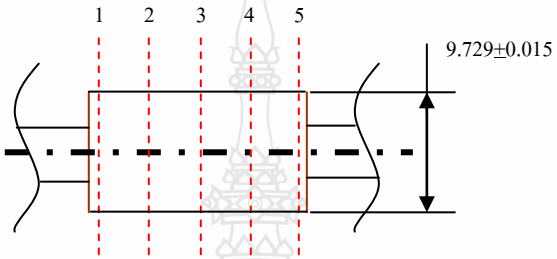
4.3.1 การกำหนดปัจจัย

การกำหนดปัจจัยที่ใช้ในการทดลองผู้ปัจจัยประชุมร่วมกับทีมงานแล้วมีความเห็นตรงกันว่าในสายการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาตัวอย่าง บางปัจจัยไม่สามารถตรวจสอบได้หรือควบคุมไม่ได้ เนื่องจากขอจำกัดบางประการ การทดลองจึงเลือกปัจจัยที่สามารถปรับปรุงได้หากพบความบกพร่องหรือความผิดปกติจากการปฏิบัติงาน การเลือกปัจจัยที่ใช้ในการทดลองดังนี้

ปัจจัย A ผู้วิจัยได้ตรวจขนาดของล้อยาง (Roller Rubber) ที่ใช้ในการผลิตเครื่องพิมพ์โดยทางโรงงานสั่งซื้อจากผู้ผลิตล้อยาง จากการพิจารณาร่วมกับผู้ผลิตล้อยางถึงรูปร่างของล้อยางหลังกระบวนการเจียร (Grinding) พบว่ารูปร่างของล้อยางมีลักษณะโค้ง ซึ่งทางผู้ผลิตล้อยางจะควบคุมการผลิตหลังการเจียร โดยวิธีการวัด (Measurement) ให้ส่วนที่โตสุดของล้อยางไม่เกินขนาดที่กำหนดตามแบบ (Drawing) จึงส่งผลทำให้ล้อยางบริเวณตรงกลางมีขนาดเล็ก ดังนั้นบริเวณส่วนที่สัมผัสกระดาษที่ใช้ในการป้อนกระดาษน้อยลง ผู้วิจัยคาดว่าอาจส่งผลต่ออัตราป้อนกระดาษ จึงร้องขอให้ผู้ผลิตล้อยางทดลองควบคุมกระบวนการเจียรให้ตัวล้อยางบริเวณด้านขอบล้อ (1-3) กับบริเวณ (3-5) มีขนาดแตกต่างกันไม่เกิน 26 ไมครอนและส่งตัวอย่างมาให้ผู้วิจัยทำการทดลอง ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดให้เป็นปัจจัย A ตัวอย่างรูปร่างล้อยางหลังกระบวนการเจียรรูปที่ 4.6 และรูปร่างล้อยางหลังกระบวนการเจียรแบบใหม่รูปที่ 4.7



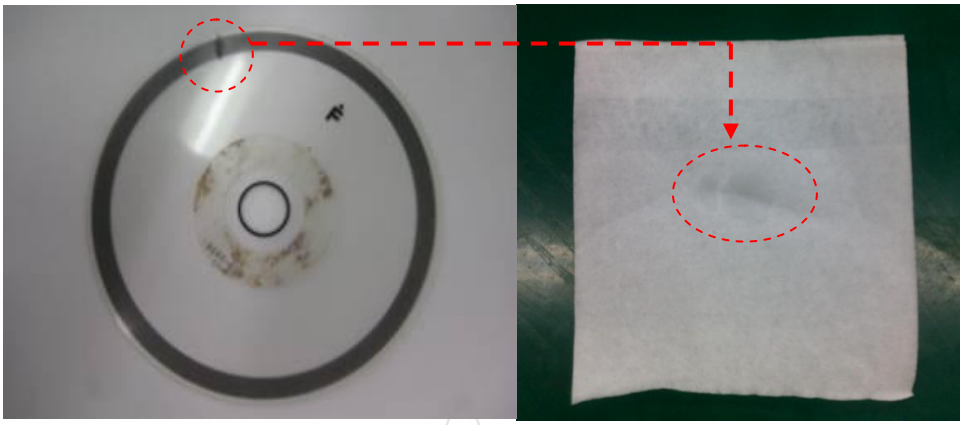
รูปที่ 4.6 รูปร่างล้อยางหลังกระบวนการเจียร



รูปที่ 4.7 รูปร่างล้อยางหลังกระบวนการเจียรแบบใหม่

ปัจจัย B ผู้วิจัยได้ตรวจสายการผลิตพบว่า สถานีประกอบย่อยที่ 6 พนักงานมีหน้าที่ประกอบชิ้นส่วนล้อรหัสเข้ากับตัวเครื่องและพนักงานคนดังกล่าวยังมีหน้าที่ใช้สารหล่อลื่นทาบริเวณเกียร์ที่ขับล้อยางป้อนกระดาษ ซึ่งในการประกอบพนักงานจะสวมถุงมือ ผู้วิจัยคาดว่าสารหล่อลื่นอาจกระเด็นมาติดถุงมือโดยที่พนักงานไม่ทราบ และในการประกอบเครื่องพิมพ์เครื่องถัดไป สารหล่อลื่นที่เปื้อนติดถุงมือพนักงานอยู่ อาจไปติดผิวล้อรหัสบริเวณแถบรหัสและอาจส่งผลต่อการอ่านค่าของเซ็นเซอร์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดให้เป็นปัจจัย B คือ ล้อรหัสที่สะอาดบริเวณแถบรหัส (แถบรหัสภาย

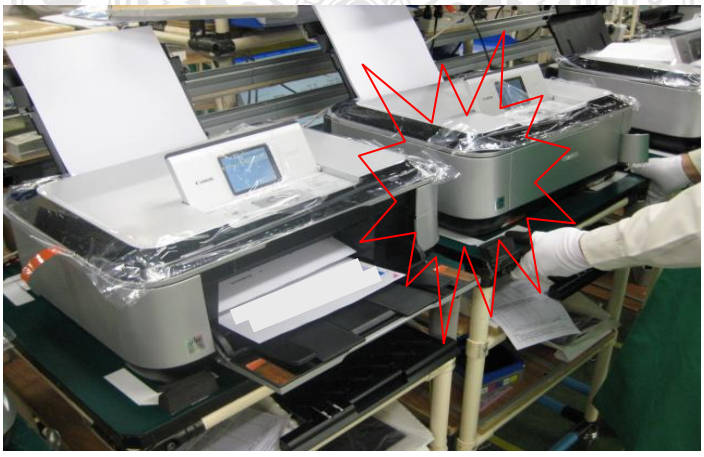
รูปที่ 4.8 ล้อรหัสที่สะอาด



รูปที่ 4.9 ล้อรหัสที่เปื้อนสารหล่อลื่น

ในกรอบเส้นประสีแดงแสดงดังรูปที่ 4.8) จะไม่มีสารหล่อลื่นเปื้อน ตัวอย่างล้อรหัสที่สะอาดดังในรูปที่ 4.8 และล้อรหัสที่บริเวณแถบรหัสเปื้อนสารหล่อลื่นแสดงตัวอย่างดังรูปที่ 4.9 ด้านซ้ายโดยเมื่อเช็ดด้วยกระดาษซับมันสามารถตรวจสอบได้ด้วยสายพบคราบมันดังในกรอบเส้นประรูปที่ 4.9 ด้านขวา

ปัจจัย C ผู้วิจัยได้ตรวจสายการผลิตพบว่า สถานีประกอบย่อยที่ 9 พนักงานมีหน้าที่ปรับอัตราการชดเชยในการป้อนกระดาษ การผลิตแบบเซลของโรงงานจะใช้โต๊ะงานติดล้อสำหรับการเคลื่อนย้ายเครื่องไปแต่ละสถานีประกอบ ผู้วิจัยสังเกตว่าขณะพิมพ์ภาพสำหรับใช้ปรับอัตราการชดเชยในการป้อนกระดาษนั้น โต๊ะงานติดล้อที่มีเครื่องวางด้านบนที่เคลื่อนที่มาจากสถานีก่อนหน้ามีการกระแทกกับโต๊ะงานติดล้อ ที่มีเครื่องกำลังพิมพ์ภาพสำหรับใช้ปรับอัตราการชดเชยในการป้อนกระดาษวางอยู่ด้านบน ซึ่งอาจทำให้เครื่องปรับอ่านค่าและคำนวณผิดพลาด ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดให้เป็นปัจจัย C คือ ในขณะพิมพ์ภาพจำลองให้มีการเคลื่อนที่ของโต๊ะงานติดล้อไปกระแทกและเกิด



รูปที่ 4.10 รูปจำลองการเคลื่อนที่กระแทกของโต๊ะงานติดล้อ

รูปที่ 4.11 รูปจำลองการเคลื่อนที่ของโต๊ะงานติดล้อ

แรงสั่นสะเทือนด้วยแรงดัน 2.500 - 3.000 กิโลกรัมฟร์อต (Kgf.) แสดงตัวอย่าง ดังรูปที่ 4.10 เปรียบเทียบกับในขณะพิมพ์ภาพจำลองห้มีการเคลื่อนที่ของโต๊ะงานติดล้อด้วยแรงดัน 1.500 – 2.000 กิโลกรัมฟร์อต ไปกระแทกเกิดแรงสะเทือนดังรูปที่ 4.11

ปัจจัย D ผู้วิจัยได้ตรวจหัวพ่นหมึกจำลอง (Dummy Head) ที่ใช้พิมพ์ภาพในสายการผลิตซึ่งมีจำนวน 5 หัวต่อเซล แต่การตรวจสอบทางโรงงานไม่ได้รับอนุญาตให้ดำเนินการตรวจสอบเนื่องเป็นเทคโนโลยีที่ทางบริษัทควบคุมเป็นความลับระดับสูง การตรวจสอบจะดำเนินการโดยบริษัทแม่ที่ประเทศญี่ปุ่น ดังนั้นทีมผู้วิจัยจึงกำหนดให้หัวพ่นหมึกจำลองเป็นปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้

ปัจจัย E น้ำหมึก (Ink) ที่ใช้พิมพ์ภาพในสายการผลิตทางโรงงานไม่ได้รับอนุญาตให้ดำเนินการตรวจสอบเนื่องเป็นเทคโนโลยีที่ทางบริษัทควบคุมเป็นความลับระดับสูง และทางโรงงานสั่งซื้อจากประเทศญี่ปุ่น ดังนั้นทีมผู้วิจัยจึงกำหนดให้น้ำหมึกเป็นปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้

สรุปผลการกำหนดปัจจัยแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกคือปัจจัยที่ทีมผู้วิจัยคาดว่าสามารถปรับปรุงได้ ส่วนที่สองคาดว่าไม่สามารถปรับปรุงได้เนื่องจากข้อกำหนดต่างๆจึงกำหนดเป็นปัจจัยสำหรับการออกแบบการทดลองดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ปัจจัยที่กำหนดขึ้นใช้ในการทดลอง

ปัจจัย(Factor)	ระดับ (level)	สัญลักษณ์
A. ลักษณะของล้อยาง	แบบเดิม / แบบใหม่	(-1/1)
B. ลักษณะล้อรหัส	ไม่มีสารหล่อลื่น / มีสารหล่อลื่น	(-1/1)
C. แรงดัน(กิโลกรัมฟร์อต)	2.500-3.000 / 1.500-2.000	(-1/1)

4.3.2 ผลวิเคราะห์การออกแบบการทดลอง (DOE)

นำปัจจัยต่างๆจากตารางที่ 4.2 ไปทำการออกแบบการทดลองโดย Program Minitab เลือกการทดลองชนิด 3 ปัจจัย ซึ่งทั้งสามปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับและทำการทดลองซ้ำ (Replicates) 2 ครั้ง ใช้การทดลองแบบ 2^k โดยการทดลองกำหนดค่า การทดลองซ้ำ 2 ครั้ง เนื่องจากต้องการทราบสาเหตุที่ชัดเจน ดังนั้นจึงเลือกทดลอง แบบ 2^k แสดงผลการทดลอง 16 การทดลอง ตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลอง 16 การทดลอง

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	Correction (μ)
4	1	1	1	1	1	-1	**34**
12	2	1	1	1	1	-1	**36**
2	3	1	1	1	-1	-1	**22**
7	4	1	1	-1	1	1	**29**
8	5	1	1	1	1	1	**36**
3	6	1	1	-1	1	-1	**33**
13	7	1	1	-1	-1	1	**14**
1	8	1	1	-1	-1	-1	**38**
9	9	1	1	-1	-1	-1	**38**
14	10	1	1	1	-1	1	**10**
15	11	1	1	-1	1	1	**31**
16	12	1	1	1	1	1	**39**
6	13	1	1	1	-1	1	**8**
10	14	1	1	1	-1	-1	**21**
11	15	1	1	-1	1	-1	**30**
5	16	1	1	-1	-1	1	**15**

ทดสอบความพอเพียงของแบบจำลอง จากกราฟแปลงส่วนที่เหลือสำหรับผลซึ่งเป็นการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูล ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่โดยมีการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลดังนี้

4.3.3 การตรวจสอบการกระจายแบบปกติ

เป็นการตรวจสอบส่วนตกค้าง (Residual) ของข้อมูลว่ามีการกระจายแบบแจกแจงปกติหรือไม่ ซึ่งจากรูปที่ 4.10 กราฟ Normal Probability Plot เส้นตรงไม่แสดงสิ่งผิดปกติให้เห็นแสดงว่าข้อมูลมีความพอเพียง

4.3.4 ฮิสโตแกรมของส่วนตกค้าง

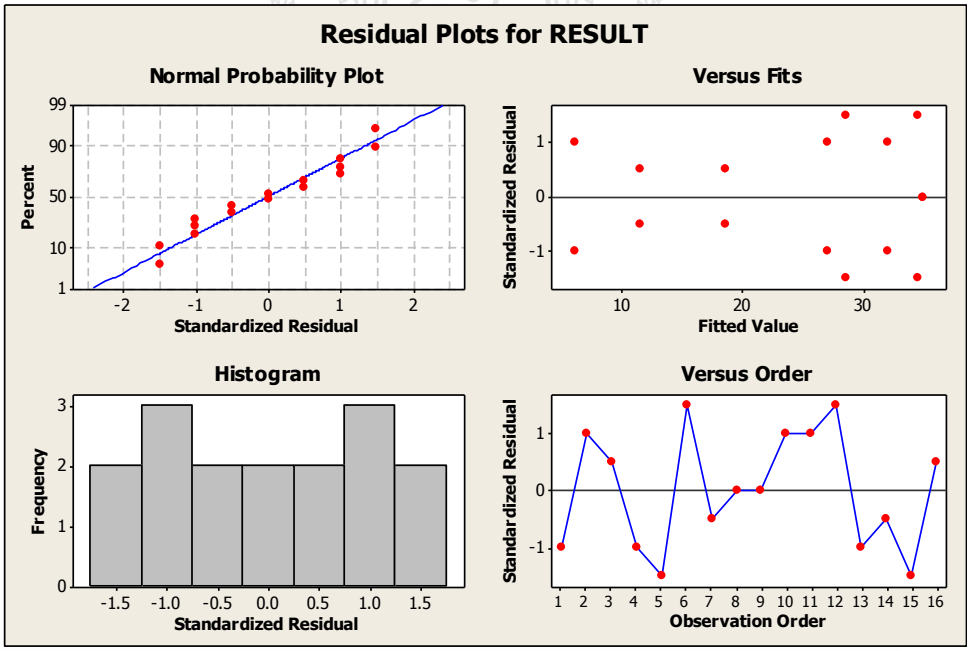
เป็นการตรวจสอบเงื่อนไข ก คือ ข้อมูลมีการกระจายแบบแจกแจงปกติหรือไม่ ซึ่งจากรูปที่ 4.10 กราฟฮิสโตแกรมสามารถอนุโลมดูคล้ายการกระจายแบบปกติ

4.3.5 การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน

โดยใช้แผนภูมิการกระจายของค่าความคาดเคลื่อนของส่วนตกค้าง ในแต่ละระดับของปัจจัยจากรูปที่ 4.10 กราฟ Versus Fits พบว่ามีการกระจายแบบสุ่มทั้งทางด้านบวกและทางด้านลบสม่ำเสมอพอๆกัน แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน

4.3.6 การตรวจสอบความเป็นอิสระ

โดยใช้แผนภูมิการกระจาย (Residual Plot Versus the Order) ดูลักษณะการกระจายของจุดที่แทนข้อมูลบนแผนภูมิ ว่าเป็นรูปแบบอิสระหรือไม่จากรูปที่ 4.12 กราฟ Versus Order มีการกระจายอย่างสม่ำเสมอแสดงว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระ



รูปที่ 4.12 การทดสอบความพอเพียง

4.3.7 ทดสอบความแตกต่างจาก ANOVA ด้วย Minitab

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ Estimated Effects and Coefficients for Result

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		27.125	0.3536	76.72	0.000
A	-2.750	-1.375	0.3536	-3.89	0.005
B	12.750	6.375	0.3536	18.03	0.000
C	-8.750	-4.375	0.3536	-12.37	0.000
A*B	8.250	4.125	0.3536	11.67	0.000
A*C	3.750	1.875	0.3536	5.30	0.001
B*C	9.250	4.625	0.3536	13.08	0.000
A*B*C	-1.750	-0.875	0.3536	-2.47	0.038

```
S = 1.41421      PRESS = 64
R-Sq = 99.05%    R-Sq(pred) = 96.20%    R-Sq(adj) = 98.22%
```

จากตารางที่ 4.4 สังเกตค่า P-value ของปัจจัยที่มีผลต่อการทดลองนั้นจะต้องมีค่าน้อยกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่าปัจจัยนั้นมีต่อการปรับอัตราชดเชยระยะการพิมพ์อย่างมีนัยสำคัญ การทดสอบสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ R-Sq(adj) ซึ่งสามารถบอกได้ว่าปัจจัยทั้ง 3 ที่นำมาทดลอง มีอิทธิต่อการทดลอง 98.22% ส่วนที่เหลืออีก 1.78% มีอิทธิพลจากปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้

ตารางที่ 4.5 วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

Source	DF	Seq SS	Adj MS	MS	F	P
Main Effects	3	986.75	986.75	328.917	164.46	0.000
2-Way Interactions	3	670.75	670.75	223.583	111.79	0.000
3-Way Interactions	1	12.25	12.25	12.250	6.13	0.038
Residual Error	8	16.00	16.00	2.000		
Pure Error	8	16.00	16.00	2.000		
Total	15	1685.75				

[ภาคผนวก ข]

4.3.8 อ่านผลการทดลอง

จากการที่นำปัจจัยที่คาดว่าส่งผลต่ออัตราการชดเชยในการป้อนกระดาษโดยสามารถพิจารณา ปัจจัยหลัก (Main Effect) และปัจจัยร่วม (Interactions) พบว่าปัจจัย

ปัจจัย A มีผลต่ออัตราการชดเชยในการป้อนกระดาษอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ปัจจัย B มีผลต่ออัตราการชดเชยในการป้อนกระดาษอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ปัจจัย C มีผลต่ออัตราการชดเชยในการป้อนกระดาษอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ปัจจัย A, B มีผลต่ออัตราการชดเชยในการป้อนกระดาษอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ปัจจัย A, C มีผลต่ออัตราการชดเชยในการป้อนกระดาษอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ปัจจัย B, C มีผลต่ออัตราการชดเชยในการป้อนกระดาษอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ปัจจัย A, B, C มีผลต่ออัตราการชดเชยในการป้อนกระดาษอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

4.3.9 สมการถดถอย (Regression)

สามารถเขียนสมการถดถอยที่เป็นไปได้ของอัตราการชดเชยการป้อนกระดาษที่ใช้ในการผลิต Y=27.125-1.375(A)+6.375(B)-4.375(C)+4.125(A*B)+1.875(A*C)+4.625(B*C)0.875(A*B*C)

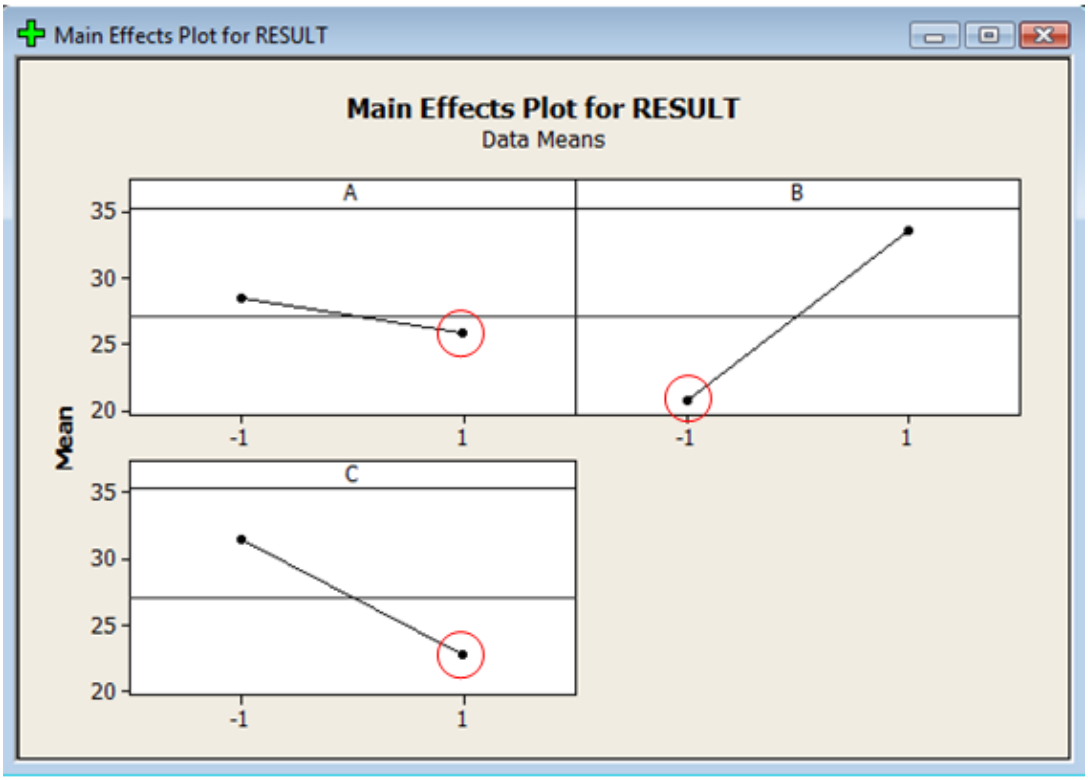
ก.สมการถดถอยอัตราชดเชยการป้อนกระดาษมากสุดที่เป็นไปได้ เมื่อกำหนดให้ทุกปัจจัยมีค่าเป็นบวก คือ Y=27.125 - 1.375(-A) + 6.375(B) - 4.375(-C) + 4.125(A*B) + 1.875(A*C) + 4.625(B*C) - 0.875 (-A*B*C) จะได้อัตราการชดเชยการป้อนกระดาษ 50.75 ไมครอน

ข.สมการถดถอยอัตราชดเชยการป้อนกระดาษน้อยสุดที่เป็นไปได้ เมื่อกำหนดให้ทุกปัจจัยมีค่าเป็นลบ คือ Y=27.125 - 1.375(A) + 6.375(-B) - 4.375(C) + 4.125 (A*-B) + 1.875(A*-C) + 4.625(-B* C) - 0.875 (A*B*C) จะได้อัตราการชดเชยการป้อนกระดาษ 3.5 ไมครอน

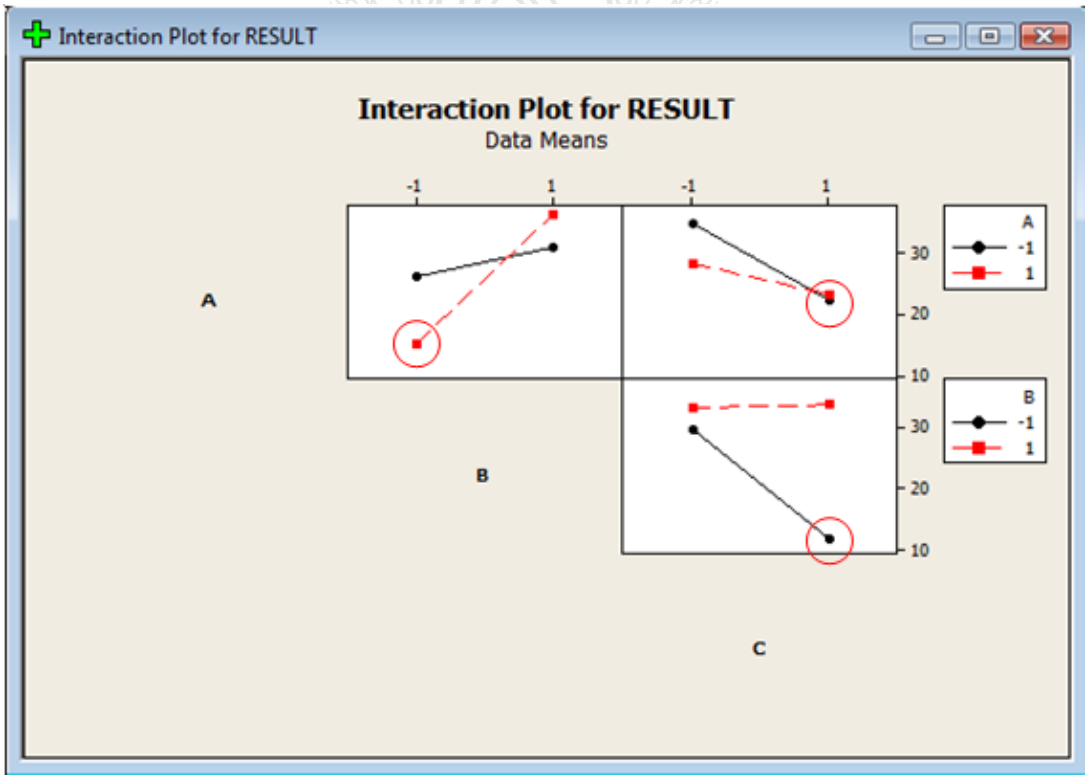
จากผลการทดลองในครั้งนี้หากต้องการให้อัตราการชดเชยการป้อนกระดาษน้อยลงจากการหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยหลักและปัจจัยร่วมในรูปที่ 4.13 และรูปที่ 4.14 โดย Minitab สำหรับการผลิตผลการทดสอบค่าเหมาะสม จากรูปที่ 4.15 หากมีการควบคุมปัจจัยจะทำให้ได้ระดับอัตราการชดเชยการป้อนกระดาษ (Y) เท่ากับ 9 ไมครอน ในการผลิตต้องควบคุมปัจจัยการผลิตดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 เงื่อนไขแต่ละปัจจัยที่ต้องควบคุม

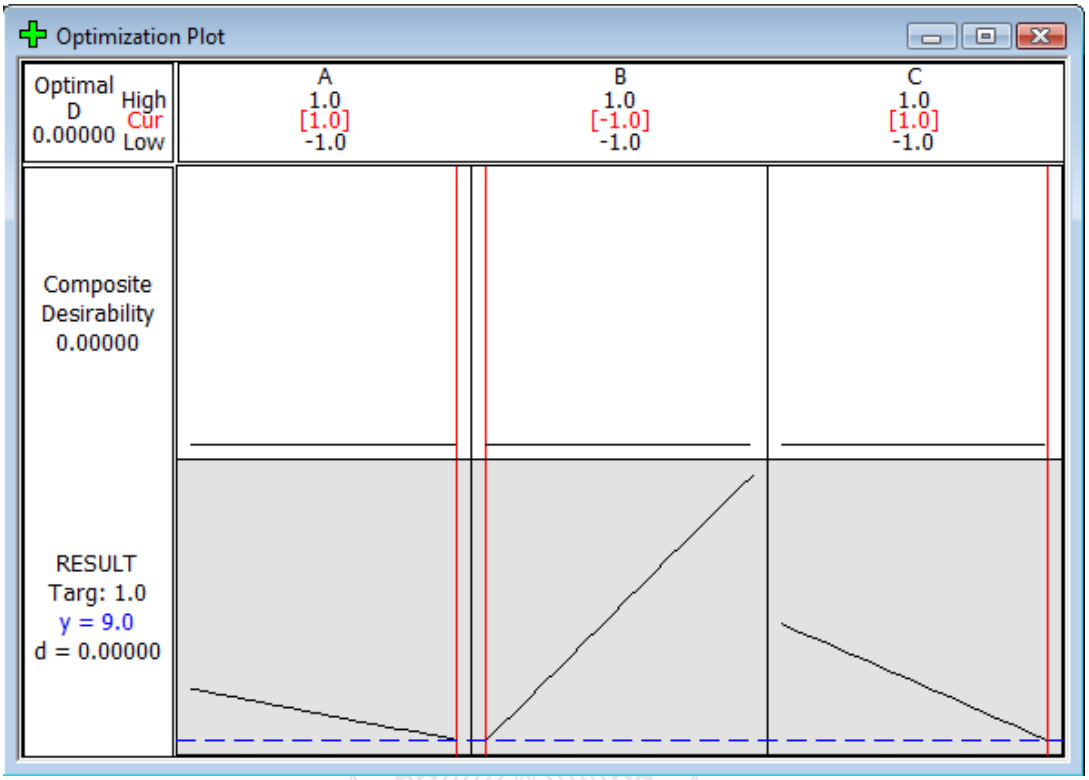
ปัจจัย(Factor)	ระดับ (level)	สัญลักษณ์
A. ลักษณะของล้อยาง	แบบใหม่	(1)
B. ลักษณะล้อรหัส	ไม่มีสารหล่อลื่น	(-1)
C. แรงดัน(กิโลกรัมฟร์อต)	1.500-2.000	(1)



รูปที่ 4.13 การทดสอบความเหมาะสมของปัจจัยหลัก



รูปที่ 4.14 การทดสอบความเหมาะสมของปัจจัยร่วม



รูปที่ 4.15 การทดสอบความเหมาะสม (Optimization Plot)

ปัจจัย A. (ลักษณะของล้อยาง) จากการใช้ล้อยางแบบเดิมเปรียบเทียบกับล้อยางแบบใหม่ที่ควบคุมการผลิตหลังการเจียร ให้ตัวล้อยางบริเวณด้านขอบล้อยาง (1, 5) กับบริเวณด้านใน (2, 4) มีขนาดแตกต่างกันไม่เกิน 30 ไมครอนนั้น ล้อยางแบบใหม่ให้อัตราการชดเชยการป้อนกระดาษลดลง

ปัจจัย B. (ลักษณะล้อรหัส) จากการใช้การจำลองให้มีสารหล่อลื่นกระเด็นติดล้อรหัส จึงสามารถบอกได้ว่าการที่ล้อรหัสมีสารหล่อลื่นเปื้อนบริเวณแถบรหัส ส่งผลทำให้เซ็นเซอร์อ่านค่าจากล้อรหัสได้มากขึ้นกว่าความเป็นจริงจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เครื่องสั่งให้ล้อยางมีการหมุนมากกว่าปกติ ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่อัตราการชดเชยการป้อนกระดาษมากกว่าปกติ

ปัจจัย C. (แรงดัน) จากการจำลองสภาพการทำงานในกระบวนการผลิต ที่เครื่องพิมพ์มีแรงรบกวนการทำงานที่ผิดปกติจากภายนอก ในการจำลองการเคลื่อนที่ของโต๊ะงานติดล้อด้วยแรง 2.500 – 3.000 กิโลกรัมฟร์อต ไปกระแทกและเกิดแรงสั่น สะเทือนขึ้นในขณะที่เครื่องกำลังพิมพ์ภาพ ส่งผลทำให้อัตราการชดเชยการป้อนกระดาษมากขึ้น เนื่องจากเครื่องปรับระยะชดเชยคำนวณค่าจากภาพพิมพ์ต้นฉบับ

4.4 ผลการเสนอวิธีการปรับปรุง

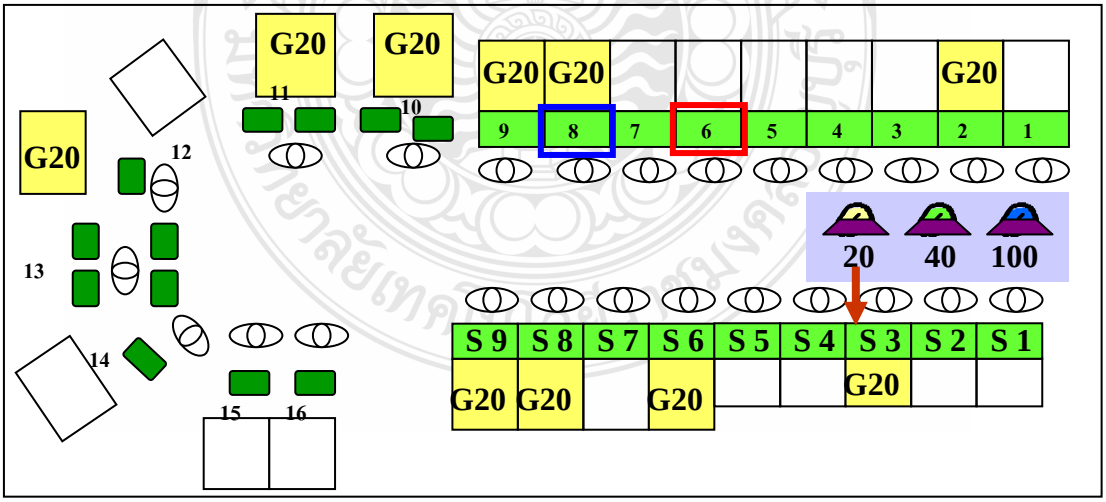
ผลการนำเสนอแนวทางการปรับปรุงจากการทดลองเสนอต่อทีมงานและจัดประชุม หลังจากชี้แจ้งผู้เกี่ยวข้องได้แก่ แผนก PE, MFG, PRQA, PTQA, เพื่อขออนุมัติการปรับปรุงแก้ไขสายการผลิตตามที่เกิดขึ้นตามผลการทดลองเรียบร้อย โดยร้องขอให้แผนก MFG ปรับเปลี่ยนลำดับการปฏิบัติงานในสายการผลิตแผนก PTQA ตรวจสอบขนาดล้อยางแบบใหม่และติดป้ายข้างกล่องบรรจุแสดงผลผ่านการตรวจสอบ แผนก PRQA เลือกสุ่มตรวจสอบและยืนยันคุณภาพผลิตภัณฑ์หนึ่งเครื่องต่อการผลิตในสี่ช่วงเวลา (Quarter) มติที่ประชุมลงความเห็นอนุมัติสามารถเริ่มปฏิบัติหลังจากแผนก PE ออกเอกสารชี้แจ้งเปลี่ยนแปลงมาตรฐานการปฏิบัติงาน (Assembly Work)

4.5 ผลการดำเนินการปรับปรุง

จากผลการทดลองผู้วิจัยนำผลการทดลองมากำหนดแนวทางแก้ไขปัญหา ผู้วิจัยสามารถกำหนดวิธีการแก้ไขแบ่งออกแต่ละปัจจัย ดังนี้

<u>ปัจจัย ก</u> กำหนดให้ผู้ผลิตล้อยางควบคุมการเจียรล้อยางให้มีขนาด ตามวิธีใหม่และจัดทำเป็นมาตรฐานการวัด (Inspection Standard) ให้ตัวล้อยางบริเวณด้านขอบล้อ (1, 5) กับบริเวณด้านใน (2, 4) มีขนาดแตกต่างกันไม่เกิน 15 ไมครอน

<u>ปัจจัย ข</u> กำหนดให้มีการเปลี่ยนจากพนักงานประจำตำแหน่งที่ 6 (กรอบสีแดงแสดงในรูปที่ 4.16) ไปเป็นพนักงานประจำตำแหน่งที่ 8 (กรอบสีน้ำเงินแสดงในรูปที่ 4.16) ซึ่งตำแหน่งประกอบที่ 8 ไม่ใช้สารหล่อลื่นและหลังการประกอบให้พนักงานตรวจสอบด้วยสายตาเพื่อยืนยันว่าไม่มีสารหล่อลื่นเปื้อนหากพบว่ามีให้มีการทำความสะอาดโดยกระดาษซับมัน



รูปที่ 4.16 ตำแหน่งที่ปรับปรุงในสายการผลิต

ปัจจัย ค ให้มีการควบคุมลดแรงสั่นสะเทือนจากกระทำภายนอก โดยกำหนดให้มีการควบคุมขั้นตอนการทำงานดังนี้

-ห้ามเคลื่อนย้ายเครื่องพิมพ์ขณะทำการปรับอัตราชดเชยการป้อนกระดาษ

-ห้ามปิดถาดหน้าเครื่อง

-ห้ามเปิด Scanner

[ภาคผนวก ง]

4.6 ผลการนำแนวทางการปรับปรุงไปปฏิบัติ

4.6.1 ผลการเก็บข้อมูลหลังการปรับปรุง

จากการควบคุมการผลิตเครื่องพิมพ์ โดยการควบคุมปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยตามผลที่ได้จากการทดลองนั้น สามารถทำให้จำนวนของการเกิดปัญหาเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพลดลงเหลือเฉลี่ย 197 เครื่องต่อเดือน หรือร้อยละ 0.01 ค่าใช้จ่ายในการแก้ไขเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพเฉลี่ย 3,300 บาทต่อเดือน แสดงสัดส่วนเครื่องภาพพิมพ์ไม่ผ่านคุณภาพที่เกิดขึ้นหลังการปรับปรุงใน ช่วงเดือน พ.ย. - ธ.ค. 2552 และ ม.ค. 2553 ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 สัดส่วนเครื่องภาพพิมพ์ไม่ผ่านคุณภาพที่เกิดขึ้นในช่วงเดือน พ.ย. 2552 ถึง ม.ค. 2553

เดือน	จำนวนเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ (เครื่อง)	เปอร์เซ็นต์เครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ	ค่าใช้จ่ายในการแก้ไขเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ (บาท)
พฤศจิกายน	248	0.04%	4,166
ธันวาคม	194	0.05%	3,259
มกราคม	148	0.04%	2,474
รวม	590	0.04%	9,900
เฉลี่ย	197	0.01%	3,300

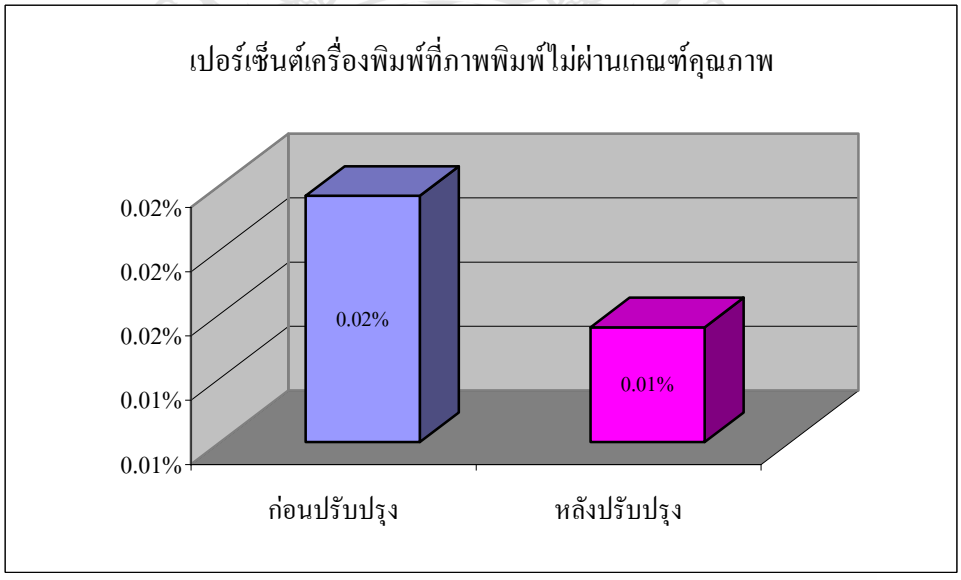
4.6.2 เปรียบเทียบผลการแก้ไขก่อนและหลังการปรับปรุง

เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เครื่องภาพพิมพ์ไม่ผ่านคุณภาพดังแสดงในตารางที่ 4.8 จากการนำผลการทดลองไปใช้ในการปฏิบัติงาน ส่งผลทำให้อัตราส่วนเครื่องภาพพิมพ์ไม่ผ่านคุณภาพจากจำนวนก่อนการปรับปรุงเฉลี่ย 452 เครื่องต่อเดือน ลดลงโดยเฉลี่ยเหลือ 197 เครื่องต่อเดือน หรือจากก่อนการปรับปรุงโดยเฉลี่ยร้อยละ 0.02 ต่อเดือน ลดลงได้โดยเฉลี่ยร้อยละ 0.01 ต่อเดือนหรือคิด

เป็นร้อยละ 50 ต่อเดือน และค่าในการแก้ไขจากก่อนการปรับปรุงโดยเฉลี่ย 7,596 บาทต่อเดือน ลดลงเหลือโดยเฉลี่ย 3,300 บาทต่อเดือน แสดงเป็นกราฟแท่งเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพก่อนและหลังการปรับปรุงรูปที่ 4.17 ซึ่งผลที่ได้เป็นที่น่าพอใจ

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบสัดส่วนเครื่องภาพพิมพ์ไม่ผ่านคุณภาพ

รายการ	ก่อนปรับปรุง (6เดือน)	เฉลี่ย/เดือน	หลังปรับปรุง (3เดือน)	เฉลี่ย/เดือน
ยอดการผลิต (เครื่อง)	2,685,662	447,610	1,329,830	443,277
จำนวนเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ (เครื่อง)	2,713	452	590	197
เปอร์เซ็นต์เครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ	0.10%	0.02%	0.04%	0.01%
ค่าใช้จ่ายในการแก้ไข (บาท)	45,578	7,596	9,900	3,300



รูปที่ 4.17 การแท่งเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพก่อนและหลังปรับปรุง

4.6.3 ผลการทดสอบสมมุติฐาน

ผู้วิจัยทำการยืนยันผลโดยการทดสอบสมมุติฐานที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.05 โดยสมมุติฐานทางสถิติที่กำหนดไว้ คือ

$H_0 : P_1 = P_2$

$H_1 : P_1 > P_2$

P_1 = จำนวนเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพเฉลี่ยต่อเดือนก่อนการปรับปรุง

P_2 = จำนวนเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพเฉลี่ยต่อเดือนหลังการปรับปรุง

ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม Minitab แสดงดังรูปที่ 4.18

Test and CI for Two Proportions

```
Sample    X         N   Sample p
1       452    447610   0.001010
2        98    443277   0.000221

Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference:  0.000788727
95% CI for difference:  (0.000685902, 0.000891552)
Test for difference = 0 (vs not = 0):  Z = 15.03   P-Value = 0.000

Fisher's exact test: P-Value = 0.000
```

รูปที่ 4.18 ผลการคำนวณด้วยโปรแกรม Minitab

ค่า P-Value ที่ได้เท่ากับ 0.000 น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ (α = 0.05) ส่งผลให้ไม่สามารถยอมรับสมมุติฐาน H_0 นั่นหมายความว่าจำนวนเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพเฉลี่ยต่อเดือนหลังการปรับปรุงลดลง จากจำนวนเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพเฉลี่ยต่อเดือนก่อนการปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังแสดงในภาคผนวก ค

4.7 กำหนดเป็นระเบียบวิธีการปฏิบัติงาน

ผู้วิจัยได้นำวิธีการปฏิบัติแก้ไขและปรับปรุงที่ได้จากการวิเคราะห์ ทำการกำหนดเป็นแนวทางการปฏิบัติงานโดยการจัดทำเป็นระเบียบการปฏิบัติงาน (Assembly Work Instruction) ของการควบคุมกระบวนการ และปฏิบัติการป้องกันเพื่อลดปัญหาเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพของโรงงานตัวอย่างดังแสดงในภาคผนวก ง

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลปัญหา จากการผลิตเครื่องพิมพ์ภายในโรงงานอุตสาหกรรมตัวอย่าง และใช้เทคนิคทางวิศวกรรม ช่วยในการค้นหาสาเหตุเพื่อดำเนินการแก้ไขปัญหาซึ่งสามารถแยกสาเหตุของปัญหาออกเป็นสองส่วนและปัญหาทั้งสองส่วน เมื่อมีการชี้แจงให้กับผู้ผลิตชิ้นส่วนและพนักงานที่ปฏิบัติงาน ในสายการผลิตแก้ไขและปรับปรุงแล้วทำให้มีลักษณะการทำงานมีกฎเกณฑ์ที่เป็นมาตรฐาน อีกทั้งยังนำไปสู่การลดจำนวนของเสียและค่าใช้จ่ายในการแก้ไขปัญหาลงได้ระดับหนึ่ง

5.1.1 ผลลัพธ์จากการวิจัย

จากการใช้แผนผังสาเหตุและผลร่วมกับแผนผังความสัมพันธ์เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ทำให้สามารถกำหนดปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง การออกแบบการทดลองช่วยให้ทราบถึงปัจจัยในกระบวนผลิตที่ส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์เครื่องพิมพ์เกิดปัญหาภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ ผลลัพธ์จากการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของภาพพิมพ์ได้แก่ ปัจจัย A ลักษณะของล้อยางแบบใหม่ให้อัตราการชดเชยการป้อนกระดาษที่น้อยลง ปัจจัย B ลักษณะล้อรหัสที่มีสารหล่อลื่นเปื้อนบริเวณแถบรหัส มีผลต่อการอ่านค่าของเซ็นเซอร์ เมื่อสารหล่อลื่นเปื้อนล้อรหัสบริเวณแถบบอกระยะส่งผลทำให้อัตราการชดเชยการป้อนกระดาษผิดพลาดไป ปัจจัย C แรงดันโต๊ะงานติดล้อไปกระแทกเกิดแรงสั่นสะเทือนส่งผลทำให้อัตราการชดเชยการป้อนกระดาษมากขึ้น โดยแบ่งกลุ่มของปัจจัยออกเป็นหลักๆ

ก. <u>ปัจจัย A</u> คือ ปัจจัยที่มีสาเหตุมาจากขนาดรูปร่างของล้อยางหลังการผลิตที่ผู้จำหน่ายล้อยางผลิตโดยกระบวนการเจียรพบว่ารูปร่างของล้อยางมีลักษณะโค้ง ซึ่งเป็นผลที่ทางผู้จำหน่ายล้อยางและทางโรงงานผู้ผลิตเครื่องพิมพ์ไม่ได้คำนึงถึงลักษณะล้อยางหลังการเจียร จึงขาดการกำหนดรายละเอียดวิธีการควบคุมการตรวจสอบขนาดที่เหมาะสม ดังนั้นหลังจากปรับปรุงกระบวนการเจียรและมีการชี้แจงข้อมูลจุดสำคัญของชิ้นส่วนให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนเข้าใจและกำหนดเป็นมาตรฐานการตรวจขนาดก่อนส่งชิ้นส่วนให้กับโรงงานผู้ผลิตเครื่องพิมพ์

ข. <u>ปัจจัย B</u> คือ ปัจจัยที่มีสาเหตุมาจากลักษณะล้อรหัสที่บริเวณแถบรหัสสะอาดไม่มีสารหล่อลื่นเปื้อนการอ่านค่าอัตราการหมุนของล้อยางจากเซ็นเซอร์จะได้ค่าที่ถูกต้องเป็นจริง ส่วนล้อรหัสที่บริเวณแถบรหัสสะอาดมีสารหล่อลื่นเปื้อนการอ่านค่าอัตราการหมุนของล้อยางจากเซ็นเซอร์จะได้ค่าที่ไม่ถูกต้องไม่เป็นจริง

ค. <u>ปัจจัย C</u> คือ ปัจจัยที่มีสาเหตุมาจากแรงดัน 2.500 – 3.000 กิโลกรัมฟร์อต เพื่อเคลื่อนที่โต๊ะงานติดล้อไปกระแทกเกิดแรงสั่นสะเทือน ในขณะพิมพ์ภาพสำหรับใช้ปรับอัตราการชด

เชยในการป้อนกระดาษ โดยการทำงานโต๊ะงานติดล้อที่มีเครื่องพิมพ์วางด้านบนที่เคลื่อนที่มาจากสถานีก่อนหน้ามีการกระแทกกับโต๊ะงานติดล้อที่กำลังพิมพ์ภาพ ทำให้การทำงานของเครื่องพิมพ์ขณะพิมพ์ภาพที่ใช้สำหรับปรับอัตราการชดเชยในการป้อนกระดาษได้ภาพที่ไม่สมบูรณ์

5.2 การอภิปรายผล

5.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลภายหลังจากการดำเนินการแก้ไข

จากการควบคุมปัจจัยที่ใช้ในกระบวนการผลิตเครื่องพิมพ์ของโรงงานกรณีศึกษาตัวอย่าง ซึ่งได้ทำการปรับปรุงในส่วนของวิธีการผลิตชิ้นส่วนและลำดับขั้นตอนการผลิต หลังจากนำข้อมูล มาใช้ในการวิเคราะห์และสรุปผล โดยใช้ข้อมูลการเปรียบเทียบ คือ ข้อมูลก่อนการปรับปรุงระยะเวลาตั้งแต่ เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 มีอัตราจำนวนเครื่องไม่ผ่านคุณภาพภาพพิมพ์ จำนวน 2,723 เครื่อง โดยคิดเป็นร้อยละ 0.10 หรือเฉลี่ย 452 เครื่องต่อเดือนและค่าใช้จ่ายในการทำซ่อมเกิดขึ้น 45,578 บาทหรือคิดเป็นโดยเฉลี่ย 7,596 บาทต่อเดือน เปรียบเทียบกับข้อมูลที่เก็บหลังทำการปรับปรุง ในระยะเวลา 3 เดือนตั้งแต่ เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2552 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 จำนวนของปัญหาเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพหลังการปรับปรุง เกิดขึ้นเฉลี่ยลดลงเหลือ 197 เครื่องต่อเดือนหรือคิดเป็นร้อยละ 0.04 และค่าใช้จ่ายในการแก้ไขเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพเฉลี่ยลดลงเหลือ 3,300 บาทต่อเดือน ส่งผลทำให้อัตราส่วนเครื่องภาพพิมพ์ไม่ผ่านคุณภาพนั้นลดลงได้ร้อยละ 60 หรือคิดเป็นโดยเฉลี่ยร้อยละ 50 ต่อเดือน ซึ่งถือว่าบรรลุวัตถุประสงค์งานวิจัย

5.2.2 ยืนยันผลโดยการทดสอบสมมุติฐาน

ผู้วิจัยได้นำผลจำนวนเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพหลังการปรับปรุงทำการยืนยันผลเทียบกับก่อนการปรับปรุง โดยการทดสอบสมมุติฐานที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.05 พบว่าสัดส่วนของจำนวนเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพต่อเดือนหลังการปรับปรุงลดลงจากสัดส่วนของจำนวนเครื่องพิมพ์ที่ภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพต่อเดือนก่อนการปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ประสบปัญหาและอุปสรรคพอสมควร ซึ่งสามารถสรุปเป็นข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่จะนำงานวิจัยไปปฏิบัติและข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคตได้ดังนี้

5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่จะนำงานวิจัยนี้ไปปฏิบัติ

การนำงานวิจัยนี้ไปปฏิบัติจะต้องคำนึงถึงการนำเครื่องมือหรือเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อที่จะได้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นโดยแท้จริงเนื่องจากสายการผลิตมีจำนวนมากและดำเนินการผลิตตลอด 24 ชั่วโมง การได้มาของข้อมูลเครื่องมือบางชนิดต้องอาศัย

ความร่วมมือจากพนักงานตลอดจนแนวคิดจากสมาชิกในทีมเพื่อดึงเอาสภาพปัญหาออกมาแสดงเป็นรูปธรรม แสดงให้สมาชิกทุกคนเข้าใจในทิศทางได้ชัดเจน ควบคู่กับการคำนึงถึงหลักการของเครื่องมือและทราบถึงข้อดี ข้อด้อย ตลอดจนข้อกำหนดของเครื่องมือแต่ละตัว เพื่อให้สามารถใช้เครื่องมือได้อย่างมีประสิทธิผล
สูงสุดตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

จากวัตถุประสงค์หลักที่สำคัญในการศึกษาวิจัยในงานนี้ คือ ศึกษาสาเหตุของปัญหาในการพิมพ์ภาพในกระบวนการผลิตเครื่องพิมพ์ เพื่อกำหนดวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของภาพพิมพ์และนำมาใช้ในการควบคุมการผลิต เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบคุณภาพพร้อมทั้งปรับปรุงขั้นตอนการผลิตให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น ซึ่งผลการวิจัยสามารถปรับปรุงลดปัญหาได้ตามวัตถุประสงค์ ส่วนปัญหาที่เหลือยังมีเกิดขึ้นอยู่การวิจัยในอนาคตควรที่จะมีการวิเคราะห์ของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตว่ามีกลุ่มใดบ้าง เพื่อมองถึงภาพโดยรวมของการเกิดปัญหาที่เกิดขึ้นแล้วค้นหาสาเหตุเจาะลึกลงไปในรายละเอียดปัญหาย่อยๆ วิเคราะห์หาวิธีการแก้ไขและปรับปรุงโดยใช้หลักการเดียวกันนี้หรือประยุกต์หลักการเทคนิคตามความเหมาะสมของสภาพการปฏิบัติจริง

เอกสารอ้างอิง

[1] บิสิเนสไทย, **Pixma ปฏิวัติตลาดอิงค์เจ็ท ปูพรมยึดเบอร์ 1 ออล-อิน วัน** (ออนไลน์), Available: www.arip.co.th หน้า ทิป-เทคนิค (30 กันยายน 2551).

[2] เอกรัตน์ สาธุธรรม, **ค่ายพรินเตอร์ปรับตัวครั้งใหญ่ รับยอดโตน้อยอัดแคมเปญผ่อน-ฟรี.** กรุงเทพธุรกิจ (ออนไลน์) Available: http://Bangkokbiznews.com หน้าไอที-นวัตกรรม (26 มีนาคม 2552).

[3] นายพรชัย ศศิวรรณ, **การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนกันโคลนรถยนต์**, วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550

[4] จันทร์จิรา คำพวง, **การบริหารงานคุณภาพและเพิ่มผลผลิต**, บทเรียนออนไลน์, สืบค้นจาก (ออนไลน์) Available: http://lpn.nfe.go.th/link_e/LINK_E.HTM, 26 เมษายน 2553 เวลา 21:00 น.

[5] สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ, **สถาบัน. การเพิ่มผลผลิต Productivity**, เอกสารแผ่นพับประชาสัมพันธ์ของ สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ. (บ.ป.ท., ม.ป.ป.)

[6] สินชัย ศรีจันทร์อินทร์, **การปรับปรุงคุณภาพเพื่อการเพิ่มผลผลิต**, สืบค้นจาก (ออนไลน์) Available: http://www.jobpub.com/articles/showarticle.asp?id=72, 26 เมษายน 2553 เวลา 21:25

[7] นวัติ เลิศนิมิตธรรม, **การบริหารเพื่อเพิ่มผลผลิต เทคนิคเครื่องกลไฟฟ้าและอุตสาหการ** (ออนไลน์) Available: http://www.ftpi.or.th/ (20 เมษายน 2530).

[8] สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ**, Youth Project** 2009. (ออนไลน์) Available: http://youth.ftpi.or.th/ index.php (3 กรกฎาคม 2553)

[9] ผศ. ดร. ศุภวัจน์ รุ่งสุริยะวิบูลย์, **การเพิ่มผลผลิต (Productivity),** เอกสารประกอบการบรรยายการวัดประสิทธิภาพและผลิตภาพของการผลิตสินค้าเกษตร, คณะเศรษฐศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2550.

[10] Jay Heizer and Barry Render, **Operations Management**, Ninth Edition, 2008.

[11] ดร.จินตนัย ไพรสณฑ์และคณะแปลและเรียบเรียง, **การจัดการการผลิตและการปฏิบัติการ**, พิมพ์ครั้งที่ 1.บริษัท เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินไซน่า จำกัด, กรุงเทพ, 2551.

[12] นางสาวนพเก้า ศิริพลไพบูลย์, นางสาวกมลทิพย์ สินอ่ำ และนางสาววรินธร เจนวิกัย นายจำลักษณ์ ขุนพลแก้ว, นายศุภชัย อาชีวระงับโรค, **หลักการเพิ่มผลผลิต (Basic Productivity Improvement),** สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ, สำนักพิมพ์ โรงพิมพ์ประชาชน, พิมพ์ครั้งที่ 5 ปีที่พิมพ์ 2548, จำนวนหน้า 244 หน้า

[13] สถาบันพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม, ความสูญเสียในกิจการ, 2553. (ออนไลน์) Available: http://www.ismed.or.th/SME/src/bin (2 ตุลาคม 2553)

[14] พิชิต สุขเจริญพงษ์. **การควบคุมคุณภาพเชิงวิศวกรรม**. กรุงเทพมหานคร : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2548.

[15] นายรัฐกิจ ขันคำกาศ, นางสาวรุ่งดวงดาว กองเพชร, นายเนติวิทย์ วรรณโชติ, **Industrial Management** (ออนไลน์) Available: http://e-learning.mfu.ac.th/mflu/1301312/IM/index.htm (3 November 2009)

[16] William, J. Stevenson, Operations Management, 2002: 479.

[17] เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล, **การควบคุมคุณภาพ Quality Control**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ประกอบเมไตร, 2526.

[18] ชูชาติ วิรเศรณี, **ISO 9000 สำหรับนักบริหารมืออาชีพ**. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2542.

[19] วิฑูรย์ สิมะโชคดี, **ISO 9000 : 2000**. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2544.

[20] Nancy R. Tague's, **The Quality Toolbox**, Second Edition, ASQ Quality Press, 2004, pages 141-142.

[21] Mark, M. Davis, Nicholas, J. Aquilano, and Richard, B. Chase,Fundamentals of Operations Management, 2003: 250.

[22] Nancy R. Tague's, **The Quality Toolbox**, Second Edition, ASQ Quality Press, 2004, pages 376-378.

[23] Nancy R. Tague's, **The Quality Toolbox**, Second Edition, ASQ Quality Press, 2004, pages 247-249.

[24] Mark, M. Davis, Nicholas, J. Aquilano, and Richard, B. Chase, Fundamentals of perations Management, 2003: 251.

[25] Mark, M. Davis, Nicholas, J. Aquilano, and Richard, B. Chase,Fundamentals of Operations Management, 2003: 254.

[26] Nancy R. Tague's, **The Quality Toolbox**, Second Edition, ASQ Quality Press, 2004, pages 292-299.

[27] William, J. Stevenson, Operations Management, 2002: 479.Mark, M. Davis, Nicholas, J. Aquilano, and Richard, B. Chase,Fundamentals of Operations Management, 2003: 251.

[28] Nancy R. Tague's, **The Quality Toolbox**, Second Edition, ASQ Quality Press, 2004, pages 471-474.

[29] Mark, M. Davis, Nicholas, J. Aquilano, and Richard, B. Chase,Fundamentals of Operations Management, 2003: 253.

[30] Nancy R. Tague's, **The Quality Toolbox**, Second Edition, ASQ Quality Press, 2004, pages 155-158.

[31] Mark, M. Davis, Nicholas, J. Aquilano, and Richard, B. Chase,Fundamentals of Operations Management, 2003: 264.

[32] วิฑูรย์ สิมะโชคดี, **7 New QC Tool เครื่องมือสู่คุณภาพยุคใหม่.**สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., พิมพ์ครั้งที่ 5 ปีที่พิมพ์ 2547, จำนวนพิมพ์ 1,000 เล่ม

[33] ประชาสรรค์ แสนภักดี, **7 New Management Tools**, เอกสารประกอบการบรรยาย, หลักสูตรบริหาร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, อ้างอิงองค์ความรู้จาก Tools Box จำลักษณ์ ขุนพลแก้ว สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ

[34] (ออนไลน์) Available: http://syque.com/quality_tools/toolbook/Relation/example.htm สืบค้นเมื่อ (1 พฤศจิกายน 2552).

[35] ระพินทร์ โพธิ์ศรี. 2549. **สถิติเพื่อการวิจัย.** กรุงเทพฯ: ด่านสุทธาการพิมพ์.

[36] นภาพร อุทยานวุฒิกุล, **การวิเคราะห์ความแปรปรวน**, เอกสารประกอบการสอนสถิติการควบคุมคุณภาพ, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 2548

[37] ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, **สถิติสำหรับงานวิศวกรรม**.พิมพ์ที่โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

[38] ฉลอง สีแก้วสิ่ว, Design of Experiment คืออะไร,2010. (ออนไลน์) Available: http://www.statistics.ob.tc/why_DOE.htm (19Nov2009)

[39] ฉลอง สีแก้วสิ่ว, Fractional Factorial Designs,2010. (ออนไลน์) Available: http://www.statistics.ob.tc/Fract_DOE.htm (19Nov2009)

[40] ปรีชา ด้วงน้อย, 2541. **การเพิ่มผลผลิตของสายการประกอบแบตเตอรี่รถยนต์ด้วยระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและการปรับปรุงการผลิต**. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต.สาขาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม.ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[41] สมเกียรติ จงประสิทธิ์พร, **การลดปริมาณของเสียของ Upper & Lower Frame ในกระบวนการประกอบ Keyboard กรณีศึกษา: แผนก คีย์บอร์ดคอมพิวเตอร์ บริษัท มินิแบไทย จำกัด**. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. คณะวิศวกรรมศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[42] สมเกียรติ เกษศิลา, 2550. **การลดของเสียในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์กราเวียร์ กรณีศึกษา: บริษัท ไทยซีโน รอลเลอร์ เม็คคิ่ง จำกัด.** ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม. มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์.

[43] Talabgaew, Sompoap. **Modeling and predicting the performance of coordinate measuring machines.** Ph.D., University of Central Florida. 2003 , 163 pages

[44] จักรกฤษณ์ ภูพานเพชร, 2552. **การลดข้อร้องเรียนจากลูกค้าและค่าใช้จ่ายคุณภาพด้วยเครื่องมือควบคุมคุณภาพยุคใหม่**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. มหาวิทยาลัยราชมงคลธัญบุรี.

[45] วิทยา รุ่งเจริญวัฒนา, 2550.**การใช้การออกแบบการทดลองในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียในขบวนการผลิตชิ้นส่วน C/M/C P-CAR**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาการจัดการอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[46] จิรัญญา โชตยะกุล, 2545.**การลดต้นทุนการเคลือบผิวกระดาษด้วยการกำหนดเงื่อนไขที่เหมาะสม.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[47] นายฉัตรทอง ใสแสง, 2548. **อิทธิพลของพารามิเตอร์การเชื่อมต่อโครงสร้างและสมบัติทางกลของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเตนนิติค เกรด 304**. ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[48] โสภิดา ท้วมมี, อรรถกร เก่งพล, 2550. **การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตพลาสติกแผ่นโดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง กรณีศึกษา บริษัทในอุตสาหกรรมผลิตพลาสติก**. คณะวิศวกรรมศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[49] วรัญญา มีเพชร และคณะ, 2550. **การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลือบชิ้นงานด้วยโพลียูรีเธนเพื่อหาค่าที่เหมาะสมของกระบวนการเคลือบ สำหรับผลิตภัณฑ์ลวดตัวนำสายสวนหัวใจ**. ศูนย์พัฒนาผลิตภาพอุตสาหกรรม. สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[50] อนุสิทธิ์ อ่ำไพบูลย์, 2551.**พารามิเตอร์ที่เหมาะสมของการเชื่อมแบบแม็ก สำหรับเหล็ก เอสที 37**.ภาควิชาเทคโนโลยีท่ออุตสาหกรรม, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น.

[51] เปมิกา สุวรรณมณี, 2548. **การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการพ่นสีเฟอร์นิเจอร์ไม้โดยการออกแบบการทดลอง กรณีศึกษา : โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[52] รศ.สมเกียรติ จงประสิทธิ์พร, ดวงกมล เรืองธุรกิจ, 2545. **การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในอุตสาหกรรมการผลิตแผ่นยางพื้นรองเท้าโดยวิธีการออกแบบการทดลอง**. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. คณะวิศวกรรมศาสตร์.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[53] Hemmondharop, Pirun. **A comparative study of just-in-time (JIT) and theory of constraints (TOC) systems with varying constraint locations and operational characteristics**. Ph.D., University of Missouri - Rolla, 2001 , 123 pages

[54] Choomrit, Ninlawan. **Application criteria for bootstrap-based control chart.** Ph.D., Clemson University. 2000, 115 pages; USA

[55] Phojanamongkolkij, Nipa. **Analytical models of batch processing for optimal design of semiconductor manufacturing.** Ph.D., Arizona State University. 2000, 237 pages; USA

[56] Pimsakul, Sittiporn. **Investment evaluation of automotive body assembly system alternative.** Ph.D., University of Michigan, 2002 , 233 pages

[57] Rangsaritratsamee, Ruedee. **Analysis of scheduling and frozen intervals in dynamic rescheduling.** Ph.D., Clemson University. 2002 , 130 pages; USA

[58] ปัณฑ์ชนิด เต็มตุ่ม, 2551. **การประยุกย์ใช้การออกแบบการทดลองเพื่อลดอัตราของจากการผลิตหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ : กรณีศึกษา.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

[59] นายธีรเดช เรืองศรี, 2550. **การพัฒนากระบวนการควบคุมการพิมพ์กล่องบรรจุภัณฑ์เพื่อลดความสูญเสีย กรณีศึกษา : โรงงานผลิตกล่องบรรจุภัณฑ์.**วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[60] Jittinandana, Sitima. **Ante- and post-mortem factors affect muscle protein functionality from fish**. Ph.D., West Virginia University. 2002 .251 pages

[61] Mokkhamakkul, Tartat. **An analysis of intermodal transportation mode selection considering stochastic system parameters.** Ph.D., University of Missouri - Rolla. 2003 , 261 pages; USA

[62] Unnanon, Kittinan. **Adaptive slicing for the three-dimensional plotting rapid prototyping Process.** Ph.D., North Carolina State University. 2000, 153 pages

[63] Wang, Chi-Yueh, **The use of statistical quality improvement methods in automotive bodymanufacturing: Three research topics**, Ph.D., University of Michigan, 1995 , 153 pages

[64] จรัล ทรัพย์เสรี, **รู้จักกับ DOE**, (ออนไลน์) Available: http://www.trecon.co.th/home.html, 19 กันยายน 2552

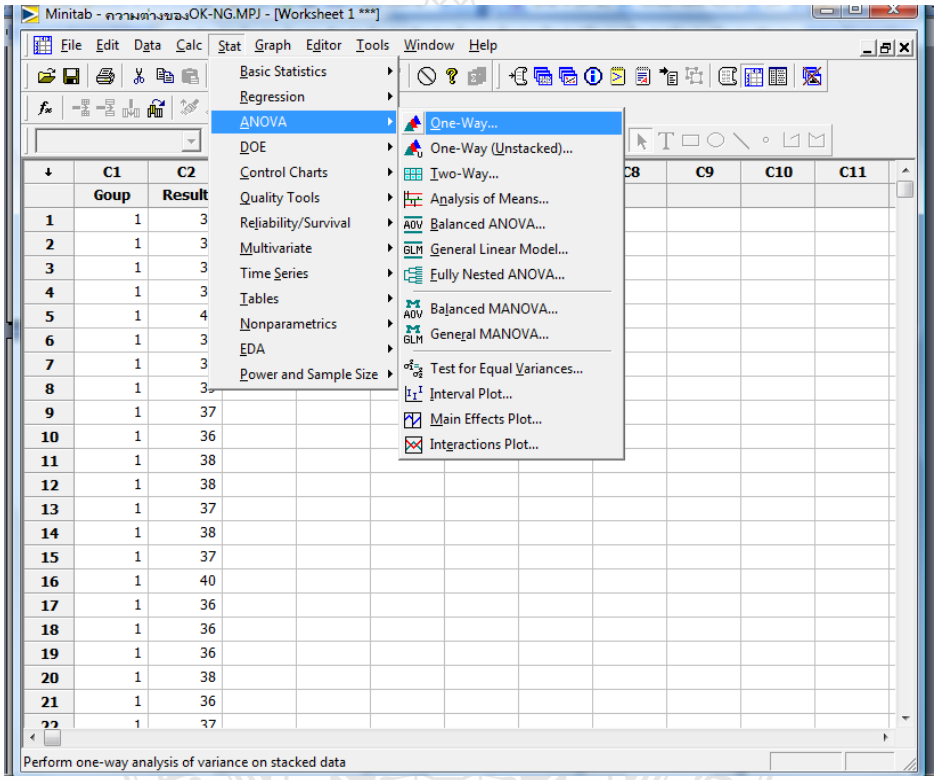
ภาคผนวก ก

การคำนวณ One-Way ANOVA เปรียบเทียบตัวอย่างจากการสุ่มเครื่องที่อัตราการชดเชย
ในการป้อนกระดาษเครื่องที่ผ่านและไม่ผ่าน

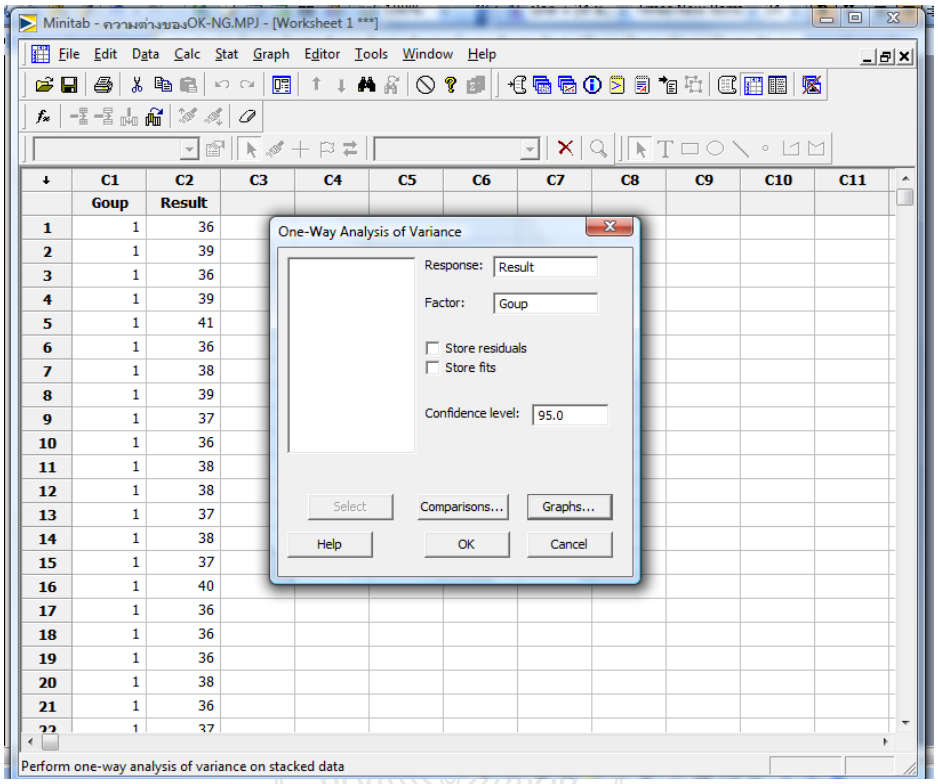
การคำนวณ One-Way ANOVA ด้วย Minitab เปรียบเทียบตัวอย่างจากการสุ่มเครื่องพิมพ์ที่อัตราการชดเชยในการป้อนกระดาษเครื่องที่ OK และ Failจำนวน 50 เครื่อง

1. เริ่มต้นเปิดโปรแกรม Minitab เลือกเมนู Stat > ANOVA > One-Way…ดังรูปที่ ก.1
2. จากนั้นป้อนค่าระดับความเชื่อมั่นดังรูปที่ ก.2

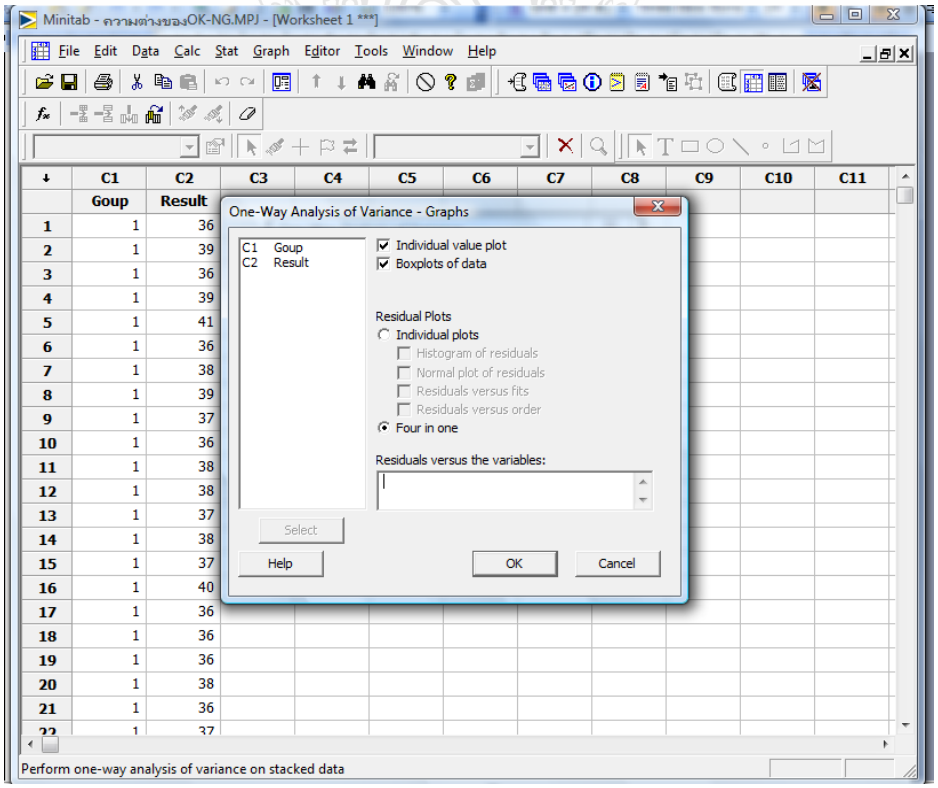
   ใส่ค่า Confidence level = 95.0
3. เลือกชนิดกราฟทดลองความพอเพียงดังรูปที่ ก.3
4. ผลกราฟทดลองความพอเพียงรูปที่ ก.4
5. ผลการคำนวณค่าทางสถิติที่ได้ ดังรูปที่ ก.5



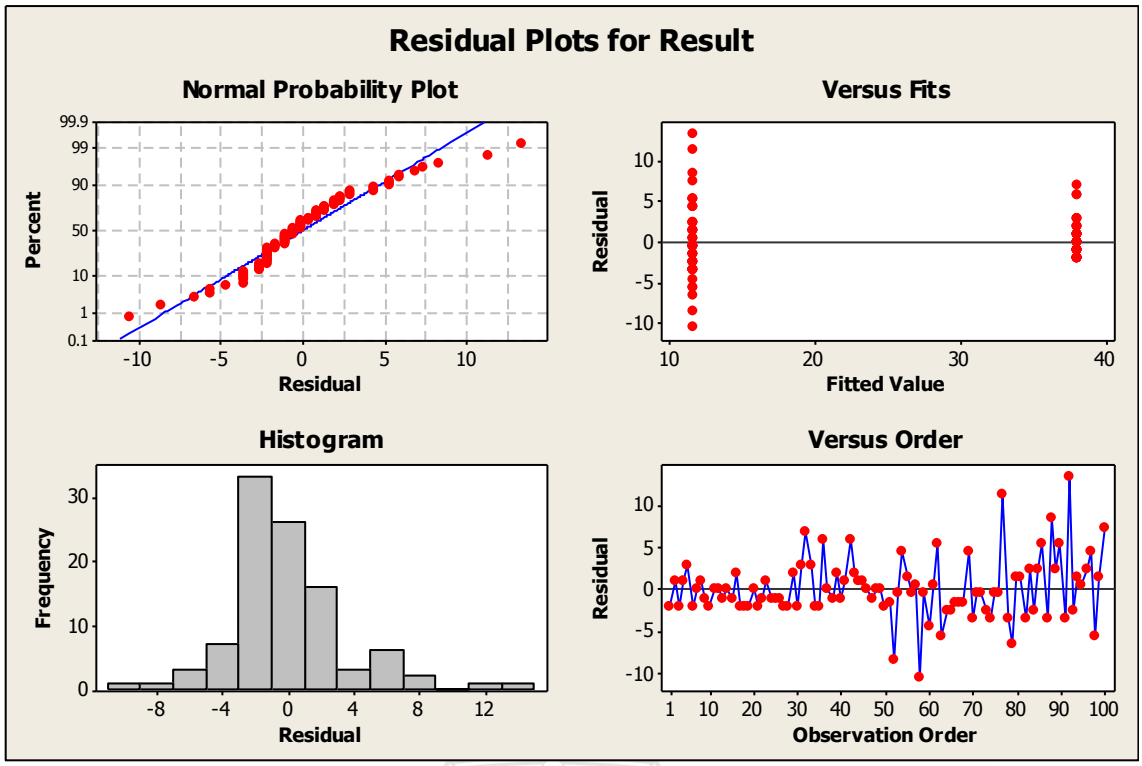
รูปที่ ก.1 การเลือกใช้ One-Way ANOVA



รูปที่ ก.2 การป้อนค่าระดับความเชื่อมั่น



รูปที่ ก.3 การเลือกชนิดกราฟทดลองความพอเพียง



รูปที่ ก.4 กราฟทดลองความพอเพียง

One-way ANOVA: Result versus Goup

```
Source  DF       SS       MS        F      P
Goup     1  17529.8  17529.8  1333.50  0.000
Error   98   1288.3     13.1
Total   99  18818.0

S = 3.626   R-Sq = 93.15%   R-Sq(adj) = 93.08%


                          Individual 95% CIs For Mean Based on
                          Pooled StDev
Level   N    Mean  StDev  -------+---------+---------+---------+--
1      50  38.100  2.197                                    (-*)
2      50  11.620  4.633  (-*)
                          -------+---------+---------+---------+--
                            16.0      24.0      32.0      40.0
```

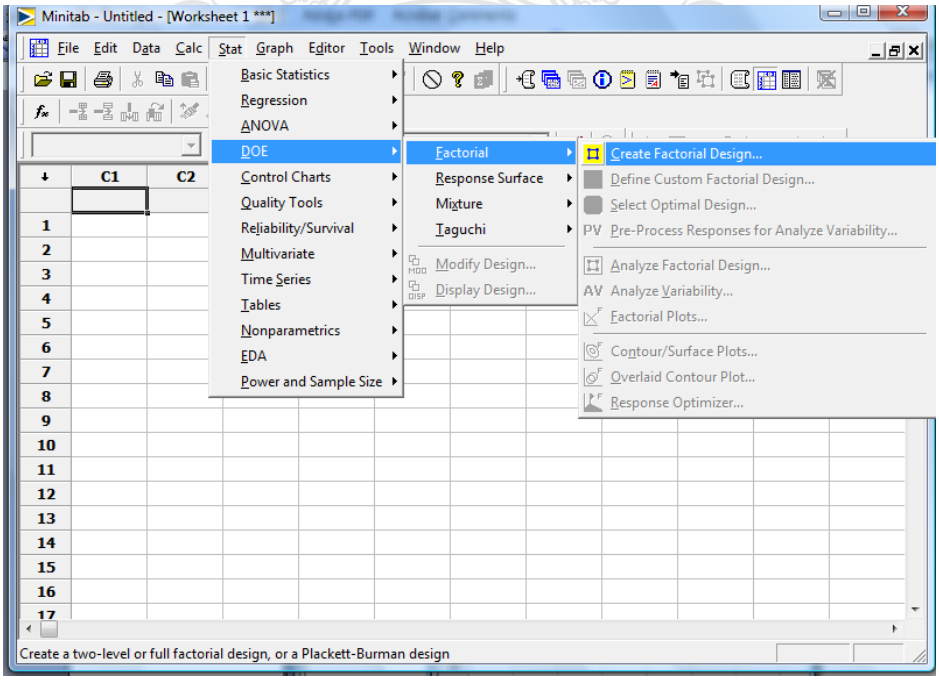
รูปที่ ก.5 ผลการคำนวณค่าทางสถิติที่ได้

ภาคผนวก ข

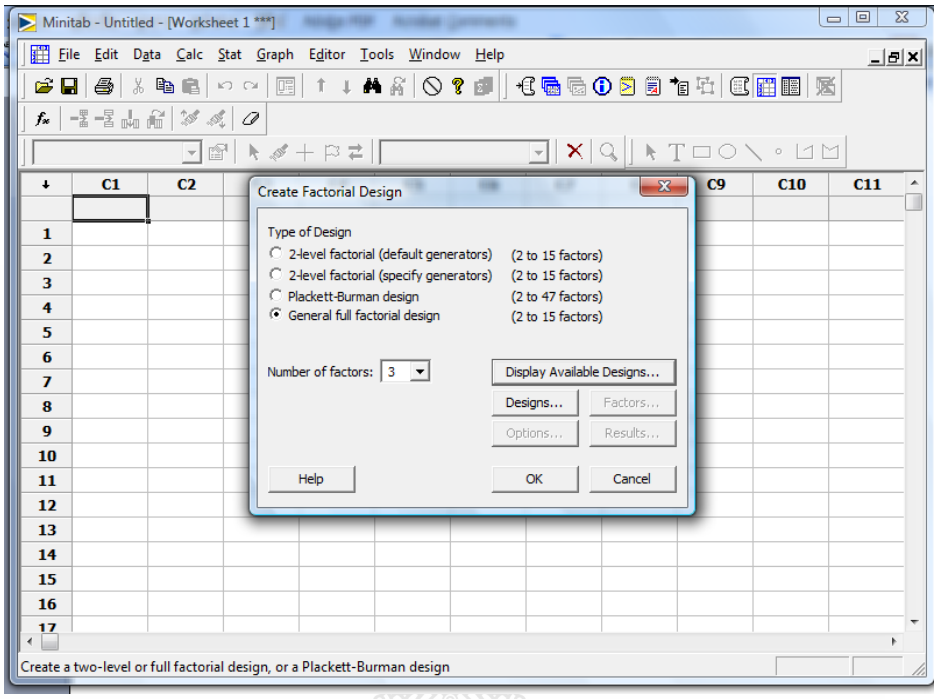
การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองด้วย Minitab เพื่อค้นหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของภาพพิมพ์

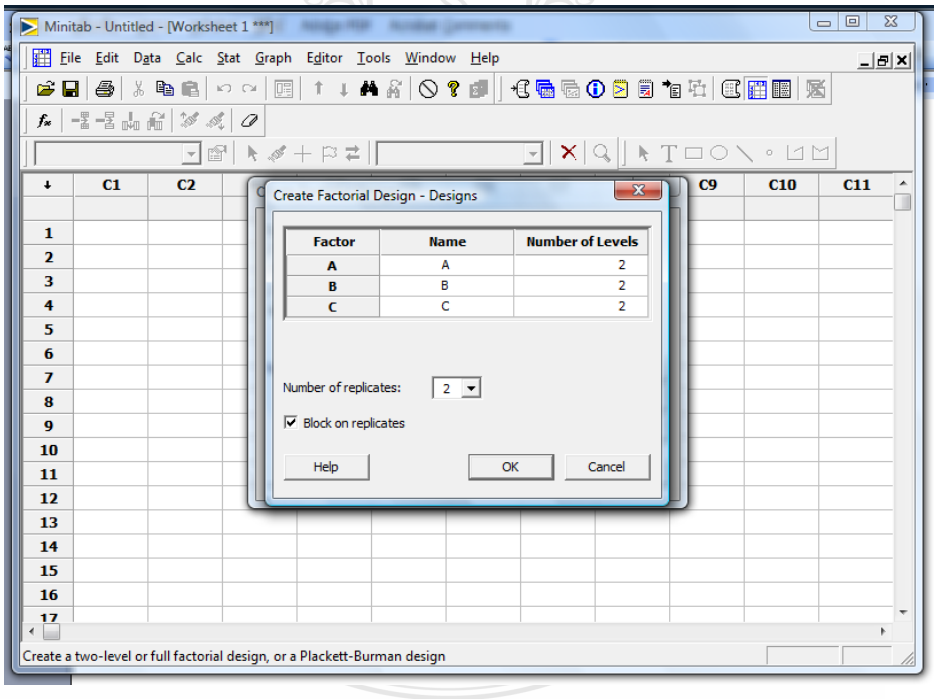
1. เริ่มต้นเปิดโปรแกรม Minitab เลือกเมนู Stat > DOE > Factorial > Create Factorial Design…ดังรูปที่ ข.1
2. จากนั้นป้อนค่าจำนวนปัจจัยและจำนวนครั้งในการทดลองดังรูปที่ ข.2
3. การป้อนชื่อและระดับในการทดลองดังรูปที่ ข.3
4. การป้อนชื่อและระดับในการทดลองดังรูปที่ ข.4
5. เลือกการทดลองแบบสุ่มดังรูปที่ ข.5
6. บันทึกผลการทดลองและเลือกเมนูการวิเคราะห์ความแปรปรวน Stat > DOE > Factorial >Analysis Factorial Design…ดังรูปที่ ข.6
7. เลือกกลุ่มปัจจัยที่ต้องการวิเคราะห์ดังรูปที่ ข.7
8. เลือกชนิดกราฟทดลองความพอเพียงดังรูปที่ ข.8
9. ผลกราฟทดลองความพอเพียงรูปที่ ข.9
10. ผลการทดสอบด้วยกราฟปกติดังรูปที่ ข.10
11. ผลการทดสอบด้วยกราฟปกติครึ่งหนึ่งดังรูปที่ ข.11
12. ผลการทดสอบด้วยกราฟพาเรโตดังรูปที่ ข.12
13. ผลการคำนวณค่าทางสถิติที่ได้ดังรูปที่ ข.12



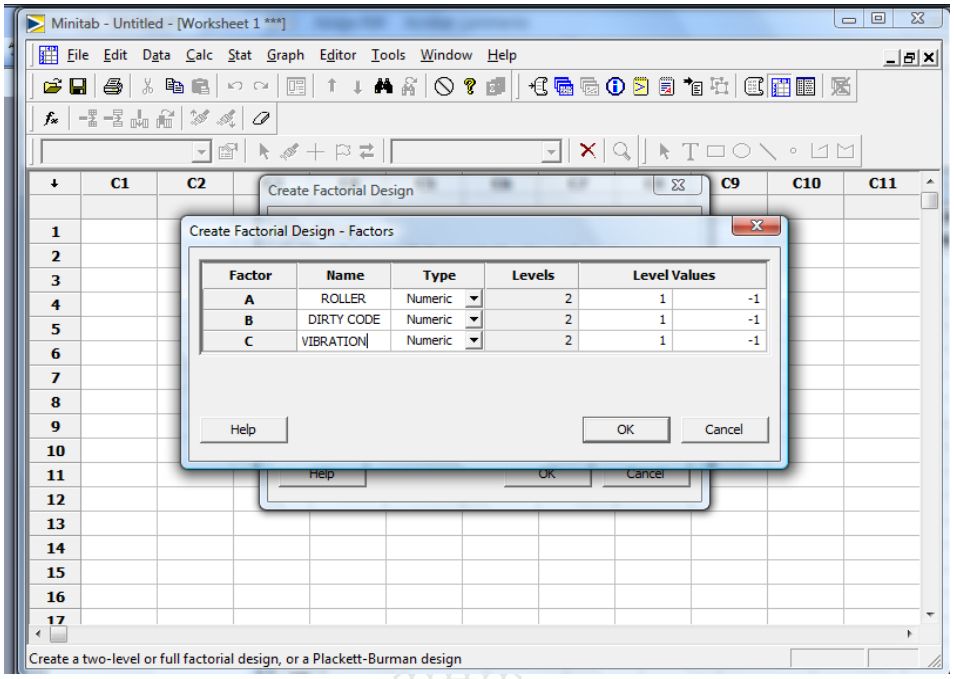
รูปที่ ข.1 การเลือกการออกแบบการทดลอง



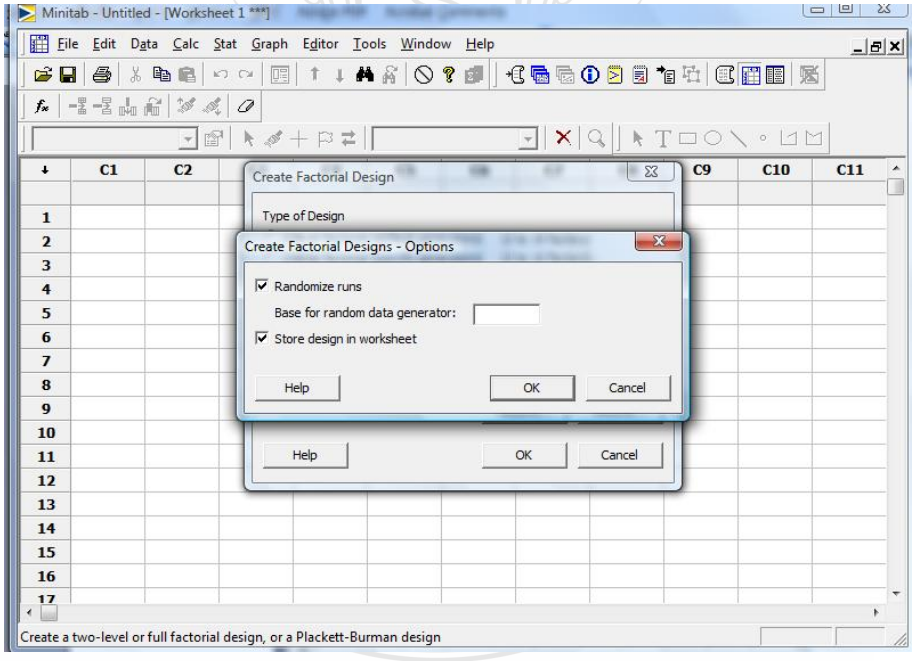
รูปที่ ข.2 การเลือกการออกแบบการทดลอง



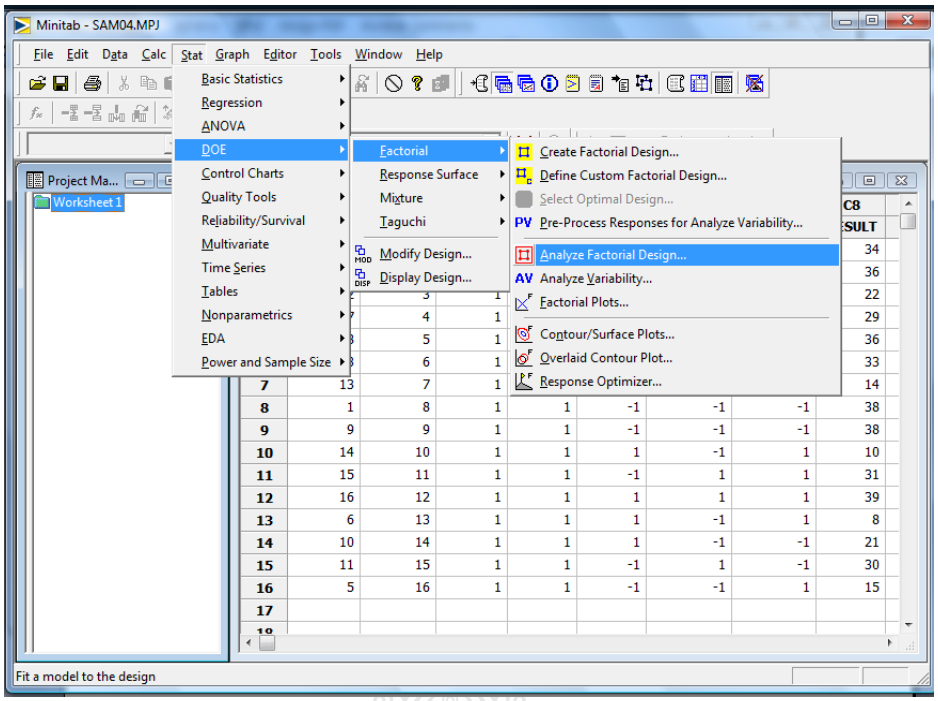
รูปที่ ข.3 การเลือกจำนวนปัจจัยและจำนวนครั้งในการทดลอง



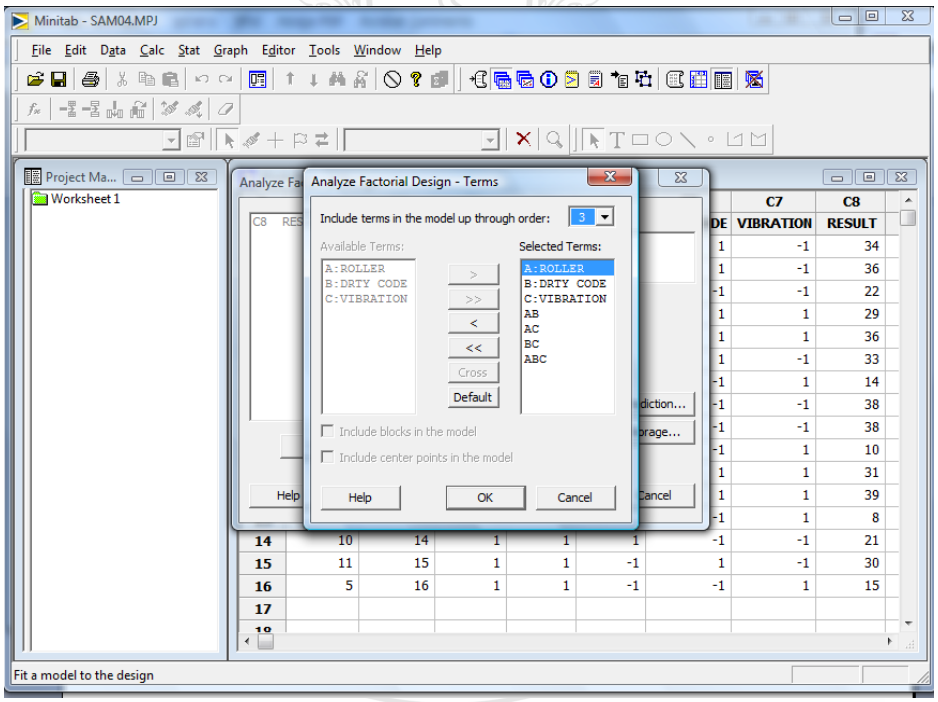
รูปที่ ข.4 การป้อนชื่อและระดับในการทดลอง



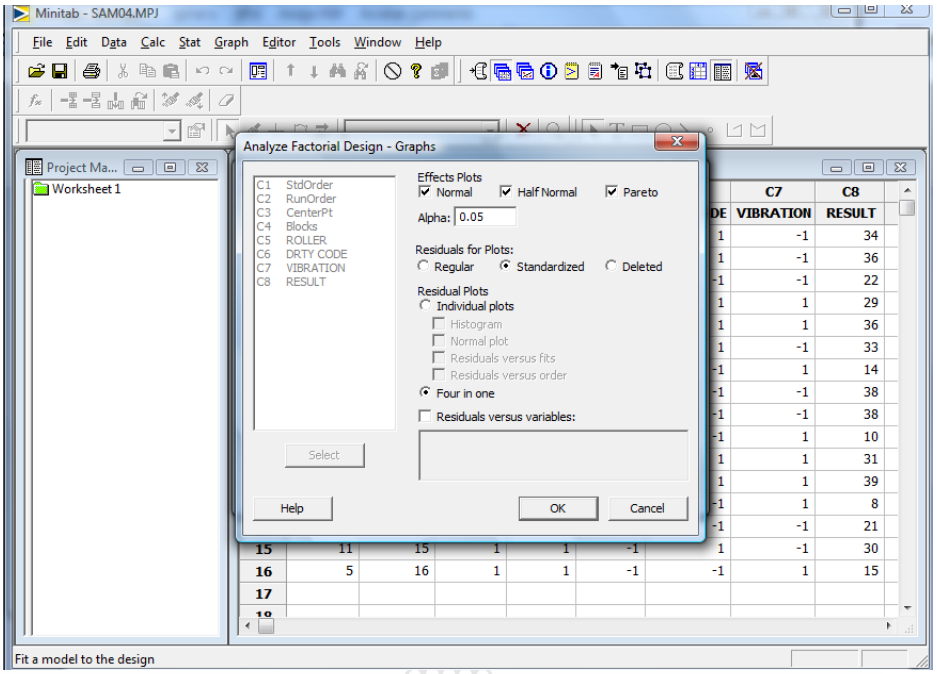
รูปที่ ข.5 การเลือกการทดลองแบบสุ่ม



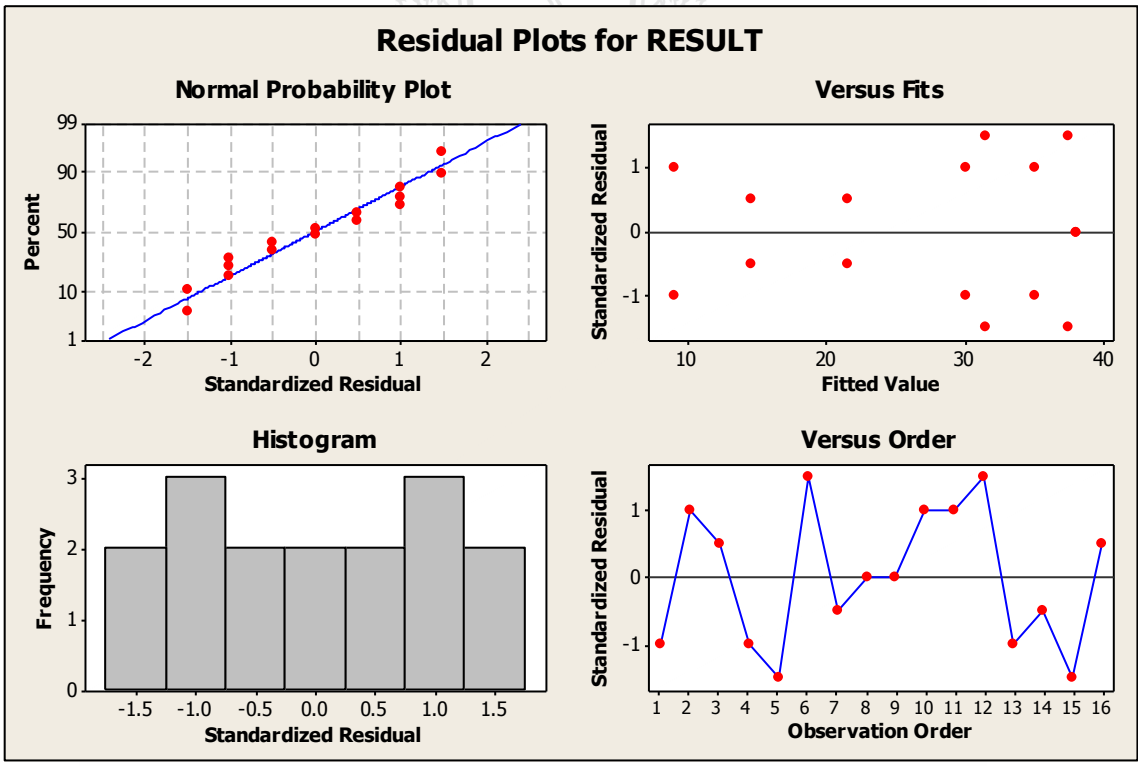
รูปที่ ข.6 ป้อนผลการทดลองและเลือกการวิเคราะห์ความแปรปรวน



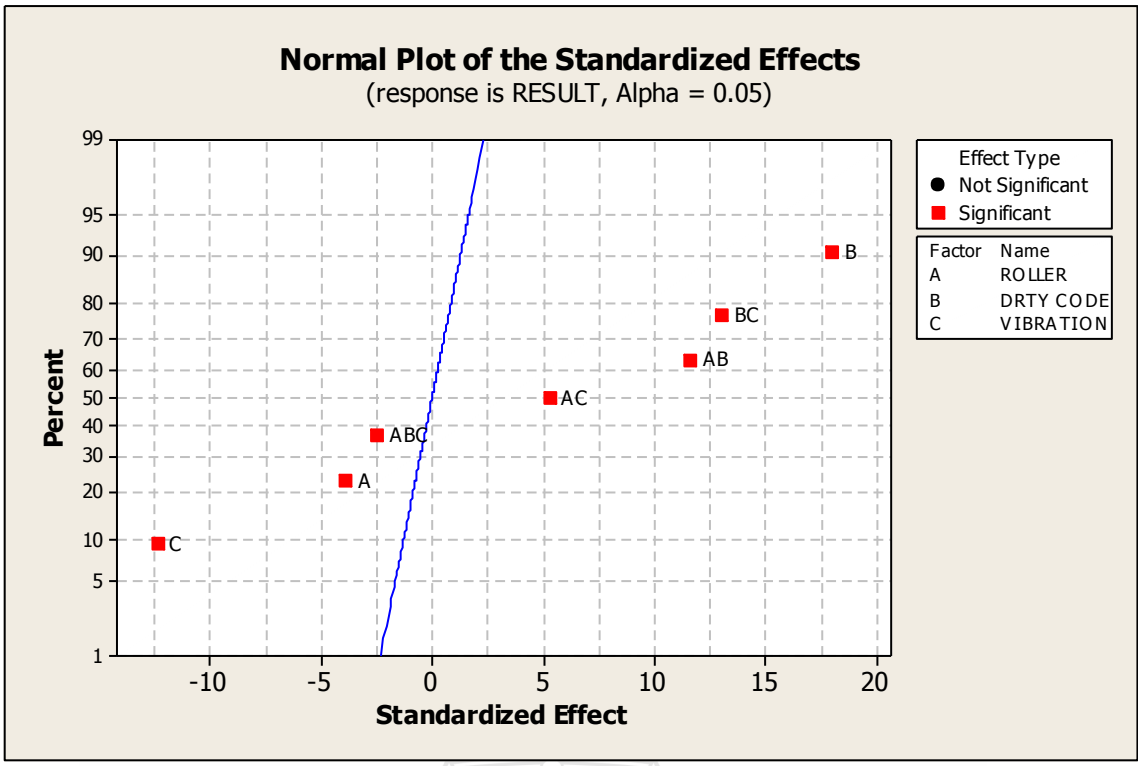
รูปที่ ข.7 การเลือกกลุ่มวิเคราะห์



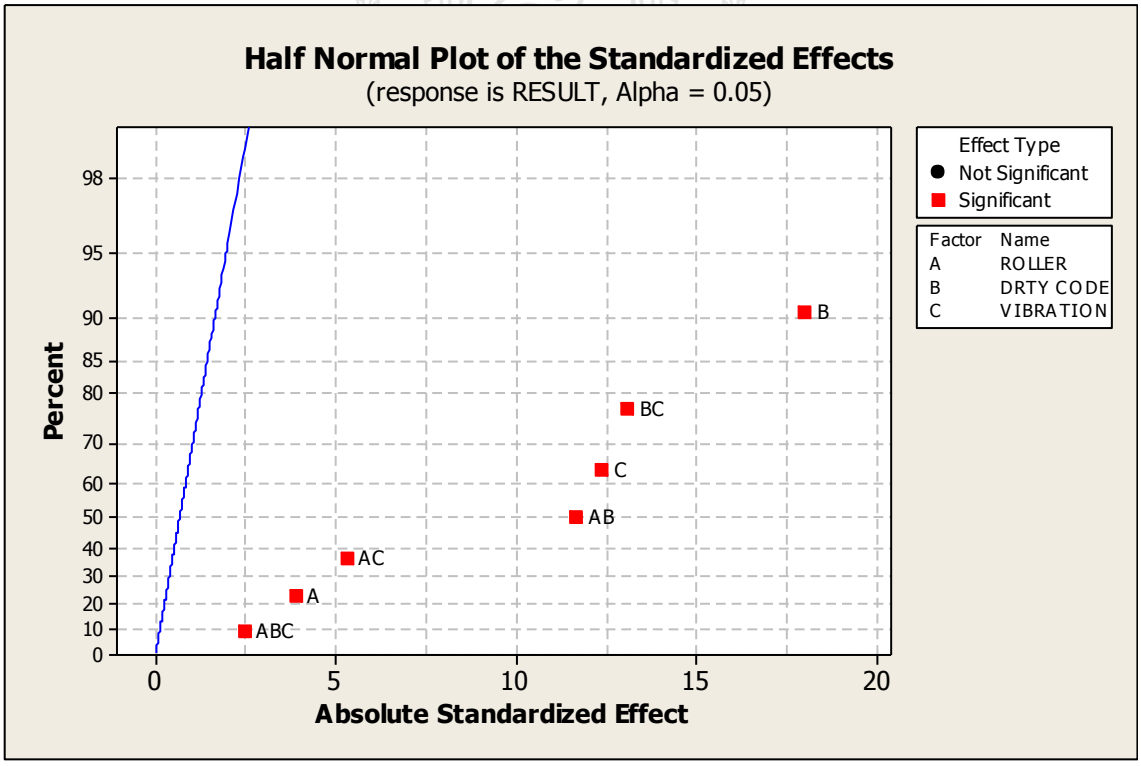
รูปที่ ข.8 การเลือกชนิดกราฟทดลองความพอเพียง



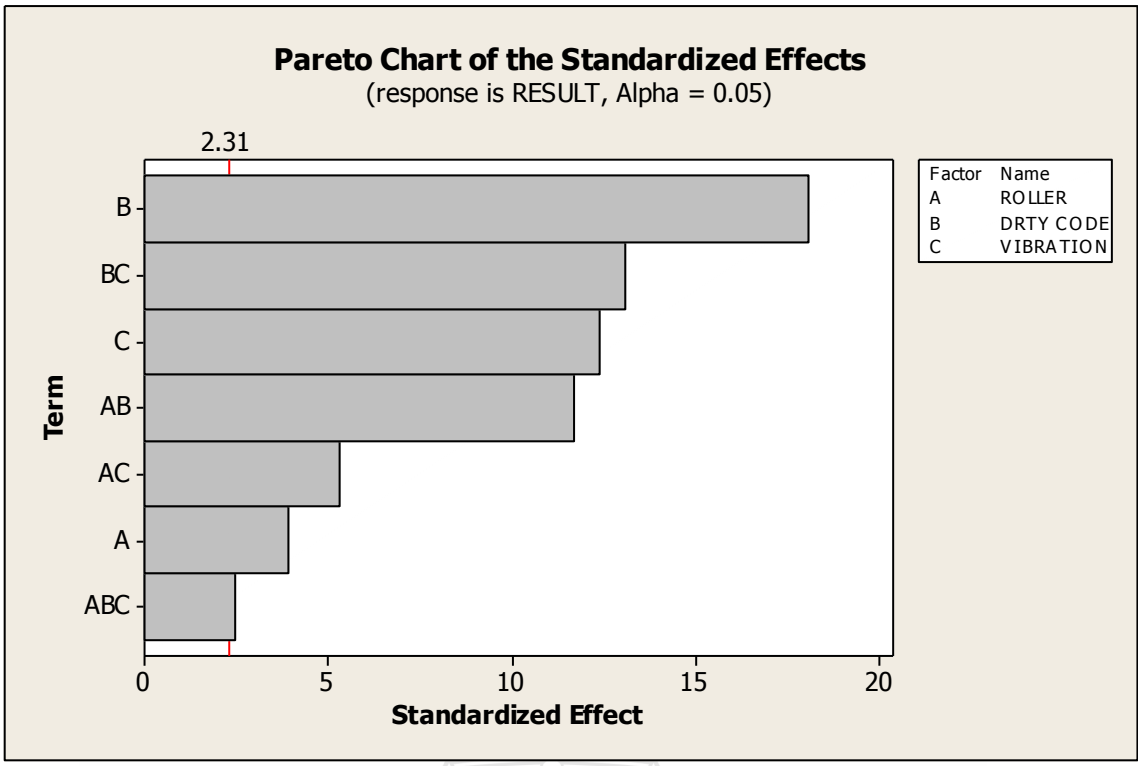
รูปที่ ข.9 กราฟทดลองความพอเพียง



รูปที่ ข.10 กราฟปกติ



รูปที่ ข.11 กราฟปกติครึ่งหนึ่ง



รูปที่ ข.12 กราฟพาเรโต

Factorial Fit: RESULT versus ROLLER, DRTY CODE, VIBRATION

Estimated Effects and Coefficients for RESULT (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		27.125	0.3536	76.72	0.000
ROLLER	-2.750	-1.375	0.3536	-3.89	0.005
DRTY CODE	12.750	6.375	0.3536	18.03	0.000
VIBRATION	-8.750	-4.375	0.3536	-12.37	0.000
ROLLER*DRTY CODE	8.250	4.125	0.3536	11.67	0.000
ROLLER*VIBRATION	3.750	1.875	0.3536	5.30	0.001
DRTY CODE*VIBRATION	9.250	4.625	0.3536	13.08	0.000
ROLLER*DRTY CODE*VIBRATION	-1.750	-0.875	0.3536	-2.47	0.038

S = 1.41421 PRESS = 64
R-Sq = 99.05% R-Sq(pred) = 96.20% R-Sq(adj) = 98.22%

Analysis of Variance for RESULT (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	986.75	986.75	328.917	164.46	0.000
2-Way Interactions	3	670.75	670.75	223.583	111.79	0.000
3-Way Interactions	1	12.25	12.25	12.250	6.13	0.038
Residual Error	8	16.00	16.00	2.000		
Pure Error	8	16.00	16.00	2.000		
Total	15	1685.75				

รูปที่ ข.13 ผลการคำนวณค่าทางสถิติที่ได้

ภาคผนวก ค

การทดสอบเพื่อยืนยันผลการปรับปรุง

โดยทำการทดสอบสมมุติฐาน

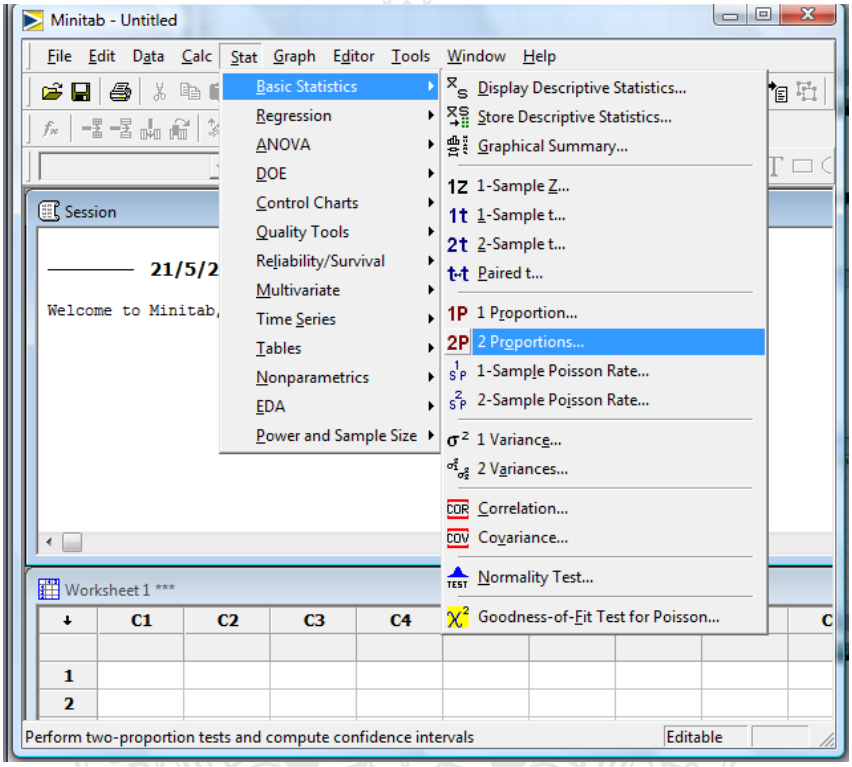
การนำข้อมูลก่อนและหลังการปรับปรุงมาทดสอบสมมุติฐาน

1. เริ่มต้นเปิดโปรแกรม Minitab เลือกเมนู Stat > Basic Statistics > 2P 2 Proportions…ดังรูปที่ ค.1
2. จากนั้นป้อนข้อมูลตัวแปรที่ต้องการ ดังรูปที่ ค.2
3. แล้วเลือก Options ดังรูปที่ ค.3

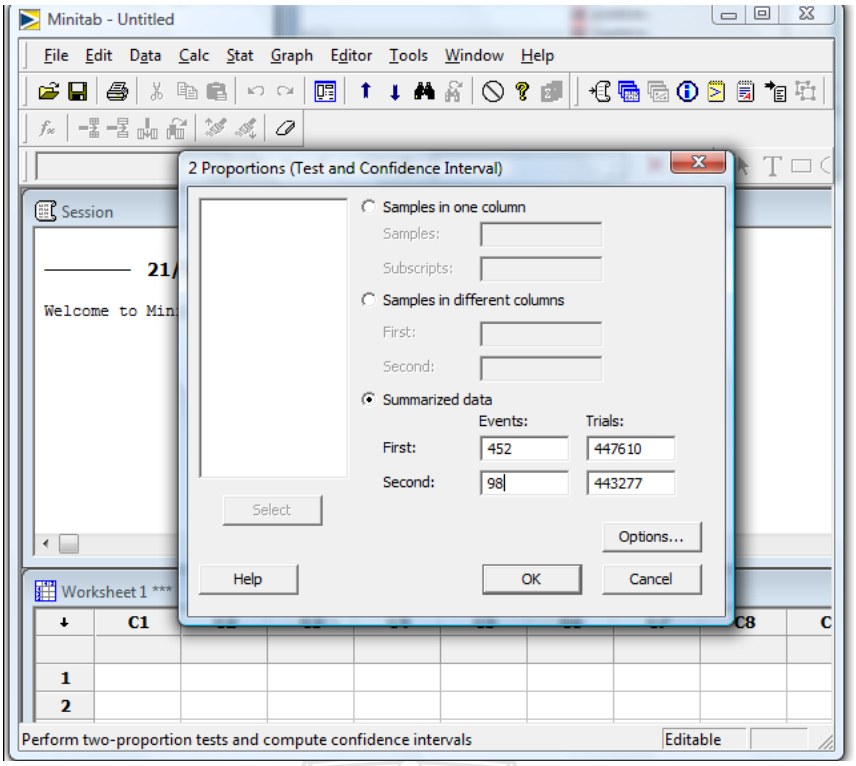
   ใส่ค่า Confidence level = 95.0

   ใส่ค่า Test difference = 0.0

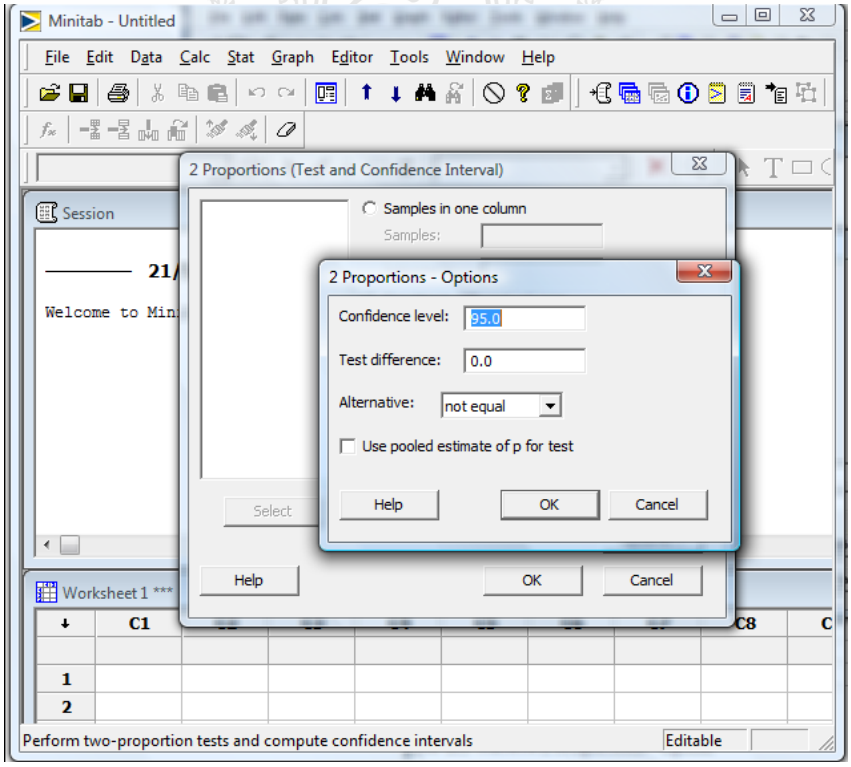
   เลือก Alterative เป็น greater than แล้วคลิก OK
4. ผลการคำนวณค่าทางสถิติที่ได้ ดังรูปที่ ค.4



รูปที่ ค.1 การเลือกใช้ 2P 2 Proportions



รูปที่ ค.2 หน้าต่างการป้อนข้อมูล



รูปที่ ค.3 หน้าต่าง 2 Proportions - Option

Test and CI for Two Proportions

```
Sample    X         N   Sample p
1       452    447610   0.001010
2        98    443277   0.000221


Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference:  0.000788727
95% CI for difference:  (0.000685902, 0.000891552)
Test for difference = 0 (vs not = 0):  Z = 15.03   P-Value = 0.000

Fisher's exact test: P-Value = 0.000
```

รูปที่ ค.4 ผลการคำนวณค่าทางสถิติ

ภาคผนวก ง

กำหนดมาตรฐานวิธีการปฏิบัติงาน

1.เอกสารคำสั่งชี้แจงให้มีการเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติงานแสดงดังรูปที่ ง 1

2.รายละเอียดวิธีการปฏิบัติงานป้องกันการสั่นสะเทือนแสดงดังรูปที่ ง 2

3.รายละเอียดวิธีการปฏิบัติงานป้องกันการสารหล่อลื่นเปื้อนล้อรหัสแสดงดังรูปที่ ง 3

ASSEMBLY WORK INSTRUCTION (MP)

~~STRATIFICATION~~ แยกประเภท & RECORD BODY NO.

ISSUE NO.

MODEL

อนุมัติโดย : 承認	ตรวจสอบโดย : 検討	จัดทำโดย : 作成	แปลโดย : 翻訳

JAPAN ISSUE NO. : 日本発行 番号	-	ปฏิบัติในขั้นตอน การประกอบ Unit no. 対象ユニットNo.	ปฏิบัติชั่วคราว ☐ ตั้งแต่ _____ จนถึง_____ 暫定 (いつからいつまで)
PART NO. / PART NAME : 部品番号 / 部品名称	Main Ass'y	Main Ass'y	ปฏิบัติถาวร ☑ 恒久 (いつから)

เหตุผล

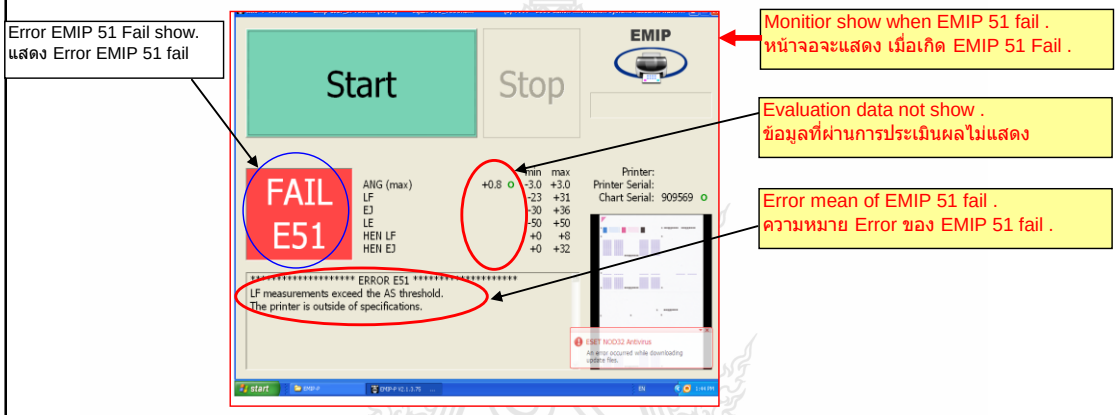
目的

Inform operation method in process EMIP for protect EMIP 51 fail problem .

ชี้แจงวิธีการปฏิบัติงานในขั้นตอนเข้า EMIP เพื่อป้องกันปัญหา EMIP 51 fail.

วิธีการ , มาตรฐานและรูปสังเขป : 方法、規格、略図

EMIP 51 Fail condition (สภาพ EMIP 51 fail)



Operation method , Please see detail in attach sheet page

วิธีการปฏิบัติ , กรุณาดูรายละเอียดหน้า

ข้อควรระวัง :

注意項目

1. Already Inform ass'y member (ติดต่อล่วงหน้ากับ Ass'y meember)

[Mr.Likhit /Mr.Uthen /Mr.Veerapong /Mr.Supawan /Mr.Wichit /Mr.Khunchit]

หัวข้อพิจารณา

判断項目

มีการเปลี่ยน STANDARD TIME หรือไม่ 工数変更	☑ ใช่ 要	☐ ไม่ใช่ 否
ต้องแก้ไข WORK STANDARD หรือไม่ 作業標準変更	☐ ใช่ 要	☐ ไม่ใช่ 否
มีกำหนดการออกECN หรือไม่ 図訂予定	☐ ใช่ 要	☑ ไม่ใช่ 否
กำหนดการออก ECN : 設変発行スケジュール :		
มีการแจ้งติดต่อล่วงหน้าหรือไม่ 事前連絡	☑ ใช่ 要	☐ ไม่ใช่ 否

สำหรับจด BODY NO., LOT NO. โดยแผนก ASSEMBLY 機番/ロット番号控え用

BODY NO. (FOR PRODUCT)

LOT NO. (FOR S/V,K/D)

DISTIBUTE TO:

☑ MTA ☑ PRQA ☐ PAD (1 2) ☑ ASS'Y (1 2 3 4 5 SC)

☐ CHT MO ☐ CHT PX ☑ PC ☐ MD (MPAD MEQA MPD)

☐ PDE2 ☐ PTQA ☐ PCB MFG.

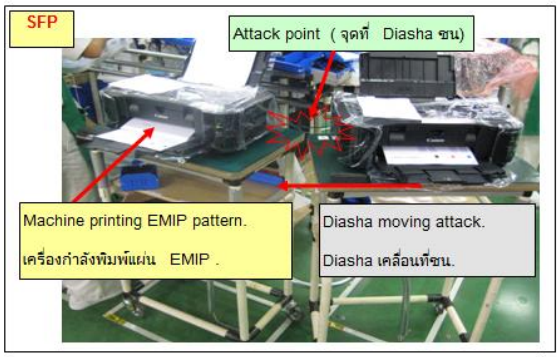
OTHER.....

รูปที่ ง 1 เอกสารคำสั่งเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติงาน

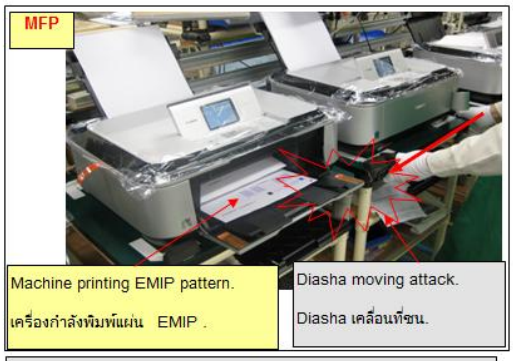
Operation Method for protect EMIP 51 Fail .

(ข้อควรปฏิบัติเพื่อป้องกัน EMIP 51 Fail)

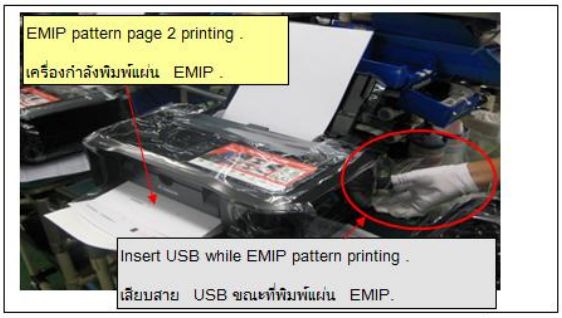
1.Protect vibration while machine printing (ป้องกันการสั่นสะเทือนขณะพิมพ์)



- To be careful Daisha moving Attack while printing .
- ระมัดระวัง Diasha เคลื่อนที่ชนขณะที่เครื่องกำลังพิมพ์



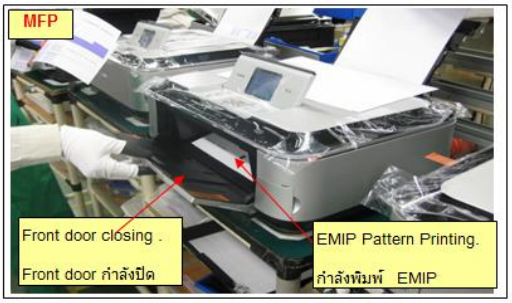
- To be careful Daisha moving Attack while printing .
- ระมัดระวัง Diasha เคลื่อนที่ชนขณะที่เครื่องกำลังพิมพ์



-Don't Insert USB cable while print EMIP pattern.

- ไม่เสียบสาย USB ขณะที่พิมพ์แผ่น EMIP.

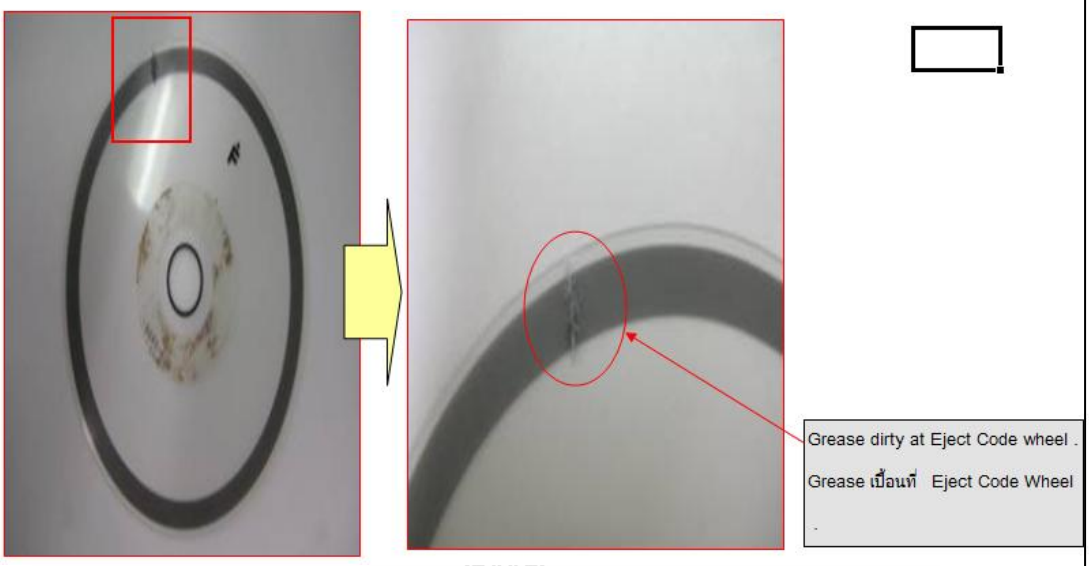
- Don't open / closed Document unit while EMIP pattern printing.
- ไม่ปิด / เปิดชุด Document ขณะที่พิมพ์ EMIP.



รูปที่ ง 2 เอกสารคำสั่งเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติงานหน้า 2

2.Protect Grease dirty at Eject code wheel & LF code wheel .

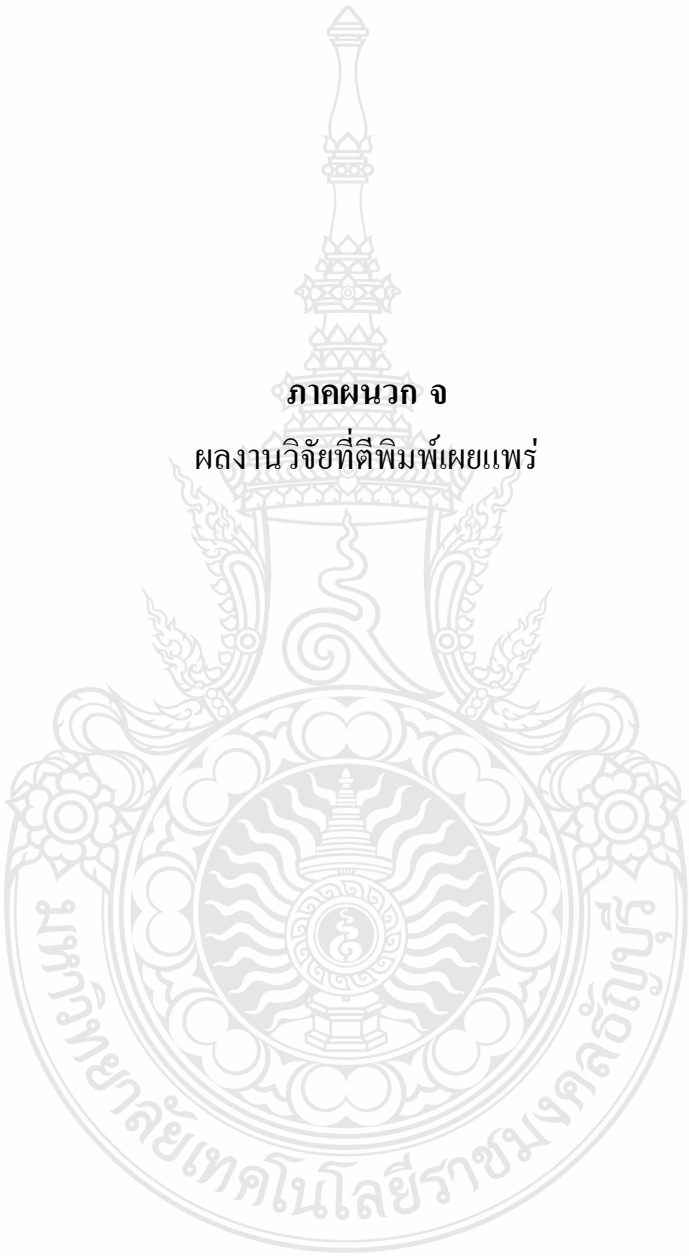
(ป้องกัน Grease เปื้อนที่ EJ code wheel และ LF code wheel)



รูปที่ ง 2 เอกสารคำสั่งเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติงานหน้า 3

ภาคผนวก จ

ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่



วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี
Journal of Engineering, RMUTT

● ปีที่ 6 ● ฉบับที่ 12 ● เดือนกรกฎาคม - ธันวาคม 2551 ISSN 1685-5280

◆ การพัฒนาระบบควบคุมเครื่องพิมพ์ร้อน 1
The Developing of Hot-Stamping Controller
โดย ธนะพงศ์ นพวงศ์ ณ อยุธยา

◆ การบริหารความสัมพันธ์ผู้ส่งมอบและลูกค้า จากมุมมองของผู้ผลิตในอุตสาหกรรมยานยนต์ 9
Supplier - Customer Relationship Management: Perspectives from Manufacturers in Automotive Industry
โดย นุกูล ศรีเมืองแก้ว, ระพี กาญจนะ

◆ การพัฒนาเครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง 19
Development of a Cassava Stem Cutting Machine
โดย จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, สุทิน เหล่าโก่ง, ภูวนาท สินสวัสดิ์, ชัยยงค์ ศรีประเสริฐ

◆ การศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ทางจักรยานเลียบคลองรังสิต (คลอง 3 - คลอง 5) 27
A Satisfaction Study for Bikeway Users along Klong Rungsit (Klong 3 - 5)
โดย คธาวุธ สุวรรณสังข์, ชาคริส ไชยยยศ, วินัย ริมเขตร, นิรชร นกแก้ว

◆ การศึกษาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงก้อนจากของผสมระหว่างกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร 41
The study of heating value of fuel mass mixing between fat dregs and agricultural wastes.
โดย สำรวม โกศลานันท์, ณัฐกานต์ นิตยพัธน์, พิพัฒน์ ปราโมทย์, ณัฐสิทธิ์ พัฒนะอิ่ม

◆ การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของภาพพิมพ์ กรณีศึกษาการทดสอบขั้นสุดท้ายของการผลิตเครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ท 49
A Study of Factors that Affect Image Quality A Case Study : a Final Inspection of Inkjet Printer Production
โดย ชีวิน จันทร์สุนทร, ณฐา คุปตัษเฐียร

◆ ชุดวัดการกระจายแรงสำหรับทดสอบเสื้อเกราะกันกระสุน 59
The Distributed Force Measuring Set for Personal Body Armor Testing
โดย นะรา เฉลิมกลิ่น, ฉัตรชัย ศุภพิทักษ์สกุล

◆ ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของตะเข็บที่เชื่อมติดด้วยอัลตร้าโซนิค 71
The Factor Affecting Seam Strength Sewn With Ultrasonic Sewing Machine
โดย พิษณุ แสงวัฒนะ, ปลื้มจิตต์ เตชธรรมรักษ์

◆ ออกแบบและพัฒนาเครื่องแกะเมล็ดกระเจี๊ยบแดง 77
Design and Development of Roselle Seed Peeling Machine
โดย รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์, พุธวงศ์ นาทอง, วิไลพร คำงาม

วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี

คณะกรรมการจัดทำวารสาร
วิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี

คณะกรรมการที่ปรึกษา

อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

กองบรรณาธิการ

ดร.วันชัย	*ทรัพย์สิงห์*
อ.นิติพงศ์	*ปานกลาง*
อ.วิรัช	*แสงสุริยฤทธิ์*
ดร.พิพัฒน์	*ปราโมทย์*
อ.อรวรรณ	*ชื่นคุ้ม*
อ.ศุภเอก	*ประมูลมาก*
ผศ.ธนะพงศ์	*นพวงศ์ ณ อยุธยา*
ดร.ปลื้มจิตต์	*เตชธรรมรักษ์*
อ.ณัฐชา	*เพ็ชร์ยิ่ม*
อ.วีรศักดิ์	*หมู่เจริญ*
อ.ปัทมา	*วิชิตะกุล*
รศ.ดร.เข็มชัย	*เหมะจันทร*
ดร.ขัขวาลย์	*สุรัสวดี*
ผศ.ดร.อังคณา	*พันธ์หล่อ*
รศ.ณรงค์	*บวบทอง*
รศ.ดร.สุธี	*อักษรกิตติ์*
ผศ.ดร.ปฐมทัศน์	*จิระเดชะ*

หัวหน้ากองบรรณาธิการ

ผศ.ชวลิต	*แสงสวัสดิ์*

เลขานุการ

นายสมชาย	*ติญญนนท์*

ผู้ช่วยเลขานุการ

นางปนัดดา	*เอี่ยมทัศน์*
นางสาวรุ่งทิพย์	*ทั่งทอง*
นางสาวนุชสะรา	*เดชพิชัย*
นายเสริมเกียรติ	*ฉันทวิลาสกุล*

บทบรรณาธิการ

วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี หรือ JERMUTT ฉบับที่ 12 นี้ยังคงนำเสนอผลงานวิจัยของคณาจารย์และนักศึกษา ที่เน้นการวิจัยทางวิศวกรรมและเทคโนโลยีที่น่าสนใจหลายเรื่อง อาทิเช่น การพัฒนาระบบควบคุมเครื่องพิมพ์ร้อน ออกแบบและพัฒนาเครื่องแกะเมล็ดกระเจี๊ยบแดง ชุดวัดการกระจายแรงสำหรับทดสอบเสื้อเกราะกันกระสุน ฯ

กองบรรณาธิการ ยินดีเผยแพร่บทความและผลงานวิจัย ของนักวิชาการและคณาจารย์ทั้งหลายออกสู่สาธารณชน โดยมีการตรวจสอบเนื้อหาให้ถูกต้องจากผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ และก่อนหน้าจะตีพิมพ์ทางกองบรรณาธิการจะให้เกียรติเจ้าของบทความได้อ่านต้นฉบับเพื่อพิสูจน์อักษรและข้อความให้ถูกต้องอีกครั้งหนึ่งเสมอ ทั้งนี้หากท่านผู้อ่านสนใจจะตีพิมพ์บทความ ขอได้โปรดจัดเตรียมต้นฉบับให้เป็นไปตามแบบฟอร์มของทางวารสาร หรือหากมีข้อสงสัยประการใดให้ติดต่อเบอร์โทรศัพท์ 0-2549-3493 โทรสาร 0-2549-3479 ท่านจะได้รับทราบรายละเอียดเพิ่มเติม

กองบรรณาธิการ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิผู้พิจารณาบทความ

รศ.มานพ ตันตระบัณฑิตย์	คณะวิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รศ.ดร.วันชัย ริจิรวนิช	คณะวิศวกรรมศาสตร์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รศ.ดร.ปานมนัส ศิริสมบูรณ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.จิราภรณ์ เบญจประกายรัตน์	คณะวิศวกรรมศาสตร์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.ณรงค์ บวบทอง	คณะวิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รศ.นภาพินทุ์ อนันตรศิริชัย	คณะวิศวกรรมศาสตร์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผศ.ดร.กานต์ พนาศุภมัสดุ	คณะวิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผศ.ดร.บรรยงค์ รุ่งเรืองด้วยบุญ	คณะวิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
ผศ.ดร.ทวีชัย สำราญวานิช	คณะวิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผศ.ดร.ปิติศานต์ กร้ำมาตร	คณะวิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผศ.ดร.กัณวริช พลูปราชญ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)
ผศ.ดร.อังคณา พันธ์หล่อ	วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.อาทิตย์ โสตรโยม	คณะวิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยสยาม
ผศ.ดร.ปฐมทัศน์ จิระเดชะ	คณะวิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)
ผศ.ดร.นำคุณ ศรีสนิท	คณะวิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)
ผศ.มิ่ง โลกิจแสงทอง	คณะวิศวกรรมศาสตร์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.ดร.อิสสรีย์ หรรษาจรูญโรจน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์	
รศ.ดร.เข็มชัย เหมะจันทร	คณะวิทยาศาสตร์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รศ.ดร.ชัยยุทธ ช่างสาร	คณะวิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รศ.สมเกียรติ จงประสิทธิ์พร	คณะวิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.ก้องเกียรติ พลูสวัสดิ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
ผศ.ดร.ณฐา คุปตัษเฐียร	คณะวิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผศ.ดร.ศิวกร อ่างทอง	คณะวิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รศ.ดร.ยุทธชัย บันเทิงจิตร	คณะวิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์	คณะวิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผศ.ดร.จงจินต์ ผลประเสริฐ	คณะสาธารณสุขศาสตร์	มหาวิทยาลัยมหิดล
ดร.ประเทืองทิพย์ ปานบำรุง	คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
รศ.ดร.เจียรนัย เล็กอุทัย	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
รศ.เวคิน ปิยรัตน์	คณะวิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)
รศ.ดร.วิจิตร กิณเรศ	คณะวิศวกรรมศาสตร์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.ดร.ธัญญา นิยมาภา	คณะวิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

.....

การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของภาพพิมพ์ กรณีศึกษาการทดสอบขั้นสุดท้ายของการผลิตเครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ท

A Study of Factors that Affect Image Quality A Case Study : a Final Inspection of Inkjet Printer Production

ชีวิน จันทร์สุนทร[1] ณฐา คุปตัษเฐียร[2]

บทคัดย่อ

ในการผลิตเครื่องพิมพ์จำนวน 2,685,662 เครื่อง จากโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษา พบว่ามีอัตราจำนวนเครื่องไม่ผ่านคุณภาพภาพพิมพ์ จำนวน 2,723 เครื่อง โดยคิดเป็นร้อยละ 0.10 เฉลี่ย 454 เครื่องต่อเดือน ของการผลิตทั้งหมดและทำให้โรงงานต้องมีค่าใช้จ่ายในการ Rework เกิดขึ้น 45,578 บาท เฉลี่ย 7,596 บาทต่อเดือน เพื่อทำให้เครื่องพิมพ์กลับมามีคุณภาพตรงตามมาตรฐานของโรงงานและนำไปสู่การกำหนดสมมติฐานการวิจัย การศึกษานี้จะทำให้สามารถทราบปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของภาพพิมพ์และสามารถลดสัดส่วนของปัญหาในการพิมพ์ภาพลงได้ร้อยละ 50 ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุและศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของภาพพิมพ์ในการทดสอบขั้นสุดท้ายของการผลิตเครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ท โดยมีระเบียบวิธีวิจัยคือ การศึกษาขั้นตอนการทดสอบการพิมพ์ภาพซึ่งเป็นการทดสอบขั้นสุดท้ายก่อนการบรรจุผลิตภัณฑ์ก่อนส่งมอบให้กับลูกค้า จากการนำทฤษฎีและหลักการทางวิศวกรรมอุตสาหการมาประยุกต์ใช้ ได้แก่ทฤษฎีการควบคุมคุณภาพ (Quality Control) เครื่องมือควบคุมคุณภาพทั้ง (7 QC Tools) เครื่องมือควบคุมคุณภาพยุคใหม่ (New QC Tools) ทฤษฎีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต (Productivity Improvement) และทฤษฎีการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment)

คำสำคัญ: การควบคุมคุณภาพ, การออกแบบการทดลอง, การเพิ่มประสิทธิภาพ

[1]นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชมงคลธัญบุรี
[2]อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชมงคลธัญบุรี

Abstract

The processes of 2,685,662 printers' production from the factory are used as a case study. The finding show that 2,723 printers which are produced in a month, there are 10 percentage or 454 printers which are the non-standard in the image quality. As the result, the company has to pay for reworking which cost 45,578 baht or 7,596 baht a month. To improve the quality based on the company standard and due to the hypothesis setting, this study is able to gain the factors which affect to the image quality and able to decrease the problems occurred in image quality at 50 %. Consequently, this study aims to analyze the causes and the factors that affect the image quality in the final inspection of inkjet printer production. The theory and industrial engineering are applied including: Quality Controlled, 7 Quality Controlled Tools, the New Quality Controlled Tools, the Theory of Productivity Improvement and Design of Experiment.

Keywords : Quality Control, Design of Experiment, Productivity Improvement

1.บทนำ

อุตสาหกรรมการผลิตเครื่องใช้ในสำนักงานนับว่าเป็นธุรกิจ ที่จัดว่าเป็นธุรกิจที่จะช่วยส่งเสริมและพัฒนาภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทย ซึ่งประเทศไทยถือเป็นฐานการผลิตหลักของนักลงทุนชาวญี่ปุ่นและมีลูกค้าทั่วหลายทวีป [1] เครื่องใช้ในสำนักงานที่มีความสำคัญเป็นลำดับต้นๆ ที่มีใช้ประจำของทุกองค์กรคือ เครื่องพิมพ์เอกสาร อุตสาหกรรมผลิตเครื่องพิมพ์ตามที่คาดการณ์ในปี 2552 มีมูลค่าตลาดอยู่ที่ประมาณ 4,348 ล้านบาท [2] หากในช่วงภาวะเศรษฐกิจตกต่ำทั่วโลกในปัจจุบัน แม้แต่อุตสาหกรรมเครื่องพิมพ์ ก็ได้รับผลกระทบเช่นเดียวกันจากมูลค่ายอดขายที่ลดลงดังนั้น องค์กรจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ที่จะต้องรักษาสภาพคล่องเพื่อให้ธุรกิจสามารถดำเนินต่อไปได้ ด้วยแนวคิดของการลดต้นทุน การเพิ่มผลผลิต และการผลิตให้มีต้นทุนต่ำที่สุดโดยยังคงรักษาระดับคุณภาพของสินค้าไว้ไม่ให้ลดลง

โรงงานตัวอย่างซึ่งเป็นกรณีศึกษานี้ พบว่ามีเครื่องพิมพ์ ที่เกิดปัญหาภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานคุณภาพที่กำหนด ทำให้ต้องเสียเวลาซ่อมหรือตรวจสอบแก้ไข ก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายทั้งทางด้านวัตถุดิบและแรงงานปัญหานี้เกิดขึ้นตลอดเวลาการผลิต ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้เข้ามาศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานแห่งนี้ และนำปัญหาไปวิเคราะห์สาเหตุโดยใช้หลักการทางวิศวกรรมอุตสาหการเพื่อแก้ปัญหาในกระบวนการผลิต และลดข้อบกพร่องของกระบวนการผลิตให้มากที่สุด ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมศึกษาข้อมูลเครื่องพิมพ์ ที่เกิดปัญหาภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์ตามคุณภาพที่เกิดขึ้นในหน่วยงานการตรวจสอบปัญหาภาพพิมพ์

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การบริหารเพื่อเพิ่มผลผลิต [3] เป็นการใช้มาตรฐานกำหนดวิธีการทำงานเพื่อให้สามารถควบคุมและวัดผลงานได้ ในการผลิตหรือบริการเกิดขึ้นจากการนำสิ่งที่จำเป็นในการผลิตหรือเรียกว่าปัจจัยการผลิต (Input) เช่นวัตถุดิบเครื่องมือ เครื่องจักร พนักงาน เป็นต้น มาผ่านกระบวนการ (Process) หรือขั้นตอนการทำงานต่างๆ เพื่อให้ได้ผลผลิต (Output) หรือบริการ (Service) ตามต้องการ ดังนั้นการเพิ่มผลผลิตตามแนวคิดวิทยาศาสตร์จึงหมายถึงอัตราส่วนระหว่างผลิตผล (Output) ต่อปัจจัยการผลิต (Input) ที่ใช้ไป ดังนั้น การเพิ่มผลผลิต (Productivity) = ผลิตผล (Output) / ปัจจัยการผลิต (Input) โดยอาจใช้แนวทางการเพิ่มผลผลิต 4 แนวทาง

1) ใช้ปัจจัยการผลิตเท่าเดิม แต่ทำให้ผลิตผลเพิ่มขึ้น

2) ใช้ปัจจัยการผลิตน้อยลง แต่ทำให้ผลิตผลเท่าเดิม

3) ใช้ปัจจัยการผลิตน้อยลง แต่ทำให้ผลิตผลเพิ่มขึ้น

4) ใช้ปัจจัยการผลิตเพิ่มขึ้น แต่ทำให้ผลิตผลเพิ่มขึ้น

5) ลดจำนวนผลิตผลลงจากเดิม โดยลดอัตราการใช้ปัจจัยการผลิตในอัตราส่วนที่มากกว่า

2.2 แนวทางการควบคุมคุณภาพ จักรกฤษณ์ [4] ได้กล่าวไว้ว่าเทคนิคเครื่องมือควบคุมคุณภาพยุคใหม่ ซึ่งจะประกอบไปด้วยแผนผังกลุ่มเชื่อมโยงกับแผนผังความสัมพันธ์ สามารถนำมาใช้ระบุถึงปัญหา แผนผังต้นไม้กับแผนผังแมทริกซ์ สามารถใช้วิเคราะห์และกำหนดแนวทาง ในการปฏิบัติการแก้ไขและปรับปรุงซึ่งสามารถเก็บข้อมูลที่มีลักษณะเป็นคำพูดและข้อคิดเห็นจากการระดมสมองของกลุ่มผู้ดำเนินการแก้ปัญหาได้อย่างครบถ้วน ทำให้สามารถระบุปัญหาที่ซับซ้อนคลุมเครือให้เป็นระบบและชัดเจน ซึ่งจะเอื้ออำนวยให้หาแนวทาง การแก้ไขปัญหาได้อย่างเป็นขั้นตอน

2.3 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล โสภิดา ท้วมมี [5] และ ปารเมศ [6] ได้กล่าวไว้ว่า การทดลองส่วนมากในทางปฏิบัติจะเกี่ยวข้องกับการศึกษาถึงผลของปัจจัย ตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป ในกรณีเช่นนี้ การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล (Factorial Design) จะเป็นวิธีการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุด การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล หมายถึง การทดลองที่พิจารณาถึงผลที่เกิดจากการรวมกันของระดับ (Level) ปัจจัยทั้งหมด ที่จะเป็นไปได้ในการทดลองนั้น ตัวอย่าง เช่น กรณี 2 ปัจจัย ถ้าปัจจัย A ประกอบด้วย a ระดับ และปัจจัย B ประกอบด้วย b ระดับ ซึ่งในการทดลองของ 1 เรพลิเคต (Replicate) จะประกอบด้วยการทดลองทั้งหมด ab การทดลอง และเมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องถูกนำมาจัดให้อยู่ในรูปแบบของการออกแบบ เชิงแฟกทอเรียล จะกล่าวได้ว่าปัจจัยเหล่านี้มีการไขว้ (Crossed) ซึ่งกันและกัน

แผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลทั่วไป [7] มีรูปแบบ ทั่วไป คือ A*B*C*... แฟกทอเรียล รูปแบบของแผนการ ทดลองแบบแฟกทอเรียลที่สำคัญได้แก่

1) 2^k แฟกทอเรียล ใช้กับการทดลองแบบหลายปัจจัย ที่กำหนดระดับของปัจจัยเพียงแค่ 2 ระดับเท่านั้น ในปัจจัยทั้งหมด k ปัจจัย

2) 3^k แฟกทอเรียล ใช้กับการทดลองแบบหลายปัจจัย ที่กำหนดระดับของปัจจัยไว้ 3 ระดับ ใน k ปัจจัย

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งส่วนการวิจัยออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ

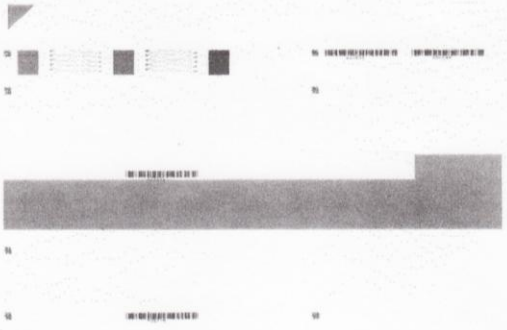
3.1 การศึกษาขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพของภาพพิมพ์ หลังจากที่พนักงานประกอบเครื่องพิมพ์เรียบร้อย มีขั้นตอนดังนี้

1) เปิดเครื่องพิมพ์และเชื่อมต่อกับเครื่องปรับระยะการพิมพ์ทางสาย USB

2) ถ่ายข้อมูลจากเครื่องปรับระยะการพิมพ์บันทึกลงหน่วยความจำเครื่องพิมพ์

3) พิมพ์ภาพสำหรับตรวจสอบคุณภาพภาพ

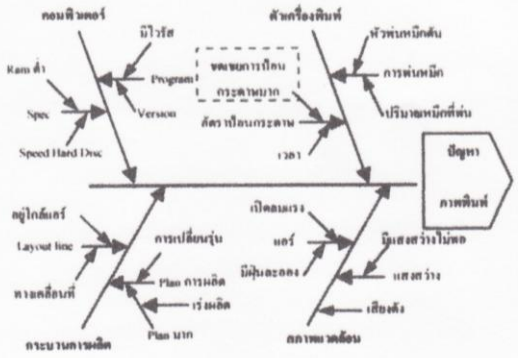
4) ตรวจสอบคุณภาพภาพพิมพ์ ดังแสดงในรูปที่ 1 นำไปเปรียบเทียบกับภาพพิมพ์ที่เป็นภาพมาตรฐาน



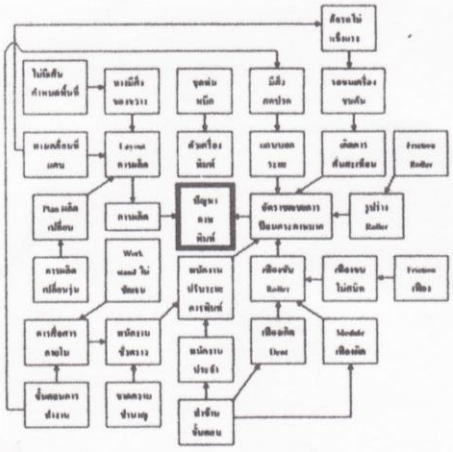
รูปที่ 1 ภาพพิมพ์สำหรับตรวจสอบคุณภาพ

ซึ่งผลการตรวจสอบหากผ่าน เครื่องจะถูกดำเนินการขั้นต่อไป แต่หากเครื่องไม่ผ่านเกณฑ์ เครื่องนั้นจะถูกตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องก่อนกลับมาทำการยืนยันคุณภาพอีกครั้ง โดยการปรับระยะการพิมพ์และพิมพ์ภาพเพื่อตรวจสอบอีกครั้ง

3.2 การดำเนินการค้นหาสาเหตุของปัญหาเพื่อนำไปกำหนดปัจจัยหรือค่าตอบสนองที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยใช้แผนผังก้างปลาหรือแผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) และแผนผังความสัมพันธ์ (Relations Diagrams) เพื่อค้นหาสาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Cause) ที่อาจก่อให้เกิดปัญหานั้นจากการระดมสมองร่วมกับทีมงานในหน่วยงานเพื่อค้นหาและวิเคราะห์สาเหตุแสดงในรูปที่ 2 และรูปที่ 3 อธิบายได้



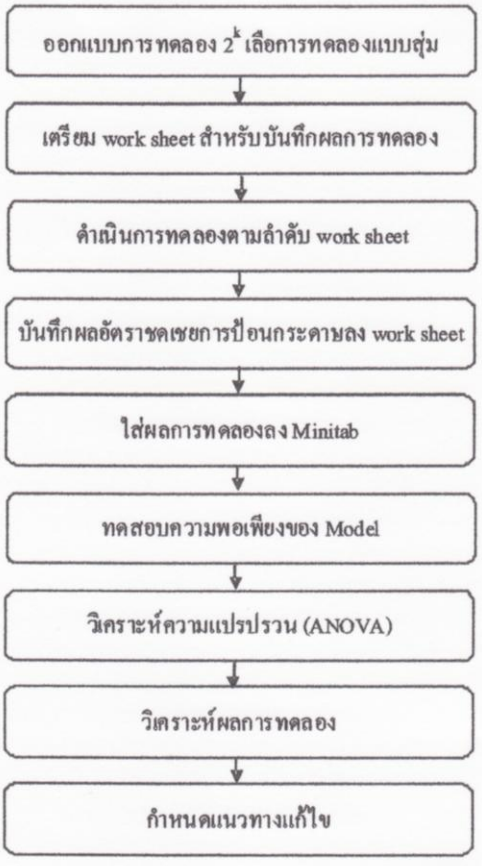
รูปที่ 2 แผนผังก้างปลาหรือแผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)



รูปที่ 3 แผนผังความสัมพันธ์ (Relations Diagrams)

อัตราชดเชยการป้อนกระดาษ ที่มีผลมากจากการปรับระยะการพิมพ์ มีปัจจัยในส่วนของรูปร่างของล้อยาง แถบบอกระยะตำแหน่งการพิมพ์และแรงสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตที่น่าสนใจเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยการคลี่คลายการเชื่อมโยงกันอย่างมีเหตุมีผล

3.3 ขั้นตอนการวางแผนออกแบบการทดลอง ศรีไร [8] ได้กล่าวไว้ว่าก่อนออกแบบการทดลองต้องมีขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นนี้ ผู้วิจัยได้อาศัยโปรแกรมทางสถิติ Minitab Version 15 มาทำการวิเคราะห์ผลการทดลองมีขั้นตอนแสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ขั้นตอนการวางแผนออกแบบการทดลอง

4. ผลการวิจัย

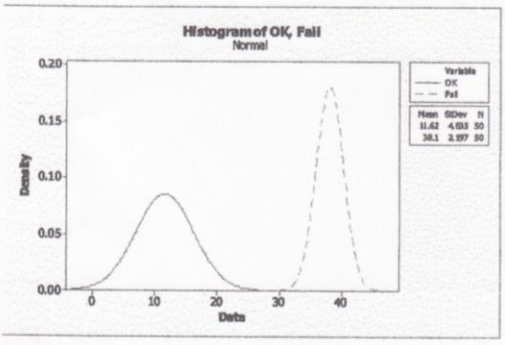
4.1 ผลการวิจัย จากการนำ แผนภาพก้างปลาและแผนผังความสัมพันธ์ ในการวิเคราะห์หาสาเหตุที่เกี่ยวข้องในเบื้องต้น เพื่อที่จะกำหนดปัจจัยและระดับปัจจัยที่จะนำมาทำการพิจารณา ดังแสดงในรูปที่ 2 และ 3 จากการเก็บข้อมูลอัตราการชดเชยการป้อนกระดาษของเครื่องพิมพ์ โดยการใช้ ONE-WAY ANOVA ทดสอบเปรียบเทียบเครื่องกลุ่มผ่านคุณภาพกับกลุ่มไม่ผ่านคุณภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงดังตารางที่ 1 และรูปที่ 5 ผู้วิจัยสรุปเบื้องต้นได้ว่า เครื่องพิมพ์ที่เกิดปัญหานั้นมีสาเหตุมาจากอัตราการชดเชยในการป้อนกระดาษขณะพิมพ์ไม่เหมาะสม จึงสามารถสรุปปัจจัยและระดับของปัจจัยที่จะศึกษาได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ผล ONE-WAY ANOVA ทดสอบอัตราการชดเชยการป้อนกระดาษ

One-way ANOVA: Result versus Goup

Source	DF	SS	MS	F	P
Goup	1	17529.8	17529.8	1333.50	0.000
Error	98	1288.3	13.1		
Total	99	18818.0			

S = 3.626 R-Sq = 93.15% R-Sq(adj) = 93.08%

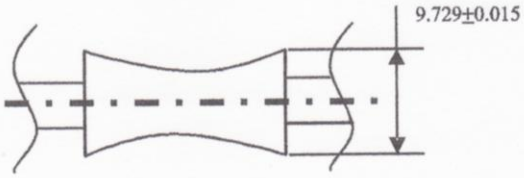


รูปที่ 5 ผลทดสอบอัตราการชดเชยการป้อนกระดาษ

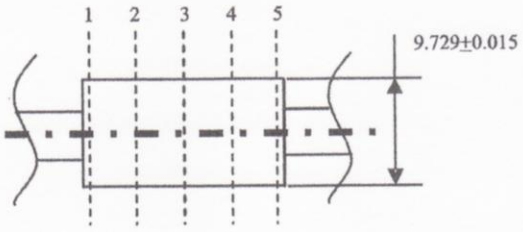
ตารางที่ 2 ปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลองเชิง แฟกทอเรียลแบบสองระดับ

ปัจจัย	ระดับ	สัญลักษณ์
ก.Type Roller	แบบเดิม /แบบใหม่	(-1/1)
ข.Code wheel	สะอาด / สกปรก	(-1/1)
ค.Vibration	มีแรงสะเทือน / ไม่สะเทือน	(-1/1)

ในส่วนลักษณะของล้อยางแบบเดิม พื้นที่ผิวหลังการเจียรนั้นพบว่ามีความต่างมากกว่า 30 ไมครอน ทำให้พื้นที่สัมผัสในการป้อนกระดาษไม่คงที่ ผู้วิจัยได้ศึกษาร่วมกับ Supplier ผู้ผลิตล้อยาง โดยสามารถปรับควบคุมกระบวนการเจียร ให้ตัวล้อยางบริเวณด้านขอบล้อ (1-3) กับบริเวณ (3-5) มีขนาดแตกต่างกันไม่เกิน 26 ไมครอน ดังแสดงในรูปที่ 6, 7 นำปัจจัยไปทดลอง

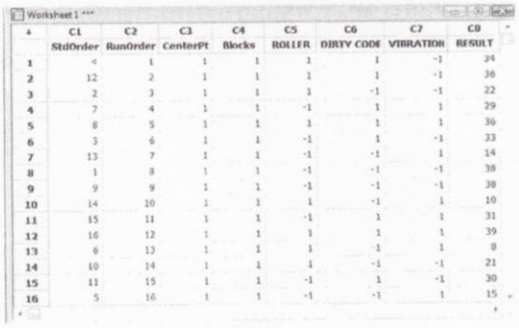


รูปที่ 6 ลักษณะล้อยาง (Grinding) แบบเดิม



รูปที่ 7 ลักษณะล้อยาง (Grinding) แบบใหม่

ทำการออกแบบการทดลองโดย โปรแกรมทางสถิติ Minitab Version 15 เลือกการทดลองชนิด 3 ปัจจัย (Factor) ซึ่งปัจจัยทั้งสามปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับใช้การทดลองแบบ 2 และทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง (Replicates) จึงต้องทำการทดลอง 8 การทดลอง และเมื่อทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง ดังนั้นต้องมีการทดลองทั้งหมด 16 การทดลองได้ผลอัตราชดเชยการป้อนกระดาษแสดงในรูปที่ 8


Worksheet 1 ***

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	ROLLER	DIRTY CODE	VIBRATION	RESULT
1	4	1	1	1	1	1	-1	24
2	12	2	1	1	1	1	-1	36
3	2	3	1	1	1	-1	-1	22
4	7	4	1	1	-1	1	1	29
5	8	5	1	1	1	1	1	36
6	3	6	1	1	-1	1	-1	33
7	13	7	1	1	-1	-1	1	14
8	1	8	1	1	-1	-1	-1	38
9	9	9	1	1	-1	-1	-1	38
10	14	10	1	1	1	-1	1	10
11	15	11	1	1	-1	1	1	31
12	16	12	1	1	1	1	1	39
13	6	13	1	1	1	-1	1	8
14	10	14	1	1	1	-1	-1	21
15	11	15	1	1	-1	1	-1	30
16	5	16	1	1	-1	-1	1	15

รูปที่ 8 ผลอัตราชดเชยการป้อนกระดาษ

4.2 ผลจากการวิเคราะห์การทดลองโดยโปรแกรมทางสถิติ Minitab Version 15 แสดงดังตารางที่ 3 และ ตารางที่ 4

เทคโนโลยีราช

ตารางที่ 3 ปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลองเชิง แฟกทอเรียลแบบสองระดับ

Estimated Effects and Coefficients for RESULT

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		27.125	0.3536	76.72	0.000
Roller	-2.750	-1.375	0.3536	-3.89	0.005
Dirty Code	12.750	6.375	0.3536	18.03	0.000
Vibration	-8.750	-4.375	0.3536	-12.37	0.000
Roller*Dirty Code	8.250	4.125	0.3536	11.67	0.000
Roller*Vibration	3.750	1.875	0.3536	5.30	0.001
Dirty Code*Vibration	9.250	4.625	0.3536	13.08	0.000
Roller*Dirty Code* Vibration	-1.750	-0.875	0.3536	-2.47	0.038

S = 1.41421 PRESS = 64

R-Sq = 99.05% R-Sq(pred) = 96.20% R-Sq(adj) = 98.22%

ตารางที่ 4 วิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัย ที่ใช้ในการทดลอง (ANOVA)

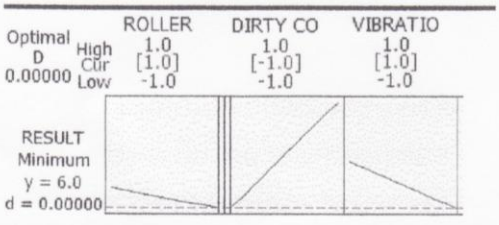
Analysis of Variance for RESULT

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	986.75	986.75	328.917	164.46	0.000
2-Way Interactions	3	670.75	670.75	223.583	111.79	0.000
3-Way Interactions	1	12.25	12.25	12.250	6.13	0.038
Residual Error	8	16.00	16.00	2.000		
Pure Error	8	16.00	16.00	2.000		
Total	15	1685.75				

จากการที่นำปัจจัยที่คาดว่าส่งผลต่ออัตราการชดเชยในการป้อนกระดาษโดยสามารถพิจารณาปัจจัยหลัก (Main Effect) และปัจจัยร่วม (Interactions) พบว่า

1) ปัจจัย ก มีผลต่ออัตราการชดเชย ที่ใช้ในการป้อนกระดาษอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05
2) ปัจจัย ข มีผลต่ออัตราการชดเชย ที่ใช้ในการป้อนกระดาษอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05
3) ปัจจัย ค มีผลต่ออัตราการชดเชย ที่ใช้ในการป้อนกระดาษอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05
4) ปัจจัย ก และ ข มีผลต่ออัตราการชดเชย ที่ใช้ในการป้อนกระดาษอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05
5) ปัจจัย ก และ ค มีผลต่ออัตราการชดเชย ที่ใช้ในการป้อนกระดาษอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05
6) ปัจจัย ข และ ค มีผลต่ออัตราการชดเชย ที่ใช้ในการป้อนกระดาษอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05
7) ปัจจัย ก, ข, ค มีผลต่ออัตราการชดเชย ที่ใช้ในการป้อนกระดาษอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

4.3 วิเคราะห์ด้วย Respond Optimizer ในโปรแกรม Minitab Version 15 เพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับค่า อัตราการชดเชยที่ใช้ในการป้อนกระดาษ ดังรูปที่ 9 สามารถอธิบายได้ว่าเมื่อใช้ปัจจัย



รูปที่ 9 Respond Optimizer สำหรับค่าอัตราการชดเชยที่ใช้ในการป้อนกระดาษที่เหมาะสม

ทั้ง 3 พร้อมกัน ควรเลือกใช้ Roller แบบใหม่, ตัวของ Code wheel ต้องสะอาดและต้องไม่มีแรงสั่นสะเทือนมารบกวนในช่วงขณะการผลิต ซึ่งจะทำให้ได้อัตราการชดเชยการป้อนกระดาษ 6 ไมครอน ดังนั้นในการผลิต หากต้องการให้อัตราการชดเชยการป้อนกระดาษน้อยลง จากการหาค่าที่เหมาะสมสำหรับการผลิตโดย Minitab ผู้วิจัยกำหนดให้กระบวนการผลิตต้องควบคุมปัจจัยการผลิตดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ต้องควบคุมในกระบวนการผลิต

ปัจจัย	ระดับ	สัญลักษณ์
ก.Roller	แบบใหม่	1
ข.Code wheel	สะอาด	-1
ค.Vibration	ไม่สะเทือน	1

4.4 กำหนดแนวทางการแก้ไขจากผลการทดลอง ผู้วิจัยสามารถกำหนดวิธีการแก้ไขแบ่งออกแต่ละปัจจัย ดังนี้

1) ปัจจัย ก กำหนดให้ Supplier ผู้ผลิตล้อยางควบคุมการเจียรล้อยางให้มีขนาดตามวิธีใหม่ และจัดทำเป็นมาตรฐานการวัด (Inspection Standard) ให้ตัวล้อยางบริเวณด้านขอบล้อ (1, 5) กับบริเวณด้านใน (2, 4) มีขนาดแตกต่างกันไม่เกิน 26 ไมครอน

2) ปัจจัย ข กำหนดให้มีการเปลี่ยนจากพนักงานประจำตำแหน่งที่ 6 ไปเป็นพนักงานประจำตำแหน่งที่ 8 ซึ่งตำแหน่งประกอบที่ 8 ไม่ใช้สารหล่อลื่นอบและหลังการประกอบให้พนักงานตรวจสอบด้วยสายตาเพื่อยืนยันว่าไม่มีสารหล่อลื่นเปื้อนหากพบว่ามีให้มีการเช็ดออก

3) ปัจจัย ค กำหนดให้มีการควบคุมแรงสั่นสะเทือนโดยให้มีปรับปรุงขั้นตอนการทำงานโดยห้ามเคลื่อนย้ายเครื่องพิมพ์ขณะทำการปรับอัตราชดเชยการป้อนกระดาษและตีเส้นที่พื้นเพื่อกำหนดระยะห่างระหว่างเครื่อง

5. สรุปผลการวิจัย

ผลลัพธ์จากการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของภาพพิมพ์ได้แก่ปัจจัย ก ล้อยาง (Roller) แบบใหม่ให้อัตราการชดเชยการป้อนกระดาษที่น้อยลง ปัจจัย ข สารหล่อลื่น มีผลต่อการอ่านค่าของเซ็นเซอร์ เมื่อสารหล่อลื่นเปื้อนล้อบอกระยะ (Code Wheel) ส่งผลทำให้อัตราการชดเชยการป้อนกระดาษผิดพลาดไป ปัจจัย ค แรงสั่นสะเทือน (Vibration) ส่งผลทำให้อัตราการชดเชยการป้อนกระดาษมากขึ้น ในการผลิตเมื่อมีการควบคุมปัจจัยทั้ง 3 ทำให้อัตราเครื่องที่เกิดปัญหาภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์ลดลง โดยจากการเก็บข้อมูลหลังการปรับปรุงในช่วงเดือน พ.ย. - ธ.ค. 2552 เกิดปัญหาภาพพิมพ์ไม่ผ่านเกณฑ์ตามคุณภาพ จำนวน 381 เครื่องหรือร้อยละ 0.04 จากยอดการผลิตรวม 853,047 เครื่อง เฉลี่ย 190 เครื่องต่อเดือน ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการแก้ไขเครื่องพิมพ์ 4,747 บาท เฉลี่ย 2,373 บาทต่อเดือน โดยการศึกษานี้สามารถทำให้ทราบปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดของเสีย และสามารถลดสัดส่วนของปัญหา ในการพิมพ์ภาพลงได้ เฉลี่ยร้อยละ 80 ต่อเดือน และยังช่วยลดค่าใช้จ่าย ในการแก้ไขเครื่องพิมพ์ลดลงเฉลี่ยร้อยละ 68 ต่อเดือน

6. เอกสารอ้างอิง

[1] บิสิเนสไทย, **Pixma ปฏิวัติตลาดอิงค์เจ็ท ปูพรมยึดเบอร์ 1 ออล-อิน วัน.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://arip.co.th หน้า ทิป-เทคนิค (30 กันยายน 2551).

[2] เอกรัตน์ สาธุธรรม. **ค่ายพรินเตอร์ปรับตัวครั้งใหญ่ รับยอดโตน้อยอัดแคมเปญผ่อน-ฟรี.** กรุงเทพธุรกิจ. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://Bangkokbiz news.com หน้าไอที นวัตกรรม (26 มีนาคม 2552).

[3] นางสาวนพเก้า ศิริพลไพบูลย์และคณะ, 2548. **หลักการเพิ่มผลผลิต (Basic Productivity Improvement).** สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ. สำนักพิมพ์ โรงพิมพ์ประชาชน. พิมพ์ครั้งที่ 5. จำนวนหน้า 244 หน้า.

[4] จักรกฤษณ์ ภูพานเพชร, 2552. **การลดข้อร้องเรียนจากลูกค้าและค่าใช้จ่ายคุณภาพด้วยเครื่องมือควบคุมคุณภาพยุคใหม่.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. มหาวิทยาลัยราชมงคลธัญบุรี.

[5] โสภิดา ท้วมมี, 2550. **การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตพลาสติกแผ่น โดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองกรณีศึกษาบริษัทในอุตสาหกรรมผลิตพลาสติก.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[6] ปารเมศ ชุติมา. 2545. **การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม.** สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร.

[7] Montgomery, D.C. 2005. **Design and Analysis of Experiments.** John Wiley & Sons,INC., The United States of America.

[8] ศรีไร จารุภิญโญ , 2552. **เอกสารประกอบการสอนการออกแบบการทดลอง,** ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยราชมงคลธัญบุรี.

[9] วิทยา รุ่งเจริญวัฒนา , 2550.**การใช้การออกแบบการทดลองในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียในขบวนการผลิตชิ้นส่วน C/M/C P-CAR.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิตภาควิชาการจัดการอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[10] พรชัย ศศิวรรณ , 2550.**การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนกันโคลนรถยนต์ .** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[11] จิรัญญา โชตยะกุล, 2545.**การลดต้นทุนการเคลือบผิวกระดาษด้วยการกำหนดเงื่อนไขที่เหมาะสม.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายชีวิน จันทร์สุนทร
วัน เดือน ปีเกิด	4 สิงหาคม 2525
ที่อยู่	บ้านเลขที่ 39/3 หมู่ 7 ตำบลเกาะเรียน อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เมื่อ พ.ศ. 2548

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2548-2549	ตำแหน่งวิศวกรควบคุมการผลิตบริษัทซันเด้นประเทศไทย
พ.ศ. 2549-ปัจจุบัน	ตำแหน่งวิศวกรผลิตภัณฑ์บริษัทแคนนอนประเทศไทย

ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์

นายชีวิน จันทร์สุนทรผศ.ดร.ณฐา คุปตัษเฐียร, การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของภาพพิมพ์ กรณีศึกษาการทดสอบขั้นสุดท้ายของการผลิตเครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ท วารสารวิศวกรรมศาสตร์ราชมงคลธัญบุรี ปีที่6 ฉบับที่12 เดือนกรกฎาคม-ธันวาคม พ.ศ. 2551