การพัฒนาวิธีการสุ่มตรวจสอบสำหรับข้อมูลลักษณะสำหรับโรงงานผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์

นางสาว ชลิดา สารใจ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

DEVELOPMENT OF ATTRIBUTE SAMPLING PLAN FOR ELECTRONIC BOARDS MANUFACTURING

Miss Chalida Sanjai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาวิธีการสุ่มตรวจสอบสำหรับข้อมูลลักษณะสำหรับโรงงานผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์
โดย	นางสาวชลิดา สารใจ
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญวา ธรรมพิทักษ์กุล)

ชลิดา สารใจ : การพัฒนาวิธีการสุ่มตรวจสอบสำหรับข้อมูลลักษณะสำหรับโรงงานผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์. (DEVELOPMENT OF ATTRIBUTE SAMPLING PLAN FOR ELECTRONIC BOARDS MANUFACTURING) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร. วิภาวี ธรรมาภรณ์นิลาศ, 108 หน้า.

งานวิจัยนี้ศึกษาการตรวจสอบในกระบวนการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์พบว่ามีของเสียหลุดจากการตรวจสอบและถูกส่งไปให้กับลูกค้าจำนวนมาก ของเสียที่พบมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์สามารถมองเห็นและตรวจพบได้ด้วยการตรวจสอบด้วยสายตา จากการวิเคราะห์ระบบการวัดเดิมแสดงให้เห็นว่าพนักงานตรวจสอบมีปัญหาในเรื่องประสิทธิผลด้านไบอัสและประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้มีค่าเท่ากับ 43 เปอร์เซ็นต์ และ 47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้นได้ปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบและประเมินผลพนักงานอีกครั้ง ผลของทั้งสองดัชนีเพิ่มขึ้นเป็น 97 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังได้วัดผลความมีประสิทธิผลของระบบการวัดและสัมประสิทธิ์ Kappa ผลการวิเคราะห์สามารถยอมรับการตรวจสอบของพนักงานทุกคนได้

หลังจากปรับปรุงวิธีการตรวจสอบและการตรวจสอบของพนักงานทุกคนได้มาตรฐานแล้ว แผนการสุ่มตัวอย่างจึงถูกนำมาใช้ในช่วงท้ายของกระบวนการผลิตก่อนส่งสินค้าให้ลูกค้า แผนการสุ่มตัวอย่างที่ใช้อยู่ในปัจจุบันใช้มาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 แผนการสุ่มตัวอย่างนี้ให้คุณภาพลอตงานหลังการตรวจสอบสูงสุด (AOQL) เท่ากับ 0.0147 เปอร์เซ็นต์ โรงงานกรณีศึกษาต้องการให้ลอตงานที่ส่งออกไปมีระดับคุณภาพอยู่ที่ 0.005 เปอร์เซ็นต์ จึงนำมาใช้ออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างที่นำเสนอมีค่า AOQL เท่ากับ 0.005 เปอร์เซ็นต์ การเปรียบเทียบการทำงานของแผนการสุ่มตัวอย่างโดยการใช้เส้นโค้ง OC และการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบ ผลการเปรียบเทียบพบว่าแผนการสุ่มตัวอย่างที่นำเสนอให้เส้นโค้ง OC ที่มีความสามารถแยกลอตงานดีออกจากลอตงานเสียได้ดีกว่าแผนการสุ่มตัวอย่างที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบลดลงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์จากค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบของแผนการสุ่มตัวอย่างที่ใช้อยู่ในปัจจุบันคิดเป็นเงินเท่ากับ 26,570.4 บาท และแผนการสุ่มตัวอย่างที่นำเสนอคิดเป็นเงินเท่ากับ 17,789.4 บาท

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2556

5470920621: MAJOR INDUCTRIAL ENGINEER
KEYWORDS: ACCEPTANCE SAMPLING PLAN, ATTRIBUTE DATA,
MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS, COST OF INSPECTION

CHALIDA SANJAI: DEVELOPMENT OF ATTRIBUTE SAMPLING PLAN FOR ELECTRONIC BOARDS MANUFACTURING. ADVISOR: ASSOC. PROF.WIPAWEE THARMMAPHORNPHILAS, Ph.D., 108 pp.

This research studied an in-process inspection of an electronic board assembly. It found that many detectives were sent to customers. More than 80 percent of defectives can be seen and detected by visual inspection. After analyzing the measurement system showed that inspectors have a problem of percent attribute screen effective score and percent screen effective score. There are 43 percent and 47 percent, respectively. Thus this inspection process was improved and evaluated again. The results of both indices increase to 97 percent. Effectiveness of the measurement system and Kappa coefficient were also measured. Analysis result can accept inspection of all inspectors.

After improving inspected method and inspection for inspectors were been standard. Sampling plan was implemented at the end of the production line before delivering goods to customers. Current sampling plan used standard ANSI / ASQC Z1.4.This plan provide AOQL is 0.0147 percent. The case study factory needs quality level of the lot after inspection is 0.005 percent. It uses to design proposed sampling plan that AOQL is 0.005 percent. Comparison the performance of sampling plan by OC curve and inspection cost. The comparing result found that OC curve of proposed sampling plan provides discrimination between good lot and bad lot better that current sampling plan. Inspection costs reduce 50 percent as current sampling plan is 26,570.4 baht and proposed sampling plan is 17,789.4 baht.

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

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

Academic Year: 2013

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง นอกจากนี้ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณบุคลากรในโรงงานกรณีศึกษาที่เสียสละเวลาส่วนตัวให้ความร่วมมือกับผู้วิจัย ในการแสดงข้อคิดเห็นต่างๆ เกี่ยวกับการวิจัยนี้ ทำให้การวิจัยในครั้งนี้สามารถทดลองในภาคปฏิบัติได้เป็นอย่างดียิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ รวมทั้งบุคคลอันเป็นที่รักยิ่งทุกคนที่คอยส่งเสริม สนับสนุน ช่วยเหลือ และเป็นแรงใจที่ดีให้แก่ผู้วิจัยเสมอมา

สุดท้ายนี้ หากมีสิ่งที่ขาดตกบกพร่องหรือมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยเป็นอย่างสูง และขอให้ประโยชน์ คุณค่า และบุญกุศลอันเกิดจากการวิจัยนี้เป็นเครื่องบูชาคุณพระรัตนตรัย และขอมอบเป็นกตเวทิตาคุณแก่บุพการีและคณาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนปลูกฝังให้ผู้วิจัยมีความมานะพากเพียรในการศึกษาเล่าเรียนจนประสบผลสำเร็จ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย…….. ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ…… จ
กิตติกรรมประกาศ…… ฉ
สารบัญ……..... ช
สารบัญตาราง…….. ญ
สารบัญภาพ……. ฎ

บทที่ 1 บทนำ…….. 1
1.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา…… 2
1.2 กระบวนการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของโรงงานกรณีศึกษา……... 4
1.3 การคัดเลือกผลิตภัณฑ์และวิเคราะห์ความสำคัญของปัญหา..…….. 6
1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย……. 10
1.5 ขอบเขตของการวิจัย……..... 10
1.6 ผลที่ได้รับ……..... 10
1.7 ประโยชน์ที่ได้รับ……. 10
1.8 ขั้นตอนทำวิจัย…….. 10
1.9 ระยะเวลาดำเนินงาวิจัย……. 12

บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง…….. 13
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง…… 13
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง…….. 15
2.2.1 บทนำ……...…… 15
2.2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับข้อมูลเชิงคุณลักษณะ 17
2.2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับการสุ่มตัวอย่าง……...….. 23
2.2.3.1 แผนการสุ่มตัวอย่างตามมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4…… 31
2.3.2.2 การสร้างแผนการสุ่มตัวอย่าง…….. 36
2.2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับการวิเคราะห์ค่าใช้จ่าย…….. 37

หน้า

บทที่ 3 การวิเคราะห์ระบบการวัด..... 39
3.1 บทนำ..... 39
3.2 การกำหนดมาตรฐานวิธีการตรวจสอบชิ้นงาน..... 39
3.3 การวิเคราะห์ระบบการวัด.....
3.3.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบการวัด..... 41
3.3.2 ผลการทดสอบการตรวจสอบผลิตภัณฑ์แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์..... 43
3.3.3 การวิเคราะห์ผลการตรวจสอบ..... 45
3.4 สรุปผลการวิเคราะห์ระบบการวัด..... 49

บทที่ 4 แผนการสุ่มตัวอย่างและการวิเคราะห์ค่าใช้จ่าย..... 54
4.1 บทนำ..... 54
4.2 การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างและมาตรฐานวิธีการสุ่มตัวอย่าง..... 56
4.2.1 แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 ตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4..... 56
4.2.2 แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 แผน AOQL..... 58
4.3 เปรียบเทียบแผนการสุ่มตัวอย่างด้วยเส้นโค้ง OC..... 64
4.4 กำหนดมาตรฐานวิธีการใช้งานแผนการสุ่มตัวอย่าง..... 65
4.4.1 กำหนดมาตรฐานวิธีการใช้งานแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1..... 65
ตารางมาตรฐาน ANQI/ASQC Z1.4
4.4.2 กำหนดมาตรฐานวิธีการใช้งานแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2..... 68
แผน AOQL
4.5 การประเมินแผนการสุ่มตัวอย่างโดยการสุ่มตรวจสอบ..... 71
และวิเคราะห์ค่าใช้จ่าย
4.6 สรุปผลการทดลองใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง..... 76

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ…… 78
5.1 สรุปผลการวิจัย……..…….. 78
5.2 ข้อจำกัดในงานวิจัย……..……. 80
5.3 ข้อเสนอแนะ……..…….. 80
รายการอ้างอิง……...…… 81
ภาคผนวก……. 83
ภาคผนวก ก…… 84
ภาคผนวก ข…… 99
ภาคผนวก ค…… 106
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์…… 108

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 แสดงข้อมูลของเสียที่พบในสายการผลิตของลูกค้า …….. 6
(เดือนธันวาคม 2555- พฤษภาคม 2556)

1.2 ลักษณะของเสียของชิ้นงานแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์บอร์ด7…….. 8
ที่พบในสายการผลิตของลูกค้า

1.3 แผนการดำเนินการและระยะเวลาการดำเนินการ…… 12

2.1 ขนาดสิ่งตัวอย่างแนะนำในการประเมินผลระบบการตรวจสอบ…… 18
สำหรับข้อมูลเชิงคุณลักษณะ

2.2 แสดงวิธีการสร้างตารางไขว้ สำหรับคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ Kappa…….. 21

2.3 เกณฑ์การตัดสินใจดัชนีผลการวิเคราะห์ความสามารถของพนักงานทดสอบ…… 22

2.4 แสดงการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของแผนการสุ่มตัวอย่าง…….. 26
สำหรับข้อมูลเชิงคุณลักษณะ

2.5 แนวทางสำหรับการเลือกแผนการสุ่มเพื่อการยอมรับ…….…… 30

3.1 มาตรฐานวิธีการตรวจสอบชิ้นงานแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยสายตา…….. 40

3.2 เกณฑ์การประเมินและการปรับปรุงระบบการวัดเมื่อผลการทดสอบไม่ผ่านเกณฑ์… 42

3.3 ข้อมูลผลการตรวจสอบชิ้นงานของพนักงานตรวจสอบทั้ง 7 คน……...…… 43

3.4 สรุปผลการตรวจสอบจากเพื่อใช้ในการประเมินผลระบบการวัด…….. 45

3.5 แสดงผลการประเมินพนักงานทั้ง 7 คน…….. 47

3.6 ค่าสัมประสิทธิ์ Kappa ของพนักงานตรวจสอบทั้ง 7 คน……... 48

3.7 ตารางแสดงค่าสัมประสิทธ์ Kappa จากผลการตรวจสอบ…….. 48
ของพนักงานตรวจสอบทั้ง 7 คน

3.8 ผลจากการระดมสมองเพื่อค้นหาสาเหตุด้วยแผนผัง…….. 50
กลุ่มเชื่อมโยง (Affinity diagrams) และการแก้ไข

3.9 แสดงผลค่าดัชนีจากผลการตรวจสอบของพนักงานตรวจสอบ……. 51
ทั้ง 7 คนใหม่

3.10 ตารางแสดงค่าสัมประสิทธ์ Kappa จากผลการตรวจสอบ…….. 52
พนักงานตรวจสอบทั้ง 7 คนใหม่

ตารางที่ หน้า

4.1	คำนวณคุณภาพสินค้าหลังการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างที่…….. ตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4	57
4.2	สัดส่วนของเสียเฉลี่ยของโรงงานกรณีศึกษาในช่วงเดือนม.ค 2556 ถึง ส.ค 2556…..	58
4.3	สรุปแผนการสุ่มตัวอย่าง……	59
4.4	คำนวณคุณภาพสินค้าหลังการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 (n =267, c=9)	60
4.5	ค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากแผนการสุ่มตัวอย่างที่กำหนดขึ้นจากค่า AOQL ……	63
4.6	แสดงค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 (n=50, c=1)…… และแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 (n=267, c=9)	65
4.7	มาตรฐานวิธีการสุ่มตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 …….. ตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4	67
4.8	แผนการสุ่มชิ้นงานเพื่อสุ่มตรวจสอบ……	69
4.9	มาตรฐานวิธีการสุ่มตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 แผน AOQL……...	70
4.10	ผลการทดลองใช้แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 กับลอตงานจำนวน 5 ลอต……	72
4.11	ผลการทดลองใช้แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 กับลอตงานจำนวน 5 ลอต…….	74
4.12	สรุปผลการประเมินแผนการสุ่มตัวอย่างจากการสุ่มตรวจสอบงานจำนวน 5 ลอต….	76

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
ภาพที่ 1.1	ผังประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์จำนวน 7 ชนิดบอร์ด……	3
ภาพที่ 1.2	กระบวนการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของโรงงานกรณีศึกษา……	4
ภาพที่ 1.3	รูปแบบกระบวนการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของโรงงานกรณีศึกษา…	5
ภาพที่ 1.4	การตรวจสอบด้วยสายตาในสายการผลิต…….	5
ภาพที่ 1.5	แผนภาพแสดงเปอร์เซ็นต์ของเสียที่พบในสายการผลิตของลูกค้า ……..	7
ภาพที่ 1.6	แผนภาพแสดงเปอร์เซ็นต์ของสินค้าแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์บอร์ด7…….. แยกตามโหมดของอาการเสีย	9
ภาพที่ 2.1	แผนผังแสดงการทำงานของแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว……	27
ภาพที่ 2.2	แผนผังการทำงานของการตรวจสอบปรับแก้สำหรับ…….. แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว	28
ภาพที่ 2.3	เส้นโค้ง OC แสดงจุด AQL และจุด LTPD เมื่อ α …… แทนความเสี่ยงของผู้ผลิต และ β แทนความเสี่ยงของลูกค้า	29
ภาพที่ 2.4	กฎการสับเปลี่ยน…….	35
ภาพที่ 4.1	แผนผังกระบวนการผลิต และแสดงจุดปฏิบัติการสุ่มตัวอย่าง……..	55
ภาพที่ 4.2	แสดงการไหลของลอตงานในกระบวนการผลิต……..	56
ภาพที่ 4.3	แสดงคุณภาพเฉลี่ยหลังการตรวจสอบ (AOQ) จาก…..... แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 (n =50, c=1)	57
ภาพที่ 4.4	แสดงคุณภาพเฉลี่ยหลังการตรวจสอบ (AOQ) จาก…..... แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 (n =267, c=9)	60
ภาพที่ 4.5	แสดงเส้นโค้ง OC ของแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 (n=50, c=1)…… และแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 (n=267, c=9)	64
ภาพที่ 4.6	ผังแสดงขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างของแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1…… ตารางมาตรฐานANSI/ASQC Z1.4	66
ภาพที่ 4.7	ผังแสดงขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างของแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2……	69

บทที่ 1

บทนำ

คุณภาพสินค้าที่ส่งออกไปสู่ตลาดเป็นเรื่องสำคัญอันดับหนึ่งสำหรับผู้ประกอบการ เพราะส่งผลต่อความเชื่อมั่นที่ลูกค้าจะมีต่อผู้ผลิต และมีผลติดการตัดสินใจสั่งซื้อสินค้าในลอต (Lot) ต่อ ๆ ไปด้วย เพื่อให้ดำรงธุรกิจอยู่ได้ในท่ามกลางการแข่งขันสูงในธุรกิจ Electronic Manufacturing Services (EMS) การตรวจสอบแบบ 100 เปอร์เซ็นต์ ดูเหมือนว่าจะเป็นการรับประกันคุณภาพสินค้าได้ดีที่สุดในมุมมองของลูกค้า แต่ในทางปฏิบัติสำหรับผู้ผลิตเมื่อขบวนการผลิตเป็นจำนวนมากจะทำให้ใช้เวลาและมีค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นการใช้การสุ่มตรวจสอบจึงเป็นทางเลือกหนึ่งเนื่องจากเป็นวิธีที่ยังรับประกันคุณภาพได้ถึงคุณภาพที่ลูกค้ายอมรับและพึงพอใจ ในส่วนผู้ผลิตสามารถลดการทำงานและค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ได้

คุณภาพเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดในการสร้างความมั่นใจให้กับลูกค้าโดยเฉพาะในช่วงเริ่มต้นธุรกิจ ระดับคุณภาพสำหรับผู้ผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบันแข่งขันกันในระดับหนึ่งในล้านส่วน (PPM) ซึ่งแน่นอนว่าผู้ผลิตรายเดิมจะมีต้นทุนในด้านเทคโนโลยีใหม่ เครื่องจักรที่ทันสมัย ความเชี่ยวชาญและระบบการดำเนินงานที่ดี สำหรับผู้ผลิตรายใหม่การลงทุนด้านเทคโนโลยีหรือเครื่องจักรใหม่จะเป็นการลงทุนสูงซึ่งไม่สามารถจะดำเนินการได้ ดังนั้นการใช้แรงงานคนและปรับปรุงการตรวจสอบของคนให้มีประสิทธิภาพสามารถดักของเสียไม่ให้หลุดรอดออกไปจากกระบวนการได้รวมทั้งจัดทำวิธีการตรวจสอบที่ดีและแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดต้นทุนการผลิตที่น้อยที่สุดจะเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับผู้ผลิตรายใหม่ดังเช่นโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาใช้คนในการตรวจสอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่โรงงานตัวอย่างผลิตประกอบด้วยคอมโพเน้นท์ประมาณ 400 ตัวต่อ 1 แผ่นแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ในแต่ละเดือนจะทำการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์จำนวน 2 แสนชิ้น ใช้พนักงานตรวจสอบประจำจุดตรวจสอบ 1 คนต่อ 1 สายการผลิต เวลาทำงาน 26 วันต่อเดือน 8 ชั่วโมงต่อวัน หมายความว่า พนักงานจะต้องทำการตรวจสอบคอมโพเน้นท์ คิดเป็น [400 x 200,000]/8x60x60x26 เท่ากับ 107 ตัวใน 1 วินาที

ดังนั้นการตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์ ให้มีประสิทธิภาพจึงเป็นเรื่องที่เป็นไปได้ยากหรือถ้าจะทำการตรวจสอบทุกชิ้นงานจะทำให้เกิดผลเสียหลายอย่าง ดังเช่น เกิดคอขวดสินค้าส่งขายไม่ทัน ขาดประสิทธิภาพในการตรวจสอบเนื่องจากความเมื่อยล้าและความเร่งรีบของพนักงาน ทำให้การ

ตรวจสอบผิดพลาดไม่สามารถตรวจพบปัญหาและมีของเสียหลุดไปถึงลูกค้า ดังนั้นการหาแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมจึงเป็นเรื่องที่ควรให้ความสนใจเป็นอันดับต้น ๆ สำหรับโรงงานกรณีศึกษา

ข้อดีของการมีแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมสามารถ ลดจำนวนและเวลาในการตรวจสอบ ทำให้การตรวจสอบมีประสิทธิภาพมากขึ้น เพิ่มความเชื่อมั่นแก่ผู้ผลิตและเพิ่มความน่าเชื่อถือแก่ลูกค้า และลดค่าชดเชยต่อของเสียที่เกิดกับลูกค้า

1.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานที่ทำการศึกษาเป็นโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ จัดอยู่ในกลุ่มธุรกิจ Electronic Manufacturing Services (EMS) ผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Printed circuit board assembly) เป็นชิ้นส่วนสำคัญในการผลิตโทรทัศน์สี แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ผลิตจะส่งขายให้กับบริษัทผู้ผลิตโทรทัศน์ในต่างประเทศ โดยบริษัทมุ่งให้ความสำคัญต่อการรักษาคุณภาพให้ได้ตามมาตรฐานและการจัดส่งตามเวลาที่กำหนด

โรงงานกรณีศึกษาได้ปรับเปลี่ยนรูปแบบการดำเนินธุรกิจจากการเป็นโรงงานประกอบโทรทัศน์มาเป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในโทรทัศน์ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปอย่างรวดเร็ว ความพร้อมในหลาย ๆ ด้าน เช่น พนักงาน เครื่องมือ และการวางระบบการทำงานยังคงติดขัด แต่เพื่อความอยู่รอดและเพื่อรักษาฐานการผลิตไว้ในประเทศไทย โรงงานกรณีศึกษาจำเป็นต้องดำเนินการผลิตทั้ง ๆ ที่ไม่มีความพร้อมในหลาย ๆ ด้าน โรงงานกรณีศึกษาจำเป็นอย่างเร่งด่วนที่ต้องหาเครื่องมือช่วยดักกรองปัญหาก่อนที่ของเสียจะหลุดไปถึงลูกค้า ก่อนที่จะนำไปสู่การหาแนวทางแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการต่อไป

โครงสร้างองค์กรของโรงงานกรณีศึกษา แบ่งเป็น 10 แผนก ได้แก่

1. ฝ่ายบริหารการเงินและบัญชี
2. ฝ่ายผลิต
3. ฝ่ายวางแผนการผลิต
4. ฝ่ายวิศวกรรม
5. ฝ่ายควบคุมคุณภาพ
6. ฝ่ายขาย
7. ฝ่ายระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ และฐานข้อมูล
8. ฝ่ายบริหารบุคคล
9. ฝ่ายจัดซื้อวัตถุดิบ
10. ฝ่ายดูแลระบบโครงสร้างพื้นฐาน

ในการดำเนินงานวิจัยฉบับนี้จะเกี่ยวข้องกับแผนกควบคุมคุณภาพ ฝ่ายผลิต และฝ่ายขาย

โรงงานที่เป็นกรณีศึกษาผลิตแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ถูกนำไปใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องโทรทัศน์สี โดยนำแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ประกอบเข้ากับจอภาพเพื่อทำงานร่วมกันในการแปลงสัญญาณภาพ อาการเสียที่ลูกค้าพบจะแสดงออกโดยภาพและเสียงของโทรทัศน์ แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่โรงงานกรณีศึกษาผลิตมีจำนวน 7 ชนิดบอร์ด แต่ละบอร์ดมีความยากง่ายในการผลิตแตกต่างกัน

การทำงานของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีหน้าที่ในการขับสัญญาณภาพให้กับจอภาพของโทรทัศน์สี การใช้งานแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในการประกอบโทรทัศน์ แสดงในรูปที่ 1.1

1. บอร์ด 1 ทำหน้าที่เป็นตัวประมวลผล (CPU, Digital signal Processor) และเป็นตัวเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

2. บอร์ด 2 ทำหน้าที่ Scan drive (scan waveform generation)

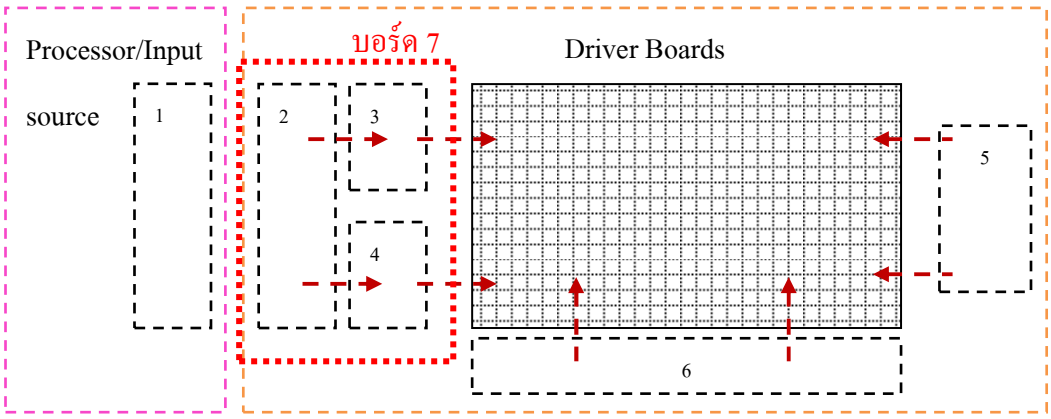
3. บอร์ด 3 ทำหน้าที่ Scan drive output (scan pulse addition to scan waveform)

4. บอร์ด 4 ทำหน้าที่ Scan drive output (scan pulse addition to scan waveform)

5. บอร์ด 5 ทำหน้าที่ควบคุมความเสถียรของสัญญาณขาออก (Sustain drive output)

6. บอร์ด 6 ทำหน้าที่ขับสัญญาณภาพ (Picture data drive)

7. บอร์ด 7 ในโทรทัศน์สีบางโมเดลได้รวมเอาบอร์ด 2, 3 และ 4 รวมกันไว้เป็นแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์แผ่นเดียวกัน จึงทำให้บอร์ด 7 มีความยากในการผลิตและมีของเสียเกิดขึ้นมากที่สุด



รูปที่ 1.1 ผังประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์จำนวน 7 ชนิดบอร์ด

1.2 กระบวนการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของโรงงานกรณีศึกษา

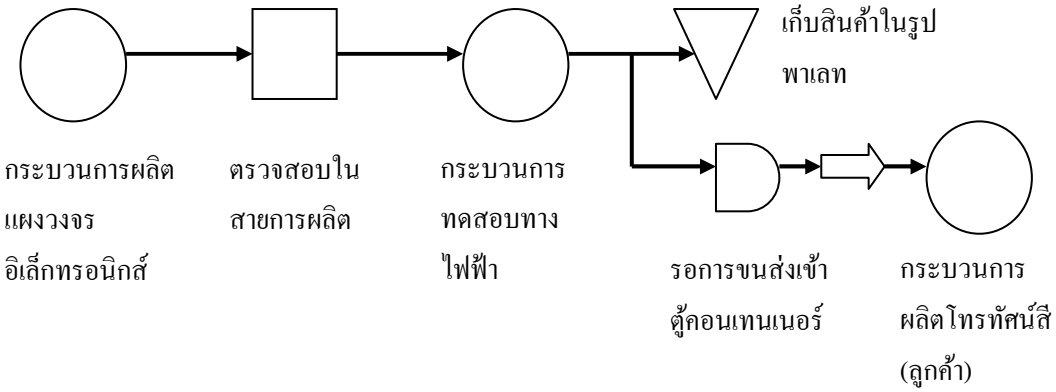
ส่วนประกอบหลักในการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์มี 3 ส่วนประกอบหลัก คือ แผ่นวงจรไฟฟ้า (PCB; Print circuit board) โซเดอร์ (Solder) และคอมโพเน้นท์ (Electronic component)

การผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์เป็นการเชื่อมคอมโพเน้นท์ให้ติดบนแผ่นวงจรไฟฟ้าด้วยโซเดอร์เป็นตัวเชื่อม โดยมีขั้นตอนการผลิต ดังรูปที่ 1.2 ตามลำดับดังนี้

ขั้นตอนการผลิต	รายละเอียดของกระบวนการผลิต
1. Screen solder	สกรีนโซเดอร์บนแผ่นวงจรไฟฟ้า
2. Mounting	การวางคอมโพเน้นท์ลงบนแผ่นวงจรไฟฟ้าด้วยเครื่องจักรตามจุดที่ต้องการให้มีคอมโพเน้นท์ซึ่งกำหนดไว้ด้วยโปรแกรม
3. Reflow	การอบให้ความร้อนหลอมโซเดอร์ให้เชื่อมติดระหว่างคอมโพเน้นท์และแผ่นวงจรไฟฟ้า
4. Visual Inspection/Function Test	การตรวจสอบในกระบวนการผลิตมีการตรวจสอบแบ่งเป็นสองส่วน คือ การตรวจสอบด้วยสายตาและการตรวจสอบทางไฟฟ้า
5. Hand Insert	การวางคอมโพเน้นท์บนแผ่นวงจรไฟฟ้าด้วยมือ
6. Dipping	การเชื่อมโซเดอร์ให้เชื่อมติดระหว่างคอมโพเน้นท์ที่วางด้วยมือและแผ่นวงจรไฟฟ้าด้วยการจุ่มลงในบ่อโซเดอร์
7. Packing	การแพ็คชิ้นงานลงกล่องกระดาษเตรียมจัดลงพาเลทเพื่อส่งให้ลูกค้า
8. Reject / Accept — 100% inspection ↔ Outgoing	การสุ่มตรวจสอบชิ้นงานเพื่อยอมรับหรือปฏิเสธลอตก่อนส่งให้ลูกค้า (Outgoing)

รูปที่ 1.2 กระบวนการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของโรงงานกรณีศึกษา

กระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปจะมีการตรวจสอบเป็นส่วนหนึ่งในขั้นตอนการผลิต ดังเช่นในโรงงานกรณีศึกษาได้มีการกำหนดรูปแบบการผลิตดังแสดงในรูปที่ 1.3 การตรวจสอบทำในสายการผลิตดังรูปที่ 1.4 เป็นการตรวจสอบโดยภาพรวม กล่าวคือตรวจสอบแบบคร่าวๆ และไม่มีมาตรฐานการตรวจสอบให้กับพนักงานเพื่อหาจุดบกพร่อง พนักงานจึงทำการตรวจสอบตามประสบการณ์และตามสถานการณ์ของสายการผลิตในขณะนั้น ทำให้ประสิทธิภาพในการตรวจพบปัญหาน้อยมาก ทั้งนี้เนื่องด้วยเวลาและต้องการทำการผลิตให้ได้จำนวนการผลิตในแต่ละวันทำให้จุดการตรวจสอบ ณ.จุดตรวจสอบด้วยสายตาในสายการผลิตไม่สามารถดักของเสียได้ ซึ่งแสดงวิธีการตรวจสอบด้วยสายตาในสายการผลิต



รูปที่ 1.3 รูปแบบกระบวนการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของโรงงานกรณีศึกษา

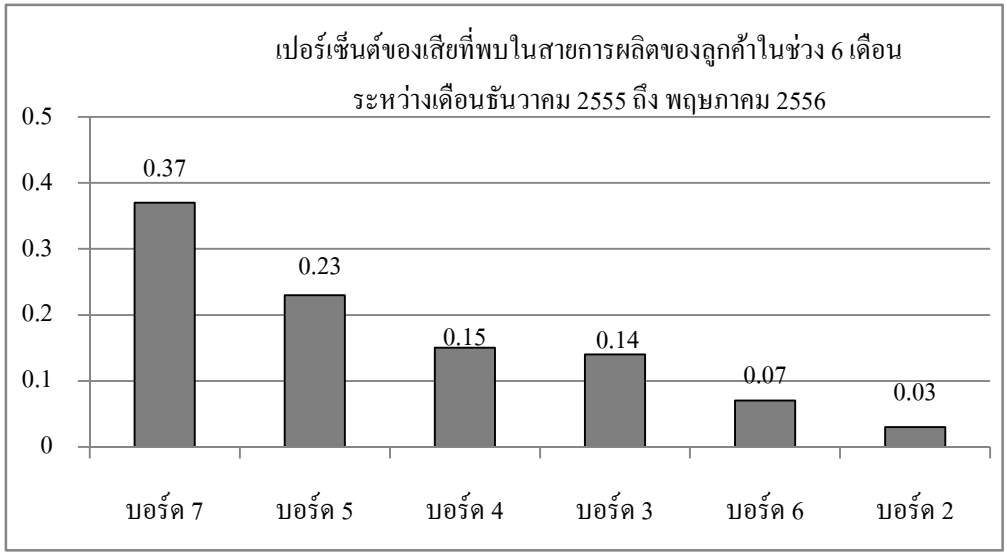
รูปที่ 1.4 การตรวจสอบด้วยสายตาในสายการผลิต

1.3 การคัดเลือกผลิตภัณฑ์และวิเคราะห์ความสำคัญของปัญหา

จากข้อมูลของเสียที่พบในสายการผลิตเดือนธันวาคม 2555 – พฤษภาคม 2556 พบว่า บอร์ด 7 เป็นบอร์ดที่มีเปอร์เซ็นต์ของเสียสูงสุดถึง 0.37 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ข้อมูลของเสียที่พบในสายการผลิตของลูกค้า (เดือนธันวาคม 2555- พฤษภาคม 2556)

สินค้า		เดือน 2555	เดือน 2556					ธ.ค 2555-พ.ค 2556
		ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค	
บอร์ด 2	จำนวนสินค้า:	1,756	651	16,817	16,115	20,570	19,685	75,594
	ของเสีย:	0	0	11	4	5	1	21
	เปอร์เซ็นต์:	0.00	0.00	0.07	0.02	0.02	0.01	0.03
บอร์ด 3	จำนวนสินค้า:	19	35	2,769	4,374	6,318	6,139	19,654
	ของเสีย:	0	0	7	8	5	7	27
	เปอร์เซ็นต์:	0.00	0.00	0.25	0.18	0.08	0.11	0.14
บอร์ด 4	จำนวนสินค้า:	19	35	2,769	4,374	6,318	6,139	19,654
	ของเสีย:	0	0	5	5	9	11	30
	เปอร์เซ็นต์:	0.00	0.00	0.18	0.11	0.14	0.18	0.15
บอร์ด 5	จำนวนสินค้า:	802	310	10,504	12,764	13,709	13,117	51,206
	ของเสีย:	1	3	20	26	30	36	116
	เปอร์เซ็นต์:	0.12	0.97	0.19	0.20	0.22	0.27	0.23
บอร์ด 6	จำนวนสินค้า:	7,051	7,088	68,480	64,122	80,372	69,428	296,541
	ของเสีย:	3	2	59	35	70	46	215
	เปอร์เซ็นต์:	0.04	0.03	0.09	0.05	0.09	0.07	0.07
บอร์ด 7	จำนวนสินค้า:	2,691	3,234	23,682	18,381	24,691	19,477	92,156
	ของเสีย:	8	19	112	68	66	68	341
	เปอร์เซ็นต์:	0.30	0.59	0.47	0.37	0.27	0.35	0.37



รูปที่ 1.5 แผนภาพแสดงเปอร์เซ็นต์ของเสียที่พบในสายการผลิตของลูกค้า

จากข้อมูลในรูปที่ 1.5 แสดงให้เห็นว่าสินค้าแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์บอร์ด 7 มีเปอร์เซ็นต์ของเสียหลุดไปถึงมือลูกค้ามากที่สุดถึง 0.37 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับบอร์ดอื่น ๆ ที่ส่งออกไป ผู้ทำการวิจัยนำเอาข้อมูลของเสียแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์บอร์ด 7 มาทำการวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

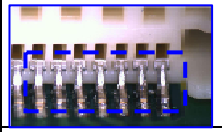
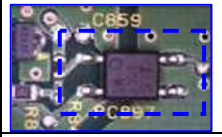
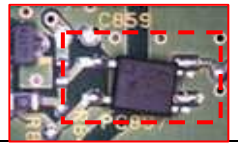
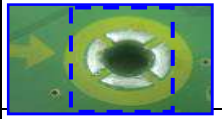
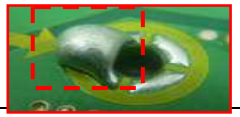
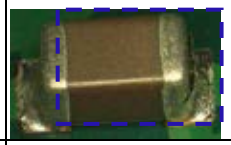
ลักษณะอาการเสียของบอร์ด 7 ดังแสดงในตารางที่ 1.2 ผู้วิจัยได้จำแนกตามลักษณะการตรวจพบของเสียออกเป็น 2 โหมด คือ

1. โหมดที่ 1 ลักษณะของเสียจากรูปลักษณ์ภายนอก ตรวจพบได้ด้วยสายตา เรียกว่า Appearance failure ได้แก่ Faulty solder, Solder bridge, Mechanical damage, Wrong insertion และ Missing component

2. โหมดที่ 2 ลักษณะของเสียเกิดจากการทำงานของคอมโพเน้นท์บนแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เรียกว่า Function failure หรือแผ่น PCB เป็นอาการเสียที่ไม่สามารถมองเห็นได้จากภายนอกเป็นความผิดปกติของวงจรภายในของคอมโพเน้นท์ตัวนั้น ๆ

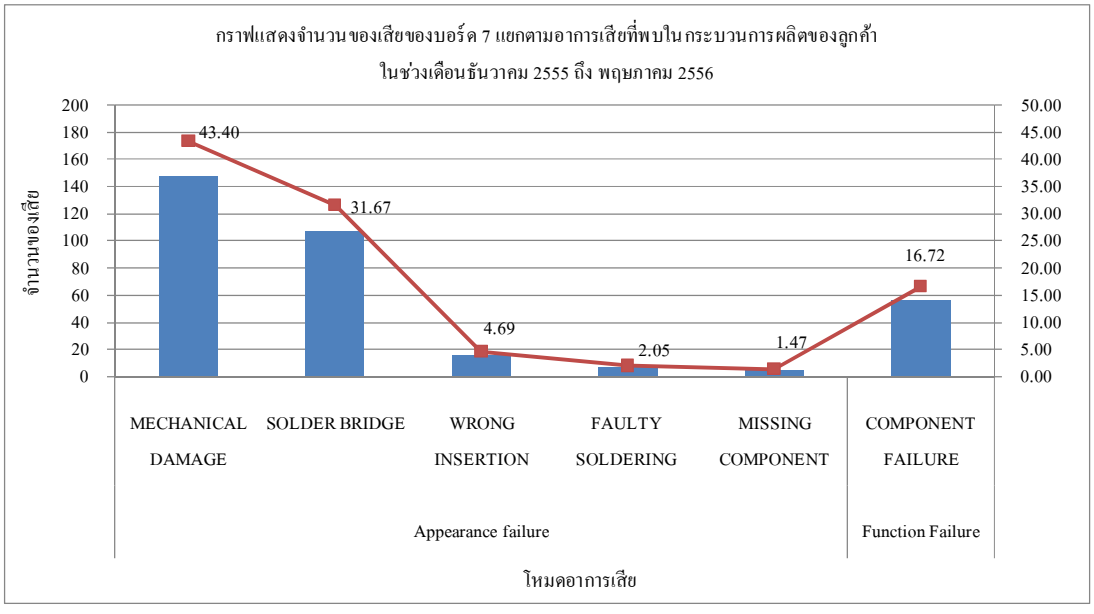
จากข้อมูลตามตารางที่ 1.2 เป็นข้อมูลของเสียที่พบในสายการผลิตของลูกค้า ของเสียส่วนใหญ่อยู่ในโหมดที่ 1ซึ่งสามารถตรวจพบได้ด้วยการตรวจสอบด้วยสายตา

ตารางที่ 1.2 ลักษณะของเสียของชิ้นงานแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์บอร์ด 7 ที่พบในสายการผลิตของลูกค้า

อาการเสีย	คำอธิบายอาการเสีย	รูปภาพมาตรฐานแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์	รูปภาพอาการเสีย	Inspection	รวมจำนวนของเสีย	เปอร์เซ็นต์ของเสีย
MECHANICAL DAMAGE	ความเสียหายที่เกิดจากแรงกระทำจากภายนอกมาทำให้คอมโพเน้นท์บนแผ่นวงจร เสียหายหรือหลุดร่วง			Appearance failure	138	40.47
SOLDER BRIDGE	โซเดอร์เชื่อมติดกันในจุดที่ไม่ต้องการ			Appearance failure	95	27.86
WRONG INSERTION	การวางคอมโพเน้นท์ไม่ตรงหรือผิดตำแหน่ง			Appearance failure	23	6.74
FAULTY SOLDERING	ลักษณะรูปร่างและปริมาณของโซเดอร์ไม่เป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนด			Appearance failure	16	4.69
MISSING COMPONENT	ไม่มีการวางคอมโพเน้นท์ในตำแหน่งที่กำหนดให้มีคอมโพเน้นท์			Appearance failure	5	1.47
COMPONENT FAILURE	อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เกิดความเสียหายภายในมีผลต่อฟังก์ชันการทำงานของคอมโพเน้นท์นั้นๆ ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า			Function Failure	57	16.72
				รวม	341	100

วิเคราะห์ข้อมูลของเสียของสินค้าแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์บอร์ด 7 แยกตามโหมดของอาการเสียดังรูปที่ 1.6 พบว่ามากกว่า 83 เปอร์เซ็นต์ของอาการเสีย เป็นอาการเสียที่จัดอยู่ในโหมด Appearance failure ซึ่งสามารถมองเห็นได้ด้วยการตรวจสอบด้วยสายตา และใช้อุปกรณ์ช่วยขยายในจุดคอมโพเน้นท์ที่มีขนาดเล็ก อาการเสียที่ตรวจพบได้ด้วยสายตา เช่น Faulty solder, Solder bridge, Mechanical damage, Wrong insertion และ Missing component ส่วนที่เหลืออีก 17 เปอร์เซ็นต์เป็นอาการเสียที่จัดอยู่ในโหมด Function failure เป็นอาการเสียที่ไม่สามารถมองเห็นได้จากภายนอกเป็นความผิดปกติของวงจรภายในของคอมโพเน้นท์ตัวนั้น ๆ

จะเห็นว่า 83 เปอร์เซ็นต์ของของเสียที่อยู่ในโหมด Appearance failure สามารถตรวจพบและทำการแก้ไขได้ก่อนส่งสินค้าไปถึงมือลูกค้า ถ้าหากโรงงานกรณีศึกษามีวิธีการตรวจสอบที่ดี แต่เนื่องด้วยโรงงานที่ผู้วิจัยทำการศึกษาได้เปลี่ยนรูปแบบการผลิตทำให้ยังขาดระบบการตรวจสอบ นอกจากนี้ความพร้อมของพนักงานยังคงเป็นปัญหาหลักที่ต้องปรับปรุง ดังนั้นผู้ทำการวิจัยจึงเลือกทำการศึกษาเพื่อพัฒนาวิธีการตรวจสอบและวิเคราะห์ระบบการวัดให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ก่อนจะนำเอาแผนการสุ่มตรวจสอบเข้ามาปรับใช้ การสุ่มตรวจสอบชิ้นงานด้วยสายตา (Visual inspection) นำมาใช้ในกระบวนการสุดท้ายก่อนส่งสินค้าให้กับลูกค้า โดยเลือกแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมกับรูปแบบการผลิต และมีค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมกับโรงงานกรณีศึกษามากที่สุด



รูปที่ 1.6 แผนภาพแสดงเปอร์เซ็นต์ของเสียของสินค้าแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์บอร์ด7 แยกตามโหมดของอาการเสีย

1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

พัฒนาวิธีมาตรฐานในการตรวจสอบด้วยสายตาและกำหนดแผนการสุ่มตรวจสอบ เพื่อลดจำนวนของเสียที่จะส่งถึงมือลูกค้า

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1. ตรวจจับข้อบกพร่องของแผงวงจรไฟฟ้าด้วยการตรวจสอบด้วยสายตาผ่านกล้องที่มีกำลังขยาย
2. ทดลองใช้งานกับแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ลูกค้าพบของเสียมากเป็นอันดับแรกคือบอร์ด 7

1.6 ผลที่ได้รับ

วิธีการสุ่มตรวจสอบที่เหมาะสมกับรูปแบบการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาที่มีประสิทธิภาพในการดักปัญหา และประหยัดค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบ

1.7 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. สามารถตรวจจับปัญหาได้ก่อนถึงมือลูกค้า และเปอร์เซ็นต์ของเสียที่พบที่ลูกค้าลดลง
2. สามารถเพิ่มความต้องการและความพึงพอใจของลูกค้า
3. สะท้อนสภาพปัญหาของกระบวนการก่อนหน้าเพื่อหาแนวทางแก้ไขที่ถูกต้อง
4. สามารถนำแนวทางการศึกษาไปใช้ และพัฒนาต่อไปกับสายการผลิตที่มีรูปแบบการผลิตแบบเดียวกัน

1.8 ขั้นตอนทำวิจัย

1. ศึกษาความเป็นมาและสภาพการดำเนินงานของโรงงานกรณีศึกษา เกี่ยวกับขั้นตอนการผลิต คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ การควบคุมคุณภาพการผลิต วิธีปฏิบัติงานของพนักงานตรวจสอบ เกณฑ์และมาตรฐานที่ใช้ตรวจสอบ การวัดประสิทธิผลและประเมินความสามารถของพนักงานตรวจสอบ ข้อมูลของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดโดยศึกษาทั้งข้อมูลในสายการผลิตและข้อมูลจากลูกค้า เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์เพื่อพัฒนาวิธีการในการตรวจสอบด้วยสายตาสำหรับโรงงานตัวอย่าง

2. ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดโดยศึกษาทั้งข้อมูลในสายการผลิตและข้อมูลจากลูกค้าเพื่อหาแนวทางการแก้ไข

4. ทำการจัดวางระบบวิธีการมาตรฐานในการตรวจสอบด้วยสายตา

5. วิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) สำหรับข้อมูลนับ เพื่อประเมินพนักงานตรวจสอบทุกคน

6. จัดทำระบบวิธีมาตรฐานแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง

7. ทดลองใช้งานแผนการสุ่มตัวอย่างทั้งสามแบบเพื่อเปรียบเทียบผลและกำหนดแผนการสุ่ม ตัวอย่างโดยพิจารณาให้เหมาะสมสอดคล้องกับแนวทางการดำเนินงานของโรงงานตัวอย่าง

8. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

9. จัดรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.9 ระยะเวลาดำเนินงานวิจัย

ตารางที่ 1.3 แผนการดำเนินการและระยะเวลาการดำเนินการ

แผนการดำเนินการ	ระยะเวลาการดำเนินการ								
	พ.ศ. 2556								
	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย
1.ศึกษาความเป็นมาและสภาพการดำเนินงานของโรงงานตัวอย่าง									
2.ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง									
3.ทำการวิเคราะห์ข้อมูลของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด									
4.ทำการจัดวางระบบวิธีการมาตรฐานในการตรวจสอบด้วยสายตา									
5. วิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) สำหรับข้อมูลนับ									
6. จัดทำระบบวิธีมาตรฐานแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง									
7. ทดลองใช้งานแผนการสุ่มตัวอย่างและเปรียบเทียบผล									
8.สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ									
9.จัดรูปเล่มวิทยานิพนธ์									

บทที่ 2

งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จุดประสงค์หลักของงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยต้องการกำหนดแผนการสุ่มตัวอย่าง ให้กับโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งการตรวจสอบจะใช้คน โดยการตรวจสอบด้วยสายตาผ่านกล้องที่มีกำลังขยาย ดังนั้น คุณภาพของชิ้นงานที่ส่งออกไปนั้นจะเป็นเช่นไรจึงขึ้นอยู่กับความสามารถของคน ในเรื่องความเข้าใจ ความรู้ ความชำนาญ และความไบอัส ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทราบถึงความสามารถในการตรวจสอบของพนักงานแต่ละคน กล่าวคือ การวิเคราะห์ระบบการวัด เพื่อประเมินความสามารถในการตรวจสอบของคนนำไปสู่การปรับปรุงการวัดของคนให้มีประสิทธิภาพในระดับเดียวกัน และอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

การวิเคราะห์ระบบการวัดถูกนำไปใช้ในหลายวัตถุประสงค์ ดังเช่นในงานวิจัยเกี่ยวกับแนวคิดซิกซ์ ซิกมา การวิเคราะห์ความสามารถของระบบการวัดจะถูกนำไปใช้ในขั้นตอนที่ 2 ระยะการวัดเพื่อวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ดังเช่น งานวิจัยของ วราภรณ์ ขำสนิท (2551) ได้นำการวิเคราะห์ระบบการวัดไปใช้กับอุตสาหกรรมขึ้นรูปพลาสติก ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับข้อมูลตามลักษณะเพื่อวิเคราะห์ความถูกต้องในการตรวจสอบอาการเสียบนแม่พิมพ์ของพนักงานขึ้นรูปเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงคุณภาพตามหลักการของซิกซ์ซิกมา งานวิจัยของ ศุภชาติ ขมหวาน (2552) ได้อธิบายถึงเรื่องความผันแปรที่เกิดขึ้นในระบบการวัดเพื่อค้นหาแหล่งความผันแปรและสาเหตุของความผันแปร จากนั้นได้ทำการวิเคราะห์ผลระบบการวัด และได้ทำการลดความผันแปรให้กับกระบวนการที่ได้ศึกษานั้นจนมีความสามารถในระดับที่ยอมรับได้

สำหรับงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยนำเอาหลักการวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับข้อมูลเชิงคุณลักษณะเข้ามาใช้ เพื่อประเมินความสามารถของพนักงานตรวจสอบเพื่อเข้าใจถึงความสามารถของพนักงานแต่ละคนซึ่งจะนำไปสู่การยกระดับความสามารถตรวจสอบพนักงานตรวจสอบคนนั้นให้ดีหรือดียิ่งขึ้น ได้ประสิทธิภาพเท่าเทียมกัน อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ทุกคน และสามารถบอกได้ว่าผลการตรวจสอบของพนักงานแต่ละคนตรวจสอบได้ผลเหมือนกันเพราะผลของการตรวจสอบนี้จะส่งผลต่อแผนการสุ่มตัวอย่างที่จะนำเข้ามาประยุกต์ใช้งาน

การสุ่มตัวอย่างได้รับความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ผู้ผลิตโดยมากไม่ต้องการที่จะตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์กับสินค้าทุกลอต และไม่ต้องการให้สินค้าถูกปฏิเสธบ่อยครั้งจากลูกค้า

ซึ่งทำให้สูญเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งทั้งไปและกลับ และอาจเป็นการขัดใจกันระหว่างผู้ผลิตและลูกค้าเมื่อมีการปฏิเสธลอต เพื่อเป็นการรักษาน้ำใจต่อกันและ เพื่อเป็นการกลั่นกรองความผิดพลาดอีกครั้ง การสุ่มตรวจสอบเป็นเครื่องมือคุณภาพตัวหนึ่งที่ใช้ประกันคุณภาพของลอตสินค้าว่ามีระดับคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐาน วิธีการของการสุ่มตัวอย่างถูกนำมาใช้เพื่อกำหนดแนวทางหรือวิธีการคำนวณค่าความเสี่ยงในการรับสินค้าที่มีระดับคุณภาพตามที่กำหนด ความเสี่ยงที่กล่าวถึงคือความเสี่ยงของผู้ผลิตและความเสี่ยงของผู้บริโภค ความเสี่ยงของผู้บริโภค คือ ความเสี่ยงที่ลอตงานเสียถูกยอมรับ ความเสี่ยงของผู้ผลิต คือ ความเสี่ยงที่ลอตงานดีถูกปฏิเสธ

แผนการสุ่มตัวอย่างจะเกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์คือ ขนาดรุ่น ขนาดตัวอย่าง จำนวนของเสียที่ยอมรับได้ ความเสี่ยงของผู้ผลิต (α) และความเสี่ยงของผู้บริโภค (β) เป็นต้น ค่าของพารามิเตอร์จะกำหนดอย่างไรนั้นขึ้นอยู่กับประเภทของสินค้า รูปแบบธุรกิจ และเป้าหมายด้านคุณภาพของผู้ที่ต้องการใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง ดังเช่น Mach and Duraj (2007) ได้นำหลักการแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อประเมินกระบวนการยึดติดชิ้นงานของตัวจัมเปอร์ โดยใช้แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยวตามมาตรฐาน MIL STD 105E/ANSI/ASQC Z1.4 (American national standards institute and the American society for quality Z1.4) และได้แสดงวิธีการคำนวณค่าพารามิเตอร์ในการกำหนดแผนการสุ่มเพื่อใช้ในการประเมินความน่าจะเป็นในการยอมรับลอต ในผลสรุปของงานวิจัยทำให้เขาทราบว่าคุณภาพของสินค้าที่ออกมาไม่ดีนั้นอาจจะมาจากมาตรฐานการยอมรับชิ้นงานยากเกินไปหรือคุณภาพสินค้าไม่ดี

การตรวจสอบด้วยจำนวนตัวอย่างน้อยที่สุดแต่ยังคงระดับคุณภาพสินค้าผ่านออกและความเสี่ยงของผู้ผลิตและผู้บริโภค เป็นอีกสิ่งที่ผู้ใช้แผนการสุ่มตัวอย่างต้องการ นักวิจัยหลายท่านได้พัฒนาแบบแผนการสุ่มอีกหลายรูปแบบซึ่งผลลัพธ์ที่ได้สามารถลดจำนวนตัวอย่างเฉลี่ย ดังเช่น Govindaraju and Ganesalingam (1998) นักวิจัยทั้งสองได้นำเสนอแบบแผนการสุ่มตัวอย่างที่เรียกว่า Quick switching system (QSS) อ้างอิงแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว ตามมาตรฐาน MIL STD 105E/ANSI/ASQC Z1.4 การปฏิเสธลอตจะไม่เกิดขึ้นในการสุ่มตัวอย่างครั้งแรกถึงแม้ว่าจะมีจำนวนของเสียมากกว่าจำนวนที่ยอมรับได้ แต่จะทำการสุ่มตัวอย่างอีกครั้งจึงจะปฏิเสธลอต เขาพบว่าแผนการสุ่ม QSS ทำให้มีจำนวนตัวอย่างเฉลี่ยน้อยกว่าการสุ่มเชิงเดี่ยวทั่วไปอย่างมาก ต่อมา Rothwell and Kim (2009) ต้องการหาแผนการสุ่มตัวอย่างใหม่เข้ามาทดแทนแผนการสุ่มของโรงงานที่เขาศึกษาได้ใช้อยู่ในขณะนั้นคือ แผนการสุ่มตัวอย่างตารางมาตรฐาน MIL-STD/ANSI Z1.4 ซึ่งไม่ใช้กฎการสับเปลี่ยน (Switching rule) สิ่งที่เขาพบจากการใช้แผนการสุ่มนี้คือจำนวนตัวอย่างมีจำนวนมากและมีจำนวนลอตที่ถูกปฏิเสธมากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบมากขึ้น ทั้งยังทำให้มีค่าทำงานล่วงเวลาของพนักงานตรวจสอบเพิ่มขึ้น และยังมีผลกระทบต่อลูกค้าที่ไม่

สามารถส่งสินค้าไปให้ลูกค้าได้ทันเวลาเนื่องจากต้องรอทำการตรวจสอบตามหลักการของ MIL-STD/ANSI Z1.4 เขาจึงนำ เสนอแผนการสุ่มที่เรียกว่า zero acceptance plans เป็นแผนการสุ่มที่กำหนดให้จำนวนของเสียที่ยอมให้เกิดได้ในลอตงานเท่ากับ 0 (c=0) จึงจะยอมรับวัตถุดิบจะเข้าสู่กระบวนการผลิต เพื่อกระตุ้นให้ผู้ผลิตวัตถุดิบทำการปรับปรุงคุณภาพ การสุ่มตามแนวทางของเขาช่วยให้โรงงานที่ศึกษานั้นสามารถลดขนาดตัวอย่างลงได้

การเลือกแผนการสุ่มตัวอย่างโดยมากจะเลือกตามเงื่อนไขของระดับคุณภาพสินค้าผ่านออก (AQL) และจำนวนตรวจสอบเฉลี่ย (ATI) ตัววัดอีกตัวที่ควรนำมาพิจารณาคือ ค่าใช้จ่ายที่ยอมรับได้ระหว่างผู้ผลิตและลูกค้า โดยปกติความพึงพอใจในเรื่องค่าใช้จ่ายจะส่วนทางกัน กล่าวคือ การตรวจสอบที่ลูกค้าพึงพอใจมักจะเกิดค่าใช้จ่ายที่สูงมากสำหรับผู้ผลิต ในงานวิจัยของ Iacobini (2000) ได้แนะนำให้ระบุค่าใช้จ่ายไว้ในสัญญาซื้อขายเพื่อกำหนดเงื่อนไขในการออกแบบการตรวจสอบสำหรับผู้ผลิต นอกจากนี้เขาได้นำเสนอสมการค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะเกิดขึ้น (Expected costs) สำหรับผู้ผลิตและลูกค้าในแผนการสุ่มเชิงเดี่ยวแบบลอตต่อลอต (Lot-by-lot single sampling plan) ค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นกับผู้ผลิตจะมาจากค่าตรวจสอบชิ้นงานต่อชิ้น และจากการซ่อมชิ้นงานที่เสีย ส่วนค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นกับลูกค้ามาจากของเสียที่หลุดรอดไปจากกระบวนการของผู้ผลิต ซึ่งถ้าผู้ผลิตสามารถดักปัญหาได้หมดก็จะไม่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายหรือปัญหาให้กับลูกค้า Hsu (2009) ได้นำเสนอสมการค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อลอตสำหรับแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยวว่า ค่าใช้จ่ายทั้งหมดประกอบด้วย ค่าตรวจสอบต่อชิ้น ค่าความเสียหายภายใน และค่าของเสียที่หลุดออกไปจากกระบวนการ

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 บทนำ

งานวิจัยฉบับนี้ได้นำเอาหลักทฤษฎีมาใช้ในการดำเนินงานวิจัย 3 ส่วน คือ ทฤษฎีเกี่ยวกับการวิเคราะห์ระบบการวัด ทฤษฎีเกี่ยวกับแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง และทฤษฎีเกี่ยวกับต้นทุนการตรวจสอบ ทฤษฎีแรกกล่าวถึงการวิเคราะห์ระบบการวัด ทฤษฎีเกี่ยวกับการวิเคราะห์ระบบการวัดนำมาใช้เพื่อการประเมินผลและวิเคราะห์ระบบการตรวจสอบสำหรับข้อมูลเชิงคุณลักษณะ เนื่องจากคุณลักษณะของสิ่งที่ศึกษาเป็นข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute characteristics) กล่าวคือเป็นการตรวจสอบชิ้นงานเปรียบเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะแล้วตัดสินใจออกมาว่าผ่านหรือไม่ผ่านโดยใช้คน ผลจากการวิเคราะห์ต้องการทราบถึงข้อบกพร่องของพนักงานตรวจสอบแต่ละคน และความสอดคล้องระหว่างกันของคนตรวจสอบ ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของลอตงานที่ส่งออกจากกระบวนการมีความถูกต้องน่าเชื่อถือในระดับคุณภาพที่ยอมรับได้หรือไม่ เพื่อนำผลการวิเคราะห์

ซึ่งเป็นสถาพของระบบการวัดในปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษาไปสู่การปรับปรุงระบบการตรวจสอบต่อไป

ทฤษฎีในส่วนที่สองกล่าวถึงทฤษฎีเกี่ยวกับแบบแผนการสุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นจุดประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ที่ต้องการพัฒนาวิธีมาตรฐานในการตรวจสอบด้วยสายตาและกำหนดแผนการสุ่มตรวจสอบเพื่อลดจำนวนของเสียที่จะส่งถึงมือลูกค้า แผนการสุ่มตัวอย่างที่จะกล่าวถึงทั้งหมดเป็นแผนการสุ่มสำหรับข้อมูลเชิงคุณลักษณะโดยประเมินแผนการสุ่มตัวอย่างด้วยการเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย

แผนการสุ่มตัวอย่างที่ได้นำมาเปรียบเทียบ มีดังนี้

1. แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 ตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4
2. แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 แผน AOQL

แผนการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 เป็นแผนการสุ่มที่ได้รับความนิยมและเป็นที่ยอมรับนำไปใช้งานกันอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ เช่นเดียวกับโรงงานกรณีศึกษาได้นำแผนการสุ่มตัวอย่างตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 มาใช้งาน โดยกำหนดระดับ AQL ที่ 0.065 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดเป็นแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 ผลจากการนำไปใช้งานทำให้ผู้วิจัยพบปัญหาว่าพนักงานตรวจสอบมักจะไม่ปฏิบัติตามกฎการสับเปลี่ยนตามหลักการของแผนการสุ่มตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 และแผนการสุ่มตัวอย่างนี้ให้ระดับคุณภาพของลอตเฉลี่ยหลังจากผ่านการสุ่มตรวจสอบต่ำกว่าระดับคุณภาพที่ต้องการ โดยต้องการให้ลอตที่ส่งออกไปมีคุณภาพเท่ากับ 0.005 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้ค่าระดับคุณภาพผ่านออกเฉลี่ย (AOQL) มาออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2

ทฤษฎีในส่วนสุดท้ายกล่าวถึงต้นทุนการตรวจสอบ ซึ่งนำมาใช้เพื่อประเมินถึงค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นเมื่อนำเอาแผนการสุ่มตัวอย่างดังกล่าวข้างต้นไปใช้งาน ซึ่งจะนำไปสู่ผลสรุปของงานวิจัยนี้ในการกำหนดแผนการสุ่มตรวจสอบที่เหมาะสมสำหรับโรงงานกรณีศึกษา เพราะผู้บริหารส่วนใหญ่จะมองถึงเรื่องค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นกับกิจกรรมการสุ่มตรวจสอบซึ่งส่งผลถึงต้นทุนการผลิตและผลกำไรเป็นอันดับแรก

2.2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับข้อมูลเชิงคุณลักษณะ

ทฤษฎีเกี่ยวกับการวิเคราะห์ระบบการวัดของข้อมูลเชิงคุณลักษณะ ผู้วิจัยได้นำมาจากหนังสือเรื่อง การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) ประมวลผลด้วย (Minitab).กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2550)

สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการประเมินผลในระยะสั้น (Short method) เป็นการหยิบเอาชิ้นงานจากกระบวนการในช่วงที่ต้องการศึกษามาใช้เป็นชิ้นงานสำหรับทดสอบ เรียกว่า ชิ้นงานทดสอบ โดยชิ้นงานทดสอบจำแนกลักษณะเป็น 4 ลักษณะ คือ ชิ้นงานดี ชิ้นงานไม่ดี ชิ้นงานก้ำกึ่งแบบดี และชิ้นงานก้ำกึ่งแบบเสีย

วิธีการทดสอบใช้พนักงานตรวจสอบทำการตรวจสอบชิ้นงานแล้วจำแนกชิ้นงานออกเป็นงานดี และงานเสีย การวิเคราะห์ระบบการวัดได้โดยนำผลการทดสอบไปเปรียบเทียบกับคุณภาพแท้จริงของชิ้นงานทดสอบ

การวิเคราะห์ระบบการวัดได้แบ่งการออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 เป็นส่วนการประเมินผลด้วยค่าดัชนีเปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสและดัชนีเปอร์เซ็นต์รีพีททะบิลิตี้ เป็นการประเมินตัวพนักงานแต่ละคน ความเอนเอียงหรือความไบอัสบอกถึงความถูกต้องของผลการตรวจสอบของพนักงานคนนั้น ค่าดัชนีเปอร์เซ็นต์รีพีททะบิลิตี้เป็นการวัดความสามารถในการตรวจซ้ำ นอกจากนี้ยังทำการประเมินผลความมีประสิทธิผลของระบบการตรวจสอบโดยรวม ด้วยดัชนี เปอร์เซ็นต์ความมีประสิทธิผลด้านไบอัสและดัชนีเปอร์เซ็นต์ความมีประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ การประเมินด้วยดัชนีทั้ง 4 ดัชนีดังกล่าวข้างต้นเพื่อพิจารณาถึงความสามารถของระบบการวัดในการแยกแยะชิ้นงานไม่ดีออกจากชิ้นงานดี

ส่วนที่ 2 เป็นการวิเคราะห์ผลระบบการวัด เป็นการนำเอาผลการทดสอบจากขั้นตอนการประเมินมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ เพื่อพิจารณาถึงความแตกต่างหรือความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในระบบการวัดนั้นเป็นอย่างไร ในระบบการวัดสาเหตุที่ก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนของผลการตรวจสอบจากลักษณะแท้จริงได้แก่ พนักงาน เครื่องมือ วิธีการ ชิ้นงาน และสิ่งแวดล้อม ในงานวิจัยนี้วิเคราะห์ระบบการวัดผ่านการตรวจสอบชิ้นงานของคน เพื่อทดสอบว่าผลการตรวจสอบของพนักงานที่ทำการตรวจสอบแต่ละคนมีความแตกต่างกันหรือไม่ จึงใช้การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ Kappa

ในส่วนที่ 3 เป็นการวิเคราะห์ระบบการวัดพิจารณาถึงความสามารถในการตัดสินใจของพนักงานแต่ละคนด้วยค่าดัชนีความมีประสิทธิผล ดัชนีการตรวจสอบที่ปฏิเสธผิดพลาด และดัชนีการตรวจสอบที่ยอมรับผิดพลาด ความผิดพลาดทำให้เกิดความเสี่ยง 2 ลักษณะ คือ ความเสี่ยงของลูกค้า หมายถึง การที่พนักงานตรวจสอบมีแนวโน้มจะตรวจสอบชิ้นงานดีแล้วสรุปว่าเป็นงานเสีย และความเสี่ยงของผู้ผลิต หมายถึง การที่พนักงานตรวจสอบมีแนวโน้มจะตรวจสอบชิ้นงานเสียแล้วสรุปว่าเป็นงานดี

การวิเคราะห์ระบบการวัดมีขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นกำหนดผู้รับผิดชอบ กำหนดให้ผู้จัดการฝ่ายควบคุมคุณภาพเป็นผู้ชำนาญการ และหัวหน้าฝ่ายควบคุมคุณภาพเป็นผู้รับผิดชอบทำหน้าที่เป็นกรรมการสอบและประเมินผล

2. ขั้นกำหนดจำนวนชิ้นงานตรวจสอบ และจำนวนครั้งในการทดสอบซ้ำ ดังตารางที่ 2.1 ขนาดสิ่งตัวอย่างให้มีสิ่งตัวอย่างประกอบด้วย ชิ้นงานที่มีคุณภาพดีจำนวน 1 ใน 3 ของสิ่งตัวอย่างทั้งหมด ชิ้นงานที่มีคุณภาพเสียจำนวน 1 ใน 3 ของสิ่งตัวอย่างทั้งหมด ชิ้นงานที่มีคุณภาพก่ำกึ่งคืองานดีแบบก่ำกึ่งและงานเสียแบบก่ำกึ่ง จำนวน 1 ใน 3 ของสิ่งตัวอย่างทั้งหมด

ตารางที่ 2.1 ขนาดสิ่งตัวอย่างแนะนำในการประเมินผลระบบการตรวจสอบ
สำหรับข้อมูลเชิงคุณลักษณะ

จำนวนพนักงานตรวจสอบ	จำนวนชิ้นงานตัวอย่างที่ต่ำสุด	จำนวนทดสอบซ้ำที่ต่ำสุด
1	24	5
2	18	4
ตั้งแต่ 3	12	3

3. ขั้นจัดเตรียมชิ้นงานทดสอบ จัดทำชิ้นงานตัวอย่างสำหรับใช้ในการทดสอบ และจำนวนครั้งในการทดสอบซ้ำ สำหรับงานวิจัยนี้ใช้ชิ้นงานทดสอบจำนวน 30 ชิ้น และทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง

4. ขั้นทดสอบพนักงาน ทำการทดสอบให้สุ่มพนักงานตรวจสอบขึ้นมาหนึ่งคนแล้วให้ตรวจสอบชิ้นงานแบบสุ่มจนครบทั้งหมด จากนั้นให้สุ่มพนักงานตรวจสอบคนใหม่ขึ้นมาทดสอบจนครบทุกคน

5. ขั้นวิเคราะห์ระบบการวัด โดยทำการวิเคราะห์ 3 ส่วน ได้แก่ ประเมินผลระบบการตรวจสอบด้วยดัชนี วิเคราะห์ผลระบบการวัดด้วยค่าสัมประสิทธิ์ Kappa และการวิเคราะห์ผลระบบการวัดด้วยค่าดัชนี

6. สรุปผลการวิเคราะห์ระบบการตรวจสอบ กำหนดเกณฑ์การประเมินและแนวทางปฏิบัติในกรณีที่ผลการประเมินไม่ผ่านเกณฑ์หรือไม่สามารถยอมรับระบบการวัดนี้ได้

จากขั้นตอนที่ 5 ดำเนินการประเมินผลระบบการตรวจสอบด้วยดัชนี และวิเคราะห์ผลระบบการวัดด้วยค่าสัมประสิทธิ์ Kappa และการวิเคราะห์ผลระบบการวัดด้วยค่าดัชนี ดังต่อไปนี้

1. การประเมินผลระบบการวัด

ค่าดัชนีที่ใช้ในการประเมินผลระบบการวัดนี้ ได้แก่ ค่าดัชนีเปอร์เซ็นต์รีพีททะบิลิตี้เป็นการวัดความสามารถในการตรวจซ้ำ และค่าเปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสเป็นการวัดความถูกต้องไม่เอนเอียงต่อการตรวจสอบ นอกจากนี้ยังทำการประเมินผลความมีประสิทธิผลของระบบการตรวจสอบโดยรวม ด้วยดัชนี เปอร์เซ็นต์ความมีประสิทธิผลด้านไบอัสและดัชนีเปอร์เซ็นต์ความมีประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (2.1)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์รีพิททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (2.2)$$

การประเมินผลความมีประสิทธิผลของระบบการตรวจสอบโดยรวม

$$\text{เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจสอบได้ถูกต้องและเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (2.3)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ของการตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (2.4)$$

2. การวิเคราะห์ผลระบบการตรวจสอบ

การวิเคราะห์ผลระบบการตรวจสอบ จะใช้ผลการทดสอบที่ได้จากขั้นตอนการประเมินผลมาทดสอบทางสถิติเพื่อพิจารณาถึงความแตกต่างกันของผลการตรวจสอบของพนักงานทีละคู่ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้หรือไม่ โดยใช้การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ Kappa

ค่าสัมประสิทธิ์ Kappa แสดงถึงความสอดคล้องกันของผลการตรวจสอบระหว่างพนักงานเป็นคู่ๆ โดยพิจารณาจากความแตกต่างระหว่างผลการตรวจสอบที่เหมือนกันจริงหรือเรียกว่า ความสอดคล้องจริงกับผลการตรวจสอบที่เหมือนกันโดยบังเอิญหรือเรียกว่า ความ

สอดคล้องกันโดยบังเอิญ โดยใช้แนวคิดของการทดสอบสมมติฐานจากตารางไขว้ (Cross table) แล้วคำนวณผลจากตารางไขว้ออกมาเป็นค่าสัมประสิทธิ์ Kappa

สมมติฐานสำหรับการวิเคราะห์ผลระบบการตรวจสอบ

H_0 : พนักงานทดสอบไม่มีผลต่อค่าวัดจากระบบการตรวจสอบ

H_1 : พนักงานทดสอบมีผลต่อค่าวัดจากระบบการตรวจสอบ

การวิเคราะห์ผลค่าสัมประสิทธิ์ Kappa อ้างอิงตามเกณฑ์ของ AIAG (2002, p.129) ดังนี้

1. สัมประสิทธิ์ Kappa มากกว่า 0.75 หมายความว่า ผลการตรวจสอบของพนักงานคู่นั้นสามารถตรวจสอบได้ผลที่เหมือนกันเป็นอย่างดี

2. สัมประสิทธิ์ Kappa อยู่ระหว่าง 0.40 และ 0.75 หมายความว่า ผลการตรวจสอบของพนักงานคู่นั้นสามารถตรวจสอบได้ผลที่สอดคล้องกันพอใช้

3. สัมประสิทธิ์ Kappa น้อยกว่า 0.40 หมายความว่า ผลการตรวจสอบของพนักงานคู่นั้นสามารถตรวจสอบได้ผลที่แตกต่างกัน

4. สัมประสิทธิ์ Kappa เท่ากับ 1 หมายความว่า ผลการตรวจสอบมีความสอดคล้องกันอย่างสมบูรณ์

5. สัมประสิทธิ์ Kappa เท่ากับ 0 หมายความว่า ผลการตรวจสอบไม่มีความสอดคล้องกัน

สัมประสิทธิ์ Kappa คำนวณ ดังนี้

$$\text{Kappa} = \frac{P_0 - P_e}{1 - P_e} \qquad (2\text{-}5)$$

เมื่อ Po = ค่าสัดส่วนที่ผู้ตรวจสอบแต่ละคู่ให้ผลการตรวจสอบสอดคล้องกันจริง

Pe = ค่าสัดส่วนที่ผู้ตรวจสอบแต่ละคู่ให้ผลการตรวจสอบสอดคล้องกันโดยบังเอิญ

ตารางที่ 2.2 แสดงวิธีการสร้างตารางไขว้ สำหรับคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ Kappa

		พนักงานคนที่ 2		
		เสีย	ดี	ผลรวม
พนักงานคนที่ 1	เสีย	a	b	m_0=a+b
	ดี	c	d	m_1=c+d
ผลรวม		n_1=a+c	n_0=b+d	n

จากตารางที่ 2.2 นำมาใช้คำนวณค่า Po, Pe คำนวณ ได้ดังนี้

$$Po = [(a + d)/n]$$

$$Pe = [(n_1/n) * (m_1/n)] + [(n_0/n) * (m_0/n)]$$

เมื่อ a คือ จำนวนครั้งที่พนักงานทั้งสองคนให้ผลการตรวจสอบว่า “เสีย” เหมือนกัน

d คือ จำนวนครั้งที่พนักงานทั้งสองคนให้ผลการตรวจสอบว่า “ดี” เหมือนกัน

b คือ จำนวนครั้งที่พนักงานทั้งสองคนให้ผลการตรวจสอบไม่เหมือนกัน พนักงานคนที่ 1 ให้ผลการตรวจสอบว่า “เสีย” แต่พนักงานคนที่ 2 ให้ผลการตรวจสอบว่า “ดี”

c คือ จำนวนครั้งที่พนักงานทั้งสองคนให้ผลการตรวจสอบไม่เหมือนกัน พนักงานคนที่ 1 ให้ผลการตรวจสอบว่า “ดี” แต่พนักงานคนที่ 2 ให้ผลการตรวจสอบว่า “เสีย”

n คือ จำนวนโอกาสทั้งหมดของการตัดสินใจ

3. การวิเคราะห์ผลระบบการตรวจสอบด้วยดัชนี

เป็นการวิเคราะห์ผลการตรวจสอบของพนักงานตรวจสอบแต่ละคน โดยการพิจารณาดัชนี 3 ตัว คือ ความมีประสิทธิผลของพนักงานแต่ละคน (Operator effectiveness index (O_E)) ดัชนีการตรวจสอบที่ปฏิเสธผิดพลาด (False alarm index (I_{FA})) และดัชนีการตรวจสอบที่ยอมรับผิดพลาด (Index of a miss (I_{MISS})) เพื่อพิจารณาแนวโน้มการตัดสินใจของพนักงานแต่ละคน ถึงผลการยอมรับงานได้ถูกต้อง ได้เกินมาตรฐานหรือต่ำกว่ามาตรฐานหรือไม่ โดยที่นิยามของดัชนีต่างๆ ดังนี้

ความมีประสิทธิผลของพนักงาน (Operator effectiveness index: O_E)

$$O_E = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง}}{\text{โอกาสทั้งหมดของการตัดสินใจ}} \qquad (2.6)$$

ดัชนีการตรวจสอบที่ปฏิเสธอย่างผิดพลาด (False alarm index: I_{FA})

$$F_A = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ปฏิเสธอย่างผิดพลาด}}{\text{โอกาสทั้งหมดที่จะปฏิเสธอย่างผิดพลาด}} \qquad (2.7)$$

ดัชนีการตรวจสอบที่ยอมรับอย่างผิดพลาด (Index of a miss: I_{MISS})

$$I_{MISS} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ยอมรับอย่างผิดพลาด}}{\text{โอกาสทั้งหมดที่จะยอมรับอย่างผิดพลาด}} \qquad (2.8)$$

จากผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีทั้ง 3 ตัว ใช้เกณฑ์การตัดสินใจอ้างอิงจาก AIAG ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์การตัดสินใจดัชนีผลการวิเคราะห์ความสามารถของพนักงานทดสอบ

การตัดสินใจกับระบบการวัด	O_E	I_{FA}	I_{MISS}
ยอมรับพนักงานทดสอบได้	$\geq 90\%$	$\leq 2\%$	$\leq 5\%$
การยอมรับแบบก้ำกึ่ง (อาจจำเป็นต่อการปรับปรุง)	$\geq 80\%$	$\leq 5\%$	$\leq 10\%$
ไม่สามารถให้การยอมรับได้ (ต้องการการปรับปรุง)	$< 80\%$	$> 5\%$	$> 10\%$

2.2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับการสุ่มตัวอย่าง

การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นมีวิธีหลัก ๆ ด้วยกัน 3 วิธี คือ

1. วิธีตรวจสอบทุกชิ้น (Screening)
2. วิธีสุ่มตัวอย่างจากแต่ละลอต (Lot by lot inspection or sampling)
3. วิธีตรวจสอบตามกระบวนการผลิต (Process inspection)

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้การตรวจสอบคุณภาพแบบ วิธีการสุ่มตัวอย่างจากแต่ละลอต (Lot by lot sampling) เป็นการตรวจสอบเพื่อตัดสินใจส่งสินค้าให้แก่ลูกค้า การตรวจสอบจะทำโดยวิธีสุ่มตัวอย่างจากของที่จะส่งออกไปให้ลูกค้าแล้วทำการตรวจสอบลักษณะภายนอกของชิ้นงาน ผลการตรวจสอบตัวอย่างจึงจะตัดสินใจว่าจะยอมรับ หรือจะปฏิเสธสินค้าทั้งหมด สำหรับลอตงานที่ถูกปฏิเสธนั้นจะส่งคืนให้กับฝ่ายผลิตเพื่อทำการตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์เพื่อคัดแยกงานเสียออกให้หมดแล้วทดแทนด้วยงานดีก่อนที่จะส่งให้กับลูกค้า

นิยามของ “ลอต” ในงานวิจัยนี้หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาจากขบวนการผลิตเดียวกันและจากกะเดียวกัน ตามหลักการของการสุ่มตัวอย่าง (Random sampling) จะต้องเลือกชิ้นงานให้เป็นแบบสุ่มที่แท้จริงให้มากที่สุดจากส่วนต่าง ๆ ของลอตนั่นคือไม่ใช่หยิบอยู่แต่ที่ตำแหน่งนั้นตำแหน่งเดียว ในการสุ่มจะต้องคิดว่าแต่ละชิ้นในลอตมีโอกาสเท่า ๆ กันในการถูกเลือก ปัญหาที่

พบของการนำแผนการสุ่มตัวอย่างมาใช้คือ เมื่อได้สุ่มตัวอย่างมาจากลอต ๆ หนึ่ง ที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนเสีย (Defective) จำนวนมากแต่บังเอิญผู้ตรวจสอบเกิดสุ่มตัวอย่างซึ่งมีแต่ชิ้นส่วนดีๆ ดังนั้นลอตนั้นจะถูกยอมรับอย่างผิดพลาด ซึ่งแท้จริงแล้วลอตนี้ควรปฏิเสธ หรืออีกนัยหนึ่งลอตที่มีของเสีย (Defective) น้อย แต่บังเอิญตัวอย่างที่สุ่มไปมีของเสียมากจึงปฏิเสธทั้ง ๆ ที่ควรยอมรับ ซึ่งความผิดพลาดดังกล่าวเรียกว่า ความผิดพลาดของการสุ่มตัวอย่าง (Sampling error) ซึ่งมักเกิดขึ้นเสมอ ๆ วิธีป้องกันความผิดพลาดจากการสุ่มตัวอย่างที่จะทำให้เกิดของเสียหลุดลอตออกไปได้ก็คือการกำหนดแผนการสุ่มตัวอย่าง (Sampling plans) โดยทั่วไปกระบวนการมักจะนำแผนการสุ่มตัวอย่างมาใช้บนพื้นฐานของเหตุผล ดังต่อไปนี้

1. เมื่อค่าตรวจสอบราคาสูง และค่าสูญเสียเมื่ออนุโลมให้ของเสียหนึ่ง ๆ ผ่านไปได้มีค่าไม่มากนัก บางกรณีอาจจะเป็นไปได้ที่ว่าแผนที่ไม่มีการตรวจสอบเลยจะถูกที่สุด
2. ไม่สามารถตรวจสอบชิ้นงานได้ทุกชิ้น เนื่องจากการตรวสอบแบบ 100 เปอร์เซ็นต์ก่อให้เกิดความเมื่อยล้าเบื่อหน่าย และแผนการสุ่มตัวอย่างจะให้ผลดีพอๆกันหรือดีกว่า เพราะการตรวจสอบแบบ 100 เปอร์เซ็นต์ ไม่ได้หมายความว่าจะมีคุณภาพดี 100 เปอร์เซ็นต์ บางทีก่อให้เกิดความเสียหายต่อชิ้นงานทำให้ลอตที่ปล่อยให้ผ่านไปอาจมีของเสียสูงกว่าแบบการสุ่มตัวอย่าง
3. เมื่อการตรวจสอบต้องทำลายสินค้า ในกรณีนี้จำเป็นต้องใช้แผนตัวอย่าง

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดแผนการสุ่มตัวอย่าง ซึ่งการกำหนดแผนการสุ่มอย่างนี้เพื่อหาวิธีการปฏิบัติต่อลอตสินค้านั้น ๆ ที่จะยอมรับ หรือปฏิเสธลอตก่อนที่จะส่งสินค้าออกไปสู่ตลาดโดยพนักงานตรวจสอบหรือที่เรียกว่า QC เป็นผู้ทำการสุ่มชิ้นงานขึ้นมาทำการตรวจสอบตามจำนวนที่ได้กำหนดขึ้นในแผนการสุ่มตัวอย่าง เมื่อปรากฏว่ามีลอตถูกปฏิเสธจำนวนมากแล้วสิ่งที่ตามมาก็คือ ฝ่ายผลิตจะทำการปรับปรุงคุณภาพสินค้าเพื่อไม่ให้สินค้าถูกปฏิเสธอีก นั่นคือแผนการสุ่มตัวอย่างนี้จึงช่วยปรับปรุงคุณภาพโดยทางอ้อม

แผนการสุ่มตัวอย่างมี 2 ประเภทตามลักษณะของข้อมูล คือ แผนการสุ่มตัวอย่างสำหรับเชิงคุณลักษณะ (Attribute data) หมายถึง การตรวจสอบแบบจำแนกชิ้นงานออกมาว่า “ดี” หรือ “เสีย” ตามข้อกำหนด และแผนการสุ่มตัวอย่างสำหรับข้อมูลตัวแปร (Variable data) หมายถึงการตรวจสอบที่มีการวัดขนาดออกมาเป็นตัวเลข ตามในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาการสุ่มตัวอย่างกับชิ้นงานแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งถูกตรวจสอบด้วยสายตาและจำแนกลักษณะคุณภาพของสินค้าโดยการอ้างอิงตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของโรงงานกรณีศึกษาหลังจากตรวจสอบสินค้าซึ่งก็คือแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์จะถูกจำแนกเป็นของดี (มีลักษณะคุณภาพตามข้อกำหนด, Good) และของเสีย (มีลักษณะคุณภาพไม่เป็นไปตามข้อกำหนด, Defective) ดังนั้น

แผนการสุ่มที่จะนำมาใช้กับโรงงานกรณีศึกษาจะเป็นแผนการสุ่มตัวอย่างสำหรับข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Acceptance sampling by attribute)

แผนการสุ่มตัวอย่างสำหรับข้อมูลเชิงคุณลักษณะแบ่งเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว (Single sampling plan)
2. แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่ (Double sampling plan)
3. แผนการสุ่มตัวอย่างหลายเชิง (Multiple sampling plan)
4. แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงลำดับ (Sequential sampling plan)

แผนการสุ่มตัวอย่างสำหรับข้อมูลเชิงคุณลักษณะทั้ง 4 ประเภทข้างต้นมีการทำงานที่แตกต่างกันที่ลำดับขั้นการตัดสินใจที่จะปฏิบัติต่อลอตงานนั้นอย่างไร กล่าวคือ ต้องการจะยอมรับหรือปฏิเสธลอตงานในครั้งแรกที่ทำการสุ่มก็คือการใช้แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว หรือจะทำการสุ่มตัวอย่างเพิ่มจากการสุ่มตัวอย่างครั้งแรก การสุ่มเพิ่มจากการตัดสินใจครั้งแรกก็คือการใช้แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่ แผนการสุ่มตัวอย่างหลายเชิง แผนการสุ่มตัวอย่างทั้งสี่ประเภทมีข้อดีและข้อเสียดังได้เปรียบเทียบไว้ในตารางที่ 2.4 พื้นฐานในการพิจารณาเลือกใช้แผนการสุ่มขึ้นกับความสนใจของผู้ใช้ซึ่งส่วนมากผู้ใช้จะคำนึงถึงความเหมาะสมในด้านค่าใช้จ่าย ความซับซ้อนในการใช้งาน เวลาในการตรวจสอบและเวลาในการตัดสินใจและขนาดตัวอย่าง สำหรับฝ่ายบริหารของโรงงานกรณีศึกษาได้ให้ความประสงค์ในการเลือกใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง ตามเงื่อนไขดังนี้

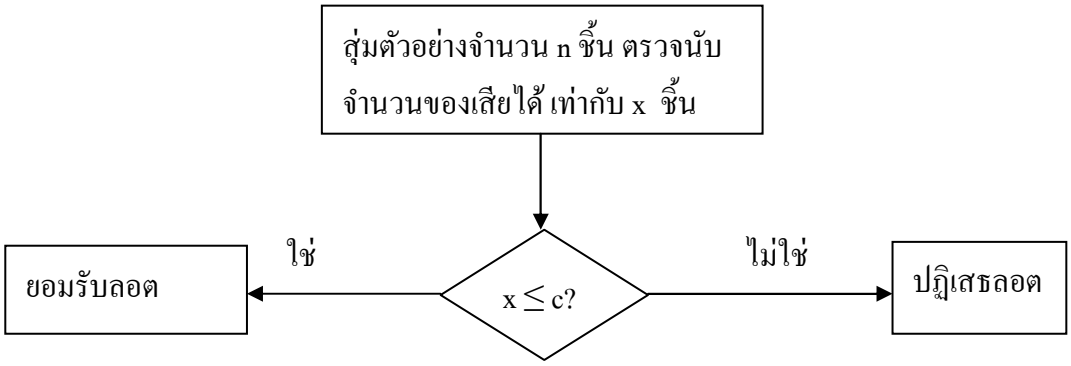
1. ต้องการตัดสินใจกับลอตงานนั้นจากผลการสุ่มตัวอย่างครั้งแรก เพื่อความรวดเร็วในการจัดการกับลอตงานให้ทันเวลา
2. มีความรวดเร็วและไม่ซับซ้อนในการทำงาน
3. พนักงานไม่มีความรู้เรื่องการสุ่มตัวอย่างก็สามารถปฏิบัติงานได้
4. มีค่าใช้จ่ายไม่สูงมาก ใช้เวลาน้อย จำนวนตัวอย่างน้อย

ผู้วิจัยเห็นว่าแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับความประสงค์ในการเลือกใช้แผนการสุ่มตัวอย่างสำหรับโรงงานตัวอย่างมากที่สุดในขณะนี้เพราะเป็นการเริ่มต้นใช้งานและจากเงื่อนไขข้างต้น ดังนั้นจึงเลือกแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยวมาทำการศึกษา โดยใช้การพิจารณาในเรื่องค่าใช้จ่าย เวลา และจำนวนสุ่มเป็นการเปรียบเทียบแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยวที่นำเสนอต่อไป

ตารางที่ 2.4 แสดงการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของแผนการสุ่มตัวอย่าง
สำหรับข้อมูลเชิงคุณลักษณะ

แผนการสุ่มตัวอย่าง	วิธีการสุ่มตัวอย่าง	ข้อดี	ข้อเสีย
1.แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว	สุ่มตัวอย่างครั้งเดียวจากลอตสินค้าเพื่อตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธลอต	ใช้งานง่าย	จำนวนตัวอย่างมากกว่าแบบอื่นๆ
2.แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่	ตัดสินใจปฏิเสธลอตขึ้นกับผลรวมจำนวนของเสียจากการสุ่มตัวอย่างสองครั้งรวมกัน	จำนวนตัวอย่างน้อยกว่าการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยวในกรณีที่สามารถยอมรับหรือปฏิเสธล็อตจากการสุ่มตัวอย่างครั้งแรก	-ขนาดตัวอย่างมากในกรณีที่การสุ่มครั้งที่สอง -เพิ่มโอกาสในการเกิดความผิดพลาดในการตรวจสอบเนื่องจากมีการตรวจสอบสองรอบ -การบริหารการสุ่มตัวอย่างซับซ้อนกว่าการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว
3.แผนการสุ่มตัวอย่างหลายเชิง	การตัดสินใจรับหรือปฏิเสธลอตอาจต้องรอผลจากการสุ่มตัวอย่างมากกว่าสองครั้ง	จำนวนตัวอย่างเฉลี่ยน้อยกว่าเชิงคู่	มีความซับซ้อนในการใช้งาน
4.แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงลำดับ	กระบวนการสุ่มตัวอย่างสามารถดำเนินต่อไปไม่มีที่สิ้นสุดภายหลังการสุ่มตัวอย่างแต่ละครั้งจะทำการตัดสินใจว่าจะยอมรับปฏิเสธ หรือสุ่ม	จำนวนตัวอย่างเฉลี่ยน้อยกว่าแบบอื่น เปอร์เซ็นต์เพราะจำนวนตัวอย่างเฉลี่ยขึ้นอยู่กับค่าสัดส่วนของเสียในลอตนั้น	กระบวนการสุ่มมีจำนวนครั้งไม่แน่นอนว่าจะสิ้นสุดเมื่อใด

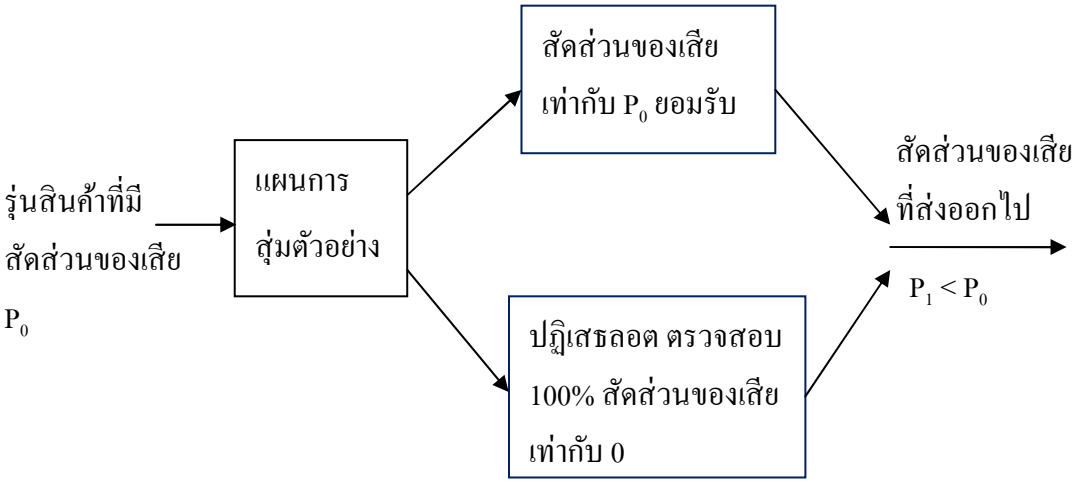
แผนการสุ่มด้วยอย่างเชิงเดี่ยวเป็นแผนการสุ่มชิ้นงานจำนวน 1 ครั้ง เงื่อนไขของแผนการสุ่มขึ้นกับ 2 ค่าคือ ค่า (n) (จำนวนตัวอย่าง) และ(c) (จำนวนของเสียในตัวอย่าง) แล้วตัดสินใจจากผลของการสุ่มตัวอย่างเลยว่า จะยอมรับหรือปฏิเสธลอตนั้นๆ ถ้าพบของเสียน้อยกว่าหรือเท่ากับจำนวนของเสียที่ยอมรับได้ (c) ก็ยอมรับลอตสินค้านั้น แต่ถ้าพบของเสียมากกว่าจำนวนของเสียที่ยอมรับได้ (c) ก็ปฏิเสธลอตสินค้านั้น ดังแสดงการทำงานของแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยวในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แผนผังแสดงการทำงานของแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว

แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว สำหรับลอตที่ถูกปฏิเสธจะต้องดำเนินการบางอย่าง เช่น ทำลายทิ้ง ส่งคืนผู้ผลิต หรือการตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์ เพื่อคัดแยกของเสียออกให้หมดแล้วทดแทนของเสียด้วยของดี วิธีการนี้เรียกว่า การตรวจสอบปรับแก้ (Rectifying inspection)

เนื่องจากกระบวนการตรวจสอบปรับแก้มีผลต่อสัดส่วนของเสียของรุ่นที่ผ่านจากการตรวจสอบ ดังนั้นแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยวที่จะศึกษาต่อไปนี้ เรียกว่า การตรวจสอบปรับแก้สำหรับแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว (Rectifying inspection for single sampling plans) ดังได้อธิบายการทำงานไว้ในรูปที่ 2.2 ถ้าลอตสินค้าที่เข้าสู่การตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยวทุกลอตมีสัดส่วนของเสียเท่ากับ P_0 โดยบางรุ่นจะได้รับการยอมรับซึ่งสัดส่วนของเสียที่ออกมาจะยังคงมีค่าเท่ากับ P_0 เหมือนเดิม ส่วนรุ่นที่ถูกปฏิเสธจะผ่านการตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์และทดแทนของเสียด้วยของดี ทำให้สัดส่วนของเสียเป็นศูนย์ ดังนั้นสัดส่วนของเสียต่อรุ่นโดยเฉลี่ยหลังจากกระบวนการตรวจสอบจะมีค่าใหม่คือเท่ากับ P_1 ซึ่ง $P_1 < P_0$ เสมอ ดังนั้นการตรวจสอบปรับแก้จึงเป็นการปรับแก้เพื่อยกระดับคุณภาพลอตให้สูงขึ้น สรุปคือคุณภาพสินค้าโดยเฉลี่ยที่ผ่านออกไปจากกระบวนการผลิตที่ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบนี้เรียกว่าAOQ (Average outgoing quality) ซึ่งเป็นคุณภาพของลอตหลังตรวจสอบแล้ว



รูปที่ 2.2 แผนผังการทำงานของการตรวจสอบปรับแก้สำหรับแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว

แผนการสุ่มตัวอย่างปรับแก้สำหรับแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว สำหรับลอตงานขนาด N มีจำนวนตัวอย่างเท่ากับ n ชิ้น เมื่อลอตนั้นถูกปฏิเสธจะมีจำนวนงานที่ต้องทำการตรวจสอบอีก N-n ชิ้น ในกรณีที่ลอตที่ถูกปฏิเสธต้องทำการตรวจสอบชิ้นงานทั้งหมด N ชิ้นและจะมีของดีทั้ง N ชิ้นเช่นกัน แต่ถ้าลอตนั้นถูกยอมรับจะมีของเสียอยู่ในลอตเท่ากับ p(N-n) ดังนั้น

เมื่อ Pa คือ ความน่าจะเป็นในการยอมรับลอต และ P คือสัดส่วนของเสียที่อยู่ในลอต ค่า AOQ จะน้อยกว่า p เสมอ เพราะคุณภาพหลังการตรวจสอบแล้วนั้นย่อมสูงกว่าคุณภาพก่อนการตรวจสอบ

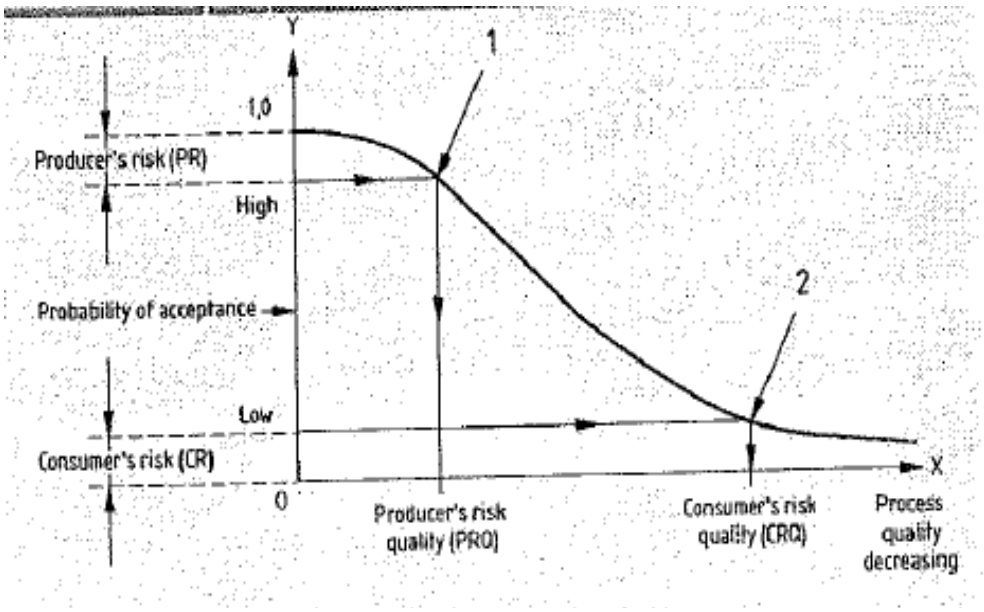
ลอตงานเมื่อได้ผ่านการสุ่มตรวจสอบและยอมรับให้ส่งมอบมีความเสี่ยงเกิดขึ้นเสมอทั้งกับผู้ผลิตและผู้บริโภคหรือลูกค้า อธิบายความหมายของเสี่ยงต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค ดังนี้ ค่าความเสี่ยงของผู้ผลิต ใช้สัญลักษณ์ α คือ โอกาสที่จะปฏิเสธสินค้าที่ดีที่ควรจะยอมรับ ซึ่งเรียกว่าความผิดพลาดแบบที่ 1 (Type I Error) ค่าความเสี่ยงต่อลูกค้า ใช้สัญลักษณ์ β คือ โอกาสที่จะยอมรับสินค้าที่มีคุณภาพต่ำ ทั้งๆ ที่ควรจะปฏิเสธเสีย เราเรียกว่า ความผิดพลาดแบบที่ 2 (Type II error)

ความเสี่ยง α และ β ที่เกิดขึ้นจากแผนการสุ่มตัวอย่างสามารถพิจารณาได้จากการสร้างเส้นโค้ง OC (Operating characteristic curve) เป็นเส้นโค้งที่พล็อตระหว่างความน่าจะเป็นในการยอมรับลอต (Probability of accepting the lot; Pa) ในแนวแกน Y กับสัดส่วนของเสีย (Lot fraction defective;p) ในแนวแกน X นั่นคือเส้นโค้ง OC จะแสดงให้เห็นถึงความน่าจะเป็นที่ลอตที่นำมาตรวจสอบจะถูกยอมรับหรือปฏิเสธอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งการกำหนดเงื่อนไขของความน่าจะเป็นในการยอมรับหรือปฏิเสธลอตบนเส้นโค้ง OC นี้มาจาก 2 ค่า คือค่า AQL (Acceptance quality level)

และ LTPD (Lot Tolerance Percent Defective; LTPD) ความสัมพันธ์ระหว่างค่า AQL และ LTPD บนเส้นโค้ง OC ได้อธิบายไว้ดังรูปที่ 2.3 อธิบายได้ดังนี้ ลอตที่มีสัดส่วนของเสีย p ที่ต่ำกว่าค่า AQL จะถูกยอมรับ ด้วยความน่าจะเป็นเท่ากับ (1-α) เช่น ที่ AQL = 0.01 จะมีความน่าจะเป็นในการยอมรับลอตเท่ากับ 0.99 แปลความได้ว่า ถ้าผู้ผลิตส่งมอบลอตที่มีสัดส่วนของเสียเท่ากับ 0.01 แล้ว โอกาสที่ผู้ซื้อจะรับลอตดังกล่าวเท่ากับ 99 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น

อีกด้านหนึ่งที่ลอตมีสัดส่วนของเสียมากกว่า LTPD จะถูกปฏิเสธ ด้วยความน่าจะเป็นเท่ากับ β ส่วนลอตที่มีสัดส่วนของเสียอยู่ระหว่างค่า AQL และ LTPD จะมีโอกาสถูกยอมรับบ้างและปฏิเสธบ้าง

ดังนั้นค่า AQL และ LTPD ไม่ใช่คุณสมบัติของแผนการสุ่มตัวอย่าง แต่เป็นระดับคุณภาพของลอตที่ลูกค้าเป็นผู้กำหนด ส่วนมากถูกกำหนดโดยข้อตกลงทางการค้าระหว่างผู้ผลิตและลูกค้าก่อนที่จะกำหนดแผนการสุ่มตัวอย่าง



รูปที่ 2.3 เส้นโค้ง OC แสดงจุด AQL และจุด LTPD เมื่อ α แทนความเสี่ยงของผู้ผลิต และ β แทนความเสี่ยงของลูกค้า

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนการสุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย

N แทน ขนาดลอต

n แทน จำนวนตัวอย่างสุ่มหรือขนาดของตัวอย่าง

c แทน จำนวนยอมรับหรือจำนวนของเสียมากที่สุดที่ยอมรับได้ในตัวอย่างขนาด n

p แทน สัดส่วนของเสีย

Pa แทน ความน่าจะเป็นในการยอมรับรุ่น

α แทน ความเสี่ยงของผู้ผลิต (Producer's risk) หมายถึง ความน่าจะเป็นในการปฏิเสธรุ่นที่ควรจะยอมรับ

β แทน ความเสี่ยงของผู้บริโภค (Consumer's risk) หมายถึง ความน่าจะเป็นในการยอมรับรุ่นที่ควรจะปฏิเสธ

แผนการสุ่มตัวอย่างสำหรับข้อมูลเชิงคุณภาพที่รู้จักและมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย มีดังนี้ ตารางแผนการตรวจสอบการชักตัวอย่างดอดจ์และโรมิก ตารางแผนการสุ่มตัวอย่างตามมาตรฐาน MIL STD 105E และ ตารางแผนการสุ่มตัวอย่างตามมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 แนวทางในการเลือกใช้แผนการสุ่มให้เหมาะสมกับกระบวนการของผู้ต้องการนำแผนการสุ่มตัวอย่างไปปรับใช้แสดงดังตารางที่ 2.5 โดยทั่วไปการเลือกแผนการสุ่มขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายขององค์กรและประวัติด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังเช่นโรงงานกรณีศึกษาต้องการคงระดับคุณภาพสินค้าให้ได้ตามเป้าหมายทางธุรกิจด้านคุณภาพสินค้าที่ได้ทำสัญญาคู่ค้าระหว่างกัน และต้องการความมั่นใจว่าสินค้าทุกลอตที่ส่งออกไปให้กับลูกค้ามีระดับคุณภาพสินค้าที่ยอมรับได้ Montgomery,2002:681) แนะนำว่าควรใช้ระบบ AQL system; MIL STD 105E,ANSI/ASQC Z1.4 และ LTPD system; Dodge-Romig plans

ตารางที่ 2.5 แนวทางสำหรับการเลือกแผนการสุ่มเพื่อการยอมรับ (Montgomery, 2001:681)

Objective	Attribute Procedure
Assure quality levels for consumer/customer.	Select plan for specific OC cure
Maintain quality at a target.	AQL system; MIL STD 105E,ANSI/ASQC Z1.4
Assure average outgoing quality level.	AOQL system; Dodge-Romig plans
Reduce inspection, with small sample sizes, good-quality history.	Chain sampling
Reduce inspection after good quality history.	Skip-lot sampling, double sampling
Assure quality no worse than target.	LTPD plan; Dodge-Romig plans

2.2.3.1 แผนการสุ่มตัวอย่างตามมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 (American national standards institute and the American society for quality Z1.4)

แผนการสุ่มตัวอย่างตามมาตรฐาน MIL STD 105E ถูกนำมาใช้ในกองทัพบกของสหรัฐฯ เป็นครั้งแรกในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 เมื่อปี พ.ศ. 2485 โดยรัฐบาลได้เชิญวิศวกรจากบริษัท เบลเทเลโฟน มาที่วอชิงตันเพื่อพัฒนาตารางแผนการสุ่มตัวอย่าง โดยแผนการสุ่มตัวอย่างนี้ได้ถือเอาระดับคุณภาพที่ยอมรับได้ (Acceptable quality level;AQL) เป็นหลักในการปฏิบัติ ตารางที่ได้พัฒนาขึ้นดังกล่าวแบ่งเป็น ตารางแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว และตารางแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่ ต่อมาในปี พ.ศ. 2488 ตารางแผนการสุ่มตัวอย่างถูกพัฒนาโดยกลุ่มนักวิจัยสถิติมหาวิทยาลัยโคลัมเบียสำหรับใช้ในกองทัพเรือ ตารางแผนการชักตัวอย่างนี้จะมีส่วนคล้ายกับตารางที่กองทัพบกได้พัฒนาขึ้น แต่มีส่วนแตกต่างตรงที่มีการเพิ่มแผนการชักตัวอย่างหลายเชิงมาใช้ร่วมด้วย จากนั้นในปี พ.ศ. 2490 กระทรวงกลาโหมของสหรัฐฯ ได้รวมแผนการสุ่มตัวอย่างระหว่างของกองทัพบกและของกองทัพเรือเข้าเป็นมาตรฐานเดียวกัน เรียกว่า มาตรฐาน JAN-STD-105 (Joint army navy standard 105) ในปี พ.ศ. 2493 มีการปรับปรุงแผนการตรวจสอบตามมาตรฐาน JAN-STD-105 เป็นมาตรฐาน MIL-STD-105A (Military standard 105A) หลังจากนั้นในปี พ.ศ. 2501 มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงรายละเอียดเป็นมาตรฐาน MIL-STD-105B (Military standard 105B) พ.ศ. 2504 มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงรายละเอียดเป็นมาตรฐาน MIL-STD-105C (Military Standard 105C) ในปี พ.ศ. 2506 ได้มีการทบทวนโดยกลุ่มประเทศสหรัฐฯ อังกฤษ และแคนาดา ปรับปรุงมารตรฐานนี้เป็น MIL-STD-105D (Military Standard 105D) และได้ปรับปรุงครั้งสุดท้ายเป็น MIL-STD-105E (Military standard 105E) ในปี พ.ศ. 2532 ก่อนจะถูกปรับปรุงเป็นมาตรฐานANSI/ASQC Z1.4 ในปี พ.ศ. 2536 วัตถุประสงค์ของการใช้มาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 นี้ก็เพื่อใช้ในการเพื่อความกดดันให้กับผู้ผลิตให้ส่งมอบสินค้าที่มีระดับคุณภาพเท่ากันหรือดีกว่าข้อตกลงที่ได้กำหนดไว้

การพัฒนามาตรฐานล่าสุดของ Military standard คือ MIL-STD 105E ก่อนจะถูกเปลี่ยนเป็น ANSI/ASQC Z1.4 โดย International Organization for Standardization, ISO 2859 ในงานวิจัยนี้จะใช้ตารางมาตรฐาน MIL-STD 105E (ANSI/ASQC Z1.4, ISO 2859) ถือได้ว่า ANSI/ASQC Z1.4 กับ MIL-STD 105E เป็นมาตรฐานเดียวกัน และถูกพัฒนามาจากมาตรฐาน MIL-STD 105D

วัตถุประสงค์ของการใช้มาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 เพื่อเพิ่มความกดดันให้แก่ผู้ขายเพื่อให้ส่งมอบสินค้าที่มีระดับคุณภาพเท่ากับหรือดีกว่าระดับ AQL ที่กำหนด AQL คือระดับคุณภาพที่ยอมรับ หมายถึง ระดับคุณภาพต่ำสุดของผู้ผลิตซึ่งผู้บริโภคยอมรับว่าเป็นค่าเฉลี่ยกระบวนการ ถ้าการเปลี่ยนการตรวจสอบจากแบบปกติเป็นแบบเคร่งครัด ควรจะระบุไว้ในสัญญา

ซื้อขาย ส่วนการเปลี่ยนการตรวจสอบจากแบบปกติเป็นแบบผ่อนคลายอาจไม่ต้องกำหนดไว้ในสัญญาซื้อขายได้

ขั้นตอนในการสร้างแผนการสุ่มตัวอย่างตามมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนด AQL ที่ต้องการ
2. เลือกระดับการตรวจสอบ ระดับการตรวจสอบทั่วไปมี 3 ระดับ คือ ระดับ I,ระดับ II และระดับ III
3. กำหนดขนาดลอต
4. หาอักษรรหัสขนาดตัวอย่างจากตาราง
5. กำหนดชนิดของแผนการสุ่มตัวอย่าง ในงานวิจัยนี้เลือกใช้แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว
6. หาแผนการสุ่มตัวอย่างจากตารางเมื่อกำหนดค่า AQL และตัวอักษรรหัส
7. ในการตรวจสอบเริ่มต้นการตรวจสอบด้วยการตรวจสอบแบบปกติ และเปลี่ยนเป็นแบบเคร่งครัด หรือแบบผ่อนคลาย ตามกฎการสับเปลี่ยน

การใช้ตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 จะต้องใช้คู่กับกฎการสับเปลี่ยนเสมอ ไม่แนะนำให้ใช้แผนการสุ่มตัวอย่างโดดๆ อย่างเดียว เพราะจะไม่ทำให้เกิดประโยชน์และไม่ได้สร้างแรงกดดันให้กับผู้ผลิตเลย

ANSI/ASQC Z1.4 เป็นระบบการสุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วยแบบแผนการชักตัวอย่าง (Sampling scheme) จำนวน 16 แบบแผน และกฎการสับเปลี่ยน (Switching rules) ซึ่งใช้สับเปลี่ยนจากแผนการสุ่มตัวอย่างหนึ่งไปยังอีกแผนการสุ่มตัวอย่างหนึ่งโดยที่แต่ละแบบแผนจะประกอบด้วยแผนการชักตัวอย่าง (Sampling plans) มากมายขึ้นกับระดับของ AQL การใช้ระบบของการชักตัวอย่างเพื่อการยอมรับ ทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภค ต้องเห็นพ้องกับ AQL ที่นำมากำหนด นอกจากนั้นผู้ผลิตต้องยอมรับอนุกรมการตรวจสอบลอตอย่างต่อเนื่องหมายความว่าผู้ผลิตจะต้องผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพที่ระดับ AQL หรือมีคุณภาพดีกว่าเพื่อให้ถูกยอมรับและลดระดับการตรวจสอบเป็นแบบผ่อนคลาย แต่ถ้าผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการตรวจสอบมีคุณภาพต่ำกว่า AQL แผนการชักตัวอย่างจะปรับเพิ่มระดับการตรวจสอบเป็นแบบเคร่งครัด

ระดับการตรวจสอบ (The inspection level)

ในการใช้ตารางมาตรฐาน ขนาดตัวอย่างหรือจำนวนตัวอย่างที่ต้องสุ่มตรวจสอบถูกกำหนดโดยขนาดรุ่น และระดับการตรวจสอบ การตรวจสอบแบ่งออกเป็นการตรวจสอบทั่วไป 3 ระดับ และการตรวจสอบพิเศษอีก 4 ระดับ

การตรวจสอบทั่วไป 3 ระดับ ประกอบด้วย

1. การตรวจสอบทั่วไประดับ I เป็นระดับการตรวจสอบที่ใช้จำนวนตัวอย่างน้อยกว่าการตรวจสอบทั่วไประดับอื่นๆ การตรวจสอบระดับนี้ใช้จำนวนตัวอย่างครั้งหนึ่งของการตรวจสอบระดับ II

2. การตรวจสอบทั่วไประดับ II เป็นระดับการตรวจสอบที่นิยมใช้กันมากที่สุดในกรณีที่ไม่มีข้อสงสัยว่าสินค้าที่รับการตรวจสอบมีคุณภาพด้อยกว่าค่า AQL แต่ไม่ควรใช้ในกรณีที่การทดสอบเป็นแบบทำลายชิ้นงานหรือขนาดรุ่นมีจำนวนน้อย โดยทั่วไปการตรวจสอบจะใช้การตรวจสอบทั่วไประดับ II เว้นแต่จะมีการกำหนดเป็นอย่างอื่น

3. การตรวจสอบทั่วไประดับ III เป็นระดับการตรวจสอบที่ใช้จำนวนตัวอย่างมากกว่าระดับอื่นๆ ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบเพิ่มมากขึ้น การตรวจสอบระดับนี้ใช้จำนวนตัวอย่างเป็นสองเท่าของการตรวจสอบระดับ II การตรวจสอบระดับนี้ควรใช้เมื่อสินค้าที่รับการตรวจสอบมีคุณภาพด้อยกว่าคุณภาพ AQL หรือในกรณีที่ไม่เคยทราบประวัติด้านคุณภาพของผู้ขายมาก่อน

ส่วนการตรวจสอบพิเศษ 4 ระดับ ประกอบด้วยระดับ S-1, S-2, S-3 และ S-4 เป็นระดับการตรวจสอบที่กำหนดโดยตารางมาตรฐาน การตรวจสอบระดับนี้ใช้เมื่อขนาดตัวอย่างมีจำนวนน้อยๆ โดยยอมให้ความเสี่ยงของผู้บริโภคมากขึ้น ส่วนการเลือกใช้การตรวจสอบระดับใดนั้นขึ้นอยู่กับราคาสินค้า เวลา ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบ และความเสียหายในความเสี่ยงของผู้บริโภคเป็นสำคัญ S-1 จะมีขนาดตัวอย่างน้อยที่สุด และเพิ่มขึ้นตามลำดับจนถึง S-4 ซึ่งจะมีขนาดตัวอย่างมากที่สุด

ชนิดของการตรวจสอบแบ่งออกเป็นการตรวจสอบแบบปกติ แบบเคร่งครัด และแบบผ่อนคลาย ดังนี้

1. การตรวจสอบแบบปกติ (Normal inspection) ใช้เมื่อเริ่มกระบวนการตรวจสอบและใช้ต่อไปเรื่อยๆตราบเท่าที่ผู้ขายจะผลิตสินค้าใกล้เคียงกับค่า AQL หรือสูงกว่า ในกรณีที่สินค้ามีคุณภาพด้อยกว่าค่า AQL ให้เปลี่ยนไปใช้การตรวจสอบแบบเคร่งครัด แต่ถ้าสินค้ามีคุณภาพดีกว่าค่า AQL ให้เปลี่ยนไปใช้การตรวจสอบแบบผ่อนคลาย

2. การตรวจสอบแบบเคร่งครัด (Tightened inspection) ใช้เมื่อมีหลักฐานว่าคุณภาพของสินค้าด้อยกว่ามาตรฐาน การตรวจสอบแบบเคร่งครัดไม่ควรใช้เมื่อเริ่มการตรวจสอบ

3. การตรวจสอบแบบผ่อนคลาย (Reduced inspection) ใช้เมื่อมีหลักฐานแน่นอนว่าสินค้าที่รับการตรวจสอบมีคุณภาพไม่ด้อยกว่าค่า AQL ที่กำหนด วัตถุประสงค์เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบ เนื่องจากขนาดตัวอย่างในการตรวจสอบลดน้อยลง

กฎเกณฑ์การสับเปลี่ยน

1. การเปลี่ยนจากการตรวจสอบแบบปกติไปเป็นการตรวจสอบแบบเคร่งครัด (Normal to tightened inspection)

เมื่อใช้การตรวจสอบแบบปกติอยู่ และปรากฏว่าสินค้า 2 ใน 5 ลอตติดต่อกันไม่ผ่านการตรวจรับ ให้เปลี่ยนมาใช้การตรวจสอบแบบเคร่งครัด

2. การเปลี่ยนจากการตรวจสอบแบบเคร่งครัดไปเป็นการตรวจสอบแบบปกติ (Tightened to normal inspection)

เมื่อใช้การตรวจสอบแบบเคร่งครัดอยู่ และปรากฏว่าสินค้า 5 ลอตติดต่อกันผ่านการตรวจรับให้เปลี่ยนมาใช้การตรวจสอบแบบปกติ

3. การเปลี่ยนจากการตรวจสอบแบบปกติไปเป็นการตรวจสอบแบบผ่อนคลาย (Normal to reduced inspection)

เมื่อใช้การตรวจสอบแบบปกติอยู่ จะเปลี่ยนมาใช้การตรวจสอบแบบผ่อนคลาย เมื่อเป็นไปตามหลักเกณฑ์ทั้ง 4 ข้อต่อไปนี้

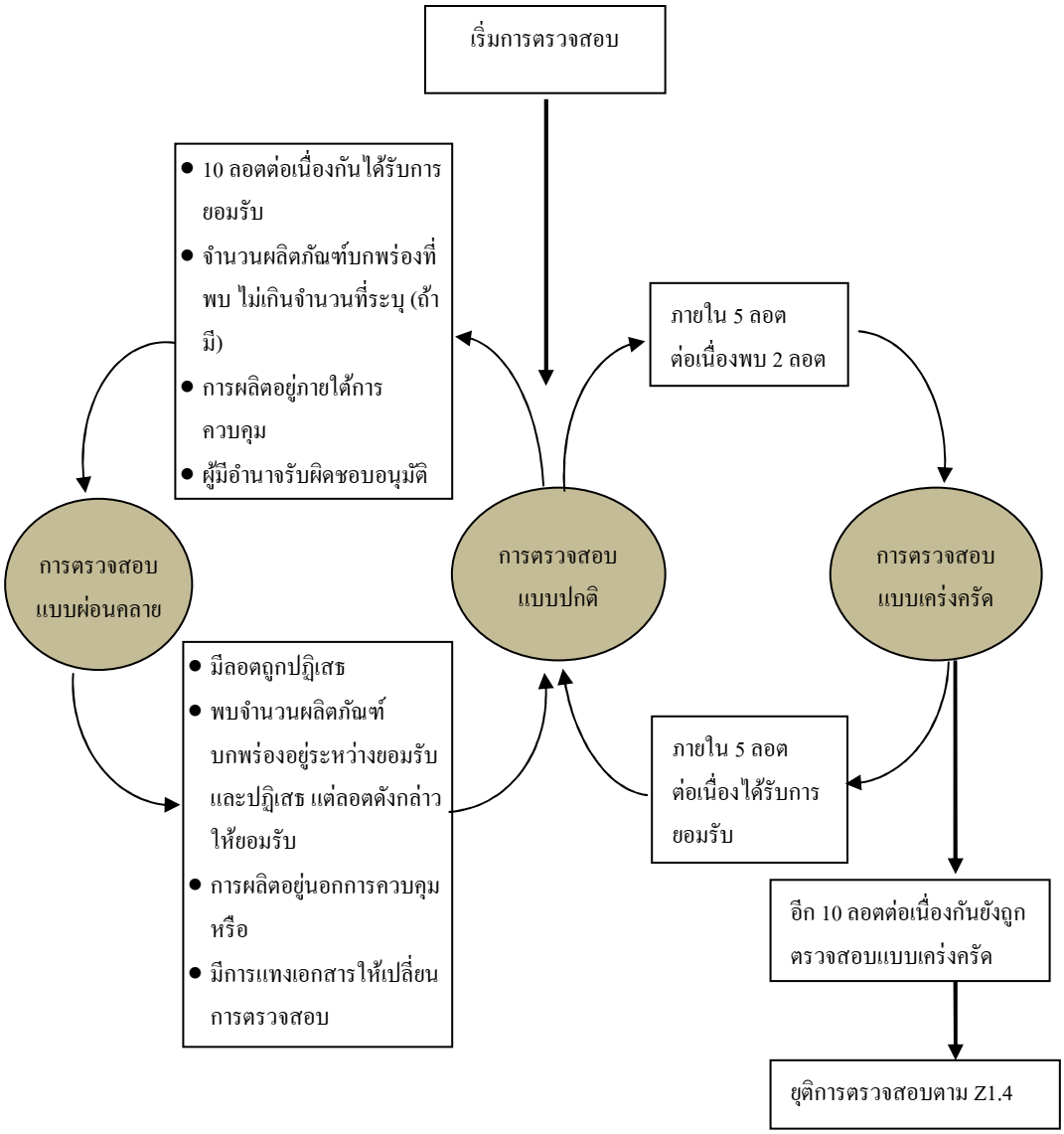
1. สินค้าก่อนหน้านี้ 10 ลอต ผ่านการตรวจรับทั้งหมดเมื่อใช้การตรวจสอบแบบปกติ
2. จำนวนสินค้าที่บกพร่องในตัวอย่างจากรุ่นก่อนหน้านี้ 10 ลอต ไม่เกินจำนวนที่ยอมรับได้
3. กระบวนการผลิตอยู่ในสภาพปกติไม่เปลี่ยนแปลง
4. เมื่อได้รับคำสั่งโดยผู้มีหน้าที่รับผิดชอบ ให้ทำการตรวจสอบแบบผ่อนคลาย

4. การเปลี่ยนจากการตรวจสอบแบบผ่อนคลายไปเป็นการตรวจสอบแบบปกติ (Reduced to normal inspection)

เมื่อใช้การตรวจสอบแบบผ่อนคลายอยู่ จะเปลี่ยนมาใช้การตรวจสอบแบบปกติ เมื่อเป็นไปตามหลักเกณฑ์ข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้

1. ลอตใดลอตหนึ่งถูกปฏิเสธ
2. เมื่อต้องการให้มีการยอมรับลอตมากขึ้น
3. การผลิตไม่สม่ำเสมอหรือล่าช้ากว่ากำหนด
4. เมื่อได้รับคำสั่งให้ใช้ระดับตรวจสอบปกติ
5. การระงับการตรวจสอบ

เมื่อทำการตรวจสอบแบบเคร่งครัดกับสินค้า 10 รุ่น ที่ต่อเนื่องกัน แล้วไม่สามารถเปลี่ยนเป็นการตรวจสอบแบบปกติได้ ควรระงับการตรวจสอบเพื่อทำการปรับปรุงคุณภาพของสินค้าใหม่



รูปที่ 2.4 กฎการสับเปลี่ยน (รศ.สุภชัย นาทะพันธ์, 2551: หน้า 274)

ตาราง ANSI/ASQC Z1.4 ประกอบด้วยตารางต่างๆจำนวนทั้งหมด 9 ชุด ในงานวิจัยนี้จะนำบางตารางมาใช้ประกอบการกำหนดแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว ตารางทั้งหมด มีดังนี้

1. ตารางรหัสขนาดตัวอย่าง
2. ตารางแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว
3. ตารางแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคู่
4. ตารางแผนการสุ่มตัวอย่างหลายเชิง
5. ตารางคุณภาพจำกัด สำหรับ Pa = 10%
6. ตารางคุณภาพจำกัด สำหรับ Pa = 5%

7. ตารางเลขจำนวนจำกัด สำหรับการเปลี่ยนแบบการตรวจสอบเป็นแบบผ่อนคลาย
8. ตารางค่าต่างๆ ของเส้นโค้ง OC สำหรับขนาดตัวอย่างอักษรรหัส K และสำหรับสมรรถนะของแผน ANSI/ASQC Z1.4 สำหรับขนาดตัวอย่างอักษรรหัส K
9. ตารางตัวประกอบขีดจำกัดคุณภาพผ่านออกเฉลี่ย

2.3.2.2 การสร้างแผนการสุ่มตัวอย่าง

การสร้างแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว โดยวิธีการกำหนดค่า AQL และ LTPD และใช้การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวซอง กำหนดให้ ค่าจำนวนตัวอย่าง (n) และจำนวนของเสียในตัวอย่าง (c) การออกแบบแผนสุ่มตัวอย่างโดยการลองกำหนดค่า c ขึ้นมา (Trial and error) มีวิธีการดังนี้

ขั้นตอนในการสร้างแผนการสุ่มตัวอย่างด้วยการกำหนดค่า AOQL, α, LTPD, β มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดค่า AOQL และขนาดลอต N
2. สมมติค่า c และเปิดตารางหาค่าของ $y = Pap'_{m}n$ โดยที่ p_m คือ สัดส่วนของเสียที่ทำให้ค่า AOQ มีค่าสูงสุด
3. คำนวณหาค่าขนาดตัวอย่างจากสมการ (2.10)

$$AOQL = \frac{y[1-\frac{n}{N}]}{n} \qquad (2.9)$$

$$n = \frac{y.N}{N(AOQL) + y} \qquad (2.10)$$

4. จากค่า c และ n ที่ได้นำมาคำนวณค่า ATI จากสมการ (2.11)

$$ATI = n + (1-Pa)(N-n) \qquad (2.11)$$

5. เพิ่มค่า c และทำซ้ำตามขั้นตอนที่ 3 และขั้นตอนที่ 4 จนกระทั่งได้แผนการสุ่มตัวอย่างที่ให้ค่า ATI ต่ำสุด

2.2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับการวิเคราะห์ค่าใช้จ่าย

การสุ่มตัวอย่างที่ศึกษาเป็นการสุ่มตัวอย่างแบบกรองด้วยการตรวจสอบ 100% ถ้าหากพบของเสียมากกว่าจำนวนที่ยอมรับได้จะทำการตรวจสอบลอตนั้น 100% แล้วแทนที่ด้วยชิ้นงานดี ดังนั้นสัดส่วนของเสียหลังจากการตรวจสอบจะเป็นแบบค่าเฉลี่ย AOQ และจำนวนตรวจสอบเฉลี่ย (ATI)

ค่าใช้จ่ายหลักๆ ที่เกิดขึ้นกับแผนการสุ่มตัวอย่างประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ค่าตรวจสอบ ค่าของเสีย และค่าปฏิเสธลอต

ค่าของเสียและค่าปฏิเสธลอตจะเกิดขึ้นเมื่อลอตงานที่ยอมรับและส่งออกไปนั้นมีของเสียอยู่และถูกตรวจพบที่กระบวนการของลูกค้า

กำหนดให้

C_i = ค่าตรวจสอบชิ้น

C_d = ค่าของเสียในลอต

C_r = ค่าปฏิเสธลอต

ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด สามารถคำนวณได้ ดังนี้

ค่าใช้จ่ายรวม (Total cost, TC) = ค่าตรวจสอบ + ค่าของเสีย + ค่าปฏิเสธลอต (2.9)

ค่าของเสียเมื่อยอมรับลอต

ค่าของเสีย = C_d . N. AOQ

$$\text{ค่าของเสีย} = C_d.N.Pa.\frac{P.(N-n)}{n} \qquad (2.10)$$

ค่าตรวจสอบในลอตหนึ่งๆ คือ

$$\text{ค่าตรวจสอบ} = C_i.ATI = C_i\left[\frac{n+(1-Pa)(N-n)}{1-p}\right] \qquad (2.11)$$

ค่าปฏิเสธลอตโดยเฉลี่ยในลอตหนึ่งๆ คือ C_r .(1-Pa) (2.12)

ในการคำนวณให้พิจารณาค่าใช้จ่ายย่อยในแต่ละเทอมของค่าใช้จ่ายหลัก 3 ส่วน คือ ค่าตรวจสอบ ค่าของเสีย และค่าปฏิเสธลอต ดังนี้

ค่าตรวจสอบ หมายถึง ค่าจ้างแรงงานที่ใช้ในการตรวจสอบแต่ละลอตรวมทั้งค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ

จะได้ว่า ค่าตรวจสอบรวมต่อวัน = ค่าจ้างแรงงานต่อวัน + ค่าอุปกรณ์ต่อวัน

$$\text{ค่าอุปกรณ์ต่อวัน} = \frac{\text{มูลค่าอุปกรณ์}}{\text{อายุการใช้งาน}}$$

$$\text{ค่าตรวจสอบต่อชิ้น } (C_3) = \frac{\text{ค่าตรวจสอบต่อวัน}}{\text{จำนวนตรวจสอบต่อวัน}} \text{ (บาท)}$$

ค่าของเสีย หมายถึง เกิดขึ้นในกรณีที่ตรวจพบของเสีย ของเสียชิ้นนั้นจะถูกแทนด้วยชิ้นงานดี ดังนั้นค่าของเสียคือราคาชิ้นงานดี 1 ชิ้น รวมทั้งค่าแรงงานของพนักงานจากการสุ่มเพิ่มหรือเปลี่ยนระดับการตรวจสอบ

จะได้ว่า

ค่าของเสีย (C_d) = ราคาชิ้นงานดี + ค่าแรงงาน

ค่าปฏิเสธลอต หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่ต้องรับผิดชอบเมื่อลอตมีของเสียมากกว่าที่ลูกค้าจะยอมรับได้ และต้องการให้จัดการกับลอตงานนั้นโดยการตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์หรือส่งชิ้นงานดีลอตใหม่ไปทดแทน

ค่าสินค้าทดแทน = ราคาชิ้นงานดี x จำนวนชิ้นงานเสีย

ค่าขนส่งสินค้าทดแทน = ค่าขนส่งทางอากาศ+ ค่าแรงพนักงานในการดำเนินเรื่องการขนส่ง

ค่าตรวจสอบต่อวัน = ค่าจ้างแรงงานต่อวัน + ค่าอุปกรณ์ต่อวัน

จะได้ว่า ค่าปฏิเสธลอต (C_r) = ค่าสินค้าทดแทน + ค่าขนส่งสินค้าไปทดแทน + ค่าตรวจสอบต่อวัน

บทที่ 3

การวิเคราะห์ระบบการวัด

3.1 บทนำ

ปัญหาที่พบสำหรับโรงงานกรณีศึกษาคือ ยังไม่มีวิธีมาตรฐานการตรวจสอบด้วยสายตาให้กับพนักงานจึงทำให้พนักงานทำการตรวจสอบชิ้นงานด้วยการกวาดสายตาผ่านชิ้นงานทั่วทั้งแผ่นเพื่อหาความผิดปกติโดยภาพรวม แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ค่อยข้างมีขนาดใหญ่และมีจำนวนคอมโพเน้นท์ที่ประกอบบนชิ้นงานมีจำนวนมากทำให้ไม่สามารถตรวจพบปัญหาได้ ดังนั้นเริ่มต้นจึงได้กำหนดมาตรฐานวิธีการตรวจสอบและกำหนดให้พนักงานตรวจสอบด้วยสายตาทุกคนปฏิบัติในแนวทางเดียวกัน สิ่งที่ต้องทำต่อคือการกระเมินประสิทธิภาพการตรวจสอบของพนักงานตรวจสอบ มาตรฐานวิธีการตรวจสอบและแผนการสุ่มที่ได้กำหนดขึ้นจะมีความถูกต้องและเชื่อถือได้นั้นก่อนอื่นจะต้องมั่นใจได้ก่อนว่าพนักงานตรวจสอบทุกคนมีประสิทธิภาพและความสามารถในการตรวจสอบได้ดี ซึ่งการวิเคราะห์ระบบการวัดของโรงงานกรณีศึกษานี้เป็นการวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับข้อมูลเชิงคุณลักษณะ

ข้อมูลเชิงคุณลักษณะ เป็นลักษณะของข้อมูลที่ได้มาจากการพิจารณาคุณลักษณะภายนอกของผลิตภัณฑ์ ผลจากการทดสอบใช้วิเคราะห์ผลระบบการวัด 3 ส่วน เริ่มต้นจากการประเมินผลระบบการวัด (Measurement system evaluation: MSE) ด้วยตัววัดผลในเรื่องความถูกต้อง (ไบอัส) และความสามารถในการตรวจซ้ำ (รีพีททะบิลิตี้) ด้วยดัชนีเปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ, เปอร์เซ็นต์รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ , เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ และ เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ จากนั้นจะเป็นการวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement system Analysis: MSA ซึ่งอาศัยวิธีการทางสถิติเข้ามาใช้ในการพิจารณาว่าระบบมีความสามารถเพียงพอที่จะยอมรับไว้ได้หรือไม่ ด้วยตัววัดความเห็นสอดคล้องกันของผลการตรวจสอบของพนักงานด้วยค่าสัมประสิทธิ์ Kappa ส่วนสุดท้ายจะเป็นการวิเคราะห์ถึงความสามารถในการตัดสินใจของพนักงานแต่ละคน ตัววัดด้วยดัชนี ได้แก่ ดัชนีความมีประสิทธิผล (O_E) ดัชนีการตรวจสอบที่ปฏิเสธผิดพลาด (I_{FA}) และดัชนีการตรวจสอบที่ยอมรับผิดพลาด (I_{MISS})

3.2 การกำหนดมาตรฐานวิธีการตรวจสอบชิ้นงาน

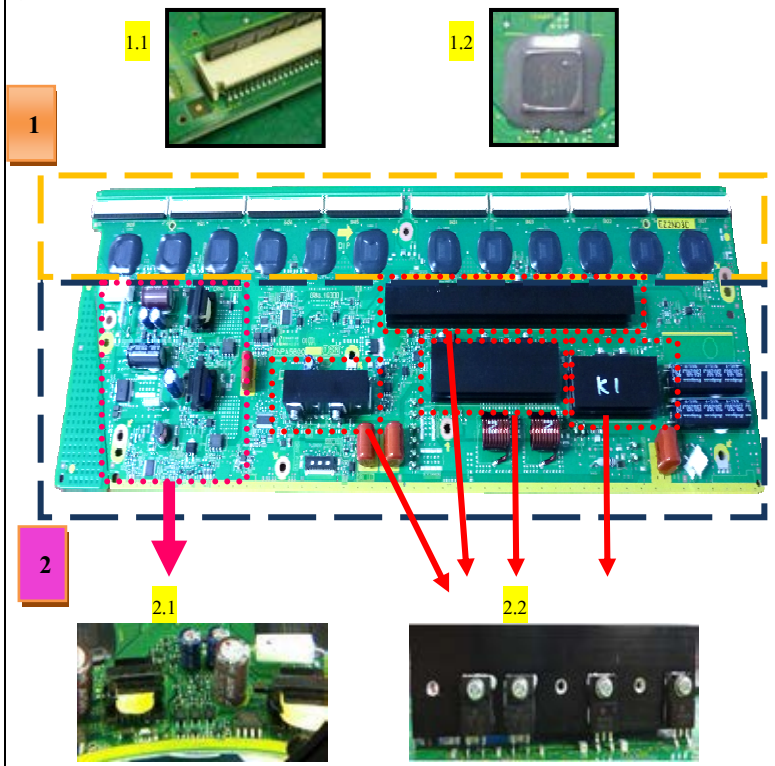
มาตรฐานวิธีการตรวจสอบชิ้นงานดังตารางที่ 3.1 เป็นวิธีการที่ได้กำหนดขึ้นเพื่อเป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงาน การตรวจสอบชิ้นงานแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ให้กับพนักงานตรวจสอบทั้งในส่วนพนักงานฝ่ายผลิตและพนักงาน QC มีวัตถุประสงค์เพื่อให้พนักงานตรวจสอบทุกจุดและทุกคนมีวิธีการทำงานในการตรวจสอบชิ้นงานไปในแนวทางเดียวกัน ไม่เช่นนั้นพนักงานแต่ละคนจะทำการตรวจสอบตามความคุ้นชินซึ่งก็คือการกวาดสายตาไปทั่วทั้งแผ่นด้วยความรวดเร็วทำให้ไม่สามารถตรวจพบอาการเสียของชิ้นงานได้ นั่นคือลดปัจจัยที่จะมีผลต่อการวิเคราะห์ระบบการวัดในเรื่องวิธีการตรวจสอบ วิธีการตรวจสอบนี้จะเน้นที่การตรวจสอบลักษณะภายนอกของชิ้นส่วนคอมโพเน้นท์ที่วางอยู่บนแผนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ตามเกณฑ์มาตรฐานชิ้นงานดี ชิ้นงานเสีย และใช้การตรวจสอบชิ้นงานด้วยสายตาใต้กล้องที่มีกำลังขยาย 5 เท่า เลนส์ของตัวกล้องกำลังขยายที่ใช้ในการตรวจสอบนี้เป็นเลนส์ที่ผลิตในประเทศจีนโดยได้ซื้อผ่านจากตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย

จากนั้นจะนำไปสู่การวิเคราะห์ระบบการวัด ซึ่งจะใช้มาตรฐานวิธีการตรวจสอบนี้ในการสอนพนักงานตรวจสอบก่อนจะประเมินพนักงาน สำหรับชิ้นงานที่ใช้ทดสอบนั้นจะระบุจุดอาการเสียบนแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ทดสอบเพื่อความรวดเร็วและลดความกังวลกับตัวพนักงาน

ตารางที่ 3.1 มาตรฐานวิธีการตรวจสอบชิ้นงานแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยสายตา

<table>
<tr><td>แผนก : ควบคุมคุณภาพ</td><td colspan="2">เรื่อง : มาตรฐานวิธีการตรวจสอบชิ้นงานแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยสายตา</td><td>เครื่องมือ: Magnify lamp 5x ,ถุงมือผ้า</td></tr>
<tr><td colspan="2">1.ขั้นตอนการตรวจสอบด้วยสายตา</td><td colspan="2">2.จุดตรวจสอบ (Q-point)</td></tr>
<tr><td colspan="2">ให้ตรวจสอบชิ้นงานภายใต้กล้องกำลังขยาย (magnify lamp) ขยายขนาด 5x และให้พนักงานตรวจสอบปฏิบัติตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้
ให้แบ่งส่วนพื้นที่บนชิ้นงานออกเป็น 2 ส่วน ดังรูปด้านขวา ให้พนักงานทำการตรวจสอบชิ้นงานบริเวณส่วนที่ 1 ก่อน เสร็จแล้วให้ทำการตรวจสอบส่วนที่ 2

1. การตรวจสอบชิ้นงานในส่วนที่ 1 ให้ปฏิบัติดังนี้
1.1 ให้เปิดฝาคอมเน็คเตอร์ทุกตัวขึ้น เพื่อตรวจสอบสภาพของคอนเน็คเตอร์ ตรวจสอบลักษณะโซเดอร์ที่ขาของตัวคอนเน็คเตอร์ทุกตัว ดังนี้ โซเดอร์ไม่เชื่อมติดกันระหว่างขา โซเดอร์คลุมเต็มขาของคอนเน็คเตอร์และบริเวณของแผ่น PCB
1.2 บริเวณ QFP ต้องมีซิลิโคนคลุมปิดขาทุกขา ไม่ไหลเละไปติดกับคอนเน็คเตอร์

2. การตรวจสอบชิ้นงานในส่วนที่ 2 ให้ปฏิบัติดังนี้
2.1 ตรวจสอบชิปพาร์ทจะต้องไม่แตก/ไม่หัก/ไม่ร้าว ตำแหน่งไม่เลื่อน ตรวจสอบโซเดอร์ไม่เชื่อมติดกันระหว่างขาของไอซี
2.2 ทรานซิสเตอร์และไดโอดบนฮีตซิงค์ ขาต้องทะลุไปด้านหลังแผ่นงานทุกขา
2.3 ตรวจสอบโซเดอร์ไม่ติดในรูสกรู และไม่จับเป็นก้อนบนผิวแผ่นงานด้านหน้าและด้านหลัง
2.4 ตรวจสอบลักษณะของแผ่นงานโดยรวมของแผ่น PCB ไม่โก่ง ไม่แตก และติดลาเบลชัดเจน</td><td colspan="2">จุดสำคัญที่ต้องตรวจสอบ:-
 
</td></tr>
</table>

3.3 การวิเคราะห์ระบบการวัด

โรงงานตัวอย่างจะใช้คนในการตรวจสอบชิ้นงานด้วยสายตา ผู้วิจัยจะต้องแน่ใจก่อนว่าการตรวจสอบชิ้นงานเพื่อการยอมรับของพนักงานแต่ละคนมีความถูกต้องและได้ผลการตรวจสอบไปในทางเดียวกัน ไม่เป็นตัวแปรที่ทำให้งานวิจัยเกิดความผิดพลาด ผลการวิจัยที่ได้จึงจะมีความถูกต้อง ดังนั้นก่อนการนำเอาแผนการสุ่มตัวอย่างเข้าไปปรับใช้จะต้องทำการวิเคราะห์ หาสาเหตุในกรณีที่ไม่สามารถยอมรับได้และปรับปรุงระบบการวัดให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

3.3.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบการวัด

ผู้วิจัยได้กำหนดแผนการดำเนินงานในการประเมินความสามารถการตรวจสอบของพนักงานตรวจสอบ เพื่อศึกษาสถานะปัจจุบันของระบบการตรวจสอบของโรงงานกรณีศึกษาดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดผู้รับผิดชอบและแผนการดำเนินงานการวิเคราะห์ระบบการวัด

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดลักษณะชิ้นงานตรวจสอบในจำนวน 30 ชิ้น ประกอบด้วย ชิ้นงานที่มีคุณภาพดีจำนวน 10 ชิ้น ชิ้นงานที่มีคุณภาพเสียจำนวน 10 ชิ้น ชิ้นงานที่มีคุณภาพกำกึ่งคืองานดีแบบกำกึ่ง 5 ชิ้น และงานเสียแบบกำกึ่ง 5 ชิ้น

งานดีแบบกำกึ่งหมายถึงงานที่มีลักษณะคุณภาพอยู่ระหว่างงานดีและงานเสียแต่ลักษณะค่อนไปทางงานดีอ้างอิงตามมาตรฐานของชิ้นงานนั้น

งานเสียแบบกำกึ่งหมายถึงงานที่มีลักษณะคุณภาพอยู่ระหว่างงานดีและงานเสียแต่ลักษณะค่อนไปทางงานเสียอ้างอิงตามมาตรฐานของชิ้นงานนั้น

ขั้นตอนที่ 3 ทดสอบการตรวจสอบชิ้นงานให้กับพนักงานตรวจสอบ การตรวจสอบชิ้นงานให้ทำการตรวจสอบใต้กล่องที่มีกำลังขยาย 5 เท่า การทดสอบมีทั้งหมด 3 รอบ ดังนี้

การทดสอบรอบที่ 1 ให้สุ่มเลือกพนักงานตรวจสอบเข้ามาทำการทดสอบ 1 คน ให้ทำการตรวจสอบชิ้นงานทั้งหมด 30 ชิ้น บันทึกผลการทดสอบในใบบันทึกผลการตรวจสอบ ดำเนินการสุ่มพนักงานมาทำการทดสอบจนครบทั้ง 7 คน

การทดสอบรอบที่ 2 และ 3 ดำเนินการทดสอบเช่นเดียวกับการทดสอบรอบที่ 1 แล้วบันทึกผลการตรวจสอบในเอกสารใบบันทึกผลการตรวจชิ้นงานของพนักงานตรวจสอบ

ขั้นตอนที่ 4 ประเมินผลความสามารถในการตรวจสอบของพนักงาน ประเมินผลระบบการวัด (Measurement System Evaluation: MSE) ด้วยตัววัดผลในเรื่องความถูกต้อง (ไบอัส) และความสามารถในการตรวจซ้ำ (รีพีททะบิลิตี้) ด้วยดัชนี %ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ, %

รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ , เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้

ขั้นตอนที่ 5 วิเคราะห์ระบบการวัด เพื่อพิจารณาความแตกต่างของผลการตรวจสอบ จากนั้นจะเป็นการวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis: MSA ซึ่งอาศัยวิธีการทางสถิติเข้ามาใช้ในการพิจารณาว่าระบบมีความสามารถเพียงพอที่จะยอมรับไว้ได้หรือไม่ ด้วยตัววัดความเห็นสอดคล้องกันของผลการตรวจสอบของพนักงานด้วยค่าสัมประสิทธิ์ Kappa ส่วนสุดท้ายจะเป็นการวิเคราะห์ถึงความสามารถในการตัดสินใจของพนักงานแต่ละคน ตัววัดด้วยดัชนี ได้แก่ ดัชนีความมีประสิทธิผล (O_E) ดัชนีการตรวจสอบที่ปฏิเสธผิดพลาด (I_{FA}) และดัชนีการตรวจสอบที่ยอมรับผิดพลาด (I_{MISS})

ขั้นตอนที่ 6 สรุปผลระบบการตรวจสอบตามเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ในตารางที่ 3.2 ถ้าผลการประเมินและวิเคราะห์ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดให้ดำเนินการปรับปรุงระบบการวัดเมื่อดำเนินการแล้วให้ทำการทดสอบพนักงานใหม่อีกครั้ง

ตารางที่ 3.2 เกณฑ์การประเมินและการปรับปรุงระบบการวัดเมื่อผลการทดสอบไม่ผ่านเกณฑ์

ค่าดัชนี	เกณฑ์การยอมรับ
เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัส	มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์
เปอร์เซ็นต์รีพีททะบิลิตี้	มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์
เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านไบอัส	มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์
เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ของการตรวจสอบ	มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์
สัมประสิทธิ์ Kappa	น้อยกว่า 0.4
ดัชนีความมีประสิทธิผล (O_E)	มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์
ดัชนีการตรวจสอบที่ปฏิเสธอย่างผิดพลาด (I_{FA})	น้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์
ดัชนีการตรวจสอบที่ยอมรับอย่างผิดพลาด (I_{MISS})	น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์

3.3.2 ผลการทดสอบการตรวจสอบผลิตภัณฑ์แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ผลการตรวจสอบผลิตภัณฑ์แผนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ของพนักงานตรวจสอบทั้งหมด 7 คน ได้ทำการทดสอบกับชิ้นงานจนครบจำนวน 30 ชิ้น แล้ววนตรวจสอบเช่นนี้จนครบทั้ง 7 คน ซึ่งแต่ละคนจะได้ทำการตรวจสอบชิ้นงานแต่ละชิ้นจำนวน 3 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลผลการตรวจสอบชิ้นงานของพนักงานตรวจสอบทั้ง 7 คน

สิ่งตัวอย่างที่	คุณภาพแท้จริง	พนักงานตรวจสอบคนที่ 1			พนักงานตรวจสอบคนที่ 2			พนักงานตรวจสอบคนที่ 3		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
2	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
3	OK	OK	NG	NG	OK	NG	NG	OK	OK	OK
4	OK	NG	OK	OK	NG	OK	OK	OK	OK	OK
5	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
6	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
7	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
8	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
9	NG	NG	NG	NG	OK	OK	OK	NG	NG	NG
10	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
11	OK	NG	OK	OK	NG	NG	NG	OK	OK	OK
12	NG	NG	NG	NG	OK	OK	OK	NG	NG	NG
13	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
14	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
15	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
16	NG	OK	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
17	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
18	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
19	OK	NG	OK	OK	NG	OK	OK	OK	OK	OK
20	OK	OK	OK	OK	NG	OK	OK	OK	OK	OK
21	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
22	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
23	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
24	OK	NG	OK	OK	NG	NG	NG	OK	OK	OK
25	OK	NG	OK	OK	NG	OK	OK	OK	OK	OK
26	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
27	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
28	OK	NG	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
29	OK	NG	OK	OK	NG	OK	OK	NG	OK	OK
30	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลผลการตรวจสอบชิ้นงานของพนักงานตรวจสอบทั้ง 7 คน (ต่อ)

สิ่งตัวอย่างที่	คุณภาพแท้จริง	พนักงานตรวจสอบคนที่ 4			พนักงานตรวจสอบคนที่ 5			พนักงานตรวจสอบคนที่ 6			พนักงานตรวจสอบคนที่ 7		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
2	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
3	OK	OK	NG	NG	OK	NG	NG	NG	NG	NG	OK	OK	OK
4	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
5	NG	NG	NG	NG	NG	OK	OK	OK	OK	OK	NG	NG	NG
6	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
7	NG	NG	NG	NG	NG	OK	OK	OK	OK	OK	NG	NG	NG
8	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
9	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
10	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
11	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
12	NG	OK	NG	NG	OK	NG	NG	NG	NG	NG	OK	OK	OK
13	NG	OK	NG	NG	OK	NG	NG	NG	NG	NG	OK	OK	OK
14	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
15	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
16	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
17	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
18	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
19	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
20	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
21	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
22	NG	NG	NG	NG	OK	NG	NG	NG	NG	NG	OK	OK	OK
23	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
24	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
25	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
26	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
27	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
28	OK	NG	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
29	OK	OK	OK	OK	NG	OK	OK	OK	OK	OK	NG	NG	NG
30	NG	OK	NG	NG	OK	NG	NG	NG	NG	NG	OK	OK	OK

3.3.3 การวิเคราะห์ผลการตรวจสอบ

สรุปผลการทดสอบดังตาราง 3.4 นำมาประเมินผลการตรวจสอบของพนักงานแต่ละคนด้วยดัชนีเปอร์เซ็นต์รีพีททะบิลิตี้และเปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัส และประเมินผลความมีประสิทธิผลของระบบการตรวจสอบโดยรวมทั้งระบบด้วยดัชนีความมีประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้และประสิทธิผลด้านไบอัส ด้วยการคำนวณดังนี้

ตารางที่ 3.4 สรุปผลการตรวจสอบเพื่อใช้ในการประเมินผลระบบการวัด

พนักงานคนที่	ผลการตรวจสอบตรงกันทั้งสามครั้ง	ผลการตรวจสอบถูกต้องและตรงกันทั้งสามครั้ง	จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ
1	21	21	30
2	24	20	30
3	29	29	30
4	25	25	30
5	22	22	30
6	30	27	30
7	30	25	30
พนักงานตรวจได้เหมือนกันทุกครั้งและทุกคน		14	
พนักงานตรวจได้เหมือนกันอย่างถูกต้องทุกคน		13	

ประเมินผลการทดสอบ จากผลการตรวจสอบชิ้นงานแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของพนักงานตรวจสอบทั้ง 7 คน ดังนี้

1. การประเมินผลด้วยค่าดัชนี

ประเมินผลระบบการวัด (Measurement system evaluation: MSE) ด้วยตัววัดผลในเรื่องความถูกต้อง (ไบอัส) และความสามารถในการตรวจซ้ำ (รีพีททะบิลิตี้) ด้วยดัชนีเปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ, เปอร์เซ็นต์รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ , เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ และ เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้

1.1 การประเมินผลด้วยค่าเปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบทั้ง 7 คนได้ดังนี้

เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบคนที่ 1 = (21/30) x 100% = 70%

เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบคนที่ 2 = (20/30) x 100% = 67%

เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบคนที่ 3 = (29/30) x 100% = 97%

เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบคนที่ 4 = (25/30) x 100% = 83%

เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบคนที่ 5 = (22/30) x 100% = 73%

เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบคนที่ 6 = (27/30) x 100% = 90%

เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบคนที่ 7 = (25/30) x 100% = 83%

1.2 การประเมินผลด้วยค่าเปอร์เซ็นต์รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบทั้ง 7 คนได้ดังนี้

เปอร์เซ็นต์ รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบคนที่ 1 = (21/ 30) x 100% = 70%

เปอร์เซ็นต์รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบคนที่ 2 = (24/ 30) x 100% = 80%

เปอร์เซ็นต์ รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบคนที่ 3 = (29/ 30) x 100% = 96%

เปอร์เซ็นต์รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบคนที่ 4 = (25/ 30) x 100% = 83%

เปอร์เซ็นต์รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบคนที่ 5 = (22/ 30) x 100% = 73%

เปอร์เซ็นต์รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบคนที่ 6 = (30/ 30) x 100% = 100%

เปอร์เซ็นต์รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบคนที่ 7 = (30/ 30) x 100% = 100%

1.3 ประเมินผลความมีประสิทธิผลของระบบการตรวจสอบโดยรวมทั้งระบบด้วยดัชนีความมีประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้และประสิทธิผลด้านไบอัส ดังนี้
คำนวณผลได้ดังนี้
เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ = (13/ 30) x 100% = 43%

เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ของการตรวจสอบ = (14/ 30) x 100% = 47%

ตารางที่ 3.5 ผลการประเมินพนักงานทั้ง 7 คน

พนักงานตรวจสอบ	เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัส	เปอร์เซ็นต์รีพีททะบิลิตี้	ประสิทธิผลด้านไบอัส (%)	ประสิทธิผลต้านด้านรีพีททะบิลิตี้ (%)
พนักงานคนที่ 1	90	70	43	47
พนักงานคนที่ 2	67	80		
พนักงานคนที่ 3	97	96		
พนักงานคนที่ 4	83	83		
พนักงานคนที่ 5	73	73		
พนักงานคนที่ 6	90	100		
พนักงานคนที่ 7	83	100		

จากผลการคำนวณค่าดัชนีทั้ง 4 ดัชนีถึงความถูกต้องและการวัดซ้ำ ได้นำมาสรุปไว้ในตารางที่ 3.5 ผลการประเมินสามารถอธิบายถึงสภาพของระบบการตรวจสอบที่ได้ทำการศึกษา ดังนี้

1. การประเมินระบบการวัดโดยรวม ประสิทธิผลด้านไบอัสและประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ของระบบการตรวจสอบ เท่ากับ 43 เปอร์เซ็นต์ และ 47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำเมื่อเทียบกับเกณฑ์การยอมรับที่โรงงานกรณีศึกษาต้องการคือมากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นระบบการวัดนี้มีปัญหาในภาพรวมทั้งในเรื่องความถูกต้องและการตรวจซ้ำ

ความมีประสิทธิผลของระบบการตรวจสอบโดยรวม ได้ผลการประเมินเท่ากับ 43 เปอร์เซ็นต์ หมายความว่าในการตรวจสอบชิ้นงาน 100 ชิ้น จะมีเพียง 43 ชิ้นเท่านั้นที่พนักงานทั้ง 7 คนตรวจสอบได้ถูกต้องและเหมือนกัน

ความสามารถในการตรวจซ้ำของระบบการวัดโดยรวมวัดผลด้วยดัชนี เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ ได้ผลการประเมินเท่ากับ 47 เปอร์เซ็นต์ หมายความว่าในการตรวจสอบชิ้นงาน 100 ชิ้น จะมีเพียง 47 ชิ้นเท่านั้นที่พนักงานทั้ง 7 คนตรวจสอบได้เหมือนกัน

2. ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ Kappa ดังตาราง 3.6 พบว่าพนักงานทั้งเจ็ดคนมีผลการตรวจสอบที่สอดคล้องกันแต่เป็นความสอดคล้องที่ให้ผลการตรวจสอบที่ผิดพลาดเหมือนกันเมื่อพิจารณาร่วมกับค่าดัชนีในตารางที่ 3.7 พบว่าพนักงานตรวจสอบคนที่ 2 มีความผิดพลาดในการตรวจสอบมากที่สุด โดยเฉพาะการปฏิเสธลอตอย่างผิดพลาดมีค่ามากถึง 86.67 เปอร์เซ็นต์ และพนักงานคนที่ 5 และคนที่ 6 มีการตรวจสอบที่ยอมรับลอตอย่างผิดพลาด (I_{MISS}) มากถึง 53.33 เปอร์เซ็นต์และ 60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตาราง 3.6 ค่าสัมประสิทธิ์ Kappa ของพนักงานตรวจสอบทั้ง 7 คน

พนักงานตรวจสอบ	พนักงานตรวจสอบ						
	1	2	3	4	5	6	7
1	-	0.69	0.80	0.80	0.66	0.66	0.57
2	0.69	-	0.71	0.58	0.51	0.44	0.44
3	0.80	0.71	-	0.84	0.76	0.78	0.66
4	0.80	0.58	0.84	-	0.84	0.76	0.70
5	0.66	0.51	0.76	0.84	-	0.82	0.63
6	0.66	0.44	0.78	0.76	0.82	-	0.44
7	0.57	0.44	0.66	0.70	0.63	0.44	-

ตารางที่ 3.7 ตารางแสดงค่าสัมประสิทธ์ Kappa จากผลการตรวจสอบ
ของพนักงานตรวจสอบทั้ง 7 คน

ดัชนีประเมินความสามารถในการตรวจสอบของพนักงาน	พนักงานตรวจสอบคนที่						
	1	2	3	4	5	6	7
ความมีประสิทธิผลของพนักงาน (O_E)	88.89%	77.78%	98.89%	95.56%	87.78%	90%	86.67%
ดัชนีการตรวจสอบที่ปฏิเสธอย่างผิดพลาด (I_{FA})	60%	86.67%	20%	20%	20%	20%	20%
ดัชนีการตรวจสอบที่ยอมรับอย่างผิดพลาด (I_{MISS})	6.67%	46.67%	0%	6.67%	53.33%	40%	60%

3.4 สรุปผลการวิเคราะห์ระบบการวัด

การประเมินผลระบบการตรวจสอบ พบว่า ด้วยค่าดัชนีเปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัส และดัชนีรีพีททะบิลิตี้จะสามารถยอมรับผลการตรวจสอบของพนักงานตรวจสอบคนที่ 3 และพนักงานตรวจสอบคนที่ 6 ได้ แต่เมื่อพิจารณาระบบการตรวจสอบนี้โดยรวมทั้งเรื่องความถูกต้องและการวัดซ้ำด้วยค่าดัชนีความมีประสิทธิผลด้านไบอัส และประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ มีค่าเท่ากับ 43 เปอร์เซ็นต์และ 47 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยมากจึงไม่สามารถยอมรับระบบการตรวจสอบนี้ทั้งระบบได้ ดังนั้นระบบการตรวจสอบนี้มีปัญหาเร่งด่วนที่ต้องทำการแก้ไขให้กับพนักงานทุกคนทั้งในเรื่อง ความถูกต้องในการตรวจสอบ และเพิ่มความสามารถในการตรวจซ้ำ

ดังนั้นผู้วิจัยได้นำเอาหลักการ แผนผังกลุ่มเชื่อมโยง (Affinity diagrams) มาเป็นเครื่องมือช่วยคิดหาสาเหตุสำหรับการค้นหาสาเหตุของปัญหาระบบการวัดในครั้งนี้ ผู้เข้าร่วมระดมสมองประกอบด้วย พนักงานตรวจสอบทั้ง 7 คน พนักงาน QC โฟร์แมน และผู้วิจัย ซึ่งเป็นผู้ที่มีส่วนร่วมในการประเมินระบบการวัดในครั้งนี้

ผู้วิจัยได้เลือกวิธีแผนผังกลุ่มเชื่อมโยง (Affinity diagrams) มาใช้ในการค้นหาสาเหตุที่ทำให้การประเมินระบบการวัดครั้งนี้ไม่ผ่านเกณฑ์ ทำให้เกิดประโยชน์หลายๆประการ ดังนี้

1. ทำให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบการวัดโดยเฉพาะตัวพนักงานตรวจสอบ ได้แสดงความคิดเห็นอย่างเต็มที่ และรู้สึกมีส่วนร่วมรับผิดชอบกับงาน
2. พนักงานตรวจสอบมีความตระหนักและใส่ใจในการตรวจสอบชิ้นงาน
3. เปิดทางให้พนักงานตรวจสอบได้แจ้งปัญหาของตัวเอง และเปิดทางให้ผู้ร่วมงานคนอื่นหัวหน้างานได้รับรู้
4. ได้ผลแนวทางแก้ไขปัญหาที่ต้องกับความต้องการของผู้ปฏิบัติงาน ทำให้ได้รับความร่วมมือเต็มที่และเต็มใจทำ

วิธีการสร้างแผนผังกลุ่มเชื่อมโยง (Affinity diagrams)

1. กำหนดหัวข้อการประชุม

เรื่อง “การประเมินการตรวจสอบชิ้นงานแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ไม่ผ่านเกณฑ์”

2. ชี้แจ้งข้อมูลที่ต้องการรวบรวมให้ทุกคนเข้าใจอย่างชัดเจน
3. แจกกระดาษให้พนักงานตรวจสอบทุกคน ให้เขียนข้อมูลแต่ละอันลงบนบัตรข้อมูลโดยเสนอความคิดเห็นของตนที่ละแนวความคิดแบบไม่มีการวิจารณ์
4. วางบัตรข้อมูลที่เขียนความคิดเห็นแล้วลงบนโต๊ะเพื่อให้เห็นทั่วกัน
5. ให้พนักงานตรวจสอบทุกคนช่วยกันจัดข้อมูลที่สัมพันธ์กันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน

6. ตั้งชื่อหัวเรื่องใหม่สำหรับความคิดเห็นที่เป็นกลุ่มเดียวกัน

7. ระดมสมองเพื่อสรุปผลและหาแนวทางแก้ไขร่วมกัน

จากการระดมสมองด้วยวิธีแผนผังกลุ่มเชื่อมโยง (Affinity diagrams) สรุปผลของปัญหาการประเมินการตรวจสอบชิ้นงานแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ไม่ผ่านเกณฑ์ ได้ดังตาราง 3.6 พร้อมทั้งนำเสนอแนวทางแก้ไข ซึ่งทีมงานจะดำเนินการแก้ไขดังกล่าว ก่อนทำการทดสอบพนักงานตรวจสอบใหม่

ตารางที่ 3.8 ผลจากการระดมสมองเพื่อค้นหาสาเหตุด้วยแผนผังกลุ่มเชื่อมโยง (Affinity diagrams) และการแก้ไข

หัวข้อ การประเมินการตรวจสอบชิ้นงานแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ไม่ผ่านเกณฑ์		
หัวเรื่อง	ความคิดเห็น	การแก้ไข
1.ชิ้นงานตรวจสอบ	- อาการเสียไม่ชัดเจนโดยเฉพาะอาการก้ำกึ่ง	- ให้กรรมการสอบทำการกำหนดชิ้นงานตรวจสอบใหม่ - ทดสอบประเมินชิ้นงานโดยคณะกรรมการทุกคนก่อนทำการทดสอบจริง
2.เกณฑ์การยอมรับ	- ไม่มีมาตรฐานชิ้นงานดี ชิ้นงานเสียที่ชัดเจนในจุดตรวจสอบ	- อบรมพนักงานตรวจสอบทุกคนใหม่ในเรื่องวิธีการตรวจสอบ - จัดทำรูปชิ้นงานดีมาตรฐานไว้บริเวณจุดตรวจสอบ
3.พื้นที่ตรวจสอบงาน	- แสงสว่างไม่พอ และเป็นเงาบังเนื่องจากใช้แสงสว่างจากเพดาน	- 5ส พื้นที่ตรวจสอบชิ้นงาน
4.พนักงานตรวจสอบ	- ไม่เข้าใจเกณฑ์การยอมรับ	- อบรมพนักงานตรวจสอบทุกคนใหม่ในเรื่องความเข้าใจเกณฑ์มาตรฐานชิ้นงานดี/เสีย - ทำการทดสอบใหม่อีกครั้ง
	- ลืมเกณฑ์การยอมรับ จึงใช้ประสบการณ์ในการตัดสินใจ	

จากการระดมสมองเพื่อค้นหาสาเหตุด้วยแผนผังกลุ่มเชื่อมโยง ทีมงานประเมินการตรวจสอบในครั้งนี้สรุปผลและได้แนวทางแก้ไขดังตารางที่ 3.8 ดังนี้ กำหนดชิ้นงานตรวจสอบใหม่และอบรมพนักงานในเรื่องวิธีการตรวจสอบและเกณฑ์การยอมรับชิ้นงาน ทำ 5ส พื้นที่การทำงานได้นำเอาป้ายและสิ่งของที่เป็นจุดบังแสงที่ทำให้เกิดเงาสะท้อนแสงออกจากบริเวณตรวจสอบงาน ติดเอกสารวิธีการตรวจสอบและเกณฑ์การยอมรับชิ้นงานไว้บริเวณจุดตรวจสอบชิ้นงาน

หลังจากได้ดำเนินการแก้ไขดังกล่าวข้างต้นแล้ว ทีมงานได้ทำการทดสอบพนักงานตรวจสอบทั้ง 7 คนใหม่ ผลการทดสอบได้แสดงไว้ในส่วนภาคผนวก และได้สรุปผลค่าดัชนีต่างๆ และค่าสัมประสิทธิ์ Kappa แสดงดังตาราง 3.7 และ 3.8 ตามลำดับ ดังนี้

ตารางที่ 3.9 แสดงค่าดัชนีจากผลการตรวจสอบของพนักงานตรวจสอบทั้ง 7 คนใหม่

ดัชนีประเมินความสามารถในการตรวจสอบของพนักงาน	พนักงานตรวจสอบคนที่						
	1	2	3	4	5	6	7
%ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ	97%	97%	100%	100%	97%	100%	100%
% รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ	97%	100%	100%	100%	97%	100%	100%
%ประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ	90%						
%ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ของการตรวจสอบ	90%						
ความมีประสิทธิผลของพนักงาน (O_E)	99%	100%	100%	100%	98%	100%	100%
ดัชนีการตรวจสอบที่ปฏิเสธอย่างผิดพลาด (I_{FA})	1%	0%	0%	0%	2%	0%	0%
ดัชนีการตรวจสอบที่ยอมรับอย่างผิดพลาด (I_{MISS})	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

ตารางที่ 3.10 ตารางแสดงค่าสัมประสิทธ์ Kappa จากผลการตรวจสอบของพนักงานตรวจสอบทั้ง 7 คนใหม่

พนักงงานตรวจสอบ	พนักงานตรวจสอบ						
	1	2	3	4	5	6	7
1	-	1.00	1.00	1.00	0.94	1.00	1.00
2	1.00	-	1.00	1.00	0.94	1.00	1.00
3	1.00	1.00	-	1.00	0.94	1.00	1.00
4	1.00	1.00	1.00	-	0.94	1.00	1.00
5	0.94	0.94	0.94	0.94	-	0.96	0.96
6	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	-	1.00
7	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	1.00	-

จากผลการประเมินพนักงานตรวจสอบหลังจากปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบ สามารถสรุปผลของแต่ละดัชนีถึงประสิทธิภาพการตรวจสอบของพนักงาน ดังนี้

1. ผลการประเมินความถูกต้อง และการตรวจสอบซ้ำของพนักงานแต่ละคนอ้างอิงตามเกณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษาซึ่งกำหนดเกณฑ์ไว้ที่มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ จึงจะสามารถยอมรับการตรวจสอบได้ จากผลการประเมิน เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านไบอัสและ เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ ของพนักงานทั้งเจ็ดคนได้เท่ากับ 97 เปอร์เซ็นต์ กล่าวคือ ผลการตรวจชิ้นงานพนักงานตรวจสอบทุกคนมีความถูกต้อง ในการตรวจสอบ 100 ครั้งพนักงานตรวจสอบทั้งเจ็ดคนจะตรวจสอบถูกต้องและให้ผลการตรวจสอบเหมือนกัน 97 ครั้ง ซึ่งสามารถยอมรับได้สำหรับโรงงานกรณีศึกษา

2. ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกันของพนักงานตรวจสอบด้วยสัมประสิทธิ์ Kappa โดยการสร้างตารางไขว้ สรุปผลดังตาราง 4.12 ค่าสัมประสิทธ์ Kappa ของความสัมพันธ์ระหว่างกันของพนักงานแต่ละคู่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.94-1.08 ซึ่งมากกว่า 0.75 ตามเกณฑ์ AIAG, 2002 สรุปได้ว่าผลการตรวจสอบของพนักงานแต่ละคู่ได้ผลเหมือนกันและอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

3. การประเมินดัชนี ความมีประสิทธิ์ผล (O_E)ได้ผลการประเมินมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์, การปฏิเสธที่ผิดพลาด (I_{FA})ได้ผลการประเมินน้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ และ การยอมรับที่ผิดพลาด (I_{MISS}) ได้ผลการประเมินน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบตามเกณฑ์ AIAG พนักงาน

ตรวจสอบแต่ละคนมีความสามารถในการตัดสินใจยอมรับงานดีและปฏิเสธงานเสียตามหลักเกณฑ์ในระดับที่ยอมรับได้

การประเมินผลระบบการตรวจสอบค่าดัชนีต่างๆ หลังจากได้ปรับปรุงระบบการวัดและทำการประเมินผลใหม่ พบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ ค่าเปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงานทดสอบ ค่าเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ของการตรวจสอบ และค่าเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดจึงสามารถยอมรับระบบการวัดนี้ได้

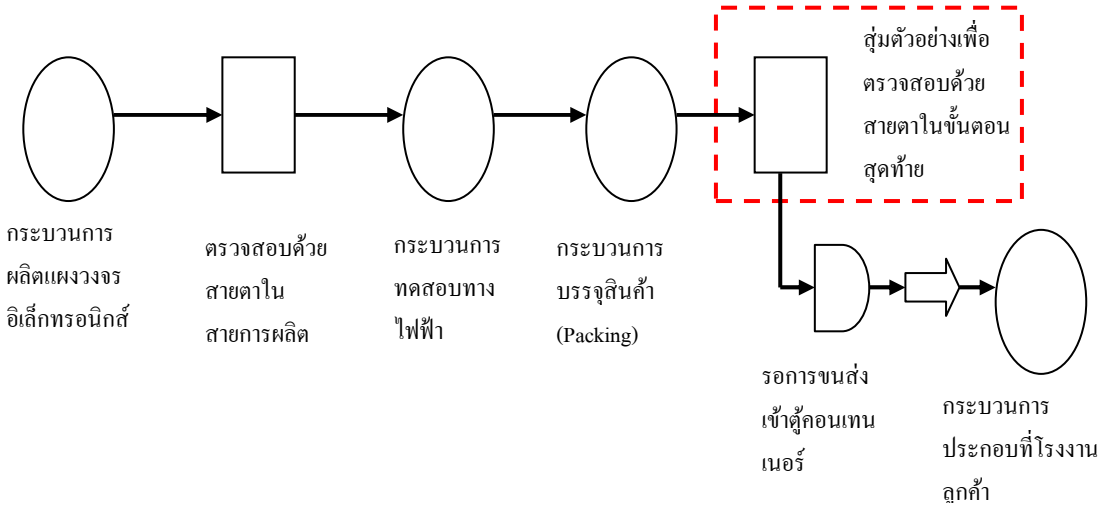
การวิเคราะห์ระบบการตรวจสอบโดยการวิเคราะห์ผลการตรวจสอบระหว่างพนักงานตรวจสอบทีละคู่ พบว่าผลการตรวจสอบของพนักงานทุกคู่สามารถตรวจสอบได้ผลที่เหมือนกันเป็นอย่างดีและอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ ส่วนการพิจารณาว่าผลการตรวจสอบของพนักงงานแต่ละคนมีความสามารถในการตรวจสอบดีเพียงใดนั้น พบว่าพนักงานตรวจสอบทุกคนสามารถตรวจสอบได้ผลที่ถูกต้องไม่เอนเอียงและอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้เช่นกัน จึงสามารถสรุปได้ว่า ระบบการวัดนี้สามารถที่จะยอมรับได้

บทที่ 4

แผนการสุ่มตัวอย่างและการวิเคราะห์ค่าใช้จ่าย

4.1 บทนำ

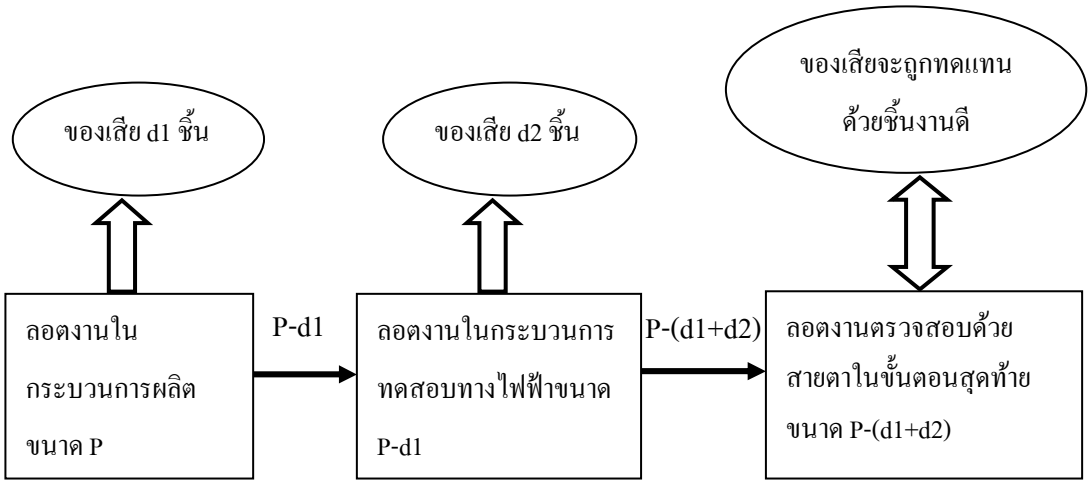
การสุ่มตัวอย่างสำหรับโรงงานกรณีศึกษานี้เป็นการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับลอตงานที่จะส่งออกไปให้กับลูกค้า ดังนั้น แผนการสุ่มตัวอย่างจึงได้นำมาใช้ในช่วงที่สินค้ากำลังรอการบรรจุให้เต็มจำนวนพาเลทเพื่อส่งให้ลูกค้า การสุ่มตัวอย่างจะสุ่มหยิบขึ้นมาทั้งกล่องจำนวนสุ่มให้เป็นไปตามแผนการสุ่มตัวอย่างที่ได้กำหนดขึ้น ดังแสดงแผนผังกระบวนการผลิตในรูปที่ 4.1 แสดงจุดที่จะนำแผนการสุ่มตัวอย่างไปใช้งานซึ่งผู้วิจัยและทีมงานได้จัดตั้งขึ้นใหม่เรียกว่า แผนก Outgoing ทำหน้าที่สุ่มตรวจสอบชิ้นงานจากลอตงานก่อนส่งออกไปให้ลูกค้า



รูปที่ 4.1 แผนผังกระบวนการผลิต และแสดงจุดปฏิบัติการสุ่มตัวอย่าง

การไหลของลอตงานในกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาได้แสดงในรูปที่ 4.2 เริ่มต้นจากลอตงานในกระบวนการผลิต จากนั้นจะถูกส่งต่อไปที่กระบวนการทดสอบทางไฟฟ้า d1 และ d2 คือจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตและในกระบวนการทดสอบทางไฟฟ้าตามลำดับ ทั้งสองกระบวนการเมื่อมีของเสียถูกตรวจพบจะถูกแยกออกจากลอตงานนั้นโดยไม่มีการทดแทนด้วยชิ้นงานดี นั่นคือสำหรับขนาดลอตในสายการผลิตจะมีจำนวนลดลงตามจำนวนของเสียที่ตรวจพบ

แต่ในส่วนกระบวนการสุ่มตรวจสอบลอตสินค้า โดยสินค้านั่นคือแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์จะถูกบรรจุในกล่องกระดาษ ผลการตรวจสอบจะตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธลอตงานนั้น สำหรับลอตที่ถูกปฏิเสธคือมีจำนวนของเสียมากกว่าจำนวนที่จะยอมรับให้ส่งออกไปได้นั้นจะถูกส่งกลับไปให้กับฝ่ายผลิตให้ตรวจสอบลอตงานนั้นทุกชิ้นเพื่อคัดของเสียออกให้หมด จากนั้นให้ทดแทนของเสียด้วยชิ้นงานดี วิธีการนี้เรียกว่า การตรวจสอบปรับแก้ (Rectify inspection)



รูปที่ 4.2 แสดงการไหลของลอตงานในกระบวนการผลิต

โรงงานกรณีศึกษาต้องการสร้างความเชื่อมั่นให้กับลูกค้าสำหรับคุณภาพของลอตงานที่ส่งออกไป ด้วยสร้างวิธีปฏิบัติกับลอตงานนั้นๆ ก่อนส่งออกไป ซึ่งก็คือการนำเอาแผนการสุ่มตรวจสอบมาใช้งาน สินค้าแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์เมื่อนำมาตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์อาจก่อให้เกิดความชำรุดเสียหายต่อคอมโพเน้นท์ที่ประกอบอยู่บนแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และการตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์ก็ไม่สามารถหาของเสียได้หมดเพราะใช้คนในการตรวจสอบ แผนการสุ่มตัวอย่าง โรงงานกรณีศึกษาจึงเลือกแผนการสุ่มตัวอย่าง ANSI/ASQC Z1.4 มาใช้งานด้วยเหตุผลที่ว่าเป็นแผนการสุ่มตัวอย่างที่ได้รับการยอมรับในระดับสากลตามมาตรฐานและโรงงานส่วนใหญ่เลือกใช้กัน โดยกำหนดเป็นแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 แผนการสุ่มตัวอย่างมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 ขึ้นกับการกำหนดค่าระดับคุณภาพในการยอมรับหรือ AQL ระดับการตรวจสอบและขนาดรุ่นจึงจะกำหนดแผนการสุ่มตัวอย่างตามมาตรฐานนี้ได้ โรงงานกรณีศึกษาใช้ AQL ที่ 0.065 เปอร์เซ็นต์ในการกำหนดแผนการสุ่มตัวอย่างด้วยมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 ปัญหาที่พบเมื่อใช้งานแผนการสุ่มตัวอย่างที่ระดับ AQL นี้พบว่าจำนวนลอตงานถูกปฏิเสธจำนวนมาก พนักงานตรวจสอบไม่ปฏิบัติตามกฎการสับเปลี่ยน

ผู้วิจัยต้องการให้ระดับคุณภาพของลอตหลังจากผ่านการตรวจสอบได้ตามเป้าหมายคุณภาพและตามที่ได้ตกลงไว้กับลูกค้า จึงได้พิจารณาคุณภาพของลอตงานหลังการตรวจสอบของแผนการสุ่มที่ใช้อยู่ในปัจจุบันและกำหนดแผนการสุ่มตัวอย่างขึ้นใหม่ด้วยค่า AOQLที่ต้องการเรียกว่า แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 แผน AOQL

และในตอนท้ายบทจะวิเคราะห์ต้นทุนการตรวจสอบที่เกิดขึ้นจากแต่ละแผนการสุ่มเพื่อใช้เป็นตัววัดในการเลือกแผนการสุ่มตัวอย่าง

4.2 การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างและมาตรฐานวิธีการสุ่มตัวอย่าง

4.2.1 แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 ตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4

โรงงานกรณีศึกษาได้นำเอาแผนการสุ่มตัวอย่างตามมาตรฐาน MIL STD 105E มาเริ่มใช้งาน เพื่อประกันคุณภาพสินค้าที่ส่งออกไป ซึ่งเป็นการสร้างความน่าเชื่อถืออย่างหนึ่งต่อจิตวิทยาที่ดีของลูกค้าที่จะมีต่อโรงงานกรณีศึกษาในระดับมาตรฐานสากลยอมรับ

พารามิเตอร์ที่ใช้กำหนดแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 โดยใช้ตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 มีดังต่อไปนี้

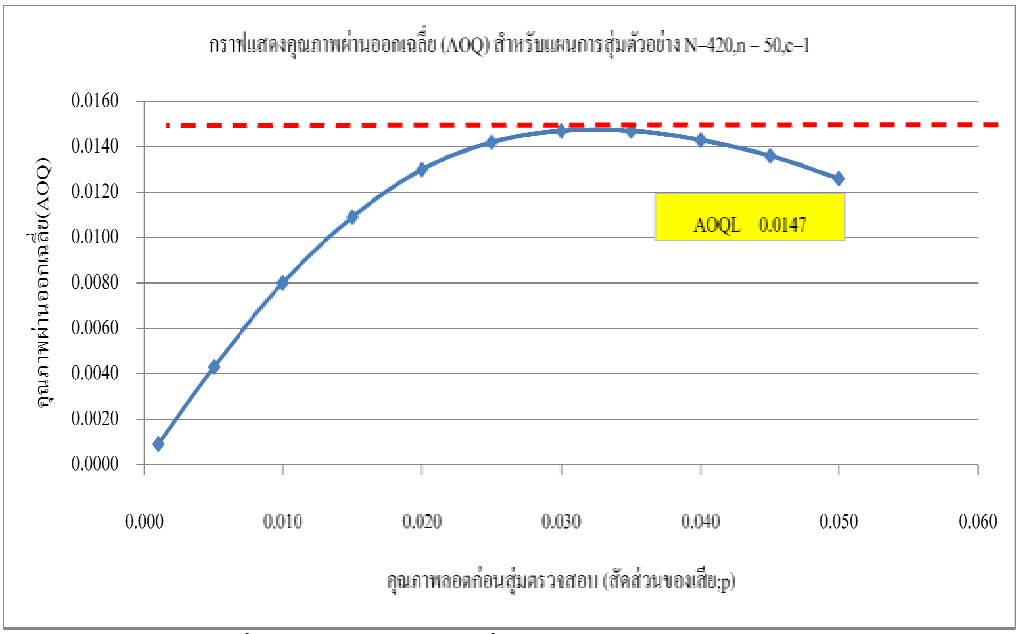
1. กำหนดค่า AQL เท่ากับ 0.065 เปอร์เซ็นต์
2. ใช้ตารางแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว

แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 ตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 ใช้ AQL ที่ 0.065 เปอร์เซ็นต์ กำหนดขนาดลอตเท่ากับ 420 ชิ้น ทำให้มีจำนวนตัวอย่างที่ต้องทำการสุ่มขึ้นมาตรวจสอบเท่ากับ 50 ชิ้น และจำนวนของเสียที่ยอมรับได้เท่ากับ 1 ชิ้น เมื่อพิจารณาคุณภาพลอตหลังการตรวจสอบ (AOQ) ตามระดับคุณภาพของลอตที่ส่งเข้ามาตรวจสอบอยู่ระหว่าง 0.001 ถึง 0.05 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.1 พบว่าลอตที่ผ่านการสุ่มตัวอย่างตามแผนนี้จะมีคุณภาพผ่านออกสูงสุด (AOQL) เท่ากับ 0.014 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งได้แสดงดังรูปที่ 4.3

โรงงานกรณีศึกษาต้องการให้สินค้าที่ผ่านการสุ่มตัวอย่างมีคุณภาพสินค้าหลังจากผ่านการสุ่มตรวจสอบมีคุณภาพอยู่ที่ 0.005 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 นี้ให้สัดส่วนของเสียในลอตภายหลังการตรวจสอบมีค่าเท่ากับ 0.014 ซึ่งมากกว่าระดับคุณภาพของลอตที่โรงงานกรณีศึกษานี้ต้องการ จึงได้กำหนดแผนการสุ่มตัวอย่างขึ้นใหม่เป็นแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 เรียกว่าแผน AOQL

ตาราง 4.1 คำนวณคุณภาพสินค้าหลังการตรวจสอบด้วย
แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 ตารางมาตรฐาน ANQI/ASQC Z1.4 (n =50, c=1)

c	n	p	N	np	Pa	AOQ
1	50	0.001	420	0.05	0.9990	0.0009
1	50	0.005	420	0.25	0.9740	0.0043
1	50	0.010	420	0.50	0.9100	0.0080
1	50	0.015	420	0.75	0.8270	0.0109
1	50	0.020	420	1.00	0.7360	0.0130
1	50	0.025	420	1.25	0.6450	0.0142
1	50	0.030	420	1.50	0.5580	0.0147
1	50	0.035	420	1.75	0.4780	0.0147
1	50	0.040	420	2.00	0.4060	0.0143
1	50	0.045	420	2.25	0.3430	0.0136
1	50	0.050	420	2.50	0.2870	0.0126



รูปที่ 4.3 แสดงคุณภาพเฉลี่ยหลังตรวจสอบ (AOQ) จาก
แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 ตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 (n =50, c=1)

4.2.2 แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 แผน AOQL

โรงงานกรณีศึกษาตั้งเป้าหมายคุณภาพไว้ว่าลอตงานที่ส่งออกไปสู่ตลาดต้องการให้มีค่าเฉลี่ยของคุณภาพลอตงานอยู่ในระดับไม่เกิน 50 PPM หรือ 0.005 เปอร์เซ็นต์ และต้องการให้มีการตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ของลอตทั้งหมดที่ส่งเข้ามาสู่กระบวนการสุ่มตัวอย่าง โดยได้มีข้อตกลงทางการค้ากับลูกค้าไว้ว่าลูกค้าจะทำยอมรับสินค้าเข้าสู่กระบวนการเมื่อลอตนั้นมีจำนวนของเสียไม่เกิน 300 PPM หรือ 0.03 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าตรวจพบว่ามีลอตที่มีจำนวนของเสียมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ในสินค้ารุ่นเดียวกันแล้วลูกค้าสามารถร้องขอสินค้าทดแทนหรือเงินทดแทนค่าของเสียและค่าตรวจสอบแล้วแต่กรณี ดังนั้นจึงนำมาให้ในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้กับแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 นี้ ดังนี้ AOQL = 0.005 เปอร์เซ็นต์, LTPD = 0.05 เปอร์เซ็นต์

ค่าสัดส่วนของเสียเฉลี่ย (p) นำมาจากข้อมูลของเสียในกระบวนการผลิตในช่วงเดือน ม.ค ถึง ส.ค และได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 พบว่าค่าสัดส่วนของเสียเฉลี่ยของกระบวนการผลิตที่ศึกษานี้อยู่ที่ 0.031 เปอร์เซ็นต์ นั่นคือ AQL ของกระบวนการผลิตที่ศึกษานี้มีค่าเท่ากับ 0.031 ซึ่งจะนำไปใช้ในการพิจารณาเลือกแผนการสุ่มตัวอย่าง

ตาราง 4.2 สัดส่วนของเสียเฉลี่ยของโรงงานกรณีศึกษาในช่วงเดือนม.ค 2556 ถึง ส.ค 2556

ม.ค2556	ก.พ 2556	มี.ค 2556	เม.ย 2556	พ.ค 2556	มิ.ย 2556	ก.ค 2556	ส.ค 2556	คุณภาพสัดส่วนของเสียเฉลี่ย
19	112	68	66	67	30	19	23	404
32,340	236,820	183,810	246,910	194,770	171,820	148,820	102,990	1,318,280
0.059	0.047	0.037	0.027	0.034	0.017	0.013	0.022	0.031

ดังนั้นจึงนำค่าพารามิเตอร์ คือ AOQL = 0.005, N=420, AQL= p = 0.031, LTPD = 0.05 มาคำนวณแผนการสุ่มตัวอย่าง ได้ดังนี้

กำหนดให้ c=1 เปิดหาค่า y จากตาราง y ในภาคผนวก ตาราง ข.2 ได้ค่า y = 0.8408 คำนวณหาค่า n ได้จาก

$$n = (y.N)/[(N.AOQL)+y]$$

$$n = (0.8408.420)/[420x0.005)+0.8408$$

$$= 81$$

ค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับลอต (Pa) หาได้จากการเปิดตารางปัวซ์ซอง จากค่า c และ n ที่ได้นำมาคำนวณค่า ATI ได้ดังนี้

$$ATI = n + (1-Pa)(N-n)$$
$$= 81 + (1-0.287)(420-81)$$
$$= 323$$

จากนั้นทำการเพิ่มค่า c และทำหาค่า n และค่า ATI จนได้แผนการสุ่มตัวอย่างที่ได้ค่า ATI ต่ำสุด ซึ่งผลการคำนวณได้สรุปไว้ในตารางที่ 4.3 ดังนั้นเลือกแผนการสุ่มตัวอย่างที่ให้ค่า ATI ต่ำสุด คือ แผน c=9 และ n=267

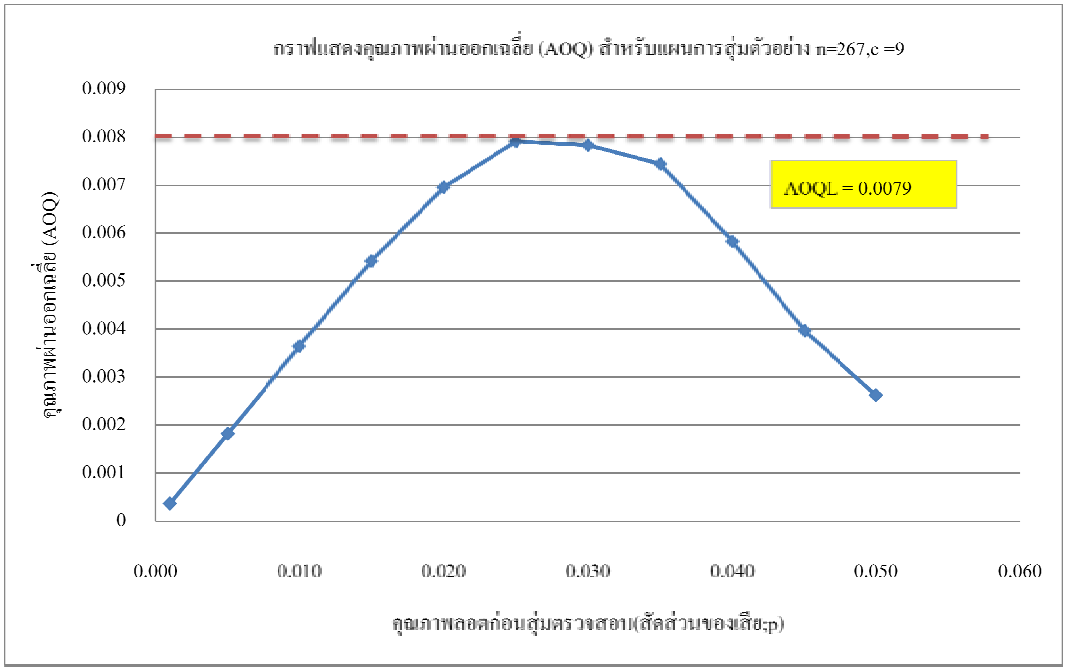
ตาราง 4.3 สรุปแผนการสุ่มตัวอย่าง

c	y	n	np	Pa	ATI
1	0.8408	81	2.516	0.287	323
2	1.371	118	3.669	0.303	329
3	1.942	151	4.666	0.326	332
4	2.544	178	5.519	0.357	334
5	3.168	201	6.243	0.414	329
6	3.812	221	6.864	0.48	325
7	4.472	239	7.398	0.539	322
8	5.146	254	7.861	0.606	319
9	5.831	267	8.264	1.000	267

จากนั้นได้นำเอาแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 ที่ได้กำหนดขึ้นนี้มาพิจารณาเรื่องคุณภาพลอตหลังการตรวจสอบ (AOQ) ตามระดับคุณภาพของลอตที่ส่งเข้ามาตรวจสอบอยู่ระหว่าง 0.001 ถึง 0.05 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.4 พบว่าลอตที่ผ่านการสุ่มตัวอย่างตามแผนนี้จะมีสัดส่วนของเสียผ่านออกสูงสุด (AOQL) เท่ากับ 0.0079 เปอร์เซ็นต์ และได้แสดงดังรูปที่ 4.4 ดังนั้นลอตงานเมื่อใช้แผนการสุ่มตัวอย่างจำนวน 267 ชิ้นและจำนวนของเสียที่ยอมรับได้เท่ากับ 9 ชิ้นนี้ให้ระดับคุณภาพของลอตหลังการสุ่มตรวจสอบที่ใกล้เคียงกับที่โรงงานกรณีศึกษานี้ต้องการ

ตาราง 4.4 คำนวณคุณภาพสินค้าหลังการตรวจสอบด้วยแผน
การสุ่มตัวอย่างที่ 2 (n =267, c=9)

p	n	c	np	Pa	N	AOQ
0.001	267	9	0.267	1.000	420	0.000364
0.005	267	9	1.335	1.000	420	0.001821
0.010	267	9	2.67	1.000	420	0.003643
0.015	267	9	4.005	0.992	420	0.005421
0.020	267	9	5.34	0.955	420	0.006958
0.025	267	9	6.675	0.869	420	0.007914
0.030	267	9	8.01	0.717	420	0.007836
0.035	267	9	9.345	0.584	420	0.007446
0.040	267	9	10.68	0.400	420	0.005829
0.045	267	9	12.015	0.242	420	0.003967
0.050	267	9	13.35	0.144	420	0.002623



รูปที่ 4.4 แสดงคุณภาพเฉลี่ยหลังตรวจสอบ (AOQ) จาก

แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 (n =267, c=9)

จากการกำหนดแผนการสุ่มตัวอย่างด้วยค่า AOQL นั้นได้แผนการสุ่มตัวอย่างทั้งหมด 9 แผนเมื่อพิจารณาในเรื่องจำนวนตรวจสอบเฉลี่ย (ATI) จะเห็นว่าแผนการสุ่มตัวอย่างที่ n = 267 และ c=9 จะมีจำนวนตรวจสอบเฉลี่ย (ATI) น้อยที่สุด ดังนั้นจึงได้คำนวณค่าใช้จ่ายของแต่ละแผนการสุ่มตัวอย่าง เพื่อไปใช้เป็นเครื่องตัดสินใจเลือกใช้แผนการสุ่มตัวอย่างรวมด้วย ดังต่อไปนี้

สิ่งที่ใช้เหมือนกันสำหรับการสุ่มตัวอย่างนี้ คือ

1. ใช้พนักงานตรวจสอบคนเดียวกัน หมายถึงค่าตรวจสอบ
2. ใช้เครื่องมือสำหรับตรวจสอบตัวเดียวกัน หมายถึงค่าอุปกรณ์
3. ใช้การสุ่มตรวจสอบกับชิ้นงานแผนวงจรอิเล็กทอนิกส์บอร์ด 7 เหมือนกัน หมายถึงค่าชิ้นงาน

ซึ่งทั้ง 3 ค่า คือ ค่าตรวจสอบ ค่าอุปกรณ์ ค่าของเสีย เป็นส่วนประกอบย่อยของค่าใช้จ่ายรวม การคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมได้ดังสมการดังนี้

ค่าใช้จ่ายรวม (Total cost, TC) = ค่าตรวจสอบ + ค่าของเสีย + ค่าปฏิเสธลอต

พิจารณาค่าตรวจสอบต่อลอต (C_i) ได้ดังนี้

ค่าตรวจสอบ หมายถึง ค่าจ้างแรงงานที่ใช้ในการตรวจสอบแต่ละลอตรวมทั้งค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ

$$\text{ค่าอุปกรณ์ต่อวัน} = \frac{\text{มูลค่าอุปกรณ์}}{\text{อายุการใช้งาน}}$$

กล้องกำลังขยาย 5 เท่า (Magnify lamp) = 4,670 บาท
มีอายุการใช้งานของหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ได้ 1 ปี (336 วัน)
ดังนั้น
ค่าอุปกรณ์ต่อวัน = 4,670/336 = 13.89 บาท/วัน
ค่าจ้างแรงงานต่อวัน = 300 บาท/ วัน
ในแผนกตรวจสอบของโรงงานกรณีศึกษาใช้พนักงานที่ทำหน้าสุ่มตรวจสอบชิ้นงานจำนวน 2 คน
ค่าจ้างแรงงานต่อวัน = 600 บาท/ วัน
ค่าตรวจสอบต่อวัน = ค่าจ้างแรงงานต่อวัน + ค่าอุปกรณ์ต่อวัน
= 600 + 13.89 = 613.89 บาท/วัน

พนักงานใช้เวลาเฉลี่ย 30 วินาทีในการตรวจสอบชิ้นงาน 1 ชิ้น
พนักงานทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน (480 นาที)
ดังนั้น พนักงานมีความสามารถตรวจสอบชิ้นงาน (Inspection Capability) ได้จำนวน 960 ชิ้นต่อวัน

ค่าตรวจสอบต่อชิ้น = ค่าตรวจสอบต่อวัน (บาท)
จำนวนตรวจสอบต่อวัน

ดังนั้น ค่าตรวจสอบต่อชิ้น (C_i) = 613.89/960 = 0.64 บาท
เพราะฉะนั้น ค่าตรวจสอบต่อลอต = C_i . n = 0.64n

พิจารณาค่าของเสียในลอต (C_d) ได้ดังนี้

ค่าของเสีย หมายถึง เกิดขึ้นในกรณีที่ตรวจพบของเสีย ของเสียชิ้นนั้นจะถูกแทนด้วยชิ้นงานดี ดังนั้นค่าของเสียคือราคาชิ้นงานดี 1 ชิ้น กำหนดให้ราคาชิ้นงานดีของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์บอร์ด 7 ราคาอยู่ที่ 300 บาท ราคานี้เป็นราคาที่ประมาณขึ้นโดยผู้วิจัยเพื่อใช้ประกอบการประมาณค่าใช้จ่ายในงานวิจัยฉบับนี้
ดังนั้น ค่าของเสียในลอต = C_d = 300 บาทต่อชิ้น
จำนวนของเสียที่ยอมรับในลอตหนึ่งๆ คือ N.p.Pa
เพราะฉะนั้น ค่าของเสียที่รับไว้ = C_d. N.p.Pa = 300 N.p.Pa

พิจารณาค่าปฏิเสธลอต (C_r) ได้ดังนี้

ค่าปฏิเสธลอต หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่โรงงานตัวอย่างต้องรับผิดชอบเมื่อลูกค้าพบชิ้นงานเสีย เช่น ค่าขนส่งสินค้าใหม่ไปทดแทน, ค่าขนส่งกลับ, ค่าตรวจสอบ, ค่าซ่อม, ค่าสูญเสียในกระบวนการผลิต ซึ่งขึ้นอยู่กับข้อตกลงทางการค้าที่ได้ตกลงไว้

สำหรับโรงงานกรณีศึกษา มีค่าใช้จ่ายที่เป็นค่าปฏิเสธลอตประกอบด้วย

ค่าปฏิเสธลอต (C_r) = ค่าแรงพนักงานตรวจสอบ + ค่าแรงพนักงานวิเคราะห์และซ่อมชิ้นงาน + ค่าสูญเสียในกระบวนการผลิต + ค่าชิ้นงานเสีย

สมมุติในที่นี้ กำหนดค่าปฏิเสธลอตงาน (C_r) เท่ากับ 10,300 บาท ซึ่งเป็นค่าปฏิเสธลอตขั้นต่ำที่ต้องจ่ายให้กับลูกค้าเมื่อลูกค้าปฏิเสธลอตนั้น

ค่าปฏิเสธลอตโดยเฉลี่ยลอตหนึ่งๆ คือ C_r (1-Pa)

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายรวม (Total cost, TC) = $C_i . n + C_d . N.p.Pa + C_r (1-Pa)$

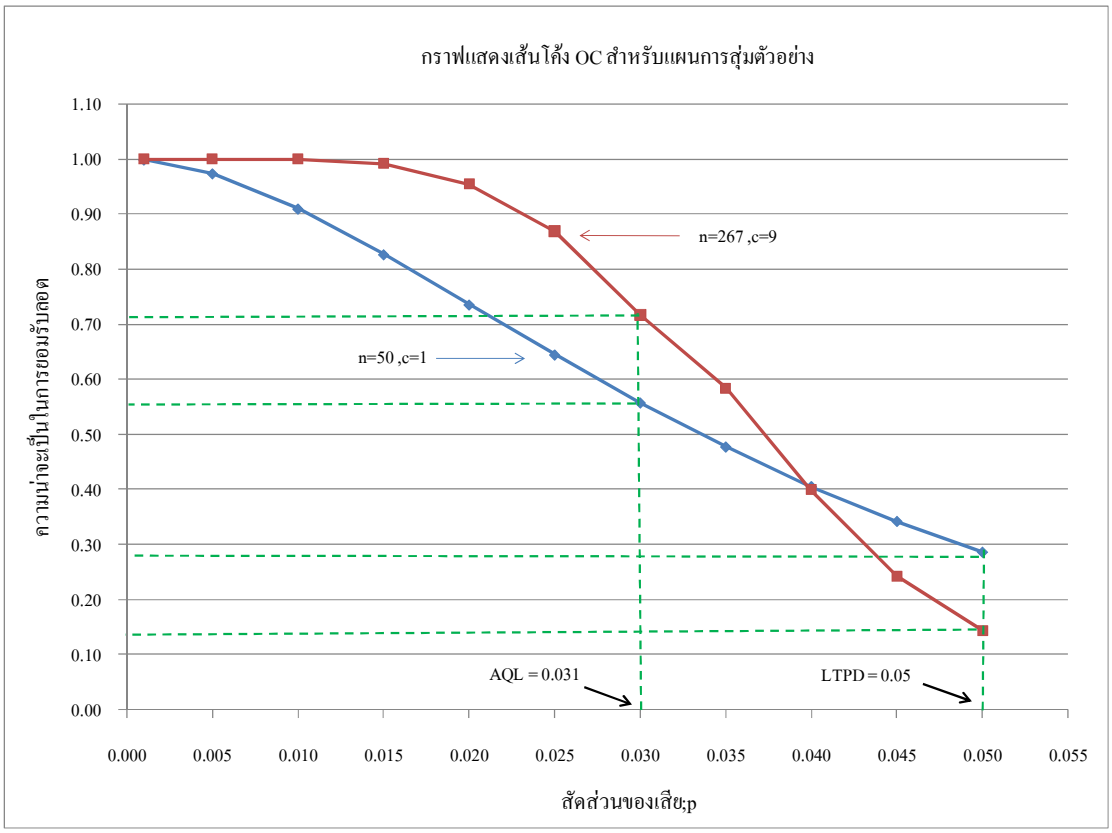
ผลการคำนวณค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากแผนการสุ่มที่กำหนดขึ้นจากค่า AOQL นั้นได้สรุปไว้ในตารางที่ 4.5 พบว่า จากผลการคำนวณค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นของแผนการสุ่มตัวอย่างที่ n=267 และ c=9 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุด คือ มีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 4,076.88 บาท เนื่องด้วยใช้จำนวนตัวอย่างมากที่สุดจึงทำให้มีของเสียที่คาดว่าจะหลุดรอดออกไปจากการสุ่มตรวจสอบน้อยที่สุด ดังนั้นจึงได้เลือกแผนการสุ่มตัวอย่างนี้มาใช้พิจารณาเปรียบเทียบกับแผนการสุ่มตัวอย่างที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

ตาราง 4.5 ค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากแผนการสุ่มตัวอย่างที่กำหนดขึ้นจากค่า AOQL

c	n	ATI	ค่าตรวจสอบ	ค่าของเสีย	ค่าปฏิเสธลอต	ค่าใช้จ่ายรวม
1	81	323	206.72	1121.022	9269	10,596.742
2	118	329	210.56	1183.518	9061	10,455.078
3	151	332	212.48	1273.356	8762	10,247.836
4	178	334	213.76	1394.442	8359	9,967.202
5	201	329	210.56	1617.084	7618	9,445.644
6	221	325	208	1874.88	6760	8,842.88
7	239	322	206.08	2105.334	5993	8,304.414
8	254	319	204.16	2367.036	5122	7,693.196
9	267	267	170.88	3906	0	4,076.88

4.3 เปรียบเทียบแผนการสุ่มตัวอย่างด้วยเส้นโค้ง OC

จากแผนการสุ่มตัวอย่างทั้ง 2 แผน คือแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 ตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 ให้ค่า AOQL = 0.0147 เปอร์เซ็นต์ และแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 ที่กำหนดขึ้นใหม่จากค่า AOQL =0.005 เปอร์เซ็นต์ นำมาเปรียบเทียบด้วยการสร้างเส้นโค้ง OC ดังรูปที่ 4.5 พบว่าแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 ที่มี n =267 และ c = 9 จะให้ความน่าจะเป็นในการยอมรับลอตงานมากกว่าแผนการสุ่มตัวอย่างที่1 ซึ่งใช้อยู่ในปัจจุบันคือ n=50 และ c= 1 มีค่าอยู่ที่ 0.071 เปอร์เซ็นต์ และ 0.056 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อพิจารณารูปร่างของเส้นโค้ง OC จะเห็นว่าแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 มีความชันมากกว่ามากกว่าแผนการสุ่มตัวอย่างที่1 หมายความว่าจะมีความสามารถในการแยกลอตงานดีและเสียออกจากกัน (Discrimination)ได้ดีกว่าเมื่อสัดส่วนของเสียเพิ่มขึ้น ดังนั้นแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 เป็นแผนการสุ่มตัวอย่างที่ดีควรเลือกใช้งาน แต่แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 นี้มีขนาดตัวอย่างจำนวนมาก ดังนั้นจึงพิจารณาเรื่องความสามารถในการตรวจสอบและวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นกับแผนการสุ่มตัวอย่างร่วมด้วย



รูปที่ 4.5 แสดงเส้นโค้ง OC ของแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 (n=50, c=1)
และแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 (n=267, c=9)

พิจารณาค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นกับแผนการสุ่มตัวอย่าง ได้เปรียบเทียบไว้ในตารางที่ 4.6 จากค่าสัดส่วนของเสียเฉลี่ยในกระบวนการผลิตที่ได้ศึกษานี้เท่ากับ 0.031 เปอร์เซ็นต์ แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 ซึ่งเป็นแผนที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน คือ n=50 และ c=1 มีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 10,250.248 และแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 ซึ่งกำหนดตาม AOQL = 0.005 เปอร์เซ็นต์โดยได้เลือกใช้แผนการสุ่มตัวอย่างที่ n=267 และ c=9 นั้น มีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 4,076.88 บาท จะเห็นว่าแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 นี้มีค่าใช้จ่ายที่น้อยกว่ามากและควรที่จะเลือกใช้ แต่แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 นี้มีจำนวนตัวอย่างที่มากถึง 267 ชิ้น ทำให้เกิดปัญหาการตรวจสอบไม่ทันได้ ดังนั้นเมื่อเลือกใช้แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 จะต้องปรับวิธีการสุ่มตัวอย่างเพื่อให้สามารถตรวจสอบงานได้ทันกับแผนการส่งสินค้าให้กับลูกค้าซึ่งจะได้นำเสนอต่อไป

ตาราง 4.6 แสดงค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจาก
แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 (n=50, c=1) และแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 (n=267, c=9)

	c	n	ATI	ค่าตรวจสอบ	ค่าของเสีย	ค่าปฏิเสธลอต	ค่าใช้จ่ายรวม(บาท)
แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1	1	80	316	51.2	1203.048	8996	10,250.25
แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2	9	267	267	170.88	3906	0	4,076.88

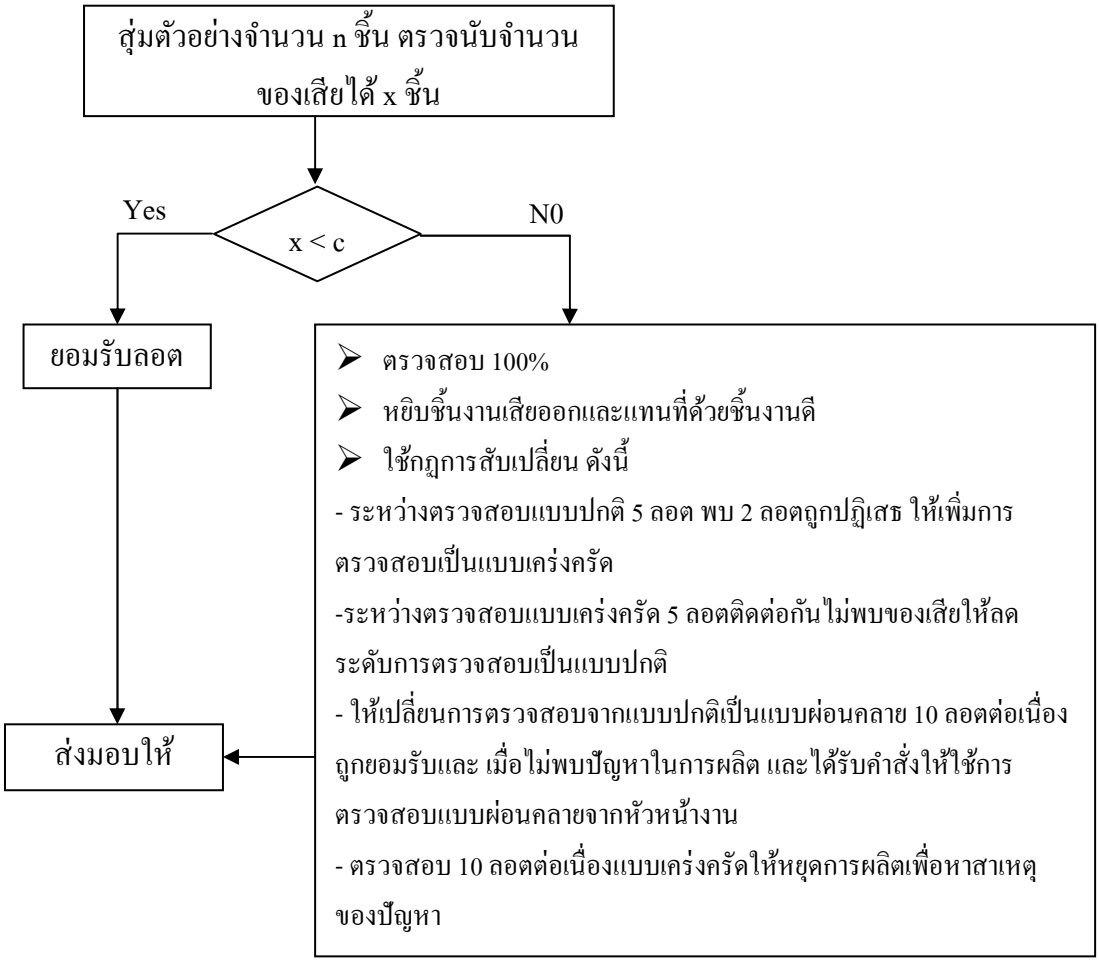
4.4 กำหนดมาตรฐานวิธีการใช้งานแผนการสุ่มตัวอย่าง

4.4.1 กำหนดมาตรฐานวิธีการใช้งานแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 ตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4

แผนการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 เลือกใช้แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยวกำหนดค่า AQL = 0.065 เปอร์เซ็นต์ การตรวจสอบเป็นแบบทั่วไประดับ II เพื่อให้ง่ายต่อการปฏิบัติงานของพนักงานตรวจสอบผู้วิจัยจึงได้ยกเอาแผนการสุ่มตัวอย่างจากตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 มาจัดทำเป็นมาตรฐานวิธีการทำงานดังได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.7 ในการตรวจสอบเริ่มต้นการตรวจสอบด้วยการตรวจสอบแบบปกติ แผนการสุ่มตัวอย่างที่ได้

จะเปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนขนาดลอตและจำนวนของเสียที่พบซึ่งจะเปลี่ยนเป็นแบบเคร่งครัดหรือผ่อนคลาย ตามกฎการสับเปลี่ยน

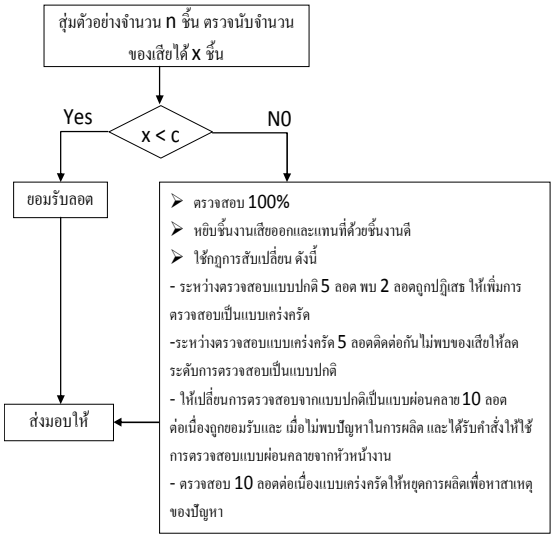
ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 ตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 อธิบายได้ดังแผนภาพ 4.6 แผนการสุ่มตัวอย่างได้กำหนด ขนาดตัวอย่างเท่ากับ n ชิ้นและจำนวนของเสียที่ยอมรับได้เท่ากับ c ชิ้น การสุ่มตัวอย่างขึ้นมาจากลอตงาน ถ้าตรวจพบของเสียจำนวน x ชิ้น แล้วพบว่าจำนวนของเสียมีค่ามากกว่าค่า c ที่กำหนดไว้ ลอตสินค้านั้นจะถูกตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นให้พิจารณากฎการสับเปลี่ยนสำหรับกำหนดแผนการสุ่มตัวอย่างให้กับลอตงานที่จะถูกตรวจสอบถัดไป สำหรับลอตงานที่ไม่พบของเสียหรือมีจำนวนของเสียน้อยกว่าหรือเท่ากับค่า c ที่กำหนดไว้ ให้ยอมรับลอตงานนั้นได้



รูปที่ 4.6 ผังแสดงขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างของแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 ตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4

ตาราง 4.7 มาตรฐานวิธีการสุ่มตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 ตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4

แผนก : ควบคุมคุณภาพ	เรื่อง : มาตรฐานวิธีการสุ่มตัวอย่างเพื่อการตรวจสอบด้วยสายตา									
วิธีการทำงาน	ตารางการสุ่มตัวอย่างสำหรับตรวจสอบ (AQL = 0.065%)									ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่าง
ให้พนักงานตรวจสอบปฏิบัติตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้ 1.กำหนดค่าขนาดลอตในช่อง “ขนาดลอด” และระดับการสุ่ม เริ่มต้นการสุ่มด้วยระดับปกติเสมอ 2.อ่านค่าจำนวนตัวอย่างในช่อง “จำนวนสุ่ม” และจำนวนของเสียที่ยอมให้มีได้ (c) ในช่องจำนวนยอมรับและช่องจำนวนปฏิเสธ 3. สุ่มชิ้นงานตามจำนวนในข้อ (2) 4. ทำการตรวจสอบชิ้นงานใต้กล้องที่มีกำลังขยาย 5 เท่านับจำนวนชิ้นงานเสีย และให้จัดการกับลอตงานดังนี้ 4.1 ไม่พบชิ้นงานเสียให้ **ยอมรับลอต** นั้น 4.2 ตรวจพบจำนวนชิ้นงานเสียมากกว่า 1 ชิ้น ให้ **ปฏิเสธลอต** 4.3 แจ้งหัวหน้างานและฝ่ายผลิต เพื่อทำการตรวจสอบลอตนั้น 100 เปอร์เซ็นต์ สำหรับของเสียที่ตรวจพบให้หยิบออกและทดแทนชิ้นงานเสียด้วยชิ้นงานดี 4.4 ให้ใช้กฎการสับเปลี่ยนกับลอตงานถัดไปและปฏิบัติตามกฎการสับเปลี่ยน 5.ลอตงานที่ถูกปฏิเสธและตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์แล้วให้ส่งเข้า QC สุ่มตรวจสอบอีกครั้ง	ระดับ	แบบเข้มงวด(Tighten)			แบบปกติ (Normal)			แบบผ่อนคลาย(Reduce)			1. การใช้กฎการสับเปลี่ยน ให้พนักงานปฏิบัติตามเงื่อนไขในแผนภาพด้านล่างนี้ เริ่มการตรวจสอบ ให้พนักงานเลือกระดับการตรวจสอบ ที่ ระดับปกติ เสมอ
	ขนาดลอต	จำนวนสุ่ม	จำนวนยอมรับ	จำนวนปฏิเสธ	จำนวนสุ่ม	จำนวนยอมรับ	จำนวนปฏิเสธ	จำนวนสุ่ม	จำนวนยอมรับ	จำนวนปฏิเสธ	
	2-8	2	0	1	2	0	1	2	0	1	
	9-15	3	0	1	3	0	1	2	0	1	
	16-25	5	0	1	5	0	1	2	0	1	
	26-50	8	0	1	8	0	1	3	0	1	
	51-90	13	0	1	13	0	1	5	0	1	
	91-150	20	0	1	20	0	1	8	0	1	
	151-280	32	0	1	32	0	1	13	0	1	
	281-500	50	0	1	50	0	1	20	0	1	
	501-1200	80	0	1	80	0	1	32	0	1	
	1201-3200	125	0	1	125	0	1	50	0	1	
	3201-10000	200	0	1	200	0	1	80	0	1	
	10001-35000	315	0	1	315	0	1	125	0	1	



การใช้ตารางสุ่มตัวอย่าง :

1. เลือก “ขนาดลอต” ในช่องขนาดลอดและ หาขนาดสุ่ม n และเลขยอมรับ c
2. เริ่มการตรวจสอบด้วย ระดับปกติ และให้เปลี่ยนระดับการตรวจสอบตามกฎการสับเปลี่ยน

4.4.2 กำหนดมาตรฐานวิธีการใช้งานแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 แผน AOQL

แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 มีจำนวนตัวอย่างเท่ากับ 267 ชิ้นที่ต้องสุ่มขึ้นมาตรวจสอบ ซึ่งเป็นจำนวนที่มากส่งผลต่อความสามารถในการตรวจสอบของระบบการตรวจสอบของโรงงานกรณีศึกษาทำงานได้ไม่ทันกำหนด ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลการผลิตของ ชิ้นงานแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์บอร์ด 7 มาพิจารณา ดังนี้ ชิ้นงานแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์บอร์ด 7 มีจำนวนชิ้นงานต่อกล่องเท่ากับ 21 ชิ้น ใน 1 พาเรทมีงานทั้งหมด 20 กล่องหรือ 420 ชิ้นต่อ 1 พาเลท โดยชิ้นงานถูกแพ็คลงกล่องและออกจากกระบวนการผลิต 1 กล่องทุกๆ 15 นาที

สายการผลิตนี้มีความสามารถในการผลิตงาน

1 กล่อง ใช้เวลาโดยเฉลี่ย 15 นาที

1 พาเลท = 20 กล่อง

1 กล่อง = 21 ชิ้น

ดังนั้น 1 พาเลท จะใช้เวลา เท่ากับ 300 นาทีหรือ 5 ชั่วโมง

1 ชั่วโมง จะมีงานออกจากกระบวนการจำนวน 4 กล่อง

ผู้วิจัยต้องการสุ่มชิ้นงานจำนวน 267 ชิ้นจาก 1 พาเลท ในเวลาทั้งหมด 5 ชั่วโมง

ดังนั้น 267 ชิ้น เท่ากับ 13 กล่องในเวลา 5 ชั่วโมง

1 ชั่วโมง ต้องสุ่ม 13/5 = 3 กล่อง

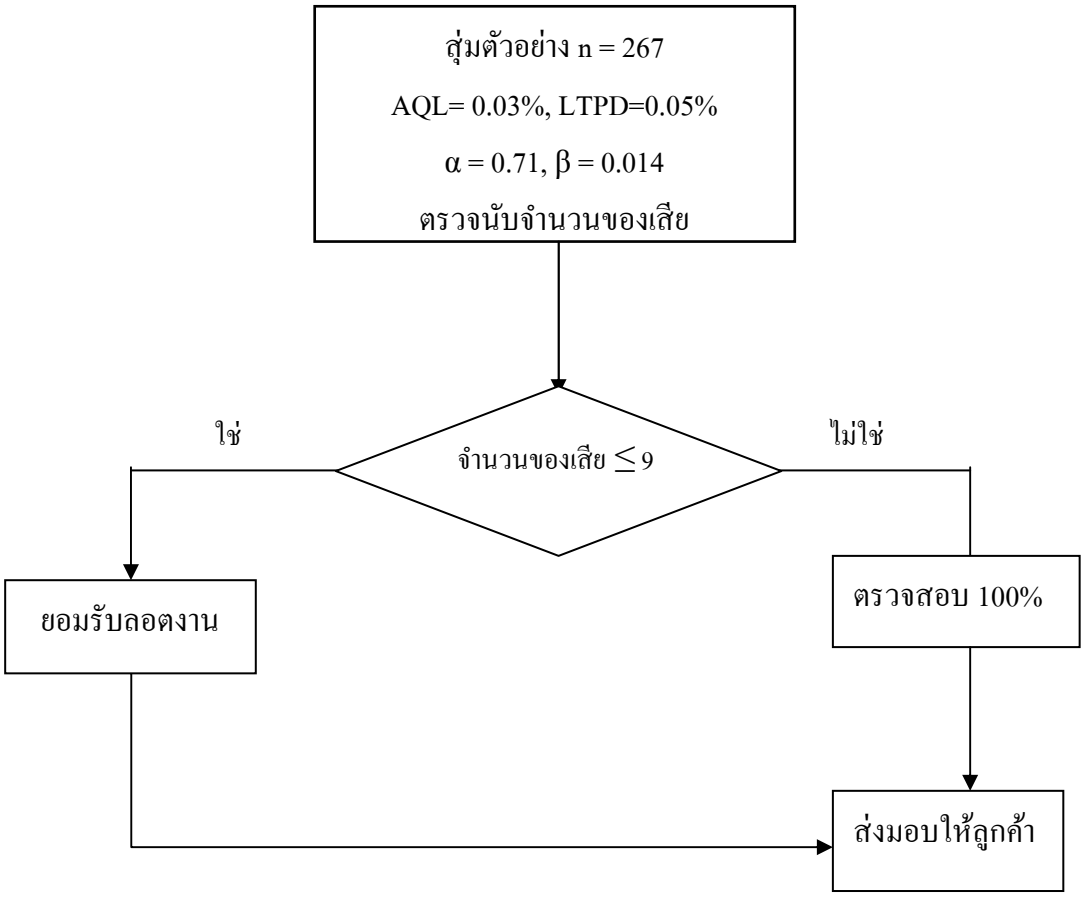
ดังนั้น ในการผลิตงาน 1 พาเลทจะถูกสุ่มขึ้นมาตรวจสอบเท่ากับ 3x5 = 15 กล่อง

แต่ละกล่องที่สุ่มไปตรวจสอบจะต้องหยิบชิ้นงานจำนวน 267/15 = 18 ชิ้น

สรุปวิธีการสุ่มตัวอย่างชิ้นงานขึ้นมาจากลอตงานใน 1 พาเลท จำนวน 3 กล่อง ทุกๆ ชั่วโมง ในแต่ละกล่องให้หยิบขึ้นมาตรวจสอบจำนวน 18 ชิ้น ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.8 ตรวจสอบนี้เป็นการสุ่มเพื่อยอมรับงานเป็นพาเลท ในกรณีที่พบของเสียมากกว่าจำนวนที่ยอมรับได้จะทำการตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์กับพาเลทที่ถูกปฏิเสธนี้เท่านั้น และได้กำหนดมาตรฐานวิธีการสุ่มตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 นี้ดังรูปที่ 4.7 และในตารางที่ 4.9

ตาราง 4.8 แผนการสุ่มชิ้นงานเพื่อสุ่มตรวจสอบ

การสุ่มทุกชั่วโมง	จำนวนสุ่ม(กล่อง)	หยิบชิ้นงานต่อกล่อง (ชิ้น)	จำนวนตัวอย่างรวม
1	3	18	54
2	3	18	54
3	3	18	54
4	3	18	54
5	3	17	51
รวม			267



รูปที่ 4.7 ผังแสดงขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างของแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2

ตาราง 4.9 มาตรฐานวิธีการสุ่มตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 แผน AOQ

แผนก : ควบคุมคุณภาพ

เรื่อง : มาตรฐานวิธีการสุ่มตัวอย่างเพื่อการตรวจสอบด้วยสายตา

วิธีการทำงาน

ให้พนักงานปฏิบัติตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

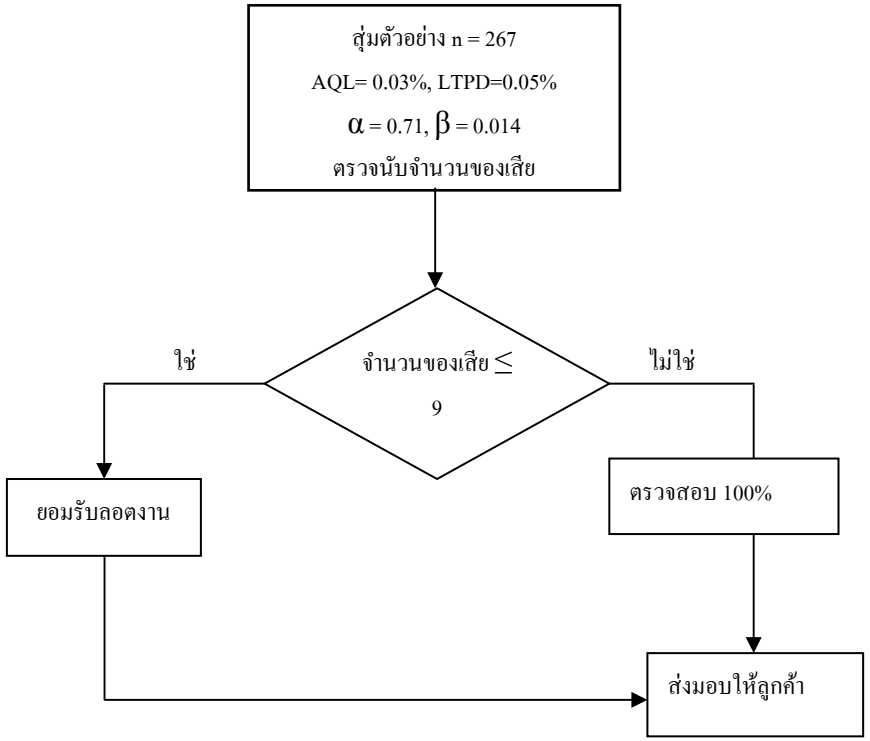
1. การสุ่มหยิบชิ้นงานให้ปฏิบัติดังนี้

การสุ่มทุกชั่วโมง	จำนวนสุ่ม(กล่อง)	หยิบชิ้นงานต่อกล่อง (ชิ้น)	จำนวนตัวอย่างรวม
1	3	18	54
2	3	18	54
3	3	18	54
4	3	18	54
5	3	17	51
รวม			267

2. ตรวจสอบชิ้นงานแต่ละชิ้นด้วยสายตาผ่านกล้องที่มีกำลังขยาย 5 เท่า และให้ปฏิบัติตามมาตรฐานวิธีการตรวจสอบ
3. การจัดการกับลอตให้พิจารณาตามจำนวนของเสียที่พบและให้ปฏิบัติดังนี้
   3.1 พบชิ้นงานเสียน้อยกว่าหรือเท่ากับ 9 ชิ้นให้ **ยอมรับลอต**
   3.2 พบชิ้นงานเสียมากกว่า 9 ชิ้นขึ้นไป ให้ทำการ **ปฏิเสธลอต** แล้ววางบอกสถานะของลอตงานนั้นและให้แจ้งหัวหน้างานและฝ่ายผลิตทันที เพื่อทำการตรวจสอบลอตนั้น 100 เปอร์เซ็นต์

ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่าง

แผนผังแสดงขั้นตอนการสุ่มตรวจสอบ ดังนี้



4.5 การประเมินแผนการสุ่มตัวอย่างโดยการสุ่มตรวจสอบและวิเคราะห์ค่าใช้จ่าย

ในขั้นตอนการประเมินการนำแผนการสุ่มตัวอย่างไปใช้งานนั้น ได้นำงานจำนวน 5 ลอต มาทดลองสุ่มตัวอย่างและคำนวณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น จากจำนวนของเสียที่ตรวจพบจากการสุ่มตัวอย่างและจำนวนของเสียที่หลุดรอดจากการสุ่มตรวจสอบด้วยวิธีการตรวจสอบลอตงานทั้ง 5 ลอตนั้น 100 เปอร์เซ็นต์

ค่าของเสียในลอต = C_d = 300 บาทต่อชิ้น

ค่าปฏิเสธลอตงาน (C_r) = 10,000 + 300 x บาท

การสุ่มตัวอย่างมีโอกาสที่จะยอมรับลอต 2 ลักษณะ กล่าวคือ

1. ยอมรับโดยการสุ่มตัวอย่างสุ่ม ค่าใช้จ่ายขึ้นอยู่กับคุณภาพของลอตนั้น ซึ่งถ้าคุณภาพเปลี่ยนไปจะมีผลทำให้ค่าใช้จ่ายเปลี่ยนไปด้วย

ค่าสุ่มตรวจสอบ = ค่าตรวจสอบ + ค่าของเสีย + ค่าปฏิเสธลอต

= $C_i.n + C_d.x + C_r$

เมื่อ n คือ จำนวนตัวอย่าง

x คือ จำนวนของเสียที่ตรวจพบ

2. ยอมรับโดยการตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเกิดขึ้นในกรณีที่ลอตถูกปฏิเสธ ดังนั้นจึงบอกได้ว่าไม่มีของเสียหลงเหลืออยู่ในลอต ดังนั้นค่าตรวจสอบจึงมาจากค่าตรวจสอบชิ้นงานทุกชิ้น

ค่าตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์ = $C_i . N$

4.5.1 ประเมินแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 ตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4

แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 ตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 เป็นแผนการสุ่มที่โรงงานกรณีศึกษาได้ใช้งานอยู่ในปัจจุบันผู้วิจัยนำมาพิจารณาเพื่อเป็นแผนเปรียบเทียบ การประเมินโดยการกำหนดลอตงานจำนวน 5 ลอตนำมาสุ่มตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 โดยแต่ละลอตมีขนาด 420 ชิ้นและจะถูกหยิบชิ้นงานตัวอย่างจำนวน 50 ชิ้น จำนวนของเสียที่ยอมให้เกิดขึ้นได้จำนวน 1 ชิ้น ผลการประเมินการใช้งานแผนการสุ่มตัวอย่างนี้ได้แสดงไว้ในตาราง 4.10 และสามารถสรุปผลการสุ่มตรวจสอบได้ดังนี้

1. สุ่มตัวอย่างจำนวน 5 ลอต มีลอตถูกปฏิเสธจำนวน 3 ลอต ซึ่งทำให้ต้องทำการตรวจสอบลอตนั้นทุกชิ้น

2. จำนวนตัวอย่างที่ต้องตรวจสอบทั้งหมดจากการใช้แผนการสุ่มนี้จำนวน 1,360 ชิ้น

3. เวลาที่ใช้ในการตรวจสอบ ได้ดังนี้

ให้เวลาที่ใช้ในการตรวจสอบต่อชิ้น เท่ากับ 30 วินาที ดังนั้นจะใช้เวลาในการตรวจสอบทั้งหมด 30x 1,360 เท่ากับ 40,800 วินาที

4. จำนวนของเสียหลุดรอดจากการสุ่มตรวจสอบจำนวน 43 ชิ้น

ตาราง 4.10 ผลการทดลองใช้แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 กับลอตงานจำนวน 5 ลอต

ลอตที่	ขนาดลอต	แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1			ผลการสุ่มตัวอย่าง		จำนวนของเสียทั้งหมดในลอต (ตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์)	จำนวนของเสียผ่านออกจากการสุ่มตรวจสอบ	จำนวนตรวจสอบทั้งหมด
		จำนวนสุ่ม	จำนวนของเสียที่ยอมรับได้ (c)	ระดับการสุ่มการตรวจสอบ	จำนวนของเสียที่ตรวจพบ	การตัดสินใจ			
1	420	50	1	ปกติ	3	ปฏิเสธ	27	24	420
2	420	50	1	ปกติ	9	ปฏิเสธ	19	0	420
3	420	50	1	เคร่งครัด	0	ยอมรับ	8	8	50
4	420	50	1	เคร่งครัด	3	ปฏิเสธ	15	0	420
5	420	50	1	เคร่งครัด	0	ยอมรับ	11	11	50

จากข้อมูลผลการสุ่มตัวอย่างของแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 ตาราง 4.12 มีลอตจำนวน 3 ลอต จากจำนวน 5 ลอต คือ ลอตที่ 1,2 และ 4 ต้องถูกตรวจสอบทุกชิ้น จำนวนชิ้นงานถูกตรวจสอบทั้งหมดจำนวน 1,360 ชิ้น นั่นคือมีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้น 2 ส่วนจากการตรวจสอบด้วยแผนนี้ คือ ค่าใช้จ่ายจากการตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์ และ ค่าใช้จ่ายการสุ่มตรวจสอบ จึงคำนวณค่าใช้จ่ายได้ดังนี้

1. ค่าใช้จ่ายที่เกิดกับลอตที่ถูกตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์

มีลอตจำนวน 3 ลอตจากจำนวน 5 ลอต คือ ลอตที่ 1, 2 และ 4 ต้องถูกตรวจสอบทุกชิ้น ทำให้มีชิ้นงานจำนวน 1,260 ชิ้นถูกตรวจสอบ

ค่าตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์ = $C_i . N$ = 0.64 x 1,260 = 806.4 บาท

2. ค่าใช้จ่ายที่เกิดกับลอตที่ถูกยอมรับโดยการสุ่ม

ลอตงานจำนวน 2 ลอต คือ ลอตที่ 3 และลอตที่ 5 ถูกยอมรับให้ส่งออกไป เมื่อทำการตรวจสอบลอตนั้น 100 เปอร์เซ็นต์พบว่ามีของเสียในลอตงานนั้นทั้งหมด 19 ชิ้น จึงคิดเป็นค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นได้ดังนี้

ซึ่งจะพิจารณาจากค่าสัดส่วนของเสียที่พบในลอตงานนั้น ดังนี้

พิจารณาค่าใช้จ่ายสำหรับลอตที่ 3 ไม่พบของเสียจากการสุ่มตัวอย่างจำนวน 50 ชิ้น ผลการตรวจสอบลอตนั้น 100 เปอร์เซ็นต์พบของเสียเพิ่มอีก 8 ชิ้น นั่นคือ

C_r = 10,000 + 300x8 = 12,400 บาท แทนค่าในสมการค่าใช้จ่ายรวม (Total cost, TC)

TC = $C_i.n + C_d.x + C_r$

= 0.64x50 + 0 + 12,400

= 32 +12,400 = 12,432 บาท

รวมเป็นเงิน 12,432 บาท

พิจารณาค่าใช้จ่ายสำหรับลอตที่ 5 ไม่พบของเสียจากการสุ่มตัวอย่างจำนวน 50 ชิ้น ผลการตรวจสอบลอตนั้น 100 เปอร์เซ็นต์พบของเสียเพิ่มอีก 11 ชิ้น นั่นคือ

C_r = 10,000 + 300x11 = 13,300 บาท แทนค่าในสมการค่าใช้จ่ายรวม (Total cost, TC)

TC = $C_i.n + C_d.x + C_r$

= 0.64x50 + 0 + 13,300

= 32 + 0 + 13,300 = 13,332 บาท

รวมเป็นเงิน 13, 332 บาท

ดังนั้น รวมค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการสุ่มตรวจสอบ เท่ากับ 25,764 บาท

จากการทดลองใช้แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 กับลอตงานจำนวน 5 ลอต มีค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดที่คาดว่าจะเกิดขึ้นคิดเป็นเงิน 806.4 + 25,764 เท่ากับ 26,570.4 บาท

4.5.2 ประเมินแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 แผน AOQL

แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 แผน AOQL เป็นแผนการสุ่มตัวอย่างที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นจากค่า AOQL= 0.005 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแผนการสุ่มตัวอย่างที่เลือกใช้มีขนาดตัวอย่าง

เท่ากับ 267 ชิ้นและจำนวนของเสียที่ยอมรับให้เกิดขึ้นได้ในลอตเท่ากับ 9 ชิ้น การประเมินโดยการกำหนดลอตงานจำนวน 5 ลอตนำมาสุ่มตรวจสอบด้วยวิธีการสุ่มของแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 โดยแต่ละลอตมีขนาด 420 ชิ้น ผลการประเมินการใช้งานแผนการสุ่มตัวอย่างนี้ได้แสดงไว้ในตาราง 4.11 และสามารถสรุปผลการสุ่มตรวจสอบได้ดังนี้

1. สุ่มตัวอย่างจำนวน 5 ลอต มีลอตถูกปฏิเสธจำนวน 3 ลอต ซึ่งทำให้ต้องทำการตรวจสอบลอตนั้นทุกชิ้น
2. จำนวนตัวอย่างที่ต้องตรวจสอบทั้งหมดจากการใช้แผนการสุ่มนี้จำนวน 1,794 ชิ้น
3. เวลาที่ใช้ในการตรวจสอบ ได้ดังนี้

   ให้เวลาที่ใช้ในการตรวจสอบต่อชิ้น เท่ากับ 30 วินาที ดังนั้นจะใช้เวลาในการตรวจสอบทั้งหมด 30x 1, 794 เท่ากับ 53,820 วินาที
4. ของเสียทั้งหมดถูกตรวจพบจากการสุ่มตรวจสอบ

ตาราง 4.11 ผลการทดลองใช้แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 กับลอตงานจำนวน 5 ลอต

ลอตที่	ขนาดลอต	แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2		ผลการสุ่มตัวอย่าง		จำนวนของเสียทั้งหมดในลอต (ตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์)	จำนวนของเสียหลุดรอดจากการสุ่มตรวจสอบ	จำนวนตรวจสอบทั้งหมด
		จำนวนสุ่ม	จำนวนของเสียที่ยอมรับได้ (c)	จำนวนของเสียที่ตรวจพบ	การตัดสินใจ			
1	420	267	9	27	ปฏิเสธ	27	0	420
2	420	267	9	19	ปฏิเสธ	19	0	420
3	420	267	9	8	ยอมรับ	8	0	267
4	420	267	9	15	ปฏิเสธ	15	0	420
5	420	267	9	7	ยอมรับ	11	4	267

จากข้อมูลผลการสุ่มตัวอย่างของแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 ตาราง 4.13 มีลอตจำนวน 3 ลอตจากจำนวน 5 ลอต คือ ลอตที่ 2, 4 และ 5 ต้องถูกตรวจสอบทุกชิ้น จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ต้องถูกตรวจสอบจำนวน 1,794 ชิ้น นั่นคือมีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นจากการตรวจสอบชิ้นงานและค่าของเสียที่ตรวจพบ จึงคำนวณค่าใช้จ่ายได้ดังนี้

1. ค่าใช้จ่ายที่เกิดกับลอตที่ถูกตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์

มีลอตจำนวน 3 ลอตจากจำนวน 5 ลอต คือ ลอตที่ 1, 2 และ 4 ต้องถูกตรวจสอบทุกชิ้น ทำให้มีชิ้นงานจำนวน 1,260 ชิ้นถูกตรวจสอบ

ค่าตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์ = $C_i . N$ = 0.64 x 1,260 = 806.4 บาท

2. ค่าใช้จ่ายที่เกิดกับลอตที่ถูกยอมรับโดยการสุ่ม

ลอตงานจำนวน 2 ลอต คือ ลอตที่ 3 และลอตที่ 5 ถูกยอมรับให้ส่งออกไป เมื่อทำการตรวจสอบลอตนั้น 100 เปอร์เซ็นต์พบว่ามีของเสียในลอตงานนั้นทั้งหมด 4 ชิ้น จึงคิดเป็นค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นได้ดังนี้

ซึ่งจะพิจารณาจากค่าสัดส่วนของเสียที่พบในลอตงานนั้น ดังนี้

พิจารณาค่าใช้จ่ายสำหรับลอตที่ 3 ตรวจพบของเสียจำนวน 8 ชิ้นจากการสุ่มตัวอย่างจำนวน 267 ชิ้น ของเสียถูกตรวจพบทั้งหมดจากแผนการสุ่มตรวจสอบ นั่นคือ $C_r = 0$ บาท แทนค่าในสมการค่าใช้จ่ายรวม (Total cost,TC)

TC = $C_i.n + C_d.x + C_r$

= 0.64x267 + 300x8 + 0

= 170.88 +2,400 = 2,312.12 บาท

รวมเป็นเงิน 2,312.12 บาท

พิจารณาค่าใช้จ่ายสำหรับลอตที่ 5 ซึ่งตรวจพบของเสียจำนวน 11 ชิ้นจากการสุ่มตัวอย่างจำนวน 267 ชิ้น ผลการตรวจสอบลอตนั้น 100 เปอร์เซ็นต์พบของเสียเพิ่มอีก 4 ชิ้น นั่นคือ C_r = 10,000 + 300x4 = 11,200 บาท แทนค่าในสมการค่าใช้จ่ายรวม (Total cost, TC)

TC = $C_i.n + C_d.x + C_r$

= 0.64x267 + 300x11 + 11,200

= 170.88 +3,300 + 11,200 = 14,670.88 บาท

รวมเป็นเงิน 14,670.88 บาท

ดังนั้น รวมค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการสุ่มตรวจสอบ เท่ากับ 16,983 บาท

จากการทดลองใช้แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 กับลอตงานจำนวน 5 ลอต มีค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดที่คาดว่าจะเกิดขึ้นคิดเป็นเงิน 806.4 + 16,983 เท่ากับ 17,789.4 บาท

จากผลการประเมินแผนการสุ่มตัวอย่างทั้งสองแผนได้สรุปไว้ในตารางที่ 4.12 พบว่าแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 ใช้เวลาและจำนวนชิ้นงานตรวจสอบน้อยกว่าแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 แต่เวลาและจำนวนตัวอย่างที่แตกต่างกันในระดับที่ไม่กระทบต่อกระบวนการผลิตและยังสามารถปฏิบัติงานได้ทั้งสองแผนการสุ่มตัวอย่าง ผลการคำนวณค่าใช้จ่ายนี้จะสูงกว่าผลที่ได้จากการคำนวณตามตามทฤษฎีเพราะใช้ผลการสุ่มตัวอย่างจริง ส่วนการคำนวณตามทฤษฎีนั้นจะใช้การประมาณค่าความน่าจะเป็น แต่ความแตกต่างของค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นมีค่าเป็นไปตามสัดส่วนดังเช่นการคำนวณตามทฤษฎี ผลการคำนวณค่าใช้จ่ายมีดังนี้ ในการตรวจสอบชิ้นงานของแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 มีค่าเท่ากับ 17,789.4 บาทซึ่งน้อยกว่าแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 แผนจากตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 ซึ่งมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 26,570.4 บาท ดังนั้นโรงงานกรณีศึกษาจึงควรเลือกใช้แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 ที่กำหนดขึ้นจาก AOQL = 0.005 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 4.12 สรุปผลการประเมินแผนการสุ่มตัวอย่างจากการสุ่มตรวจสอบงานจำนวน 5 ลอต

แผนการสุ่มตัวอย่างที่	จำนวนตัวอย่าง	เวลาที่ใช้	ค่าตรวจสอบ	ค่าของเสีย	ค่าปฏิเสธลอต	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)
1	1,360	40,800	870.4	0	25,700	26,570.4
2	1,794	53,820	1,147.76	6,700	11,200	17,789.4

4.6 สรุปผลการกำหนดแผนการสุ่มตัวอย่าง

โรงงานกรณีศึกษานี้การที่มีของเสียไปถึงกระบวนการของลูกค้านั่นก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายสูงมาก ดังนั้นการตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์ควรที่จะนำมาใช้ แต่การตรวจสอบงานทุกชิ้นก่อให้เกิดความเสียหายกับชิ้นงานแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จึงได้นำแผนการสุ่มตัวอย่างเข้ามาใช้งาน

แผนการสุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้ได้กำหนดมาจากตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 กำหนดระดับ AQL เท่ากับ 0.065 เปอร์เซ็นต์ ลอตงานที่ใช้มีขนาด 420 ชิ้น ดังนั้นแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 นี้ให้ค่า n =50 และ c = 1 แผนการสุ่มตัวอย่างนี้ให้ค่าระดับคุณภาพลอตงานหลังจากสุ่มตรวจสอบสูงสุด (AOQL) เท่ากับ 0.0147 เปอร์เซ็นต์ โรงงานกรณีศึกษาต้องการให้ลอตงานที่ส่งออกไปมีระดับคุณภาพอยู่ที่ 0.005 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงได้กำหนดแผนการสุ่มตัวอย่างขึ้นใหม่จากค่า AOQL = 0.005 เปอร์เซ็นต์ โดยได้เลือกแผนการสุ่มที่ให้ค่าตรวจสอบเฉลี่ย (ATI) น้อยที่สุดและมีค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากแผนการสุ่มตัวอย่างนั้นน้อยที่สุด นั่นคือ แผนการสุ่มตัวอย่าง

ที่ 2 ที่กำหนดขึ้นมีค่า n =267 และ c = 9 แต่เนื่องด้วยจำนวนสุ่มที่มีจำนวนมากทำให้ต้องปรับรูปแบบการสุ่มตัวอย่างโดยได้กำหนดไว้ให้เป็นมาตรฐานการสุ่มตัวอย่างขึ้น

สุดท้ายได้นำแผนการสุ่มตัวอย่างทั้ง 2 แผนไปประเมินผลเพื่อเปรียบเทียบผลและเลือกแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมนั้น ได้ทดลองใช้สุ่มตัวอย่างกับงานจำนวน 5 ลอต พบว่า แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 ใช้เวลาและจำนวนชิ้นงานตรวจสอบน้อยกว่าแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 แต่เวลาและจำนวนตัวอย่างที่แตกต่างกันในระดับที่ไม่กระทบต่อกระบวนการผลิตและยังสามารถปฏิบัติงานได้ทั้งสองแผนการสุ่มตัวอย่าง เมื่อพิจารณาในเรื่องค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบชิ้นงานของแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 มีค่าเท่ากับ 11,678.68 บาทซึ่งน้อยกว่าแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 แผนจากตารางมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 ซึ่งมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 23,616.62 บาท ดังนั้นโรงงานกรณีศึกษาจึงควรเลือกใช้แผนการสุ่มตัวอย่างที่ 2 มีค่า n =267 และ c = 9 โดยการสุ่มชิ้นงานทุกๆ 1 ชั่วโมง ชั่วโมงละ 3 กล่อง โดยให้หยิบงานจำนวน 18 ชิ้นต่อ 1 กล่อง ในการยอมรับหรือปฏิเสธลอตงาน 1 ลอตหมายถึง 1 พาเลท เมื่อพบของเสียมากกว่า 9 ชิ้นให้ทำการตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์เฉพาะพาเลทนั้น

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาวิธีการสุ่มตรวจสอบสำหรับแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีมาตรฐานในการตรวจสอบด้วยสายตาและกำหนดแผนการสุ่มตรวจสอบเพื่อลดจำนวนของเสียที่จะส่งถึงมือลูกค้า เริ่มต้นด้วยการศึกษาความสามารถของระบบการวัดซึ่งได้ทำการประเมินผลและวิเคราะห์ผลระบบการตรวจสอบของโรงงานกรณีศึกษานี้ จากนั้นได้กำหนดแผนการสุ่มตัวอย่าง สุดท้ายประเมินผลการใช้แผนการสุ่มตัวอย่างด้วยการวิเคราะห์ค่าใช้จ่าย ซึ่งผลที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ได้ข้อสรุปตามลำดับดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในขั้นตอนแรกของงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาระบบการวัดที่มีอิทธิพลต่อผลการตรวจสอบ เมื่อนำเอาแผนการสุ่มตัวอย่างมาประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ระบบการวัดของโรงงานกรณีศึกษาเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณลักษณะ คุณลักษณะที่ศึกษาเป็นลักษณะอาการเสียของชิ้นงานแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ที่การตรวจสอบขึ้นอยู่กับพนักงานตรวจสอบ ผลการวิเคราะห์ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพการตรวจสอบของระบบการวัด โดยผลการประเมินครั้งแรกพบว่าพนักงานมีความสามารถในการตรวจสอบที่แตกต่างกันอย่างมากดูได้จากผลของค่าดัชนีไบอัสและรีพีททะบิลิตี้ และผลการตรวจสอบก็ไม่สอดคล้องกันเลยดูได้จากผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ Kappa ทำให้ผู้วิจัยต้องทำการปรับปรุงการตรวจสอบของพนักงานทุกคนใหม่ และทำการทดสอบอีกครั้ง

ผลการวิเคราะห์หลังจากได้ปรับปรุงระบบการวัด การประเมินผลด้วยค่าดัชนีต่างๆ ได้แก่ ค่าเปอร์เซ็นต์รีพีททะบิลิตี้ ค่าเปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัส ค่าเปอร์เซ็นต์ความมีประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ และค่าเปอร์เซ็นต์ความมีประสิทธิผลด้านไบอัส ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด แสดงว่า การตรวจสอบของพนักงานมีความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ส่วนการวิเคราะห์ได้ใช้วิธีการวิเคราะห์ผลการตรวจสอบระหว่างพนักงานแต่ละคู่ ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ Kappa เพื่อพิจารณาถึงอิทธิพลร่วมระหว่างพนักงานตรวจสอบจากการที่พนักงานตรวจสอบทำการตรวจสอบชิ้นงานชิ้นเดียวกันได้ผลแตกต่างกันหรือไม่ พบว่า ผลการตรวจสอบของพนักงานทุกคู่สามารถตรวจสอบได้ผลที่เหมือนกันเป็นอย่างดีและอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ ส่วนการพิจารณาความสามารถในการตัดสินใจของพนักงานด้วยค่าดัชนี ได้แก่ ดัชนีความมีประสิทธิผลของพนักงาน ดัชนีการตรวจสอบ

ที่ปฏิเสธอย่างผิดพลาด และดัชนีการตรวจสอบที่ยอมรับอย่างผิดพลาด พบว่า พนักงานตรวจสอบทุกคนสามารถตรวจสอบได้ถูกต้องทุกครั้งที่ตรวจซ้ำและอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จึงสามารถสรุปได้ว่า สามารถยอมรับระบบการตรวจสอบของโรงงานกรณีศึกษานี้ได้

จากการประเมินระบบการวัดทำให้พบว่าการตรวจสอบของพนักงานมีการเปลี่ยนแปลงได้เสมอและเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อคุณภาพของชิ้นงานแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ส่งออกไปยังลูกค้า การควบคุมการตรวจสอบของพนักงานให้อยู่ตามเกณฑ์สามารถทำได้ โดยการประเมินพนักงานเป็นช่วงๆ ในช่วงแรกของโรงงานกรณีศึกษาผู้วิจัยนำเสนอให้ทำการประเมินทุกๆ 3 เดือนจะต้องดำเนินการประเมินการตรวจสอบของพนักงาน

การกำหนดพารามิเตอร์ให้กับแผนการสุ่มตัวอย่างควรกำหนดให้สอดคล้องกับระดับคุณภาพของกระบวนการนั้นๆ การใช้แผนการสุ่มตัวอย่างจึงจะมีประสิทธิภาพ ดังเช่นการวิจัยนี้ในตอนแรกได้ใช้แผนการสุ่มตัวอย่างที่ทำให้ได้ระดับคุณภาพที่ผ่านออกเฉลี่ยจากแผนการสุ่มตัวอย่างน้อยกว่าระดับคุณภาพที่ต้องการส่งผลให้มีของเสียหลุดลอดไปถึงลูกค้าจำนวนมาก การกำหนดแผนการสุ่มตัวอย่างขึ้นใหม่ด้วยระดับคุณภาพผ่านออกเฉลี่ย (AOQL) ทำให้แผนการสุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้มีประสิทธิภาพมากขึ้นในการดักของเสีย และมีค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบลดลงได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์

การประเมินผลด้วยค่าใช้จ่ายเป็นอีกเกณฑ์หนึ่งที่ควรนำมาพิจารณาเลือกแผนการสุ่มตัวอย่าง เนื่องจากผู้ผลิตโดยส่วนใหญ่มุ่งที่จะทำให้เกิดต้นทุนในการผลิตน้อยที่สุดและให้ได้ผลกำไรมากที่สุด จากการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบพบว่า ค่าใช้จ่ายสำหรับกระบวนการผลิตที่ศึกษานี้เกิดขึ้นได้จาก 3 ส่วนคือ ค่าตรวจสอบ ค่าของเสียและค่าปฏิเสธลอต ค่าปฏิเสธลอตจะเกิดขึ้นเมื่อมีของเสียหลุดรอดจากการตรวจสอบแล้วถูกตรวจพบโดยลูกค้าและเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบ ดังนั้นการเลือกแผนการสุ่มตัวอย่างที่มีประสิทธิภาพในการดักของเสียไม่ให้หลุดออกไปจากกระบวนการเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องพิจารณานำไปสู่การลดมูลค่าความสูญเสียให้กับกระบวนการผลิตและลูกค้าพึงพอใจได้

5.2 ข้อจำกัดในงานวิจัย

1. การใช้แผนการสุ่มตัวอย่างสำหรับโรงงานกรณีศึกษาเป็นการเริ่มต้นใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง ทำให้มีจำนวนชิ้นงานที่ต้องทำการสุ่มตรวจสอบมากขึ้น และมีลอตงานที่ถูกปฏิเสธมากขึ้น ส่งผลให้ต้องทำการตรวจสอบลอตนั้น 100 เปอร์เซ็นต์มากขึ้น ทำให้ผู้ร่วมงานหลายคนไม่เข้าใจและต่อต้านการสุ่มตรวจสอบตามหลักการที่ผู้วิจัยนำเสนอ จึงต้องทำการอธิบายเหตุผลเพื่อปรับความเข้าใจทั้งตัวพนักงานและหัวหน้างาน

2. เป้าหมายคุณภาพที่ใช้ในการกำหนดแผนการสุ่มตัวอย่างที่ 1 เป็นเป้าหมายคุณภาพของแผนกควบคุมคุณภาพของโรงงานกรณีศึกษา

3. ในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายถึงจำนวนของเสียที่หลุดออกไปและมีโอกาสที่จะถูกตรวจพบนั้น ผู้วิจัยใช้การตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์โดยการจำลองสถานะการณ์ทดสอบชิ้นงานโดยการประกอบเข้ากับโทรทัศน์สีที่โรงงานกรณีศึกษา เนื่องจากลอตงานถูกส่งออกไปต่างประเทศโดยทางเรือซึ่งต้องใช้เวลานานในการเก็บข้อมูล

4. การตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์สำหรับลอตที่ถูกปฏิเสธจะทำการตรวจสอบเฉพาะอาการเสียที่ตรวจพบจากการสุ่มตัวอย่างและเฉพาะจุดที่พบปัญหาเท่านั้น ไม่ได้ทำการตรวจเช็คปัญหาทั้งแผ่นงานแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. การวิเคราะห์ระบบการวัดมีความจำเป็นต้องทำการประเมินเป็นระยะๆ ทั้งยังได้กระตุ้นตัวพนักงานให้มีความตื่นตัวในการใส่ใจถึงผลการตรวจสอบของตัวเอง และทำให้ผู้ทำการวิเคราะห์ได้เข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการผลิตอีกทางหนึ่งด้วย

2. แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยวในงานวิจัยฉบับนี้ ควรจะทำการวิจัยต่อในเรื่องการลดขนาดตัวอย่าง

3. แผนการสุ่มตัวอย่างควรจะปรับเปลี่ยนเป็นระยะให้สอดคล้องกับระดับคุณภาพของกระบวนการในแต่ละช่วง ซึ่งควรวิจัยต่อในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างแผนการสุ่มตัวอย่างกับระดับคุณภาพของกระบวนการ

รายการอ้างอิง

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) [ประมวลผลด้วย Minitab].พิมพ์ครั้งที่ 6.กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2545.

ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย.เอกสารประกอบคำสอนวิชา Quality control (QC).ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551. (อัดสำเนา)

นภัสวงค์ โรจนโรวรรณ.เอกสารประกอบคำสอนวิชาการปรับปรุงคุณภาพ (Quality Control). ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553. (อัดสำเนา)

วราภรณ์ ขำสนิท.การปรับปรุงค่าพารามิเตอร์สำหรับกระบวนการผลิตพลาสติกกรณีที่มีข้อบกพร่องหลายชนิด.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

ศุภชาติ ขมหวาน.การศึกษาความผันแปรในการวิเคราะห์ระบบการวัดและการประยุกต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2552.

ศุภชัย นาทะพันธ์.การควบคุมคุณภาพ, หน้า 274.วี.พริ้นท์ (1991) จำกัด: ซีเอ็ดยูเคชั่น,2551.

เสรี ยูนิพันธ์, จรูญ มหิทธาฟองกุล และดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย. เทคนิคการควบคุมคุณภาพ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

Automotive Industry Action Group (AIAG), Measurement system analysis reference manual second edition. Michigan.USA, 1995.

Fasser,Y. and Brettner, D. Process Improvement in Electronic Industry,pp.204.New York:John Wiley&Sons,1992.

Govindaraju, K., and Ganesalingam, S. Zero acceptance number quick switching system for compliance sampling.Journal of applied statistic (1998):399-407.

Hsu, J.T. Economic Design of single sample acceptance sampling plans.(Mar 2009):108-122.

Iacobini, A. Generalized cost and gain functions in lot-by-lot sampling inspection. Journal of the Italian Statistical Society (2000):97-105.

Mach, P., and Duraj, A. Statistic inspection of a workplace for adhesive assembly. IEEE (May 2007):30-33.

Marvin, R., and others. A sampling policy for the reduction of quality cost and improvement of accepted percentage in company L. The Asian Journal of Quality (2009):99-113.

Montgomery, D.C.Introduction to Statistical Quality Control, Fourth Edition. New York: John Wiley and Sons,2002.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผลการวิเคราะห์ระบบการวัด

ตารางที่ ก.1 กำหนดผู้รับผิดชอบและแผนการดำเนินงานการวิเคราะห์ระบบการวัด

ผู้รับผิดชอบ	ขั้นตอน	รายละเอียด
QA และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	1.วางแผนกำหนดผู้รับผิดชอบ	แผนก QA ทำการวางแผนโดยติดต่อกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดวัน เวลา และสถานที่สอบ
	2.กำหนดชิ้นงานทดสอบ	แผนก QA และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ทำการเตรียมแผ่น Sample Defect เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ MSA
QA	3. ทดสอบ	
QA	4.ประเมินผล	แผนก QA เป็นผู้ดำเนินการตามแผนที่ได้กำหนดไว้
	ไม่ผ่าน	
QA	5.วิเคราะห์	แผนก QA เป็นผู้ประเมินผลการวิเคราะห์ MSA ให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องรับทราบผลการวิเคราะห์ หากผลการประเมินไม่อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ให้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขตามที่ได้กำหนดไว้ หรือตามความเหมาะสม
	ผ่าน	
QC และฝ่ายผลิต	6. ตรวจสอบงานตามปกติ	เมื่อผลการทำ MSA สามารถยอมรับได้ จึงจะสามารถตรวจสอบงานได้ตามปกติ

ตาราง ก.2 ใบบันทึกผลการตรวจชิ้นงานของพนักงานตรวจสอบ

สิ่งตัวอย่างที่	พนักงานตรวจสอบ คนที่ 1			พนักงานตรวจสอบ คนที่ 2			พนักงานตรวจสอบ คนที่ 3			พนักงานตรวจสอบ คนที่ 4			พนักงานตรวจสอบ คนที่ 5			พนักงานตรวจสอบ คนที่ 6			พนักงานตรวจสอบ คนที่ 7		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					
18																					
19																					
20																					
21																					
22																					
23																					
24																					
25																					
26																					
27																					
28																					
29																					
30																					

ตารางก.3 ผลการประเมินพนักงานตรวจสอบทั้ง 7 คน

สิ่งตัวอย่างที่	คุณภาพแท้จริง	ผลการตรวจสอบตรงกันทั้งสามครั้ง							ผลการตรวจสอบถูกต้องและตรงกันทั้งสามครั้ง							พนักงานตรวจได้เหมือนกันทุกครั้งและทุกคน	พนักงานตรวจได้เหมือนกันอย่างถูกต้องทุกคน
		พนักงานตรวจสอบคนที่ 1	พนักงานตรวจสอบคนที่ 2	พนักงานตรวจสอบคนที่ 3	พนักงานตรวจสอบคนที่ 4	พนักงานตรวจสอบคนที่ 5	พนักงานตรวจสอบคนที่ 6	พนักงานตรวจสอบคนที่ 7	พนักงานตรวจสอบคนที่ 1	พนักงานตรวจสอบคนที่ 2	พนักงานตรวจสอบคนที่ 3	พนักงานตรวจสอบคนที่ 4	พนักงานตรวจสอบคนที่ 5	พนักงานตรวจสอบคนที่ 6	พนักงานตรวจสอบคนที่ 7		
1	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
2	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
3	OK	N	N	Y	N	N	Y	Y	N	N	Y	N	N	N	Y	N	N
4	OK	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	N	N
5	NG	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	Y	N	N
6	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
7	NG	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	Y	N	N
8	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
9	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N
10	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
11	OK	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	N	N
12	NG	Y	Y	Y	N	N	Y	Y	Y	N	Y	N	N	Y	N	N	N
13	NG	Y	Y	Y	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	Y	N	N	N
14	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
15	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y

ตารางที่ ก.3 ผลการประเมินพนักงานตรวจสอบทั้ง 7 คน (ต่อ)

สิ่งตัวอย่างที่	คุณภาพแท้จริง	ผลการตรวจสอบตรงกันทั้งสามครั้ง							ผลการตรวจสอบถูกต้องและตรงกันทั้งสามครั้ง							พนักงานตรวจได้เหมือนกันทุกครั้งและทุกคน	พนักงานตรวจได้เหมือนกันอย่างถูกต้องทุกคน
		พนักงานตรวจสอบคนที่ 1	พนักงานตรวจสอบคนที่ 2	พนักงานตรวจสอบคนที่ 3	พนักงานตรวจสอบคนที่ 4	พนักงานตรวจสอบคนที่ 5	พนักงานตรวจสอบคนที่ 6	พนักงานตรวจสอบคนที่ 7	พนักงานตรวจสอบคนที่ 1	พนักงานตรวจสอบคนที่ 2	พนักงานตรวจสอบคนที่ 3	พนักงานตรวจสอบคนที่ 4	พนักงานตรวจสอบคนที่ 5	พนักงานตรวจสอบคนที่ 6	พนักงานตรวจสอบคนที่ 7		
16	NG	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	N
17	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
18	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
19	OK	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	N	N
20	OK	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	N	N
21	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
22	NG	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	N	N	N
23	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
24	OK	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	N	N
25	OK	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	N	N
26	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
27	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
28	OK	N	Y	Y	N	Y	Y	Y	N	Y	Y	N	Y	Y	Y	N	N
29	OK	N	N	N	Y	N	Y	Y	N	N	N	Y	N	Y	N	N	N
30	NG	Y	Y	Y	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	Y	N	N	N
จำนวนครั้งที่ตรวจได้เหมือนกัน		21	24	29	25	22	30	30	21	20	29	25	22	27	25	14	16

ตาราง ก.4 ตารางไขว้ผลการทดสอบของพนักงานตรวจสอบทั้ง 7 คน

		พนักงานตรวจสอบคนที่ 2		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่ 3		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่4		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่5		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่6		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่7		ผลรวม
		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G	
พนักงานตรวจสอบคนที่ 1	NG	46 (30.62)	7 (22.38)	53	45 (27.09)	8 (25.91)	53	44 (26)	8 (26)	52	39 (23.56)	14 (29.44)	53	40 (24.73)	13 (28.27)	53	36 (22.97)	17 (30.03)	53
	G	6 (21.38)	31 (15.62)	37	1 (18.91)	36 (18.09)	37	1 (19)	37 (19)	38	1 (16.44)	36 (20.56)	37	2 (17.27)	35 (19.73)	37	3 (16.03)	34 (20.97)	37
ผลรวม		52	38	90	46	44	90	45	45	90	40	50	90	42	48	90	39	51	90
		พนักงานตรวจสอบคนที่ 3		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่4		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่5		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่6		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่7		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่1		ผลรวม
		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G	
พนักงานตรวจสอบคนที่2	NG	40 (26.58)	12 (25.42)	52	39 (26)	13 (26)	52	35 (23.11)	17 (28.89)	52	35 (24.27)	17 (27.73)	52	31 (20.8)	21 (31.2)	52	46 (30.62)	6 (21.38)	52
	G	6 (19.42)	32 (18.58)	38	6 (19)	32 (19)	38	5 (16.89)	33 (21.11)	38	7 (17.73)	31 (20.27)	38	5 (15.2)	33 (22.8)	38	7 (22.38)	31 (15.62)	38
ผลรวม		46	44	90	45	45	90	40	50	90	42	48	90	36	54	90	53	37	90
		พนักงานตรวจสอบคนที่4		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่5		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่6		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่7		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่1		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่ 2		ผลรวม
		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G	
พนักงานตรวจสอบคนที่3	NG	42 (23)	4 (23)	46	38 (20.44)	8 (25.56)	46	39 (21.47)	7 (24.53)	46	33 (17.89)	13 (28.11)	46	45	8	53	40	7	46
	G	3 (22)	41 (22)	44	2 (19.56)	42 (24.44)	44	3 (20.53)	41 (23.47)	44	2 (17.11)	42 (26.89)	44	1	36	37	12	32	44
ผลรวม		45	45	90	40	50	90	42	48	90	35	55	90	46	44	90	51	39	90

ตาราง ก.4 ตารางไขว้ผลการทดสอบของพนักงานตรวจสอบทั้ง 7 คน (ต่อ)

		พนักงานตรวจสอบคนที่5		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่6		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่7		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่1		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่2		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่3		ผลรวม
		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G	
พนักงานตรวจสอบคนที่4	NG	39 (20)	6 (25)	45	38 (21)	7 (24)	45	33 (18)	12 (22)	45	44 (26)	1 (19)	45	39 (26)	6 (19)	45	42 (23)	3 (22)	45
	G	1 (20)	44 (25)	45	4 (21)	41 (24)	45	3 (18)	42 (22)	45	8 (26)	37 (19)	45	13 (26)	32 (19)	45	4 (23)	41 (22)	45
ผลรวม		40	50	90	42	48	90	36	44	90	52	38	90	52	38	90	46	44	90
		พนักงานตรวจสอบคนที่6		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่7		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่1		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่2		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่3		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่4		ผลรวม
		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G	
พนักงานตรวจสอบคนที่5	NG	37 (18.67)	3 (21.33)	40	30 (16)	10 (24)	40	39 (23.56)	1 (16.44)	40	35 (23.11)	5 (16.89)	40	38 (20.44)	2 (19.56)	40	39 (20)	1 (20)	40
	G	5 (23.33)	45 (26.67)	50	6 (20)	44 (30)	50	14 (29.44)	36 (20.56)	50	17 (28.89)	33 (21.11)	50	8 (25.56)	42 (24.44)	50	6 (25)	44 (25)	50
ผลรวม		42	48	90	36	54	90	53	37	90	52	38	90	46	44	90	45	45	90
		พนักงานตรวจสอบคนที่7		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่1		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่2		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่3		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่4		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่5		ผลรวม
		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G	
พนักงานตรวจสอบคนที่6	NG	27 (16.8)	15 (25.2)	42	40 (24.73)	2 (17.27)	42	35 (24.27)	7 (17.73)	42	39 (21.47)	3 (20.53)	42	38 (21)	4 (21)	42	37 (18.67)	5 (23.33)	42
	G	9 (19.2)	39 (28.8)	48	13 (28.27)	35 (19.73)	48	17 (27.73)	31 (20.27)	48	7 (24.53)	41 (23.47)	48	7 (24)	41 (24)	48	3 (21.33)	45 (26.67)	48
ผลรวม		36	54	90	53	37	90	52	38	90	46	44	90	45	45	90	40	50	90
		พนักงานตรวจสอบคนที่1		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่2		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่3		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่4		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่5		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่6		ผลรวม
		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G	
พนักงานตรวจสอบคนที่7	NG	36 (22.97)	3 (16.03)	39	31 (20.8)	5 (15.2)	36	33 (17.89)	2 (17.11)	35	33 (18)	3 (18)	36	30 (16)	6 (20)	36	27 (16.8)	9 (19.2)	36
	G	17 (30.03)	34 (20.97)	51	21 (31.2)	33 (22.8)	54	13 (28.11)	42 (26.89)	55	12 (22)	42 (22)	44	10 (24)	44 (30)	54	15 (25.2)	39 (28.8)	54
ผลรวม		53	37	90	52	38	90	46	44	90	45	45	90	40	50	90	42	48	90

ตาราง ก.5 ข้อมูลผลการตรวจสอบของพนักงานตรวจสอบทั้ง 7 คนใหม่หลังการปรับปรุง

สิ่งตัวอย่างที่	คุณภาพแท้จริง	พนักงานตรวจสอบคนที่ 1			พนักงานตรวจสอบคนที่ 2			พนักงานตรวจสอบคนที่ 3		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
2	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
3	OK	OK	NG	NG	OK	NG	NG	OK	OK	OK
4	OK	NG	OK	OK	NG	OK	OK	OK	OK	OK
5	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
6	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
7	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
8	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
9	NG	NG	NG	NG	OK	OK	OK	NG	NG	NG
10	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
11	OK	NG	OK	OK	NG	NG	NG	OK	OK	OK
12	NG	NG	NG	NG	OK	OK	OK	NG	NG	NG
13	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
14	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
15	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
16	NG	OK	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
17	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
18	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
19	OK	NG	OK	OK	NG	OK	OK	OK	OK	OK
20	OK	OK	OK	OK	NG	OK	OK	OK	OK	OK
21	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
22	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
23	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
24	OK	NG	OK	OK	NG	NG	NG	OK	OK	OK
25	OK	NG	OK	OK	NG	OK	OK	OK	OK	OK
26	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
27	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
28	OK	NG	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
29	OK	NG	OK	OK	NG	OK	OK	NG	OK	OK
30	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG

ตาราง ก.5 ข้อมูลผลการตรวจสอบของพนักงานตรวจสอบทั้ง 7 คนใหม่หลังการปรับปรุง (ต่อ)

สิ่งตัวอย่างที่	คุณภาพแท้จริง	พนักงานตรวจสอบคนที่ 4			พนักงานตรวจสอบคนที่ 5			พนักงานตรวจสอบคนที่ 6			พนักงานตรวจสอบคนที่ 7		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
2	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
3	OK	OK	NG	NG	OK	NG	NG	NG	NG	NG	OK	OK	OK
4	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
5	NG	NG	NG	NG	NG	OK	OK	OK	OK	OK	NG	NG	NG
6	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
7	NG	NG	NG	NG	NG	OK	OK	OK	OK	OK	NG	NG	NG
8	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
9	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
10	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
11	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
12	NG	OK	NG	NG	OK	NG	NG	NG	NG	NG	OK	OK	OK
13	NG	OK	NG	NG	OK	NG	NG	NG	NG	NG	OK	OK	OK
14	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
15	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
16	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
17	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
18	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
19	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
20	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
21	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
22	NG	NG	NG	NG	OK	NG	NG	NG	NG	NG	OK	OK	OK
23	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
24	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
25	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
26	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
27	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
28	OK	NG	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
29	OK	OK	OK	OK	NG	OK	OK	OK	OK	OK	NG	NG	NG
30	NG	OK	NG	NG	OK	NG	NG	NG	NG	NG	OK	OK	OK

ตาราง ก.6 ผลการประเมินพนักงานตรวจสอบทั้ง 7 คน จากการทดสอบพนักงานใหม่หลังการปรับปรุงระบบการวัด

สิ่งตัวอย่างที่	คุณภาพแท้จริง	ผลการตรวจสอบตรงกันทั้งสามครั้ง							ผลการตรวจสอบถูกต้องและตรงกันทั้งสามครั้ง							พนักงานตรวจได้เหมือนกันทุกครั้งและทุกคน	พนักงานตรวจได้เหมือนกันอย่างถูกต้องทุกคน
		พนักงานตรวจสอบคนที่ 1	พนักงานตรวจสอบคนที่ 2	พนักงานตรวจสอบคนที่ 3	พนักงานตรวจสอบคนที่ 4	พนักงานตรวจสอบคนที่ 5	พนักงานตรวจสอบคนที่ 6	พนักงานตรวจสอบคนที่ 7	พนักงานตรวจสอบคนที่ 1	พนักงานตรวจสอบคนที่ 2	พนักงานตรวจสอบคนที่ 3	พนักงานตรวจสอบคนที่ 4	พนักงานตรวจสอบคนที่ 5	พนักงานตรวจสอบคนที่ 6	พนักงานตรวจสอบคนที่ 7		
1	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
2	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
3	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
4	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
5	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
7	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
8	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
9	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
10	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
11	OK	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	N
12	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
13	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
14	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
15	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y

ตารางก.6 ผลการประเมินพนักงานตรวจสอบทั้ง 7 คน จากการทดสอบพนักงานใหม่หลังการปรับปรุงระบบการวัด (ต่อ)

สิ่งตัวอย่างที่	คุณภาพแท้จริง	ผลการตรวจสอบตรงกันทั้งสามครั้ง							ผลการตรวจสอบถูกต้องและตรงกันทั้งสามครั้ง							พนักงานตรวจได้เหมือนกันทุกครั้งและทุกคน	พนักงานตรวจได้เหมือนกันอย่างถูกต้องทุกคน
		พนักงานตรวจสอบคนที่ 1	พนักงานตรวจสอบคนที่ 2	พนักงานตรวจสอบคนที่ 3	พนักงานตรวจสอบคนที่ 4	พนักงานตรวจสอบคนที่ 5	พนักงานตรวจสอบคนที่ 6	พนักงานตรวจสอบคนที่ 7	พนักงานตรวจสอบคนที่ 1	พนักงานตรวจสอบคนที่ 2	พนักงานตรวจสอบคนที่ 3	พนักงานตรวจสอบคนที่ 4	พนักงานตรวจสอบคนที่ 5	พนักงานตรวจสอบคนที่ 6	พนักงานตรวจสอบคนที่ 7		
16	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
17	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
18	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
19	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
20	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
21	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
22	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
23	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
24	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
25	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
26	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
27	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
28	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
29	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
30	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
จำนวนครั้งที่ตรวจได้เหมือนกัน		29	30	30	30	30	30	30	29	30	30	30	30	30	30	28	29

ตารางที่ ก.7 สรุปผลการทดสอบพนักงานครั้งใหม่ หลังจากปรับปรุงระบบการวัด

สิ่งตัวอย่างที่	คุณภาพแท้จริง	ผลการตรวจสอบตรงกันทั้งสามครั้ง							ผลการตรวจสอบถูกต้องและตรงกันทั้งสามครั้ง							พนักงานตรวจได้เหมือนกันทุกครั้งและทุกคน	พนักงานตรวจได้เหมือนกันอย่างถูกต้องทุกคน
		พนักงานตรวจสอบคนที่ 1	พนักงานตรวจสอบคนที่ 2	พนักงานตรวจสอบคนที่ 3	พนักงานตรวจสอบคนที่ 4	พนักงานตรวจสอบคนที่ 5	พนักงานตรวจสอบคนที่ 6	พนักงานตรวจสอบคนที่ 7	พนักงานตรวจสอบคนที่ 1	พนักงานตรวจสอบคนที่ 2	พนักงานตรวจสอบคนที่ 3	พนักงานตรวจสอบคนที่ 4	พนักงานตรวจสอบคนที่ 5	พนักงานตรวจสอบคนที่ 6	พนักงานตรวจสอบคนที่ 7		
1	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
2	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
3	OK	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	N	N
4	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
5	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
7	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
8	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
9	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
10	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
11	OK	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	N
12	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
13	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
14	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
15	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y

ตารางที่ ก.8 สรุปผลการทดสอบพนักงานครั้งใหม่ หลังจากปรับปรุงระบบการวัด (ต่อ)

ตัวอย่างที่	คุณภาพแท้จริง	ผลการตรวจสอบตรงกันทั้งสามครั้ง							ผลการตรวจสอบถูกต้องและตรงกันทั้งสามครั้ง							พนักงานตรวจได้เหมือนกันทุกครั้งและทุกคน	พนักงานตรวจได้เหมือนกันอย่างถูกต้องทุกคน
		พนักงานตรวจสอบคนที่ 1	พนักงานตรวจสอบคนที่ 2	พนักงานตรวจสอบคนที่ 3	พนักงานตรวจสอบคนที่ 4	พนักงานตรวจสอบคนที่ 5	พนักงานตรวจสอบคนที่ 6	พนักงานตรวจสอบคนที่ 7	พนักงานตรวจสอบคนที่ 1	พนักงานตรวจสอบคนที่ 2	พนักงานตรวจสอบคนที่ 3	พนักงานตรวจสอบคนที่ 4	พนักงานตรวจสอบคนที่ 5	พนักงานตรวจสอบคนที่ 6	พนักงานตรวจสอบคนที่ 7		
16	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
17	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
18	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
19	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
20	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
21	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
22	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
23	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
24	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
25	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
26	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
27	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
28	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	N	N
29	OK	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
30	NG	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
จำนวนครั้งที่ตรวจได้เหมือนกัน		29	30	30	30	29	30	30	29	29	30	30	29	30	30	27	27

ตาราง ก.9 ตารางไขว้ผลการทดสอบพนักงานทั้ง 7 คนใหม่ หลังการปรับปรุงระบบการวัด

		พนักงานตรวจสอบคนที่ 2		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่ 3		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่4		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่5		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่6		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่7		ผลรวม
		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G	
พนักงานตรวจสอบคนที่ 1	NG	45 (23)	1 (23)	46	45 (23)	1 (23)	46	45 (23)	1 (23)	46	45 (24.02)	1 (21.98)	46	45 (23)	1 (23)	46	45 (23)	1 (23)	46
	G	0 (22)	44 (22)	44	0 (22)	44 (22)	44	0 (22)	44 (22)	44	2 (22.98)	42 (21.02)	44	0 (22)	44 (22)	44	0 (22)	44 (22)	44
ผลรวม		45	45	90	45	45	90	45	45	90	47	43	90	45	45	90	45	45	90
		พนักงานตรวจสอบคนที่ 3		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่4		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่5		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่6		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่7		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่1		ผลรวม
		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G	
พนักงานตรวจสอบคนที่2	NG	45 (22.5)	0	45	45 (22.5)	0	45	48 (26.67)	0 (21.33)	48	45 (22.5)	0	45	45 (22.5)	0	45	45 (23)	0 (22)	45
	G	0	45 (22.5)	45	0	45 (22.5)	45	2 (23.33)	40 (18.67)	42	0	45 (22.5)	45	0	45 (22.5)	45	1 (23)	44 (22)	45
ผลรวม		45	45	90	45	45	90	50	40	90	45	45	90	45	45	90	46	44	90
		พนักงานตรวจสอบคนที่4		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่5		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่6		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่7		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่1		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่ 2		ผลรวม
		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G	
พนักงานตรวจสอบคนที่3	NG	45 (22.5)	0	45	48 (26.67)	0 (21.33)	48	45 (22.5)	0	45	45 (22.5)	0	45	45 (23)	0 (22)	45	45 (22.5)	0	45
	G	0	45 (22.5)	45	2 (23.33)	40 (18.67)	42	0	45 (22.5)	45	0	45 (22.5)	45	1 (23)	44 (22)	45	0	45 (22.5)	45
ผลรวม		45	45	90	50	40	90	45	45	90	45	45	90	46	44	90	45	45	90

ตาราง ก.9 ตารางไขว้ผลการทดสอบพนักงานทั้ง 7 คนใหม่ หลังการปรับปรุงระบบการวัด (ต่อ)

		พนักงานตรวจสอบคนที่5		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่6		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่7		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่1		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่2		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่3		ผลรวม
		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G	
พนักงานตรวจสอบคนที่4	NG	48 (26.67)	0 (21.33)	48	45 (22.5)	0	45	45 (22.5)	0	45	45 (23)	0 (22)	45	45 (22.5)	0	45	45 (22.5)	0	45
	G	2 (23.33)	40 (18.67)	42	0	45 (22.5)	45	0	45 (22.5)	45	1 (23)	44 (22)	45	0	45 (22.5)	45	0	45 (22.5)	45
ผลรวม		50	40	90	45	45	90	45	45	90	46	44	90	45	45	90	45	45	90
		พนักงานตรวจสอบคนที่6		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่7		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่1		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่2		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่3		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่4		ผลรวม
		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G	
พนักงานตรวจสอบคนที่5	NG	45 (23.5)	2 (23.5)	47	45 (23.5)	2 (23.5)	47	45 (24.02)	2 (22.98)	47	45 (23.5)	2 (23.5)	47	45 (23.5)	2 (23.5)	47	45 (23.5)	2 (23.5)	47
	G	0	43 (21.5)	43	0	43 (21.5)	43	1 (21.98)	42 (21.02)	43	0	43 (21.5)	43	0	43 (21.5)	43	0	43 (21.5)	43
ผลรวม		45	45	90	45	45	90	46	44	90	45	45	90	45	45	90	45	45	90
		พนักงานตรวจสอบคนที่1		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่2		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่3		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่4		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่5		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่7		ผลรวม
		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G	
พนักงานตรวจสอบคนที่6	NG	45 (23)	1 (23)	46	45 (22.5)	0	45	45 (22.5)	0	45	45 (22.5)	0	45	45 (23.5)	2 (23.5)	47	45 (22.5)	0	45
	G	0 (22)	44 (22)	44	0	45 (22.5)	45	0	45 (22.5)	45	0	45 (22.5)	45	0	43 (21.5)	43	0	45 (22.5)	45
ผลรวม		45	45	90	45	45	90	45	45	90	45	45	90	45	45	90	45	45	90
		พนักงานตรวจสอบคนที่1		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่2		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่3		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่4		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่5		ผลรวม	พนักงานตรวจสอบคนที่6		ผลรวม
		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G		NG	G	
พนักงานตรวจสอบคนที่7	NG	45 (23)	0 (22)	45	45 (22.5)	0	45	45 (22.5)	0	45	45 (22.5)	0	45	45 (23.5)	0 (21.5)	45	45 (22.5)	0	45
	G	1 (23)	44 (22)	45	0	45 (22.5)	45	0	45 (22.5)	45	0	45 (22.5)	45	2 (23.5)	43 (21.5)	45	0	45 (22.5)	45
ผลรวม		46	44	90	45	45	90	45	45	90	45	45	90	47	43	90	45	45	90

ภาคผนวก ข

ตารางการกระจายสะสมสำหรับใช้ออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง

ตาราง ข.1 ตารางการกระจายสะสมแบบปัวซ์ซอง

(ศ.เสรี ยูนิพันธ์, รศ.จรูญ มหิทธาฟองกุล และ รศ.ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย, 2550:231)

x คือจำนวนของเสีย, u′ หรือ p′n คือตัวกลาง ส่วนตัวเลขในตาราง คือ โอกาสที่จะเกิดขึ้น (เป็นทศนิยม 3 ตำแหน่ง)

x / u′ or p′n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.02	980	1.000								
0.04	961	999	1.000							
0.06	942	998	1.000							
0.08	923	997	1.000							
0.10	905	995	1.000							
0.15	861	990	999	1.000						
0.20	819	982	999	1.000						
0.25	779	974	998	1.000						
0.30	741	963	996	1.000						
0.35	705	951	994	1.000						
0.40	670	938	992	999	1.000					
0.45	638	925	989	999	1.000					
0.50	607	910	986	998	1.000					
0.55	577	894	982	998	1.000					
0.60	549	878	977	997	1.000					
0.65	522	861	972	996	999	1.000				
0.70	497	844	966	994	999	1.000				
0.75	472	827	959	993	999	1.000				
0.80	449	809	953	991	999	1.000				
0.85	427	791	945	989	998	1.000				
0.90	407	772	937	987	998	1.000				
0.95	387	754	929	984	997	1.000				
1.00	368	736	920	981	996	999	1.000			
1.1	333	699	900	974	995	999	1.000			
1.2	301	663	879	966	992	998	1.000			
1.3	273	627	857	957	989	998	1.000			
1.4	247	592	833	946	986	997	999	1.000		
1.5	223	558	809	934	981	996	999	1.000		
1.6	202	525	783	921	976	994	999	1.000		
1.7	183	493	757	907	970	992	998	1.000		
1.8	165	463	731	891	964	990	997	999	1.000	
1.9	150	434	704	875	956	987	997	999	1.000	
2.0	135	406	677	857	947	983	995	999	1.000	

ตาราง ข.1 ตารางการกระจายสะสมแบบปัวซ์ซอง (ต่อ)

(ศ.เสรี ยูนิพันธ์, รศ.จรูญ มหิทธาฟองกุล และ รศ.ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย, 2550:232)

X / u or $p'n$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2.2	111	355	623	819	928	975	993	998	1.000	
2.4	091	308	570	779	904	964	988	997	999	1.000
2.6	074	267	518	736	877	951	983	995	999	1.000
2.8	061	231	469	692	848	935	976	992	998	999
3.0	050	199	423	647	815	916	966	988	996	999
3.2	041	171	380	603	781	895	955	983	994	998
3.4	033	147	340	558	744	871	942	977	992	997
3.6	027	126	303	515	706	844	927	969	988	996
3.8	022	107	269	473	668	816	909	960	984	994
4.0	018	092	238	433	629	785	889	949	979	992
4.2	015	078	210	395	590	753	867	936	972	989
4.4	012	066	185	359	551	720	844	921	964	985
4.6	010	056	163	326	513	686	818	905	955	980
4.8	008	048	143	294	476	651	791	887	944	975
5.0	007	040	125	265	440	616	762	867	932	968
5.2	006	034	109	238	406	581	732	845	918	960
5.4	005	029	095	213	373	546	702	822	903	951
5.6	004	024	082	191	342	512	670	797	886	941
5.8	003	021	072	170	313	478	638	771	867	929
6.0	002	017	062	151	285	446	606	744	847	916

	10	11	12	13	14	15	16
2.8	1.000						
3.0	1.000						
3.2	1.000						
3.4	999	1.000					
3.6	999	1.000					
3.8	998	999	1.000				
4.0	997	999	1.000				
4.2	996	999	1.000				
4.4	994	998	999	1.000			
4.6	992	997	999	1.000			
4.8	990	996	999	1.000			
5.0	986	995	998	999	1.000		
5.2	982	993	997	999	1.000		
5.4	977	990	996	999	1.000		
5.6	972	988	995	998	999	1.000	
5.8	965	984	993	997	999	1.000	
6.0	957	980	991	996	999	999	1.000

ตาราง ข.1 ตารางการกระจายสะสมแบบปัวซ์ซอง (ต่อ)

(ศ.เสรี ยูนิพันธ์, รศ.จรูญ มหิทธาฟองกุล และ รศ.ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย, 2550:233)

x / u or $p'n$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
6.2	002	015	054	134	259	414	574	716	826	902
6.4	002	012	046	119	235	384	542	687	803	886
6.6	001	010	040	105	213	355	511	658	780	869
6.8	001	009	034	093	192	327	480	628	755	850
7.0	001	007	030	082	173	301	450	599	729	830
7.2	001	006	025	072	156	276	420	569	703	810
7.4	001	005	022	063	140	253	392	539	676	788
7.6	001	004	019	055	125	231	365	510	648	765
7.8	000	004	016	048	112	210	338	481	620	741
8.0	000	003	014	042	100	191	313	453	593	717
8.5	000	002	009	030	074	150	256	386	523	653
9.0	000	001	006	021	055	116	207	324	456	587
9.5	000	001	004	015	040	089	165	269	392	522
10.0	000	000	003	010	029	067	130	220	333	458

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
6.2	949	975	989	995	998	999	1.000			
6.4	939	969	986	994	997	999	1.000			
6.6	927	963	982	992	997	999	999	1.000		
6.8	915	955	978	990	996	998	999	1.000		
7.0	901	947	973	987	994	998	999	1.000		
7.2	887	937	967	984	993	997	999	999	1.000	
7.4	871	926	961	980	991	996	998	999	1.000	
7.6	854	915	954	976	989	995	998	999	1.000	
7.8	835	902	945	971	986	993	997	999	1.000	
8.0	816	888	936	966	983	992	996	998	999	1.000
8.5	763	849	909	949	973	986	993	997	999	999
9.0	706	803	876	926	959	978	989	995	998	999
9.5	645	752	836	898	940	967	982	991	996	998
10.0	583	697	792	864	917	951	973	986	993	997

	20	21	22
8.5	1.000		
9.0	1.000		
9.5	999	1.000	
10.0	998	999	1.000

ตาราง ข.1 ตารางการกระจายสะสมแบบปัวซ์ซอง (ต่อ)

(ศ.เสรี ยูนิพันธ์, รศ.จรูญ มหิทธาฟองกุล และ รศ.ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย, 2550:234)

X / u or $p'n$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10.5	000	000	002	007	021	050	102	179	279	397
11.0	000	000	001	005	015	038	079	143	232	341
11.5	000	000	001	003	011	028	060	114	191	289
12.0	000	000	001	002	008	020	046	090	155	242
12.5	000	000	000	002	005	015	035	070	125	201
13.0	000	000	000	001	004	011	026	054	100	166
13.5	000	000	000	001	003	008	019	041	079	135
14.0	000	000	000	000	002	006	014	032	062	109
14.5	000	000	000	000	001	004	010	024	048	088
15.0	000	000	000	000	001	003	008	018	037	070
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
10.5	521	639	742	825	888	932	960	978	988	994
11.0	460	579	689	781	854	907	944	968	982	991
11.5	402	520	633	733	815	878	924	954	974	986
12.0	347	462	576	682	772	844	899	937	963	979
12.5	297	406	519	628	725	806	869	916	948	969
13.0	252	353	463	573	675	764	835	890	930	957
13.5	211	304	409	518	623	718	798	861	908	942
14.0	176	260	358	464	570	669	756	827	883	923
14.5	145	220	311	413	518	619	711	790	853	901
15.0	118	185	268	363	466	568	664	749	819	875
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
10.5	997	999	999	1.000						
11.0	995	998	999	1.000						
11.5	992	996	998	999	1.000					
12.0	988	994	997	999	999	1.000				
12.5	983	991	995	998	999	999	1.000			
13.0	975	986	992	996	998	999	1.000			
13.5	965	980	989	994	997	998	999	1.000		
14.0	952	971	983	991	995	997	999	999	1.000	
14.5	936	960	976	986	992	996	998	999	999	1.000
15.0	917	947	967	981	989	994	997	998	999	1.000

ตาราง ข.1 ตารางการกระจายสะสมแบบปัวซ์ซอง (ต่อ)

(ศ.เสรี ยูนิพันธ์, รศ.จรูญ มหิทธาฟองกุล และ รศ.ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย, 2550:235)

X / u' or $p'n$	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
16	000	001	004	010	022	043	077	127	193	275
17	000	001	002	005	013	026	049	085	135	201
18	000	000	001	003	007	015	030	055	092	143
19	000	000	001	002	004	009	018	035	061	098
20	000	000	000	001	002	005	011	021	039	066
21	000	000	000	000	001	003	006	013	025	043
22	000	000	000	000	001	002	004	008	015	028
23	000	000	000	000	000	001	002	004	009	017
24	000	000	000	000	000	000	001	003	005	011
25	000	000	000	000	000	000	001	001	003	006
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
16	368	467	566	659	742	812	868	911	942	963
17	281	371	468	564	655	736	805	861	905	937
18	208	287	375	469	562	651	731	799	855	899
19	150	215	292	378	469	561	647	725	793	849
20	105	157	221	297	381	470	559	644	721	787
21	072	111	163	227	302	384	471	558	640	716
22	048	077	117	169	232	306	387	472	556	637
23	031	052	082	123	175	238	310	389	472	555
24	020	034	056	087	128	180	243	314	392	473
25	012	022	038	060	092	134	185	247	318	394
	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
16	978	987	993	996	998	999	999	1.000		
17	959	975	985	991	995	997	999	999	1.000	
18	932	955	972	983	990	994	997	998	999	1.000
19	893	927	951	969	980	988	993	996	998	999
20	843	888	922	948	966	978	987	992	995	997
21	782	838	883	917	944	963	976	985	991	994
22	712	777	832	877	913	940	959	973	983	989
23	635	708	772	827	873	908	936	956	971	981
24	554	632	704	768	823	868	904	932	953	969
25	473	553	629	700	763	818	863	900	929	950
	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
19	999	1.000								
20	999	999	1.000							
21	997	998	999	999	1.000					
22	994	996	998	999	999	1.000				
23	988	993	996	997	999	999	1.000			
24	979	987	992	995	997	998	999	999	1.000	
25	966	978	985	991	994	997	998	999	999	1.000

ตาราง ข.2 แสดงความสัมพันธ์ของค่า y จากค่า c โดยที่ $y = Pap'_m r$

c	y	c	y
0	0.3679	21	14.66
1	0.8408	22	15.43
2	1.371	23	16.20
3	1.942	24	19.98
4	2.544	25	17.76
5	3.168	26	18.54
6	3.812	27	19.33
7	4.472	28	20.12
8	5.146	29	20.91
9	5.831	30	21.70
10	6.528	31	22.50
11	7.233	32	23.30
12	7.948	33	24.10
13	8.670	34	24.90
14	9.398	35	25.71
15	10.13	36	26.52
16	10.88	37	27.33
17	11.62	38	28.14
18	12.37	39	28.96
19	13.13	40	29.77
20	13.89	----	------

$$AOQL = y\,\frac{(1-n/N)}{n}$$

ภาคผนวก ค

คำจำกัดความที่ใช้ในแผนการสุ่มตัวอย่าง

ตาราง ค.1 คำจำกัดความ (Definitions)

ชื่อย่อ	ชื่อเต็ม	คำจำกัดความ
AQL	Acceptable quality level	ขีดจำกัดคุณภาพในการยอมรับหรือเปอร์เซ็นต์ของเสียที่ยอมรับได้ หรือคุณภาพของสินค้าที่ฝ่ายผลิตกำหนดไว้ โดยของที่มีคุณภาพดีควรมีสัดส่วนของเสียต่ำ
LTPD	Lot tolerance percent defective	คุณภาพที่แย่ที่สุดที่ผู้บริโภคจะทนยอมรับได้
AOQ	Average outgoing quality	จำนวนของเสียโดยเฉลี่ยหลังการตรวจสอบ
AOQL	Average outgoing quality level	ค่าสูงสุดของค่าเฉลี่ยคุณภาพผ่านออก ยืนยันได้ว่าไม่ว่าสัดส่วนของเสียเข้ามาเท่าไหร่ของเสียหลังการตรวจสอบจะไม่เกินระดับ AOQL นี้
ANSI/ASQC Z1.4	American national standards institute and the American society for quality Z1.4	มาตรฐานที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นวิธีการและแผนการในการชักสิ่งตัวอย่างจากลอตเพื่อการตรวจสอบเชิงคุณภาพ (Attribute)
OC curve	OC curve	แผนระยะยาวในการยอมรับหรือปฏิเสธในกรณีที่สัดส่วนของเสียแปรเปลี่ยนทุกวัน
Bias	Percent attribute screen effective score	เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ
Repeatability	Percents screen effective score	เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ของการตรวจสอบ

ประวัติผู้เขียน

นางสาวชลิดา สารใจ เกิดวันที่ 14 กรกฎาคม พ.ศ. 2526 ที่จังหวัด น่าน สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขา ฟิสิกส์ประยุกต์-เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2549 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2554 ปัจจุบันทำงานในตำแหน่ง วิศวกรรมคุณภาพ บริษัท พานาโซนิค เอวีซี เน็ตเวิร์ค ประเทศไทยจำกัด