การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภทที่ 1 ในการทดสอบคุณภาพทางไฟฟ้าสำหรับหัวอ่าน HSA เพื่อให้ได้ต้นทุนคุณภาพต่ำสุด

นางสาวเสริมสุข แซ่ตั้ง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DESIGN OF CONTINUOUS SAMPLING PLAN 1 FOR HSA QUASI STATIC TESTING WITH THE MINIMUM COST OF QUALITY

Miss Sermsuk Saetung

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 2009

Copyright of Chulalongkorn University

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภทที่ 1 ในการทดสอบคุณภาพทางไฟฟ้าสำหรับหัวอ่าน HSA เพื่อให้ได้ต้นทุนคุณภาพต่ำสุด
โดย	นางสาวเสริมสุข แซ่ตั้ง
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ ดร.ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(อาจารย์ ดร.ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สีรง ปรีชานนท์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิดาเดียว มยุรีสวรรค์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เสริมสุข แซ่ตั้ง : การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภทที่ 1 ในการทดสอบคุณภาพทางไฟฟ้าสำหรับหัวอ่าน HSA เพื่อให้ได้ต้นทุนคุณภาพต่ำสุด. (DESIGN OF CONTINUOUS SAMPLING PLAN 1 FOR HSA QUASI STATIC TESTING WITH THE MINIMUM COST OF QUALITY) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: อ. ดร.ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย, 199 หน้า.

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภทที่ 1 หรือแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 เพื่อใช้ในการตรวจสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเอชเอสเอ แทนการตรวจสอบแบบ 100% ในปัจจุบัน เพื่อเพิ่มผลผลิตและเตรียมความพร้อมที่จะรองรับปริมาณความต้องการของลูกค้าที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต โดยในการเลือกแผนการสุ่มตัวอย่างจะพิจารณาจากแผนการสุ่มตัวอย่างที่ให้ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยต่ำที่สุด

งานวิจัยนี้เริ่มจากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสุ่มตัวอย่างแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และวิธีการคำนวณต้นทุนคุณภาพ ซึ่งพบว่าแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ในอดีตมีเพียงส่วนน้อยที่ถูกออกแบบโดยคำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องและยังพบว่าค่าใช้จ่ายที่มักถูกนำมาพิจารณามีเพียงบางส่วนเท่านั้น ซึ่งในทางปฏิบัติมีค่าใช้จ่ายอีกหลายส่วนที่เกี่ยวข้องกับการสุ่มตัวอย่างแต่ไม่ได้ถูกนำมาพิจารณาด้วย งานวิจัยนี้ได้ออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 โดยพัฒนาสมการค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องให้มีความสมบูรณ์เพื่อให้สามารถเลือกพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่างได้เหมาะสมขึ้น ค่าใช้จ่ายที่นำมาพิจารณาในสมการค่าใช้จ่ายของงานวิจัยนี้แบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้ 1. ค่าใช้จ่ายในการป้องกันความบกพร่อง ได้แก่ ค่าฝึกอบรมพนักงาน ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการวางแผนคุณภาพ ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงเครื่องตรวจสอบ 2. ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการสุ่มตัวอย่างและตรวจสอบชิ้นส่วนที่ใช้ในสายการผลิต ค่าใช้จ่ายในการสุ่มตัวอย่างและตรวจสอบผลิตภัณฑ์ 3. ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับความบกพร่องด้านคุณภาพ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง ค่าใช้จ่ายในการหาสาเหตุของความบกพร่อง ค่าใช้จ่ายในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่อง ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องซึ่งหลุดรอดจากการตรวจสอบในช่วงของการสุ่มตัวอย่าง นอกจากนี้ยังได้แสดงสมการคำนวณค่าใช้จ่ายต่อหน่วยของค่าใช้จ่ายในแต่ละส่วนอีกด้วย ในกรณีศึกษาที่กำหนด $AOQL = 0.01$ จะได้พารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่างที่ให้ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยต่ำที่สุด คือ $i = 130$ และ $f = 0.07$ ซึ่งมีต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยเป็น 11.16 บาท ซึ่งต่ำกว่าต้นทุนคุณภาพของการตรวจสอบแบบ 100% อยู่ 4.05 บาทหรือคิดเป็น 26.6%

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ	ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....
ปีการศึกษา 2552	ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

4971483021 : MAJOR INDUSTRAIL ENGINEERING

KEYWORDS : CONTINUOUS SAMPLING PLAN / CSP-1 / COST OF QUALITY / COST MODEL

SERMSUK SAETUNG : DESIGN OF CONTINUOUS SAMPLING PLAN TYPE 1 FOR HSA QUASI STATIC TESTING WITH THE MINIMUM COST OF QUALITY. THESIS ADVISOR: ASST. PROF. NAPASSVONG ROJANAROWAN, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR: NATCHA THAWEESAENGSKULTHAI, Ph.D., 199 pp.

The objective of this research is to design continuous sampling plan 1 or CSP-1 for Quasi Static Testing of HSA (Head Stack Assembly) to replace 100% inspection in order to minimize cost of quality and prepare readiness to support demand increase in the future.

This research began with literature review of theoretical background of CSP-1 sampling plan and cost of quality calculation. Previous research of CSP-1 sampling plans rarely considered economic value and if there were, only some elements of quality costs were considered. However, there were other costs incurred as a result of conducting the sampling plan but these costs were not included in the previous cost models. In this research, a modification of the previous cost models by additional concerned costs was deployed to find the most optimal parameters (i, f). The quality costs involved in the modified cost model are categorized into three types. 1. Prevention costs: training cost, quality planning cost, and inspection equipment maintenance cost. 2. Appraisal costs: materials inspection cost and product quality audit cost. 3. Failure costs: rework cost, troubleshooting cost, scrap cost, and defective acceptance cost. Moreover, the equations of each of the cost elements were presented. As a result, with specific $AOQL = 0.01$, the optimal combination of parameters for this case study is $i = 130, f = 0.07$. This designed sampling plan results in the cost of quality per unit of 11.16 baht, which is lower than that of 100% inspection for 4.05 baht or 26.6%.

Department : INDUSTRIAL ENGINEERING Student's Signature .....

Field of Study : INDUSTRIAL ENGINEERING Advisor's Signature .....

Academic Year : 2009 Co-Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยความช่วยเหลือ จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ อาจารย์ ดร. ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งเสียสละเวลาให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาของการจัดทำงานวิจัย ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สีรง ปรีชานนท์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิดาเดียว มยุรีสวรรค์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับโรงงานกรณีศึกษาที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลเพื่อใช้ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำและความช่วยเหลือทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจตลอดการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฎ

สารบัญภาพ..... ฒ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา..... 1

1.1.1 ส่วนประกอบของหัวอ่านเขียนเขียน HSA..... 1

1.1.2 ขั้นตอนการประกอบหัวอ่านเขียนเขียน HSA..... 2

1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 4

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 9

1.4 ขอบเขตของการวิจัย..... 9

1.5 ข้อสมมติที่ใช้ในงานวิจัย..... 10

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ..... 10

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 10

1.8 ขั้นตอนและแผนดำเนินงานวิจัย..... 10

1.9 ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย..... 12

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 12

2.1 หลักการเบื้องต้นของการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ..... 13

2.1.1 ข้อดีและข้อเสียของการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ..... 13

2.1.2 สัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ..... 13

2.2 แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่อง (Continuous Sampling Plans)..... 14

2.2.1 แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภทที่ 1

(Continuous Sampling Plan type 1, CSP-1)..... 14

2.2.2 แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภทที่ 2
(Continuous Sampling Plan type 2, CSP-2)..... 16
2.2.3 แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภทที่ 3
(Continuous Sampling Plan type 3, CSP-3)..... 18
2.2.4 แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภทที่ 4 และ 5
(Continuous Sampling Plan type 4 and Continuous Sampling
Plan type 5, CSP-4 and CSP-5)..... 18
2.2.5 แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภท F
(Continuous Sampling Plan type F, CSP-F)..... 18
2.2.6 แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภท V
(Continuous Sampling Plan type V, CSP-V)..... 19
2.2.7 แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภท M
(Continuous Sampling Plan type M, CSP-M)..... 19
2.2.8 แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภท T
(Continuous Sampling Plan type T, CSP-T)..... 20
2.3 ต้นทุนคุณภาพ (Cost of Quality)..... 21
2.3.1 แนวความคิดและความสำคัญของต้นทุนคุณภาพ..... 21
2.3.2 ความหมายของคุณภาพและต้นทุนคุณภาพ..... 21
2.3.3 วิวัฒนาการของการคำนึงถึงคุณภาพ..... 21
2.3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนกับคุณภาพ..... 22
2.3.5 ประโยชน์ของระบบต้นทุนคุณภาพ..... 27
2.4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 28
2.4.1 เอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่อง..... 28
2.4.2 งานวิจัยเกี่ยวกับต้นทุนคุณภาพ (Cost of quality)..... 38
บทที่ 3 สภาพปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา..... 52
3.1 บทนำ..... 52
3.2 ข้อมูลทั่วไปของบริษัทกรณีศึกษา..... 52
3.3 ขั้นตอนการผลิตของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ..... 53
3.4 หัวอ่านเขียน HSA..... 54

3.4.1 ส่วนประกอบของหัวอ่านเขียน HSA..... 54
3.4.2 กระบวนการผลิตหัวอ่านเขียน HSA..... 55
3.5 การคัดเลือกผลิตภัณฑ์และจุดปฏิบัติการที่ศึกษา..... 57
3.5.1 รอบเวลาการผลิตและผลิตผลจากสายการผลิตกรณีศึกษา..... 57
3.5.2 การคัดเลือกจุดปฏิบัติการที่ศึกษา..... 59
3.5.3 การตรวจสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA..... 59
3.5.4 สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่พบจากการทดสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA..... 60
บทที่ 4 แนวทางปรับปรุงจุดปฏิบัติการทดสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA... 61
4.1 บทนำ..... 61
4.2 แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1..... 61
4.3 การตรวจสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA ด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1..... 65
4.3.1 ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA ด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1..... 65
4.3.2 วิธีการเลือกพารามิเตอร์ i, f ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1..... 67
4.3.3 ต้นทุนคุณภาพที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบแบบสุ่มตัวอย่าง CSP-1..... 68
บทที่ 5 ตัวแบบต้นทุนของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1..... 74
5.1 บทนำ..... 74
5.2 ตัวแบบต้นทุนของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 สำหรับการทดสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA..... 76
5.3 ข้อสมมติที่ใช้ในการออกแบบตัวแบบต้นทุนของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ในการตรวจสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA 86
5.4 การกำหนดสูตรคำนวณต้นทุนต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับตัวแบบต้นทุนของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ในการตรวจสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA 86
5.4.1 ต้นทุนการป้องกัน (Preventive Costs)..... 87
5.4.2 ต้นทุนในการตรวจสอบ ตรวจวัดและการประเมินคุณภาพ (Appraisal Costs)..... 90

5.4.3 ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ (Failure Costs)..... 91
บทที่ 6 การหาพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 โดยอาศัยตัวแบบต้นทุนคุณภาพที่เกี่ยวข้อง..... 106
6.1 บทนำ..... 106
6.2 การสำรวจต้นทุนที่เกี่ยวข้องของกรณีศึกษาเพื่อใช้ในสมการต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1..... 107
6.3 การตรวจสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA ในปัจจุบัน..... 108
6.3.1 ต้นทุนที่เกี่ยวข้องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์สำหรับการตรวจสอบแบบ 100% 108
6.4 การตรวจสอบคุณภาพไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA ด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1..... 117
6.4.1 การหาพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่างแบบ CSP-1..... 117
6.4.2 สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ยหรือค่า AFI 119
6.4.3 ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเมื่อตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1..... 121
6.5 การเปรียบเทียบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 กับการตรวจสอบแบบ 100%..... 132
6.5.1 เปรียบเทียบต้นทุนที่เกี่ยวข้องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์..... 133
6.5.2 เปรียบเทียบสัดส่วนของจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ยหรือค่า AFI 135
6.5.3 เปรียบเทียบผลผลิต (Productivity) จากสายการผลิต..... 136
บทที่ 7 การวิเคราะห์ค่าตัวแปรที่มีผลต่อแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1..... 139
7.1 บทนำ..... 139
7.2 ผลของตัวแปรสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการผลิต..... 140
7.3 ผลของต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพต่อหน่วย..... 143
7.3.1 ผลของต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วย..... 144
7.3.2 ผลของต้นทุนที่เกิดจากการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง.. 147
7.3.3 ผลของต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่อง..... 159

7.4 สรุปการศึกษาของตัวแปรต่างๆ ต่อพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และต้นทุนคุณภาพต่อหน่วย..... 162
บทที่ 8 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 165
8.1 บทนำ..... 165
8.2 ตัวแบบต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์..... 165
8.2.1 ตัวแบบต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์สำหรับกรณีทั่วไป..... 166
8.2.2 ตัวแบบต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์สำหรับกรณีศึกษา..... 167
8.3 พารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ที่ได้จากตัวแบบต้นทุนของต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยของกรณีศึกษา..... 169
8.4 เปรียบเทียบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 กับการตรวจสอบแบบ 100%..... 169
8.5 ความไวของตัวแบบต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยและแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ที่ได้จากตัวแบบต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์..... 170
8.6 ข้อจำกัด..... 171
8.7 ข้อเสนอแนะ..... 172
รายการอ้างอิง..... 174
ภาคผนวก..... 178
โปรแกรมในการคำนวณหาพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องชนิด CSP-1 ที่ให้ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตต่อรอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ต่ำที่สุด..... 179
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 199

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

1.1 รอบเวลาของการผลิตหัวอ่านเขียน HSA ในแต่ละจุดปฏิบัติการของกระบวนการผลิต..... 4

1.2 เปรียบเทียบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องแต่ละประเภท..... 6

1.3 ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย..... 12

2.1 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่อง..... 34

2.2 ส่วนประกอบของต้นทุนคุณภาพทั้ง 4 ประเภท..... 40

2.3 สรุปแบบจำลองของต้นทุนคุณภาพ..... 43

2.4 สรุปเกี่ยวกับการใช้งานต้นทุนคุณภาพของบริษัทต่างๆ ที่ได้จากงานวิจัยในอดีต..... 44

3.1 รอบเวลาของการผลิตหัวอ่านเขียน HSA ในแต่ละจุดปฏิบัติการ 58

4.1 ค่าของ i สำหรับแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ที่ค่า f และค่า $AOQL$ ต่างๆ..... 64

4.2 ต้นทุนที่เป็นส่วนประกอบของต้นทุนการป้องกัน..... 70

4.3 ต้นทุนที่เป็นส่วนประกอบของต้นทุนการการตรวจสอบ ตรวจวัดและการประเมินคุณภาพ..... 71

4.4 ต้นทุนส่วนประกอบของต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ..... 72

5.1 สรุปงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับการหาแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงต้นทุนที่เกี่ยวข้อง..... 75

5.2 สรุปแบบจำลองต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 โดยมุ่งเน้นที่ความประหยัดในอดีตในแง่ของข้อสมมติที่ใช้ในงานวิจัยและชนิดของต้นทุนที่ใช้ในตัวแบบต้นทุน..... 81

5.3 เปรียบเทียบประเภทของต้นทุนที่ใช้ในงานวิจัยนี้กับงานวิจัยในอดีต..... 85

5.4 ต้นทุนต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการสุ่มตัวอย่างของกรณีศึกษาในส่วนต้นทุนการป้องกัน.. 101

5.5 ต้นทุนต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการสุ่มตัวอย่างของกรณีศึกษาในส่วนต้นทุนการตรวจสอบ ตรวจวัดและการประเมินคุณภาพ..... 102

5.6 ต้นทุนต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการสุ่มตัวอย่างของกรณีศึกษาในส่วนต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ..... 103

6.1 พารามิเตอร์และสมการต้นทุนในแต่ละส่วนของตัวแบบต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิต..... 110
6.2 ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยของการตรวจสอบแบบ 100%..... 116
6.3 ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยของการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1..... 132
6.4 เปรียบเทียบต้นทุนคุณภาพของการตรวจสอบสอบด้วยการตรวจสอบแบบ 100% และตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1..... 135
6.5 รอบเวลาของการผลิตหัวอ่านเขียน HSA ในแต่ละจุดปฏิบัติการเปรียบเทียบระหว่างก่อนการปรับปรุงรอบเวลาการผลิตที่จุดปฏิบัติการ FVMI และ Coating หลังการปรับปรุงรอบเวลาการผลิตที่จุดปฏิบัติการ FVMI และ Coating และเมื่อมีการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 แทนการตรวจสอบแบบ 100% ที่จุดปฏิบัติการ QST..... 137
6.6 เปรียบเทียบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 กับการตรวจสอบแบบ 100%..... 138
7.1 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของค่า p ในช่วง 0.015 และ 0.05 ที่มีต่อพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 (i, f) สัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบโดยเฉลี่ยหรือค่า AFI และต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์..... 141
7.2 ผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือค่า c_{RW} เนื่องจากค่าวัสดุที่ใช้ซ่อมมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 50 – 300 บาท ที่มีต่อพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 (i, f) ต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของการตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือค่า $E(c_{RW})$ ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของการตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือค่า $E(C_{CSP-1})$ ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเมื่อใช้การตรวจสอบแบบ 100% หรือค่า $E(C_{100\%})$..... 146

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.3 ผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของต้นทุนในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือค่า c_{TS} เนื่องจากการสูญเสียกำไรต่อหน่วยผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงในช่วง 1% - 10% ที่มีต่อพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 (i, f) ต้นทุนในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของการตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือค่า $E(c_{TS})$ ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของการตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือค่า $E(C_{CSP-1})$ ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเมื่อใช้การตรวจสอบแบบ 100% หรือค่า $E(C_{100\%})$ 150

7.4 ผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของต้นทุนในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือค่า c_{TS} เนื่องจากระยะเวลาในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 มากกว่าระยะเวลาในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องของการตรวจสอบแบบ 100% ตั้งแต่ 0% ถึง 100% ที่มีต่อพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 (i, f) ต้นทุนในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของการตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือค่า $E(c_{TS})$ ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของการตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือค่า $E(C_{CSP-1})$ 153

7.5 ผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของราคาของวัสดุที่ใช้ในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องซึ่งเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 50 – 300 บาท ที่มีต่อพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 (i, f) ต้นทุนในการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของการตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือค่า $E(C_{AC})$ ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของการตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือค่า $E(C_{CSP-1})$ 160

7.6 การเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบโดยเฉลี่ยหรือค่า AFI และต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ตามการเปลี่ยนแปลงของค่าตัวแปรต่างๆ..... 164

8.1 เปรียบเทียบส่วนประกอบของต้นทุนในตัวแบบต้นทุนของงานวิจัยนี้กับงานวิจัยในอดีต..... 168

8.2 เปรียบเทียบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และการตรวจสอบแบบ 100%..... 170

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ		หน้า
1.1	ส่วนประกอบของหัวอ่านเขียนเขียน HSA	2
1.2	กระบวนการผลิตหัวอ่านเขียน HSA.....	3
1.3	ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนคุณภาพและระดับของผลิตภัณฑ์ดี.....	9
2.1	ขั้นตอนการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1.....	15
2.2	ขั้นตอนการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-2.....	17
2.3	แนวคิดเรื่องต้นทุนคุณภาพในยุคแรก.....	24
2.4	แนวคิดเรื่องต้นทุนคุณภาพสมัยใหม่.....	25
2.5	โครงสร้างของต้นทุนคุณภาพ.....	27
2.6	ขั้นตอนการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-(C1, C2).....	29
2.7	ขั้นตอนการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง MCSP-T	30
2.8	ขั้นตอนการตรวจสอบของแผนการตรวจสอบ 2 ระดับของ Wang และ Chang (1989).....	32
2.9	ขั้นตอนของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ในงานวิจัยของ Haji and Haji (2004).....	36
2.10	ส่วนประกอบของต้นทุนคุณภาพโดยใช้ Fishbone diagrams.....	41
3.1	ขั้นตอนในการผลิตจากหัวอ่านเขียนไปเป็นฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.....	53
3.2	ส่วนประกอบของหัวอ่านเขียน HSA.....	54
3.3	กระบวนการผลิตหัวอ่านเขียน HSA.....	56
3.4	แผนภูมิเส้นแสดงจำนวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ HSA รายเดือนในปี พ.ศ.2551.....	57
3.5	แผนภูมิแท่งแสดงรอบเวลาการผลิตของหัวอ่านเขียน HSA แต่ละจุดปฏิบัติการ.....	58
3.6	การกระจายของเปอร์เซ็นต์ของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการทดสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA	60
4.1	ขั้นตอนของแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องชนิด CSP-1.....	61
4.2	Nomographs ที่ใช้เลือกพารามิเตอร์ i, f จากค่า $AOQL$	62
4.3	ขั้นตอนของการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ตรวจสอบพบ.....	65
4.4	รูปเปรียบเทียบกระบวนการผลิตปัจจุบันกับกระบวนการผลิตที่ทำการปรับปรุง.....	66
4.5	ประเภทของต้นทุนที่พิจารณาสำหรับการสุ่มตัวอย่างของกรณีศึกษา.....	72

5.1 หนึ่งรอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1..... 77
5.2 การกระจายของเปอร์เซ็นต์ของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการทดสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA..... 80
5.3 ต้นทุนในส่วนของต้นทุนการป้องกัน (Sharma และคณะ, 2007)..... 88
5.4 ความสัมพันธ์ของค่าวัสดุที่ใช่ซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยกับค่า AOQ 97
6.1 การกระจายของสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่พบจากการตรวจสอบ QST 109
6.2 สัดส่วนต้นทุนประเภทต่างๆ ในต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตสำหรับการตรวจสอบแบบ 100% ของกรณีศึกษา..... 117
6.3 ความสัมพันธ์ของต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตกับค่าพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i 119
6.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง AFI กับ i และ f 120
6.5 ความสัมพันธ์ของต้นทุนการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ต่อหน่วยต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตกับพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i 123
6.6 ความสัมพันธ์ของต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตกับพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i 125
6.7 ความสัมพันธ์ของต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตกับพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i 127
6.8 ความสัมพันธ์ของต้นทุนในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตกับพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i 129
6.9 ความสัมพันธ์ของต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตกับพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i 130
6.10 สัดส่วนต้นทุนประเภทต่างๆ ในต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตสำหรับการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1..... 132
6.11 เปรียบเทียบสัดส่วนของต้นทุนประเภทต่างๆ ในต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตระหว่างการตรวจสอบแบบ 100% และการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1..... 133
6.12 เปรียบเทียบต้นทุนประเภทต่างๆ ซึ่งประกอบอยู่ในต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตระหว่างการตรวจสอบแบบ 100% และการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1..... 134

7.1 สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการผลิตปัจจุบันที่ได้จากการสำรวจ.... 141
7.2 ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตสำหรับการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และการตรวจสอบแบบ 100% ที่ค่า p เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 0.015 – 0.050..... 142
7.3 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบโดยเฉลี่ยหรือค่า AFI กับค่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือค่า p 143
7.4 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ต้นทุนคุณภาพรวมต่อหน่วยผลิตภัณฑ์เมื่อตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และการตรวจสอบแบบ 100% กับค่าวัสดุที่ใช้ในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่อง..... 147
7.5 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเมื่อใช้การตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 กับผลต่างของระยะเวลาในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และการตรวจสอบแบบ 100% อยู่ในช่วง 0%-100%..... 155
7.6 การเปลี่ยนแปลงของต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า p และเวลาในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง..... 158
7.7 ขอบเขตของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และการตรวจสอบแบบ 100% เมื่อพิจารณาจากค่า p และผลต่างของเวลาในการวิเคราะห์หาสาเหตุผลิตภัณฑ์บกพร่องเมื่อตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 จากการตรวจสอบแบบ 100%..... 159
7.8 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตกับค่าวัสดุที่ใช้ซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่อง..... 162

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

ในสภาวการณ์ที่มีการแข่งขันสูงในปัจจุบัน ทุกองค์กรต้องเตรียมพร้อมรับและปรับปรุงความสามารถในการแข่งขันอยู่เสมอ ทั้งทางด้านเทคโนโลยีการผลิต รูปแบบของผลิตภัณฑ์ รวมถึงความสามารถในการตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะเวลาอันสั้น การเพิ่มขีดความสามารถในการตอบสนองความต้องการของลูกค้านั้นทำได้โดยเพิ่มขีดความสามารถในการผลิต ซึ่งมีหลายแนวทาง ได้แก่ ลดเวลาการผลิต ลดจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่อง การขจัดความสูญเปล่าทั้งหลายที่แฝงมาในรูปของกิจกรรมที่ไม่ก่อเกิดมูลค่าหรือกิจกรรมที่ไม่จำเป็น

การตรวจสอบเป็นการทดสอบเพื่อยืนยันว่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นได้ตรงตามข้อกำหนดของลูกค้า หากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตมีคุณภาพดีและกระบวนการผลิตที่ใช้เป็นกระบวนการที่มีความสามารถดีแล้วการตรวจสอบถือเป็นสิ่งที่สามารถลดลงได้ ในการลดการตรวจสอบลงนั้นส่งผลให้สามารถลดเวลาในการตรวจสอบและลดค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบลง นอกจากนี้ยังส่งผลให้ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์ลดลงด้วย แต่หากลดการตรวจสอบลงมากเกินไปจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เสียถูกส่งไปถึงลูกค้ามากขึ้นซึ่งอาจส่งผลให้บริษัทเสียความน่าเชื่อถือได้ ดังนั้นการหาแผนการตรวจสอบที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งที่ควรให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง

1.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตฮาร์ดดิสก์ (Hard Disk) และหัวอ่านเขียนเขียนที่ใช้ในฮาร์ดดิสก์ ที่เรียกว่า Head Stack Assembly ซึ่งมีคำย่อว่า HSA อันมีหน้าที่ในการบันทึกและอ่านข้อมูลบนแผ่นมีเดีย (Media) ซึ่งหัวอ่านเขียนเขียนที่ทำการผลิตนั้นสามารถจำแนกได้ 2 ประเภท คือ

1. หัวอ่านเขียนเขียนสำหรับฮาร์ดดิสก์ขนาด 2.5 นิ้ว
2. หัวอ่านเขียนเขียนสำหรับฮาร์ดดิสก์ขนาด 3.5 นิ้ว

1.1.1 ส่วนประกอบของหัวอ่านเขียนเขียน HSA

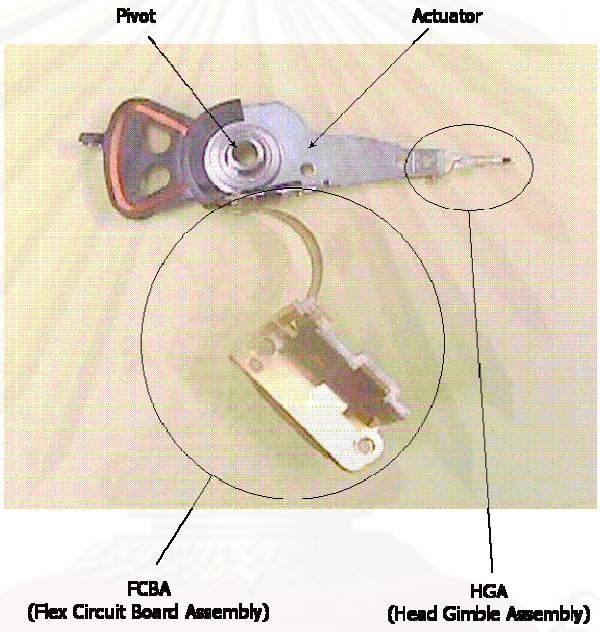
หัวอ่านเขียนเขียนทั้งสองประเภทมีส่วนประกอบหลักที่คล้ายกันดังนี้

1. HGA (Head Gimble Assembly) มีหน้าที่อ่านและเขียนข้อมูลที่อยู่บนแผ่นมีเดียซึ่งเป็นแหล่งเก็บข้อมูลในฮาร์ดดิสก์

2. Actuator มีหน้าที่เป็นตัวเชื่อมระหว่าง HGA กับส่วนประกอบอื่นๆ

3. FCBA (Flex Circuit Board Assembly) เป็นส่วนวงจรไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกับตัวขยายสัญญาณ Preamp

4. Pivot มีหน้าที่ช่วยให้หัวอ่านเขียนเขียนสามารถหมุนเคลื่อนที่ไปในตำแหน่งองศาต่างๆ บนแผ่นมีเดียเพื่ออ่านข้อมูลที่ตำแหน่งต่างๆ ได้



รูปที่ 1.1 ส่วนประกอบของหัวอ่านเขียนเขียน HSA

1.1.2 ขั้นตอนการประกอบหัวอ่านเขียนเขียน HSA

จุดประสงค์หลักของการประกอบ HSA คือ การประกอบ HGA ให้ติดกับขาของ Actuator ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนย่อยดังนี้

1. USTB (Ultra Sonic Trace Bonding) เป็นกระบวนการที่ทำให้วงจรไฟฟ้าบน HGA และวงจรไฟฟ้าของ Preamp บน APFA ติดกัน โดยใช้เครื่อง Bonding

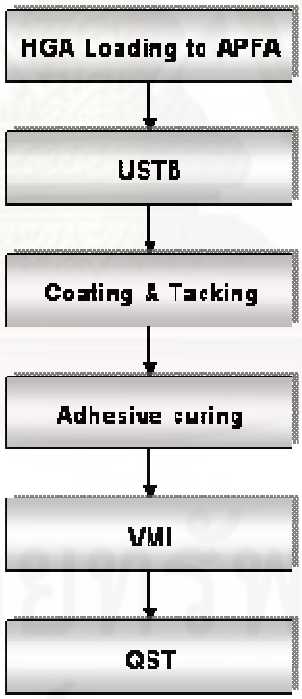
2. Coating และ Tacking เป็นกระบวนการหยอดกาวลงในช่องบน TSA (วงจรไฟฟ้าของ HGA) เพื่อป้องกันปัญหาเรื่องการสั่นขณะถูกประกอบลงในฮาร์ดดิสก์และขณะใช้งานหัวอ่านเขียนเขียนจริง

3. Adhesive Curing เป็นกระบวนการบ่มกาวโดยใช้แสง UV เพื่อทำให้กาวอยู่ตัว

4. VMI (Visual Mechanical Inspection) เป็นการตรวจหาจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นบนตัวงานจากกระบวนการก่อนหน้าโดยการมองผ่านกล้องที่มีกำลังขยาย 10 เท่า และตรวจสอบซ้ำด้วยกล้องที่มีกำลังขยาย 30 เท่าสำหรับงานที่ตรวจพบจุดบกพร่อง

5. QST (Quasi Static Testing) เป็นการทดสอบคุณภาพของหัวอ่านเขียนเขียน HSA ทางไฟฟ้าโดยใช้เครื่อง Quasi Tester ซึ่งเครื่องนี้จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้น (แทนสนามแม่เหล็กบนแผ่นมีเดีย) จากนั้นวัดค่าต่างๆ ที่สัมพันธ์กับคุณภาพของหัวอ่านเขียนเขียน

6. Mechanical out going audit เป็นการสุ่มตรวจสอบคุณภาพของหัวอ่านเขียนเขียน HSA ทางกลศาสตร์ (Mechanical) เพื่อเป็นการยืนยันว่าหัวอ่านเขียนเขียนสามารถเคลื่อนที่ขณะทำงานได้เป็นปกติ



รูปที่ 1.2 กระบวนการผลิตหัวอ่านเขียนเขียน HSA

1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากสภาพการแข่งขันที่รุนแรงของธุรกิจอิเล็กทรอนิกส์ประเภทฮาร์ดดิสก์ในปัจจุบัน ประกอบกับความต้องการของลูกค้าที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายในระยะอันสั้นส่งผลให้การเตรียมพร้อมที่จะตอบสนองความต้องการของลูกค้าอย่างทันท่วงทีกลายเป็นปัจจัยหนึ่งที่ต้องให้ความสำคัญ การเพิ่มขีดความสามารถของการตอบสนองความต้องการของลูกค้าสามารถทำได้โดยการเพิ่มขีดความสามารถในการผลิตให้มากขึ้น การเพิ่มผลผลิตอาจทำได้โดยเพิ่มปริมาณการผลิตขึ้นซึ่งหมายถึงต้องเพิ่มปัจจัยที่ใช้ในการผลิตขึ้นด้วย ซึ่งแนวคิดนี้อาจไม่ใช่ทางเลือกที่ดีในปัจจุบัน เนื่องจากต้นทุนของปัจจัยการผลิตและทรัพยากรต่างๆ มีราคาสูง ดังนั้นผู้ประกอบการจึงควรให้ความสำคัญกับเรื่องการจัดการระบบการผลิตให้ดีขึ้น โดยเริ่มจากการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เป็นประโยชน์และคุ้มค่ามากที่สุดรวมถึงลดรอบเวลาการผลิตลงด้วย

สายการผลิตที่ใช้เป็นกรณีศึกษาคือ สายการผลิตหัวอ่านเขียนเขียนของฮาร์ดดิสก์ขนาด 2.5 นิ้ว แบบ 4 หัวที่มีผังของสายการผลิตเป็นแบบผังผลิตภัณฑ์ (Product Layout) จากการศึกษาสถานะของสายการผลิตในปัจจุบันในเรื่องเวลาที่ใช้ในการผลิตแต่ละจุดปฏิบัติการพบว่า จุดปฏิบัติงานที่ใช้เวลามากที่สุด 3 อันดับแรก คือ

1. จุดตรวจสอบงานด้วยสายตาผ่านกล้องที่มีกำลังขยาย (Visual Inspection)
2. จุดปฏิบัติการที่ยึด HGA กับ APFA ด้วยกาว (Coating)
3. จุดตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียนเขียน (Quasi Testing)

ตารางที่ 1.1 รอบเวลาของการผลิตหัวอ่านเขียน HSA ในแต่ละจุดปฏิบัติการของกระบวนการผลิต
ที่มา: ข้อมูลจากโรงงานกรณีศึกษา

Operation	Cycle Time (Sec)
Visual Inspection	24.00
Coating	23.53
Quasi Test	23.23
Ultrasonic Tab Bonding	21.82
Head Unload	20.11
Head Loading	18.37
Tacking	18.27
Total	**149.33**

การเพิ่มผลิตผลของสายการผลิตใดๆนั้น ต้องปรับปรุงที่จุดคอขวดของสายการผลิตนั้นๆ ดังนั้นจากข้อมูลข้างต้นสายการผลิตที่เป็นกรณีศึกษานั้นต้องปรับปรุงที่จุดปฏิบัติการตรวจสอบงานด้วยสายตาผ่านกล้องที่มีกำลังขยาย (Visual Inspection) ก่อนจุดอื่นๆ แต่จุดนี้ยังไม่สามารถลดการตรวจสอบลงได้และจำเป็นต้องตรวจ 100% ต่อไปเพื่อดักงานเสียจากจุดปฏิบัติการก่อนหน้าที่มีจำนวนค่อนข้างมากและเป็นปัญหาอยู่ในปัจจุบัน เนื่องจากจุดตรวจสอบนี้ใช้พื้นที่ไม่มากและเครื่องมือที่ใช้มีขนาดเล็ก ราคาไม่สูงดังนั้นแนวทางการปรับปรุงเพื่อเพิ่มผลิตผล ณ จุดนี้ คือ การเพิ่มพนักงานตรวจสอบจุดตรวจสอบ จุดถัดมาที่ต้องทำการปรับปรุงคือ จุดปฏิบัติการที่ยึด HGA กับ APFA ด้วยกาว (Coating) ในส่วนนี้สามารถปรับปรุงได้โดยการแก้ไขเครื่องจักรที่ใช้เพื่อให้รองรับจำนวนการผลิตมากขึ้นได้ จุดปฏิบัติการต่อมาที่ใช้เวลาค่อนข้างมากคือ จุดตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียนเขียน (Quasi Testing) ซึ่งเป็นจุดที่ใช้ทดสอบค่าทางไฟฟ้าด้วยเครื่องทดสอบที่เรียกว่า Quasi Tester โดยในแต่ละสายการผลิตจะมีเครื่อง Quasi Tester อยู่สายละ 1 เครื่อง เหตุผลที่จุดปฏิบัติการนี้ใช้เวลาค่อนข้างมากเนื่องจากต้องตรวจสอบงานทุกชิ้น 100% การทดสอบคุณภาพของหัวอ่านเขียนเขียนทางไฟฟ้าหรือ Quasi Testing นั้นประกอบด้วยการทดสอบ 2 ส่วนคือ

1. Static Test เป็นการทดสอบความปกติในการทำงานของส่วนประกอบต่างๆ ของหัวอ่านเขียนเขียน ได้แก่ Preamp, Voice Coil และ Flex
2. Head Test เป็นการทดสอบความสามารถของอ่านหัว ได้แก่ ความสามารถในการอ่านของหัวอ่านเขียนเขียนและความเสถียรภาพของหัวอ่านเขียนเขียน

ผลของการทดสอบ Quasi ของหัวอ่านเขียนเขียนที่เป็นกรณีศึกษาในปัจจุบันนั้น มีงานที่ผ่านการทดสอบ 98.5% และมีค่า Cpk ของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับความสามารถของหัวอ่านเขียนเขียนมากกว่า 1.33 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้และความสามารถของกระบวนการผลิตอยู่ในขั้นที่ดี ซึ่งแสดงว่าความเข้มการตรวจสอบ ณ จุดนี้สามารถลดลงได้ นอกจากนี้การตรวจสอบงานไม่ได้เพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ในทางกลับกันยังทำให้เกิดค่าใช้จ่าย ดังนั้นแนวทางหนึ่งที่เป็นไปได้ที่สามารถนำมาใช้เพิ่มผลิตผล ณ จุดปฏิบัติการ ตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียนเขียน (Quasi Testing) นี้คือ การลดการตรวจสอบลง โดยเปลี่ยนจากการตรวจสอบ 100% เป็นการสุ่มตัวอย่าง แม้ว่าการลดการตรวจสอบสามารถลดความสูญเสียดังที่กล่าวมาแล้วแต่หากลดมากเกินไปอาจทำให้ผลิตภัณฑ์เสียส่งไปถึงลูกค้ามากขึ้นและส่งผลเสียตามมาภายหลัง อันได้แก่ เสียความน่าเชื่อถือ เสียชื่อเสียง เสียค่าชดเชยต่อความสูญเสียที่เกิดกับลูกค้า ดังนั้นการหาแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมจึงเป็นเรื่องที่จำเป็นและควรให้ความสำคัญ

การเปลี่ยนจากการตรวจสอบ 100% เป็นการสุ่มตัวอย่างนั้นนอกจากทำให้สามารถลดเวลาที่ใช้ ณ จุดปฏิบัติการนี้ลงแล้วยังให้ประโยชน์อื่นๆ อีก ได้แก่

- ลดจำนวนพนักงานตรวจสอบลง ซึ่งสามารถมอบหมายให้พนักงานที่ว่างไปปฏิบัติงานในตำแหน่งอื่นได้
- ลดจำนวนเครื่องตรวจสอบที่ต้องใช้ในสายการผลิตลง ซึ่งเครื่องดังกล่าวอาจนำไปใช้เป็นเครื่องสำรองหรือนำไปใช้กับสายการผลิตใหม่ที่จะขยายในอนาคตได้
- ได้พื้นที่ใช้สอยในสายการผลิตเพิ่มขึ้น

สำหรับกระบวนการผลิตของ HSA ที่ใช้นั้น เป็นกระบวนผลิตที่ต่อเนื่องและผลิตภัณฑ์ดีที่ออกจากสายการผลิตไม่ได้รวมไว้เป็นรุ่นๆอย่างชัดเจน ดังนั้นการศึกษาเรื่องนี้จะอาศัยหลักการของแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่อง (Continuous Sampling Plans)

แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องได้รับการพัฒนามามากมายหลายประเภทเพื่อให้เหมาะกับการใช้งาน ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีตและได้รวบรวมไว้เป็นตารางเปรียบเทียบแสดงดังตารางที่ 1.2 ซึ่งได้เปรียบเทียบแผนการสุ่มตรวจสอบแบบต่อเนื่องหลายประเภททั้งที่เป็นแบบระดับเดียวและหลายระดับ แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องหลายระดับนั้นมีข้อดีมากกว่าแผนการสุ่มแบบต่อเนื่องระดับเดียว คือ ช่วยลดภาระในการสุ่มตัวอย่างลง เช่น ลดความถี่ในการสุ่มลง ลดจำนวนในช่วงของการตรวจสอบแบบ 100% (Clearance number) ลง ในขณะที่แผนการสุ่มตัวอย่างระดับเดียวก็มีข้อดีที่ ง่ายและไม่ซับซ้อน

ตารางที่ 1.2 เปรียบเทียบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องแต่ละประเภท

Selection Criteria	Single - level						Multilevel		Reference
	CSP-1	CSP-2, CSP-3	CSP-F	CSP-V	CSP-C	CSP-CUSUM, CSP-SUM	CSP-M	CSP-T	
Simplicity, Easy to use	✓								Balamurali (2002, 2005), Bruce and Turnbull (1991)
Most Commonly use	✓								Balamurali (2002, 2005), Chung-Ho Chen (2004)
Use for same business	✓	***N/A***	***N/A***	***N/A***	***N/A***	***N/A***	***N/A***	***N/A***	Hewlett-Packard (2006)
Low clearance Number			✓	✓					CSP-V Chen and Chou (2002)
Reduce fraction sampling (Multi sampling frequency)							✓	✓	Govindaraju and Balamurali (1998) Kenneth and Stephens (2001)
Reduce frequent switching because of random defect		✓			✓	✓			Patrick D. Bourke (2002, 2003) Govindaraju and Kandasamy (2000)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้เลือกใช้แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภทที่ 1 หรือแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 เนื่องจาก

- แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 เป็นแผนที่ง่าย ไม่ซับซ้อนซึ่งเหมาะสมต่อการเริ่มต้นเปลี่ยนการตรวจสอบจากการตรวจสอบ 100% ไปเป็นการสุ่มตัวอย่าง
- แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 เป็นแผนที่นิยมนำมาใช้มาก
- อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยมีการใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์

จากการศึกษาพบว่าการออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องในอดีตมักจะพิจารณาแต่ค่าวัดคุณลักษณะของแผน เช่น ค่า $AOQL$, LQL เป็นต้น มีเพียงส่วนน้อยที่ถูกออกแบบโดยคำนึงถึงต้นทุนที่เกี่ยวข้อง ซึ่งในการออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างโดยคำนึงถึงความประหยัดจะทำได้โดยสร้างตัวแบบต้นทุนที่เกี่ยวข้องขึ้นมา ต้นทุนที่มักถูกนำมาพิจารณาในสมการต้นทุนในอดีตมีเพียงบางส่วน มักจะเป็นต้นทุนที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการตรวจสอบ เช่น ต้นทุนในการตรวจสอบ ต้นทุนที่ใช้ในการแทนที่ผลิตภัณฑ์เสียด้วยผลิตภัณฑ์ดี เป็นต้น ซึ่งในทางปฏิบัติมีต้นทุนอีกหลายส่วนที่เกี่ยวข้องกับการสุ่มตัวอย่างแต่ไม่ได้ถูกนำมาพิจารณา ดังนั้นในการออกแบบตัวแบบต้นทุนของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 สำหรับงานวิจัยนี้จะเน้นจากการประยุกต์ใช้ตัวแบบต้นทุนของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ที่เกี่ยวข้องในอดีตโดยเพิ่มส่วนประกอบของต้นทุนที่เกี่ยวข้องในแต่ละส่วนให้มากขึ้นและปรับปรุงการคำนวณต้นทุนบางส่วนให้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น โดยต้นทุนที่นำคิดในตัวแบบค่าใช้จ่ายจะเป็นต้นทุนคุณภาพซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวเนื่องจากกิจกรรมต่างๆที่ก่อให้เกิดคุณภาพ โดยในการศึกษานี้จะพิจารณาเพียงต้นทุนคุณภาพทางตรงซึ่งสามารถรวบรวมและวัดผลได้ในรูปของค่าใช้จ่าย ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่

1. ต้นทุนการป้องกัน (Preventive Costs) เป็นต้นทุนที่เกิดจากการทำกิจกรรมต่างๆ เพื่อป้องกันมิให้เกิดความบกพร่องและความสูญเสียในการผลิต ได้แก่ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการฝึกอบรบพนักงานเพื่อการสุ่มงานตรวจสอบที่ถูกต้อง ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการสำรวจความสามารถของกระบวนการผลิต และค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการตรวจสอบการทำงานของเครื่องที่ใช้ตรวจสอบ

2. ต้นทุนการตรวจสอบ ตรวจวัดและการประเมินคุณภาพ (Appraisal Costs) เป็นต้นทุนที่เกิดจากการวัด การตรวจสอบ และการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์เพื่อให้มั่นใจว่า

คุณภาพของงานที่ได้ตรงตามความต้องการของลูกค้า ได้แก่ ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการสุ่มและค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์

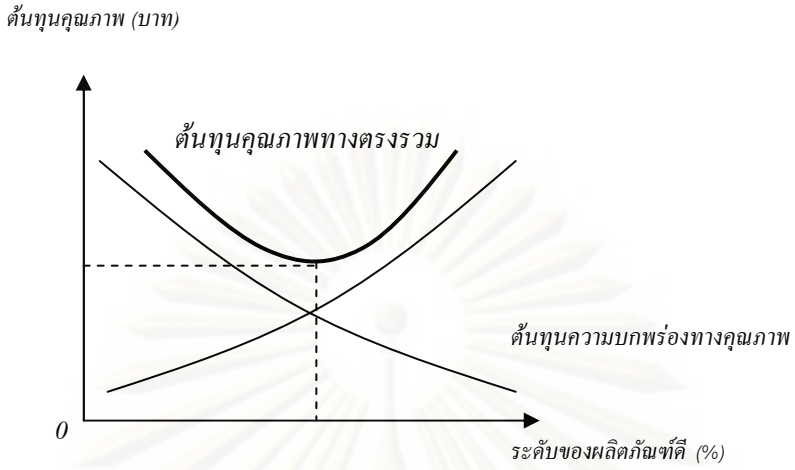
3. ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ (Failure Costs) เป็นต้นทุนที่เกิดจากความบกพร่องทางคุณภาพ โดยจะพิจารณาทั้งต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพภายในและต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพภายนอก

- ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพภายใน (Internal Failure Costs) เป็นต้นทุนที่เกิดจากความบกพร่องทางคุณภาพก่อนการส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้แก่ลูกค้า ได้แก่ ต้นทุนที่เกิดจากการแก้ไขงานบกพร่อง (Rework) ต้นทุนที่เกิดจากการทำลายสินค้า (Scrap) และต้นทุนที่เกิดจากการตรวจสอบซ้ำสำหรับงานที่ได้รับการแก้ไข (Re-inspection)

- ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพภายนอก (External Failure Costs) เป็นต้นทุนที่เกิดจากความบกพร่องทางคุณภาพหลังการส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้แก่ลูกค้า ได้แก่ ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการซ่อมสินค้าตามการเรียกร้องของลูกค้า (Claim) และค่าชดเชยที่ต้องจ่ายให้ลูกค้าเนื่องจากการเสียหายที่เกิดจากผลิตภัณฑ์บกพร่อง

ต้นทุนทั้ง 3 ส่วนนี้มีความสัมพันธ์กันดังรูปที่ 1.3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ณ ระดับที่ต้นทุนการป้องกันและการประเมินต่ำจะทำให้ระดับผลิตภัณฑ์บกพร่องสูงซึ่งหมายถึงต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพมีค่ามากส่งผลให้ต้นทุนคุณภาพรวมทางตรงมีค่าสูงด้วย แต่เมื่อเพิ่มการป้องกันและการประเมินขึ้นจะทำให้ระดับของผลิตภัณฑ์บกพร่องลดลงจึงทำให้ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพลดลง ส่งผลให้ต้นทุนคุณภาพทางตรงรวมมีค่าต่ำลง เมื่อเพิ่มการป้องกันและการประเมินขึ้นจนถึงระดับหนึ่งจะทำให้ต้นทุนคุณภาพทางตรงรวมมีค่าต่ำที่สุดซึ่งที่ระดับนี้ถือเป็นระดับที่เหมาะสมที่สามารถนำไปใช้พิจารณาเป็นความเหมาะสมของแผนการสุ่มตัวอย่างได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนคุณภาพและระดับของผลิตภัณฑ์ดี

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภทที่ 1 ในการตรวจสอบคุณภาพทางไฟฟ้าสำหรับหัวอ่านเขียนเขียน HSA เพื่อให้ได้ต้นทุนคุณภาพต่ำที่สุด

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1. หาแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภทที่ 1 สำหรับการทดสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียนเขียน HSA ที่เหมาะสม เฉพาะหัวอ่านเขียนเขียนรุ่นที่ใช้ในฮาร์ดดิสก์ขนาด 2.5 นิ้ว แบบ 4 หัวอ่านเขียนเขียน
2. องค์ประกอบของตัวแบบค่าใช้จ่ายประกอบด้วย ต้นทุนคุณภาพ 3 ส่วน ได้แก่
   - ก. ต้นทุนการป้องกัน (Preventive Costs)
   - ข. ต้นทุนการตรวจสอบ ตรวจวัดและการประเมินคุณภาพ (Appraisal Costs)
   - ค. ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ (Failure Costs)
3. สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการผลิตหรือค่า p ที่ใช้ในการศึกษาอยู่ระหว่าง 0.015 – 0.05
4. คุณภาพผ่านออกโดยเฉลี่ยสูงสุดหรือค่า $AOQL$ ที่ใช้ในงานวิจัยเท่ากับ 0.01

1.5 ข้อสมมติที่ใช้ในงานวิจัย

1. เครื่องทดสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียนแต่ละเครื่องมีความสามารถในการตรวจสอบที่เหมือนกันและสามารถใช้งานร่วมกันระหว่างสายการผลิตได้
2. สายการผลิตมีลักษณะการผลิตที่ต่อเนื่องสม่ำเสมอ
3. กระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมทางสถิติ
4. วัตถุดิบที่ไหลเข้าสู่สายการผลิตแต่ละสายมีคุณสมบัติคงที่และเหมือนกัน

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สมการองค์ประกอบของตัวแบบต้นทุนคุณภาพ (Cost Model) ที่เกี่ยวข้องกับแผนการสุ่มตัวอย่าง
2. โปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยของแผนการสุ่มตัวอย่างโดยอาศัยสมการองค์ประกอบของตัวแบบต้นทุนคุณภาพที่เสนอ
3. คู่มือการใช้งานผ่านโปรแกรมตัวแบบต้นทุนคุณภาพผ่านโปรแกรม

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดเวลาที่ใช้ในจุดตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน (Quasi Testing)
2. ผลผลิตที่ได้ต่อสายการผลิตมีมากขึ้น
3. สามารถเพิ่มความสามารถในการตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่เพิ่มมากขึ้นได้
4. ได้พื้นที่ในสายการผลิตเพื่อขยายสายการผลิตเพิ่มมากขึ้น
5. สามารถลดจำนวนพนักงานที่ใช้ต่อสายการผลิตลงได้
6. ต้นทุนต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์มีค่าน้อยลง
7. สามารถนำแนวทางการศึกษาไปใช้กับหัวอ่านเขียนในรุ่นอื่นๆต่อไป

1.8 ขั้นตอนและแผนดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสุ่มตัวอย่างและวิธีการคำนวณต้นทุนคุณภาพ เพื่อให้สามารถนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยได้
2. ศึกษาถึงกระบวนการผลิตปัจจุบันเพื่อรวบรวมข้อมูลต่างๆ ก่อนดำเนินการปรับปรุง
3. สร้างองค์ประกอบของตัวแบบต้นทุน (Cost Model) และสำรวจข้อมูลของพารามิเตอร์ต้นทุนขั้นต้นต่างๆ ที่ต้องใช้คำนวณในสมการของตัวแบบต้นทุนที่สร้างขึ้น
4. หาค่าพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มที่เหมาะสมที่ใช้ต้นทุนคุณภาพรวมต่ำที่สุดโดยใช้โปรแกรมช่วยคำนวณ

5. วิเคราะห์ความไวของตัวแบบต้นทุนที่มีต่อตัวแปรต่างๆ
6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ
7. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.9 ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย

ตารางที่ 1.3 ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอน	ระยะเวลาดำเนินงาน (เดือน)																																							
	ต.ค.-51				พ.ย.-51				ธ.ค.-51				ม.ค.-52				ก.พ.-52				มี.ค.-52				เม.ย.-52				พ.ค.-52				มิ.ย.-52				ก.ค.-52				ส.ค.-52			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง																																											
2. ศึกษาถึงกระบวนการผลิตในปัจจุบันเพื่อรวบรวมข้อมูลต่างๆ ก่อนการปรับปรุงแก้ไข																																											
3. สร้างองค์ประกอบของตัวแบบต้นทุนและสำรวจข้อมูลของพารามิเตอร์ต้นทุนขั้นต้นต่างๆ																																											
4. หาค่าพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมที่ใช้ต้นทุนคุณภาพรวมต่ำที่สุด																																											
5. วิเคราะห์ความไวของตัวแบบต้นทุนที่มีต่อตัวแปรต่างๆ																																											
6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ																																											
6. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์																																											

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการเบื้องต้นของการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ

การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับเป็นส่วนประกอบหลักของการควบคุมคุณภาพ การสุ่มตัวอย่างนี้มักจะทำกับรุ่นของงานที่จะถูกส่งให้ลูกค้าหรือรุ่นของวัสดุที่รับเข้าผลิต โดยมีจุดประสงค์เพื่อตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธรุ่นนั้นๆ ซึ่งการสุ่มตัวอย่างนี้ยังสามารถนำมาใช้กับงานที่มีลักษณะบางอย่าง ได้แก่ (Montgomery, 2005)

- การตรวจสอบงานเป็นการตรวจสอบแบบทำลาย
- ต้นทุนจากการตรวจสอบ 100% สูง
- การตรวจสอบแบบ 100% ไม่เหมาะสมและใช้เวลาในการตรวจสอบนาน

2.1.1 ข้อดีและข้อเสียของการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ

เมื่อเปรียบการการสุ่มตัวอย่างตรวจสอบกับการตรวจสอบ 100% พบว่าการสุ่มตัวอย่างตรวจสอบมีข้อดีดังต่อไปนี้ (Montgomery, 2005)

1. เสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าเนื่องจากมีการตรวจสอบน้อยกว่า
2. มีการจับต้องผลิตภัณฑ์น้อยกว่าดังนั้นจึงทำให้ผลิตภัณฑ์บกพร่องน้อยกว่า
3. ใช้คนในการตรวจสอบน้อยกว่า
4. ลดความผิดพลาดในการตรวจสอบน้อยกว่าการตรวจสอบ 100% เนื่องจากในการตรวจสอบ 100% นั้น ผู้ตรวจจะมีความล้าและเบื่อซึ่งทำให้การตรวจสอบผิดพลาดมากกว่า
5. การสุ่มตัวอย่างตรวจสอบจะมีการปฏิเสธเป็นรุ่น ซึ่งสิ่งนี้จะเป็นตัวผลักดันให้ผู้ส่งมอบงานปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้น
6. สามารถประยุกต์ใช้กับการตรวจสอบแบบทำลาย

นอกจากข้อดีแล้วการสุ่มตัวอย่างตรวจสอบมีข้อเสียเกี่ยวกับการยอมรับรุ่นที่ไม่ดีและปฏิเสธรุ่นที่ดีด้วย

2.1.2 สัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ

- *AOQ* คุณภาพผ่านออกโดยเฉลี่ย (Average Outgoing Quality)

- $AOQL$ คุณภาพผ่านออกโดยเฉลี่ยสูงสุด (Average Outgoing Quality Limit)
- ATI ค่าเฉลี่ยจำนวนหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบจากทุกสายการผลิตของทุกช่วงการตรวจสอบ (Average Total Inspection)
- ACL ความยาวรอบเฉลี่ย (Average Cycle Length)
- AFI สัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบโดยเฉลี่ย (Average Fraction Inspected)

2.2 แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่อง (Continuous Sampling Plans)

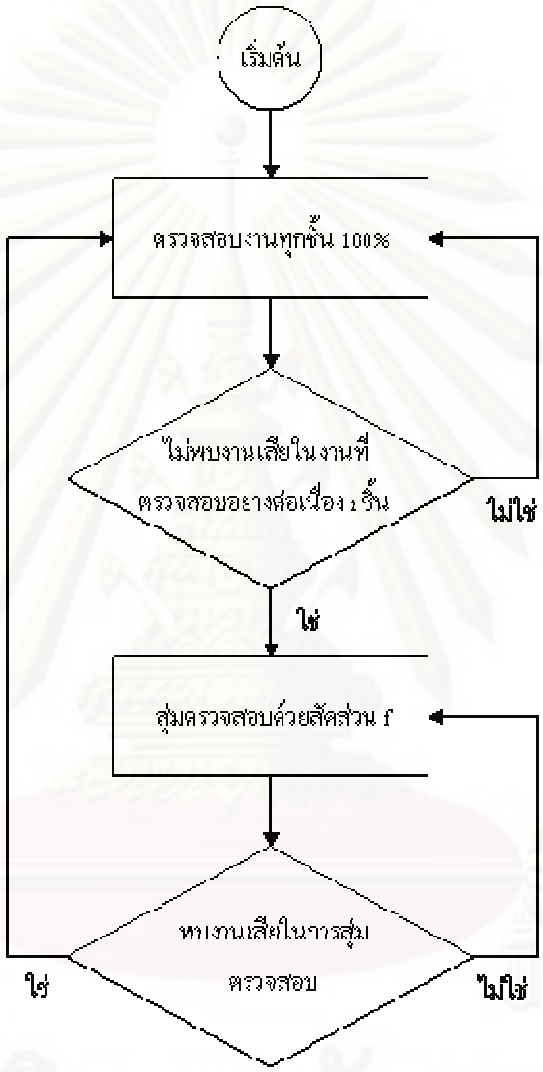
กระบวนการผลิตบางอย่างไม่สามารถแยกหรือเก็บงานไว้เป็นรุ่นในสายการผลิตได้ โดยต้องผลิตอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องสำหรับการผลิตแบบนี้ แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องเป็นการแผนการสุ่มตัวอย่างที่สับเปลี่ยนระหว่างการสุ่มตัวอย่างและการตรวจสอบ 100% โดยแผนการสุ่มตัวอย่างนี้จะเริ่มจากการตรวจสอบ 100% จนกระทั่งถึงชิ้นที่ i (clearance number) หากปราศจากผลิตภัณฑ์บกพร่องจึงเปลี่ยนจากการตรวจสอบ 100% ไปเป็นการสุ่มตัวอย่าง โดยจะทำการสุ่มตัวอย่างแบบนี้ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งตรวจพบผลิตภัณฑ์บกพร่อง จึงยกเลิกการสุ่มตัวอย่างและเปลี่ยนกลับไปตรวจ 100% อีกครั้งหนึ่ง

แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องนี้ถูกคิดขึ้นโดย H.F. Dodge ในปี ค.ศ.1943 โดยแผนการสุ่มตัวอย่างแผนแรกมีชื่อว่าแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ซึ่งเป็นแผนการสุ่มตัวอย่างระดับเดียว (Single level) ต่อมาในปี ค.ศ.1955 แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องแบบหลายระดับ (Multilevel) ถูกเสนอโดย G.Licherman และ H.Soloman โดยแผนการสุ่มตัวอย่างหลายระดับนี้จะลดระดับการสุ่มตัวอย่างลงเมื่องานที่ตรวจสอบมีคุณภาพดีอย่างต่อเนื่อง แผนการสุ่มตัวอย่างเหล่านี้ถูกรวบรวมอยู่ในมาตรฐาน MIL-STD-1235 (ORD) ซึ่งต่อมาถูกเปลี่ยนเป็น MIL-STD-1235A (MU) ในปี ค.ศ.1974 และเปลี่ยนเป็น MIL-STD-1235B ในปี ค.ศ.1981แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องแต่ละประเภทมีรายละเอียด ดังนี้

2.2.1 แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภทที่ 1 (Continuous Sampling Plan type 1, CSP-1)

แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภทที่ 1 หรือแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 เป็นการแผนที่สับเปลี่ยนระหว่างการสุ่มตัวอย่างและการตรวจสอบ 100% โดยแผนนี้จะเริ่มจากการตรวจสอบ 100% จนกระทั่งถึงชิ้นที่ i (clearance number) หากปราศจากผลิตภัณฑ์บกพร่อง จะเปลี่ยนจากการตรวจสอบ 100% ไปเป็นการสุ่มตัวอย่าง โดยจะทำการสุ่มตัวอย่างแบบนี้ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งตรวจพบผลิตภัณฑ์บกพร่อง จึงยกเลิกการสุ่มตัวอย่างและเปลี่ยนเป็นการตรวจ 100% อีกครั้งหนึ่ง ทุกครั้งที่พบผลิตภัณฑ์บกพร่องจะทำการแก้ไขหรือแทนที่ด้วย

ผลิตภัณฑ์ดี ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 แสดงดังรูปที่ 2.1 (Banks,1989) แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 จะถูกกำหนดโดยค่า AOQL ซึ่งแต่ละค่า ของ AOQL จะให้คู่ของ i และ f ที่แตกต่างกัน



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1

ค่าของ i และ f ที่แต่ละค่าของ AOQL นั้นถูกคิดขึ้นมาจากการพิจารณาการนำไปใช้และปฏิบัติได้จริง ถ้า f มีค่าน้อยๆทำให้การป้องกันหรือการตรวจพบงานเสียที่เกิดขึ้นเป็นเพียงครั้งคราวหรือเป็นช่วงเวลาลดลงโดยเฉพาะค่า f ที่น้อยกว่า 1/50 อีกปัจจัยหนึ่งที่ต้องพิจารณาคือจำนวนการผลิตต่อกะเนื่องจากค่านี้มีความสัมพันธ์กับค่า f คือ ถ้าจำนวนการผลิต

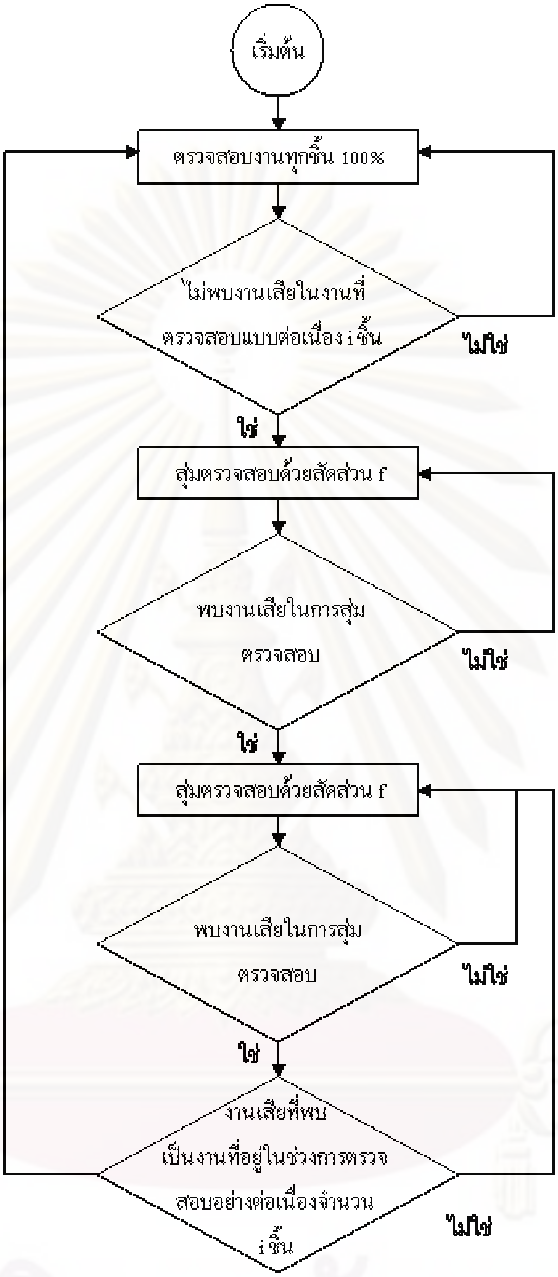
ต่อกะเพิ่มมากขึ้น ค่า f จะสามารถลดลงได้และนอกจากนี้ค่า f ยังขึ้นอยู่กับภาระงานของพนักงานตรวจสอบอีกด้วย

2.2.2 **แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภทที่** 2 (Continuous Sampling Plan type 2, CSP-2)

แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภทที่ 2 หรือแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-2 เป็นแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องระดับเดียวที่พัฒนามาจากแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ในปี ค.ศ. 1951 โดย H.F.Dodge และ M.N.Torrey โดยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-2 เป็นแผนการสุ่มตัวอย่างที่มีหลักการคล้ายแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 แต่ลดการตรวจสอบแบบ 100% ให้น้อยลง และให้โอกาสในการสุ่มด้วยอัตราส่วน f มากขึ้น แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-2 มีขั้นตอนดังนี้ (Dodge and Torrey, 1977)

1. ตรวจสอบผลิตภัณฑ์แบบ 100% ต่อเนื่องกันไปเป็นจำนวน i หน่วย
2. หากในจำนวน i หน่วยที่ตรวจสอบไม่พบผลิตภัณฑ์ที่บกพร่อง จะหยุดตรวจสอบ 100% และเปลี่ยนไปเป็นการสุ่มตัวอย่างแบบอัตราส่วน f ไปเรื่อยๆ
3. ในการสุ่มตัวอย่างด้วยอัตราส่วน f นี้หากมีการพบผลิตภัณฑ์บกพร่องหน่วยแรก ให้ทำการสุ่มตัวอย่างด้วยอัตราส่วน f ต่อไป แต่จะต้องเริ่มนับจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ตรวจสอบหลังจากผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องชิ้นนั้น หากภายใน k หน่วยพบผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องหน่วยที่สอง จะเปลี่ยนจากการสุ่มตัวอย่างไปเป็นตรวจสอบแบบ 100% ทันที แต่หากไม่พบผลิตภัณฑ์บกพร่องจะยังคงสุ่มตัวอย่างตรวจสอบด้วยอัตราส่วน f ต่อไปจนกระทั่งพบผลิตภัณฑ์บกพร่องจะดำเนินการตามขั้นที่ 3 อีกครั้ง (โดยทั่วไป กำหนดให้ $k = i$)
4. ทุกครั้งที่พบผลิตภัณฑ์บกพร่อง จะทำการแก้ไขหรือแทนที่ด้วยผลิตภัณฑ์ดี

แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-2 แสดงได้ดังรูปที่ 2.2 (Banks, 1989) จุดประสงค์ของการใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-2 คือป้องกันการเปลี่ยนกลับไปตรวจสอบแบบ 100% โดยไม่จำเป็นสำหรับกรณีที่งานเสียที่ตรวจพบเป็นงานเสียที่เกิดขึ้นเพียงครั้งเดียว แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-2 จะถูกกำหนดโดย AOQL เช่นเดียวกับแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ซึ่งแต่ละค่าของ AOQL นี้จะให้คู่ของ i และ f ที่แตกต่างกัน



รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.3 แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภทที่ 3 (Continuous Sampling Plan type 3, CSP-3)

แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภทที่ 3 หรือแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-3 เป็นแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องที่พัฒนามาจากแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ในปี ค.ศ.1951 โดย H.F.Dodge และ M.N.Torrey โดยมีลักษณะการตรวจสอบคล้ายกับแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-2 แต่จะป้องกันคุณภาพที่ไม่ดีของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-2 แต่ต่างกันตรงที่หากในการสุ่มตัวอย่างด้วยอัตราส่วน f พบผลิตภัณฑ์บกพร่องหน่วยแรก ผลิตภัณฑ์ 4 หน่วยถัดไปที่อยู่บนสายการผลิตจะถูกตรวจสอบทุกหน่วย ถ้าไม่พบผลิตภัณฑ์บกพร่องใน 4 หน่วยนี้ จะตรวจสอบด้วยอัตรา f ต่อไป แต่หากพบผลิตภัณฑ์บกพร่องจะเปลี่ยนกลับไปตรวจ 100% ทันที

2.2.4 แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภทที่ 4 และ 5 (Continuous Sampling Plan type 4 and Continuous Sampling Plan type 5, CSP-4 and CSP-5)

แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภทที่ 4 หรือแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-4 มีขั้นตอนการตรวจสอบเหมือนกับแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ยกเว้นในช่วงการตรวจสอบบางส่วนซึ่งจะแบ่งผลิตภัณฑ์ออกเป็นส่วนๆ ขนาด n และทำการสุ่มผลิตภัณฑ์ขึ้นมา 1 หน่วยจากแต่ละส่วนเพื่อตรวจสอบ หากพบผลิตภัณฑ์บกพร่อง ผลิตภัณฑ์จำนวน $n-1$ หน่วยที่เหลืออยู่ในแต่ละส่วนจะถูกแยกออกมาจากกระบวนการผลิตและจะตรวจสอบแบบ 100% กับส่วนถัดไป

สำหรับแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภทที่ 5 หรือแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-5 มีขั้นตอนการตรวจสอบเหมือนแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-4 ยกเว้นในส่วนของผลิตภัณฑ์ขนาด n ที่พบผลิตภัณฑ์บกพร่อง ผลิตภัณฑ์ทุกหน่วยในส่วนนี้จะถูกตรวจสอบ (Derman, Jones and Lieberman, 1959)

2.2.5 แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภท F (Continuous Sampling Plan type F, CSP-F)

แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภท F หรือแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-F เป็นการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องแบบระดับเดียวซึ่งเป็นกระบวนการที่สับเปลี่ยนระหว่างการตรวจสอบ 100% กับการสุ่มตัวอย่างซึ่งเหมือนกับแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 โดยแผนการสุ่มตัวอย่างนี้จะถูกกำหนดโดยค่า AOQL และจำนวนหน่วยที่ทำการผลิต ซึ่งแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-F นี้จะใช้จำนวน i (Clearance Number) ที่น้อยดังนั้นจึงมักนำแผนนี้ไปใช้กับการสุ่มตัวอย่างสำหรับการผลิตที่ต่อเนื่องในช่วงสั้นๆหรือใช้กับการตรวจสอบงานที่ใช้เวลาในการตรวจค่อนข้างมาก

2.2.6 **แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภท** V (Continuous Sampling Plan type V, CSP-V)

แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภท V หรือแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-V เป็นการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องระดับเดียว โดยหลักการตรวจสอบ คือ ทำการตรวจสอบ 100% เป็นจำนวน i หน่วย หากไม่พบผลิตภัณฑ์บกพร่องจะเปลี่ยนไปเป็นการสุ่มตัวอย่างด้วยอัตราส่วน f จนพบผลิตภัณฑ์บกพร่องจะเปลี่ยนจากการสุ่มตัวอย่างกลับเป็นการตรวจสอบ 100% แต่จำนวนการตรวจสอบจะลดลง 2/3 ดังนั้นจำนวนการตรวจสอบใหม่คือ x ซึ่งมีค่าเท่ากับ (1/3)i ถ้าการตรวจสอบพบว่า x หน่วยที่ติดกันเป็นผลิตภัณฑ์ดี จำนวนการตรวจสอบแบบ 100% จะกลับมามีค่าเท่ากับ i นั่นคือแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-V เป็นแผนการสุ่มตัวอย่างที่ป้องกันการตรวจสอบแบบ 100% ในระยะยาว โดยถ้าผลิตภัณฑ์บกพร่องถูกพบก่อนที่จะพบผลิตภัณฑ์ดีภายใน i หน่วยติดต่อกัน แผนการสุ่มตัวอย่างนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับสถานการณ์ที่การลดความถี่ของการสุ่มไม่ได้ช่วยให้ดีขึ้น นอกจากนี้แผนนี้ช่วยให้การกำหนดหรือจัดสรรงานให้พนักงานตรวจสอบง่ายขึ้น และถ้าไม่ตรวจพบผลิตภัณฑ์บกพร่อง แผนนี้ยังช่วยให้มีการตรวจสอบงานที่น้อยลงด้วย

2.2.7 **แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภท** M (Continuous Sampling Plan type M, CSP-M)

แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภท M หรือแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-M เป็นแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องหลายระดับที่ถูกพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ.1955 โดย Lieberman และ Solomon วัตถุประสงค์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-M คือเพื่อให้มีการลดจำนวนการตรวจสอบลงอย่างรวดเร็วเมื่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีขึ้นและต้องการให้มีการตรวจสอบแบบ 100% ก็ต่อเมื่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ค่อนข้างเลว แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-M มีข้อกำหนดในการเพิ่มความสามารถในการป้องกันผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพไม่ดี คือ จะเริ่มตรวจสอบแบบ 100% แต่หากการตรวจสอบแบบ 100% พบว่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ดี จะทำการลดขนาดตัวอย่างที่ต้องตรวจสอบลงเรื่อยๆ โดยเปลี่ยนระดับการตรวจสอบให้มีขนาดตัวอย่างลดลง แต่เมื่อใดที่ลดขนาดตัวอย่างลงแล้วพบว่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในขณะนั้นไม่ดี จะเปลี่ยนระดับการตรวจสอบให้มีขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น การเลือกระดับการตรวจสอบขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้ผลิตเอง ขั้นตอนการตรวจสอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-M มีดังนี้ (Lieberman and Solomon, 1955)

1. ตรวจสอบผลิตภัณฑ์แบบ 100% ต่อเนื่องกันไปเป็นจำนวน i หน่วย
2. หากในจำนวน i หน่วยที่ตรวจสอบไม่พบผลิตภัณฑ์บกพร่อง จะหยุดทำการตรวจสอบแบบ 100% และเปลี่ยนไปเป็นการสุ่มตัวอย่างแบบอัตราส่วน f

3. ในการสุ่มตัวอย่างด้วยอัตราส่วน f นี้หากไม่พบผลิตภัณฑ์บกพร่องใน i หน่วย จะเปลี่ยนระดับการตรวจสอบให้มีจำนวนการตรวจสอบลดลงโดยเปลี่ยนอัตราส่วนตรวจสอบเป็น f^2 และถ้าการตรวจสอบด้วยอัตราส่วน f^2 นี้ไม่พบผลิตภัณฑ์บกพร่องภายใน i หน่วย จะเปลี่ยนระดับการตรวจสอบให้มีจำนวนการตรวจสอบลดลงอีกโดยเปลี่ยนอัตราส่วนตรวจสอบเป็น f^3 และทำเช่นนี้เรื่อยไป แต่หากพบผลิตภัณฑ์บกพร่องในการตรวจสอบด้วยอัตราส่วนใดก็ตาม จะตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่อยู่ถัดไป 4 หน่วยติดต่อกัน หากไม่พบผลิตภัณฑ์บกพร่องจะยังคงตรวจสอบด้วยอัตราส่วนนั้นต่อไปอีก และหากภายใน i หน่วยไม่มีการพบผลิตภัณฑ์บกพร่องอีกครั้ง จะเปลี่ยนระดับการตรวจสอบให้สูงขึ้นอีก เช่น จาก f^2 ไปเป็น f^3 แต่ถ้าใน 4 หน่วยติดกันพบผลิตภัณฑ์บกพร่อง จะเปลี่ยนระดับการตรวจสอบให้ลดต่ำลง 1 ระดับ เช่น จาก f^3 ไปเป็น f^2

4. ทุกครั้งที่พบผลิตภัณฑ์บกพร่อง จะทำการแก้ไขหรือแทนที่ด้วยผลิตภัณฑ์ดี

2.2.8 แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภท T (Continuous Sampling Plan type T, CSP-T)

แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภท T หรือแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-T เป็นแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องหลายระดับซึ่งเป็นกระบวนการที่สับเปลี่ยนระหว่างการตรวจสอบ 100% กับการสุ่มตัวอย่างซึ่งจะลดความถี่ของการสุ่มลงเรื่อยๆโดยจะพิจารณาจากคุณภาพของชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำการสุ่มในครั้งก่อนหน้า โดยกระบวนการสุ่มของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-T เริ่มจากการตรวจสอบแบบ 100% ติดต่อกันไปเรื่อยๆ เป็นจำนวน i หน่วย หากไม่พบผลิตภัณฑ์บกพร่องจะหยุดตรวจสอบแบบ 100% แล้วเปลี่ยนไปเป็นการสุ่มตัวอย่างด้วยอัตราส่วน f หากภายใน i หน่วยถัดไปไม่พบผลิตภัณฑ์บกพร่อง จะเปลี่ยนอัตราการสุ่มตัวอย่างไป $f/2$ และหากภายใน i หน่วยไม่พบผลิตภัณฑ์บกพร่องอีก จะเปลี่ยนอัตราการสุ่มตัวอย่างไปเป็น $f/4$ หากในขณะทำการตรวจสอบด้วยอัตราส่วนใดๆพบผลิตภัณฑ์บกพร่อง จะเปลี่ยนการตรวจสอบไปเป็นแบบ 100% ทันที โดยขั้นตอนการตรวจสอบจะดำเนินการเช่นเดิม แม้ว่าแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-T จะเป็นแผนที่ช่วยลดความถี่ในการตรวจสอบลงได้แต่แผนนี้ก็ทำให้เกิดปัญหาในการจัดสรรหรือกำหนดจำนวนพนักงานตรวจสอบ เช่น ถ้าเริ่มการตรวจสอบแบบ 100% ต้องใช้พนักงานตรวจสอบทั้งหมด 16 คน หลังจากนั้นทำการตรวจสอบด้วยอัตราส่วน f เท่ากับ 1/4 จะต้องใช้พนักงานสุ่มตรวจเท่ากับ 4 คน และที่การสุ่มตัวอย่างด้วยอัตราส่วน $f/2$ ซึ่งเท่ากับ 1/8 ต้องใช้

พนักงานตรวจสอบเท่ากับ 2 คนและที่อัตราส่วนของการสุ่ม f /4 ซึ่งเท่ากับ 1/16 ต้องใช้พนักงานตรวจสอบเท่ากับ 1คน จะเห็นว่าจำนวนพนักงานตรวจสอบมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก

2.3 **ต้นทุนคุณภาพ** (Cost of Quality)

2.3.1 **แนวความคิดและความสำคัญของต้นทุนคุณภาพ**

การพัฒนาศักยภาพในการแข่งขันล้วนเป็นสิ่งที่ทุกๆองค์กรแสวงหาและไม่หยุดที่จะไขว่คว้า ซึ่งเรื่องคุณภาพและต้นทุนก็เป็นเป้าหมายที่สำคัญอันดับแรกๆที่ทุกองค์กรให้ความสำคัญ หากต้องการให้งานที่ส่งไปถึงลูกค้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ดี องค์กรจะต้องป้องกันการเกิดผลิตภัณฑ์บกพร่องและทำการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ก่อนส่ง ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้ก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายต่างๆ และค่าใช้จ่ายเหล่านี้ถูกรวมเป็นส่วนหนึ่งของต้นทุนผลิตภัณฑ์ ดังนั้นหากมีการใช้จ่ายในส่วนนี้มากเกินไปจะทำให้ต้นทุนของผลิตภัณฑ์สูงกว่าที่ควรจะเป็นและอาจสูงกว่าคู่แข่งทั้งๆที่ระดับคุณภาพใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงควรให้ความสำคัญกับแนวคิดคุณภาพที่เหมาะสมกับต้นทุน

2.3.2 **ความหมายของคุณภาพและต้นทุนคุณภาพ**

คุณภาพ หมายถึง การดำเนินงานให้เป็นไปตามมาตรฐาน หรือข้อกำหนด เพื่อการสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า และมีต้นทุนการดำเนินงานที่เหมาะสม

ต้นทุนคุณภาพ หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวเนื่องกับกิจกรรมต่างๆที่ก่อให้เกิดคุณภาพ โดยต้นทุนคุณภาพจะเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งในการวัดประสิทธิภาพการบริหารคุณภาพ

2.3.3 **วิวัฒนาการของการคำนึงถึงคุณภาพ**

จากอดีตนั้น เมื่อพิจารณาคำว่าคุณภาพ จะพบว่าคุณภาพมีวิวัฒนาการ 4 ระดับ ได้แก่

1. มุ่งเน้นความเหมาะสมกับมาตรฐาน (Fitness to Standard)
2. มุ่งเน้นประโยชน์ใช้สอย (Fitness to Use)
3. มุ่งเน้นความเหมาะสมกับต้นทุน (Fitness to Cost)
4. มุ่งเน้นความต้องการที่แฝงเร้น (Fitness to Latent Requirement)

การมุ่งเน้นความเหมาะสมกับมาตรฐานเป็นแนวคิดระยะเริ่มต้น โดยการเทียบเคียงคุณภาพให้ตรงตามมาตรฐานที่องค์กรกำหนดขึ้น แต่ต่อมาเมื่อความต้องการของลูกค้ามีความหลากหลาย องค์กรจึงเริ่มมีมุมมองว่า คุณภาพต้องครอบคลุมความเหมาะสมต่อการใช้งาน ไม่ใช่เพียงพิจารณาว่าตรงตามมาตรฐานที่กำหนดเท่านั้น อย่างไรก็ตามเมื่อองค์กรพยายาม

ตอบสนองการใช้งานมากขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตเริ่มสูงขึ้น ดังนั้นมุมมองเชิงคุณภาพจึงพัฒนาต่อโดยการมุ่งเน้นต้นทุนที่เหมาะสมและพัฒนาเรื่อยมาจนถึงการมุ่งเน้นการเข้าถึงความต้องการของลูกค้าที่แฝงเร้น

2.3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนกับคุณภาพ

ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นกับกิจกรรมที่ก่อให้เกิดคุณภาพมีอยู่มากมาย ตั้งแต่ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์บกพร่อง งานที่ต้องแก้ไข การตรวจสอบคุณภาพ การรับประกันสินค้า การเสียโอกาสในการขาย การเก็บสินค้าเพิ่มเติม การฝึกอบรม การออกแบบการผลิตตลอดจนการสูญเสียกำลังการผลิต ซึ่งเมื่อนำต้นทุนมาจำแนกจะได้ต้นทุน 2 กลุ่ม ได้แก่

1. ต้นทุนคุณภาพทางตรง (Direct Quality Costs)
2. ต้นทุนคุณภาพทางอ้อม (Indirect Quality Costs)

1. ต้นทุนคุณภาพทางตรง (Direct Quality Costs) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการจัดการคุณภาพเพื่อให้เกิดการดำเนินงานในการสร้างสินค้าหรือบริการที่มีคุณภาพ โดยสามารถรวบรวมและวัดผลออกมาเป็นตัวเงินในรูปค่าใช้จ่ายเพื่อนำไปคำนวณต้นทุนในการบริหาร ซึ่งจำแนกเป็น 3 กลุ่ม คือ

ก. ต้นทุนการป้องกัน (Prevention Cost) เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการทำกิจกรรมต่างๆเพื่อการป้องกันไม่ให้เกิดความบกพร่องและความสูญเสียในการผลิต รวมทั้งปัญหาในการดำเนินงานต่างๆ ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดมาตรฐาน ตัวอย่างของต้นทุนกลุ่มนี้ มีดังนี้

- การฝึกอบรมพนักงาน
- การทวนสอบการออกแบบ
- การวางแผนคุณภาพ
- การจัดตั้งทีมเพื่อปรับปรุงคุณภาพ
- การออกแบบกระบวนการ
- การปรับปรุงเครื่องจักรและอุปกรณ์
- การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

ข. ต้นทุนการตรวจสอบ การวัดและการประเมินคุณภาพ (Appraisal Costs) เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการทำกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวัด การตรวจสอบและการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์หรือบริการเพื่อที่จะสามารถพิจารณาว่าตรงตามมาตรฐานหรือความต้องการในเรื่องผลิตภัณฑ์และบริการ ตัวอย่างของต้นทุนกลุ่มนี้ มีดังนี้

- การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบนำเข้า
- การตรวจสอบคุณภาพในกระบวนการ
- การตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้าย
- การทดลองผลิตงานตัวอย่าง
- การสอบเทียบเครื่องมือวัด
- การวิเคราะห์ผลการตรวจสอบคุณภาพและการทำรายงานสรุป
- การตรวจและทดสอบผลิตภัณฑ์

ค. ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ (Failure Costs) เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นจากความบกพร่องของการดำเนินงาน ผลิตภัณฑ์หรือบริการ ที่บกพร่องด้านคุณภาพ ไม่ตรงกับความต้องการของลูกค้า สามารถจำแนกได้ 2 ชนิด ได้แก่

1) ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพภายใน เป็นต้นทุนที่เกิดจากความบกพร่องด้านคุณภาพก่อนที่จะส่งมอบผลิตภัณฑ์หรือบริการแก่ลูกค้า ตัวอย่างของต้นทุนกลุ่มนี้ มีดังนี้

- ผลิตภัณฑ์บกพร่อง
- การแก้ไขงานบกพร่อง
- การตรวจสอบซ้ำ
- วัตถุดิบเก่าหรือล้าสมัย
- เครื่องจักรหยุดทำงาน
- ผลิตภัณฑ์บกพร่องจากผู้รับเหมา
- การทดสอบผลิตภัณฑ์ซ้ำ
- สินค้าคัดเกรด
- การเปลี่ยนแปลงแก้ไขวิธีการผลิต
- อุบัติเหตุ

2) ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพภายนอก เป็นต้นทุนที่เกิดจากความบกพร่องทางคุณภาพหลังจากส่งมอบผลิตภัณฑ์หรือบริการให้แก่ลูกค้า ตัวอย่างของต้นทุนกลุ่มนี้ มีดังนี้

- การจัดการข้อร้องเรียนของลูกค้า

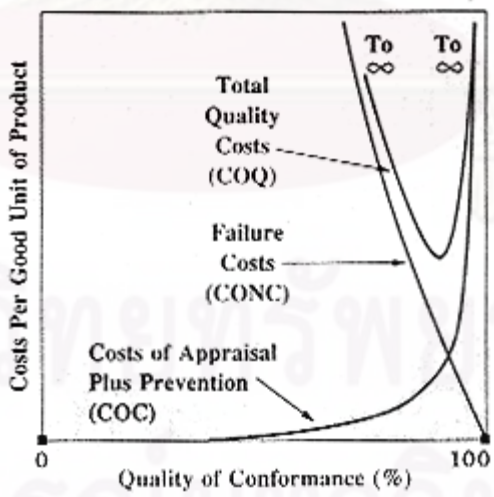
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- การเคลมสินค้าตามระยะประกัน
- การเรียกคืนสินค้า
- ผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ลูกค้าส่งคืน

ในการศึกษาเรื่องคุณภาพในยุคแรกมีแนวคิดว่าการที่จะทำให้สินค้าที่ผลิตออกมาไม่เกิดความบกพร่องขึ้นเลยแทบเป็นไปไม่ได้และหากต้องลงทุนหรือจ่ายค่าใช้จ่ายเพื่อป้องกันและตรวจสอบคุณภาพจะต้องลงทุนมหาศาลซึ่งไม่คุ้มกับการดำเนินงาน แนวคิดเรื่องคุณภาพในยุคแรกดังรูปที่ 2.3 (กำพลและสุชาติ, 2546) แสดงว่าต้นทุนคุณภาพจะสูงขึ้นด้วยเหตุผล 2 ประการ คือ

1. การปล่อยละเลยคุณภาพทำให้ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพมีค่าสูง
2. การลงทุนด้านการป้องกันอย่างมหาศาลเพื่อทำให้สินค้าเป็นของดีทั้งหมด

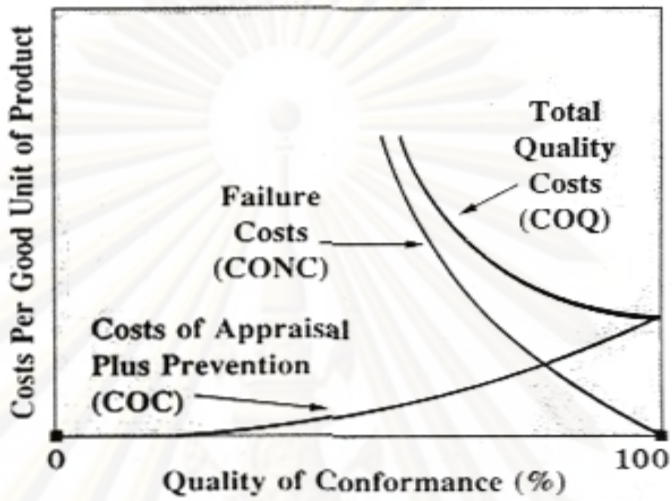
จากรูปแบบดังกล่าวพบว่ามีระดับของคุณภาพที่ทำให้เกิดต้นทุนต่ำที่สุดโดยไม่จำเป็นต้องผลิตสินค้าให้ดีทั้งหมด



รูปที่ 2.3 แนวคิดเรื่องต้นทุนคุณภาพในยุคแรก

ต่อมาเมื่อวิวัฒนาการด้านเทคโนโลยีก้าวหน้ามากขึ้น มีการใช้เครื่องจักรที่ทันสมัย การใช้คอมพิวเตอร์เข้าควบคุม มีระบบการผลิตที่ป้องกันความผิดพลาดที่เกิดจากการ

ทำงานของคน ความผิดพลาดจึงลดลงอย่างมากและไม่สูงเช่นแต่ก่อน ค่าใช้จ่ายลดลงเพราะเทคโนโลยี แนวคิดแบบดั้งเดิมจึงถูกแทนที่ด้วยแนวคิดใหม่ ดังรูปที่ 2.4 (กำพลและสุชาติ, 2546)



รูปที่ 2.4 แนวคิดเรื่องต้นทุนคุณภาพสมัยใหม่

จากรูปที่ 2.4 แสดงให้เห็นว่าต้นทุนคุณภาพที่ต่ำที่สุดเกิดจากการป้องกันและตรวจสอบไม่ให้เกิดความบกพร่องด้านคุณภาพหรือทำให้ได้ของดี 100% นั่นเอง

2. ต้นทุนคุณภาพทางอ้อม (Indirect Quality Costs) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงานและผลงานที่ไม่มีคุณภาพ ซึ่งส่งผลต่อความรู้สึกและความสัมพันธ์ระหว่างธุรกิจกับลูกค้า มีความลำบากต่อการประเมินความสูญเสียในรูปตัวเงิน ซึ่งจำแนกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

- ต้นทุนเมื่อผู้บริโภคได้รับความเสียหาย (Customer-incurred Costs)
- ต้นทุนเมื่อผู้บริโภคไม่พอใจ (Customer-dissatisfaction Costs)
- ต้นทุนการเสียชื่อเสียง (Loss of Reputation Costs)

ก. ต้นทุนเมื่อผู้บริโภคได้รับความเสียหาย เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นจากความบกพร่องด้านคุณภาพของสินค้าหรือบริการที่ลูกค้าได้รับและเกิดความเสียหายขึ้นกับลูกค้าจากสินค้าและบริการเหล่านั้น ตัวอย่างเช่น ลูกค้าได้รับสินค้า แล้วมีปัญหากับสินค้านั้นๆ จากนั้นนำมาเปลี่ยน หรือคืนสินค้า แม้ว่าจะได้รับสินค้าใหม่คืน แต่เกิดความสูญเสียด้านจิตใจ ซึ่งมีผลต่อการที่

ลูกค้าอาจจะไม่ซื้อสินค้านั้นอีกในอนาคต หรือบอกผู้อื่นต่อไปเพื่อไม่ให้มาซื้อสินค้ากับทางบริษัทอีก

ข. ต้นทุนเมื่อผู้บริโภคไม่พอใจ เป็นต้นทุนที่เกิดจากความไม่พอใจของลูกค้าเนื่องจากสินค้านั้นต่ำกว่าความคาดหวังส่งผลให้เกิดความไม่พอใจ เกิดความไม่มั่นใจในสินค้าและถ้ามีทางเลือกอาจจะไม่เลือกซื้อสินค้านั้น ทำให้เกิดความสูญเสียในโอกาสการทำรายได้ในอนาคต รวมถึงผลกำไร และส่วนแบ่งตลาด

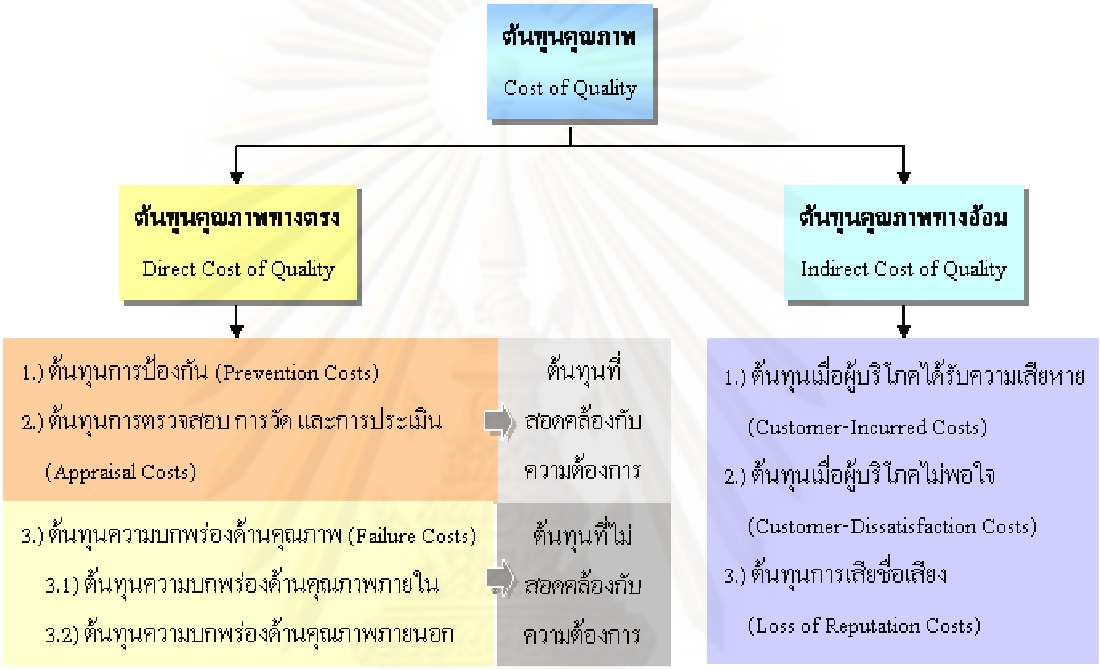
ค. ต้นทุนการเสียชื่อเสียง เป็นต้นทุนที่เกิดจากความผิดพลาดการดำเนินงาน หรือตัวสินค้าหรือบริการไม่มีคุณภาพ ส่งผลให้เกิดภาพลักษณ์ที่ไม่ดีกับลูกค้าและสังคมและหากทวีความรุนแรงมากขึ้น อาจเกิดการต่อต้านจากสังคมและมีผลต่อธุรกิจ

ต้นทุนทั้ง 3 กลุ่มนี้ เป็นต้นทุนที่ประเมินได้ยากและส่งผลร้ายแรงอย่างมาก โดยเฉพาะในโลกปัจจุบันที่การสื่อสารเข้าถึงได้รวดเร็ว ดังนั้นผู้ประกอบการต้องระมัดระวังเรื่องนี้เป็นอย่างมาก

จากข้อมูลข้างต้นทั้งหมดที่กล่าวถึงองค์ประกอบโดยรวมของต้นทุนต่าง ๆ ทั้งต้นทุนคุณภาพทางตรงและต้นทุนคุณภาพทางอ้อมล้วนมีผลต่อธุรกิจไม่มากหรือน้อยต่างกัน โดยต้นทุนคุณภาพทางตรงจะมีผลต่อต้นทุนการผลิตและการดำเนินกิจการของธุรกิจนั้น ส่วนต้นทุนคุณภาพทางอ้อมจะมีผลต่อการแข่งขันของธุรกิจหรืออนาคตของธุรกิจเหล่านั้นรวมถึงการดำเนินงานในปัจจุบัน

เนื่องจากต้นทุนคุณภาพทางอ้อมมีความลำบากในการวัดค่าหรืออาจจะวัดได้ไม่ชัดเจน ดังนั้นการวัดต้นทุนคุณภาพโดยทั่วไปจึงวัดเฉพาะส่วนของต้นทุนคุณภาพทางตรง ซึ่งประกอบด้วย ต้นทุนการป้องกัน (Prevention Costs) ต้นทุนการตรวจสอบ การวัด และการประเมิน (Appraisal Costs) และต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ (Failure Costs) ทั้งนี้ ต้นทุนคุณภาพทั้ง 3 ประเภท สามารถนำมาจัดกลุ่มออกเป็น ต้นทุนที่ตรงกับความต้องการ (Cost of Conformance, COC) กับต้นทุนคุณภาพที่เกิดจากคุณภาพที่ไม่ดี ซึ่งมีชื่อว่าต้นทุนคุณภาพที่ไม่ตรงกับความต้องการ (Cost of Non-Conformance, CONC) โดยต้นทุนคุณภาพที่ตรงกับความต้องการ จะประกอบด้วย ต้นทุนการป้องกัน ต้นทุนการตรวจสอบ การวัดและการประเมิน ส่วนต้นทุนที่ไม่ตรงกับความต้องการ คือ ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ ซึ่งประกอบด้วย ต้นทุนความบกพร่องภายใน และต้นทุนความบกพร่องภายนอก ซึ่งบางครั้งต้นทุนคุณภาพทางตรง อาจมีชื่อว่า PAF Model ย่อมาจาก Prevention Costs, Appraisal Costs และ Failure Costs

โดยทั่วไปต้นทุนคุณภาพทางอ้อมจะมีปริมาณมากกว่าต้นทุนคุณภาพทางตรง และเป็นต้นทุนกลุ่มที่ธุรกิจอาจจะละเลยไม่ให้ความสำคัญ เพราะไม่ปรากฏอย่างชัดเจน เมื่อเราจัดกลุ่มต้นทุนทั้งหมดจะสรุปกลุ่มทั้งหมดได้ดังรูปที่ 2.5 (กำพลและสุชาติ, 2546)



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของต้นทุนคุณภาพ

2.3.5 ประโยชน์ของระบบต้นทุนคุณภาพ

วัตถุประสงค์ของการทำระบบต้นทุนคุณภาพ ก็เพื่อต้องการสร้างความสัมพันธ์เรื่องปัญหาเชิงคุณภาพในกระบวนการผลิตกับค่าใช้จ่ายหรือต้นทุน เพื่อระบุพื้นที่การดำเนินงานหรือพื้นที่การปรับปรุงคุณภาพ เพื่อให้องค์กรสามารถปรับปรุง พัฒนา ให้ต้นทุนการดำเนินงานโดยรวมลดลง สร้างความพอใจแก่ลูกค้า เพิ่มยอดขาย เพิ่มกำไร รวมทั้งเพิ่มผลผลิตให้เกิดขึ้นอย่างเป็นระบบ โดยต้นทุนคุณภาพ จะก่อเกิดประโยชน์ในมุมมองต่างๆ ได้แก่

- ทำให้องค์กรพิจารณาปัญหาเชิงคุณภาพได้ชัดเจน
- ทำให้องค์กรสามารถระบุพื้นที่ของปัญหาคุณภาพ
- ทำให้องค์กรมีตัวชี้วัดการปรับปรุงคุณภาพและต้นทุนคุณภาพจะเป็นตัวชี้วัดการดำเนินงานต่างๆได้
- ทำให้องค์กรสามารถนำต้นทุนไปหาผลตอบแทนที่จะได้รับ

2.4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 เอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่อง

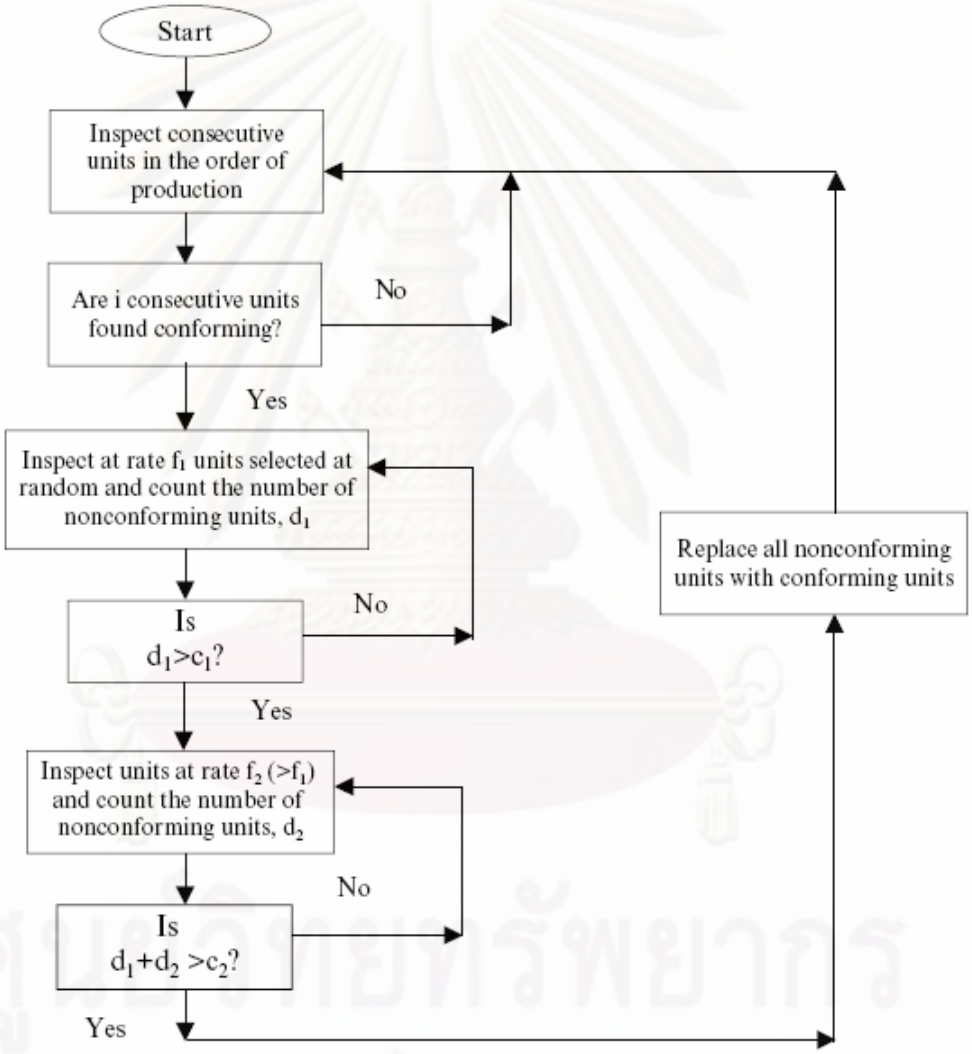
ในอดีตที่ผ่านมา นักวิจัยหลายท่านได้ศึกษาและออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่อง ทั้งที่หาแผนที่เหมาะสมที่สามารถสุ่มแล้วได้งานที่ออกมามีคุณภาพตามขอบเขตที่กำหนด หลายท่านยังเน้นออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างโดยอ้างอิงถึงต้นทุนที่ใช้อีกด้วย

2.4.1.1 การพัฒนาแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่อง

Dodge ได้เสนอแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องหรือแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP (Continuous Sampling Plan) ขึ้นเมื่อปี ค.ศ.1943 โดยแผนการสุ่มตัวอย่างแรกที่นำเสนอคือแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หลังจากนั้นแผนนี้ก็ได้รับการพัฒนาต่อมาเรื่อยๆจนเกิดเป็นแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องอีกหลายแผนจนถึงปัจจุบัน จากการศึกษางานวิจัยพบว่าแนวทางในการพัฒนาแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องนี้มีจุดประสงค์หลายอย่าง เช่น เพื่อให้การสุ่มทำได้ง่ายขึ้น เพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการสุ่มน้อยลงหรือประหยัดขึ้น เพื่อให้แผนการสุ่มตัวอย่างนั้นมีประสิทธิภาพในการดักงานเสียได้ดีขึ้น เป็นต้น ดังเช่นงานวิจัยต่อไปนี้

ธิดาเดียว (2549) วิจัยเกี่ยวกับการออกแบบแผนการชักสิ่งตัวอย่างหรือแผนการสุ่มตัวอย่างสำหรับตรวจสอบสายการผลิตแบบต่อเนื่อง 2 สายพร้อมกันหรือแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1-2L ซึ่งแผนนี้กำหนดโดยค่า 4 ค่าคือ จำนวนหน่วยผลิตภัณฑ์ดีที่ต้องตรวจพบติดต่อกันของสายการผลิตที่ 1 และ 2 ในช่วงการตรวจสอบแบบ 100% และอัตราส่วนในการชักสิ่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขึ้นมาตรวจสอบของสายการผลิตที่ 1 และ 2 ในช่วงการตรวจสอบแบบอัตราส่วน นอกจากนี้ยังได้สร้างสูตรคำนวณค่าวัดคุณลักษณะของแผน 3 ค่า คือ ค่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบโดยเฉลี่ยรวม (ATFI) ค่าคุณภาพผ่านออกโดยเฉลี่ยรวม (ATOQ) และค่าขีดจำกัดคุณภาพผ่านออกโดยเฉลี่ยรวม (ATOQL) อีกด้วย นอกจากนี้ได้ทำการเปรียบเทียบแผนการสุ่มตัวอย่างที่ออกแบบใหม่ซึ่งเรียกว่าแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1-2L นี้กับแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 โดยเปรียบเทียบค่าวัดคุณลักษณะของแผน ATFI และ ATOQ พบว่าแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1-2L ให้ค่า ATFI และ ATOQ ใกล้เคียงกับแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 เมื่อสายการผลิต 2 สายมีค่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องต่ำ และแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1-2L ที่ได้นี้ไม่เหมาะสำหรับใช้ตรวจสอบสายการผลิต 2 สายที่มีค่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องสูงหรือมีค่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องแตกต่างกันมาก

Balamurali, Kalyanasundaram และ Jun (2005) เสนอแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องที่ชื่อว่าแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-(C_1, C2) ซึ่งถูกกำหนดโดยจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่มากที่สุดที่จะยอมให้มีได้ 2 ค่าคือ C_1 และ C_2 และอัตราการสุ่มตัวอย่าง 2 ค่า f_1 และ f_2 ดังนั้นแผนนี้จึงมีชื่อว่าแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-(C_1, C_2) แผนนี้เกิดจากการนำหลักการของการสุ่มเชิงคู่ (Double Sampling) ในส่วนของจำนวนแห่งการยอมรับ C_1 และ C_2 มาใช้แผนผังของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-(C_1, C2) แสดงดังรูปที่ 2.6

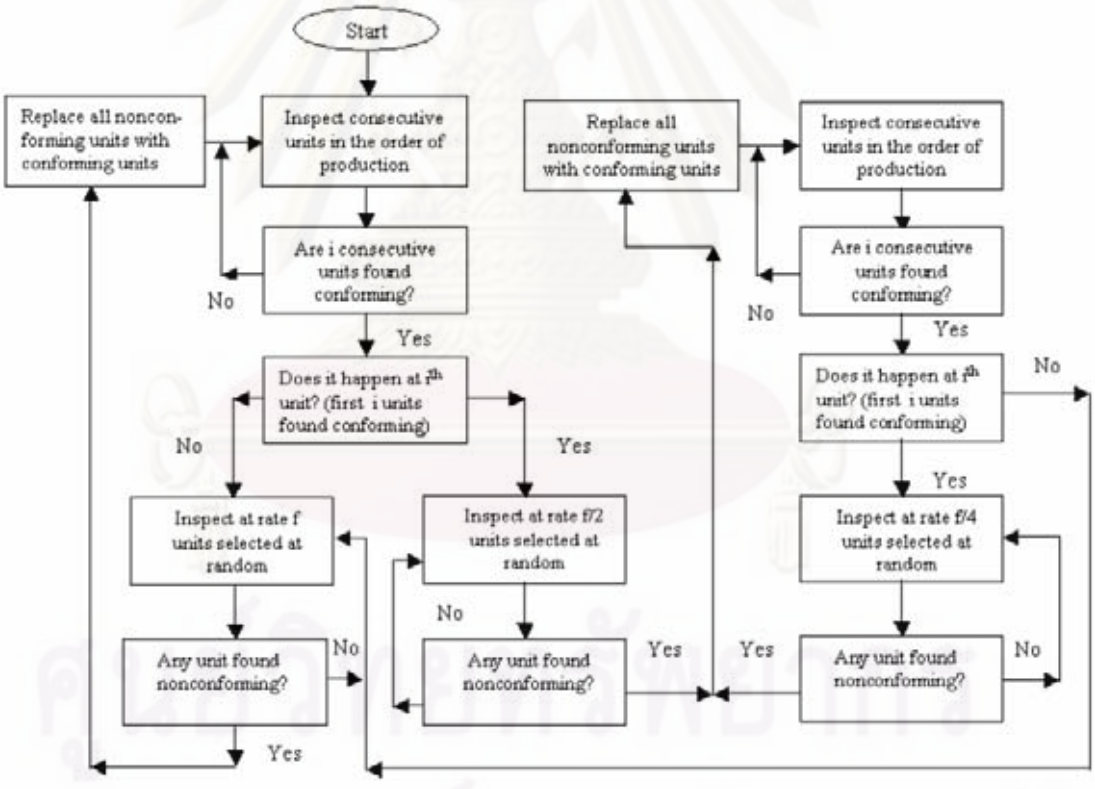


รูปที่ 2.6 ขั้นตอนการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-(C1, C2)

จากผลการเปรียบเทียบค่าวัดคุณลักษณะของแผนการสุ่มตัวอย่างใหม่เทียบกับแผนการสุ่มตัวอย่างที่มีอยู่เดิมพบว่าแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-(C_1, C2) มีการสุ่มตัวอย่างที่น้อยกว่าสำหรับ

กรณีที่คุณภาพของงานที่เข้าสู่สายการผลิตมีคุณภาพดี เมื่อเทียบกับแผนการสุ่มตัวอย่างอื่นในแง่ของค่าวัดคุณลักษณะของแผน ACL (Average Cycle Length) พบว่าแผนการสุ่มตัวอย่างใหม่นี้ให้ค่า ACL ที่มากใกล้เคียงกับแผน การสุ่มตัวอย่าง CSP-SUM ซึ่งเป็นแผนที่ให้ค่า ACL มากที่สุด แสดงว่าแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-(C_1, C_2) มีความถี่ในการเปลี่ยนกลับไปมาระหว่างการตรวจสอบ 100% กับการสุ่มตัวอย่างน้อยซึ่งเป็นลักษณะของแผนที่ต้องการ

Balamurali และ Jun (2004) เสนอการปรับเปลี่ยนขั้นตอนของแผน การสุ่มตัวอย่าง CSP-T ซึ่งอาจเรียกแผนใหม่ที่ได้นี้ว่าแผนการสุ่มตัวอย่าง MCSP-T (Modified CSP-T) ซึ่งแผนนี้มีผังการตรวจสอบตามรูปที่ 2.7 (Balamurali and Jun, 2004) นอกจากนี้สูตรของค่าวัดคุณลักษณะของแผนการสุ่มตัวอย่าง MCSP-T ได้แก่



รูปที่ 2.7 ขั้นตอนการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง MCSP-T

ANI , ACL , AFI , Pa และ AOQ ได้แสดงไว้ในการวิจัยนี้เพื่อใช้ในการพิจารณาแผนในการนำไปใช้ด้วย ลักษณะเด่นของแผนนี้คือในการเปลี่ยนอัตราของการสุ่มจากระดับหนึ่งไปอีกระดับ

หนึ่งนั้นจะขั้นด้วยการตรวจสอบแบบ 100% เสมอ นอกจากนี้การเปลี่ยนระดับของการสุ่มนั้นขึ้นอยู่กับจำนวนของผลิตภัณฑ์ดีที่ต่อเนื่อง i ในช่วงการตรวจสอบ 100% และลำดับของจำนวนผลิตดีต่อเนื่อง i นี้ด้วย เปรียบเทียบแผนการสุ่มตัวอย่าง MCSP-T กับแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-T พบว่าแผนทั้งสองให้ค่าวัดคุณลักษณะของแผนที่เหมือนกัน

Chen (2004) ทำการวิจัยเพื่อหาขั้นตอนและแนวทางในการหาค่าพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง MLP-T-2 (i, f_1, f_2) ที่เหมาะสมที่ให้ค่าวัดคุณลักษณะของแผน AFI ที่น้อยที่สุดและในขณะเดียวกันยังคงให้ค่า AOQL ตามที่กำหนดด้วย

Bebbington, Lai และ Govindaraju (2003) เสนอแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องแบบใหม่ที่เกิดจากการนำหลักการของแผนการตรวจสอบ 2 ระดับของ Wang และ Chang (1989) กับหลักการแบบจำลองลูกโซ่ Markovมารวมกัน แผนการตรวจสอบ 2 ระดับของ Wang และ Chang นั้นปรับปรุงมาจากแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 โดยเปลี่ยนช่วงการตรวจสอบ 100% ไปเป็นการสุ่มตัวอย่างด้วยอัตราส่วน $f_0 < 1$ ขั้นตอนการตรวจสอบของแผนนี้แสดงได้ดังรูป 2.8 (Bebbington, Lai, Govindaraju, 2003) สามารถอธิบายได้ดังนี้

1.เริ่มต้นการตรวจสอบโดยสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขึ้นมาตรวจสอบด้วยอัตราส่วน f_0 เป็นจำนวน i ติดต่อกัน

2. ถ้าใน i หน่วยที่ติดกันไม่พบผลิตภัณฑ์บกพร่อง การตรวจสอบจะเปลี่ยนไปตรวจสอบด้วยอัตราส่วน f_1 ($f_1 < f_0$)

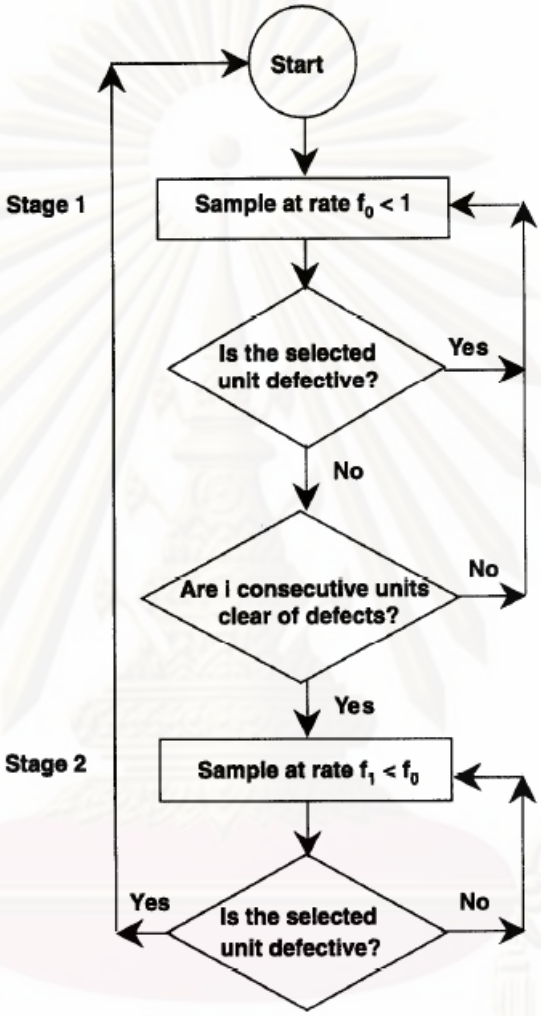
3. หากการตรวจสอบด้วยอัตรา f_1 พบผลิตภัณฑ์บกพร่อง การตรวจสอบจะเปลี่ยนกลับมาเป็นแบบตรวจสอบด้วยอัตราส่วน f_0 อีกครั้งจนกระทั่งไม่พบผลิตภัณฑ์บกพร่องเป็นจำนวน i หน่วย

4. ผลิตภัณฑ์บกพร่องจะถูกแก้ไขหรือถูกแทนที่ด้วยผลิตภัณฑ์ดี

เหตุผลของการอาศัยหลักการของแบบจำลองลูกโซ่ Markov เนื่องจากเงื่อนไขที่ว่ากระบวนไม่มีความเป็นอิสระซึ่งหมายถึงหากเกิดผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือผลิตภัณฑ์ดีขึ้นหน่วยใดหน่วยหนึ่ง อาจจะส่งผลเหมือนกันนี้ถึงผลิตภัณฑ์หน่วยถัดไปได้ ดังนั้นแผนการสุ่มตัวอย่างใหม่นี้จะแตกต่างจากแผนการสุ่มตัวอย่างที่มีอยู่เดิม 2 เรื่องคือ

1. ใช้การสุ่มตัวอย่างด้วยอัตราสุ่ม f_0 แทนการตรวจสอบ 100% ทำให้ไม่เกิดการเสียเวลาหรือต้นทุนที่ไม่จำเป็น

2. ใช้แบบจำลองลูกโซ่ของ Markov ซึ่งเป็นการจำลองที่คล้ายกับกระบวนการผลิตจริง



รูปที่ 2.8 ขั้นตอนการตรวจสอบของแผนการตรวจสอบ 2 ระดับของ Wang และ Chang (1989)

Bourke (2002, 2003) เสนอแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องแผนใหม่ที่ชื่อว่าแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-CUSUM และ CSP-SUM ซึ่งเป็นแผนการสุ่มตัวอย่างที่ถูกพัฒนามาจากแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และ CSP-2 แผนการสุ่มตัวอย่างแบบใหม่นี้จะต่างจากแบบเดิมในเรื่องเงื่อนไขของการเปลี่ยนการสุ่มตัวอย่างไปเป็นการตรวจสอบ 100% โดยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และ CSP-2 นั้นจะมีการเปลี่ยนการสุ่มตัวอย่างไปเป็นการตรวจสอบ 100% เมื่อตรวจสอบพบผลิตภัณฑ์บกพร่องเพียงหนึ่งชิ้น ซึ่งสิ่งนี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนการตรวจสอบที่บ่อย

ในบางครั้งไม่มีความจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนก่อให้เกิดภาระกับการตรวจสอบ Bourke เสนอแนวทางในการเปลี่ยนการตรวจสอบจากการสุ่มไปเป็นการตรวจ 100% โดยอาศัยค่า CRL (conforming run-length) ของจำนวน i สำหรับแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-CUSUM และอาศัยค่าผลรวมของ CRL 2 ค่าที่ต่อเนื่องกันสำหรับแผน CSP-SUM

Chen และ Chou (2002) ทำการวิจัยเพื่อหาปัญหาของการสุ่มด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-V ด้วยค่า AFI ที่น้อยที่สุดและได้เสนอแนวทางในการหาค่าพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-V ที่เหมาะสมที่ให้ค่า AFI ที่น้อยที่สุดโดยที่ยังคงให้ค่า AOQL ตามที่กำหนดไว้ด้วย จากการวิจัยได้แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-V ที่เหมาะสมที่มีการตรวจสอบน้อยลงซึ่งเป็นผลมาจากการลดจำนวนตรวจสอบของช่วงการตรวจสอบ 100% ลง

Govindaraju และ Kandasamy (2000) เสนอแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องชนิดใหม่ที่เกิดจากการนำหลักการของจำนวนแห่งการยอมรับ c รวมกับแผนการสุ่มตัวอย่างระดับเดียวอย่างแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 โดยมีจุดประสงค์เพื่อลดจำนวน AFI สำหรับกรณีผลิตภัณฑ์มีระดับคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี นอกจากการออกแบบแผนแล้ว Govindaraju และ Kandasamy ยังได้เสนอการหาค่าต่างๆที่ใช้วัดคุณลักษณะของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-C ด้วย เช่น AOQ, Pa (p) และ AFI เป็นต้น

งานวิจัยทั้งหมดสามารถสรุปเป็นรายละเอียดอย่างย่อได้ตามตารางที่ 2.1

2.4.1.2 **การพัฒนาดัชนีวัดคุณลักษณะของแผน (Performance measures)**

นอกจากพัฒนาปรับปรุงแผนการสุ่มตัวอย่างต่อเนื่องให้เหมาะกับการใช้งานต่างๆแล้วยังมีการพัฒนาในส่วนของค่าวัดคุณลักษณะของแผนให้เหมาะสมขึ้นอีกด้วย

Balamurali และ Jun (2006) หาสูตรการคำนวณปัจจัยที่ใช้วัดค่าคุณลักษณะของแผน AOQ ที่เหมาะสมสำหรับแผนการสุ่มตัวอย่างแบบ CSP-C ที่ใช้กับกระบวนการผลิตที่มีช่วงการผลิตสั้นๆ เช่น การผลิตตามสั่ง โดยอาศัยหลักการ renewal-theory

Chen (2005) เสนอการหาดัชนีการวัดค่าคุณลักษณะของแผน AOQL สำหรับแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ในกรณีที่กระบวนการผลิตเป็นการผลิตช่วงเวลาสั้น โดยจะอาศัยวิธีการทางตัวเลขในการวิจัย

ตารางที่ 2.1 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่อง

ผู้เขียน	งานวิจัย
ธิดาเดียว มยุรีสวรรค์ (2549)	การออกแบบแผนการชักสิ่งตัวอย่างหรือแผนการสุ่มสำหรับตรวจสอบสายการผลิตแบบต่อเนื่อง 2 สายพร้อมกันหรือแผน CSP-1-2L
Balamurali, Kalyanasundaram และ Chi-Hyuck Jun (2005)	ออกแบบแผนการสุ่ม CSP-(C1, C2)
Balamurali และ Chi-Hyuck Jun (2004)	ปรับปรุงแผนการสุ่ม CSP-T
Chung-Ho Chen (2004)	เสนอแนวทางในการหาค่าพารามิเตอร์ของแผนการสุ่ม MLP-T-2 (i, f1, f2) ที่เหมาะสม
Bebbington, Chin-Diew Lai และ Govindaraju (2003)	เสนอแผนการสุ่มใหม่ที่เกิดจากการนำหลักการของแผนการตรวจสอบ 2 ระดับของ Wang และ Chang (1989) กับแบบจำลองลูกโซ่ Markov มารวมกัน
Bourke (2002, 2003)	ออกแบบแผนการสุ่มแบบต่อเนื่องชื่อว่า CSP-CUSUM และ CSP-SUM
Chung-Ho Chen และ Chao-Yu Chou (2002)	เสนอแนวทางในการค่าพารามิเตอร์ของแผนการสุ่ม CSP-V ที่เหมาะสมที่ให้ค่า AFI ที่น้อยที่สุด
Govindaraju และ Kandasamy (2000)	ออกแบบแผนการสุ่มโดยการนำหลักการของจำนวนแห่งการยอมรับ c รวมกับแผนการสุ่มระดับเดียว CSP-1

2.4.1.3 การพัฒนาแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องโดยคำนึงถึงต้นทุนที่เกี่ยวข้อง

ในปี ค.ศ. 2000 Cassady และคณะ เสนอการเลือกพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 โดยคำนึงถึงความประหยัด ซึ่ง Cassady และคณะ (2000) ได้สร้างตัวแบบต้นทุนต่อหน่วยที่ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตต่อรอบของการสุ่มตัวอย่างแบบ CSP-1 ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนในการตรวจสอบ ต้นทุนในการแทนที่ผลิตภัณฑ์เสียด้วยผลิตภัณฑ์ดี และต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่อง ซึ่งตัวแบบต้นทุนต่อหน่วย แสดงได้ดังสมการ ดังนี้

$$E(C) = E(C_S) + E(C_A) + E(C_R) \qquad (2.1)$$

$$E(C) = c_s\, pAFI + c_a\, p(1 - AFI) + c_r\, pAFI \qquad (2.2)$$

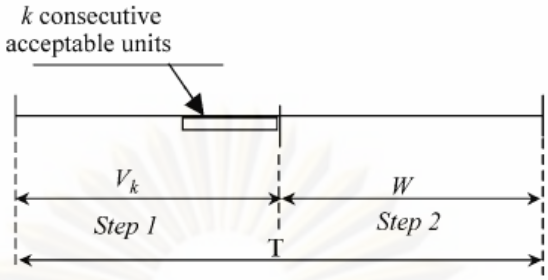
สมการตัวแบบต้นทุนนี้เป็นสมการที่นิยมในการนำมาประยุกต์และพัฒนาเพื่อใช้ในการเลือกพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่างในเวลาต่อมา ในงานวิจัยนี้ Cassady และคณะ (2000) ยังแสดงให้เห็นว่าเมื่อสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องคงที่ค่าหนึ่ง การตรวจสอบที่จะให้ต้นทุนต่อหน่วยต่ำที่สุด คือ การตรวจสอบแบบ 100% หรือไม่มีการตรวจสอบเลย ซึ่งหากสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องมีค่าน้อย การไม่ตรวจสอบเลยจะเป็นทางเลือกที่ประหยัดที่สุด แต่หากสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องมีค่ามาก การตรวจสอบแบบ 100% จะเป็นทางเลือกที่ประหยัดที่สุด ซึ่งเป็นไปตาม Deming's kp rule

ในปี ค.ศ. 2004 Haji และ Haji ได้ทำการวิจัยโดยมีจุดประสงค์ 2 อย่าง คือ

1. หาผลรวมของต้นทุนสำหรับการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ผลรวมของต้นทุนประกอบด้วย ต้นทุนของตรวจสอบ (Inspection Cost) ต้นทุนที่ใช้ในการซ่อมงานที่เสีย (Rework Cost) และต้นทุนที่เกิดจากงานเสีย (Defective Item) ที่ถูกส่งคืนมาจากลูกค้า

2. หานโยบายของแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้และเป็นแผนที่ใช้ต้นทุนต่ำที่สุด

แผนการสุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาคือ แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ซึ่งเป็นแผนที่ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือ ขั้นที่ 1 ด้วยการเริ่มตรวจสอบ 100% และมีการยอมรับเป็นจำนวน k ชิ้นอย่างต่อเนื่อง ค่า k นี้ถูกเรียกว่า Clearance Number และขั้นที่ 2 ทำการสุ่มตัวอย่าง แต่หากพบผลิตภัณฑ์บกพร่องจากการสุ่มตัวอย่างจะกลับไปเริ่มขั้นที่ 1 คือตรวจสอบแบบ 100% อีกครั้ง ดังแสดงดังรูปที่ 2.9 (Haji and Haji, 2004) การวิจัยนี้จะใช้หลักการของ Renewal Reward Process ในการสังเกตและใช้หาค่าเฉลี่ยของต้นทุนสำหรับกระบวนการระยะยาว (Long Run) ซึ่งต้นทุนนี้จะถูกพิจารณาผ่านความสัมพันธ์กับค่า k ซึ่งจะประกอบด้วย ต้นทุนของตรวจสอบ (Inspection Cost) ต้นทุนที่ใช้ในการซ่อมงานที่เสีย (Rework Cost) และต้นทุนที่เกิดจากงานเสีย (Defective Item) ที่ถูกส่งคืนมาจากลูกค้านอกจากนี้จะใช้ค่า k เป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ถูกผลิตขึ้นจากกระบวนการผลิตอีกด้วย



รูปที่ 2.9 ขั้นตอนของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ในงานวิจัยของ Haji and Haji (2004)

จากการวิจัยพบว่าต้นทุนรวมนั้นมีแนวทาง 3 ทางที่เป็นไปได้คือ

กรณีที่ 1: ต้นทุนรวมลดลงถ้าค่า k เพิ่มขึ้น ดังนั้นค่าที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ต้นทุนรวมต่ำสุดคือ k เป็นค่าที่ไม่มีที่สิ้นสุด ซึ่งหมายถึงการตรวจสอบแบบ 100% ให้ต้นทุนรวมต่ำสุด

กรณีที่ 2: ต้นทุนรวมมากขึ้นถ้าค่า k ลดลง ดังนั้นค่าที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ต้นทุนรวมต่ำสุดคือ k เป็น 0 ซึ่งหมายถึงการสุ่มตัวอย่างให้ต้นทุนรวมต่ำสุด

กรณีที่ 3: ต้นทุนรวมไม่แปรตามค่า k ดังนั้นต้นทุนรวมไม่ขึ้นกับค่า k นั่นคือค่า k จะเป็นค่าใดๆก็ได้

Chen และ Chou (2002, 2003) ได้ออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างต่อเนื่องแบบที่ 1 หรือแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 โดยเน้นความประหยัด ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ได้ทำต่อเนื่องมาจากงานวิจัยของ Cassady และคณะ (2000) ซึ่งได้แสดงถึงนโยบายการตรวจสอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ที่ให้ต้นทุนการตรวจสอบที่เหมาะสมสำหรับกระแสการผลิตที่คงที่และยังหาผลรวมของต้นทุนการตรวจสอบที่ใช้อีกด้วย โดยต้นทุนการตรวจสอบนี้จะประกอบด้วยต้นทุนแรงงาน (Labor cost) ในการตรวจสอบและต้นทุนที่เกิดจากการใช้เครื่องมือตรวจสอบ เขาได้ออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ที่ประหยัดภายใต้เงื่อนไขของสมการต้นทุนการตรวจสอบเป็นแบบเชิงเส้น ซึ่งหมายถึงต้นทุนการตรวจสอบต่อหน่วยเป็นสัดส่วนเชิงเส้นกับจำนวนตรวจสอบโดยเฉลี่ยต่อรอบของการตรวจสอบ นอกจากนี้ Chen และ Chou ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Cassady และคณะในการแก้ปัญหาด้วย โดยแบบจำลองนี้จะอาศัยสมมติฐาน 5 ข้อดังนี้

1. ต้นทุนการตรวจสอบต่อหน่วยเป็นสัดส่วนเชิงเส้นกับจำนวนตรวจสอบโดยเฉลี่ยต่อรอบของการตรวจสอบ

2. ต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องและต้นทุนที่เกิดจากการแทนที่หน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องที่พบในการตรวจสอบด้วยผลิตภัณฑ์ดีมีค่าคงที่

3. กระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมทางสถิติ

4. การตรวจสอบมีความสมบูรณ์

5. เมื่อตรวจพบผลิตภัณฑ์บกพร่องต้องทำการแก้ไขหรือแทนที่ด้วยผลิตภัณฑ์ดี

กำหนดให้หนึ่งรอบของการตรวจสอบเป็นสัดส่วนกับกระแสการผลิตประกอบด้วย หน่วยทุกหน่วยที่อยู่ระหว่างกระบวนการที่เริ่มจากการตรวจสอบ 100% และสิ้นสุดด้วยการสุ่มตัวอย่างเป็นสัดส่วน ทำการวิจัยเพื่อหาหาคู่ของ i และ f ที่ให้ค่าของต้นทุนการตรวจสอบต่ำที่สุด โดย i เป็นจำนวนของชิ้นงานที่ต้องตรวจสอบ 100% ในแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และ f ซึ่งเป็นความถี่ในการสุ่มที่ใช้ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 นอกจากการออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ที่เหมาะสมในแง่ของความประหยัดแล้ว Chen และ Chou ยังได้วิเคราะห์ความไวของปัจจัยต่างๆ ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการตรวจสอบอีกด้วย เช่น สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่อง (p) ต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่อง (C_a) และต้นทุนที่เกิดจากการแทนที่หน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องที่พบในการตรวจสอบด้วยผลิตภัณฑ์ดี (C_r) ต่อมาในปี ค.ศ.2003 Chen และ Chou ได้ออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างต่อเนื่องแบบที่ 1 หรือแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 โดยเน้นความประหยัดอีก ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ได้ทำต่อเนื่องมาจากงานวิจัยของเขา โดยเงื่อนไขของการศึกษาครั้งนี้คือกระบวนการไม่เป็นอิสระและสมการต้นทุนการตรวจสอบเป็นแบบเชิงเส้น ซึ่งจากเงื่อนไขนี้ Chen และ Chou ได้อาศัยแบบจำลองของ McShane และ Turnbull (1991) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 เมื่อคุณภาพไม่นิ่งและมีการแกว่งอยู่ระหว่าง 2 ระดับ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับแบบจำลองขาเข้า (input model) และสมการต้นทุนเชิงเส้น เมื่อได้สมการต้นทุนเชิงเส้นแล้ว ทำการหาแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ที่เหมาะสมโดยหาคู่ของ i และ f ของแผนการสุ่มตัวอย่างที่ให้ค่าของ AOQL ตามที่ต้องการและยังให้ต้นทุนการตรวจสอบต่ำที่สุด ในการศึกษาครั้งนี้ Chen และ Chou ยังได้พบว่า

- ค่า AOQLหรือ p_L , ต้นทุนการตรวจสอบต่อหน่วยคงที่เกิดจากจำนวนคงที่ m , ต้นทุนการตรวจสอบต่อหน่วยคงที่เกิดจากจำนวนที่ไม่คงที่ n และต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อค่า i^* และ f^*

- ต้นทุนการตรวจสอบต่อหน่วยคงที่เกิดจากจำนวนคงที่ m มีส่วนสำคัญที่มีผลต่อต้นทุนรวมที่คาด (total expected cost) ต่อหน่วยของงานที่ถูกผลิตระหว่างรอบของการตรวจสอบ

ในปี ค.ศ.2005 Shee และ Cassady ได้ศึกษาต่อเนื่องจากงานวิจัยของ Cassady และคณะ (2000) ซึ่งในงานวิจัยเดิมได้ระบุว่าหากค่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือค่า p มีค่าคงที่ การตรวจสอบที่ประหยัดที่สุดจะเป็นการตรวจสอบแบบ 100 หรือการไม่ตรวจสอบเลย ส่วนการสุ่มตัวอย่างไม่ได้ให้ต้นทุนต่อหน่วยที่ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับการตรวจสอบทั้งสองแบบนั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องว่ามากน้อยเพียงใด ดังนั้นในงานวิจัยนี้ Shee และ Cassady จึงพัฒนางานวิจัยโดยได้ใช้แนวคิด Stochastic process มาจำลองการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องเสมือนมีการเปลี่ยนแปลงคล้ายกระบวนการจริง และทำการเลือกพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 i, f โดยอาศัยตัวแบบต้นทุนจากงานวิจัยของ Cassady และคณะ (2000) ซึ่งจากการศึกษาพบว่า การสุ่มตัวอย่างจะดีกว่าการตรวจสอบแบบ 100% และการไม่ตรวจสอบเลยเป็นเพียงบางครั้งเท่านั้น

ในปี ค.ศ. 2007 Farmakis และ Eleftheriou ได้ศึกษาต่อเนื่องจากงานวิจัยของ Cassady และคณะ (2000) เช่นกัน โดย Farmakis และ Eleftheriou เสนอว่าต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์เสียที่ไม่ได้รับการตรวจสอบในช่วงของการสุ่มตัวอย่างต่อหน่วยนั้นไม่ควรเป็นค่าคงที่แต่ควรเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนที่ไม่ได้รับการตรวจสอบในช่วงของการสุ่มตัวอย่าง

2.4.1.4 **เอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับแผนการสุ่มตัวอย่างของอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง**

Hewlett-Packard (2006) ซึ่งเป็นผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์รายหนึ่งของโลกแสดงรายละเอียดตอนหนึ่งในเอกสารเกี่ยวกับระบบคุณภาพที่แสดงต่อลูกค้าของบริษัทว่า ผลิตภัณฑ์ได้รับการตรวจสอบคุณภาพด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างในส่วน Extended Quality Audit Test และ Out of Box Audit โดย การสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องและชนิดของแผนที่ใช้ในการตรวจสอบ Out of Box Audit คือ แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1

2.4.2 **งานวิจัยเกี่ยวกับต้นทุนคุณภาพ (Cost of quality)**

แนวคิดต้นทุนคุณภาพหรือ CoQ (Cost of quality) นั้นถูกนำเสนออย่างเป็นทางการเมื่อปี ค.ศ.1940 (Sandoval-Chavez, Beruvid, 1998) จากนั้นได้รับการพัฒนาให้ดีขึ้น จากงานวิจัยของ Victor E. Sower, Ross Quarles และ Eric Broussard (2007) ได้กล่าวถึงการพัฒนาจัดระเบียบแนวคิดต้นทุนคุณภาพว่า ต้นทุนคุณภาพได้รับการพัฒนาและจัดระเบียบในปี

ค.ศ.1951โดย Joseph Juran ต่อมาในปี ค.ศ.1957 พัฒนาโดย Armand Feigenbaum ในปี ค.ศ. 1960 พัฒนาโดย Harold Freeman และในปี ค.ศ.1961 พัฒนาโดยคณะกรรมคุณภาพของ ASQ (The American Society for Quality) ASQ ได้แสดงให้เห็นว่าต้นทุนคุณภาพนั้นแบ่งเป็น 4 ประเภท คือ การป้องกัน (Prevention) การประเมิน (Appraisal) ความบกพร่องภายใน (Internal failure) ความบกพร่องภายนอก (External failure) ในปี 1974 ASQ ได้ระบุรายการของส่วนประกอบของต้นทุนคุณภาพ (Quality cost elements) ทั้ง 4 ประเภทดังตารางที่ 2.2 โดยรายการเหล่านี้จะใช้เป็นแนวทางในการหาต้นทุนคุณภาพต่อไป (Tsai, 1998) ในการเก็บระบุถึงส่วนประกอบของต้นทุนคุณภาพนั้นสามารถใช้เทคนิคได้หลายเทคนิค เช่น Brainstorming, nominal group technique, Pareto analysis, cause and effect analysis, fishbone diagrams, and force field analysis (Dale and Plunkett, 1991, p. 41; Johnson, 1995; Tsai, 1998) ดังตัวอย่างตามรูปที่ 2.10 เป็นการแสดงส่วนประกอบของต้นทุนคุณภาพโดยใช้ fishbone diagrams (Sharma, Kumar, 2007)

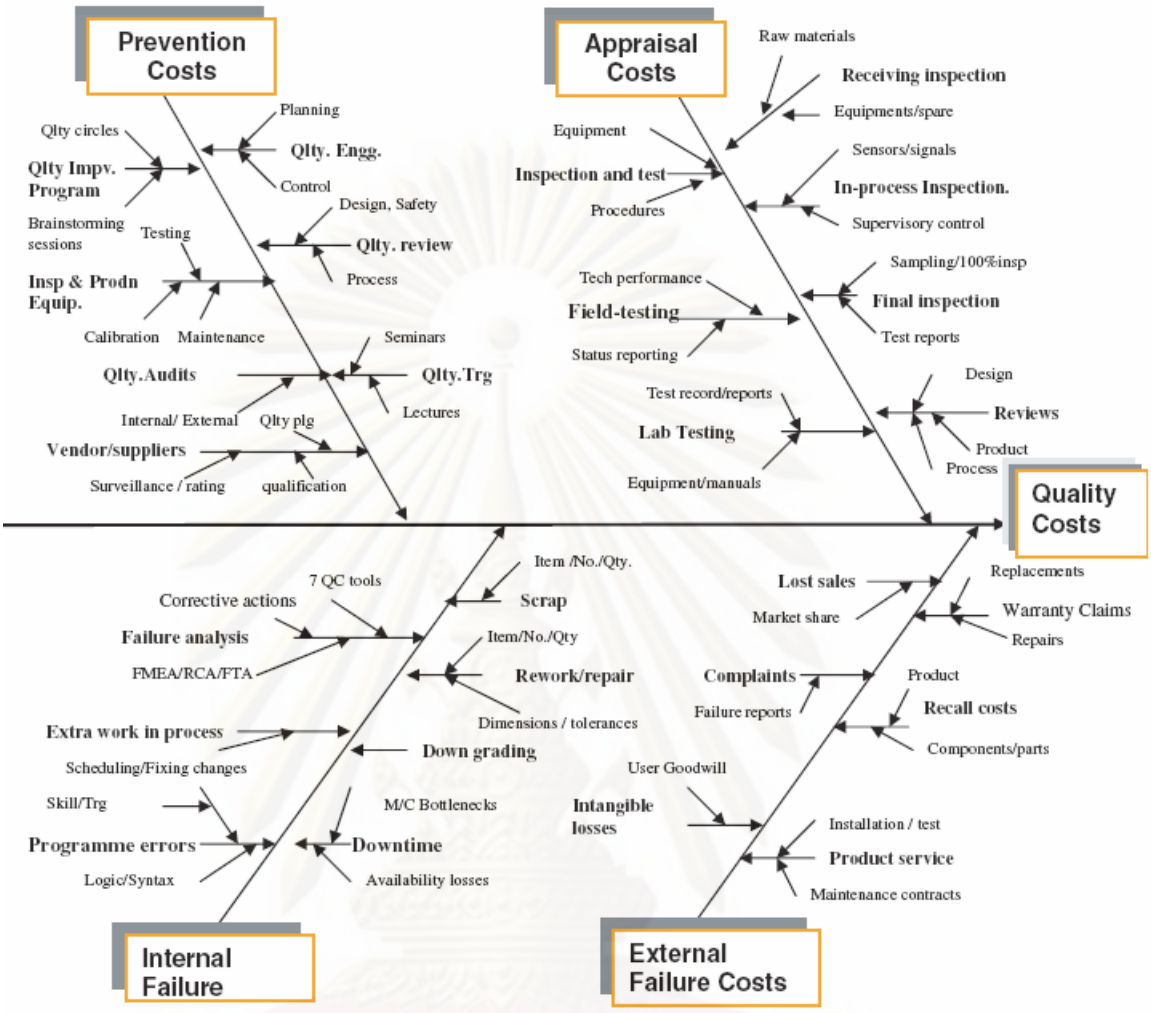
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบของต้นทุนคุณภาพ (Quality cost elements) ทั้ง 4 ประเภท

ที่มา: Tsai (1998)

Categories	COQ elements
Prevention	Quality control and process control engineering Design and develop control equipment Quality planning by others Production equipment for quality – maintenance and calibration Test and inspection equipment – maintenance and calibration Supplier quality assurance Training Administration, audit, improvement
Appraisal	Laboratory acceptance testing Inspection and test In-process inspection (non-inspectors) Set-up for inspection and test Inspection and test materials Product quality audits Review of test and inspection data On-site performance testing Internal testing and release Evaluation of materials and spares Data processing, inspection and test reports
Internal failure	Scrap Rework and repair Troubleshooting, defect analysis Reinspect, retest Scrap and rework: fault of supplier Modification permits and concessions Downgrading
External failure	Complaints Product service: liability Products returned or recalled Returned material repair Warranty replacement Loss of customer goodwill [a] Loss of sales [a]

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.10 ส่วนประกอบของต้นทุนคุณภาพโดยใช้ Fishbone diagrams

แบบจำลองที่ใช้ในการหาต้นทุนคุณภาพนั้นได้รับการพัฒนาต่อมาเรื่อยๆ และมีหลายรูปแบบ นักวิจัยหลายท่านได้ทำการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองของต้นทุนคุณภาพ

Schiffauerova และ Thomsonwhen (2005) ได้สำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองต่างๆที่ใช้ในการคิดต้นทุนคุณภาพและการใช้ต้นทุนคุณภาพในทางปฏิบัติ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองที่ใช้ในการคิดต้นทุนคุณภาพที่ใช้กันทั่วไป 4 แบบ คือ

1. แบบจำลอง P-A-F (P-A-F models) หรือแบบจำลองของ Crosby (Crosby's model) เป็นแบบจำลองที่มีการใช้กันมาก โดยมีการคิดต้นทุนคุณภาพโดยอาศัยต้นทุนจาก 3 ส่วนคือ ต้นทุนการป้องกัน (Prevention costs) ต้นทุนการตรวจสอบ การวัด

การประเมิน (Appraisal costs) และต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ (Failure costs) ทั้งภายในและภายนอก ส่วนแบบจำลองของ Crosby นั้นมีหลักการการคิดต้นทุนคุณภาพคล้ายคลึงกับแบบจำลอง P-A-F เพียงแต่มีการนิยามของต้นทุนคุณภาพที่ต่างกัน โดยแบบจำลองของ Crosby มีการคิดต้นทุนคุณภาพโดยอาศัยต้นทุนจาก 2 ส่วนคือ ราคาของงานที่ดี (price of conformance) และราคาของงานเสีย (price of non-conformance) ซึ่งราคาของงานที่ดีหมายถึงต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการทำหรือผลิตงานให้ออกมาถูกต้องตั้งแต่ครั้งแรก เช่น ต้นทุนการป้องกัน ต้นทุนการตรวจสอบ การวัด การประเมิน ส่วนราคาของงานเสียนั้นหมายถึงเงินที่เสียไปเพื่อใช้ในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องให้กลับมาตรงตามสิ่งที่ลูกค้าต้องการ เช่น ต้นทุนที่เกิดจากการแก้ไขซ่อม ทำลายงานที่เสียเหล่านั้น

2.แบบจำลองต้นทุนโอกาสหรือแบบจำลองต้นทุนที่ไม่สามารถจับต้องได้ (Opportunity or intangible cost models) เป็นต้นทุนที่ไม่สามารถวัดเป็นตัวเลขที่แท้จริงได้แต่ได้จากการประมาณ แบบจำลองต้นทุนโอกาสหรือแบบจำลองต้นทุนที่ไม่สามารถจับต้องได้นี้เกิดจากการนำแบบจำลอง P-A-F รวมกับต้นทุนโอกาส ซึ่งสามารถจำแนกออกเป็น 3 ส่วน คือ ต้นทุนของงานดี (cost of conformance) ต้นทุนของงานเสีย (cost of non-conformance) และต้นทุนของการเสียโอกาส (cost of lost opportunity)

3.แบบจำลองต้นทุนกระบวนการ (Process cost models) เน้นการหาต้นทุนคุณภาพโดยพุ่งความสนใจไปที่กระบวนการมากกว่าตัวผลิตภัณฑ์ แบบจำลองต้นทุนกระบวนการจะมีส่วนประกอบ 2 ส่วนคือ ต้นทุนของงานดี (cost of conformance) และต้นทุนของงานเสีย (cost of non-conformance) ซึ่งเป็นต้นทุนเฉพาะสำหรับแต่ละกระบวนการ

4.แบบจำลอง ABC (ABC models) เป็นการหาต้นทุนจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง ซึ่งแนวทางของแบบจำลองนี้ไม่ได้ถูกคิดขึ้นมาเพื่อหาต้นทุนคุณภาพ แต่สามารถประยุกต์แนวทางนี้มาใช้หาต้นทุนคุณภาพได้นั่นเอง

แบบจำลองทั้ง 4 แบบสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.2 พร้อมกับแสดงตัวอย่างของงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองนั้นๆ และตารางที่ 2.3 แสดงตัวอย่างของธุรกิจที่นำแนวคิดต้นทุนคุณภาพไปใช้แล้วได้รับผลสำเร็จในการลดต้นทุนคุณภาพลงอย่างมาก

ตารางที่ 2.3 สรุปแบบจำลองของต้นทุนคุณภาพ

ที่มา: Schiffauerova and Thomsonwhen (2005)

Generic model	Cost/activity categories	Examples of publications describing, analyzing or developing the model
P-A-F models	Prevention + appraisal + failure	Feigenbaum (1956), Purgslove and Dale (1995), Merino (1988), Chang *et al.* (1996), Sorqvist (1997b), Plunkett and Dale (1988b), Tatikonda and Tatikonda (1996), Bottorff (1997), Israeli and Fisher (1991), Gupta and Campbell (1995), Burgess (1996), Dawes (1989), Sumanth and Arora (1992), Morse (1983), etc.
Crosby's model	Conformance + non-conformance	Suminsky (1994) and Denton and Kowalski (1988)
Opportunity or intangible cost models	Prevention + appraisal + failure + opportunity	Sandoval-Chavez and Beruvides (1998) and Modarres and Ansari (1987)
	Conformance + non-conformance + opportunity	Carr (1992) and Malchi and McGurk (2001)
	Tangibles + intangibles	Juran *et al.* (1975)
	P-A-F (failure cost includes opportunity cost)	Heagy (1991)
Process cost models	Conformance + non-conformance	Ross (1977), Marsh (1989), Goulden and Rawlins (1995) and Crossfield and Dale (1990)
ABC models	Value-added + non-value-added	Cooper (1988), Cooper and Kaplan (1988), Tsai (1998), Jorgenson and Enkerlin (1992), Dawes and Siff (1993) and Hester (1993)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.4 สรุปเกี่ยวกับการใช้งานต้นทุนคุณภาพของบริษัทต่างๆ ที่ได้จากงานวิจัยในอดีต

ที่มา: Schiffauerova and Thomsonwhen (2005)

Company	Industry	CoQ calculation percent	Base for CoQ calculation	Reported gains	Reference
		P-A-F model			
United Technologies/ Essex Group, USA	Telecommuni-cations	CoQ = P + A + F	Percentage of total manufacturing cost Percentage of cost of goods produced	CoQ reduced from 23.3 to 17.2 percent in five years Gain in productivity of 26 percent	Fruin (1986)
AT&T Bell Laboratories	Telecommuni-cations	CoQ = P + A + IF + EF	Percentage of project budget		Thompson and Nakamura (1987)
Hydro Coatings, UK	Industrial coatings manufacturing	CoQ = P + A + IF + EF	Percentage of annual sales turnover Percentage of raw material usage	CoQ reduced from 4.1 to 2.5 percent in four years Investment in quality paid back in the first year	Purgslove and Dale (1995) and Purgslove and Dale (1996)
Philips Power Semiconductor Business Group, UK	*Electronics*	CoQ = P + A + CONC	Percentage of factory turnover	CoQ reduced from 35.8 to 18.1 percent in four years Workforce reduced by 25 percent in 18 months Output increased by 25 percent in 18 months	Payne (1992)
York International, UK	Air conditioning and refrigeration	CoQ = P + A + IF + EF	Percentage to cost of sales	CoQ reduced from 13.5 to 3.7 percent in eight years The cost of factory failures reduced by 96 percent	Knock (1992)
British Aerospace Dynamics, UK	Aerospace	CoQ = P + A + F	Percentage of total manufacturing cost	Objective to reduce CoQ by one third in one year	Hesford and Dale (1991)

(*continued*)

ตารางที่ 2.4 สรุปเกี่ยวกับการใช้งานต้นทุนคุณภาพของบริษัทต่างๆ ที่ได้จากงานวิจัยในอดีต (ต่อ)

ที่มา: Schiffauerova and Thomsonwhen (2005)

Company	Industry	CoQ calculation percent	Base for CoQ calculation	Reported gains	Reference
ITT Europe, Belgium	Information technology	CoQ = P + A + F	Percentage of sales	Savings from CoQ improvement program totaled over $ 150 million in five years	Groocock (1980)
Allis-Chalmers Corporation, USA	Machinery manufacturing	CoQ = P + A + IF + EF	Percentage of product sales	CoQ reduced from 4.5 to 1.5 percent in three years	Kohl (1976)
Herbert Machine Tools, UK	Machine-tool industry	CoQ = P + A + IF + EF	Percentage of sales	CoQ reduced from 7.5 to 5.9 percent in four years	Burns (1976)
Raytheon's Electronic Systems	Software	CoQ = P + A + Rework Cost	Percentage of total project costs	CoQ reduced from 65 to 15 percent in eight years Rework cost reduced from 40 to 6 percent The overall payoff was 7.5 times A 170 percent increase in software productivity	Campanella (1999)
Major electrical firm	Electrical	CoQ = P + A + IF + EF	Percentage of sales	CoQ reduced from 5.4 to 4.6 percent in first year	Campanella (1999)
Ferranti Defense Systems, UK	Electronics, electro-mechanical equipment	CoQ = P + A + F	Percentage of total costs		Whitehall (1986)
National Cash Register Company, Germany	Precision mechanics	CoQ = P + A + F	Percentage of total manufacturing cost	CoQ reduced from 6.4 to 4.4 percent in six years	Krzikowski (1963)

(continued)

ตารางที่ 2.4 สรุปเกี่ยวกับการใช้งานต้นทุนคุณภาพของบริษัทต่างๆ ที่ได้จากงานวิจัยในอดีต (ต่อ)

ที่มา: Schiffauerova and Thomsonwhen (2005)

Company	Industry	CoQ calculation percent	Base for CoQ calculation	Reported gains	Reference
North American Philips Consumer Electronics	Consumer electronics	CoQ = P + A + IF + EF	Percentage of standard product cost Percentage of direct labor		Morse *et al.* (1987)
ITT Corp. New York, USA	Information technology	CoQ = P + A + F	Percentage of sales	CoQ reduced from 12 to 5.5 percent By reducing CoQ the company has saved hundreds of millions of dollars in first five years	Hagan (1973) and Morse *et al.* (1987)
Travenol Laboratories, USA	Medical devices, pharmaceutical	CoQ = P + A + F			Tsiakals (1983)
Hermes Electronics	Military electronics	CoQ = P + A + IF + EF	Percentage of sales	Scrap and rework reduced by 30 percent during one year	Breeze (1981)
Banc One Corporation, USA	Financial services	CoQ = P + A + IF + EF	Percentage of operating expense	Net income enhanced by $20 million annually Substantial improvements in service levels and operating costs	Atkinson *et al.* (1991) and Campanella (1999)
Cascade Engineering, USA	Automotive supplies	CoQ = P + A + IF + EF	Percentage of sales		Atkinson *et al.* (1991)
Electronic manufacturer	Electronics	CoQ = P + A + IF + EF	Percentage of sales		Denzer (1978)
		Crosby's model			
Solid State Circuits		CoQ = COC + CONC	Percentage of the revenue	CoQ reduced from 37 to 17 percent	Denton and Kowalski (1988)

(*continued*)

ตารางที่ 2.4 สรุปเกี่ยวกับการใช้งานต้นทุนคุณภาพของบริษัทต่างๆ ที่ได้จากงานวิจัยในอดีต (ต่อ)

ที่มา: Schiffauerova and Thomsonwhen (2005)

Company	Industry	CoQ calculation percent	Base for CoQ calculation	Reported gains	Reference
BDM International	Software	CoQ = COC + CONC	In $ per line of code	CoQ reduced by 50 percent in eight years	Slaughter *et al.* (1998)
		Opportunity and alternative cost models			
US Marketing Group of Xerox, USA	Service business	CoQ = P + A + IF + EF + ExR + OC	Percentage of sales revenue	CoQ reduced by $54 million in first year	Carr (1992)
Rank Xerox, UK	Office equipment	CoQ = P + A + IF + EF + ExR + OC	Percentage of total manufacturing cost	CoQ reduced from 6 to 1 percent in five years Defect rate reduced by over 75 percent	Huckett (1985)
Reprographic Manufacturing Operations Unit of Xerox, USA	Office equipment	CoQ = P + A + IF + EF + ExR + OC	Percentage of the standard cost of production	CoQ reduced by 50 percent	Morse *et al.* (1987)
Pharmaceutical company	Pharmaceutical	CoQ = Operating Cost + CONC + Alternative Cost		CoQ reduced by 11 percent	Malchi and McGurk (2001)

(*continued*)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.4 สรุปเกี่ยวกับการใช้งานต้นทุนคุณภาพของบริษัทต่างๆ ที่ได้จากงานวิจัยในอดีต (ต่อ)

ที่มา: Schiffauerova and Thomsonwhen (2005)

Company	Industry	CoQ calculation percent	Base for CoQ calculation	Reported gains	Reference
Westinghouse Semiconductor Division, USA		CoQ = P + A + F (F includes opportunity costs)		Overall productivity increased by 15 percent in four years Scrap reduced by 58 percent resulting in savings of over $2,4 million Material returned by customer reduced by 69 percent resulting in savings of over $600,000	Forys (1986)
Lebanon Steel Foundry, USA	Steel casting	CoQ = P + A + F (F includes Quality Image Loss)	Percentage of sales	Objective to reduce failure costs by 50 percent	Moyer and Gilmore (1979)
		Process model			
GEC Alsthom Engineering Systems		CoQ = COC + CONC			Goulden and Rawlins (1995)
		ABC model			
Networked Computer Manufacturing Operation of Hewlett-Packard, USA	Computer systems	CoQ = Process Quality + Board Test + Repair + Bench Test + Defect Analysis		CoQ reduced by 25 percent in one year	Jorgenson and Enkerlin (1992)

Notes: CoQ, cost of quality; COC, cost of conformance; P, prevention cost; CONC, cost of non-conformance; A, appraisal cost; OC, opportunity cost; F (IF + EF), failure cost (internal and external failures); ExR, exceeding requirements

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการสำรวจงานวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองที่ได้รับความนิยมที่ใช้ในบริษัทต่างๆ คือ แบบจำลอง P-A-F ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ค่อนข้างง่ายไม่ซับซ้อน ซึ่งในการนำแบบจำลองไปใช้นั้นต้องมีการปรับเปลี่ยนแบบจำลองให้เข้ากับความต้องการของบริษัทนั้นๆ นอกจากนี้ส่วนประกอบของต้นทุนต่างๆก็มีความแตกต่างกันอีกด้วย ในงานวิจัยของ Schiffauerova และ Thomsonwhen ยังได้แสดงถึงผลของงานวิจัยที่ได้สำรวจอีกว่า

Heagy (1991) ได้กล่าวไว้ว่าแบบจำลองต้นทุนคุณภาพที่เหมาะสมสำหรับสภาพแวดล้อมของธุรกิจควรต้องมีการคำนวณค่าเสียโอกาสเป็นส่วนหนึ่งของแบบจำลองด้วยเพราะจะมีผลต่อการผลิตที่สมดุล

Malchi และ Gurk (2001) ได้ศึกษาพบว่าบริษัทที่ลูกค้ารับรู้ว่ามีการจัดการคุณภาพภายในในระดับที่ดีมาก (Superior Level) จะมีโอกาสได้กำไรมากกว่าบริษัททั่วไปถึง 3 เท่า

Sasser (1990) พิสูจน์ว่าผลของการจัดการผลิตภัณฑ์บกพร่องมีผลต่อกำไรที่มากขึ้น ซึ่งมากถึงร้อยละ 100 จากการรักษาลูกค้าร้อยละ 5

นอกจากนี้ยังพบว่าแนวคิดต่อๆมาของแบบจำลองต้นทุนคุณภาพไม่ได้พิจารณาเพียงแค่ต้นทุนที่เป็นตัวเลขต้นทุนเท่านั้น แต่จะพิจารณาเชิงเปรียบเทียบกับตัวเลขใดๆ ที่แสดงถึงความสำเร็จ เช่น ต้นทุนต่อ Output เป็นต้น และยังได้แสดงให้เห็นว่าธุรกิจในกลุ่ม Electronic และ High-Technology จะต้องการการจัดการเรื่องต้นทุนคุณภาพมากกว่าธุรกิจประเภทอื่นๆ ด้วย อย่างไรก็ตามแม้ธุรกิจแต่ละธุรกิจจะทราบหลักการจัดการต้นทุนอยู่แล้ว แต่ส่วนสำคัญหลักคือการหาวิธีหรือหนทางทำให้แบบจำลองต้นทุนเหมาะสมต่อธุรกิจนั้นๆ

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยอื่นๆในประเทศไทยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ระบบต้นทุนคุณภาพ ดังนี้

สุภารัตน์ ธาราสายทอง (2549) พัฒนาสูตรการคำนวณต้นทุนคุณภาพ (Quality Cost) สำหรับอุตสาหกรรมพลาสติกประเภทฉีด โดยต้นทุนคุณภาพที่ทำการศึกษาประกอบด้วย ต้นทุนการป้องกัน (Prevention Costs) ต้นทุนการตรวจสอบ การวัด และการประเมิน (Appraisal Costs) ต้นทุนความล้มเหลวภายใน (Internal Failure Cost) ต้นทุนความล้มเหลวภายนอก (External Failure Cost) และต้นทุนคุณภาพที่ซ่อนเร้น (Hidden Quality Costs) รวมทั้งปรับปรุงต้นทุนคุณภาพขององค์กร การพัฒนาสูตรการคำนวณต้นทุนคุณภาพ ได้

แบ่งแนวทางการพัฒนาออกเป็น 2 ส่วน คือการพัฒนาสูตรการคำนวณต้นทุนคุณภาพตาม PAF Model และการพัฒนาสูตรการคำนวณต้นทุนคุณภาพที่ซ่อนเร้น จากนั้นวิเคราะห์หาประเด็นที่สมควรได้รับการปรับปรุงต้นทุนคุณภาพ โดยต้นทุนคุณภาพที่ควรได้รับการปรับปรุงคือ ต้นทุนความล้มเหลวภายใน ซึ่งเกิดจากการมีต้นทุนของเสียเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงดำเนินการปรับปรุงต้นทุนของเสีย โดยวิเคราะห์รายการต้นทุนคุณภาพทางด้านการป้องกัน และการตรวจสอบ ที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับสาเหตุที่ก่อให้เกิดของเสีย เพื่อกำหนดแนวทางการปรับปรุง

ณัฐกา โยคะกุล (2546) เสนอแนวทางการประยุกต์ใช้ระบบต้นทุนคุณภาพและการลดต้นทุนคุณภาพโดยรวมลงโดยที่ระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์คงเดิม รวมทั้งหาจุดที่เหมาะสมของต้นทุนคุณภาพสำหรับธุรกิจของขบเคี้ยวสุนัข (Dog Chew) จากหนังสัตว์ เริ่มจากสำรวจระบบการเก็บข้อมูลต้นทุนคุณภาพเดิมของบริษัท กำหนดรายการต้นทุนคุณภาพที่ต้องการและพัฒนาใบรายการเก็บข้อมูลโดยยึดตาม PAF model จากนั้นจึงหาแนวทางลดต้นทุนคุณภาพโดยอาศัยเครื่องมือในการปรับปรุงคุณภาพ (QC tools) เช่น การวิเคราะห์ด้วยพาเรโตชี้บ่งปัญหาหลักที่ต้องได้รับการแก้ไข การใช้แผนภูมิเหตุและผลในการหาสาเหตุของปัญหา เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการวิจัย พบว่า สามารถลดต้นทุนคุณภาพโดยรวมเทียบกับกำลังการผลิตลงได้ 44.32%

ศุภกุล ชยาสนา (2546) วิจัยเพื่อหาค่าต้นทุนคุณภาพรวมของโรงงาน ต้นทุนคุณภาพการผลิตของโรงงาน และต้นทุนคุณภาพการผลิตต่อชิ้นของผลิตภัณฑ์สำหรับโรงงานเฟอร์นิเจอร์ นอกจากนี้ยังได้เปรียบเทียบต้นทุนคุณภาพการผลิตต่อชิ้นกับต้นทุนการผลิตต่อชิ้น เพื่อให้เห็นความแตกต่างของต้นทุนทั่วไปกับต้นทุนคุณภาพ อีกทั้งแสดงถึงข้อดีและข้อเสียของการนำต้นทุนคุณภาพไปใช้พร้อมแสดงตัวอย่างของการนำต้นทุนคุณภาพไปใช้อีกด้วย

กังวาน ชยุติมันต์กุล (2545) จัดตั้งระบบต้นทุนคุณภาพและศึกษาค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในโรงหล่อโลหะที่ใช้เตาไฟฟ้า โดยเน้นในส่วนของต้นทุนที่เกิดจากคุณภาพของสินค้า การวิเคราะห์ต้นทุนคุณภาพเริ่มจากการวิเคราะห์กิจกรรมและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น แยกประเภทค่าใช้จ่าย รวมถึงการจัดทำระบบต้นทุนคุณภาพ ซึ่งประกอบด้วย การจัดทำแบบฟอร์มที่ใช้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการคำนวณ การอบรมพนักงานในการบันทึกข้อมูล การคำนวณต้นทุนคุณภาพ และการรายงานผลที่เกิดขึ้น นำไปสู่การวิเคราะห์ต้นทุนคุณภาพที่เกิดขึ้นตามประเภทของต้นทุนคุณภาพและผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา จากงานวิจัยโรงงานกรณีศึกษาสามารถจัดตั้งต้นทุนคุณภาพและจัดการควบคุมคุณภาพให้เป็นระบบและสามารถวัดผลได้โดยใช้

ต้นทุนคุณภาพเป็นตัวชี้วัด จากชิ้นงานกรณีศึกษามีต้นทุนอยู่ที่ 35.82 บาท/กิโลกรัม โดยมีต้นทุนคุณภาพอยู่ที่ 8.22 บาท/กิโลกรัม ซึ่งคิดเป็น 22.95% และมีต้นทุนที่ซ่อนเร้นอยู่ 3.06 บาท/กิโลกรัมซึ่งคิดเป็น 8.54%

วัสชัย ลิมปนวาร (2542) ศึกษาและเสนอขั้นตอนการจัดทำระบบต้นทุนคุณภาพภายในกระบวนการผลิตเครื่องครัว เพื่อเป็นตัววัดคุณภาพของระบบการผลิต ในการพัฒนาคุณภาพของการผลิตให้ดียิ่งขึ้นโดยมีความสัมพันธ์กับต้นทุนที่ลดลงและเป็นจุดเริ่มต้นในการบรรลุการปรับปรุงคุณภาพโดยรวม ขั้นตอนในการจัดทำระบบต้นทุนคุณภาพนั้น เริ่มจากการจัดทำระบบคุณภาพ ได้แก่ การสรรหาบุคลากร การกำหนดขั้นตอนการตรวจสอบ การกำหนดวิธีขจัดปัญหาและการพิจารณาเงินลงทุน จากนั้นจะจัดทำระบบต้นทุนคุณภาพ ซึ่งประกอบไปด้วยการวิเคราะห์กิจกรรมที่มีผลกระทบต่อต้นทุนและคุณภาพ โดยใช้วิธี Information Definition และ Activity-based Costing นอกจากนั้นการจัดทำระบบต้นทุนคุณภาพยังประกอบด้วยการปรับปรุงแบบฟอร์ม การปรับปรุงระบบบัญชี การกำหนดมาตรฐานของต้นทุนและการรายงานผล ผลการวิจัยพบว่าสามารถลดต้นทุนคุณภาพได้ถึง 12% ภายในระยะเวลา 1 เดือน หลังจากการทดลองใช้ระบบต้นทุนคุณภาพ

สุนี ศุภกุลกิตติวัฒนะ (2538) ศึกษาตัวแบบต้นทุนเกี่ยวกับคุณภาพ โดยกล่าวถึงแนวคิด เหตุผล ทฤษฎี และการแบ่งแยกต้นทุน ตลอดจนการประยุกต์ใช้ต้นทุนคุณภาพกับสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โครงสร้างของต้นทุนคุณภาพประกอบด้วย ต้นทุนในการป้องกัน ต้นทุนในการประเมิน และต้นทุนข้อบกพร่อง โดยใช้นักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการเป็นผลิตภัณฑ์ ภายใต้นโยบายคุณภาพของสถาบันฯ ในความคาดหวังเกี่ยวกับตัวบัณฑิต และแบ่งแยกประเภทของข้อมูลด้านต้นทุนคุณภาพจากงานที่เกี่ยวข้องกับนักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ โดยยังไม่มีการเก็บข้อมูลในรูปของตัวเงินเข้ามาเกี่ยวข้อง จากการศึกษาในเบื้องต้นพบว่างานที่เกี่ยวกับต้นทุนในการป้องกันจะมีมากที่สุด อันได้แก่ ต้นทุนที่เกิดจากการวางแผนป้องกันเพื่อให้บัณฑิตมีคุณภาพตามนโยบายคุณภาพของสถาบันฯ ต้นทุนในการประเมินและต้นทุนข้อบกพร่องจะเกี่ยวข้องรองลงมาตามลำดับ

บทที่ 3

สภาพปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา

3.1 บทนำ

บทนี้เป็นการนำเสนอสภาพปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา ทั้งในด้านข้อมูลทั่วไปของบริษัทกรณีศึกษา ข้อมูลเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาและสภาพของกระบวนการผลิตกรณีศึกษาในปัจจุบัน เช่น รอบเวลาการผลิต สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่พบจากกระบวนการผลิต เป็นต้น

3.2 ข้อมูลทั่วไปของบริษัทกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาเป็นหนึ่งในผู้ออกแบบ ผลิตและจัดจำหน่ายฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Hard Disk Drive) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้บันทึกข้อมูลในระบบดิจิตอล ในรูปของสัญญาณแม่เหล็กบนแผ่นมีเดีย (Media)

โครงสร้างการทำงานแบ่งงานเป็น 5 ส่วน ได้แก่

1. ส่วนสนับสนุนการผลิต
2. ส่วนสนับสนุนโครงสร้างพื้นฐาน
3. ส่วนพัฒนาระบบทางธุรกิจ
4. ส่วนงานการผลิตและวิศวกรรม
5. ส่วนระบบฐานข้อมูล

กลุ่มลูกค้าของบริษัท

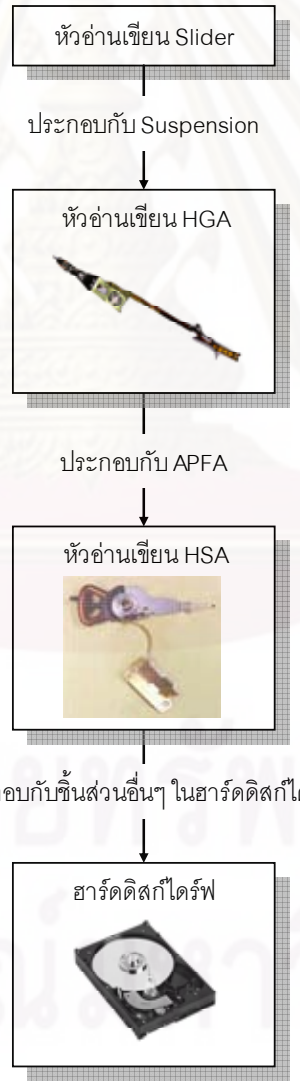
1. ผลิตเพื่อส่งจ่ายแก่ผู้ค้ารายย่อย เพื่อจำหน่ายกับ
   - เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับใช้งานเป็นองค์กร
   - เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับใช้งานส่วนบุคคล
2. ผลิตเพื่อจำหน่ายแก่บริษัท ต่างๆ สำหรับ
   - ประกอบเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลหรือองค์กรภายใต้เครื่องหมายการค้าของบริษัทสั่งซื้อ
   - เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับพกพา
   - อุปกรณ์อื่นๆที่ใช้ผลิตภัณฑ์ของบริษัทเป็นส่วนประกอบ

ผลิตภัณฑ์สามารถจำแนกตามลักษณะของตัวผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตได้ออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ/ หัวอ่านเขียนสำหรับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ขนาด 2.5 นิ้ว ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์และฮาร์ดดิสก์สำหรับพกพา

2. ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ/ หัวอ่านเขียนสำหรับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ขนาด 3.5 นิ้ว ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานในองค์กรหรือใช้งานอยู่กับที่สำหรับบุคคล

3.3 ขั้นตอนการผลิตของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

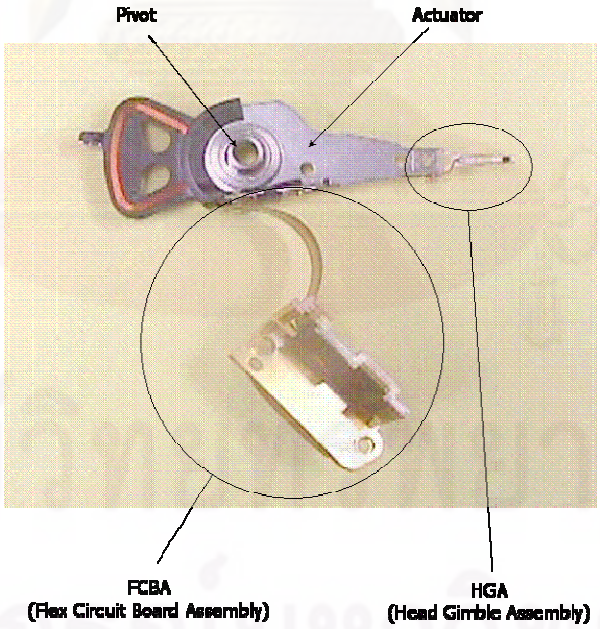


รูปที่ 3.1 ขั้นตอนในการผลิตจากหัวอ่านเขียนไปเป็นฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

สายการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาเริ่มจากขั้นตอนการผลิตหัวอ่านเขียนและสายการผลิตสุดท้าย คือ การผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยในการผลิตหัวอ่านเขียนจะเริ่มจากชิ้นส่วนที่เรียกว่า สไลเดอร์ (Slider) ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในอ่านและเขียนข้อมูล มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมสีดำซึ่งประกอบไปด้วยวงจรไฟฟ้าขนาดเล็กมีหน้าที่ในการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้เกิดขึ้นขณะที่ทำการอ่านและเขียนข้อมูลลงบนแผ่นมีเดีย เมื่อนำสไลเดอร์มาประกอบกับชิ้นส่วนที่เรียกว่า ซัสเพนชั่น (Suspension) จะได้ชิ้นส่วนที่เรียกว่า เอชจีเอ (Head Gimbal Assembly, HGA) จากนั้นนำ เอชจีเอ ประกอบเข้ากับชิ้นส่วนที่เรียกว่า เอพีเอฟเอ (Actuator Flex Pivot Assembly, APFA) ทำให้ได้หัวอ่านเขียนที่เรียกว่า เฮดสแตค (Head Stack Assembly, HSA) ซึ่งชิ้นส่วนนี้เป็นหัวอ่านเขียนสำเร็จที่สามารถนำไปประกอบเข้ากับชิ้นส่วนต่างๆของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเพื่อผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ขั้นตอนในการผลิตจากหัวอ่านเขียนไปเป็นฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ แสดงดังรูปที่ 3.1

3.4 **หัวอ่านเขียน** HSA

3.4.1 **ส่วนประกอบของหัวอ่านเขียน** HSA



รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบของหัวอ่านเขียน HSA

หัวอ่านเขียน HSA มีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน ดังนี้

1. เอชจีเอ (Head Gimbal Assembly, HGA) มีหน้าที่อ่านและเขียนข้อมูลที่อยู่บนแผ่นมีเดียซึ่งเป็นแหล่งเก็บข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ ส่วนประกอบที่สำคัญของ HGA มีอยู่ 2 ส่วนคือ

- สไลเดอร์ (Slider) คือ หัวอ่านและเขียนมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมสีดำ เป็นชิ้นส่วนหลักของ HGA ซึ่งประกอบไปด้วยวงจรไฟฟ้าขนาดเล็ก ชิ้นส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้เกิดขึ้นในขณะที่ HGA อ่านและเขียนข้อมูลลงบนแผ่นมีเดีย
- ซัสเพนชั่น (Suspension) คือ แกนโลหะ ซึ่งเป็นแกนที่เชื่อมระหว่างสไลเดอร์และเอพีเอฟเอ

2. เอพีเอฟเอ (Actuator Flex Pivot Assembly, APFA) มีหน้าที่เป็นตัวเชื่อมระหว่าง HGA กับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ผ่านทางวงจรไฟฟ้าและตัวขยายสัญญาณ (Preamp) ที่ติดกับเอพีเอฟเอ เพื่อให้หัวอ่านเขียนสามารถทำการอ่านและเขียนในฮาร์ดดิสก์ได้

3.4.2 กระบวนการผลิตหัวอ่านเขียน HSA

จุดประสงค์หลักของการประกอบหัวอ่านเขียน HSA คือ การประกอบ HGA ให้ติดกับขาของ Actuator ซึ่งเป็นส่วนประกอบหนึ่งของ APFAโดยประกอบด้วยขั้นตอนย่อยดังนี้

1. HGA Load เป็นการประกอบเอชจีเอให้เข้ากับขาของเอพีเอฟเอ
2. Unload เป็นการถอดตัวงานเฮดสแตคออกจากชัทเทิล (Shuttle)ซึ่งเป็นประคองตัว เอพีเอฟเอขณะทำการใส่เอชจีเอ หลังจากที่ถอดตัวงานออกจากชัทเทิลแล้วนำตัวเฮดสแตคใส่ฟิกเจอร์ (Fixture) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยประคองตัวงานไปยังขั้นตอนถัดไป
3. USTB (Ultra Sonic Trace Bonding) เป็นกระบวนการที่ทำให้วงจรไฟฟ้าบนตัวเอชจีเอติดกับวงจรไฟฟ้าของปรีแอมป์ (Preamp) บน เอพีเอฟเอโดยขั้นตอนนี้จะอาศัยคลื่นที่มีความถี่สูงที่เรียกว่า อัลตร้าโซนิค (Ultrasonic) ในการกดเพื่อให้ชิ้นส่วนทั้งสองติดกัน
4. Coating เป็นกระบวนการหยอดกาวลงในช่องบน TSA (วงจรไฟฟ้าของ HGA) เพื่อป้องกันปัญหาเรื่องการสั่นขณะถูกประกอบลงในฮาร์ดดิสก์และขณะใช้งานหัวอ่านเขียนจริง
5. Tacking เป็นกระบวนการหยอดกาวยึดระหว่าง HGA และ APFA

6. VMI (Visual Mechanical Inspection) เป็นการตรวจหาจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นบนตัวงานจากกระบวนการก่อนหน้าโดยการมองผ่านกล้องที่มีกำลังขยาย 10 เท่า และตรวจสอบซ้ำด้วยกล้องที่มีกำลังขยายที่สูงขึ้นสำหรับงานที่ตรวจพบจุดบกพร่อง

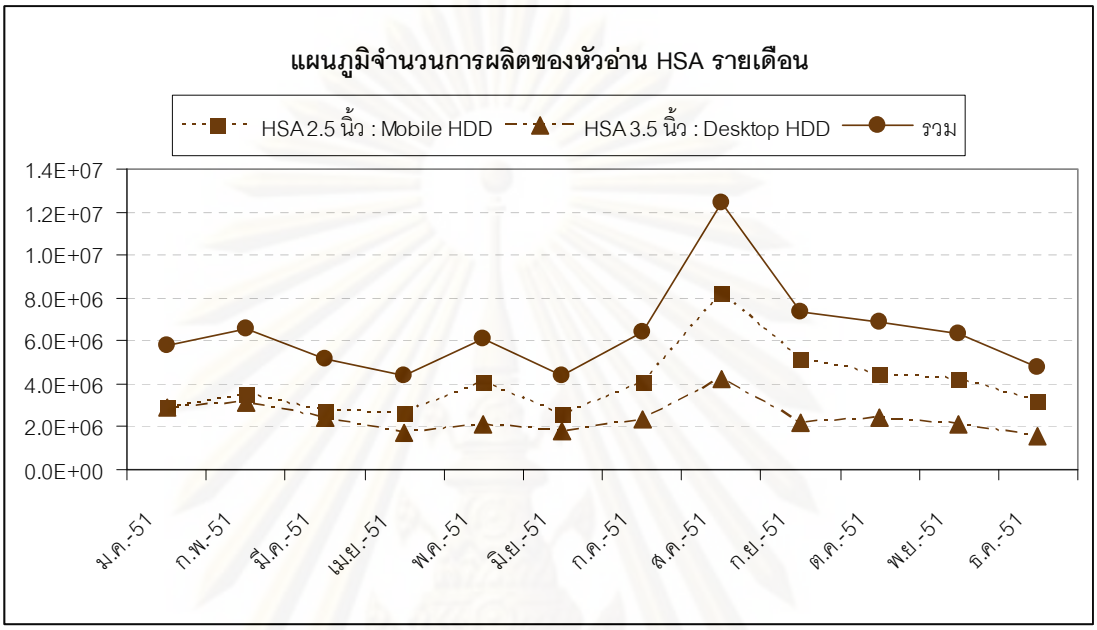
7. QST (Quasi Static Testing) เป็นการทดสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA โดยใช้เครื่อง Quasi Tester ซึ่งเครื่องนี้จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้น (แทนสนามแม่เหล็กบนแผ่นมีเดีย) จากนั้นวัดค่าต่างๆ ที่สัมพันธ์กับคุณภาพของหัวอ่านเขียน

8. Mechanical out going audit เป็นการสุ่มตรวจสอบคุณภาพของหัวอ่านเขียน HSA ทางกลศาสตร์ (Mechanical) เพื่อเป็นการยืนยันว่าหัวอ่านเขียนสามารถเคลื่อนที่ได้เป็นปกติขณะทำงาน

ขั้นตอนกระบวนการผลิต	รายละเอียดของกระบวนการผลิต
HGA Load	การประกอบ HGA และ Balance Weight เข้ากับ APFA
Unload	การถอดตัวงาน HSA ออกจาก Shuttle ใส่ Fixture
USTB	กระบวนการที่ทำให้วงจรไฟฟ้าบน HGA และวงจรไฟฟ้าของ Preamp บน APFA ติดกัน โดยใช้เครื่องที่ใช้คลื่นความถี่สูง (Ultrasonic)
Coating	การหยอดกาวลงในช่องบน TSA (วงจรไฟฟ้าของ HGA) เพื่อป้องกันปัญหาเรื่องการสั่นขณะถูกประกอบลงในฮาร์ดดิสก์และขณะใช้งานหัวอ่านจริง
Tacking	การหยอดกาวยึดระหว่าง HGA และ APFA
FVMI	การตรวจหาจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นบนตัวงานจากกระบวนการก่อนหน้าโดยการมองผ่านกล้องที่มีกำลังขยายสูง
QST	การทดสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่าน HSA โดยใช้เครื่อง Quasi Tester

รูปที่ 3.3 กระบวนการผลิตหัวอ่านเขียน HSA

3.5 การคัดเลือกผลิตภัณฑ์และจุดปฏิบัติการที่ศึกษา



รูปที่ 3.4 แผนภูมิเส้นแสดงจำนวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ HSA รายเดือนในปี พ.ศ.2551

ในการศึกษาเรื่องการเพิ่มผลิตผลของการผลิตหัวอ่านเขียน HSA นั้นจะทำการศึกษากับผลิตภัณฑ์ใดผลิตภัณฑ์หนึ่งเป็นโครงการนำร่องก่อน เพื่อให้องค์กรเกิดทักษะและประสบการณ์ในการนำระบบมาใช้ ซึ่งจะให้ผลสำเร็จที่ดีกว่าการนำระบบมาเริ่มใช้ทีเดียวทุกผลิตภัณฑ์ในองค์กร จึงต้องทำการคัดเลือกผลิตภัณฑ์มาหนึ่งผลิตภัณฑ์เพื่อใช้เป็นกรณีศึกษา ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่เลือกศึกษาจะต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าการผลิตสูง เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความสำคัญต่อรายรับรายจ่ายขององค์กร จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของบริษัทกรณีศึกษา พบว่า หัวอ่านเขียน HSA ประเภท 2.5 นิ้วเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าการผลิตสูงสุด ซึ่งอ้างอิงจากจำนวนการผลิตรายเดือนของผลิตภัณฑ์ในปี พ.ศ. 2551 ดังรูปที่ 3.4 ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกผลิตภัณฑ์ชนิดนี้มาเป็นกรณีศึกษา

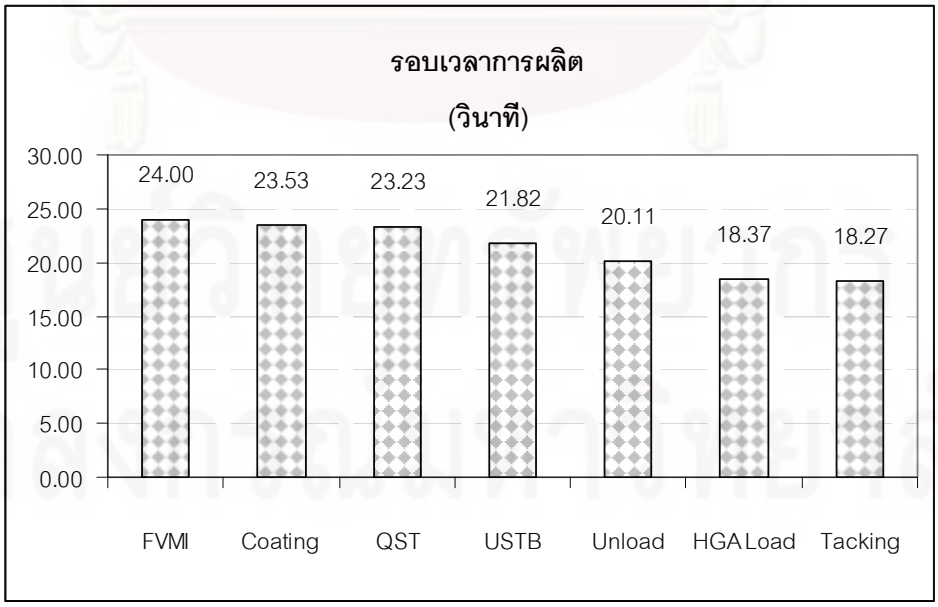
3.5.1 รอบเวลาการผลิตและผลิตผลจากสายการผลิตกรณีศึกษา

สายการผลิตที่เลือกเป็นกรณีศึกษาในปัจจุบันใช้เวลาในการผลิตแต่ละจุดปฏิบัติการดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รอบเวลาของการผลิตหัวอ่านเขียน HSA ในแต่ละจุดปฏิบัติการ
ที่มา: ข้อมูลจากโรงงานกรณีศึกษา

ขั้นตอนการผลิต	รอบเวลาการผลิต (วินาที)	หน่วย/ ชั่วโมง
HGA Load	18.37	196
Unload	20.11	179
USTB	21.82	165
Coating	23.53	153
Tacking	18.27	197
FVMI	24.00	150
QST	23.23	155
Line UPH	**150**	

รอบการผลิตของกรณีศึกษาสามารถเขียนเป็นแผนภูมิแท่งแสดงได้ดังรูปที่ 3.5 แผนภูมิแท่งแสดงให้เห็นว่าจุดปฏิบัติการที่มีรอบเวลาในการผลิตสูงที่สุด 3 อันดับแรก คือ จุดปฏิบัติการตรวจสอบงานด้วยสายตาผ่านกล้องที่มีกำลังขยาย (Visual Inspection) จุดปฏิบัติการที่ยึด HGA กับ APFA ด้วยกาว (Coating) และจุดตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน (Quasi Testing)



รูปที่ 3.5 แผนภูมิแท่งแสดงรอบเวลาการผลิตของหัวอ่านเขียน HSA แต่ละจุดปฏิบัติการ

3.5.2 การคัดเลือกจุดปฏิบัติการที่ศึกษา

การเพิ่มผลิตผลของสายการผลิตใดๆนั้น ต้องปรับปรุงที่จุดคอขวดของสายการผลิตนั้นๆ ดังนั้นจากข้อมูลข้างต้นสายการผลิตที่เป็นกรณีศึกษานั้นต้องปรับปรุงที่จุดปฏิบัติการตรวจสอบงานด้วยสายตาผ่านกล้องที่มีกำลังขยาย (Visual Inspection) ก่อนจุดอื่นๆ แต่จุดนี้ยังไม่สามารถลดการตรวจสอบลงได้และจำเป็นต้องตรวจ 100% ต่อไปเพื่อดักงานเสียจากจุดปฏิบัติการก่อนหน้าที่มีจำนวนค่อนข้างมากและเป็นปัญหาอยู่ในปัจจุบัน เนื่องจากจุดตรวจสอบนี้ใช้พื้นที่ไม่มากและเครื่องมือที่ใช้มีขนาดเล็ก ราคาไม่สูงนั้นแนวทางการปรับปรุงเพื่อเพิ่มผลิตผล ณ จุดนี้ คือ การเพิ่มพนักงานตรวจสอบและจุดตรวจสอบ จุดถัดมาที่ต้องทำการปรับปรุง คือ จุดปฏิบัติการที่ยึด HGA กับ APFA ด้วยกาว (Coating) ในส่วนนี้สามารถปรับปรุงได้โดยการแก้ไขเครื่องจักรที่ใช้เพื่อให้รองรับจำนวนการผลิตมากขึ้นได้ จุดปฏิบัติการต่อมาที่ใช้เวลาค่อนข้างมากคือ จุดตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน (Quasi Testing) ซึ่งเป็นจุดที่ใช้ทดสอบค่าทางไฟฟ้าด้วยเครื่องทดสอบที่เรียกว่า Quasi Tester โดยในแต่ละสายการผลิตจะมีเครื่อง Quasi Tester อยู่สายละ 1 เครื่อง เหตุผลที่จุดปฏิบัติการนี้ใช้เวลาค่อนข้างมากเนื่องจากต้องตรวจสอบงานทุกชิ้น 100% นอกจากนี้การทดสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียนนั้นยังประกอบด้วยการทดสอบหลายส่วนจึงส่งผลให้รอบเวลาการผลิต ณ จุดปฏิบัติการนี้ค่อนข้างสูงทำให้ผลิตผลที่ได้ต่ำ จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นพบว่าแนวทางในการเพิ่มผลิตผล ณ จุดปฏิบัติการนี้ค่อนข้างซับซ้อนกว่าสองจุดปฏิบัติการแรก ดังนั้นจึงเลือกจุดปฏิบัติการนี้ในการศึกษา

3.5.3 การตรวจสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA

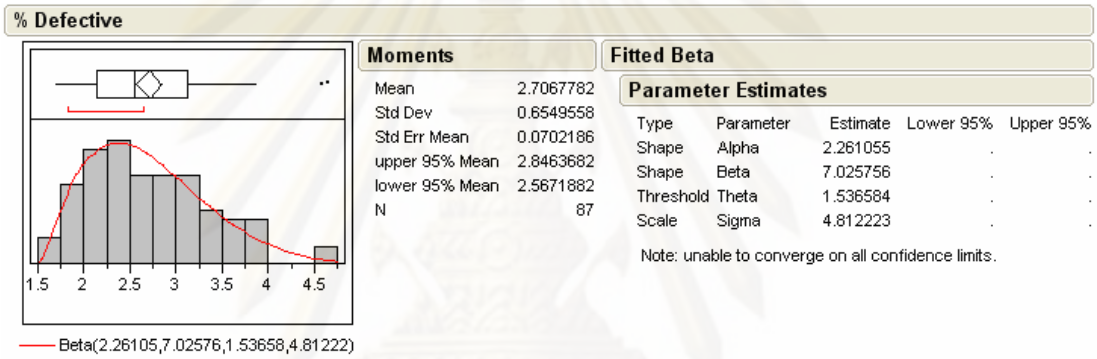
การทดสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA เป็นการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปในแง่ของหน้าที่การทำงานหลักของผลิตภัณฑ์ซึ่งเกี่ยวกับความสามารถในการอ่านของหัวอ่านเขียนเพื่อยืนยันว่าหัวอ่านเขียนสามารถทำงานได้ตรงตามความต้องการของลูกค้า การทดสอบคุณภาพทางไฟฟ้า ประกอบด้วยการทดสอบ 2 ส่วนคือ

1. Static Test เป็นการทดสอบความปกติในการทำงานของส่วนประกอบต่างๆ ของหัวอ่านเขียน HSA ได้แก่ ตัวขยายสัญญาณ (Preamp), Voice Coil และ Flex

2. Head Test เป็นการทดสอบความสามารถของหัวอ่านเขียน ได้แก่ ความสามารถในการอ่านของหัวอ่านเขียนและความเสถียรภาพของหัวอ่านเขียน

3.5.4 **สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่พบจากการทดสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน** HSA

จากการศึกษากระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่เป็นกรณีศึกษาในปัจจุบันโดยการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับ Yield ของการทดสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA พบว่าในการทดสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียนมีผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทดสอบเฉลี่ย 97.3% และมีผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการทดสอบ 2.7% เปอร์เซ็นต์ของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการทดสอบมีการกระจายเป็นแบบ Beta ดังรูปที่ 3.6 ซึ่งมีพารามิเตอร์ของการกระจาย 2 ค่า คือ $\alpha = 2.261$ และ $\beta = 7.026$



รูปที่ 3.6 การกระจายของเปอร์เซ็นต์ของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการทดสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

แนวทางปรับปรุงจุดปฏิบัติการทดสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA

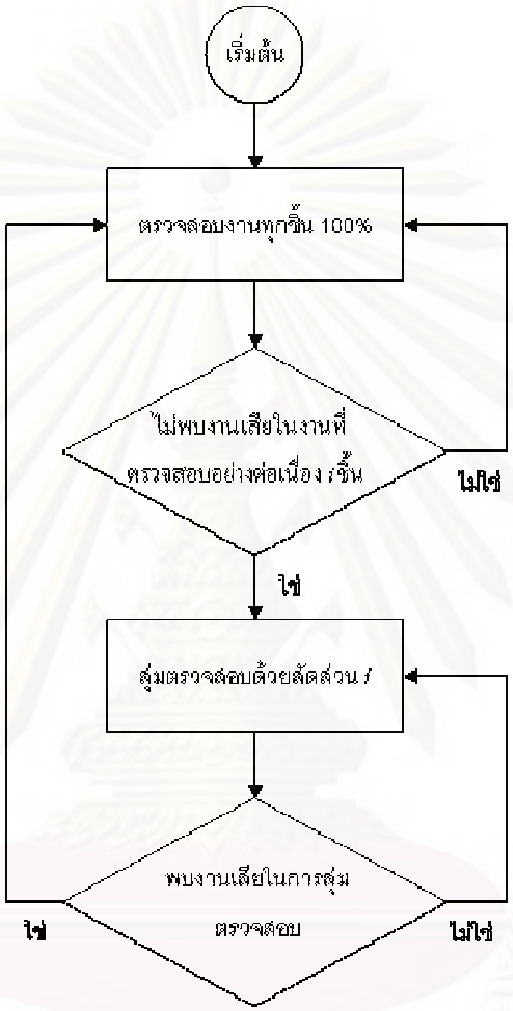
4.1 บทนำ

จากการศึกษาถึงสภาพปัจจุบันของสายการผลิตของผลิตภัณฑ์กรณีศึกษาในบทที่ 3 ได้ข้อมูลว่า ผลของการทดสอบค่าไฟฟ้าของหัวอ่านเขียนมีงานที่ผ่านการทดสอบ 97.3% และมีค่า Cpk ของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับความสามารถของหัวอ่านเขียนมากกว่า 1.33 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้และความสามารถของกระบวนการผลิตอยู่ในขั้นที่ดี ดังนั้นการตรวจสอบแบบ 100 ซึ่งเป็นการตรวจสอบที่ใช้อยู่ในปัจจุบันอาจเป็นการตรวจสอบที่มีเข้มงวดเกินไป ซึ่งนอกจากจะทำให้เสียต้นทุนในการตรวจสอบมากเกินความจำเป็นแล้วยังส่งผลให้ผลิตผลที่ได้จากจุดปฏิบัติการนี้ไม่มากเท่าที่ควร แนวทางหนึ่งที่สามารถปรับปรุงจุดตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA ให้มีผลิตผลที่มากขึ้นจากปัจจุบัน คือ การนำการสุ่มตัวอย่างมาใช้แทนการตรวจสอบแบบ 100%

4.2 แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1

สายการผลิตที่เป็นกรณีศึกษาสำหรับงานวิจัยนี้เป็นสายการผลิตที่มีความต่อเนื่องและไม่ได้เก็บงานไว้เป็นรุ่น ดังนั้นแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับการนำมาใช้ในการตรวจสอบงานในกรณีนี้ คือ แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่อง (Continuous Sampling Plan) ซึ่งแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องที่ได้รับความนิยมในการนำไปใช้คือ แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภทที่ 1 หรือแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 เนื่องจากเป็นแผนการสุ่มตัวอย่างที่มีขั้นตอนในการสุ่มตัวอย่างที่ไม่ซับซ้อนเมื่อเทียบกับแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภทอื่นๆ ซึ่งเหมาะกับการนำไปใช้ในระยะที่เริ่มใช้การสุ่มตัวอย่างในการตรวจสอบ แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภทที่ 1 มีขั้นตอนการตรวจสอบสับเปลี่ยนระหว่างการตรวจสอบแบบ 100% กับการสุ่มตัวอย่าง ดังรูปที่ 4.1 โดยเริ่มจากการตรวจสอบแบบ 100% ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งตรวจสอบจนครบ i ชิ้น หากไม่พบผลิตภัณฑ์บกพร่องเลย จะเปลี่ยนรูปแบบการตรวจสอบไปเป็นการสุ่มตัวอย่างด้วยสัดส่วน $1/f$ ซึ่งหมายถึงทุกๆ ผลิตภัณฑ์ f ชิ้นจะสุ่มตัวอย่างหนึ่งชิ้นมาตรวจสอบ แต่หากในการตรวจสอบแบบ 100% ตรวจสอบพบผลิตภัณฑ์บกพร่องจะต้องตรวจสอบผลิตภัณฑ์ต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่งไม่พบผลิตภัณฑ์บกพร่องอย่างต่อเนื่องจนครบ i ชิ้น จึงจะเปลี่ยนการตรวจสอบจากการตรวจสอบแบบ 100% ไปเป็นการสุ่มตัวอย่างด้วยสัดส่วน $1/f$ ได้และจะเปลี่ยนการ

ตรวจสอบจากการสุ่มตัวอย่างกลับไปเป็นการตรวจสอบแบบ 100% เมื่อตรวจสอบพบผลิตภัณฑ์เพียงหนึ่งชิ้นในช่วงของการสุ่มตัวอย่าง



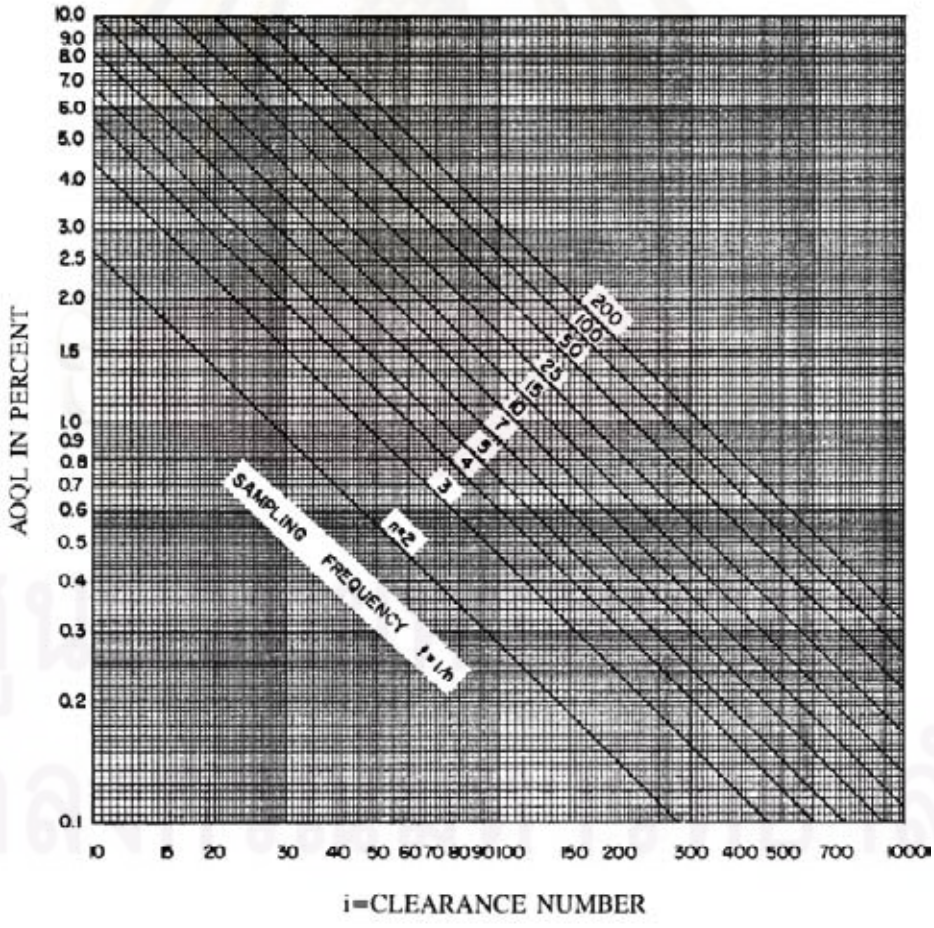
รูปที่ 4.1 ขั้นตอนของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1

พารามิเตอร์ที่เป็นตัวกำหนดแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 มี 2 ค่า คือ

1. ค่า i คือ จำนวนของงานที่ถูกตรวจสอบในช่วงการตรวจสอบแบบ 100%
2. ค่า f คือ สัดส่วนของการสุ่มตัวอย่างตรวจสอบในช่วงของการตรวจสอบแบบสุ่มตัวอย่าง

วิธีการเลือกพารามิเตอร์ i, f ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 มีงานวิจัยในอดีตแนะนำไว้หลายวิธี ได้แก่ ออกแบบโดยคำนึงถึงค่า ***AOQL*** (Average Outgoing Quality Limit)

(Dodge, 1943), ***PNQL*** (Producer's Nominal Quality Level) (Murphy, 1959), ***LQL*** (Limiting Quality Level) (Stephens, 1981) และ ***AFI*** (Average Fraction Inspected) (Endres, 1979, Ghosh, 1988) ซึ่งวิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือ เลือกพารามิเตอร์ i, f จากค่า ***AOQL*** ซึ่งเป็นค่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องเฉลี่ยที่มากที่สุดที่ผ่านออกไปยังลูกค้าหลังจากตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือเรียกว่าค่าคุณภาพผ่านออกโดยเฉลี่ยสูงสุด ในเวลาต่อมาได้มีการสร้างแผนภูมิที่เรียกว่า Nomographs ซึ่งเป็นแผนภูมิที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ i, f กับค่า ***AOQL*** ซึ่ง Nomographs ที่ถูกสร้างขึ้นนั้นมีหลายรูปแบบโดย ตัวอย่างของ Nomographs แสดงดังรูปที่ 4.2 โดย Nomographs นี้ถูกเสนอโดย White ในปี1961 นอกจากแผนภูมิ Nomographs แล้วยังมีการสร้างตารางเพื่อช่วยในการเลือกพารามิเตอร์ i, f ซึ่งตัวอย่างของตารางนี้แสดงได้ดังตารางที่ 4.1 ซึ่งจะหาค่าพารามิเตอร์ i โดยการกำหนดค่า ***AOQL*** และค่า f



รูปที่ 4.2 Nomographs ที่ใช้เลือกพารามิเตอร์ i, f จากค่า ***AOQL*** (White, 1961)

ตารางที่ 4.1 ค่าของ i สำหรับแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ที่ค่า f และค่า $AOQL$ ต่างๆ

f	*AOQL (%)*															
	0.018	0.033	0.046	0.074	0.113	0.143	0.198	0.33	0.53	0.79	1.22	1.90	2.90	4.94	7.12	11.46
1/2	1,540	840	600	375	245	194	140	84	53	36	23	15	10	6	5	3
1/3	2,550	1,390	1,000	620	405	321	232	140	87	59	38	25	16	10	7	5
1/4	3,340	1,820	1,310	810	530	420	303	182	113	76	49	32	21	13	9	6
1/5	3,960	2,160	1,550	965	630	498	360	217	135	91	58	38	25	15	11	7
1/7	4,950	2,700	1,940	1,205	790	623	450	270	168	113	73	47	31	18	13	8
1/10	6,050	3,300	2,370	1,470	965	762	550	335	207	138	89	57	38	22	16	10
1/15	7,390	4,030	2,890	1,800	1,180	930	672	410	255	170	108	70	46	27	19	12
1/25	9,110	4,970	3,570	2,215	1,450	1,147	828	500	315	210	134	86	57	33	23	14
1/50	11,730	6,400	4,590	2,855	1,870	1,477	1,067	640	400	270	175	110	72	42	29	18
1/100	14,320	7,810	5,600	3,485	2,305	1,820	1,302	790	500	330	215	135	89	52	36	22
1/200	17,420	9,500	6,810	4,235	2,760	2,178	1,583	950	590	400	255	165	106	62	43	26

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 การตรวจสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA ด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1

4.3.1 ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA ด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1

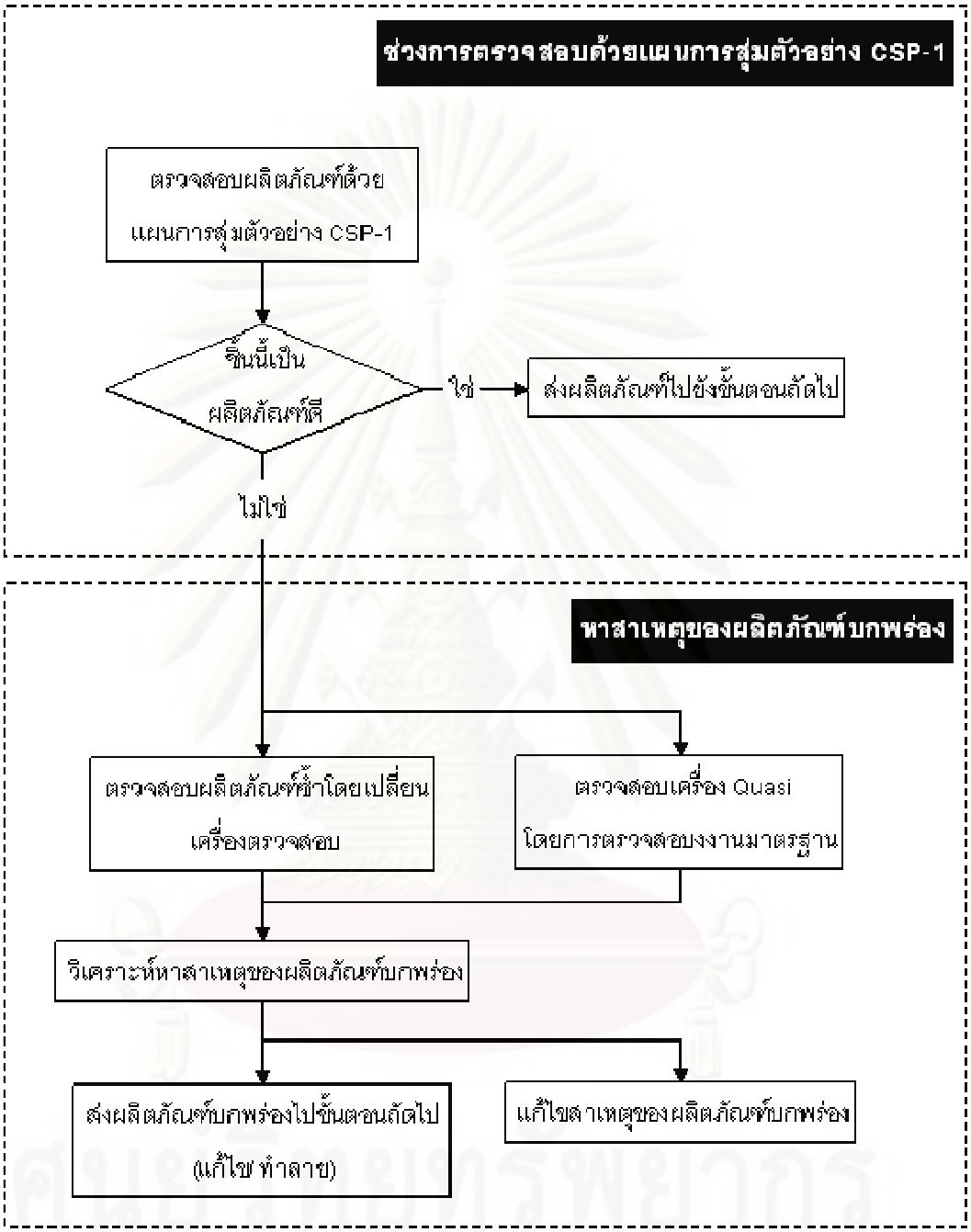
แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 เป็นแผนการสุ่มตัวอย่างแบบกรอง (Rectifying Sampling Plan) ซึ่งหมายถึงหากตรวจสอบพบผลิตภัณฑ์บกพร่องจะต้องทำการซ่อมหรือแทนที่ผลิตภัณฑ์บกพร่องด้วยผลิตภัณฑ์ดี สำหรับกรณีศึกษานี้จะกำหนดให้หากตรวจสอบพบของเสียหรือผลิตภัณฑ์บกพร่องจะต้องทำการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องนั้นและหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เกิดขึ้น โดยการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง แบ่งเป็นขั้นตอนดังนี้

1. ตรวจสอบผลิตภัณฑ์บกพร่องซ้ำเพื่อเก็บข้อมูลที่ได้ไว้เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบในครั้งแรก
2. ตรวจสอบผลิตภัณฑ์มาตรฐานที่เครื่องตรวจสอบเครื่องแรกเพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบนี้เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานและเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบผลิตภัณฑ์บกพร่อง
3. ช่างเทคนิคและวิศวกรวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากข้อมูลการตรวจสอบที่รวบรวมได้
4. แก้ไขสาเหตุของความบกพร่องที่เกิดขึ้น

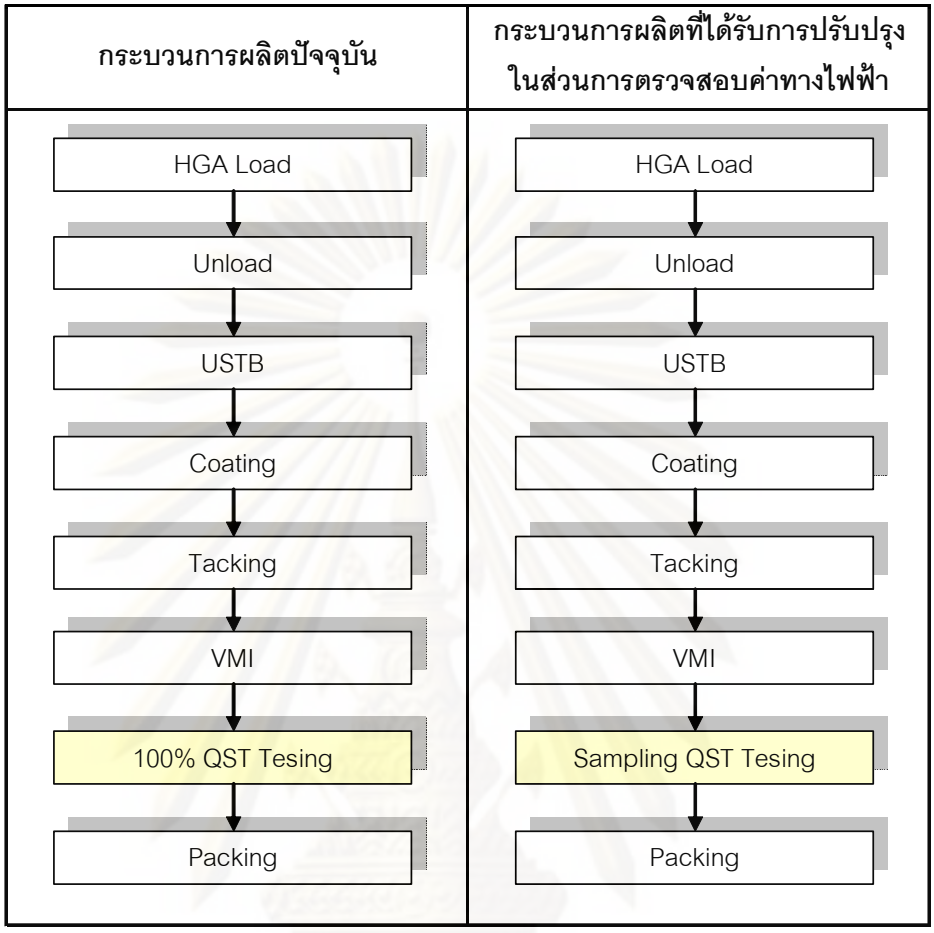
จากการสำรวจและเก็บข้อมูลจากสายการผลิตกรณีศึกษาพบว่า ผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ตรวจสอบพบที่จุดปฏิบัติการ QST นั้นสามารถแก้ไขได้เพียงบางส่วน โดยสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถแก้ไขได้ กำหนดให้แทนด้วยสัญลักษณ์ p_{Rw} และสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ มีสัดส่วนเป็น 1- p_{Rw}

ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 รวมถึงการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ใช้ในงานวิจัยนี้แสดงได้ดังรูปที่ 4.3

การเปรียบเทียบกระบวนการผลิตที่นำการสุ่มตัวอย่างมาใช้ในการตรวจสอบค่าทางไฟฟ้ากับกระบวนการผลิตที่ใช้การตรวจสอบ 100% แสดงดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.3 ขั้นตอนของการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ตรวจสอบพบ



รูปที่ 4.4 รูปเปรียบเทียบกระบวนการผลิตปัจจุบันกับกระบวนการผลิตที่ทำการปรับปรุง

4.3.2 วิธีการเลือกพารามิเตอร์ i, f ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1

การตรวจสอบที่ใช้ในสายการผลิตในปัจจุบันเป็นการตรวจสอบทุกชิ้น 100% ซึ่งหากการตรวจสอบมีความถูกต้องและไม่มีความผิดพลาด การตรวจสอบรูปแบบนี้จะสามารถตรวจจับผลิตภัณฑ์บกพร่องได้ 100% การสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องเป็นการตรวจสอบที่ไม่สามารถดักงานเสียได้ดีเท่าการตรวจสอบแบบ 100% แต่ก็สามารถช่วยกรองผลิตภัณฑ์บกพร่องออกได้หากมีการสุ่มตัวอย่างแล้วพบผลิตภัณฑ์บกพร่อง นั่นหมายถึงจะมีผลิตภัณฑ์บกพร่องบางส่วนที่หลุดรอดการตรวจสอบและส่งไปถึงลูกค้า ซึ่งค่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่มากที่สุดที่จะหลุดไปถึงลูกค้านี้ เรียกว่า ค่า *AOQL* ซึ่งอาจเป็นค่าที่ประกันกับลูกค้าว่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ส่งไปจะไม่ต่ำไปกว่าค่านี้ การหาพารามิเตอร์แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ของงานวิจัยในอดีตส่วนใหญ่มักพิจารณาพารามิเตอร์ที่สามารถให้ค่า *AOQL* ที่กำหนดเท่านั้นแต่ไม่ได้คำนึงถึงต้นทุนที่

เกี่ยวข้องที่เกิดขึ้นและมีเพียงส่วนน้อยที่พิจารณาถึงต้นทุนที่เกิดขึ้นด้วย ซึ่งในทางปฏิบัติการเลือกแผนการสุ่มตัวอย่างที่เป็นจุดสมดุลระหว่างคุณภาพและต้นทุนเป็นเรื่องที่ควรให้ความสำคัญ ซึ่งจะทำให้สามารถลดความสูญเสียหรือต้นทุนที่เกิดขึ้นโดยไม่จำเป็นในกระบวนการผลิตลงได้ ดังนั้นในการหาพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i, f ที่จะใช้ในงานวิจัยนี้จะเลือกแผนที่สามารถให้ค่า $AOQL$ ได้ตามที่กำหนดและนอกจากนี้ยังมีการใช้ต้นทุนที่เกี่ยวข้องต่ำที่สุดอีกด้วย โดยจะเลือกพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่างผ่านตัวแบบต้นทุนต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ในหนึ่งรอบของแผนการสุ่มตัวอย่างที่ประยุกต์และปรับปรุงจากตัวแบบต้นทุนที่มีในอดีตให้มีต้นทุนที่เกี่ยวข้องครบถ้วนและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

4.3.3 **ต้นทุนคุณภาพที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบแบบสุ่มตัวอย่าง** CSP-1

ต้นทุนที่จะนำมาพิจารณาในตัวแบบต้นทุนที่ใช้เลือกพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i, f นี้เป็นต้นทุนที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพเป็นไปตามที่ลูกค้าต้องการ ซึ่งเรียกต้นทุนนี้ว่า ต้นทุนคุณภาพ เนื่องจากต้นทุนคุณภาพประกอบด้วยต้นทุนย่อยมากมาย ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะระบุต้นทุนที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบแบบสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และต้องสามารถเก็บข้อมูลของต้นทุนนั้นๆ จากกระบวนการผลิตที่เป็นกรณีศึกษาได้เท่านั้น พิจารณาต้นทุนที่เกี่ยวข้องโดยยึดหลักการแบ่งต้นทุนตามแบบจำลอง PAF ออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. ต้นทุนการป้องกัน (Preventive Costs) ซึ่งเป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆที่ป้องกันความบกพร่องที่จะเกิดขึ้นกับกิจกรรมหรือตัวผลิตภัณฑ์ ต้นทุนในส่วนนี้ประกอบด้วยต้นทุนต่างๆ เช่น ต้นทุนในการวางแผนคุณภาพ ต้นทุนที่ใช้ในการสำรวจความสามารถของผู้ส่งมอบ ค่าฝึกอบรมคุณภาพให้แก่พนักงาน และรวมถึงต้นทุนอื่นๆ อีกดังตารางที่ 4.2 ซึ่งต้นทุนตัวอย่างในตารางที่ 4.2 ส่วนใหญ่มักเป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นเนื่องจากกิจกรรมต่างๆ ที่ไม่ได้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการการผลิตโดยตรงและนอกจากนี้ยังทำการเก็บข้อมูลได้ยาก ดังนั้นสำหรับกรณีศึกษาจะพิจาณาเพียงต้นทุนในส่วนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตและการสุ่มตรวจสอบโดยตรงเท่านั้น ต้นทุนการป้องกันคุณภาพในกระบวนการผลิตเป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการรับรองหรือประกันความสามารถและความพร้อมของกระบวนการผลิตในการผลิตงานให้ได้ตามมาตรฐานหรือระดับคุณภาพที่กำหนดไว้ ได้แก่ การออกแบบและพัฒนากระบวนการ วัตถุดิบ เครื่องมือและเครื่องจักรเพื่อป้องกันปัญหาคุณภาพที่อาจเกิดขึ้น การวางแผนการควบคุมคุณภาพสำหรับทุกกิจกรรมการผลิต การอบรมความรู้เรื่องขั้นตอนการผลิตและคุณภาพให้กับ

พนักงาน เป็นต้น ในกรณีศึกษานี้จะพิจารณาต้นทุนในส่วนที่สามารถเก็บข้อมูลได้ง่ายและนำมาใช้ในตัวแบบต้นทุนของการสุ่มตัวอย่างได้ ซึ่งมีต้นทุน 3 ส่วน คือ

ก. ค่าฝึกอบรมพนักงานในสายการผลิตถึงความรู้ที่เกี่ยวกับตัวผลิตภัณฑ์ วิธีการทำงานที่ถูกต้อง และแนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นหากพบปัญหาในการผลิต ต้นทุนนี้เป็นต้นทุนในส่วนของ Operations Quality Education

ข. ต้นทุนในการวางแผนงานคุณภาพ การควบคุมคุณภาพ ซึ่งหมายถึง การวางแผนการตรวจสอบ รูปแบบการตรวจสอบตลอดจนเครื่องมือที่นำมาใช้ในการตรวจสอบ เพื่อให้แน่ใจว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการผลิตมีคุณภาพตามที่กำหนดไว้ ต้นทุนนี้เป็นต้นทุนในส่วนของ Operations Quality Planning

ค. ค่าซ่อมบำรุงเครื่องตรวจสอบ QST เพื่อให้มีความพร้อมและสามารถตรวจสอบผลิตภัณฑ์ได้อย่างถูกต้อง ต้นทุนนี้เป็นต้นทุนในส่วนของ Operations Quality Planning เช่นกัน

2. ต้นทุนการตรวจสอบ ตรวจวัดและการประเมินคุณภาพ (Appraisal Costs) ซึ่งเป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆที่เกี่ยวกับการวัด การตรวจสอบตัวผลิตภัณฑ์เพื่อยืนยันว่าผลิตภัณฑ์นั้นสามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ ต้นทุนที่เป็นส่วนประกอบของต้นทุนส่วนนี้มีหลายอย่าง ดังแสดงตามตารางที่ 4.3 ซึ่งต้นทุนนี้จะพิจารณาแบ่งเป็น 3 ส่วนใหญ่ คือ เริ่มตั้งแต่การตรวจสอบต้นทางซึ่งเป็นการตรวจสอบของวัตถุดิบของผู้ส่งหรือการตรวจสอบงานขาเข้า สายการผลิต การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ในสายการผลิต การตรวจสอบหรือปรับตั้งเครื่องตรวจสอบ และสุดท้ายคือการตรวจสอบผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปก่อนการส่งมอบให้ลูกค้า ในกรณีศึกษานี้จะพิจารณาต้นทุนในส่วนนี้เพียง 2 ส่วนซึ่งเป็นต้นทุนที่สามารถเก็บข้อมูลได้สะดวกและสามารถนำไปใช้ในตัวแบบต้นทุนที่ใช้ในงานวิจัยนี้ด้วย

ก.ต้นทุนในการสุ่มและการตรวจสอบชิ้นส่วนที่ใช้ในสายการผลิตเพื่อประกอบเป็นตัว HSA ต้นทุนนี้เป็นต้นทุนในส่วนของ Receiving or Incoming Inspections and Tests

ข. ต้นทุนในการสุ่มและการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ซึ่งต้นทุนนี้เป็นต้นทุนในส่วนของ Planned Operations, Inspections, Tests, Audits

ตารางที่ 4.2 ต้นทุนที่เป็นส่วนประกอบของต้นทุนการป้องกัน (Campanella, 1999)

Categories	COQ elements	
Prevention Costs	Marketing/ Customer/ User	Marketing Research
		Customer/ User Perception Surveys/ Clinics
		Contract/ Document Review
	Product/ Service/ Design Development	Design Quality Progress Reviews
		Design Support Activities
		Product Design Qualification Test
		Service Design - Qualification
		Field Trials
	Purchasing Prevention Costs	Supplier Reviews
		Supplier Rating
		Purchase Order Tech Data Reviews
		Supplier Quality Planning
	Operations (Manufactering or Service) Prevention Costs	Operations Process Validation
		Operations Quality Planning
		Operations Support Quality Planning
		Operations Quality Education
		Operations SPC/ Process Control
	Quality Administraion	Administrative Salaries
		Administrative Expenses
		Quality Program Planning
		Quality Performance Reporting
		Quality Education
		Quality Improvement
		Quality System Audit
		Other Prevention Costs

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 ต้นทุนที่เป็นส่วนประกอบของต้นทุนการการตรวจสอบ ตรวจวัดและการประเมินคุณภาพ (Campanella, 1999)

Categories		COQ elements
Appraisal	Purchasing Appraisal Costs	Receiveing or Incoming Inspections and Tests
		Measurement Equipment
		Qualification of Supplier Product
		Source Inspection and Control Programs
	Operations (Manufactering or Service) Appraisal Costs	Planned Operations Inspections, Tests, Audits
		Set-Up Inspections and Tests
		Special Tests (Manufactering)
		Process Control Measurements
		Laboratory Support
		Measurement (Inspection and Test) Equipment
	External Appraisal Costs	Field Performance Evaluation
		Special Product Evaluations
		Evaluation of Field Stock and Space Parts
	Review of Test and Inspection Data	
	Miscellaneous Quality Evaluations	

3. ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ (Failure Costs) เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นเนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตไม่ได้มาตรฐานตามที่กำหนด ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพภายใน (Internal Failure Costs) เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นจากความบกพร่องที่เกิดก่อนที่ผลิตภัณฑ์จะส่งถูกส่งมอบและต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพภายนอก (External Failure Costs) เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นจากความบกพร่องที่เกิดหลังจากที่ผลิตภัณฑ์ถูกส่งมอบถึงมือลูกค้าแล้ว ต้นทุนส่วนนี้ประกอบด้วยต้นทุนหลายส่วนดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ต้นทุนส่วนประกอบของต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ (Campanella, 1999)

Categories		COQ elements
Internal Failure Costs	Product/ Service Design Failures Costs (Internal)	Design Corrective Action
		Rework Due to Design Changes
		Scrap Due to Design Changes
		Production Liaison Costs
	Purchasing Failure Costs	Purchased Material Reject Disposition Costs
		Purchased Material Replacement Costs
		Supplier Corrective Action
		Rework of Supplier Rejects
		Uncontrolled Material Losses
	Operations (Product or Service) Failure Costs	Material Review and Corrective Action Costs
		Operations Rework and Repair Costs
		Reinspection/ Retest Costs
		Extra Operations
		Operations Scrap Costs
		Downgraded End-Product or Service
		Internal Failure Labor Losses
	Other Internal Failure Costs	
External Failure Costs	Complaint Investigations/ Customer or User Service	
	Returned Goods	
	Retrofit Costs	Recall Costs
	Warranty Claims	
	Liability Costs	
	Penalties	
	Customer/ User Goodwill	
	Lost Sales	
	Other External Failure Costs	

จากตารางที่ 4.4 แสดงว่าต้นทุนด้านความบกพร่องภายในประกอบด้วย ต้นทุนของความบกพร่องที่เกิดจากการออกแบบและต้นทุนของความบกพร่องที่เกิดจากการผลิต ซึ่งต้นทุนในส่วนที่เกิดจากการความผิดพลาดจากการออกแบบเป็นต้นทุนที่วัดได้ยากและไม่ได้ถูกเก็บรวบรวมข้อมูลไว้สำหรับกรณีศึกษานี้ ดังนั้นต้นทุนในส่วนนี้ที่จำนำไปใช้กับแบบจำลองของต้นทุนของแผนการสุ่มตัวอย่างจะพิจารณาแค่ต้นทุนเพียงบางส่วนที่ได้เก็บรวบรวมข้อมูลไว้แล้วและง่ายต่อการนำมาใช้ได้แก่

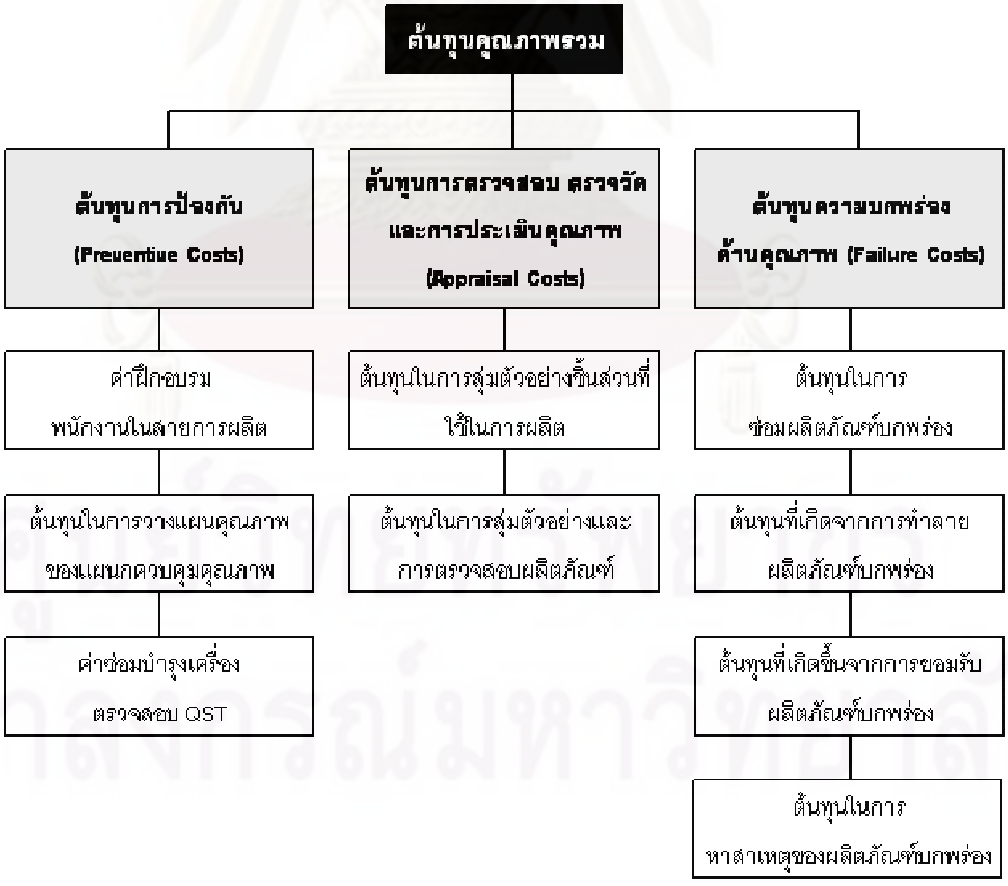
ก. ต้นทุนที่เกิดจากการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่อง (Operations Rework and Repair Costs)

ข. ต้นทุนที่เกิดจากการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถซ่อมหรือแก้ไขได้ (Operation Scrap Costs)

ค. ต้นทุนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการปล่อยผลิตภัณฑ์บกพร่องไปถึงลูกค้า ทำให้เกิดความสูญเสียเกิดขึ้นจากการนำผลิตภัณฑ์นั้นไปใช้งาน ได้แก่ ต้นทุนในการส่งคืนผลิตภัณฑ์บกพร่อง การซ่อมและการแทนที่ผลิตภัณฑ์บกพร่องด้วยผลิตภัณฑ์ดี (Returned Goods and Warranty Claims)

ง. ต้นทุนที่ใช้ในการหาสาเหตุของปัญหา (Troubleshooting or Failure Analysis Costs) ซึ่งเป็นต้นทุนย่อยของ Material Review and Corrective Action Costs)

ต้นทุนทั้งสามส่วนที่นำมาใช้ในตัวแบบต้นทุนของกรณีศึกษานี้แสดงดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ประเภทของต้นทุนที่พิจารณาสำหรับการสุ่มตัวอย่างของกรณีศึกษา

บทที่ 5

ตัวแบบต้นทุนของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1

5.1 บทนำ

การศึกษาเรื่องคุณภาพและต้นทุนเป็นสิ่งที่ได้รับความสนใจมานาน เนื่องจากเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยลดต้นทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Carson, 2007) กิจกรรมในกระบวนการผลิตที่มีการศึกษาถึงความเหมาะสมในเรื่องของคุณภาพและต้นทุน คือ การตรวจสอบ (Inspection) มีงานวิจัยหลายงานที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาในเรื่องนี้ ได้แก่ การหาแนวทางในการตรวจสอบที่ให้ต้นทุนต่ำสุด เช่น การเปลี่ยนจากการสุ่มตรวจสอบจากการตรวจสอบ 100% เป็นการสุ่มตัวอย่าง การหาแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม การลดและเพิ่มความเข้มในการตรวจสอบ ซึ่งการตรวจสอบที่ได้รับการศึกษามีแบบทั้งการตรวจสอบที่เป็นรุ่นและการตรวจสอบแบบต่อเนื่อง (Continuous sampling plan) แสดงได้ดัง ตารางที่ 5.1 ซึ่งเป็นตารางสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบและต้นทุน โดยแบ่งประเภทของต้นทุนตามแบบจำลอง PAF โดยประกอบด้วย การตรวจสอบแบบทั่วไปที่ไม่ได้ระบุประเภทของการตรวจสอบไว้ในงานวิจัยและการตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ซึ่งจากตารางนี้ สามารถสรุปได้ว่า

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบส่วนใหญ่เป็นการศึกษาหาแผนการตรวจสอบที่เหมาะสมโดยมักจะคำนึงถึงต้นทุนที่เกี่ยวข้อง 2 ส่วน คือ

1. ต้นทุนการตรวจสอบ ตรวจวัดและการประเมินคุณภาพ (Appraisal Costs) ได้แก่ ต้นทุนในการสุ่มตัวอย่าง

2. ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ (Failure Costs) ได้แก่ ต้นทุนในการแทนที่ชิ้นผลิตภัณฑ์บกพร่องด้วยผลิตภัณฑ์ดี ต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่อง ต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ตรวจสอบพบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.1 สรุปงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับการหาแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงต้นทุนที่เกี่ยวข้อง

	งานวิจัยที่เกี่ยวกับ COQ และการตรวจสอบ			งานวิจัยที่เกี่ยวกับการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ที่คำนึงถึงต้นทุนที่เกี่ยวข้อง								
Cost element (BS 6143)	Tannock (1996)	Oppermann (2003)	Freiesleben (2006)	Anscombe (1958)	Murty (1997)	Cassady et al (2000)	Chen and Chou (2002)	Chen and Chou (2003)	Haji and Haji (2004)	Shee and Cassady (2005)	Farmakis and Eleftheriou (2007)	Yu, Yu and Wu (2009)
Prevention Cost												
1 Quality control and process control engineering												
2 Design and develop control equipment		✓										
3 Quality planning by others												
4 Production equipment for quality - maintenance and calibration												
5 Test and inspection - maintenance and calibration												
6 Supplier quality assurance												
7 Training												
8 Administration, audits, improvements												
Appraisal Costs												
1 Laboratory acceptance testing												
2 Inspection and test by inspectors	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3 Inspection and test by non-inspectors												
4 Setup for inspection and test												
5 Inspection and test materials												
6 Product quality audits												
7 Review of test and inspection data												
8 On-site performance testing												
9 Internal testing and release												
10 Evaluation of materials and spares												
11 Supplier monitoring												
Internal Failure Costs												
1 Scrap	✓											
2 Rework and repair	✓	✓										✓
Replacement				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
3 Trouble shooting, defect analysis												
4 Reinspect, retest												
5 Scrap and rework (Fault of supplier)												
6 Modification permits and concessions												
7 Downgrading												
External Failure Costs												
1 Complaints												
2 Product service: liability	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	
3 Product returned or recalled												
4 Returned material repair									✓			✓
5 Warranty replacement												

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ในอดีตในตารางที่ 5.1 นั้น จะแสดงเพียงสมการที่สัมพันธ์กับค่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ยหรือค่า AFI (Average Fraction Inspected) เท่านั้น แต่ไม่ได้แสดงถึงรายละเอียดของต้นทุนรวมถึงแนวทางในการรวบรวมต้นทุนที่เกี่ยวข้องไว้ ซึ่งอาจทำให้ไม่สะดวกในการนำสมการต้นทุนไปใช้งานจริง

ในบทนี้จะกล่าวถึง ตัวแบบต้นทุนของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 สำหรับการทดสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA ข้อสมมติ (Assumption) ที่ใช้ในการออกแบบตัวแบบต้นทุนของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 เพื่อใช้สำหรับการทดสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA การคำนวณต้นทุนต่อหน่วยของต้นทุนที่เกี่ยวข้องแต่ละส่วนเพื่อนำไปใช้ในการแทนที่ในตัวแบบต้นทุน

5.2 ตัวแบบต้นทุนของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 สำหรับการทดสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA

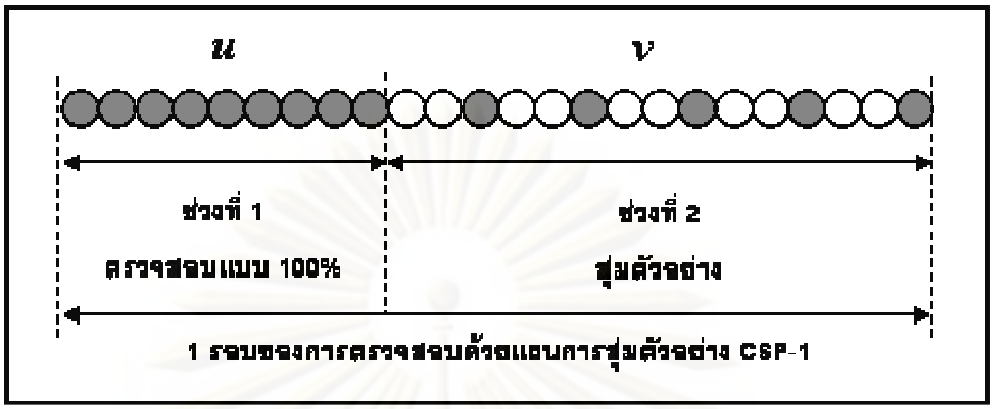
การสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องชนิดที่ 1 หรือแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ประกอบด้วยการตรวจสอบซึ่ง แบ่งเป็น 2 ช่วง คือ

1. ช่วงการตรวจสอบแบบ 100% ซึ่งมีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ทุกชิ้น โดยจะตรวจสอบต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงจำนวน i ชิ้น (Clearance Number) หากไม่พบผลิตภัณฑ์บกพร่องจะเปลี่ยนรูปแบบการตรวจสอบจากการตรวจสอบแบบ 100% ไปเป็นการสุ่มตัวอย่าง

2. ช่วงการสุ่มตัวอย่าง ในช่วงนี้จะตรวจสอบผลิตภัณฑ์เพียงบางชิ้นด้วยการสุ่มตัวอย่างด้วยสัดส่วน $1/f$ โดยจะดำเนินการสุ่มตัวอย่างต่อไปเรื่อยๆจนกระทั่งตรวจสอบพบผลิตภัณฑ์บกพร่อง จึงจะทำการเปลี่ยนกลับไปตรวจสอบแบบ 100% อีกครั้ง

การตรวจสอบทั้ง 2 ช่วงนี้ รวมเรียกว่าเป็น 1 รอบของการสุ่มตัวอย่าง CSP-1

ตัวแบบต้นทุนของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ของวิจัยในอดีต เป็นการหา***ต้นทุนต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในช่วง 1 รอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1***



รูปที่ 5.1 หนึ่งรอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1

ตัวแบบต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 สัมพันธ์กับพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 โดยผ่านตัวแปร AFI ดังความสัมพันธ์

$$E(C)\ \alpha\ AFI \tag{5.1}$$

ซึ่ง AFI คือ ค่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ย ซึ่งคิดจากสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบจริงในหนึ่งรอบของการตรวจสอบกับจำนวนผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ผ่านไปในหนึ่งรอบของการตรวจสอบ เมื่อใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 โดย

$$AFI = \frac{u + fv}{u + v} = \frac{f}{f + (1 - f)q^i} \text{ (Stephens, 1995)} \tag{5.2}$$

โดยที่ u คือ จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ผ่านออกไปในช่วงการตรวจสอบแบบ 100% v คือ จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ผ่านออกไปในช่วงการตรวจสอบสุ่มตัวอย่างและ $q = 1 - p$

ตัวแบบต้นทุนของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 นี้จะช่วยในการหาแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมโดยจะเลือกแผนการสุ่มตัวอย่างที่ให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ส่งออกได้ตามที่ลูกค้าต้องการโดยการกำหนดและแผนนั้นยังต้องมีการใช้ต้นทุนที่เกี่ยวข้องต่ำที่สุดด้วย

คุณภาพของผลิตภัณฑ์ส่งออกจะกำหนดโดยผ่านทางค่า AOQL (Average Outgoing Quality Limit) หรือเรียกว่า ค่าคุณภาพผ่านออกโดยเฉลี่ยสูงสุดซึ่งเป็นค่าที่ประกันคุณภาพของผลิตภัณฑ์กับลูกค้าว่า ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านออกไปยังลูกค้าเฉลี่ยในช่วงเวลาหนึ่งๆ จะมีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดออกไปไม่เกิน ค่า % AQOL โดยค่า AQOL นั้นยังเป็นค่าที่ใช้ในการวัดแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องอีกด้วย

ตัวแบบต้นทุนของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ในอดีตส่วนใหญ่ในตารางที่ 5.1 จะพิจารณาถึงต้นทุนเพียง 2 ประเภท คือ ต้นทุนในการตรวจสอบ (Appraisal Cost) และต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่องด้านคุณภาพ (Failure Cost) ดังที่กล่าวมาแล้ว แต่ตัวแบบต้นทุนในงานวิจัยแต่ละงานวิจัยจะพิจารณาต้นทุนในแต่ละประเภทที่แตกต่างกันไป และบางงานวิจัยจะพิจารณาต้นทุนที่เพิ่มเติมจากต้นทุนคุณภาพอีกด้วย ตัวแบบต้นทุนของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ของงานวิจัยในอดีต สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.2 นอกจากนี้ยังสามารถสรุปตัวแบบต้นทุนของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ในอดีต ได้ดังนี้

1. ตัวแบบต้นทุนในอดีตส่วนใหญ่จะเน้นการพิจารณาเฉพาะต้นทุนที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับจำนวนชิ้นงานที่ได้รับการตรวจสอบ เช่น ต้นทุนในการตรวจสอบ ต้นทุนที่ใช้ในการแทนที่ผลิตภัณฑ์บกพร่องด้วยผลิตภัณฑ์ดี เป็นต้น แต่ไม่ได้รวมต้นทุนในการป้องกันความบกพร่องด้านคุณภาพไว้ในแบบจำลองด้วย

2. ต้นทุนต่อหน่วยผลิตภัณฑ์สำหรับกิจกรรมต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการสุ่มตัวอย่างในกระบวนการผลิตจริงไม่สามารถเป็นค่าคงที่และเพื่อให้ตัวแบบต้นทุนใกล้เคียงกับความเป็นจริง ต้นทุนต่อหน่วยบางอย่างควรจะแปรผันกับจำนวนชิ้นของผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง เช่น ต้นทุนในการตรวจสอบต่อหน่วยควรเป็นสัดส่วนเชิงเส้นกับจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการตรวจสอบโดยเฉลี่ยต่อรอบของการตรวจสอบ (Chen และ Chou, 2002, 2003) และต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่ได้รับการตรวจสอบในช่วงของการสุ่มตัวอย่างต่อหน่วยเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนที่ไม่ได้รับการตรวจสอบในช่วงของการสุ่มตัวอย่าง (Farmakis และ Eleftheriou, 2007)

3. งานวิจัยในอดีตไม่มีการแสดงถึงรายละเอียดของต้นทุนในแต่ละประเภทและนอกจากนี้ไม่มีการแสดงสูตรและวิธีคำนวณต้นทุนต่อหน่วยของต้นทุนในแต่ละส่วน เช่น ต้นทุนในการตรวจสอบต่อหน่วยที่ถูกตรวจตรวจ ต้นทุนในการแทนที่ผลิตภัณฑ์บกพร่องด้วยผลิตภัณฑ์ดีต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ถูกแทนที่

4. สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากสายการผลิต (p) ที่ใช้ในตัวแบบต้นทุนมีทั้งที่กำหนดให้เป็นค่าคงที่เนื่องจากตั้งข้อสมมติของงานวิจัยว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมทางสถิติหมายถึงโอกาสที่จะเกิดผลิตภัณฑ์บกพร่องมีค่าคงที่ (Alireza and Rasoul, 2004) และมีทั้งที่กำหนดให้ค่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากสายการผลิตเป็นค่าแปรผันโดยมีการกระจายที่แตกต่างกันไป เช่น แบบ Uniform Binomial และ แบบ Beta เป็นต้น

ในการออกแบบตัวแบบต้นทุนของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 สำหรับงานวิจัยนี้จะเน้นจากการประยุกต์ใช้ตัวแบบต้นทุนของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ที่เกี่ยวข้องในอดีตโดยเพิ่ม

ส่วนประกอบของต้นทุนที่เกี่ยวข้องในแต่ละส่วนให้มากขึ้นและปรับปรุงการคำนวณต้นทุนบางส่วนให้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น ซึ่งตัวแบบต้นทุนในงานวิจัยนี้มีรายละเอียด ดังนี้

1. พิจารณาต้นทุนในการป้องกันความบกพร่องด้านคุณภาพไว้ในแบบจำลองด้วย ถึงแม้ว่าต้นทุนส่วนนี้จะไม่ได้แปรผันโดยตรงกับขนาดตัวอย่างและเป็นต้นทุนที่ยากในการหาความสัมพันธ์กับจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบอย่างเช่นต้นทุนในการตรวจสอบและต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพแต่ก็เป็นต้นทุนที่สำคัญ เนื่องจากเป็นต้นทุนที่แปรผันกับจำนวนตัวอย่างที่ได้รับการสุ่มตัวอย่างโดยอ้อมซึ่งหากองค์กรพยายามป้องกันความบกพร่องด้านคุณภาพต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นในสายการผลิต โดยการเพิ่มกิจกรรมในส่วนการป้องกันความบกพร่อง เช่น การฝึกอบรมพนักงานให้มีความรู้และมีความชำนาญก่อนการทำงานในสายการผลิต การให้ความสำคัญกับการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อให้ง่ายต่อการประกอบหรือผลิต โอกาสในการเกิดผลิตภัณฑ์บกพร่องจากสายการผลิตก็น้อยลง ส่งผลให้จำนวนตัวอย่างที่ต้องสุ่มเพื่อตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้อยลงด้วย ดังนั้นต้นทุนส่วนนี้จึงควรนำมาพิจารณาในตัวแบบต้นทุนด้วยเพื่อให้ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยมีความสมบูรณ์ขึ้น แต่เนื่องจากความสัมพันธ์ของต้นทุนนี้กับจำนวนตัวอย่างเป็นแบบโดยอ้อม ดังนั้นต้นทุนในส่วนนี้จึงถูกนำมารวมในตัวแบบต้นทุนเป็นแบบค่าคงที่ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ ต้นทุนในส่วนนี้มีหลายส่วนตามมาตรฐาน BS 6143 ของสถาบัน British Standard ดังแสดงในตารางที่ 5.1 แต่ในการพิจารณาเลือกต้นทุนไหนเพื่อเพิ่มเติมเข้ามาในแบบจำลองของงานวิจัยนั้นขึ้นอยู่กับความสามารถในการเก็บข้อมูลจากกรณีศึกษาได้จริงซึ่งจากการสำรวจพบว่า ต้นทุนที่สามารถนำมาพิจารณาเพิ่มเติมในแบบจำลองของงานวิจัยนี้ มี 3 ส่วน คือ

- ค่าฝึกอบรมพนักงานในสายการผลิต
- ต้นทุนในการวางแผนคุณภาพของวิศวกรคุณภาพ
- ค่าซ่อมบำรุงเครื่องตรวจสอบ

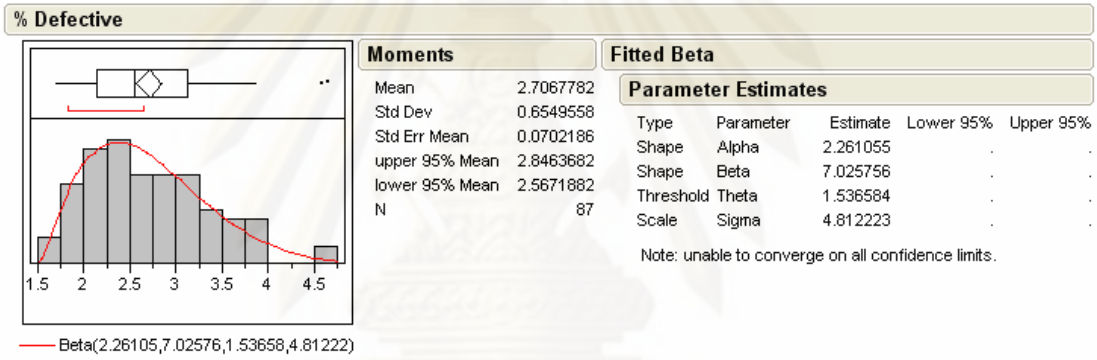
2. เพิ่มเติมในส่วนของต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ ซึ่งต้นทุนที่เพิ่มเติมขึ้นมานี้จะพิจารณาจากต้นทุนที่เกิดขึ้นจริงจากกระบวนการผลิตของกรณีศึกษา ซึ่งต้นทุนที่เพิ่มขึ้นมา มี 3 ส่วน คือ

- ต้นทุนในการซ่อม/ แก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง
- ต้นทุนในการทำลายชิ้นส่วน/ผลิตภัณฑ์บกพร่อง
- ต้นทุนในการวิเคราะห์และแก้ไขสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง

3. คิดต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องเป็นต้นทุนที่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนที่ไม่ได้รับการตรวจสอบในช่วงของการสุ่มตัวอย่าง โดยการอ้างอิงสมการของ Farmakis และ Eleftheriou (2007) ซึ่งสอดคล้องกับต้นทุนที่เกิดขึ้นในกรณีศึกษาและเพื่อให้ตัวแบบต้นทุนมีการคำนวณต้นทุนได้ใกล้เคียงความเป็นจริง

4. แสดงการคำนวณต้นทุนต่อหน่วยของต้นทุนในแต่ละส่วน

5. สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากสายการผลิต (Process Fraction Defective) หรือ p ในงานวิจัยนี้มีการกระจายแบบ Beta ซึ่งได้จากการศึกษากระบวนการผลิตของกรณีศึกษาในปัจจุบันในบทที่ 3 พบว่ากระบวนการผลิตมีสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องมีการกระจายแบบ Beta ดังรูปที่ 5.2 ซึ่งมีค่า $\alpha = 2.261$ และ $\beta = 7.026$



รูปที่ 5.2 การกระจายของเปอร์เซ็นต์ของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่าน
การทดสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA

ตัวแบบต้นทุนที่เสนอเพื่อใช้หาพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ในงานวิจัยนี้เปรียบเทียบกับแบบจำลองต้นทุนของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ในอดีต แสดงดังตารางที่ 5.3 ซึ่งเปรียบเทียบให้เห็นว่าตัวแบบต้นทุนในงานวิจัยนี้มีต้นทุนส่วนที่เป็นต้นทุนการป้องกันคุณภาพเพิ่มขึ้นจากงานวิจัยในอดีต นอกจากนี้ยังเพิ่มต้นทุนในส่วนของต้นทุนการตรวจสอบและต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพอีกด้วย ซึ่งทำให้ตัวแบบต้นทุนนี้มีความสมบูรณ์ขึ้น

ตารางที่ 5.2 สรุปแบบจำลองต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 โดยมุ่งเน้นที่ความประหยัดในอดีตในแง่ของข้อสมมติที่ใช้ในงานวิจัยและชนิดของต้นทุนที่ใช้ในตัวแบบต้นทุน

ผู้เขียน	ปี ค.ศ.	ต้นทุนที่นำมาพิจารณาในตัวแบบต้นทุน	ข้อสมมติที่ใช้ในงานวิจัย (Assumption)
Anscombe	1958	1. ต้นทุนในการตรวจสอบ 2. ต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่อง (ต้นทุนที่เกิดจากการที่ผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดการตรวจสอบออกไปในช่วงของการสุ่มตัวอย่าง)	1. ผลิตภัณฑ์สามารถผ่านจุดตรวจสอบได้ทีละชิ้นตามลำดับของการผลิตและการตรวจสอบสามารถแยกได้ว่าชิ้นไหนเป็นผลิตภัณฑ์บกพร่องและชิ้นไหนเป็นผลิตภัณฑ์ดี 2. การตรวจสอบมีความถูกต้องแม่นยำ ผลิตภัณฑ์บกพร่องไม่สามารถแยกออกได้ด้วยตาแต่จะแยกออกได้เมื่อถูกตรวจสอบ 3. ต้นทุนในการตรวจสอบเป็นสัดส่วนกับจำนวนชิ้นของผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบ 4. ผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ถูกตรวจสอบพบจะได้รับการแก้ไขหรือถูกแทนที่ด้วยผลิตภัณฑ์ดีทันทีและต้นทุนที่ใช้ในการแก้ไขหรือแทนที่ผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อชิ้นจะมีค่าที่เท่ากันทุกครั้ง แต่ต้นทุนที่เกิดจากการที่ผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดการตรวจสอบออกไปในช่วงของการสุ่มตัวอย่างจะมีค่าสูงและในแต่ละครั้งอาจมีค่าไม่เท่ากันและไม่มีความสัมพันธ์ต่อกัน

ตารางที่ 5.2 สรุปแบบจำลองต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 โดยมุ่งเน้นที่ความประหยัดในอดีตในแง่ของข้อสมมติที่ใช้ในงานวิจัยและชนิดของต้นทุนที่ใช้ในแบบจำลอง (ต่อ)

ผู้เขียน	ปี ค.ศ.	ต้นทุนที่นำมาพิจารณาในตัวแบบต้นทุน	ข้อสมมติที่ใช้ในงานวิจัย (Assumption)
Murty	1997	1. ต้นทุนในการผลิต 2. ต้นทุนในการตรวจสอบ 3. ต้นทุนที่ใช้ในการแทนที่ผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ตรวจสอบพบด้วยผลิตภัณฑ์ดี 4. ต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่อง (ต้นทุนที่เกิดจากการที่ผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดการตรวจสอบออกไปในช่วงของการสุ่มตัวอย่าง)	1. ผลิตภัณฑ์สามารถผ่านจุดตรวจสอบได้ทีละชิ้นตามลำดับของการผลิตและการตรวจสอบสามารถระบุได้ว่าผลิตภัณฑ์ชิ้นไหนเป็นผลิตภัณฑ์บกพร่องและชิ้นไหนเป็นผลิตภัณฑ์ดี 2. การตรวจสอบมีความถูกต้องแม่นยำ 3. ผลิตภัณฑ์บกพร่องไม่สามารถแยกออกได้ด้วยตาแต่จะสามารถแยกออกได้เมื่อถูกตรวจพบและต้นทุนที่ใช้ในการตรวจสอบเป็นสัดส่วนกับจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบ 4. ต้นทุนทั้ง 4 ประเภทเป็นที่รู้จักดีในองค์กร (ต้นทุนการผลิต ต้นทุนการตรวจสอบ ต้นทุนของการแทนที่ผลิตภัณฑ์บกพร่องด้วยผลิตภัณฑ์ดีและต้นทุนจากผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดการตรวจสอบออกไปซึ่งต้นทุนส่วนนี้สามารถวัดได้จากต้นทุนที่ใช้ในการรับประกันสินค้า) 5. ต้นทุนการตรวจสอบต่อหน่วยของการใช้แผนการสุ่มตัวอย่างมีค่าสูงกว่าการตรวจสอบแบบ 100% อยู่ 5% เนื่องจากมีการเพิ่มการบริหารและความพยายามในการใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1

ตารางที่ 5.2 สรุปแบบจำลองต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 โดยมุ่งเน้นที่ความประหยัดในอดีตในแง่ของข้อสมมติที่ใช้ในงานวิจัยและชนิดของต้นทุนที่ใช้ในแบบจำลอง (ต่อ)

ผู้เขียน	ปี ค.ศ.	ต้นทุนที่นำมาพิจารณาในตัวแบบต้นทุน	ข้อสมมติที่ใช้ในงานวิจัย (Assumption)
Chen และ Chou	2002	1. ต้นทุนในการตรวจสอบ 2. ต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่อง 3. ต้นทุนที่ใช้ในการแทนที่ผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ตรวจสอบพบด้วยผลิตภัณฑ์ดี	1. ต้นทุนการตรวจสอบต่อหน่วยเป็นสัดส่วนเชิงเส้นกับจำนวนงานที่ถูกตรวจสอบ 2. ต้นทุนจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยและต้นทุนของการแทนที่ผลิตภัณฑ์บกพร่องที่พบในการตรวจสอบด้วยผลิตภัณฑ์ดีต่อหน่วยมีค่าคงที่ 3. กระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมทางสถิติ 4. การตรวจสอบมีความสมบูรณ์ 5. เมื่อตรวจสอบพบผลิตภัณฑ์บกพร่องต้องทำการแก้ไขหรือแทนที่ด้วยผลิตภัณฑ์ดี
Chen และ Chou	2003	1. ต้นทุนในการตรวจสอบ 2. ต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่อง (ต้นทุนที่เกิดจากผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดการตรวจสอบจากช่วงการสุ่มตัวอย่าง) 3. ต้นทุนที่ใช้ในการแทนที่ผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ตรวจสอบพบด้วยผลิตภัณฑ์ดี	1. ต้นทุนการตรวจสอบต่อหน่วยเป็นสัดส่วนเชิงเส้นกับจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการตรวจสอบโดยเฉลี่ยต่อรอบของการตรวจสอบ 2. ต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยและต้นทุนที่เกิดจากการแทนที่ผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ตรวจสอบพบด้วยผลิตภัณฑ์ดีต่อหน่วยมีค่าคงที่ 3. กระบวนการผลิตไม่อยู่ในการควบคุมแต่เปลี่ยนแปลงแกว่งไปมาอยู่ 2 ระดับ 4. การตรวจสอบมีความสมบูรณ์ 5. เมื่อตรวจสอบพบผลิตภัณฑ์บกพร่องต้องแก้ไขหรือแทนที่ด้วยผลิตภัณฑ์ดีทันที

ตารางที่ 5.2 สรุปแบบจำลองต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 โดยมุ่งเน้นที่ความประหยัดในอดีตในแง่ของข้อสมมติที่ใช้ในงานวิจัยและชนิดของต้นทุนที่ใช้ในแบบจำลอง (ต่อ)

ผู้เขียน	ปี ค.ศ.	ต้นทุนที่นำมาพิจารณาในตัวแบบต้นทุน	ข้อสมมติที่ใช้ในงานวิจัย (Assumption)
Shee และ Cassady	2005	1. ต้นทุนในการตรวจสอบ 2. ต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่อง 3. ต้นทุนที่ใช้ในการแทนที่ผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ตรวจสอบพบด้วยผลิตภัณฑ์ดี	1. หลังจากที่ผลิตภัณฑ์ชิ้นใดๆถูกผลิตขึ้น กระบวนการผลิตมีความน่าจะเป็น α ที่จะออกนอกการควบคุมหรือกระบวนการจะมีค่า p ที่เปลี่ยนไป 2. ถ้าค่า p เปลี่ยนไป ค่า p ใหม่ถูกกำหนดให้มีค่าเป็น $p_{\max} p'$ โดยที่ p' เป็นค่าความน่าจะเป็นที่ p จะเปลี่ยนเป็นค่าใหม่โดยมีการกระจายแบบ beta ซึ่งมีพารามิเตอร์เป็น a_1 และ a_2 และ $p_{\max}$ เป็นค่า p ที่มากที่สุดที่สามารถเป็นไปได้
Farmakis และ Eleftheriou	2007	1. ต้นทุนในการตรวจสอบ 2. ต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่อง 3. ต้นทุนที่ใช้ในการแทนที่ผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ตรวจสอบพบด้วยผลิตภัณฑ์ดี	1. ต้นทุนในการตรวจสอบและต้นทุนที่เกิดจากการแทนที่ผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ตรวจสอบพบด้วยผลิตภัณฑ์ดีต่อหน่วยมีค่าคงที่ 2. ต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่ได้รับการตรวจสอบในช่วงของการสุ่มตัวอย่างต่อหน่วยเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนที่ไม่ได้รับการตรวจสอบในช่วงของการสุ่มตัวอย่าง 3. กระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมทางสถิติ หมายถึงโอกาสที่จะเกิดผลิตภัณฑ์บกพร่องมีค่าคงที่ 4. ผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ตรวจสอบพบจะถูกซ่อมหรือถูกแทนที่ด้วยผลิตภัณฑ์ดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.3 เปรียบเทียบประเภทของต้นทุนที่ใช้ในงานวิจัยนี้กับงานวิจัยในอดีต

	งานวิจัยที่เกี่ยวกับการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ที่คำนึงถึงต้นทุนที่เกี่ยวข้อง									
Cost element (BS 6143)	Anscombe (1958)	Murty (1997)	Cassady et al (2000)	Chen and Chou (2002)	Chen and Chou (2003)	Haji and Haji (2004)	Shee and Cassady (2005)	Farmakis and Eleftheriou (2007)	Yu, Yu and Wu (2009)	Cost model ที่เสนอจากผู้วิจัย
Prevention Cost										
1 Quality control and process control engineering										✓
2 Design and develop control equipment										
3 Quality planning by others										
4 Production equipment for quality - maintenance and calibration										
5 Test and inspection - maintenance and calibration										✓
6 Supplier quality assurance										
7 Training										✓
8 Administration, audits, improvements										
Appraisal Costs										
1 Laboratory acceptance testing										
2 Inspection and test by inspectors	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3 Inspection and test by non-inspectors										
4 Setup for inspection and test										
5 Inspection and test materials										✓
6 Product quality audits										
7 Review of test and inspection data										
8 On-site performance testing										
9 Internal testing and release										
10 Evaluation of materials and spares										
11 Supplier monitoring										
Internal Failure Costs										
1 Scrap										✓
2 Rework and repair									✓	✓
Replacement	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
3 Trouble shooting, defect analysis										✓
4 Reinspect, retest										
5 Scrap and rework (Fault of supplier)										
6 Modification permits and concessions										
7 Downgrading										
External Failure Costs										
1 Complaints										
2 Product service: liability	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓
3 Product returned or recalled										
4 Returned material repair						✓			✓	✓
5 Warranty replacement										

5.3 ข้อสมมติที่ใช้ในการออกแบบตัวแบบต้นทุนของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ในการตรวจสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA

1. ชิ้นงานสามารถผ่านจุดตรวจสอบได้ทีละชิ้นตามลำดับของการผลิต
2. การตรวจสอบมีความถูกต้อง แม่นยำและสมบูรณ์ซึ่งสามารถระบุได้ว่าชิ้นไหนเป็นผลิตภัณฑ์บกพร่องและชิ้นไหนเป็นผลิตภัณฑ์ดี
3. เมื่อตรวจพบผลิตภัณฑ์บกพร่องต้องทำการแก้ไข
4. กระบวนการผลิตมีอัตราคงที่และเท่ากันทุกสายการผลิต
5. การซ่อมหรือแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องสามารถทำการแก้ไขได้สมบูรณ์ในครั้งเดียว
6. ผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ จะถูกทำลายทั้งตัวผลิตภัณฑ์
7. ในช่วงเวลาหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง กระบวนการผลิตและการตรวจสอบยังเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง

5.4 การกำหนดสูตรคำนวณต้นทุนต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับตัวแบบต้นทุนของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ในการตรวจสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA

ตัวแบบต้นทุนต่อหน่วยผลิตภัณฑ์สำหรับการใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ที่เสนอในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยต้นทุนหลายประเภทซึ่งมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 5.3 สามารถเขียนเป็นสมการต้นทุน ดังนี้

$$E(C) = [E(C_T) + E(C_{QC}) + E(C_{MQ})] + [E(C_{IM}) + E(C_S)] + [E(C_{RW}) + E(C_{SC}) + E(C_{AC}) + E(C_{TS})] \quad (5.3)$$

โดยที่

$E(C_T) =$ ค่าฝึกอบรมพนักงานต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

$E(C_{QC}) =$ ต้นทุนในการวางแผนคุณภาพและควบคุมคุณภาพของแผนกควบคุมคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

$E(C_{MQ}) =$ ค่าซ่อมบำรุงเครื่องตรวจสอบ QST ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

$E(C_{IM}) =$ ต้นทุนในการสุ่มตัวอย่างตรวจสอบชิ้นส่วนที่ใช้ในการผลิตต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

$E(C_S) =$ ต้นทุนที่เกิดจากการสุ่มตัวอย่างตรวจสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA โดยการสุ่มตัวอย่างต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

$E(C_{RW}) =$ ต้นทุนของการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

$E(C_{SC})$ = ต้นทุนของการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

$E(C_{AC})$ = ต้นทุนของการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

$E(C_{TS})$ = ต้นทุนของการค้นหาและแก้ไขสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

ต้นทุนแต่ละส่วนที่พิจารณาในกรณีศึกษานี้ มีทั้งต้นทุนที่คงที่และต้นทุนที่แปรตามจำนวนหน่วยของผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการตรวจสอบ ซึ่งการคำนวณต้นทุนในแต่ละส่วนแสดงดังนี้

5.4.1 **ต้นทุนการป้องกัน** (Preventive Costs)

สถาบัน British Standard ได้จัดทำมาตรฐาน BS 6143 ซึ่งกล่าวถึงการแบ่งต้นทุนคุณภาพออกเป็นประเภท 4 ประเภท ตามแบบจำลอง PAF ซึ่งแนวทางการแบ่งต้นทุนต่างๆ ด้วยวิธีนี้จะช่วยให้รวบรวมต้นทุนคุณภาพจากข้อมูลทางบัญชีที่มีอยู่ของหน่วยงานมาเก็บในรูปแบบของต้นทุนคุณภาพได้ง่ายขึ้น แต่ต้นทุนคุณภาพบางประเภทยากที่จะเก็บรวบรวมและหาต้นทุนที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง Sharma และคณะ (2007) แสดงให้เห็นว่า ต้นทุนการป้องกัน มีต้นทุนจัดอยู่ในประเภทนี้หลายส่วน ซึ่งแสดงดังรูปที่ 5.3 Sharma และคณะ (2007) กล่าวว่าต้นทุนในการป้องกันนี้เป็นต้นทุนที่ยากต่อการระบุได้ให้แน่ชัด และถึงแม้ต้นทุนนั้นจะสามารถชี้ให้เห็นได้ว่าเป็นหนึ่งในต้นทุนของต้นทุนการป้องกัน แต่ก็มักจะไม่สามารถเก็บรวบรวมต้นทุนที่ถูกต้องได้ เช่น ต้นทุนในการตรวจสอบการออกแบบ บางครั้งสามารถระบุต้นทุนนี้เป็นส่วนหนึ่งของต้นทุนในการป้องกันแต่บางครั้งก็ไม่สามารถแยกต้นทุนนี้ออกและแบ่งเข้ากับต้นทุนของผลิตภัณฑ์แต่ละตัวได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ Dale และ Plunkett (1985) ได้ยืนยันว่าต้นทุนในการป้องกันนี้เป็นต้นทุนที่เป็นนามธรรมและเป็นต้นทุนที่ยากต่อการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ถูกต้องได้ ซึ่งวิธีในการเก็บรวบรวมข้อมูลในส่วนนี้มักจะใช้วิธีการอภิปรายกันในกลุ่ม และต้นทุนส่วนนี้มักจะได้จากการประมาณ เช่น ประมาณเวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมและคิดต้นทุนที่เกิดขึ้นโดยอาศัยเวลาที่ประมาณได้ (Dale และ Plunkett, 1991)

Cost category	Element description	Symbols	Identified	Not-Identified	Quantified
Prevention costs	Quality engineering (procedures for planning and control)	PC_1	✓		
	Design and development of equipment	PC_2		✓	
	Quality review and design verification	PC_3	✓	✓	
	Maintenance and calibration of production and inspection equipment	PC_4	✓		✓
	Supplier quality planning	PC_5		✓	
	Quality audits (internal and external)	PC_6	✓		✓
	Quality training (seminars, workshops/lectures)	PC_7			✓
	Data Reporting (collection and analysis)	PC_8		✓	
	Quality improvement programmes (quality circles, project teams)	PC_9	✓		

รูปที่ 5.3 ต้นทุนในส่วนของต้นทุนการป้องกัน (Sharma และคณะ, 2007)

ในการศึกษาผลิตภัณฑ์หัวอ่านเขียน HSA ที่เป็นกรณีศึกษาของงานวิจัยนี้พบว่าบริษัทไม่มีการเก็บข้อมูลของต้นทุนคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไว้ ดังนั้นจึงต้องทำการคำนวณต้นทุนในส่วนนี้โดยการประมาณจากต้นทุนที่เกี่ยวข้องซึ่งมีการเก็บรวบรวมข้อมูลไว้เป็นรายเดือน

5.4.1.1 ค่าฝึกอบรมพนักงาน $E(C_T)$

ค่าฝึกอบรมพนักงาน คือ ต้นทุนในการฝึกอบรมพนักงานในสายการผลิตถึงความรู้ที่เกี่ยวกับตัวผลิตภัณฑ์ วิธีการทำงานที่ถูกต้องและแนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นหากพบปัญหาในการผลิต ต้นทุนในส่วนนี้ได้จากการเก็บข้อมูลจากต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นในการอบรมพนักงานรายเดือน ซึ่งต้นทุนในส่วนนี้ไม่มีการเก็บแยกตามผลิตภัณฑ์ดังนั้นในการคำนวณต้นทุนในการฝึกอบรมต่อหน่วยผลิตภัณฑ์จะคำนวณเป็นสัดส่วนกับปริมาณการผลิตทั้งหมดในเดือนนั้นๆ ดังนั้นสมการต้นทุนนี้ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตสามารถคำนวณได้จาก

$$E(C_T) = \frac{T}{V} \tag{5.4}$$

โดย T คือ ค่าฝึกอบรมที่เกี่ยวกับการผลิตหัวอ่านเขียน HSA ต่อเดือน

V คือ ปริมาณการผลิตของหัวอ่านเขียน HSA ทั้งหมดต่อเดือน

5.4.1.2 **ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนคุณภาพ** $E(C_{QC})$

ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนคุณภาพ คือ ต้นทุนที่เกิดจากกิจกรรมที่เกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพของแผนก QC ซึ่งกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนคุณภาพนั้นพิจารณาตั้งแต่ ต้นทุนที่เกิดจากการแปลงความต้องการของลูกค้าเป็นแผนงานคุณภาพรวมถึงการตรวจติดตามผลของแผนงานคุณภาพที่ใช้และวางแผนการควบคุมที่เหมาะสม ต้นทุนในส่วนนี้มักจะได้จากการคำนวณ ซึ่งจาก Dale และ Plunkett (1991) แสดงให้เห็นว่าต้นทุนในส่วนนี้ได้จากการประมาณเวลาที่วิศวกรคุณภาพใช้ในกิจกรรมเหล่านี้เทียบกับเวลาการทำงานทั้งหมดว่ามีสัดส่วนเป็นเท่าไหร่และคิดต้นทุนในส่วนนี้จากการคำนวณจากเงินเดือนของวิศวกรคุณภาพตามสัดส่วนเช่นเดียวกับเวลาที่ใช้ในกิจกรรมนี้ สมการต้นทุนในส่วนนี้ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตสามารถคำนวณได้จาก

$$E(C_{QC}) = \frac{S_E t_{QE}}{30V} \tag{5.5}$$

โดย S_E คือ เงินเดือนเฉลี่ยของวิศวกรคุณภาพ (บาท)

t_{QE} คือ เวลาเฉลี่ยที่วิศวกรใช้ในการวางแผนคุณภาพต่อเดือน (วัน)

V คือ ปริมาณการผลิตของหัวอ่านเขียน HSA ทั้งหมดต่อเดือน (ชิ้น)

5.4.1.3 **ค่าซ่อมบำรุงเครื่องตรวจสอบ** QST $E(C_{MQ})$

ค่าซ่อมบำรุงเครื่องตรวจสอบ QST คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการซ่อมบำรุงเครื่องตรวจสอบ QST และรวมถึงการสอบเทียบเครื่องตรวจสอบ QST เพื่อให้เครื่องตรวจสอบมีความเที่ยงตรงและสามารถตรวจสอบงานได้อย่างถูกต้องด้วย (Dale และ Plunkett, 1991) ต้นทุนในส่วนนี้ได้มีการเก็บข้อมูลจากต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นเป็นรายเดือนและเหมือนกับต้นทุนที่ใช้ในการฝึกอบรมที่ไม่มีการเก็บแยกตามผลิตภัณฑ์ดังนั้นในการคำนวณต้นทุนในส่วนนี้จะคำนวณเป็นสัดส่วนกับปริมาณการผลิตทั้งหมดในเดือนนั้นๆ เช่นเดียวกับต้นทุนในการฝึกอบรมต่อหน่วย สมการต้นทุนที่เกิดจากการซ่อมบำรุงและสอบเทียบเครื่องตรวจสอบ QST ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตสามารถคำนวณได้จาก

$$E(C_{MQ}) = \frac{Q}{V} \tag{5.6}$$

โดย Q คือ ค่าซ่อมบำรุงและสอบเทียบเครื่องตรวจสอบ QST ต่อเดือน (บาท)

V คือ ปริมาณการผลิตต่อเดือน (ชิ้น)

5.4.2 **ต้นทุนในการตรวจสอบ ตรวจวัดและการประเมินคุณภาพ** (Appraisal Costs)

ต้นทุนในการตรวจสอบ ตรวจวัดในกรณีศึกษานี้จะพิจารณาต้นทุนในส่วนนี้เพียง 2 ส่วน คือ

1. ต้นทุนในการสุ่มตัวอย่างตรวจสอบชิ้นส่วนที่ใช้ในการผลิต
2. ต้นทุนในการสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบผลิตภัณฑ์

5.4.2.1 **ต้นทุนในการสุ่มตรวจสอบชิ้นส่วนที่ใช้ในการผลิต** $E(C_S)$

การสุ่มตัวอย่างชิ้นส่วนที่ใช้ในการผลิตนั้นเพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นส่วนต่างๆ ที่ต้องนำมาใช้ในการประกอบหัวอ่านเขียน HSA ว่ามีคุณภาพตรงตามที่กำหนดและมีความเหมาะสม ซึ่งการตรวจสอบในส่วนนี้จะรับผิดชอบโดยแผนกควบคุมคุณภาพ ซึ่งบริษัทกรณีศึกษาไม่มีการเก็บต้นทุนในส่วนนี้ Dale และ Plunkett (1991) แสดงให้เห็นว่าสามารถประมาณต้นทุนในส่วนนี้ได้จากการประมาณเวลาที่พนักงานตรวจสอบใช้ในการตรวจสอบและคิดค่าแรงของพนักงานตรวจสอบที่ใช้ตามระยะเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบ สมการในการคำนวณต้นทุนในการสุ่มตัวอย่างตรวจสอบชิ้นส่วนที่ใช้ในการผลิต ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์สำหรับงานวิจัยนี้คือ

$$E(C_{IM}) = \frac{S_{SP} t_{ESD}}{V(1/30)} \tag{5.7}$$

โดย S_{SP} คือ ค่าแรงของพนักงานสุ่มตัวอย่างตรวจสอบ (บาท/ ชม.)

t_{ESD} คือ เวลาเฉลี่ยใช้ในการสุ่มตัวอย่างชิ้นส่วนที่ใช้ในการผลิตต่อวัน (ชม.)

V คือ ปริมาณการผลิตต่อเดือน (ชิ้น)

5.4.2.2 **ต้นทุนในการสุ่มตัวอย่างและการตรวจสอบผลิตภัณฑ์** $E(C_S)$

ต้นทุนที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างและการตรวจสอบผลิตภัณฑ์นี้สามารถคำนวณได้จากสมการซึ่งอ้างอิงมาจากงานวิจัยของ Cassady และคณะ (2000) ที่กำหนดให้ต้นทุนในการตรวจสอบต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 คือ

$$E(C_S) = c_S AFI \tag{5.8}$$

โดยที่ AFI คือ ค่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ย ซึ่ง

$$AFI = \frac{f}{f + (1-f)q^i}$$

c_S คือ ต้นทุนที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างและการตรวจสอบต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ตรวจสอบ

ต้นทุนที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างและการตรวจสอบต่อหน่วยหรือ c_S ในกรณีศึกษานี้จะพิจารณาจากค่าแรงของพนักงานสุ่มตัวอย่าง พนักงานตรวจสอบและค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักร ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก สมการดังนี้

$$c_S = \frac{MC}{12YV} + t_{QST} S_{SP} \qquad (5.9)$$

โดย c_S คือ ต้นทุนที่เกิดจากการสุ่มตัวอย่างตรวจสอบต่อหน่วยที่ตรวจสอบจริง (บาท)

MC คือ ราคาเครื่องตรวจสอบ QST (บาท)

Y คือ อายุใช้งานของเครื่องตรวจสอบ QST (ปี)

V คือ ปริมาณการผลิตต่อเดือน (ชิ้น)

S_{SP} คือ ค่าแรงของพนักงานสุ่มตัวอย่างตรวจสอบ (บาท/ ชม.)

t_{QST} คือ เวลาเฉลี่ยใช้ในการสุ่มตัวอย่างและตรวจสอบ QST ต่อชิ้น (ชม.)

5.4.3 **ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ** (Failure Costs)

ต้นทุนที่เกิดจากความบกพร่องด้านคุณภาพในกรณีศึกษานี้ จะพิจารณา 4 ส่วน คือ

1. ต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง
2. ต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ซ่อมไม่ได้
3. ต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องจากการตรวจสอบแบบสุ่มตัวอย่าง
4. ต้นทุนในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง

5.4.3.1 ต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง $E(C_{RW})$

สมการคำนวณต้นทุนที่เกิดจากการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยในหนึ่งรอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ในงานวิจัยนี้ได้จากการประยุกต์สมการต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยในหนึ่งรอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ในงานวิจัยของ Cassady และคณะ (2000) ซึ่งมีสมการดังนี้

$$E(C_{RW}) = c_{RW}\, pAFI \tag{5.10}$$

โดย c_{RW} คือ ต้นทุนของการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อชิ้น

p คือ สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการผลิต

AFI คือ ค่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ย ซึ่ง

$$AFI = \frac{f}{f + (1-f)q^i}$$

จากการสำรวจและเก็บข้อมูลจากสายผลิตที่เป็นกรณีศึกษา พบว่าผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เกิดขึ้นสำหรับกรณีศึกษาของงานวิจัยนี้ไม่สามารถซ่อมหรือแก้ไขได้ 100% จากรูป 3.2 ซึ่งเป็นขั้นตอนในการหาสาเหตุของงานบกพร่องที่เกิดขึ้น แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถทำการแก้ไขได้นั้นมีสัดส่วนเป็น p_{Rw} ของผลิตภัณฑ์บกพร่องทั้งหมดที่พบและผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถทำการแก้ไขได้นั้นมีสัดส่วนเป็น $1-p_{Rw}$ ซึ่งสัดส่วนนี้สามารถเก็บข้อมูลได้จากข้อมูลของฝ่ายผลิต ต้นทุนที่ใช้ในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องหาได้จากสมการ

$$E(C_{RW}) = c_{RW}\, p_{RW}\, pAFI \tag{5.11}$$

โดย p_{RW} คือ สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถซ่อมหรือแก้ไขได้

ต้นทุนของการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อชิ้นหรือ c_{RW} สามารถคำนวณจากต้นทุนจริงที่เกิดขึ้นจริงกับการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องซึ่งเป็นกรณีศึกษาของงานวิจัยนี้ ซึ่งประกอบด้วย ต้นทุน 4 ส่วน คือ

1. ค่าวัตถุดิบทางตรงที่ใช้ในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง
2. ค่าวัตถุดิบทางอ้อมที่ใช้ในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง
3. ค่าแรงทางตรงของพนักงานในการซ่อมหรือแก้ไขชิ้นงาน
4. ค่าแรงทางอ้อมของพนักงานในการซ่อมหรือแก้ไขชิ้นงาน

สมการคำนวณต้นทุนของการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อชิ้น มีดังนี้

$$c_{RW} = M_D + M_{ID} + S_D + S_{ID} \quad (5.12)$$

โดย c_{RW} คือ ต้นทุนของซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่อง (บาท)

M_D คือ ค่าวัตถุดิบทางตรงที่ใช้ในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ (บาท)

M_{ID} คือ ค่าวัตถุดิบทางอ้อมที่ใช้ในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ (บาท)

S_D คือ ค่าแรงงานทางตรงที่ใช้ในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ (บาท)

S_{ID} คือ ค่าแรงงานทางอ้อมที่ใช้ในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ (บาท)

5.4.3.2 **ต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ $E(C_{SC})$**

ผลิตภัณฑ์บกพร่องบางชิ้นของกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้ไม่สามารถแก้ไขหรือซ่อมได้ ดังนั้นจึงต้องทำลายหรือทิ้งผลิตภัณฑ์ชิ้นนั้นๆ ซึ่งทำให้เกิดความสูญเสียและต้นทุนขึ้น สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องส่วนนี้คิดเป็น 1 - p_{Rw} ของผลิตภัณฑ์บกพร่องทั้งหมดที่พบ ต้นทุนที่เกิดขึ้นในส่วนนี้สามารถคำนวณได้จากสมการที่ประยุกต์ใช้สมการต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยในหนึ่งรอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ในงานวิจัยของ Cassady และคณะ (2000) เช่นเดียวกับการคำนวณต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง ซึ่งสมการต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ในหนึ่งรอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 สามารถคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$E(C_{SC}) = c_{SC}(1 - p_{RW})\,pAFI \quad (5.13)$$

โดย c_{SC} คือ ต้นทุนของการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่อง

p คือ สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการผลิต

p_{Rw} คือ สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถซ่อมหรือแก้ไขได้

AFI คือ ค่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบโดยเฉลี่ย, $AFI = \dfrac{f}{f + (1-f)q^i}$

ต้นทุนของการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่อง หรือ c_{SC} พิจารณาจากความสูญเสียจากตัวผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถนำไปใช้งานได้และค่าแรงของพนักงานที่ทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่อง ซึ่งบริษัทกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับการทำลายชิ้นงานและผลิตภัณฑ์บกพร่องไว้และมีรายงานเป็นรายเดือน นอกจากนี้ข้อมูลในส่วนนี้ยังมีการเก็บที่แยกออกเป็นรุ่นของผลิตภัณฑ์อย่างชัดเจน ดังนั้นผู้วิจัยจะใช้ต้นทุนของการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องจากฐานข้อมูลของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งลักษณะของข้อมูลที่ได้เป็นสัดส่วนของต้นทุนที่เกิดขึ้นในส่วนนี้ทั้งหมดต่อเดือนกับปริมาณการผลิตทั้งหมดต่อเดือน ดังสมการ

$$c_{SC} = \frac{C_{Scrap}}{V} \tag{5.14}$$

โดย c_{SC} คือ ต้นทุนที่เกิดจากการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วย (บาท)

C_{Scrap} คือ ต้นทุนที่เกิดจากการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อเดือน (บาท)

V คือ ปริมาณการผลิตทั้งหมดที่ผลิตต่อเดือน (ชิ้น)

5.4.3.3 ต้นทุนในการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ตรวจสอบไม่พบในช่วงของการสุ่มตัวอย่าง $E(C_{AC})$

ในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างนั้น เป็นการตรวจสอบผลิตภัณฑ์บางส่วนและใช้ผลการตรวจสอบนี้ยอมรับผลิตภัณฑ์ทั้งหมดซึ่งรวมถึงผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้รับการตรวจสอบด้วย ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านออกจากกระบวนการผลิตและส่งไปยังลูกค้าไม่ได้มีคุณภาพดีทั้ง 100% แต่ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านออกจะมีคุณภาพดีอยู่ที่ระดับหนึ่งซึ่งเป็นระดับที่ลูกค้ายอมรับได้ ระดับคุณภาพนี้เรียกว่าค่า $AOQL$ หรือค่าคุณภาพผ่านออกโดยเฉลี่ยสูงสุดซึ่งค่านี้เป็นสิ่งที่เกิดจากการตกลงระหว่างผู้ผลิตและผู้ซื้อ นอกจากนี้ค่า $AOQL$ อาจเรียกอีกอย่างว่าเป็นค่าวัดคุณภาพของแผนการสุ่มตัวอย่างด้วย ถึงแม้ว่าลูกค้าหรือผู้ซื้อยอมรับให้มีผลิตภัณฑ์บกพร่องส่วนหนึ่งปนไปกับงานทั้งหมดซึ่งทำให้ผู้ผลิตไม่ต้องเสียต้นทุนในการตรวจสอบมากนัก แต่ผลิตภัณฑ์บกพร่องนี้ก็ก่อให้เกิดต้นทุนขึ้นด้วย เช่น ค่าใช้จ่ายที่ต้องชดเชยให้ลูกค้าเมื่อ

ลูกค้าพบว่างานชิ้นมีปัญหา ต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องนี้สามารถคำนวณได้จากสมการที่อ้างอิงมาจากในงานวิจัยของ Cassady และคณะ (2000) ซึ่งแสดงว่า

$$E(C_{AC}) = c_{AC}(1 - AFI)\,p \tag{5.15}$$

โดย c_{AC} คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่อง

p คือ สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการผลิต

AFI คือ ค่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ยซึ่ง $AFI = \dfrac{f}{f + (1-f)q^i}$

Farmakis และ Eleftheriou (2007) ได้เสนอว่าในความเป็นจริงต้นทุนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยนั้นไม่สามารถกำหนดให้เป็นค่าคงที่ได้แต่จะต้องเป็นค่าที่แปรผันได้ตามความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับลูกค้า โดย Farmakis และ Eleftheriou ได้กำหนดให้ต้นทุนส่วนนี้มีค่าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนของผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือของเสียที่ผ่านออกไปโดยไม่ได้ตรวจสอบในช่วงของการสุ่มตัวอย่าง ดังสมการ

$$c_{AC} = \lambda + \mu(1-f)vp \tag{5.16}$$

โดย λ คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยซึ่งเป็นส่วนที่คงที่

μ คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยซึ่งเป็นส่วนที่มีการแปรผันตามจำนวนของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านออกในช่วงของการสุ่มตัวอย่าง

v คือ จำนวนของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการตรวจสอบในช่วงการตรวจสอบแบบสุ่มตัวอย่าง ซึ่ง $v = \dfrac{1}{fp}$

p คือ สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการผลิต

ต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องเป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการปล่อยให้มีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดออกไป ในกรณีศึกษาของงานวิจัยนี้มีต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนนี้ 2 ส่วน คือ ต้นทุนที่เกิดจากการนำผลิตภัณฑ์นั้นกลับมาแก้ไข ตรวจสอบ แล้วส่งกลับไป และต้นทุนที่เกิดจากการเพิ่มกิจกรรมบางอย่างในขั้นตอน

ของการซ่อม ได้แก่ การตรวจสอบด้วยสายตาด้วยกล้องที่มีกำลังขยายสูงและการล้างผลิตภัณฑ์นั้นก่อนการซ่อมในกระบวนการปกติเป็นต้น ซึ่งจากการสำรวจข้อมูลในบริษัทกรณีศึกษาของงานวิจัยนี้พบว่าต้นทุนที่เกิดจากการนำผลิตภัณฑ์นั้นกลับมาแก้ไขหรือซ่อมจะมีต้นทุนต่อหน่วยสามารถแยกออกได้เป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่มีค่าคงที่เท่ากันทุกหน่วยและส่วนที่เปลี่ยนแปลงตามจำนวนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ลูกค้าพบตามแนวคิดที่ Farmakis และ Eleftheriou (2007) ได้เสนอไว้ โดยในกรณีศึกษานี้ต้นทุนในส่วนที่เป็นค่าคงที่นั้นจะเป็นค่าแรงของพนักงานที่ทำการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ลูกค้าส่งกลับมาเนื่องจากผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้นใช้ระยะเวลาในการซ่อมที่ใกล้เคียงกันดังนั้นค่าแรงต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องจึงถูกสมมติให้มีค่าเท่ากัน ในส่วนต้นทุนที่แปรตามจำนวนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ลูกค้าพบนั้นจะเป็นค่าวัสดุซึ่งเป็นหัวอ่านเขียน HGA ที่ใช้ในการซ่อม เนื่องจากในการซ่อมหัวอ่านเขียน HSA ในกรณีทั่วไปนั้น จะทำการเปลี่ยนหัวอ่านเขียน HGA ที่ตำแหน่งที่บกพร่องและไม่สามารถใช้งานได้ แต่หากลูกค้าพบจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องมากขึ้น ลูกค้าจะขอให้เปลี่ยนหัวอ่านเขียน HGA ในตัวหัวอ่านเขียน HSA มากขึ้น เช่น ทำการเปลี่ยนหัวอ่านเขียน HGA ตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับหัวอ่านเขียนที่บกพร่องด้วย นอกจากนี้ต้นทุนที่เกิดจากการเพิ่มกิจกรรมต่างๆ ทั้งก่อนและหลังการซ่อม เช่น การทำความสะอาด การตรวจสอบด้วยสายตาด้วยกล้องที่มีกำลังขยายสูง ก็ยังเปลี่ยนแปลงตามจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องด้วย โดยหากลูกค้าพบจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องมากขึ้น ลูกค้าจะขอให้มีการตรวจสอบด้วยสายตาด้วยกล้องที่มีกำลังขยายสูงมากขึ้นจากปกติด้วย เนื่องจากบริษัทกรณีศึกษาไม่มีการเก็บข้อมูลในส่วนนี้ไว้ ดังนั้นจึงไม่สามารถหาต้นทุนที่เกิดขึ้นที่แท้จริงได้ ดังนั้นจะสมมติให้ต้นทุนต่อหน่วยที่แปรผันต่อจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ลูกค้าพบเป็นค่าของหัวอ่านเขียน HGA ต่อชิ้นที่นำมาใช้ในการซ่อมซึ่งมีความสัมพันธ์กับสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ลูกค้าพบในช่วงเวลาหนึ่งๆ หรือค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ผ่านออกโดยเฉลี่ยที่เรียกว่าค่า AOQ (Average Outgoing Quality) โดยความสัมพันธ์ของต้นทุนต่อหน่วยที่แปรผันกับค่า AOQ กำหนดให้เป็นดังรูปที่ 5.4 ซึ่งแกนนอนคือค่า AOQ และแกนตั้งคือค่าวัสดุที่ใช้ในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องในส่วนที่แปรผันหรือค่า b โดยค่า b สามารถเขียนเป็นเงื่อนไขได้ดังนี้

$$b = \begin{cases} 60 & , \quad AOQ \le 0.003 \\ 120 & , \quad 0.003 < AOQ \le 0.006 \\ 180 & , \quad 0.006 < AOQ \le 0.009 \\ 240 & , \quad AOQ > 0.009 \end{cases}$$

ดังนั้น สมการของต้นทุนการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์กบพร่อง คือ

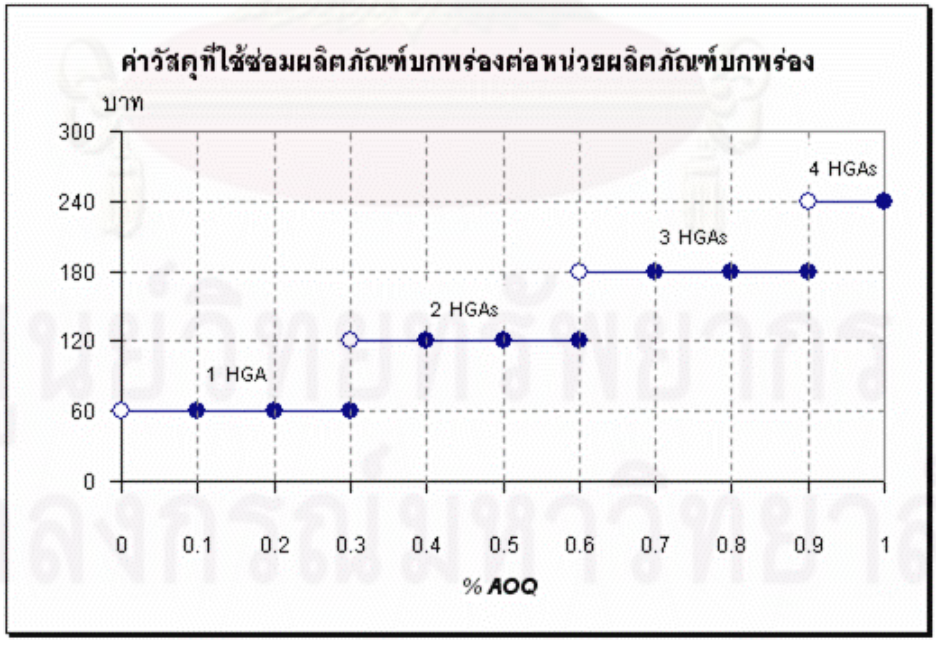
$$c_{AC} = a + b \tag{5.17}$$

โดยที่

a คือ ต้นทุนที่เกิดจากการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องในส่วนที่เป็นค่าคงที่และไม่ขึ้นกับจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ลูกค้าพบ ซึ่งในกรณีศึกษานี้ คือ ค่าแรงของพนักงานที่ซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อชิ้น (บาท)

b คือ ต้นทุนที่เกิดจากการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องในส่วนที่แปรตามจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ลูกค้าพบ ซึ่งในกรณีศึกษานี้ คือ ค่าวัสดุที่ใช้ซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อชิ้น (บาท) ซึ่งมีค่าเท่ากับ

$$b = \begin{Bmatrix} 60 & , & AOQ \le 0.003 \\ 120 & , & 0.003 < AOQ \le 0.006 \\ 180 & , & 0.006 < AOQ \le 0.009 \\ 240 & , & AOQ > 0.009 \end{Bmatrix}$$



รูปที่ 5.4 ความสัมพันธ์ของค่าวัสดุที่ใช้ซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยกับค่า AOQ

5.4.3.4 **ต้นทุนในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง** $E(C_{TS})$

ในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์หากพบผลิตภัณฑ์บกพร่อง นอกจากการแก้ไขหรือซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องแล้ว กิจกรรมอีกกิจกรรมหนึ่งที่สำคัญ คือ การหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องนั้นๆ เพื่อทำการแก้ไขสาเหตุและทำให้เกิดผลิตภัณฑ์บกพร่องขึ้นน้อยที่สุด ซึ่งต้นทุนที่เกิดจากการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องนั้นจะเกิดขึ้นทุกครั้งที่ตรวจสอบพบผลิตภัณฑ์บกพร่อง ดังนั้นสมการของต้นทุนในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยในหนึ่งรอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 สามารถคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$E(C_{TS}) = c_{TS}\, pAFI \tag{5.18}$$

โดย c_{TS} คือ ต้นทุนในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่อง

ต้นทุนในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องนั้นสามารถพิจารณาได้จากขั้นตอนหรือกิจกรรมในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง ในรูปที่ 3.2 แสดงถึงขั้นตอนของการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง ซึ่งแบ่งเป็นขั้นตอนคือ

1. หยุดใช้งานเครื่องตรวจสอบ QST ที่ตรวจสอบพบผลิตภัณฑ์บกพร่อง
2. ตรวจสอบผลิตภัณฑ์บกพร่องซ้ำทุกชิ้นโดยเปลี่ยนเครื่องตรวจสอบเพื่อยืนยันผลการตรวจสอบในครั้งแรก
3. นำหัวอ่านเขียน HSA ที่เป็นชิ้นงานมาตรฐานมาตรวจสอบที่เครื่องตรวจสอบ QST เครื่องนี้เพื่อยืนยันถึงความปกติของเครื่องตรวจสอบที่ใช้ในการตรวจสอบครั้งแรก

ดังนั้นต้นทุนที่เกิดขึ้นในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องนั้นประกอบด้วย

1.ความสูญเสียที่เกิดจากการหยุดใช้เครื่องตรวจสอบ (Downtime) ซึ่งจะพิจารณาเป็นการสูญเสียโอกาสจากการในการผลิตงานออกไปได้ตามเวลาที่สูญเสียไป ดังสมการ

$$c_{DT} = t_{DT} C_{HSA} UPH \tag{5.19}$$

โดย c_{DT} คือ ความสูญเสียที่เกิดจากการหยุดใช้เครื่องตรวจสอบต่อครั้ง (บาท)

t_{DT} คือ เวลาเฉลี่ยที่เครื่องตรวจสอบมีการหยุดใช้ต่อวัน (ชม.)

UPH คือ จำนวนผลิตภัณฑ์ที่เครื่องตรวจสอบ QST สามารถตรวจสอบได้ต่อชั่วโมง (ชิ้น)

C_{HSA} คือ ราคาต่อหน่วยของหัวอ่านเขียน HSA

2. ต้นทุนของการตรวจสอบผลิตภัณฑ์บกพร่องซ้ำซึ่งสามารถพิจารณาได้จากต้นทุนในการตรวจสอบต่อหน่วย ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$c_S = \frac{MC}{12YV} + t_{QST} S_{SP} \tag{5.20}$$

โดย c_S คือ ต้นทุนที่เกิดจากการสุ่มตัวอย่างตรวจสอบต่อหน่วยที่ตรวจสอบจริง (บาท)

MC คือ ราคาเครื่องตรวจสอบ QST (บาท)

Y คือ อายุใช้งานของเครื่องตรวจสอบ QST (ปี)

V คือ ปริมาณการผลิตต่อเดือน (ชิ้น)

S_{SP} คือ ค่าแรงของพนักงานสุ่มตัวอย่างตรวจสอบ (บาท/ ชม.)

t_{QST} คือ เวลาเฉลี่ยใช้ในการสุ่มตัวอย่างและตรวจสอบ QST ต่อชิ้น (ชม.)

3. ต้นทุนที่เกิดจากการตรวจสอบความถูกต้องของการตรวจสอบของเครื่องตรวจสอบ QST โดยการตรวจสอบชิ้นงานมาตรฐาน ซึ่งในขั้นตอนนี้จะทำให้เกิดต้นทุนในส่วนของค่าแรงของช่างเทคนิคที่ทำการตรวจสอบและค่าของชิ้นงานมาตรฐานที่นำมาใช้ เนื่องจากอายุการใช้งานของชิ้นงานมาตรฐานค่อนข้างสั้นจึงทำให้มีการเปลี่ยนชิ้นงานมาตรฐานบ่อย ดังนั้นจึงต้องนำค่าใช้จ่ายในส่วนนี้มาพิจารณาด้วย ต้นทุนทั้งหมดในส่วนนี้ คำนวณได้จากสมการ

$$E(C_{STD}) = t_{STD} S_{TE} + C_{STD} \tag{5.21}$$

โดย c_{STD} คือ ต้นทุนจากการตรวจสอบความถูกต้องของการตรวจสอบ (บาท)

t_{STD} คือ เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการตรวจสอบชิ้นงานมาตรฐาน (ชม.)

S_{TE} คือ ค่าแรงของช่างเทคนิค (บาท/ ชม.)

C_{STD} คือ ต้นทุนของชิ้นงานมาตรฐาน (บาท)

ดังนั้นต้นทุนในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือ c_{TS} คือ

$$c_{TS} = c_{DT} + c_S + c_{STD} \tag{5.22}$$

$$c_{TS} = t_{DT} C_{HSA} UPH + (\frac{MC}{12YV} + t_{QST} S_{SP}) + (t_{STD} S_{TE} + C_{STD}) \tag{5.23}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.4 ต้นทุนต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการสุ่มตัวอย่างของกรณีศึกษาในส่วนต้นทุนการป้องกัน

ต้นทุน	สูตรคำนวณต้นทุนต่อหน่วยในหนึ่งรอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1	ค่าคงที่ของต้นทุน/ สูตรคำนวณต้นทุนที่เกิดขึ้นจริงต่อหน่วย	ความหมายของตัวแปร	หมายเหตุ/ แหล่งอ้างอิง
1. ค่าฝึกอบรมพนักงาน (Training Cost - For operator)	$E(C_T) = \frac{T}{V}$	$E(C_T) = \frac{T}{V}$	T = ค่าฝึกอบรมพนักงานในสายการผลิตเฉลี่ยต่อเดือน (บาท) V = ปริมาณการผลิตต่อเดือน (ชิ้น)	- ไม่ขึ้นกับพารามิเตอร์ของแผนการสุ่ม i, f - อ้างอิงการคำนวณมาจากบริษัทกรณีศึกษา
2. ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนคุณภาพของแผนกควบคุมคุณภาพ (Quality Planning Cost)	$E(C_{QC}) = \frac{S_E t_{QE}}{30V}$	$E(C_{QC}) = \frac{S_E t_{QE}}{30V}$	S_E = เงินเดือนเฉลี่ยของวิศวกรคุณภาพ (บาท) t_{QE} = เวลาเฉลี่ยที่วิศวกรใช้ในการวางแผนคุณภาพและการตรวจติดตามผลของแผนคุณภาพต่อเดือน (วัน) V = ปริมาณการผลิตต่อเดือน (ชิ้น)	- ไม่ขึ้นกับพารามิเตอร์ของแผนการสุ่ม i, f - คิดต้นทุนจากการประมาณเวลาของกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง - อ้างอิงจาก Dale และ Plunkett (1991)
3. ค่าซ่อมบำรุงเครื่องตรวจสอบ QST (Maintenance Tester)	$E(C_{MQ}) = \frac{Q}{V}$	$E(C_{MQ}) = \frac{Q}{V}$	Q = ค่าซ่อมบำรุงเครื่องตรวจสอบ QST ต่อเดือน (บาท) V = ปริมาณการผลิตต่อเดือน (ชิ้น)	- ไม่ขึ้นกับพารามิเตอร์ของแผนการสุ่ม i, f - อ้างอิงการคำนวณมาจากบริษัทกรณีศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.5 ต้นทุนต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการสุ่มตัวอย่างของกรณีศึกษาในส่วน ต้นทุนการตรวจสอบ ตรวจวัดและการประเมินคุณภาพ

ต้นทุน	สูตรคำนวณต้นทุนต่อหน่วยในหนึ่งรอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1	ค่าคงที่ของต้นทุน/ สูตรคำนวณต้นทุนที่เกิดขึ้นจริงต่อหน่วย	ความหมายของตัวแปร	หมายเหตุ/ แหล่งอ้างอิง
1. ต้นทุนในการสุ่มตัวอย่างตรวจสอบชิ้นส่วนที่ใช้ในการผลิต (Incoming Material Audit)	$E(C_{IM}) = \frac{S_{SP} t_{ESD}}{V(1/30)}$	$E(C_{IM}) = \frac{S_{SP} t_{ESD}}{V(1/30)}$	S_{SP} = ค่าแรงของพนักงานสุ่มตัวอย่างตรวจสอบ (บาท/ ชม.) t_{ESD} = เวลาเฉลี่ยใช้ในการสุ่มตัวอย่างของ incoming material ต่อวัน (ชม.) V = ปริมาณการผลิตต่อเดือน (ชิ้น)	- ไม่ขึ้นกับพารามิเตอร์ของแผนการสุ่ม i, f - อ้างอิงจาก Dale และ Plunkett (1991)
2. ต้นทุนที่เกิดจากการสุ่มตัวอย่างตรวจสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA (Inspection Cost)	$E(C_S) = c_S AFI$ โดยที่ $AFI = \frac{f}{f + (1-f)q^i}$	$c_S = \frac{(MC - SV)}{12YV} + t_{QST} S_{SP}$	c_S = ต้นทุนที่เกิดจากการสุ่มตัวอย่างตรวจสอบต่อหน่วยที่ตรวจสอบจริง (บาท) MC = ราคาเครื่องตรวจสอบ QST (บาท) SV = ราคาซากของเครื่องตรวจสอบ QST (บาท) Y = อายุใช้งานเครื่องตรวจสอบ QST (ปี) V = ปริมาณการผลิตต่อเดือน (ชิ้น) S_{SP} = ค่าแรงของพนักงานสุ่มตัวอย่างตรวจสอบ (บาท/ ชม.) t_{QST} = เวลาเฉลี่ยใช้ในการสุ่มตัวอย่างและตรวจสอบ QST ต่อชิ้น (ชม.)	- แปรตามพารามิเตอร์ของแผนการสุ่ม i, f จากพารามิเตอร์ AFI - อ้างอิงจาก Cassady และคณะ (2000) Chen และ Chou (2002)

ตารางที่ 5.6 ต้นทุนต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการสุ่มตัวอย่างของกรณีศึกษาในส่วนต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ

ต้นทุน	สูตรคำนวณต้นทุนต่อหน่วยในหนึ่งรอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1	ค่าคงที่ของต้นทุน/ สูตรคำนวณต้นทุนที่เกิดขึ้นจริงต่อหน่วย	ความหมายของตัวแปร	หมายเหตุ/ แหล่งอ้างอิง
1. ต้นทุนที่เกิดจากการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่อง (Rework Cost)	$E(C_{RW}) = c_{RW}\, pP_{RW}\, AFI$ โดยที่ $AFI = \frac{f}{f + (1-f)q^{i}}$	$c_{RW} = M_D + M_{ID} + S_D + S_{ID}$	c_{RW} = ต้นทุนที่เกิดจากการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่อง (บาท) M_D = ค่าวัตถุดิบทางตรงที่ใช้ในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ (บาท) M_{ID} = ค่าวัตถุดิบทางอ้อมที่ใช้ในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ (บาท) S_D = ค่าแรงงานทางตรงที่ใช้ในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ (บาท) S_{ID} = ค่าแรงงานทางอ้อมที่ใช้ในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ (บาท)	- แปรตามพารามิเตอร์ของแผนการสุ่ม i, f จากพารามิเตอร์ AFI - อ้างอิงจาก Cassady และคณะ (2000)

ตารางที่ 5.6 ต้นทุนต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการสุ่มตัวอย่างของกรณีศึกษาในส่วน ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ (ต่อ)

ต้นทุน	สูตรคำนวณต้นทุนต่อหน่วยในหนึ่งรอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1	ค่าคงที่ของต้นทุน/ สูตรคำนวณต้นทุนที่เกิดขึ้นจริงต่อหน่วย	ความหมายของตัวแปร	หมายเหตุ/ แหล่งอ้างอิง
2. ต้นทุนที่เกิดจากการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่อง (Scrap Cost)	$E(C_{SC}) = c_{SC}(1-P_{RW})\,pAFI$ โดยที่ $AFI = \frac{f}{f+(1-f)q^i}$	$c_{SC} = \frac{C_{Scrap}}{V}$	c_{SC} = ต้นทุนที่เกิดจากการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วย (บาท) C_{Scrap} = ต้นทุนที่เกิดจากการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อเดือน (บาท) V = จำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ถูกทำลายต่อเดือน (ชิ้น)	- แปรตามพารามิเตอร์ของแผนการสุ่ม i, f จากพารามิเตอร์ AFI - อ้างอิงจาก Cassady และคณะ (2000)
3. ต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ตรวจสอบไม่พบ (Acceptance Failure Cost)	$E(C_{AC}) = c_{AC}\,p(1-AFI)$ โดยที่ $AFI = \frac{f}{f+(1-f)q^i}$	$c_{AC} = a + b$ โดยที่ $b = \begin{cases} 60 & , \quad AOQ \le 0.003 \\ 120 & , \quad 0.003 < AOQ \le 0.006 \\ 180 & , \quad 0.006 < AOQ \le 0.009 \\ 240 & , \quad AOQ > 0.009 \end{cases}$	c_{AC} = ต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ตรวจสอบไม่พบต่อหน่วย (บาท) a = ต้นทุนการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องในส่วนค่าคงที่ (บาท) b = ต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องในส่วนที่แปรตามจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ลูกค้าพบ (บาท)	- แปรตามพารามิเตอร์ของแผนการสุ่ม i, f จากพารามิเตอร์ AFI - อ้างอิงจาก Cassady และคณะ (2000) Farmakis และ Eleftheriou (2007)

ตารางที่ 5.6 ต้นทุนต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการสุ่มตัวอย่างของกรณีศึกษาในส่วน ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ (ต่อ)

ต้นทุน	สูตรคำนวณต้นทุนต่อหน่วยในหนึ่งรอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1	ค่าคงที่ของต้นทุน/ สูตรคำนวณต้นทุนที่เกิดขึ้นจริงต่อหน่วย	ความหมายของตัวแปร	หมายเหตุ/ แหล่งอ้างอิง
4. ต้นทุนที่เกิดจากการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง (Troubleshooting Cost)	$E(C_{TS}) = c_{TS}\, pAFI$ โดยที่ $AFI = \frac{f}{f + (1-f)q^i}$	$c_{TS} = t_{DT} C_{HSA} UPH + \frac{(MC - SV)}{12YV} + t_{QST} S_{SP} + t_{STD} S_{TE} + C_{STD}$	MC = ราคาเครื่องตรวจสอบ QST (บาท) SV = ราคาซากเครื่องตรวจสอบ (บาท) Y = อายุใช้งานของเครื่อง QST (ปี) V = ปริมาณการผลิต/ เดือน (ชิ้น) S_{SP} = ค่าแรงของพนักงานสุ่มตัวอย่าง (บาท/ ชม.) t_{QST} = เวลาเฉลี่ยในการตรวจสอบ QST /ชิ้น (ชม.) t_{DT} = เวลาเฉลี่ยที่เครื่องตรวจสอบมีการหยุดใช้ต่อวัน (ชม.) UPH = จำนวนผลิตภัณฑ์ที่เครื่องตรวจสอบ QST สามารถตรวจสอบได้ (ชิ้น) C_{HSA} = ราคาต่อหน่วยของหัวอ่านเขียน HSA t_{STD} = เวลาเฉลี่ยในการตรวจสอบชิ้นงานมาตรฐาน (ชม.) S_{TE} = ค่าแรงของช่างเทคนิค (บาท/ ชม.) C_{STD} = ราคาชิ้นงานมาตรฐาน (บาท)	- แปรตามพารามิเตอร์ของแผนการสุ่ม i, f จากพารามิเตอร์ AFI - อ้างอิงจาก Cassady และคณะ (2000) Chen และ Chou (2002)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

การหาพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 โดยอาศัยตัวแบบต้นทุนคุณภาพที่เกี่ยวข้อง

6.1 บทนำ

การเลือกพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ในงานวิจัยนี้จะพิจารณาจากแผนการสุ่มตัวอย่างที่มีต้นทุนที่เกี่ยวข้องที่เกิดขึ้นต่ำที่สุดโดยอาศัยตัวแบบต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ที่เสนอในบทที่ 5 ซึ่งมีสมการดังนี้

$E(C)$ = ต้นทุนการป้องกัน + ต้นทุนการตรวจสอบ + ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ

$$E(C) = [E(C_T) + E(C_{QC}) + E(C_{MQ})] + [E(C_{IM}) + E(C_S)] + [E(C_{RW}) + E(C_{SC}) + E(C_{AC}) + E(C_{TS})] \quad (6.1)$$

โดยที่

$E(C_T)$ = ค่าฝึกอบรมพนักงานต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

$E(C_{QC})$ = ต้นทุนในการวางแผนคุณภาพของแผนกควบคุมคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

$E(C_{MQ})$ = ค่าซ่อมบำรุงเครื่องตรวจสอบ QST ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ $E(C_{IM})$ = ต้นทุนในการสุ่มตัวอย่างตรวจสอบชิ้นส่วนที่ใช้ในการผลิตต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

$E(C_S)$ = ต้นทุนในการสุ่มตัวอย่างตรวจสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA โดยการสุ่มตัวอย่างต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ซึ่ง คำนวณได้จาก $E(C_S) = c_S AFI$

$E(C_{RW})$ = ต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ ซึ่งคำนวณได้จาก $E(C_{RW}) = c_{RW}\, pP_{RW}\, AFI$

$E(C_{SC})$ = ต้นทุนของการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ ซึ่งคำนวณได้จาก $E(C_{SC}) = c_{SC}(1 - P_{RW})\, pAFI$

$E(C_{AC})$ = ต้นทุนที่เกิดจากการต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ ซึ่งคำนวณได้จาก $E(C_{AC}) = c_{AC}\, p(1 - AFI)$

$E(C_{TS})$ = ต้นทุนของการค้นหาและแก้ไขสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ซึ่งคำนวณได้จาก $E(C_{TS}) = c_{TS}\, pAFI$

c_S = ต้นทุนในการสุ่มตัวอย่างตรวจสอบต่อหน่วยที่ตรวจสอบจริง

c_{RW} = ต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่อง

c_{SC} = ต้นทุนของการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่อง

c_{AC} = ต้นทุนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่อง

c_{TS} = ต้นทุนในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่อง

p = สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต

P_{RW} = สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถซ่อมหรือแก้ไขได้

AFI = สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ย ซึ่งคิดจากสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบจริงในหนึ่งรอบของการตรวจสอบกับจำนวนผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ผ่านไปในหนึ่งรอบของการตรวจสอบเมื่อใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1

ดังนั้นตัวแบบต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 คือ

$$E(C) = C + [c_S AFI + c_{RW} pP_{RW} AFI + c_{SC}(1 - P_{RW}) pAFI + c_{AC} p(1 - AFI) + c_{TS} pAFI] \quad (6.2)$$

โดยที่ C เป็นค่าคงที่ซึ่งเป็นผลรวมของต้นทุนที่มีค่าต่อหน่วยผลิตภัณฑ์คงที่เท่ากันทุกชิ้น ได้แก่ ค่าฝึกอบรมพนักงาน ต้นทุนในการวางแผนคุณภาพของแผนกควบคุมคุณภาพ ค่าซ่อมบำรุงเครื่องตรวจสอบ QST และต้นทุนในการตรวจสอบชิ้นส่วนที่ใช้ในการประกอบเป็นหัวอ่านเขียน HSA เช่น หัวอ่านเขียน HGA ชิ้นส่วน APFA โดยการสุ่มตัวอย่าง

ในบทนี้จะกล่าวถึง การหาพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 (i, f) ที่เหมาะสมของกรณีศึกษา แสดงต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับแผนการสุ่มตัวอย่างที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ได้แสดงถึงการคำนวณต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการตรวจสอบแบบ 100% ซึ่งเป็นการตรวจสอบที่ใช้ในปัจจุบันเพื่อใช้ต้นทุนที่ได้ในการเปรียบเทียบกับแผนการสุ่มตัวอย่าง

6.2 การสำรวจต้นทุนที่เกี่ยวข้องของกรณีศึกษาเพื่อใช้ในสมการต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1

ต้นทุนในส่วนต่างๆ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของสมการต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิต แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ต้นทุนที่เป็นพารามิเตอร์ปฐมภูมิ เป็นต้นทุนที่ได้จากการเก็บข้อมูลจริงจากสายการผลิต

2. ต้นทุนที่เป็นพารามิเตอร์ทุติยภูมิ เป็นต้นทุนที่ได้จากการคำนวณจากต้นทุนที่เป็นพารามิเตอร์ปฐมภูมิ

ต้นทุนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสมการต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตของกรณีศึกษาที่ได้จากการสำรวจ สามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 6.1

6.3 การตรวจสอบคุณภาพทางไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA ในปัจจุบัน

การตรวจสอบคุณภาพไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA ในปัจจุบันเป็นการตรวจสอบทุกชิ้น 100% ตามลำดับของการผลิต โดย UPH ต่อสายการผลิตของการตรวจสอบในปัจจุบันคือ 155 ชิ้น/ ชม.

6.3.1 ต้นทุนที่เกี่ยวข้องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์สำหรับการตรวจสอบแบบ 100%

ในการคำนวณต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตของการตรวจสอบแบบ 100% สามารถประยุกต์ใช้สมการต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตของการสุ่มตัวอย่างที่เสนอในบทที่ 5 มาคำนวณได้ สมการต้นทุนของการสุ่มตัวอย่างนั้นเป็นสมการคิดต้นทุนต่อหน่วยที่เป็นต้นทุนคุณภาพที่เกี่ยวข้องกับการสุ่มตัวอย่างโดยมีความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์ของการสุ่มตัวอย่างผ่านตัวแปรที่เรียกว่า AFI ซึ่งเป็นสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ย โดยคิดจากสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบจริงในหนึ่งรอบของการตรวจสอบกับจำนวนผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ผ่านไปในหนึ่งรอบของการตรวจสอบ เมื่อใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ดังนั้นในการตรวจสอบแบบ 100% นั้น หากคิดเป็นสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการตรวจสอบในช่วงเวลาหนึ่งๆ จะมีค่า $AFI = 1$

ในการประยุกต์สมการต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 มาใช้ จะแทนที่ ค่า $AFI = 1$ และเนื่องจากข้อสมมติที่ว่าการตรวจสอบมีความถูกต้องสมบูรณ์ดังนั้นต้นทุนที่เกิดจากความความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการปล่อยให้ผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดออกไปถึงลูกค้าจะเกิดขึ้นในช่วงของการตรวจสอบแบบสุ่มตัวอย่างเท่านั้น ดังนั้นจึงไม่มีต้นทุนในส่วนของความสูญเสียจากการสำหรับการตรวจสอบแบบ 100% สมการต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตสำหรับการตรวจสอบแบบ 100% คือ

$$E(C) = C + [c_S + c_{RW}\, pP_{RW} + c_{SC}(1 - P_{RW})\, p + c_{TS}\, p] \qquad (6.3)$$

โดยที่ C คือ ค่าฝึกอบรมพนักงานต่อหน่วย + ต้นทุนของการวางแผนคุณภาพของแผนกควบคุมคุณภาพต่อหน่วย + ค่าซ่อมบำรุงเครื่องตรวจสอบ QST ต่อหน่วย + ต้นทุนในการสุ่มตัวอย่างตรวจสอบชิ้นส่วนที่ใช้ในการผลิตต่อหน่วย

จากการสำรวจเก็บข้อมูลจากกรณีศึกษาในส่วนของสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการและสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถแก้ไขให้เป็นผลิตภัณฑ์ดีได้เพื่อใช้แทนค่าตัวแปรในสมการ พบว่า

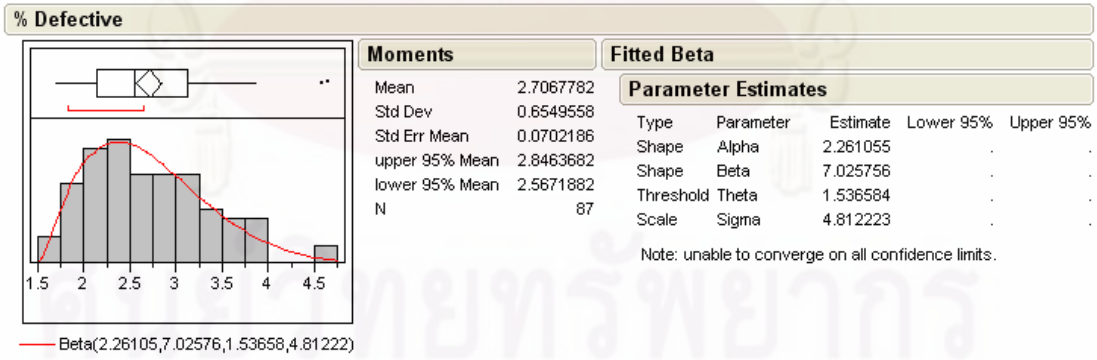
- สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่พบจากการตรวจสอบ QST มีการกระจายเป็นแบบ Beta ดังรูปที่ 6.1 ซึ่งมีพารามิเตอร์ของการกระจาย 2 ค่า คือ $\alpha = 2.261$ และ $\beta = 7.026$ โดยค่า Expectation ของ Beta Distribution นี้มีค่าเท่ากับ

$$\frac{\alpha}{\alpha+\beta} = \frac{2.261}{2.261+7.026} = 0.243$$

ซึ่งคิดเป็นค่า p ที่

$p_{\min} + (p_{\max} - p_{\min})\,(ExpectationValue) = 1.5 + (4.74 - 1.5)(0.243) = 2.29\%$ หรือ $p = 0.023$

- สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถซ่อมได้มีประมาณ 99.5% ของผลิตภัณฑ์บกพร่องทั้งหมด ดังนั้น แทนค่า $P_{RW} = 0.995$



รูปที่ 6.1 การกระจายของสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่พบจากการตรวจสอบ QST

แทนค่าตัวแปร p, p_{RW} โดยใช้ค่าที่ได้ และใช้ค่าของตัวแปรที่เป็นต้นทุนต่อหน่วยจากตารางที่ 6.1 ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการสำรวจจากกระบวนการผลิตในปัจจุบัน คำนวณต้นทุนในส่วนต่างๆ ได้ดังนี้

ตารางที่ 6.1 พารามิเตอร์และสมการต้นทุนในแต่ละส่วนของตัวแบบต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิต

ประเภทของต้นทุน	พารามิเตอร์ปฐมภูมิ	พารามิเตอร์ทุติยภูมิ	สมการต้นทุน
ต้นทุนการป้องกัน (Preventive Cost)	- ค่าฝึกอบรมพนักงานในสายการผลิต (T) = 14,000 บ. - ปริมาณการผลิตต่อเดือน (V) = 700,000 ชิ้น	ค่าฝึกอบรมพนักงานในสายการผลิตต่อหน่วยหรือค่า $E(C_T)$ = 0.02 บ. โดย $E(C_T) = \frac{T}{V}$	ต้นทุนการป้องกันต่อหน่วยในหนึ่งรอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 เท่ากับ 0.133 บ.
	- เงินเดือนของวิศวกรคุณภาพ (S_E) = 28,000 บ. - เวลาเฉลี่ยที่วิศวกรใช้ในการวางแผนคุณภาพต่อเดือน (วัน) (t_{QE}) = 10 ชม. / เดือน - ปริมาณการผลิตต่อเดือน (V) = 700,000 ชิ้น	ต้นทุนในการวางแผนคุณภาพของวิศวกรคุณภาพต่อหน่วยหรือค่า $E(C_{QC})$ = 0.013 บ. โดย $E(C_{QC}) = \frac{S_E t_{QE}}{30V}$	
	- ค่าซ่อมบำรุงเครื่องตรวจสอบ QST (Q) = 70,000 บ. - ปริมาณการผลิตต่อเดือน (V) = 700,000 ชิ้น	ค่าซ่อมบำรุงเครื่องตรวจสอบ QST ต่อหน่วยหรือค่า $E(C_{MQ})$ = 0.1 บ. โดย $E(C_{MQ}) = \frac{Q}{V}$	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.1 พารามิเตอร์และสมการต้นทุนในแต่ละส่วนของตัวแบบต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิต (ต่อ)

ประเภทของต้นทุน	พารามิเตอร์ปฐมภูมิ	พารามิเตอร์ทุติยภูมิ	สมการต้นทุน
ต้นทุนในการตรวจสอบ ตรวจวัดและการประเมิน คุณภาพ (Appraisal Costs)	**ต้นทุนในการตรวจสอบชิ้นส่วนหรือวัตถุดิบต่อหน่วยที่ถูกตรวจสอบ**		ต้นทุนในการตรวจสอบ ตรวจวัดและการประเมิน คุณภาพ ต่อหน่วยในหนึ่งรอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 เท่ากับ $0.004 + 1.031\ AFI$
	- ค่าแรงของพนักงานตรวจสอบ/ ชม. (S_{SP}) = 30 บ./ ชม. - เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการตรวจสอบแบบสุ่มตัวอย่างวัตถุดิบหรือชิ้นส่วนที่นำมาใช้ในการผลิตต่อวัน (t_{ESD}) = 3 ชม. - ปริมาณการผลิตต่อเดือน (V) = 700,000 ชิ้น	ต้นทุนในการตรวจสอบ ชิ้นส่วนที่นำมาใช้ประกอบ HSA ต่อหน่วยหรือค่า $E(C_{IM})$ = 0.004 บ. โดย $E(C_{IM}) = \frac{S_{SP} t_{ESD}}{V(1/30)}$	
	ต้นทุนในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบ		
	- ราคาเครื่องตรวจสอบ QST (MC) = 800,000 บ. - ราคาซากเครื่องตรวจสอบ QST (SV) = 10,000 บ. - อายุการใช้งานของเครื่องตรวจสอบ QST (Y) = 3 ปี - เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างและตรวจสอบ QST ต่อชิ้น (t_{QST}) = 0.03 ชม. - ค่าแรงของพนักงานตรวจสอบ/ ชม. (S_{SP}) = 30 บ./ ชม. - ปริมาณการผลิตต่อเดือน (V) = 700,000 ชิ้น	ต้นทุนในการตรวจสอบ QST ต่อหน่วยหรือ c_S = 1.031 บ. โดย $c_S = \frac{(MC - SV)}{12YV} + t_{QST} S_{SP}$	

ตารางที่ 6.1 พารามิเตอร์และสมการต้นทุนในแต่ละส่วนของตัวแบบต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิต (ต่อ)

ประเภทของต้นทุน	พารามิเตอร์ปฐมภูมิ	พารามิเตอร์ทุติยภูมิ	สมการต้นทุน
ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ (Failure Costs)	**ต้นทุนในการซ่อม/ แก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่อง**		ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 เท่ากับ $125\ pP_{RW}AFI +$ $484.36\ pAFI +$ $350(1-P_{RW})pAFI +$ $(25+b)\ p(1-AFI)$
	- ค่าวัสดุทางตรงที่ใช้ในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วย (M_D) = 95 บ. - ค่าวัสดุทางอ้อมที่ใช้ในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วย (M_{ID}) = 5 บ. - ค่าแรงของพนักงานในส่วนการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อหน่วย (S_D, S_{ID}) = 25 บ.	ต้นทุนในการซ่อม/ แก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยหรือ c_{RW} = 125 บ. โดย $c_{RW} = M_D + M_{ID} + S_D + S_{ID}$	
	ต้นทุนในการวิเคราะห์และแก้ไขสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อครั้ง		
	ความสูญเสียที่เกิดจากการหยุดใช้เครื่องตรวจสอบ - กำไรของหัวอ่านเขียน HSA หนึ่งชิ้น (C_{HSA}) = 11 บ. - QST UPH (UPH) = 155 ชิ้น/ ชม. - Downtime เฉลี่ยของเครื่องตรวจสอบ QST ต่อครั้ง (t_{DT}) = 0.25 ชม. **ต้นทุนของการตรวจสอบผลิตภัณฑ์บกพร่องซ้ำ** - ต้นทุนในการตรวจสอบ QST ต่อหน่วย (c_S) = 1.031 บ.	ความสูญเสียจากการที่เครื่องตรวจสอบหยุดต่อครั้งหรือค่า c_{DT} = 426.25 บ. โดย $c_{DT} = t_{DT} C_{HSA} UPH$ ต้นทุนในการตรวจสอบ QST ต่อหน่วยหรือ c_S = 1.031 บ.	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.1 พารามิเตอร์และสมการต้นทุนในแต่ละส่วนของตัวแบบต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิต (ต่อ)

ประเภทของต้นทุน	พารามิเตอร์ปฐมภูมิ	พารามิเตอร์ทุติยภูมิ	สมการต้นทุน
ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ (Failure Costs)	**ต้นทุนในการวิเคราะห์และแก้ไขสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อครั้ง**		ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 เท่ากับ $125\ pP_{RW}AFI +$ $484.36\ pAFI +$ $350(1-P_{RW})pAFI +$ $(25+b)\ p(1-AFI)$
	ต้นทุนที่เกิดจากการตรวจสอบความถูกต้องของการตรวจสอบของเครื่องตรวจสอบ - ราคาของหัวอ่านเขียนมาตรฐานเฉลี่ยต่อการใช้ 1 ครั้ง (C_{STD}) = 50 บ. - เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการทดสอบหัวอ่านเขียนมาตรฐานต่อครั้ง (t_{STD}) = 0.2 ชม. - ค่าแรงของช่างเทคนิค (S_{TE}) = 35.42 บ./ ชม.	ต้นทุนที่เกิดจากการตรวจสอบความถูกต้องของการตรวจสอบของเครื่องตรวจสอบหรือค่า c_{STD} = 57.08 บ. โดย $c_{STD} = t_{STD}S_{TE} + C_{STD}$ ดังนั้น ต้นทุนในการวิเคราะห์และแก้ไขสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อครั้ง หรือ c_{TS} = 484.36 บ. โดย $c_{TS} = c_{DT} + c_S + c_{STD}$	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.1 พารามิเตอร์และสมการต้นทุนในแต่ละส่วนของตัวแบบต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิต (ต่อ)

ประเภทของต้นทุน	พารามิเตอร์ปฐมภูมิ	พารามิเตอร์ทุติยภูมิ	สมการต้นทุน
ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ (Failure Costs)	**ต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่อง**		ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 เท่ากับ $125\ pP_{RW}\ AFI +$ $484.36\ pAFI +$ $350(1-P_{RW})pAFI +$ $(25+b)\ p(1-AFI)$
	- ต้นทุนในการทำลายชิ้นส่วนและผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วย (c_{SC}) = 350 บ.	ต้นทุนในการทำลายชิ้นส่วน/ผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยหรือ c_{SC} = 350 บ.	
	ต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ตรวจสอบไม่พบ		
	- ต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่อง ส่วนที่มีค่าคงที่ (a) = 25 บ. - ต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่อง ส่วนที่มีแปรตามจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ลูกค้าพบ (b) มีค่าตามเงื่อนไขดังนี้ $b=\begin{cases}60 & , \quad AOQ \le 0.003 \\ 120 & , \quad 0.003 < AOQ \le 0.006 \\ 180 & , \quad 0.006 < AOQ \le 0.009 \\ 240 & , \quad AOQ > 0.009\end{cases}$	ต้นทุนที่เกิดจากการหรือ $c_{AC} = 25 + b$ โดยที่ $b=\begin{cases}60 & , \quad AOQ \le 0.003 \\ 120 & , \quad 0.003 < AOQ \le 0.006 \\ 180 & , \quad 0.006 < AOQ \le 0.009 \\ 240 & , \quad AOQ > 0.009\end{cases}$	

6.3.1.1 **ต้นทุนการป้องกันต่อหน่วย**

ต้นทุนการป้องกันต่อหน่วยผลิตภัณฑ์นั้นสามารถคำนวณได้จากผลรวมของฝึกอบรมพนักงานต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ ต้นทุนของการวางแผนคุณภาพของแผนกควบคุมคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์และค่าซ่อมบำรุงเครื่องตรวจสอบ QST ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ ซึ่งจากที่กล่าวมาแล้วว่าต้นทุนทั้ง 3 ส่วนนี้มีค่าคงที่และไม่แปรเปลี่ยนตามสัดส่วนของจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบ ดังนั้นต้นทุนต่อหน่วยในส่วนนี้มีค่าเท่ากับ $0.02 + 0.013 + 0.1 = 0.133$ บาท/ ชิ้น

6.3.1.2 **ต้นทุนการตรวจสอบต่อหน่วย**

ต้นทุนการตรวจสอบต่อหน่วยผลิตภัณฑ์สามารถคำนวณได้จากผลรวมของต้นทุนในการสุ่มชิ้นส่วนที่ใช้ในการผลิตมาเพื่อตรวจสอบต่อหน่วยและต้นทุนในการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์และตรวจสอบต่อหน่วย ซึ่งสมการคำนวณต้นทุน คือ

$$E(C) = a + c_S \tag{6.4}$$

โดยที่

a คือ ต้นทุนในการสุ่มตัวอย่างตรวจสอบชิ้นส่วนที่ใช้ในการประกอบ HSA เช่น หัวอ่านเขียน HGA ชิ้นส่วน APFA ซึ่งมีค่าเป็นค่าคงที่ จากตารางที่ 6.1 มีค่าเท่ากับ 0.004 บาท

c_S คือ ต้นทุนในการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์และตรวจสอบต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบ จากตารางที่ 6.1 มีค่าเท่ากับ 1.031 บาท

ดังนั้น $E(C) = 0.004 + 1.031 = 1.035$ บาท

6.3.1.3 **ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพต่อหน่วย**

ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์สามารถคำนวณได้จากผลรวมของต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วย ต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยและต้นทุนในการหาสาเหตุผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วย

1. ต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วย สามารถคำนวณต้นทุนได้ดังนี้

$$E(C) = c_{RW}\, p_{RW}\, p \tag{6.5}$$

แทนค่าตัวแปรจากตารางที่ 6.1 ซึ่ง $c_{RW} = 125$, $p = 0.023$, $p_{RW} = 0.995$

จะได้ $E(C) = (125)(0.995)(0.023) = 2.861$ บาท

2. ต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วย สามารถคำนวณต้นทุนได้ดังดังนี้

$$E(C) = c_{SC}(1 - p_{RW})p \qquad (6.6)$$

แทนค่าตัวแปรจากตารางที่ 6.1 ซึ่ง $c_{SC} = 350$, $p = 0.023$, $p_{RW} = 0.995$

จะได้ $E(C) = (350)(1 - 0.995)(0.023) = 0.04$ บาท

3. ต้นทุนในการหาสาเหตุผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วย สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$E(C) = c_{TS}\,p \qquad (6.7)$$

แทนค่าตัวแปรจากตารางที่ 6.1 ซึ่ง $c_{TS} = 484.36$, $p = 0.023$

จะได้ $E(C) = (484.36)(0.023) = 11.14$ บาท

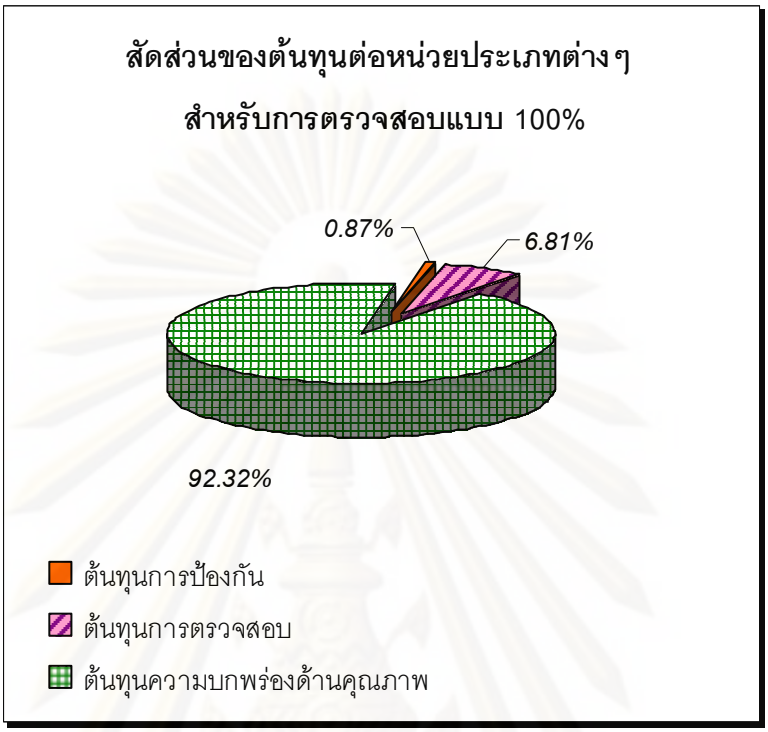
ดังนั้น ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพต่อหน่วย = 2.861 + 0.04 + 11.14 = 14.041 บาท

6.3.1.4 **ต้นทุนคุณภาพรวมต่อหน่วย**

ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตของการตรวจสอบแบบ 100% มีค่าเท่ากับ 0.133 + 1.035 + 14.041 = 15.209 บาทต่อชิ้น โดยมีต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพมากที่สุดถึง 92.32% ของต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยซึ่งคิดเป็น 14.041 บาท/ หน่วย รองลงมาคือต้นทุนการตรวจสอบซึ่งมีสัดส่วนเป็น 6.81% ของต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยหรือคิดเป็น 1.035 บาท/ หน่วย และต้นทุนส่วนที่น้อยที่สุดคือ ต้นทุนในการป้องกันซึ่งมีสัดส่วนเป็น 0.87% ของต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยหรือคิดเป็น 0.133 บาท/ หน่วย ต้นทุนทั้ง 3 ส่วนแบ่งออกเป็นสัดส่วนแสดงดังรูปที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยของการตรวจสอบแบบ 100%

ประเภทของต้นทุน	**จำนวนเงิน (บาท)**	**สัดส่วน (%)**
ต้นทุนการป้องกัน	0.133	0.87%
ต้นทุนในการตรวจสอบ ตรวจวัดและการประเมินคุณภาพ	1.035	6.81%
ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ	14.041	92.32%
รวม	15.209	100.00%



รูปที่ 6.2 สัดส่วนต้นทุนประเภทต่างๆ ในต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตสำหรับการตรวจสอบแบบ 100% ของกรณีศึกษา

6.4 การตรวจสอบคุณภาพไฟฟ้าของหัวอ่านเขียน HSA ด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1

6.4.1 การหาพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1

การหาพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 (i, f) ที่เหมาะสมสำหรับกรณีศึกษานี้สามารถหาได้จากการใช้ตัวแบบต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตที่เสนอไว้ในบทที่ 5 ดังที่กล่าวมาแล้ว ซึ่งในการเลือกพารามิเตอร์ i, f ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 นั้น จะพิจารณาพารามิเตอร์ i, f ที่ให้ค่า $AOQL$ ตามที่กำหนดไว้และในขณะเดียวกันยังให้ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตต่ำที่สุดอีกด้วย ซึ่งสมการต้นทุนคุณภาพที่เสนอในบทที่ 5 เป็นสมการของต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตของการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 สมการต้นทุนนี้จะสัมพันธ์กับพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 (i, f) ผ่านตัวแปร AFI ดังที่กล่าวมาแล้ว

ซึ่ง $$AFI = \frac{f}{f + (1-f)q^i}$$ (Chen และ Chou, 2002) (6.8)

และ $f = \dfrac{\left(1-\dfrac{iAOQL+1}{i+1}\right)^{i+1}}{iAOQL+\left(1-\dfrac{iAOQL+1}{i+1}\right)^{i+1}}$ (Farmakis และ Mavroudis, 2007) (6.9)

ค่า $AOQL$ (Average Outgoing Quality Limit) หรือค่าคุณภาพผ่านออกโดยเฉลี่ยสูงสุด ซึ่งเป็นสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่มากที่สุดที่ผ่านออกไปถึงลูกค้าหลังจากตรวจสอบด้วยการสุ่มตัวอย่าง ซึ่งค่านี้ได้มาจากการตกลงระหว่างลูกค้าและผู้ผลิต ซึ่งในกรณีศึกษานี้ มีการกำหนดให้ค่า $AOQL$ ไว้ที่ 0.01

แทนค่าตัวแปร $C, c_S, c_{RW}, c_{SC}, c_{TS}, c_{AC}$ ลงในสมการตัวแบบต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตที่กล่าวไว้ในบทนำ โดยใช้ค่าจากตารางที่ 6.1 ซึ่ง $C = 0.137$, $c_S = 1.031$, $c_{RW} = 125$, $c_{SC} = 350$, $c_{TS} = 484.36$ และ $c_{AC} = 25 + b$ โดย b ขึ้นอยู่กับค่า AOQ

แทนค่า $P_{RW} = 0.995$ และ $p = 0.023$ เช่นเดียวกับการคิดต้นทุนคุณภาพของการตรวจสอบแบบ 100% เนื่องจากเป็นกระบวนการผลิตเดียวกันดังนั้นสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการผลิตและสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถแก้ไขได้จึงเป็นค่าเดียวกัน

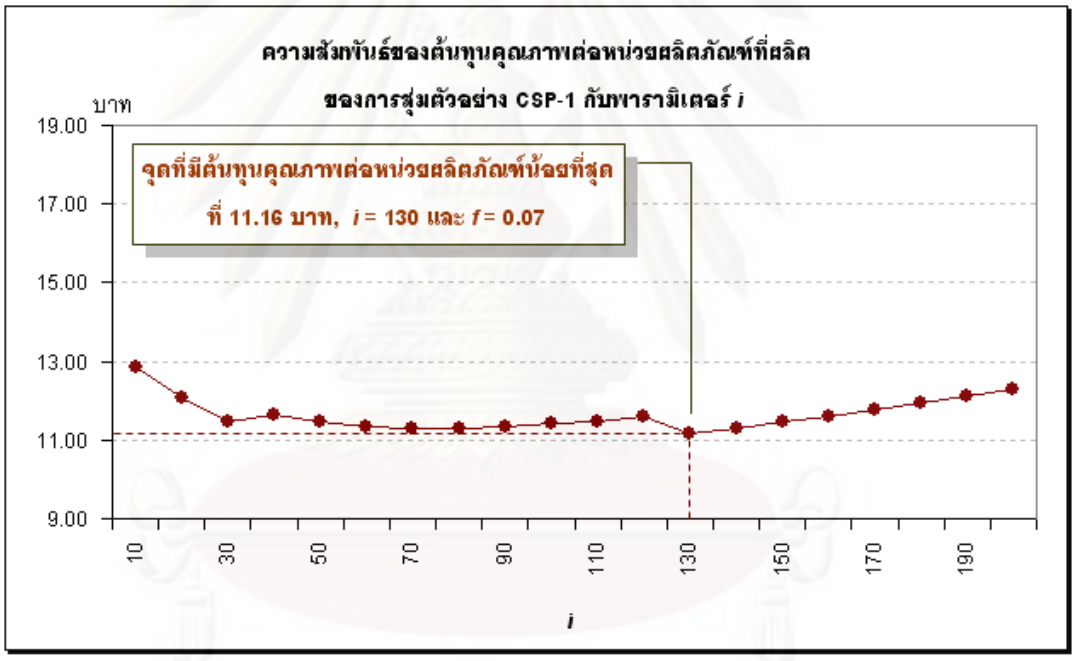
แทนค่า $AFI = \dfrac{f}{f+(1-f)q^i}$ จากนั้นแทนค่า i โดยเริ่มต้นที่ 1 และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เป็นจำนวนเต็มทีละ 1 และที่ทุกค่าของ i จะคำนวณหาค่า f จาก

$$f = \frac{\left(1-\dfrac{iAOQL+1}{i+1}\right)^{i+1}}{iAOQL+\left(1-\dfrac{iAOQL+1}{i+1}\right)^{i+1}}$$

พารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่างที่ให้ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยต่ำที่สุด คือ $i = 130$ และ $f = 0.07$ ซึ่งหมายถึง เริ่มตรวจสอบด้วยการตรวจสอบแบบ 100% ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งตรวจสอบจนครบ 130 ชิ้น หากไม่พบผลิตภัณฑ์บกพร่องเลย จะสามารถเปลี่ยนการตรวจสอบไปเป็นการสุ่มตัวอย่างด้วยสัดส่วน $f = 0.07$ ซึ่งหมายถึงทุกๆ ผลิตภัณฑ์ $\dfrac{1}{f} = \dfrac{1}{0.07} = 14.29 \approx 14$ ชิ้นจะสุ่มตัวอย่างหนึ่งชิ้นมาตรวจสอบ แต่หากมีการตรวจสอบพบผลิตภัณฑ์บกพร่องจะต้องตรวจสอบผลิตภัณฑ์ต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่งไม่พบผลิตภัณฑ์บกพร่องอย่างต่อเนื่องจนครบ 44 ชิ้น จึงจะเปลี่ยนการตรวจสอบจากการตรวจสอบแบบ 100% ไปเป็นการ

สุ่มตัวอย่างด้วยสัดส่วน $f = 0.07$ และจะเปลี่ยนการตรวจสอบจากการสุ่มตัวอย่างกลับไปเป็นการตรวจสอบแบบ 100% เมื่อตรวจสอบพบผลิตภัณฑ์เพียงหนึ่งชิ้นในช่วงของการสุ่มตัวอย่าง

ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตสำหรับแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ที่พารามิเตอร์ของแผนการสุ่ม $i = 130$ และ $f = 0.07$ ของกรณีศึกษานี้ คือ 11.16 บาท ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตและพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i แสดงได้ดังรูปที่ 6.3 โดยในรูป 6.3 แกนนอนคือค่าพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i ที่มีค่าเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 10 ถึง 200 โดยเพิ่มขึ้นทีละ 10 และแกนตั้งคือต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิต



รูปที่ 6.3 ความสัมพันธ์ของต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิต
กับค่าพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i

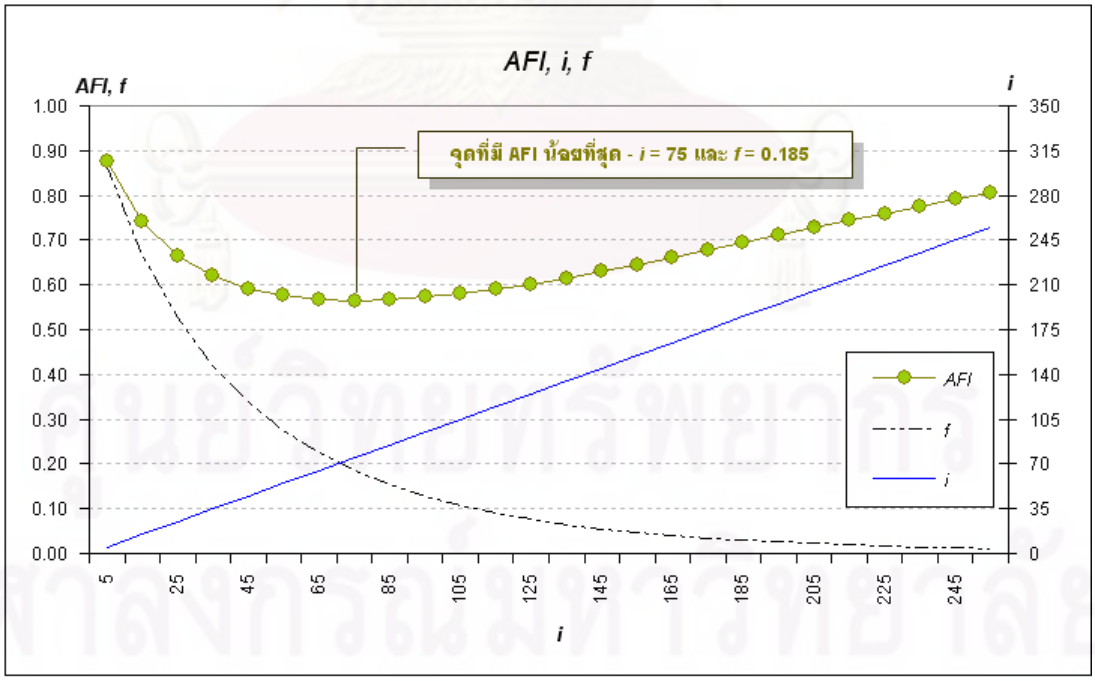
6.4.2 สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ยหรือค่า *AFI*

สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ยหรือค่า *AFI* เป็นตัววัดแผนการสุ่มตัวอย่างตัวหนึ่ง ด้วยพารามิเตอร์การสุ่ม $i = 130$ และ $f = 0.07$ สำหรับกระบวนการผลิตที่เป็นกรณีศึกษาซึ่งมีค่า $p = 0.023$ มีค่า *AFI* สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$AFI = \frac{f}{f + (1-f)q^i} = \frac{0.07}{0.07 + (1-0.07)(1-0.023)^{130}} = 0.609$$

ค่า AFI ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 มีค่าเท่ากับ 0.609 ซึ่งหมายถึงในช่วงเวลาหนึ่งๆ มีสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ยเป็น 60.9% นั่นหมายถึงหากเปลี่ยนการตรวจสอบจากการตรวจสอบแบบ 100% ไปเป็นการสุ่มตัวอย่างตามแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ที่ได้จะสามารถลดการตรวจสอบลงได้ 39.1%

จากสูตร AFI แสดงว่า AFI สัมพันธ์กับค่าของ i, f และ p ซึ่งความสัมพันธ์ของ AFI กับ i แสดงดังรูปที่ 6.4 โดนแกนนอนคือพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 5 ถึง 250 และแกนตั้งด้านซ้าย คือ ค่า AFI และพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง f ส่วนแกนตั้งด้านขวา คือ พารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i ซึ่งจากรูปจะเห็นว่า ในช่วงที่ i มีค่าน้อยๆ f จะมีค่ามากซึ่งทำให้ AFI มีค่ามาก และเมื่อ i มีค่าเพิ่มขึ้น f จะมีค่าน้อยลงเรื่อยๆ ส่งผลให้ AFI มีค่าน้อยลงด้วย ซึ่งค่า AFI จะน้อยที่สุดที่จุด $i = 75$ และ $f = 0.185$ และเมื่อ i มีค่าเพิ่มขึ้น f ยังคงมีค่าน้อยลงเรื่อยๆ แต่ AFI มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามการเพิ่มขึ้นของ i ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าค่า AFI มีค่าแปรตามค่า f ในช่วงที่ i มีค่าน้อยกว่าค่า i ที่เป็นจุดต่ำสุดของ AFI และค่า AFI มีค่าแปรตามค่า i ในช่วงที่ i มีค่ามากกว่าค่า i ที่เป็นจุดต่ำสุดของ AFI



รูปที่ 6.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง AFI , i และ f

6.4.3 **ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเมื่อตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง** CSP-1

ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 เมื่อแผนการสุ่มตัวอย่างเป็น $i = 130$ และ $f = 0.07$ ของกรณีศึกษานี้ คือ 11.16 บาท ซึ่งหากพิจารณาต้นทุนโดยแบ่งเป็น 3 ประเภทตามแบบจำลอง PAF ของต้นทุนคุณภาพ จะสรุปได้ดังนี้

6.4.3.1. **ต้นทุนป้องกันความบกพร่องด้านคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิต**

ต้นทุนการป้องกันต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ในหนึ่งรอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 นั้นสามารถคำนวณได้จากผลรวมของค่าฝึกอบรมพนักงานต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ ต้นทุนในการวางแผนคุณภาพของแผนกควบคุมคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์และค่าซ่อมบำรุงเครื่องตรวจสอบ QST ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ ซึ่งจากที่กล่าวมาแล้วว่าต้นทุนทั้ง 3 ส่วนนี้มีค่าคงที่และไม่แปรเปลี่ยนตามสัดส่วนของจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ย ดังนั้นต้นทุนต่อหน่วยในส่วนนี้มีค่าเท่ากับ $0.02 + 0.013 + 0.1 = 0.133$ บาท/ ชิ้น ซึ่งเมื่อคิดต้นทุนนี้เป็นสัดส่วนกับต้นทุนต่อหน่วยของแผนการสุ่มตัวอย่างจะได้ว่า ต้นทุนส่วนนี้คิดเป็น $= (\frac{0.133}{11.16})(100) = 1.19\%$ ของต้นทุนคุณภาพรวมต่อหน่วย

6.4.3.2. **ต้นทุนการตรวจสอบต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิต**

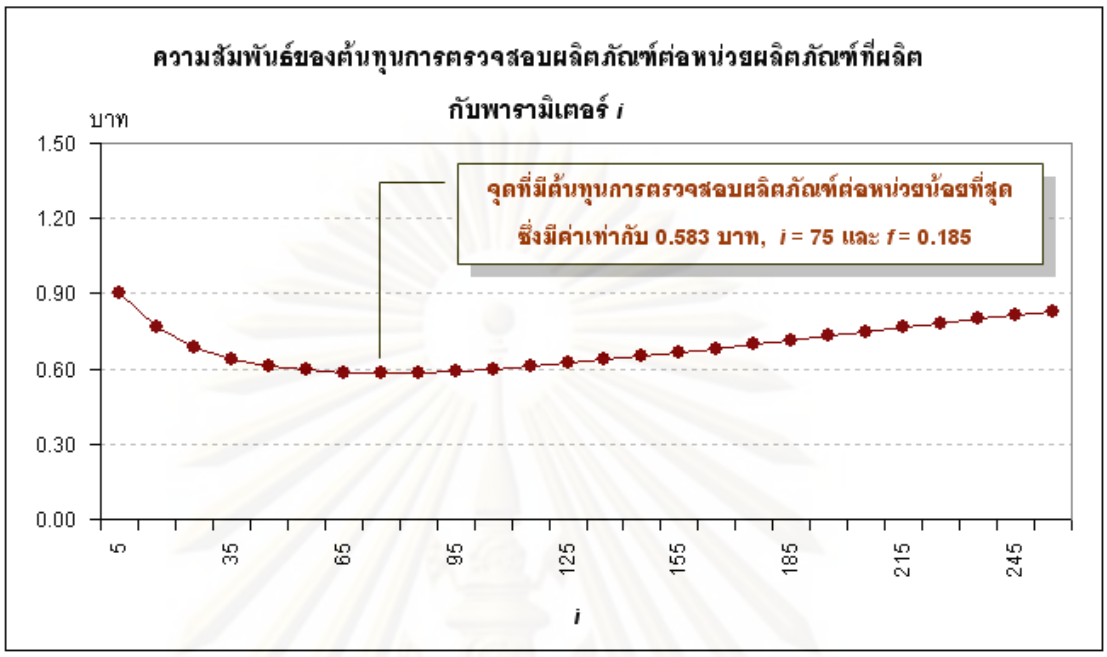
ต้นทุนการตรวจสอบต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ในหนึ่งรอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 นั้นสามารถคำนวณได้จากผลรวมของต้นทุนในการสุ่มตัวอย่างตรวจสอบชิ้นส่วนที่ใช้ในการประกอบเป็น HSA ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์และต้นทุนในการสุ่มตรวจสอบผลิตภัณฑ์ต่อหน่วยซึ่งต้นทุนในการสุ่มตรวจสอบชิ้นส่วนที่ใช้ในการผลิตต่อหน่วยผลิตภัณฑ์เป็นต้นทุนที่คำนวณจากต้นทุนที่ใช้ต่อจำนวนผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ผลิตดังนั้นต้นทุนในส่วนนี้จะมีค่าคงที่และไม่ขึ้นกับสัดส่วนของจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ย สำหรับต้นทุนในการสุ่มตรวจสอบผลิตภัณฑ์ต่อหน่วยนั้นเป็นต้นทุนที่แปรเปลี่ยนตามสัดส่วนของจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ยหรือค่า AFI อาจกล่าวได้ว่าต้นทุนนี้แปรตามพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง ดังสมการ

$$E(C) = c_S AFI = c_S (\frac{f}{f + (1-f)q^i}) \text{ (Cassady และคณะ, 2000)} \qquad (6.10)$$

ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ต่อหน่วยกับพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i แสดงดังรูปที่ 6.5 ซึ่งในรูป แกนนอน คือ พารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 5 ถึง 250 และแกนตั้ง คือ ต้นทุนการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิต

รูปที่ 6.5 แสดงให้เห็นว่าต้นทุนการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในช่วงที่ i น้อยๆ จะมีค่ามากและต้นทุนการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจะลดลงตามการเพิ่มขึ้นของพารามิเตอร์ i ซึ่งจะลดลงถึงจุดที่ต่ำสุดที่ $i = 75$ และหลังจากนั้นต้นทุนการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจะเพิ่มขึ้นทีละน้อยตามค่าพารามิเตอร์ i ที่เพิ่มขึ้น ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากต้นทุนการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตนั้นสัมพันธ์กับต้นทุนการตรวจสอบต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบจริงและค่า AFI ซึ่งต้นทุนในการตรวจสอบต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบจริงสำหรับในกรณีศึกษานี้มีค่าคงที่สำหรับทุกชิ้นของผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบ ดังนั้น ต้นทุนในการตรวจสอบต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจะมีการเปลี่ยนแปลงตามค่า AFI หรือสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ย รูปที่ 6.4 แสดงให้เห็นว่าในช่วงที่ i น้อยๆ ค่า AFI จะมีค่ามากเนื่องจากในช่วงนี้ความถี่ของการสุ่มตัวอย่างมีค่ามาก จึงส่งผลให้ต้นทุนในการตรวจสอบต่อหน่วยมีค่าสูง เมื่อค่า i เพิ่มขึ้นความถี่ของการสุ่มตัวอย่างลดลง ค่า AFI จึงลดลง ทำให้ต้นทุนในการตรวจสอบต่อหน่วยลดลง ซึ่งที่จุด $i = 75$ ค่า AFI ต่ำที่สุด จึงทำให้ต้นทุนในการตรวจสอบต่อหน่วยต่ำที่สุดด้วย และเมื่อค่า i เพิ่มขึ้นมากกว่า 75 ไปเรื่อยๆ ค่า AFI จะเพิ่มขึ้นแม้ความถี่ในการสุ่มตัวอย่างจะลดลง เนื่องจากค่า i เพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้ต้นทุนการตรวจสอบต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเพิ่มขึ้นด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.5 ความสัมพันธ์ของต้นทุนการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตกับพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i

เนื่องจากต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจะต่ำที่จุด $i = 130$ และ $f = 0.07$ ดังนั้นต้นทุนการตรวจสอบรวมต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตสำหรับกระบวนการผลิตที่จุดนี้ มีค่าเท่ากับ

$$E(C) = a + c_S AFI \tag{6.11}$$

$$E(C) = a + c_S \left(\frac{f}{f + (1-f)q^i}\right) \tag{6.12}$$

โดยที่

a คือ ต้นทุนในการสุ่มชิ้นส่วนที่ใช้ในการประกอบ HSA มาเพื่อตรวจสอบต่อหน่วย ซึ่งเป็นค่าคงที่ซึ่งได้จากตารางที่ 6.1 มีค่าเท่ากับ 0.004 บาท

$$E(C) = 0.004 + (1.031)\left(\frac{0.07}{0.07 + (1-0.07)(1-0.023)^{130}}\right) = 0.632 \text{ บาท}$$

โดยต้นทุนส่วนนี้คิดเป็น $= \left(\frac{0.632}{11.16}\right)(100) = 5.66\%$ ของต้นทุนคุณภาพรวมต่อหน่วย

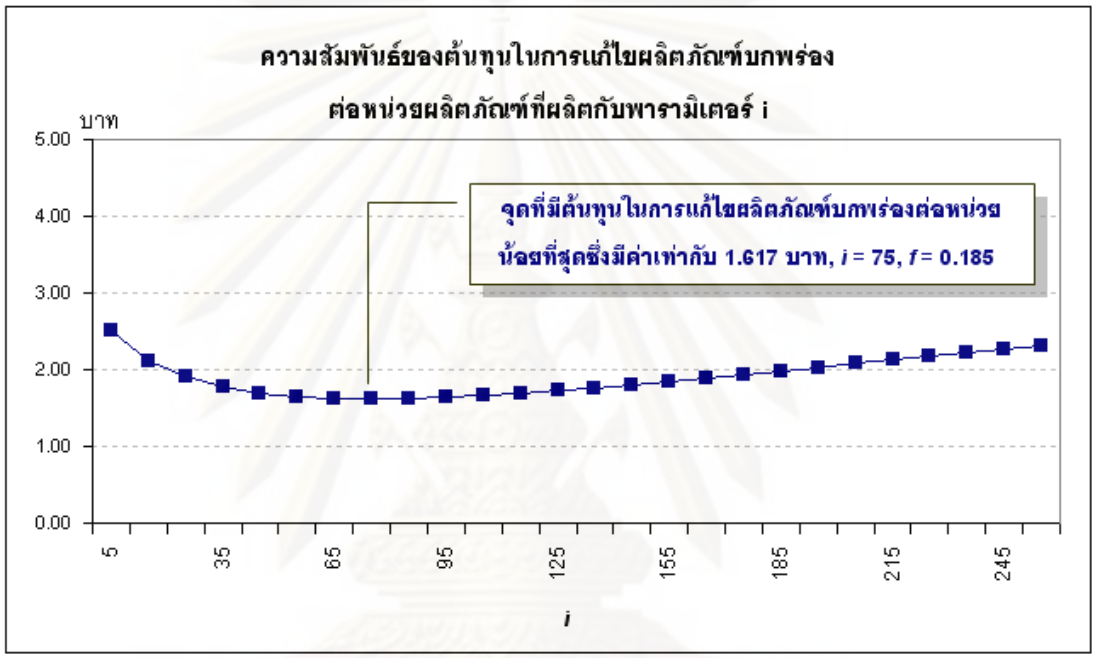
6.4.3.3. ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ

ต้นทุนการความบกพร่องด้านคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ในหนึ่งรอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 นั้นสามารถคำนวณได้จากผลรวมของต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วย ต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วย ต้นทุนในการหาสาเหตุผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยและต้นทุนในการต่อหน่วย ซึ่งต้นทุนทั้ง 4 ประเภทนี้ แปรตามสัดส่วนของจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ยหรือค่า AFI และแปรตามพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง

1. ต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ในหนึ่งรอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 จะลดลงตามการเพิ่มขึ้นของพารามิเตอร์ i และลดลงถึงจุดต่ำสุดที่ $i = 75$ หลังจากนั้นต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยจะเพิ่มขึ้นทีละน้อยตามค่าพารามิเตอร์ i ที่เพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มที่จะคงที่

ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์กับพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i แสดงดังรูปที่ 6.6 โดยในรูปแกนนอน คือ ค่าพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 5 ถึง 250 และแกนตั้ง คือ ต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิต จะเห็นว่าต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจะลดลงตามการเพิ่มขึ้นของพารามิเตอร์ i ซึ่งจะลดลงถึงจุดที่ต่ำสุดที่ $i = 75$ และหลังจากนั้นต้นทุนในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจะเพิ่มขึ้นทีละน้อยตามค่าพารามิเตอร์ i ที่เพิ่มขึ้น ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตนั้นสัมพันธ์กับต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องและค่า AFI ซึ่งต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องสำหรับกรณีศึกษานี้มีค่าคงที่สำหรับทุกชิ้นของผลิตภัณฑ์ที่ถูกแก้ไข ดังนั้นต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจะมีการเปลี่ยนแปลงตามค่า AFI ซึ่งแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงต้นทุนส่วนนี้จึงไปทางเดียวกับแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของ AFI และจะสัมพันธ์กับพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่างด้วย ที่ค่า i มีค่าน้อยๆ การสุ่มตัวอย่างจะมีความถี่มากทำให้สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ยมีค่ามาก จึงทำให้สามารถตรวจสอบพบผลิตภัณฑ์บกพร่องได้บ่อยและหากพบผลิตภัณฑ์บกพร่องจะต้องทำการแก้ไขดังนั้นจึงส่งผลให้ต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ในหนึ่งรอบการสุ่มตัวอย่างมีค่ามาก เมื่อค่าพารามิเตอร์ i เพิ่มขึ้น การสุ่มตัวอย่างจะมีความถี่ลดลงทำให้โอกาสในการตรวจสอบพบผลิตภัณฑ์บกพร่องลดลง ส่งผลให้ต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมีค่าลดลง เมื่อค่า i เพิ่มขึ้นถึง 75 สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ยหรือค่า AFI จะ

ต่ำสุด ทำให้โอกาสในการตรวจสอบพบผลิตภัณฑ์บกพร่องน้อยที่สุด ส่งผลให้ต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมีค่าต่ำที่สุดด้วยและเมื่อค่า i เพิ่มขึ้นอีก สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของค่าพารามิเตอร์ i ซึ่งในช่วงนี้โอกาสในการตรวจสอบพบผลิตภัณฑ์บกพร่องในช่วงของการตรวจสอบแบบ 100% มีค่ามากขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย



รูปที่ 6.6 ความสัมพันธ์ของต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตกับพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i

เนื่องจากต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจะต่ำที่จุด $i = 130$ และ $f = 0.07$ ดังนั้นต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตสำหรับกระบวนการผลิตนี้ ณ จุดนี้ มีค่าเท่ากับ

$$E(C) = c_{RW}\, p_{RW}\, pAFI = c_{RW}\, p_{RW}\, p\left(\frac{f}{f + (1-f)q^{i}}\right) \qquad (6.13)$$

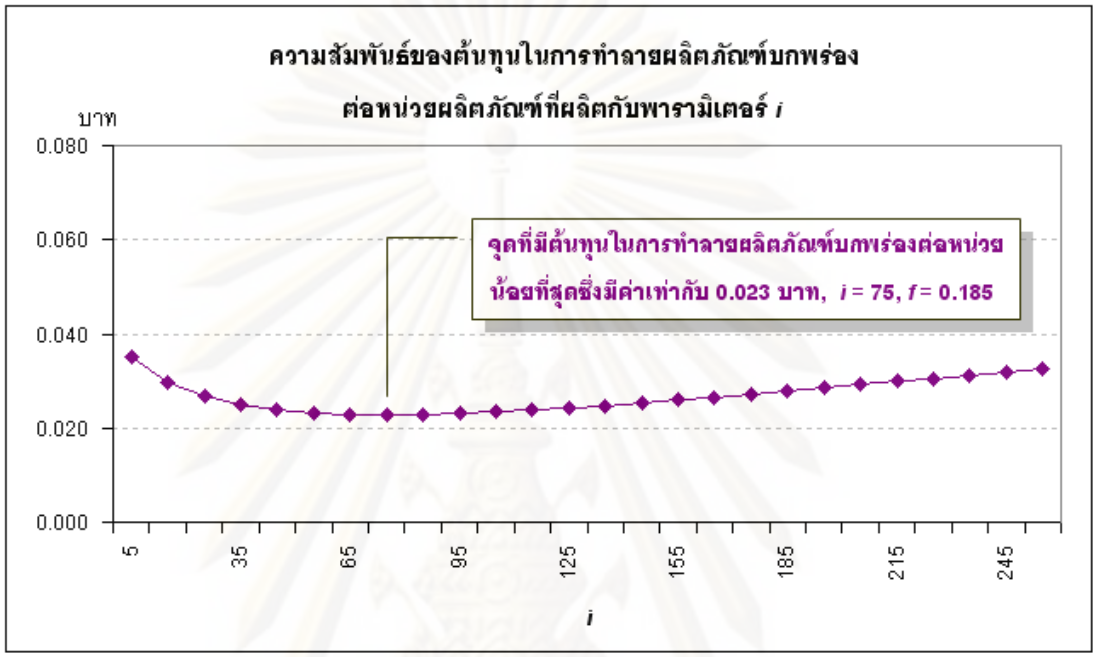
แทนค่าตัวแปรลงในสมการ โดยใช้ค่าจากตารางที่ 6.1 ซึ่ง $c_{RW} = 125$, $p_{RW} = 0.995$, $p = 0.023$

$$E(C) = (125)(0.995)(0.023)\left(\frac{0.07}{0.07 + (1-0.07)(1-0.023)^{130}}\right) = 1.742 \text{ บาท}$$

2. ต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 จะเกิดขึ้นเมื่อผลิตภัณฑ์บกพร่องชิ้นนั้นๆ ไม่สามารถซ่อมหรือแก้ไขได้ ซึ่งจากรูปที่ 6.7 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตกับค่าพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i โดยแกนนอน คือ ค่าพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 5 ถึง 250 และแกนตั้ง คือ ต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิต ซึ่งจากรูปพบว่าต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจะมีการเปลี่ยนแปลงตามพารามิเตอร์ i น้อยมากเมื่อเทียบกับต้นทุนในส่วนอื่นๆ แต่ต้นทุนในส่วนนี้ก็มีการแปรตามพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i โดยจะลดลงเรื่อยๆ จนถึงจุดที่ต่ำที่สุดที่ $i = 75$ เช่นเดียวกับต้นทุนส่วนอื่นๆ หลังจากนั้นต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจะเพิ่มขึ้นทีละน้อยตามค่าพารามิเตอร์ i ที่เพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่งและมีแนวโน้มที่จะคงที่จะคงที่ โดยต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตนั้นสัมพันธ์กับต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องและค่า AFI ซึ่งต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องสำหรับกรณีศึกษานี้มีค่าคงที่สำหรับทุกชิ้นของผลิตภัณฑ์ที่ถูกทำลาย ดังนั้น ต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจะมีการเปลี่ยนแปลงตามค่า AFI ดังนั้นจะสัมพันธ์กับพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i, f ด้วย

ที่ค่าพารามิเตอร์ i มีค่าน้อยๆ การสุ่มตัวอย่างจะมีความถี่มากทำให้สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ยหรือค่า AFI มีค่ามาก จึงทำให้สามารถตรวจสอบพบผลิตภัณฑ์บกพร่องได้บ่อย ซึ่งเมื่อพบผลิตภัณฑ์บกพร่องจะต้องทำการแก้ไข แต่หากผลิตภัณฑ์บกพร่องนั้นไม่สามารถแก้ไขได้ ก็ต้องทำลาย ซึ่งหากโอกาสในการพบผลิตภัณฑ์บกพร่องมีมากขึ้นจะทำให้โอกาสในการพบผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถซ่อมได้มีมากขึ้นด้วย ดังนั้นจึงส่งผลให้ต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมีค่ามากขึ้นในช่วงนี้ เมื่อค่าพารามิเตอร์ i เพิ่มขึ้นอีก การสุ่มตัวอย่างจะมีความถี่ลดลงทำให้โอกาสในการตรวจสอบพบผลิตภัณฑ์บกพร่องลดลง ส่งผลให้โอกาสในการพบผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถซ่อมได้ลดลงและต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมีค่าลดลงด้วย เมื่อค่าพารามิเตอร์ i เพิ่มขึ้นถึง 75 สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ยจะต่ำสุด ทำให้โอกาสในการตรวจสอบพบผลิตภัณฑ์บกพร่องน้อยที่สุด ส่งผลให้ต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมีค่าต่ำที่สุดด้วย และเมื่อค่า i เพิ่มขึ้นอีก สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของค่าพารามิเตอร์ i ซึ่งในช่วงนี้โอกาสในการตรวจสอบ

พบผลิตภัณฑ์บกพร่องในช่วงของการตรวจสอบแบบ 100% มีค่ามากขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย



รูปที่ 6.7 ความสัมพันธ์ของต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตกับค่าพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i

เนื่องจากต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจะต่ำที่จุด $i = 130$ และ $f = 0.07$ ดังนั้นต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตสำหรับกระบวนการผลิตนี้ ณ จุดนี้ มีค่าเท่ากับ

$$E(C) = c_{SC}(1-p_{RW})pAFI = c_{SC}(1-p_{RW})p\left(\frac{f}{f+(1-f)q^{i}}\right) \qquad (6.14)$$

แทนค่าตัวแปรลงในสมการ โดยใช้ค่าจากตารางที่ 6.1 ซึ่ง $c_{SC} = 350$, $p_{RW} = 0.995$, $p = 0.023$

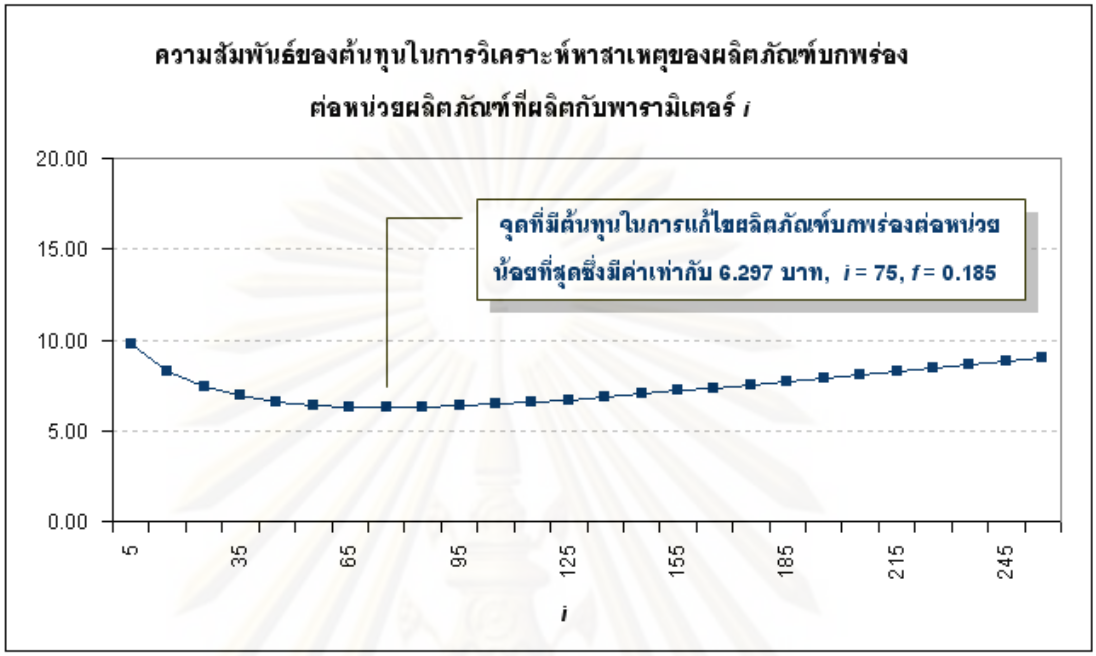
$$E(C) = (350)(1-0.995)(0.023)\left(\frac{0.07}{0.07+(1-0.07)(1-0.023)^{130}}\right) = 0.025 \text{ บาท}$$

3. ต้นทุนในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 จะมีการเปลี่ยนแปลงตามพารามิเตอร์ i อย่าง

เห็นได้ชัดและมีการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนตามพารามิเตอร์ i อย่างมากเมื่อเทียบกับต้นทุนต่อหน่วยประเภทอื่นๆ ซึ่งต้นทุนนี้จะลดลงเมื่อพารามิเตอร์ i เพิ่มขึ้นและจะลดลงถึงจุดต่ำสุดที่ $i = 75$ เช่นเดียวกับต้นทุนส่วนอื่นๆ หลังจากนั้นต้นทุนส่วนนี้จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามการเพิ่มขึ้นของ i และมีแนวโน้มจะมีค่าคงที่ เนื่องจากต้นทุนนี้สัมพันธ์กับค่า AFI ดังนั้นจะสัมพันธ์กับพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่างด้วย ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์กับพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i แสดงดังรูปที่ 6.8 โดนแกนนอน คือ ค่าพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i ซึ่งมีค่าระหว่าง 5 ถึง 250 และแกนตั้ง คือ ต้นทุนในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิต

ที่ค่า i มีค่าน้อยๆ การสุ่มตัวอย่างจะมีความถี่มากทำให้สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ยมีค่ามาก จึงทำให้สามารถตรวจสอบพบผลิตภัณฑ์บกพร่องได้บ่อย ซึ่งเมื่อพบผลิตภัณฑ์บกพร่องจะต้องทำการหาสาเหตุของความบกพร่องที่เกิดขึ้น ดังนั้นจึงส่งผลให้ต้นทุนในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมีค่ามากในช่วงนี้ เมื่อค่า i เพิ่มขึ้นอีก การสุ่มตัวอย่างจะมีความถี่ลดลงทำให้โอกาสในการตรวจสอบพบผลิตภัณฑ์บกพร่องลดลง ส่งผลให้ต้นทุนในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ในหนึ่งรอบการสุ่มตัวอย่างมีค่าลดลงด้วย เมื่อค่า i เพิ่มขึ้นถึง 75 สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ยจะต่ำสุด ทำให้โอกาสในการตรวจสอบพบผลิตภัณฑ์บกพร่องน้อยที่สุด ส่งผลให้ต้นทุนในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมีค่าต่ำที่สุดด้วย และเมื่อค่า i เพิ่มขึ้นอีก สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของค่า i ซึ่งในช่วงนี้โอกาสในการตรวจสอบพบผลิตภัณฑ์บกพร่องในช่วงของการตรวจสอบแบบ 100% มีค่ามากขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนในการหาสาเหตุผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.8 ความสัมพันธ์ของต้นทุนในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง
ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตกับค่าพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i

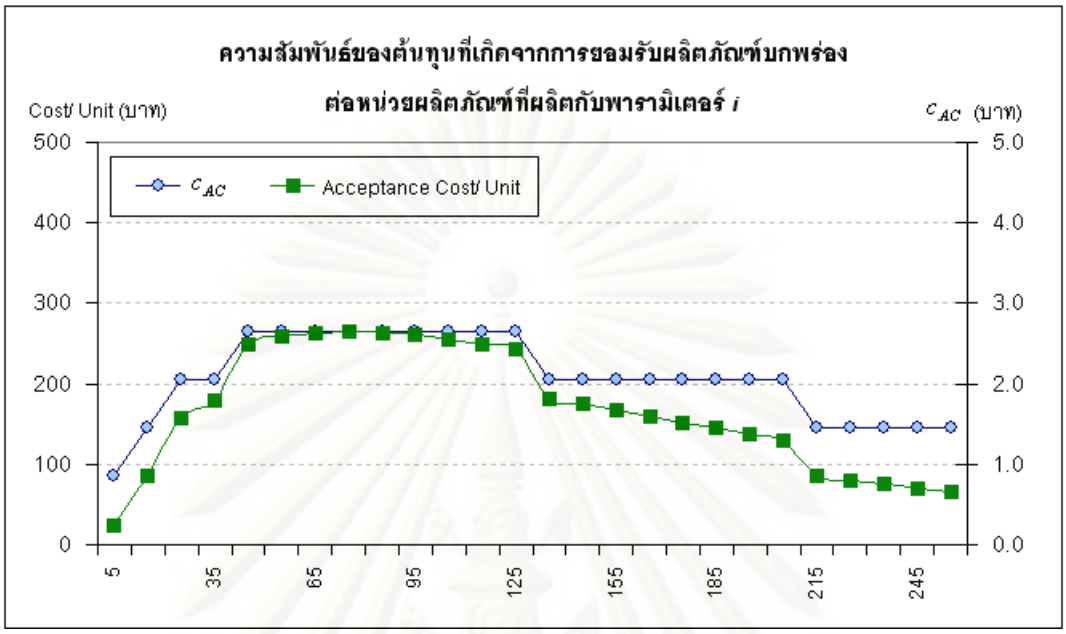
เนื่องจากต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจะต่ำที่จุด $i = 130$ และ $f = 0.07$ ดังนั้นต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตสำหรับกระบวนการผลิตนี้ ณ จุดนี้ มีค่าเท่ากับ

$$E(C) = c_{TS}\, pAFI = c_{TS}\, p\left(\frac{f}{f + (1-f)q^{i}}\right) \qquad (6.15)$$

แทนค่าตัวแปรลงในสมการ โดยใช้ค่าจากตารางที่ 6.1 ซึ่ง $c_{TS} = 484.36$, $p = 0.023$

$$E(C) = (484.36)(0.023)\left(\frac{0.07}{0.07 + (1-0.07)(1-0.023)^{130}}\right) = 6.782 \text{ บาท}$$

4. ต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 จะมีการเปลี่ยนแปลงตามพารามิเตอร์ i โดยต้นทุนจะเพิ่มขึ้นเมื่อพารามิเตอร์ i มีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้มีแนวโน้มตรงข้ามกับต้นทุนส่วนอื่นๆที่กล่าวมาแล้ว โดยต้นทุนส่วนนี้จะมีจุดที่ต่ำที่สุดเมื่อ $i = 1$ หลังจากนั้นต้นทุนจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อ i มีค่าเพิ่มขึ้น ความสัมพันธ์ของต้นทุนในส่วนนี้กับพารามิเตอร์ i แสดงดังรูปที่ 6.9



รูปที่ 6.9 ความสัมพันธ์ของต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่อง
ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตกับพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i

โดยในรูป 6.9 แกนนอน คือ ค่าพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i และแกนตั้ง คือ ต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิต ซึ่งต้นทุนนี้มีความสัมพันธ์กับค่า $1-AFI$ หรือสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้รับการตรวจสอบเฉลี่ย และต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือค่า c_{AC} ต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องนี้มีค่าไม่คงที่ โดยจะมีการเปลี่ยนแปลงตามจำนวนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ลูกค้าพบหรือค่า AOQ ซึ่งคำนวณได้จากผลคูณของสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการหรือค่า p กับสัดส่วนของจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้รับการตรวจสอบเฉลี่ย ซึ่งหากค่า i เพิ่มขึ้น ค่า f มีค่าลดลง ค่า AFI ลดลง ส่งผลให้ค่า $1-AFI$ มีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าคุณภาพผ่านออกโดยเฉลี่ยหรือค่า AOQ เพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อค่า i เพิ่มขึ้นถึงจุดหนึ่ง ค่า AFI จะลดลงถึงจุดต่ำสุด ซึ่งที่จุดนั้นค่า $1-AFI$ มีเพิ่มขึ้นถึงจุดที่สูงสุดด้วย ณ จุดนี้ ค่า c_{AC} จะมีค่าสูงที่สุด จากนั้นหากเพิ่มค่าของ i ขึ้นอีก จะส่งผลให้ค่า AFI เพิ่มขึ้นและค่า $1-AFI$ จะลดลงซึ่งจะทำให้ค่า c_{AC} ลดลงด้วย จากรูปที่ 6.9 ซึ่งเป็นรูปแสดงแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของค่า c_{AC} และต้นทุนการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิต ซึ่งจะเห็นว่าต้นทุนทั้งสองมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงเหมือนกัน

เนื่องจากต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจะต่ำที่จุด $i = 130$ และ $f = 0.07$ ดังนั้นต้นทุนในการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตสำหรับกระบวนการผลิตนี้ ณ จุดนี้ มีค่าเท่ากับ

$$E(C_{AC}) = c_{AC}\, p(1 - AFI) \qquad (6.16)$$

แทนค่า $c_{AC} = a + b$ โดยค่า a เป็นค่าคงที่และ b α AOQ และ $AFI = \dfrac{f}{f + (1-f)q^i}$

$$E(C_{AC}) = c_{AC}\, p(1 - AFI) = (a+b)\, p\left(1 - \frac{f}{f + (1-f)q^i}\right) \qquad (6.17)$$

แทนค่าตัวแปรลงในสมการ โดยใช้ค่าจากตารางที่ 6.1 ซึ่ง $p = 0.023$, $a = 25$ และ $b = 180$ เมื่อค่า $i = 130$, $f = 0.07$, $AOQ = 0.009$

$$E(C_{AC}) = (25 + 180)(0.023)\left(1 - \frac{0.07}{0.07 + (1-0.07)(1-0.023)^{130}}\right)$$

$$E(C_{AC}) = 1.845 \text{ บาท}$$

ดังนั้น ต้นทุนการความบกพร่องด้านคุณภาพรวมต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ เท่ากับ

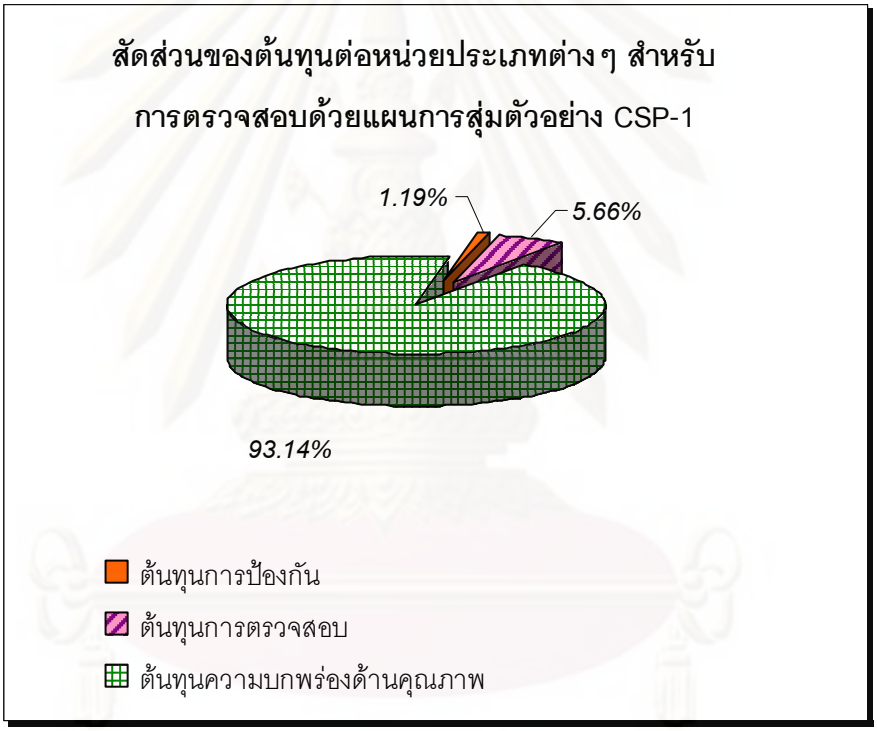
$$E(C) = 1.742 + 0.025 + 6.502 + 1.845 = 10.393 \text{ บาท}$$

จากการวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยในส่วนต่างๆ สามารถสรุปได้ว่าต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพเป็นต้นทุนที่มีสัดส่วนสูงสุดถึง 93.14% ของต้นทุนทั้งหมดซึ่งคิดเป็นจำนวนเงินเท่ากับ 10.393 บาท/ ชิ้น ต้นทุนที่มีสัดส่วนรองลงมาคือ ต้นทุนการตรวจสอบ ซึ่งคิดเป็น 5.66% ของต้นทุนทั้งหมดซึ่งเป็นจำนวนเงินเท่ากับ 0.632 บาท/ ชิ้น และต้นทุนที่มีสัดส่วนต่ำที่สุดคือต้นทุนการป้องกันซึ่งมีสัดส่วนเป็น 1.19% ของต้นทุนทั้งหมด คิดเป็นจำนวนเงินเท่ากับ 0.133 บาท/ ชิ้น ต้นทุนทั้ง 3 ประเภทสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 6.3 และรูปที่ 6.10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.3 ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยของการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1

ประเภทของต้นทุน	จำนวนเงิน (บาท)	สัดส่วน (%)
ต้นทุนการป้องกัน	0.133	1.19%
ต้นทุนในการตรวจสอบ ตรวจวัดและการประเมินคุณภาพ	0.632	5.66%
ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ	10.393	93.14%
รวม	11.158	100.00%



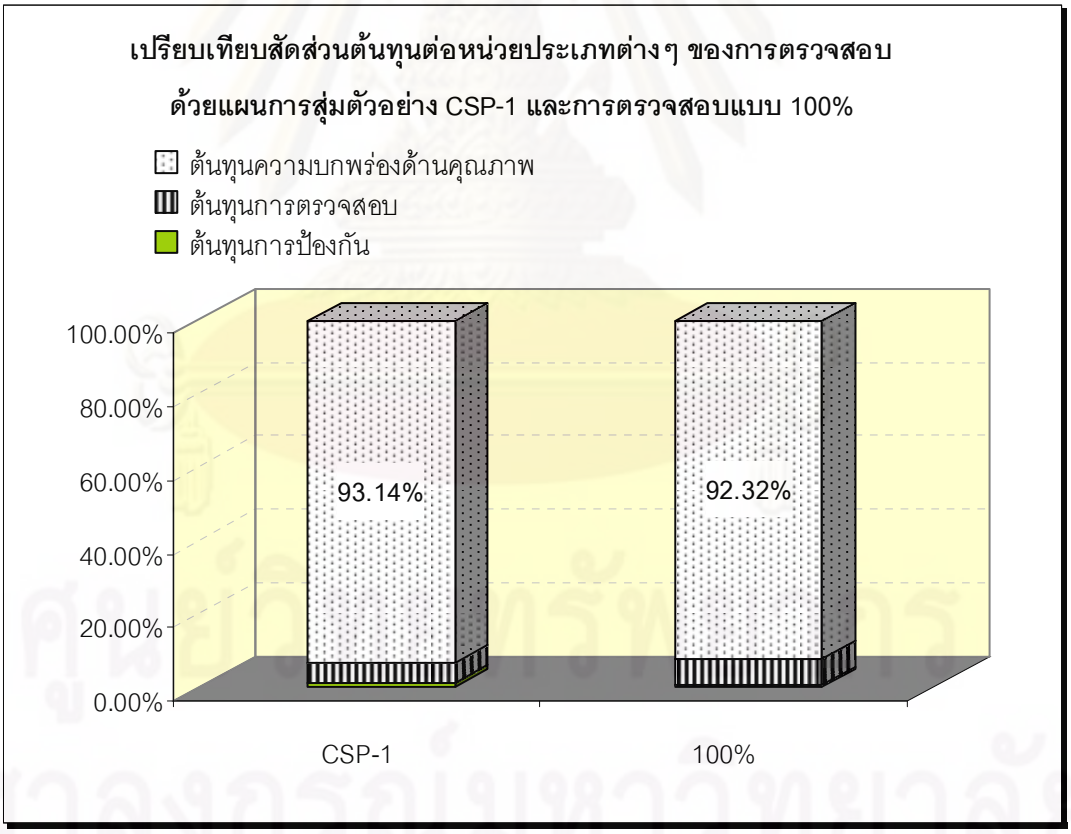
รูปที่ 6.10 สัดส่วนต้นทุนประเภทต่างๆ ในต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตสำหรับการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1

6.5 การเปรียบเทียบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 กับการตรวจสอบแบบ 100%

ในการเปรียบเทียบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ที่ได้กับการตรวจสอบแบบ 100% จะทำการเปรียบเทียบ 2 เรื่อง คือ ต้นทุนที่เกี่ยวข้องต่อหน่วยที่เกิดขึ้นและสัดส่วนของจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ย

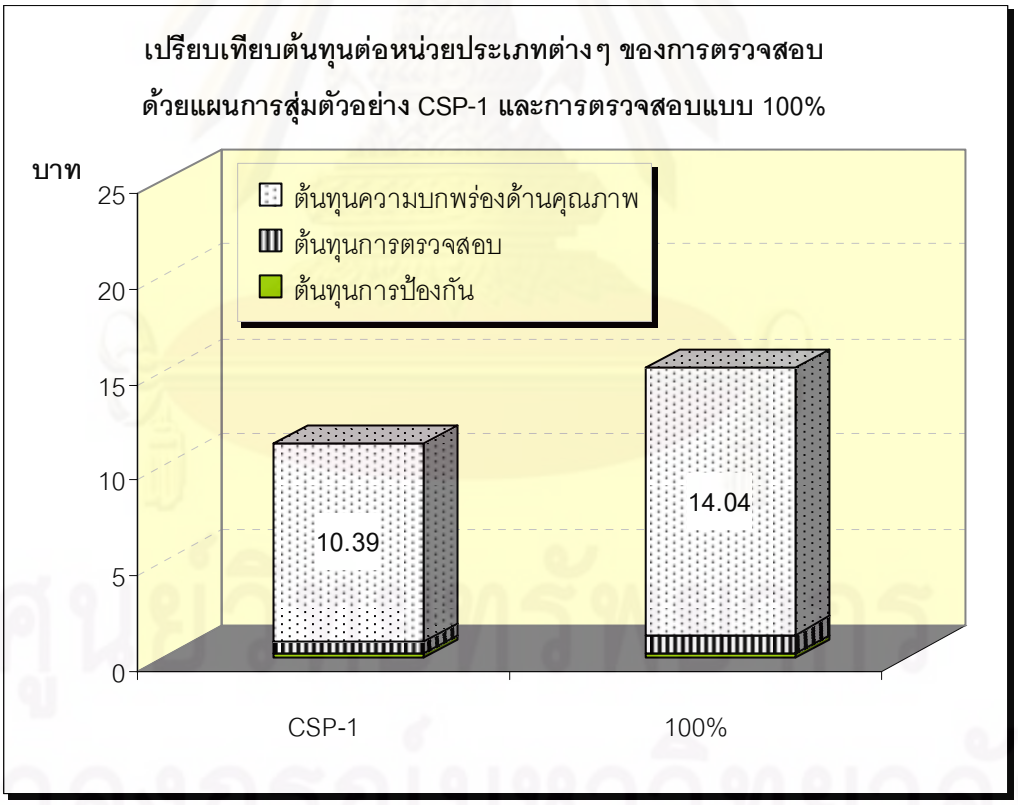
6.5.1 เปรียบเทียบต้นทุนที่เกี่ยวข้องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

จากการแสดงการคำนวณต้นทุนคุณภาพของการตรวจสอบแต่ละแบบในหัวข้อที่ผ่านมา สรุปได้ว่าต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตของการตรวจสอบแบบ 100% เท่ากับ 15.21 บาท/ ชิ้น และต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตของการตรวจสอบโดยใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 เท่ากับ 11.16 บาท/ ชิ้น ซึ่งแสดงว่าต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตของการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 มีค่าน้อยกว่าการตรวจสอบแบบ 100% อยู่ 4.05 บาท หรือคิดเป็น 26.64% ของต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตของการตรวจสอบแบบ 100% ซึ่งหากปริมาณการผลิตสมมติให้มีค่าเท่ากับ 100,000 ชิ้น จะมีต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตลดลงประมาณ 405,000 บาทต่อเดือนหากเปลี่ยนการตรวจสอบจากการตรวจสอบแบบ 100% ไปใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1



รูปที่ 6.11 เปรียบเทียบสัดส่วนของต้นทุนประเภทต่างๆ ในต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตระหว่างการตรวจสอบแบบ 100% และการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1

จากรูปที่ 6.11 แสดงว่าต้นทุนหลักในต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตของการตรวจสอบทั้งสองประเภท คือ ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพเช่นเดียวกัน โดยคิดเป็น 93.14% สำหรับแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และคิดเป็น 92.32% สำหรับการตรวจสอบแบบ 100% และ จากรูปที่ 6.12 แสดงให้เห็นว่าส่วนต่างของต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตระหว่างการตรวจสอบแบบ 100% และการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 นั้นเนื่องมาจากต้นทุนคุณภาพในส่วนต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 มีค่าต่ำกว่าการตรวจสอบแบบ 100% ซึ่งต่ำลงจากเดิมเป็น 14.04 – 10.39 = 3.65 บาท หรือคิดเป็น 24% ของต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตของการตรวจสอบแบบ 100% ในส่วนของต้นทุนการป้องกันและต้นทุนการตรวจสอบระหว่างการตรวจสอบของการตรวจสอบทั้งสองแบบมีค่าที่ไม่ต่างกันมากนัก



รูปที่ 6.12 เปรียบเทียบต้นทุนประเภทต่างๆ ซึ่งประกอบอยู่ในต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตระหว่างการตรวจสอบแบบ 100% และการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1

ตารางที่ 6.4 เปรียบเทียบต้นทุนคุณภาพของการตรวจสอบสอบด้วยการตรวจสอบแบบ 100% และตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1

ประเภทของต้นทุน	ตรวจสอบแบบ 100%	แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1	เปรียบเทียบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 กับการตรวจสอบแบบ 100%
ต้นทุนการป้องกัน			
ค่าฝึกอบรมพนักงาน	0.020	0.020	=
ต้นทุนของการวางแผนคุณภาพ	0.013	0.013	=
ค่าซ่อมบำรุงเครื่องตรวจสอบ	0.100	0.100	=
ต้นทุนการตรวจสอบ			
ต้นทุนของการสุ่มตัวอย่างชิ้นส่วนที่ใช้ประกอบ HSA	0.004	0.004	=
ต้นทุนของการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์	1.031	0.628	<
ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ			
ต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่อง	2.861	1.742	<
ต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่อง	0.040	0.025	<
ต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่อง	0	1.845	>
ต้นทุนในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง	11.140	6.782	<

6.5.2 เปรียบเทียบสัดส่วนของจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ยหรือค่า *AFI*

นอกจากการเปรียบเทียบต้นทุนซึ่งเป็นต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตแล้ว สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ย ก็เป็นสิ่งที่ควรนำมาเปรียบเทียบระหว่างการสุ่มตัวอย่างกับการตรวจสอบแบบ 100% เนื่องจากสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ยหรือค่า AFI เป็นตัววัดแผนการสุ่มตัวอย่างตัวหนึ่ง การตรวจสอบแบบ 100% นั้นคือการตรวจสอบทุกชิ้น ดังนั้น ค่า AFI จึงมีค่าเท่ากับ 1 ดังที่กล่าวมาแล้ว ส่วนการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ด้วยพารามิเตอร์การสุ่ม $i = 130$ และ $f = 0.07$ สำหรับกระบวนการผลิตที่เป็นกรณีศึกษาซึ่งมีค่า $p = 0.023$ มีค่า AFI สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$AFI = \frac{f}{f + (1-f)q^i} = \frac{0.07}{0.07 + (1-0.07)(1-0.023)^{130}} = 0.609$$

ค่า AFI ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 มีค่าเท่ากับ 0.609 ซึ่งหมายถึงในช่วงเวลาหนึ่งๆ มีสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ยเป็น 60.9% นั่นหมายถึงหากเปลี่ยนการตรวจสอบจากการตรวจสอบแบบ 100% ไปเป็นแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ที่ได้จะสามารถลดการตรวจสอบลงได้ 39.1%

6.5.3 เปรียบเทียบผลผลิต (Productivity) จากสายการผลิต

เปรียบเทียบผลผลิตจากสายการผลิตที่ได้จากการตรวจสอบทั้งสองแบบ ซึ่งพิจารณาได้ดังนี้

1. การตรวจสอบแบบ 100%

รอบเวลาการผลิตของกรณีศึกษาที่แสดงไว้ในบทที่ 3 นั้นแสดงให้เห็นว่าจุดที่เป็นคอขวดของสายการผลิต คือ จุดปฏิบัติการ FVMI ซึ่งในปัจจุบันได้พัฒนาลดเวลาการผลิต ณ จุดปฏิบัติการนี้แล้ว ซึ่งผลผลิตใหม่นี้เป็น 200 ชิ้นต่อชั่วโมง จุดปฏิบัติการ Coating ซึ่งเป็นจุดคอขวดถัดมาก็มาการปรับปรุงให้มีผลผลิตจากจุดนั้นเพิ่มขึ้นเช่นกันโดยผลผลิตใหม่ที่ได้คือ 177 ชิ้นต่อชั่วโมง ดังนั้นจุดที่เป็นคอขวดของสายการผลิตหลังการปรับปรุงทั้งสองจุดปฏิบัติการนั้น คือ จุดปฏิบัติการ QST ซึ่งมีผลผลิตต่อชั่วโมงเป็น 155 ชิ้นต่อชั่วโมง หากใช้การตรวจสอบเป็นแบบ 100% ซึ่งเป็นรูปแบบที่ของการตรวจสอบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และหากคิดเวลาที่ใช้ในการผลิตต่อวันเป็น 23 ชั่วโมง ผลผลิต ที่ได้ต่อสายการผลิตคิดเป็น 3565 ชิ้นต่อวัน

2. การตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1

หากนำการสุ่มตัวอย่างมาใช้ ณ จุดปฏิบัติการ QST นั้น ผลผลิตที่ออกมาจากจุดปฏิบัติการนี้เป็น $\frac{Current_UPH}{AFI} = \frac{155}{0.609} = 254$ ชิ้นต่อชั่วโมง ซึ่งทำให้จุดปฏิบัติการ QST จุดที่เป็นคอขวด ไม่ใช่จุดที่เป็นคอขวดอีกต่อไป จุดปฏิบัติการถัดมาที่มีรอบเวลาการผลิตสูงลำดับถัดมาคือ จุดปฏิบัติการ USTB ซึ่งมีผลผลิตเป็น 165 ชิ้นต่อชั่วโมง หากไม่มีการปรับปรุงรอบเวลาการผลิต ณ จุดนี้ ผลผลิตจากสายการผลิตจะขึ้นอยู่กับจุดปฏิบัติการนี้ ซึ่งเท่ากับ 165 ชิ้นต่อชั่วโมง หากคิดเวลาที่ใช้ในการผลิตต่อวันเป็น 23 ชั่วโมง ผลผลิตที่ได้ต่อสายการผลิตคิดเป็น 3795 ชิ้นต่อวัน

ตารางที่ 6.5 รอบเวลาของการผลิตหัวอ่านเขียน HSA ในแต่ละจุดปฏิบัติการเปรียบเทียบระหว่างก่อนการปรับปรุงรอบเวลาการผลิตที่จุดปฏิบัติการ FVMI และ Coating หลังการปรับปรุงรอบเวลาการผลิตที่จุดปฏิบัติการ FVMI และ Coating และเมื่อมีการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 แทนการตรวจสอบแบบ 100% ที่จุดปฏิบัติการ QST

ขั้นตอนการผลิต	การตรวจสอบแบบ 100%		การสุ่มตัวอย่าง CSP-1
	UPH ก่อนการปรับปรุง หน่วย/ ชั่วโมง	UPH หลังการปรับปรุง หน่วย/ ชั่วโมง	
HGA Load	196	196	196
Unload	179	179	179
USTB	165	165	***165***
Coating	***153***	***177***	***177***
Tacking	197		
FVMI	***150***	***200***	***200***
QST	***155***	***155***	**254**
Line UPH	**150**	**155**	**165**

สรุปการเปรียบเทียบการตรวจสอบแบบ 100% และแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ได้ดังรูปที่ 6.6 ซึ่ง แบ่งหัวข้อในการเปรียบเทียบออกเป็น 3 เรื่อง คือ

1. คุณภาพผ่านออกโดยเฉลี่ยสูงสุดของผลิตภัณฑ์ในที่นี้ วัดด้วยค่า *AOQL* ซึ่งแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 จะมีคุณภาพผ่านออกโดยเฉลี่ยสูงสุดหรือจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ถูกส่งออกไปให้ลูกค้าเป็น 1% เมื่อเทียบกับการตรวจสอบแบบ 100% จะมีคุณภาพผ่านออกโดยเฉลี่ยสูงสุดหรือจำนวนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดออกไปเป็น 0%

2. ผลผลิตจากสายการผลิตเมื่อมีการตรวจสอบโดยใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 จะมีสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบเฉลี่ยเป็น 60.9% ซึ่งมากกว่าการที่ได้จากสายการผลิตที่ใช้การตรวจสอบแบบ 100% หากพิจารณาที่หนึ่งสายการผลิตในระยะเวลาหนึ่งวันจะได้ผลผลิตมากขึ้นจากปัจจุบันเป็น 230 ชิ้นต่อวัน

3. ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเมื่อใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 จะมีต้นทุนการตรวจสอบและต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพภาพใน ได้แก่ ต้นทุนการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่อง ต้นทุนการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องและต้นทุนในการวิเคราะห์หาสาเหตุของ

ผลิตภัณฑ์บกพร่องน้อยกว่าการตรวจสอบแบบ 100% แต่มีต้นทุนในการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องซึ่งเป็นต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพภายนอกมากกว่าการตรวจสอบแบบ 100% ซึ่งเมื่อคิดเป็นผลรวมของต้นทุนคุณภาพรวมต่อหน่วยผลิตภัณฑ์แล้ว การตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 จะมีต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตน้อยกว่าการตรวจสอบแบบ 100%

จะเห็นว่าแม้ว่าแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 จะมีการใช้ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตต่ำกว่าและสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตจากสายการผลิตได้ แต่ในขณะเดียวกัน ก็มีข้อด้อยในเรื่องของคุณภาพของผลิตภัณฑ์ผ่านออกโดยเฉลี่ยสูงสุด ซึ่งอาจส่งผลเสียหากลูกค้าพบผลิตภัณฑ์บกพร่องนี้ ดังนั้นจึงต้องมีการตกลงและทำความเข้าใจกับลูกค้าก่อนการนำแผนการสุ่มตัวอย่างไปใช้

ตารางที่ 6.6 เปรียบเทียบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และการตรวจสอบแบบ 100% ซึ่งหากเรื่องใดที่แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ดีกว่าการตรวจสอบแบบ 100% จะแสดงด้วยเครื่องหมาย + และหากเรื่องใดที่แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 แย่กว่าการตรวจสอบแบบ 100% จะแสดงด้วยเครื่องหมาย –

ตารางที่ 6.6 เปรียบเทียบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 กับการตรวจสอบแบบ 100%

หัวข้อในการเปรียบเทียบ	**ตรวจสอบแบบ 100%**	**ตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1**	**เปรียบเทียบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 กับการตรวจสอบแบบ 100%**
คุณภาพผ่านออกโดยเฉลี่ยสูงสุดหรือค่า *AOQL*	0	0.01	-
สัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบโดยเฉลี่ยหรือค่า *AFI*	1	0.609	+
ผลผลิตต่อวันต่อสายการผลิต	3565	3795	+
ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิต	15.21 บาท	11.16 บาท	+

บทที่ 7

การวิเคราะห์ค่าตัวแปรที่มีผลต่อแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1

7.1 บทนำ

การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) ของตัวแบบค่าใช้จ่ายเป็นการทดสอบความไวของตัวแบบค่าใช้จ่ายที่มีต่อตัวเลขหรือข้อสมมติพื้นฐานที่นำมาใช้ในตัวแบบค่าใช้จ่ายซึ่งจะเลือกทดสอบเฉพาะตัวเลขหรือข้อสมมติพื้นฐานที่มีค่าไม่แน่นอนและอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้หรือปัจจัยนั้นเป็นปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อตัวแบบค่าใช้จ่าย ทำการทดสอบความไวโดยการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวเลขและข้อสมมติพื้นฐานให้ต่างไปจากเดิมในระดับที่กำหนดหรือในระดับที่ต้องการทดสอบ จากนั้นพิจารณาผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ที่ได้จากตัวแบบค่าใช้จ่ายว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร ซึ่งในกรณีศึกษานี้ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากตัวแบบค่าใช้จ่าย คือ พารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และต้นทุนคุณภาพต่อหน่วย หากผลการวิเคราะห์ที่ได้ไม่แตกต่างไปจากเดิมหรือแตกต่างเพียงเล็กน้อยในระดับที่ไม่มีผลในทางปฏิบัติ อาจกล่าวได้ว่าตัวแบบค่าใช้จ่ายที่ได้มีความมั่นคงสามารถนำไปใช้และให้ผลการวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือและถูกต้อง แต่หากผลลัพธ์ที่ได้แตกต่างจากเดิมมาก จะสรุปได้ว่าตัวแบบค่าใช้จ่ายนี้มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยนั้นๆ และผลการวิเคราะห์ที่ได้จะขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงไปตามค่าที่เปลี่ยนแปลงไปของปัจจัยนั้นๆ ด้วย

จากสมการตัวแบบต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ของแผนการสุ่มตัวอย่างแบบ CSP-1 ของกรณีศึกษา เป็นสมการที่ขึ้นอยู่กับตัวแปร 2 ประเภท คือ

1. สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการผลิตหรือค่า p

สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการผลิตหรือค่า p เป็นตัวแปรที่มีความสำคัญกับต้นทุนคุณภาพต่อหน่วย เนื่องจากหากค่า p มีการเปลี่ยนแปลงก็จะส่งผลให้ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยเปลี่ยนแปลงไปด้วย นอกจากนี้ค่า p เป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับค่าคุณภาพผ่านออกโดยเฉลี่ยสูงสุดหรือค่า $AOQL$ ของผลิตภัณฑ์ โดยค่านี้บอกถึงสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่มากที่สุดที่ผ่านออกไปยังลูกค้าหลังจากตรวจสอบด้วยการสุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญตัวหนึ่งที่เป็นตัวกำหนดแผนการสุ่มตัวอย่างด้วย

2. ต้นทุนต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

ต้นทุนต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ต้นทุนในการตรวจสอบต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ตรวจสอบ ต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่อง เป็นต้น ซึ่งจากข้อสรุปที่ได้ในบทที่ 6 แสดงว่า ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพเป็นต้นทุนที่มีสัดส่วนมากที่สุดของต้นทุนทั้งหมดต่อหน่วย ซึ่งคิดเป็น 97.75% ดังนั้นต้นทุนส่วนนี้จึงเป็นต้นทุนที่มีผลต่อต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยมากกว่าต้นทุนในส่วนอื่นๆ ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ แบ่งเป็น ต้นทุนในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง 70.38% ของต้นทุนความบกพร่องต่อหน่วย ต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง 18.40% ของต้นทุนความบกพร่องต่อหน่วย ต้นทุนในการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่อง 11.17% ของต้นทุนความบกพร่องต่อหน่วยและต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถนำไปใช้ได้ 0.05% ของต้นทุนความบกพร่องต่อหน่วยซึ่งต้นทุนในส่วนสุดท้ายนี้มีสัดส่วนน้อยมากเมื่อเทียบกับต้นทุนในส่วนอื่นๆ

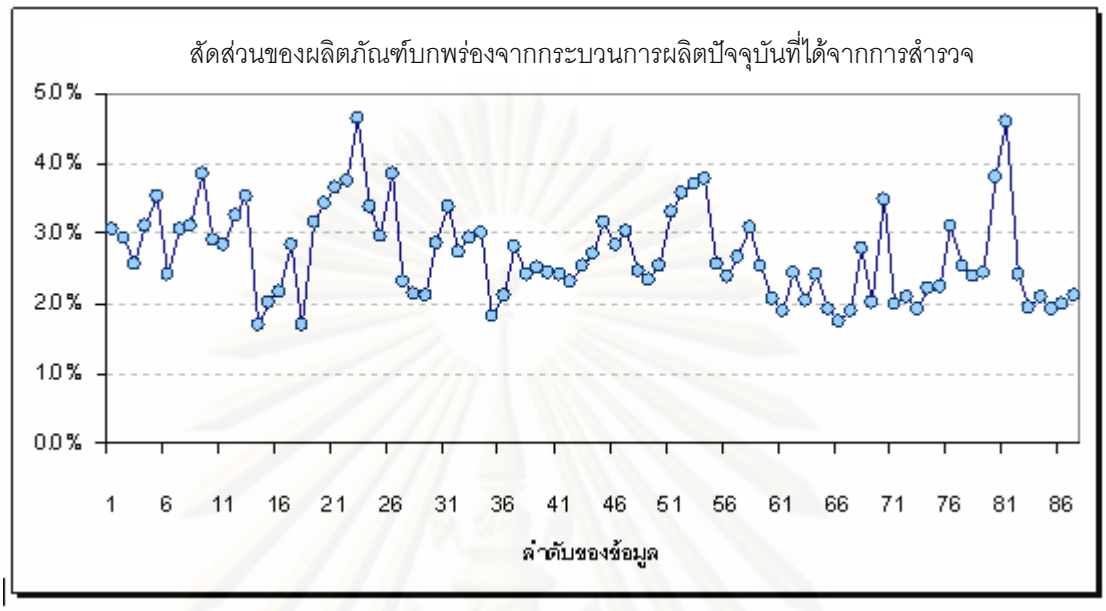
ดังนั้นในบทนี้จะวิเคราะห์ค่าตัวแปรที่คาดว่าจะมีผลต่อแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 สำหรับตัวแปรดังนี้

1. สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการผลิตหรือค่า p

2. ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพต่อหน่วย 3 ส่วน คือ ต้นทุนในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง ต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยและต้นทุนในการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ตรวจสอบไม่พบ

7.2 ผลของตัวแปรสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการผลิต

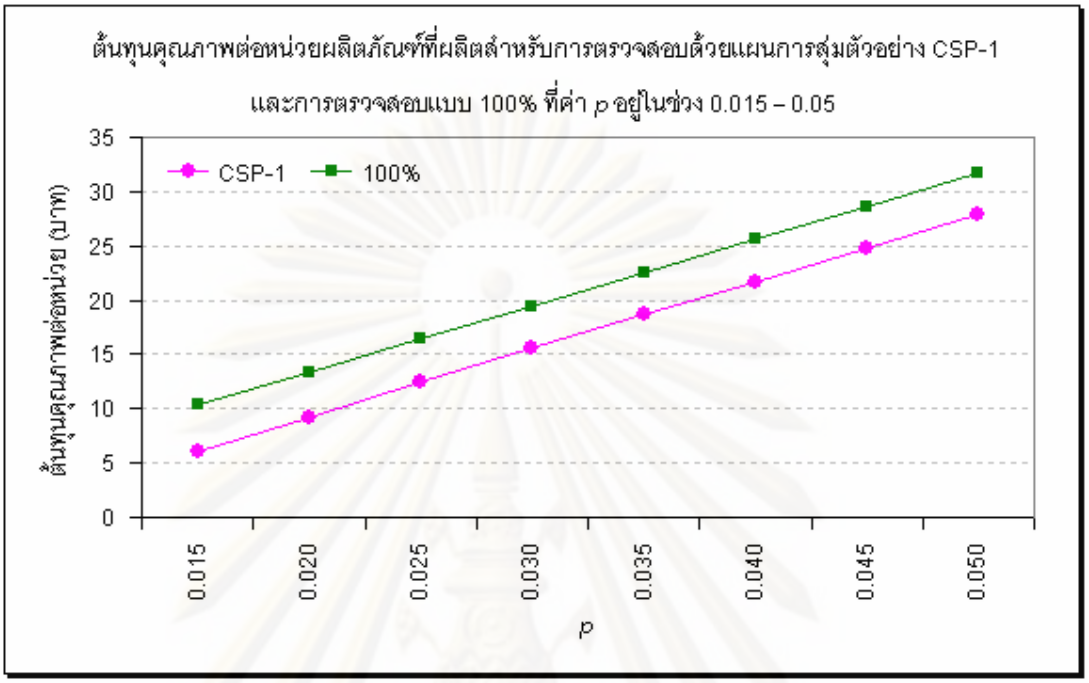
การศึกษาถึงผลของสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือค่า p ที่มีต่อแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หากสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องมีการเปลี่ยนแปลงไปเริ่มจากการสำรวจและเก็บข้อมูลสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการผลิตปัจจุบันในช่วงเวลา 3 เดือน พบว่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องมีค่าต่ำสุดอยู่ที่ 0.015 และมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 0.047 สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สำรวจได้แสดงดังรูปที่ 7.1 ดังนั้นจะศึกษาผลของสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่มีต่อแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ในช่วงของค่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือค่า p ครอบคลุมช่วงนี้ ดังนั้นจะเลือกช่วงของค่า p ที่จะศึกษาระหว่าง 0.015 ถึง 0.05 โดยการเปลี่ยนค่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่อง ตั้งแต่ 0.015 ถึง 0.05 โดยเพิ่มขึ้นทีละ 0.005 และกำหนดให้ค่าตัวแปรอื่นๆมีค่าคงที่ ซึ่งผลจากการศึกษาแสดงดังตารางที่ 7.1



รูปที่ 7.1 สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการผลิตปัจจุบันที่ได้จากการสำรวจ

ตารางที่ 7.1 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของค่า p ในช่วง 0.015 และ 0.05 ที่มีต่อพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 (i, f) สัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบโดยเฉลี่ยหรือค่า AFI และต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

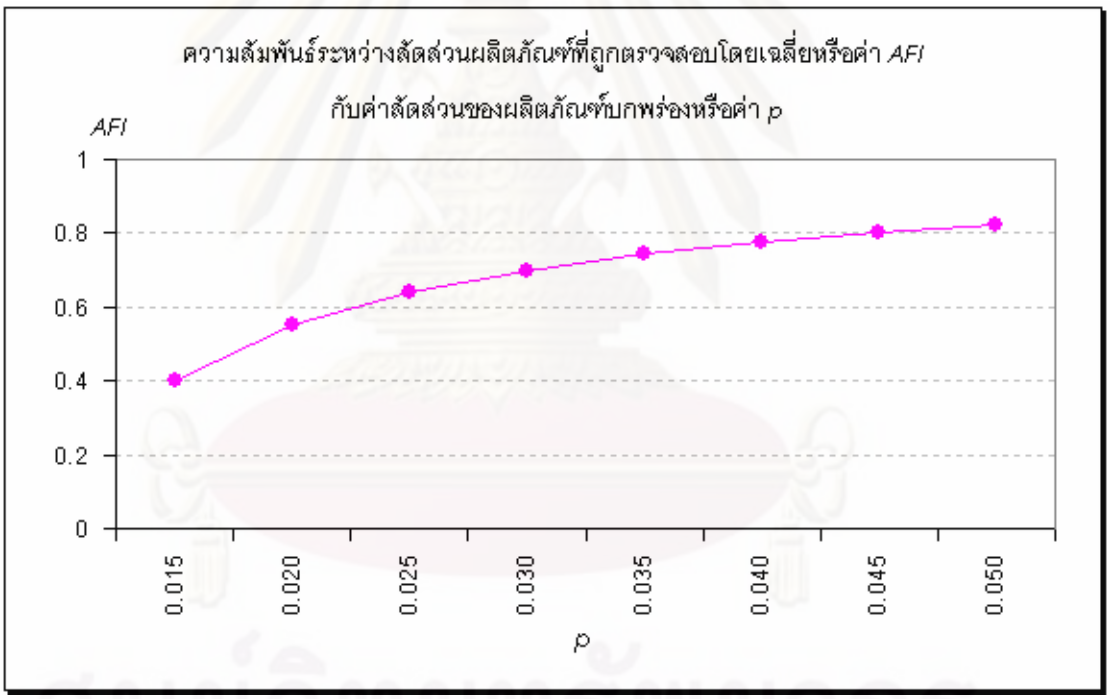
p	i	f	AFI	$E(C_{CSP-1})$	$E(C_{100\%})$
0.015	387	0.002	0.400	6.058	10.326
0.020	48	0.317	0.550	9.265	13.378
0.025	111	0.097	0.640	12.411	16.431
0.030	81	0.165	0.700	15.525	19.483
0.035	21	0.578	0.744	18.631	22.536
0.040	53	0.286	0.777	21.735	25.588
0.045	15	0.669	0.801	24.810	28.641
0.050	39	0.384	0.822	27.892	31.693



รูปที่ 7.2 ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตสำหรับการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และการตรวจสอบแบบ 100% ที่ค่า p เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 0.015 – 0.050

ตารางที่ 7.1 แสดงถึงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของค่า p ในช่วง 0.015 และ 0.05 ที่มีต่อพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 (i, f) สัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบโดยเฉลี่ยหรือค่า AFI และต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ โดยแสดงทั้งต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยของการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และการตรวจสอบแบบ 100% ซึ่งแทนด้วยตัวแปร $E(C_{100\%})$ สามารถสรุปได้ว่าหากเพิ่มค่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่อง p ขึ้นจะส่งผลให้ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และการตรวจสอบแบบ 100% เพิ่มขึ้นด้วยแนวโน้มเดียวกัน โดยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 จะให้ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ต่ำกว่าการตรวจสอบแบบ 100% ตลอดทั้งช่วงของค่า p ที่ทำการศึกษา นั่นหมายถึงแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 เป็นทางเลือกที่เหมาะสมกว่าการตรวจสอบแบบ 100% หากพิจารณาถึงความประหยัด ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์กับการเปลี่ยนแปลงของค่า p แสดงได้ดังรูปที่ 7.2 โดยแกนนอน คือ ค่า p ซึ่งมีค่าระหว่าง 0.015 - 0.05 และแกนตั้ง คือ ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

นอกจากนี้จากข้อมูลในตารางที่ 7.1 ยังสามารถสรุปได้ว่าหากเพิ่มค่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือค่า p ขึ้น จะส่งผลให้พารามิเตอร์ i และ f ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ที่เหมาะสมจะแกว่งขึ้นลง โดยที่ i มีแนวโน้มลดลงและ f มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาที่ค่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบโดยเฉลี่ยหรือค่า AFI จะพบว่าค่า AFI มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเข้าใกล้ 1 ตามการเพิ่มขึ้นของค่า p ซึ่งสรุปได้ว่าการตรวจสอบที่เหมาะสมมีแนวโน้มจะเปลี่ยนจากแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ไปเป็นการตรวจสอบแบบ 100% หากค่า p เพิ่มมากขึ้น ความสัมพันธ์ระหว่างค่า p และค่า AFI แสดงได้ดังรูปที่ 7.3 โดยในรูป แกนนอน คือ ค่า p ซึ่งมีค่าระหว่าง 0.015 - 0.05 และแกนตั้ง คือ ค่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบโดยเฉลี่ยหรือค่า AFI



รูปที่ 7.3 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบโดยเฉลี่ยหรือค่า AFI กับค่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือค่า p

7.3 ผลของต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพต่อหน่วย

ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพต่อหน่วยเป็นต้นทุนที่เป็นสัดส่วนที่มากที่สุดของต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยทั้งหมดซึ่งคิดเป็น 93.14% สำหรับแผนการสุ่มที่เหมาะสมที่ได้จากตัวแบบต้นทุน

คุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิต $i = 130$, $f = 0.07$ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนต่อหน่วยในส่วนนี้จึงเป็นส่วนที่จะทำให้ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยเปลี่ยนแปลงไปได้มากที่สุด

7.3.1 ผลของต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วย

ต้นทุนในการซ่อมหรือแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่อง เป็นต้นทุนที่คิดจากค่าวัสดุและค่าแรงที่ใช้ในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง โดยต้นทุนในส่วนของวัสดุจะเป็นต้นทุนที่ใช้ในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องมากกว่าค่าแรง จากต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องในบทที่ 5 แสดงว่า ต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยมีค่า 125 บาท ซึ่งแบ่งเป็นค่าวัสดุเท่ากับ 100 บาทซึ่งคิดเป็นสัดส่วน 80% ของต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยและค่าแรง 25 บาทซึ่งคิดเป็นสัดส่วน 20% ของต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วย ดังนั้นในการศึกษาถึงผลของต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือค่า c_{RW} ที่มีต่อพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 (i, f) และต้นทุนต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 นั้น จะศึกษาโดยพิจารณาผลของการเปลี่ยนแปลงของค่าวัสดุซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่ของต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วย

จากการสำรวจข้อมูลของกรณีศึกษาพบว่าค่าวัสดุที่ใช้นั้นมีราคาไม่คงที่โดยจะมีราคาสูงในช่วงที่เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่และราคาจะลดลงตามระยะเวลาที่ผลิตภัณฑ์นั้นอยู่ในตลาดซึ่งราคาวัสดุของผลิตภัณฑ์ที่เป็นกรณีศึกษานั้นมีราคา 300 บาทต่อหน่วยเมื่อช่วงที่ผลิตภัณฑ์เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่และมีราคา 50 บาทต่อหน่วยในปัจจุบัน ดังนั้นจะศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงของค่าวัสดุระหว่าง 50-300 บาทต่อหน่วย โดยจะศึกษาเพิ่มขึ้นทีละ 50 บาทและกำหนดให้ค่าตัวแปรอื่นๆมีค่าคงที่ ผลที่ได้จากการศึกษาแสดงได้ดังตารางที่ 7.2 ซึ่งแสดงถึงผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือค่า c_{RW} เนื่องจากค่าวัสดุที่ใช้ซ่อมมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 50 – 300 บาท ที่มีต่อพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 (i, f) ต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของการตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือค่า $E(c_{RW})$ ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของการตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือค่า $E(C_{CSP-1})$ ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเมื่อใช้การตรวจสอบแบบ 100% หรือค่า $E(C_{100\%})$ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า หากเพิ่มต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือค่า c_{RW} พบว่า

- พารามิเตอร์ i ที่เหมาะสมจะเพิ่มขึ้น สัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบโดยเฉลี่ยหรือค่า AFI ลดลง เนื่องจากเมื่อต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องเพิ่มขึ้น แผนการสุ่มตัวอย่างที่จะให้ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยต่ำ จึงควรเป็นแผนที่มีการตรวจสอบน้อยลง เพื่อเลี่ยงการตรวจสอบพบผลิตภัณฑ์บกพร่องและเลี่ยงการเสียต้นทุนในส่วนนี้

- ต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของการตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือค่า $E(c_{RW})$ ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของการตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือค่า $E(C_{CSP-1})$ และต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเมื่อใช้การตรวจสอบแบบ 100% หรือค่า $E(C_{100\%})$ จะเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือค่า c_{RW} ซึ่งความสัมพันธ์ของต้นทุนทั้ง 3 ส่วนต่อค่าวัสดุที่ใช้ในการซ่อมต่อหน่วยแสดงดังรูปที่ 7.4 โดยแกนนอน คือ ค่าวัสดุที่ใช้ในการซ่อมต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องและแกนตั้ง คือ ต้นทุนต่อหน่วยหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตทั้ง 3 ส่วน

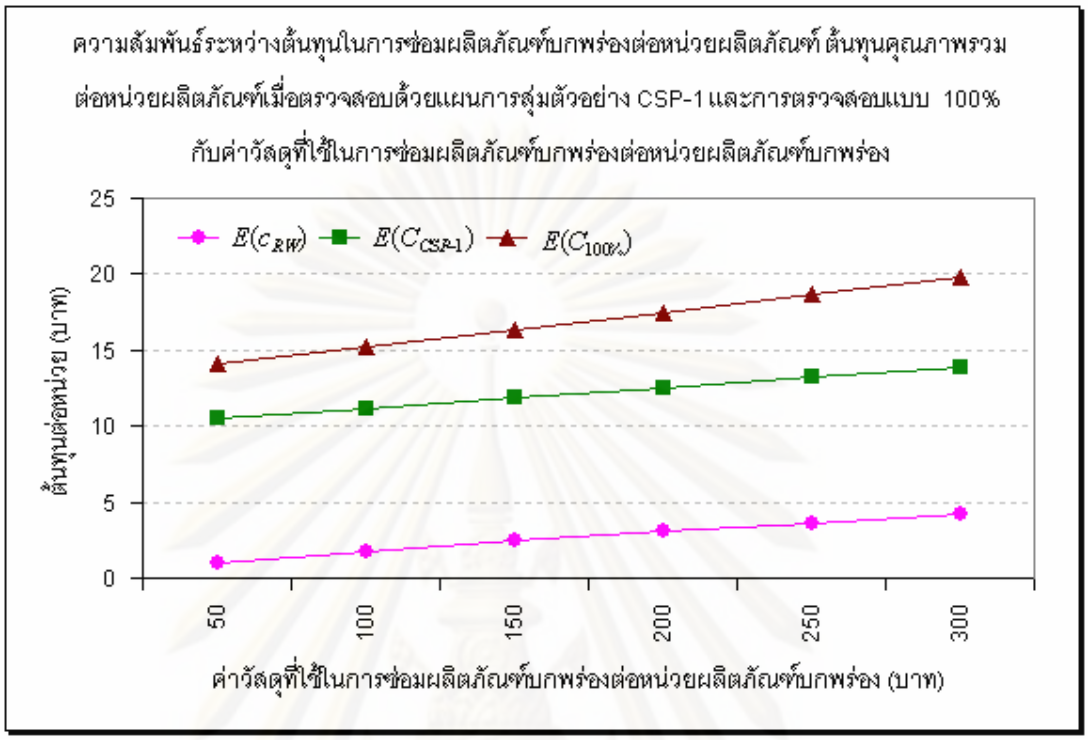
- พารามิเตอร์ i และพารามิเตอร์ f ที่ให้ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตต่ำที่สุดจะมีการเปลี่ยนแปลงเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่ค่าวัสดุอยู่ระหว่าง 50 ถึง 200 บาทและช่วงที่ค่าวัสดุอยู่ระหว่าง 250 ถึง 300 บาท โดยในช่วงที่ค่าวัสดุอยู่ระหว่าง 50 ถึง 200 บาทนี้ พารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i และพารามิเตอร์ f ที่ให้ต้นทุนคุณภาพรวมต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตต่ำที่สุดคือ $i = 130, f = 0.07$ ซึ่งในช่วงนี้ค่าวัสดุที่ใช้ในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องมีค่าน้อย ทำให้ต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องไม่ได้มีผลต่อต้นทุนคุณภาพรวมต่อหน่วยมากนัก ดังนั้นต้นทุนคุณภาพรวมต่อหน่วยจะขึ้นอยู่กับต้นทุนในส่วนอื่นๆ ด้วย เช่น ต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่อง ต้นทุนในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง ดังนั้นจุดที่มีต้นทุนรวมต่ำที่สุดจึงเป็นจุดที่ได้ข้างต้น ส่วนในช่วงที่วัสดุที่ใช้ในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องอยู่ระหว่าง 250 ถึง 300 บาท พารามิเตอร์ i และพารามิเตอร์ f ที่ให้ต้นทุนคุณภาพรวมต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตต่ำที่สุดคือ $i = 75, f = 0.185$ ซึ่งในช่วงนี้ค่าวัสดุที่ใช้ในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องมีค่าสูงจนส่งผลให้ต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องมีผลต่อต้นทุนคุณภาพรวมต่อหน่วยผลิตภัณฑ์มากกว่าต้นทุนคุณภาพส่วนอื่นๆ ดังนั้นต้นทุนคุณภาพรวมต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจะขึ้นอยู่กับต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่อง ซึ่งพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ที่ให้ต้นทุนคุณภาพรวมต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตต่ำที่สุด คือ จุดที่มีต้นทุนในการ

ซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่ำที่สุด นั่นคือที่ $i = 75, f = 0.185$ เมื่อเปรียบเทียบพารามิเตอร์ i และพารามิเตอร์ f ระหว่าง 2 ช่วงนี้จะพบว่าพารามิเตอร์ i มีแนวโน้มลดลงและพารามิเตอร์ f มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

- แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ยังคงให้ต้นทุนคุณภาพรวมต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตต่ำกว่าการตรวจสอบแบบ 100% ตลอดทั้งช่วงของราคาวัสดุที่ใช้ในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ทำการศึกษา

ตารางที่ 7.2 ผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือค่า c_{RW} เนื่องจากค่าวัสดุที่ใช้ซ่อมมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 50 – 300 บาท ที่มีต่อพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 (i, f) ต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของการตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือค่า $E(c_{RW})$ ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของการตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือค่า $E(C_{CSP-1})$ ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเมื่อใช้การตรวจสอบแบบ 100% หรือค่า $E(C_{100\%})$

ค่าวัสดุ (บาท)	c_{RW}	i	f	AFI	$E(c_{RW})$	$E(C_{CSP-1})$	$E(C_{100\%})$
50	75	130	0.07	0.609	1.05	10.46	14.07
100	125	130	0.07	0.609	1.74	11.16	15.21
150	175	130	0.07	0.609	2.44	11.85	16.35
200	225	130	0.07	0.609	3.13	12.55	17.50
250	275	75	0.185	0.565	3.56	13.25	18.64
300	325	75	0.185	0.565	4.20	13.84	19.79



รูปที่ 7.4 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ ต้นทุนคุณภาพรวมต่อหน่วยผลิตภัณฑ์เมื่อตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และการตรวจสอบแบบ 100% กับค่าวัสดุที่ใช้ในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่อง

7.3.2 ผลของต้นทุนที่เกิดจากการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง

ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องในกรณีศึกษานี้จะกระทำโดยช่างเทคนิคซึ่งเป็นผู้ควบคุมและดูแลเครื่องตรวจสอบ โดยเริ่มจากการทำการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องชั้นต้นรวมถึงการหยุดเครื่องตรวจสอบเพื่อค้นหาความผิดปกติที่เกิดขึ้น ต้นทุนที่เกิดจากการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือค่า c_{TS} เป็นต้นทุนที่คิดจากค่าแรงช่างเทคนิค ค่าชิ้นงานมาตรฐานที่ใช้ในการช่วยวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องและความสูญเสียที่เกิดจากการหยุดเครื่องตรวจสอบซึ่งค่าใช้จ่ายในส่วนสุดท้ายนี้เป็นค่าใช้จ่ายที่มีสัดส่วนมากที่สุดโดยในกรณีศึกษานี้มีสัดส่วนมากถึง 65% ดังนั้นในการศึกษาถึงผลของการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์และแก้ไขสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือค่า c_{TS} ที่มีผลต่อแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และต้นทุนต่อหน่วยของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 นั้น จะศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงความสูญเสียที่เกิดจากการหยุดเครื่องตรวจสอบซึ่ง

ในกรณีศึกษานี้จะพิจารณาความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการเสียโอกาสที่จะได้กำไรที่สูญเสียไปในช่วงเวลาที่เครื่องตรวจสอบหยุดทำงาน โดยความสูญเสียจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยจึงขึ้นอยู่กับกำไรต่อหน่วยผลิตภัณฑ์และระยะเวลาที่เครื่องตรวจสอบหยุดทำงาน

7.3.2.1 **ผลของการเปลี่ยนแปลงกำไรต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่มีต่อแผนการสุ่มตัวอย่าง** CSP-1 **และต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์**

ในการวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ของกรณีศึกษานี้มีการใช้กำไรต่อหน่วยผลิตภัณฑ์เป็น 3% ของราคาขาย ซึ่งกำไรต่อหน่วยผลิตภัณฑ์นี้อาจมีค่ามากกว่า 3% ดังนั้นจะทำการศึกษาถึงผลของการเปลี่ยนแปลงกำไรต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่มีต่อแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ ระหว่างช่วง 1% ถึง 10% ซึ่งเป็นช่วงที่คาดว่าครอบคลุมกำไรที่ต่ำที่สุดและสูงที่สุดของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 7.3 แสดงถึงผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของต้นทุนในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือค่า c_{TS} เนื่องจากการสูญเสียกำไรต่อหน่วยผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 1% ถึง 10% ที่มีต่อพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 (i, f) ต้นทุนในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของการตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือค่า $E(c_{TS})$ ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของการตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือค่า $E(C_{CSP-1})$ ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเมื่อใช้การตรวจสอบแบบ 100% หรือค่า $E(C_{100\%})$ ซึ่งจากข้อมูลในตารางสรุปได้ว่า

- เมื่อกำไรต่อหน่วยผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสูญเสียต่อการหยุดเครื่องตรวจสอบต่อครั้งที่พบผลิตภัณฑ์บกพร่องเพิ่มมากขึ้นซึ่งหมายถึงต้นทุนในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องที่พบหรือค่า c_{TS} สูงขึ้นด้วย

- พารามิเตอร์ i และพารามิเตอร์ f ที่ให้ต้นทุนคุณภาพรวมต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตต่ำที่สุดจะมีการเปลี่ยนแปลงเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่กำไรต่อหน่วยผลิตภัณฑ์อยู่ระหว่าง 1% - 4% และช่วงที่กำไรต่อหน่วยผลิตภัณฑ์อยู่ระหว่าง 6% - 10% โดยในช่วงที่กำไรต่อหน่วยผลิตภัณฑ์อยู่ระหว่าง 1% - 4% นี้ พารามิเตอร์ของ i และพารามิเตอร์ f ที่ให้ต้นทุนคุณภาพรวมต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตต่ำที่สุดคือ $i = 130, f = 0.07$ ซึ่งเป็นแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับกรณีศึกษาที่ได้จากตัวแบบต้นทุน เนื่องจากในช่วงนี้กำไรต่อหน่วยผลิตภัณฑ์มีค่าไม่มากนักทำให้ความสูญเสียที่เกิดจากการหยุดเครื่องตรวจสอบไม่สูงนัก ทำให้ต้นทุนในการหา

สาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องมีค่าน้อยและไม่มีผลต่อแผนการสุ่มตัวอย่าง ดังนั้นแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมจึงเป็นแผนการสุ่มตัวอย่างเดิมที่ได้ในข้างต้น ส่วนในช่วงที่กำไรต่อหน่วยผลิตภัณฑ์อยู่ระหว่าง 6%-10% นี้ พารามิเตอร์ i และพารามิเตอร์ f ที่ให้ต้นทุนคุณภาพรวมต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตต่ำที่สุดเปลี่ยนไปเป็น $i = 75, f = 0.185$ เนื่องจากในช่วงนี้กำไรต่อหน่วยผลิตภัณฑ์มีค่ามากทำให้เกิดความสูญเสียเนื่องจากการหยุดเครื่องตรวจสอบมากขึ้นด้วย ส่งผลให้ต้นทุนในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องมีผลต่อต้นทุนคุณภาพรวมต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตและแผนการสุ่มตัวอย่าง โดยแผนการสุ่มตัวอย่างที่ให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุด คือแผนการสุ่มตัวอย่างที่มีต้นทุนในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องที่พบต่ำที่สุด นั่นคือที่ $i = 75, f = 0.185$ เมื่อเปรียบเทียบพารามิเตอร์ i และพารามิเตอร์ f ระหว่าง 2 ช่วงนี้จะพบว่าพารามิเตอร์ i มีแนวโน้มลดลงและพารามิเตอร์ f มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

- ต้นทุนในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของการตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือค่า $E(c_{TS})$ ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของการตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือค่า $E(C_{CSP-1})$ จะเพิ่มขึ้นตามต้นทุนในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือค่า c_{TS}

- แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ยังคงให้ต้นทุนคุณภาพรวมต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตหรือค่า $E(C_{CSP-1})$ ต่ำกว่าต้นทุนคุณภาพรวมต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตของตรวจสอบแบบ 100% หรือค่า $E(C_{100\%})$ ตลอดทั้งช่วงของการเปลี่ยนแปลงของกำไรต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.3 ผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของต้นทุนในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือค่า c_{TS} เนื่องจากการสูญเสียกำไรต่อหน่วยผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงในช่วง 1% - 10% ที่มีต่อพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 (i, f) ต้นทุนในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของการตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือค่า $E(c_{TS})$ ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของการตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือค่า $E(C_{CSP-1})$ ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเมื่อใช้การตรวจสอบแบบ 100% หรือค่า $E(C_{100\%})$

กำไร / หน่วย (บาท)	c_{TS}	i	f	AFI	$E(c_{TS})$	$E(C_{CSP-1})$	$E(C_{100\%})$
1%	200.33	130	0.070	0.609	2.81	7.18	8.68
2%	342.54	130	0.070	0.609	4.80	9.17	11.95
3%	484.36	130	0.070	0.609	6.78	11.16	15.21
4%	626.96	130	0.070	0.609	8.78	13.15	18.49
5%	769.18	75	0.185	0.565	10.00	15.01	21.76
6%	911.39	75	0.185	0.565	11.85	16.86	25.03
7%	1053.60	75	0.185	0.565	13.70	18.71	28.30
8%	1195.81	75	0.185	0.565	15.55	20.56	31.57
9%	1338.03	75	0.185	0.565	17.39	22.40	34.84
10%	1480.24	75	0.185	0.565	19.24	24.25	38.12

7.3.2.2 ผลของการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่มีแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

ในการหาพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ในบทที่ 6 นั้นเป็นการวิเคราะห์ภายใต้ข้อสมมติที่ว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องของแผนการสุ่มตัวอย่างแบบ CSP-1 จะเท่ากับการตรวจสอบแบบ 100% ซึ่งในความเป็นจริงหากนำแผนการสุ่มตัวอย่างไปใช้ในกระบวนการผลิตแทนที่การตรวจสอบแบบ 100% อาจมีการใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์หาสาเหตุมากกว่าระยะเวลาที่ใช้เมื่อมีการตรวจสอบแบบ 100% เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบแบบสุ่มตัวอย่างจะมีจำนวนข้อมูลน้อยกว่าการตรวจสอบ

แบบ 100% ซึ่งอาจทำให้ต้องใช้เวลาในการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์สาเหตุของความบกพร่องนานขึ้นซึ่งอาจส่งผลให้ข้อสรุปเกี่ยวกับแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นจะทดสอบความมั่นคงของข้อสรุปที่ได้ในเรื่องพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมและต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยด้วยการเปลี่ยนแปลงข้อสมมติฐานในเรื่องของระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องของแผนการตรวจสอบแบบ CSP-1 ให้แตกต่างออกไป โดยจะกำหนดข้อสมมติในส่วนนี้ใหม่ว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องสำหรับการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 นานกว่าที่ใช้ในการตรวจสอบแบบ 100% โดยกำหนดให้ระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องสำหรับการตรวจสอบแบบ 100% คงที่แต่เพิ่มระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องสำหรับการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ขึ้น โดยกำหนดระยะเวลาที่ใช้วิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่จะนำมาพิจารณาเป็นเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของเวลาที่ใช้เมื่อตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 กับที่ใช้ในการตรวจสอบแบบ 100% กำหนดให้ผลต่างของระยะเวลานี้เป็นตัวแปร t_{TS} จะเริ่มพิจารณาตั้งแต่กรณีที่ระยะเวลาในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องของการตรวจสอบทั้งสองแบบไม่มีความแตกต่างกันไปจนถึงมีความแตกต่างกัน 100% โดยจะพิจารณาความแตกต่างนี้เพิ่มขึ้นทีละ 10% ซึ่งผลของการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ของการตรวจสอบทั้งสองแบบ แสดงดังตารางที่ 7.4

ตารางที่ 7.4 แสดงผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของต้นทุนในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือค่า c_{TS} เนื่องจากระยะเวลาในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 มากกว่าระยะเวลาในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องของการตรวจสอบแบบ 100% ตั้งแต่ 0% ถึง 100% ที่มีต่อพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 (i, f) ต้นทุนในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของการตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือค่า $E(c_{TS})$ ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของการตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือค่า $E(C_{CSP-1})$ ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเมื่อใช้การตรวจสอบแบบ 100% หรือค่า $E(C_{100\%})$ ซึ่งจากข้อมูลในตารางสามารถสรุปได้ว่า

- เมื่อระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องเพิ่มขึ้น ทำให้ต้นทุนในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือ c_{TS} เพิ่มขึ้น

- พารามิเตอร์ i และพารามิเตอร์ f ที่ให้ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตต่ำที่สุดจะมีการเปลี่ยนแปลงเป็น 2 ช่วง โดยช่วงแรกคือช่วงที่ระยะเวลาในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องสำหรับการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 มากกว่าระยะเวลาในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องสำหรับการตรวจสอบแบบ 100% ระหว่าง 0% ถึง 30% และช่วงที่สองคือช่วงที่ระยะเวลาในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 มากกว่าระยะเวลาในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องของการตรวจสอบแบบ 100% ระหว่าง 40% ถึง 100% โดยในช่วงแรก พารามิเตอร์ i และพารามิเตอร์ f ที่ให้ต้นทุนคุณภาพรวมต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตต่ำที่สุดคือ $i = 130,\ f = 0.07$ ซึ่งเป็นแผนการสุ่มตัวอย่างเดิมที่ได้จากตัวแบบค่าใช้จ่ายในบทที่ 6 เนื่องจากในช่วงนี้ต้นทุนในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องมีค่าน้อยจนไม่มีผลต่อต้นทุนคุณภาพรวมต่อหน่วยผลิตภัณฑ์และแผนการสุ่มตัวอย่าง ดังนั้นแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมจึงเป็นแผนการสุ่มตัวอย่างเดิมซึ่งให้ผลรวมของต้นทุนคุณภาพทุกๆ ประเภทต่ำที่สุด ส่วนในช่วงที่สอง พารามิเตอร์ i และพารามิเตอร์ f ที่ให้ต้นทุนคุณภาพรวมต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตต่ำที่สุด คือ $i = 75,\ f = 0.185$ ซึ่งแตกต่างจากแผนการสุ่มตัวอย่างที่ได้ในช่วงแรก เนื่องจากในช่วงนี้ต้นทุนในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องมีค่ามากขึ้นจนส่งผลต่อต้นทุนคุณภาพรวมต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตและส่งผลต่อแผนการสุ่มตัวอย่างที่ให้ต้นทุนคุณภาพรวมต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตต่ำที่สุดด้วย ซึ่งแผนการสุ่มตัวอย่างที่ให้ต้นทุนคุณภาพรวมต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตต่ำที่สุด คือ แผนการสุ่มตัวอย่างที่มีต้นทุนในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่ำที่สุด นั่นคือที่ $i = 75,\ f = 0.185$ และเมื่อเปรียบเทียบพารามิเตอร์ i และพารามิเตอร์ f ระหว่าง 2 ช่วงนี้จะพบว่าพารามิเตอร์ i มีแนวโน้มลดลงและพารามิเตอร์ f มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

- ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเมื่อทำการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือค่า $E(C_{CSP-1})$ และต้นทุนในการวิเคราะห์หาสาเหตุผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตหรือค่า $E(C_{TS})$ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง

- แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 จะให้ต้นทุนคุณภาพรวมต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตต่ำกว่าการตรวจสอบแบบ 100% ในช่วงที่ระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์หา

สาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องเมื่อตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 มากกว่าระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องเมื่อการตรวจสอบแบบ 100% ไม่ถึง 70% ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ผลต่างของระยะเวลาในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องระหว่างที่ใช้ในการตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และการตรวจสอบแบบ 100% กับต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์แสดงดังรูปที่ 7.5 โดยในรูป แกนนอน คือ ผลต่างของระยะเวลาในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ใช้การตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 จากการตรวจสอบแบบ 100% และแกนตั้ง คือ ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

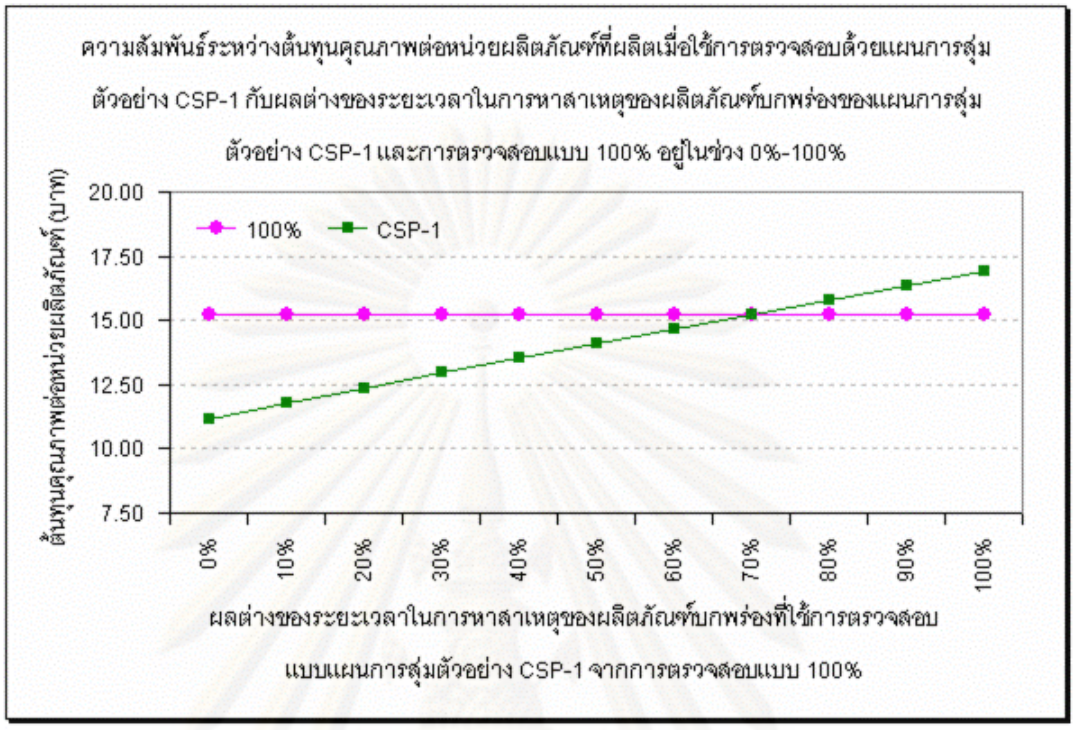
ตารางที่ 7.4 ผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของต้นทุนในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือค่า c_{TS} เนื่องจากระยะเวลาในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 มากกว่าระยะเวลาในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องของการตรวจสอบแบบ 100% ตั้งแต่ 0% ถึง 100% ที่มีต่อพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 (i, f) ต้นทุนในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของการตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือค่า $E(c_{TS})$ ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของการตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือค่า $E(C_{CSP-1})$

t_{TS}	c_{TS}	i	f	AFI	$E(c_{TS})$	$E(C_{CSP-1})$	$E(C_{100\%})$
0%	484.36	130	0.070	0.609	6.78	11.16	15.21
10%	527.70	130	0.070	0.609	7.39	11.76	15.21
20%	571.03	130	0.070	0.609	8.00	12.37	15.21
30%	614.36	130	0.070	0.609	8.60	12.98	15.21
40%	657.70	75	0.185	0.565	8.55	13.56	15.21
50%	701.03	75	0.185	0.565	9.11	14.12	15.21
60%	744.36	75	0.185	0.565	9.68	14.69	15.21
70%	787.70	75	0.185	0.565	10.24	15.25	15.21
80%	831.03	75	0.185	0.565	10.80	15.81	15.21
90%	874.36	75	0.185	0.565	11.37	16.38	15.21
100%	917.70	75	0.185	0.565	11.93	16.94	15.21

รูปที่ 7.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเมื่อใช้การตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 กับผลต่างของระยะเวลาในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และการตรวจสอบแบบ 100% อยู่ในช่วง 0%-100% ซึ่งจากรูปสรุปได้ว่า หากระยะเวลาในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องของการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และการตรวจสอบแบบ 100% เท่ากัน แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 จะให้ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยต่ำกว่าการตรวจสอบแบบ 100% และหากระยะเวลาที่ใช้ในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องของการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 เพิ่มขึ้น ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยจะเพิ่มขึ้นด้วย ที่ระยะเวลาที่ใช้ในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องของการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 มากกว่าระยะเวลาที่ใช้ในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องของการตรวจสอบแบบ 100% ตั้งแต่ 70% ขึ้นไป แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 จะให้ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมากกว่าการตรวจสอบแบบ 100% ดังนั้นการตรวจสอบที่เหมาะสมที่ควรนำไปใช้จะเปลี่ยนจากการสุ่มตัวอย่างไปเป็นการตรวจสอบแบบ 100% ซึ่งอาจจะเรียกจุดที่ระยะเวลาที่ใช้ในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องของการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 มากกว่าระยะเวลาที่ใช้ในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องของการตรวจสอบแบบ 100% อยู่ 70% ว่าเป็นจุดเสมอตัว (Break Even Point)

ในการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงค่าระยะเวลาในการหาสาเหตุนี้มีการกำหนดข้างต้นให้ตัวแปรอื่นๆ มีค่าคงที่ แต่ในทางปฏิบัติสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการผลิตอาจมีการเปลี่ยนแปลงซึ่งอาจส่งผลต่อจุดเสมอตัว (Break Even Point) ของระยะเวลาในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องได้ ดังนั้นจะทำการศึกษาถึงผลของการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการหรือค่า p และระยะเวลาในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยของการตรวจสอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.5 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเมื่อใช้การตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 กับผลต่างของระยะเวลาในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และการตรวจสอบแบบ 100% อยู่ในช่วง 0%-100%

7.3.2.3 ผลของสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการหรือค่า p และระยะเวลาในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง

ในการศึกษาถึงผลการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการผลิตหรือค่า p และระยะเวลาในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่มีต่อต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตของการตรวจสอบทั้งแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และการตรวจสอบแบบ 100% จะศึกษาในช่วงที่สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการผลิตหรือค่า p เปลี่ยนแปลงในช่วงระหว่าง 0.015 ถึง 0.05 เปอร์เซ็นต์และผลต่างของระยะเวลาในการหาสาเหตุผลิตภัณฑ์บกพร่องระหว่างแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และการตรวจสอบแบบ 100% แบ่งเป็น 6 กรณี คือ

1. เวลาในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องของการตรวจสอบทั้งสองแบบไม่มีความแตกต่างกัน

2. เวลาในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 มากกว่าที่ใช้เมื่อมีการตรวจสอบแบบ 100% อยู่ 10%
3. เวลาในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 มากกว่าที่ใช้เมื่อมีการตรวจสอบแบบ 100% อยู่ 20%
4. เวลาในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 มากกว่าที่ใช้เมื่อมีการตรวจสอบแบบ 100% อยู่ 30%
5. เวลาในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 มากกว่าที่ใช้เมื่อมีการตรวจสอบแบบ 100% อยู่ 40%
6. เวลาในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 มากกว่าที่ใช้เมื่อมีการตรวจสอบแบบ 100% อยู่ 50%

ผลของการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการผลิตหรือค่า p และระยะเวลาในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่มีต่อต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ แสดงดังรูปที่ 7.6 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการผลิตหรือค่า p และระยะเวลาในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่มีต่อต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ระหว่างการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และการตรวจสอบแบบ 100% โดยแกนนอน คือ สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการผลิตหรือค่า p และแกนตั้ง คือ ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ ซึ่งจากรูปสามารถสรุปได้ดังนี้

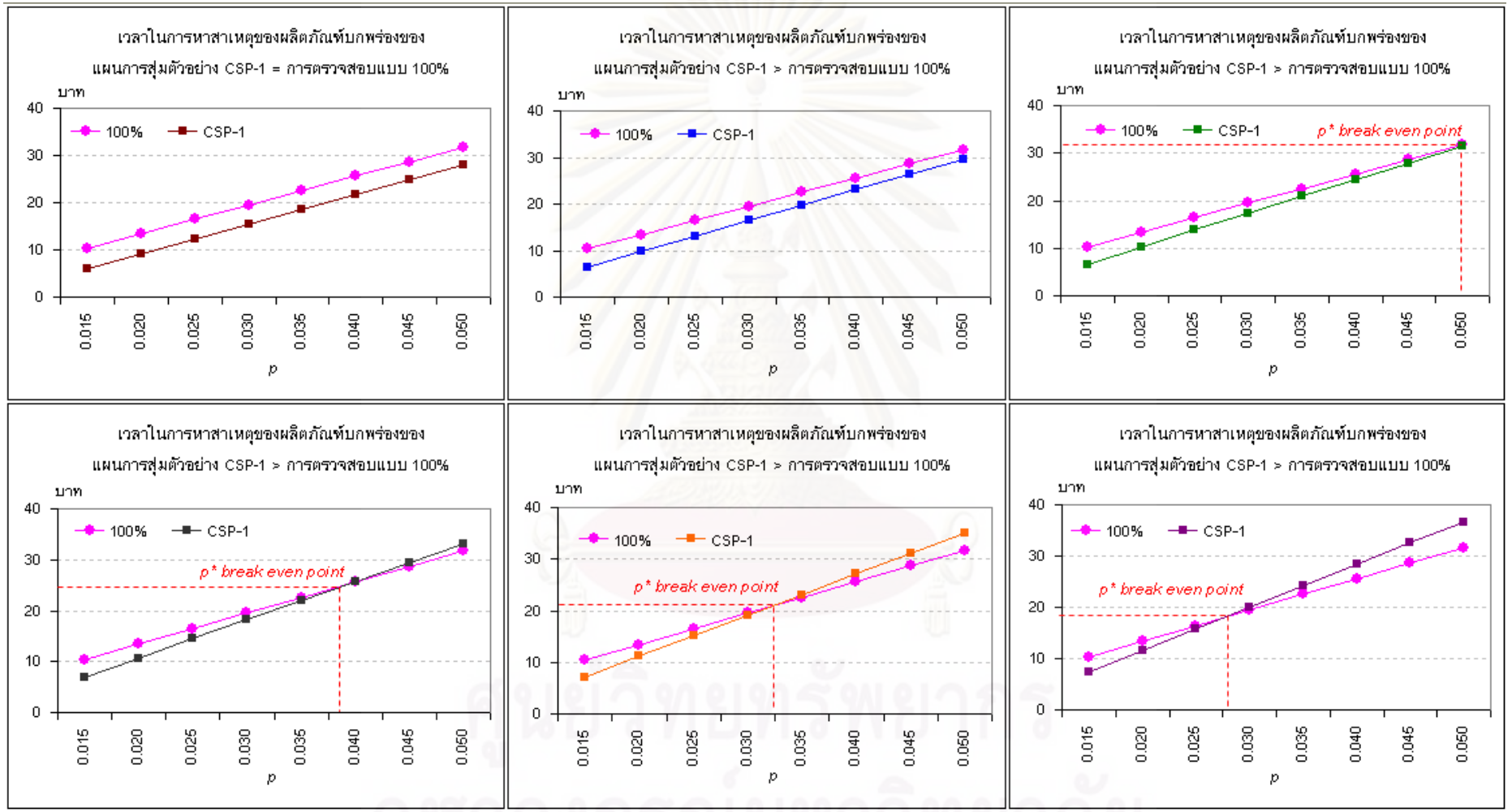
หากระยะเวลาในวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องของการตรวจสอบแบบ 100% เท่ากับการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือมากกว่าการตรวจสอบแบบ 100% ไม่เกิน 20% แล้วแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 จะเป็นการตรวจสอบที่ประหยัดกว่าการตรวจสอบแบบ 100% เนื่องจากมีต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ต่ำกว่าตลอดช่วงของสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ทำการศึกษา คือ ตั้งแต่ค่า $p = 0.015 - 0.05$

หากระยะเวลาในวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องของการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 มากกว่าระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องเมื่อตรวจสอบด้วยการตรวจสอบแบบ 100% เท่ากับหรือมากกว่า 20% แล้วแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 จะเป็นการตรวจสอบที่เหมาะสมกว่าการตรวจสอบแบบ 100% แค่บางช่วงของสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่อง เช่น กรณีที่ระยะเวลาในวิเคราะห์หาสาเหตุของ

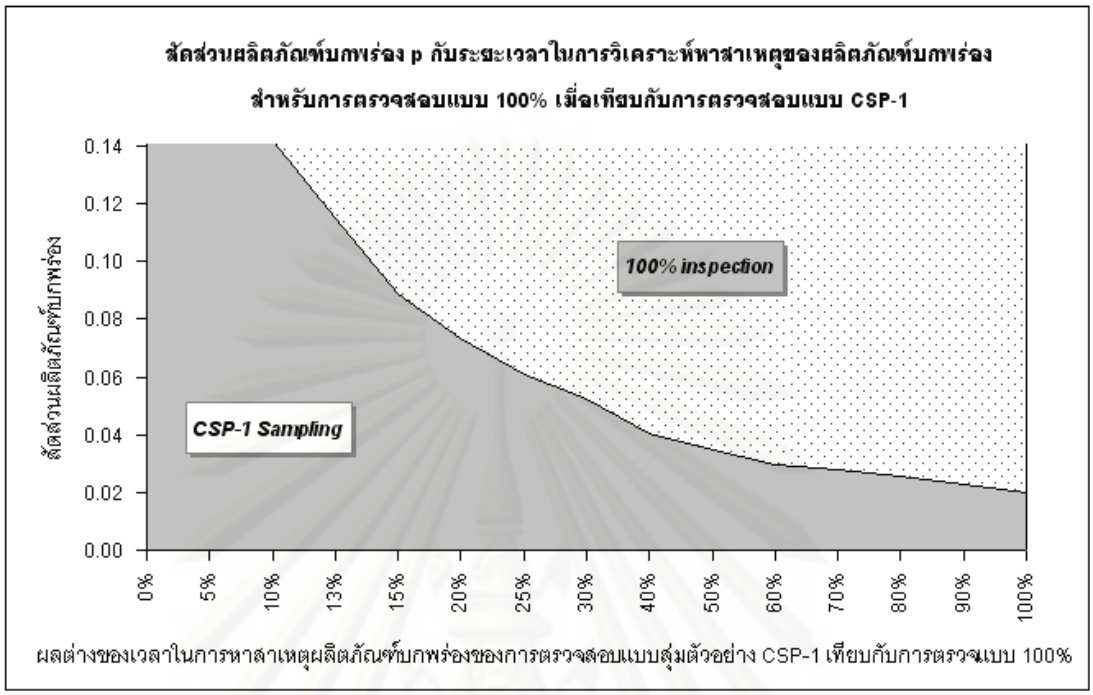
ผลิตภัณฑ์บกพร่องของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 มากกว่าการตรวจสอบแบบ 100% อยู่ 40% แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 จะให้ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ต่ำกว่าการตรวจสอบแบบ 100% เมื่อค่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องน้อยกว่า 0.032 ซึ่งที่ค่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่อง 0.032 ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ของการตรวจสอบทั้งสองแบบจะเท่ากัน ซึ่งเรียกจุดนี้ว่า จุดเสมอตัว (Break Even Point) แม้ว่ารูปแบบการตรวจสอบทั้งสองแบบจะแตกต่างกัน โดยการตรวจสอบแบบ 100% จะมีต้นทุนการตรวจสอบและต้นทุนความบกพร่องภายในที่มากกว่าแต่ในขณะเดียวกันจะไม่มีต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่อง ส่วนแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 แม้จะมีต้นทุนการตรวจสอบและต้นทุนความบกพร่องภายในที่น้อยกว่าแต่ในขณะเดียวกันจะมีต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องซึ่งเป็นต้นทุนความบกพร่องภายนอกมากกว่า

นอกจากนี้รูป 7.6 ยังแสดงว่าหากเปอร์เซ็นต์ผลต่างของระยะเวลาในวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 กับการตรวจสอบแบบ 100% มากขึ้น สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เป็นจุดเสมอตัว (Break Even Point) จะลดลง เช่น ที่ระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องเมื่อตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 มากกว่าระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องเมื่อตรวจสอบด้วยการตรวจสอบแบบ 100% เพิ่มจาก 40% ไปเป็น 50% จุดสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เป็นจุดเสมอตัว (Break Even Point) จะเปลี่ยนจาก 0.032 ไปเป็น 0.028 ซึ่งจุดเสมอตัว (Break Even Point) ของการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องในแต่ละกรณี แสดงดังรูปที่ 7.6 ไว้ด้วย

เมื่อนำค่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เป็นจุดเสมอตัว (Break Even Point) ของการเปลี่ยนแปลงแต่ละคู่กรณีของสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการผลิตและระยะเวลาในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง แสดงดังรูปที่ 7.7 ซึ่งเมื่อลากเชื่อมจุดเสมอตัว (Break Even Point) แต่ละจุดจะสามารถแบ่งช่วงขอบเขตของการตรวจสอบที่เหมาะสมระหว่างการตรวจสอบทั้งสอบแบบได้ ซึ่งจากรูปแสดงให้เห็นว่าแผนการตรวจสอบ CSP-1 มีความเหมาะสมในการนำไปใช้สำหรับของเขตที่เป็นสีเทา รูปแสดงความสัมพันธ์นี้จะสามารถช่วยในการตัดสินใจในการเลือกใช้รูปแบบของการตรวจสอบกับกรณีศึกษาสำหรับเงื่อนไขของการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรทั้งสองได้



รูปที่ 7.6 การเปลี่ยนแปลงของต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า p และเวลาในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง



รูปที่ 7.7 ขอบเขตของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และการตรวจสอบแบบ 100% เมื่อพิจารณาจากค่า p และผลต่างของเวลาในการวิเคราะห์หาสาเหตุผลิตภัณฑ์บกพร่องเมื่อตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 จากการตรวจสอบแบบ 100%

7.3.3 ผลของต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่อง

การศึกษาถึงต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือค่า c_{AC} ที่มีผลต่อแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 นั้น จะศึกษาโดยการพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนในส่วนนี้ในช่วงที่เป็นไปได้ เนื่องจากต้นทุนในส่วนนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นค่าคงที่ไม่ขึ้นกับจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ลูกค้าพบซึ่งแทนด้วยตัวแปร a กับส่วนที่เปลี่ยนแปลงตามจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องซึ่งแทนด้วยตัวแปร b ดังที่ได้อธิบายไปในบทที่ 5 โดยต้นทุนส่วนที่เป็นค่าคงที่จะพิจารณาจากค่าแรงของพนักงานและต้นทุนส่วนที่เปลี่ยนแปลงตามจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องนั้นจะคิดจากราคาของหัวอ่านเขียน HGA ที่ใช้ในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่อง เนื่องจากราคาของหัวอ่านเขียน HGA จะสูงกว่าค่าแรงของพนักงานและมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าค่าแรงของพนักงาน ดังนั้นจะศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนในส่วนนี้เพียงส่วนเดียวที่มีต่อแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ของการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 จากการสำรวจข้อมูลของกรณีศึกษาพบว่าราคาของหัวอ่านเขียน

HGA ที่ใช้ซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องนั้นมีราคาไม่คงที่โดยจะมีราคาสูงในช่วงที่เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่และราคาจะลดลงตามระยะเวลาที่ผลิตภัณฑ์นั้นอยู่ในตลาดซึ่งราคาวัสดุของผลิตภัณฑ์ที่เป็นกรณีศึกษานี้มีราคา 300 บาทต่อหน่วยเมื่อช่วงที่ผลิตภัณฑ์เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ซึ่งเป็นราคาที่สูงที่สุดและมีราคาต่ำสุดอยู่ที่ 50 บาทต่อหน่วยในปัจจุบัน ดังนั้นจะศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงของค่าวัสดุระหว่าง 50-300 บาทต่อหน่วย โดยจะศึกษาเพิ่มขึ้นทีละ 50 บาทและกำหนดให้ค่าตัวแปรอื่นๆมีค่าคงที่

ตารางที่ 7.5 ผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของราคาของวัสดุที่ใช้ในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องซึ่งเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 50 – 300 บาท ที่มีต่อพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 (i, f) ต้นทุนในการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของการตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือค่า $E(C_{AC})$ ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของการตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือค่า $E(C_{CSP-1})$

b	i	f	AFI	c_{AC}	$E(C_{AC})$	$E(C_{CSP-1})$	$E(C_{100\%})$
50	130	0.070	0.609	175	1.57	10.89	15.21
100	130	0.070	0.609	325	2.92	12.24	15.21
150	213	0.020	0.740	325	1.94	13.24	15.21
200	213	0.020	0.740	425	2.54	13.83	15.21
250	305	0.006	0.870	275	0.82	14.08	15.21
300	305	0.006	0.870	325	0.97	14.23	15.21

จากตารางที่ 7.5 ที่แสดงถึงผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของราคาของวัสดุที่ใช้ในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องซึ่งเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 50 – 300 บาท ที่มีต่อพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 (i, f) ต้นทุนในการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของการตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือค่า $E(C_{AC})$ ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของการตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือค่า $E(C_{CSP-1})$ สามารถสรุปได้ว่า

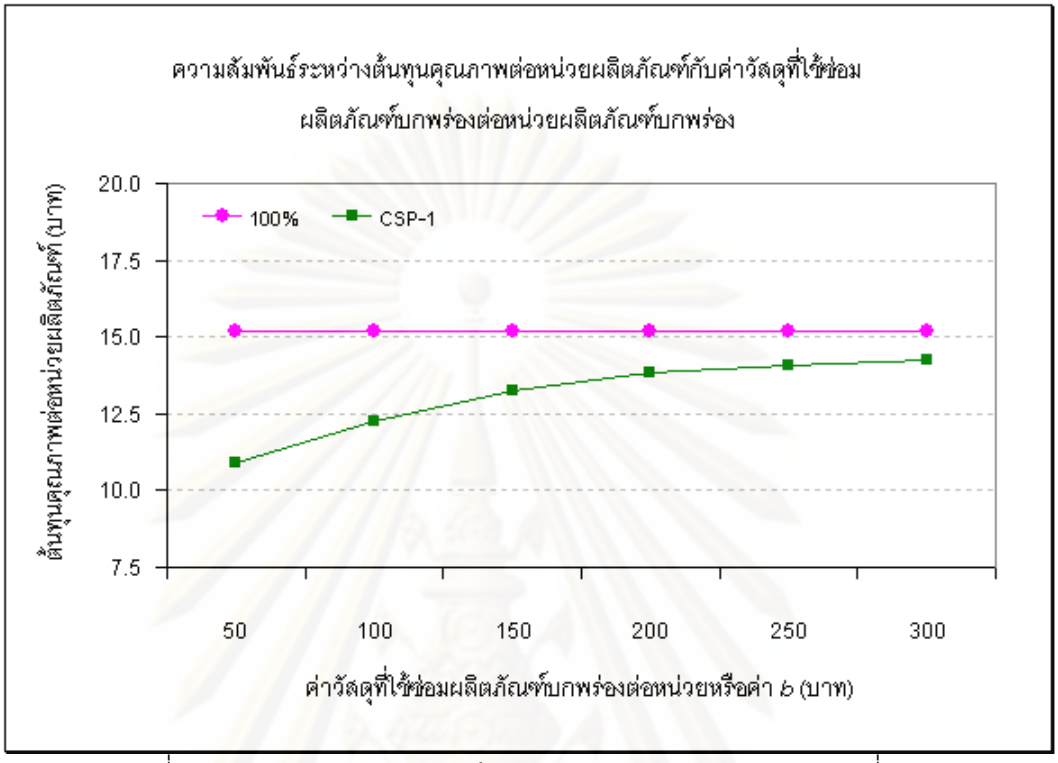
- หากราคาของวัสดุที่ใช้ในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือค่า c_{AC} และต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตหรือค่า $E(C_{AC})$ มี

แนวโน้มเพิ่มขึ้น หากพิจารณาจากค่าคู่ของพารามิเตอร์ i, f ที่เหมาะสมคู่เดียวกัน เช่น ที่พารามิเตอร์ $i = 130$ และพารามิเตอร์ $f = 0.07$ หากราคาของวัสดุเพิ่มขึ้นจาก 50 เป็น 100 บาท ค่า c_{AC} เพิ่มจาก 175 เป็น 325 และค่า $E(C_{AC})$ เพิ่มจาก 1.57 เป็น 2.92

- นอกจากราคาของวัสดุที่ใช้ในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือค่า c_{AC} และต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตหรือค่า $E(C_{AC})$ แล้วยังส่งผลต่อต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ด้วย โดยต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในหนึ่งรอบของการตรวจสอบแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 หรือค่า $E(C_{CSP-1})$ นั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย แต่ถึงแม้ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยจะเพิ่มขึ้น แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ก็ยังให้ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยต่ำกว่าการตรวจสอบแบบ 100% ตลอดทั้งช่วงของการเปลี่ยนแปลงที่ทำการศึกษา ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตกับการเปลี่ยนแปลงของราคาวัสดุที่นำมาใช้ซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่อง แสดงดังรูปที่ 7.8 โดยแกนนอน คือ ราคาของหัวอ่านเขียน HGA ซึ่งเป็นวัสดุที่นำมาใช้ในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องและแกนตั้ง คือ ต้นทุนคุณภาพรวมต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิต

- พารามิเตอร์ i ที่เหมาะสมจะมีแนมโน้มเพิ่มขึ้นและพารามิเตอร์ f ที่เหมาะสมจะมีแนวโน้มที่ลดลง ซึ่งทำให้สัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบโดยเฉลี่ย หรือค่า AFI มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากหากต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น แผนการสุ่มตัวอย่างที่จะให้ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ต่ำสุดจึงควรเป็นแผนที่มีการตรวจสอบที่มากขึ้นเพื่อใช้ดักผลิตภัณฑ์บกพร่องให้ได้มากขึ้นที่ผู้ผลิตและเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.8 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตกับค่าวัสดุที่ใช้ซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่อง

7.4 สรุปการศึกษาของตัวแปรต่าง ๆ ต่อพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และต้นทุนคุณภาพต่อหน่วย

ในการศึกษาความไวของตัวแบบค่าใช้จ่ายและข้อสรุปที่ได้จากการวิเคราะห์เกี่ยวกับแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมจากตัวแบบค่าใช้จ่ายทำโดยการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรและข้อสมมติที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่คาดว่าจะมีผลต่อแผนการสุ่มตัวอย่างและต้นทุนคุณภาพต่อหน่วย ซึ่งมีรายการดังนี้

ตัวแปร

1. สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการผลิตหรือค่า p
2. ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพต่อหน่วย 3 ส่วน คือ ต้นทุนในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง ต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยและต้นทุนในการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ตรวจสอบไม่พบ

ข้อสมมติที่ใช้ในการวิเคราะห์หาแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1

ระยะเวลาในวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 เท่ากับระยะเวลาในวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องเมื่อมีการตรวจสอบแบบ 100%

จากผลการศึกษา สามารถสรุปได้ว่า พารามิเตอร์ i, f ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และค่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบโดยเฉลี่ยหรือค่า AFI นั้นมีการเปลี่ยนแปลงตามการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆ ซึ่งสามารถสรุปเป็นตารางได้ดังตารางที่ 7.6 นอกจากนี้จากตารางที่ 7.6 ยังสามารถสรุปได้ว่า

- หากสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องในกระบวนการหรือค่า p มีมากขึ้น ความถี่ของการสุ่มตัวอย่าง f จะมากขึ้นและสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบโดยเฉลี่ยหรือค่า AFI จะเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากต้องทำการตรวจสอบมากขึ้นเพื่อดักผลิตภัณฑ์บกพร่องให้ได้มากขึ้น เพื่อให้มีค่าคุณภาพผ่านออกโดยเฉลี่ยสูงสุดหรือค่า $AOQL$ เป็นไปตามระดับที่ลูกค้ากำหนด

- หากต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพภายในเพิ่มขึ้น ซึ่งต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพภายในที่ใช้ในการศึกษาความไวนี้ ได้แก่ ต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องและต้นทุนในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง จะส่งผลให้สัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบโดยเฉลี่ยหรือค่า AFI จะลดลง เนื่องจากต้องทำการตรวจสอบน้อยลงเพื่อหลีกเลี่ยงการตรวจสอบพบผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการผลิตและเลี่ยงการเกิดต้นทุนในส่วนนี้

- หากต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพภายนอกเพิ่มขึ้น ซึ่งในกรณีศึกษานี้ คือ ต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่อง จะส่งผลให้สัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบโดยเฉลี่ยหรือค่า AFI จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากต้องทำการตรวจสอบมากขึ้นเพื่อดักผลิตภัณฑ์บกพร่องให้ได้มากขึ้นซึ่งเป็นการลดจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่จะผ่านออกไปยังลูกค้าและเลี่ยงการเกิดต้นทุนในส่วนนี้

- ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 มีค่าเพิ่มขึ้นตามการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆ ที่เพิ่มขึ้นด้วย แต่ยังคงมีค่าต่ำกว่าต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเมื่อใช้การตรวจสอบแบบ 100% ตลอดช่วงของทุกตัวแปรที่ทำการศึกษา ยกเว้นในส่วนของต้นทุนในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องเนื่องจากระยะเวลาที่ทำการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องมีค่าเพิ่มขึ้น ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตของแผนการ

สุ่มตัวอย่าง CSP-1 จะมีค่าต่ำกว่าต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเมื่อใช้การตรวจสอบแบบ 100% แค่ในบางช่วง ซึ่งพิจารณาผลของแต่ละกรณีได้ดังรูปที่ 7.6

ตารางที่ 7.6 การเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบโดยเฉลี่ยหรือค่า AFI และต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ตามการเปลี่ยนแปลงของค่าตัวแปรต่างๆ

ตัวแปร	การเปลี่ยนแปลงของตัวแปร	การเปลี่ยนแปลงของ i	การเปลี่ยนแปลงของ f	การเปลี่ยนแปลงของ AFI	การเปลี่ยนแปลงของต้นทุนคุณภาพต่อหน่วย
p	⇧	⇩	⇧	⇧	⇧
c_{RW}	⇧	⇩	⇧	⇩	⇧
c_{TS}	⇧	⇩	⇧	⇩	⇧
c_{AC}	⇧	⇧	⇩	⇧	⇧

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 8

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

8.1 บทนำ

การศึกษาเรื่องคุณภาพและต้นทุนเป็นสิ่งที่ได้รับความสนใจมานาน เนื่องจากเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยลดต้นทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ หนึ่งในกิจกรรมของกระบวนการผลิตที่มีการศึกษาถึงความเหมาะสมในเรื่องของคุณภาพและต้นทุน คือ การตรวจสอบ สายการผลิตหัวอ่านเขียน Head Stack Assembly (HSA) ซึ่งเป็นกรณีศึกษามีการตรวจสอบเป็นแบบ 100% ในปัจจุบัน โดยมีผลิตภัณฑ์ผ่านการตรวจสอบเฉลี่ยถึง 97.7% นั่นหมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสายการผลิตของกรณีศึกษานี้มีคุณภาพค่อนข้างดี ดังนั้นรูปแบบของการตรวจสอบของกรณีศึกษานี้อาจสามารถเปลี่ยนเป็นการตรวจสอบที่ผ่อนคลายลง เช่น เปลี่ยนจากการตรวจสอบแบบ 100% เป็นการสุ่มตัวอย่าง ดังนั้นจึงศึกษาหาแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากจุดสมดุลของคุณภาพและต้นทุน

สายการผลิตหัวอ่านเขียน HSA เป็นสายการผลิตที่มีความต่อเนื่องและไม่มีการเก็บงานเป็นรุ่น ดังนั้นแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมในการตรวจสอบคุณภาพของหัวอ่านเขียน HSA คือ แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภทที่ 1 หรือแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ซึ่งเป็นแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ในอดีตแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ส่วนใหญ่ถูกออกแบบโดยคำนึงถึงค่า $AOQL$ และ LQL มีเพียงส่วนน้อยที่ถูกออกแบบโดยคำนึงถึงต้นทุนที่เกี่ยวข้อง ต้นทุนที่มักถูกนำมาพิจารณาในสมการต้นทุนในอดีตมีเพียงบางส่วนซึ่งในทางปฏิบัติมีต้นทุนอีกหลายส่วนที่เกี่ยวข้องกับการสุ่มตัวอย่างแต่ไม่ได้ถูกนำมาพิจารณา ดังนั้นอาจทำให้ต้นทุนของแผนการสุ่มตัวอย่างที่ได้จากการคำนวณมีค่าต่ำกว่าต้นทุนที่เกิดขึ้นจริง นอกจากนี้งานวิจัยในอดีตไม่ได้แสดงถึงวิธีการคำนวณของต้นทุนในแต่ละส่วนไว้อย่างชัดเจนซึ่งอาจส่งผลให้ไม่สะดวกและยากต่อการนำไปใช้ในงานจริง งานวิจัยนี้จึงศึกษาเพื่อออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 โดยคำนึงถึงต้นทุนที่เกี่ยวข้องซึ่งจะพัฒนาสมการต้นทุนให้มีความสมบูรณ์ขึ้นทำให้สามารถเลือกพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่างได้อย่างเหมาะสมขึ้น

8.2 ตัวแบบต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

ตัวแบบต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเลือกพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 (i, f) ที่สามารถให้ค่า $AOQL$ ตามที่กำหนดและยังมีการใช้ต้นทุนที่เกี่ยวข้องต่อหน่วยต่ำที่สุดอีกด้วย

8.2.1 ตัวแบบต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์สำหรับกรณีทั่วไป

ตัวแบบต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์สำหรับกรณีทั่วไปนั้น หากเป็นตัวแบบต้นทุนที่มีส่วนประกอบของต้นทุนยึดตามแบบจำลอง PAF นั้น จะต้องประกอบด้วยต้นทุน 3 ส่วน ที่มีรายละเอียดของต้นทุนในแต่ละส่วน ดังนี้

1. ต้นทุนในการป้องกันความบกพร่อง (Preventive Costs) เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆที่ป้องกันความบกพร่องที่จะเกิดขึ้นกับกระบวนการหรือตัวผลิตภัณฑ์ ได้แก่ การวิจัยตลาด การสำรวจความต้องการของลูกค้า การวางแผนและออกแบบผลิตภัณฑ์ การตรวจสอบและประเมินผู้ส่งมอบ การวางแผนและปรับปรุงคุณภาพ ค่าฝึกอบรมเกี่ยวกับคุณภาพให้กับพนักงาน การบำรุงรักษาเครื่องตรวจสอบ เป็นต้น

2. ต้นทุนในการตรวจสอบ (Appraisal Costs) เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆที่เกี่ยวกับการวัดและการตรวจสอบ ต้นทุนที่เป็นส่วนประกอบของต้นทุนส่วนนี้มีหลายส่วน ได้แก่ ต้นทุนในการสุ่มตัวอย่างตรวจสอบชิ้นส่วนที่ใช้ในการผลิต ต้นทุนในการสุ่มตัวอย่างและการตรวจสอบ การวางแผนการตรวจสอบ ค่าเครื่องตรวจสอบ ต้นทุนในการปรับตั้งเครื่องตรวจสอบ ต้นทุนในการตรวจสอบในห้องทดลอง เป็นต้น

3. ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่องด้านคุณภาพ (Failure Costs) เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นเนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตไม่ได้มาตรฐานตามที่กำหนด ต้นทุนในส่วนนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1) ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพภายใน (Internal Failure Costs) เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นจากความบกพร่องที่เกิดก่อนที่ผลิตภัณฑ์จะส่งถูกส่งมอบ เช่น ความบกพร่องเนื่องจากการออกแบบ ความบกพร่องเนื่องจากการจัดซื้อและส่งมอบและความบกพร่องเนื่องจากกระบวนการผลิต ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนหลายส่วน ได้แก่ ต้นทุนในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ซ้ำ ต้นทุนการซ่อมหรือแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง ต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่อง ต้นทุนในการลดระดับของผลิตภัณฑ์ (Downgrade) ต้นทุนในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง เป็นต้น

2) ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพภายนอก (External Failure Costs) เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นจากความบกพร่องที่เกิดหลังจากที่ผลิตภัณฑ์ถูกส่งมอบถึงมือลูกค้าแล้ว ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนหลายส่วน ได้แก่ ต้นทุนในการรับประกันสินค้า ต้นทุนในการเรียกคืนสินค้า ค่าปรับหรือเงินชดเชยที่ต้องจ่ายให้กับลูกค้าในกรณีที่เกิดความสูญเสียขึ้นที่ลูกค้าเนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ส่งไปมีความบกพร่องด้านคุณภาพ การเสียโอกาสในการขายสินค้า เป็นต้น

8.2.2 ตัวแบบต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์สำหรับกรณีศึกษา

ตัวแบบต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์เมื่อตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 สำหรับกรณีศึกษานี้ได้จากการปรับปรุงตัวแบบต้นทุนต่อหน่วยของ Cassady และคณะ (2000) โดยเพิ่มส่วนประกอบของต้นทุนที่เกี่ยวข้องในแต่ละส่วนให้มากขึ้นและปรับปรุงการคำนวณต้นทุนบางส่วนให้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้นเพื่อให้ต้นทุนต่อหน่วยที่ได้ใกล้เคียงกับต้นทุนที่เกิดขึ้นจริงมากขึ้น โดยต้นทุนที่พิจารณาจะยึดตามแบบจำลอง PAF ของต้นทุนคุณภาพ และจะพิจารณาเพียงต้นทุนที่สามารถเก็บข้อมูลจากกรณีศึกษาได้สะดวกหรือต้นทุนที่มีการเก็บข้อมูลไว้แล้ว เนื่องจากบริษัทกรณีศึกษาไม่มีการเก็บข้อมูลของต้นทุนรูปแบบของต้นทุนคุณภาพมาก่อน ดังนั้นข้อมูลต้นทุนที่นำมาพิจารณาได้จะเป็นข้อมูลในเชิงของการเก็บทางบัญชี ซึ่งส่วนใหญ่เป็นต้นทุนที่ได้จากการบันทึกของแผนกที่รับผิดชอบกิจกรรมนั้น ต้นทุนที่หาได้ มีรายละเอียดดังนี้

1. ต้นทุนในการป้องกันความบกพร่อง (Preventive Costs) พิจารณาต้นทุนในการป้องกันความบกพร่องด้านคุณภาพไว้ในแบบจำลองด้วย ถึงแม้ว่าต้นทุนส่วนนี้จะไม่ได้แปรผันโดยตรงกับขนาดตัวอย่างและเป็นต้นทุนที่ยากในการหาความสัมพันธ์กับจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบอย่างเช่นต้นทุนในการตรวจสอบและต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพแต่ก็เป็นต้นทุนที่สำคัญ เนื่องจากเป็นต้นทุนที่แปรผันกับจำนวนตัวอย่างที่ได้รับการสุ่มตัวอย่างโดยอ้อมซึ่งหากองค์กรพยายามป้องกันความบกพร่องด้านคุณภาพต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นในสายการผลิต โดยการเพิ่มกิจกรรมในส่วนการป้องกันความบกพร่อง เช่น การฝึกอบรมพนักงานให้มีความรู้และมีความชำนาญก่อนการทำงานในสายการผลิต การให้ความสำคัญกับการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อให้ง่ายต่อการประกอบหรือผลิต โอกาสในการเกิดผลิตภัณฑ์บกพร่องจากสายการผลิตก็น้อยลง ส่งผลให้จำนวนตัวอย่างที่ต้องสุ่มเพื่อตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้อยลงด้วย ดังนั้นต้นทุนส่วนนี้จึงควรนำมาพิจารณาในตัวแบบต้นทุนด้วยเพื่อให้ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยมีความสมบูรณ์ขึ้น แต่เนื่องจากความสัมพันธ์ของต้นทุนนี้กับจำนวนตัวอย่างเป็นแบบโดยอ้อม ดังนั้นต้นทุนในส่วนนี้จึงถูกนำมารวมในตัวแบบต้นทุนเป็นแบบค่าคงที่ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ ต้นทุนในส่วนนี้ ได้แก่ ค่าฝึกอบรมพนักงาน ต้นทุนในการวางแผนคุณภาพและค่าซ่อมบำรุงเครื่องตรวจสอบ

2. ต้นทุนในการตรวจสอบ (Appraisal Costs) ได้แก่ ต้นทุนในการสุ่มตัวอย่างตรวจสอบชิ้นส่วนที่ใช้ในการผลิตและต้นทุนในการสุ่มตัวอย่างและการตรวจสอบผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 8.1 เปรียบเทียบส่วนประกอบของต้นทุนในตัวแบบต้นทุนของงานวิจัยนี้กับงานวิจัยในอดีต

งานวิจัยในอดีต	งานวิจัยนี้	หมายเหตุและแหล่งอ้างอิง
ต้นทุนในการป้องกันความบกพร่อง		
-	- ค่าฝึกอบรมพนักงาน - ต้นทุนในการวางแผนคุณภาพ - ค่าซ่อมบำรุงเครื่องตรวจสอบ	อ้างอิงจากบริษัทกรณีศึกษาและ Dale และ Plunkett (1991)
ต้นทุนในการตรวจสอบ		
- ต้นทุนในการสุ่มตัวอย่างและตรวจสอบ	- ต้นทุนในการสุ่มตัวอย่างตรวจสอบชิ้นส่วนที่ใช้ในการผลิต - ต้นทุนในการสุ่มตัวอย่างและตรวจสอบ	อ้างอิงจาก Dale และ Plunkett (1991)
ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่องด้านคุณภาพ		
- ต้นทุนในการแทนที่ผลิตภัณฑ์บกพร่องด้วยผลิตภัณฑ์ดี - ต้นทุนในการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่อง	- ต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง - ต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ - ต้นทุนในการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ตรวจสอบไม่พบ - ต้นทุนในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง	อ้างอิงจาก Dale และ Plunkett (1991) Cassady และคณะ (2000) Chen และ Chou (2002)

3. ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่องด้านคุณภาพ (Failure Costs) แบบจำลองต้นทุนต่อหน่วยของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ในอดีตส่วนใหญ่มักพิจารณาต้นทุนในส่วนนี้เพียงต้นทุนที่เกิดจากการแทนที่ผลิตภัณฑ์บกพร่องด้วยผลิตภัณฑ์ดี แต่ในกรณีศึกษานี้มีต้นทุนหลายส่วนที่เกิดขึ้นจริงและสามารถนำมาเพิ่มเติมในตัวแบบต้นทุนคุณภาพต่อหน่วย ได้แก่ ต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง ต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ ต้นทุนในการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ตรวจสอบไม่พบและต้นทุนในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง

นอกจากนี้งานวิจัยในอดีตไม่ได้แสดงวิธีการคำนวณต้นทุนต่อหน่วยของต้นทุนในแต่ละส่วนด้วย ซึ่งอาจทำให้ไม่สะดวกในการนำตัวแบบต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยไปใช้งานจริง ดังนั้นใน

งานวิจัยนี้ได้แสดงสมการคำนวณต้นทุนต่อหน่วยของต้นทุนแต่ละส่วนไว้ด้วยเพื่อเป็นแนวทางในการนำตัวแบบต้นทุนคุณภาพไปใช้ในงานจริงอีกด้วย ซึ่งสมการคำนวณต้นทุนในแต่ละส่วนแสดงในตารางที่ 5.4 - 5.6 ในบทที่ 5

8.3 พารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ที่ได้จากตัวแบบต้นทุนของต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยของกรณีศึกษา

ในกรณีศึกษานี้มีการกำหนดให้ค่าคุณภาพผ่านออกโดยเฉลี่ยสูงสุดหรือค่า $AOQL$ ไว้ที่ 0.01 หรือ 1% ดังนั้นทำการหาค่าพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง (i, f) ที่ให้ค่า $AOQL$ ไม่เกิน 1% และมีการใช้ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ต่ำที่สุดโดยการใช้ตัวแบบต้นทุนของต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่สร้างขึ้น ซึ่งผลที่ได้คือ $i = 130$ และ $f = 0.07$ ซึ่งหมายถึงเริ่มตรวจสอบด้วยการตรวจสอบแบบ 100% ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งตรวจสอบจนครบ 130 ชิ้น หากไม่พบผลิตภัณฑ์บกพร่องเลย จะเปลี่ยนการตรวจสอบไปเป็นการสุ่มตัวอย่างด้วยสัดส่วน $f = 0.07$ ซึ่งหมายถึงทุกๆ ผลิตภัณฑ์ 14 ชิ้นจะสุ่มตัวอย่างหนึ่งชิ้นมาตรวจสอบ แต่หากมีการตรวจสอบพบผลิตภัณฑ์บกพร่องจะต้องตรวจสอบผลิตภัณฑ์ต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่งไม่พบผลิตภัณฑ์บกพร่องอย่างต่อเนื่องจนครบ 130 ชิ้น จึงจะเปลี่ยนการตรวจสอบจากการตรวจสอบแบบ 100% ไปเป็นการสุ่มตัวอย่างด้วยสัดส่วน $f = 0.07$ และจะเปลี่ยนการตรวจสอบจากการสุ่มตัวอย่างกลับไปเป็นการตรวจสอบแบบ 100% เมื่อตรวจสอบพบผลิตภัณฑ์บกพร่องเพียงหนึ่งชิ้นในช่วงของการสุ่มตัวอย่าง ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์สำหรับแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ที่พารามิเตอร์ของแผนการสุ่ม คือ $i = 130$ และ $f = 0.07$ ของกรณีศึกษานี้ คือ 11.16 บาท

8.4 เปรียบเทียบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 กับการตรวจสอบแบบ 100%

ทำการเปรียบเทียบการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 กับการตรวจสอบแบบ 100% โดยอาศัย 4 ตัววัด คือ

1. คุณภาพผ่านออกโดยเฉลี่ยสูงสุดของผลิตภัณฑ์หรือค่า $AOQL$
2. สัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบโดยเฉลี่ยหรือค่า AFI
3. ผลผลิตที่ได้จากสายการผลิต
4. ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

ผลการเปรียบเทียบแสดงดังตารางที่ 8.2 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 จะดีกว่าการตรวจสอบแบบ 100% ใน 3 เรื่อง คือ แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 มีสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบโดยเฉลี่ยน้อยกว่าการตรวจสอบแบบ 100% ซึ่งทำให้ผลผลิตที่ได้จากสายการผลิตในช่วงเวลาที่เท่ากันเพิ่มมากขึ้นด้วย นอกจากนี้แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ยังให้ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ต่ำกว่าการตรวจสอบแบบ 100% อีกด้วย แม้แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 จะมีข้อดีดังที่กล่าวมาแล้ว แต่ก็มีข้อด้อยกว่าการตรวจสอบแบบ 100% ในเรื่องคุณภาพผ่านออกโดยเฉลี่ยสูงสุดหรือค่า ***AOQL*** โดยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 จะมีคุณภาพผ่านออกโดยเฉลี่ยสูงสุดแย่กว่าการตรวจสอบแบบ 100%

ตารางที่ 8.2 เปรียบเทียบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และการตรวจสอบแบบ 100%

หัวข้อในการเปรียบเทียบ	**ตรวจสอบด้วยการตรวจสอบแบบ 100%**	**ตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1**	**เปรียบเทียบแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 กับการตรวจสอบแบบ 100%**
คุณภาพผ่านออกโดยเฉลี่ยสูงสุดหรือค่า ***AOQL***	0	0.01	-
สัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบโดยเฉลี่ยหรือค่า ***AFI***	1	0.609	+
ผลผลิตต่อวันต่อสายการผลิต	3565	3795	+
ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์	15.21 บาท	11.16 บาท	+

8.5 ความไวของตัวแบบต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยและแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ที่ได้จากตัวแบบต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

หากพิจารณาถึงความประหยัดหรือต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 สามารถนำมาใช้แทนการตรวจสอบแบบ 100% เมื่อมีการกำหนดระยะเวลาในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องเมื่อตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 มากกว่าระยะเวลาในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องเมื่อตรวจสอบด้วยการตรวจสอบแบบ 100%

น้อยกว่า 70% โดยต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 จะมีการเปลี่ยนแปลงตามการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต้นทุนต่างๆ ได้แก่ ต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง ต้นทุนในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง ต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่อง

สัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบโดยเฉลี่ยหรือค่า AFI มีการเปลี่ยนแปลงตามการเพิ่มขึ้นของต้นทุนต่างๆ และค่า p โดย

- หากค่า p เพิ่มขึ้น สัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบโดยเฉลี่ยหรือค่า AFI จะเพิ่มขึ้นเข้าใกล้ 1
- หากต้นทุนความบกพร่องภายใน เช่น ต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่อง ต้นทุนในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง เพิ่มขึ้น สัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบโดยเฉลี่ยหรือค่า AFI จะลดลง
- หากต้นทุนความบกพร่องภายนอก ซึ่งในกรณีศึกษานี้ คือ ต้นทุนในการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องเพิ่มขึ้น สัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ถูกตรวจสอบโดยเฉลี่ย AFI จะเพิ่มขึ้นด้วย

พารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i, f จะมีการเปลี่ยนแปลงตามการเปลี่ยนแปลงของค่า p ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพภายใน ได้แก่ ต้นทุนในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่อง ต้นทุนในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง และต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพภายนอกซึ่งเป็นต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่อง

8.6 ข้อจำกัด

1. ตัวแบบต้นทุนคุณภาพที่สร้างขึ้น อาศัยข้อมูลของต้นทุนต่างๆที่เก็บรวบรวมไว้ในแง่ของต้นทุนทางบัญชี ดังนั้นค่าใช้จ่ายบางส่วนจะได้จากการประมาณซึ่งต้นทุนที่นำมาใช้อาจไม่ใช้ต้นทุนคุณภาพ 100%

2. ตัวแบบต้นทุนคุณภาพที่สร้างขึ้นด้วยข้อสมมติฐานที่สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการผลิตหรือค่า p เป็นค่าคงที่ที่ได้จากการกระจายแบบ Beta ดังนั้นตัวแบบต้นทุนคุณภาพจึงไม่เหมาะกับกระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงแกว่งไปมา

3. ตัวแบบต้นทุนคุณภาพมีการคิดต้นทุนในส่วนต่างๆ โดยอ้างอิงการคำนวณของบริษัทกรณีศึกษา เช่น ต้นทุนการตรวจสอบ ต้นทุนในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง ดังนั้นหากจะนำตัวแบบต้นทุนคุณภาพนี้ไปใช้ จึงควรเปรียบเทียบการคิดคำนวณต้นทุนในแต่ละส่วนกับกรณีที่จะนำไปใช้ก่อน เพื่อการประมาณต้นทุนคุณภาพออกมาถูกต้อง

4. ในการเลือกแผนการตรวจนั้นควรทำการศึกษาเปรียบเทียบการตรวจสอบแบบทั้ง 3 รูปแบบ คือ การตรวจสอบแบบ 100% แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และการไม่ตรวจสอบหรือการเว้นการตรวจสอบ แต่ในงานวิจัยนี้จะทำการเปรียบเทียบเพียงการตรวจสอบ 2 รูปแบบเท่านั้น คือ การตรวจสอบแบบ 100% และแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และไม่ได้เปรียบเทียบกับการไม่ตรวจสอบหรือการเว้นการตรวจสอบ ซึ่งจากข้อมูลของต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากตัวแบบต้นทุนที่เสนอในงานวิจัยนี้ สามารถพิจารณาหาสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เป็นจุดเสมอตัวของการตรวจสอบทั้ง 2 แบบได้ โดยสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ทำการศึกษาจะอยู่อยู่ระหว่าง 0.015 – 0.05 ซึ่งเป็นช่วงของสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจริงของกรณีศึกษา ซึ่งจากการศึกษาพบว่าการตรวจสอบแบบ 100% จะให้ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์สูงกว่าการตรวจสอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ตลอดช่วงของสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ทำการศึกษาหรืออาจกล่าวว่าในช่วงนี้ไม่มีจุดเสมอตัวระหว่างการตรวจสอบทั้งสองแบบนี้ ดังนั้นการตรวจสอบแบบ 100% จึงไม่เหมาะสมต่อการนำมาใช้เลยกับกรณีศึกษานี้ และเนื่องจากไม่ได้ศึกษาเปรียบเทียบกับการไม่ตรวจสอบดังนั้นจึงไม่สามารถระบุถึงจุดเสมอตัวของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 กับการไม่ตรวจสอบได้

8.7 ข้อเสนอแนะ

1. เปลี่ยนการคิดต้นทุนในการตรวจสอบให้แปรตามจำนวนตัวอย่างตามแนวคิดของ Chen และ Chou (2002, 2003) เพื่อให้ต้นทุนคุณภาพสามารถให้ต้นทุนคุณภาพใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น

2. เพิ่มเงื่อนไขในการหาแผนการสุ่มตัวอย่างโดยพิจารณาถึงข้อจำกัดของสายการผลิตเข้ามาในตัวแบบด้วย เนื่องจากแต่ละสายการผลิตอาจจะมีข้อจำกัดในการนำแผนการสุ่มตัวอย่างไปใช้ เช่น จำนวนพนักงานตรวจสอบ จำนวนของเครื่องตรวจสอบ ดังนั้นหากไม่ได้พิจารณาถึงปัจจัยเหล่านี้ แผนการสุ่มตัวอย่างที่ได้อาจจะไม่เหมาะกับการนำไปใช้กับสายการผลิตจริง

3. ตัวแบบต้นทุนในงานวิจัยนี้สร้างสำหรับแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ซึ่งในงานวิจัยต่อไปควรศึกษาและปรับปรุงต้นทุนให้สามารถนำไปใช้กับแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องชนิดอื่นๆ ด้วย เช่น แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-2 แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-3 แผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-V เป็นต้น

4. ในงานวิจัยนี้จะเลือกการตรวจสอบโดยเปรียบเทียบการตรวจสอบเพียง 2 รูปแบบระหว่างแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 และการตรวจสอบแบบ 100% ซึ่งหากจะทำการเปรียบเทียบ

ให้ครบถ้วนและสมบูรณ์ควรจะนำการไม่ตรวจสอบผลิตภัณฑ์หรือยกเว้นการตรวจสอบเข้ามาเปรียบเทียบด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กำพล กิจชระภูมิ และ สุชาติ ยุวรี. Cost of quality ลดต้นทุน ไม่ลดคุณภาพ. บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2546.

กังวาน ชยุติมันต์กุล. การวิเคราะห์ต้นทุนคุณภาพสำหรับโรงงานหล่อโลหะ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

ณัฐกา โยคะกุล. การหาจุดเหมาะสมด้านต้นทุนคุณภาพสำหรับอุตสาหกรรมขนาดกลางและเล็ก: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมการผลิตของขบเคี้ยวสุนัข. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

ธิดาเดียว มยุรีสวรรค์. การออกแบบแผนการชักสิ่งตัวอย่างแบบต่อเนื่องสำหรับ 2 สายการผลิตภายใต้เงื่อนไขของขีดความสามารถในการตรวจสอบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2549.

วัสชัย ลิมปนวาร. ต้นทุนคุณภาพในกระบวนการผลิตเครื่องครัว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

ศุภกุล ชยาสนา. การวิเคราะห์ต้นทุนคุณภาพสำหรับโรงงานเฟอร์นิเจอร์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

สุณี ศุภกุลกิตติวัฒนะ. การศึกษาตัวแบบต้นทุนคุณภาพของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2538.

สุภารัตน์ ธาราสายทอง. การพัฒนาสูตรการคำนวณต้นทุนคุณภาพและการปรับปรุงต้นทุนคุณภาพสำหรับอุตสาหกรรมพลาสติกประเภทฉีด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรม อุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.

ภาษาอังกฤษ

Balamurali, S. and Jun, C.-H. Average Outgoing Quality of CSP-C Continuous Sampling Plan under Short Run Production Processes. Journal of Applied Statistics 33 (2006): 139–154.

Balamurali, S. Kalyanasundaram, M. and Jun, C.H. Generalized CSP-(c1, c2) sampling plan for continuous production processes. International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering 12 (2005): 75–93.

Balamurali, S. Kalyanasundaram, M. and Jun, C.H. Modified CSP-T Sampling Procedures for Continuous Production Processes. Quality Technology & Quantitative Management 1 (2004): 175-188.

Bamford, D.R. and Land, N. The application and use of the PAF quality costing model within a footwear company. International Journal of Quality & Reliability Management 23 (2006): 265-278.

Banks, J. Principle of quality control. New York : John Wiley & Sons, 1989.

Bebbington, M. Lai, C.D.and Govindaraju, K. Continuous Sampling Plans for Markov-Dependent Production Processes under Limited Inspection Capacity. Mathematical and Computer Modelling 38 (2003) : 1137-1145.

Bourke, P.D. A continuous sampling plan using CUSUMs. Journal of Applied Statistics (2002) : 1121-1133.

Bourke, P.D. A continuous sampling plan using sums of conforming run-lengths. Quality and Reliability Engineering International 19 (2003) : 53 – 66.

Campanella, J. Principles of Quality Costs. Principles, Implementation and Use, 3rd edition. ASQC, Milwaukee. 1999.

Cassady, C.R., Maillart, L.M., Rehmert, I.J. and Nachlas, J.A. Demonstrating Deming's kp rule using an Economic Model of the CSP-1. Quality Engineering 12 (2000) : 327-334.

Chen, C.H. and Chou, C.Y. Economic design of continuous sampling plan under linear inspection cost. Journal of Applied Statistics 29 (2002) : 1003- 1009.

Chen, C.H. and Chou, C.Y. Economic Design of CSP-1 Plan under the Dependent Production Process and Linear Inspection Cost. Quality Engineering 16 (2003) : 239–243.

Chen, C.H. and Chou, C.Y. A Note on the Continuous Sampling Plan CSP-V. Economic Quality Control 17 (2002): 235 – 239.

Chen, C.H. Minimum Average Fraction Inspected for Modified Tightened Two-level Continuous Sampling Plans. Tamkang Journal of Science and Engineering 7 (2004) : 37-40.

Devor, R.E. Quality Control. 6th ed. Prentice Hall. John Wiley & Sons, 1998.

Dodge, H.F. and Torrey, M.N. Additional Continuous Sampling Inspection Plans. Journal of Quality Technology 9 (1997) : 125-130.

Farmakis, N. and Eleftheriou, M. Continuous Sampling Plan under an acceptance cost of linear form. Recent Advance in Stochastic Modeling and Data Analysis, Chania, Greece, May 29 – June 1, 2007: 390-397.

Ghosh, D.T. The Continuous Sampling Plan that Minimizes the Amount of Inspection. Sankhya B, 50 (1988) : 412-427.

Girshick, M.A. and Wetherill, G.B. The Economic Design of Continuous Inspection Procedures. A Review Paper, International Statistics Review 41 (1973) : 357-373.

Govindaraju, K. and Kandasamy, C. Design of generalized CSP-C continuous sampling plan. Journal of Applied Statistics 27 (2000) : 829-841.

Haji, A. and Haji, R. The optimal policy for a sampling plan in continuous production in terms of the clearance number. Computers & Industrial Engineering 47 (2004) : 141-147.

Hewlett-Packard Development Company, L.P. HP Hard Disk Drive Quality System–The Driving, Force of Reliability. Hewlett-Packard Development Company, L.P, 2006.

Murphy, R.B. Stopping Rules with CSP-1 Sampling Inspection Plans. Industrial Q.C.16 (1959) : 20-21.

Montgomery, D.C. Introduction to Statistical Quality Control. 5th ed. 2005.

Plunkett, J.J. and Dale, B.G. The Determination and Use of Quality-Related Costs in

Manufacturing, SERC Research Grant Report (GR/C33475) (1985)

Plunkett, J.J. and Dale, B.G. Quality Costing. London : Chapman and Hall,. 1991

Resnikoff, G.J. Minimum Average Fraction Inspected for a Continuous Sampling Plan. Journal of Industrial Engineer 11 (1960) : 208-209.

Schiffauerova, A. and Thomson, V. A review of research on cost of quality models and best practices. International Journal of Quality & Reliability Management 23 (2006) : 647-669.

Sharma, R.K., Kumar, D. and Kumar, P. Quality Costing in Process Industries through QCAS: A Practical Case. International Journal of Production Research 45 (2007) : 3381-3403.

Shee, A.M. and Cassady. C.R. Assessing the Economic Performance of Continuous Sampling Plan. Quality Technology & Quantitative Management 3 (2006) : 45-54.

Sower, V.E. Quarles, R. and Broussard, E. Cost of quality usage and its relationship to quality system maturity. International Journal of Quality & Reliability Management 24 (2007) : 121-140.

Stephens, K.S. CSP-1 for Consumer Protection. Jl. of Quality Technology, 13 (1981) : 249-253.

Tsai, W.-H. Quality cost measurement under activity-based costing. International Journal of Quality & Reliability Management 15 (1998) : 719-752.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

โปรแกรมในการคำนวณหาพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องชนิด CSP-1 ที่ให้ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตต่อรอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ต่ำที่สุดโดยอาศัยสมการองค์ประกอบของตัวแบบต้นทุนคุณภาพ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โปรแกรมในการคำนวณหาพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่อง ชนิด CSP-1 ที่ให้ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตต่อรอบของแผนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ต่ำที่สุด โดยอาศัยสมการองค์ประกอบของตัวแบบต้นทุนคุณภาพ

1. จุดประสงค์ของการโปรแกรม

ช่วยคำนวณหาพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i, f ของแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่อง CSP-1 ที่ให้ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตต่อรอบของการสุ่มตัวอย่างต่ำที่สุด

2. ส่วนประกอบของโปรแกรม

โปรแกรมประกอบด้วย 5 ส่วน ดังนี้

2.1. ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่าง (Sampling Flow)

เป็นส่วนแรกของตัวโปรแกรมแสดงถึงขั้นตอนของการสุ่มตัวอย่างเพื่อให้ผู้ใช้แผนการสุ่มตัวอย่างเข้าใจขั้นตอนของการสุ่มตัวอย่างและสามารถนำแผนการสุ่มตัวอย่างไปใช้ได้อย่างถูกต้อง

2.2. ข้อสมมติที่ใช้ในแบบจำลอง (Assumption)

เป็นส่วนที่แสดงถึงข้อสมมติและข้อจำกัดของตัวโปรแกรม เพื่อให้ใช้โปรแกรมได้ทราบถึงข้อมูลเหล่านี้ก่อนการนำตัวโปรแกรมไปใช้ เพื่อให้ผลที่ได้จากตัวโปรแกรมมีความถูกต้อง

2.3. ข้อมูลที่ต้องป้อนลงในโปรแกรม (Input)

เป็นส่วนที่ผู้ใช้โปรแกรมต้องป้อนข้อมูลใส่เข้าไปในโปรแกรมเพื่อนำข้อมูลนั้นไปคำนวณหาพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่างและต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิต

2.4. ความหมายของข้อมูลแต่ละตัวที่ต้องป้อนลงในโปรแกรม (Definitions)

เป็นส่วนที่อธิบายถึงความหมายของข้อมูลที่ต้องป้อนลงในโปรแกรมแต่ละตัว เพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมเข้าใจและป้อนข้อมูลได้อย่างถูกต้อง

2.5. ผลที่ได้จากตัวแบบต้นทุน (Result)

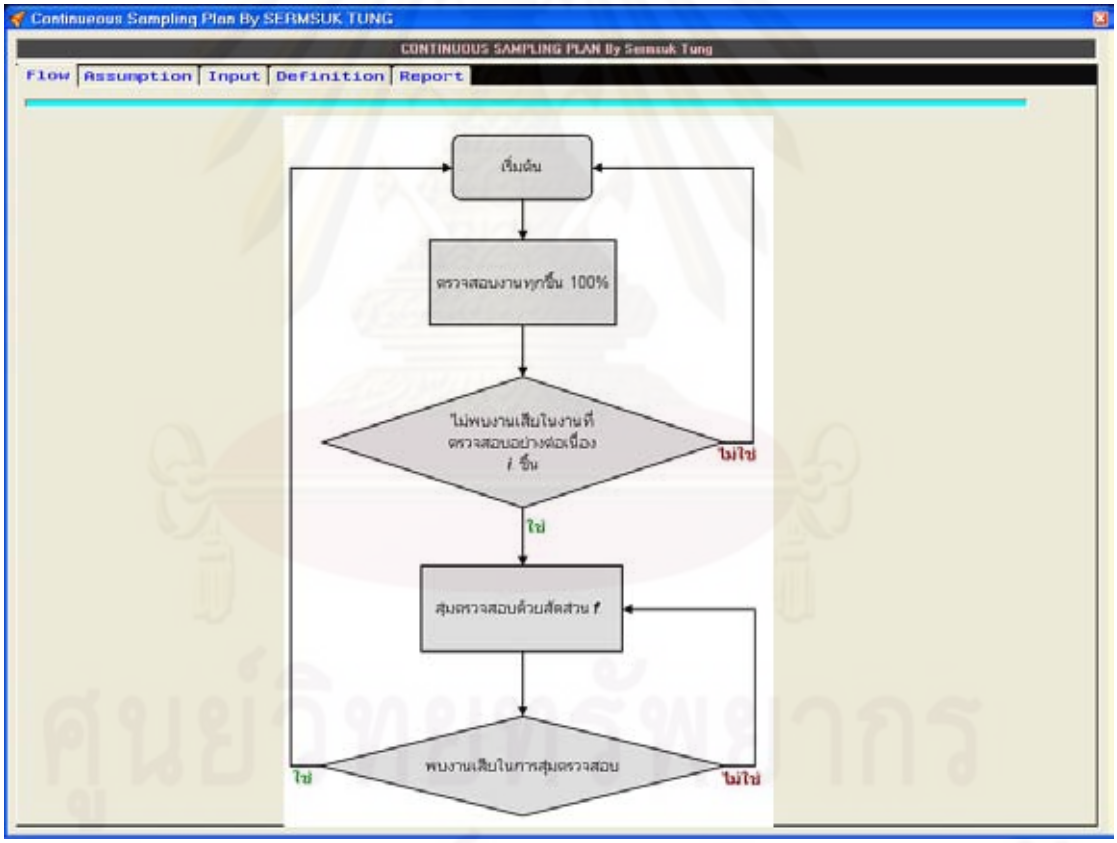
เป็นส่วนที่แสดงถึงผลที่ได้จากตัวโปรแกรม ซึ่งประกอบไปด้วย พารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i, f ต้นทุนคุณภาพประเภทต่างๆต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิต และต้นทุนคุณภาพรวมต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิต

2.1 ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่าง (Sampling Flow)

ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่าง CSP-1 ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ

1. เริ่มต้นด้วยการตรวจสอบแบบ 100% ซึ่งมีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ทุกชิ้น โดยจะตรวจสอบไปเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงจำนวน i ชิ้น (Clearance Number) ที่ไม่พบของเสีย จะเปลี่ยนรูปแบบการตรวจสอบจากการตรวจสอบแบบ 100% ไปเป็นการสุ่มตัวอย่าง

2. ช่วงการสุ่มตัวอย่าง ในช่วงนี้จะตรวจสอบผลิตภัณฑ์เพียงบางชิ้นด้วยการสุ่มตัวอย่างด้วยสัดส่วน f หรือทุกๆ $1/f$ ชิ้นจะสุ่มตัวอย่างขึ้นมา 1 ชิ้นเพื่อตรวจสอบ โดยจะดำเนินการสุ่มตัวอย่างต่อไปเรื่อยๆจนกระทั่งตรวจสอบพบผลิตภัณฑ์บกพร่อง จึงจะทำการเปลี่ยนกลับไปตรวจสอบแบบ 100% อีกครั้ง



2.2 **ข้อสมมติที่ใช้ในตัวแบบต้นทุน** (Assumption)

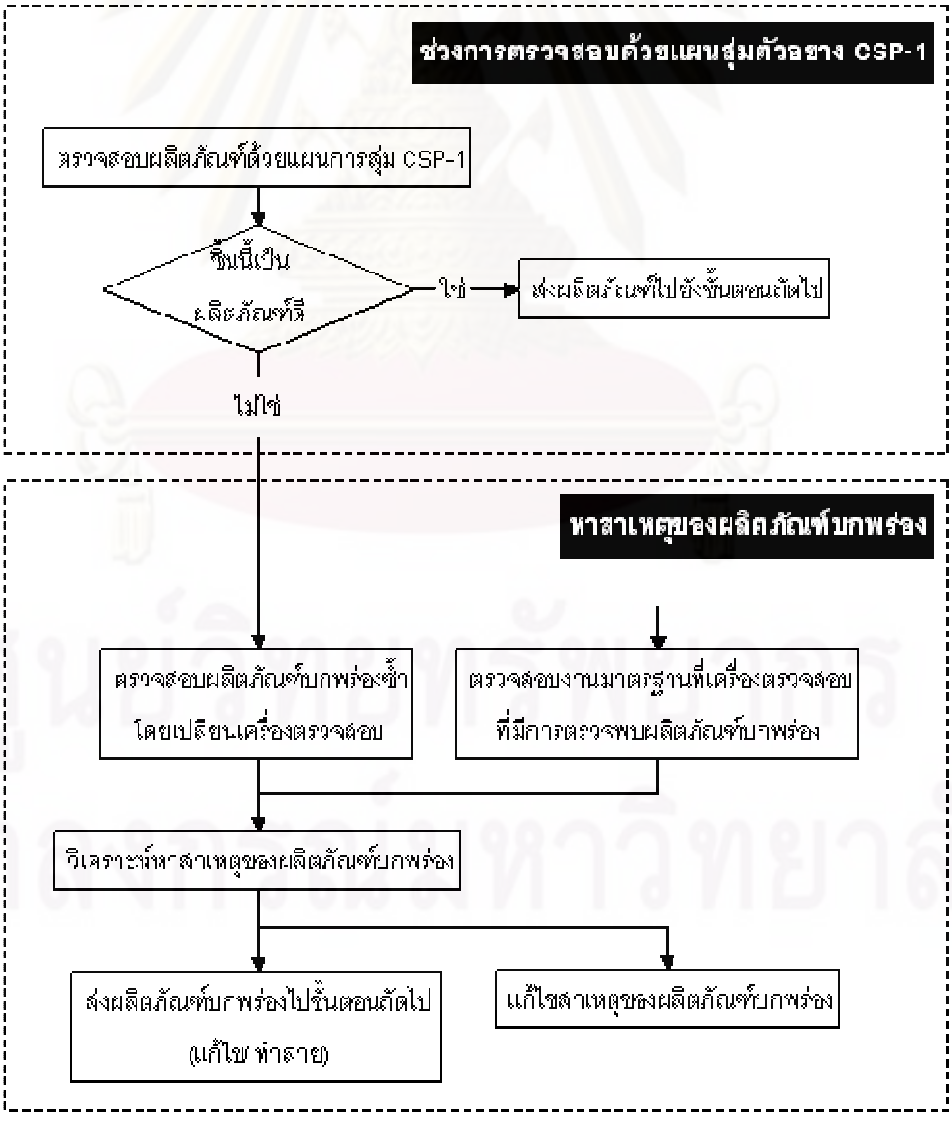
ข้อสมมติที่ใช้ในแบบจำลอง (Assumption) เป็นส่วนที่แสดงถึงข้อสมมติและข้อจำกัดของตัวโปรแกรม เพื่อให้ใช้โปรแกรมได้ทราบถึงข้อมูลเหล่านี้ก่อนการนำตัวโปรแกรมไปใช้ เพื่อให้ผลที่ได้จากตัวโปรแกรมมีความถูกต้อง

1. ชิ้นงานสามารถผ่านจุดตรวจสอบได้ทีละชิ้นตามลำดับของการผลิต

2. การตรวจสอบมีความถูกต้อง แม่นยำและสมบูรณ์ซึ่งสามารถระบุได้ว่าชิ้นไหนเป็นงานเสียและชิ้นไหนเป็นงานดี

3. สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการผลิตมีค่าคงที่

4. เมื่อตรวจพบผลิตภัณฑ์บกพร่องต้องทำการแก้ไขและทำการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องตามขั้นตอนดังนี้



5. กระบวนการผลิตมีอัตราคงที่และเท่ากันทุกสายการผลิต

6. การซ่อมหรือแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องสามารถทำการแก้ไขได้สมบูรณ์ในครั้งเดียว

7. ผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ จะถูกทำลายทั้งตัวผลิตภัณฑ์

8. ในช่วงเวลาหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง กระบวนการผลิตยังดำเนินอย่างต่อเนื่อง

9. เวลาในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องของกระบวนการผลิตที่มีการตรวจสอบแบบ 100% และการสุ่มตัวอย่างมีค่าเท่ากัน

10. ต้นทุนการป้องกันต่อหน่วยผลิตภัณฑ์มีค่าคงที่เท่ากันสำหรับทุกชิ้นผลิตภัณฑ์

11. ต้นทุนในการสุ่มตัวอย่างและตรวจสอบต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการตรวจสอบทั้งสำหรับการตรวจสอบวัตถุดิบหรือชิ้นส่วนประกอบและการตรวจสอบผลิตภัณฑ์มีค่าคงที่เท่ากันทุกชิ้น

12. ต้นทุนในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องมีค่าคงที่เท่ากันทุกชิ้น

13. ต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องมีค่าคงที่เท่ากันทุกชิ้น

14. ต้นทุนในการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องมีค่าเท่ากันทุกครั้ง

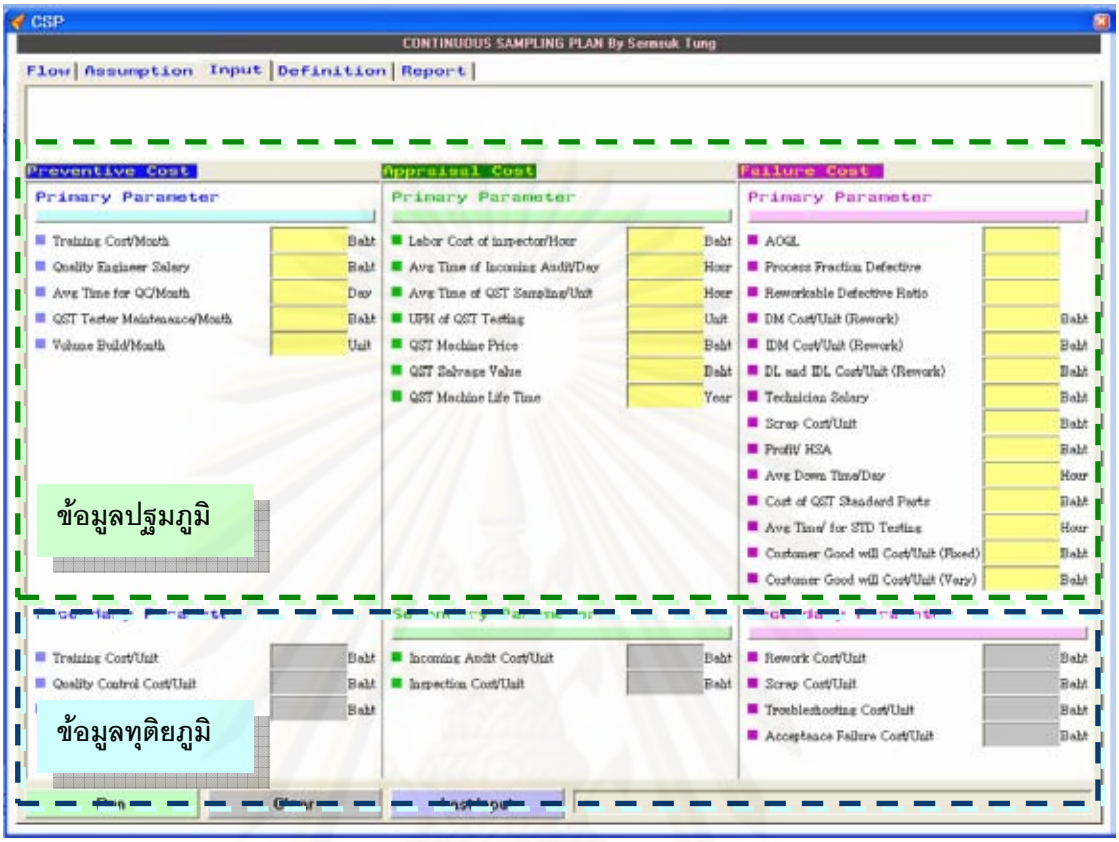
15. ต้นทุนในการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องมีค่าไม่คงที่แต่แปรตามจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ลูกค้าพบ

ข้อมูลที่ต้องป้อนลงในโปรแกรม (Input)

เป็นหน้าที่รับข้อมูลจากผู้ใช้โปรแกรมเพื่อนำข้อมูลนั้นไปคำนวณหาพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่างและต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ ซึ่งในหน้าของการรับข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ

ข้อมูลปฐมภูมิ เป็นส่วนของข้อมูลที่ผู้ใช้งานโปรแกรมจะ*ต้องกรอกข้อมูลลงไปทุกช่อง*

ข้อมูลทุติยภูมิ เป็นส่วนของข้อมูลที่ผู้ใช้งานโปรแกรม*ไม่ต้องกรอกข้อมูลลงไป* แต่เป็นส่วนที่โปรแกรมจะทำการคำนวณค่าโดยอาศัยข้อมูลปฐมภูมิที่ผู้ใช้โปรแกรมกรอกไว้ในขั้นแรก



ข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

1 ส่วนต้นทุนการป้องกัน (Preventive Cost)

2 ส่วนต้นทุนการตรวจสอบ ตรวจวัด (Appraisal Cost)

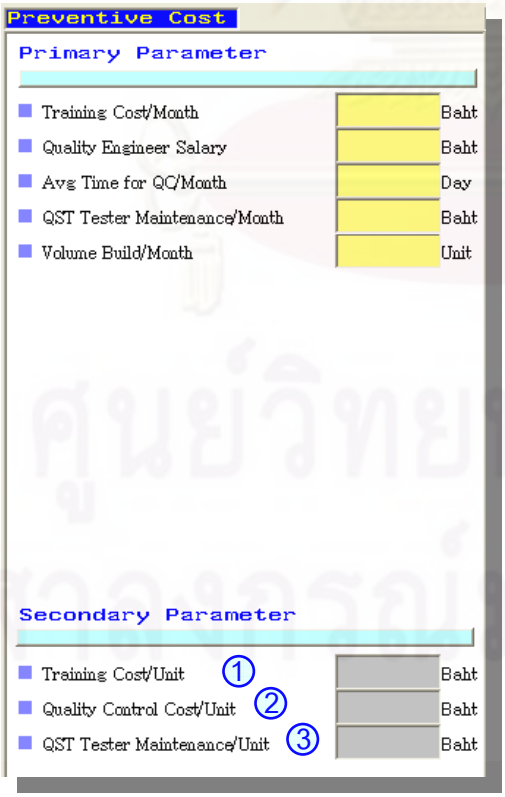
3 ส่วนต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ (Failure Cost)

ต่อไปจะกล่าวถึงความหมายของต้นทุนแต่ละส่วนก่อน และจะอธิบายถึงความหมายขอ ข้อมูลปฐมภูมิที่จะต้องใส่ในโปรแกรมแต่ละตัวต่อไป

1) ส่วนต้นทุนการป้องกัน (Preventive Cost)

ต้นทุนการป้องกัน (Prevention Cost) เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการทำกิจกรรมต่างๆเพื่อการป้องกันไม่ให้เกิดความบกพร่องและความสูญเสียในการผลิต รวมทั้งปัญหาในการดำเนินงานต่างๆ ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดมาตรฐาน ตัวอย่างของต้นทุนกลุ่มนี้ ได้แก่ การฝึกอบรมพนักงาน การทวนสอบการออกแบบ การวางแผนคุณภาพ การจัดตั้งทีมเพื่อปรับปรุงคุณภาพ การออกแบบกระบวนการ การปรับปรุงเครื่องจักรและอุปกรณ์ การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เป็นต้น เนื่องจากต้นทุนส่วนนี้เป็นต้นทุนที่ยากแต่การระบุให้แน่ชัด ในโปรแกรมนี้จึงจะคำนวณต้นทุนในส่วนนี้เพียง 3 ตัว ที่เป็นต้นทุนการป้องกันที่ง่ายต่อการเก็บข้อมูลจากสายการผลิตและนำมาใช้ประกอบด้วย

1. ค่าฝึกอบรมพนักงานต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตต่อรอบของการสุ่มตัวอย่าง CSP-1
2. ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนคุณภาพของแผนกควบคุมคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตต่อรอบของการสุ่มตัวอย่าง CSP-1
3. ค่าซ่อมบำรุงเครื่องตรวจสอบต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตต่อรอบของการสุ่มตัวอย่าง CSP-1



1. **ค่าฝึกอบรมพนักงานต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิต**
คำนวณจากค่าฝึกอบรมพนักงานเฉลี่ยในหนึ่งเดือนต่อปริมาณการผลิตในช่วงเวลานั้นๆ

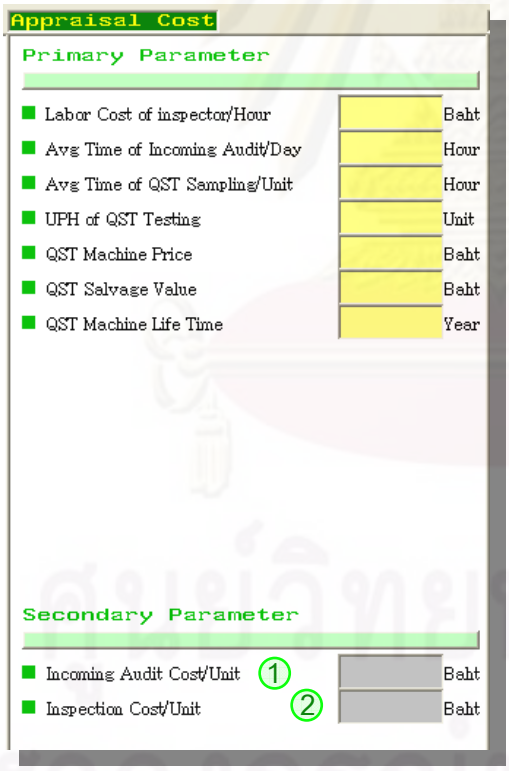
2. **ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมคุณภาพของแผนกควบคุมคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิต**
คำนวณจาก เงินเดือนของวิศวกรที่ทำหน้าที่ในการวางแผนและควบคุมคุณภาพเมื่อคิดตามระยะเวลาในทำกิจกรรมนี้จริงเฉลี่ยในหนึ่งเดือน ต่อปริมาณการผลิตในหนึ่งเดือน

3. **ค่าซ่อมบำรุงเครื่องตรวจสอบต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิต**
คำนวณจากค่าซ่อมบำรุงเครื่องจักรเฉลี่ยในหนึ่งเดือนต่อปริมาณการผลิตในช่วงเวลานั้นๆ

2) ส่วนต้นทุนการตรวจสอบ ตรวจวัด (Appraisal Cost)

ต้นทุนการตรวจสอบ ตรวจวัด (Appraisal Costs) เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการทำกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวัด การตรวจสอบและการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์หรือบริการเพื่อที่จะสามารถพิจารณาว่าผลิตภัณฑ์มีมาตรฐานตรงตามความต้องการ ซึ่งมีต้นทุนที่เกี่ยวข้องหลายส่วน ได้แก่ การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบนำเข้า การตรวจสอบคุณภาพในกระบวนการ การตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้าย การสอบเทียบเครื่องมือวัด การวิเคราะห์ผลการตรวจสอบคุณภาพและการทำรายงานสรุป การตรวจและทดสอบผลิตภัณฑ์ ซึ่งในโปรแกรมนี้ จะคำนวณต้นทุนในส่วนนี้เพียง 2 ตัว ซึ่งเป็นต้นทุนการตรวจสอบที่มักถูกเก็บรวบรวมไว้แล้วหรือง่ายต่อการเก็บข้อมูลจากสายการผลิตเพิ่มเติม ประกอบด้วย

1. ต้นทุนในการสุ่มตัวอย่างตรวจสอบวัตถุดิบนำเข้า
2. ต้นทุนที่เกิดจากการสุ่มตัวอย่างตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์



1. **ต้นทุนในการสุ่มตัวอย่างตรวจสอบวัตถุดิบนำเข้า**

คำนวณจาก ค่าแรงของพนักงานตรวจสอบเมื่อคิดตามเวลาที่ตรวจสอบจริงต่อปริมาณการผลิตในช่วงเวลานั้น

2. **ต้นทุนที่เกิดจากการสุ่มตัวอย่างตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์**

คำนวณจาก ค่าแรงของพนักงานตรวจสอบเมื่อคิดตามเวลาที่ตรวจสอบจริงต่อปริมาณการผลิตในช่วงเวลานั้น และค่าเสื่อมราคาของเครื่องตรวจอบต่อหน่วยผลิตภัณฑ์

3) ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ (Failure Costs)

ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ (Failure Costs) เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นจากความบกพร่องของการดำเนินงาน ผลิตภัณฑ์หรือบริการ ที่บกพร่องด้านคุณภาพ ไม่ตรงกับความต้องการของลูกค้า สามารถจำแนกได้ 2 ชนิด ได้แก่

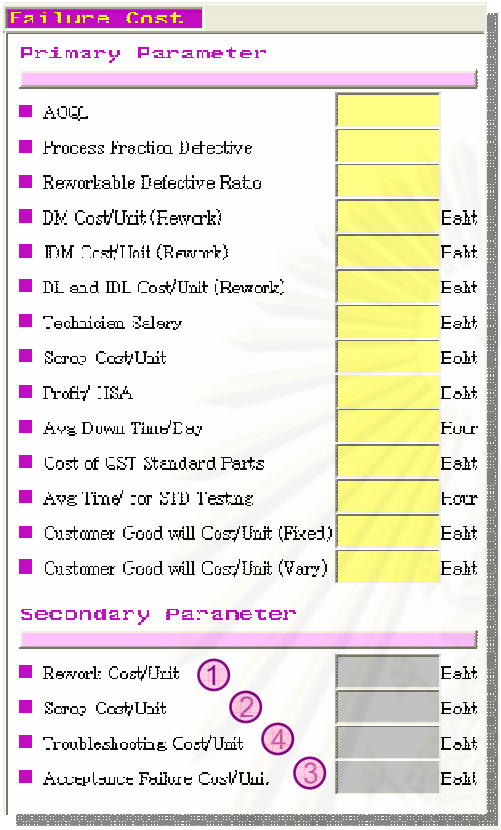
ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพภายใน เป็นต้นทุนที่เกิดจากความบกพร่องด้านคุณภาพก่อนที่จะส่งมอบผลิตภัณฑ์หรือบริการแก่ลูกค้า ตัวอย่างของต้นทุนกลุ่มนี้ ได้แก่ การแก้ไขงานบกพร่อง การตรวจสอบซ้ำ เครื่องจักรหยุดทำงาน

ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพภายนอก เป็นต้นทุนที่เกิดจากความบกพร่องทางคุณภาพหลังจากส่งมอบผลิตภัณฑ์หรือบริการให้แก่ลูกค้า ตัวอย่างของต้นทุนกลุ่มนี้ ได้แก่ การจัดการข้อร้องเรียนของลูกค้า การเคลมสินค้าตามระยะประกัน การเรียกคืนสินค้า ผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ลูกค้าส่งคืน

ในโปรแกรมนี้ จะคำนวณต้นทุนในส่วนนี้ 4 ตัว ซึ่งเป็นต้นทุนที่มักจะเกิดขึ้นกับสายการผลิตทั่วๆไปเสมอ ประกอบด้วย

1. ต้นทุนที่เกิดจากการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่อง
2. ต้นทุนที่เกิดจากการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถซ่อมได้
3. ต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ตรวจสอบไม่พบจากการสุ่มตัวอย่าง
4. ต้นทุนที่เกิดจากการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



1. **ต้นทุนที่เกิดจากการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่อง**
คำนวณจาก ค่าแรงของพนักงานและค่าวัตถุดิบที่ใช้ในการซ่อมแซมแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง

2. **ต้นทุนที่เกิดจากการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถซ่อมได้**
คำนวณจาก ความสูญเสียจากผลิตภัณฑ์บกพร่องเหล่านี้ในหนึ่งเดือนต่อปริมาณการผลิตต่อเดือน

3. **ต้นทุนที่เกิดจากการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ตรวจสอบไม่พบจากการสุ่มตัวอย่าง**
คำนวณจาก ความสูญเสียที่เกิดขึ้นเมื่อลูกค้าพบผลิตภัณฑ์บกพร่อง ซึ่งในตัวโปรแกรมนี้จะคิดจากกรณีที่เมื่อลูกค้าพบผลิตภัณฑ์บกพร่องจะส่งผลิตภัณฑ์เหล่านั้นกลับมาเพื่อซ่อมแซมแก้ไขแล้วส่งกลับไป ดังนั้นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจึงเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการซ่อมแซมผลิตภัณฑ์บกพร่อง

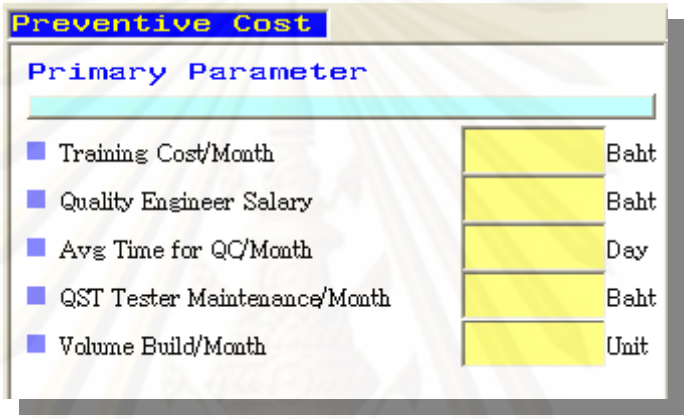
4. **ต้นทุนที่เกิดจากการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง**
คำนวณจาก ค่าแรงของช่างเทคนิค ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการตรวจสอบเครื่องและค่าความสูญเสียที่เกิดจากการต้องหยุดเครื่องตรวจสอบเพื่อทำการหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4 **ความหมายของข้อมูลแต่ละตัวที่ต้องป้อนลงในโปรแกรม** (Definitions)

ในส่วนนี้จะอธิบายถึงความหมายของข้อมูลปฐมภูมิที่ต้องป้อนลงในโปรแกรมแต่ละตัว เพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมเข้าใจและป้อนข้อมูลข้อมูลได้อย่างถูกต้อง โดยแบ่งตามประเภทของค่าใช้จ่ายแต่ละตัวตามที่ได้แสดงไว้ในหัวข้อที่ผ่านมา

1) **ส่วนต้นทุนการป้องกัน** (Preventive Cost)



- **ค่าฝึกอบรมพนักงานต่อเดือน** (Training Cost/ Month)

ค่าฝึกอบรมพนักงานต่อเดือน เป็นต้นทุนในการฝึกอบรมพนักงานในสายการผลิตถึงความรู้ที่เกี่ยวกับตัวผลิตภัณฑ์ วิธีการทำงานที่ถูกต้องและแนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นหากพบปัญหาในการผลิต ต้นทุนในส่วนนี้ได้จากการเก็บข้อมูลจากต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นในการอบรมพนักงานรายเดือนของแผนกฝึกอบรม มีหน่วยเป็น บาท/ เดือน

- **เงินเดือนวิศวกรคุณภาพ** (Quality Engineer Salary)

เงินเดือนเฉลี่ยของวิศวกรคุณภาพ ที่ทำหน้าที่ในการวางแผนคุณภาพตั้งแต่การแปลงความต้องการของลูกค้าเป็นแผนงานคุณภาพรวมถึงการตรวจติดตามผลของแผนงานคุณภาพที่ใช้และวางแผนการควบคุมที่เหมาะสม มีหน่วยเป็น บาท/ เดือน

- **เวลาเฉลี่ยที่วิศวกรใช้ในการวางแผนคุณภาพต่อเดือน** (Average Time for QC/ Month)

เวลาเฉลี่ยที่วิศวกรใช้ในการวางแผนคุณภาพต่อเดือน เป็นเวลาที่วิศวกรคุณภาพใช้ในการวางแผนคุณภาพตั้งแต่การแปลงความต้องการของลูกค้าเป็นแผนงานคุณภาพรวมถึงการตรวจ

ติดตามผลของแผนงานคุณภาพที่ใช้และวางแผนการควบคุมที่เหมาะสมต่อเดือน มีหน่วยเป็น วันทำงาน/ เดือน

- **ค่าซ่อมบำรุงเครื่องตรวจสอบต่อเดือน** (QST Tester Maintenance/ Month)

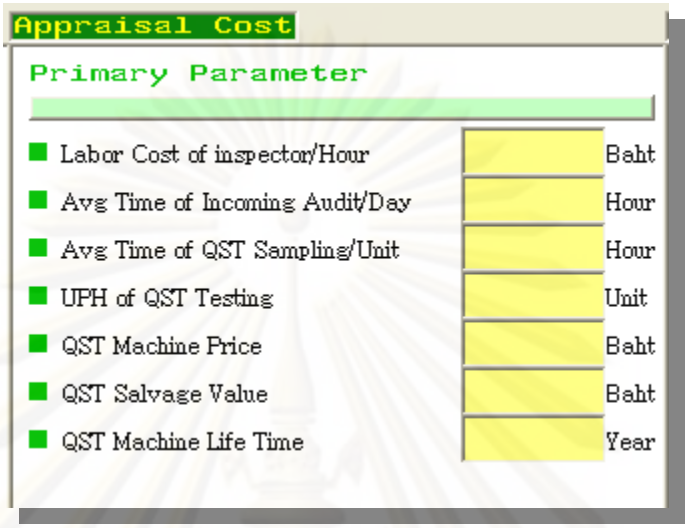
ค่าซ่อมบำรุงเครื่องตรวจสอบต่อเดือน เป็นค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้นจากการซ่อมบำรุงเครื่องตรวจสอบ QST และรวมถึงการสอบเทียบเครื่องตรวจสอบ QST เพื่อให้เครื่องตรวจสอบมีความเที่ยงตรงและสามารถตรวจสอบผลิตภัณฑ์ได้อย่างถูกต้อง ต้นทุนในส่วนนี้ได้มีการเก็บข้อมูลจากต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นเป็นรายเดือนโดยแผนกซ่อมบำรุงซึ่งโดยทั่วไปมีการเก็บข้อมูลไว้เป็นรายเดือน มีหน่วยเป็น บาท/ เดือน

- **ปริมาณการผลิตต่อเดือน** (Volume Build/ Month)

ปริมาณการผลิตต่อเดือน เป็นปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ได้จากสายการผลิตทุกสายการผลิตต่อเดือน มีหน่วยเป็น ชิ้น/ เดือน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2) **ส่วนต้นทุนการตรวจสอบ** (Appraisal Cost)



- **ค่าแรงของพนักงานสุ่มตัวอย่างตรวจสอบ** (Labor Cost of Inspector/ Hour)

ค่าแรงของพนักงานสุ่มตัวอย่างตรวจสอบ เป็นค่าแรงของพนักงานสุ่มตัวอย่างทั้งวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์เพื่อนำมาตรวจสอบคุณภาพของว่ามีคุณภาพตรงตามที่กำหนดหรือไม่ ซึ่งการตรวจสอบในส่วนนี้จะรับผิดชอบโดยแผนกควบคุมคุณภาพ มีหน่วยเป็น บาท/ ชม.

- **เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างชิ้นส่วนที่ใช้ในการผลิตต่อวัน** (Average Time of Incoming Audit/ Day)

เวลาเฉลี่ยใช้ในการสุ่มตัวอย่างชิ้นส่วนที่ใช้ในการผลิตต่อวัน หมายถึง เวลาที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างของวัตถุดิบหรือชิ้นส่วนต่างๆ ที่ใช้ในการประกอบเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบหรือชิ้นส่วนนั้นๆ ว่ามีคุณภาพตรงตามที่กำหนดและมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ โดยเวลาที่นำมาใช้เป็นเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในกิจกรรมนี้ต่อวัน มีหน่วยเป็น ชม./ วัน

- **เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างและตรวจสอบผลิตภัณฑ์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์** (Average Time of QST Sampling/ Unit)

เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างและตรวจสอบผลิตภัณฑ์ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ หมายถึง เวลารวมเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างต่อหน่วยผลิตภัณฑ์และเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ต่อหน่วย มีหน่วยเป็น ชม./ ชิ้นผลิตภัณฑ์

- **จำนวนผลิตภัณฑ์ที่เครื่องตรวจสอบสามารถตรวจสอบได้ต่อชั่วโมง** (Unit per Hour)

จำนวนผลิตภัณฑ์ที่เครื่องตรวจสอบสามารถตรวจสอบได้อย่างต่อเนื่องต่อชั่วโมง มีหน่วยเป็น ชิ้น/ ชม.

- **ราคาเครื่องตรวจสอบ** (QST Machine Price)

ราคาเครื่องตรวจสอบ เป็นราคาเครื่องตรวจสอบที่นำมาใช้ในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ต่อเครื่อง มีหน่วยเป็น บาท/ เครื่อง

- **ค่าซากของเครื่องตรวจสอบ** (QST Salvage Value)

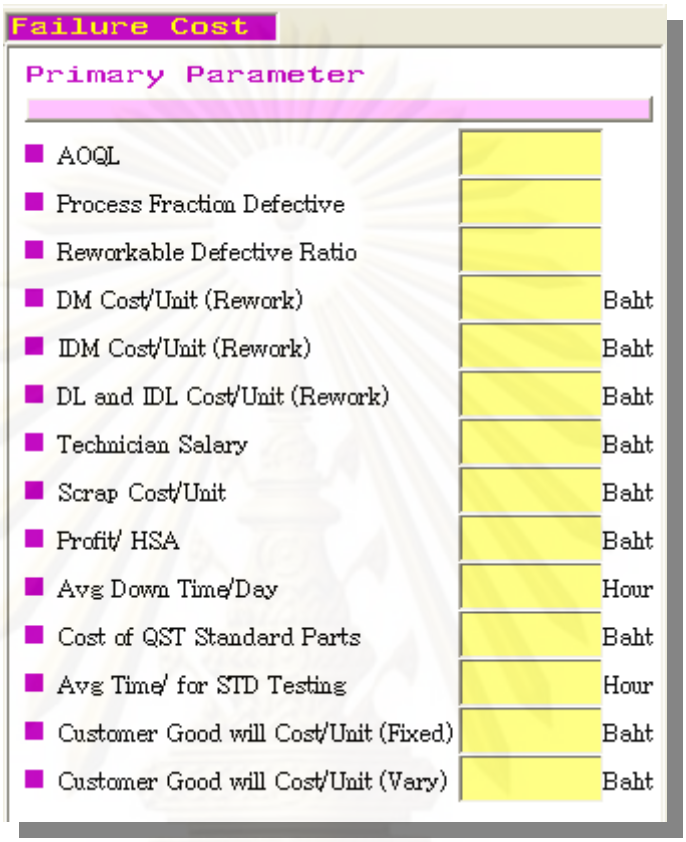
ค่าซากของเครื่องตรวจสอบ เป็นราคาของเครื่องตรวจสอบที่หมดอายุการใช้งานแล้ว มีหน่วยเป็น บาท/ เครื่อง

- **อายุใช้งานของเครื่องตรวจสอบ** (QST Life Time)

อายุใช้งานของเครื่องตรวจสอบ เป็นอายุการใช้งานของเครื่องตรวจสอบผลิตภัณฑ์ทางบัญชีที่นำมาใช้คำนวณค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักร มีหน่วยเป็น ปี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) **ต้นทุนความบกพร่องด้านคุณภาพ** (Failure Costs)



- **คุณภาพผ่านออกโดยเฉลี่ยสูงสุด** (Average Outgoing Quality Limit) **หรือค่า** $AOQL$

คุณภาพผ่านออกโดยเฉลี่ยสูงสุดหรือค่า $AOQL$ เป็นคุณภาพของผลิตภัณฑ์ส่งออกจะกำหนดโดยผ่านทางค่าซึ่งเป็นค่าที่ประกันคุณภาพของผลิตภัณฑ์กับลูกค้าว่า ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านออกไปยังลูกค้าในช่วงเวลาหนึ่งๆ จะมีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดออกไปไม่เกิน ค่า $\%AOQL$ โดยค่านี้จะถูกกำหนดโดยการตกลงระหว่างผู้ผลิตและลูกค้า ค่า $AOQL$ ที่ต้องกรอกลงในตัวโปรแกรมเป็นค่าที่ไม่มีหน่วย ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 จนถึง 1 ซึ่งหากลูกค้ากำหนดให้มีผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถผ่านออกไปได้มากที่สุดเป็น 1% ค่า $AOQL$ ในกรณีนี้คือ 0.01

- **สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการผลิต** (Process Fraction Defective) **หรือค่า** p

สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการผลิตหรือค่า p นี้เป็นค่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องรวมที่ตรวจสอบพบจากขั้นตอนการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ ซึ่งหากในปัจจุบันมี

การตรวจสอบแบบ 100% ก็สามารถใช้สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ตรวจสอบพบนี้ได้ โดยค่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ต้องป้อนลงไปในโปรแกรมนี้เป็นค่าที่มีค่าระหว่าง 0 และ 1 ซึ่งหากผลิตภัณฑ์นี้มีค่าเปอร์เซ็นต์ของผลิตภัณฑ์อยู่ที่ 5% ดังนั้นสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ต้องลงไปในโปรแกรมในกรณีนี้จะเป็น 0.05

- **สัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถซ่อมหรือแก้ไขได้** (Rework able Defective Ratio)

เนื่องจากสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เกิดขึ้นมีทั้งที่สามารถซ่อมหรือแก้ไขได้และที่ไม่สามารถซ้อมได้ ดังนั้นจึงต้องป้อนข้อมูลในส่วนนี้ลงไปในตัวโปรแกรมด้วย โดยค่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถซ่อมได้ที่ต้องป้อนลงไปในโปรแกรมนี้เป็นค่าที่มีค่าระหว่าง 0 และ 1 ซึ่งหากสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถแก้ไขได้ในกรณีเป็น 95% ของจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องทั้งหมด ค่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถแก้ไขสำหรับกรณีนี้ที่ต้องป้อนลงไปในโปรแกรม คือ 0.95

- **ค่าวัตถุดิบทางตรงที่ใช้ในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่อง** (Direct Material Cost/ Rework Unit)

ค่าวัตถุดิบทางตรงรวมทั้งหมดที่ใช้ในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่อง มีหน่วยเป็น บาท/ ชิ้น

- **ค่าวัตถุดิบทางอ้อมที่ใช้ในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่อง** (Indirect Material Cost/ Rework Unit)

ค่าวัตถุดิบทางอ้อมรวมที่ใช้ในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่อง มีหน่วยเป็น บาท/ ชิ้น

- **ค่าแรงทางตรงและทางอ้อมของพนักงานในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่อง** (DL and IDL Cost/ Rework Unit)

ค่าแรงทางตรงและทางอ้อมของพนักงานในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่อง โดยค่าใช้จ่ายนี้ส่วนใหญ่ในสายการผลิตจะมีการเก็บรวบรวมข้อมูลไว้เป็นค่าใช้จ่ายต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่องอยู่แล้ว ซึ่งสามารถใช้ข้อมูลนั้นๆได้เลย แต่หากไม่มีการเก็บรวมรวมข้อมูลไว้ จะสามารถคิดค่าใช้จ่ายตามเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อ

หน่วย เช่น ค่าแรงของพนักงาน 30 บาท/ ชม. มีการใช้แรงงานทางตรง 5 นาทีและแรงงานทางอ้อม 1 นาที ดังนั้น ค่าแรงทางตรงคิดเป็น $(30)(5/60) = 2.5$ บาท และค่าแรงทางอ้อมคิดเป็น $(30)(1/60) = 0.5$ บาท

- **เงินเดือนของช่างเทคนิค** (Technician Salary)

เงินเดือนของช่างเทคนิค ซึ่งเป็นผู้ที่ทำการค้นหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง มีหน่วยเป็น บาท/ เดือน

- **ต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่อง** (Scrap Cost/ Unit)

ต้นทุนในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่อง เป็นต้นทุนที่เกิดจากค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ รวมถึงราคาของชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์ที่ถูกทำลายด้วย มีหน่วยเป็นบาท/ หน่วยผลิตภัณฑ์บกพร่อง

- **ค่าชดเชยที่ต้องจ่ายไปสำหรับกรณีที่ลูกค้าพบผลิตภัณฑ์บกพร่อง ซึ่งค่าชดเชยนี้เป็นส่วนที่เป็นค่าคงที่เท่ากันทุกชิ้นผลิตภัณฑ์บกพร่อง** (Customer Good will Cost (Fixed)/ Unit)

ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้เกิดจากการที่ลูกค้าพบผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดจากการตรวจสอบออกไป ซึ่งผู้ผลิตจะต้องมีการเสียค่าชดเชยให้กับลูกค้า โดยค่าใช้จ่ายในส่วนนี้เป็นเรื่องที่ผู้ผลิตและลูกค้าต้องตกลงกัน ซึ่งค่าชดเชยที่เกิดขึ้นนั้นมีทั้งส่วนที่เป็นค่าคงที่และแปรตามจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ลูกค้าพบ (Farmakis และ Eleftheriou, 2007) ตัวอย่างเช่น ในกรณีศึกษานี้ผู้ผลิตจะต้องรับผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ลูกค้าพบกลับมาแก้ไขและส่งกลับไป ดังนั้นต้นทุนที่เกิดขึ้นในส่วนของค่าชดเชยต่อหน่วยที่คงที่ในกรณีนี้จึงเป็นค่าแรงของพนักงานที่ซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วย เนื่องจากเวลาในการซ่อมผลิตภัณฑ์เฉลี่ยแล้วทุกชิ้นมีค่าเท่ากันดังนั้นค่าแรงต่อหน่วยที่ใช้จึงเป็นค่าคงที่เท่ากันทุกชิ้นผลิตภัณฑ์บกพร่อง ต้นทุนในส่วนนี้มีหน่วยเป็น บาท/ ชิ้น

- **ค่าชดเชยที่ต้องจ่ายไปสำหรับกรณีที่ลูกค้าพบผลิตภัณฑ์บกพร่อง ซึ่งค่าชดเชยนี้เป็นส่วนที่แปรตามจำนวนชิ้นผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ลูกค้าพบ** (Customer Good will Cost (Vary)/ Unit)

ค่าชดเชยที่ต้องจ่ายไปสำหรับผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ลูกค้าพบนั้นนอกจากค่าชดเชยในส่วนที่เป็นค่าคงที่เท่ากันทุกชิ้นผลิตภัณฑ์บกพร่องแล้ว ยังมีค่าค่าชดเชยที่แปรตามจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ลูกค้าพบอีกด้วย ตัวอย่างเช่น ในกรณีศึกษาหากลูกค้าพบจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องเพิ่มมากขึ้น จำนวนหัวอ่าน HGA ที่ต้องทำการเปลี่ยนจะมีค่ามากขึ้นไปด้วย ดังนั้นต้นทุนที่แปรผันในกรณีนี้คือค่าวัตถุดิบทางตรงที่ใช้ในการซ่อมผลิตภัณฑ์บกพร่องนั่นเอง ต้นทุนในส่วนนี้สามารถหาได้จากดูจากความสัมพันธ์ของต้นทุนในการซ่อมต่อหน่วยและจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ลูกค้าพบ มีหน่วยเป็น บาท/ ชิ้น

- **ความสูญเสียต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่หายไปในช่วงที่เครื่องตรวจสอบหยุดทำงาน** (Profit/ Unit)

ในช่วงที่เครื่องตรวจสอบหยุดทำงานเพื่อหาสาเหตุของความบกพร่องที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดความสูญเสียขึ้นเนื่องจากไม่มีผลิตภัณฑ์ผ่านออกจากเครื่องตรวจสอบนั้น ซึ่งข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการคิดค่าความสูญเสียขณะที่เครื่องตรวจสอบต้องหยุดขณะทำการค้นหาสาเหตุของความบกพร่องที่เกิดขึ้นขึ้นอยู่กับการพิจารณาของผู้ใช้แผนการสุ่มตัวอย่างและสายการผลิต ในบางสายการผลิตหากหยุดเครื่องตรวจสอบอาจทำให้เกิดความสูญเสียในการส่งมอบและต้องจ่ายค่าชดเชยให้กับลูกค้า ซึ่งค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นที่จะต้องป้อนลงไปในโปรแกรมคือ ค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่หายไป แต่ในสายการผลิตของกรณีศึกษานี้ความสูญเสียที่เกิดขึ้นจะคิดจากการสูญเสียโอกาสที่จะได้กำไรที่ควรจะได้จากช่วงเวลาที่เครื่องตรวจสอบหยุด ดังนั้น ค่าที่ป้อนลงในโปรแกรมในกรณีนี้คือ กำไรต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ มีหน่วยเป็น บาท/ ชิ้น

- **เวลาเฉลี่ยที่เครื่องตรวจสอบมีการหยุดทำงานต่อครั้งของการหาสาเหตุผลิตภัณฑ์บกพร่อง** (Average Downtime/ Time)

เวลาเฉลี่ยที่เครื่องตรวจสอบมีการหยุดทำงานต่อครั้งของการหาสาเหตุผลิตภัณฑ์บกพร่องจะคิดตั้งแต่ที่เครื่องตรวจสอบหยุดจนถึงการเริ่มตรวจสอบผลิตภัณฑ์อีกครั้ง มีหน่วยเป็น ชม.

- **ราคาของผลิตภัณฑ์มาตรฐาน** (Price of Standard Part)

ผลิตภัณฑ์มาตรฐานนี้ใช้ในการตรวจสอบเครื่องตรวจสอบว่ามีการตรวจสอบที่ถูกต้องหรือไม่ ในขั้นตอนค้นหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง หากผลิตภัณฑ์มาตรฐานมีอายุการใช้งานไม่จำกัด ค่าที่ต้องป้อนลงในโปรแกรมในส่วนนี้ คือ 0 แต่หากผลิตภัณฑ์มาตรฐานมีอายุการใช้งานจำกัด ราคาของผลิตภัณฑ์มาตรฐาน จะคิดเป็นราคาเฉลี่ยต่อครั้ง เช่น หากผลิตภัณฑ์มาตรฐานที่

ต้องใช้ต่อครั้งคือ 8 ชิ้น โดยมีราคาชิ้นละ 10 บาท ซึ่งผลิตภัณฑ์มาตรฐานนี้มีอายุการใช้งาน 10 ครั้ง ดังนั้น ราคาของผลิตภัณฑ์มาตรฐานที่ต้องป้อนลงในโปรแกรม คือ $\frac{(8)(10)}{(10)} = 8$ บาท

- **เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์มาตรฐาน** (Average Time for Standard Testing)

เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์มาตรฐาน เป็นเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์มาตรฐานในช่วงหาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อครั้ง มีหน่วยเป็น ชม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. **ผลที่ได้จากตัวแบบต้นทุน** (Result)

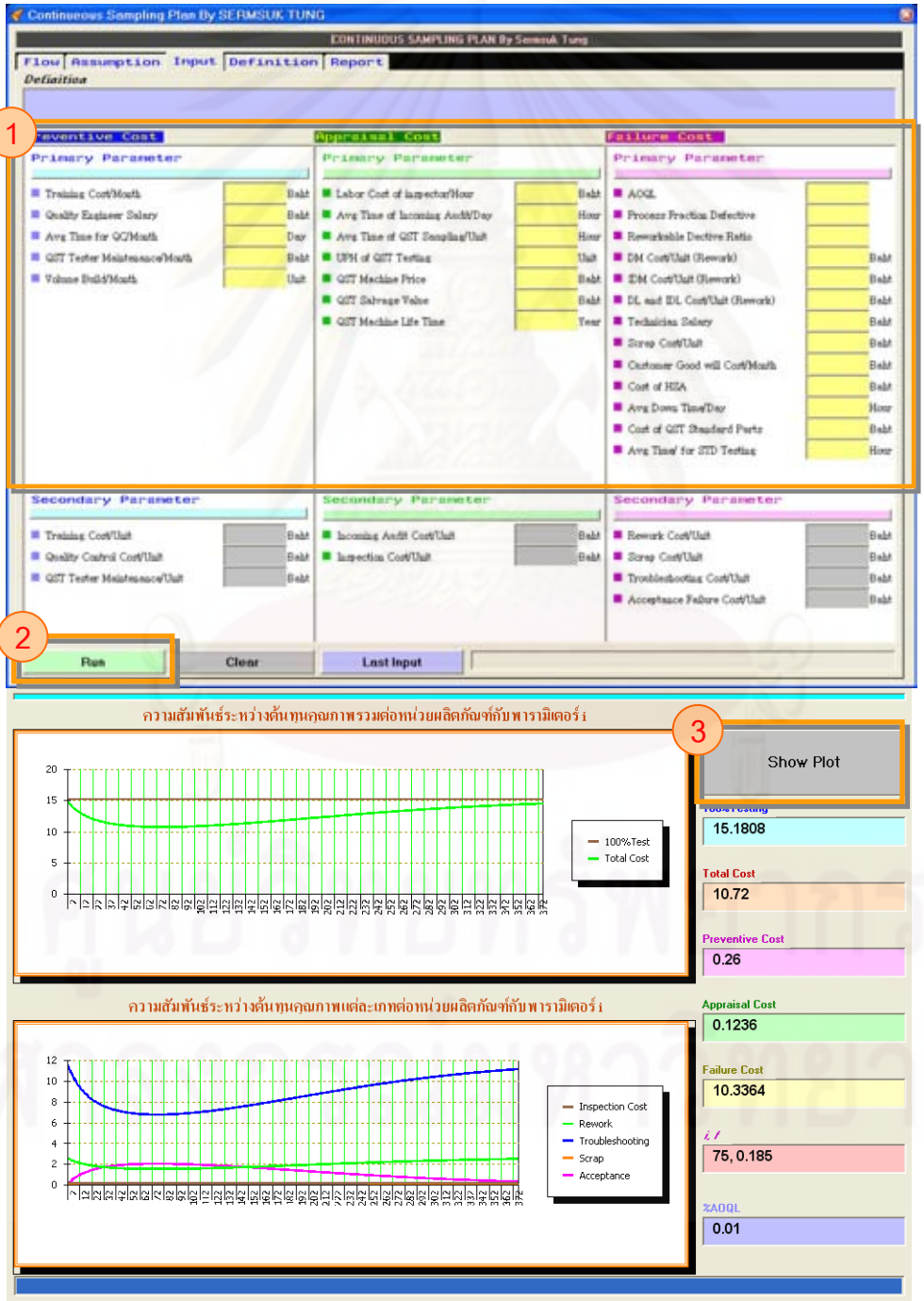
ส่วนที่แสดงผลที่ได้จากตัวโปรแกรม ประกอบไปด้วย พารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง ต้นทุนคุณภาพประเภทต่างๆต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิต และต้นทุนคุณภาพรวมต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิต ซึ่งแสดงดังตัวอย่างดังรูป

หน้าแสดงผลแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. ภาพแสดงความสัมพันธ์ของต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตกับพารามิเตอร์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง i
2. ช่องแสดงผลซึ่งมีรายละเอียดของ
   - พารามิเตอร์ i, f ของแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมที่ให้ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยต่ำที่สุด
   - ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ของแผนการสุ่มตัวอย่าง
   - ต้นทุนคุณภาพแต่ละประเภทต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิต
   - ต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตของการตรวจสอบแบบ 100% ซึ่งข้อมูลตัวนี้ในการเปรียบเทียบกับต้นทุนคุณภาพต่อหน่วยของแผนการสุ่มตัวอย่างที่ได้

3. ขั้นตอนการใช้โปรแกรม

1. ป้อนข้อมูลส่วนของข้อมูลปฐมภูมิลงในโปรแกรมในหน้า “Input”
2. กดปุ่ม Run โปรแกรมจะคำนวณค่าข้อมูลทุติยภูมิลงในช่องแสดงค่า
3. ไปที่หน้าแสดงค่า โดยเลือกหน้า “Report” จากนั้นกดปุ่ม “Show” เพื่อแสดงผลที่ได้การคำนวณของโปรแกรม



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวเสริมสุข แซ่ตั้ง เกิดวันที่ 25 เมษายน พ.ศ. 2523 ที่จังหวัดนครปฐม สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2544 หลังจากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2549

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย