การพัฒนาวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

นายอิสระ รักพวก

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2555

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

DEVELOPMENT OF METHOD FOR COMPARING CAPABILITY OF MULTIPLE PROCESSES

Mr. Itsara Rukpuak

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 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ
โดย	นายอิสระ รักพวก
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…… ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ)

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

…… กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย)

…… กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ริจิรวนิช)

อิสระ รักพวก: การพัฒนาวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ. (DEVELOPMENT OF METHOD FOR COMPARING CAPABILITY OF MULTIPLE PROCESSES) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ, 290 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ โดยพัฒนาสมการต้นทุนและความสูญเสียเป็นตัวเงินจากระดับความสามารถของกระบวนการเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ นอกจากนั้นงานวิจัยนี้ได้พัฒนาขั้นตอนดำเนินการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกปรับปรุงกระบวนการหรือพารามิเตอร์ที่เป็นสาเหตุหลักซึ่งนำมาสู่ความสูญเสียในกระบวนการผลิต

สมการต้นทุนและความสูญเสียได้พัฒนาจากแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 และนำไปใช้ในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนคุณภาพ ได้แก่ ต้นทุนความล้มเหลวภายใน และต้นทุนความล้มเหลวภายนอก นอกจากนั้นยังได้พิจารณาถึงมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมาย ในส่วนขั้นตอนดำเนินการที่พัฒนาขึ้นได้จัดทำเป็นคู่มือแนวทางสำหรับการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ ซึ่งประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนหลักคือ 1.การเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย 2.การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุง 3.การกำหนดแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ งานวิจัยนี้ได้นำวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นไปประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษา โรงงานผลิตสบู่ เพื่อแสดงตัวอย่างการใช้งานตามขั้นตอนที่ได้พัฒนาขึ้น นอกจากนั้นยังได้นำเสนอวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นต่ออุตสาหกรรม 4 ประเภท เพื่อประเมินความพึงพอใจที่มีต่อวิธีการ เพื่อใช้พยากรณ์ความเป็นไปได้ในการนำวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นไปใช้จริงในโรงงานอุตสาหกรรม

ผลจากการประเมินพบว่า โรงงานอุตสาหกรรมมีความพึงพอใจต่อวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นในระดับพึงพอใจมาก และเป็นวิธีที่น่าสนใจต่อการนำไปประยุกต์ใช้จริงในการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงที่ครอบคลุมทั้งด้านความพึงพอใจของผู้บริโภค และผู้ผลิตในส่วนของต้นทุนในการผลิต

ภาควิชา...วิศวกรรมอุตสาหการ..... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา...วิศวกรรมอุตสาหการ..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา.....2555.....

5270821021: MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS: MULTIPLE PROCESSES / COST EQUATIONS / COST OF QUALITY /

ITSARA RUKPUAK: DEVELOPMENT OF METHOD FOR COMPARING CAPABILITY OF MULTIPLE PROCESSES. ADVISOR: ASST.PROF. NAPASSAVONG ROJANAROWAN, Ph.D., 290 pp.

The objective of this research is to develop the method for comparing the capability of the multiple processes. Equations to calculate costs and losses based on process capability were developed to be used as criteria for comparing. In addition, the procedure taken to compare the capability of the multiple processes was developed to be used as a guideline to improve the processes or parameters that are the major causes of costs and losses in the manufacturing.

The cost model was developed from the ANSI/ASQ Z1.9 variable sampling plan and based on structure of the cost of quality, which composes of internal failure costs, external failure costs. Moreover, the out of target cost was also considered. The procedures developed have been prepared as a manual of guideline for comparison to the capability of the multiple processes, which consists of three main steps as follows. First, the final product parameters are selected. Second, the processes are prioritized and the parameters are selected for improvement. Finally, the guideline of the process capability improvement is determined. The developed method was applied to the case study, which is a soap manufacturing to demonstrate the procedure that has been developed. In addition, the developed method has been presented to four types of industries. The satisfaction on the method was evaluated in order to forecast the possibility of applying the method for use in industry

The evaluation results showed that the industries were satisfied with the developed procedures at the level of high satisfaction. Also, the method is an interesting way to implement for comparing the capability of the multiple processes, leading to improving of the satisfaction of both customers and producers in terms of production costs.

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

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

Academic Year: ……2012……

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือและให้คำแนะนำจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้เสียสละเวลาให้ความรู้ทางทฤษฎี คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดจนให้กำลังใจระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีโดยตลอด ผู้วิจัยขอถือโอกาสนี้กราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย และรองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ข้อแนะนำและความคิดเห็นต่างๆ พร้อมทั้งตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่อง ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณโรงงานกรณีศึกษา และบุคลากรในกระบวนการควบคุมภาพของกระบวนการผลิตเป็นอย่างสูง ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล ให้โอกาสในการนำเสนอความรู้จากงานวิจัย ตลอดจนให้คำแนะนำ และความคิดเห็นต่างๆ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ครอบครัว และเพื่อนนิสิต รวมไปถึงทุกท่านที่มิได้กล่าวไว้ในที่นี้ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีเสมอมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฎ

สารบัญภาพ..... ฒ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 2

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 4

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 4

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ..... 5

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 6

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย..... 6

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 8

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 8

2.1.1 ความสามารถของกระบวนการ..... 8

2.1.2 ความผันแปร..... 9

2.1.3 สภาวะของกระบวนการ..... 11

2.1.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ..... 12

2.1.5 การวิเคราะห์เสถียรภาพความผันแปรของกระบวนการโดยแผนภูมิควบคุม..... 16

2.1.6 ดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ..... 22

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 28

บทที่ 3 การพัฒนาแนวทางสำหรับการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ.. 31

หน้า

3.1 แนวทางการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ..... 31
3.1.1 การพิจารณาพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต..... 32
3.1.2 ขั้นตอนการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ..... 36
3.2 การเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย..... 38
3.2.1 การพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิค..... 39
3.2.2 การพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุน..... 42
3.2.3 การจัดลำดับและเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายไปทำการปรับปรุง..... 43
3.3 การพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนของพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย..... 44
3.3.1 การประเมินความสูญเสียเชิงต้นทุน จากระดับความสามารถของกระบวนการ..... 45
3.3.2 การประเมินมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพจากการผลิตที่ไม่เป็นไปตามขีดจำกัดกำหนด..... 50
3.3.3 การประเมินมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมาย..... 63
3.3.4 ตัวอย่างการประเมินความสูญเสียเชิงต้นทุน จากระดับความสามารถของกระบวนการ..... 68
3.3.5 การพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนของพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย..... 83
3.4 การจัดลำดับและเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย ไปทำการปรับปรุง..... 87
3.4.1 วิธีที่ 1 พิจารณาจากความวิกฤตเชิงเทคนิค และความวิกฤตเชิงต้นทุนซึ่งมีความสำคัญเท่ากัน..... 87
3.4.2 วิธีที่ 2 พิจารณาจากความวิกฤตเชิงต้นทุนเป็นหลัก..... 92
3.4.3 วิธีที่ 3 พิจารณาจากความวิกฤตเชิงเทคนิคเป็นหลัก..... 96
3.4.4 สรุปขั้นตอนการเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย..... 101
3.5 การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ..... 104

หน้า

3.5.1 การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์แต่ละประเภทในกระบวนการผลิต..... 105
3.5.2 การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ของกระบวนการ (PP) ที่จะปรับปรุง..... 107
3.5.3 สรุปขั้นตอนการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ..... 115
3.6 การกำหนดแนวทางการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ..... 117
3.6.1 แนวทางการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบสมมาตร และไม่สมมาตร..... 118
3.6.2 แนวทางการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว..... 124
3.6.3 ตัวอย่างการพิจารณาแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ.. 127
3.6.4 แนวทางปฏิบัติในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ..... 130
3.6.5 ข้อสรุปการพิจารณาแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ... 131
3.7 สรุปการพัฒนาแนวทางสำหรับการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ..... 132

บทที่ 4 การประยุกต์ใช้วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการกับโรงงานกรณีศึกษา..... 135
4.1 การศึกษากระบวนการผลิต..... 135
4.2 การเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย..... 137
4.2.1 การพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิค..... 137
4.2.2 การพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุน..... 139
4.2.3 การจัดลำดับและเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายไปทำการปรับปรุง..... 171
4.3 การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ..... 173
4.3.1 การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์แต่ละประเภทในกระบวนการผลิต..... 174

หน้า

4.3.2 การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ของกระบวนการ (PP) ที่จะปรับปรุง..... 178
4.3.3 การพิจารณาเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการขึ้นรูปสบู่ก้อน..... 183
4.3.4 การพิจารณาเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตสบู่เม็ด..... 184
4.3.5 การพิจารณาเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตสบู่เหลว..... 185
4.3.6 ข้อสรุปในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตสบู่..... 186
4.4 การพิจารณาแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ..... 187
4.4.1 การพิจารณาแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการขึ้นรูปสบู่ก้อน..... 188
4.5 สรุปผลการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการกับโรงงานกรณีศึกษา..... 193

บทที่ 5 การประเมินความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ..... 196
5.1 การประเมินผลเชิงปริมาณ..... 196
5.1.1 กลุ่มตัวอย่าง..... 196
5.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล..... 197
5.2 การวิเคราะห์ผลการประเมิน..... 203
5.2.1 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบประเมิน..... 203
5.2.2 การวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของแบบประเมิน..... 204
5.2.3 ผลการประเมินการรับรู้ประโยชน์ของวิธีการ..... 206
5.2.4 ผลการประเมินการรับรู้ว่าวิธีการมีความง่ายต่อการนำไปใช้..... 211
5.2.5 ผลการประเมินทัศนคติที่มีต่อวิธีการ..... 213
5.2.6 ผลการประเมินความตั้งใจที่จะนำวิธีการไปใช้..... 215

หน้า

5.3 สรุปผลการประเมินความเป็นไปในการประยุกต์ใช้วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ..... 215

บทที่ 6 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 217

6.1 สรุปผลงานวิจัย..... 217

6.1.1 สรุปขั้นตอนการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ..... 218

6.1.2 สรุปผลการประเมินความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ..... 221

6.2 ข้อจำกัดในงานวิจัย..... 222

6.3 ข้อเสนอแนะ..... 222

รายการอ้างอิง..... 224

ภาคผนวก..... 227

ภาคผนวก ก ตารางสำหรับการใช้งานแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9..... 228

ภาคผนวก ข คู่มือแนวทางสำหรับการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ..... 243

ภาคผนวก ค แบบประเมินความพึงพอใจต่อวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ..... 284

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 290

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 การศึกษาความสามารถของกระบวนการ..... 13
2.2 ค่าคงที่สำหรับคำนวณขีดจำกัดของแผนภูมิควบคุม $\overline{X}$-R และแผนภูมิควบคุม $\overline{X}$-S..... 21
2.3 ค่าขั้นต่ำของดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ C_p..... 26
2.4 การแปลผลความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการด้วยค่าดัชนี C_p..... 26
2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี C_p และระดับคุณภาพของกระบวนการ..... 26
2.6 ระดับการยอมรับขั้นต่ำสำหรับดัชนี C_{pk}..... 27
3.1 ระดับความวิกฤตในการพิจารณาความวิกฤตเชิงเทคนิคของ FPP..... 41
3.2 ตัวอย่างข้อบกพร่องหรือกิจกรรมที่ก่อให้เกิดต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ..... 47
3.3 องค์ประกอบของต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ (Failure costs) จากอุตสาหกรรมหล่อโลหะ และอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์..... 48
3.4 มูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการตัวอย่าง (บาท)..... 83
3.5 ลำดับความสำคัญของ FPP ตามระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนของกระบวนการตัวอย่าง 86
3.6 ข้อมูลความวิกฤตเชิงเทคนิค และความวิกฤตเชิงต้นทุน ในการจัดลำดับและเลือก FPP ตามความวิกฤตเชิงเทคนิค และความวิกฤตเชิงต้นทุนของกระบวนการตัวอย่าง..... 88
3.7 การพิจารณาระดับความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงต้นทุนของกระบวนการตัวอย่าง..... 89
3.8 ลำดับความสำคัญของ FPP โดยการพิจารณาตามความวิกฤตเชิงเทคนิค และความวิกฤตเชิงต้นทุนของกระบวนการตัวอย่าง..... 91
3.9 ข้อมูลความวิกฤตเชิงเทคนิค และข้อมูลความวิกฤตเชิงต้นทุน ในการจัดลำดับและเลือก FPP โดยยึดตามความวิกฤตเชิงต้นทุนของกระบวนการตัวอย่าง..... 94
3.10 ลำดับความสำคัญของ FPP ของกระบวนการตัวอย่าง โดยการพิจารณาตามความวิกฤตเชิงต้นทุนเป็นหลัก..... 95
3.11 การแบ่ง FPP ของกระบวนการตัวอย่างตามระดับความวิกฤตเชิงเทคนิค..... 98
3.12 ลำดับความสำคัญของ FPP ของกระบวนการตัวอย่าง โดยการพิจารณาตามความวิกฤตเชิงเทคนิคเป็นหลัก..... 100
3.13 ตัวอย่างการพิจารณามูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ จากการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมาย (บาทต่อเดือน)..... 128

ตารางที่ หน้า

3.14 ตัวอย่างการพิจารณามูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ จากการปรับลดความผันแปรของกระบวนการ (บาทต่อเดือน)..... 129
4.1 การเปรียบเทียบเกณฑ์พิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคของ FPP ของโรงงานกรณีศึกษา..... 138
4.2 ระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคของ FPP ที่ควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในโรงงานกรณีศึกษา..... 138
4.3 การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตสบู่..... 139
4.4 ข้อมูลการผลิตสบู่ก้อนในระยะเวลา 1 เดือน..... 151
4.5 มูลค่าความสูญเสียจากการควบคุมพารามิเตอร์ในระดับ IPP และ FPP ของกระบวนการผลิตสบู่ (บาท/เดือน)..... 165
4.6 ระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนของ FPP ในการควบคุมคุณภาพของสบู่ก้อน..... 170
4.7 ลำดับความสำคัญของ FPP ในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตสบู่ก้อน..... 173
4.8 ลำดับความสำคัญของกระบวนการในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตสบู่..... 181
4.9 การพิจารณาเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตสบู่.. 187
4.10 มูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ จากการปรับค่าเฉลี่ยน้ำหนักของสบู่ก้อนให้ตรงกับค่าเป้าหมาย (บาทต่อเดือน)..... 189
4.11 มูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ จากการปรับลดความผันแปรของน้ำหนักสบู่ก้อน (บาทต่อเดือน)..... 190
4.12 มูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้จากการปรับค่าเฉลี่ย และความผันแปรของน้ำหนักสบู่ก้อน (บาทต่อเดือน)..... 191
4.13 การพิจารณาความยากง่าย และความคุ้มค่าในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการปั๊มขึ้นรูปสบู่ก้อน..... 192
4.14 ผลสรุปการประยุกต์ใช้วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ กับโรงงานกรณีศึกษา..... 194
5.1 เกณฑ์การประเมินความพึงพอใจที่มีต่อวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ..... 200

ตารางที่ หน้า

5.2 แบบประเมินความพึงพอใจต่อวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ..... 200
5.3 เกณฑ์การแปลความหมายของผลการประเมินความพึงพอใจ..... 204
5.4 เกณฑ์ยอมรับของค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น Cronbach's Alpha..... 205
5.5 ผลการประเมินความเชื่อมั่นของแบบประเมิน..... 205
5.6 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการรับรู้ถึงประโยชน์ของวิธีการ..... 207
5.7 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการรับรู้ว่าวิธีการมีความง่ายต่อการนำไปใช้..... 212
5.8 ผลการประเมินทัศนคติที่มีต่อวิธีการ..... 214
5.9 ผลการประเมินความตั้งใจที่จะนำวิธีการไปใช้..... 215
5.10 สรุปผลการประเมินความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ..... 216

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 รูปแบบความสามารถของกระบวนการ..... 8
2.2 ลักษณะความผันแปรจากสาเหตุธรรมชาติ..... 10
2.3 ลักษณะความผันแปรจากสาเหตุที่ผิดธรรมชาติ..... 10
2.4 สภาวะของกระบวนการ..... 11
2.5 แนวทางการแก้ไขปัญหาของกระบวนการที่ไม่มีความสามารถ..... 14
2.6 ความผันแปรของกระบวนการในระยะสั้นและระยะยาว..... 15
2.7 ความสัมพันธ์ของความผันแปรของกระบวนการในระยะสั้นและระยะยาว..... 15
2.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง C_pและ P_p กับความผันแปรในระยะสั้น และความผันแปรในระยะยาว..... 23
2.9 แนวคิดในการคำนวณค่า C_{pk} เมื่อค่าเฉลี่ยของกระบวนการเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย.. 24
2.10 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการด้วยค่า Z..... 25
3.1 การแบ่งประเภทพารามิเตอร์สำหรับการควบคุมคุณภาพของกระบวนการเชิงสถิติ..... 33
3.2 ขั้นตอนการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ..... 37
3.3 ขั้นตอนการเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ..... 39
3.4 ตัวแบบแสดงความสูญเสียตามแนวคิดของการผลิตตามเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้.... 50
3.5 หลักการคำนวณมูลค่าความสูญเสียรวม..... 57
3.6 การตรวจรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคโดยการตรวจสอบ 100%..... 60
3.7 ตัวแบบแสดงความสูญเสียจากลักษณะคุณภาพของ Taguchi's Loss Function..... 64
3.8 ระดับความสามารถของกระบวนการจากข้อมูลแบบสุ่ม..... 65
3.9 ระดับความสามารถของกระบวนการ เมื่อกระบวนการเกิดความผันแปร..... 66
3.10 ขั้นตอนการผลิตของกระบวนการตัวอย่าง ในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการ..... 68
3.11 ตัวอย่างการพิจารณาสภาวะการควบคุมกระบวนการ และการกระจายตัวข้อมูลของกระบวนการที่ 1..... 70

ภาพที่ หน้า

3.12 ตัวอย่างการพิจารณาสภาวะการควบคุมกระบวนการ และการกระจายตัวข้อมูลของกระบวนการที่ 2..... 76
3.13 ความสัมพันธ์ระหว่าง IPP และ FPP ในการพิจารณามูลค่าความสูญเสียของกระบวนการตัวอย่าง (บาท)..... 84
3.14 ตัวอย่างการจัดลำดับและเลือก FPP โดยพิจารณาจากความวิกฤตเชิงเทคนิค และความวิกฤตเชิงต้นทุน ซึ่งมีความสำคัญเท่ากัน..... 90
3.15 ตัวอย่างแผนภาพพาเรโตในการพิจารณาเลือก FPP ตามความวิกฤตเชิงต้นทุน..... 95
3.16 ตัวอย่างการจัดลำดับและเลือก FPP โดยยึดตามความวิกฤตเชิงเทคนิคเป็นหลัก..... 99
3.17 ตัวอย่างแผนภาพพาเรโตในการพิจารณา FPP ในระดับ CNP..... 100
3.18 แนวทางในการจัดลำดับและเลือก FPP ไปพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ..... 104
3.19 ขั้นตอนการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ..... 105
3.20 ตัวอย่างการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์แต่ละประเภท..... 106
3.21 ตัวอย่างแผนผังเมทริกซ์ในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ..... 109
3.22 ตัวอย่างการเลือกพารามิเตอร์ (PP) โดยพิจารณาตามลำดับความสำคัญของ FPP.... 112
3.23 ตัวอย่างการเลือกพารามิเตอร์ (PP) โดยพิจารณาตามลำดับคะแนนความรุนแรงของกระบวนการ..... 114
3.24 แนวทางในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบสมมาตร และกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบไม่สมมาตร..... 121
3.25 การกำหนดค่าเฉลี่ยเป้าหมาย สำหรับกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว..... 125
3.26 แนวทางในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว 126
3.27 แผนภูมิแสดงขั้นตอนโดยสรุปในการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ..... 134
4.1 กระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา..... 136
4.2 การควบคุมปริมาณเกลือ (%NaCl) ในกระบวนการผลิตสบู่เหลว..... 140
4.3 การควบคุมความเป็นด่าง (% NaOH) ในกระบวนการผลิตสบู่เหลว..... 143

ภาพที่ หน้า

4.4 การควบคุมความชื้น (%Moisture) ในกระบวนการผลิตสบู่เม็ด…….. 146
4.5 การควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระ (%FFA) ในกระบวนการผลิตสบู่เม็ด…….. 149
4.6 การควบคุมน้ำหนัก (Weight) ของกระบวนการผลิตสบู่ก้อน……... 152
4.7 การควบคุมความแข็ง (Hardness) ของกระบวนการผลิตสบู่ก้อน…….. 158
4.8 การควบคุมความชื้น (%Moisture) ของกระบวนการผลิตสบู่ก้อน…….. 160
4.9 การควบคุมกรดไขมันอิสระ (%FFA) ของกระบวนการผลิตสบู่ก้อน…… 162
4.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง IPP และ FPP ของกระบวนการผลิตสบู่……. 166
4.11 การพิจารณามูลค่าความสูญเสียของ FPP จากความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ใน
กระบวนการผลิตสบู่…… 166
4.12 สาเหตุที่นำมาสู่ความสูญเสียในกระบวนการผลิตสบู่ก้อนในปี 2554…… 174
4.13 แผนผังสาเหตุและผล แสดงความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิตกับ
น้ำหนักของสบู่ก้อน…… 176
4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ในกระบวนการกับ FPP ของกระบวนการผลิตสบู่... 177
4.15 แผนผังเมทริกซ์ในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการผลิตสบู่ก้อน……... 179
4.16 แผนภาพพาเรโตในการเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของ
กระบวนการผลิตสบู่…… 182
4.17 การเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการขึ้นรูปสบู่ก้อน…. 183
4.18 การเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตสบู่เม็ด……. 184
4.19 การเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตสบู่เหลว….. 185
5.1 ตัวแบบการยอมรับเทคโนโลยี……... 197
5.2 ตัวแบบการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลาย
กระบวนการ…….. 198

บทที่ 1
บทนำ

การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis: PCA) เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับกระบวนการผลิตโดยเฉพาะอย่างยิ่งในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งแสดงถึงความสามารถด้านศักยภาพ (Process potential capability) และความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ (Process performance capability) คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิตถือเป็นตัวสะท้อนถึงความสามารถของกระบวนการ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้ควรจะมีคุณภาพตรงตามข้อกำหนดที่ตั้งไว้

ในกระบวนการผลิตจริงอาจเกิดความผันแปร (Variation) ขึ้นได้ ผลจากความผันแปรนี้จะนำมาซึ่งความสูญเสียเนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ดังนั้นภายใต้การควบคุมกระบวนการ ผู้ดำเนินงานจะต้องทำให้ความผันแปรของกระบวนการเป็นไปโดยธรรมชาติก่อนเสมอ (In-control condition) (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2553: 9) ข้อมูลที่ถูกควบคุมในกระบวนการผลิตจะมีรูปแบบของข้อมูลได้ทั้ง ข้อมูลเชิงผันแปร (Variable data) ซึ่งจะได้จากการวัด เช่น ความหนา, น้ำหนัก เป็นต้น และข้อมูลเชิงนับ (Attribute data) แสดงถึงจำนวนของเสียหรือข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ เช่น รอยขีดข่วน, รอยแตก เป็นต้น ซึ่งข้อมูลในกระบวนการผลิตโดยส่วนใหญ่นั้นมักจะเป็นข้อมูลเชิงผันแปร จากข้อมูลความผันแปรที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตสามารถที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ โดยอาศัยดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Indices: PCIs) มาเป็นตัวสะท้อนถึงความสามารถของกระบวนการผลิต โดยดัชนี C_p (Potential capability index) เป็นตัววัดความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ ซึ่งแสดงถึงความผันแปรรอบค่าเป้าหมาย ดัชนี Cpu, Cpl และ C_{pk} (Performance capability indices) เป็นตัววัดความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ แสดงให้เห็นถึงขนาดการเบี่ยงเบนค่าเฉลี่ยของกระบวนการออกจากค่าเป้าหมาย อย่างไรก็ตามดัชนีวัดความสามารถภายใต้ผลผลิตของกระบวนการ (Yield-based indices) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้เหล่านี้ (Chen and Chen, 2007: 2142) จะใช้กับกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสมมาตร (Symmetric bilateral specifications) ภายใต้ข้อมูลของกระบวนการที่มีการแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) แต่เมื่อนำมาใช้วิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดไม่สมมาตร (Asymmetric bilateral specifications) อาจจะไม่ถูกต้องและไม่น่าเชื่อถือ (Grau, 2010) และมีข้อจำกัดในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการที่ประกอบ

ไปด้วยหลายกระบวนการผลิต (Multi-processes) (Chen et al., 2001: 4077), (Chen et al., 2006: 566)

การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ เพื่อใช้ในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตที่มีผลมาจากหลายกระบวนการ หรือมีความเกี่ยวข้องกับหลายพารามิเตอร์ อาจจะเป็นเรื่องยากที่จะสามารถดำเนินการปรับปรุงได้ครอบคลุมในทุกๆ กระบวนการหรือทุกพารามิเตอร์ที่นำมาสู่ความสูญเสีย เนื่องด้วยข้อจำกัดต่างๆในกระบวนการผลิต และการใช้เพียงดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการมาเป็นตัวพิจารณา อาจจะไม่เพียงพอและไม่ก่อให้เกิดการปรับปรุงในกระบวนการหรือพารามิเตอร์ที่เป็นปัญหาหลักที่นำมาสู่ความสูญเสียในกระบวนการผลิตทั้งในด้านความพึงพอใจของผู้บริโภค หรือด้านต้นทุนในการผลิตได้ ถ้ากระบวนการหรือพารามิเตอร์ที่ถูกเลือกให้ทำการปรับปรุงนั้น ไม่ใช่ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ หรือไม่ได้ส่งผลกระทบต่อต้นทุนในการผลิต

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่ประกอบไปด้วยหลายกระบวนการผลิต หรือมีหลายพารามิเตอร์ที่เป็นปัจจัยควบคุมในกระบวนการผลิตนั้น ต้องอาศัยการพิจารณาเลือกกระบวนการหรือพารามิเตอร์ที่นำมาสู่ความสูญเสียในกระบวนการผลิตมากที่สุดไปดำเนินการปรับปรุงก่อน เนื่องด้วยในสภาพการทำงานจริงนั้นยากต่อการที่จะปรับปรุงได้ครอบคลุมในทุกกระบวนการ หรือทุกพารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต เพราะการดำเนินการปรับปรุงจากทุกๆกระบวนการหรือทุกพารามิเตอร์นั้น อาจจะต้องอาศัยความพร้อมทางด้านทรัพยากรต่างๆ ในการผลิตทั้ง พนักงาน ระยะเวลา วัตถุดิบ องค์ความรู้ รวมไปถึงเงินลงทุนในการที่จะหาแนวทางดำเนินการแก้ไขที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) ซึ่งองค์กรใดไม่มีศักยภาพเพียงพอที่จะดำเนินการได้ทั้งหมด ก็ควรจะต้องมีการพิจารณาเลือกปรับปรุงในเฉพาะกระบวนการหรือพารามิเตอร์ที่เป็นปัญหาวิกฤต

ในการเปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการ เพื่อพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีผลมาจากหลายกระบวนการผลิตนั้น มีงานวิจัยที่ได้เสนอแนวทางในการพิจารณาไว้ในรูปแบบหนึ่งคือ การใช้แผนภูมิวิเคราะห์ความสามารถของหลายกระบวนการ โดยเริ่มต้นจาก Singhal (1991) ซึ่งได้เสนอแผนภูมิในการวิเคราะห์ความสามารถของหลายกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดแบบสมมาตร โดยใช้ดัชนี C_{pk} เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา หลังจากนั้น Chen et al. (2001) และ Chen et al. (2006) ได้นำเสนอแผนภูมิวิเคราะห์ความสามารถของหลายกระบวนการที่ใช้ดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการเป็นเกณฑ์ในการ

พิจารณา ซึ่งสามารถใช้วิเคราะห์ได้ครอบคลุมทั้งกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว (Unilateral specification) และ กระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบสมมาตรและไม่สมมาตร (Symmetric and Asymmetric Bilateral specifications) แต่แผนภูมิเหล่านั้นก็ยังมีข้อบกพร่อง เนื่องจากเป็นการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการโดยมองข้ามข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อน (Sampling error) เช่น ข้อมูลที่ออกนอกควบคุม (Out of control) ซึ่งเกิดจากความผันแปรของกระบวนการจากสาเหตุที่ผิดธรรมชาติ (Assignable cause) จะทำให้การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการที่ได้ไม่น่าเชื่อถือ (Pearn et al., 2006: 431) อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการที่อาศัยการพิจารณาด้วยดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ และแสดงผลการวิเคราะห์ออกมาในรูปของแผนภูมิเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการนั้น อาจจะไม่ได้แสดงให้เห็นถึงสาเหตุหลักที่นำมาสู่ความสูญเสียในกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นไปได้ทั้งความสูญเสียที่มาจากด้านความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และด้านต้นทุนการผลิต ถ้ากระบวนการที่มีค่าดัชนีวัดความสามารถต่ำซึ่งโดยปกติก็ควรต้องดำเนินการปรับปรุงนั้น ไม่ได้ส่งผลกระทบรุนแรงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์หรือไม่ใช่ปัจจัยหลักที่นำมาสู่ความสูญเสียทางตัวเงินในกระบวนการผลิต ก็อาจจะทำให้การปรับปรุงความสามารถของกระบวนการไม่ได้เป็นการแก้ไขปัญหาที่เป็นรากเหง้าของความสูญเสียในด้านความพึงพอใจของผู้บริโภค และด้านต้นทุนในการผลิตได้

มูลค่าความสูญเสียทางตัวเงินที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตถือเป็นตัวชี้วัดหนึ่งที่ใช้ในการเปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการ ดังเช่น Taguchi (1993) ได้นำเสนอฟังก์ชันความสูญเสียทางตัวเงิน (Taguchi's loss function) มาใช้ในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการอันเป็นผลมาจากความผันแปร และค่าเฉลี่ยของกระบวนการเบี่ยงเบนไปจากค่าเป้าหมาย นอกจากนั้นลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ หรือเป็นประโยชน์ต่อการควบคุมคุณภาพของกระบวนการเชิงสถิติ (Statistical Process Control: SPC) ในกรณีอื่นๆ ดังเช่น Rojanarowan and Jirasettapong (2012) ได้พิจารณาเลือกพารามิเตอร์เพื่อใช้ในแผนภูมิควบคุม (Control Chart) โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาคือ เป็นพารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต นอกจากนั้น ศิรินทรา ทันอินทรอาจ และ นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ (2555) ได้นำมูลค่าความสูญเสียทางตัวเงินจากพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิต และผลกระทบของพารามิเตอร์ที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ มาเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกพารามิเตอร์เพื่อใช้ในแผนภูมิควบคุม ซึ่งจะเห็นว่าลักษณะ

คุณภาพของผลิตภัณฑ์ และมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต สามารถนำมาใช้ในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่เป็นผลมาจากหลายกระบวนการผลิต หรือมีความเกี่ยวข้องกับหลายพารามิเตอร์ได้ โดยการพิจารณาพารามิเตอร์ที่ควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะทำให้ผู้ผลิตทราบถึงปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้บริโภค และการพิจารณามูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต จะเป็นแรงจูงใจให้เร่งดำเนินการปรับปรุงในกระบวนการหรือพารามิเตอร์ที่นำมาสู่มูลค่าความสูญเสียทางตัวเงิน ซึ่งการเปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการจากเกณฑ์ทั้งสองด้านนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่ครอบคลุมปัญหาทั้งในด้านความพึงพอใจของผู้บริโภค และผู้ผลิตในส่วนของต้นทุนในการผลิต

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ โดยประยุกต์ใช้การพิจารณาลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และมูลค่าความสูญเสียทางตัวเงินในกระบวนการผลิต ซึ่งพัฒนาเป็นสมการต้นทุนและความสูญเสีย ในการคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนคุณภาพ (Cost of Quality) ซึ่งเป็นผลมาจากระดับความสามารถของกระบวนการ และพัฒนาขั้นตอนวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการในโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไป ที่มีลักษณะข้อมูลของกระบวนการเป็นข้อมูลเชิงผันแปร

1.2 **วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

เพื่อพัฒนาขั้นตอนและวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

1.3 **ขอบเขตของการวิจัย**

การพัฒนาวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการจะดำเนินการภายใต้ข้อกำหนด ดังนี้

1. พัฒนาวิธีการพิจารณาลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และสมการต้นทุนและความสูญเสียในการประเมินมูลค่าความสูญเสียทางตัวเงินจากระดับความสามารถของกระบวนการ โดยจัดทำเป็นคู่มือแสดงขั้นตอน และวิธีการดำเนินการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นเพียงการนำเสนอวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้น หลังจากได้กระบวนการและ

พารามิเตอร์ที่ต้องปรับปรุงแล้ว มิได้ดำเนินการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการและพารามิเตอร์นั้นจริง

2. สมการต้นทุนและความสูญเสีย จะพัฒนาจากการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 ซึ่งจะใช้ในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนคุณภาพ (Cost of Quality) ในส่วนของมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวภายใน (Internal Failure Costs) มูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวภายนอก (External Failure Costs) และมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมาย (Out of Target Cost)

3. พิจารณาการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการที่มีลักษณะข้อมูลเป็นข้อมูลเชิงผันแปร และอยู่ภายใต้สมมติฐานของการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการคือเป็นกระบวนการที่อยู่ในสภาวะควบคุม (In-control Condition) และข้อมูลของกระบวนการมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ซึ่งวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นนี้สามารถใช้ในการเปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการได้ครอบคลุมทั้ง

- กระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบสมมาตร (Symmetric bilateral specifications)
- กระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบไม่สมมาตร (Asymmetric bilateral specifications)
- กระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว (Unilateral specification)

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ผลที่คาดว่าจะได้รับมีดังนี้

1. สมการคำนวณต้นทุนและความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการ
2. ขั้นตอน และวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ
3. คู่มือแสดงขั้นตอน และวิธีการดำเนินการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับมีดังนี้

1. สามารถนำวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ ไปใช้กับกรณีที่มีหลายกระบวนการ ภายใต้สภาวะควบคุม และข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ
2. ใช้กำหนดแนวทางในการลดต้นทุนคุณภาพ ของกระบวนการที่ต้องการปรับปรุง

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 5 ระยะ ดังนี้

1. ระยะเตรียมการวิจัย

   1.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับการพัฒนาวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

   1.2 กำหนดวัตถุประสงค์ และขอบเขตของงานวิจัย

2. ระยะการพัฒนาวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

   2.1 พัฒนาสมการต้นทุนและความสูญเสียในการประเมินความสูญเสียเชิงต้นทุน ซึ่งเป็นมูลค่าความสูญเสียทางตัวเงินจากระดับความสามารถของกระบวนการ รวมไปถึงพัฒนาขั้นตอนและวิธีการในการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

   2.2 จัดทำคู่มือแสดงขั้นตอน และวิธีการดำเนินการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

3. ระยะการประยุกต์ใช้วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

   ประยุกต์ใช้วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการกับกรณีศึกษา 1 โรงงาน ซึ่งจะอาศัยการสัมภาษณ์และรวบรวมข้อมูลการควบคุมคุณภาพของกระบวนการจากบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญ มาประกอบการพิจารณาเปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการ เพื่อใช้แสดงตัวอย่างการดำเนินการตามขั้นตอนที่ได้พัฒนาขึ้น โดยไม่ได้นำไปใช้ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการจริงในโรงงานกรณีศึกษา

4. ระยะการประเมินความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

4.1 จัดทำแบบประเมินความพึงพอใจ ต่อการนำวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการไปประยุกต์ใช้

4.2 นำเสนอวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้น โดยนำเสนอต่ออุตสาหกรรม 4 ประเภท และประเมินผลความพึงพอใจที่มีต่อวิธีการ โดยบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมคุณภาพของกระบวนการ เพื่อใช้พยากรณ์ความเป็นไปได้ในการนำวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นไปประยุกต์ใช้จริงในโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไป

4.3 วิเคราะห์ และสรุปผลการประเมินความเป็นไปได้ต่อการประยุกต์ใช้วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการในโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไป

5. ระยะสรุปผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.2 จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงในกระบวนการ หรือพารามิเตอร์ที่เป็นปัญหาวิกฤต จะต้องอาศัยการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งในการพิจารณา โดยงานวิจัยนี้ได้รวบรวมทฤฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการไว้ดังนี้

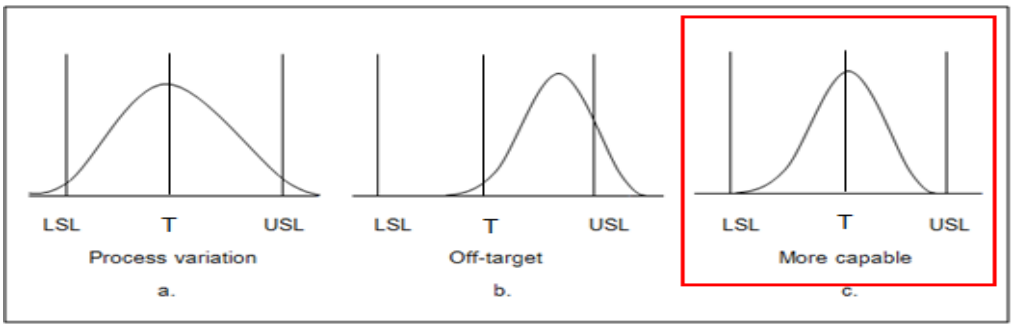
2.1 ทฤฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการมีดังนี้

2.1.1 ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability)

การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis: PCA) เป็นตัวสะท้อนให้เห็นความสามารถของกระบวนการภายใต้ข้อกำหนดที่ตั้งไว้ ดังนี้

- ความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ (Process potential capability) แสดงถึงความผันแปรของกระบวนการภายใต้ขีดจำกัดกำหนด (Specifications)
- ความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ (Process performance capability) แสดงถึงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่เบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย (Process mean deviated from the target)
- สัดส่วนของดี (Process yield) และข้อบกพร่องหรือของเสียจากกระบวนการ (Process loss)



ภาพที่ 2.1 รูปแบบความสามารถของกระบวนการ (นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ, 2553: 58)

เมื่อ USL: ขีดจำกัดกำหนดเฉพาะด้านบน (Upper specification limit)

LSL: ขีดจำกัดกำหนดเฉพาะด้านล่าง (Lower specification limit)

จากภาพที่ 2.1 แสดงถึงความสามารถของกระบวนการจะเห็นว่าภาพที่ 2.1(a) เป็นกระบวนการที่มีความผันแปรสูง ซึ่งจะทำให้เกิดข้อบกพร่องหรือของเสียจากกระบวนการ เช่นเดียวกับภาพที่ 2.1(b) แต่สาเหตุของข้อบกพร่องจะมาจากค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่เบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย ในภาพที่ 2.1(c) แสดงถึงกระบวนการนั้นมีความสามารถ โดยจะเห็นว่าเป็นกระบวนการที่มีความผันแปรต่ำ ซึ่งพิจารณาได้จากการกระจายของข้อมูลที่เป็นรูประฆังคว่ำ (Bell shape) หรือ รูปทรงปกติ (Normal shape) ที่มีลักษณะค่อนข้างแคบ โดยกระจายภายใต้ขีดจำกัดกำหนดของกระบวนการ และมีค่าเฉลี่ยของกระบวนการตรงกับค่าเป้าหมาย จึงไม่เกิดข้อบกพร่องหรือของเสียขึ้นในกระบวนการ ซึ่งจะเห็นได้ว่าความสามารถของกระบวนการนั้นมีผลมาจากความผันแปร และค่าเฉลี่ยของกระบวนการ

2.1.2 **ความผันแปร** (Variation)

การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการเป็นการพิจารณาความผันแปรของกระบวนการภายใต้ขีดจำกัดกำหนด ซึ่งกระบวนการจะมีความสามารถที่เพียงพอหรือไม่นั้น จะเป็นผลจากความผันแปรที่เกิดขึ้นในกระบวนการ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

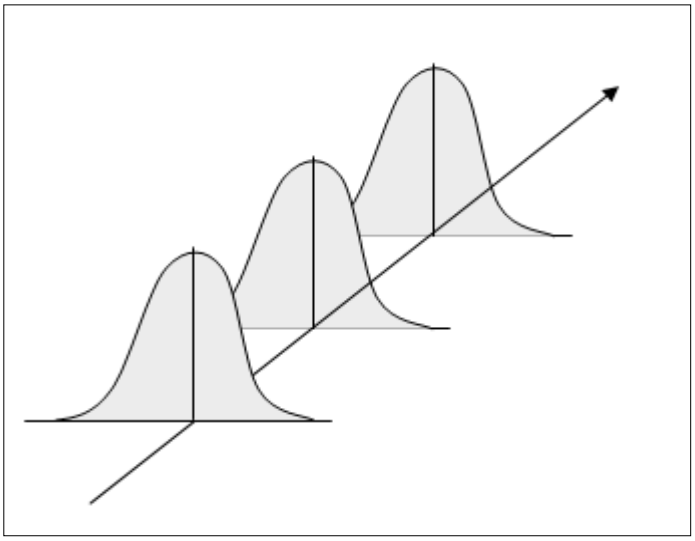
1. ความผันแปรจากสาเหตุโดยธรรมชาติ (Common cause) เป็นความผันแปรที่เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ หรือเป็นความผันแปรจากสาเหตุเพียงเล็กน้อยที่เป็นส่วนหนึ่งของระบบ เช่นพนักงานไม่ทำงานตามมาตรฐาน อ่านค่าผิดพลาด ไม่ได้ตั้งค่าเครื่องจักรให้ถูกต้อง เป็นต้น โดยความผันแปรจากสาเหตุธรรมชาติแบ่งออกได้ 2 กรณี คือ

- ความผันแปรจากสาเหตุโดยธรรมชาติในระยะสั้น (Short term variation) เป็นความผันแปรที่เกิดจากการออกแบบกระบวนการ ในการลดความผันแปรประเภทนี้ต้องทำการออกแบบกระบวนการใหม่
- ความผันแปรจากสาเหตุโดยธรรมชาติในระยะยาว (Long term variation) เป็นความผันแปรที่มีผลมาจากการควบคุมการบวนการ แสดงถึงความผันแปรตลอดช่วงเวลาในการดำเนินการ (Over the time) ซึ่งในการลดความผันแปรประเภทนี้ ทำได้โดยการปรับปรุงมาตรฐานในการควบคุมการผลิตใหม่

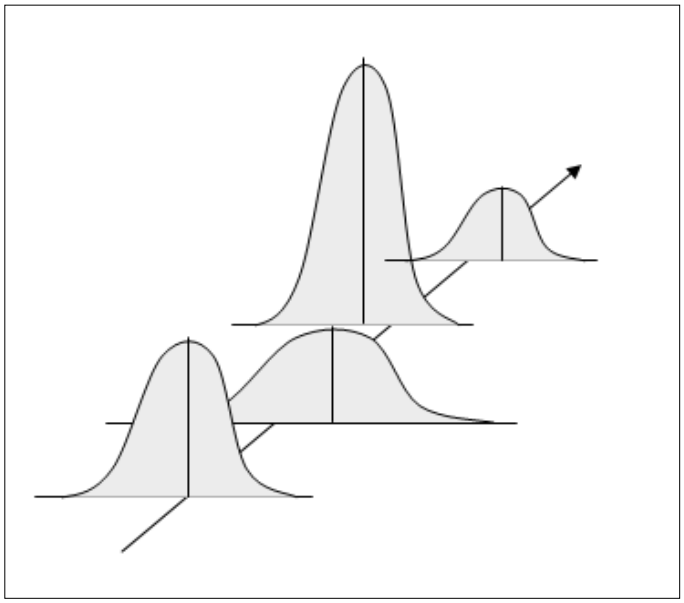
2. ความผันแปรที่ผิดธรรมชาติ (Assignable cause) เป็นความผันแปรที่สามารถกำหนดสาเหตุได้ ซึ่งจะไม่เกิดขึ้นบ่อย ไม่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ว่าจะเกิดขึ้นเมื่อไร เช่น

กระแสไฟฟ้าตก ความตึงเครียดของเครื่องจักร หรือความผิดพลาดจากความเมื่อยล้าของคนงาน เป็นต้น

ความผันแปรจากสาเหตุธรรมชาติ (Common cause) พิจารณาดังภาพที่ 2.2 ซึ่งจะเห็นว่าลักษณะความผันแปรของกระบวนการจะมีเสถียรภาพตลอดเวลา จะทำให้สามารถคาดการณ์ลักษณะความผันแปรของกระบวนการตามการเปลี่ยนแปลงของเวลาได้



ภาพที่ 2.2 ลักษณะความผันแปรจากสาเหตุธรรมชาติ



ภาพที่ 2.3 ลักษณะความผันแปรจากสาเหตุที่ผิดธรรมชาติ

จากภาพที่ 2.3 เป็นลักษณะความผันแปรจากสาเหตุที่ผิดธรรมชาติ (Assignable cause) จะเห็นว่าลักษณะความผันแปรของกระบวนการจะไม่มีเสถียรภาพ คือ รูปแบบความผันแปรไม่แน่นอน ซึ่งจะไม่สามารถคาดการณ์ลักษณะความผันแปรของกระบวนการตามการเปลี่ยนแปลงของเวลาได้

2.1.3 **สภาวะของกระบวนการ** (Process condition)

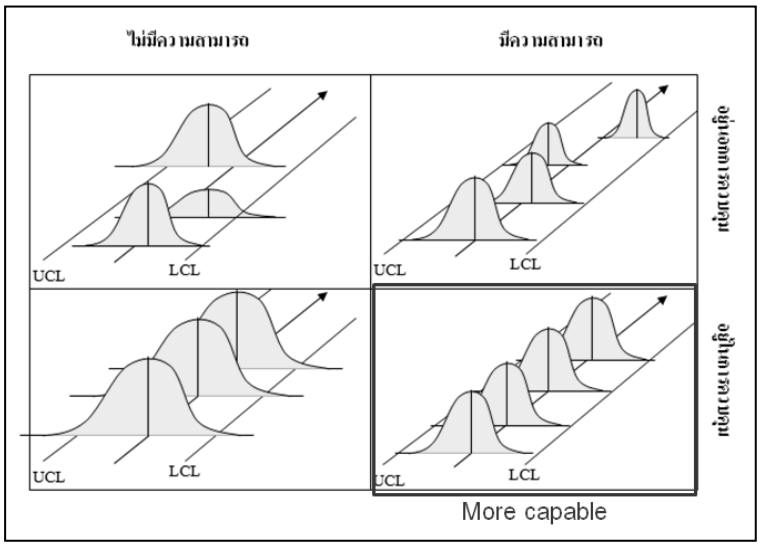
ในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการจะต้องอาศัยการควบคุมกระบวนการ (Process Control) เพื่อแสดงให้เห็นถึงสภาวะของกระบวนการ โดยสภาวะของกระบวนการตามสภาวะการควบคุมสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 สภาวะ ดังนี้ (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2553: 11)

1. สภาวะยุ่งเหยิง (Chaos state) เป็นสภาวะที่กระบวนการอยู่นอกควบคุม และออกนอกขีดจำกัดกำหนด ซึ่งอาจจะเกิดจากลักษณะความผันแปรที่ผิดธรรมชาติในกระบวนการผลิต เช่น เกิดจากความตรึงเครียดของเครื่องจักร หรือความเมื่อยล้าอ่อนแรงของคนงาน เป็นต้น

2. สภาวะเริ่มยุ่งเหยิง (Brink of chaos state) เป็นสภาวะที่กระบวนการอยู่นอกความคุม แต่กระบวนการยังอยู่ในขีดจำกัดกำหนด

3. สภาวะเกือบจินตภาพ (Threshold state) เป็นสภาวะที่กระบวนการอยู่ในการควบคุม แต่มีความผันแปรของกระบวนการออกนอกขีดจำกัดกำหนด

4. สภาวะจินตภาพ (Ideal state) เป็นสภาวะที่แสดงถึงกระบวนการมีความสามารถมากที่สุด โดยกระบวนการจะอยู่ภายใต้การควบคุม และความผันแปรของกระบวนการอยู่ภายในขีดจำกัดกำหนด ซึ่งจะทำให้ไม่มีข้อบกพร่องหรือของเสียในกระบวนการ



ภาพที่ 2.4 สภาวะของกระบวนการ (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2553: 11)

ในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ จะสามารถทำได้ก็ต่อเมื่อกระบวนการนั้นอยู่ในสภาวะควบคุม (In control condition) ซึ่งจากภาพที่ 2.4 กระบวนการที่มีสภาวะยุ่งเหยิง (ซ้ายบน) และกระบวนการที่มีสภาวะเริ่มยุ่งเหยิง (ขวาบน) เป็นกระบวนการที่อยู่นอกการควบคุม อาจจะเกิดจากความผันแปรที่ผิดธรรมชาติในกระบวนการ ซึ่งทั้งสองสภาวะนี้ไม่สามารถที่จะทำการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการได้ ในการแก้ไขจะต้องทำการระบุถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดความผันแปรที่ผิดธรรมชาติ ก่อนที่จะกำจัดสาเหตุของความผันแปรนั้น เพื่อให้กระบวนการอยู่ภายใต้สภาวะควบคุม

กระบวนการที่มีสภาวะเกือบจินตภาพ (ซ้ายล่าง) จะเป็นกระบวนการที่อยู่ในสภาวะควบคุม ซึ่งจะทำการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการได้ แต่จะมีความผันแปรของกระบวนการออกนอกขีดจำกัดกำหนด ซึ่งถือว่ากระบวนการนี้ยังไม่มีความสามารถที่ดีพอ ในการผลิตโดยทั่วไปแล้วจะมุ่งหวังให้กระบวนการอยู่ในสภาวะจินตภาพ (ขวาล่าง) ซึ่งจะเป็นกระบวนการที่อยู่ในสภาวะควบคุม และความผันแปรของกระบวนการอยู่ภายใต้ขีดจำกัดกำหนด

2.1.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ

ในการพิจารณาปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการ จะอาศัยการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการมาเป็นตัวสะท้อนถึงศักยภาพและสมรรถนะของกระบวนการ เพื่อเลือกปรับปรุงในกระบวนการที่มีความสามารถต่ำ ซึ่งการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการที่มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือจึงเป็นสิ่งสำคัญต่อการปรับปรุงคุณภาพ โดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการดังนี้ (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2553: 22)

1. เลือกกระบวนการ และพารามิเตอร์วิกฤตของผลลัพธ์จากกระบวนการ

2. จัดลำดับความสำคัญก่อนหลังของพารามิเตอร์ที่จะศึกษา หลังจากกำหนดพารามิเตอร์วิกฤตของกระบวนการแล้ว จะทำการวิเคราะห์สาเหตุเบื้องต้นถึงตัวแปรหรือพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อพารามิเตอร์วิกฤตของผลิตภัณฑ์ และเลือกพารามิเตอร์ที่มีผลมากที่สุดมาทำการศึกษา

3. ศึกษาความสามารถของระบบการวัด (Gauge) ซึ่งจะเป็นประเมินความน่าเชื่อถือของพนักงานวัด และเครื่องมือที่นำมาใช้ในการวัดความผันแปรของกระบวนการ ถ้าระบบการวัดมีความน่าเชื่อถือก็จะส่งผลให้ข้อมูลที่ได้จากการวัดมีความน่าเชื่อถือในการนำไปวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการด้วย

4. เตรียมการศึกษาความสามารถของกระบวนการ โดยการกำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาถึงความสามารถของกระบวนการด้านศักยภาพ (ด้านความผันแปรของกระบวนการ) หรือความสามารถของกระบวนการด้านสมรรถนะ (ด้านค่าเฉลี่ยของกระบวนการ)

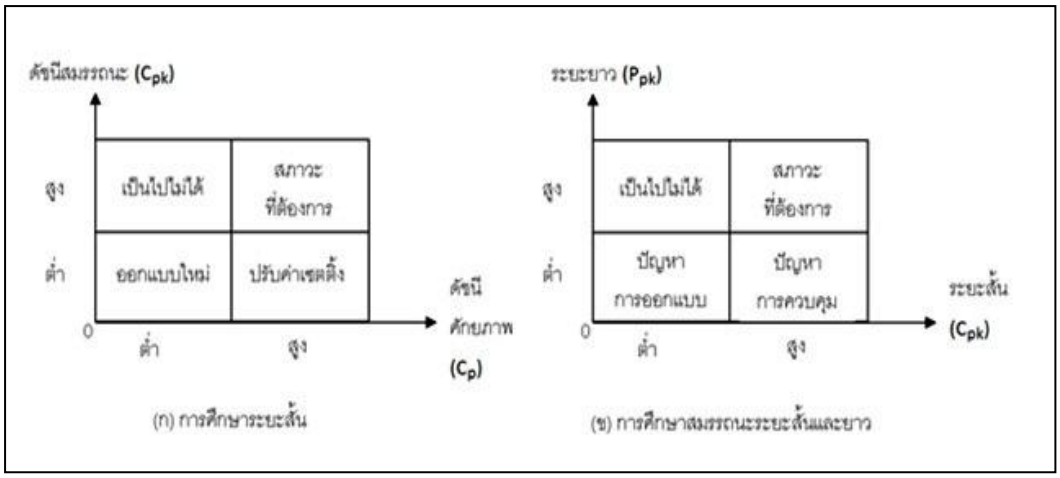
5. ศึกษาความสามารถของกระบวนการ เริ่มจากการเก็บข้อมูล โดยดำเนินการตามขนาดตัวอย่างที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งต้องอาศัยเครื่องมือคุณภาพ (Quality tools) เช่น แผนภูมิควบคุม (Control chart) ในการตรวจสอบสภาวะของกระบวนการ ซึ่งต้องเป็นกระบวนการที่อยู่ภายใต้สภาวะควบคุม ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ผลด้วยดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ พิจารณาการดำเนินการศึกษาความสามารถของกระบวนการได้ดังตารางที่ 2.1

6. สรุปผลการศึกษาความสามารถของกระบวนการ โดยใช้ดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการที่ได้จากการวิเคราะห์ เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด เพื่อประเมินว่ากระบวนการที่ศึกษานั้นมีความสามารถหรือไม่ ถ้ากระบวนการไม่มีความสามารถจะต้องวิเคราะห์หาสาเหตุความผันแปรของกระบวนการ เพื่อใช้ในการปรับปรุงกระบวนการต่อไป

7. ดำเนินการปรับปรุง และจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงาน และมาตรฐานการควบคุมกระบวนการ โดยแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการที่ไม่มีความสามารถแสดงดังภาพที่ 2.5

ตารางที่ 2.1 การศึกษาความสามารถของกระบวนการ (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2553: 23)

กระบวนการ	ระยะเวลาที่ศึกษา	จำนวนข้อมูล	เทคนิควิเคราะห์
ที่ใช้งานอยู่แล้ว	ระยะสั้น	ไม่ต่ำกว่า 30 ตัว	ฮีสโตแกรม
		ประมาณ 10-30 ตัว	Box Plot, NOPP
	ระยะยาว	25 กลุ่มย่อย	แผนภูมิควบคุม
ใหม่	เงื่อนไขเดียวกันภายใต้การออกแบบการทดลอง	ขึ้นอยู่กับค่าความเสี่ยงของการตัดสินใจ	ทดสอบไคสแควร์



ภาพที่ 2.5 แนวทางการแก้ไขปัญหาของกระบวนการที่ไม่มีความสามารถ
(กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2553: 23)

การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ จะต้องอาศัยการเก็บตัวอย่างโดยทำการสุ่ม (Random sampling) และเพื่อให้การวิเคราะห์ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือจะต้องทำการเก็บข้อมูลซ้ำ (Replication) เพื่อประเมินความผิดพลาดในการเก็บตัวอย่าง (Sampling error) ภายใต้การควบคุมกระบวนการทางสถิติ (Statistical process control) จะต้องทำให้ความผันแปรของกระบวนการเป็นไปโดยธรรมชาติก่อนเสมอ ซึ่งแสดงว่ากระบวนการนั้นอยู่ในสภาวะควบคุม จากความผันแปรที่มีสาเหตุจากธรรมชาติ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ความผันแปรโดยธรรมชาติในระยะสั้น และความผันแปรโดยธรรมชาติในระยะยาว สามารถแบ่งการศึกษาความสามารถของกระบวนการออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

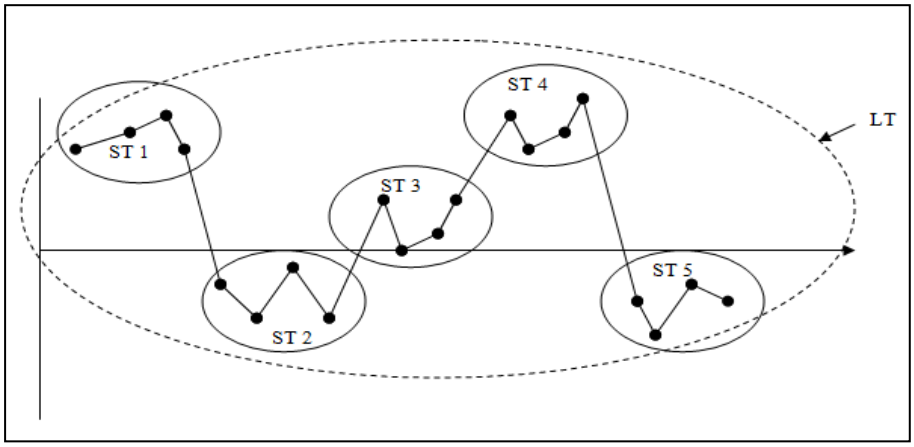
1. การศึกษาในระยะสั้น (Short term: ST)

การศึกษาในระยะสั้น เป็นการศึกษาที่รวบรวมข้อมูลในระยะสั้นๆของกระบวนการ เพื่อให้เพียงพอต่อการกำจัดความผันแปรที่ผิดธรรมชาติออกไป เช่น ความผันแปรของกระบวนการในช่วงกะใดกะหนึ่งของการผลิต ในการศึกษาความสามารถของกระบวนการในระยะสั้นนี้สามารถใช้จำนวนข้อมูลเพียง 30-50 ข้อมูล และความผันแปรของกระบวนการในระยะสั้นจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2553: 15)

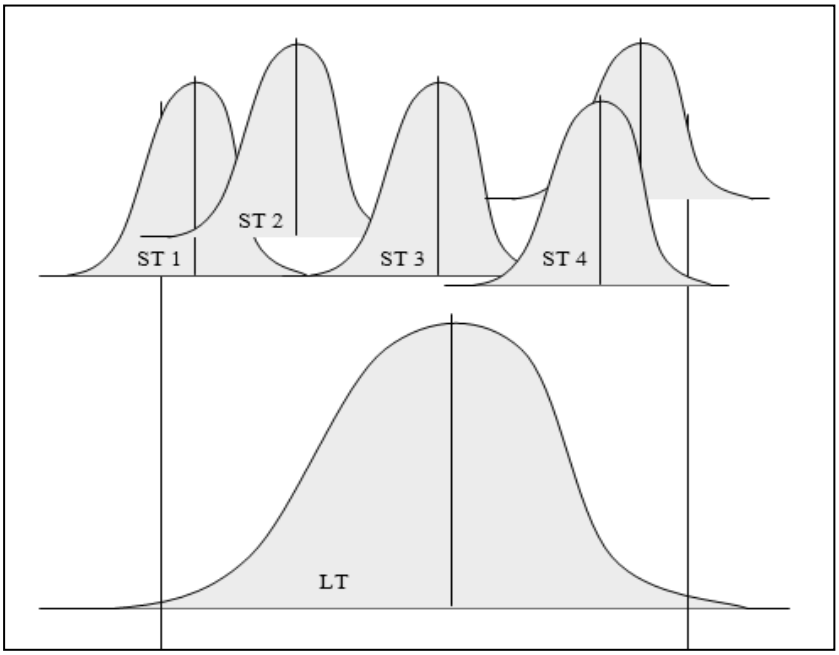
2. การศึกษาในระยะยาว (Long term: LT)

การศึกษาในระยะยาว จะเป็นการศึกษาที่รวบรวมข้อมูลของกระบวนการเมื่อเวลาเปลี่ยนไป ซึ่งเป็นการพิจารณาความผันแปรโดยรวมเช่น ความผันแปรของกระบวนการในรายสัปดาห์ รายเดือน หรือรายปี โดยใช้ข้อมูลจำนวน 100-200 ข้อมูล ซึ่งความผันแปรของ

กระบวนการในระยะยาวจะมีขนาดความผันแปรมากกว่าความผันแปรในระยะสั้นของกระบวนการเสมอ (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2553: 15) โดยที่ความผันแปรในระยะยาวจะเบี่ยงเบนไปจากค่ากลางของกระบวนการ ±1.5 เท่าของความผันแปรของกระบวนการในระยะสั้น ลักษณะความผันแปรของกระบวนการในระยะสั้นและระยะยาวแสดงดังภาพที่ 2.6 และ 2.7



ภาพที่ 2.6 ความผันแปรของกระบวนการในระยะสั้นและระยะยาว



ภาพที่ 2.7 ความสัมพันธ์ของความผันแปรของกระบวนการในระยะสั้นและระยะยาว

การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ ในการตรวจสอบติดตามความผันแปรของกระบวนการเพื่อให้กระบวนการนั้นอยู่ในสภาวะควบคุม สามารถใช้เครื่องมือคุณภาพทางสถิติเข้ามาช่วย ซึ่งเครื่องมือคุณภาพทางสถิติที่นิยมใช้คือ แผนภูมิควบคุม (Control chart)

2.1.5 การวิเคราะห์เสถียรภาพความผันแปรของกระบวนการโดยแผนภูมิควบคุม (Variation stability by control chart)

แผนภูมิควบคุม เป็นเครื่องมือคุณภาพทางสถิติที่ใช้ในการติดตามกระบวนการเพื่อให้รู้ว่า ณ เวลาใดมีปัญหาเรื่องคุณภาพ โดยจะมีการแจ้งเตือนเมื่อกระบวนการอยู่ในสภาวะที่ผิดปกติ เช่น กระบวนการมีค่าสูงผิดปกติ หรือค่าเฉลี่ยของกระบวนการมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะของแนวโน้ม (Trend) ซึ่งแผนภูมิควบคุมจะช่วยให้เรากำจัดความผันแปรที่มีสาเหตุที่ผิดธรรมชาติออกไป เพื่อปรับปรุงกระบวนการให้อยู่ในสภาวะควบคุม เช่น การที่มีค่าเฉลี่ยของกระบวนการคงที่ เป็นต้น แผนภูมิควบคุมสามารถแบ่งตามชนิดของข้อมูลที่ควบคุมได้ 2 ประเภท ดังนี้

1. แผนภูมิควบคุมชนิดแปรผัน (Variable control charts)

เป็นแผนภูมิควบคุมที่ใช้ติดตามกระบวนการที่มีข้อมูลต่อเนื่อง ซึ่งได้จากการวัด เช่น ความหนา, น้ำหนัก เป็นต้น โดยแผนภูมิที่นิยมใช้คือ แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$-R และ แผนภูมิควบคุม I-MR โดยแผนภูมิควบคุม $\overline{X}$-R จะเหมาะกับการควบคุมข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดตัวอย่าง n = 4 - 6 ข้อมูล แต่แผนภูมิควบคุม I-MR จะใช้เมื่อกำหนดขนาดตัวอย่างในกลุ่มตัวอย่าง n = 1

2. แผนภูมิควบคุมชนิดตามลักษณะ (Attribute control charts)

เป็นแผนภูมิควบคุมที่ใช้ติดตามกระบวนการที่ข้อมูลเป็นจำนวนนับ เช่น จำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่อง สัดส่วนข้อบกพร่องต่อผลิตภัณฑ์ เป็นต้น โดยแผนภูมิควบคุมชนิดตามลักษณะที่นิยมใช้ เช่น แผนภูมิ p ใช้ในการควบคุมสัดส่วนของเสียในกระบวนการ, แผนภูมิ np ใช้ในการควบคุมจำนวนของเสีย, แผนภูมิ c และ แผนภูมิ u ใช้ในการควบคุมจำนวนรอยตำหนิ หรือข้อบกพร่องที่ไม่เป็นไปตามคุณภาพที่กำหนด (นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ, 2553: 40)

2.1.5.1 แนวทางในการประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุม

แนวทางในการประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุมให้เหมาะสมกับการควบคุมคุณภาพทางสถิติพิจารณาดังนี้

1. เลือกกระบวนการที่ต้องการควบคุม

2. กำหนดคุณลักษณะที่ต้องการควบคุม เช่น ประเภทของข้อมูลชนิดแปรผัน หรือ ข้อมูลชนิดตามคุณลักษณะ

3. เลือกชนิดแผนภูมิที่เหมาะสมกับประเภทของข้อมูล

4. กำหนดระบบการเก็บข้อมูล เช่น การชักสิ่งตัวอย่าง จำนวนตัวอย่างทั้งหมด (N) หรือขนาดตัวอย่างในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง (n)

5. สร้างแผนภูมิควบคุม และนำไปใช้ในการควบคุมความผันแปรในกระบวนการผลิต

6. การควบคุมความผันแปรของกระบวนการจะต้องทำควบคู่ไปกับการบันทึกข้อมูลการผลิต เช่น การเปลี่ยนแปลงการปรับตั้งเครื่องจักร หรือ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต เป็นต้น

2.1.5.2 การควบคุมความผันแปรของกระบวนการโดยแผนภูมิควบคุม $\overline{X}$-R

การควบคุมความผันแปรของกระบวนการโดยแผนภูมิควบคุม $\overline{X}$-R มีขั้นตอนดังนี้ (นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ, 2553: 22)

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการกำหนดจำนวนตัวอย่าง ขนาดตัวอย่าง และความถี่ในการเก็บตัวอย่าง

- เก็บตัวอย่าง ภายใต้กลุ่มตัวอย่าง (Subgroup) อย่างน้อย 25 กลุ่มตัวอย่าง
- ขนาดตัวอย่างภายในกลุ่มตัวอย่าง (n) และความถี่ในการเก็บตัวอย่าง จะต้องขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต เช่น ความสม่ำเสมอในการผลิต ถ้าเป็นกระบวนการผลิตใหม่อาจจะต้องเก็บตัวอย่างถี่ นอกจากนั้นยังต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการเก็บตัวอย่างด้วย
- มักจะใช้ขนาดตัวอย่าง 4-6 ตัวอย่าง ซึ่งมีความพอเพียงในการตรวจจับความผิดปกติของกระบวนการ

2. สร้างขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ $\overline{X}$ และแผนภูมิ R ดังนี้

- ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ $\overline{X}$

  ขีดจำกัดควบคุมบน (Upper Control Limit: UCL) = $\overline{\overline{X}} + A_2\overline{R}$

  เส้นกึ่งกลาง (Center Line: CL) = $\overline{\overline{X}}$

  ขีดจำกัดควบคุมล่าง (Lower Control Limit: LCL) = $\overline{\overline{X}} - A_2\overline{R}$

- ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ R

  ขีดจำกัดควบคุมบน (Upper Control Limit: UCL) = $D_4\overline{R}$

  เส้นกึ่งกลาง (Center Line: CL) = $\overline{R}$

ขีดจำกัดควบคุมล่าง (Lower Control Limit: LCL) = $D_3 \overline{R}$

- การคำนวณค่าเฉลี่ย($\overline{X}$) และพิสัย (R) ของกลุ่มตัวอย่างพิจารณาดังนี้

- ค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

$$\overline{X} = \frac{X_1 + X_2 + \ldots + X_n}{n} = \frac{\sum X_i}{n}$$

n = จำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม

- ค่าพิสัยในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

$R = X_L - X_S$

X_L = ข้อมูลที่มีค่ามากที่สุดในกลุ่ม, X_S = ข้อมูลที่มีค่าน้อยที่สุดในกลุ่ม

- ค่าเฉลี่ยทุกกลุ่มตัวอย่าง

$$\overline{\overline{X}} = \frac{\overline{X}_1 + \overline{X}_2 + \ldots + \overline{X}_m}{m} = \frac{\sum \overline{X}_m}{m}$$

m = จำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

- ค่าพิสัยเฉลี่ย

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \ldots + R_m}{m} = \frac{\sum R}{m}$$

3. พิจารณากระบวนการที่อยู่ในสภาวะควบคุมหรือไม่ ถ้ากระบวนการไม่อยู่ในสภาวะควบคุมจะต้องทบทวนขีดจำกัดควบคุม ดังนี้

- พิจารณาแผนภูมิควบคุม R เป็นอันดับแรก เนื่องจากขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ ขึ้นอยู่กับค่า $\overline{R}$

- ถ้าทุกจุดของข้อมูลกระจายภายในแผนภูมิทั้งสอง โดยไม่มีจุดที่ออกนอกขีดจำกัดควบคุม ซึ่งแสดงว่าไม่มีความผิดปกติของกระบวนการ สามารถนำแผนภูมิดังกล่าวไปใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตได้

- ถ้ามีจุดของข้อมูลที่ออกนอกขีดจำกัดควบคุม แสดงว่าเกิดความผิดปกติขึ้น ต้องทำการระบุสาเหตุที่ก่อให้เกิดความผิดปกติ (Assignable cause) และตัดข้อมูลจุดนั้นออกเมื่อทราบ

สาเหตุของความผิดปกติ และทำการทบทวนขีดจำกัดควบคุมใหม่ ถ้าไม่ทราบสาเหตุของความผิดปกติให้ตัดข้อมูลจุดนั้นออก หรือคงไว้เป็นข้อมูลความผันแปรที่เกิดโดยธรรมชาติ

- ทบทวนขีดจำกัดควบคุมจนกระทั่งกระบวนการอยู่ในควบคุม จึงสามารถนำเอาแผนภูมิดังกล่าวไปใช้ควบคุมกระบวนการผลิตต่อไปได้

4. การใช้แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$-R ในการควบคุมสภาวะของกระบวนการสามารถคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในระยะสั้น (ภายในกลุ่มตัวอย่าง) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในระยะยาว (ข้อมูลทั้งหมด) ซึ่งจะนำไปใช้ในการคำนวณดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการต่อไป

- ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในระยะสั้น (σ_{ST})

$$\hat{\sigma}_{st} = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

- ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในระยะยาว (σ_{LT})

$$\hat{\sigma}_{LT} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_1 - \bar{x})^2}{N-1}}$$

โดย N = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

ค่าคงที่ A_3, D_3, D_4, d_2 ที่ใช้ในการคำนวณขีดจำกัดของแผนภูมิควบคุม $\bar{X}$-R แสดงในตารางที่ 2.2

2.1.5.3 การควบคุมความผันแปรของกระบวนการโดยแผนภูมิควบคุม $\bar{X}$-S

แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$-S จะใช้ในการควบคุมในกรณีที่การเก็บตัวอย่างมีขนาดสูงๆ โดยมักจะใช้กับขนาดตัวอย่างที่มากกว่า 10 ค่าขึ้นไป (n >10) เมื่อ n> 10 การประมาณค่า σ จากค่าพิสัยอาจจะได้ค่าไม่เที่ยงตรงเท่ากับการประมาณด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) เพราะการประมาณค่า σ จากค่าพิสัยจะเป็นการใช้ข้อมูลเพียง 2 ค่าในกลุ่มตัวอย่าง (max-min) ซึ่งข้อมูลที่เหลือจะไม่ได้ถูกนำมาพิจารณาด้วย การคำนวณขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ $\bar{X}$-S แสดงดังนี้

- สำหรับแผนภูมิ S

$$UCL = B_4\bar{S}$$

$$CL = \bar{S}$$

$$LCL = B_3\bar{S}$$

เมื่อ $\bar{S} = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} S_i$ และ $S_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n}(Xij - \bar{X}_i)^2}{n-1}}$

- สำหรับแผนภูมิ $\overline{X}$ เมื่อใช้ *S*

$$UCL = \overline{\overline{X}} + A_3\bar{S}$$

$$CL = \overline{\overline{X}}$$

$$LCL = \overline{\overline{X}} - A_3\bar{S}$$

เมื่อ B_3, B_4 และ A_3 เป็นค่าคงที่ แสดงในตารางที่ 2.2

2.1.5.4 การควบคุมความผันแปรของกระบวนการโดยแผนภูมิควบคุม I-MR

แผนภูมิ I-MR จะใช้ในการควบคุมความผันแปรของกระบวนการที่มีขนาดตัวอย่างในแต่ละกลุ่มตัวอย่างเป็น 1 (n=1) ซึ่งเหมาะกับกระบวนการที่สุ่มตัวอย่างเพียงค่าเดียวก็สามารถใช้เป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่มตัวอย่างได้ หรือเหมาะกับกระบวนการที่ผลิตผลนั้นมีมูลค่าสูง และเมื่อทำการตรวจสอบคุณภาพแล้วจะเป็นการทดสอบแบบทำลาย การคำนวณขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ I-MR แสดงดังนี้

- สำหรับแผนภูมิ MR (Moving Range)

$$UCL = D_4\overline{MR}$$

$$CL = \overline{MR}$$

$$LCL = 0$$

โดยที่ $MR_i = |x_i - x_{i-1}|$

- สำหรับแผนภูมิ X เมื่อใช้ MR

$$UCL = \bar{X} + 3\frac{\overline{MR}}{d_2}$$

$$CL = \bar{X}$$

$$LSL = \bar{X} - 3\frac{\overline{MR}}{d_2}$$

โดยที่ $\overline{MR} = \frac{\sum_{i=1}^{m} MR_i}{m}$

$$\frac{\overline{MR}}{d_2} = \hat{\sigma}_x$$

ข้อสังเกตในการพิจารณาค่าคงที่ในการคำนวณขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุม I – MR เนื่องจากใช้ขนาดตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม n = 1 ซึ่งสามารถพิจารณาค่าคงที่ D_4 และ d_2 ได้ดัง

ตารางที่ 2.2 (ในส่วน $\overline{X}$ – R) โดยใช้ค่า n = 2 (เป็นการพิจารณา 2 ข้อมูลที่อยู่ติดกันในแต่ละกลุ่ม)

ตารางที่ 2.2 ค่าคงที่สำหรับคำนวณขีดจำกัดของแผนภูมิควบคุม $\overline{X}$-R และแผนภูมิควบคุม $\overline{X}$-S (นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ, 2553: 71)

$\overline{X}$-R	N	A_2	D_3	D_4	d_2
	2	1.880	0	3.267	1.128
	3	1.023	0	2.574	1.693
	4	0.729	0	2.282	2.059
	5	0.577	0	2.114	2.326
	6	0.483	0	2.004	2.534
	7	0.419	0.076	1.924	2.704
	8	0.373	0.136	1.864	2.847
	9	0.337	0.184	1.816	2.970
	10	0.308	0.223	1.777	3.078
	15	0.223	0.347	1.653	3.472
	20	0.180	0.415	1.585	3.735
$\overline{X}$-S	N	A_3	B_3	B_4	c_4
	2	2.659	0	3.267	0.7979
	3	1.954	0	2.568	0.8862
	4	1.628	0	2.266	0.9213
	5	1.427	0	2.089	0.9400
	6	1.287	0.030	1.970	0.9515
	7	1.182	0.118	1.882	0.9594
	8	1.099	0.185	1.815	0.9650
	9	1.032	0.239	1.761	0.9693
	10	0.975	0.284	1.716	0.9727
	15	0.789	0.428	1.572	0.9823
	20	0.680	0.510	1.490	0.9869

2.1.6 **ดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ** (Process capability indices)

ดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการเป็นตัวสะท้อนถึงความสามารถของกระบวนการที่ทำได้ว่าเป็นไปตามข้อกำหนดที่ตั้งไว้หรือไม่ ซึ่งบอกได้ทั้งความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ (Process potential capability) แสดงถึงความผันแปรของกระบวนการภายใต้ขีดจำกัดกำหนด และความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ (Process performance capability) แสดงถึงค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่เบี่ยงเบนไปจากเป้าหมาย ดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ดัชนีวัดความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ และ ดัชนีวัดความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ

1. ดัชนีวัดความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ (Potential capability indices)

ดัชนีวัดคุณภาพด้านศักยภาพของกระบวนการจะแสดงถึงความผันแปรของกระบวนการผลิตภายใต้ขีดจำกัดกำหนด ซึ่งในการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการจะต้องลดความผันแปรที่กระจายอยู่รอบค่าเป้าหมาย ในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการโดยใช้แผนภูมิควบคุมจะเป็นการศึกษาความผันแปรของกระบวนการทั้งในระยะสั้น และระยะยาว การศึกษาความสามารถของกระบวนการในระยะสั้น (Short-term capability) ใช้ค่าเฉลี่ยของความผันแปรภายในกลุ่มตัวอย่าง (Within-group variation) การศึกษาความสามารถของกระบวนการในระยะยาว (Long-term capability) จะใช้ค่าความผันแปรทั้งหมดของข้อมูล (Overall variation) โดยการคำนวณความผันแปรในระยะสั้นและระยะยาวได้แสดงไว้ในส่วนของการควบคุมความผันแปรของกระบวนการโดยแผนภูมิควบคุม $\overline{X}$-R ตามหัวข้อที่ 2.1.5.2

การใช้ดัชนีวัดความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขข้อมูลมีการแจกแจงปกติ และกระบวนการผลิตต้องอยู่ในสภาวะควบคุม จึงจะทำให้การวิเคราะห์ความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการมีความน่าเชื่อถือ โดยดัชนีวัดศักยภาพของกระบวนการแบ่งได้เป็น

- ดัชนีวัดความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการในระยะสั้น C_p
- ดัชนีวัดความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการในระยะยาว P_p

โดยที่ C_p และ P_pจะเป็นการวัดความกว้างของข้อกำหนดเทียบกับความผันแปรของกระบวนการเมื่อกระบวนการอยู่ในสภาวะควบคุม ตัววัดทั้งสองตัวจะมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถแบ่งการวิเคราะห์ความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการออกเป็น 2 ประเภทตามขีดจำกัดกำหนดของกระบวนการซึ่งอ้างอิงจาก Kane (1986) ดังนี้

- ขีดจำกัดกำหนด 2 ด้านแบบสมมาตร

$$C_P = \frac{USL - LSL}{6\hat{\sigma}_{within}} \qquad P_P = \frac{USL - LSL}{6\hat{\sigma}_{Overall}}$$

เมื่อ

USL = ขีดจำกัดกำหนดด้านบน

LSL = ขีดจำกัดกำหนดด้านล่าง

σ_{within} = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลภายในกลุ่มตัวอย่าง

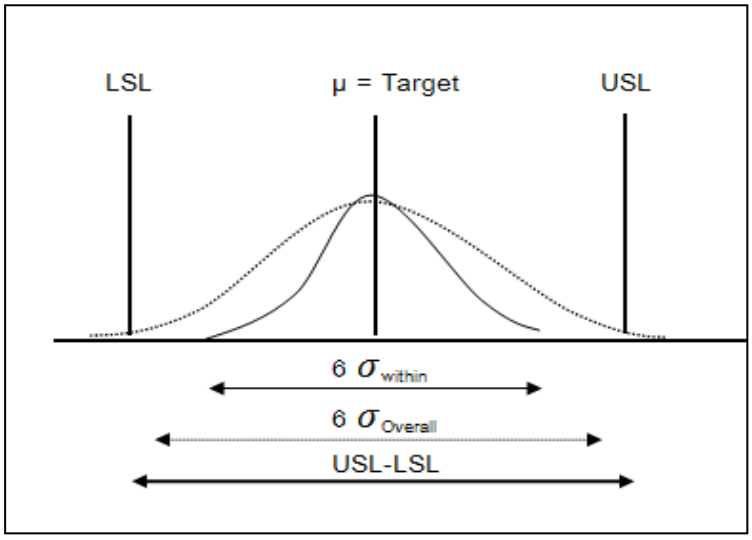
$\sigma_{Overall}$= ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทั้งหมด

- ขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว

$$C_{pu} = \frac{USL-\mu}{3\sigma_{within}} \text{ หรือ } C_{pl} = \frac{\mu-LSL}{3\sigma_{within}}$$

$$P_{pu} = \frac{USL-\mu}{3\sigma overall} \text{ หรือ } P_{pl} = \frac{\mu-LSL}{3\sigma overall}$$

เมื่อ μ = ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ หรือ ($\bar{\bar{X}}$) ถ้าใช้แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$-R



ภาพที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง C_pและ P_p กับความผันแปรในระยะสั้น และความผันแปรในระยะยาว (นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ, 2553: 59)

2. ดัชนีวัดความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ (Performance capability indices)

ดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการด้านสมรรถนะจะแสดงความสามารถของกระบวนการเมื่อค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย ซึ่งในการปรับปรุงคุณภาพควรจะปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายมากที่สุด ดัชนีวัดความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการจะพิจารณาที่ค่าอัตราส่วนสมรรถภาพกระบวนการด้านที่ใกล้กับข้อกำหนดมากที่สุด แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

- ดัชนีวัดความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการในระยะสั้น C_{pk}

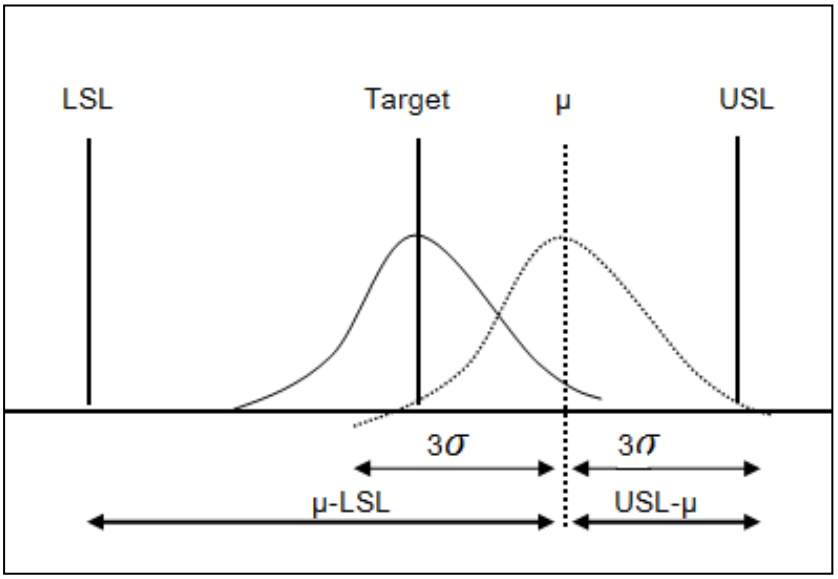
$$C_{pk} = min\ (C_{pu}, C_{pl})$$

$$C_{pk} = min\ (C_{pu} = \frac{USL-\mu}{3\sigma_{within}}, C_{pl} = \frac{\mu-LSL}{3\sigma_{within}})$$

- ดัชนีวัดความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการในระยะยาว P_{pk}

$$P_{pk} = min\ (P_{pu}, P_{pl})$$

$$P_{pk} = min\ (P_{pu} = \frac{USL-\mu}{3\sigma_{overall}}, P_{pl} = \frac{\mu-LSL}{3\sigma_{overall}})$$

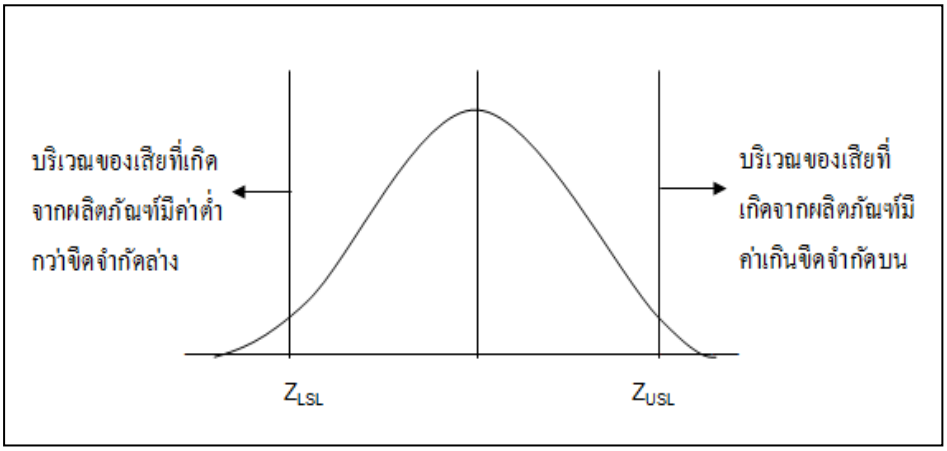


ภาพที่ 2.9 แนวคิดในการคำนวณค่า C_{pk} เมื่อค่าเฉลี่ยของกระบวนการเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย (นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ, 2553: 61)

จากภาพที่ 2.9 พิจารณาที่ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ ถ้าค่าเฉลี่ยของกระบวนการอยู่ตรงกับค่าเป้าหมาย C_pจะมีค่าเท่ากับ C_{pk} ถ้า $C_{pk}<C_p$ แสดงว่าค่าเฉลี่ยของกระบวนการเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย การวิเคราะห์ความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ นอกจากดัชนี C_{pk}แล้ว ยังสามารถบอกในรูปของระดับคุณภาพของกระบวนการ (Sigma level) ด้วยดัชนี Z

3. ดัชนีวัดความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ Z min

ความสามารถของกระบวนการอธิบายได้โดย ระยะห่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกระบวนการกับขีดจำกัดกำหนดในหน่วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่เรียกว่าค่า Z



ภาพที่ 2.10 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการด้วยค่า Z

ในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการด้วยค่า Z min สามารถพิจารณาการคำนวณได้ดังนี้

σ-level = Z min = min ($Z_{USL} = \frac{USL-\mu}{\sigma}$, $Z_{LSL} = \frac{\mu-LSL}{\sigma}$)

หรือ

σ-level = $3C_{pk}$

ระดับคุณภาพของกระบวนการสามารถแสดงสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการได้ในสัดส่วนหนึ่งต่อล้านส่วน (part per million, ppm)โดยพิจารณาจากความผันแปรที่เกินขีดจำกัดกำหนด ภายใต้การแจกแจงปกติ (Normal Distribution)

$P = P(x<Z_{LSL}) + P(x>Z_{USL})$

$ppm = P \times 10^6$

การพิจารณาความสามารถของกระบวนการสามารถเปรียบเทียบกับเกณฑ์ในการยอมรับ ซึ่งแสดงดังนี้

ตารางที่ 2.3 ค่าขั้นต่ำของดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ C_p (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2553: 78)

กระบวนการ	**ค่าดัชนี Cp ขั้นต่ำ**	
	ขีดจำกัดสองด้าน	**ขีดจำกัดด้านเดียว**
เดิมที่ใช้อยู่แล้ว	1.33	1.13
ใหม่	1.50	1.20

ตารางที่ 2.4 การแปลผลความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการด้วยค่าดัชนี C_p (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2553: 81)

ค่าดัชนี Cp	**ลำดับความสามารถ**
$2.00 >= C_p$	ดีเยี่ยม
$1.67 \leq C_p < 2.00$	ดีมาก
$1.33 \leq C_p < 1.67$	ดี
$1.00 \leq C_p < 1.33$	พอใช้
$0.67 \leq C_p < 1.00$	แย่
$C_p < 0.67$	แย่มาก

ตารางที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี C_p และระดับคุณภาพของกระบวนการ (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2553: 81)

ระดับคุณภาพ	Cp	**สัดส่วนของเสีย ppm**	
		กรณี ขีดจำกัดกำหนดสองด้าน	**กรณี ขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว**
$6\sigma^*$	2.00	0.002496	0.001248
$5.5\ \sigma$	1.83	0.042448	0.02124
5σ	1.67	0.6	0.3002

ตารางที่ 2.5 (ต่อ) ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี C_p และระดับคุณภาพของกระบวนการ (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2553: 81)

ระดับคุณภาพ	Cp	สัดส่วนของเสีย ppm	
		กรณี ขีดจำกัดกำหนดสองด้าน	กรณี ขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว
4.5σ	1.50	7	3.45
4σ	1.33	64	31.79
3.5σ	1.17	465	232.70
3σ	1.00	2,700	1,350
2.5σ	0.83	12,420	6,210
2σ	0.67	45,500	22,750
1.5σ	0.50	135,620	66,810
1σ	0.33	317,400	158,700

*ระดับคุณภาพ 6σ ถือเป็นคุณภาพระดับโลก

ตารางที่ 2.6 ระดับการยอมรับขั้นต่ำสำหรับดัชนี C_{pk} (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2553: 105)

ประเภทกระบวนการ	ระดับคุณภาพ (ระยะสั้น)	ค่าดัชนี C_{pk}ขั้นต่ำ	
		ขีดจำกัดสองด้าน	ขีดจำกัดด้านเดียว
กระบวนการทั่วไป ใช้อยู่เดิม	4σ	1.33	1.25
กระบวนการทั่วไป ใหม่	4.5σ	1.50	1.45
กระบวนการที่เกี่ยวกับความปลอดภัย แบบใช้อยู่เดิม	4.5σ	1.50	1.45
กระบวนการที่เกี่ยวกับความปลอดภัย ใหม่	5σ	1.67	1.60

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ เพื่อพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตที่เกิดจากความผิดปกติในหลายกระบวนการ หรือมีผลมาจากหลายพารามิเตอร์ที่เป็นปัจจัยควบคุมในกระบวนการผลิต ซึ่งการที่จะเข้าไปปรับปรุงในทุกๆ กระบวนการ หรือทุกพารามิเตอร์ที่นำมาสู่ความสูญเสียนั้นอาจจะทำได้ยาก เพราะในการดำเนินการนั้นจะต้องอาศัยทั้งทรัพยากรคน วัตถุดิบ เงินทุน รวมไปถึงระยะเวลาในการดำเนินการ ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อการผลิตที่ต้องหยุดชะงักลงได้ และทำให้ไม่เกิดความคุ้มค่าในการดำเนินการแก้ไขจากทุกๆสาเหตุ ซึ่งก็ควรที่จะมีการพิจารณาเลือกปรับปรุงในกระบวนการหรือพารามิเตอร์ที่เป็นสาเหตุหลักที่นำมาสู่ความสูญเสียในกระบวนการผลิต

ในการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการผลิตนั้น มีงานวิจัยที่ได้เสนอแนวทางการพิจารณาในรูปแบบของแผนภาพ (Graphical method) คือแผนภูมิวิเคราะห์ความสามารถของหลายกระบวนการ โดย Singhal (1991) ได้นำดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ C_{pk} ที่นำเสนอโดย Kane (1986) มาประยุกต์ใช้และพัฒนาเป็นแผนภูมิวิเคราะห์ความสามารถของหลายกระบวนการ (C_{pk} Multi-Process Performance Analysis Chart: C_{pk} MPPAC) แต่ยังมีข้อจำกัดซึ่งใช้เปรียบเทียบได้เฉพาะกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดแบบสมมาตร (Symmetric bilateral specifications) หลังจากนั้น Chen et al. (2001) ได้พัฒนาแผนภูมิ MPPAC ของ Singhal ร่วมกับดัชนี C_{pa} มาพัฒนาเป็นแผนภูมิวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis Chart: PCAC) ภายใต้เงื่อนไขของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดไม่สมมาตร รวมถึงยังสามารถใช้วิเคราะห์ในกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว (Unilateral specification)

การเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดไม่สมมาตรยังได้รับการพัฒนาโดย Chen et al. (2006) ได้นำเสนอดัชนี C_{pn} ซึ่งมีประสิทธิภาพมากกว่า C_{pa}และสร้างแผนภูมิ PCMC (Process Capability Monitoring Chart) ใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถด้านศักยภาพ และด้านสมรรถนะของกระบวนการผลิตซึ่งครอบคลุมทั้ง กระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว (Unilateral specification) และกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้าน (Bilateral specifications) โดยได้ประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิต Silicon-filler แต่วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการโดยแผนภูมิเหล่านี้ยังมีข้อบกพร่อง เพราะเป็นการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการโดยมองข้ามข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อน (Sampling error) เช่น ข้อมูลที่ออกนอกควบคุม (Out of control) ซึ่งจะทำให้ผลจากการวิเคราะห์

ความสามารถของกระบวนการที่ได้ไม่น่าเชื่อถือ อย่างไรก็ตามการใช้ดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ เช่น C_{pk} และนำเสนอออกมาในรูปแบบของแผนภูมิเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ อาจจะไม่ได้ชี้ให้เห็นถึงสาเหตุหลักที่นำมาสู่ความสูญเสียในกระบวนการผลิตเสมอไป ถ้ากระบวนการหรือพารามิเตอร์ที่ถูกเลือกให้ดำเนินการปรับปรุงนั้น ไม่ใช่สาเหตุหลักที่นำมาสู่ความสูญเสียในกระบวนการผลิต เช่น ไม่ใช่พารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ หรือไม่ใช่สาเหตุหลักที่นำมาซึ่งมูลค่าความสูญเสียทางตัวเงินในกระบวนการผลิตเนื่องจากมีต้นทุนในการผลิตต่ำ ซึ่งการใช้เพียงดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการอาจจะไม่เพียงพอต่อการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่เป็นสาเหตุหลักที่นำมาสู่ความสูญเสียในกระบวนการผลิตทั้งในด้านความพึงพอใจของผู้บริโภค และต้นทุนในการผลิตได้

ลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค และมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ถือเป็นอีกตัวชี้วัดที่สามารถสะท้อนให้เห็นถึงระดับความสามารถของกระบวนการ โดยเฉพาะความสูญเสียในรูปของตัวเงิน เช่น มูลค่าความสูญเสียจากการแก้ไขชิ้นงาน (Rework) หรือมูลค่าความสูญเสียจากการทิ้งชิ้นงาน (Scrap) ซึ่งจะส่งผลถึงต้นทุนคุณภาพที่สูงขึ้นจากการจัดการกับผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการออกมาในรูปของมูลค่าความสูญเสียทางตัวเงิน จะทำให้สามารถเลือกปรับปรุงกระบวนการได้ตรงกับสาเหตุหลักที่นำมาสู่ความสูญเสียทางตัวเงินในกระบวนการผลิต อีกทั้งเป็นแรงผลักดันให้เร่งดำเนินการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการเพื่อให้การผลิตนั้นมีต้นทุนคุณภาพที่ต่ำที่สุด ดังเช่น Taguchi (1993) ได้นำเสนอฟังก์ชันความสูญเสียทางตัวเงิน (Taguchi's loss function) มาใช้ในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ โดยแนวความคิดนี้จะไม่จำกัดให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการต้องอยู่ภายใต้ขีดจำกัดกำหนด (Specifications) เมื่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์เบี่ยงเบนไปจากค่าเป้าหมาย ก็จะถือว่าเกิดเป็นความสูญเสียขึ้น

นอกจากนั้นยังมีงานวิจัยที่นำลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และมูลค่าความสูญเสียทางตัวเงินมาเป็นเครื่องมือในการพิจารณาในกระบวนการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ (SPC) ดังเช่น Rojanarowan and Jirasettapong (2012) ได้พัฒนาเกณฑ์ในการเลือกพารามิเตอร์จากหลายกระบวนการมาใช้กับแผนภูมิควบคุม (Control chart) โดยจะเป็นการพิจารณาจากพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค และปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ซึ่งขั้นตอนในการพิจารณาเลือกพารามิเตอร์เพื่อ

ใช้กับแผนภูมิควบคุมคือ การจัดลำดับความสำคัญของพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และการพิจารณาเลือกพารามิเตอร์ไปทำการควบคุม จากนั้น ศิรินทรา ทันอินทรอาจ และ นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ (2555) ได้ประยุกต์เอาแนวคิดของ Rojanarowan and Jirasettapong (2012) คือการพิจารณาพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ร่วมกับการประเมินมูลค่าความสูญเสียทางตัวเงินจากการควบคุมพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิต มาเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกพารามิเตอร์เพื่อใช้ในแผนภูมิควบคุม ซึ่งการพิจารณาลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และการประเมินมูลค่าความสูญเสียทางตัวเงินที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตจะเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ โดยเฉพาะการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่เป็นผลมาจากหลายกระบวนการ ซึ่งจะทำให้สามารถเลือกปรับปรุงจากปัญหาที่นำมาสู่ความสูญเสียที่ครอบคลุมทั้งด้านความพึงพอใจของผู้บริโภค และต้นทุนในการผลิตได้อย่างแท้จริง

จากแนวคิดในการพิจารณาลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อความพึงพอใจของผู้บริโภค และการพิจารณามูลค่าความสูญเสียทางตัวเงินในกระบวนการผลิต จึงนำมาสู่การพัฒนาวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการในงานวิจัยครั้งนี้

บทที่ 3
การพัฒนาแนวทางสำหรับการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

การเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ เป็นแนวทางหนึ่งในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ โดยจะแสดงให้เห็นลำดับความสำคัญของกระบวนการที่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิต ซึ่งจะช่วยให้สามารถเลือกปรับปรุงในกระบวนการที่เป็นปัญหาหลัก ที่นำมาสู่ความสูญเสียต่อกระบวนการผลิตได้

3.1 แนวทางการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิตโดยส่วนใหญ่ ย่อมผ่านขั้นตอนการผลิตจากหลายกระบวนการ โดยในแต่ละกระบวนการก็จะมีพารามิเตอร์ที่เป็นตัวควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้หลายพารามิเตอร์ เมื่อกระบวนการผลิตเกิดความผันแปรขึ้นในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งหรือหลายขั้นตอน ก็จะส่งผลถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่จะไปถึงยังผู้บริโภค ในการผลิตจึงมุ่งหวังให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้บริโภคที่ตั้งไว้ การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis: PCA) ถือเป็นเครื่องมือหนึ่งของการควบคุมคุณภาพของกระบวนการเชิงสถิติ (Statistical Process Control: SPC) ที่จะช่วยสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถของกระบวนการว่าเป็นไปตามข้อกำหนดหรือไม่ หรือสามารถบ่งชี้ได้ว่าพารามิเตอร์ที่ควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการใดที่ควรดำเนินการปรับปรุง ซึ่งในการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิตสามารถที่จะปรับปรุงได้ทุกๆพารามิเตอร์ในทุกขั้นตอนก็จะเป็นเรื่องดี เพราะจะทำให้เชื่อมั่นได้ว่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะส่งไปถึงมือของผู้บริโภคนั้นเป็นไปตามข้อกำหนด แต่ในความเป็นจริงแล้วการที่จะปรับปรุงทุกๆขั้นตอน หรือเข้าไปควบคุมทุกๆพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิตนั้นเป็นเรื่องที่ยาก เนื่องจากเราต้องคำนึงถึงหลายปัจจัยที่เป็นข้อจำกัดในการปรับปรุงกระบวนการผลิต เช่น เวลา ทรัพยากรมนุษย์ รวมไปถึงต้นทุนที่เสียไปอาจจะไม่คุ้มค่ากับการปรับปรุงในทุกๆขั้นตอน

การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ มักจะวัดออกมาในรูปดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Indices: PCIs) เช่น C_{pk} หรือ P_{pk} ซึ่งโดยทั่วไปก็จะเลือกปรับปรุงพารามิเตอร์ในกระบวนการที่มีค่า C_{pk} ต่ำก่อน ซึ่งพารามิเตอร์ในกระบวนการที่มีค่า C_{pk} ที่ต่ำกว่า อาจจะมิได้มีความสูญเสียเป็นตัวเงินที่มากกว่าเสมอไป จึงอาจเป็นเรื่องยากที่จะเลือกปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่ก่อให้เกิดความสูญเสียในการผลิตที่แท้จริงได้ หาก

พิจารณาเพียงดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ และอีกประเด็นสำคัญในการเลือกปรับปรุงความสามารถของกระบวนการคือ พารามิเตอร์ในกระบวนการนั้น เป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญหรือไม่ ถ้าเป็นพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ต้องเป็นไปตามความต้องการของผู้บริโภค และเป็นพารามิเตอร์หลักที่นำมาสู่ความสูญเสียในกระบวนการผลิตแล้ว ยิ่งมีความสำคัญที่จะต้องเร่งดำเนินการปรับปรุงในพารามิเตอร์ของกระบวนการนั้น

ในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการพัฒนาแนวทางสำหรับการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ ซึ่งเป็นการกำหนดเกณฑ์ในการเลือกปรับปรุงกระบวนการจากความสูญเสียเชิงต้นทุน ซึ่งเป็นมูลค่าความสูญเสียทางตัวเงินจากระดับความสามารถของกระบวนการ และพิจารณาจากพารามิเตอร์ของกระบวนการที่ส่งผลต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด สามารถพิจารณาแนวทางการดำเนินการได้ดังนี้

1. การพิจารณาพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต
2. ขั้นตอนในการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

3.1.1 การพิจารณาพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต

ในการควบคุมคุณภาพของกระบวนการเชิงสถิติ (SPC) การที่จะทำการควบคุมให้ครอบคลุมในทุกๆพารามิเตอร์ ที่ส่งผลต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นเป็นเรื่องยาก เนื่องจากเราต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่ต้องสูญเสียไปซึ่งอาจจะไม่คุ้มค่าสำหรับการควบคุมในทุกๆพารามิเตอร์ ดังนั้นจึงควรมีการจัดลำดับความสำคัญของพารามิเตอร์ และเลือกพารามิเตอร์วิกฤตที่ส่งผลต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไปดำเนินการตามกระบวนการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ เช่น เลือกปรับปรุงในพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภค พารามิเตอร์ที่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียสูงที่สุด หรือเลือกปรับปรุงในพารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบในทั้ง 2 ด้าน ซึ่งการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการตามลำดับความสำคัญของพารามิเตอร์จะช่วยให้มั่นใจได้ว่าพารามิเตอร์ที่ก่อให้เกิดผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิตมากที่สุด จะได้รับการปรับปรุงก่อน ซึ่งถือได้ว่าเป็นการเลือกปรับปรุงความสามารถของกระบวนการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

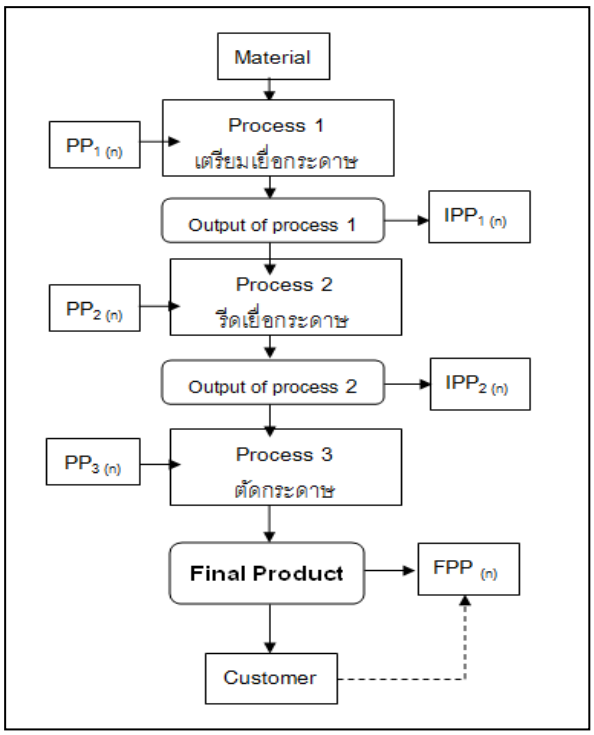
การพิจารณาประเภทของพารามิเตอร์สำหรับการควบคุมคุณภาพของกระบวนการเชิงสถิติ ในงานวิจัยนี้ได้อ้างอิงจากมาตรฐาน IPC-9191 ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. พารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (Final Product Parameter: FPP) คือ ลักษณะเชิงคุณภาพที่แสดงถึงสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเสร็จสิ้นแล้ว ที่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค

2. พารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิต (In-process Product Parameter: IPP) คือ ลักษณะเชิงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ หรือชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ที่อยู่ระหว่างการผลิตหรือการแปรรูป

3. พารามิเตอร์ของกระบวนการ (Process Parameter: PP) คือ ตัวแปรหรือปัจจัยป้อนเข้าของกระบวนการผลิต ที่มีผลต่อลักษณะเชิงคุณภาพของผลิตภัณฑ์

พารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (FPP) จะเป็นตัวสะท้อนถึงลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์คือ สิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ และผู้ผลิตจะต้องดำเนินการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะคุณภาพเป็นไปตามความต้องการของผู้บริโภค นอกจาก FPP แล้วยังต้องคำนึงว่ายังมี IPP หรือ PP ตัวใดที่ส่งผลโดยตรงต่อ FPP ซึ่งจะต้องดำเนินการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการจากพารามิเตอร์เหล่านั้นบ้าง โดยการแบ่งประเภทของพารามิเตอร์ในการควบคุมคุณภาพของกระบวนการเชิงสถิติ อธิบายได้ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 การแบ่งประเภทพารามิเตอร์สำหรับการควบคุมคุณภาพของกระบวนการเชิงสถิติ

เมื่อพิจารณากระบวนการผลิตดังภาพที่ 3.1 ซึ่งประกอบไปด้วย 3 กระบวนการ จะสามารถจำแนกพารามิเตอร์ในการควบคุมคุณภาพของกระบวนการเชิงสถิติ ได้ดังนี้

- พารามิเตอร์ของกระบวนการ: PP

กระบวนการผลิตแต่ละกระบวนการจะมีพารามิเตอร์ควบคุมสิ่งที่ป้อนเข้าสู่กระบวนการ (Input Parameter) ซึ่งก็คือ PP โดยในแต่ละกระบวนการนั้นสามารถมี PP ได้หลายตัว ($PP_{1\ (n)}$, $PP_{2\ (n)}$, $PP_{3\ (n)}$)

$PP_{1\ (n)}$ คือ พารามิเตอร์ควบคุมสิ่งที่ป้อนเข้าสู่กระบวนการที่ 1 มีได้ n ตัว (1, 2, 3,..., n)

$PP_{2\ (n)}$ คือ พารามิเตอร์ควบคุมสิ่งที่ป้อนเข้าสู่กระบวนการที่ 2 มีได้ n ตัว (1, 2, 3,..., n)

$PP_{3\ (n)}$ คือ พารามิเตอร์ควบคุมสิ่งที่ป้อนเข้าสู่กระบวนการสุดท้าย มีได้ n ตัว (1, 2, 3,..., n)

ในการอธิบายจะยกตัวอย่างกระบวนการผลิตแผ่นกระดาษ เช่น ในกระบวนการสุดท้าย คือ การตัด (Cutting) พารามิเตอร์ที่ต้องควบคุมเมื่อชิ้นงานจากกระบวนการที่ 2 ส่งมาคือ องศาของใบมีด และ ระยะห่างระหว่างใบมีด เป็นต้น โดยจะเห็นได้ว่า PP ของกระบวนการสุดท้ายนี้จะส่งผลถึงลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยตรง

- พารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิต: IPP

เมื่อวัตถุดิบถูกป้อนเข้าสู่กระบวนการผลิตในแต่ละกระบวนการแล้ว จะต้องมีพารามิเตอร์ที่ควบคุมลักษณะคุณภาพของวัตถุดิบที่ถูกแปรรูปไปเป็นชิ้นงาน เพื่อจัดส่งไปยังกระบวนการต่อไป ซึ่งมองว่าเป็นพารามิเตอร์ที่ควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตผลที่ได้ในแต่ละกระบวนการ (Output parameter) ก่อนที่จะถึงกระบวนการสุดท้าย คือ IPP โดยที่ในแต่ละกระบวนการนั้นมี IPP ได้หลายตัว ($IPP_{1\ (n)}$, $IPP_{2\ (n)}$)

$IPP_{1\ (n)}$ คือ พารามิเตอร์ควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตผลจากกระบวนการที่ 1 มีได้ n ตัว (1, 2, 3,..., n)

$IPP_{2\ (n)}$ คือ พารามิเตอร์ควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตผลจากกระบวนการที่ 2 มีได้ n ตัว (1, 2, 3,..., n)

โดยพิจารณาจากกระบวนการผลิตแผ่นกระดาษที่อยู่ในระหว่างขั้นตอนการผลิตก่อนที่จะถึงขั้นตอนสุดท้าย เช่น กระบวนการรีดเยื่อกระดาษ (Press Part) พารามิเตอร์ที่ต้องควบคุมเมื่อได้ผลิตผลจากกระบวนการนี้คือ ความหนาของเยื่อกระดาษ เป็นต้น โดยความหนาของเยื่อกระดาษถือว่าเป็น IPP ตัวหนึ่ง ซึ่งจะส่งผลถึงลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย

- พารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย: FPP

เมื่อวัตถุดิบถูกป้อนเข้าสู่กระบวนการสุดท้ายของการผลิต ซึ่งผลิตผลที่ได้จากกระบวนการสุดท้ายนี้ผู้ผลิตจำเป็นจะต้องมีการควบคุมให้ลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นไปตามความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งจะมีพารามิเตอร์ในการควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (Final Product Parameter) หรือ FPP ก่อนที่ส่งไปถึงผู้บริโภค โดยในแต่ละผลิตภัณฑ์ จะมี FPP ที่ต้องควบคุมได้หลายตัวขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้บริโภค

$FPP_{(n)}$ คือ พารามิเตอร์ควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย มีได้ n ตัว (1, 2, 3,…, n)

ตัวอย่างการพิจารณาพารามิเตอร์ที่ควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายจากกระบวนการผลิตกระดาษ คือ กระบวนการตัด (Cutting) พบว่ามีลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ต้องทำการควบคุมให้เป็นไปตามความต้องการของผู้บริโภค เช่น ขนาดกระดาษ, ความหนาของแผ่นกระดาษ, สีกระดาษ เป็นต้น เมื่อเราพิจารณาถึงระดับความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ทั้ง 3 ประเภท จะเห็นว่า FPP เช่น ขนาดของกระดาษ จะเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสนใจ หรือเป็นผู้กำหนดพิกัด ซึ่งผู้ผลิตจะต้องเข้าไปควบคุมการผลิตให้เป็นไปตามข้อกำหนดนั้น แต่ในการควบคุมก็จะต้องพิจารณาถึงพารามิเตอร์หรือปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อขนาดของกระดาษ ในกรณีนี้คือ องศาของใบมีด และ ระยะห่างของใบมีดในการตัดกระดาษ ซึ่งก็คือ PP ในกระบวนการสุดท้ายของการผลิตนั่นเอง หรือ FPP ที่ควบคุมความหนาของกระดาษ ก็จะขึ้นอยู่กับความหนาของเยื่อกระดาษ และแรงกดเยื่อกระดาษ ซึ่งก็คือ IPP และ PP ที่เกี่ยวข้องกับ FPP ตามลำดับ

จากการพิจารณาการแบ่งประเภทของพารามิเตอร์สำหรับการควบคุมคุณภาพของกระบวนการเชิงสถิติ FPP ถือเป็นสิ่งที่ผู้ผลิตต้องให้ความสำคัญมากที่สุด ในการนำมาพิจารณาสำหรับการกำหนดเกณฑ์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ เพราะเป็นพารามิเตอร์ที่สะท้อนถึงความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ แต่การเลือกปรับปรุงความสามารถของกระบวนการจาก FPP เพียงอย่างเดียวนั้น อาจจะไม่ใช่การแก้ปัญหาที่สาเหตุหลัก ซึ่ง FPP จะถูกมองว่าเป็น ปัญหาปลายน้ำ ในการที่จะนำมาซึ่งการเกิดปัญหาที่ปลายน้ำนั้น ผู้ผลิตจะต้องพิจารณาไปถึงสาเหตุของการเกิด คือ ปัญหาที่กลางน้ำ และ ปัญหาที่ต้นน้ำ ซึ่งก็คือ IPP และ PP ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเราดำเนินการแก้ปัญหาที่ต้นน้ำ ก็จะไม่ทำให้เกิดปัญหาที่กลางน้ำหรือปัญหาที่ปลายน้ำ เช่นเดียวกับการที่ผู้ผลิตเลือกปรับปรุงกระบวนการจากพารามิเตอร์ในระดับ PP ก็จะเป็นการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่ส่งผลต่อพารามิเตอร์ในระดับ IPP หรือ

FPP ที่มีความสัมพันธ์กันด้วย ดังนั้นในการดำเนินการควรเลือกปรับปรุงความสามารถของกระบวนการจาก FPP ที่มีระดับความรุนแรงของปัญหามากที่สุดเป็นลำดับแรก และต้องพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่าง (IPP และ PP) กับ FPP ตัวนั้น เพื่อพิจารณาความเป็นไปได้ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการจากสาเหตุที่เป็นรากเหง้าของปัญหา

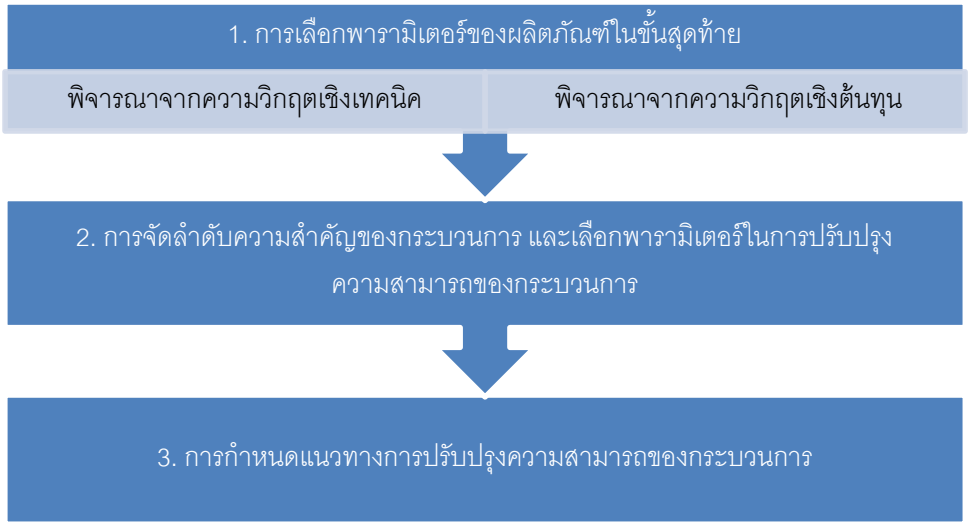
3.1.2 ขั้นตอนการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

ลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์นั้นๆ สามารถที่จะใช้งานได้ตามหน้าที่การทำงานที่ควรจะเป็นหรือไม่ เมื่อผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพไม่เป็นไปตามข้อกำหนดก็จะนำมาซึ่งความสูญเสียทั้งในด้านความพึงพอใจของผู้บริโภค และค่าใช้จ่ายที่เสียไปเนื่องจากผลิตภัณฑ์บกพร่อง ความสูญเสียที่เกิดขึ้นนั้นเป็นผลมาจากระดับความสามารถของกระบวนการ เพื่อนำไปสู่การเลือกปรับปรุงความสามารถของกระบวนการจากสาเหตุหลักที่นำมาสู่ความสูญเสียในกระบวนการผลิต งานวิจัยนี้จึงได้พิจารณาเกณฑ์ในการเลือกปรับปรุงความสามารถของกระบวนการจาก 2 ประเด็น โดยอ้างอิงจากงานวิจัยของ Rojanarowan and Jirasettapong (2012), ศิรินทรา ทันอินทรอาจ และ นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ (2555) ดังนี้

1. พารามิเตอร์ในกระบวนการที่ส่งผลต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อความต้องการของผู้บริโภค

2. ความสูญเสียเชิงต้นทุน ซึ่งเป็นมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการ

แนวทางการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ เพื่อใช้ในการเลือกปรับปรุงความสามารถของกระบวนการในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลักๆ โดยจะแสดงรายละเอียดในการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ เพื่อเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่เป็นสาเหตุหลักของมูลค่าความสูญเสีย และมีผลต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลต่อความต้องการของผู้บริโภค มีขั้นตอนการดำเนินการดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

ขั้นตอนที่ 1 การเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (FPP) ซึ่งจะเป็นการเลือกหรือคัดกรองเอาเฉพาะ FPP ที่มีผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิตไปพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ โดยในการเลือก FPP นั้นจะพิจารณาจากลำดับความสำคัญของ FPP ที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต Rojanarowan and Jirasettapong (2012) ได้เสนอวิธีการพิจารณาความสำคัญของ FPP จาก 2 ปัจจัยคือ ความวิกฤตเชิงเทคนิค และความวิกฤตเชิงสถิติ สามารถพิจารณาขั้นตอนการเลือก FPP โดยละเอียดได้ดังภาพที่ 3.3 ในหัวข้อที่ 3.2

- ความวิกฤตเชิงเทคนิค (Technical criticality) เป็นระดับความรุนแรงจากผลกระทบของพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย ที่มีต่อการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคทั้งในด้านการทำงาน, ความสวยงาม, ความน่าเชื่อถือ หรือประสิทธิผลในการใช้งานของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

- ความวิกฤตเชิงสถิติ (Statistical criticality) เป็นความรุนแรงจากระดับของดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ ซึ่งพิจารณาจากค่า Z-Score หรือพิจารณาจากสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องในล้านส่วนที่เกิดจากพารามิเตอร์นั้นๆ (Defect Part Per Million: DPPM) โดยในงานวิจัยนี้มีวิธีการที่ต่างจาก Rojanarowan and Jirasettapong (2012) ซึ่งได้เสนอให้ประเมินความวิกฤตเชิงสถิติออกมาในรูปของความวิกฤตเชิงต้นทุน (Cost criticality) ซึ่งก็คือมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการผลิต

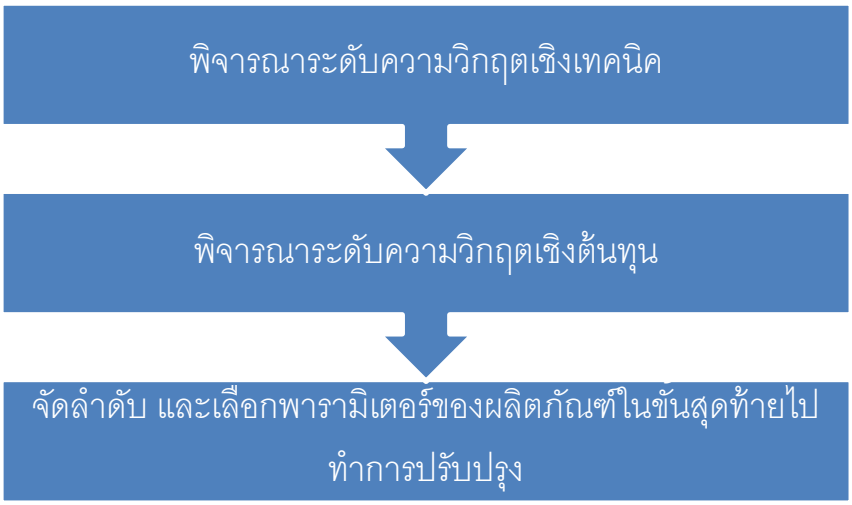
ขั้นตอนที่ 2 การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ ในขั้นตอนนี้จะอาศัยแผนผังเมทริกซ์ (Matrix Diagram) มาใช้ในการพิจารณาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในกระบวนการ (IPP และ PP) กับ FPP ที่ผ่านการคัดกรอง เพื่อจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ของกระบวนการ (PP) ไปดำเนินการปรับปรุง ซึ่งมีขั้นตอนในการพิจารณาแสดงดังภาพที่ 19 ในหัวข้อที่ 3.5

ขั้นตอนที่ 3 การกำหนดแนวทางการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ จะเป็นการพิจารณาถึงการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการหรือพารามิเตอร์ที่ได้ถูกเลือก ว่าควรที่จะดำเนินการตามแนวทางใด เช่น การปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการ การปรับลดความผันแปรของกระบวนการ หรือดำเนินการในทั้ง 2 ด้าน โดยแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 แนวทางคือ แนวทางการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบสมมาตร – ไม่สมมาตร และแนวทางการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว ดังแสดงในภาพที่ 3.24 และ 3.26 ตามลำดับ ซึ่งพิจารณาได้ในหัวข้อที่ 3.6

3.2 การเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย

พารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (FPP) เป็นตัวควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ เนื่องจาก FPP นั้นเป็นสิ่งที่ผู้บริโภครับรู้ได้ และมีผลต่อการใช้งานของผลิตภัณฑ์ ดังนั้น FPP จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ ซึ่งจะนำไปสู่การปรับปรุงในพารามิเตอร์ที่เป็นรากเหง้าของปัญหา คือ PP ในการเลือก FPP จะพิจารณาจากลำดับความสำคัญของ FPP ที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต และคัดกรองเอาเฉพาะ FPP ที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิตไปพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

ในการเลือก FPP ไปพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการเพื่อการแก้ปัญหาที่ครอบคลุมทั้งด้านความพึงพอใจของผู้บริโภค และด้านต้นทุนการผลิตนั้น ผู้วิจัยได้นำวิธีการพิจารณาความสำคัญของ FPP ของ ศิรินทรา ทันอินทรอาจ และ นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ (2555) ซึ่งพิจารณาจาก 2 ปัจจัย คือ ความวิกฤตเชิงเทคนิค (Technical criticality) และความวิกฤตเชิงต้นทุน (Cost criticality) มาประยุกต์ใช้ในการเลือก FPP ในงานวิจัยนี้ ขั้นตอนในการเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายพิจารณาได้ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

จากภาพที่ 3.3 แสดงขั้นตอนการเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย ในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ โดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิค
2. การพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุน
3. การจัดลำดับ และเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายไปทำการปรับปรุง

3.2.1 การพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิค

การพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิค (Technical criticality) ของ FPP จะต้องคำนึงถึงความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เป็นหลัก ถ้าลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้บริโภค หรือไม่ผ่านมาตรฐานในการยอมรับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในบริษัทนั้นๆ ก็อาจจะนำมาซึ่งความสูญเสียหรือเป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิต เช่น การแก้ไขชิ้นงาน (Rework) การทิ้งชิ้นงาน (Scrap) การตรวจสอบซ้ำ 100% (100% Re-inspection) รวมไปถึงการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ชิ้นใหม่ (Product Replacement) และความน่าเชื่อถือหรือชื่อเสียงที่เสียไปของบริษัท สิ่งเหล่านี้ล้วนแต่นำมาสู่ความสูญเสียทั้งด้านการเงินและด้านความไว้วางใจจากผู้บริโภคที่มีต่อบริษัท

ลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้ผลิตต้องดำเนินการผลิตให้ได้ตามข้อกำหนดของผู้บริโภคหรือความต้องการของตลาด โดยความสูญเสียจากพารามิเตอร์ที่เป็นตัวควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในงานวิจัยนี้ จะต้องพิจารณาใน 2 ประเด็น คือ

1. หน้าที่หลัก (Main function)

เป็นลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในการการทำงาน ทั้งด้านการทำงานตามหน้าที่ (Function) และด้านสมรรถนะ (Performance)

2. หน้าที่รอง (Secondary function)

เป็นลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคทางด้านจิตใจ (Psychological) ซึ่งแสดงถึงความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อตัวผลิตภัณฑ์ เช่น ความสวยงาม (Beauty) ความมีรสนิยม (Taste) รวมไปถึงความน่าเชื่อถือในตัวผลิตภัณฑ์ (Reliability)

ลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ถูกควบคุมโดย FPP ในผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งๆนั้น อาจมีได้หลายตัว ซึ่งการที่เราจะเข้าไปทำการควบคุมให้ได้ทั้งหมดนั้น เป็นเรื่องที่ทำได้ยากเพราะมีข้อจำกัดทั้งด้านคน หรือต้นทุนที่อาจจะเพิ่มมากขึ้น และอาจจะไม่คุ้มค่ากับการควบคุมจาก FPP ในทุกๆตัว ดังนั้นในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตจะต้องดำเนินการควบคุมใน FPP บางตัวที่ส่งผลรุนแรงต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะเป็นการแก้ไขในปัญหาหลักที่นำมาซึ่งความสูญเสียในกระบวนการผลิต การกำหนดระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคของ FPP สามารถพิจารณาได้จากข้อกำหนดของผู้บริโภค ข้อมูลการร้องเรียนของผู้บริโภค หรือมาตรฐานภายในของผู้ผลิตในการกำหนดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งต้องอาศัยการพิจารณาร่วมกันของบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการผลิต เช่น วิศวกรฝ่ายวางแผนการผลิต, วิศวกรฝ่ายควบคุมคุณภาพ หรือผู้บริหารที่มีหน้าดูแลควบคุมการผลิต

Rojanarowan and Jirasettapong (2012) ได้กำหนดระดับความสำคัญของ FPP โดยการพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ 1 = ต่ำ, 2 = ค่อนข้างต่ำ, 3 = ปานกลาง, 4 = ค่อนข้างสูง และ 5 = สูง โดยในงานวิจัยนี้ได้เสนอรายละเอียดของระดับความวิกฤติเชิงเทคนิค ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ระดับความวิกฤตในการพิจารณาความวิกฤตเชิงเทคนิคของ FPP

ระดับความวิกฤตเชิงเทคนิค	ความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงเทคนิค
5	มีความรุนแรงขั้นวิกฤต แสดงถึงลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้เลย ทั้งด้านการทำงานตามหน้าที่สมรรถนะ และความพึงพอใจ โดยไม่สามารถนำผลิตภัณฑ์นั้นไปใช้ได้
4	มีความรุนแรงมาก แสดงถึงลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ทั้งด้านการทำงานตามหน้าที่สมรรถนะ และความพึงพอใจ โดยจะส่งผลเสียรุนแรงต่อผู้บริโภคเมื่อนำไปใช้
3	มีความรุนแรงปานกลาง แสดงถึงลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่สามารถทำงานได้ตามหน้าที่ แต่สมรรถนะการทำงานยังไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้บริโภค
2	มีความรุนแรงน้อย แสดงถึงลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่สามารถทำงานได้ตามหน้าที่ สมรรถนะการทำงานเป็นไปตามข้อกำหนด แต่ยังไม่ดีเท่าที่ควร
1	มีความรุนแรงน้อยมาก แสดงถึงลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ในด้านการทำงานตามหน้าที่ และสมรรถนะ แต่อาจจะไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในด้านความพึงพอใจของผู้บริโภค เช่น ความสวยงาม แต่มีผลต่อหน้าที่ในการทำงานน้อยมาก

นอกจากการพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคโดยแบ่งออกเป็น 5 ระดับในข้างต้นนี้แล้ว ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการกำหนดระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคของ FPP จากเกณฑ์การพิจารณาระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภค โดยจะเป็นการประเมินจากการที่ผู้บริโภคสามารถสังเกตพบข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

1. CMP (Consumer Meaningful Parameter) คือ พารามิเตอร์ที่มีความรุนแรงขั้นวิกฤต ซึ่งส่งผลให้เกิดข้อบกพร่องที่ทำให้รูปลักษณ์ภายนอก (Appearance) ของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไปอย่างเห็นได้ชัด โดยผลิตภัณฑ์นั้นไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ ทั้งด้านการ

ทำงานได้ตามหน้าที่ (Function) และด้านสมรรถนะ (Performance) หรือมีโอกาสที่ทำให้เกิดอันตรายกับผู้บริโภคเมื่อนำไปใช้ และมีผลกระทบต่อการสั่งซื้อ

2. CNP (Consumer Noticeable Parameter) คือ พารามิเตอร์ที่มีความรุนแรงในระดับปานกลาง ซึ่งส่งผลให้เกิดข้อบกพร่องที่ทำให้รูปลักษณ์ภายนอก (Appearance) ของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไปจนสามารถสังเกตเห็นได้ แต่ผลิตภัณฑ์นั้นยังสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ (Function) แต่สมรรถนะ (Performance) การทำงานอาจไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งผู้บริโภคยังให้การยอมรับ และไม่มีผลต่อการสั่งซื้อ

3. STDP (Standard Parameter) คือ พารามิเตอร์ที่มีความรุนแรงในระดับต่ำ ซึ่งส่งผลให้เกิดข้อบกพร่องที่ทำให้รูปลักษณ์ภายนอก (Appearance) ของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไปเล็กน้อย โดยผลิตภัณฑ์ยังสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ตามข้อกำหนด ทั้งด้านการทำงานตามหน้าที่ (Function) และสมรรถนะ (Performance) ซึ่งไม่มีผลต่อการสั่งซื้อ

ในการเลือกเกณฑ์พิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคของ FPP นั้น อาจจะไม่ได้มีข้อกำหนดเป็นมาตรฐานตายตัว ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้ของแต่ละองค์กร ซึ่งจะต้องพิจารณาถึงความแตกต่างของกระบวนการผลิตในแต่ละองค์กร เช่น ลักษณะของผลิตภัณฑ์ หรือการควบคุมให้ได้ตามข้อกำหนดของผู้บริโภค โดยเกณฑ์ในการพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคของ FPP ที่นำเสนอในข้างต้นนี้ เป็นเพียงแนวทางที่ให้ไว้เพื่อการควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ได้ตามข้อกำหนดของผู้บริโภค ซึ่งองค์กรใดที่ยังไม่มีเกณฑ์ในการพิจารณาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ก็อาจจะนำแนวทางดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ได้ สำหรับองค์กรที่มีเกณฑ์ในการพิจารณาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐานแล้ว ก็สามารถใช้เกณฑ์ขององค์กรนั้นๆ ในการพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคของ FPP ได้

อย่างไรก็ตามการจะพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคของ FPP ตามแนวทางใดนั้น นอกจากจะขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตภัณฑ์ หรือข้อกำหนดของผู้บริโภคแล้ว จะต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของการพิจารณาร่วมกันของทีมปรับปรุงความสามารถของกระบวนการด้วย

3.2.2 การพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุน

การพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุน (Cost criticality) ของ FPP จะเป็นการพิจารณาความสูญเสียเชิงต้นทุน ซึ่งเป็นมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการ โดยต้องอาศัยกระบวนการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติในการประเมินสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เกิด

จากพารามิเตอร์ในกระบวนการนั้นๆ โดยการคำนวณสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องจะอาศัยข้อมูลที่แสดงถึงความสามารถของกระบวนการผลิตคือ ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ (Mean) และความผันแปรของกระบวนการ (Process variation) ซึ่งการประเมินความสูญเสียเชิงต้นทุนจากสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เกิดขึ้น สามารถที่จะใช้ประเมินได้ครอบคลุมทั้ง กระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบสมมาตร (Symmetric bilateral specifications), กระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบไม่สมมาตร (Asymmetric bilateral specifications) และกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว (Unilateral specification)

การพิจารณาความสำคัญของพารามิเตอร์ โดยทั่วไปแล้วก็ควรจะให้ความสำคัญกับพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการทำให้เกิดสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องในปริมาณที่มากที่สุดก่อน แต่ในกระบวนการผลิตจริงปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เกิดมากที่สุดก็ไม่ได้หมายความว่าจะนำมาซึ่งความสูญเสียที่เป็นมูลค่าทางตัวเงินที่สูงที่สุด เพราะต้นทุนในการผลิตต่อหน่วย หรือต้นทุนในการควบคุมแต่ละพารามิเตอร์ในแต่ละกระบวนการนั้นไม่เท่ากัน และถ้าเราพิจารณาเฉพาะในมุมมองด้านปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องแล้ว พบว่าในแต่ละพารามิเตอร์ส่งผลต่อปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องในสัดส่วนที่เท่าๆกันหรือใกล้เคียงกัน ก็จะเป็นเรื่องยากที่จะทำการปรับปรุงกระบวนการจากพารามิเตอร์เหล่านั้นได้ทั้งหมด ซึ่งเป็นผลมาจากทรัพยากรในการผลิตที่มีอยู่อย่างจำกัด นอกจากนั้นการเลือกปรับปรุงความสามารถของกระบวนการจากพารามิเตอร์ที่ส่งผลถึงปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องสูงสุด อาจจะไม่ได้เป็นการแก้ไขปัญหาที่แท้จริงที่นำไปสู่มูลค่าความสูญเสียสูงสุดก็ได้ ถ้าผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เป็นผลจากพารามิเตอร์นั้นมีต้นทุนของเสียต่อหน่วยต่ำ

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้พิจารณาระดับความวิกฤตของ FPP จากความวิกฤตเชิงต้นทุน (Cost criticality) ซึ่งจะแสดงถึงมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการผลิตแทนการพิจารณาตามความวิกฤตเชิงสถิติ (Statistic criticality) ซึ่งเป็นการประเมินความรุนแรงจากสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเพียงอย่างเดียว โดยจะแสดงรายละเอียดในหัวข้อ 3.3

3.2.3 การจัดลำดับและเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย ไปทำการปรับปรุง

ขั้นตอนสุดท้ายของการเลือก FPP ในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ จะเป็นการจัดลำดับความสำคัญก่อน – หลัง ของ FPP ซึ่งจะพิจารณาในรูปแบบของคะแนนความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงเทคนิค และคะแนนความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงต้นทุน โดยจะเรียงลำดับจาก FPP ที่มีคะแนนความรุนแรงมากที่สุดไปสู่ FPP ที่มีคะแนนความรุนแรง

ต่ำสุด และเลือกเอาเฉพาะ FPP ที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิตไปใช้ในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถในขั้นตอนถัดไป ในการเลือก FPP นั้นอาจจะมีหลักการในการพิจารณาจากความวิกฤตเชิงเทคนิคและความวิกฤตเชิงต้นทุนที่ไม่เท่ากัน กล่าวคือ ในบางผลิตภัณฑ์ที่มีต้นทุนในการผลิตต่ำ แต่ลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นเรื่องที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญมาก และเมื่อผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะคุณภาพไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้บริโภค ก็จะทำให้เกิดผลเสียที่ตามมา เช่น การปฏิเสธผลิตภัณฑ์ทั้งรุ่น (Reject Lot) การตรวจสอบซ้ำ 100% (100% Re-inspection) การสูญเสียโอกาสในการขายในอนาคตเป็นต้น ซึ่งปัญหาเหล่านี้ล้วนนำมาซึ่งความสูญเสียทั้งด้านที่ประเมินค่าได้และไม่ได้ จะเห็นว่าความวิกฤตเชิงเทคนิคจะมีความสำคัญมากกว่าความวิกฤตเชิงต้นทุน แต่ในบางผลิตภัณฑ์ที่มีต้นทุนในการผลิตที่สูงมาก และลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่ได้ส่งผลต่อการทำงานตามหน้าที่ (Function) หรือ สมรรถนะการทำงาน (Performance) มากนัก กล่าวคือ เมื่อผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดทั้งหมด แต่ลูกค้ายอมรับได้และไม่มีผลต่อการปฏิเสธผลิตภัณฑ์ ก็ควรจะพิจารณาเลือก FPP ตามความวิกฤตเชิงต้นทุนเป็นหลัก หรือในบางผลิตภัณฑ์อาจจะมีระดับความสำคัญของ FPP จากความวิกฤตทั้ง 2 ด้านเท่ากัน ซึ่งในการจัดลำดับและเลือก FPP ในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการในงานวิจัยนี้ ได้นำเสนอไว้ 3 วิธี คือ

1. พิจารณาจากความวิกฤตเชิงเทคนิคและความวิฤติเชิงต้นทุน ซึ่งมีความสำคัญเท่ากัน
2. พิจารณาจากความวิกฤตเชิงต้นทุนเป็นหลัก
3. พิจารณาจากความวิกฤตเชิงเทคนิคเป็นหลัก

โดยรายละเอียดทั้งหมดจะแสดงในหัวข้อที่ 3.4

3.3 การพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนของพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย

ระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนจะสะท้อนออกมาในรูปของมูลค่าความสูญเสียทางตัวเงินจากระดับความสามารถของกระบวนการ อันเกิดจากการที่กระบวนการมีความผันแปร (Process variation) และค่าเฉลี่ยของกระบวนการเบี่ยงเบนไปจากค่าเป้าหมาย (Mean off target) ถือเป็นข้อบกพร่องจากความสามารถของกระบวนการผลิต ซึ่งจะนำไปสู่ต้นทุนคุณภาพ (Cost of quality) ในกระบวนการผลิตที่สูงขึ้นด้วย ขั้นตอนในการพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนของ FPP แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนหลักดังนี้

1. ประเมินความสูญเสียเชิงต้นทุนจากระดับความสามารถของกระบวนการ

ในการประเมินความสูญเสียเชิงต้นทุนในงานวิจัยนี้ จะประเมินจากมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการออกมาในรูปของตัวเงิน ซึ่งจะพิจารณาจากสัดส่วน

ผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เป็นผลมาจากความสามารถของกระบวนการที่ควบคุมด้วยพารามิเตอร์ในระดับ FPP และ IPP ซึ่งจะทำให้ทราบถึงความสูญเสียเชิงต้นทุนที่เกิดจากข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป และความสูญเสียเชิงต้นทุนที่เกิดจากการผลิตในระหว่างกระบวนการตามลำดับ โดยจะมุ่งพิจารณาที่ความสูญเสียจากต้นทุนคุณภาพ ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่เสียไปจากการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามข้อกำหนด

2. พิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนของพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย

หลังจากประเมินความสูญเสียเชิงต้นทุนจากระดับความสามารถของกระบวนการที่ควบคุมด้วยพารามิเตอร์ในระดับ FPP และ IPP แล้ว จะต้องพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนของ FPP เพื่อใช้พิจารณาร่วมกับระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคในการจัดลำดับและคัดเลือก FPP ไปใช้ในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ โดยระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนของ FPP จะอาศัยการพิจารณามูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการในระดับ FPP และ IPP ที่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งมีแนวคิดว่ามูลค่าความสูญเสียในระดับ IPP จะส่งผลกระทบต่อมูลค่าความสูญเสียในระดับ FPP ที่มีความสัมพันธ์กัน (รายละเอียดแสดงดังหัวข้อ 3.3.5)

3.3.1 การประเมินความสูญเสียเชิงต้นทุน จากระดับความสามารถของกระบวนการ

ผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เกิดจากความสามารถของกระบวนการผลิต จะนำมาสู่มูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนคุณภาพ (Cost of Quality) โดยต้นทุนคุณภาพเป็นต้นทุนที่จำเป็นต้องเกิดขึ้นเนื่องจากคุณภาพของผลิตภัณฑ์หรือบริการนั้นต่ำกว่าข้อกำหนดที่ควรจะเป็น (ดนุชา คุณพินิจกิจ, 2553: 154) หรือเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเพื่อควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามมาตรฐาน (สุภารัตน์ ธาราสายทอง, 2549: 7)

การพิจารณาต้นทุนคุณภาพ จะสามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่นำมาซึ่งคุณภาพของผลิตภัณฑ์กับต้นทุนที่สูญเสียไป (Sirikhumhom and Rojanarowan, 2010) ในงานวิจัยนี้จึงได้พิจารณาระดับความวิกฤตของ FPP ตามความวิกฤตเชิงต้นทุน (Cost criticality) จากมูลค่าความสูญเสียของต้นทุนคุณภาพที่เป็นผลมาจากความสามารถของกระบวนการผลิต โดย ดนุชา คุณพนิจกิจ (2553) ได้จำแนกองค์ประกอบของต้นทุนคุณภาพออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ ต้นทุนการป้องกัน, ต้นทุนการตรวจสอบประเมิน, ต้นทุนความล้มเหลวภายใน และต้นทุนความล้มเหลวภายนอก ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ต้นทุนการป้องกัน (Prevention Costs) เป็นต้นทุนที่เกิดจากการกระทำกิจกรรมต่างๆที่ก่อให้เกิดประโยชน์ในการป้องกัน หรือลดความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดการผลิตที่ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด การชำรุดเสียหายของผลิตภัณฑ์หรือการบริการที่ไม่มีคุณภาพ เช่น ค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรมพนักงาน ค่าใช้จ่ายในการวางแผนคุณภาพ ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรและอุปกรณ์ เป็นต้น

2. ต้นทุนการตรวจสอบประเมินผล (Appraisal Costs) เป็นต้นทุนในการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์หรือบริการ ซึ่งเกี่ยวกับการวัดผลของชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ การตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบที่สั่งซื้อ ซึ่งจะเป็นการประเมินทั้งในระหว่างการผลิต และผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป เพื่อให้สามารถพิจารณาได้ว่าผลิตภัณฑ์หรือการบริการมีคุณภาพเป็นไปตามข้อกำหนดหรือไม่ เช่น ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบวัตถุดิบ ค่าใช้จ่ายในการทดสอบผลิตภัณฑ์ และค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

3. ต้นทุนความล้มเหลวภายใน (Internal Failure Costs) เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่องในผลิตภัณฑ์ ซึ่งตรวจพบก่อนที่จะส่งมอบให้กับผู้บริโภค เช่น มูลค่าความสูญเสียในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง มูลค่าความสูญเสียจากผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ มูลค่าความสูญเสียในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ และมูลค่าความสูญเสียในการวิเคราะห์สาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง เป็นต้น

4. ต้นทุนความล้มเหลวภายนอก (External Failure Costs) เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นจากข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์หลังจากการส่งมอบให้กับผู้บริโภคแล้ว ซึ่งส่วนมากจะมาจากข้อร้องเรียนของผู้บริโภค (Customer complaints) เช่น มูลค่าความสูญเสียในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ซ้ำ มูลค่าความสูญเสียจากการปฏิเสธผลิตภัณฑ์ ค่าปรับจากผู้บริโภค และมูลค่าความสูญเสียในการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ชิ้นใหม่ เป็นต้น

การพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนของ FPP ในงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปที่มูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนคุณภาพในประเภทต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ (Failure Costs) ซึ่งเป็นต้นทุนที่เกิดจากข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้บริโภค นำไปสู่มูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากระดับความสามารถของกระบวนการผลิตโดยตรง ซึ่งตัวอย่างข้อบกพร่องหรือกิจกรรมที่ก่อให้เกิดต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพแสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างข้อบกพร่องหรือกิจกรรมที่ก่อให้เกิดต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ (ดนุชา คุณพนิจกิจ, 2553: 157)

ประเภทต้นทุน	ข้อบกพร่อง/ กิจกรรม	คำอธิบาย
Internal Failure Costs	Scrap	ผลิตภัณฑ์ที่ชำรุดเสียหาย ไม่สามารถนำไปแก้ไขเพื่อนำกลับไปใช้งานได้
	Rework or rectification	การแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง หรือการผลิตซ้ำเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพเป็นไปตามข้อกำหนด
	Re-inspection	การตรวจสอบซ้ำในผลิตภัณฑ์หรืองานบริการ ที่มีการแก้ไขข้อผิดพลาด
	Retesting	เป็นการทดสอบผลิตภัณฑ์ซ้ำ
	Excess Inventory	เป็นการสำรองผลิตภัณฑ์ไว้ เพื่อทดแทนผลิตภัณฑ์ที่อาจจะเกิดข้อบกพร่อง
	Downtime / Breakdown maintenance	การหยุดการทำงาน อาจจะเกิดจากข้อขัดข้องในกระบวนการผลิตหรือการซ่อมบำรุงเครื่องจักร ซึ่งจะทำให้เสียโอกาสในการจำหน่ายผลิตภัณฑ์
External Failure Costs	Repair/ Return	การแก้ไขหรือส่งกลับผลิตภัณฑ์ เมื่อไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้บริโภค
	Warranty Claims	เป็นการเปลี่ยนแทนหรือแก้ไขผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ภายใต้สัญญาการรับประกันคุณภาพ
	Complaints	กิจกรรมและค่าใช้จ่ายในการรับคำร้องเรียนในผลิตภัณฑ์และบริการที่ไม่มีคุณภาพ
	Liability	เป็นความรับผิดชอบเมื่อเกิดการฟ้องร้อง ซึ่งผู้บริโภคอาจจะทำการยกเลิกสัญญาซื้อขายผลิตภัณฑ์หรือบริการ

นอกจากตัวอย่างข้างต้น ในงานวิจัยนี้ยังได้พิจารณาองค์ประกอบของต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินความสามารถของกระบวนการอันเกิดจากมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพโดยอ้างอิงจาก กังวาน ชยุติมันต์กุล

(2545), เสริมสุข แซ่ตั้ง (2552) และ Sirikhumhom and Rojanarowan (2010) ซึ่งได้ศึกษาองค์ประกอบของต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพจากอุตสาหกรรมหล่อโลหะ และอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ตามลำดับ โดยพิจารณาองค์ประกอบของต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพได้จากตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 องค์ประกอบของต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ (Failure costs) จากอุตสาหกรรมหล่อโลหะ และอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

อุตสาหกรรมการผลิต	องค์ประกอบของต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ
หล่อโลหะ	1. ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากผลิตภัณฑ์บกพร่อง 2. ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง 3. ค่าใช้จ่ายจากงานทำซ้ำ 4. ค่าใช้จ่ายจากการตรวจสอบซ้ำ 5. ค่าใช้จ่ายจากการตีกลับผลิตภัณฑ์จากผู้บริโภค 6. ค่าปรับจากผู้บริโภค เมื่อผลิตภัณฑ์ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด
หัวอ่าน Head Stack Assembly (HAS)	1. ค่าใช้จ่ายในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง 2. ค่าใช้จ่ายในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ 3. ค่าใช้จ่ายในการยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่อง ซึ่งตรวจสอบไม่พบ 4. ค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์บกพร่อง
ส่วนประกอบพื้นฐานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ Printed Circuit Board (PCB)	1. ค่าใช้จ่ายในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง 2. ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากผลิตภัณฑ์บกพร่อง 3. ค่าใช้จ่ายในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ 4. ค่าปรับจากผู้บริโภค เมื่อผลิตภัณฑ์ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด 5. ค่าใช้จ่ายในการตรวจหาผลิตภัณฑ์บกพร่อง

จากตารางที่ 3.3 เป็นการประมวลองค์ประกอบของต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ จากอุตสาหกรรมหล่อโลหะ และอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะเห็นว่ามีองค์ประกอบของต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพที่คล้ายคลึงกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้

ประเมินมูลค่าความสูญเสียจากความสามารถของกระบวนการ ซึ่งจะพิจารณาองค์ประกอบของต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ ที่เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรมโดยส่วนใหญ่ ดังนี้

1. มูลค่าความสูญเสียจากการผลิตที่ไม่เป็นไปตามขีดจำกัดกำหนด (Out of specification costs) ซึ่งจะพิจารณาจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ ดังนี้

- มูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวภายใน (Internal Failure Costs) จะพิจารณาในส่วนของ มูลค่าความสูญเสียจากผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ (Scrap cost) และ มูลค่าความสูญเสียในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง (Rework cost)

- มูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวภายนอก (External Failure Costs) จะพิจารณาในส่วนของมูลค่าความสูญเสียในการตรวจสอบซ้ำ (Rescreen cost), มูลค่าความสูญเสียจากค่าปรับ (Penalty cost) และมูลค่าความสูญเสียในการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ใหม่ (Cost of product replacement)

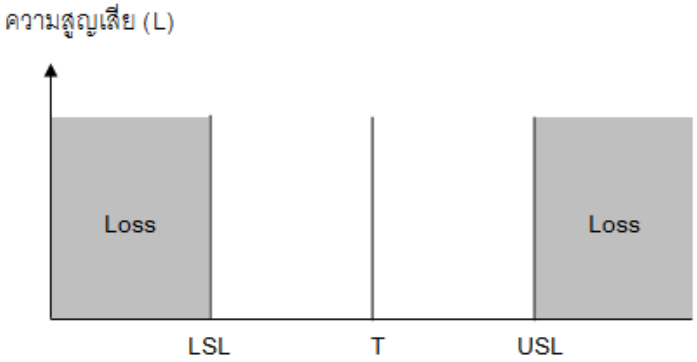
ในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตที่ไม่เป็นไปตามขีดจำกัดกำหนด จะแสดงรายละเอียดไว้ในหัวข้อที่ 3.3.2

2. มูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมาย (Out of target cost) ซึ่งในส่วนนี้ผู้วิจัยได้พิจารณาเพิ่มเติมจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ เนื่องจากมีความสนใจว่าเมื่อการผลิตมีความคลาดเคลื่อนไปจากค่าเป้าหมายของกระบวนการ จะก่อให้เกิดความสูญเสียมากน้อยเพียงใด และจะช่วยให้เห็นความสำคัญของการผลิตให้ตรงตามค่าเป้าหมาย เพื่อเป็นการลดความสูญเสียที่จะตามมา ซึ่งจะแสดงรายละเอียดในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมายไว้ในหัวข้อที่ 3.3.3

อย่างไรก็ตามในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพอาจจะไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัว อาจจะเกิดจากองค์ประกอบที่มากหรือน้อยกว่าการรวบรวมจากข้อมูลดังกล่าวก็ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับกิจกรรมในการผลิตที่ก่อให้เกิดต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพของแต่ละองค์กร

3.3.2 การประเมินมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ จากการผลิตที่ไม่เป็นไปตามขีดจำกัดกำหนด

ความสูญเสียเชิงต้นทุนที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ในงานวิจัยนี้ได้พิจารณาจากมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการที่ถูกควบคุมด้วยพารามิเตอร์ในระดับ FPP และIPP ตามแนวความคิดของการผลิตตามเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ โดยจะถือว่ากระบวนการผลิตที่ดีควรมีความผันแปรอยู่ภายใต้ขีดจำกัดกำหนด (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2553: 94) ซึ่งตามหลักการดังกล่าวจะพิจารณาผลิตภัณฑ์ออกเป็น 2 กลุ่มคือ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของดีซึ่งอยู่ภายใต้ขีดจำกัดกำหนด และผลิตภัณฑ์บกพร่องซึ่งอยู่นอกเหนือจากขีดจำกัดกำหนด พิจารณาดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 ตัวแบบแสดงความสูญเสียตามแนวคิดของการผลิตตามเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้

โดยที่ T = ค่าเป้าหมาย (Target)

USL = ขีดจำกัดข้อกำหนดด้านบน (Upper specification limit)

LSL = ขีดจำกัดข้อกำหนดด้านล่าง (Lower specification limit)

ต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพคุณภาพ (Failure Costs) เป็นความสูญเสียที่เป็นผลมาจากการที่มีผลิตภัณฑ์ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้บริโภค จะสะท้อนให้เห็นถึงมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากระดับความสามารถของกระบวนการ ในการประเมินมูลค่าความสูญเสียนั้นจะอาศัยการตรวจหาข้อบกพร่องของผลิตผล (Output) ที่ได้จากกระบวนการนั้นๆ โดยแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ (Acceptance Sampling Plans) เป็นเครื่องมือสำคัญในการควบคุมคุณภาพของกระบวนการเชิงสถิติ (SPC) ที่นำมาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพรุ่น (Lot) ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะทำให้ทราบสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่อง (p) ที่ถือเป็นคุณภาพของรุ่น จากสัดส่วน

ผลิตภัณฑ์บกพร่อง (p) นี้จะสามารถใช้ในการประเมินมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการได้

การใช้แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ จะขึ้นอยู่กับลักษณะข้อมูลที่ทำการตรวจสอบ ซึ่งจำแนกได้เป็น 2 ประเภทคือ ข้อมูลเชิงนับ (Attribute data) อันได้แก่ รอยแตก, รอยบุบ และความเรียบผิว เป็นต้น ซึ่งในการตัดสินคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะจำแนกเป็น ผลิตภัณฑ์ดี (good – G) และผลิตภัณฑ์บกพร่อง (no good – NG) (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550) ข้อมูลอีกประเภทหนึ่งคือ ข้อมูลเชิงผันแปร (Variable data) อันได้แก่ ความหนา, น้ำหนัก และความเข้มข้น เป็นต้น ซึ่งข้อสมมติฐานในงานวิจัยนี้จะเป็นการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการที่มีข้อมูลเป็นข้อมูลผันแปร โดยข้อมูลนั้นต้องอยู่ภายใต้สภาวะควบคุม (In-control condition) ซึ่งมีความผันแปรจากสาเหตุธรรมชาติ และข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) จึงจะทำให้ข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือในการนำไปประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการ ในการตรวจสอบคุณภาพรุ่นของผลิตภัณฑ์ที่เป็นข้อมูลเชิงผันแปรนั้น แผนการสุ่มตัวอย่างที่ควรจะนำมาใช้คือ แผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร (Variables Sampling Plans) ซึ่งจะมีข้อดีในส่วนของการใช้ขนาดสิ่งตัวอย่าง (n) น้อยกว่าแผนการสุ่มตัวอย่างแบบเชิงนับ (Attributes Sampling Plans) ภายใต้การตัดสินใจที่ระดับความเสี่ยงเดียวกัน และข้อมูลจากการตรวจสอบสามารถบอกรายละเอียดของรุ่นได้มากกว่า (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550), (Montgomery, 2005) และ (Wu, Aslam and Jun, 2012) แต่ก็มีข้อด้อยในการใช้ตัดสินคุณภาพรุ่นคือ ในแต่ละลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จะใช้แผนการสุ่มตัวอย่างต่างกัน ซึ่งข้อมูลที่ทำการตรวจสอบต้องอยู่ภายใต้สมมติฐานของการแจกแจงแบบปกติ (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550), (Montgomery, 2005)

แผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 เป็นแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับแบบรุ่นต่อรุ่นของผลิตภัณฑ์ที่ถูกควบคุมด้วยข้อมูลเชิงผันแปร ซึ่งมีแนวความคิดที่คล้ายคลึงกับแผนการสุ่มตัวอย่าง ANSI/ASQ Z1.4 ของข้อมูลแบบเชิงนับ เช่น กฎการสับเปลี่ยนระหว่างการตรวจสอบแบบปกติ กับการตรวจสอบแบบเคร่งครัด รวมไปถึงกฎการหยุดตรวจ แต่แผนการสุ่มตัวอย่าง ANSI/ASQ Z1.9 จะใช้เฉพาะการตรวจสอบเชิงเดี่ยวเท่านั้น (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550: 644) ซึ่งสามารถใช้ในการตรวจสอบคุณภาพรุ่นของผลิตภัณฑ์ได้ทั้งกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดแบบด้านเดียว และกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดแบบสองด้าน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีสมมติฐานในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 ซึ่งมีหลักการในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์จำแนกได้เป็น

2 วิธีคือ ฟอร์ม I (วิธีการ k) ซึ่งใช้ในการตัดสินใจยอมรับคุณภาพรุ่นของผลิตภัณฑ์เฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ถูกควบคุมด้วยขีดจำกัดกำหนดแบบด้านเดียว และฟอร์ม II (วิธีการ M) ซึ่งเป็นแนวทางที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ เนื่องจากสามารถใช้ตัดสินใจยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ได้ทั้งการควบคุมจากขีดจำกัดกำหนดแบบด้านเดียวและแบบสองด้าน (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550), (Montgomery, 2005)

ในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการ โดยอาศัยการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 โดยวิธีการ M มีขั้นตอนการพิจารณาดังนี้

1. การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง

ในการออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 จะต้องกำหนดขนาดตัวอย่าง (n) ในการตรวจสอบ และสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องสูงสุด (Maximum percent defective: M) ที่ยอมให้เกิดในการสุ่มตัวอย่าง เพื่อใช้ในการตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ ซึ่งการกำหนดขนาดตัวอย่างนั้น จะพิจารณาจากอักษรรัหส (Code letter) ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดรุ่นของผลิตภัณฑ์ (N) และระดับการตรวจสอบ (โดยปกติแล้วจะเป็นการตรวจสอบแบบทั่วไประดับ II) ซึ่งอ้างอิงได้จากตารางที่ ก.1 ในภาคผนวก ก และการกำหนดค่า M จะพิจารณาจากขนาดตัวอย่างตามอักษรรหัส ร่วมกับพิกัดของคุณภาพที่ให้การยอมรับ (Acceptance Quality Limit: AQL) ซึ่งอ้างอิงได้จากตารางที่ ก.2 – ก.3 ในภาคผนวก ก

2. ดำเนินการสุ่มตัวอย่างตามแผนการสุ่มตัวอย่างที่ออกแบบไว้ ซึ่งในงานวิจัยนี้มีสมมติฐานว่าไม่มีการสับเปลี่ยนระหว่างการตรวจสอบแบบผ่อนคลาย, แบบปกติ และแบบเคร่งครัด

3. การพิจารณาคุณภาพรุ่นของผลิตภัณฑ์

นำข้อมูลที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างคือ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ไปประมาณสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่อง (p) ซึ่งถือเป็นคุณภาพของรุ่น โดยจะพิจารณาได้จากดัชนีคุณภาพ (Q_L, Q_U) จากค่า Q_L และ Q_U สามารถประมาณสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องได้โดยอ้างอิงจากตารางที่ ก.4 ในภาคผนวก ก การคำนวณดัชนีคุณภาพสามารถพิจารณาได้ดังนี้ (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550: 657)

(กรณีที่ใช้ SD ประมาณความผันแปรของกระบวนการ)

$$Q_L = \frac{\bar{X} - LSL}{SD} \quad \text{และ} \quad Q_U = \frac{USL - \bar{X}}{SD}$$

ในการตัดสินคุณภาพรุ่นจะพิจารณาจากสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่อง (p) เทียบกับค่า M มีเกณฑ์ในการปฏิเสธรุ่นดังนี้ (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550), (Montgomery, 2005)

(กรณีขีดจำกัดกำหนดแบบด้านเดียว)

$\hat{p}_{LSL}$ หรือ $\hat{p}_{USL} > M$

(กรณีขีดจำกัดกำหนดแบบสองด้าน)

$\hat{p}_{LSL} + \hat{p}_{USL} > M$

4. ประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการ ซึ่งเป็นผลมาจากสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องของรุ่น (p) โดยอาศัยการคำนวณจากสมการต้นทุนและความสูญเสียของแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 (หัวข้อที่ 3.3.2.1 – 3.3.3) และข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างที่ต้องนำไปใช้ในการคำนวณคือ สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่อง (p) และโอกาสในการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ (Pa)

ในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาสมการต้นและความสูญเสีย ของแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 มาใช้ในการคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงตามขีดจำกัดข้อกำหนด และการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมาย ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมโดยทั่วไปที่มีการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยข้อมูลเชิงผันแปร สามารถพิจารณาการคำนวณได้ดังนี้

- สัญลักษณ์ในการคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนคุณภาพ

TC_i = มูลค่าความสูญเสียรวมที่กระบวนการ i (บาท/รุ่น)

Ca_i = มูลค่าความสูญเสียจากการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ที่กระบวนการ i (บาท/รุ่น)

Cr_i = มูลค่าความสูญเสียจากการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ที่กระบวนการ i (บาท/รุ่น)

$C_{OT\,i}$ = มูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมายที่กระบวนการ i (บาท/รุ่น)

$C_{S\,i}$ = มูลค่าความสูญเสียจากผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ที่กระบวนการ i (บาท/รุ่น)

$C_{RW\,i}$ = มูลค่าความสูญเสียในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องที่กระบวนการ i (บาท/รุ่น)

C_{RS} = มูลค่าความสูญเสียในการตรวจสอบซ้ำ (บาท/รุ่น)

C_{PC} = มูลค่าความสูญเสียจากค่าปรับ (บาท/รุ่น)

C_{PR} = มูลค่าความสูญเสียในการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ใหม่ (บาท/รุ่น)

C_{SC} = มูลค่าความสูญเสียจากผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภค (บาท/รุ่น)

C_{RWC} = มูลค่าความสูญเสียในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภค (บาท/รุ่น)

$C_{M\mu i}$ = มูลค่าความสูญเสียจากการใช้วัตถุดิบที่ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ i (บาท/รุ่น)

$C_{MT i}$ = มูลค่าความสูญเสียจากการใช้วัตถุดิบ เมื่อผลิตภัณฑ์ทุกชิ้นมีคุณภาพตรงตามค่าเป้าหมายของกระบวนการ i (บาท/รุ่น)

$C_{p i}$ = ต้นทุนผลิตภัณฑ์ที่กระบวนการ i (บาท/หน่วย)

C_P = ต้นทุนรวมของผลิตภัณฑ์ (บาท/หน่วย)

CS_i = มูลค่าเงินที่ได้จากการขายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถจำกัดได้ที่กระบวนการ i (บาท/หน่วย)

CS_C = มูลค่าเงินที่ได้จากการขายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ซึ่งหลุดรอดไปถึงผู้บริโภค (บาท/หน่วย)

$c_{RW i}$ = ค่าแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องที่กระบวนการ i (บาท/หน่วย)

$c_{SD i}$ = ค่าทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่กระบวนการ i (บาท/หน่วย)

c_{RS} = ค่าตรวจสอบซ้ำ (บาท/หน่วย)

c_{PC} = ค่าปรับจากผู้บริโภค (บาท/หน่วย)

c_{PR} = ค่าเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ใหม่ (บาท/หน่วย)

c_{RWC} = ค่าแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภค (บาท/หน่วย)

c_{SDC} = ค่าทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภค (บาท/หน่วย)

$L_{D i}$ = ค่าแรงงานทางตรงที่กระบวนการ i (บาท/หน่วย)

$L_{ID i}$ = ค่าแรงงานทางอ้อมที่กระบวนการ i (บาท/หน่วย)

$M_{D i}$ = ค่าวัตถุดิบทางตรงที่กระบวนการ i (บาท/หน่วย)

$M_{ID i}$ = ค่าวัตถุดิบทางอ้อมที่กระบวนการ i (บาท/หน่วย)

$L_{DRW i}$ = ค่าแรงงานทางตรงในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องที่กระบวนการ i (บาท/หน่วย)

$M_{IDRW i}$ = ค่าวัตถุดิบทางอ้อมในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องที่กระบวนการ i (บาท/หน่วย)

$L_{DSD i}$ = ค่าแรงงานทางตรงในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่กระบวนการ i (บาท/หน่วย)

$MC_{SD\,i}$ = ค่าเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่กระบวนการ i (บาท/หน่วย)

L_{DRS} = ค่าแรงงานทางตรงในการตรวจสอบซ้ำ (บาท/หน่วย)

MC_{RS} = ค่าเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในการตรวจสอบซ้ำ (บาท/หน่วย)

D_{RS} = ค่าขนส่งผลิตภัณฑ์ในการตรวจสอบซ้ำ (บาท/หน่วย)

D_{PR} = ค่าจัดส่งผลิตภัณฑ์ใหม่ (บาท/หน่วย)

$mc_{SD\,i}$ = ราคาเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่กระบวนการ i (บาท)

$S_{SD\,i}$ = ราคาซากเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่กระบวนการ i (บาท)

mc_{RS} = ราคาเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในการตรวจสอบซ้ำ (บาท)

S_{RS} = ราคาซากเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในการตรวจสอบซ้ำ (บาท)

$Y_{SD\,i}$ = อายุการใช้งานเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่กระบวนการ i (ปี)

Yi = อายุการใช้งานเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในการตรวจสอบ (ปี)

M_i= ค่าวัตถุดิบในการผลิตที่กระบวนการ i (บาท/หน่วย)

N_i = ขนาดรุ่นของผลิตภัณฑ์ที่เข้าสู่กระบวนการ i (หน่วย/รุ่น)

N_C = ขนาดรุ่นของผลิตภัณฑ์ที่จัดส่งไปยังผู้บริโภค (หน่วย/รุ่น)

Pa_i = โอกาสในการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ที่กระบวนการ i

P_i = สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องทั้งหมดที่พบในกระบวนการ i

$P_i = P_{LSL\,i} + P_{USL\,i}$

$P_{LSL\,i}$ = สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่มีคุณภาพต่ำกว่าขีดจำกัดกำหนดด้านล่างที่พบในกระบวนการ i

$P_{USL\,i}$ = สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่มีคุณภาพเกินขีดจำกัดกำหนดด้านบนที่พบในกระบวนการ i

$P_{S\,i}$ = สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ที่พบในกระบวนการ i

$$P_{S\,i} = \frac{\text{สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องซึ่งมีลักษณะที่ไม่สามารถแก้ไขได้}}{\text{สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องทั้งหมดที่พบในกระบวนการ i}}$$

$P_{RW\,i}$ = สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถแก้ไขที่พบในกระบวนการ i

$$P_{RW\,i} = \frac{\text{สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องซึ่งมีลักษณะที่สามารถแก้ไขได้}}{\text{สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องทั้งหมดที่พบในกระบวนการ i}}$$

$P_{S\,i} + P_{RW\,i} = 1$

P_{PC} = สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภค

P_{Sn} = สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ที่กระบวนการสุดท้าย

P_{RWn} = สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถแก้ไขได้ที่กระบวนการสุดท้าย

μ_i = ค่าเฉลี่ยการผลิตที่กระบวนการ i (หน่วย)

T_i = ค่าเป้าหมายการผลิตที่กระบวนการ i (หน่วย)

V_{SDi} = ศักยภาพของเครื่องจักรในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่กระบวนการ i (หน่วย/เดือน)

Vi = ศักยภาพของเครื่องจักรในการตรวจสอบ (หน่วย/เดือน)

**หมายเหตุ สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่อง (P) และโอกาสในการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ที่นำไปใช้ในการคำนวณตามสมการต้นทุนและความสูญเสียที่พัฒนาขึ้นอยู่ในรูปของความน่าจะเป็น (Probability)*

3.3.2.1 การคำนวณมูลค่าความสูญเสียรวม (Total Cost)

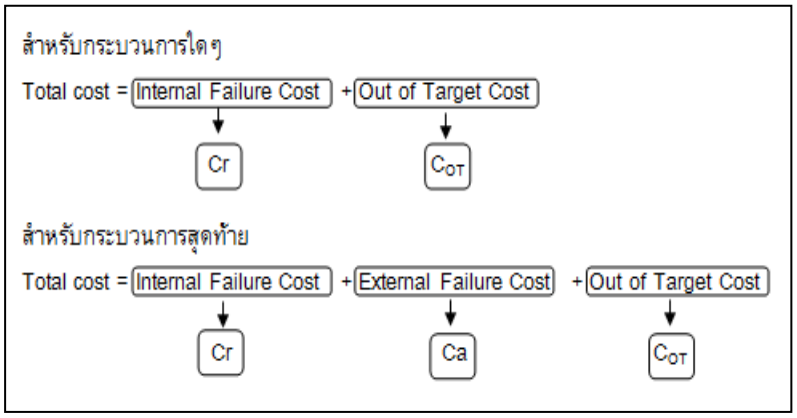
ในการคำนวณมูลค่าความสูญเสียรวมของแต่ละกระบวนการ จากการใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง ANSI/ASQ Z1.9 ในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จะมุ่งพิจารณามูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนคุณภาพดังต่อไปนี้

1. มูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวภายใน (Internal Failure Costs) จะเกิดขึ้นเมื่อผู้ผลิตปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ด้วยโอกาส (1-Pa) นำมาซึ่งมูลค่าความสูญเสียจากการปฏิเสธรุ่น (Cost of Lot Rejection: Cr) ซึ่งเป็นผลมาจากมูลค่าความสูญเสียในการจัดการกับผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

2. มูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวภายนอก (External Failure Costs) จะเกิดขึ้นเมื่อผู้ผลิตยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ด้วยโอกาส (Pa) ซึ่งจะทำให้มีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดจากการสุ่มตัวอย่างไปถึงผู้บริโภคได้ นำมาซึ่งมูลค่าความสูญเสียจากการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ (Cost of Lot Acceptance: Ca) ซึ่งเป็นผลมาจากข้อร้องเรียนของผู้บริโภค (Customer complaints)

3. มูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมาย (Out of target cost: C_{OT})

การประเมินมูลค่าความสูญเสียรวมจากระดับความสามารถของกระบวนการ สามารถพิจารณาหลักการคำนวณได้ดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 หลักการคำนวณมูลค่าความสูญเสียรวม

จากภาพที่ 3.5 พิจารณาการคำนวณมูลค่าความสูญเสียรวมได้ดังนี้

(สำหรับกระบวนการที่ i = 1, 2, 3,…,n-1)

$$TC_i = Cr_i + C_{OT\,i} \quad (3.1)$$

(สำหรับกระบวนที่ i = n หรือกระบวนการสุดท้าย)

$$TC_i = Cr_i + Ca_i + C_{OT\,i} \quad (3.2)$$

การคำนวณมูลค่าความสูญเสียรวมดังสมการที่ 3.1 และ 3.2 จะเป็นผลรวมจากมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวภายใน (หัวข้อที่ 3.3.2.2) มูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวภายนอก (หัวข้อที่ 3.3.2.3) และมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมาย (หัวข้อที่ 3.3.3) โดยในการคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ (หัวข้อที่ 3.3.2.2 และ 3.3.2.3) จะเป็นผลมาจากการปฏิเสธและยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ตามลำดับ ซึ่งจะอาศัยโอกาสในการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ (Pa) มาใช้ในการคำนวณ โดยที่ Pa สามารถพิจารณาได้จากการ interpolation จากตารางที่ ก.5 ในภาคผนวก ก

ข้อสังเกตในการประเมินมูลค่าความสูญเสียรวมจากระดับความสามารถของกระบวนการใดๆ (ก่อนถึงกระบวนการสุดท้าย) ดังสมการที่ 3.1 จะพิจารณาจากมูลค่าความสูญเสียจากการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ (Cr) และมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมาย (C_{OT}) เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่เป็นผลิตผล (Output) ของกระบวนการใดๆนั้น ยังไม่ถือเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ส่งไปยังผู้บริโภค จึงไม่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียจากการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ (Ca) ซึ่งเป็นความสูญเสียจากข้อร้องเรียนเมื่อมีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดไปถึงผู้บริโภค

3.3.2.2 การคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวภายใน (Internal Failure Costs)

มูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวภายใน เป็นความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับผู้ผลิตจากการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ สามารถคำนวณได้ดังนี้ (สำหรับกระบวนการที่ i = 1, 2, 3,…, n)

$$Cr_i = C_{S\,i} + C_{RW\,i} \quad (3.3)$$

เมื่อผู้ผลิตปฏิเสธรุ่นด้วยโอกาส (1-Pa) จะทำให้เกิดมูลค่าความสูญเสียจากการปฏิเสธรุ่น ซึ่งเป็นผลมาจากมูลค่าความสูญเสียในการจัดการกับผลิตภัณฑ์บกพร่อง ดังนี้

1. มูลค่าความสูญเสียจากผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ (Scrap cost)

เป็นมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดผลิตภัณฑ์บกพร่องขึ้น ซึ่งผลิตภัณฑ์บกพร่องนั้นไม่สามารถนำไปแก้ไขได้ต้องทำการกำจัดทิ้ง โดยจะก่อให้เกิดความสูญเสียที่มาจากต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่ถูกทิ้งไป ซึ่งเป็นค่าจ้างแรงงานและค่าวัตถุดิบในการผลิตเป็นหลัก นอกจากนั้นในการกำจัดหรือทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ต้องทิ้งไปนั้น ผู้ผลิตยังมีค่าใช้จ่ายที่มาจากค่าแรงงานหรืออุปกรณ์ในการทำลาย ในการคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากการจัดการกับผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้สามารถแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1: ผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ถูกทิ้งนั้นต้องได้รับการทำลาย

$$C_{S\,i} = (1\text{-}Pa_i)(N_i \times P_i \times P_{S\,i})(C_{P\,i} + c_{SD\,i}) \quad (3.4)$$

กรณีที่ 2: ผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ถูกทิ้งนั้นสามารถขายได้

$$C_{S\,i} = (1\text{-}Pa_i)(N_i \times P_i \times P_{S\,i})(C_{P\,i} - CS_i) \quad (3.5)$$

การคำนวณต้นทุนต่อหน่วยในการคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้พิจารณาดังนี้

- ต้นทุนผลิตภัณฑ์ต่อหน่วย คำนวณได้จาก

$$C_{P\,i} = L_{D\,i} + M_{D\,i} + L_{ID\,i} + M_{ID\,i} \quad (3.6)$$

- ค่าแรงงานทางตรงในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่อหน่วย คำนวณได้จาก

$$L_{D\,i} = \text{เวลาที่ใช้ในการทำงาน } \left(\frac{\text{ชม.}}{\text{หน่วย}}\right) \times \text{จำนวนพนักงาน (คน)} \times \text{ค่าแรงพนักงาน } \left(\frac{\text{บาท}}{\text{ชม.- คน}}\right) \quad (3.7)$$

*หมายเหตุ การคำนวณค่าแรงงานทางอ้อม ($L_{ID\ i}$) มีหลักการเช่นเดียวกับการคำนวณค่าแรงงานทางตรง ($L_{D\ i}$)

- ค่าทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วย คำนวณได้จาก

$$c_{SD\ i} = L_{DSD\ i} + MC_{SDi} \quad (3.8)$$

- ค่าแรงงานทางตรงในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วย คำนวณได้จาก

$L_{DSD\ i}$=เวลาที่ใช้ในการทำลาย ($\frac{\text{ชม.}}{\text{หน่วย}}$) x จำนวนพนักงาน (คน) x ค่าแรงพนักงาน ($\frac{\text{บาท}}{\text{ชม.- คน}}$) (3.9)

- ค่าเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วย คำนวณได้จาก

$$MC_{SD\ i} = \frac{mc_{SD\ i} - S_{SD\ i}}{12\ Y_{SD\ i}\ V_{SD\ i}} \quad (3.10)$$

2. มูลค่าความสูญเสียในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง (Rework cost)

เป็นมูลค่าความสูญเสียที่มาจากค่าแรงงาน และค่าวัตถุดิบในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องเป็นหลัก

$$C_{RW\ i} = (1\text{-}Pa_i)(N_i \times P_i \times P_{RW\ i})\ (c_{RW\ i}) \quad \textbf{(3.11)}$$

- ค่าแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วย คำนวณได้จาก

$$c_{RW\ i} = L_{DRW\ i} + M_{IDRWi} \quad (3.12)$$

- ค่าแรงงานทางตรงในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วย คำนวณได้จาก

$L_{DRW\ i}$ = เวลาที่ใช้ในการแก้ไข ($\frac{\text{ชม.}}{\text{หน่วย}}$) x จำนวนพนักงาน (คน) x ค่าแรงพนักงาน ($\frac{\text{บาท}}{\text{ชม.-คน}}$) (3.13)

*หมายเหตุ ในบางอุตสาหกรรมอาจจะมีมูลค่าความสูญเสียในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เพิ่มขึ้นมาจากค่าแรงงานทางตรงและค่าวัตถุดิบทางอ้อมในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องก็ได้

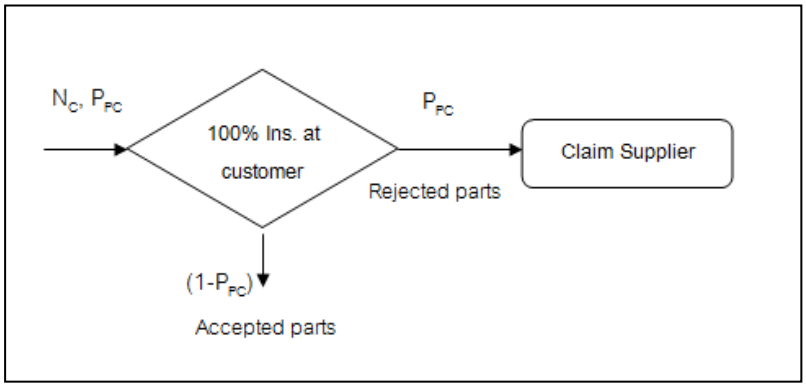
ข้อสังเกต: เมื่อมีการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ ขนาดรุ่นของผลิตภัณฑ์ (N) ที่ส่งไปยังกระบวนการถัดไปหรือส่งไปยังผู้บริโภคจะมีการแทนที่ผลิตภัณฑ์บกพร่องด้วยผลิตภัณฑ์ดี

3.3.2.3 การคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวภายนอก (External Failure Costs)

ต้นทุนความล้มเหลวภายนอก เป็นมูลค่าความสูญเสียจากการที่มีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดไปถึงผู้บริโภค เนื่องจากผู้ผลิตยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์จากการสุ่มตรวจด้วยโอกาสในการยอมรับ Pa จะทำให้มีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดจากการตรวจสอบไปถึงผู้บริโภคด้วยสัดส่วน P_{PC}

การประเมินมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพภายนอกในงานวิจัยนี้มีสมมติฐานว่า ผู้บริโภคจะทำการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่รับมาจากผู้ผลิตโดยการตรวจสอบ 100% โดยแนวคิดนี้จะเป็นการประเมินมูลค่าความสูญเสียที่เป็นไปได้มากที่สุด เมื่อมีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดไปถึงผู้บริโภค ซึ่งจะทำให้ผู้ผลิตตระหนักว่าควรจะต้องทำการผลิตให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพเป็นไปตามข้อกำหนดของผู้บริโภคมากที่สุด เพื่อเป็นการลดมูลค่าความสูญเสียที่จะตามมา

เมื่อผู้บริโภคตรวจรับผลิตภัณฑ์ทั้ง 100% จะทำให้พบผลิตภัณฑ์บกพร่องตามสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดจากการตรวจสอบของผู้ผลิตไปถึงยังผู้บริโภค (P_{PC}) ถือเป็นคุณภาพโดยเฉลี่ยของรุ่นที่ผู้บริโภครับเข้ามา (Incoming Quality) ซึ่งจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดนี้จะเป็นผลให้เกิดการร้องเรียนจากผู้บริโภค พิจารณาดังภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 การตรวจรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคโดยการตรวจสอบ 100%

- สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภค

เมื่อผู้ผลิตยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ด้วยโอกาส Pa อาจจะทำให้มีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดไป ถึงผู้บริโภคด้วยสัดส่วน P_{PC} ซึ่งสามารถคำนวณสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภคตามหลักการของคุณภาพรุ่นหลังการตรวจสอบ (Outgoing Quality) (Montgomery, 2005), (ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย, 2554) ดังนี้

$$P_{PC} = Pa_i(P_i) \quad (3.14)$$

เมื่อขนาดตัวอย่างน้อยกว่าขนาดรุ่นของผลิตภัณฑ์มาก (n<<N)
โดยที่ i = กระบวนการสุดท้าย (n)

- มูลค่าความสูญเสียจากการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์
  มูลค่าความสูญเสียจากการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ สามารถคำนวณได้ดังนี้
  (สำหรับกระบวนการที่ i = n หรือกระบวนการสุดท้าย)

$$Ca_i = C_{RS} + C_{PC} + C_{PR} + C_{SC} + C_{RWC} \quad (3.15)$$

จากการที่ผู้ผลิตยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ด้วยโอกาส Pa จะทำให้มีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดไปถึงผู้บริโภคด้วยสัดส่วน P_{PC} นำมาสู่มูลค่าความสูญเสียจากการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ Ca ซึ่งเป็นผลมาจากมูลค่าความสูญเสียจากข้อร้องเรียนของผู้บริโภค (Customer complaints) ดังนี้

1. มูลค่าความสูญเสียในการตรวจสอบซ้ำ (Rescreen cost)

เป็นมูลค่าความสูญเสียที่มาจากค่าแรงงาน, ค่าส่งกลับผลิตภัณฑ์ และค่าเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ซ้ำ ตามข้อร้องเรียนของผู้บริโภค เมื่อพบผลิตภัณฑ์ที่ส่งมอบไปแล้วมีคุณภาพไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

$$C_{RS} = P_{PC} \times N_C \times c_{RS} \quad (3.16)$$

- ค่าตรวจสอบผลิตภัณฑ์ซ้ำต่อหน่วย คำนวณได้จาก

$$c_{RS} = L_{DRS} + D_{RS} + MC_{RS} \quad (3.17)$$

- ค่าแรงงานทางตรงในการตรวจสอบซ้ำต่อหน่วย คำนวณได้จาก

$$L_{DRS} = \text{เวลาในการตรวจสอบซ้ำ}\left(\frac{\text{ชม.}}{\text{หน่วย}}\right) \times \text{จำนวนพนักงาน(คน)} \times \text{ค่าแรงพนักงาน}\left(\frac{\text{บาท}}{\text{ชม.}-\text{คน}}\right) \quad (3.18)$$

- ค่าเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ซ้ำต่อหน่วย คำนวณได้จาก

$$MC_{RS} = \frac{mc_{RS} - S_{RS}}{12\, Yi\, Vi} \quad (3.19)$$

2. มูลค่าความสูญเสียจากค่าปรับ (Penalty cost)

เป็นมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากผู้บริโภคเรียกปรับค่าเสียหาย เมื่อตรวจพบผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

$$C_{PC} = P_{PC} x\, N_C \times c_{PC} \quad (3.20)$$

3. มูลค่าความสูญเสียในการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ใหม่ (Cost of product replacement)

เป็นมูลค่าความสูญเสียจากการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ชิ้นใหม่ให้กับผู้บริโภค เมื่อตรวจพบผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ซึ่งมูลค่าความสูญเสียนี้จะมาจากต้นทุนผลิตภัณฑ์รวม และค่าขนส่งผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนให้กับผู้บริโภค

$$C_{PR} = P_{PC} \times N_C \times c_{PR} \quad (3.21)$$

- ค่าเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ใหม่ต่อหน่วย คำนวณได้จาก

$$c_{PR} = C_P + D_{PR} \quad (3.22)$$

เมื่อมีผลิตภัณฑ์บกพร่องจากรุ่นหลุดรอดไปถึงผู้บริโภค ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าความสูญเสียให้กับผู้ผลิตในการจัดการกับผลิตภัณฑ์บกพร่องเหล่านั้น พิจารณาได้จาก Sirikhumhom and Rojanarowan (2010)

4. มูลค่าความสูญเสียจากผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภค (Scrap cost of defectives that are passed to the customer)

กรณีที่ 1: ผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปยังผู้บริโภคที่ต้องได้รับทำลาย

$$C_{SC} = P_{PC} \times N_C \times P_{Sn} \times (C_P + c_{SDC}) \quad (3.23)$$

กรณีที่ 2: ผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภคซึ่งสามารถนำไปขายได้

$$C_{SC} = P_{PC} \times N_C \times P_{Sn} \times (C_P + CS_C) \quad (3.24)$$

5. มูลค่าความสูญเสียในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภค (Rework cost of defectives that are passed to the customer)

$$C_{RWC} = P_{PC} \times N_C \times P_{RWn} \times c_{RWC} \quad (3.25)$$

ข้อสังเกต: สมการต้นทุนและความสูญเสีย (ต่อหน่วย) ในงานวิจัยนี้ได้เสนอไว้เป็นเพียงแนวทางหนึ่งในการนำไปประยุกต์ใช้เท่านั้น ซึ่งในบางอุตสาหกรรมอาจจะมีองค์ประกอบของ

ต้นทุนต่อหน่วยที่มากหรือน้อยกว่าแนวทางดังกล่าว ขึ้นอยู่กับกิจกรรมในการผลิตของแต่ละโรงงาน ดังนั้นในการนำไปประยุกต์ใช้จึงควรมีการปรับการคำนวณต้นทุนต่อหน่วยให้สอดคล้องกับกิจกรรมที่นำมาสู่ความสูญเสียทางตัวเงินของโรงงานนั้นๆ ในส่วนของการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการในโรงงานใดๆ เช่น มูลค่าความสูญเสียรวม มูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ และมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมาย สามารถที่จะประยุกต์เอาสมการต้นทุนและความสูญเสีย (ต่อรุ่น) มาใช้ในการคำนวณได้

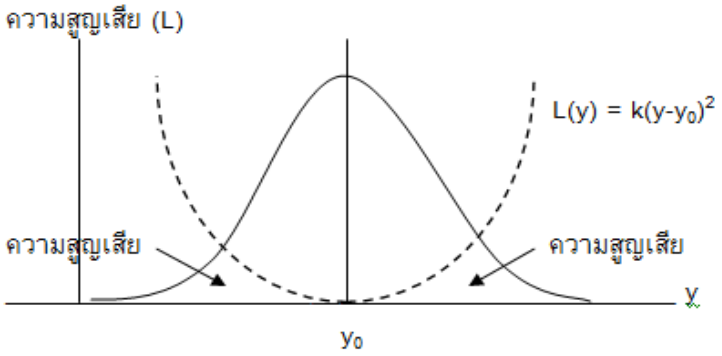
3.3.3 การประเมินมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมาย (Out of target cost)

นอกจากการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพแล้ว ในงานวิจัยนี้ยังได้มีการศึกษาถึงมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตที่ไม่ตรงตามค่าเป้าหมาย (Out of target) กล่าวคือ เมื่อผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิตมีลักษณะคุณภาพไม่ตรงค่าเป้าหมาย ซึ่งเป็นข้อกำหนดของผู้บริโภค ก็จะก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียจากกระบวนการนั้นๆขึ้นได้ เช่น การใช้วัตถุดิบในการผลิตที่มากเกินค่าเป้าหมาย ก็จะนำมาซึ่งมูลค่าความสูญเสียจากค่าวัตถุดิบที่สูงขึ้น หรือการใช้วัตถุดิบในกระบวนการผลิตที่ต่ำกว่าค่าเป้าหมาย ถึงแม้ว่าจะเป็นการประหยัดค่าวัตถุดิบในการผลิต แต่ก็มีโอกาสที่จะเกิดผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพไม่เป็นไปตามความต้องการของผู้บริโภคสูงขึ้น ซึ่งก็จะทำให้เกิดมูลค่าความสูญเสียที่ตามมา เช่น มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดผลิตภัณฑ์บกพร่อง มูลค่าความสูญเสียในการตรวจสอบซ้ำ มูลค่าความสูญเสียจากค่าปรับ หรือมูลค่าความสูญเสียจากการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ชิ้นใหม่ให้กับผู้บริโภค เป็นต้น

ในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตที่ไม่ตรงตามค่าเป้าหมายในงานวิจัยนี้ ได้มีแนวความคิดมาจาก Taguchi Quality Loss Function คือการที่ผลิตภัณฑ์หรือบริการมีคุณภาพเบี่ยงเบนไปจากเป้าหมาย ซึ่งจะถือว่าผลิตภัณฑ์หรือบริการนั้นมีคุณภาพต่ำ นำมาซึ่งมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพและต้นทุนคุณภาพแอบแฝง โดยการประเมินความสูญเสียตามหลักการดังกล่าวนี้จะสอดคล้องกับแนวความคิดในการผลิตผลิตภัณฑ์หรือบริการ ซึ่งจะต้องไม่มีผลิตภัณฑ์หรือบริการที่มีคุณภาพด้อยเกิดขึ้นเลย (Zero-Defects Approach) (ดนุชา คุณพนิชกิจ, 2553: 164) กล่าวคือจะต้องพยายามผลิตให้ตรงตามค่าเป้าหมายมากที่สุด

การประเมินความสามารถของกระบวนการนอกจากจะเป็นการประเมินผลผลิตของกระบวนการ (Process yield) ภายใต้ข้อกำหนดแล้ว Taguchi (1993) ได้นำเสนอฟังก์ชันความสูญเสียที่ออกมาในรูปของตัวเงิน ซึ่งความสูญเสียนั้นจะเป็นผลมาจากลักษณะด้านคุณภาพของ

ผลิตภัณฑ์ที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเป้าหมาย โดยจะไม่จำกัดให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการอยู่ภายใต้ขีดจำกัดกำหนด พิจารณาความสูญเสียจากการผลิตที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเป้าหมายดังภาพที่ 3.7 ซึ่งจะเป็นการแสดงให้เห็นถึงความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต โดยจะเห็นว่าพื้นที่ภายใต้เส้นกราฟพาราโบล่าจะถือเป็นความสูญเสียทั้งหมด กล่าวคือยิ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพไม่ตรงตามเป้าหมายมากเพียงใด ยิ่งทำให้เกิดความสูญเสียมากเท่านั้น ซึ่งแตกต่างจากแนวความคิดของการผลิตตามเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ โดยจะถือว่าผลิตภัณฑ์ใดๆที่มีคุณภาพไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้บริโภคคือผลิตภัณฑ์บกพร่อง และจะก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียที่เท่ากัน



ภาพที่ 3.7 ตัวแบบแสดงความสูญเสียจากลักษณะคุณภาพของ Taguchi's Loss Function

สามารถประเมินมูลค่าความสูญเสียจากคุณภาพของกระบวนการ ณ จุดใดๆที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเป้าหมายดังนี้

$$L(y) = k(y-y_0)^2$$

เมื่อ L = ความสูญเสียจากกระบวนการผลิต

y = ลักษณะด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์

y_0 = ค่าเป้าหมายของกระบวนการ

k = สัมประสิทธิ์ความสูญเสีย โดยคำนวณได้จาก

$k = A/(y-y_0)^2$

A = มูลค่าความสูญเสีย (ต้นทุนในกระบวนการผลิต)

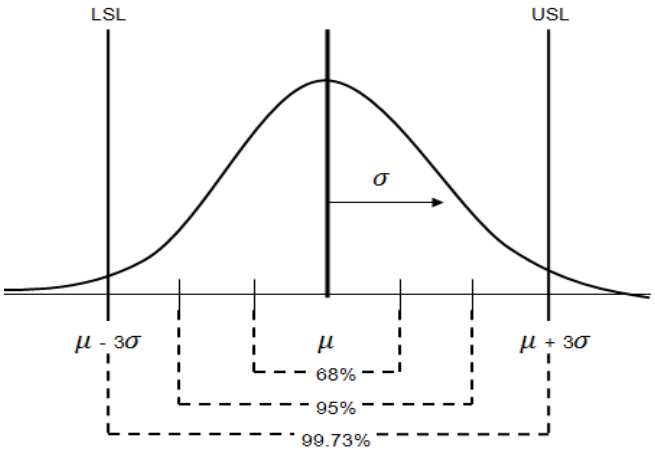
โดยสภาพทั่วไปของการผลิตก็จะมีความผันแปรของกระบวนการเกิดขึ้น พิจารณาดังภาพที่ 3.7 ถ้าความผันแปรของกระบวนการ (รูประฆังคว่ำ) มีความผันแปรลดลงหรือรูประฆังคว่ำนั้นแคบลง ความสูญเสียจากกระบวนการผลิตก็จะลดลงไปด้วย ดังนั้นในการลดความสูญเสียของ

กระบวนการจึงมุ่งเน้นไปที่การลดความผันแปร (S^2) รอบๆค่าเป้าหมาย และทำให้ค่าเฉลี่ยลักษณะคุณภาพของกระบวนการ ($\bar{y}$) ให้อยู่ที่ค่าเป้าหมาย (T) สามารถประเมินมูลค่าความสูญเสียจากกระบวนการผลิตได้ดังนี้

$$L = k\,(S^2 + (\bar{y} - T)^2)$$

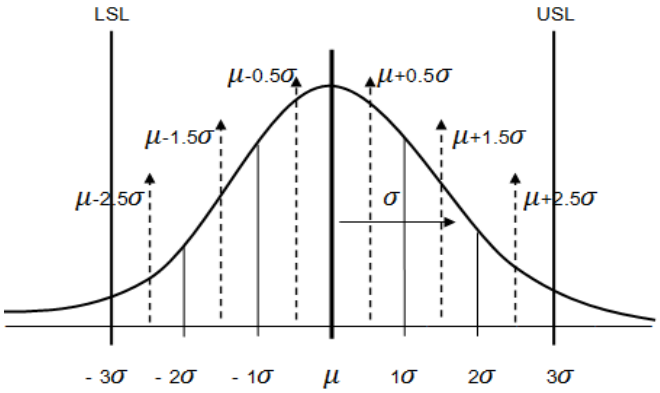
จากแนวความคิด Taguchi Quality Loss Function สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการประเมินความสูญเสียซึ่งเป็นผลมาจากการผลิตที่ไม่ตรงค่าเป้าหมาย ซึ่งเกี่ยวข้องกับค่าเฉลี่ย (Mean) และความผันแปรของกระบวนการ (Process variation) โดยตรง ซึ่งในงานวิจัยนี้จะพิจารณาว่าผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคุณภาพเบี่ยงเบนไปจากค่าเป้าหมายจะก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียจากค่าวัตถุดิบที่ใช้มากหรือน้อยเกินไปในการผลิต แต่ผลิตภัณฑ์ในทุกๆชิ้นจะมีมูลค่าความสูญเสียจากค่าแรงงานที่เท่ากัน ไม่ว่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะเบี่ยงเบนไปจากค่าเป้าหมายมากเท่าใดก็ตาม ดังนั้นการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตที่ไม่ตรงตามค่าเป้าหมาย จะมุ่งเน้นไปที่มูลค่าความสูญเสียจากการใช้วัตถุดิบในการผลิตที่มากหรือน้อยเกินไป

การประเมินมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตที่ไม่ตรงตามเป้าหมาย ซึ่งเป็นผลมาจากความสามารถของกระบวนการผลิต จำเป็นจะต้องพิจารณาการกระจายตัวของข้อมูลที่ได้จากการสุ่มตัวอย่าง ซึ่งตามสมมติฐานของงานวิจัยจะมีการกระจายตัวของข้อมูลแบบปกติภายใต้ขีดจำกัดข้อกำหนด (Specification limit: LSL- USL) โดยทั่วไปแล้วลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการจะมีการกระจายแบบสุ่มอยู่ในระดับความเชื่อมั่น 99.73% (6σ) (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2553: 64) พิจารณาดังภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 ระดับความสามารถของกระบวนการจากข้อมูลแบบสุ่ม

จากภาพที่ 3.8 จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่มีการกระจายอยู่ภายใต้ข้อกำหนดของผู้บริโภค จะถือว่าเป็นผลิตภัณฑ์ดี และจะไม่ก่อให้เกิดความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ แต่สำหรับการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมายจะถือว่าผลิตภัณฑ์ใดๆที่มีลักษณะคุณภาพไม่ตรงตามค่าเป้าหมายจะนำมาซึ่งความสูญเสียต่อกระบวนการผลิต ถึงแม้ว่าผลิตภัณฑ์นั้นๆจะอยู่ภายใต้ข้อกำหนด ยกตัวอย่างเช่น ในการผลิตที่ต้องควบคุมน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ ถ้ากระบวนการผลิตมีน้ำหนักของผลิตภัณฑ์โดยเฉลี่ยมากกว่าค่าเป้าหมาย แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่มีการใช้วัตถุดิบในการผลิตมากกว่าค่าเป้าหมาย ซึ่งจะทำให้เกิดเป็นมูลค่าความสูญเสียจากการใช้วัตถุดิบที่มากเกินไป ยิ่งผลิตภัณฑ์ชิ้นใดมีน้ำหนักเกินค่าเป้าหมายมากก็จะมีมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนวัตถุดิบมากขึ้นเท่านั้น ในขณะเดียวกันถ้าค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ต่ำกว่าค่าเป้าหมาย แสดงให้เห็นว่าอาจจะมีมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตน้อยลง แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าจะเป็นผลดีต่อกระบวนการผลิต เพราะอาจจะทำให้มีผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้บริโภคมากขึ้น ซึ่งก็จะทำให้เกิดเป็นมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพตามมา การคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากการใช้วัตถุดิบที่ไม่ตรงตามค่าเป้าหมาย สามารถพิจารณาจากความสามารถของกระบวนการที่เป็นผลมาจาก ค่าเฉลี่ยและความผันแปรของกระบวนการดังภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 ระดับความสามารถของกระบวนการ เมื่อกระบวนการเกิดความผันแปร

มูลค่าความสูญเสียจากการใช้วัตถุดิบที่ไม่ตรงตามค่าเป้าหมายจะพิจารณาจากผลต่างระหว่างมูลค่าความสูญเสียที่เสียไปจากการใช้วัตถุดิบที่ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ กับมูลค่าความสูญเสียที่เสียไปจากการใช้วัตถุดิบตามค่าเป้าหมายของกระบวนการ ซึ่งกระบวนการที่มีรูปแบบการกระจายข้อมูลแบบปกติ ผลของความผันแปรของกระบวนการจะหักล้างกัน พิจารณาดังภาพที่ 3.9 กล่าวคือ ค่าวัตถุดิบที่เสียไปจากการที่ผลิตภัณฑ์มีลักษณะคุณภาพเกินค่าเป้าหมาย จะ

หักล้างกับค่าวัตถุดิบที่ต้องเสียน้อยลงเมื่อผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะคุณภาพต่ำกว่าค่าเป้าหมาย ซึ่งการพิจารณามูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมายนี้ จะเป็นประโยชน์สำหรับกระบวนการที่มีต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตสูง ซึ่งจะทำให้ผู้ผลิตเห็นความสำคัญที่จะควบคุมการผลิตให้ตรงค่าเป้าหมาย เพื่อลดมูลค่าความสูญเสียที่จะตามมา สมการในการคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากการใช้วัตถุดิบในการผลิตเกินค่าเป้าหมาย พิจารณาได้ดังนี้

- มูลค่าความสูญเสียจากการใช้วัตถุดิบที่ค่าเฉลี่ยของกระบวนการใดๆ ($C_{M\mu i}$)

$$C_{M\mu i} = N_i M_i \boldsymbol{\mu_i} \tag{3.26}$$

- มูลค่าความสูญเสียจากการใช้วัตถุดิบ เมื่อผลิตภัณฑ์ทุกชิ้นมีคุณภาพตรงตามค่าเป้าหมาย ($C_{MT i}$)

$$C_{MT i} = N_i M_i T_i \tag{3.27}$$

- มูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมายสามารถคำนวณจากสมการที่ 3.26 – 3.27

$$C_{OT i} = C_{M\mu i} - C_{MT i}$$
$$C_{OT i} = N_i M_i \boldsymbol{\mu_i} - N_i M_i T_i$$
$$C_{OT i} = (\boldsymbol{\mu_i} - T_i)\, N_i M_i \tag{3.28}$$

*สมการที่มีตัวเลขกำกับเป็นตัวพิมพ์หนา คือสมการหลักในการคำนวณมูลค่าความสูญเสียต่อรุ่น

- บทวิจารณ์การประเมินมูลค่าความสูญเสียจากความสามารถของกระบวนการ

ในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการ ถ้าในกรณีที่เป็นการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ 100% โดยที่ไม่อาศัยแผนการสุ่มตัวอย่าง จะทำให้ไม่มีโอกาสในการยอมรับรุ่นผลิตภัณฑ์ (Pa) หรือโอกาสในการปฏิเสธรุ่นผลิตภัณฑ์ (1-Pa) เกิดขึ้น และจะไม่มีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดไปถึงผู้บริโภค ทำให้มูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นจะมาจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพภายใน และมูลค่าความสูญเสียจากการที่ผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมาย ซึ่งในส่วนของการคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพภายในสามารถคำนวณได้ดัง สมการที่ 3.4, 3.5 และ 3.11 โดยไม่นำโอกาสในการปฏิเสธรุ่นผลิตภัณฑ์ (1-Pa) มาพิจารณาด้วย

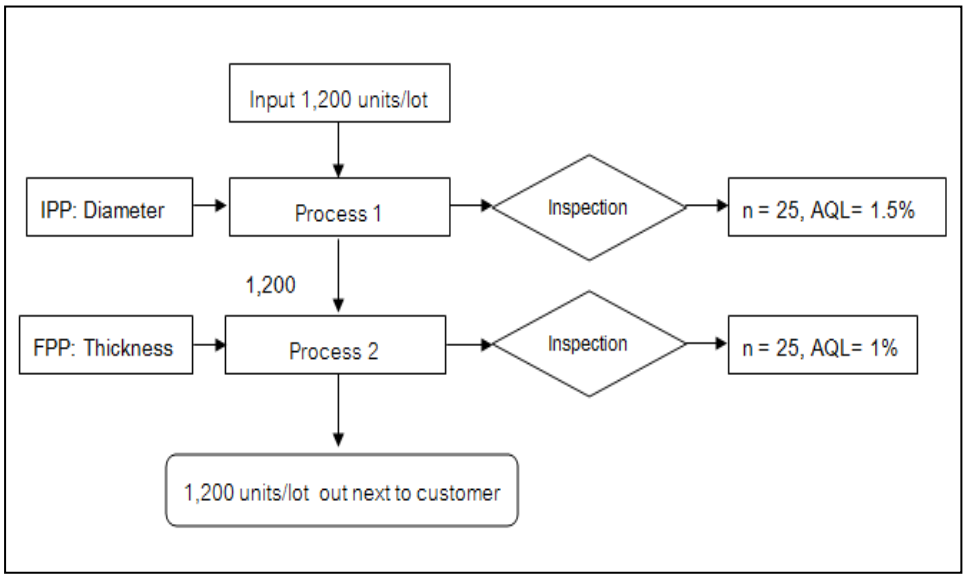
ในกรณีที่มีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะส่งไปยังผู้บริโภคเฉพาะในขั้นตอนสุดท้าย (ระหว่างกระบวนการไม่มีการตรวจสอบ) โดยใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง เมื่อเกิดการปฏิเสธรุ่นของ

ผลิตภัณฑ์ สามารถคำนวณมูลค่าความสูญเสียได้จากแนวทางการคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพภายใน และเมื่อเกิดการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์สามารถคำนวณมูลค่าความสูญเสียได้จากแนวทางการคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพภายนอก ดังที่ได้นำเสนอไว้

3.3.4 ตัวอย่างการประเมินความสูญเสียเชิงต้นทุน จากระดับความสามารถของกระบวนการ

ความสูญเสียเชิงต้นทุน ซึ่งประเมินได้จากมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการ ซึ่งเป็นผลมาจากการมีผลิตภัณฑ์บกพร่องเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต นำมาสู่ความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ (Failure costs) และมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมาย (Out of target cost) สามารถพิจารณาโดยยกตัวอย่างการผลิตจากผลิตภัณฑ์ A ซึ่งมีขั้นตอนการผลิต 2 ขั้นตอน (เพื่อให้เห็นภาพรวมในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการได้อย่างกระชับ) แสดงดังภาพที่ 3.10

ตัวอย่างการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ A จะอาศัยแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 ในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (กระบวนการที่ 1) และความหนาของผลิตภัณฑ์ (กระบวนการที่ 2) ซึ่งข้อมูลตัวอย่างนี้ได้จากการสมมติค่าโดยโปรแกรม minitab



ภาพที่ 3.10 ขั้นตอนการผลิตของกระบวนการตัวอย่าง ในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการ

ในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการ ข้อมูลที่ได้จากการการสุ่มตัวอย่างต้องเป็นไปตามสมมติฐานการประเมินความสามารถของกระบวนการคือ ข้อมูลอยู่ภายใต้สภาวะควบคุม (In-control condition) และมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) จึงจะถือว่าข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการ ดังนั้นในการสุ่มตัวอย่างจึงต้องมีการควบคุมกระบวนการโดยอาศัยแผนภูมิควบคุม (Control chart) ซึ่งในงานวิจัยนี้จะพิจารณาการใช้แผนภูมิควบคุมตามลักษณะการเก็บข้อมูลขององค์กรนั้นๆ

จากตัวอย่างการผลิตของผลิตภัณฑ์ A ซึ่งทำการผลิต 1,200 ชิ้นต่อรุ่น ทั้งหมด 8 รุ่นต่อเดือน สามารถประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการดังนี้

1. การประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการที่ 1

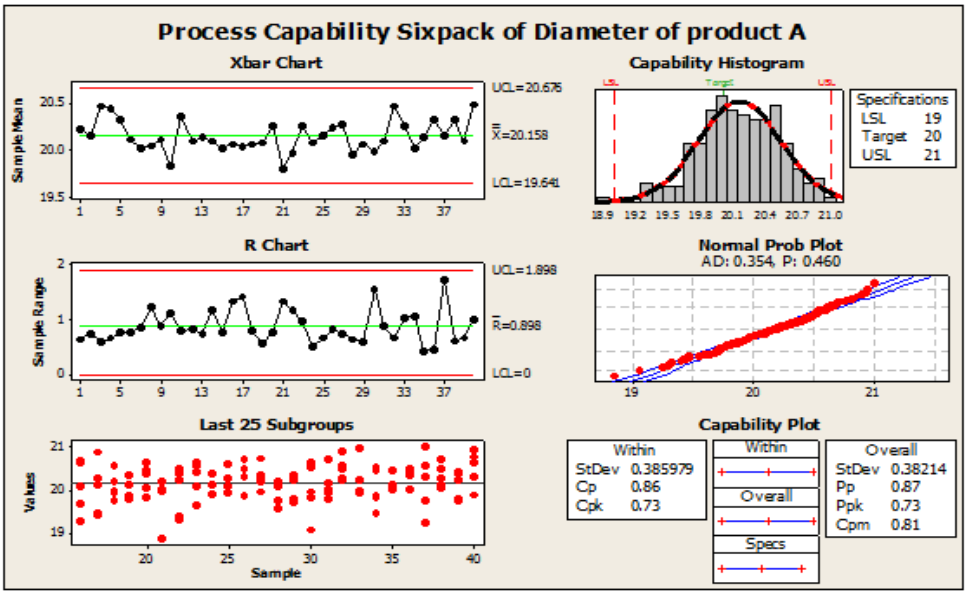
กระบวนการผลิตที่ 1 ของผลิตภัณฑ์ A มีพารามิเตอร์ในการควบคุมลักษณะของชิ้นงาน (IPP) ก่อนที่จะส่งไปยังกระบวนการที่ 2 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ซึ่งมีขนาดตามข้อกำหนดอยู่ที่ 20 ± 1 มม. ในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะอาศัยแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 โดยทำการตรวจสอบผลิตภัณฑ์จากจำนวนการผลิต 1,200 ชิ้นต่อรุ่น ที่ระดับ AQL 1% ซึ่งจากการพิจารณาดังตารางที่ ก.1 ในภาคผนวก ก ด้วยการตรวจสอบทั่วไประดับ II จะได้อักษรรหัส I และเมื่อพิจารณาดังตารางที่ ก.2 ในภาคผนวก ก พบว่าต้องทำการสุ่มตัวอย่างด้วยขนาด n = 25 ชิ้นต่อรุ่น หรือทำการสุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 200 ชิ้นต่อเดือน (25 x 8)

ในการพิจารณาสมมติฐานการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการ จะอาศัยแผนภูมิควบคุม $\bar{X}$-R ในการควบคุมขนาดตัวอย่างในระยะเวลา 1 เดือน จำนวนทั้งหมด 40 กลุ่มย่อย (Subgroups) โดยมีขนาดกลุ่มย่อยละ 5 ชิ้น (n=5) ซึ่งในการใช้แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$- R สามารถใช้ขนาดกลุ่มย่อยได้กลุ่มย่อยละ 4-10 ข้อมูล (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2553: 139) พิจารณาผลการควบคุมกระบวนการผลิตได้ดังภาพที่ 3.11

จากภาพที่ 3.11 ในส่วนของแผนภูมิควบคุม $\bar{X}$ จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มย่อยนั้นอยู่ภายใต้การควบคุม และแผนภูมิควบคุม R แสดงให้เห็นว่าความผันแปรของแต่ละกลุ่มย่อยนั้นเป็นไปโดยธรรมชาติ ในการพิจารณาการกระจายตัวของข้อมูลนั้นพบว่า ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) โดยมีค่า P-value เท่ากับ 0.460 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 (α=0.05) จึงไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) โดยสมมติฐานในการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลเป็นดังนี้

H_0: ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal)

H_1: ข้อมูลมีการกระจายตัวไม่เป็นปกติ (Non-normal)



ภาพที่ 3.11 ตัวอย่างการพิจารณาสภาวะการควบคุมกระบวนการ และการกระจายตัวข้อมูลของกระบวนการที่ 1

จากการพิจารณาตามสมมติฐานของกระบวนการภายใต้สภาวะควบคุม และมีการกระจายตัวของข้อมูลแบบปกติ จะถือได้ว่าข้อมูลการสุ่มตัวอย่างจากกระบวนการที่ 1 นั้น มีความน่าเชื่อถือในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการ ซึ่งมีข้อมูลการผลิตดังนี้

ค่าเป้าหมาย (Target) = 20 มม.

ขีดจำกัดกำหนดด้านบน (USL) = 21 มม.

ขีดจำกัดกำหนดด้านล่าง (LSL) = 19 มม.

ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ (Mean) = 20.16 มม.

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการ (SD) = 0.39

*หมายเหตุ ในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการ ผู้วิจัยได้นำซอฟต์แวร์ (Excel) มาช่วยในการคำนวณเชิงตัวเลข

- สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องของกระบวนการที่ 1

  จากข้อมูลตัวอย่างสามารถพิจารณาดัชนีคุณภาพได้ดังนี้

  $Q_L = \frac{\bar{X}-LSL}{SD}$ และ $Q_U = \frac{USL-\bar{X}}{SD}$

$$Q_L = \frac{20.16 - 19}{0.39} \quad \text{และ} \quad Q_U = \frac{21 - 20.16}{0.39}$$

$$Q_L = 2.97 \quad \text{และ} \quad Q_U = 2.15$$

จากตารางที่ ก.4 ในภาคผนวก ก เมื่อ $Q_L = 2.97$ และ $Q_U = 2.15$ และ n = 25 จะสามารถประมาณสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องได้เป็น $P_{LSL1} = 0.00049$ และ $P_{USL1} = 0.0124$ ดังนั้นสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อรุ่นของกระบวนการที่ 1 คือ $P_1 = 0.00049 + 0.0124 = 0.01289$ (ในการประมาณสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่อง จะถือว่าค่า P เป็นค่าคงที่ในทุกๆรุ่น)

- โอกาสในการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการที่ 1

จากอักษรรหัส = I, AQL 1% และ $P_1 = 0.01289$ หรือ 1.289% สามารถ Interpolation หาค่า Pa จากตารางที่ ก.5 ในภาคผนวก ก ได้ดังนี้ (จะแสดงหลักการคำนวณเฉพาะในกระบวนการที่ 1)

Pa		P	
X-95%	95%	*0.439%*	0.85%
	X% *-45%*		1.289% *2.54%*
	50%		3.39%

$$\frac{X-95\%}{-45\%} = \frac{0.439\%}{2.54\%}$$

$$X = 87.22\%$$

ดังนั้น โอกาสในการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการที่ 1 (Pa_1) = 0.8722 และมีโอกาสที่จะปฏิเสธรุ่น (1-Pa_1) = 0.1278 สามารถคำนวณมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากระดับความสามารถของกระบวนการได้ดังนี้

1.1 มูลค่าความสูญเสียจากการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการที่ 1

จากโอกาสในการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ (1-Pa_1) = 0.1278 จะมีมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ สามารถพิจารณาได้ดังนี้

$Cr_1 = C_{S1} + C_{RW1}$

Cr_1 = 2.48 + 22.82 (บาท/รุ่น)

Cr_1 = 25.30 บาท/รุ่น

จะเห็นว่ากระบวนการที่ 1 มีมูลค่าความสูญเสียจากการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์เป็นมูลค่า 25.30 บาทต่อรุ่น ซึ่งมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้น เป็นผลมาจากมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพภายใน ดังต่อไปนี้

- มูลค่าความสูญเสียจากผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ (Scrap cost)

ในการพิจารณาผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ (Scrap) สำหรับผลิตภัณฑ์ในกระบวนการที่ 1 คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่าขีดจำกัดข้อกำหนดด้านล่าง (<19 มม.) ซึ่งไม่สามารถที่จะนำไปแก้ไขได้ต้องกำจัดทิ้งเท่านั้น โดยมีต้นทุนการผลิตต่อหน่วย (C_{P1}) = 20 บาท/ชิ้น และมีค่าทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วย (c_{SD1}) ซึ่งจะมาจากค่าแรงงานและค่าเครื่องจักรหรืออุปกรณ์เป็นหลัก โดยคิดเป็น 13 บาทต่อชิ้น สามารถคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ดังนี้

<u>สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้เทียบกับผลิตภัณฑ์บกพร่องทั้งหมด</u>

$$P_{S1} = \frac{P_{LSL1}}{P_1}$$

$$P_{S1} = \frac{0.00049}{0.01289}$$

P_{S1} = 0.0380

ดังนั้นในกระบวนการที่ 1 มีสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้เทียบกับผลิตภัณฑ์บกพร่องทั้งหมดเท่ากับ 0.0380

<u>มูลค่าความสูญเสียจากผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้</u>

$C_{S1} = (1\text{-}Pa_1)(N_1 \times P_1 \times P_{S1})(C_{P1} + c_{SD\,1})$

C_{S1} = 0.1278 x1,200 (ชิ้น/รุ่น) x 0.01289 x 0.0380 x (20+13 บาท/ชิ้น)

C_{S1} = 2.48 บาท/รุ่น

จะเห็นว่ากระบวนการที่ 1 มีมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้เป็นมูลค่า 2.48 บาทต่อรุ่น

- มูลค่าความสูญเสียในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง (Rework cost)

ปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถนำไปแก้ไขได้ในกระบวนการที่1 พิจารณาจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของผลิตภัณฑ์ที่มากกว่าขีดจำกัดข้อกำหนดด้านบน (> 21 มม.) ซึ่งในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องมีค่าแก้ไขต่อหน่วย (c_{RW1}) เท่ากับ 12 บาท สามารถคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องดังนี้

<u>สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถนำไปแก้ไขได้เทียบกับผลิตภัณฑ์บกพร่องทั้งหมด</u>

$$P_{RW1} = \frac{P_{USL1}}{P_1}$$

$$P_{RW1} = \frac{0.0124}{0.01289}$$

$$P_{RW1} = 0.9620$$

ดังนั้นในกระบวนการที่ 1 มีสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถแก้ไขได้เทียบกับผลิตภัณฑ์บกพร่องทั้งหมดเท่ากับ 0.9620

<u>มูลค่าความสูญเสียจากการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง</u>

$C_{RW1} = (1\text{-}Pa_1)(N_1 \times P_1 \times P_{RW1})(c_{RW1})$

C_{RW1} = 0.1278 x 1,200 (ชิ้น/รุ่น) x 0.01289 x 0.9620 x 12 (บาท/ชิ้น)

C_{RW1} = 22.82 บาท/รุ่น

จะเห็นว่ากระบวนการที่ 1 มีมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องเป็นมูลค่า 22.82 บาทต่อรุ่น

1.2 มูลค่าความสูญเสียจากการที่ผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมายของกระบวนการที่ 1

จากข้อมูลของกระบวนการจะเห็นว่า ค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่ 1 (Mean) นั้นมีค่ามากกว่าค่าเป้าหมาย (Target) ซึ่งจะทำให้เกิดมูลค่าความสูญเสียในการใช้วัตถุดิบเกินค่าเป้าหมาย มีข้อมูลประกอบการพิจารณาดังนี้

- ค่าเป้าหมายของกระบวนการผลิต T_1 = 20 มม./ชิ้น
- ค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิต $\boldsymbol{\mu_1}$ = 20.16 มม./ชิ้น
- ค่าวัตถุดิบในกระบวนการผลิต M_1 = 1 บาท/มม.

มูลค่าความสูญเสียจากการผลิตที่ไม่ตรงตามค่าเป้าหมาย

$C_{OT1} = (\mu - T)_1 N_1 M_1$

C_{OT1} = (20.16 - 20)(มม./ชิ้น) x 1,200 (ชิ้น/รุ่น) x 1 (บาท/มม.)

C_{OT1} = 192 บาท/รุ่น

จะเห็นว่ากระบวนการที่ 1 ซึ่งมีขนาดรุ่นของการผลิตจำนวน 1,200 ชิ้น มีมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากการใช้วัตถุดิบในการผลิตมากเกินค่าเป้าหมายคิดเป็นมูลค่า 192 บาทต่อรุ่น

ข้อสังเกตในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตที่ไม่ตรงตามค่าเป้าหมาย สมมติในกรณีที่ค่าเฉลี่ยของกระบวนการต่ำกว่าค่าเป้าหมาย ยกตัวอย่างเช่น ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ μ_1 = 19.3 มม./ชิ้น สามารถคำนวณมูลค่าความสูญเสียได้ดังนี้

$C_{OT1} = (\mu - T)_1 N_1 M_1$

C_{OT1} = (19.3 - 20)(มม./ชิ้น) x 1,200 (ชิ้น/รุ่น) x 1 (บาท/มม.)

C_{OT1} = -840 บาท/รุ่น

จะเห็นว่าเมื่อค่าเฉลี่ยของกระบวนการมีค่าต่ำกว่าค่าเป้าหมายของการผลิต จะทำให้เสียค่าวัตถุดิบในการผลิตลดลง ซึ่งจากตัวอย่างข้างต้นถือว่าในรุ่นการผลิตนี้สามารถประหยัดค่าวัตถุดิบในการผลิตไปได้ 840 บาทต่อรุ่น แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าการที่ค่าเฉลี่ยของกระบวนการต่ำกว่าค่าเป้าหมายจะเป็นผลดีที่สามารถประหยัดค่าวัตถุดิบในการผลิตได้ เพราะอาจจะทำให้มีจำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพด้อยกว่าข้อกำหนด (ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพต่ำกว่าขีดจำกัดข้อกำหนดด้านล่าง) มากขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนคุณภาพที่ตามมา เช่น ในกรณีของผลิตภัณฑ์ A ในกระบวนการที่1 คือ อาจจะทำให้เกิดมูลค่าความสูญเสียจากผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้หรือมูลค่าความสูญเสียในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องเพิ่มมากขึ้น

1.3 มูลค่าความสูญเสียรวมจากกระบวนการที่ 1

จากการผลิตในกระบวนการที่ 1 สามารถประเมินมูลค่าความสูญเสียรวมซึ่งเป็นผลจากการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ และการผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมาย ได้ดังนี้

$TC_1 = Cr_1 + C_{OT\,1}$

TC_1 = 25.30 + 192 (บาท/รุ่น)

TC_1 = 217.30 บาท/รุ่น

จะเห็นว่ากระบวนการที่ 1 ก่อให้เกิดความสูญเสียจากต้นทุนความลมเหลวด้านคุณภาพ และการที่ผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมายเป็นมูลค่า 217.30 บาทต่อรุ่น ซึ่งทำให้สามารถประมาณมูลค่าความสูญเสียรวมต่อการผลิตใน 1 เดือน ซึ่งมีจำนวนรุ่นของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 8 รุ่น ได้ดังนี้

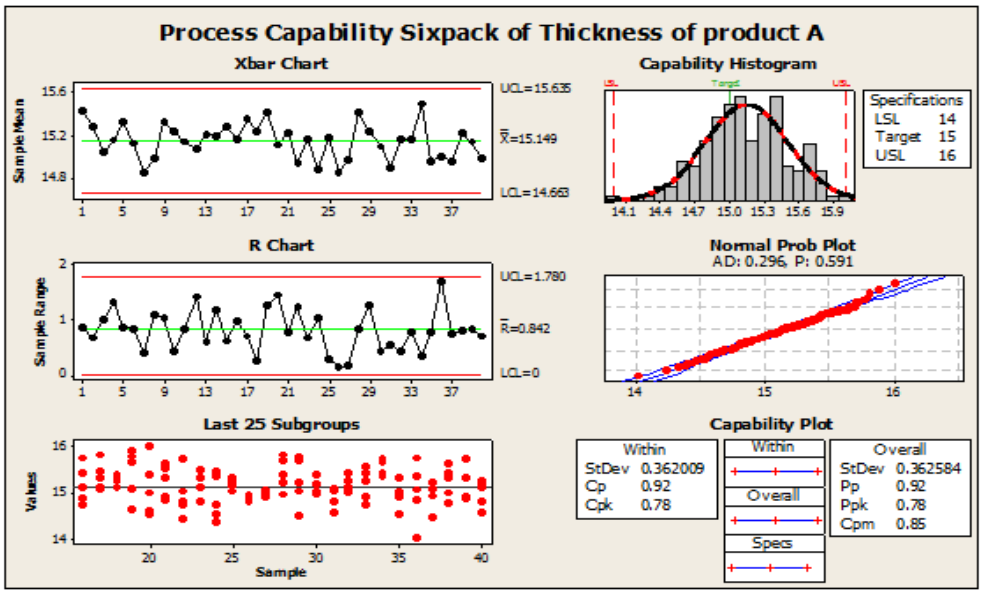
TC_1 = 8 (รุ่น/เดือน) x 217.30 บาท/รุ่น

TC_1 = 1,738.40 บาท/เดือน

จากการผลิตในกระบวนการที่ 1 ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ และมูลค่าความสูญเสียจากการที่ผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมายเป็นมูลค่ารวม 1,738.40 บาทต่อเดือน

2. การประเมินมูลค่าความสูญเสียจากกระบวนการที่ 2

ชิ้นงานจากกระบวนการที่ 1 จำนวน 1,200 ชิ้นต่อรุ่น (มีการแทนที่ผลิตภัณฑ์บกพร่องด้วยผลิตภัณฑ์ดี) จะถูกส่งเข้าสู่การผลิตในกระบวนการที่ 2 ซึ่งผลิตภัณฑ์ A ที่ผ่านการผลิตจากกระบวนการที่ 2 นี้ ถือเป็นผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (Final product) ซึ่งพร้อมที่จะส่งมอบให้กับผู้บริโภค โดยมีพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (FPP) ที่ควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตามข้อกำหนดของผู้บริโภคคือ ความหนา (Thickness) โดยผลิตภัณฑ์ต้องมีความหนาอยู่ที่ 15±1 มม. จากการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 (N= 1,200, อักษรรหัส = I, การตรวจสอบทั่วไประดับ II, AQL 0.65%) ต้องทำการสุ่มตัวอย่าง n = 25 ชิ้นต่อรุ่น จำนวนทั้งหมด 200 ชิ้นต่อเดือน ซึ่งจากการควบคุมข้อมูลจากการสุ่มตัวอย่างด้วยแผนภูมิควบคุม $\bar{X}$-R พบว่ากระบวนการนั้นอยู่ในสภาวะควบคุม และเมื่อพิจารณาการกระจายของข้อมูลพบว่ามีค่า P-value = 0.591 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 (α=0.05) จึงไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ถือว่ามีการกระจายของข้อมูลเป็นแบบปกติ พิจารณาดังภาพที่ 3.12 จึงถือได้ว่าข้อมูลการสุ่มตัวอย่างจากกระบวนการที่ 2 นั้น มีความน่าเชื่อถือในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากความสามารถของกระบวนการ



ภาพที่ 3.12 ตัวอย่างการพิจารณาสภาวะการควบคุมกระบวนการ และการกระจายตัวข้อมูลของกระบวนการที่ 2

ข้อมูลของกระบวนการที่ 2 พิจารณาได้ดังนี้

ค่าเป้าหมาย (Target) = 15 มม.

ขีดจำกัดกำหนดด้านบน (USL) = 16 มม.

ขีดจำกัดกำหนดด้านล่าง (LSL) = 14 มม.

ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ (Mean) = 15.15 มม.

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการ (SD) = 0.36

จากข้อมูลตัวอย่างของกระบวนการที่ 2 สามารถพิจารณาสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องได้ดังนี้

- สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องของกระบวนการที่ 2

  จากข้อมูลตัวอย่างสามารถพิจารณาดัชนีคุณภาพได้ดังนี้

$$Q_L = \frac{\bar{X} - LSL}{SD} \quad \text{และ} \quad Q_U = \frac{USL - \bar{X}}{SD}$$

$$Q_L = \frac{15.15 - 14}{0.36} \quad \text{และ} \quad Q_U = \frac{16 - 15.15}{0.36}$$

$$Q_L = 3.19 \quad \text{และ} \quad Q_U = 2.36$$

จากตารางที่ ก.4 ในภาคผนวก ก เมื่อ Q_L = 3.19 และ Q_U = 2.36 และ n = 25 จะสามารถประมาณสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องได้เป็น P_{LSL2} = 0.00015 และ P_{USL2} = 0.00628 ดังนั้นสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อรุ่นของกระบวนการที่ 1 คือ P_2 = 0.00015 + 0.00628 = 0.00643

- โอกาสในการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการที่ 2

จากอักษรรหัส I, AQL 0.65% และ P_2 = 0.00643 หรือ 0.643% สามารถ Interpolation หาค่า Pa จากตารางที่ ก.5 ในภาคผนวก ก โดยโอกาสในการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการที่ 2 (Pa_2) = 0.9310 และมีโอกาสที่จะปฏิเสธรุ่น (1-Pa_2) = 0.0690 สามารถคำนวณมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากระดับความสามารถของกระบวนการได้ดังนี้

2.1 มูลค่าความสูญเสียจากการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการที่ 2

จากโอกาสในการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ (1-Pa_2) = 0.0690 จะมีมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ สามารถพิจารณาได้ดังนี้

$Cr_2 = C_{S2} + C_{RW2}$

Cr_2 = 0.62 + 5.20 (บาท/รุ่น)

Cr_2 = 5.82 บาท/รุ่น

จะเห็นว่ากระบวนการที่ 2 มีมูลค่าความสูญเสียจากการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์เป็นมูลค่า 5.82 บาทต่อรุ่น ซึ่งมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้น เป็นผลมาจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพภายใน ดังต่อไปนี้

- มูลค่าความสูญเสียจากผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ (Scrap cost)

ในการพิจารณาผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ (Scrap) สำหรับผลิตภัณฑ์ในกระบวนการที่ 2 คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาน้อยกว่าขีดจำกัดข้อกำหนดด้านล่าง (< 14 มม.) ซึ่งไม่สามารถที่จะนำไปแก้ไขได้ต้องกำจัดทิ้งเท่านั้น จะทำให้เกิดความสูญเสีย ซึ่งในการผลิตผลิตภัณฑ์ A ที่ผ่าน 2 กระบวนการ มีต้นทุนผลิตภัณฑ์จากกระบวนการที่ 1 (C_{P1}) = 20 บาทต่อชิ้น และต้นทุนผลิตภัณฑ์จากกระบวนการที่ 2 (C_{P2}) = 18 บาทต่อชิ้น คิดเป็นต้นทุนผลิตภัณฑ์รวม (C_P) = 38 บาทต่อชิ้น และมีค่าทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ต่อหน่วย (c_{SD2}) ซึ่งจะมาจากค่าแรงงาน และค่าเครื่องจักรหรืออุปกรณ์เป็นหลัก โดยคิดเป็น 12 บาทต่อชิ้น สามารถคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ดังนี้

สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้เทียบกับผลิตภัณฑ์บกพร่องทั้งหมด

$$P_{S2} = \frac{P_{LSL2}}{P_2}$$

$$P_{S2} = \frac{0.00015}{0.00643}$$

$$P_{S2} = 0.0233$$

ดังนั้นในกระบวนการที่ 2 มีสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้เทียบกับผลิตภัณฑ์บกพร่องทั้งหมดเท่ากับ 0.0233

มูลค่าความสูญเสียจากผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้

$C_{S2} = (1\text{-}Pa_2)(N_2 \times P_2 \times P_{S2})(C_P + c_{SD2})$

$C_{S2} = 0.0690 \times 1{,}200$ (ชิ้น/รุ่น) $\times 0.00643 \times 0.0233 \times (38+12$ บาท/ชิ้น)

$C_{S2} = 0.62$ บาท/รุ่น

จะเห็นว่ากระบวนการที่ 2 มีมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้เป็นมูลค่า 0.62 บาทต่อรุ่น

- มูลค่าความสูญเสียในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง (Rework cost)

ผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถนำไปแก้ไขได้ในกระบวนการที่ 2 พิจารณาจากความหนาของผลิตภัณฑ์ที่มากกว่าขีดจำกัดข้อกำหนดด้านบน (> 16 มม.) ซึ่งในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องมีแก้ไขต่อหน่วย (c_{RW2}) เท่ากับ 10 บาท สามารถคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องดังนี้

สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถนำไปแก้ไขได้เทียบกับผลิตภัณฑ์บกพร่องทั้งหมด

$$P_{RW2} = \frac{P_{USL2}}{P_2}$$

$$P_{RW2} = \frac{0.00628}{0.00643}$$

$$P_{RW2} = 0.9767$$

ดังนั้นในกระบวนการที่ 2 มีสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถแก้ไขได้เทียบกับผลิตภัณฑ์บกพร่องทั้งหมดเท่ากับ 0.9767

มูลค่าความสูญเสียจากการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง

$C_{RW2} = (1\text{-}Pa_2)(N_2 \times P_2 \times P_{RW2})(c_{RW2})$

C_{RW2} = 0.0690 x 1,200 (ชิ้น/รุ่น) x 0.00643 x 0.9767 x 10 (บาท/ชิ้น)

C_{RW1} = 5.20 บาท/รุ่น

จะเห็นว่ากระบวนการที่ 2 มีมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง เป็นมูลค่า 5.20 บาทต่อรุ่น

2.2 มูลค่าความสูญเสียจากการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการที่ 2

จากโอกาสในการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ Pa_2 = 0.9310 ทำให้มีโอกาสที่จะมีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดจากการสุ่มตัวอย่างไปถึงผู้บริโภคได้ สามารถคำนวณสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภค ได้ดังนี้

สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภค

เมื่อผู้บริโภคทำการตรวจรับผลิตภัณฑ์โดยการตรวจสอบ 100% จะทำให้พบสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดจากการตรวจสอบของผู้ผลิต สามารถคำนวณได้ดังนี้

$P_{PC} = Pa_2(P_2)$ = 0.9310 x 0.00643 = 0.005986

จากการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการที่ 2 ด้วยโอกาส Pa_2 = 0.9310 จะทำให้มีสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดไปถึงผู้บริโภค (P_{PC}) = 0.005986 ซึ่งจะทำให้เกิดเป็นมูลค่าความสูญเสียจากการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ สามารถพิจารณาได้ดังนี้

$Ca_2 = C_{RS} + C_{PC} + C_{PR} + C_{SC} + C_{RWC}$

Ca_2 = 86.20 + 718.36 + 344.81 + 8.38 + 70.16 (บาท/รุ่น)

Ca_2 = 1,227.91 บาท/รุ่น

จะเห็นว่ากระบวนการที่ 2 มีมูลค่าความสูญเสียจากการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์เป็นมูลค่า 1,227.91บาทต่อรุ่น ซึ่งมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้น เป็นผลมาจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพภายนอกดังต่อไปนี้

- มูลค่าความสูญเสียในการตรวจสอบซ้ำ (Rescreen cost)

การตรวจสอบซ้ำจะเกิดขึ้นเมื่อได้รับข้อร้องเรียนจากผู้บริโภค เมื่อมีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดไปถึงผู้บริโภค โดยในการตรวจสอบซ้ำจะมีค่าใช้จ่ายที่มาจากค่าแรงงาน ค่าขนส่ง

ผลิตภัณฑ์ และค่าเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ เท่ากับ 12 บาทต่อชิ้น คิดเป็นมูลค่าความสูญเสียในการตรวจสอบซ้ำดังนี้

$C_{RS} = P_{PC} \times N_C \times c_{RS}$

C_{RS} = 0.005986 x 1,200 (ชิ้น/รุ่น) x 12 (บาท/ชิ้น)

C_{RS} = 86.20 บาท/รุ่น

จากการที่มีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดไปถึงผู้บริโภค เป็นผลให้มีการตรวจสอบซ้ำตามข้อร้องเรียนของผู้บริโภค จะก่อให้เกิดความสูญเสียเป็นมูลค่า 86.20 บาทต่อรุ่น

- มูลค่าความสูญเสียจากค่าปรับ (Penalty cost)

ค่าปรับที่เกิดขึ้นจะมาจากการที่ผู้บริโภคตรวจพบผลิตภัณฑ์บกพร่อง โดยมีค่าปรับ (c_{PC}) เท่ากับ 100 บาทต่อชิ้น สามารถคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากค่าปรับเมื่อมีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดไปยังผู้บริโภคได้ดังนี้

$C_{PC} = P_{PC} \times N_C \times c_{PC}$

C_{PC} = 0.005986 x 1,200 (ชิ้น/รุ่น) x 100 (บาท/ชิ้น)

C_{PC} = 718.36 บาท/รุ่น

จากการที่มีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดไปถึงผู้บริโภค จะก่อให้เกิดความสูญเสียจากค่าปรับเป็นมูลค่า 718.36 บาทต่อรุ่น

- ค่าใช่จ่ายในการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ใหม่ (Cost of product replacement)

จำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภค มีโอกาสที่จะต้องทำการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ชิ้นใหม่ให้ตามข้อร้องเรียนของผู้บริโภค โดยจะมีค่าเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ใหม่ (c_{PR}) เท่ากับ 48 บาทต่อชิ้น (คิดจากต้นทุนผลิตภัณฑ์รวม 38 บาท/ชิ้น และค่าขนส่ง 10 บาท/ชิ้น) สามารถคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ใหม่ให้กับผู้บริโภคได้ดังนี้

$C_{PR} = P_{PC} \times N_C \times c_{PR}$

C_{PR} = 0.005986 x 1,200 (ชิ้น/รุ่น) x 48 (บาท/ชิ้น)

C_{PR} = 344.81 บาท/รุ่น

จากการที่มีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดไปถึงผู้บริโภค จะก่อให้เกิดความสูญเสียจากการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ใหม่ให้กับผู้บริโภคเป็นมูลค่า 344.81 บาทต่อรุ่น

- มูลค่าความสูญเสียจากผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภค (Scrap cost of defectives that are passed to the customer)

เมื่อตรวจพบผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปยังผู้บริโภค ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้จะต้องนำไปกำจัดทิ้ง โดยมีต้นทุนผลิตภัณฑ์รวม (C_P) = 38 บาทต่อชิ้น และจะมีค่าทำลายผลิตภัณฑ์ (c_{SDC}) โดยคิดเป็น 12 บาทต่อชิ้น สามารถคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากการที่มีผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ซึ่งหลุดรอดไปยังผู้บริโภคได้ดังนี้

$C_{SC} = P_{PC} \times N_C \times P_{Sn} \times (C_P + c_{SDC})$

C_{SC} = 0.005986 x 1,200 (ชิ้น/รุ่น) x 0.0233 x (38 +12 บาท/ชิ้น)

C_{SC} = 8.38 บาท/รุ่น

จากการที่มีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดไปถึงผู้บริโภค จะก่อให้เกิดความสูญเสียจากผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้เป็นมูลค่า 8.38 บาทต่อรุ่น

- มูลค่าความสูญเสียในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภค (Rework cost of defectives that are passed to the customer)

เมื่อตรวจพบผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถแก้ไขได้ซึ่งหลุดรอดไปยังผู้บริโภค จะก่อให้เกิดความสูญเสียกับผู้ผลิตที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง (c_{RWC}) โดยคิดเป็น 10 บาทต่อชิ้น ซึ่งสามารถคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภคได้ดังนี้

$C_{RWC} = P_{PC} \times N_C \times P_{RWn} \times c_{RWC}$

C_{RWC} = 0.005986 x 1,200 (ชิ้น/รุ่น) x 0.9767 x 10 (บาท/ชิ้น)

C_{RWC} = 70.16 บาท/รุ่น

จากการที่มีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดไปถึงผู้บริโภค จะก่อให้เกิดความสูญเสียจากแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องเป็นมูลค่า 70.16 บาทต่อรุ่น

2.3 มูลค่าความสูญเสียจากการที่ผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมายของกระบวนการที่ 2

จากข้อมูลของกระบวนการจะเห็นว่า ค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่ 2 (Mean) นั้นมีค่ามากกว่าค่าเป้าหมาย (Target) ซึ่งจะทำให้เกิดมูลค่าความสูญเสียในการใช้วัตถุดิบเกินค่าเป้าหมาย มีข้อมูลประกอบการพิจารณาดังนี้

- ค่าเป้าหมายของกระบวนการผลิต T_2 = 15 มม./ชิ้น
- ค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิต μ_2 = 15.15 มม./ชิ้น

- ค่าวัตถุดิบในกระบวนการผลิต M_2 = 1.2 บาท/มม.

<u>มูลค่าความสูญเสียจากการผลิตที่ไม่ตรงตามค่าเป้าหมาย</u>

$C_{OT2} = (\mu - T)_2 N_2 M_2$

C_{OT2} = (15.15 - 15)(มม./ชิ้น) x 1,200 (ชิ้น/รุ่น) x 1.2 (บาท/มม.)

C_{OT2} = 216 บาท/รุ่น

จากการผลิตในกระบวนการที่ 2 มีมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากการใช้วัตถุดิบในการผลิตมากเกินค่าเป้าหมายคิดเป็นมูลค่า 216 บาทต่อรุ่น

2.4 มูลค่าความสูญเสียรวมจากกระบวนการที่ 2

จากการผลิตในกระบวนการที่ 2 สามารถประเมินมูลค่าความสูญเสียรวมซึ่งเป็นผลจากการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์, การยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ และการผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมายได้ดังนี้

$TC_2 = Cr_2 + Ca_2 + C_{OT2}$

TC_2 = 5.82 + 1,227.91 + 216 (บาท/รุ่น)

TC_2 = 1,449.74 บาท/รุ่น

จะเห็นว่ากระบวนการที่ 2 ก่อให้เกิดความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพและการที่ผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมายเป็นมูลค่า 1,449.74 บาทต่อรุ่น ซึ่งทำให้สามารถประมาณมูลค่าความสูญเสียรวมต่อการผลิตใน 1 เดือน ซึ่งมีจำนวนรุ่นของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 8 รุ่น ได้ดังนี้

TC_2 = 8 (รุ่น/เดือน) x 1,449.74 บาท/รุ่น

TC_2 = 11,597.88 บาท/เดือน

จากการผลิตในกระบวนการที่ 2 ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ และมูลค่าความสูญเสียจากการที่ผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมายเป็นมูลค่ารวม 11,597.88 บาทต่อเดือน

3. สรุปผลการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากความสามารถของกระบวนการตัวอย่าง

มูลค่าความสูญเสียที่เสียไปทั้งหมดกับกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ A ทั้งในกระบวนการที่ 1 มี IPP ควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และในกระบวนการที่ 2 มี FPP คือ ความหนาเป็นพารามิเตอร์ควบคุมลักษณะคุณภาพ

ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ สามารถประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการได้ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 มูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการตัวอย่าง (บาท)

Process	Rejection cost/Lot	Acceptance cost/Lot	Out of target Cost/Lot	Total cost/Lot	Total cost/Month
1	25.30	-	192	217.30	1,738
2	5.82	1,227.91	216	1,449.74	11,598

จากตารางที่ 3.4 สามารถสรุปได้ว่าลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ A คือ ความหนา ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่ควบคุมในกระบวนการที่ 2 ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียจากความสามารถของกระบวนการเป็นมูลค่า 11,598 บาทต่อเดือน ซึ่งถือว่ามีความสูญเสียมากกว่ากระบวนการที่ 1 ที่มีความสูญเสียจากความสามารถของกระบวนการเป็นมูลค่า 1,738 บาทต่อเดือน ซึ่งมูลค่าความสูญเสียจากความสามารถของกระบวนการที่ประเมินได้จะต้องนำไปพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนของ FPP เพื่อใช้ในการจัดลำดับ และคัดเลือก FPP ไปใช้ในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการในขั้นตอนถัดไป

3.3.5 การพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนของพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย

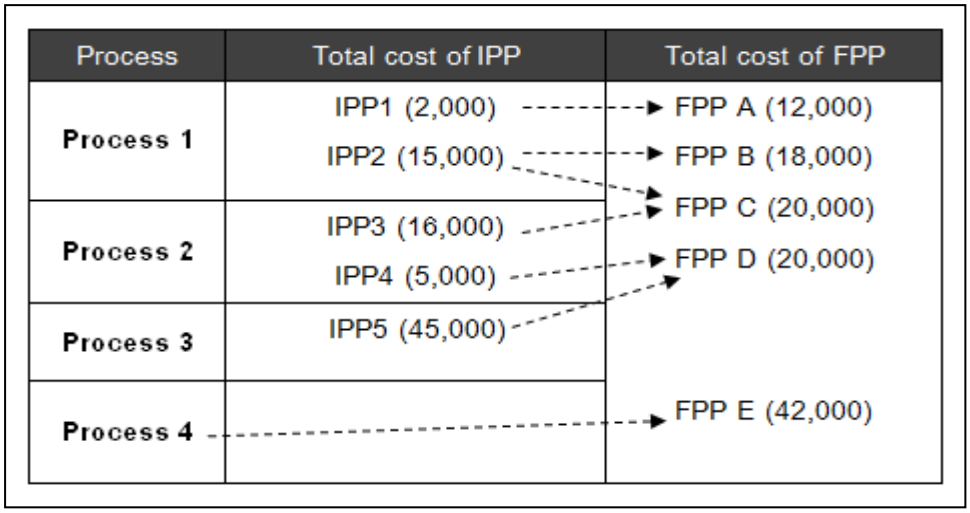
หลังจากประเมินความสูญเสียในเชิงต้นทุน ซึ่งเป็นการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการแล้ว จะต้องพิจารณาถึงระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนของ FPP เพื่อจะใช้ในจัดลำดับและคัดกรองเอาเฉพาะ FPP ที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิต ไปใช้ในการพิจารณาเลือกปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

จากการประเมินความสูญเสียจากความสามารถของกระบวนการในงานวิจัยนี้ซึ่งมีสมมติฐานว่า สามารถประเมินมูลค่าความสูญเสียได้จากระดับ IPP และ FPP ซึ่งมูลค่าความสูญเสียที่ระดับ FPP อาจจะมีความสัมพันธ์กับความสามารถของกระบวนการที่ถูกควบคุมโดย IPP ดังนั้นจึงต้องมีการพิจารณาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ระหว่าง FPP กับ IPP โดยการพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนของ FPP มีขั้นตอนดังนี้

1. พิจารณามูลค่าความสูญเสียของ FPP จากความสัมพันธ์ระหว่าง FPP กับ IPP

การพิจารณามูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากระดับความสามารถของกระบวนการในระดับ FPP ในงานวิจัยนี้มีแนวคิดว่า เป็นผลมาจากความสามารถของกระบวนการที่ถูกคบคุมด้วย

พารามิเตอร์ในระดับ IPP ที่มีความสัมพันธ์กัน ดังนั้นจึงพิจารณามูลค่าความสูญเสียของ FPP จากผลรวมมูลค่าความสูญเสียของ FPP ใดๆ กับมูลค่าความสูญเสียจาก IPP ที่มีความสัมพันธ์กับ FPP นั้น สามารถพิจารณาได้ในตัวอย่างดังภาพที่ 3.13



ภาพที่ 3.13 ความสัมพันธ์ระหว่าง IPP และ FPP ในการพิจารณามูลค่าความสูญเสียของกระบวนการตัวอย่าง (บาท)

จากภาพที่ 3.13 จะเห็นว่า FPP A มีมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ 12,000 บาท และ FPP A ยังมีผลมาจาก IPP1 ซึ่งมีมูลค่าความสูญเสีย 2,000 บาท ดังนั้นการควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นผลมาจาก FPP A จะก่อให้เกิดความสูญเสียจากความสามารถของกระบวนการเป็นมูลค่า 14,000 บาท

ในบางกรณี IPP หนึ่งตัวอาจจะมีความสัมพันธ์กับ FPP หลายตัว เช่น IPP2 มีความสัมพันธ์กับ FPP B และ FPP C ซึ่งมูลค่าความสูญเสียจาก IPP นั้นๆ อาจจะส่งผลต่อ FPP ในแต่ละตัวไม่เท่ากัน ในงานวิจัยนี้จึงได้นำเกณฑ์การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง IPP กับ FPP โดยอ้างอิงจากงานวิจัยของ Rojanarowan and Jirasettapong (2012) ซึ่งแบ่งระดับความสัมพันธ์ออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

0 = ไม่มีความสัมพันธ์กับ FPP 1 = มีความสัมพันธ์กับ FPP ในระดับเล็กน้อย

4 = มีความสัมพันธ์กับ FPP ในระดับปานกลาง 9 = มีความสัมพันธ์กับ FPP ในระดับมาก

จากความเห็นของทีมปรับปรุงความสามารถของกระบวนการพบว่า IPP2 มีความสัมพันธ์กับ FPP B ในระดับ 9 และ IPP2 มีความสัมพันธ์กับ FPP C ในระดับ 1 จึงสามารถประมาณมูลค่าความสูญเสียจาก IPP2 (15,000 บาท) ที่ส่งผลกระทบต่อ FPP B และ FPP C ดังนี้

- มูลค่าความสูญเสียจาก IPP2 ที่ส่งผลกระทบต่อ FPP B

$$\text{มูลค่าความสูญเสีย} = \frac{\text{ระดับความสัมพันธ์กับ FPP B}}{\text{ระดับความสัมพันธ์กับ FPPB+ระดับความสัมพันธ์กับ FPPC}} \times 15{,}000 \text{ บาท}$$

$$\text{มูลค่าความสูญเสีย} = \frac{9}{9+1} \times 15{,}000 \text{ บาท}$$

มูลค่าความสูญเสีย = 0.9 x 15,000 บาท = 13,500 บาท

จะเห็นว่า IPP2 มีผลกระทบต่อ FPP B ถึง 90% ซึ่งมีมูลค่าความสูญเสียที่ส่งผลกระทบต่อ FPP B เท่ากับ 13,500 บาท ดังนั้นการควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นผลมาจาก FPPB จะก่อให้เกิดความสูญเสียจากความสามารถของกระบวนการเป็นมูลค่า 31,500 บาท (18,000+13,500 บาท)

- มูลค่าความสูญเสียจาก IPP2 ที่ส่งผลกระทบต่อ FPP C

$$\text{มูลค่าความสูญเสีย} = \frac{\text{ระดับความสัมพันธ์กับ FPP C}}{\text{ระดับความสัมพันธ์กับ FPPB+ระดับความสัมพันธ์กับ FPPC}} \times 15{,}000 \text{ บาท}$$

$$\text{มูลค่าความสูญเสีย} = \frac{1}{9+1} \times 15{,}000 \text{ บาท}$$

มูลค่าความสูญเสีย = 0.1 x 15,000 บาท = 1,500 บาท

จะเห็นว่า IPP2 มีผลกระทบต่อ FPP C เพียง 10% ซึ่งมีมูลค่าความสูญเสียที่ส่งผลกระทบต่อ FPP C เท่ากับ 1,500 บาท ดังนั้นการควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นผลมาจาก FPP C จะก่อให้เกิดความสูญเสียจากความสามารถของกระบวนการเป็นมูลค่า 37,500 บาท (20,000+16,000+1,500 บาท)

การพิจารณามูลค่าความสูญเสียของ FPP ตัวอื่นๆ ที่เป็นผลมาจากความสัมพันธ์ของ IPP ก็มีหลักการเช่นเดียวกัน ซึ่งในการพิจารณาตามหลักการนี้จะช่วยให้ไม่มองข้าม IPP ที่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียที่มากกว่า FPP ที่มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง เช่น FPP D มีมูลค่าความสูญเสีย 20,000 บาท ซึ่งก่อให้เกิดความสูญเสียที่ต่ำกว่า IPP5 ที่มีมูลค่าความสูญเสีย 45,000

บาท โดยถ้าทำการพิจารณาเพียงความสูญเสียที่เกิดในระดับ FPP อย่างเดียวจะทำให้ FPP D มีลำดับความสำคัญรองลงมาจาก FPP E ที่มีมูลค่าความสูญเสีย 42,000 บาท ซึ่งอาจจะทำให้ได้รับการพิจารณาในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการช้ากว่า FPP E และจะทำให้ IPP5 ซึ่งมีมูลค่าความสูญเสียสูงสุดได้รับการพิจารณาช้าตามไปด้วย

อย่างไรก็ตามการพิจารณาตามหลักการดังกล่าวก็ยังมีข้อเสียในกรณีที่ FPP ที่ก่อให้เกิดความสูญเสียเป็นมูลค่าสูง แต่ไม่ได้มีความสัมพันธ์กับ IPP ใดๆ ซึ่งอาจจะทำให้มีความสำคัญลดลง เมื่อเทียบกับ FPP อื่นที่มีมูลค่าความสูญเสียที่ต่ำกว่า แต่มีความสัมพันธ์กับ IPP ที่มีมูลค่าความสูญเสียสูง หรือมีความสัมพันธ์กับ IPP หลายตัว เช่น FPP E เป็น FPP ที่ก่อให้เกิดความสูญเสียเป็นมูลค่าสูง แต่อาจจะไม่มีความสัมพันธ์กับ IPP ใดๆ จึงมีความสำคัญลดลงมาอยู่ในลำดับที่ 2 (ดังตารางที่ 3.5)

2. การจัดลำดับความสำคัญของ FPP ตามระดับความวิกฤตเชิงต้นทุน

หลักการพิจารณาลำดับความสำคัญของ FPP ตามระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนในงานวิจัยนี้คือ จะเรียงลำดับจาก FPP ที่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียสูงที่สุดไปสู่ FPP ที่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียต่ำที่สุด (เป็นผลรวมมูลค่าความสูญเสียจาก FPP และ IPP ที่มีความสัมพันธ์กัน) ซึ่งจากลำดับความสำคัญนี้จะต้องนำไปพิจารณาเพื่อคัดกรองเอาเฉพาะ FPP ที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิตร่วมกับการพิจารณาความวิกฤตเชิงเทคนิคในขั้นตอนถัดไป (ขั้นตอนในหัวข้อที่ 3.4)

ลำดับความสำคัญของ FPP จากระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนของกระบวนการตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ลำดับความสำคัญของ FPP ตามระดับความวิกฤตเชิงต้นทุน ของกระบวนการตัวอย่าง

ลำดับความสำคัญ	FPP	มูลค่าความสูญเสียรวม (บาท)
1	FPP D	70,000
2	FPP E	42,000
3	FPP C	37,500
4	FPP B	31,500
5	FPP A	14,000

ผลจากการจัดลำดับความสำคัญของ FPP ตามมูลค่าความสูญเสียจากความสามารถของกระบวนการจะเห็นว่า FPP D มีความสำคัญเป็นลำดับแรก เนื่องจากไม่ได้ก่อให้เกิดความสูญเสียที่ระดับ FPP อย่างเดียว แต่ยังมีผลมาจากความสูญเสียในระดับ IPP ที่มีมูลค่าความสูญเสียสูงสุด ซึ่งมีความสัมพันธ์กันด้วย ข้อสังเกตคือ ถ้าเข้าไปปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่เป็นผลมาจาก FPP D ก็จะช่วยให้ลดมูลค่าความสูญเสียที่จะเกิดจากลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ถูกควบคุมโดย IPP4, IPP5 และ FPP D ไปได้พร้อมๆกัน

3.4 การจัดลำดับและเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายไปทำการปรับปรุง

ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการจะต้องมีการคัดกรองเฉพาะพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิต โดยในงานวิจัยนี้จะพิจารณาจากการจัดลำดับก่อน – หลัง ของพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายจากความวิกฤตเชิงเทคนิคและความวิกฤตเชิงต้นทุน เพื่อให้เห็นปลายเหตุของปัญหา และลำดับความสำคัญในการปรับปรุงกระบวนการซึ่งเป็นผลมาจากพารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิต โดยแบ่งการพิจารณาออกเป็น 3 วิธี ดังนี้

3.4.1 วิธีที่ 1 พิจารณาจากความวิกฤตเชิงเทคนิคและความวิฤติเชิงต้นทุน ซึ่งมีความสำคัญเท่ากัน

เป็นการพิจารณาเลือก FPP จากลำดับความสำคัญของ FPP ในผลิตภัณฑ์ที่มีความรุนแรงของปัญหาที่เกิดจากลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้บริโภคและความรุนแรงจากมูลค่าความสูญเสียที่ส่งผลต่อต้นทุนในกระบวนการผลิต โดยกำหนดให้มีความสำคัญเท่ากัน ซึ่งการพิจารณาโดยยึดตามความวิกฤตในด้านใดด้านหนึ่งเป็นหลัก อาจจะทำให้เป็นการมองข้ามบางพารามิเตอร์ที่ควรจะได้รับการแก้ไขปัญหาก่อนได้

ตัวอย่างการจัดลำดับ และเลือก FPP โดยวิธีที่ 1 กำหนดให้กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งที่มีการพิจารณาความวิกฤตเชิงเทคนิคใน 5 ระดับ เนื่องจากเป็นข้อกำหนดของผู้บริโภค ซึ่งประกอบไปด้วย FPP ที่ต้องทำการควบคุณภาพทั้งหมด 11 รายการ คือ A, B, C,..., K โดยข้อมูลความวิกฤตเชิงเทคนิค และข้อมูลความวิกฤตเชิงต้นทุน แสดงดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ข้อมูลความวิกฤตเชิงเทคนิค และความวิกฤตเชิงต้นทุน ในการจัดลำดับและเลือก FPP ตามความวิกฤตเชิงเทคนิค และความวิกฤตเชิงต้นทุนของกระบวนการตัวอย่าง

พารามิเตอร์ขั้นสุดท้าย	ระดับความวิกฤตเชิงเทคนิค	มูลค่าความสูญเสียรวม (บาท)
A	5	9,900
B	4	10,000
C	4	8,000
D	4	7,000
E	5	5,000
F	5	4,000
G	5	6,000
H	4	3,000
I	3	1,000
J	4	2,000
K	4	1,800

ในการจัดลำดับ และเลือก FPP ตามวิธีที่ 1 จะพิจารณาจากลำดับก่อน – หลัง ของ FPP ตามผลรวมคะแนนความรุนแรงของความวิกฤตเชิงเทคนิค และความวิกฤตเชิงต้นทุน จากมากไปน้อย โดยการพิจารณาตามความวิกฤตเชิงเทคนิคนั้นจะเห็นว่ามีการให้คะแนนความรุนแรงที่ส่งผลต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ออกเป็น 5 ระดับ (พิจารณาตามเกณฑ์ในตารางที่ 3.1) ในส่วนของการพิจารณาคะแนนความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงต้นทุนก็จะแบ่งออกเป็น 5 ระดับ เช่นเดียวกับการพิจารณาตามความวิกฤตเชิงเทคนิค คือ 5 = สูงมาก, 4 = สูง, 3 = ปานกลาง, 2 = ต่ำ, 1 = ต่ำมาก

การแบ่งคะแนนความวิกฤตเชิงต้นทุนให้มีระดับคะแนนเช่นเดียวกับความวิกฤตเชิงเทคนิค ทั้งนี้ก็เพื่อลดช่องว่าง (Gap) ของความแตกต่างระหว่างระดับความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงเทคนิค และความวิกฤติเชิงต้นทุน ในกรณีที่มี FPP ที่ต้องควบคุมหลายตัว และมูลค่าความสูญเสียทางการเงินใน FPP แต่ละตัวไม่แตกต่างกันมาก เพราะถ้าพิจารณาคะแนนความวิกฤตเชิงต้นทุนโดยเรียงลำดับมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจาก FPP จากมากไปน้อย ดังเช่นตัวอย่างที่มี FPP ที่ต้องทำการควบคุม 11 ตัว ก็จะมีการให้คะแนนความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงต้นทุนได้เป็น 11, 10, 9,…, 1 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าระดับคะแนนนั้นกว้างเกินไป เมื่อพิจารณาคะแนนความรุนแรง

จากทั้ง 2 ด้านมารวมกันแล้ว อาจจะทำให้มี FPP บางตัวที่มีคะแนนความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงเทคนิคสูงแต่กลับถูกมองข้ามไป เพราะคะแนนความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงต้นทุนแตกต่างกันมาก ทั้งๆที่เมื่อพิจารณามูลค่าความสูญเสียแล้วไม่ใช่ตัวเงินที่ต่างกันมากนัก

โดยหลักการในการกำหนดระดับคะแนน (Rating) จะพิจารณาจาก FPP ที่มีมูลค่าความสูญเสียสูงที่สุด และแบ่งระดับความรุนแรงออกเป็น 5 ระดับ จากตัวอย่าง B เป็น FPP ที่มีมูลค่าความสูญเสียสูงสุดคือ 10,000 บาท ซึ่งสามารถกำหนดช่วงความแตกต่างของมูลค่าความสูญเสียในแต่ละระดับอยู่ที่ 2,000 บาท ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 การพิจารณาระดับความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงต้นทุนของกระบวนการตัวอย่าง

ระดับความรุนแรง	มูลค่าความสูญเสียรวม(บาท)	พารามิเตอร์ขั้นสุดท้าย
5	$8,000 < ฿ \leq 10,000$	B, A
4	$6,000 < ฿ \leq 8,000$	C, D
3	$4,000 < ฿ \leq 6,000$	E, G
2	$2,000 < ฿ \leq 4,000$	F, H
1	$฿ \leq 2,000$	J, I, K

เมื่อทำการพิจารณาค่าคะแนนความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงเทคนิค และความวิกฤตเชิงต้นทุนแล้วจะเป็นขั้นตอนของการพิจารณาคะแนนรวมความรุนแรง เพื่อจัดลำดับก่อน-หลัง และเลือก FPP โดยมีขั้นตอนการดำเนินการแสดงดังภาพที่ 3.14 โดยมีหลักการดังนี้

1. หลังจากการพิจารณาคะแนนความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงต้นทุนตามตารางที่ 3.7 แล้ว ให้จัดลำดับ FPP ลงในส่วนที่ 1 โดยพิจารณาตามระดับคะแนนความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงต้นทุนในส่วนที่ 2 เช่น A และ B เป็น FPP ที่มีคะแนนความรุนแรงอยู่ในระดับที่ 5 (ในการจัดลำดับ FPP ในแต่ละระดับความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงต้นทุน เมื่อ FPP ได้ถูกจัดให้อยู่ในระดับเดียวกันแล้ว จะถือว่ามีความสำคัญเท่ากัน ไม่ว่า B จะมีมูลค่าความสูญเสียรวมที่มากกว่า A ก็ตาม)

2. พิจารณาคะแนนรวมความรุนแรงของ FPP จากระดับคะแนนความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงต้นทุนในส่วนที่ 2 และระดับคะแนนความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงเทคนิคในส่วนที่ 3 โดยเขียนเครื่องหมาย (X) ลงในส่วนที่ 4 เช่น A มีคะแนนความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงต้นทุนเป็น 5 และ คะแนนความรุนแรงเชิงเทคนิคเป็น 5 ดังนั้นคะแนนรวมความรุนแรงของ A เท่ากับ 10 (ส่วนที่ 5)

3. จัดลำดับความลำคัญของ FPP โดยเป็นการเรียงตามคะแนนรวมความรุนแรงจากมากไปน้อย ซึ่งสามารถเรียงลำดับความสำคัญก่อน – หลังของ FPP ตามความวิกฤตเชิงเทคนิคและความวิกฤตเชิงต้นทุนได้ ดังตารางที่ 3.8

4. ในการเลือก FPP ไปใช้ในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการในขั้นตอนถัดไป จะเป็นการเลือก FPP ตามลำดับความสำคัญซึ่งขึ้นอยู่กับความเห็นของทีมปรับปรุงความสามารถของกระบวนการว่าจะนำไปพิจารณากี่พารามิเตอร์ ถ้ามีจำนวน FPP น้อยก็อาจจะเลือกไปทั้งหมด หรือในกรณีที่มี FPP ที่ควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นจำนวนมาก ก็อาจจะใช้การเครื่องมือการควบคุมคุณภาพทางสถิติ (QC Tools) มาช่วยในการเลือก FPP ที่ได้รับการจัดลำดับความสำคัญแล้ว เช่น การใช้แผนภาพพาเรโต (Pareto chart) มาช่วยในการเลือก FPP ที่มีความสำคัญมากๆ โดยทั่วไปแล้วมักจะเลือกปัญหา ในที่นี้คือ FPP ที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และต้นทุนในกระบวนการผลิตที่ 80% (ตามกฎ 80:20) ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับศักยภาพหรือความพร้อมขององค์กรนั้นๆด้วย

FPP (1)	คะแนนความรุนแรงเชิงต้นทุน (2)	คะแนนความรุนแรงเชิงเทคนิค (3)					คะแนนรวมความรุนแรง (5)
		5	4	3	2	1	
A	5	X					10
B			X				9
C	4		X				8
D			X				8
E	3	X					8
G		X		4			8
F	2	X					7
H			X				6
I	1			X			4
J			X				5
K			X				5

ภาพที่ 3.14 ตัวอย่างการจัดลำดับและเลือก FPP โดยพิจารณาจากความวิกฤตเชิงเทคนิค และความวิกฤตเชิงต้นทุน ซึ่งมีความสำคัญเท่ากัน

จากการพิจารณาคะแนนความรุนแรงของ FPP ดังภาพที่ 3.14 สามารถจัดลำดับความสำคัญของ FPP ซึ่งพิจารณาตามความวิกฤตเชิงเทคนิคและความวิกฤตเชิงต้นทุน ที่มีความสำคัญเท่ากับ ได้ดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 ลำดับความสำคัญของ FPP โดยการพิจารณาตามความวิกฤตเชิงเทคนิค และความวิกฤตเชิงต้นทุนของกระบวนการตัวอย่าง

ลำดับความสำคัญของ FPP	FPP	คะแนนรวมความรุนแรง
1	A	10
2	B	9
3	C	8
3	D	8
3	E	8
3	G	8
4	F	7
5	H	6
6	J	5
6	K	5
7	I	4

ในกระบวนการผลิตที่ต้องให้ความสำคัญทั้งลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และมูลค่าความสูญเสียทางตัวเงิน อาจจะทำให้เกิดความลำเอียง (Bias) ในการจัดลำดับความสำคัญของ FPP ได้ถ้ายึดหลักการพิจารณาตามความวิกฤตด้านใดด้านหนึ่ง ในงานวิจัยนี้จึงได้กำหนดระดับคะแนนความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงต้นทุนให้มีการพิจารณาการให้คะแนนเช่นเดียวกับระดับคะแนนความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงเทคนิค เพื่อลดความลำเอียงในการจัดลำดับความสำคัญของ FPP จากความวิกฤตด้านใดด้านหนึ่ง เช่น การเปรียบเทียบความรุนแรงของ A กับ B ถ้าพิจารณาที่ระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนแล้วจะเห็นว่า B ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียมากกว่า A เล็กน้อย (100 บาท) สามารถจัดให้อยู่ในระดับความรุนแรงเดียวกันได้ และเมื่อพิจารณาร่วมกับความวิกฤตเชิงเทคนิคแล้ว A เป็น FPP ที่ส่งผลต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์มากกว่า B ซึ่งอาจจะทำให้ไม่สามารถใช้งานและส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้กับผู้บริโภคได้ หรืออาจได้รับการปฏิเสธทั้งรุ่นของผลิตภัณฑ์ (Reject lot) ถือว่าเป็นความเสียหายอย่างรุนแรงและอาจจะส่งผลให้เกิดมูลค่า

ความสูญเสียตามมา จากการกำหนดระดับความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงต้นทุนให้มีระดับความรุนแรงเช่นเดียวกับความวิกฤตเชิงเทคนิค (5 ระดับ) โดยให้ FPP ที่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียใกล้เคียงกันมีคะแนนความรุนแรงเท่ากัน ก็จะช่วยให้พิจารณาได้ว่า A เป็น FPP ที่มีความสำคัญต่อการเกิดความสูญเสียในกระบวนการผลิตมากกว่า B

ในกรณีที่กระบวนการผลิตใดที่มีจำนวน FPP น้อยกว่าหรือเท่ากับการแบ่งระดับความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงเทคนิค และความวิกฤตเชิงต้นทุน เช่น มีจำนวน FPP ที่ต้องทำการควบคุม 5 ตัว การพิจารณาคะแนนความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงต้นทุนอาจจะไม่ต้องกำหนดเป็นช่วงระดับความรุนแรง แต่เป็นการเรียงลำดับความรุนแรงของ FPP จากมากไปน้อยสำหรับกระบวนการผลิตที่มีมูลค่าความสูญเสียทางตัวเงินที่มาจาก FPP ในแต่ละตัวแตกต่างกันชัดเจน ยกตัวอย่างเช่น มูลค่าความสูญเสียจาก FPP ทั้ง 5 ตัว คือ 500,000 บาท, 400,000 บาท, 300,000 บาท, 200,000 บาท และ 100,000 บาท สามารถที่จะกำหนดคะแนนความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงต้นทุนได้เป็น 5, 4, 3, 2, 1 ตามลำดับ

อย่างไรก็ตามวิธีการข้างต้นนี้ก็ยังมีข้อจำกัดในการนำไปประยุกต์ใช้ ซึ่งได้สรุปรายละเอียดของข้อดีและข้อเสียของการจัดลำดับความสำคัญของ FPP ตามวิธีที่ 1 ดังนี้

- ข้อดี: ช่วยลดความลำเอียง (Bias) ในการพิจารณาลำดับความสำคัญของ FPP ที่มาจากการยึดหลักจากความวิกฤตเชิงเทคนิค และความวิกฤตเชิงต้นทุนเพียงด้านใดด้านหนึ่ง เมื่อกระบวนการผลิตต้องให้ความสำคัญกับลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนการผลิตซึ่งมีความสำคัญเท่ากัน
- ข้อเสีย: ในกระบวนการผลิตที่มี FPP ที่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียทางการเงินสูงสุด ซึ่งเป็นมูลค่าที่สูงมากทำให้การกำหนดคะแนนความรุนแรงในแต่ละระดับก็จะมีช่วงคะแนนที่กว้างมาก เป็นผลให้ FPP ที่มีคะแนนรวมความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงต้นทุน และความวิกฤตเชิงเทคนิคที่อยู่ในระดับเดียวกัน ไม่สามารถที่จะแยกลำดับความสำคัญของ FPP ออกจากกันได้ชัดเจน เช่น C, D, E และ G ที่มีคะแนนรวมความรุนแรงเท่ากับ 8 (พิจารณาตารางที่ 3.8) ซึ่งในการจัดลำดับความสำคัญของ FPP ในกรณีเช่นนี้อาจจะต้องได้รับความเห็นจากผู้บริหารหรือทีมปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิตตามความเหมาะสมอีกครั้งหนึ่ง

3.4.2 **วิธีที่ 2 พิจารณาจากความวิกฤตเชิงต้นทุนเป็นหลัก**

การจัดลำดับ และเลือก FPP โดยพิจารณาจากความวิกฤตเชิงต้นทุน (Cost criticality) เป็นหลัก ซึ่งจะเป็นการพิจารณาเลือกปรับปรุงความสามารถของกระบวนการจาก FPP ที่

ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียทางตัวเงินสูง ส่งผลต่อต้นทุนคุณภาพในการผลิตเมื่อผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้บริโภค ซึ่งถือว่าเป็นปัญหาที่รุนแรงกว่าความสูญเสียที่เกิดจากความวิกฤตเชิงเทคนิค เช่น ผลิตภัณฑ์ที่มีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยสูงมาก เมื่อเกิดข้อบกพร่องหรือของเสียขึ้นจนไม่สามารถส่งผลิตภัณฑ์นั้นๆให้แก่ผู้บริโภคได้ ก็อาจจะต้องทำการทิ้ง ก่อให้เกิดเป็นมูลค่าความสูญเสียจากการทิ้งชิ้นงาน (Scrap cost) ซึ่งก็จะมีมูลค่าสูงตามต้นทุนการผลิตต่อหน่วย และจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ต้องทิ้งไปซึ่งในกระบวนการผลิตที่มีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยสูงก็จะส่งผลต่อผลประกอบการของบริษัทถือเป็นปัญหาที่รุนแรง

ศิรินทรา ทันอินทรอาจ และ นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ (2555) ได้นำเสนอวิธีการจัดลำดับและเลือก FPP จากการพิจารณาตามความวิกฤตเชิงต้นทุนเป็นหลัก โดยจะเป็นการเลือก FPP ที่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียหรือมีต้นทุนรวม (Total cost) คิดเป็น 80% ของมูลค่าความสูญเสียจากการผลิต และนำเอา FPP มีความรุนแรงตามความความวิกฤตเชิงเทคนิคมาพิจารณาด้วย โดยงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้วิธีดังกล่าวในการจัดลำดับ และเลือก FPP เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยมีขั้นตอนการพิจารณาดังนี้

1. จัดลำดับ FPP ที่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียในการผลิตจากมากไปน้อย และใช้แผนภาพพาเรโต (Pareto Chart) ในการเลือก FPP ที่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียใน 80% แรกจากจำนวน FPP ทั้งหมด (ใช้เกณฑ์การพิจารณา 80:20)
2. เลือก FPP ที่มีความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงเทคนิคมาร่วมพิจารณาด้วย กล่าวคือ จะนำ FPP ที่มีคะแนนความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงเทคนิคอยู่ในระดับที่ 5 หรือเมื่อพิจารณาจากข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์จากรูปลักษณ์ภายนอกที่เปลี่ยนไป ก็จะนำ FPP ที่มีความรุนแรงขั้นวิกฤต คือ FPP ในระดับ CMP (Consumer Meaningful Parameter) มาพิจารณาด้วย อย่างไรก็ตามการเลือก FPP ที่มีความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงเทคนิคมาร่วมพิจารณาด้วยนั้นควรได้รับความเห็นจากทีมปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตด้วย

จัดลำดับก่อน – หลัง FPP ใน 80% ที่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียในกระบวนการผลิต และตามด้วย FPP ที่มีความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงเทคนิค เพื่อนำไปพิจารณาเลือกปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่อไป

ตัวอย่างการจัดลำดับและเลือก FPP จากการพิจารณาตามความวิกฤตเชิงต้นทุนเป็นหลัก โดยกำหนดให้กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งมี FPP ที่ต้องทำการควบคุมทั้งหมด 15 รายการ คือ 1, 2, 3,…, 14 และ 15 โดยที่ผลิตภัณฑ์นี้มีต้นทุนรวมในกระบวนการผลิตค่อนข้างสูง

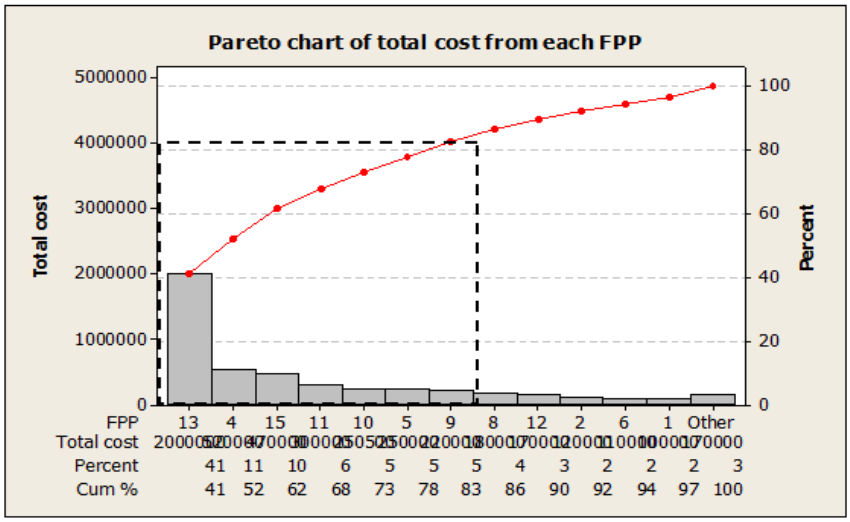
ถือเป็นประเด็นสำคัญในการนำมาพิจาณา และมีการพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคเป็น 5 ระดับ ข้อมูลความวิกฤตเชิงต้นทุน และความวิกฤตเชิงเทคนิค แสดงดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 ข้อมูลความวิกฤตเชิงเทคนิค และข้อมูลความวิกฤตเชิงต้นทุน ในการจัดลำดับและเลือก FPP โดยยึดตามความวิกฤตเชิงต้นทุนของกระบวนการตัวอย่าง

พารามิเตอร์ขั้นสุดท้าย	ระดับความวิกฤตเชิงเทคนิค	มูลค่าความสูญเสียรวม(บาท)
1	4	100,000
2	4	120,000
3	3	30,000
4	5	520,000
5	5	250,000
6	4	110,000
7	3	50,000
8	5	180,000
9	4	220,000
10	4	250,500
11	4	300,000
12	4	170,000
13	5	2,000,000
14	3	90,000
15	5	470,000

จากการดำเนินการตามขั้นตอนที่ 1 โดยการจัดลำดับความสำคัญของมูลค่าความสูญเสียรวมจากมากไปน้อย และใช้แผนภาพพาเรโตในการเลือก FPP ที่มีความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงต้นทุนที่ 83% ดังภาพที่ 3.15 ซึ่งจะเห็นว่ามี FPP ที่ควรได้รับการพิจารณา 7 รายการ ดังนี้ 13, 4, 15, 11, 10, 5 และ 9 นอกจาก FPP ที่มีความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงต้นทุนแล้ว ทีมปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตยังได้เลือก FPP ที่มีคะแนนความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงเทคนิคที่อยู่ในระดับที่ 5 มาร่วมพิจารณาด้วย โดยเพิ่มเป็นมาอีก 1 รายการ คือ FPP รายการที่ 8 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดลำดับและเลือก FPP ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิต

สำหรับผลิตภัณฑ์นี้ นอกจากจะพิจารณาตามมูลค่าความสูญเสียทางตัวเงินเป็นหลักแล้ว ยังไม่มองข้าม FPP ที่ส่งผลรุนแรงต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วย



ภาพที่ 3.15 ตัวอย่างแผนภาพพาเรโตในการพิจารณาเลือก FPP ตามความวิกฤตเชิงต้นทุน

เมื่อนำ FPP ที่มีความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงเทคนิคในระดับที่ 5 มาพิจารณาร่วมกับ FPP ที่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียทางการเงินใน 83% ของปัญหาซึ่งถือว่าเป็นประเด็นหลัก สามารถจัดลำดับก่อน – หลังของ FPP ที่มีความสำคัญในการเลือกปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตได้เป็น 8 รายการ ดังตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 ลำดับความสำคัญของ FPP ของกระบวนการตัวอย่าง โดยการพิจารณาตามความวิกฤตเชิงต้นทุนเป็นหลัก

ลำดับความสำคัญของ FPP	FPP	Total Cost (บาท)	ระดับความรุนแรงเชิงเทคนิค
1	13	2,000,000	5
2	4	520,000	5
3	15	470,000	5
4	11	300,000	4
5	10	250,500	4
6	5	250,000	5
7	9	220,000	4
8	8	180,000	5

จากการจัดลำดับความสำคัญของ FPP ดังตารางที่ 3.10 จะเห็นได้ว่า FPP ที่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียทางตัวเงินโดยส่วนใหญ่นั้น จะมีผลต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตามความวิกฤตเชิงเทคนิคด้วย ซึ่งมีคะแนนความรุนแรงอยู่ในระดับ (4 - 5) และ FPP ในรายการที่ 8 ถึงแม้ว่าไม่ได้จัดอยู่ใน 83% แรกของ FPP ที่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียทางตัวเงินที่สูงที่สุด แต่ถือว่ามีผลต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์จึงถูกนำมาพิจารณาด้วย ซึ่งจะเห็นได้ว่าการจัดลำดับและ FPP โดยวิธีการนี้ จะเป็นการคัดกรอง FPP ที่ส่งผลต่อกระบวนการผลิตที่ครอบคลุมทั้งความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงต้นทุน และความวิกฤตเชิงเทคนิค

อย่างไรก็ตามการจัดลำดับและเลือก FPP ตามความวิกฤตเชิงต้นทุนเป็นหลัก ก็ยังมีข้อเสียเมื่อมูลค่าความสูญเสียจาก FPP ในแต่ละตัวมีมูลค่าที่ใกล้เคียงกัน แต่มีความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงเทคนิคค่อนข้างแตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น A เป็น FPP ที่มีผลต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้อย (Standard Parameter: STDP) แต่มีมูลค่าความสูญเสียรวมเมื่อผลิตภัณฑ์ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้า 2,500,000 บาท และ B เป็น FPP ที่มีผลต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์สูงมาก (Consumer Meaningful Parameter: CMP) มูลค่าความสูญเสียรวมเป็น 2,485,000 บาท ซึ่งจะเห็นได้ว่ามูลค่าความสูญเสียรวมจาก A นั้นมากกว่า B เพียงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับความสูญเสียจากความวิกฤตเชิงเทคนิคแล้ว B มีความวิกฤตรุนแรงกว่า A ค่อนข้างมาก แต่เมื่อเราจัดลำดับความสำคัญของ FPP ตามวิธีดังกล่าว A จะเป็นพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อกระบวนการผลิตมากกว่า B ซึ่งเมื่อเลือกปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตจาก A เป็นสำคัญแล้ว มูลค่าความสูญเสียในกระบวนการผลิตอาจจะลดลง แต่ก็อาจจะยังมีปัญหาต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้บริโภคได้ เมื่อ B ถูกมองข้าม และ B ก็ยังถือว่ามีผลต่อมูลค่าความสูญเสียในกระบวนการผลิตที่ใกล้เคียงกับ A ถ้าปริมาณความต้องการในผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคเพิ่มสูงขึ้น B ก็อาจจะเป็นพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อกระบวนการผลิตมากกว่า A ก็ได้ เพราะเป็นพารามิเตอร์ที่มีความวิกฤตขั้นรุนแรงในเชิงเทคนิค ซึ่งเมื่อปริมาณการผลิตสูงขึ้นก็อาจจะทำให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิตเพิ่มมากขึ้น และส่งผลต่อมูลค่าความสูญเสียที่เพิ่มสูงขึ้นตามมา ดังนั้นในการแก้ปัญหาในกรณีเช่นนี้ก็อาจจะต้องอาศัยความเห็นจากทีมการปรับปรุงคุณภาพในการวิเคราะห์ผลกระทบในระยะยาวว่า ควรจะพิจารณาที่พารามิเตอร์ใด จึงจะทำให้การปรับปรุงความสามารถของกระบวนการให้ผลที่คุ้มค่ามากกว่า

3.4.3 วิธีที่ 3 พิจารณาจากความวิกฤตเชิงเทคนิคเป็นหลัก

ในกระบวนการผลิตซึ่งมุ่งเน้นไปที่ลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ตรงตามข้อกำหนดของผู้บริโภค จะถือเอาความวิกฤตเชิงเทคนิคมาเป็นประเด็นหลักในการพิจารณาการปรับปรุง

ความสามารถของกระบวนการ ถ้าลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้บริโภคแล้ว ก็อาจจะนำมาซึ่งความสูญเสียแก่ผู้ผลิต เช่น การปฏิเสธผลิตภัณฑ์ทั้งล็อต (Reject lot) การเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ใหม่แทนผลิตภัณฑ์เดิม (Product replacement) หรือการตรวจสอบซ้ำทั้งหมด (100% Inspection) เป็นต้น สิ่งเหล่านี้ล้วนแล้วแต่นำมาซึ่งมูลค่าความสูญเสียทางตัวเงินในระยะยาว ถือว่าเป็นสาเหตุสำคัญของปัญหาในกระบวนการผลิต ซึ่งอาจจะมีผลรุนแรงกว่ามูลค่าความสูญเสียที่มาจากต้นทุนในการผลิต

การจัดลำดับและเลือก FPP โดยการพิจารณาตามความวิกฤตเชิงเทคนิคเป็นหลักตามหลักการของ ศิรินทรา ทันอินทรอาจ และ นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ (2555) ได้แบ่งกลุ่ม FPP ตามระดับความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงเทคนิคจากมากไปน้อย และพิจารณาเลือก FPP จากความวิกฤตเชิงต้นทุนจากมากไปน้อย ในแต่ละระดับของความวิกฤตเชิงเทคนิคนั้นๆ ในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้หลักการดังกล่าว และมีการพิจารณาเลือก FPP ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. แบ่ง FPP ตามระดับความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงเทคนิค เช่น แบ่งระดับความรุนแรงเชิงเทคนิคออกได้เป็น 5 ระดับ ดังตารางที่ 3.1 หรือถ้าพิจารณาจากข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ที่ทำให้รูปลักษณ์ภายนอกของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไป สามารถแบ่งระดับความรุนแรงของ FPP ตามความวิกฤตเชิงเทคนิคได้เป็น 3 ระดับ คือ CMP, CNP และ STDP ตามลำดับ
2. เรียงลำดับ FPP ตามความวิกฤตเชิงต้นทุนจากมากไปน้อยในแต่ละระดับของความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงเทคนิค
3. พิจารณา FPP ที่ส่งผลต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยเลือก FPP ที่ก่อให้เกิดความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงเทคนิคในระดับที่สูงที่สุดมาทั้งหมด (100% Selected) และ FPP ที่ส่งผลตามความวิกฤตเชิงเทคนิคในระดับที่รองลงมา อาจจะขึ้นอยู่กับความเห็นของทีมปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตว่าจะเลือก FPP ตัวใดบ้างตามความเหมาะสมและขึ้นอยู่กับความพร้อมของทรัพยากรในด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิต
4. จัดลำดับก่อน – หลัง FPP ที่ส่งผลตามระดับความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงเทคนิค โดยเรียงลำดับ FPP ที่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียจากมากไปน้อยในระดับความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงเทคนิคนั้นๆ ซึ่ง FPP ที่ส่งผลตามความวิกฤตเชิงเทคนิคในระดับที่รุนแรงรองลงมา จะได้รับการพิจารณาต่อจาก FPP ที่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียทางการเงินที่ต่ำที่สุดของ FPP ที่ส่งผลรุนแรงตามความวิกฤตเชิงเทคนิคในกลุ่มแรก

ตัวอย่างการจัดลำดับและเลือก FPP จากการพิจารณาตามความวิกฤตเชิงเทคนิคเป็นหลัก โดยกำหนดให้ ผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่ง มีเกณฑ์ในการพิจารณาพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ CMP (รุนแรงมาก), CNP (มีผลปานกลาง) และ STDP (มีผลน้อยมาก) ซึ่งในผลิตภัณฑ์นี้มี FPP ที่ส่งผลถึงลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งสิ้น 15 รายการ คือ P1 ถึง P15 สามารถแบ่ง FPP ตามระดับความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงเทคนิค และเรียงลำดับ FPP ตามมูลค่าความสูญเสียจากมากไปน้อยในแต่ละระดับความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงเทิคนิคได้ดังตารางที่ 3.11

ตารางที่ 3.11 การแบ่ง FPP ของกระบวนการตัวอย่างตามระดับความวิกฤตเชิงเทคนิค

ระดับความวิกฤตเชิงเทคนิค	ลำดับความสำคัญของ FPP	FPP	มูลค่าความสูญเสียรวม (บาท)
CMP	1	P3	1,500,000
	2	P8	1,200,000
	3	P10	1,180,000
	4	P5	900,000
CNP	1	P2	1,120,000
	2	P4	1,050,000
	3	P1	900,000
	4	P15	250,000
	5	P6	110,000
	6	P7	80,000
STDP	1	P14	82,000
	2	P11	75,000
	3	P12	52,000
	4	P13	30,000
	5	P9	15,000

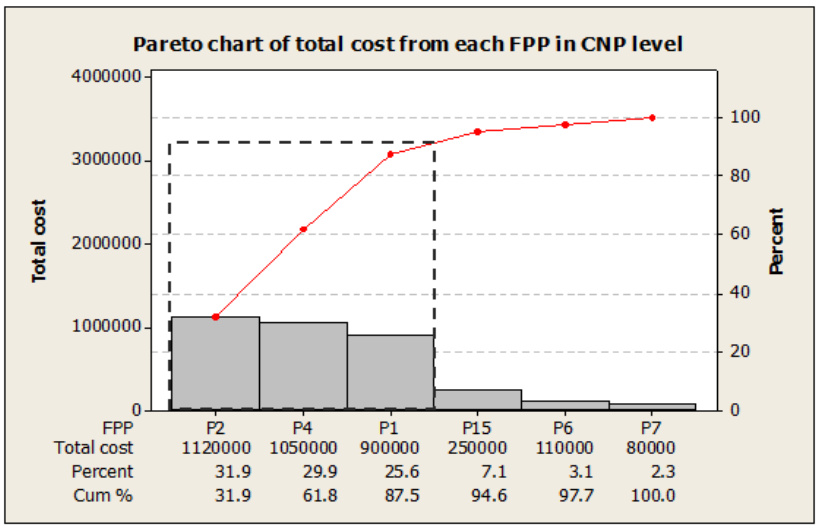
ในการจัดลำดับและเลือก FPP โดยยึดตามความวิกฤตเชิงเทคนิคเป็นหลัก ทีมปรับปรุงความสามารถของกระบวนการได้เลือก FPP ที่ส่งผลต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระดับ

CMP ทั้งหมด ซึ่งจะเห็นได้ว่ามี FPP ที่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียรวมเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ P3, P8, P10 และ P5 ตามลำดับ (พิจารณาในตารางที่ 3.11) นอกจากนั้นทีมปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตยังได้เลือก FPP ที่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียรวมใน 80% จาก FPP ที่มีความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงเทคนิคในระดับ CNP ซึ่งในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตในครั้งนี้มีข้อจำกัดในด้านทรัพยากร และข้อจำกัดในด้านระยะเวลาการดำเนินงาน จึงไม่สามารถที่จะทำการควบคุมได้ในทุกๆ พารามิเตอร์ โดยมีหลักการในการพิจารณาเลือก FPP ซึ่งแสดงดังภาพที่ 3.16

ลำดับการพิจารณา	ระดับความวิกฤตเชิงเทคนิค	ความวิกฤตเชิงต้นทุน	การพิจารณา FPP
1	CMP	Max ↓ Min	100%
2	CNP	Max ↓ Min	80%
3	STDP	Max ↓ Min	0%

ภาพที่ 3.16 ตัวอย่างการจัดลำดับและเลือก FPP โดยยึดตามความวิกฤตเชิงเทคนิคเป็นหลัก

FPP ที่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียที่ 80% ในระดับ CNP สามารถพิจารณาได้ ดังภาพที่ 3.17 ซึ่งจะเห็นว่ามี FPP ในระดับ CNP อยู่ 3 รายการที่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียรวมใน 87% คือ P2, P4 และ P1 ตามลำดับ ซึ่งถ้าพิจารณาจากมูลค่าความสูญเสียรวมแล้วถือว่าส่งผลต่อความวิกฤตเชิงต้นทุนมากพอสมควร



ภาพที่ 3.17 ตัวอย่างแผนภาพพาเรโตในการพิจารณา FPP ในระดับ CNP

ในการจัดลำดับ – ก่อนหลังของ FPP ที่ส่งผลรุนแรงตามความวิกฤตเชิงเทคนิคของกระบวนการตัวอย่าง สามารถพิจารณาได้ดังตารางที่ 3.12

ตารางที่ 3.12 ลำดับความสำคัญของ FPP ของกระบวนการตัวอย่าง โดยการพิจารณาตามความวิกฤตเชิงเทคนิคเป็นหลัก

ลำดับความสำคัญของ FPP	FPP	ระดับความวิกฤตเชิงเทคนิค	Total Cost (บาท)
1	P3	CMP	1,500,000
2	P8		1,200,000
3	P10		1,180,000
4	P5		900,000
5	P2	CNP	1,120,000
6	P4		1,050,000
7	P1		900,000

จากการจัดลำดับและเลือก FPP ตามความวิกฤตเชิงเทคนิคเป็นหลัก ดังตารางที่ 3.12 จะเห็นว่ามี FPP ที่ต้องนำไปพิจารณาในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการมีทั้งหมด 7 รายการ คือ P3, P8, P10, P5, P2, P4 และ P1 ตามลำดับ ซึ่ง FPP ใน 3 ลำดับสุดท้ายนั้นมีระดับความรุนแรงที่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระดับปานกลาง แต่ก็ถือว่าส่งผลต่อต้นทุนในการผลิตด้วยเช่นกัน ซึ่ง P2 และ P4 ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียสูงกว่า P5 ในระดับ CMP แต่มี

ลำดับความสำคัญที่รองลงมา เนื่องจากความรุนแรงที่มีผลต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์จาก P5 อาจส่งผลต่อกระบวนการผลิตมากกว่า เพราะ P5 นั้นเป็นพารามิเตอร์ที่ส่งต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์มาก ถ้าผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้บริโภค FPP ที่อยู่ในระดับ CMP ซึ่งมีผลต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จะถือเป็นปัจจัยสำคัญที่นำมาซึ่งมูลค่าความสูญเสียทางตัวเงิน และอาจจะส่งผลต่อผลกำไรของบริษัทในระยะยาวได้

การจัดลำดับและเลือก FPP โดยยึดตามความวิกฤตเชิงเทคนิค นอกจากจะทำให้ FPP ที่ส่งผลรุนแรงต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้รับการพิจารณาเป็นลำดับแรกแล้ว ยังเป็นการพิจารณาเลือก FPP ที่ส่งผลต่อความวิกฤตเชิงต้นทุนด้วย ทำให้เชื่อมั่นได้ว่าปัญหาในด้านความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะได้รับการแก้ไขเป็นประเด็นสำคัญ และยังเป็นการแก้ปัญหาในเรื่องมูลค่าความสูญเสียหรือต้นทุนในกระบวนการผลิตอีกทางหนึ่งด้วย แต่การวิธีดังกล่าวยังมีข้อเสียสำหรับกระบวนการผลิตที่มี FPP ที่ต้องดำเนินการควบคุมจำนวนมาก เพราะถ้ามีข้อจำกัดทางด้านทรัพยากรในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการก็อาจจะทำให้ FPP ที่มีความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงเทคนิคในระดับที่รองลงมา ไม่ได้ถูกนำมาพิจารณาในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิต หรือช้าต่อการปรับปรุง ซึ่งก็อาจจะทำให้ปัญหาทางด้านต้นทุนของกระบวนการผลิตยังไม่หมดไป ถ้า FPP ในระดับที่มีความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงเทคนิคที่ต่ำกว่านั้น มีต้นทุนการผลิตที่สูงกว่า

3.4.4 สรุปขั้นตอนการเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย

การเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (FPP) จะเป็นการคัดกรองเอาเฉพาะ FPP ที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อผลิตภัณฑ์ไปพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ ซึ่งครอบคลุมทั้งปัญหาในด้านความพึงพอใจของผู้บริโภค และต้นทุนในการผลิต ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้ คือ FPP ที่มีลำดับความสำคัญสูงต่อการปรับปรุง จะนำไปใช้ในการพิจารณาความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์ที่เป็นสาเหตุที่นำมาสู่ความสูญเสียในกระบวนการผลิต (IPP และ PP) ในขั้นตอนถัดไป คือ การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุง

ขั้นตอนการดำเนินการในการเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายโดยสรุป มีดังนี้

1. พิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิค (Technical criticality) ของ FPP โดยจะเป็นการแบ่งกลุ่ม FPP ตามระดับความรุนแรงที่ส่งผลกระทบต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นข้อกำหนดที่มาจากผู้บริโภค โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณา 2 รูปแบบคือ การพิจารณาระดับความ

วิกฤตเชิงเทคนิคใน 5 ระดับ คือ 5 ถึง 1 (จากมากไปน้อย ตามลำดับ) และพิจารณาตามข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ที่สังเกตเห็น จะแบ่งความรุนแรงในเชิงเทคนิคออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับที่ส่งผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์มาก (CMP), ส่งผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ปานกลาง (CNP) และส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้อย (STDP)

2. พิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุน (Cost criticality) ของ FPP ซึ่งจะเริ่มจากการประเมินความสูญเสียเชิงต้นทุน ซึ่งเป็นการประเมินมูลค่าความสูญเสียทางตัวเงินที่เกิดจากระดับความสามารถของกระบวนการในระดับ FPP และ IPP โดยมุ่งพิจารณาในมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ และมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมาย และการพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนของ FPP นั้น จะเป็นการพิจารณาจากผลรวมของมูลค่าความสูญเสียจากพารามิเตอร์ในระดับ FPP และ IPP ที่มีความสัมพันธ์กัน โดย FPP ตัวใดที่มีผลรวมมูลค่าความสูญเสียสูงที่สุดจะถือว่ามีระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนสูงที่สุดเช่นกัน

3. การจัดลำดับและเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (FPP) จากการพิจารณาตามความวิกฤตเชิงเทคนิคและความวิกฤตเชิงต้นทุน เพื่อคัดกรองเอาเฉพาะ FPP ที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อการผลิตไปใช้ในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการในขั้นตอนถัดไป ซึ่งแบ่งเป็น 3 วิธี ตามสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต คือ

- วิธีที่ 1 พิจารณาจากความวิกฤตเชิงเทคนิค และความวิกฤตเชิงต้นทุนซึ่งมีความสำคัญเท่ากัน ในกระบวนการผลิตที่มีปัญหารุนแรงทั้งในเรื่องของลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้บริโภค ซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ และมีปัญหาในเรื่องของต้นทุนในกระบวนการผลิตที่สูง ถือเป็นความรุนแรงที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต การจัดลำดับและเลือก FPP ตามวิธีที่ 1 จะเป็นการพิจารณาลำดับความสำคัญของ FPP ตามคะแนนรวมความรุนแรงที่เกิดจากความวิกฤตทั้ง 2 ด้าน โดยระดับคะแนนความรุนแรงจากทั้ง 2 ด้านนั้นมีน้ำหนักในการพิจาณาที่เท่ากัน

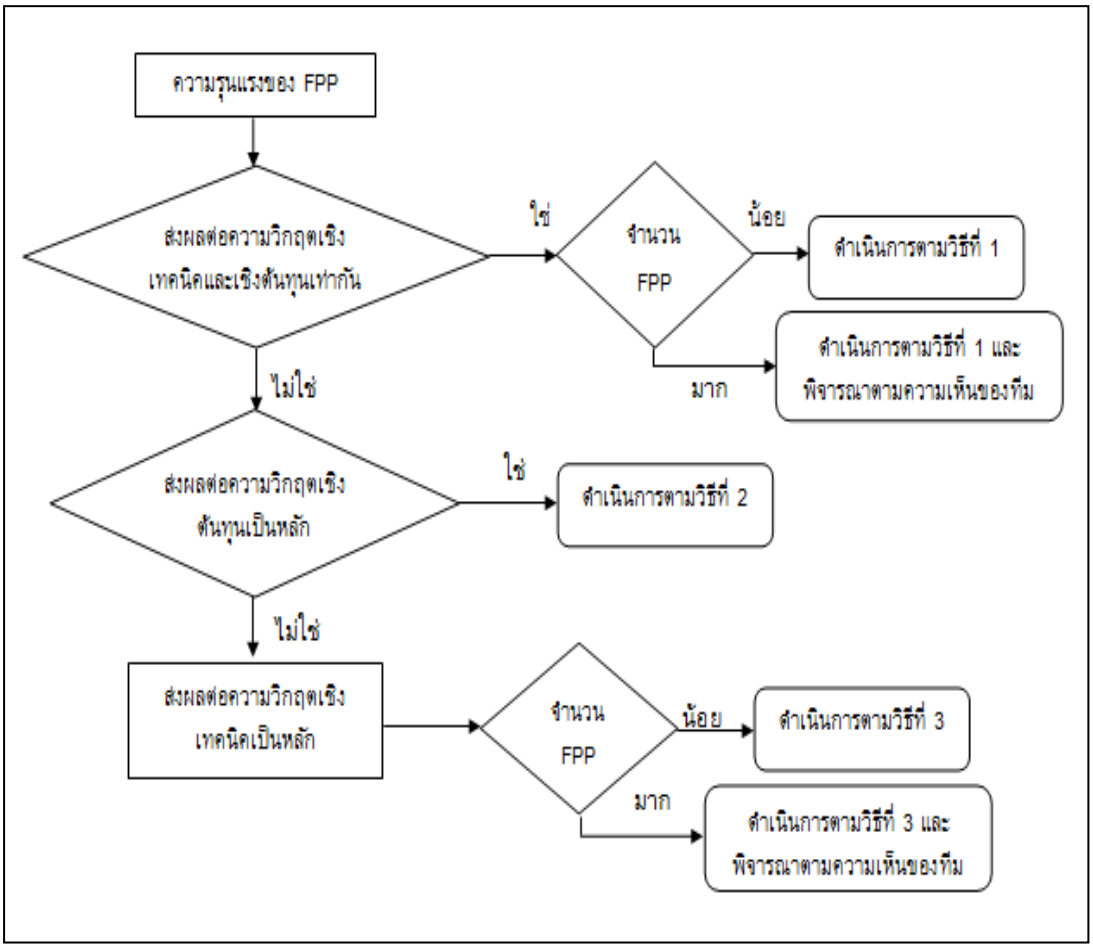
- วิธีที่ 2 พิจารณาจากความวิกฤตเชิงต้นทุนเป็นหลัก โดยตามหลักการจะเป็นการพิจารณาความสำคัญของ FPP ที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อความวิกฤตเชิงต้นทุนมากกว่าความวิกฤตเชิงเทคนิค กล่าวคือมีมูลค่าความสูญเสียในกระบวนการผลิตสูง เช่น ต้นทุนในกระบวนการผลิตที่สูงมาก หรือผู้บริโภคไม่ได้ให้ความสำคัญกับลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์มากนัก ซึ่ง FPP ที่ได้

จากการดำเนินการตามวิธีที่ 2 นี้ จะครอบคลุมในปัญหาทั้งด้านมูลค่าความสูญเสีย และด้านลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิต เพราะ FFP ที่มีมูลค่าความสูญเสียต่ำแต่มีความวิกฤตเชิงเทคนิคในระดับรุนแรง จะได้รับการพิจารณาด้วย

- วิธีที่ 3 พิจารณาจากความวิกฤตเชิงเทคนิคเป็นหลัก โดยจะใช้กับกระบวนการผลิตที่มีปัญหารุนแรงจากลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้บริโภค กล่าวคือ ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์มาก จนต้นทุนในการผลิตถือว่าเป็นประเด็นรองในการพิจารณา ซึ่งในการดำเนินการจะทำการแบ่ง FPP ออกตามระดับความรุนแรงในเชิงเทคนิคก่อนที่จะพิจารณาเลือก FPP ตามมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ซึ่ง FPP ที่อยู่ในระดับความรุนแรงสูงสุดตามความวิกฤตเชิงเทคนิค จะได้รับการพิจารณาเป็นลำดับแรก

อย่างไรก็ตามการจัดลำดับและเลือก FPP ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิต ในแต่ละวิธีนั้นจะเห็นว่ามีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน ซึ่งในการดำเนินการควรพิจารณาถึงตัวผลิตภัณฑ์ว่ามีผลกระทบรุนแรงในด้านใด และต้องคำนึงถึงจุดประสงค์ในการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิต ว่าต้องการที่จะแก้ไขปัญหาในเรื่องใดที่ก่อให้เกิดผลกระทบร้ายแรงต่อกระบวนการผลิต ไม่ว่าจะเป็นเรื่องลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตามความต้องการของผู้บริโภค หรือมูลค่าความสูญเสียอันเกิดจากการที่มีต้นทุนในการผลิตสูง ซึ่งแนวทางในการจัดลำดับและเลือก FPP ได้สรุปไว้ดังภาพที่ 3.18

ข้อสังเกตจากการพิจารณาตามภาพที่ 3.18 จะเห็นว่าการจัดลำดับและเลือก FPP ตามการดำเนินงานในวิธีที่ 2 จะไม่เป็นปัญหาสำหรับกระบวนการผลิตที่มี FPP ที่ต้องทำการควบคุมเป็นจำนวนมาก เพราะขั้นตอนของการพิจารณาลำดับความสำคัญของ FPP ในวิธีดังกล่าวนั้นเป็นการเลือกเอา FPP ที่ส่งผลรุนแรงตามความวิกฤตเชิงต้นทุนใน 80% แรก และ FPP ที่มีความวิกฤตเชิงเทคนิคในระดับรุนแรงสูงสุด ซึ่งถือว่า FPP ที่ถูกคัดกรองนั้นเป็น FPP ที่มีผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิตซึ่งครอบคลุมปัญหาสำคัญในทั้ง 2 ด้านแล้ว และถึงแม้ว่าจะเหลือ FPP อีกเป็นจำนวนมากที่ไม่ได้รับการพิจารณาในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการในขั้นตอนต่อไป แต่ก็ถือว่าไม่ค่อยมีผลกระทบต่อกระบวนการผลิต



ภาพที่ 3.18 แนวทางในการจัดลำดับและเลือก FPP ไปพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

3.5 การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

ผลจากการเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (FPP) จะทำให้ทราบถึงลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่นำมาสู่ความสูญเสียในกระบวนการผลิตทั้งต่อความพึงพอใจของผู้บริโภค และต้นทุนในการผลิต ซึ่ง FPP ตัวใดที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จะถือว่ามีความสำคัญต่อการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตที่มีผลมาจากหลายกระบวนการ หรือมีความเกี่ยวข้องกับหลายพารามิเตอร์ ซึ่งอาจจะไม่สามารถปรับปรุงได้จากทุกกระบวนการหรือทุกพารามิเตอร์ที่นำมาสู่ความสูญเสียในกระบวนการผลิต เนื่องด้วยข้อจำกัดต่างๆที่มีในการผลิต จึง

ควรที่จะต้องมีการพิจารณาในบางกระบวนการ และคัดเลือกเอาเฉพาะพารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิตไปทำการปรับปรุง ในการดำเนินงานในขั้นตอนนี้จะเป็นการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ โดยจะพิจารณาจากความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในกระบวนการ (IPP และ PP) กับ FPP ที่ผ่านการคัดกรองแล้ว ซึ่งจะเป็นการพิจารณาจากปลายเหตุของปัญหาไปถึงรากเหง้าของปัญหา (พิจารณาจาก FPP ไปสู่ IPP และ PP) กล่าวคือ จากการประเมินความสามารถของกระบวนการที่ควบคุมด้วยพารามิเตอร์ในระดับ FPP ซึ่งประเมินได้ทั้งความวิกฤตเชิงเทคนิค และความวิกฤตเชิงต้นทุน รวมไปถึงการประเมินความสามารถของกระบวนการที่ถูกควบคุมด้วยพารามิเตอร์ในระดับ IPP จากความวิกฤตเชิงต้นทุน นำมาสู่การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการในขั้นตอนนี้ ซึ่งเป็นการเลือกพารามิเตอร์ในระดับ PP ไปทำการปรับปรุง สามารถพิจารณาขั้นตอนการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการได้ดังภาพที่ 3.19

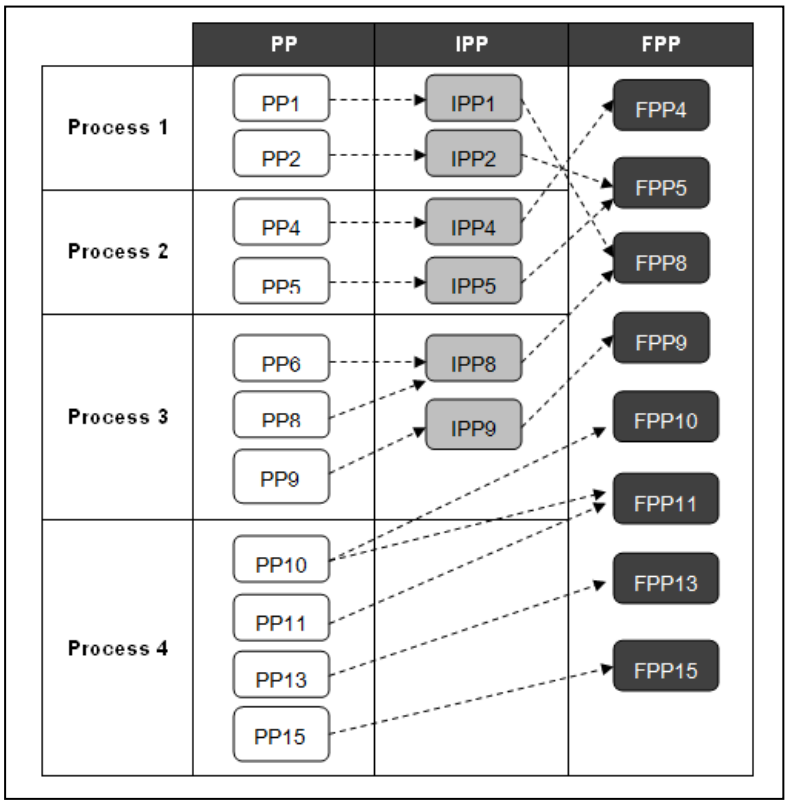
ภาพที่ 3.19 ขั้นตอนการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

3.5.1 การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์แต่ละประเภท ในกระบวนการผลิต

การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง FPP กับ (IPP และ PP) ถ้าเปรียบเทียบพารามิเตอร์แต่ละประเภทกับปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตจะเห็นว่า FPP นั้นเป็นปลายเหตุของปัญหาที่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ส่วน IPP และ PP นั้นถือเป็นสาเหตุและรากเหง้าของปัญหา (Root cause) ตามลำดับ ซึ่งในการที่จะได้มาถึงรากเหง้าของปัญหานั้นจะต้องอาศัยความร่วมมือ

จากทีมปรับปรุงคุณภาพร่วมกันพิจารณา เช่น การระดมสมอง (Brainstorm) โดยในงานวิจัยนี้จะนำเครื่องมือควบคุมคุณภาพ (QC Tools) เช่น แผนภูมิแสดงสาเหตุและผล (Cause and effect diagram) มาช่วยในการพิจารณา IPP และ PP ที่เกี่ยวข้องกับ FPP ที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิต

ก่อนที่จะทำการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ของกระบวนการไปทำการปรับปรุง จะต้องทำการพิจารณาถึงพารามิเตอร์ที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะถึงกระบวนการสุดท้ายของการผลิต ซึ่งจะถือว่าเป็นการบ่งชี้ได้ถึงสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต โดยจะเป็นการคัดกรองเอาเฉพาะ IPP และ PP ที่มีความสัมพันธ์กับ FPP ที่ได้ถูกคัดเลือกแล้ว ไปพิจารณาลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในการปรุงปรุงโดยใช้แผนผังเมทริกซ์ ในขั้นตอนถัดไป จากตัวอย่างการจัดลำดับและเลือก FPP โดยการพิจารณาความรุนแรงตามความวิกฤตเชิงต้นทุนเป็นหลัก (หัวข้อที่ 3.4.2) พบว่ามี FPP ที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิตมีทั้งสิ้น 8 พารามิเตอร์ ซึ่งมี IPP และ PP ที่มีความสัมพันธ์กับ FPP ดังกล่าว พิจารณาได้ดังภาพที่ 3.20



ภาพที่ 3.20 ตัวอย่างการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์แต่ละประเภท

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์แต่ละประเภทตามภาพที่ 3.20 จะเป็นการคัดกรองเอาเฉพาะ IPP และ PP ที่มีความสัมพันธ์กับ FPP เท่านั้น ซึ่งจะเห็นว่า FPP ใดๆ อาจจะมีความเกี่ยวข้องหรือมีสาเหตุมาจากพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิต (IPP หรือ PP) ได้หลายตัว เช่น FPP11 เป็นปัญหาในการผลิตที่เกิดจากกระบวนการที่ 4 โดยเป็นผลมาจากการควบคุม PP10 และ PP11 ซึ่งประโยชน์ในการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์แต่ละประเภท นอกจากจะเป็นการคัดกรองเอาเฉพาะสาเหตุหลักที่นำมาสู่ปัญหาก่อนที่จะนำไปพิจารณาความสำคัญของกระบวนการโดยแผนผังเมทริกซ์แล้ว ยังสามารถนำมาเป็นแนวทางในการพิจารณาการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการได้ เช่น เมื่อทราบว่า FPP10 เป็นปัญหาเร่งด่วนที่ควรทำการแก้ไข โดยมีสาเหตุมาจากการควบคุม PP10 ในกระบวนการที่ 4 ซึ่งจะเห็นว่าการเข้าไปปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่ PP10 จะช่วยลดปัญหาที่เกิดทั้งใน FPP10 และ FPP11 ได้

3.5.2 การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ของกระบวนการที่จะปรับปรุง

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ของกระบวนการ (พารามิเตอร์ในระดับ PP) ไปทำการปรับปรุง ซึ่งในการดำเนินการนั้นจะประยุกต์ใช้แผนผังเมทริกซ์ (Matrix diagram) ของ Rojanarowan and Jirasettapong (2012) มาใช้การพิจารณาลำดับความสำคัญในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการจากคะแนนความรุนแรงของ IPP หรือ PP ในแต่ละกระบวนการที่มีความสัมพันธ์กับ FPP ใดๆที่ได้ถูกคัดเลือกแล้ว โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาความสัมพันธ์กับ FPP แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

0 = ไม่มีความสัมพันธ์กับ FPP

1 = มีความสัมพันธ์กับ FPP ในระดับเล็กน้อย

4 = มีความสัมพันธ์กับ FPP ในระดับปานกลาง

9 = มีความสัมพันธ์กับ FPP ในระดับมาก

การคำนวณคะแนนความรุนแรงของพารามิเตอร์ (IPP และ PP) ที่มีความสัมพันธ์กับ FPP ในงานวิจัยนี้ พิจารณาดังนี้

$$Z_i = \sum_{j=1}^{m} y_j x_{ij} \tag{3.29}$$

โดยที่ i = 1, 2, 3, …, n

$j = 1, 2, 3, \ldots, m$

กำหนดให้ Z_i = คะแนนความรุนแรงของพารามิเตอร์ i

y_i = ระดับความรุนแรงของ FPP j

x_{ij}= ค่าความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ i กับ FPP j

ซึ่งคะแนนรวมความรุนแรงของแต่ละกระบวนการ (P_i) สามารถคำนวณได้จากผลรวมของ Z_i จากแต่ละพารามิเตอร์ (IPP และ PP) ดังนี้

$$P_i = \sum_{i=1}^{n} Z_i \qquad (3.30)$$

โดยที่ $i = 1, 2, 3, \ldots, n$

การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ของกระบวนการที่จะปรับปรุง โดยใช้แผนผังเมทริกซ์ซึ่งเป็นการพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของ(IPP และ PP) กับ FPP ซึ่งจะทำให้ทราบถึงสาเหตุที่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์หรือความสูญเสียทางตัวเงินที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต และจะเป็นประโยชน์ต่อการเข้าไปปรับปรุงความสามารถของกระบวนการได้ถูกต้อง และถึงรากเหง้าสำคัญของปัญหา (พารามิเตอร์ในระดับ PP) การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ของกระบวนการที่จะปรับปรุง โดยการพิจารณาจากแผนผังเมทริกซ์สามารถอธิบายดังตัวอย่างในภาพที่ 3.21

แผนผังเมทริกซ์ในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์											
		พารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (1)								คะแนนรวม Zi (5)	คะแนนรวม Pi (6)
		FPP 13	FPP 4	FPP 15	FPP 11	FPP 10	FPP 5	FPP 9	FPP 8		
ระดับความรุนแรงของ FPP (2)		8	7	6	5	4	3	2	1		
กระบวนการ (3)		คะแนนความสัมพันธ์กับ FPP (4)									
1	PP1								1	1	8
	PP2						1			3	
	IPP1								1	1	
	IPP2						1			3	
2	PP4		9							63	150
	PP5						4			12	
	IPP4		9							63	
	IPP5						4			12	
3	PP6								1	1	25
	PP8								4	4	
	PP9							4		8	
	IPP8								4	4	
	IPP9							4		8	
4	PP10				4	4				36	207
	PP11				9					45	
	PP13	9								72	
	PP15			9						54	

ภาพที่ 3.21 ตัวอย่างแผนผังเมทริกซ์ในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

จากภาพที่ 3.21 สามารถอธิบายวิธีการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ของกระบวนการที่จะปรับปรุงจากการพิจารณาความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายโดยใช้แผนผังเมทริกซ์ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. นำ FPP ที่ได้จากการจัดลำดับความสำคัญและถูกเลือกตามระดับความวิกฤตจากการพิจารณาในหัวข้อที่ 3.4 บันทึกลงในส่วนที่ 1 ของแผนผังเมทริกซ์ ซึ่งในกระบวนการตัวอย่างจะเป็นการจัดลำดับและเลือก FPP ตามความวิกฤตเชิงต้นทุนเป็นหลัก (หัวข้อที่ 3.4.2)

2. พิจารณาระดับความรุนแรงของ FPP และบันทึกลงในส่วนที่ 2 สำหรับการเรียงลำดับก่อน – หลังของ FPP โดยยึดตามความวิกฤตเชิงต้นทุน และความวิกฤตเชิงเทคนิคด้านใดด้านหนึ่งเป็นหลัก (วิธีที่ 2 และ วิธีที่ 3 ตามลำดับ) ดังเช่นกระบวนการตัวอย่าง จะพิจารณาระดับความรุนแรงโดยให้คะแนนสูงสุดกับ FPP ที่มีความสำคัญเป็นอันดับแรก ซึ่งมีคะแนนเท่ากับจำนวน FPP ที่ผ่านการคัดกรอง เช่น FPP13 มีผลกระทบรุนแรงต่อการผลิตมากที่สุดจึงมีระดับความรุนแรงเท่ากับ 8 และสำหรับ FPP อื่นๆ ก็พิจารณาระดับความรุนแรงเช่นนี้ไปจนถึง FPP ที่มีระดับความรุนแรงต่ำสุดคือ FPP8 ซึ่งมีระดับความรุนแรงเท่ากับ 1 สำหรับการเรียงลำดับก่อน – หลังของ FPP โดยพิจารณาจากความวิกฤตเชิงเทคนิคและความวิกฤตเชิงต้นทุน ซึ่งมีความสำคัญเท่ากัน (วิธีที่ 1) สามารถนำคะแนนรวมความรุนแรงจากความวิกฤตเชิงเทคนิค และความวิกฤตเชิงต้นทุนมาเป็นระดับความรุนแรงของ FPP ได้

3. นำ IPP และ PP ที่มีความสัมพันธ์กับ FPP ที่ผ่านการคัดกรองแล้ว (ดังภาพที่ 3.20) บันทึกตามกระบวนการในส่วนที่ 3

4. การพิจารณาคะแนนความสัมพันธ์ของ (IPP และ PP) กับ FPP ในส่วนที่ 4 ซึ่งแบ่งเกณฑ์ในการพิจารณาออกเป็น 4 ระดับ โดยอ้างอิงจาก Rojanarowan and Jirasettapong (2012) โดยสามารถที่จะพิจารณาอย่างเป็นระบบได้ เริ่มต้นจากการพิจาณาความสัมพันธ์ของ FPP ที่มีระดับความรุนแรงมากที่สุดก่อน จากตัวอย่างก็คือ FPP13 และการให้คะแนนความสัมพันธ์สามารถพิจารณา (IPP และ PP) ที่มีความสัมพันธ์กับ FPP ได้ดังภาพที่ 3.20 โดยจะเห็นว่าเมื่อเรามองไปที่ FPP และมองย้อนกลับไปตามลูกศรก็จะทำให้ทราบว่า มี IPP หรือ PP ใดบ้าง ที่มีความสัมพันธ์กับ FPP นั้น เช่น การพิจารณาพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กับ FPP8 โดยเริ่มจากการมองที่ FPP8 แล้วมองย้อนกลับตามลูกศรไปที่ระดับ IPP จะพบว่า IPP8 และ IPP1 มีความสัมพันธ์กับ FPP8 เมื่อพิจารณาต่อไปถึงระดับ PP จะพบว่า PP8, PP6 และ PP1 มีความสัมพันธ์กับ FPP8

และถือเป็นรากเหง้าของปัญหา ซึ่งการใช้แผนภาพการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์แต่ละประเภท จะช่วยให้การพิจารณาคะแนนความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ในกระบวนการกับ FPP สามารถทำได้ถูกต้องและรวดเร็วขึ้น

5. การพิจารณาคะแนนความรุนแรงของพารามิเตอร์ Z_i (ส่วนที่ 5) ดังสมการที่ 3.29 ซึ่งเป็นผลรวมของค่าความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ i (ส่วนที่ 4) คูณกับค่าระดับความรุนแรงของ FPP j (ส่วนที่ 2) ยกตัวอย่างเช่น Z_{PP10} มีค่าเป็น 36 คะแนน เกิดจาก (4x5) + (4x4)

6. การพิจารณาคะแนนรวมความรุนแรงของกระบวนการ P_i (ส่วนที่ 6) ดังสมการที่ 3.30 ซึ่งเป็นผลรวมคะแนนรวมความรุนแรงของพารามิเตอร์ Z_i ในแต่ละกระบวนการ ยกตัวอย่างเช่น กระบวนการที่ 4 มีคะแนนรวมความรุนแรงของกระบวนการ P_4 เท่ากับ 207 คะแนน เกิดจาก 36 + 45 + 72 + 54 ซึ่งเป็นผลรวมของ Z_{PP10}, Z_{PP11}, Z_{PP13} และ Z_{PP15} ตามลำดับ

คะแนนความรุนแรงที่ได้จากแผนผังเมทริกซ์จะถูกนำไปใช้ในการพิจารณาลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ของกระบวนการ (PP) ไปทำการปรับปรุง โดยในงานวิจัยนี้จะประยุกต์ใช้วิธีการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ ของ Rojanarowan and Jirasettapong (2012) มาใช้ในการพิจารณา ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

1. การพิจารณาตามลำดับความสำคัญของ FPP
2. การพิจารณาตามคะแนนรวมความรุนแรงของกระบวนการ

- วิธีที่ 1 การพิจารณาตามลำดับความสำคัญของ FPP

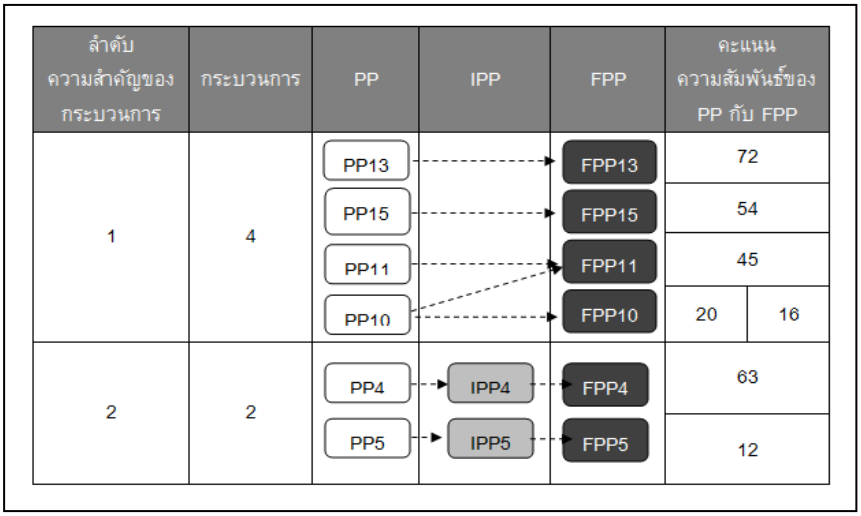
เป็นการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ของกระบวนการที่จะปรับปรุง โดยเป็นการมุ่งพิจารณาที่พารามิเตอร์ของกระบวนการที่มีความสัมพันธ์สูงกับ FPP ที่มีความสำคัญมากที่สุดก่อน ซึ่งจะเป็นการพิจารณาตามความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในกระบวนการกับ FPP ไปทีละพารามิเตอร์ เหมาะกับการพิจารณากระบวนการที่ IPP หรือ PP มีความสัมพันธ์กับ FPP เพียงตัวเดียว ดังตัวอย่างในภาพที่ 3.21 จะเห็นว่า FPP13 เป็น FPP ที่มีระดับความรุ่นแรงมากที่สุดซึ่งเป็นผลมาจากพารามิเตอร์ในกระบวนการที่ 4 คือ PP13 โดยมีความสัมพันธ์สูงกับ FPP13 คิดเป็นคะแนนความรุนแรงที่สูงที่สุด Z_{PP13} เท่ากับ 72 คะแนน ซึ่งถือว่าเป็นพารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตมากที่สุด

เมื่อพิจารณา FPP ที่มีระดับความรุนแรงรองลงมา คือ FPP4 มีผลมาจากพารามิเตอร์ในกระบวนการที่ 2 คือ IPP4 และ PP4 ซึ่งพารามิเตอร์ทั้งสองมีความสัมพันธ์สูงกับ FPP4 คิดเป็น

คะแนนความรุนแรง Z_{PP4} เท่ากันที่ 63 คะแนน แสดงว่า PP4 เป็นสาเหตุของผลกระทบต่อกระบวนการผลิตเป็นลำดับที่ 2 และเมื่อพิจารณาในทำนองเดียวกันก็พบว่า PP15 ในกระบวนการที่ 4 มีความสัมพันธ์สูงกับ FPP15 ซึ่งมีคะแนนความรุนแรง Z_{PP15} เท่ากับ 54 คะแนน ถือว่า PP15 เป็นสาเหตุของผลกระทบต่อกระบวนการผลิตเป็นลำดับที่ 3 โดยการพิจารณาจะทำตามหลักการนี้ไปเรื่อยๆ จนถึงพารามิเตอร์ที่มีคะแนนความสัมพันธ์กับ FPP ต่ำที่สุด

ผลจากการพิจารณาตามวิธีการดังกล่าวจะทำให้ทราบลำดับความสำคัญของกระบวนการในการปรับปรุง (จะยกตัวอย่างเฉพาะกระบวนการที่มีคะแนนความสัมพันธ์สูงกับ FPP ที่ถูกเลือก) ซึ่งจากการพิจารณาดังตัวอย่างข้างต้นจะเห็นว่า กระบวนการที่ 4 มีความสำคัญในการปรับปรุงเป็นลำดับแรก รองลงมาคือกระบวนการที่ 2 ซึ่งในการเลือกพารามิเตอร์ของกระบวนการที่จะทำการปรับปรุง จะพิจารณาตาม PP ที่มีคะแนนความสัมพันธ์กับ FPP จากมากไปน้อย คือ PP13, PP4, PP15, PP11, PP10 และ PP5 ตามลำดับ พิจารณาได้ดังภาพที่ 3.22

อย่างไรก็ตามในการเข้าไปปรับปรุงความสามารถของกระบวนการก็ควรที่จะมีการระดมสมอง (Brainstorm) จากทีม เพื่อพิจารณาว่าสามารถดำเนินการปรับปรุงจากพารามิเตอร์ในระดับ PP ได้กี่ตัว ทั้งนี้ต้องพิจารณาถึงความพร้อม และข้อจำกัดด้านทรัพยากรต่างๆในกระบวนการผลิต ซึ่งขึ้นอยู่กับความเห็นของแต่ละองค์กร



ภาพที่ 3.22 ตัวอย่างการเลือกพารามิเตอร์ (PP) โดยพิจารณาตามลำดับความสำคัญของ FPP

ข้อสังเกตจากการพิจารณาตามวิธีดังกล่าวคือ ในการพิจารณาคะแนนความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในกระบวนการกับ FPP ไม่ควรจะพิจารณาที่คะแนน Z_i โดยทันที เพราะ Z_i เป็นคะแนนรวมของพารามิเตอร์นั้นๆ ซึ่งอาจจะมีความสัมพันธ์กับ FPP ได้หลายตัว จึงควรที่จะ

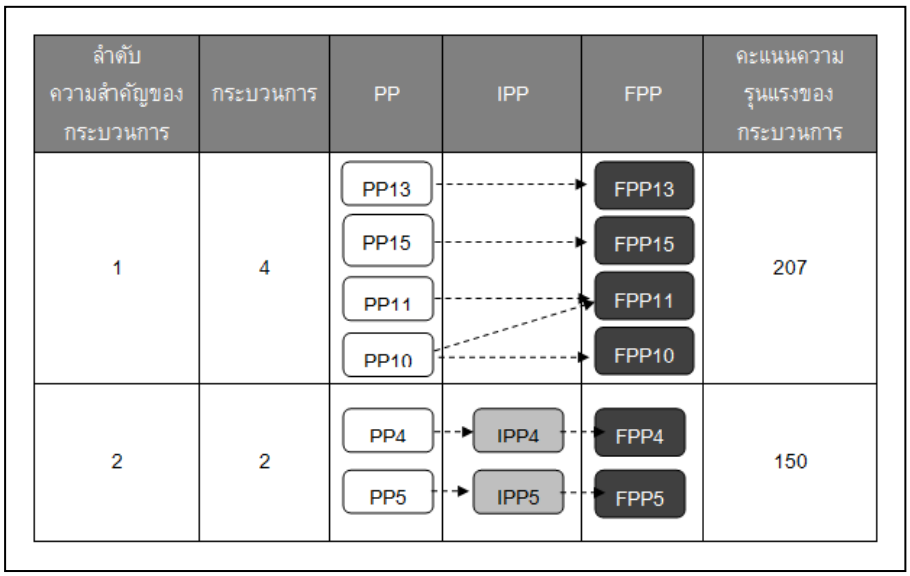
พิจารณาเพียงคะแนนความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์นั้น กับ FPP ที่กำลังพิจารณา และอีกประการหนึ่งคือกระบวนการที่มีพารามิเตอร์ที่สัมพันธ์กับ FPP ที่มีความสำคัญมากที่สุด อาจจะไม่ได้รับการพิจารณาเป็นลำดับแรกเสมอไป ยกตัวอย่างเช่น ถ้า PP13 มีความสัมพันธ์ในระดับปานกลางกับ FPP13 ซึ่งเป็น FPP ที่มีความสำคัญมากที่สุด โดยมีคะแนนความสัมพันธ์เป็น 4x8 เท่ากับ 32 คะแนน ในขณะที่ FPP4 มีความสำคัญรองลงมา และ มี PP4 เป็นพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์สูงกับ FPP4 ทำให้คะแนนความสัมพันธ์ที่ได้เป็น 9x7 เท่ากับ 63 คะแนน จะเห็นว่ากระบวนการที่ 2 ก็ควรจะได้รับการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการก่อนกระบวนการที่ 4

ข้อดีของการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ของกระบวนการที่จะปรับปรุงตามวิธีนี้ ซึ่งเป็นการพิจารณา IPP และ PP ที่มีความสัมพันธ์กับ FPP ไปทีละพารามิเตอร์ จะทำให้มั่นใจได้ว่าเป็นการพิจารณาลงไปถึงสาเหตุที่นำมาซึ่งผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิตอย่างแท้จริง ดังจะเห็นได้จากข้อสังเกตที่ยกขึ้นมาประกอบการพิจารณาในที่นี้ คือ เป็นการพิจารณาจากคะแนนความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในกระบวนการกับ FPP ซึ่งพารามิเตอร์ของกระบวนการที่มีความสัมพันธ์กับ FPP ที่มีความสำคัญมากที่สุด อาจจะไม่ได้ถูกนำมาไปพิจารณาเป็นลำดับแรกเสมอไป แต่วิธีนี้ยังมีข้อเสียในกรณีที่ กระบวนการผลิตมี FPP ที่มีความสำคัญเท่ากันหลายตัว อาจจะทำให้การพิจารณาลำดับความสำคัญของกระบวนการทำได้ยาก ซึ่งอาจจะต้องใช้การพิจารณาด้านอื่นๆจากความเห็นของทีมการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตมาร่วมพิจารณาด้วย และในการพิจารณาตามวิธีนี้จะใช้เวลาค่อนข้างมาก เนื่องจากจะต้องพิจารณาความสัมพันธ์ของ FPP กับพารามิเตอร์ในแต่ละกระบวนการไปทีละตัว ซึ่งจะมีความยุ่งยากกว่าการพิจารณาที่คะแนนรวมความรุนแรงของกระบวนการ (P_i)

- วิธีที่ 2 การพิจารณาตามคะแนนรวมความรุนแรงของกระบวนการ

เป็นการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุง โดยยึดตามคะแนนรวมความรุนแรงของกระบวนการ (P_i) เป็นหลัก โดยคะแนนรวมความรุนแรงของแต่ละกระบวนการจะมาจากผลรวมของคะแนนความรุนแรงของพารามิเตอร์ (Z_i) ซึ่งกระบวนการใดมีคะแนนรวมความรุนแรง (P_i) สูงที่สุด ก็จะได้รับการพิจารณาก่อน ดังเช่นตัวอย่าง พิจารณาตามส่วนที่ 6 ดังภาพที่ 3.21 จะเห็นว่ากระบวนการที่ 4 มีคะแนนรวมความรุนแรงของกระบวนการ (P_4) เป็น 207 คะแนน ซึ่งถือว่าเป็นกระบวนการที่ก่อให้เกิดความสูญเสียต่อกระบวนการผลิตมากที่สุด รองลงมาคือ กระบวนการที่ 2 ซึ่งมีคะแนนรวมความรุนแรงของกระบวนการ (P_2) เป็น 150 คะแนน

ผลลัพธ์จากการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการตามคะแนนความรุนแรงของกระบวนการ (P_i) ซึ่งจะเป็นการพิจารณาความสัมพันธ์ของ (IPP และ PP) กับ FPP หลายๆตัวไปพร้อมกัน พบว่ากระบวนการที่ 4 มีความสำคัญในการดำเนินการปรับปรุงเป็นลำดับแรก (P_4 = 207 คะแนน) รองลงมาคือกระบวนการที่ 2 (P_2 = 150 คะแนน) และในการเลือกพารามิเตอร์ในระดับ PP ไปทำการปรับปรุงนั้นจะเริ่มจากในกระบวนการที่ 4 ก่อน โดยจะพิจารณาไปตามคะแนนความรุนแรงของพารามิเตอร์ (Z_i) ซึ่งจะเห็นว่า PP13 ควรได้รับการพิจารณาไปปรับปรุงเป็นลำดับแรก รองลงมาคือ PP15, PP11 และ PP10 ตามลำดับ (พิจารณาได้ดังภาพที่ 3.23)



ภาพที่ 3.23 ตัวอย่างการเลือกพารามิเตอร์ (PP) โดยพิจารณาตามลำดับคะแนนความรุนแรงของกระบวนการ

การพิจารณาเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการโดยวิธีนี้ จะมีความแตกต่างจากการพิจารณาตามลำดับความสำคัญของ FPP คือมุ่งที่จะปรับปรุงในกระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง โดยจะเป็นการแก้ปัญหาจาก FPP ได้ครอบคลุมหลายตัวไปพร้อมๆกัน ดังเช่นตัวอย่างคือ ถ้ามุ่งปรับปรุงความสามารถของกระบวนการจาก PP ในกระบวนการที่ 4 จะทำให้ช่วยลดปัญหาจาก FPP13, FPP15, FPP11 และ FPP10 ที่จะนำมาซึ่งความสูญเสียต่อกระบวนการผลิต ในส่วนของการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่ 2 ซึ่งมีลำดับความสำคัญรองลงมา อาจจะต้องอาศัยการพิจารณาร่วมกันของทีมว่ามีความเหมาะสมที่จะนำมาพิจารณาปรับปรุงด้วยหรือไม่ อย่างไรก็ตามการเลือกพารามิเตอร์ในแต่ละกระบวนการไปทำการปรับปรุงอาจจะอาศัยเครื่องมือคุณภาพทางสถิติ (QC Tools) เช่น แผนภาพพาเรโต มาช่วย

ในการคัดเลือกเฉพาะ PP ที่มีผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิตไปทำการปรับปรุง ซึ่งจะทำการปรับปรุงในกี่ตัวนั้น ต้องขึ้นอยู่กับศักยภาพ และความพร้อมขององค์กรนั้นๆด้วย

ข้อดีของการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ตามวิธีนี้ จะสามารถพิจารณาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในแต่ละกระบวนการ (IPP และ PP) กับ FPP ได้หลายตัวไปพร้อมๆกัน ดังเช่นตัวอย่างดังภาพที่ 3.21 ในกระบวนการที่ 4 มีคะแนนรวมความรุนแรงของกระบวนการ (P_4) เป็น 207 คะแนน ซึ่งเป็นการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ในกระบวนการกับ FPP13, FPP15, FPP11 และ FPP10 ไปพร้อมๆกัน และจะเป็นประโยชนสำหรับการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตที่มีจำนวน FPP มาก และในแต่ละกระบวนการมี IPP และ PP ที่ต้องทำการพิจารณามากเช่นกัน ซึ่งทำให้การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว แต่ข้อเสียของวิธีนี้คือ อาจจะทำให้พารามิเตอร์ในกระบวนการ (IPP และ PP) ที่มีความสัมพันธ์สูงกับ FPP ในลำดับความสำคัญที่ควรได้รับการพิจารณาก่อน กลับได้รับการพิจารณาช้า เนื่องจากพารามิเตอร์ในกระบวนการนั้นมีความสัมพันธ์กับ FPP อื่นๆน้อยตัว ซึ่งเป็นผลให้มีคะแนนรวมความรุนแรงของกระบวนการ (P_i) น้อยกว่ากระบวนการที่มีพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กับ FPP ในลำดับความสำคัญรองลงมา แต่มีความสัมพันธ์กับ FPP อื่นๆหลายตัว เป็นผลให้คะแนนรวมความรุนแรงของกระบวนการ (P_i) นั้นมีค่าสูงกว่าได้

3.5.3 สรุปขั้นตอนการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

FPP เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ดังนั้นในการเลือกปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิต จะต้องพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ในกระบวนการกับ FPP ที่นำไปสู่ปัญหารุนแรงในกระบวนการผลิต โดยสามารถสรุปขั้นตอนในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ของกระบวนการที่จะปรับปรุง แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนหลักๆ ดังนี้

1. การพิจารณาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์แต่ละประเภทในกระบวนการผลิต ซึ่งในแต่ละกระบวนการจะมีพารามิเตอร์ คือ IPP และ PP ที่มีความสัมพันธ์กับ FPP ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยในการพิจารณาไปถึงระดับ IPP และ PP จะช่วยให้ทราบถึงสาเหตุหลักที่มีผลให้ FPP นั้นๆมีความวิกฤต ในการพิจารณาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในแต่ละประเภท จะเป็นการคัดกรองเอาเฉพาะ IPP หรือ PP ที่มีความสัมพันธ์กับ FPP เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงในระดับ FPP ไปสู่ PP และการที่จะได้มาซึ่ง IPP หรือ PP ที่ถือว่าเป็น

สาเหตุที่ส่งผลต่อ FPP ในแต่ละตัว จะต้องมาจากการระดมสมอง (Brainstorm) ของทีมปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ เช่นการอาศัยแผนภาพแสดงสาเหตุและผล (Course and effect diagram) มาช่วยในการพิจารณา ในส่วนของแผนภาพการพิจารณาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในแต่ละประเภท (ภาพที่ 3.20) จะช่วยแสดงความสัมพันธ์ของ IPP และ PP ที่มีความเกี่ยวข้องกับ FPP ซึ่งง่ายต่อการนำไปพิจารณาลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ไปทำการปรับปรุงโดยใช้แผนผังเมทริกซ์ในขั้นตอนต่อไป

2. การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ของกระบวนการ (PP) ที่จะปรับปรุง โดยใช้แผนผังเมทริกซ์ในการพิจารณาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในแต่ละกระบวนการ (IPP และ PP) กับ FPP เรียงตามลำดับความสำคัญที่นำไปสู่ผลกระทบต่อการผลิต โดยการเลือกปรับปรุงความสามารถของกระบวนการสามารถพิจารณาได้ 2 วิธี คือ

- วิธีที่ 1 การพิจารณาตามลำดับความสำคัญของ FPP เป็นการเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ โดยจะพิจารณาจากความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในกระบวนการ (IPP และ PP) กับ FPP ที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิต โดยเป็นการพิจารณาไปทีละพารามิเตอร์ ซึ่ง IPP หรือ PP ตัวใดที่มีความสัมพันธ์สูงกับ FPP ที่มีลำดับความสำคัญสูงที่สุด ก็ควรจะได้รับพิจารณาในการดำเนินการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการเป็นลำดับแรก
- วิธีที่ 2 การพิจารณาคะแนนความรุนแรงของกระบวนการ เป็นการเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการจากคะแนนรวมความรุนแรงของกระบวนการ (P_i) ซึ่งกระบวนการใดมีค่า P_i สูงสุดจะได้รับการพิจารณาในการดำเนินการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการก่อน ถือว่าวิธีการนี้จะช่วยให้ลดผลกระทบที่มาจาก FPP หลายตัวไปพร้อมๆกัน

อย่างไรก็ตามการเลือกวิธีในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์จากการพิจารณาโดยแผนผังเมทริกซ์ทั้ง 2 วิธีนั้น ต่างก็มีทั้งข้อดีและข้อเสีย ดังนั้นการจะเลือกใช้วิธีใดต้องพิจารณาจากความเหมาะสม เช่น จำนวนของ FPP ที่นำมาพิจารณา หรือข้อจำกัดในด้านเวลา โดยกระบวนการที่มี FPP ที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิตจำนวนไม่มากนัก หรือพารามิเตอร์ในแต่ละกระบวนการมีจำนวนไม่มาก ก็ควรจะเลือกการพิจารณาทีละพารามิเตอร์ตามลำดับความสำคัญของ FPP สำหรับกรณีที่มี FPP ที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก การพิจารณาตามวิธีที่ 1 ก็อาจจะมีความยุ่งยากและใช้เวลานาน จึงควรที่จะเลือกพิจารณาจากคะแนนรวมความรุนแรงของกระบวนการตามวิธีที่ 2 ซึ่งการที่จะ

เลือกใช้วิธีใดนั้น ต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของการพิจารณาร่วมกันของทีมปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

3.6 การกำหนดแนวทางการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

เมื่อทราบถึงกระบวนการ และพารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบต่อความสูญเสียทั้งในเชิงต้นทุนและความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์แล้ว ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการให้ดีขึ้นจะต้องพิจารณาว่า ควรที่จะดำเนินการแก้ไขในเรื่องความผันแปรของกระบวนการ (Process variation), ค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเป้าหมาย (Mean off target) หรือควรที่จะแก้ไขในทั้ง 2 ด้าน โดยทั่วไปแล้วในการที่จะดำเนินการแก้ไขในด้านใดนั้น สามารถพิจารณาได้จากดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ (Process capability indices: PCIs) เช่น C_p, C_{pk} ซึ่งเป็นดัชนีวัดศักยภาพของกระบวนการ และดัชนีวัดสมรรถนะของกระบวนการในระยะสั้น ตามลำดับ หรือ P_p, P_{pk} ซึ่งเป็นดัชนีวัดศักยภาพของกระบวนการ และดัชนีวัดสมรรถนะของกระบวนการในระยะยาว ตามลำดับ โดยในการแก้ไขก็ควรที่จะดำเนินการตามดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการที่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์การยอมรับของกระบวนการทั่วไปที่ 1.33 (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2553: 79) เช่น C_p มีค่าน้อยกว่า 1.33 ก็ควรที่จะดำเนินการปรับลดความผันแปรของกระบวนการ หรือ C_{pk} มีค่าน้อยกว่า 1.33 และมีค่าน้อยกว่า C_p แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของกระบวนการเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย ก็ควรที่จะดำเนินการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมายมากที่สุด และปรับลดความผันแปรของกระบวนการลงด้วย

อย่างไรก็ตามค่าดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการที่ผ่านเกณฑ์ยอมรับ ก็ไม่ได้หมายความว่ากระบวนการผลิตนั้นจะก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียต่ำ ถ้ามีต้นทุนในการผลิตสูงกว่ากระบวนการที่มีค่าดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการที่ต่ำกว่าหรือไม่ผ่านเกณฑ์ยอมรับ การปรับปรุงความสามารถของกระบวนการโดยการพิจารณาจากดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ หรือมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นอาจจะยังไม่เพียงพอในการพิจารณาเลือกแนวทางการปรับปรุงกระบวนการ ถ้าแนวทางนั้นไม่สามารถที่จะดำเนินการได้จริงเนื่องจากองค์กรนั้นๆ ไม่มีความพร้อม หรือเป็นแนวทางที่ดำเนินการแก้ไขได้ยาก อาจจะต้องสิ้นเปลืองทรัพยากรในด้านต่างๆ เช่น พนักงาน, วัตถุดิบ, มีต้นทุนสูงในการหาแนวทางปรับปรุงที่ดีที่สุด (Optimal solution) หรือระยะเวลาในการดำเนินการที่ยาวนานอาจจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตได้ ซึ่งมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ (Cost saving) อาจจะไม่คุ้มค่ากับเงินลงทุนหรือทรัพยากรที่ต้องสูญเสียไปจากการดำเนินการตามแนวทางที่ได้เลือกไว้

จากแนวคิดดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงได้เสนอแนวทางในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ ทั้งกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบสมมาตร (Symmetric bilateral specifications), กระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบไม่สมมาตร (Asymmetric bilateral specifications) และกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว (Unilateral specification) โดยอาศัยการพิจารณาจากดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการร่วมกับการพิจารณาความเป็นไปได้จากความยากง่าย และความคุ้มค่าในการดำเนินการปรับปรุงเมื่อเทียบกับมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 แนวทางหลักๆ คือ

1. แนวทางการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบสมมาตร และไม่สมมาตร แสดงขั้นตอนการพิจารณาดังภาพที่ 3.24
2. แนวทางการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว ซึ่งแสดงขั้นตอนการพิจารณาดังภาพที่ 3.26

3.6.1 แนวทางการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบสมมาตร และไม่สมมาตร

ในการประเมินความสามารถของกระบวนการโดยทั่วไป จะพิจารณาจากดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการซึ่งใช้กันโดยส่วนใหญ่ในระบบอุตสาหกรรม เช่น C_p, C_{pk}, C_{pm} และ C_{pmk} แต่ดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการซึ่งเป็นที่นิยมเหล่านี้ก็มีข้อจำกัดในการนำไปใช้ ซึ่งจะใช้ประเมินความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดแบบสมมาตร แต่จะไม่มีความน่าเชื่อถือเมื่อนำไปใช้ในการประเมินความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดแบบไม่สมมาตร (Grau, 2010) ยกตัวอย่างเช่น กระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดแบบไม่สมมาตร ซึ่งมีข้อมูลกระบวนการดังนี้

- ขีดจำกัดกำหนดด้านบน (USL) = 255
- ขีดจำกัดกำหนดด้านล่าง (LSL) = 240
- ค่าเป้าหมาย (Target) = 250
- ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ (μ) = 250
- ความผันแปรของกระบวนการ ($\boldsymbol{\sigma}$) = 2.5

สามารถประเมินความสามารถของกระบวนการจากค่า C_p และ C_{pk} ได้ดังนี้

$$C_p = \frac{USL-LSL}{6\boldsymbol{\sigma}} = \frac{255 - 240}{6(2.5)} = 1.00$$

$$C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\sigma} = \frac{255 - 250}{3(2.5)} = 0.67$$

$$C_{pl} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma} = \frac{250 - 240}{3(2.5)} = 1.33$$

$$C_{pk} = \min (C_{pl}, C_{pu})$$

$$C_{pk} = 0.67$$

การประเมินความสามารถของกระบวนการด้วยดัชนี C_p และ C_{pk} สำหรับกระบวนการที่มีค่าเฉลี่ยของกระบวนการตรงกับค่าเป้าหมาย จะมีค่า C_p และ C_{pk} เท่ากัน แต่ในตัวอย่างข้างต้นเป็นกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดแบบไม่สมมาตรที่มีค่า $C_p = 1.00$ และ $C_{pk} = 0.67$ ซึ่งจากค่า C_p และ C_{pk} ที่แตกต่างกันนี้แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของกระบวนการนั้นเบี่ยงเบนไปจากค่าเป้าหมาย แต่ความจริงแล้วกระบวนการตัวอย่างนี้มีค่าเฉลี่ยของกระบวนการตรงกับค่าเป้าหมาย จะเห็นว่าการใช้ C_p และ C_{pk} ในการประเมินความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดแบบไม่สมมาตรอาจจะทำให้เกิดการเข้าใจผิดในการตีความได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ประยุกต์ใช้วิธีการคำนวณดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบไม่สมมาตร ซึ่งข้อมูลของกระบวนการอยู่ภายใต้สมมติฐานของการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) โดยอ้างอิงจาก Chen and Pearn (2001) พิจารณาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$C_p'' = \frac{d^*}{3\sigma} \tag{3.31}$$

และ $$C_{pk}'' = \frac{d^* - F^*}{3\sigma} \tag{3.32}$$

โดยที่ C_p'' = ดัชนีวัดความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ (ความผันแปร)

C_{pk}'' = ดัชนีวัดความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ (ค่าเฉลี่ย)

$d^* = \min(d_U , d_L)$, $d_U = USL - T$, $d_L = T - LSL$

T = Target

$F^* = \max (d^*(\mu - T)/d_U, d^*(T - \mu)/d_L)$

สามารถพิสูจน์ความน่าเชื่อถือของค่า C_p'' และ C_{pk}'' ในการประเมินความสามารถของกระบวนการที่มีขีดกำหนดสองด้านแบบไม่สมมาตร ซึ่งพิจารณาจากข้อมูลที่นำเสนอไว้ข้างต้น ดังนี้

$d_U = USL - T = 255 - 250 = 5$

$d_L = T - LSL = 250 - 240 = 10$

$d^* = \min(5, 10) = 5$

$F^* = \max(d^*(\mu - T)/d_U, d^*(T - \mu)/d_L)$

$F^* = \max(5(250-250)/5, 5(250-250)/10)$

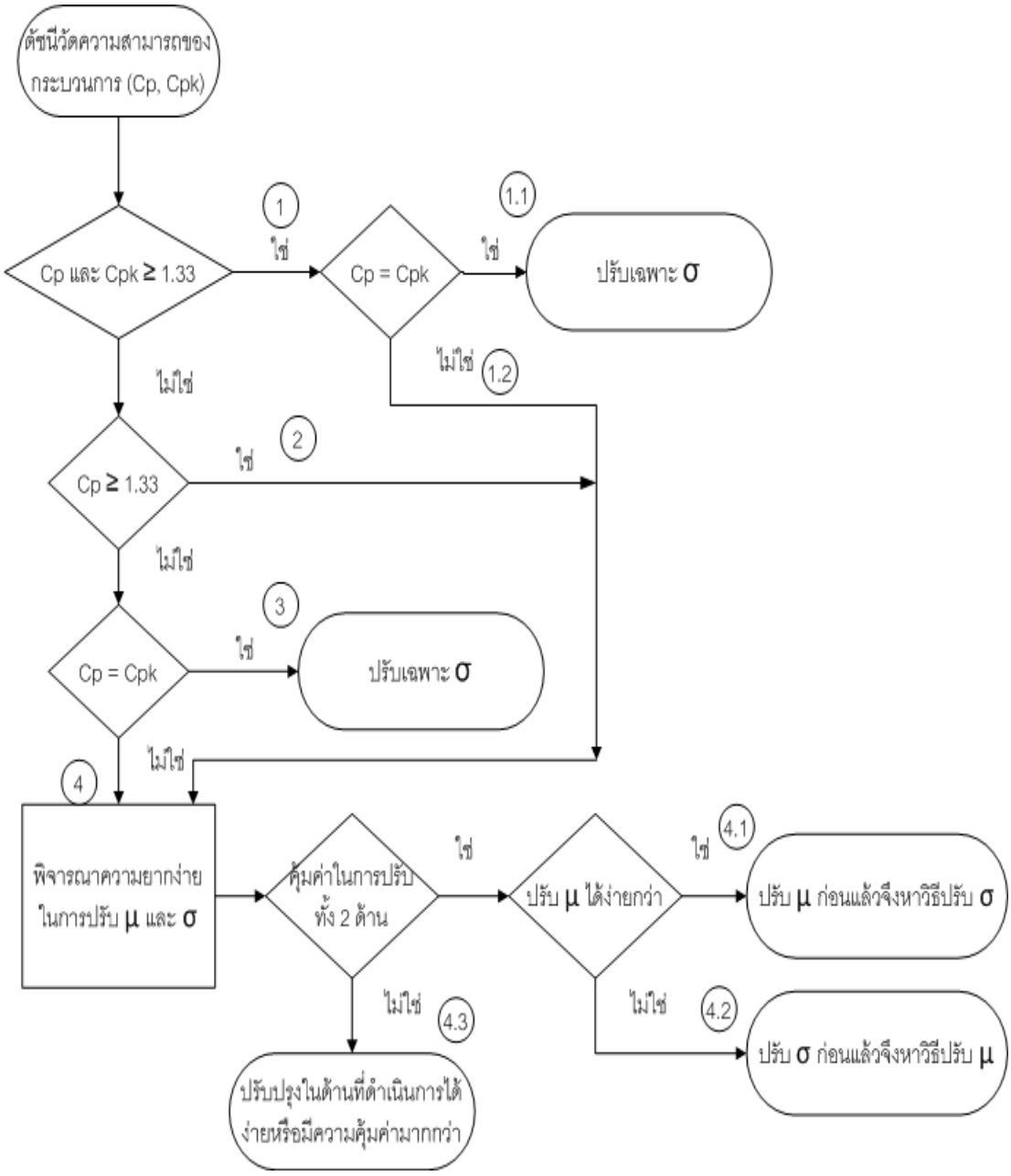
$F^* = \max(0, 0) = 0$

$$C_p'' = \frac{d^*}{3\sigma} = \frac{5}{3(2.5)} = 0.67$$

$$C_{pk}'' = \frac{d^* - F^*}{3\sigma} = \frac{5-0}{3(2.5)} = 0.67$$

จะเห็นว่าเมื่อค่าเฉลี่ยของกระบวนการตรงกับค่าเป้าหมายดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ C_p'' และ C_{pk}'' จะมีค่าเท่ากัน ซึ่งจะทำให้ไม่เกิดความเข้าใจผิดในการตีความ ถือว่ามีความน่าเชื่อถือในการใช้ประเมินความสามารถของกระบวนการที่มีขีดกำหนดสองด้านแบบไม่สมมาตร และข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

ในการพิจารณาเลือกแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ สำหรับกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบสมมาตร และกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบไม่สมมาตร ซึ่งต้องอาศัยดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการเป็นตัวแปรหนึ่งที่นำมาพิจารณาร่วมกับความคุ้มค่าในการดำเนินการเทียบกับมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ สามารถพิจารณาได้จากแนวทางเดียวกันดังภาพที่ 3.24 แต่มีข้อสังเกตคือจะมีวิธีการคำนวณดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการแตกต่างกัน (กระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบสมมาตรจะใช้ดัชนี C_p และ C_{pk} ส่วนกระที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบไม่สมมาตรจะใช้ดัชนี C_p'' และ C_{pk}'' ในการพิจารณา)



ภาพที่ 3.24 แนวทางในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบสมมาตร และกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบไม่สมมาตร

จากภาพที่ 3.24 สามารถพิจารณาแนวทางการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการได้ดังนี้

1. แนวทางที่ 1 เมื่อพิจารณาค่า C_p และ C_{pk} แล้วผ่านเกณฑ์การยอมรับที่ 1.33 ($\geq$ 1.33) แสดงให้เห็นว่ากระบวนการมีความสามารถที่ยอมรับได้ทั้งด้านความผันแปรและค่าเฉลี่ยของกระบวนการ แต่กระบวนการที่เลือกมาปรับปรุงนั้นเป็นกระบวนการที่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียสูงหรือมีผลกระทบรุนแรงต่อความพึงพอใจของผู้บริโภค จึงควรพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการให้ดีขึ้นถึงแม้ว่าจะผ่านเกณฑ์การยอมรับ เพื่อให้ความสูญเสียจากกระบวนการผลิตลดลง โดยแบ่งออกเป็น 2 แนวทางคือ

   1.1 เมื่อค่า C_p ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับ C_{pk} แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของกระบวนการนั้นตรงหรือใกล้เคียงกับค่าเป้าหมาย ซึ่งมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นอาจจะยังมีผลมาจากความผันแปรของกระบวนการ จึงควรมุ่งปรับลดเพียงความผันแปรของกระบวนการ

   1.2 เมื่อค่า C_p มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับ C_{pk} กล่าวคือ ค่า C_{pk} ของกระบวนการนั้นน้อยกว่า C_p (C_{pk} มีค่าได้สูงสุดไม่เกินค่า C_p) แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของกระบวนเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย (Mean off target) ซึ่งความสูญเสียที่เกิดขึ้นอาจจะยังมีผลมาจากค่าเฉลี่ยของกระบวนการหรือการที่ความผันแปรของกระบวนการที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับอาจจะยังมีผลต่อมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นอยู่บ้าง จึงควรมีการพิจารณาถึงความยากง่ายในการปรับค่าเฉลี่ยหรือลดความผันแปรของกระบวนการ ร่วมกับการพิจารณาความคุ้มค่าในการดำเนินการเทียบกับมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ โดยดำเนินการตามแนวทางที่ 4

2. แนวทางที่ 2 เมื่อพิจารณาค่า C_p และ C_{pk} แล้วมีเฉพาะค่า C_p ที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับ ($C_p > C_{pk}$) แสดงให้เห็นว่ากระบวนการมีปัญหาในเรื่องค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเป้าหมาย ซึ่งความสูญเสียที่เกิดขึ้นยังคงมีผลมาจากค่าเฉลี่ยของกระบวนการ หรือการที่ความผันแปรของกระบวนการที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับอาจจะยังมีผลต่อมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นอยู่บ้าง จึงควรมีการพิจารณาถึงความยากง่ายในการปรับค่าเฉลี่ยหรือลดความผันแปรของกระบวนการ ร่วมกับการพิจารณาความคุ้มค่าในการดำเนินการเทียบกับมูลค่าความสูญที่ลดลงได้ โดยดำเนินการตามแนวทางที่ 4

3. แนวทางที่ 3 เมื่อพิจารณาทั้งค่า C_p และ C_{pk} แล้วไม่ผ่านเกณฑ์การยอมรับ โดยที่ C_p และ C_{pk} มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของกระบวนการนั้นตรงหรือใกล้เคียงกับค่าเป้าหมาย แต่ยังมีความผันแปรของกระบวนการที่ทำให้เกิดความสูญเสียในกระบวนการผลิต จึงควรมุ่งปรับลดเพียงความผันแปรของกระบวนการ

4. แนวทางที่ 4 เมื่อพิจารณาทั้งค่า C_p และ C_{pk} แล้วไม่ผ่านเกณฑ์การยอมรับ โดยที่ C_p มีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับ C_{pk} แสดงให้เห็นว่ากระบวนการนั้นมีปัญหาทั้งในเรื่องของความผันแปรและค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเป้าหมาย จึงควรที่จะปรับปรุงความสามารถของกระบวนการจากทั้ง 2 ด้าน โดยจะพิจารณาความยากง่ายในการปรับลดความผันแปรของกระบวนการ หรือการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมายมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามควรจะต้องมีการประเมินความเป็นไปได้หรือความคุ้มค่าในการดำเนินการปรับปรุงในทั้ง 2 ด้าน เทียบกับมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ ซึ่งจะช่วยให้ไม่เกิดความสูญเปล่าในกรณีที่องค์กรนั้นๆไม่มีศักยภาพเพียงพอที่จะดำเนินการปรับปรุงในทั้ง 2 ด้าน สามารถแบ่งการพิจารณาการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการออกได้ 3 แนวทางคือ

4.1 เมื่อพิจารณาความยากง่ายในการปรับค่าเฉลี่ยและความผันแปรของกระบวนการซึ่งมีความคุ้มค่าที่จะดำเนินการปรับปรุงในทั้ง 2 ด้าน ถ้าพบว่าการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมาย (ค่าที่ดีที่สุดที่สามารถปรับได้) ซึ่งทำให้ลดมูลค่าความสูญเสียลงได้ที่ค่าๆหนึ่ง และสามารถดำเนินการได้ง่ายหรือรวดเร็วกว่าการปรับลดความผันแปรของกระบวนการที่มีมูลค่าความสูญเสียลดลงได้เท่ากับการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมาย ก็ควรที่จะดำเนินการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมายมากที่สุดก่อน แล้วจึงหาแนวทางในการปรับลดความผันแปรของกระบวนการ

4.2 เมื่อพิจารณาความยากง่ายในการปรับค่าเฉลี่ยและความผันแปรของกระบวนการซึ่งมีความคุ้มค่าที่จะดำเนินการปรับปรุงในทั้ง 2 ด้าน ถ้าพบว่าการปรับลดความผันแปรของกระบวนการที่จะทำให้มีมูลค่าความสูญเสียลดลงได้เท่ากับการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมาย ซึ่งสามารถดำเนินการได้ง่ายหรือสามารถลดมูลค่าความสูญเสียลงได้มากกว่าการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมาย ก็ควรที่จะดำเนินการปรับลดความผันแปรของกระบวนการก่อน แล้วจึงหาแนวทางในการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมายมากที่สุด

4.3 เมื่อพิจารณาความยากง่ายในการปรับค่าเฉลี่ยและความผันแปรของกระบวนการ ซึ่งพบว่าไม่คุ้มค่าที่จะดำเนินการปรับปรุงในทั้ง 2 ด้าน ก็ควรเลือกปรับปรุงในด้านที่สามารถดำเนินการได้ง่ายหรือมีความคุ้มมากกว่า

ข้อสังเกตสำหรับการพิจารณาแนวทางในการดำเนินการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ ซึ่งจะใช้ดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการในระยะสั้น (C_p และ C_{pk}) เป็นปัจจัยหนึ่งที่นำมาพิจารณาแทนการใช้ดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการในระยะยาว (P_p และ P_{pk}) เนื่องจากเมื่อกระบวนการอยู่ในสภาวะควบคุมแล้ว ดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการในระยะสั้นและระยะยาวจะไม่แตกต่างกัน กล่าวคือ ค่า P_p ก็คือ C_p และค่า P_{pk} ก็คือ C_{pk} (Montgomery, 2005) โดยแนวทางการดำเนินการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการนี้เป็นเพียงข้อเสนอแนะ ซึ่งองค์กรที่นำไปปรับใช้ต้องพิจารณาถึงความคุ้มค่า ว่าควรที่จะปรับปรุงในทั้ง 2 ด้านหรือเพียงด้านใดด้านหนึ่ง เช่น กระบวนการผลิตที่ต้องดำเนินการปรับทั้งด้านความผันแปรและค่าเฉลี่ยของกระบวนการ ถ้าในกรณีที่การปรับลดความผันแปรของกระบวนการต้องอาศัยความพร้อมหรือทรัพยากรด้านต่างๆ เช่น เงินลงทุนในการเปลี่ยนเครื่องจักรใหม่ หรือการทดลองเพื่อที่จะหาแนวปฏิบัติที่ทำให้เกิดความผันแปรของกระบวนการต่ำที่สุดเป็นเรื่องที่ยาก อาจจะต้องอาศัยทั้งพนักงาน, วัตถุดิบ หรือระยะเวลาที่ยาวนาน ซึ่งไม่คุ้มค่าต่อการดำเนินการปรับปรุง ก็อาจจะดำเนินการเพียงการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมาย โดยต้องอยู่บนพื้นฐานของการพิจารณาจากทีมปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

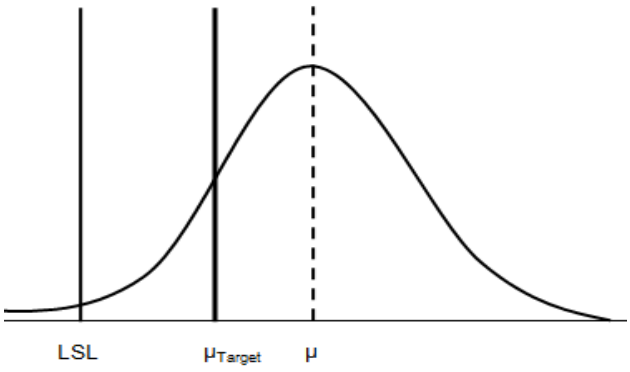
3.6.2 แนวทางการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว

การประเมินความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว จะอาศัยดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการคือ C_{pk} ซึ่งไม่สามารถวัดออกมาในรูปของ C_p ได้ โดยเกณฑ์ในการยอมรับความสามารถของกระบวนการทั่วไปจะอยู่ที่ 1.25 (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2553: 105) แต่ก็ไม่ได้หมายความว่ากระบวนการที่ผ่านเกณฑ์ยอมรับนั้นจะไม่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียถ้าหากมีต้นทุนในการผลิตสูง ซึ่งการพิจารณาจากค่า C_{pk} อาจจะไม่เพียงพอในการเลือกแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ เช่นในกรณีของกระบวนการที่ถูกเลือกให้ดำเนินการปรับปรุงก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียสูงและมีผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคแต่กลับมีค่า C_{pk} ที่ผ่านเกณฑ์ยอมรับ และการกระจายตัวของข้อมูลอยู่ในช่วงที่แคบ ก็ควรที่จะมีการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการให้ดีขึ้น โดยความสูญเสียที่เกิดขึ้นอาจจะเป็นผล

จากทั้งด้านค่าเฉลี่ยและความผันแปรของกระบวนการก็ได้ ซึ่งจะเห็นว่าการพิจารณาค่า C_{pk} อาจจะไม่มีความจำเป็นเพราะ ค่า C_{pk} ที่ผ่านเกณฑ์ยอมรับนั้นไม่ได้แสดงให้เห็นว่าผลกระทบที่มาจากค่าเฉลี่ยของกระบวนการจะไม่เกิดขึ้น ซึ่งก่อนดำเนินการปรับปรุง ก็ควรทำการประเมินความเป็นไปได้ในการดำเนินการอีกครั้งหนึ่ง

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว จากความยากง่ายในการปรับค่าเฉลี่ยหรือลดความผันแปรของกระบวนการ และความคุ้มค่าในการดำเนินการเทียบกับมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ โดยไม่นำดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการมาร่วมพิจารณา ซึ่งมีข้อสังเกตในการพิจารณาแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการดังนี้

ในการควบคุมกระบวนการผลิตที่มีขีดจำกัดกำหนดเพียงด้านเดียว จะมีข้อกำหนดในการผลิตคือ ต้องควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ไม่เกินขีดจำกัดกำหนดด้านบน (USL) หรือ ต้องควบคุมให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพไม่ต่ำกว่าขีดจำกัดกำหนดด้านล่าง (LSL) ซึ่งไม่มีค่าเป้าหมายในการผลิต (Target) แต่ในการผลิตจริงนอกจากจะมีการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากขีดจำกัดกำหนดในด้านใดด้านหนึ่งแล้ว ผู้ผลิตจะมีการกำหนดเป้าหมายในการผลิต (Goal) ดังเช่น กระบวนการชุบทองในอุตสาหกรรมผลิตแผ่นลายวงจรไฟฟ้าชนิดอ่อน (ศิรินทรา ทันอินทรอาจ และ นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ, 2555) โดยงานวิจัยนี้ได้นำแนวคิดดังกล่าวมาใช้ในการกำหนดเป้าหมายการผลิตสำหรับกระบวนการที่ถูกควบคุมด้วยขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว ซึ่งจะเรียกว่าค่าเฉลี่ยเป้าหมาย (Target mean: μ_{Target}) พิจารณาดังภาพที่ 3.25

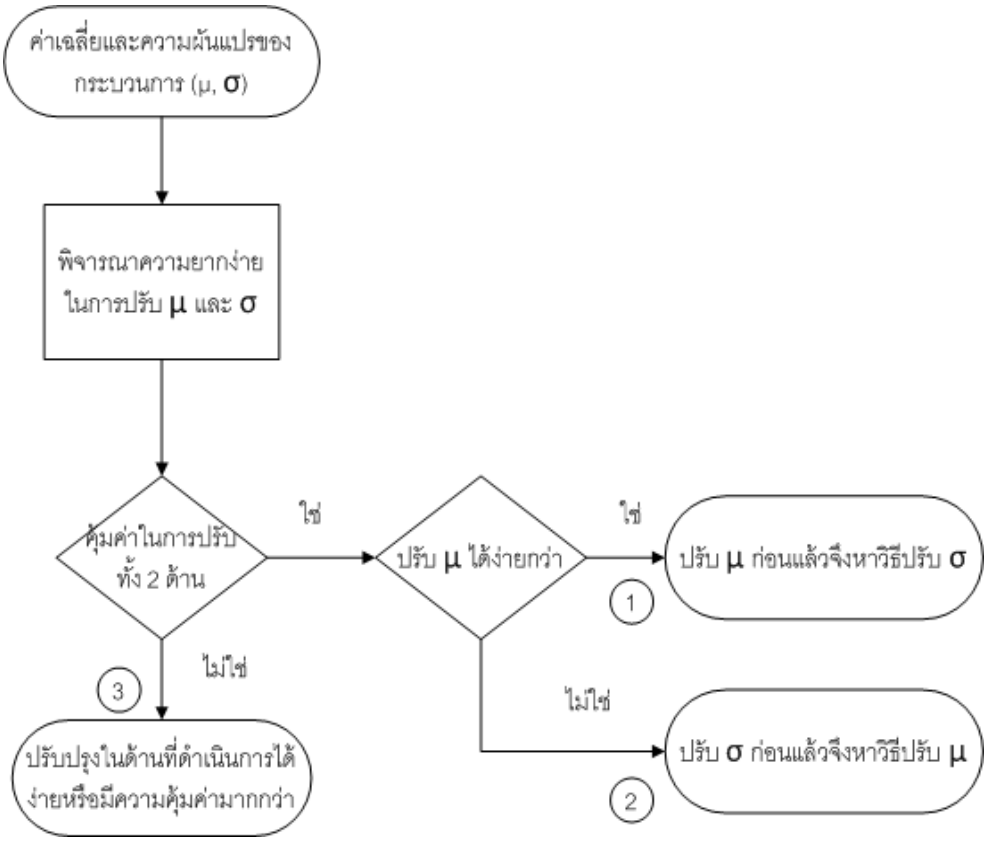


ภาพที่ 3.25 การกำหนดค่าเฉลี่ยเป้าหมาย สำหรับกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว

จากการกำหนดค่าเฉลี่ยเป้าหมายในการผลิต จะสามารถใช้ประโยชน์ในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมาย และเป็นแนวทางในการปรับปรุง

ความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว เช่น เป็นแนวทางให้ผู้ผลิตปรับปรุงความสามารถของกระบวนการให้ตรงกับค่าเฉลี่ยเป้าหมายมากที่สุด

แนวทางการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว สามารถพิจารณาได้ดังภาพที่ 3.26



ภาพที่ 3.26 แนวทางในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว

จากภาพที่ 3.26 สามารถพิจารณาแนวทางการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการได้ดังนี้

1. แนวทางที่ 1 เมื่อพิจารณาความยากง่ายในการปรับค่าเฉลี่ยและความผันแปรของกระบวนการ ซึ่งมีความคุ้มค่าที่จะดำเนินการปรับปรุงในทั้ง 2 ด้าน ถ้าว่าพบการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการตามค่าเฉลี่ยเป้าหมาย (μ_{Target}) ทำให้ลดมูลค่าความสูญเสียลงได้ที่ค่าๆหนึ่ง และสามารถดำเนินการได้ง่ายหรือรวดเร็วกว่าการปรับลดความผันแปรของกระบวนการที่มีมูลค่าความสูญเสียลดลงได้เท่ากับการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการตามค่าเฉลี่ยเป้าหมาย ก็ควรที่จะ

ดำเนินการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการก่อน แล้วจึงหาแนวทางในการปรับลดความผันแปรของกระบวนการ

2. เมื่อพิจารณาความยากง่ายในการปรับค่าเฉลี่ยและความผันแปรของกระบวนการ ซึ่งมีความคุ้มค่าที่จะดำเนินการปรับปรุงในทั้ง 2 ด้าน ถ้าพบว่าการปรับลดความผันแปรของกระบวนการที่จะทำให้มีมูลค่าความสูญเสียลดลงได้เท่ากับการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเฉลี่ยเป้าหมาย ซึ่งสามารถดำเนินการได้ง่าย หรือสามารถลดมูลค่าความสูญเสียลงได้มากกว่าการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเฉลี่ยเป้าหมาย ก็ควรที่จะดำเนินการปรับลดความผันแปรของกระบวนการก่อน แล้วจึงหาแนวทางในการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการ

3. เมื่อพิจารณาความยากง่ายในการปรับค่าเฉลี่ยและความผันแปรของกระบวนการ ซึ่งพบว่าไม่คุ้มค่าที่จะดำเนินการปรับปรุงในทั้ง 2 ด้าน ก็ควรเลือกปรับปรุงในด้านที่สามารถดำเนินการได้ง่ายหรือมีความคุ้มมากกว่า

3.6.3 ตัวอย่างการพิจารณาแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

การพิจารณาแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ จะขอยกตัวอย่างจากกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบสมมาตร เนื่องจากการพิจารณาแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบไม่สมมาตร และกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว ก็มีหลักการพิจารณาเช่นเกียวกัน (แต่กระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียวจะพิจารณาเฉพาะส่วนของ ความยากง่าย และความคุ้มค่าในการดำเนินการ)

จากตัวอย่างในหัวข้อที่ 3.3.4 สามารถพิจารณาแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่ 2 ในการผลิตผลิตภัณฑ์ A ซึ่งถูกควบคุมด้วยพารามิเตอร์ในระดับ FPP คือ ความหนา (Thickness) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของกระบวนการอยู่ที่ 15.15 มม. และมีความผันแปรของกระบวนการเป็น 0.36 ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสีย 11,598 บาทต่อเดือน โดยมีขั้นตอนการพิจารณาตามภาพที่ 3.24 ดังนี้

1. พิจารณาดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ

จากการประเมินความสามารถของกระบวนการที่ 2 ด้วยดัชนีวัดความสามารถดังภาพที่ 3.12 พบว่ามีค่า C_p= 0.92 และ C_{pk}= 0.78 ซึ่งจะเห็นว่ามีค่ามากกว่าดัชนีวัดความสามารถจากกระบวนการที่1 ดังภาพที่ 3.11 (C_p= 0.86, C_{pk}= 0.73) แต่กระบวนการที่ 2 กลับก่อให้เกิดมูลค่า

ความสูญเสียที่สูงกว่ากระบวนการที่ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการที่สูงกว่าอาจจะมีมูลค่าความสูญเสียจากกระบวนการผลิตที่มากกว่าก็ได้

จากค่า C_p= 0.92 และ C_{pk}= 0.78 แสดงถึงความสามารถของกระบวนการที่ 2 ไม่ผ่านเกณฑ์ยอมรับ (1.33) ทั้งด้านความผันแปรของกระบวนการ และแสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของกระบวนการเบี่ยงเบนไปจากค่าเป้าหมาย กล่าวคือมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นอาจจะมีผลมาจากความสามารถของกระบวนการในทั้ง 2 ด้าน ซึ่งจะต้องพิจารณาความเป็นไปได้ในการเลือกแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการตามแนวทางที่ 4

2. พิจารณาความเป็นไปได้ในการเลือกแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

จากดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการที่ 2 ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์ยอมรับ ก็ควรที่จะปรับปรุงความสามารถของกระบวนการจากทั้ง 2 ด้าน ซึ่งต้องพิจารณาความยากง่ายในการปรับลดความผันแปรของกระบวนการ หรือการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมายมากที่สุดเทียบกับมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ (Cost saving) ซึ่งคำนวณได้จากผลต่างของมูลค่าความสูญเสียก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ โดยมีหลักการพิจารณาดังนี้

- พิจารณามูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ จากการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการ

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการพิจารณามูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้จากการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมาย ซึ่งเป็นค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ จากข้อมูลตัวอย่างของกระบวนการที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่ 15.15 มม. ค่าเป้าหมายของกระบวนการที่ 15 มม. และความผันแปรของกระบวนการ 0.36 สามารถเปรียบเทียบมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ดังตารางที่ 3.13

ตารางที่ 3.13 ตัวอย่างการพิจารณามูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ จากการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมาย (บาทต่อเดือน)

กระบวนการ	ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ	ความผันแปรของกระบวนการ	ผลต่างของค่าเฉลี่ยฯ	มูลค่าความสูญเสียรวม	มูลค่าความสูญเสียที่ลดลง
ก่อนปรับปรุง	15.15	0.36	0.15	11,598	7,264
หลังปรับปรุง	15	0.36		4,334	

จากตารางที่ 3.13 ในการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมาย จะต้องดำเนินการปรับลดจาก 15.15 มม. ให้เหลือที่ 15 มม. โดยที่ความผันแปรของกระบวนการยังคง

เป็น 0.36 (σ Fixed) พบว่าที่ค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่ตรงตามค่าเป้าหมาย (μ=15, σ= 0.36) ก่อให้เกิดความสูญเสียเป็นมูลค่า 4,334 บาทต่อเดือน ซึ่งการปรับลดค่าเฉลี่ยของกระบวนการลง 0.15 มม. สามารถลดมูลค่าความสูญเสียลงได้ 7,264 บาทต่อเดือน

- พิจารณามูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ จากการปรับลดความผันแปรของกระบวนการ

เมื่อทราบมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ จากการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมายแล้ว ในขั้นตอนนี้จะเป็นการพิจารณาว่าต้องทำการปรับลดความผันแปรของกระบวนการลงเท่าใด จึงจะทำให้มูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้มีค่าเท่ากับหรือใกล้เคียงกับมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้จากการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมาย โดยมีหลักการคือลองลดค่าความผันแปรของกระบวนการลง (Trial and Error) จนกว่าจะทำให้มูลค่าความสูญเสียจากกระบวนการลดลงเท่ากับหรือใกล้เคียงกับมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้จากการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมาย โดยที่ค่าเฉลี่ยของกระบวนการไม่เปลี่ยนแปลง (Mean fixed) นอกจากนั้นยังต้องพิจารณาความเป็นไปได้จากความคุ้มค่าที่จะดำเนินการเทียบกับมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ ว่าการปรับปรุงในด้านใดสามารถทำได้ง่ายหรือรวดเร็วกว่า และมีความคุ้มค่าที่จะดำเนินการ จากข้อมูลตัวอย่างจะต้องปรับลดความผันแปรของกระบวนการลงจนกว่าจะมีมูลค่าความสูญเสียลดลงได้เท่ากับหรือใกล้เคียง 7,264 บาทต่อเดือน พิจารณามูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้จากการปรับลดความผันแปรของกระบวนการได้ดังตารางที่ 3.14

ตารางที่ 3.14 ตัวอย่างการพิจารณามูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ จากการปรับลดความผันแปรของกระบวนการ (บาทต่อเดือน)

กระบวนการ	ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ	ความผันแปรของกระบวนการ	ความผันแปรที่ลดลง	มูลค่าความสูญเสียรวม	มูลค่าความสูญเสียที่ลดลง
ก่อนปรับปรุง	15.15	0.36	0	11,598	0
หลังปรับปรุง	15.15	0.35	0.01	9,561	2,037
หลังปรับปรุง	15.15	0.34	0.02	7,808	3,790
หลังปรับปรุง	15.15	0.33	0.03	6,213	5,385
หลังปรับปรุง	15.15	0.32	0.04	4,988	6,610
หลังปรับปรุง	***15.15***	***0.31***	***0.05***	***4,050***	***7,548***
หลังปรับปรุง	15.15	0.30	0.06	3,282	8,316

จากตารางที่ 3.14 จะเห็นว่าในการลองลดค่าความผันแปรของกระบวนการลง 0.05 ซึ่งคือการที่กระบวนการมีความผันแปรที่ 0.31 จะทำให้มีมูลค่าความสูญเสียลดลง 7,548 บาทต่อเดือน ซึ่งถือว่ามีความใกล้เคียงกับการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมาย คือการปรับลดค่าเฉลี่ยลง 0.15 มม.ซึ่งสามารถลดมูลค่าความสูญเสียลงได้ 7,264 บาทต่อเดือน

- พิจารณาความยากง่ายและความคุ้มค่าในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

จากการพิจารณาปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการจาก 15.15 มม. ให้เหลือ 15 มม. ซึ่งเป็นค่าเป้าหมายของกระบวนการและเป็นการปรับลดค่าเฉลี่ยของกระบวนการลงได้สูงสุด 0.15 มม. จะทำให้มูลค่าความสูญเสียของกระบวนการลดลงได้ 7,264 บาทต่อเดือน ในขณะที่ทำการปรับลดความผันแปรของกระบวนการจาก 0.36 ให้เหลือ 0.31 จะทำให้มูลค่าความสูญเสียลดลง 7,548 บาทต่อเดือน ซึ่งมากกว่าและใกล้เคียงกับการปรับลดค่าเฉลี่ยให้ตรงกับค่าเป้าหมาย นอกจากนั้นยังต้องพิจารณาว่าการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการลง 0.15 มม. กับการลดความผันแปรของกระบวนการลง 0.05 มีความยากง่ายในการดำเนินการต่างกันเพียงใด ข้อสังเกตคือการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการจะทำให้ลดมูลค่าความสูญเสียลงได้สูงสุดที่ 7,264 บาทต่อเดือน แต่การปรับลดความผันแปรของกระบวนการมีโอกาสที่จะทำให้ลดมูลค่าความสูญเสียลงได้มากกว่าการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการ เช่น ปรับลดความผันแปรของกระบวนการลง 0.06 จะทำให้ลดมูลค่าความสูญเสียของกระบวนการลงได้ถึง 8,316 บาทต่อเดือน และถ้าสามารถปรับลดความผันแปรของกระบวนการได้มากขึ้น ก็มีโอกาสที่จะลดมูลค่าความสูญเสียลงได้มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามทีมปรับปรุงความสามารถของกระบวนการจะต้องพิจารณาถึงความคุ้มค่าในการดำเนินการ ซึ่งถ้าคุ้มค่ากับการปรับปรุงในทั้ง 2 ด้านแล้ว ด้านใดที่สามารถดำเนินการได้ง่ายหรือรวดเร็วกว่าก็ควรที่จะเร่งดำเนินการในด้านนั้นก่อน แล้วจึงหาแนวทางการปรับปรุงในด้านที่เหลือต่อไป หรือเมื่อพิจารณาแล้วพบว่าไม่คุ้มค่ากับการที่จะดำเนินการปรับปรุงในทั้ง 2 ด้าน ก็ควรเลือกปรับปรุงในด้านที่สามารถดำเนินการได้ง่ายหรือมีความคุ้มค่ามากกว่า

3.6.4 แนวทางปฏิบัติในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

จากการพิจารณาเลือกแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ ซึ่งพิจารณาเฉพาะกระบวนการที่เป็นไปตามสมมติฐานคือ กระบวนการที่อยู่ในสภาวะควบคุม และมีการกระจายของข้อมูลแบบปกติ เมื่อได้แนวทางในการดำเนินการแล้วจะต้องทำการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการให้ดีขึ้น โดยมีแนวปฏิบัติซึ่งอ้างอิงจาก กติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2553) และ ประภาศักดิ์ จิรเศรษฐพงศ์ (2553) ดังนี้

1. การลดความผันแปรของกระบวนการ

การปรับลดความผันแปรของกระบวนการ อาจจะมีความยุ่งยากและซับซ้อนในการดำเนินการมากกว่าการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมาย ซึ่งความผันแปรของกระบวนการอาจจะมาจากปัจจัยหลายด้าน เช่น พนักงาน, เครื่องจักร และ วิธีการปฏิบัติงาน เป็นต้น โดยแนวปฏิบัติในการปรับลดความผันแปรจากสาเหตุธรรมชาติของกระบวนการสามารถทำได้โดย การออกแบบหรือซื้อเครื่องจักรใหม่ นอกจากนั้นยังต้องมีการทบทวนวิธีการปฏิบัติงานเพื่อกำหนดเป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงาน และสิ่งที่มีผลต่อความผันแปรของกระบวนการอีกอย่างหนึ่งคือพนักงาน ซึ่งเป็นสิ่งที่ควบคุมได้ยาก ควรจะมีการฝึกอบรมพนักงานให้มีความเข้าใจและปฏิบัติงานตามมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้อย่างเคร่งครัด หรืออาจจะต้องมีการทบทวนขีดจำกัดกำหนดให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น ซึ่งขีดจำกัดกำหนดอาจจะได้รับการออกแบบไว้อย่างเข้มงวดจนเกินไป โดยที่ไม่ได้มีการพิจารณาถึงขีดความสามารถในด้านเทคโนโลยีและเศรษฐศาสตร์ เช่น ผู้บริโภคอาจจะไม่ทราบถึงผลของขีดจำกัดกำหนดที่มีต่อต้นทุนในกระบวนการผลิต อย่างไรก็ตาม การปรับขีดจำกัดกำหนดอาจจะใช้เป็นแนวทางสุดท้าย เมื่อแนวทางอื่นให้ผลที่ไม่คุ้มค่าในการดำเนินการ

2. การปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการ

ในการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการจะต้องทำการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมายมากที่สุด จึงจะถือว่ากระบวนการนั้นมีความสามารถด้านสมรรถนะ เมื่อค่าเฉลี่ยของกระบวนการมีผลต่อมูลค่าความสูญเสียในกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นปัญหาในด้านการควบคุมกระบวนการ สามารถดำเนินการแก้ไขโดยหาปัจจัยที่มีผลต่อค่าปรับตั้งเครื่องจักร (Setting) โดยอาจจะต้องอาศัยการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE) เพื่อช่วยในการหาค่าปรับตั้งเครื่องจักรที่ดีที่สุด (Optimal solution) แล้วจึงทำการปรับตั้งค่าเครื่องจักรใหม่ให้ได้ตามค่าที่ได้รับการออกแบบไว้

3.6.5 ข้อสรุปการพิจารณาแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

การพิจารณาแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ จะทำให้ผู้ผลิตทราบว่าต้องดำเนินการแก้ไขจากปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตในด้านใด ซึ่งอาจจะเป็นได้ทั้ง การปรับลดความผันแปรของกระบวนการ การปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมาย หรือการแก้ไขจากทั้ง 2 ด้าน ซึ่งการที่จะดำเนินการตามแนวทางใดนั้นก็ควรที่จะเลือกแนวทางที่

ก่อให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด โดยในงานวิจัยนี้ได้แบ่งการพิจารณาแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการไว้ดังนี้

1. การพิจารณาแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้าน แบบสมมาตร และไม่สมมาตร

เป็นการพิจารณาแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ โดยอาศัยดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ ร่วมกับการพิจารณาความเป็นไปได้ในการดำเนินการว่าจะสามารถปรับปรุงจากทั้งด้านความผันแปร และค่าเฉลี่ยของกระบวนการได้หรือไม่ ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับความยากง่าย และความคุ้มค่าเมื่อเทียบกับมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ (Cost saving) ซึ่งถ้ามีความคุ้มค่าที่จะปรับปรุงจากทั้ง 2 ด้าน ด้านใดที่สามารถดำเนินการได้ง่ายหรือรวดเร็วกว่า ก็ควรจะปรับปรุงจากด้านนั้นก่อน แล้วจึงหาแนวทางปรับปรุงในด้านที่เหลือต่อไป และเมื่อพิจารณาแล้วพบว่าไม่เกิดความคุ้มค่าจากการปรับปรุงในทั้ง 2 ด้าน ก็ควรเลือกปรับปรุงในด้านที่สามารถดำเนินการได้ง่ายหรือมีความคุ้มค่ามากกว่า

2. การพิจารณาแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว

สำหรับกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียวนั้น จะอาศัยหลักการพิจารณาแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการจากความเป็นไปได้ในการดำเนินการเช่นเดียวกับกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้าน ซึ่งต้องพิจารณาทั้งความยากง่าย และความคุ้มค่าเมื่อเทียบกับมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ โดยไม่นำดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการมาร่วมพิจารณาด้วย

3.7 สรุปการพัฒนาแนวทางสำหรับการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

แนวทางการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ เป็นวิธีที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการจากสาเหตุหลักที่นำมาสู่ความสูญเสียในกระบวนการผลิตซึ่งครอบคลุมทั้งด้านความพึงพอใจของผู้บริโภค และด้านต้นทุนในการผลิต โดยอาศัยการจำแนกประเภทของพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิต (FPP, IPP และPP) มาเป็นปัจจัยสำคัญในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ ซึ่งขั้นตอนในการดำเนินการตามวิธีที่ได้พัฒนาขึ้นแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1. การเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (FPP)

พารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย หรือ FPP เป็นตัวแสดงถึงลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ การปรับปรุงความสามารถของกระบวนการจาก FPP ที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิตจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ผู้ผลิตต้องให้ความสำคัญ โดยการเลือก FPP จะพิจารณาจากความวิกฤตเชิงเทคนิค และความวิกฤตเชิงต้นทุน ในส่วนของการจัดลำดับและเลือก FPP ไปพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ แบ่งออกเป็น 3 วิธีคือ การพิจารณาตามความวิกฤตเชิงเทคนิค และความวิกฤตเชิงต้นทุนที่มีความสำคัญเท่ากัน การพิจารณาตามความวิกฤตเชิงต้นทุนเป็นหลัก และการพิจารณาตามความวิกฤตเชิงเทคนิคเป็นหลัก

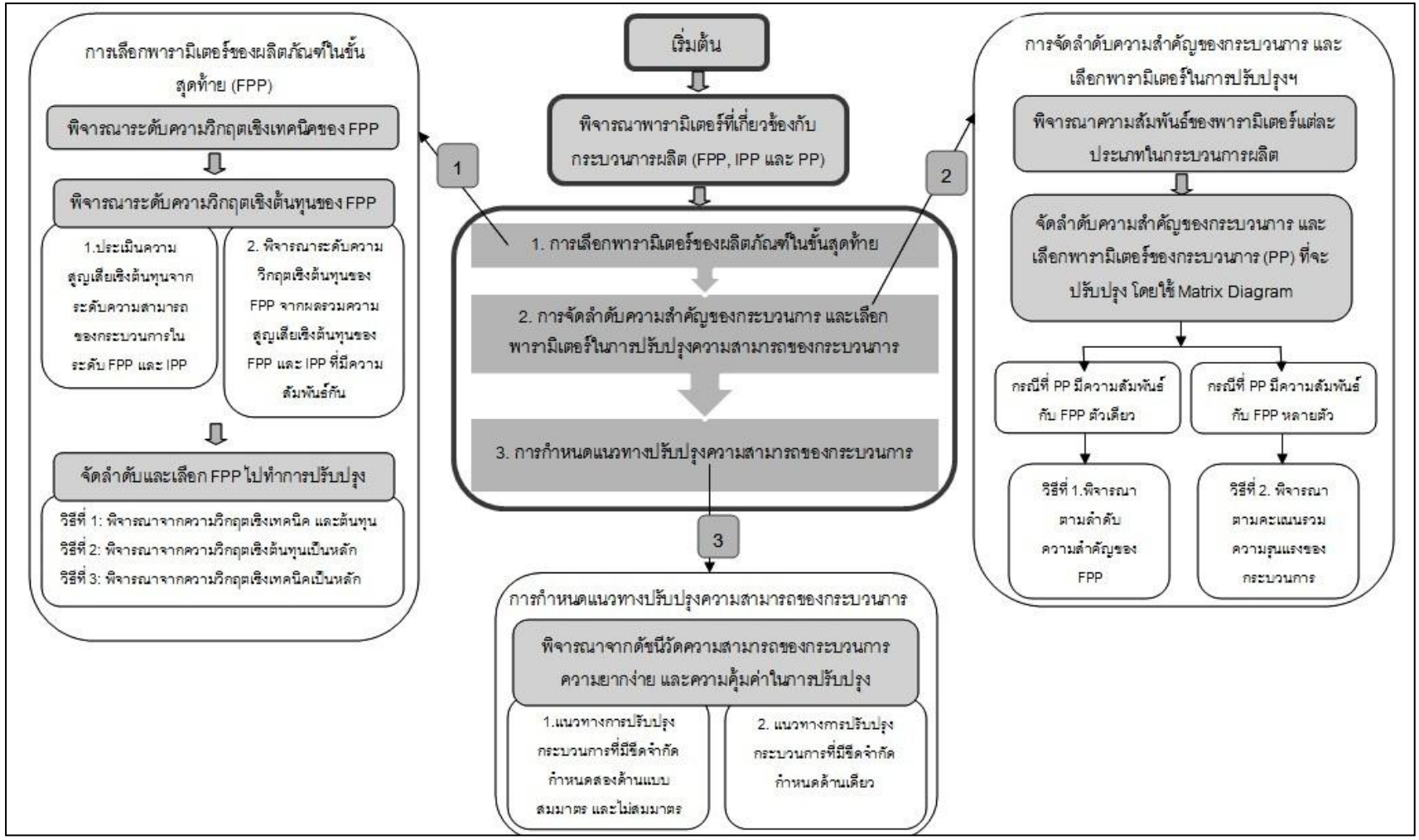
2. การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในระดับ PP ซึ่งเป็นรากเหง้าของปัญหาไปทำการปรับปรุง โดยอาศัยแผนผังเมทริกซ์มาเป็นเครื่องมือในการพิจารณาคะแนนความรุนแรงของพารามิเตอร์ในแต่ละกระบวนการ (IPP และ PP) กับ FPP และเลือกพารามิเตอร์ได้จากการพิจารณาคะแนนความรุนแรงตามลำดับความสำคัญของ FPP หรือพิจารณาตามคะแนนรวมความรุนแรงของกระบวนการ

3. การกำหนดแนวทางการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

เป็นการพิจารณาว่าควรดำเนินการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการจากด้านใด ซึ่งสามารถเป็นไปได้ทั้ง การปรับค่าเฉลี่ย การปรับลดความผันแปรของกระบวนการ รวมไปถึงการปรับปรุงจากทั้ง 2 ด้าน โดยอาศัยการพิจารณาจากดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการร่วมกับการพิจารณาความยากง่าย และความคุ้มค่าในการดำเนินการ ซึ่งแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 แนวทางคือ แนวทางการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบสมมาตร และไม่สมมาตร และแนวทางการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว

จากการดำเนินการตามขั้นตอนทั้งหมดที่ได้พัฒนาขึ้น สามารถสรุปเป็นขั้นตอนในการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการได้ดังภาพที่ 3.27 และผู้วิจัยยังได้รวมรวมขั้นตอนการดำเนินการ โดยสรุปจัดทำเป็นคู่มือแนวทางสำหรับการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ข



ภาพที่ 3.27 แผนภูมิแสดงขั้นตอนโดยสรุปในการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

บทที่ 4
การประยุกต์ใช้วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการกับโรงงานกรณีศึกษา

วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการในงานวิจัยนี้ ได้นำไปประยุกต์ใช้กับโรงงานกรณีศึกษาคือ โรงงานผลิตสบู่ โดยจะอาศัยการสัมภาษณ์ และรวบรวมข้อมูลในส่วนของขั้นตอนและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการผลิตมาประกอบการประยุกต์ใช้วิธีการที่ได้พัฒนาขึ้น ซึ่งข้อมูลเชิงตัวเลขบางส่วนในกระบวนการผลิตที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์นั้นไม่ใช่ตัวเลขจริงที่เกิดขึ้น เนื่องจากเป็นความลับของโรงงานกรณีศึกษาจึงไม่สามารถที่จะเปิดเผยได้

ขั้นตอนในการเปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการในโรงงานกรณีศึกษามีดังนี้

1. ศึกษากระบวนการผลิต
2. เลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย
3. จัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ
4. กำหนดแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

4.1 การศึกษากระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตสบู่ของโรงงานกรณีศึกษา ตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบจนได้ออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายคือ สบู่ก้อน มีขั้นตอนการผลิตแบ่งออกเป็น 4 กระบวนการหลัก พิจารณาได้ดังภาพที่ 4.1 (จามร หรูจิตตวิวัฒน์, 2554)

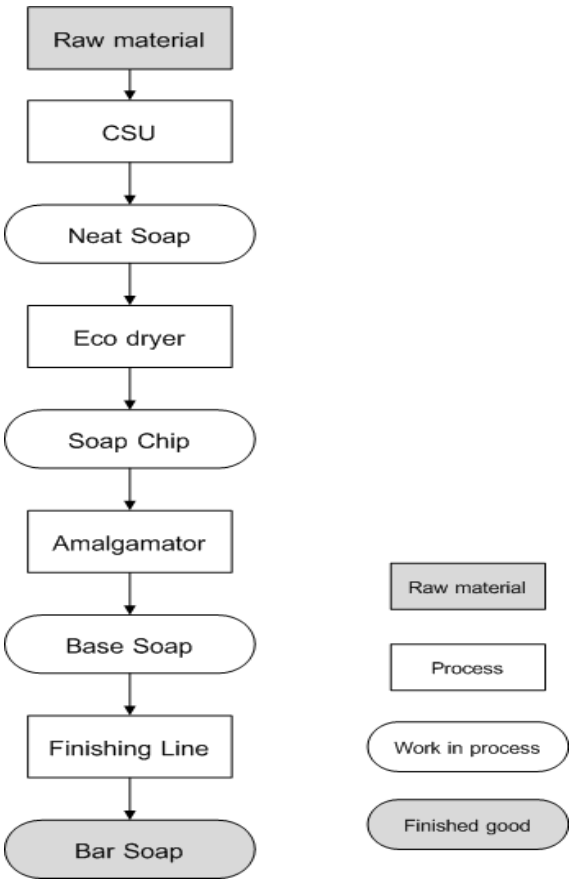
- กระบวนการที่ 1: CSU เป็นกระบวนการเตรียมวัตถุดิบในการผลิตสบู่ ซึ่งได้ผลผลิตเป็นสบู่เหลว (Neat Soap) โดยมีพารามิเตอร์ที่ควบคุมลักษณะคุณภาพของสบู่เหลว (IPP) คือ ปริมาณเกลือ (% NaCl) และความเป็นด่าง (% NaOH)

- กระบวนการที่ 2: Eco dryer เป็นกระบวนการที่ทำให้สบู่เหลวจากกระบวนการ CSU นั้นเป็นก้อนแข็งโดยการรีดและอบแห้ง และจะต้องมีการตัดเป็นเม็ดสบู่อบแห้ง (Soap Chip) เพื่อส่งไปยังกระบวนการผสมเนื้อสบู่ตามสูตรต่อไป โดยมีพารามิเตอร์ที่ต้องควบคุมคุณภาพของเม็ดสบู่คือความชื้น (% Moisture) และกรดไขมันอิสระ (%FFA)

- กระบวนการที่ 3: Amalgamator เป็นกระบวนการที่นำสบู่เม็ดมาผสมกับ น้ำหอม (Perfume), น้ำสี (Slurry), สารสกัด (Minor ingredient) ต่างๆโดยจะต้องควบคุมให้เป็นไปตาม

สูตร ซึ่งไม่สามารถเปลี่ยนแปลงสูตรได้ ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการนี้คือเนื้อสบู่ (Base Soap) ที่จะส่งไปยังกระบวนการขึ้นรูปสบู่ก้อนต่อไป โดยจะไม่มีการควบคุมพารามิเตอร์ของผลผลิต (IPP) ในกระบวนการนี้

- กระบวนการที่ 4: Finishing Line เป็นกระบวนการที่นำเนื้อสบู่มาขึ้นรูปเป็นสบู่ก้อน (Bar Soap) ซึ่งจะต้องผ่านเครื่องจักรสำคัญ 3 เครื่อง คือ เครื่อง Refiner ซึ่งจะทำหน้าที่ปรับสถานะและบดเนื้อสบู่ให้มีขนาดเหมาะสมก่อนที่จะส่งไปยังเครื่อง Plodder ซึ่งมีความสำคัญในการควบคุมเนื้อสบู่ให้มีอุณหภูมิเหมาะสมตามสูตร และจะทำการปั๊มขึ้นรูปสบู่โดยเครื่อง Press สบู่ก้อนที่ได้จากขั้นตอนนี้จะถือเป็นผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายหลังจากการบรรจุภัณฑ์ ซึ่งมีพารามิเตอร์ที่ต้องควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (FPP) คือ น้ำหนัก (Weight), ความแข็ง (Hardness), ความชื้น (% Moisture) และกรดไขมันอิสระ (%FFA)



ภาพที่ 4.1 กระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา (จามร หรูจิตตวิวัฒน์, 2554)

4.2 การเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย

การเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (FPP) ตามวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้น จะต้องมีการพิจารณาทั้งด้านความวิกฤตเชิงเทคนิค (Technical criticality) และความวิกฤตเชิงต้นทุน (Cost criticality) รวมไปถึงการจัดลำดับ และเลือก FPP ไปใช้ในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

4.2.1 การพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิค

การพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิค จะเป็นการพิจารณาถึงผลกระทบของ FPP ที่มีต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ต้องเป็นไปตามความต้องการของผู้บริโภค โดย FPP ที่ควบคุมลักษณะคุณภาพของสบู่ก้อนซึ่งเป็นข้อมูลผันแปร มีดังนี้

- น้ำหนักของสบู่ก้อน (Weight)
- ความแข็งของสบู่ก้อน (Hardness)
- ความชื้นของสบู่ก้อน (% Moisture of bar soap)
- กรดไขมันอิสระของสบู่ก้อน (%FFA of bar soap)

ในการพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคของ FPP โรงงานกรณีศึกษาได้นำหลักการพิจารณาคุณค่าของผลิตภัณฑ์มาใช้ในการพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคของ FPP ที่ควบคุมคุณภาพของสบู่ก้อน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 เกณฑ์ ดังนี้

1. Real Value Added (RVA) คือ ผู้บริโภคต้องการ และมีผลต่อการสั่งซื้อ
2. Business Value Added (BVA) คือ ผู้บริโภคไม่ต้องการ แต่มีผลกระทบกับต้นทุนการผลิต และไม่มีผลต่อการสั่งซื้อ
3. Non Value Added (NVA) คือ ผู้บริโภคไม่ต้องการ ไม่มีประโยชน์ต่อโรงงานผู้ผลิต และไม่มีผลต่อการสั่งซื้อ

จากการพิจารณาตามเกณฑ์ดังกล่าว และการสัมภาษณ์ข้อมูลลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในโรงงานกรณีศึกษา พบว่าสอดคล้องกับการพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคที่ได้เสนอไว้ในงานวิจัยนี้ คือ การพิจารณาตามลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภค ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ CMP (Consumer Meaningful Parameter) เป็นพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์มาก และส่งผลต่อการสั่งซื้อ, CNP (Consumer Noticeable Parameter) เป็นพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปานกลาง แต่ผู้บริโภคยอมรับได้ ซึ่งไม่มีผลต่อการสั่งซื้อ และ STDP (Standard Parameter) เป็น

พารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้อยมาก และไม่มีผลต่อการสั่งซื้อ สามารถเปรียบเทียบเกณฑ์ในการพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบเกณฑ์พิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคของ FPP ของโรงงานกรณีศึกษา

ระดับความวิกฤตเชิงเทคนิค	ความหมาย
CMP = RVA	มีผลต่อความต้องการของผู้บริโภคมาก และมีผลต่อการสั่งซื้อ
CNP = BVA	ไม่มีผลต่อความต้องการของผู้บริโภค แต่มีผลต่อต้นทุนการผลิต
STDP = NVA	ไม่มีผลต่อความต้องการของผู้บริโภค และไม่มีผลต่อการสั่งซื้อ

ข้อสังเกตในการพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคของ FPP คือ ในกรณีที่โรงงานผู้ผลิตไม่มีเกณฑ์พิจารณาเป็นมาตรฐานที่ชัดเจน อาจจะนำเกณฑ์การพิจารณาที่ได้เสนอไว้ในงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้ คือ การพิจารณาความวิกฤตเชิงเทคนิคใน 5 ระดับ (ดังตารางที่ 3.1) หรือการพิจารณาตามลักษณะข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ที่สังเกตเห็น ซึ่งแบ่งระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคออกเป็น 3 ระดับ ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งการที่จะเลือกใช้เกณฑ์ใดนั้น อาจจะขึ้นอยู่กับลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ หรือมาจากข้อกำหนดของผู้บริโภค และในกรณีที่โรงงานผู้ผลิตมีเกณฑ์ในการพิจารณาเป็นมาตรฐานของโรงงานเอง ก็สามารถพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคของ FPP ตามเกณฑ์นั้นๆได้

จากการสัมภาษณ์และรวบรวมข้อมูลคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในโรงงานกรณีศึกษา สามารถพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคของFPP ที่ควบคุมลักษณะคุณภาพของสบู่ก้อนได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคของ FPP ที่ควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในโรงงานกรณีศึกษา

ผลิตภัณฑ์	FPP	ระดับความวิกฤเชิงเทคนิคจากมากไปน้อย		
		CMP = RVA	CNP = BVA	STDP = NVA
สบู่ก้อน	Weight			
	Hardness			
	%Moisture			
	%FFA			

จากตารางที่ 4.2 สามารถสรุปได้ว่า FPP ที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อความต้องการของผู้บริโภค (ระดับ CMP) คือ น้ำหนักของสบู่ก้อน โดยจะมีผลต่อการสั่งซื้อเมื่อสบู่ก้อนมีน้ำหนักต่ำกว่าข้อกำหนดของผู้บริโภค แต่ถ้ามีน้ำหนักเกินข้อกำหนดผู้บริโภคจะยอมรับ ในส่วนของความแข็งความชื้น และปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่ก้อนนั้น จัดว่าเป็น FPP ที่ส่งผลกระทบในระดับปานกลาง (ระดับ CNP) กล่าวคือ เมื่อคุณภาพของสบู่ก้อนที่ถูกควบคุมด้วย 3 พารามิเตอร์ดังกล่าวไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้ผลิตแล้ว ผู้บริโภคยังให้การยอมรับในตัวผลิตภัณฑ์ แต่จะส่งผลกระทบต่อผู้ผลิต เช่น ต้นทุนในกระบวนการผลิตที่สูงขึ้นจากการจัดการกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของการผลิต

4.2.2 การพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุน

ในการพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนของ FPP ตามวิธีที่ได้พัฒนาขึ้น จะพิจารณาได้จากความสูญเสียเชิงต้นทุน ซึ่งเป็นมูลค่าความสูญเสียทางตัวเงินที่เกิดจากระดับความสามารถของกระบวนการที่ถูกควบคุมด้วยพารามิเตอร์ในระดับ FPP และ IPP สามารถแบ่งการดำเนินการออกเป็น 2 ขั้นตอนหลักคือ การประเมินความสูญเสียเชิงต้นทุนจากความระดับสามารถของกระบวนการ และการพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนของ FPP (หัวข้อ 4.2.2.2)

4.2.2.1 การประเมินความสูญเสียเชิงต้นทุน จากระดับความสามารถของกระบวนการ

ความสูญเสียในเชิงต้นทุน จะพิจารณาได้จากการประเมินมูลค่าความสูญเสียทางตัวเงินจากระดับความสามารถของกระบวนการ ซึ่งผู้วิจัยได้นำซอฟต์แวร์ (Excel) มาช่วยในการคำนวณเชิงตัวเลข ซึ่งข้อมูลเชิงต้นทุน (ต้นทุนต่อหน่วย) ที่นำมาใช้ในการคำนวณจะมาจากการสมมติขึ้นเนื่องด้วยข้อจำกัดของทางโรงงานกรณีศึกษาที่ไม่สามารถเปิดเผยได้ สามารถพิจารณาการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตสบู่ได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตสบู่

กระบวนการ	พารามิเตอร์	การควบคุม และตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์
1.ผลิตสบู่เหลว	%NaCl และ%NaOH	แผนภูมิควบคุม I-MR (ไม่ใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง)
2.ผลิตสบู่เม็ด	%Moisture และ%FFA	แผนภูมิควบคุม I-MR (ไม่ใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง)
3.ผสมเนื้อสบู่	-	ไม่มีการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์
4.ขึ้นรูปสบู่	Weight, Hardness, %Moisture และ%FFA	แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$ – S , แผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9

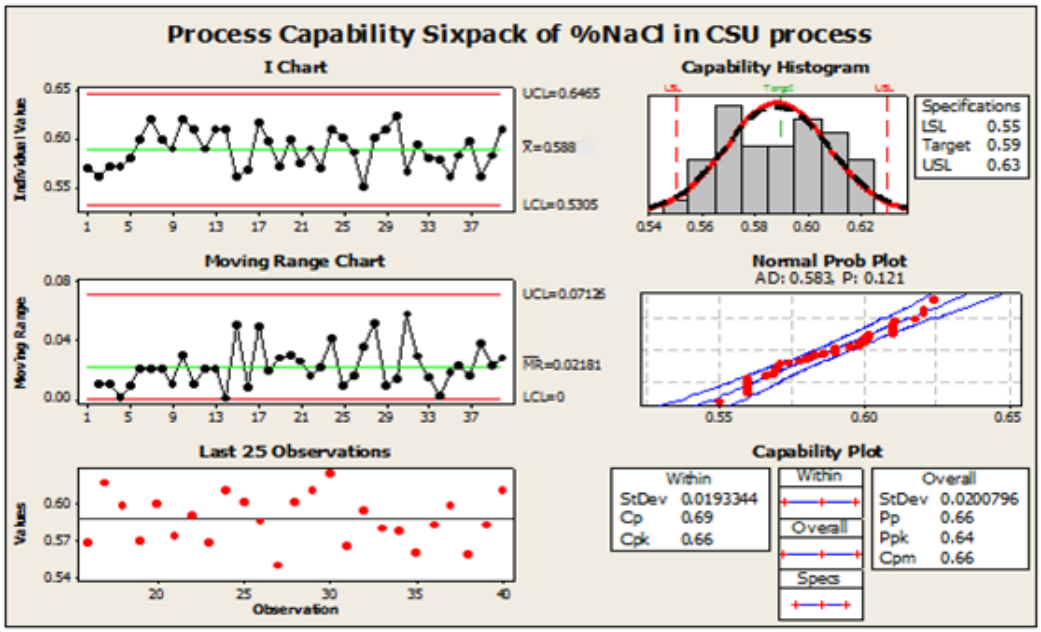
มูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากระดับความสามารถของกระบวนการผลิตทั้ง 4 กระบวนการ พิจารณาได้ดังนี้

1. มูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการที่ 1: CSU

กระบวนการที่ 1 เป็นการผลิตสบู่เหลว (Neat soap) ซึ่งเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตสบู่ก้อนในทุกสูตร มี IPP ที่ควบคุมคุณภาพของสบู่เหลวคือ ปริมาณเกลือ (% NaCl) และความเป็นด่าง (% NaOH) สามารถประเมินมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นดังนี้

1.1 มูลค่าความสูญเสียจากการควบคุมปริมาณเกลือ (% NaCl)

ปริมาณเกลือ (% NaCl) ในสบู่เหลวต้องควบคุมให้อยู่ในระดับ 0.59 $\pm$ 0.04% ซึ่งจะอาศัยแผนภูมิควบคุมประเภท I-MR ในการตรวจสอบความผิดปกติของกระบวนการทุก 2 ชั่วโมง ซึ่งปริมาณสบู่เหลวที่ผลิตได้ต่อชั่วโมงการทำงานคือ 7,000 กิโลกรัม จากข้อมูลการใช้แผนภูมิติดตามควบคุมกระบวนการเป็นระยะเวลา 1 เดือน ซึ่งมีจำนวนข้อมูลทั้งสิ้น 40 กลุ่มย่อย และขนาดกลุ่มย่อยในแต่ละกลุ่มเป็น 1 (n=1) พิจารณาการควบคุมกระบวนการดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 การควบคุมปริมาณเกลือ (%NaCl) ในกระบวนการผลิตสบู่เหลว

จากภาพที่ 4.2 พบว่าข้อมูลของกระบวนการนั้นเป็นไปตามสมมติฐานการประเมินความสามารถของกระบวนการคือ อยู่ภายใต้สภาวะควบคุม ซึ่งพิจารณาได้จากแผนภูมิควบคุม I ที่มีค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มย่อยอยู่ภายใต้การควบคุม และแผนภูมิควบคุม MR ก็อยู่ภายใต้การ

ควบคุมเช่นเดียวกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความผันแปรของกระบวนการนั้นมาจากสาเหตุโดยธรรมชาติ เมื่อพิจารณาการกระจายตัวของข้อมูลพบว่ามีการกระจายตัวแบบปกติ ซึ่งมีค่า P-value เท่ากับ 0.121 มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 (α =0.05) จึงไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ที่ว่าข้อมูลของกระบวนการมีการแจกแจงปกติ ดังนั้นจึงมีความน่าเชื่อถือที่จะประเมินมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากระดับความสามารถของกระบวนการ ซึ่งมีข้อมูลประกอบการพิจารณาดังนี้

ขีดจำกัดกำหนดด้านบน (USL) = 0.63%

ขีดจำกัดกำหนดด้านล่าง (LSL) = 0.55%

ค่าเป้าหมาย (Target) = 0.59%

ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ (Mean) = 0.588%

ความผันแปรของกระบวนการ (σ) = 0.019

- สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องจากการควบคุม %NaCl

$P_{\%NaCl} = P(X < LSL) + P(X > USL)$

$P_{\%NaCl} = P(z < \frac{LSL - \mu}{\sigma}) + P(z > \frac{USL - \mu}{\sigma})$

$P_{\%NaCl} = P(z < \frac{0.55 - 0.588}{0.019}) + P(z > \frac{0.63 - 0.588}{0.019})$

$P_{\%NaCl} = P(z < -2.00) + P(z > 2.21)$

$P_{\%NaCl} = P(z < -2.00) + (1 - P(z < 2.21))$

$P_{\%NaCl} = 0.0228 + 0.0135$

$P_{\%NaCl} = 0.0363$

จะเห็นว่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องจากการควบคุม % NaCl = 0.0363 ซึ่งผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เกิดขึ้น จะนำไปปรับปริมาณเกลือใหม่ (Rework) โดยไม่มีการทิ้ง ดังนั้นจึงสามารถคำนวณสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถแก้ไขได้เทียบกับผลิตภัณฑ์บกพร่องทั้งหมดได้เป็น ($P_{RW\ \%NaCl}$) = 1 สามารถประเมินมูลค่าความสูญที่เกิดขึ้นจากการควบคุมปริมาณเกลือในสบู่เหลวได้ดังนี้

- มูลค่าความสูญเสียจากการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง

จากการควบคุม % NaCl ของสบู่เหลวเป็นระยะเวลา 1 เดือน มีจำนวนข้อมูลทั้งสิ้น 40 ข้อมูล โดยค่าเฉลี่ยของ % NaCl ในแต่ละข้อมูลจะถือเป็นตัวแทนของปริมาณเกลือที่มีในสบู่เหลวจากการผลิตใน 2 ชั่วโมง หรือปริมาณเกลือที่มีในสบู่เหลวจำนวน 14,000 กิโลกรัม

เนื่องจากไม่สามารถเผยแพร่ข้อมูลทางการเงินของโรงงานกรณีศึกษาได้ ผู้วิจัยจึงได้สมมติข้อมูลทางการเงินขึ้นเพื่อเป็นการแสดงแนวทางการคำนวณเท่านั้น โดยมูลค่าความสูญเสียที่ได้จากการคำนวณ ไม่ถือเป็นมูลค่าความสูญเสียจริงที่เกิดขึ้นในโรงงานกรณีศึกษา

กำหนดให้: ค่าใช้จ่ายในการปรับปริมาณเกลือในสบู่เหลว ($c_{RW\ \%NaCL}$) = 5 บาท/กิโลกรัม สามารถคำนวณมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องได้ดังนี้

จากสมการที่ 3.11: $C_{RW\ i} = (1\text{-}Pa_i)(N_i \times P_i \times P_{RW\ i})(c_{RW\ i})$ ซึ่งเป็นการคำนวณมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง ในกรณีที่เกิดการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการคำนวณครั้งนี้ ซึ่งไม่ได้นำแผนการสุ่มตัวอย่างมาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จึงไม่มีโอกาสที่จะยอมรับ หรือปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์เกิดขึ้น สามารถปรับสมการในการคำนวณโดยไม่นำโอกาสในการปฏิเสธรุ่น ($1\text{-}Pa_i$) มาพิจารณาด้วย สามารถคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องได้ดังนี้

$C_{RW\ \%NaCl} = (N_1 \times P_{\%NaCl} \times P_{RW\ \%NaCl})(c_{RW\ \%NaCl})$

$C_{RW\ \%NaCl}$ = (40 x 14,000 กิโลกรัม/เดือน)(0.0363)(1)(5 บาท/กิโลกรัม)

$C_{RW\ \%NaCl}$ = 101,596.49 บาท/เดือน

ความสูญเสียเชิงต้นทุนจากการควบคุมปริมาณเกลือ (% NaCl) ในสบู่เหลว เป็นผลมาจากมูลค่าความสูญเสียจากการปรับปริมาณเกลือในสบู่เหลวใหม่คิดเป็นมูลค่า 101,596.49 บาทต่อเดือน

- มูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมาย

ปริมาณเกลือที่เติมลงไปในกระบวนการนี้จะส่งผลถึงปริมาณเกลือ (% NaCl) ในสบู่เหลวที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของการผลิตได้ ถ้าเติมมากหรือน้อยกว่าสูตรที่กำหนดจะเป็นผลให้เกิดค่าใช้จ่ายจากการใช้วัตถุดิบมากหรือน้อยเกินไป ซึ่งสามารถคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมายได้ดังสมการที่ 3.28: $C_{OT\ i} = (\boldsymbol{\mu_i} - T_i)\ N_i\ M_i$ โดยกำหนดให้การเติมเกลือในปริมาณ 1% NaCl จะต้องเสียค่าใช้จ่าย 15 บาท

$C_{OT\ \%NaCl} = (\boldsymbol{\mu_{\%NaCl}} - T_{\%NaCl})\ N_1\ M_{\%NaCl}$

$C_{OT\ \%NaCl}$ = (0.588 – 0.59 % NaCl/kg.) x (40 x 14,000 kg./เดือน) x 15 (บาท/% NaCl)

$C_{OT\ \%NaCl}$ = -16,800 บาท/เดือน

จากการควบคุมปริมาณเกลือในสบู่เหลว ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.588 % NaCl ต่อกิโลกรัม ซึ่งต่ำกว่าค่าเป้าหมาย แสดงถึงปริมาณเกลือที่ใช้ไปนั้นลดลง ซึ่งสามารถประหยัดต้นทุนวัตถุดิบลงได้ 16,800 บาทต่อเดือน

- มูลค่าความสูญเสียรวมจากการควบคุมปริมาณเกลือในสบู่เหลว

มูลค่าความสูญเสียรวมที่เกิดขึ้นจากการควบคุมปริมาณเกลือในสบู่เหลว จะเกิดจากมูลค่าความสูญเสียจากการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง และมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมาย ดังนี้

$TC_{\%NaCl} = C_{RW\ \%NaCl} + C_{OT\ \%NaCl}$

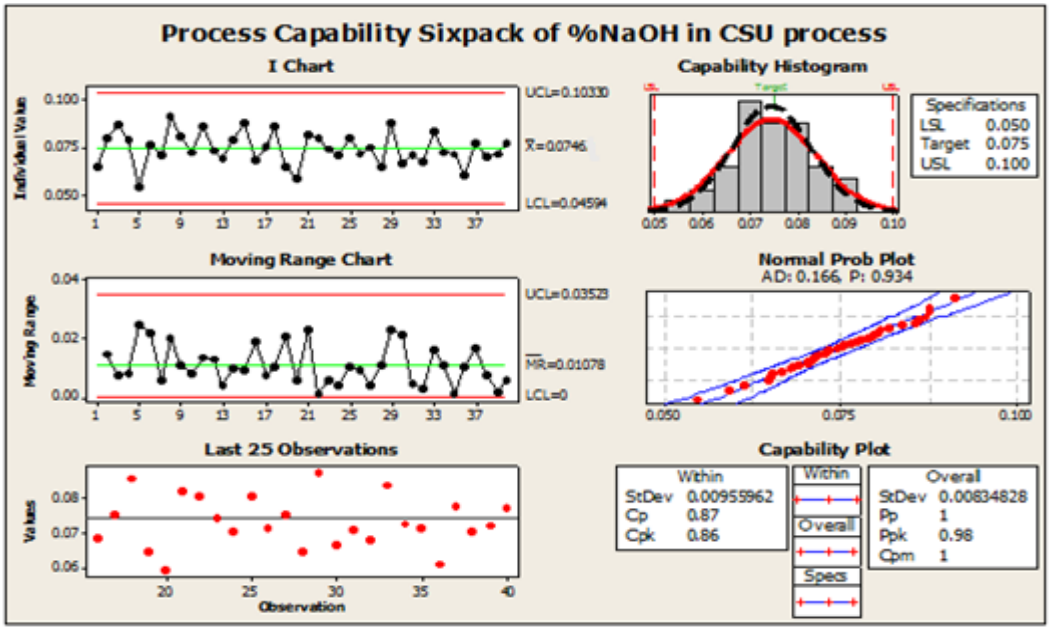
$TC_{\%NaCl}$ = 101,596.49 - 16,800 (บาท/เดือน)

$TC_{\%NaCl}$ = 84,796.49 บาท/เดือน

จากการควบคุมปริมาณเกลือในสบู่เหลว ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียรวม 84,796.49 บาทต่อเดือน

1.2 มูลค่าความสูญเสียจากการควบคุมความเป็นด่าง (% NaOH)

ความเป็นด่าง (% NaOH) ในสบู่เหลวต้องควบคุมให้อยู่ในระดับ 0.075 $\pm$ 0.025% ซึ่งจะอาศัยแผนภูมิควบคุมประเภท I-MR ในการตรวจสอบความผิดปกติของกระบวนการทุก 2 ชั่วโมง โดยมีข้อมูลทั้งสิ้น 40 ข้อมูล พิจารณาการควบคุมกระบวนการได้ดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 การควบคุมความเป็นด่าง (% NaOH) ในกระบวนการผลิตสบู่เหลว

จากภาพที่ 4.3 พบว่าข้อมูลของกระบวนการนั้นเป็นไปตามสมมติฐานการประเมินความสามารถของกระบวนการคือ อยู่ภายใต้สภาวะควบคุม และข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ (P-value = 0.934 พิจารณาที่ระดับนัยสำคัญ α = 0.05) ดังนั้นจึงมีความน่าเชื่อถือที่จะประเมินมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากระดับความสามารถของกระบวนการ ซึ่งมีข้อมูลประกอบการพิจารณาดังนี้

ขีดจำกัดกำหนดด้านบน (USL) = 0.1%

ขีดจำกัดกำหนดด้านล่าง (LSL) = 0.05%

ค่าเป้าหมาย (Target) = 0.075%

ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ (Mean) = 0.0746%

ความผันแปรของกระบวนการ (σ) = 0.0096

- สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องจากการควบคุม %NaOH

$P_{\%NaOH} = P(X < LSL) + P(X > USL)$

$P_{\%NaOH} = P(z < \frac{LSL - \mu}{\sigma}) + P(z > \frac{USL - \mu}{\sigma})$

$P_{\%NaOH} = P(z < \frac{0.05 - 0.0746}{0.0096}) + P(z > \frac{0.1 - 0.0746}{0.0096})$

$P_{\%NaOH} = P(z < -2.56) + P(z > 2.65)$

$P_{\%NaOH} = P(z < -2.56) + (1 - P(z < 2.65))$

$P_{\%NaOH} = 0.0052 + 0.0041$

$P_{\%NaOH} = 0.0093$

จะเห็นว่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องจากการควบคุม % NaOH = 0.0093 ถ้ามีผลิตภัณฑ์ในกระบวนการไม่เป็นไปตามขีดจำกัดกำหนดจะต้องนำไปปรับความเป็นด่างใหม่ (Rework) โดยไม่มีการทิ้ง ดังนั้นจึงสามารถคำนวณสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถแก้ไขได้เทียบกับผลิตภัณฑ์บกพร่องทั้งหมดได้เป็น ($P_{RW\ \%NaOH}$) = 1 สามารถประเมินความสูญเสียที่เกิดจากการควบคุมความเป็นด่างในสบู่เหลวได้ดังนี้

- มูลค่าความสูญเสียจากการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง

จากการควบคุม % NaOH ของสบู่เหลวเป็นระยะเวลา 1 เดือน มีจำนวนข้อมูลทั้งสิ้น 40 ข้อมูล โดยค่าเฉลี่ยของ % NaOH ในแต่ละข้อมูลจะถือเป็นตัวแทนของความเป็นด่างที่มีในสบู่เหลวจากการผลิต 2 ชั่วโมง หรือความเป็นด่างที่มีในสบู่เหลวจำนวน 14,000 กิโลกรัม

กำหนดให้: ค่าใช้จ่ายในการปรับความเป็นด่างในสบู่เหลว ($c_{RW\ \%NaOH}$) = 9.5 บาท/กิโลกรัม สามารถประเมินมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากการปรับความเป็นด่างในสบู่เหลวใหม่ ดังนี้

$C_{RW\ \%NaOH} = (N_1 x\ P_{\%NaOH} x\ P_{RW\ \%NaOH})(c_{RW\ \%NaOH})$

$C_{RW\ \%NaOH}$ = (40 x 14,000 กิโลกรัม/เดือน)(0.0093)(1)(9.5 บาท/กิโลกรัม)

$C_{RW\ \%NaOH}$ = 49,319.47 บาท/เดือน

จากการควบคุมความเป็นด่างของสบู่เหลวพบว่า มีมูลค่าความสูญเสียจากการปรับความเป็นด่างในสบู่เหลวใหม่เป็นมูลค่า 49,319.47 บาทต่อเดือน

- มูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมาย

ปริมาณด่าง (Caustic soda) ที่เติมลงไปในกระบวนการนี้จะส่งผลต่อความเป็นด่าง (% NaOH) ในสบู่เหลวที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของการผลิต ถ้าเติมมากหรือน้อยกว่าสูตรที่กำหนดจะเป็นผลให้เกิดค่าใช้จ่ายจากการใช้วัตถุดิบมากหรือน้อย กำหนดให้การเติม Caustic soda ในปริมาณ 1% NaOH จะต้องเสียค่าใช้จ่าย 18 บาท พิจารณามูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมายได้ดังนี้

$C_{OT\ \%NaOH} = (\boldsymbol{\mu}_{\%NaOH} - T_{\%NaOH})\ N_1\ M_{\%NaOH}$

$C_{OT\ \%NaOH}$ = (0.0746 – 0.075 %NaOH/kg.) x (40 x 14,000 kg./เดือน) x 18(บาท/% NaOH)

$C_{OT\ \%NaOH}$= -4,032 บาท/เดือน

จากการควบคุมความเป็นด่างในสบู่เหลว ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0746 % NaOH ต่อกิโลกรัม ซึ่งต่ำกว่าค่าเป้าหมาย แสดงถึงปริมาณ Caustic Soda ที่ใช้ไปนั้นลดลง ซึ่งจะสามารถประหยัดต้นทุนวัตถุดิบลงได้ 4,032 บาทต่อเดือน

- มูลค่าความสูญเสียรวมจากการควบคุมความเป็นด่างในสบู่เหลว

มูลค่าความสูญเสียรวมที่เกิดขึ้นจากการควบคุมความเป็นด่างในสบู่เหลว จะเกิดจากมูลค่าความสูญเสียจากการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง และมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมาย ดังนี้

$TC_{\%NaOH} = C_{RW\ \%NaOH} + C_{OT\ \%NaOH}$

$TC_{\%NaOH}$ = 49,319.47 - 4,032 (บาท/เดือน)

$TC_{\%NaOH}$ = 45,287.47 บาท/เดือน

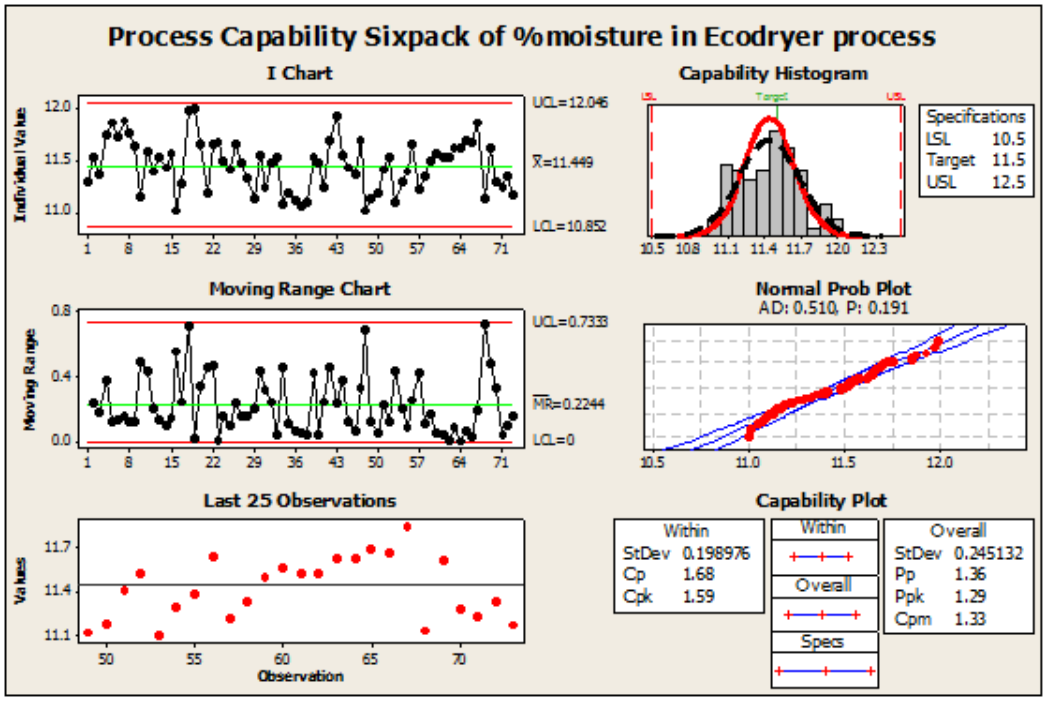
จากการควบคุมความเป็นด่างในสบู่เหลว ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียรวม 45,287.47 บาทต่อเดือน

2. มูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการที่ 2: Eco Dyer

กระบวนการที่ 2 เป็นการผลิตสบู่เม็ด (Soap chip) มี IPP ที่ควบคุมคุณภาพของสบู่เม็ด คือ ความชื้น (%Moisture) และกรดไขมันอิสระ (%FFA) สามารถประเมินมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากระดับความสามารถของกระบวนการดังนี้

2.1 มูลค่าความสูญเสียจากการควบคุมความชื้น (%Moisture) ในสบู่เม็ด

ความชื้นในสบู่เม็ดต้องควบคุมให้อยู่ในระดับ 11.5 ± 1% ซึ่งจะอาศัยแผนภูมิควบคุมประเภท I-MR ในการตรวจสอบความผิดปกติของกระบวนการทุก 1 ชั่วโมง ซึ่งมีปริมาณสบู่เม็ดที่ผลิตได้ต่อชั่วโมงการทำงานคือ 6,000 กิโลกรัม จากข้อมูลการใช้แผนภูมิ I-MR ติดตามควบคุมกระบวนการเป็นระยะเวลา 1 เดือน ซึ่งมีจำนวนข้อมูลทั้งสิ้น 73 กลุ่มย่อย สามารถพิจารณาการควบคุมกระบวนการได้ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 การควบคุมความชื้น (%Moisture) ในกระบวนการผลิตสบู่เม็ด

จากภาพที่ 4.4 พบว่าข้อมูลของกระบวนการนั้นเป็นไปตามสมมติฐานการประเมินความสามารถของกระบวนการคือ อยู่ภายใต้สภาวะควบคุม และข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

(P-value = 0.191 พิจารณาที่ระดับนัยสำคัญ α = 0.05) ดังนั้นจึงมีความน่าเชื่อถือที่จะประเมินมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากระดับความสามารถของกระบวนการ ซึ่งมีข้อมูลประกอบการพิจารณาดังนี้

ขีดจำกัดกำหนดด้านบน (USL) = 12.5%

ขีดจำกัดกำหนดด้านล่าง (LSL) = 10.5%

ค่าเป้าหมาย (Target) = 11.5%

ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ (Mean) = 11.45%

ความผันแปรของกระบวนการ (σ) = 0.199

- สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องจากการควบคุม %Moisture ในสบู่เม็ด

$P_{\%Moisture} = P(X < LSL) + P(X > USL)$

$P_{\%Moisture} = P(z < \frac{LSL-\mu}{\sigma}) + P(z > \frac{USL-\mu}{\sigma})$

$P_{\%Moisture} = P(z < \frac{10.5-11.45}{0.199}) + P(z > \frac{12.5-11.45}{0.199})$

$P_{\%Moisture} = P(z < -4.77) + P(z > 5.28)$

$P_{\%Moisture} = P(z < -4.77) + (1- P(z < 5.28))$

$P_{\%Moisture} = 0.0000009036 + 0.0000000659$

$P_{\%Moisture} = 0.0000009695$

จะเห็นว่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องจากการควบคุม %Moisture = 0.0000009695 ถ้ามีผลิตภัณฑ์ในกระบวนการไม่เป็นไปตามขีดจำกัดกำหนดจะต้องนำไปปรับความชื้นใหม่ (Rework) โดยไม่มีการทิ้ง ดังนั้นจึงสามารถคำนวณสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถแก้ไขได้เทียบกับผลิตภัณฑ์บกพร่องทั้งหมดได้เป็น ($P_{RW\ \%Moisture}$) = 1 สามารถประเมินมูลค่าความสูญเสียจากการควบคุมความชื้นในสบู่เม็ดได้ดังนี้

- มูลค่าความสูญเสียจากการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง

ในการพิจารณามูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการควบคุมความชื้นในสบู่เม็ด โดยแผนภูมิ I-MR ในทุกๆ 1 ชั่วโมง ซึ่งมีปริมาณสบู่เม็ดที่ผลิตได้ต่อชั่วโมงการทำงานคือ 6,000 กิโลกรัม โดยมีข้อมูลทั้งหมด 73 ข้อมูล กำหนดให้: ค่าใช้จ่ายในการปรับความชื้นในสบู่เม็ด

($c_{RW\ \%Moisture}$) = 10 บาท/กิโลกรัม สามารถประเมินมูลค่าความสูญเสียจากการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง โดยการปรับความชื้นในสบู่เม็ดได้ดังนี้

$C_{RW\ \%Moisture} = (N_2 x\ P_{\%Moisture} x\ P_{RW\ \%Moistuer})(c_{RW\ \%Moisture})$

$C_{RW\ \%Moisture}$ = (73 x 6,000 กิโลกรัม/เดือน)(0.0000009695)(1)(10 บาท/กิโลกรัม)

$C_{RW\ \%Moisture}$ = 4.25 บาท/เดือน

จากการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการในการควบคุมความชื้นของสบู่เม็ดพบว่า มีมูลค่าความสูญเสียในการปรับความชื้นใหม่ 4.25 บาทต่อเดือน

- มูลค่าความสูญเสียจากผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมาย

ในกระบวนการผลิตสบู่เม็ดนี้ไม่ได้มีการเติมน้ำเข้าไป แต่เป็นการทำให้สบู่แห้งโดยมีปัจจัยที่ต้องควบคุมคือ อุณหภูมิ และความดันที่ใช้ในกระบวนการผลิต จึงไม่มีค่าใช้จ่ายจากการผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมาย (Out of target cost) ในส่วนของการใช้วัตถุดิบมากหรือน้อยเกินไป

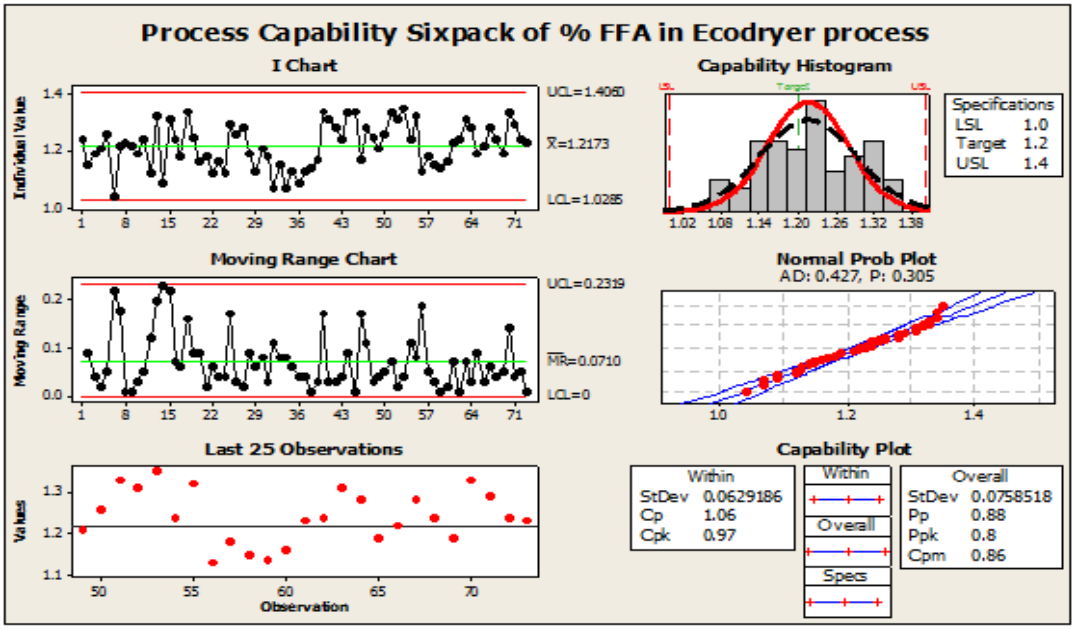
- มูลค่าความสูญเสียรวมจากการควบคุมความชื้นในสบู่เม็ด

ในการควบคุมความชื้นในกระบวนการผลิตสบู่เม็ดจะมีเฉพาะมูลค่าความสูญเสียจากการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง โดยการปรับความชื้นใหม่เป็นมูลค่า 4.25 บาทต่อเดือน

2.2 มูลค่าความสูญเสียจากการควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระ (%FFA) ในสบู่เม็ด

ปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่เม็ดต้องความคุมให้อยู่ในระดับ 1.2 $\pm$ 0.2% ซึ่งจะอาศัยแผนภูมิควบคุมประเภท I-MR ในการตรวจสอบความผิดปกติของกระบวนการทุก 1 ชั่วโมง ซึ่งมีปริมาณสบู่เม็ดที่ผลิตได้ต่อชั่วโมงการทำงานคือ 6,000 กิโลกรัม จากข้อมูลการใช้แผนภูมิติดตามควบคุมกระบวนการเป็นระยะเวลา 1 เดือน ซึ่งมีจำนวนข้อมูลทั้งสิ้น 73 กลุ่มย่อย สามารถพิจารณาการควบคุมกระบวนการได้ดังภาพที่ 4.5

จากภาพที่ 4.5 พบว่าข้อมูลของกระบวนการนั้นเป็นไปตามสมมติฐานการประเมินความสามารถของกระบวนการคือ อยู่ภายใต้สภาวะควบคุม และข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ (P-value = 0.305 พิจารณาที่ระดับนัยสำคัญ α = 0.05) ดังนั้นจึงมีความน่าเชื่อถือที่จะประเมินมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากระดับความสามารถของกระบวนการ



ภาพที่ 4.5 การควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระ (%FFA) ในกระบวนการผลิตสบู่เม็ด

ข้อมูลจากการควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่เม็ด พิจารณาได้ดังนี้

ขีดจำกัดกำหนดด้านบน (USL) = 1.4%

ขีดจำกัดกำหนดด้านล่าง (LSL) = 1.0%

ค่าเป้าหมาย (Target) = 1.2%

ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ (Mean) = 1.22%

ความผันแปรของกระบวนการ (σ) = 0.063

- สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องจากการควบคุม %FFA

$P_{\%FFA} = P(X < LSL) + P(X > USL)$

$P_{\%FFA} = P(z < \frac{LSL - \mu}{\sigma}) + P(z > \frac{USL - \mu}{\sigma})$

$P_{\%FFA} = P(z < \frac{1.0 - 1.22}{0.063}) + P(z > \frac{1.4 - 1.22}{0.063})$

$P_{\%FFA} = P(z < -3.49) + P(z > 2.86)$

$P_{\%FFA} = P(z < -3.49) + (1 - P(z < 2.86))$

$P_{\%FFA} = 0.00024 + 0.00214$

$P_{\%FFA} = 0.0024$

จะเห็นว่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องจากการควบคุม %FFA = 0.0024 ถ้ามีผลิตภัณฑ์ในกระบวนการไม่เป็นไปตามขีดจำกัดกำหนดจะต้องนำไปปรับปริมาณกรดไขมันอิสระใหม่ (Rework) โดยไม่มีการทิ้ง ดังนั้นจึงสามารถคำนวณสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถแก้ไขได้เทียบกับผลิตภัณฑ์บกพร่องทั้งหมดได้เป็น ($P_{RW\ \%FFA}$) = 1 สามารถประเมินมูลค่าความสูญเสียจากการควบคุมกรดไขมันอิสระในสบู่เม็ดได้ดังนี้

- มูลค่าความสูญเสียจากการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง

ในการพิจารณามูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่เม็ด โดยแผนภูมิ I-MR ในทุกๆ 1 ชั่วโมง ซึ่งมีปริมาณสบู่เม็ดที่ผลิตได้ต่อชั่วโมงการทำงานคือ 6,000 กิโลกรัม โดยมีข้อมูลทั้งหมด 73 ข้อมูล กำหนดให้: ค่าใช้จ่ายในการปรับปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่เม็ด ($c_{RW\ \%FFA}$) = 10 บาท/กิโลกรัม

สามารถประเมินมูลค่าความสูญเสียจากการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง โดยการปรับปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่เม็ดได้ดังนี้

$C_{RW\ \%FFA} = (N_2 x\ P_{\%FAA}\ x\ P_{RW\ \%FFA})(c_{RW\ \%FFA})$

$C_{RW\ \%FFA}$ = (73 x 6,000 กิโลกรัม/เดือน)(0.0024)(1)(10 บาท/กิโลกรัม)

$C_{RW\ \%FFA}$ = 10,411.34 บาท/เดือน

ในการควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระในกระบวนการผลิตสบู่เม็ด มีมูลค่าความสูญเสียในการปรับปริมาณกรดไขมันอิสระใหม่ 10,411.34 บาทต่อเดือน

- มูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมาย

ในการควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่เม็ดมีปัจจัยในด้านวัตถุดิบที่เกี่ยวข้องคือ ปริมาณกรดซิตริก (Citric acid) ซึ่งการเติมกรดซิตริกเพื่อปรับปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่เม็ดให้เป็นไปตามขีดจำกัดกำหนดจะขึ้นอยู่กับความเป็นด่าง (% NaOH) ของสบู่เหลวที่ได้จากกระบวนการ CSU จึงทำให้ปริมาณของกรดซิตริกที่ใช้ในแต่ละชั่วโมงการผลิตอาจจะไม่มีการกำหนดไว้เป็นสูตรตายตัว ดังนั้นเมื่อปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่เม็ดไม่เป็นไปตามขีดจำกัดกำหนด จะมีสาเหตุมาจากการเติมกรดซิตริกที่มากหรือน้อยเกินไปได้ กำหนดให้การเติมกรดซิตริกในปริมาณ 1%FFA จะเสียค่าใช้จ่าย 10 บาท พิจารณามูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมายได้ดังนี้

$C_{OT\ \%FFA} = (\boldsymbol{\mu_{\%FFA}} - T_{\%FFA})\ N_2\ M_{\%FFA}$

$C_{OT\ \%FFA}$ = (1.22 – 1.2 %FFA/kg.) x (73 x 6,000 kg./เดือน) x 10 (บาท/%FFA)

$C_{OT\ \%FFA}$ = 87,600 บาท/เดือน

จากการควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่เม็ด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.22 %FFA จะก่อให้เกิดความสูญเสียจากใช้กรดซิตริกมากเกินไปเป็นมูลค่า 87,600 บาทต่อเดือน

- มูลค่าความสูญเสียรวมจากการควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่เม็ด

มูลค่าความสูญเสียรวมที่เกิดขึ้นจากการควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่เม็ดจะเกิดจากมูลค่าความสูญเสียจากการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง และมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมาย ดังนี้

$TC_{\%FFA} = C_{RW\ \%FFA} + C_{OT\ \%FFA}$

$TC_{\%FFA}$ = 10,411.34 + 87,600 (บาท/เดือน)

$TC_{\%FFA}$ = 98,011.34 บาทต่อเดือน

จากการควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่เม็ด ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียรวม 98,011.34 บาทต่อเดือน

3. มูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการที่ 3: Amalgamator

กระบวนการที่ 3 เป็นการผสมสบู่เม็ดให้เป็นเนื้อสบู่ (Base soap) จากส่วนผสมซึ่งเป็นพารามิเตอร์ของกระบวนการ (PP) ที่ต้องควบคุมให้ได้ตามสูตรของสบู่แต่ละชนิดคือ น้ำหอม (Perfume), น้ำสี (Slurry), สารสกัด (Minor ingredient) และระยะเวลากวนผสม โดยในกระบวนการนี้จะไม่มีการควบคุมลักษณะคุณภาพของเนื้อสบู่ก่อน (IPP) ก่อนที่จะส่งไปสู่กระบวนการขึ้นรูปสบู่ก้อน ทำให้ไม่สามารถประเมินมูลค่าความสูญเสียจากพารามิเตอร์ในระดับ IPP ของกระบวนการนี้ได้

4. มูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการที่ 4: Finishing line

ในกระบวนการที่ 4 เป็นการขึ้นรูปสบู่ก้อนซึ่งถือเป็นผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย สามารถพิจารณาข้อมูลการผลิตสบู่ก้อนที่มีน้ำหนัก 80.5$\pm$ 0.2 กรัม ในระยะเวลา 1 เดือน ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลการผลิตสบู่ก้อนในระยะเวลา 1 เดือน

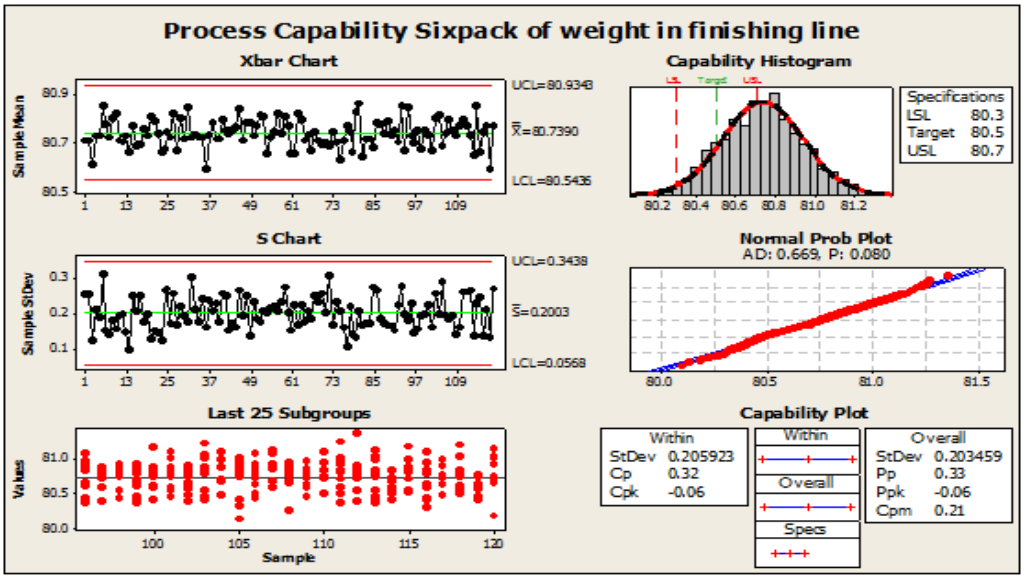
ลำดับที่	ข้อมูลการผลิตสบู่ก้อน
1	จำนวนสบู่ที่ต้องผลิตทั้งหมด 216,000 ชิ้น/เดือน
2	เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการผลิต 12 ชั่วโมง/เดือน ถือเป็นการผลิตทั้งหมด 12 รุ่น/เดือน
3	จำนวนการผลิต 18,000 ชิ้น/ชั่วโมง หรือ 18,000 ชิ้น/รุ่น

ในการขึ้นรูปสบู่ก้อน (Bar soap) มี FPP ที่ควบคุมคุณภาพของสบู่ก้อนคือ น้ำหนัก (Weight), ความแข็ง (Hardness), ความชื้น (%Moisture) และกรดไขมันอิสระ (%FFA) ซึ่งในการตรวจสอบคุณภาพของสบู่ก้อนจะใช้การสุ่มตัวอย่างโดยแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 พิจารณามูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการดังนี้

4.1 มูลค่าความสูญเสียจากการควบคุมน้ำหนักของสบู่ก้อน (Weight)

ในการขึ้นรูปสบู่ก้อนจะต้องควบคุมน้ำหนักของสบู่ก้อนให้เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้บริโภคคือ 80.5 ± 0.2 กรัม ในการตรวจสอบน้ำหนักของสบู่ก้อนจะอาศัยแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 โดยทำการตรวจสอบจากจำนวนการผลิต 18,000 ชิ้นต่อรุ่น ที่ระดับ AQL 1% ซึ่งจากการพิจารณาดังตารางที่ ก.1 ในภาคผนวก ก ด้วยการตรวจสอบทั่วไประดับ II จะได้อักษรรหัส M และเมื่อพิจารณาดังตารางที่ ก.2 ในภาคผนวก ก พบว่าต้องทำการสุ่มตัวอย่างด้วยขนาด n = 100 ชิ้นต่อรุ่น

จากการสัมภาษณ์โรงงานกรณีศึกษาพบว่าในการควบคุมกระบวนการในแต่ละรุ่น มีข้อมูลค่าเฉลี่ยน้ำหนักของสบู่อยู่ที่ 80.74 กรัม และมีส่วนเบี่ยงมาตรฐาน (SD) อยู่ที่ 0.21 และการออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างต้องทำการสุ่มตัวอย่างด้วยขนาด n = 100 ชิ้นต่อรุ่น ผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลจากการสัมภาษณ์โรงงานกรณีศึกษามาทำการกำหนดค่าน้ำหนักของสบู่ก้อนจากการสุ่มตัวอย่าง 12 รุ่นต่อเดือน โดยใช้โปรแกรม minitab ซึ่งคิดเป็นจำนวนข้อมูลทั้งสิ้น 1,200 ข้อมูล (12 x 100) และในการควบคุมกระบวนการจะอาศัยแผนภูมิควบคุม $\bar{X}$ - S โดยทำการควบคุม 120 กลุ่มย่อย (Subgroups) กลุ่มย่อยละ 10 ข้อมูล พิจารณาได้ดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 การควบคุมน้ำหนัก (Weight) ของกระบวนการผลิตสบู่ก้อน

จากภาพที่ 4.6 พบว่าข้อมูลของกระบวนการนั้นเป็นไปตามสมมติฐานการประเมินความสามารถของกระบวนการคือ อยู่ภายใต้สภาวะควบคุม และข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ (P-value = 0.080 พิจารณาที่ระดับนัยสำคัญ α = 0.05) ดังนั้นจึงมีความน่าเชื่อถือที่จะประเมินมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากระดับความสามารถของกระบวนการ ซึ่งมีข้อมูลประกอบการพิจารณาดังนี้

ขีดจำกัดกำหนดด้านบน (USL) = 80.7 กรัม

ขีดจำกัดกำหนดด้านล่าง (LSL) = 80.3 กรัม

ค่าเป้าหมาย (Target) = 80.5 กรัม

ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ (Mean) = 80.74 กรัม

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) = 0.21

- สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องจากการควบคุมน้ำหนักของสบู่ก้อน

  จากข้อมูลตัวอย่างสามารถพิจารณาดัชนีคุณภาพได้ดังนี้

$$Q_L = \frac{\bar{X} - LSL}{SD}$$

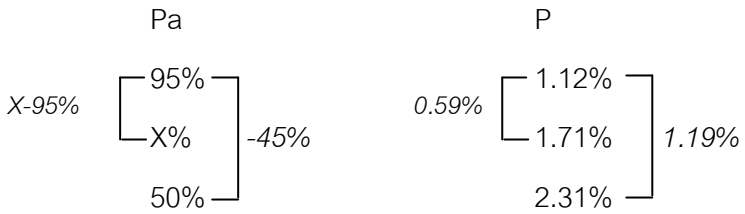
$$Q_L = \frac{80.74 - 80.3}{0.21}$$

$$Q_L = 2.10$$

จากตารางที่ ก.4 ในภาคผนวก ก เมื่อ Q_L = 2.10 และ n = 100 จะสามารถประมาณสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อรุ่นได้เป็น P_{LSL} = 0.0171 ซึ่งในการพิจารณาผลิตภัณฑ์บกพร่อง จะถือว่าผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักต่ำกว่าข้อกำหนดของผู้บริโภคนั้นเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ (น้ำหนักต่ำกว่า 80.3 กรัม) แต่ถ้ามีน้ำหนักเกินข้อกำหนดของผู้บริโภค (น้ำหนักมากกว่า 80.7 กรัม) ผู้บริโภคยังให้การยอมรับ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องของกระบวนการจะมาจากสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักต่ำกว่าข้อกำหนด $P_{Weight} = P_{LSL} = 0.0171$

- โอกาสในการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์จากการควบคุมน้ำหนักของสบู่ก้อน

จากอักษรรหัส = M, AQL 1% และ P_{Weight} = 0.0171 หรือ 1.71% สามารถ Interpolation หาค่า Pa จากตารางที่ ก.5 ในภาคผนวก ก ได้ดังนี้ (จะแสดงหลักการคำนวณเฉพาะการควบคุมน้ำหนักสบู่ก้อน)



$$\frac{X-95\%}{-45\%} = \frac{0.59\%}{1.19\%}$$

$$X = 72.69\%$$

ดังนั้น โอกาสในการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ (Pa) = 0.7269 และมีโอกาสที่จะปฏิเสธรุ่น (1-Pa) = 0.2731 จากการควบคุมน้ำหนักของสบู่ก้อน สามารถประเมินมูลค่าความสูญเสียที่เป็นผลมาจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ และมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมาย ดังนี้

- มูลค่าความสูญเสียจากการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ในการควบคุมน้ำหนักของสบู่ก้อน

จากโอกาสในการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ (1-Pa) = 0.2731 จะก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียจากการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นผลมาจากการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง พิจารณาได้ดังนี้

$$Cr_{weight} = C_{RW\ weight}$$

เมื่อเกิดการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ จะต้องนำสบู่ก้อนที่ได้จากการผลิตทั้งหมดในรุ่นนั้นมาทำการขึ้นรูปใหม่ ในการคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องจึงไม่ต้องนำสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องทั้งหมด และสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถแก้ไขได้มาพิจารณา โดยกำหนดให้ค่าใช้จ่ายในการขึ้นรูปสบู่ก้อนใหม่เท่ากับ 0.75 บาทต่อชิ้น สามารถคำนวณมูลค่าความสูญเสียในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องได้ดังนี้

$$C_{RW\ weight} = (1\text{-}Pa)(N_4)(c_{\ RW\ weight})$$

$$C_{RW\ weight} = 0.2731 \times 18{,}000 \text{ (ชิ้น/รุ่น)} \times 0.75 \text{ (บาท/ชิ้น)}$$

$$C_{RW\ weight} = 3{,}686.85 \text{ บาท/รุ่น}$$

ในการควบคุมน้ำหนักของสบู่ก้อน เมื่อเกิดการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ ก่อให้เกิดความสูญเสียจากการขึ้นรูปสบู่ก้อนใหม่เป็นมูลค่า 3,686.85 บาทต่อรุ่น

- มูลค่าความสูญเสียจากการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ในการควบคุมน้ำหนักของสบู่ก้อน

มูลค่าความสูญเสียจากการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์จะเกิดขึ้นเมื่อ มีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดไปถึงผู้บริโภค สามารถคำนวณสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภคได้ดังนี้

$P_{PC} = Pa\ (P_{weight})$

$P_{PC} = 0.7269 \times 0.0171$

$P_{PC} = 0.0124$

เมื่อมีการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ จะมีสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องจากการควบคุมน้ำหนักของสบู่ก้อนหลุดรอดไปถึงผู้บริโภค $P_{PC} = 0.0124$ และจากสมมติฐานของงานวิจัยที่ว่าเมื่อผู้บริโภคตรวจรับผลิตภัณฑ์ 100% จะทำให้เห็นความสูญเสียจากข้อร้องเรียนของผู้บริโภคมากที่สุดที่จะเป็นไปได้ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ผลิตตระหนักถึงความสำคัญในการผลิตให้ได้ตามข้อกำหนดของผู้บริโภค สามารถคำนวณมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ได้ดังนี้

$Ca_{weight} = C_{RS} + C_{PC} + C_{PR} + C_{RWC}$

$Ca_{weight} = 894.96 + 2{,}237.40 + 1{,}342.44 + 167.80$ (บาท/รุ่น)

$Ca_{weight} = 4{,}642.60$ บาท/รุ่น

ในการควบคุมน้ำหนักของสบู่ก้อน ก่อให้เกิดความสูญเสียจากการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์เป็นมูลค่า 4,642.60 บาทต่อรุ่น ซึ่งเป็นผลมาจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพภายนอกดังต่อไปนี้

- มูลค่าความสูญเสียจากการตรวจสอบซ้ำ

การตรวจสอบซ้ำจะเกิดขึ้นเมื่อได้รับข้อร้องเรียนจากผู้บริโภคจากการที่มีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดไปถึงผู้บริโภค โดยกำหนดให้ค่าใช้จ่ายจากการตรวจสอบซ้ำเท่ากับ 4 บาทต่อชิ้น สามารถคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากการตรวจซ้ำได้ดังสมการที่ 3.16

$C_{RS} = P_{PC} \times N_C \times c_{RS}$

$C_{RS} = 0.0124 \times 18{,}000$ (ชิ้น/รุ่น) x 4 (บาท/ชิ้น)

$C_{RS} = 894.96$ บาท/รุ่น

จากการที่มีสบู่ก้อนที่มีน้ำหนักต่ำกว่าข้อกำหนดหลุดรอดไปถึงผู้บริโภค ทำให้เกิดความสูญเสียจากการตรวจสอบซ้ำเป็นมูลค่า 894.96 บาทต่อรุ่น

- มูลค่าความสูญเสียจากค่าปรับ

เมื่อผู้บริโภคตรวจพบสบู่ก้อนที่มีน้ำหนักต่ำกว่าข้อกำหนด จะมีการเรียกปรับเป็นเงิน 10 บาท/ชิ้น สามารถคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากค่าปรับได้ดังสมการที่ 3.20

$C_{PC} = P_{PC} \times N_C \times c_{PC}$

$C_{PC} = 0.0124 \times 18{,}000$ (ชิ้น/รุ่น) x 10 (บาท/ชิ้น)

$C_{PC} = 2{,}237.40$ บาท/รุ่น

เมื่อมีสบู่ก้อนที่มีน้ำหนักต่ำกว่าข้อกำหนดหลุดรอดไปถึงผู้บริโภค ทำให้เกิดความสูญเสียจากค่าปรับเป็นมูลค่า 2,237.40 บาทต่อรุ่น

- มูลค่าความสูญเสียในการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ใหม่

เมื่อผู้บริโภคตรวจพบสบู่ก้อนที่มีน้ำหนักต่ำกว่าข้อกำหนด จะต้องมีการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ชิ้นใหม่ให้กับผู้บริโภค โดยกำหนดให้มีค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ชิ้นใหม่เท่ากับ 6 บาทต่อชิ้น สามารถคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ชิ้นใหม่ให้กับผู้บริโภคได้ดังสมการที่ 3.21

$C_{PR} = P_{PC} \times N_C \times c_{PR}$

$C_{PR} = 0.0124 \times 18{,}000$ (ชิ้น/รุ่น) x 6 (บาท/ชิ้น)

$C_{PR} = 1{,}342.44$ บาท/รุ่น

เมื่อมีสบู่ก้อนที่มีน้ำหนักต่ำกว่าข้อกำหนดหลุดรอดไปถึงผู้บริโภค ทำให้เกิดความสูญเสียจากการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ชิ้นใหม่ให้กับผู้บริโภคเป็นมูลค่า 1,342.44 บาทต่อรุ่น

- มูลค่าความสูญเสียในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภค

เมื่อมีสบู่ก้อนที่มีน้ำหนักต่ำกว่าข้อกำหนดหลุดรอดไปถึงผู้บริโภค ผู้ผลิตจะต้องทำการขึ้นรูปสบู่ก้อนใหม่ โดยกำหนดให้มีค่าใช้จ่าย 0.75 บาทต่อชิ้น สามารถคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากการจากการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องเมื่อหลุดรอดไปถึงผู้บริโภคได้ดังสมการที่ 3.25

$C_{RWC} = P_{PC} \times N_C \times P_{RW\ weight} \times c_{RWC}$

$C_{RWC} = 0.0124 \times 18{,}000$ (ชิ้น/รุ่น) x 1 x 0.75 (บาท/ชิ้น)

$C_{RWC} = 167.80$ บาท/รุ่น

จากการที่มีสบู่ก้อนซึ่งมีน้ำหนักต่ำกว่าข้อกำหนดหลุดรอดไปถึงผู้บริโภค จะก่อให้เกิดความสูญเสียจากแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องเป็นมูลค่า 167.80 บาทต่อรุ่น

- มูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมายจากการควบคุมน้ำหนักสบู่ก้อน

จากการควบคุมน้ำหนักของสบู่ก้อนพบว่ามีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสบู่อยู่ที่ 80.74 กรัมต่อชิ้น ซึ่งสูงกว่าค่าเป้าหมายที่กำหนดไว้ที่ 80.5 กรัมต่อชิ้น จะมีผลต่อค่าวัตถุดิบที่ใช้มากเกินไป สามารถคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมายได้ดังสมการที่ 3.28 โดยกำหนดให้ค่าวัตถุดิบในการผลิตสบู่ก้อน = 0.025 บาท/กรัม

$C_{OT\ weight} = (\mu_{Weight} - T_{Weight})\ N_4\ M_{weight}$

$C_{OT\ weight}$= 80.74 - 80.5 (กรัม/ชิ้น) x 18,000 (ชิ้น/รุ่น) x 0.025 (บาท/กรัม)

$C_{OT\ weight}$= 108 บาท/รุ่น

จากการควบคุมน้ำหนักของสบู่ก้อน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 80.74 กรัม พบว่ามีมูลค่าความสูญเสียจากใช้วัตถุดิบในการผลิตมากเกินไปเป็นมูลค่า 108 บาทต่อรุ่น

- มูลค่าความสูญเสียรวมจากการควบคุมน้ำหนักของสบู่ก้อน

จากการควบคุมน้ำหนักของสบู่ก้อน สามารถประเมินมูลค่าความสูญเสียรวมซึ่งเป็นผลจากการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ การยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ และการผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมาย ได้ดังนี้

$TC_{weight} = Cr_{weight} + Ca_{weight} + C_{OT\ weight}$

TC_{weight} = 3,686.85 + 4,642.60 + 108 (บาท/รุ่น)

TC_{weight} = 8,437.45 บาท/รุ่น

จากการควบคุมน้ำหนักของสบู่ก้อน พบว่ามีมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ และจากการที่ผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมายเป็นมูลค่า 8,437.45 บาทต่อรุ่น ซึ่งทำให้สามารถประเมินมูลค่าความสูญเสียรวมต่อการผลิตใน 1 เดือน ซึ่งมีการผลิตจำนวน 12 รุ่น ดังนี้

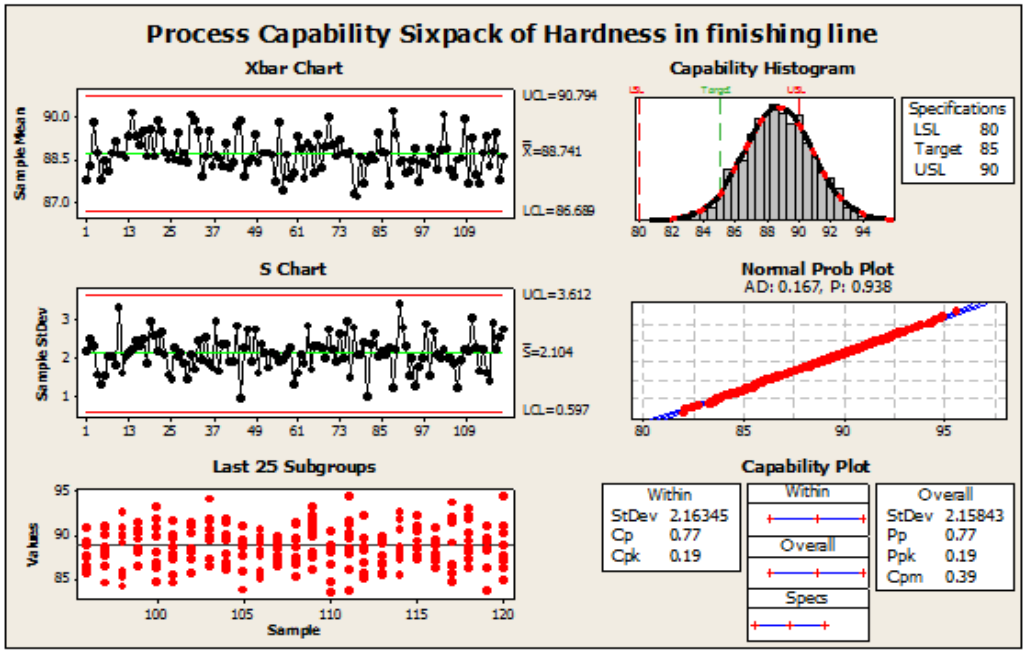
TC_{weight} = 12 (รุ่น/เดือน) x 8,437.45 บาท/รุ่น

TC_{weight} = 101,249.40 บาท/เดือน

น้ำหนักของสบู่ก้อนที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ก่อให้เกิดความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ และความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมายเป็นมูลค่ารวม 101,249.40 บาทต่อเดือน

4.2 มูลค่าความสูญเสียจากการควบคุมความแข็งของสบู่ก้อน (Hardness)

กระบวนการผลิตสบู่ก้อนจะต้องควบคุมความแข็งให้อยู่ที่ 85 ± 5 จากการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 (N= 18,000, อักษรรหัส = M, การตรวจสอบทั่วไประดับ II, AQL 1.0%) ต้องทำการสุ่มตัวอย่าง n = 100 ชิ้นต่อรุ่น จำนวนทั้งหมด 12 รุ่นต่อเดือน ซึ่งข้อมูลความแข็งนี้ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม minitab ในการกำหนดค่าขึ้น เนื่องจากมีข้อจำกัดในการให้ข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษา ในการควบคุมกระบวนการผลิตจะใช้แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$ – S เพื่อติดตามความผิดปกติของกระบวนการ พิจารณาได้ดังภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 การควบคุมความแข็ง (Hardness) ของกระบวนการผลิตสบู่ก้อน

จากภาพที่ 4.7 พบว่าข้อมูลของกระบวนการนั้นเป็นไปตามสมมติฐานการประเมินความสามารถของกระบวนการคือ อยู่ภายใต้สภาวะควบคุม และข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ (P-value = 0.938 พิจารณาที่ระดับนัยสำคัญ α = 0.05) ดังนั้นจึงมีความน่าเชื่อถือที่จะประเมินมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากระดับความสามารถของกระบวนการ ซึ่งมีข้อมูลประกอบการพิจารณาดังนี้

ขีดจำกัดกำหนดด้านบน (USL) = 90

ขีดจำกัดกำหนดด้านล่าง (LSL) = 80

ค่าเป้าหมาย (Target) = 85

ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ (Mean) = 88.74

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) = 2.16

- สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องจากการควบคุมความแข็งของสบู่ก้อน

จากข้อมูลตัวอย่างสามารถพิจารณาดัชนีคุณภาพได้ดังนี้

$Q_L = \frac{\bar{X} - LSL}{SD}$ และ $Q_U = \frac{USL - \bar{X}}{SD}$

$Q_L = \frac{88.74 - 80}{2.16}$ $Q_U = \frac{90 - 88.74}{2.16}$

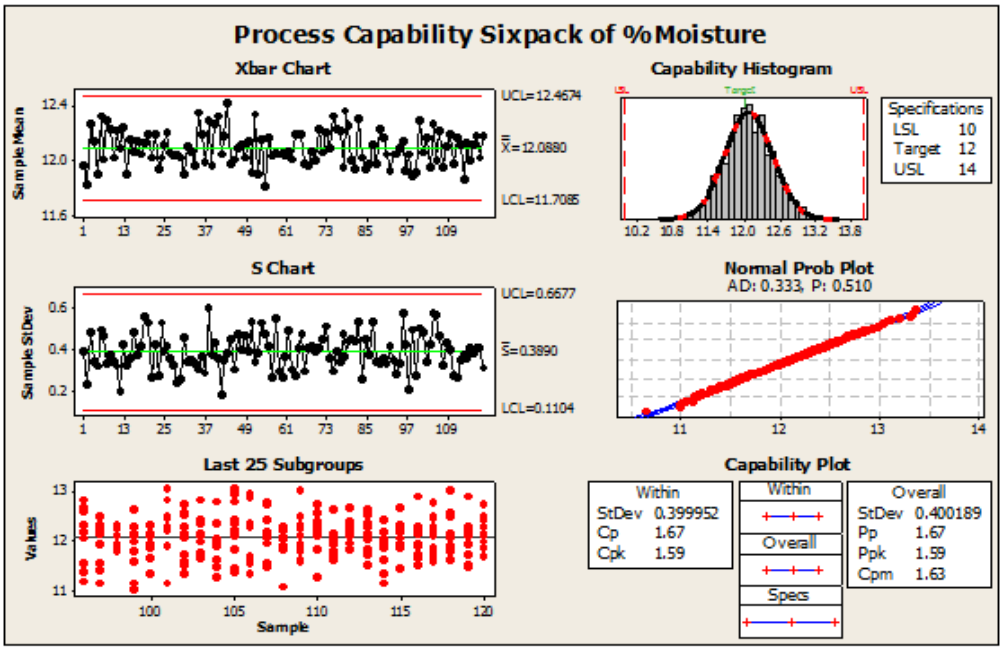
$Q_L = 4.05$ และ $Q_U = 0.58$

จากตารางที่ ก.4 ในภาคผนวก ก เมื่อ $Q_L = 4.05$ และ $Q_U = 0.58$ และ n = 100 จะสามารถประมาณสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องได้เป็น $P_{LSL} = 0.0000$ และ $P_{USL} = 0.2813$ ดังนั้น สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อรุ่นจะเป็นผลมาจากสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งของสบู่ก้อนเกินข้อกำหนด $P_{Hardness} = P_{USL} = 0.2813$ ซึ่งจะไปมีผลต่อการขึ้นรูปของสบู่ก้อน ทำให้มีโอกาสที่จะเกิดสบู่ก้อนมีน้ำหนักเกินข้อกำหนดของผู้บริโภค และส่งผลกระทบถึงต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตได้

ในการพิจารณามูลค่าความสูญเสียจากการควบคุมความแข็งของสบู่ก้อนจะไม่มีมูลค่าความสูญเสียเกิดขึ้น เนื่องจากจะไปปรากฏเป็นมูลค่าความสูญเสียเมื่อขึ้นรูปสบู่ก้อนจากต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้มากเกินไป และค่าความแข็งของสบู่นี้จะไม่มีผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์จากผู้บริโภค จึงไม่มีมูลค่าความสูญเสียจากข้อร้องเรียนของผู้บริโภคเกิดขึ้น

4.3 มูลค่าความสูญเสียจากการควบคุมความความชื้นของสบู่ก้อน (%Moisture)

ปริมาณความชื้นในสบู่ก้อนต้องควบคุมให้อยู่ที่ $12.0 \pm 2.0\%$ จากการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 (N= 18,000, อักษรรหัส = M, การตรวจสอบทั่วไประดับ II, AQL 1.5%) ต้องทำการสุ่มตัวอย่าง n = 100 ชิ้นต่อรุ่น จำนวนทั้งหมด 12 รุ่นต่อเดือน ในการควบคุมกระบวนการผลิตจะใช้แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$ – S เพื่อติดตามความผิดปกติของกระบวนการ พิจารณาได้ดังภาพที่ 4.8 (เป็นข้อมูลที่ผู้วิจัยกำหนดค่าขึ้น)



ภาพที่ 4.8 การควบคุมความชื้น (%Moisture) ของกระบวนการผลิตสบู่ก้อน

จากภาพที่ 4.8 พบว่าข้อมูลของกระบวนการนั้นเป็นไปตามสมมติฐานการประเมินความสามารถของกระบวนการคือ อยู่ภายใต้สภาวะควบคุม และข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ (P-value = 0.510 พิจารณาที่ระดับนัยสำคัญ α = 0.05) ดังนั้นจึงมีความน่าเชื่อถือที่จะประเมินมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากระดับความสามารถของกระบวนการ ซึ่งมีข้อมูลประกอบการพิจารณาดังนี้

ขีดจำกัดกำหนดด้านบน (USL) = 14 %

ขีดจำกัดกำหนดด้านล่าง (LSL) = 10%

ค่าเป้าหมาย (Target) = 12%

ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ (Mean) = 12.09%

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) = 0.40

- สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องจากการควบคุมความชื้นของสบู่ก้อน

จากข้อมูลตัวอย่างสามารถพิจารณาดัชนีคุณภาพได้ดังนี้

$Q_L = \frac{\bar{X} - LSL}{SD}$ และ $Q_U = \frac{USL - \bar{X}}{SD}$

$$Q_L = \frac{12.09 - 10}{0.40} \qquad Q_U = \frac{14 - 12.09}{0.40}$$

$Q_L = 5.23$ และ $Q_U = 4.78$

จากตารางที่ ก.4 ในภาคผนวก ก เมื่อ $Q_L = 5.23$ และ $Q_U = 4.78$ และ n = 100 จะสามารถประมาณสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องได้เป็น $P_{LSL} = 0.0000$ และ $P_{USL} = 0.0000$ จะเห็นว่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อรุ่นจากการควบคุมความชื้นของสบู่ก้อน $P_{\%Moisture} = 0$ ซึ่งจะมีโอกาสในการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ Pa = 1

จากการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ในการควบคุมความชื้นของสบู่ก้อน ด้วย Pa = 1 จะทำให้ไม่มีมูลค่าความสูญเสียจากการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์เกิดขึ้น และความชื้นของสบู่ก้อนไม่ถือเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ จึงไม่มีมูลค่าความสูญเสียจากการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ที่เป็นผลมาจากข้อร้องเรียนของผู้บริโภค แต่จะมีมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมาย พิจารณาได้ดังนี้

- มูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมายจากการควบคุมความชื้นของสบู่ก้อน

ความชื้นของสบู่ก้อนจะมีผลมาจากการเติมน้ำ, น้ำหอม และน้ำสีในขั้นตอนของการเตรียมเนื้อสบู่ ซึ่งถ้ามีการเติมส่วนผสมดังกล่าวคลาดเคลื่อนไปจากสูตรที่กำหนดก็จะมีผลต่อความชื้นของสบู่ก้อน จากการควบคุมกระบวนการจะเห็นว่ามีค่าเฉลี่ยความชื้นของสบู่ก้อนอยู่ที่ 12.09% ซึ่งมากกว่าค่าเป้าหมายอยู่ 0.09% สามารถคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมายได้ดังสมการที่ 3.28 โดยกำหนดให้ค่าวัตถุดิบในการปรับความชื้นเป็น 0.05 บาท/%Moisture

$C_{OT\ \%Moisture} = (\mu_{\%Moisture} - T_{\%Moisture})\ N_4\ M_{\%Moisture}$

$C_{OT\%Moisture}$ = 12.09 - 12 (%Moisture/ชิ้น) x 18,000 (ชิ้น/รุ่น) x 0.05 (บาท/%Moisture)

$C_{OT\ \%Moisture}$ = 81.00 บาท/รุ่น

จากการควบคุมความชื้นของสบู่ก้อน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 12.09 % จะก่อให้เกิดความสูญเสียจากใช้วัตถุดิบในการผลิตมากเกินไปเป็นมูลค่า 81.00 บาทต่อรุ่น

- มูลค่าความสูญเสียรวมจากการควบคุมปริมาณความชื้นของสบู่ก้อน

มูลค่าความสูญเสียรวมจากการควบคุมปริมาณความชื้นของสบู่ก้อนจะมีผลมาจากมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมาย พิจารณาได้ดังนี้

$TC_{\%Moisture} = C_{OT\ \%Moisture}$

$TC_{\%Moisture}$ = 81.00 บาท/รุ่น

จากการควบคุมปริมาณความชื้นของสบู่ก้อน พบว่ามีมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากการผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมายเป็นมูลค่า 81 บาทต่อรุ่น สามารถประมาณมูลค่าความสูญเสียรวมต่อการผลิตใน 1 เดือน ซึ่งมีการผลิตจำนวน 12 รุ่น ดังนี้

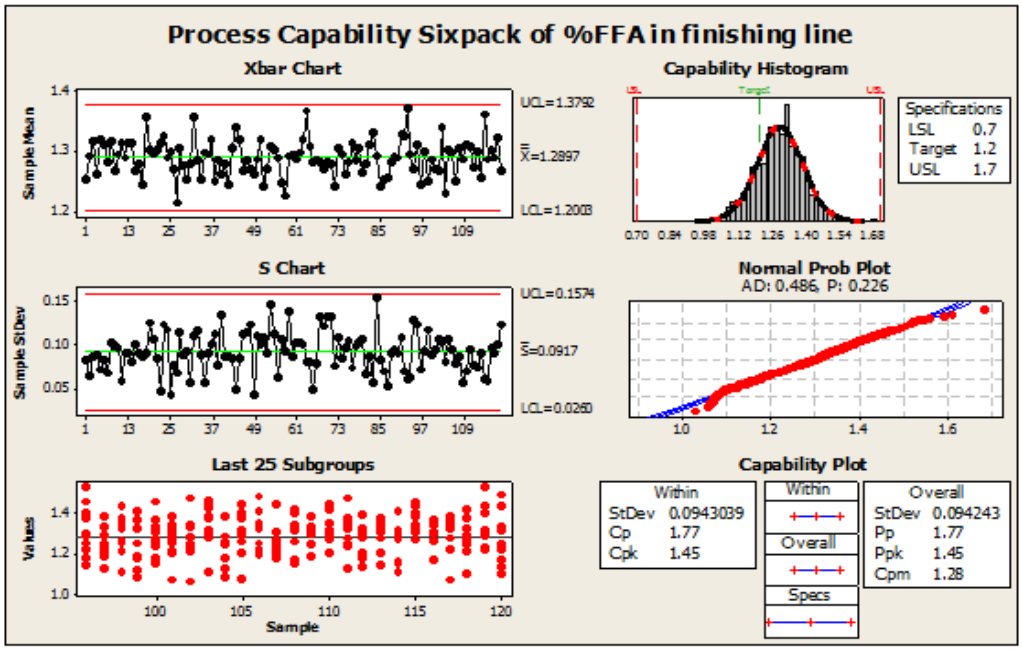
$TC_{\%Moisture}$ = 12 (รุ่น/เดือน) x 81 บาท/รุ่น

$TC_{\%Moisture}$ = 972 บาท/เดือน

จากการควบคุมปริมาณความชื้นของสบู่ก้อน พบว่ามีมูลค่าความสูญเสียจากการที่ผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมายเป็นมูลค่ารวม 972 บาทต่อเดือน

4.4 มูลค่าความสูญเสียจากการควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่ก้อน (%FFA)

ปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่ก้อนต้องควบคุมให้อยู่ที่ 1.2 $\pm$ 0.5% จากการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 (N= 18,000, อักษรรหัส = M, การตรวจสอบทั่วไประดับ II, AQL 1.5%) ต้องทำการสุ่มตัวอย่าง n = 100 ชิ้นต่อรุ่น จำนวนทั้งหมด 12 รุ่นต่อเดือน ในการควบคุมกระบวนการผลิตจะใช้แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$ – S เพื่อติดตามความผิดปกติของกระบวนการ พิจารณาได้ดังภาพที่ 4.9 (เป็นข้อมูลที่ผู้วิจัยกำหนดค่าขึ้น)



ภาพที่ 4.9 การควบคุมกรดไขมันอิสระ (%FFA) ของกระบวนการผลิตสบู่ก้อน

จากภาพที่ 4.9 พบว่าข้อมูลของกระบวนการนั้นเป็นไปตามสมมติฐานการประเมินความสามารถของกระบวนการคือ อยู่ภายใต้สภาวะควบคุม และข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ (P-value = 0.226 พิจารณาที่ระดับนัยสำคัญ α = 0.05) ดังนั้นจึงมีความน่าเชื่อถือที่จะประเมินมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากระดับความสามารถของกระบวนการ ซึ่งมีข้อมูลประกอบการพิจารณาดังนี้

ขีดจำกัดกำหนดด้านบน (USL) = 1.7 %

ขีดจำกัดกำหนดด้านล่าง (LSL) = 0.7%

ค่าเป้าหมาย (Target) = 1.2%

ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ (Mean) = 1.29%

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) = 0.09

- สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องจากการควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่ก้อน

จากข้อมูลตัวอย่างสามารถพิจารณาดัชนีคุณภาพได้ดังนี้

$Q_L = \frac{\bar{X} - LSL}{SD}$ และ $Q_U = \frac{USL - \bar{X}}{SD}$

$Q_L = \frac{1.29 - 0.7}{0.09}$ $Q_U = \frac{1.7 - 1.29}{0.09}$

$Q_L = 6.56$ และ $Q_U = 4.56$

จากตารางที่ ก.4 ในภาคผนวก ก เมื่อ Q_L = 6.56 และ Q_U = 4.56 และ n = 100 จะสามารถประมาณสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องได้เป็น P_{LSL} = 0.0000 และ P_{USL} = 0.0000 ดังนั้นสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อรุ่นจากการควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่ก้อน $P_{\%FFA}$ = 0 ซึ่งจะมีโอกาสในการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ Pa = 1

จากการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ในการควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่ก้อน ด้วย Pa = 1 จะทำให้ไม่มีมูลค่าความสูญเสียจากการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์เกิดขึ้น และปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่ก้อนไม่ถือเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ จึงไม่มีมูลค่าความสูญเสียจากการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ที่เป็นผลมาจากข้อร้องเรียนของผู้บริโภค แต่จะมีมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมาย พิจารณาได้ดังนี้

- มูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมายจากการควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่ก้อน

ปริมาณกรดไขมันของสบู่ก้อนจะมีผลมาจากการเติมน้ำ-น้ำสี, น้ำหอม และสารสกัด ในขั้นตอนของการเตรียมเนื้อสบู่ ซึ่งถ้ามีการเติมส่วนผสมดังกล่าวคลาดเคลื่อนไปจากสูตรที่กำหนดก็จะมีผลต่อปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่ก้อน จากการควบคุมกระบวนการจะเห็นว่ามีค่าเฉลี่ยกรดไขมันอิสระของสบู่ก้อนอยู่ที่ 1.29% สามารถคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมายได้ดังสมการที่ 3.28 โดยกำหนดให้ค่าวัตถุดิบในการปรับปริมาณกรดไขมันอิสระเป็น 0.07 บาท/%FFA

$C_{OT\ \%FFA} = (\boldsymbol{\mu_{\%FFA}} - T_{\%FFA})\ N_4\ M_{\%FFA}$

$C_{OT\ \%FFA}$ = 1.29 – 1.2 (%FFA/ชิ้น) x 18,000 (ชิ้น/รุ่น) x 0.07 (บาท/%FFA)

$C_{OT\ \%FFA}$ = 113.4 บาท/รุ่น

จากการควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่ก้อน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.29 % จะก่อให้เกิดความสูญเสียจากใช้วัตถุดิบในการผลิตมากเกินไปเป็นมูลค่า 113.4 บาทต่อรุ่น

- มูลค่าความสูญเสียรวมจากการควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่ก้อน

มูลค่าความสูญเสียรวมจากการควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่ก้อนจะมีผลมาจากมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมาย พิจารณาได้ดังนี้

$TC_{\%FFA} = C_{OT\ \%FFA}$

$TC_{\%FFA}$ = 113.4 บาท/รุ่น

จากการควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่ก้อน พบว่ามีความสูญเสียที่เกิดจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมายเป็นมูลค่า 113.4 บาทต่อรุ่น สามารถประมาณมูลค่าความสูญเสียรวมต่อการผลิตใน 1 เดือน ซึ่งมีการผลิตจำนวน 12 รุ่น ดังนี้

$TC_{\%FFA}$ = 12 (รุ่น/เดือน) x 113.4 บาท/รุ่น

$TC_{\%FFA}$ = 1,360.80 บาท/เดือน

จากการควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่ก้อน พบว่ามีมูลค่าความสูญเสียจากการที่ผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมายเป็นมูลค่ารวม 1,360.80 บาทต่อเดือน

จากการประเมินมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตสบู่ ซึ่งผลจากการคำนวณนั้นสอดคล้องกับมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นจริงในโรงงานกรณีศึกษาตามข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์และตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญในกระบวนการควบคุมคุณภาพ สามารถสรุปเป็น

ความสูญเสียเชิงต้นทุนที่เกิดจากการควบคุมของพารามิเตอร์ในระดับ IPP และ FPP ได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 มูลค่าความสูญเสียจากการควบคุมพารามิเตอร์ในระดับ IPP และ FPP ของกระบวนการผลิตสบู่ (บาท/เดือน)

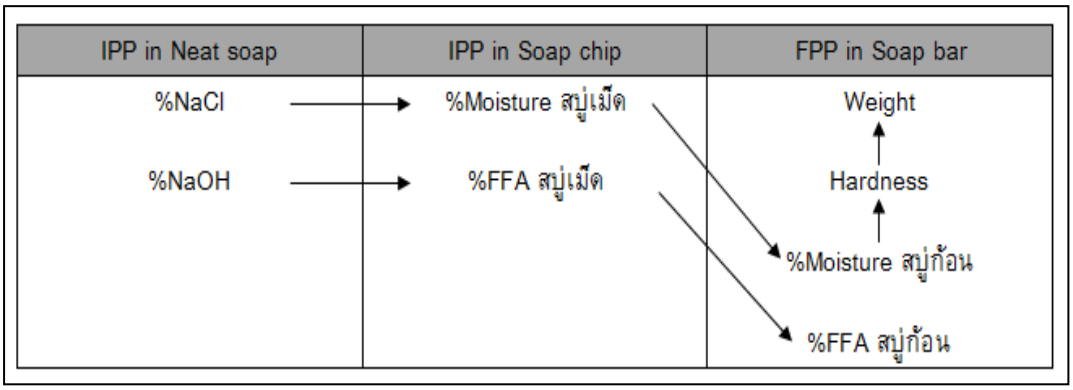
กระบวนการ	IPP	FPP	มูลค่าความสูญเสีย
CSU: ผลิตสบู่เหลว	% NaCl		84,796
	% NaOH		45,287
Eco dryer: ผลิตสบู่เม็ด	% Moisture สบู่เม็ด		4
	% FFA สบู่เม็ด		98,011
Finishing line: ขึ้นรูปสบู่ก้อน		Weight	101,249
		Hardness	-
		%Moisture สบู่ก้อน	972
		%FFA สบู่ก้อน	1,361

4.2.2.2 การพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนของ FPP

หลังจากประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการแล้ว จะต้องมีการพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนของ FPP เพื่อที่จะใช้พิจารณาร่วมกับความวิกฤตเชิงเทคนิคในการจัดลำดับและเลือก FPP ซึ่งจะเป็นการคัดกรองเอาเฉพาะ FPP ที่ส่งผลต่อกระบวนการผลิตไปพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

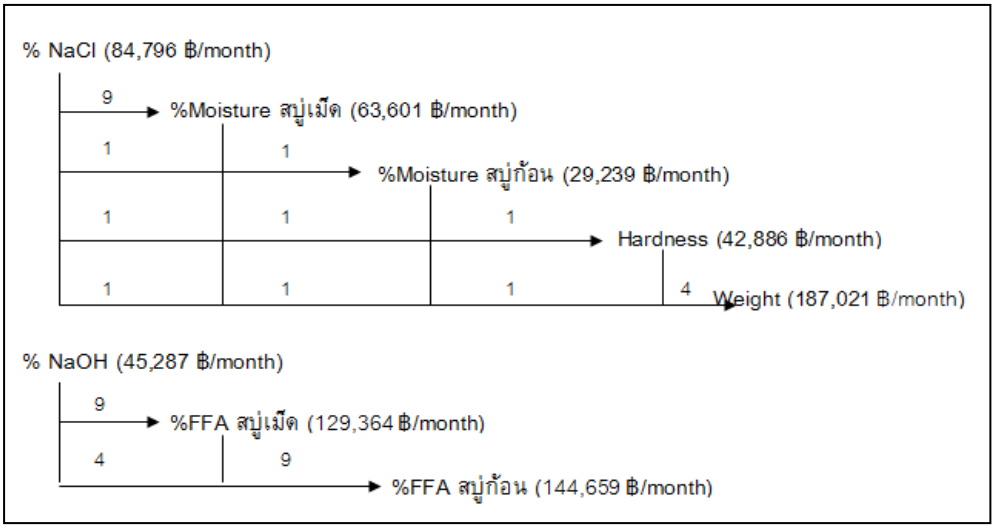
ในการประเมินความสูญเสียเชิงต้นทุนจากระดับความสามารถของกระบวนการ จะสามารถประเมินได้ในพารามิเตอร์ในระดับ IPP และ FPP ซึ่งจากสมมติฐานของงานวิจัยที่ว่ามูลค่าความสูญเสียในระดับ FPP จะมีผลมาจากมูลค่าความสูญเสียในระดับ IPP ที่มีความสัมพันธ์กัน เมื่อ FPP ได้ถูกเลือกในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ จะทำให้ปัญหาในระดับ IPP ที่มีความสัมพันธ์สูงกับ FPP จะได้รับการพิจารณาไปด้วย ในการพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนของ FPP จึงเป็นการเรียงลำดับผลรวมมูลค่าความสูญเสียของ FPP ใดๆ กับมูลค่าความสูญเสียของ IPP ที่มีความสัมพันธ์กัน โดย FPP ตัวใดมีมูลค่าความสูญเสียรวมมากที่สุดก็จะมีระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนสูงที่สุด ในการพิจารณาจะเริ่มจากการวิเคราะห์

ความสัมพันธ์ระหว่าง IPP กับ FPP ซึ่งได้จากการสัมภาษณ์ข้อมูลของกระบวนการผลิต สามารถพิจารณาได้ดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง IPP และ FPP ของกระบวนการผลิตสบู่

จากภาพที่ 4.10 เมื่อพิจารณาการควบคุมน้ำหนักของสบู่ก้อนจะเห็นว่า มีความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์อื่นๆ เป็นลำดับขั้น คือ ความแข็งของสบู่ก้อน ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณความชื้นในสบู่ก้อน, ปริมาณความชื้นในสบู่เม็ด และปริมาณเกลือในสบู่เหลว ตามลำดับ ในส่วนของการควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่ก้อน จะมีผลมาจากปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่เม็ด และความเป็นด่างในสบู่เหลว ตามลำดับ จากความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ สามารถพิจารณามูลค่าความสูญเสียของ FPP จากพารามิเตอร์อื่นๆที่มีความสัมพันธ์กันดังภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.11 การพิจารณามูลค่าความสูญเสียของ FPP จากความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิตสบู่

ในการพิจารณาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิต (IPP และ FPP) จะอาศัยการพิจารณาร่วมกันของผู้วิจัย และผู้เชี่ยวชาญในกระบวนการผลิตซึ่งเป็นผู้ให้ข้อมูล โดยยึดเกณฑ์การให้คะแนนความสัมพันธ์ซึ่งอ้างอิงจาก Rojanarowan and Jirasettapong (2012) คือ 0 = ไม่มีความสัมพันธ์กับ FPP, 1 = มีความสัมพันธ์กับ FPP ในระดับเล็กน้อย, 4 = มีความสัมพันธ์กับ FPP ในระดับปานกลาง และ 9 = มีความสัมพันธ์กับ FPP ในระดับมาก สามารถพิจารณามูลค่าความสูญเสียจากความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิตได้ดังนี้

1. มูลค่าความสูญเสียจาก % NaCl ที่มีผลต่อพารามิเตอร์ที่สัมพันธ์กัน
   พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง % NaCl กับพารามิเตอร์อื่นๆดังนี้

- % NaCl มีความสัมพันธ์กับความชื้นของสบู่เม็ด = 9
- % NaCl มีความสัมพันธ์กับความชื้นของสบู่ก้อน = 1
- % NaCl มีความสัมพันธ์กับความแข็งของสบู่ก้อน = 1
- % NaCl มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักของสบู่ก้อน = 1

จากความสัมพันธ์ข้างต้นสามารถพิจารณามูลค่าความสูญเสียของพารามิเตอร์ที่เป็นผลมาจากการควบคุม % NaCl ได้ดังนี้ (การควบคุม % NaCl มีมูลค่าความสูญเสียเกิดขึ้น 84,796 บาทต่อเดือน)

$$\text{มูลค่าความสูญเสียที่ส่งผลต่อความชื้นของสบู่เม็ด} = \frac{9}{9+1+1+1} \times 84{,}796 = 63{,}597 \text{ บ./เดือน}$$

$$\text{มูลค่าความสูญเสียที่ส่งผลต่อความชื้นของสบู่ก้อน} = \frac{1}{9+1+1+1} \times 84{,}796 = 7{,}066.33 \text{ บ./เดือน}$$

$$\text{มูลค่าความสูญเสียที่ส่งผลต่อความแข็งของสบู่ก้อน} = \frac{1}{9+1+1+1} \times 84{,}796 = 7{,}066.33 \text{ บ./เดือน}$$

$$\text{มูลค่าความสูญเสียที่ส่งผลต่อน้ำหนักของสบู่ก้อน} = \frac{1}{9+1+1+1} \times 84{,}796 = 7{,}066.33 \text{ บ./เดือน}$$

2. มูลค่าความสูญเสียจากปริมาณความชื้นของสบู่เม็ดที่มีผลต่อพารามิเตอร์ที่สัมพันธ์กัน

ความสูญเสียจากการควบคุมความชื้นของสบู่เม็ดมีมูลค่า 63,601 บาทต่อเดือน (4 + 63,597) ซึ่งเป็นผลมากจากมูลค่าความสูญเสียของ % NaCl ของสบู่เหลวที่มีความสัมพันธ์กัน พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของสบู่เม็ดกับพารามิเตอร์อื่นๆ ดังนี้

- ความชื้นของสบู่เม็ดมีความสัมพันธ์กับความชื้นของสบู่ก้อน = 1

- ความชื้นของสบู่เม็ดมีความสัมพันธ์กับความแข็งของสบู่ก้อน = 1
- ความชื้นของสบู่เม็ดมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักของสบู่ก้อน = 1

จากความสัมพันธ์ข้างต้นสามารถพิจารณามูลค่าความสูญเสียของพารามิเตอร์ที่เป็นผลมาจากการควบคุมความชื้นของสบู่เม็ดได้ดังนี้

มูลค่าความสูญเสียที่ส่งผลต่อความชื้นของสบู่ก้อน = $\frac{1}{1+1+1}$ x 63,601 = 21,200.33 บ./เดือน

มูลค่าความสูญเสียที่ส่งผลต่อความแข็งของสบู่ก้อน = $\frac{1}{1+1+1}$ x 63,601 = 21,200.33 บ./เดือน

มูลค่าความสูญเสียที่ส่งผลต่อน้ำหนักของสบู่ก้อน = $\frac{1}{1+1+1}$ x 63,601 = 21,200.33 บ./เดือน

3. มูลค่าความสูญเสียจากปริมาณความชื้นของสบู่ก้อนที่มีผลต่อพารามิเตอร์ที่สัมพันธ์กัน

ความสูญเสียจากการควบคุมความชื้นของสบู่ก้อนมีมูลค่า 29,238.66 บาทต่อเดือน (972 + 7,066.33 + 21,200.33) ซึ่งเป็นผลมากจากมูลค่าความสูญเสียของความชื้นของสบู่ก้อนที่มีความสัมพันธ์กับ %NaCl ของสบู่เหลว และความชื้นของสบู่เม็ด ตามลำดับ พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของสบู่ก้อนกับพารามิเตอร์อื่นๆ ดังนี้

- ความชื้นของสบู่ก้อนมีความสัมพันธ์กับความแข็งของสบู่ก้อน = 1
- ความชื้นของสบู่ก้อนมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักของสบู่ก้อน = 1

จากความสัมพันธ์ข้างต้นสามารถพิจารณามูลค่าความสูญเสียของพารามิเตอร์ที่เป็นผลมาจากการควบคุมความชื้นของสบู่ก้อนได้ดังนี้

มูลค่าความสูญเสียที่ส่งผลต่อความแข็งของสบู่ก้อน = $\frac{1}{1+1}$ x 29,238.66 = 14,619.33 บ./เดือน

มูลค่าความสูญเสียที่ส่งผลต่อน้ำหนักของสบู่ก้อน = $\frac{1}{1+1}$ x 29,238.66 = 14,619.33 บ./เดือน

4. มูลค่าความสูญเสียจากความแข็งของสบู่ก้อนที่มีผลต่อพารามิเตอร์ที่สัมพันธ์กัน

ความสูญเสียจากการควบคุมความแข็งของสบู่ก้อนมีมูลค่า 42,885.99 บาทต่อเดือน (0 + 7,066.33 + 21,200.33 + 14,619.33) ซึ่งเป็นผลมากจากมูลค่าความสูญเสียของความแข็งของสบู่ก้อนที่มีความสัมพันธ์กับ % NaCl ของสบู่เหลว, ความชื้นของสบู่เม็ด และความชื้นของสบู่ก้อนตามลำดับ

จากความสัมพันธ์ของความแข็งของสบู่ก้อนที่ส่งผลต่อน้ำหนักของสบู่ก้อนโดยตรง จึงพิจารณาได้ว่ามูลค่าความสูญเสียจากการควบคุมความแข็งของสบู่ก้อนจะส่งผลถึงมูลค่าความสูญเสียจากการควบคุมน้ำหนักของสบู่ก้อนเป็นมูลค่า 42,885.99 บาทต่อเดือน

5. มูลค่าความสูญเสียจากการควบคุมน้ำหนักของสบู่ก้อน

ในการควบคุมน้ำหนักของสบู่ก้อนมีมูลค่าความสูญเสียเกิดขึ้น 101,249 บาทต่อเดือน นอกจากนั้นยังเป็นผลมาจากมูลค่าความสูญเสียของ % NaCl ในสบู่เหลว 7,066.33 บาทต่อเดือน , มูลค่าความสูญเสียจากความชื้นของสบู่เม็ด 21,200.33 บาทต่อเดือน, มูลค่าความสูญเสียจากความชื้นของสบู่ก้อน 14,619.33 บาทต่อเดือน และมูลค่าความสูญเสียจากความแข็งของสบูก้อน 42,885.99 บาทต่อเดือน ดังนั้นการควบคุมน้ำหนักของสบู่ก้อนที่มีผลมาจากพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กัน จะก่อให้เกิดความสูญเสียจากความสามารถของกระบวนการเป็นมูลค่า 187,020.98 บาทต่อเดือน

6. มูลค่าความสูญเสียจาก % NaOH ที่มีผลต่อพารามิเตอร์ที่สัมพันธ์กัน

พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง % NaOH กับพารามิเตอร์อื่นๆดังนี้

- % NaOH มีความสัมพันธ์กับปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่เม็ด = 9
- % NaOH มีความสัมพันธ์กับปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่ก้อน = 4

จากความสัมพันธ์ข้างต้นสามารถพิจารณามูลค่าความสูญเสียของพารามิเตอร์ที่เป็นผลมาจากการควบคุม % NaOH ได้ดังนี้ (การควบคุม % NaOH มีมูลค่าความสูญเสียเกิดขึ้น 45,287 บาทต่อเดือน)

มูลค่าความสูญเสียที่ส่งผลต่อปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่เม็ด = $\frac{9}{9+4}$ x 45,287 = 31,352.54 บ./เดือน

มูลค่าความสูญเสียที่ส่งผลต่อปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่ก้อน = $\frac{4}{9+4}$ x 45,287 = 13,934.46 บ./เดือน

7. มูลค่าความสูญเสียจากปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่เม็ดที่มีผลต่อพารามิเตอร์ที่สัมพันธ์กัน

ความสูญเสียจากการควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่เม็ดมีมูลค่า 98,011 บาทต่อเดือน นอกจากนั้นยังมีผลมากจากมูลค่าความสูญเสียของ % NaOH ของสบู่เหลว 31,352.54

บาทต่อเดือน ดังนั้นการควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่เม็ดที่มีผลมาจากพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กัน จะก่อให้เกิดความสูญเสียจากความสามารถของกระบวนการเป็นมูลค่า 129,363.54 บาทต่อเดือน จากความสัมพันธ์ของปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่เม็ดที่ส่งผลต่อปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่ก้อนโดยตรง จึงพิจารณาได้ว่ามูลค่าความสูญเสียจากการควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่เม็ดจะส่งผลถึงมูลค่าความสูญเสียจากการควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่ก้อนเป็นมูลค่า 129,363.54 บาทต่อเดือน

8. มูลค่าความสูญเสียจากการควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่ก้อน

ในการควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่ก้อนมีมูลค่าความสูญเสียเกิดขึ้น 1,361 บาทต่อเดือน นอกจากนั้นยังเป็นผลมาจากมูลค่าความสูญเสียของ % NaOH ของสบู่เหลว 13,934.46 บาทต่อเดือน และมูลค่าความสูญเสียจากปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่เม็ด 129,363.54 บาทต่อเดือน ดังนั้นการควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่ก้อนที่มีผลมาจากพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กัน จะก่อให้เกิดความสูญเสียจากความสามารถของกระบวนการเป็นมูลค่า 144,659 บาทต่อเดือน

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิต (IPP และ FPP) สามารถสรุปมูลค่าความสูญเสียจากความสามารถของกระบวนการในการควบคุมคุณภาพของสบู่ก้อนในระดับ FPP ซึ่งเรียงตามระดับความวิกฤตเชิงต้นทุน แสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนของ FPP ในการควบคุมคุณภาพของสบู่ก้อน

ระดับความวิกฤตเชิงต้นทุน	FPP	มูลค่าความสูญเสียจากพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กัน (บาท/เดือน)	มูลค่าความสูญเสีย (บาท/เดือน)
4	น้ำหนักสบู่ก้อน	101,249 + 7,066.33 +21,200.33 + 14,619.33 + 42,885.99	187,021
3	%FFA สบู่ก้อน	1,361 + 13,934.46 + 129,363.54	144,659
2	ความแข็งสบู่ก้อน	0 +7,066.33 + 21,200.33 + 14,619.33	42,886
1	%Moisture สบู่ก้อน	972 + 7,066.33 + 21,200.33	29,239

**หมายเหตุ มูลค่าความสูญเสียของ FPP ที่เกิดจากผลรวมมูลค่าความสูญเสียจากพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กัน จะใช้ประโยชน์เฉพาะการพิจารณาระดับความวิกฤตของ FPP*

จากตารางที่ 4.6 จะเห็นว่าการควบคุมน้ำหนักของสบู่ก้อนที่เป็นผลมาจากพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กันในระหว่างกระบวนการผลิต ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียสูงที่สุด ซึ่งมีระดับความวิกฤติเชิงต้นทุนที่ระดับ 4 และมีความสำคัญเป็นลำดับแรกในการเลือก FPP ร่วมกับความวิกฤตเชิงเทคนิค เพื่อคัดกรองเอาเฉพาะ FPP ที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิต ไปพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิต ในขั้นตอนถัดไป

4.2.3 การจัดลำดับและเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายไปทำการปรับปรุง

การจัดลำดับและเลือก FPP ในงานวิจัยนี้ได้เสนอไว้ทั้งสิ้น 3 วิธี คือ

1. วิธีที่ 1 พิจารณาจากความวิกฤตเชิงเทคนิค และความวิกฤตเชิงต้นทุนซึ่งมีความสำคัญเท่ากัน

การจัดลำดับและเลือก FPP ตามวิธีนี้ จะเหมาะกับกระบวนการการผลิตที่มีปัญหาทั้งคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภค และต้นทุนในการผลิต ซึ่งมีผลต่อความสูญเสียในกระบวนการผลิตเท่าๆกัน

2. วิธีที่ 2 พิจารณาจากความวิกฤตเชิงต้นทุนเป็นหลัก

เป็นวิธีที่เหมาะกับกระบวนการผลิตที่มีต้นทุนในการผลิตสูง หรือผู้บริโภคไม่ได้ให้ความสำคัญกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์มากนัก

3. วิธีที่ 3 พิจารณาจากความวิกฤตเชิงเทคนิคเป็นหลัก

เป็นวิธีที่เหมาะกับกระบวนการผลิตที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์มาก จนต้นทุนในการผลิตถือเป็นประเด็นรองในการนำมาพิจารณา ถ้าคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นไปตามความต้องการของผู้บริโภคแล้วก็จะทำให้ความสูญเสียจากต้นทุนคุณภาพนั้นลดลงตามไปด้วย

จากการสัมภาษณ์ข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษาพบว่า โรงงานกรณีศึกษานั้นให้ความสำคัญกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์มากที่สุด ก็คือน้ำหนักของสบู่ก้อน โดยต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของผู้บริโภค ซึ่งจากการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการจะเห็นว่า น้ำหนักของสบู่ก้อนก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียสูงที่สุดทั้งจากกระบวนการขึ้นรูปสบู่ก้อน หรือมูลค่าความสูญเสียที่เป็นผลมาจากกระบวนการอื่นๆที่มีความสัมพันธ์กัน และน้ำหนักของสบู่ก้อนยังมีผลต่อการยอมรับหรือสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากผู้บริโภค

จะเห็นว่าถ้าควบคุมน้ำหนักของสบู่ก้อนให้เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้บริโภคแล้ว ความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตก็จะลดลง ดังนั้นในการจัดลำดับและเลือก FPP ไปพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตสบู่ จึงได้ดำเนินการตามวิธีที่ 3 คือ พิจารณาตามความวิกฤตเชิงเทคนิคเป็นหลัก ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

1. แบ่ง FPP ตามความวิกฤตเชิงเทคนิค ซึ่งจากการพิจารณาความวิกฤตเชิงเทคนิคของ FPP ตามขั้นตอนที่ 4.2.1 พบว่า FPP ที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อความต้องการของผู้บริโภค และมีผลต่อการสั่งซื้อ ซึ่งมีความวิกฤตเชิงเทคนิคในระดับ CMP คือ น้ำหนักของสบู่ก้อน ส่วน ความแข็ง, ความชื้น, และปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่ก้อน จัดอยู่ในระดับ CNP ซึ่งถ้าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของการผลิต ผู้บริโภคยังยอมรับในตัวผลิตภัณฑ์ และไม่มีผลต่อการสั่งซื้อ

2. เรียงลำดับ FPP ตามความวิกฤตเชิงต้นทุนจากมากไปน้อยในแต่ละระดับของความวิกฤตเชิงเทคนิค ซึ่งจากการพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนในหัวข้อที่ 4.2.2 สามารถเรียงลำดับความสำคัญของ FPP ได้ดังนี้

- ระดับ CMP (มีความรุนแรงมาก): น้ำหนักของสบู่ก้อน
- ระดับ CNP (มีความรุนแรงปานกลาง): ปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่ก้อน, ความแข็งของสบู่ก้อน และความชื้นในสบู่ก้อน ตามลำดับ

3. พิจารณาเลือก FPP เพื่อนำไปใช้ในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิต โดยมีหลักการคือเลือก FPP ในระดับ CMP ไปทั้งหมด (100% Selected) ซึ่งก็คือ น้ำหนักของสบู่ก้อน ส่วน FPP ในระดับ CNP ขึ้นอยู่กับความเห็นจากทีมปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิต ซึ่ง FPP ในระดับ CNP นี้มีจำนวนไม่มาก จึงได้นำมาร่วมพิจารณาด้วยทั้งหมด

4. จัดลำดับก่อน – หลัง ของ FPP ซึ่งสามารถพิจารณาได้ดังตารางที่ 4.7

จากการจัดลำดับและเลือก FPP ในการควบคุมคุณภาพของสบู่ก้อนดังตารางที่ 4.7 พบว่า น้ำหนักของสบู่ก้อน เป็น FPP ที่มีความสำคัญในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการเป็นลำดับแรก ซึ่งมีระดับความวิกฤตสูงสุดเท่ากับ 4 รองลงมาคือ ปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่ก้อน, ความแข็งของสบู่ก้อน และปริมาณความชื้นของสบู่ก้อน โดยมีระดับความวิกฤต

เป็น 3, 2 และ 1 ตามลำดับ ซึ่ง FPP ที่ได้รับการจัดลำดับความสำคัญและถูกเลือกแล้ว จะนำไปใช้ในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ ในขั้นตอนของการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการด้วยแผนผังเมทริกซ์ต่อไป

ตารางที่ 4.7 ลำดับความสำคัญของ FPP ในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตสบู่ก้อน

ลำดับความสำคัญ	ระดับความวิกฤต	FPP	มูลค่าความสูญเสีย (บาท/เดือน)
1	4	น้ำหนัก (CMP)	187,021
2	3	%FFA สบู่ก้อน (CNP)	144,659
3	2	ความแข็ง (CNP)	42,886
4	1	%Moistureสบู่ก้อน (CNP)	29,239

4.3 การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

ในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ไปทำการปรับปรุงจะใช้แผนผังเมทริกซ์เป็นเครื่องมือในการพิจารณาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิต (PP และ IPP) กับ FPP ที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิตที่ได้รับการจัดลำดับและคัดเลือกตามขั้นตอนที่ 4.2.3 ซึ่งพารามิเตอร์ในระดับ PP หรือ IPP ในกระบวนการใดที่มีความสัมพันธ์สูงกับ FPP ที่มีระดับความวิกฤตสูงสุด จะได้รับการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการเป็นลำดับแรก ซึ่งมีขั้นตอนในการพิจารณาดังนี้

1. การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์แต่ละประเภทในกระบวนการผลิต โดยจะต้องอาศัยการระดมสมอง (Brainstorm) จากทีมปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ เพื่อคัดกรองเอาเฉพาะ PP และ IPP ที่มีความสัมพันธ์กับ FPP ที่ได้รับการจัดลำดับความสำคัญแล้วไปใช้กับแผนผังเมทริกซ์ในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในระดับ PP ไปทำการปรับปรุง

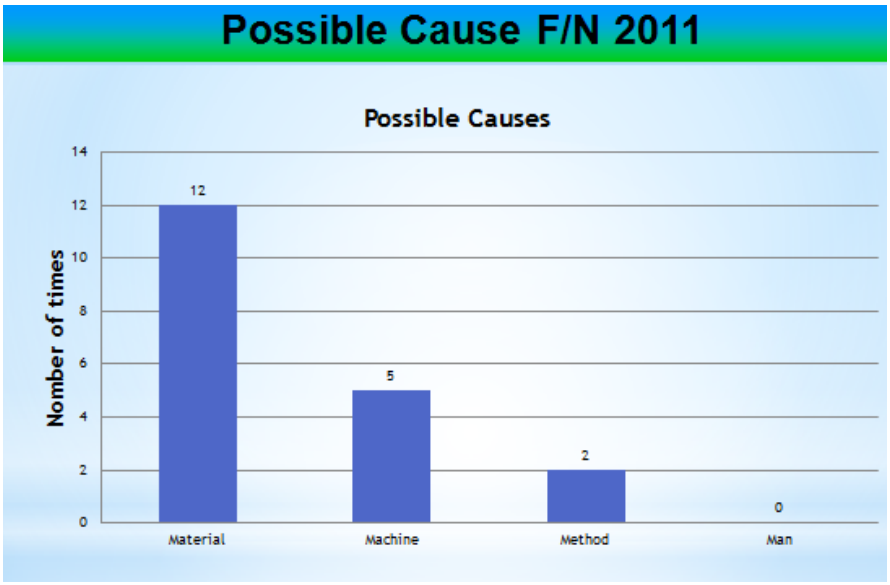
2. การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ของกระบวนการ (PP) ที่จะปรับปรุง โดยในขั้นตอนนี้จะอาศัยแผนผังเมทริกซ์มาช่วยในการพิจารณาความสัมพันธ์ของ

พารามิเตอร์ในแต่ละกระบวนการกับ FPP เพื่อพิจารณาเลือกปรับปรุงกระบวนการที่มีคะแนนความสัมพันธ์กับ FPP สูง ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญที่ควรเร่งดำเนินการแก้ไข

4.3.1 การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์แต่ละประเภทในกระบวนการผลิต

การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์แต่ละประเภทในกระบวนการผลิตจากการสัมภาษณ์ข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญในกระบวนการผลิตได้นำเครื่องมือการควบคุมคุณภาพทางสถิติ คือ แผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) มาใช้ในการคัดกรองเอาเฉพาะพารามิเตอร์ในกระบวนการ (IPP และ PP) ที่มีความสัมพันธ์กับ FPP ที่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิต โดยจะพิจารณาพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักของสบู่ก้อน และปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่ก้อน ซึ่งจะเห็นว่า FPP ทั้ง 2 ตัวนี้ เป็นปลายเหตุที่นำมาสู่มูลค่าความสูญเสียของกระบวนการผลิต ในส่วนของความแข็ง และปริมาณความชื้นในสบู่ก้อน ซึ่งเป็น FPP ที่มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักของสบู่ก้อน จะสามารถพิจารณาพารามิเตอร์ในกระบวนการที่มีความสัมพันธ์กับความแข็ง และปริมาณความชื้นในสบู่ก้อนได้จากแผนผังสาเหตุและผลเดียวกันดังภาพที่ 4.13

จากการสัมภาษณ์ข้อมูลจากโรงงานกรณีศึกษาพบว่า ความสูญเสียจากการผลิตในช่วงปี 2554 มีสาเหตุมาจาก วัตถุดิบในการผลิต (Material), เครื่องจักร (Machine) และ วิธีการทำงาน (Method) แต่ไม่พบสาเหตุที่มาจากพนักงาน (Man) พิจารณาได้ดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 สาเหตุที่นำมาสู่ความสูญเสียในกระบวนการผลิตสบู่ก้อนในปี 2554

จากการพิจารณาดังภาพที่ 4.12 จึงได้นำแผนผังสาเหตุและผลมาใช้ในการพิจารณาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในแต่ละประเภท โดยแบ่งการพิจารณาตาม FPP ที่เป็นปลายเหตุของปัญหาที่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตได้ดังนี้

1. การพิจารณาพารามิเตอร์ในกระบวนการที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่ก้อน

จากการสัมภาษณ์ข้อมูลจากโรงงานกรณีศึกษาพบว่าปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่ก้อนนั้น มีสาเหตุมาจากวัตถุดิบในกระบวนการผลิตเพียงด้านเดียว โดยมีพารามิเตอร์ในกระบวนการที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่ก้อน พิจารณาได้ดังนี้

- กระบวนการที่ 1: การผลิตสบู่เหลว

ปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่ก้อนมีความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์ในระดับ IPP คือ %NaOH ซึ่งเป็นผลมาจากพารามิเตอร์ในระดับ PP คือ ปริมาณ Caustic Soda

- กระบวนการที่ 2: การผลิตสบู่เม็ด

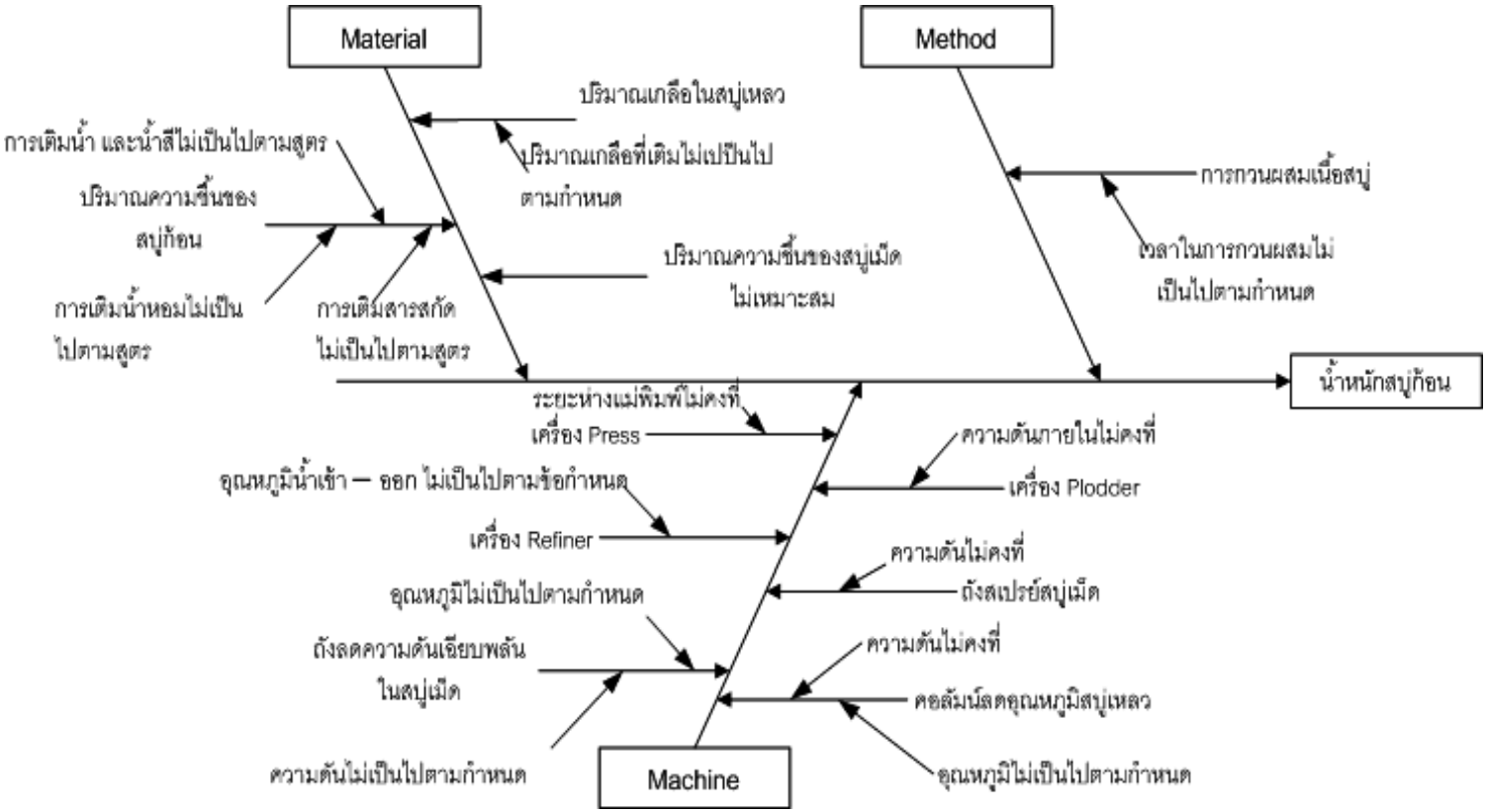
ปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่ก้อนมีความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์ในระดับ IPP คือ ปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่เม็ด ซึ่งเป็นผลมาจากพารามิเตอร์ในระดับ PP คือ ปริมาณกรดซิตริก (Citric acid)

- กระบวนการที่ 3: การผสมเนื้อสบู่

ปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่ก้อนมีความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์ในระดับ PP คือ ปริมาณน้ำ และน้ำสี, ปริมาณน้ำหอม และปริมาณสารสกัดตามสูตร

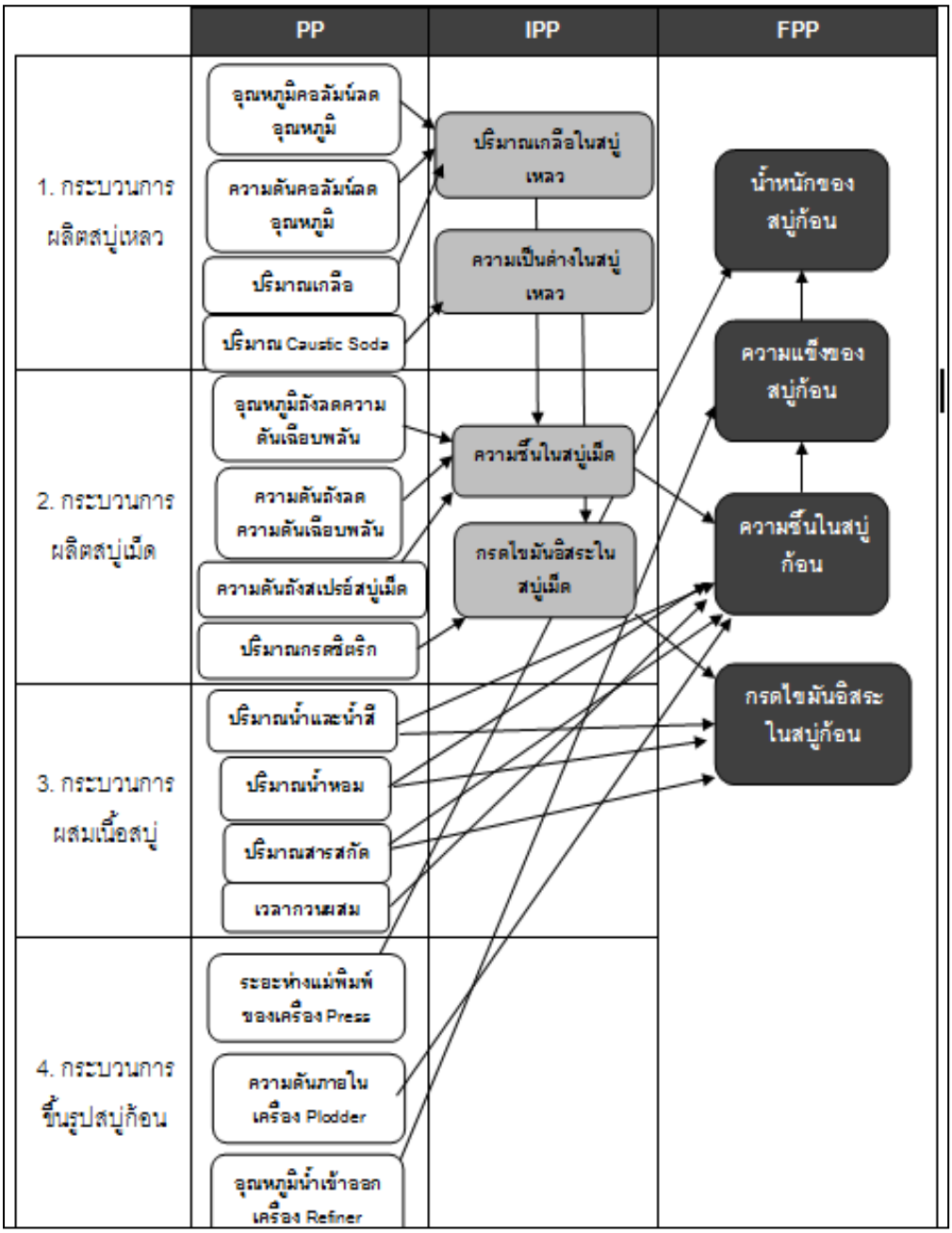
2. การพิจารณาพารามิเตอร์ในกระบวนการที่มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักของสบู่ก้อน

จากการสัมภาษณ์ข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษาพบว่า น้ำหนักของสบู่ก้อนจะมีผลมาจากปริมาณวัตถุดิบในการผลิต (Material), เครื่องจักร (Machine) และวิธีการปฏิบัติงาน (Method) สามารถพิจารณาพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิตที่มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักของสบู่ก้อน ได้จากแผนผังสาเหตุและผล ดังภาพที่ 4.13



ภาพที่ 4.13 แผนผังสาเหตุและผล แสดงความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิตกับน้ำหนักของสบู่ก้อน

จากการใช้แผนผังสาเหตุและผลมาช่วยคัดกรองเอาเฉพาะพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิตที่มีความสัมพันธ์กับ FPP สามารถพิจารณาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในแต่ละกระบวนการกับ FPP ได้ดังภาพที่ 4.14



ภาพที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ในกระบวนการกับ FPP ของกระบวนการผลิตสบู่

จากภาพที่ 4.14 มีข้อสังเกตในการพิจารณาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในระดับ (PP และ IPP) กับ FPP คือ พารามิเตอร์ในแต่ละระดับจะมีความสัมพันธ์กันเป็นลำดับขั้น เช่น ความเป็นด่างในสบู่เหลว มีความสัมพันธ์กับกรดไขมันอิสระในสบู่เม็ด และกรดไขมันในสบู่เม็ดก็มีความสัมพันธ์กับปริมาณกรดไขมันในสบู่ก้อน ดังนั้นพารามิเตอร์ในระดับ PP ที่มีความสัมพันธ์กับความเป็นด่างในสบู่เหลว คือ ปริมาณ Caustic Soda ก็จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่ก้อนด้วย

4.3.2 การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ของกระบวนการ (PP) ที่จะปรับปรุง

พารามิเตอร์ในระดับ PP และ IPP ที่ได้จากการพิจารณาความสัมพันธ์กับ FPP ที่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตสบู่ จะต้องนำไปใช้ในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในระดับ PP ไปทำการปรับปรุง โดยอาศัยแผนผังเมทริกซ์เป็นเครื่องมือในการพิจารณาคะแนนความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในแต่ละกระบวนการกับ FPP โดยพารามิเตอร์ของกระบวนการใดที่มีคะแนนความสัมพันธ์กับ FPP สูง จะทำให้กระบวนการนั้นมีลำดับความสำคัญในการนำไปพิจารณาปรังปรุงความสามารถของกระบวนการก่อน ซึ่งเกณฑ์ในการพิจารณาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในกระบวนการกับ FPP ได้อ้างอิงจาก Rojanarowan and Jirasettapong (2012) ดังนี้

0 = ไม่มีความสัมพันธ์กับ FPP 1 = มีความสัมพันธ์กับ FPP ในระดับเล็กน้อย

4 = มีความสัมพันธ์กับ FPP ในระดับปานกลาง 9 = มีความสัมพันธ์กับ FPP ในระดับมาก

การใช้แผนผังเมทริกซ์ในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในระดับ PP ไปทำการปรับปรุง มีขั้นตอนดังนี้

1. นำ FPP ที่ได้จากการจัดลำดับและถูกเลือกบันทึกลงในส่วนที่ (1) และระดับความรุนแรง (ความวิกฤต) ของ FPP บันทึกลงในส่วนที่ (2) (ลำดับความสำคัญของ FPP พิจารณาได้ดังตารางที่ 4.7)

2. นำพารามิเตอร์ในระดับ PP และ IPP ในแต่ละกระบวนการที่ได้จากการพิจารณาความสัมพันธ์กับ FPP บันทึกลงในส่วนที่ (3)

3. พิจารณาคะแนนความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในแต่ละกระบวนการกับ FPP ลงในส่วนที่ (4) พิจารณาคะแนนความรุนแรงของพารามิเตอร์ Z_i ดังสมการที่ 3.29 ลงในส่วนที่ (5) และพิจารณาคะแนนรวมความรุนแรงของกระบวนการ P_i ดังสมการที่ 3.30 ลงในส่วนที่ (6)

สามารถพิจารณาการจัดลำดับความของกระบวนการโดยใช้แผนผังเมทริกซ์ได้ดังภาพที่ 4.15

แผนผังเมทริกซ์ในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์								
		พารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (1)				Zi (5)	Pi (6)
		น้ำหนักสบู่ก้อน	กรดไขมันอิสระในสบู่ก้อน	ความแข็งของสบู่ก้อน	ความชื้นของสบู่ก้อน		
ระดับความรุนแรงของ FPP (2)		4	3	2	1		
พารามิเตอร์ในกระบวนการ (3)		คะแนนความสัมพันธ์กับ FPP (4)					
1	ปริมาณเกลือในสบู่เหลว	1		1	1	7	52
	ความเป็นด่างในสบู่เหลว		4			12	
	T˙ คอลัมน์ลดอุณหภูมิ	1		1	1	7	
	P คอลัมน์ลดอุณหภูมิ	1		1	1	7	
	ปริมาณเกลือ	1		1	1	7	
	ปริมาณ Caustic Soda		4			12	
2	ความชื้นในสบู่เม็ด	1		1	1	7	82
	กรดไขมันอิสระในสบู่เม็ด		9			27	
	T˙ ถังลดความดันเฉียบพลัน	1		1	1	7	
	P ถังลดความดันเฉียบพลัน	1		1	1	7	
	P ถังสเปรย์สบู่เม็ด	1		1	1	7	
	ปริมาณกรดซิตริก		9			27	
3	ปริมาณน้ำและน้ำสี	1	1	1	1	10	37
	ปริมาณน้ำหอม	1	1	1	1	10	
	ปริมาณสารสกัด	1	1	1	1	10	
	เวลากวนผสม	1		1	1	7	
4	ระยะห่างแม่พิมพ์ของเครื่อง Press	9				36	65
	P ภายในเครื่อง Plodder	1		1	1	7	
	T˙ น้ำเข้าออกเครื่อง Refiner	1		9		22	

ภาพที่ 4.15 แผนผังเมทริกซ์ในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการผลิตสบู่ก้อน

ในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ (PP) ไปทำการปรับปรุง ในงานวิจัยนี้ได้เสนอไว้ 2 วิธีด้วยกันโดยอ้างอิงจาก Rojanarowan and Jirasettapong (2012) คือ การพิจารณาตามลำดับความสำคัญของ FPP และการพิจารณาตามคะแนนรวมความรุนแรงของกระบวนการ (P_i) ซึ่งจำนวนพารามิเตอร์ในแต่ละกระบวนการที่นำมาพิจารณานั้นมีจำนวนไม่มาก และเพื่อให้สามารถเลือกปรับปรุงได้จากปัญหาที่ก่อให้เกิดความสูญเสียต่อกระบวนการผลิตมากที่สุด ซึ่งเป็นสาเหตุมาจากน้ำหนักของสบู่ก้อน ดังนั้นผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญในกระบวนการผลิตที่เป็นผู้ให้ข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษา จึงมีความเห็นที่จะพิจารณาลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงโดย วิธีการพิจารณาตามลำดับความสำคัญของ FPP โดยจะพิจารณาไปทีละพารามิเตอร์ ซึ่งมีหลักการดังนี้

1. พิจารณา FPP ที่มีลำดับความสำคัญมากที่สุดคือ น้ำหนักของสบู่ก้อน ซึ่งมีพารามิเตอร์ในระดับ PP ของกระบวนการขึ้นรูปสบู่ก้อนที่มีความสัมพันธ์สูงกับน้ำหนักของสบู่ก้อนคือ ระยะห่างแม่พิมพ์ของเครื่องปั๊มสบู่ก้อน (เครื่อง Press) โดยมีคะแนนความรุนแรง (Z_i) อยู่ที่ 9x4 เท่ากับ 36 คะแนน ซึ่งถือว่าเป็นคะแนนความรุนแรงสูงที่สุด (พิจารณาดังภาพที่ 4.15) และทำให้กระบวนการขึ้นรูปสบู่ก้อนมีลำดับความสำคัญสูงสุดที่ควรจะได้รับการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

2. พิจารณา FPP ที่มีลำดับความสำคัญรองลงมาคือ ปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่ก้อน ซึ่งมีพารามิเตอร์ในระดับ IPP ของกระบวนการผลิตสบู่เม็ดที่มีความสัมพันธ์สูงกับปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่ก้อนคือ ปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่เม็ด โดยมีคะแนนความรุนแรงอยู่ที่ 9x3 เท่ากับ 27 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนความรุนแรงที่รองลงมา และทำให้กระบวนการผลิตสบู่เม็ดมีความสำคัญที่จะนำไปพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการเป็นลำดับที่สอง ซึ่งในการปรับปรุงจะต้องพิจารณาลงไปถึงพารามิเตอร์ในระดับ PP คือ การเติมกรดซิตริก ซึ่งมีความสัมพันธ์สูงกับปริมาณกรดไขมันอิสระของสบู่ก้อนคิดเป็นคะแนนความรุนแรงอยู่ที่ 9x3 เท่ากับ 27 คะแนน สำหรับการพิจารณาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในกระบวนการกับ FPP ที่มีลำดับความสำคัญที่ลดลงไปเรื่อยๆ มีหลักการในการพิจารณาเช่นเดียวกัน

ข้อสังเกตในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ ถ้าพิจารณาตามคะแนนรวมความรุนแรงของกระบวนการ (P_i) ผลที่ได้คือ กระบวนการผลิตสบู่เม็ดจะมีลำดับความสำคัญสูงสุดในการนำไปพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ ซึ่งมีคะแนนรวม

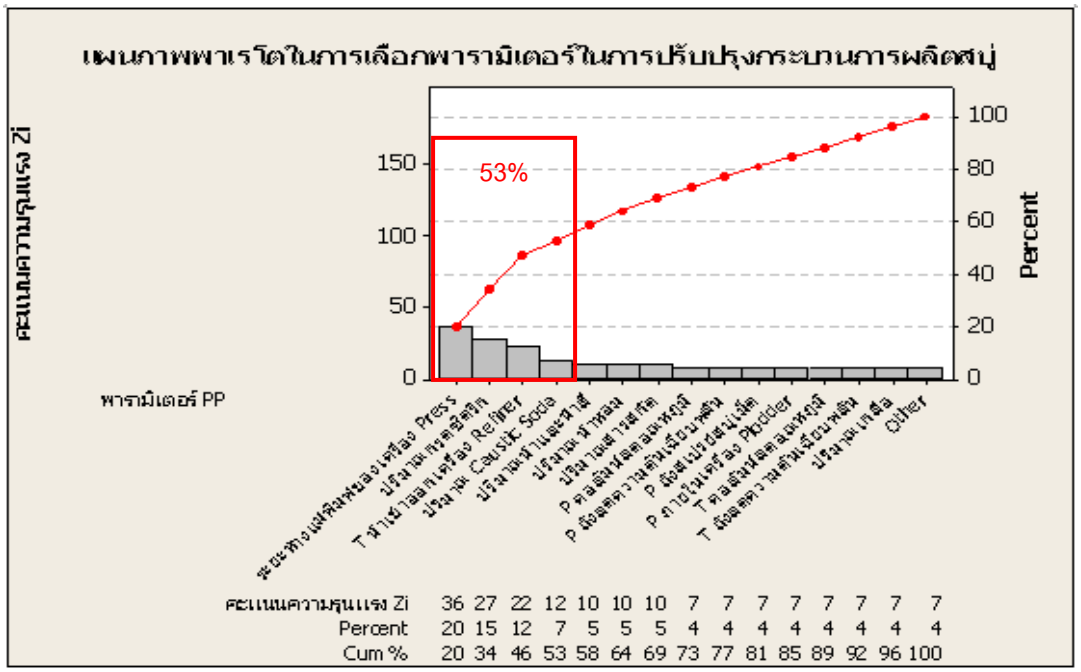
ความรุนแรงของกระบวนการเท่ากับ 82 คะแนน (พิจารณาดังภาพที่ 4.15 ในส่วนที่ (6)) ในขณะที่กระบวนการขึ้นรูปสบู่ก้อนจะมีความสำคัญเป็นลำดับที่สอง ซึ่งมีคะแนนความรุนแรงของกระบวนการเท่ากับ 65 คะแนน ทำให้พารามิเตอร์ในกระบวนการขึ้นรูปสบู่ก้อนที่มีความสัมพันธ์สูงกับ FPP ที่มีลำดับความสำคัญสูงที่สุด (ระยะห่างแม่พิมพ์ของเครื่องปั๊มสบู่ก้อน กับน้ำหนักของสบู่ก้อน) ซึ่งเป็นสาเหตุที่นำมาสู่ความสูญเสียของกระบวนการผลิตสูงที่สุด กลับได้รับการพิจารณาช้ากว่าพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิตสบู่เม็ด ซึ่งถือเป็นข้อเสียในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการตามวิธีที่พิจารณาจากคะแนนรวมความรุนแรงของกระบวนการ

ผลลัพธ์จากการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์จากการพิจารณาตามลำดับความสำคัญของ FPP พบว่า กระบวนการขึ้นรูปสบู่ก้อนในส่วนของการควบคุมน้ำหนัก มีความสำคัญในการนำไปพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการเป็นลำดับแรก รองลงมาคือกระบวนการผลิตสบู่เม็ด ซึ่งเป็นผลจากการควบคุมกรดไขมันอิสระ กระบวนการขึ้นรูปสบู่ก้อนที่เป็นผลมาจากความแข็งของสบู่มีความสำคัญเป็นลำดับที่ 3 และกระบวนการผลิตสบู่เหลวที่เป็นผลมาจากการควบคุมความเป็นด่าง มีลำดับความสำคัญเป็นลำดับที่ 4 สามารถพิจารณาลำดับความสำคัญของกระบวนการได้ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ลำดับความสำคัญของกระบวนการในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตสบู่

ลำดับความสำคัญ	กระบวนการ	ผลกระทบ
1	ขึ้นรูปสบู่ก้อน	น้ำหนักของสบู่ก้อน
2	ผลิตสบู่เม็ด	กรดไขมันอิสระในสบู่เม็ด
3	ขึ้นรูปสบู่ก้อน	ความแข็งของสบู่ก้อน
4	ผลิตสบู่เหลว	ความเป็นด่างในสบู่เหลว

ในการเลือกพารามิเตอร์เพื่อที่จะนำไปปรับปรุง จะพิจารณาจากรากเหง้าของปัญหา ซึ่งก็คือพารามิเตอร์ในระดับ PP โดยในการเลือกพารามิเตอร์นั้น ผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญในการควบคุมคุณภาพของกระบวนการ ได้นำแผนภาพพาเรโตมาช่วยในการพิจารณา ซึ่งดังภาพที่ 4.16



ภาพที่ 4.16 แผนภาพพาเรโตในการเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตสบู่

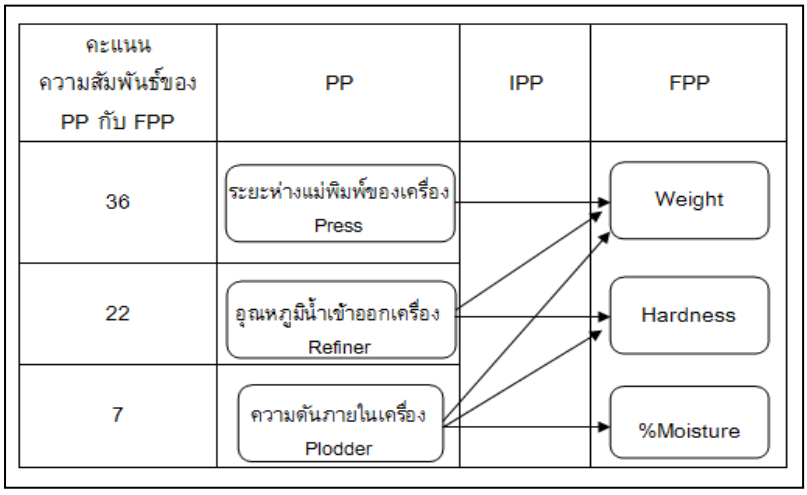
จากภาพที่ 4.16 เป็นการพิจารณาเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตสบู่จาก 53% ของปัญหาซึ่งถือว่าเป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดความสูญเสียในกระบวนการผลิต โดยเป็นการพิจารณาจากคะแนนความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์ในระดับ FPP (ที่ได้รับการจัดลำดับความสำคัญแล้ว) จะเห็นว่า ระยะห่างแม่พิมพ์เครื่องปั๊มสบู่ ปริมาณกรดซิตริก อุณหภูมิน้ำเข้าออกเครื่อง Refiner และปริมาณ Caustic Soda ที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการขึ้นรูปสบู่ (น้ำหนัก) กระบวนการผลิตสบู่เม็ด (%FFA สบู่เม็ด) กระบวนการขึ้นรูปสบู่ (ความแข็งของสบู่ก้อน) และกระบวนการผลิตสบู่เหลว (% NaOH ในสบู่เหลว) ตามลำดับ ซึ่งพารามิเตอร์ในระดับ PP เหล่านั้นมีคะแนนความสัมพันธ์สูง โดยที่มีความสัมพันธ์กับ FPP เพียงตัวเดียว กล่าวคือ ระยะห่างแม่พิมพ์เครื่องปั๊มสบู่สัมพันธ์กับน้ำหนักสบู่ ปริมาณกรดซิตริกสัมพันธ์กับ %FFA ของสบู่ก้อน ปริมาณ Caustic Soda สัมพันธ์กับ %FFA ของสบู่ก้อน ยกเว้นอุณหภูมิน้ำเข้าออกเครื่อง Refiner ที่มีความสัมพันธ์กับความแข็ง และน้ำหนักของสบู่ก้อน

ถ้าพิจารณา PP ที่เหลือจะเห็นว่ามีความสัมพันธ์กับ FPP หลายตัว และแต่ละตัวนั้นก็มีคะแนนความสัมพันธ์ต่ำ (1 คะแนน) จึงถือเป็นปัญหารอง (พิจารณาได้จากแผนผังเมทริกซ์ดังภาพที่ 4.15) ซึ่งในขั้นแรกของการปรับปรุงโรงงานกรณีศึกษาอาจจะดำเนินการใน 53% แรกก่อน หรือถ้าโรงงานมีความพร้อมก็อาจจะดำเนินการให้ครอบคลุมใน 80% ของปัญหา ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับ

ศักยภาพและการพิจารณาของโรงงาน สามารถพิจารณาการเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ โดยมีรายละเอียดในแต่ละกระบวนการดังนี้

4.3.3 การพิจารณาเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการขึ้นรูปสบู่ก้อน

กระบวนการขึ้นรูปสบู่ก้อนถือเป็นกระบวนการที่นำมาสู่ความสูญเสียต่อกระบวนการผลิตมากที่สุด ทั้งในด้านความพึงพอใจของผู้บริโภค และมูลค่าความสูญเสียที่มาจากน้ำหนักของสบู่ก้อนที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้บริโภค (มูลค่าความสูญเสียเฉพาะการขึ้นรูปสบู่อยู่ที่ 101,249 บาทต่อเดือน) เมื่อพิจารณาคะแนนความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในกระบวนการกับ FPP ที่มีลำดับความสำคัญสูงสุดแล้ว พบว่าพารามิเตอร์ในระดับ PP คือ ระยะห่างแม่พิมพ์ของเครื่องปั๊มสบู่มีความสัมพันธ์สูงกับน้ำหนักของสบู่ก้อน โดยมีคะแนนความรุนแรง (Z_i) สูงสุดเท่ากับ 36 คะแนน (9X4) ซึ่งควรได้รับการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการเป็นลำดับแรก และเมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิน้ำเข้าออกเครื่อง Refiner ซึ่งเป็น PP ที่ส่งผลกระทบต่อความแข็งของสบู่ก้อน โดยมีความสัมพันธ์สูงต่อความแข็งของสบู่ก้อนคิดเป็น 18 คะแนน (9 X 2) ซึ่งเป็น PP ที่ควรได้รับการพิจารณาปรับปรุงเป็นลำดับที่ 3 พิจารณาการเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการขึ้นรูปสบู่ก้อนได้ดังภาพที่ 4.17



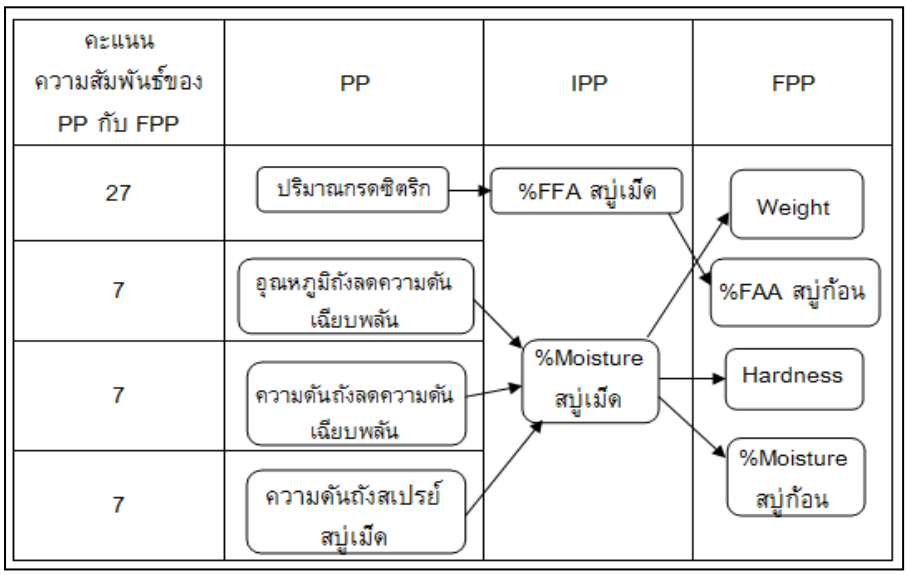
ภาพที่ 4.17 การเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการขึ้นรูปสบู่ก้อน

จากการสัมภาษณ์ข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษา และการวิเคราะห์สาเหตุของความสูญเสียที่เกิดขึ้นในการควบคุมน้ำหนักของสบู่ก้อน ดังแผนผังสาเหตุและผลดังภาพที่ 4.13 พบว่าในการเดินเครื่องปั๊มขึ้นรูปสบู่ติดต่อกันเป็นเวลานาน จะมีผลทำให้ระยะห่างของแม่พิมพ์เครื่องปั๊มมีความ

คลาดเคลื่อนไปจากค่าเดิมที่ได้กำหนดไว้เป็นมาตรฐานของการทำงาน ดังนั้นในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่ควบคุมด้วยน้ำหนักของสบู่ก้อน จะต้องดำเนินการปรับปรุงในระดับ PP คือ ระยะห่างแม่พิมพ์ของเครื่องปั๊มสบู่ และประเมินความสามารถของกระบวนการจากการควบคุมน้ำหนักสบู่ (FPP) ในส่วนของการควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าออกของเครื่อง Refiner นั้น พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการควบคุมอยู่ที่ 18 องศาเซลเซียล ซึ่งเป็นอุณหภูมิต่ำสุดในช่วงที่กำหนดคือ 18 -25 องศาเซลเซียส ซึ่งมีผลต่อการปรับสถานะของสบู่ และทำให้เนื้อสบู่ค่อนข้างแข็ง จึงควรดำเนินการปรับปรุงในระดับ PP คือ การควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าออกของเครื่อง Refiner รวมไปถึงการประเมินความสามารถของกระบวนการจากการควบคุมความแข็งของสบู่ (FPP)

4.3.4 การพิจารณาเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตสบู่เม็ด

จากการพิจารณาคะแนนความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในกระบวนการกับ FPP ที่มีลำดับความสำคัญรองลงมา พบว่าพารามิเตอร์ในระดับ IPP คือ ปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่เม็ดมีความสัมพันธ์สูงกับปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่ก้อน ซึ่งมีผลสืบเนื่องมาจากพารามิเตอร์ในระดับ PP คือ ปริมาณกรดซิตริกที่เติมลงไปในการปรับปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่เม็ด โดยมีคะแนนความรุนแรงสูงเป็นอันดับที่ 2 คือ 27 คะแนน (9x3) พิจารณาการเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตสบู่เม็ดได้ดังภาพที่ 4.18

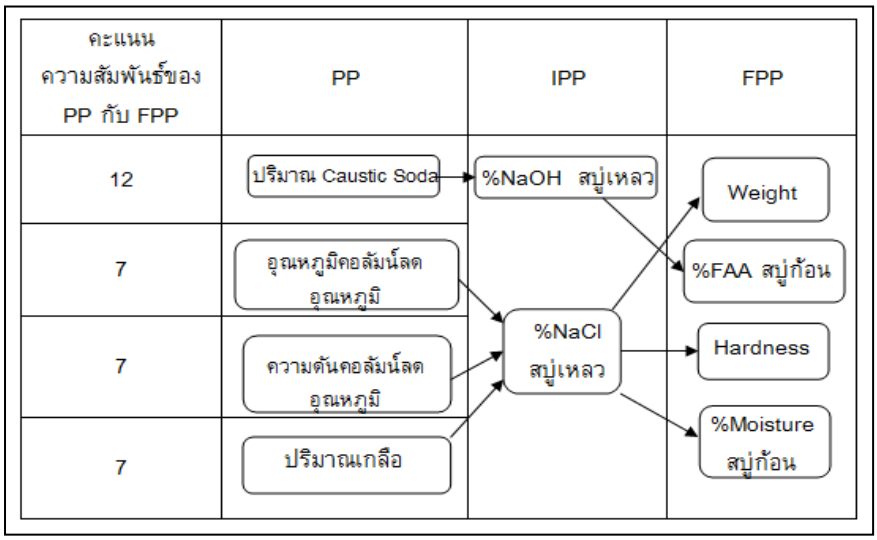


ภาพที่ 4.18 การเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตสบู่เม็ด

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์แต่ละประเภทในการควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่ก้อน พบว่าเป็นผลมาจากพารามิเตอร์ในระดับ IPP คือ ปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่เม็ด ซึ่งจากการสัมภาษณ์ข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษาพบว่า การควบคุมปริมาณกรดซิตริกที่เติมลงไปเพื่อปรับปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่เม็ดนั้นไม่ค่อยคงที่ ดังนั้นในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการจะต้องดำเนินการปรับปรุงในระดับ PP คือ การควบคุมปริมาณกรดซิตริกในการปรับปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่เม็ด ร่วมกับการประเมินความสามารถของกระบวนการในระดับ IPP และ FPP คือปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่เม็ด และสบู่ก้อน ตามลำดับ

4.3.5 การพิจารณาเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตสบู่เหลว

พารามิเตอร์ในระดับ PP ของกระบวนการผลิตสบู่เหลวคือ ปริมาณ Caustic Soda นั้นมีผลต่อปริมาณความเป็นด่างในสบู่เหลว และสืบเนื่องไปถึงมีความสัมพันธ์ปานกลางกับปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่ก้อน คิดเป็น 12 คะแนน (4 x 3) ซึ่งเป็นคะแนนความสัมพันธ์เป็นลำดับที่ 4 จึงควรได้รับการปรับปรุงต่อจากการควบคุมในส่วนของความแข็งของสบู่ก้อน พิจารณาได้ดังภาพที่ 4.19



ภาพที่ 4.19 การเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตสบู่เหลว

ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนจากการควบคุมความเป็นด่างในสบู่เหลวจะต้องดำเนินการในระดับ PP คือการควบคุมปริมาณ Caustic Soda ที่เติมในการเตรียมสบู่เหลว ซึ่งพบว่ามีความคลาดเคลื่อนไปจากข้อกำหนดในการผลิต นอกจากนั้นจะต้องทำการประเมินความสามารถของกระบวนการจากพารามิเตอร์ในระดับ IPP คือความเป็นด่างในสบู่เหลว โดยอาจ

ไม่จำเป็นที่ต้องประเมินความสามารถของกระบวนการในระดับ FPP คือ ปริมาณกรดไขมันในสบู่ก้อน เพราะมีความสัมพันธ์ที่ห่างชั้นกัน และปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่ก้อนจะมีผลมาจากปริมาณกรดซิตริกเป็นหลัก

ข้อสังเกตในการพิจารณาเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการจากการควบคุมคุณภาพของสบู่ก้อนจากน้ำหนัก พบว่าน้ำหนักของสบู่ก้อนนั้นยังมีผลมาจากปริมาณความชื้นของทั้งสบู่ก้อนและสบู่เม็ด ซึ่งมีรากเหง้าของสาเหตุมาจากปริมาณเกลือในสบู่เหลว (% NaCl) (พิจารณาดังภาพที่ 4.14) โดยก่อให้เกิดความสูญเสียเป็นมูลค่า 84,796 บาทต่อเดือน แต่กลับมีความสัมพันธ์ในระดับต่ำกับน้ำหนักของสบู่ก้อน เพราะความชื้นทั้งในสบู่เม็ดและสบู่ก้อนนั้นเป็นไปตามการควบคุมของกระบวนการ ซึ่งอาจจะเป็นพารามิเตอร์หนึ่งที่ควรนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อจากพารามิเตอร์ที่เป็นปัญหาหลัก แต่ก็ต้องขึ้นอยู่กับความเห็นของทีม และความพร้อมของโรงงานเอง

อย่างไรก็ตามหลักการพิจารณาดังกล่าว เป็นแนวทางหนึ่งของการเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงลำดับความสำคัญของพารามิเตอร์ หรือเป็นการคัดกรองเอาเฉพาะพารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิตไปทำการปรับปรุง ซึ่งทีมปรับปรุงคุณภาพอาจจะต้องอาศัยแนวทางการปรับปรุงของซิกซ์ ซิกมา (Six sigma approach) มาใช้ในการพิสูจน์นัยสำคัญของพารามิเตอร์ เช่น การออกแบบการทดลอง (DOE) เพื่อเป็นการทดสอบว่าพารามิเตอร์ดังกล่าวนั้นมีผลต่อการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการหรือไม่ หรือมีผลมากน้อยเพียงใด

4.3.6 ข้อสรุปในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตสบู่

ความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตสบู่นั้นจะพิจารณาจากพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์สูงกับ FPP โดย FPP ที่เป็นปัญหาหลักที่นำมาสู่ความสูญเสียในกระบวนการผลิตจะมาจาก น้ำหนักสบู่ก้อน ปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่ก้อน และความแข็งของสบู่ก้อน ตามลำดับ สามารถพิจารณาการเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถซึ่งครอบคลุม 53% ของปัญหาได้ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 การพิจารณาเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตสบู่

ลำดับการปรับปรุง	กระบวนการ	พารามิเตอร์ที่ต้องดำเนินการปรับปรุง (PP)	พารามิเตอร์ที่ต้องควบคุม (IPP หรือ FPP)
1	ขึ้นรูปสบู่ก้อน	ระยะห่างแม่พิมพ์เครื่องปั๊ม	น้ำหนักของสบู่ก้อน (FPP)
2	ผลิตสบู่เม็ด	ปริมาณกรดซิตริก	กรดไขมันอิสระในสบู่ก้อน (FPP) กรดไขมันอิสระในสบู่เม็ด (IPP)
3	ขึ้นรูปสบู่ก้อน	อุณหภูมิน้ำเข้าออกเครื่อง Refiner	ความแข็งของสบู่ก้อน (FPP)
4	ผลิตสบู่เหลว	ปริมาณ Caustic Soda	ความเป็นด่างในสบู่เหลว (IPP)

การเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการนั้น ผู้วิจัยได้เสนอไว้เฉพาะพารามิเตอร์ในกระบวนการที่มีผลกระทบรุนแรงต่อการผลิตที่ครอบคลุมใน 53% ของปัญหา ซึ่งโรงงานกรณีศึกษาควรเร่งที่จะดำเนินการปรับปรุงปัญหาจากการควบคุมน้ำหนักของสบู่ก้อน ที่มีผลมาจากการปั๊มขึ้นรูปสบู่ แล้วจึงดำเนินการปรับปรุงปัญหาจากการควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่ก้อน ซึ่งมีผลมาจากการควบคุมกรดไขมันอิสระในกระบวนการผลิตสบู่เม็ดต่อไป รวมไปถึงการปรับปรุงในเรื่องความแข็งของสบู่ก้อน และปรับปรุงกระบวนการผลิตสบู่เหลวจากการควบคุมความเป็นด่างในสบู่เหลว ตามลำดับ นอกจากนั้นอาจจะดำเนินการปรับปรุงในปัญหาที่รองลงมา ถ้าดำเนินการในปัญหาหลักๆ เสร็จสิ้นแล้ว เพื่อให้เกิดการปรับปรุงที่ครอบคลุมปัญหาในกระบวนการผลิตได้มากที่สุด อย่างไรก็ตามแนวทางดังกล่าวนี้เป็นเพียงข้อเสนอแนะ ซึ่งการที่จะดำเนินการปรับปรุงจากพารามิเตอร์ใดบ้างนั้น จะต้องขึ้นอยู่กับความเห็นของทีมปรับปรุง ความสามารถของกระบวนการ และความพร้อมของโรงงานกรณีศึกษา

4.4 การพิจารณาแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

เมื่อทราบถึงกระบวนการ และพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญในการปรับปรุงแล้ว ในขั้นตอนนี้จะเป็นการพิจารณาแนวทางการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ ว่าควรที่จะปรับปรุงในด้านความผันแปรของกระบวนการ (Process variation) ค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเป้าหมาย (Mean off target) หรือควรที่ปรับปรุงในทั้ง 2 ด้าน โดยอาศัยการพิจารณาจากดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการร่วมกับการพิจารณาความเป็นไปได้จากความยากง่าย และความคุ้มค่าในการดำเนินการปรับปรุงเมื่อเทียบกับมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ (Cost saving)

ในการพิจารณาแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตสบู่ โดยกระบวนการขึ้นรูปสบู่นั้นก่อให้เกิดความสูญเสียต่อการผลิตมากที่สุด ทั้งด้านมูลค่าความสูญเสีย และความพึงพอใจของผู้บริโภค ซึ่งโรงงานกรณีศึกษาต้องควบคุมน้ำหนักของสบู่ก้อนให้เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้บริโภค มิฉะนั้นจะมีผลต่อการสั่งซื้อได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอนำเสนอการพิจารณาแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการขึ้นรูปสบู่ก้อน จากการควบคุมน้ำหนักของสบู่ก้อน ไว้เป็นต้นแบบในการพิจารณาแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการอื่นๆ ต่อไป

4.4.1 การพิจารณาแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการขึ้นรูปสบู่ก้อน

การพิจารณาแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการขึ้นรูปสบู่ก้อน โดยมี FPP ที่ควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์คือ น้ำหนักของสบู่ก้อน โดยจะต้องควบคุมให้อยู่ในช่วง 80.5± 0.2 กรัม ซึ่งจะเห็นว่าเป็นการควบคุมกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบสมมาตร (Symmetric bilateral specifications) สามารถพิจารณาข้อมูลการควบคุมกระบวนการได้ดังนี้

ขีดจำกัดกำหนดด้านบน (USL) = 80.7 กรัม

ขีดจำกัดกำหนดด้านล่าง (LSL) = 80.3 กรัม

ค่าเป้าหมาย (Target) = 80.5 กรัม

ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ (Mean) = 80.74 กรัม

ความผันแปรของกระบวนการ (σ) = 0.21

เนื่องจากน้ำหนักของสบู่ก้อน ถูกควบคุมด้วยขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบสมมาตร จึงสามารถพิจารณาแนวทางในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการได้ดังภาพที่ 3.24 ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. พิจารณาดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ

จากการพิจารณาดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการดังภาพที่ 4.6 พบว่า มีค่า C_p= 0.32 และ C_{pk}= -0.06 ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์ยอมรับ (1.33) ทั้งด้านความผันแปรของกระบวนการ และค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเป้าหมาย กล่าวคือมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นอาจจะมีผลมาจากความสามารถของกระบวนการในทั้ง 2 ด้าน ซึ่งจะต้องพิจารณาความเป็นไปได้ในการเลือกแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการตามแนวทางที่ 4

2. พิจารณาความเป็นไปได้ในการเลือกแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

จากดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการที่ควบคุมด้วยน้ำหนักของสบู่ก่อน พบว่าไม่ผ่านเกณฑ์ยอมรับในทั้ง 2 ด้าน ก็ควรที่จะมีการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการจากทั้งด้านความผันแปรของกระบวนการ และค่าเฉลี่ยของกระบวนการ โดยจะต้องพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างการปรับลดความผันแปร และปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมายมากที่สุดว่ามีความยากง่ายต่างกันเพียงใด นอกจากนั้นยังต้องพิจารณาถึงความคุ้มค่าในการดำเนินการเทียบกับมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ (Cost saving) ว่าคุ้มค่ากับเงินลงทุนหรือระยะเวลาที่เสียไปจากการดำเนินการตามแนวทางที่ได้เลือกไว้หรือไม่ ในการพิจารณาเลือกแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการตามแนวทางที่ 4 มีหลักการพิจารณาดังนี้

- พิจารณามูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ จากการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการ

จากการควบคุมน้ำหนักของสบู่ก้อนในกระบวนการขึ้นรูปสบู่ มีค่าเฉลี่ยของกระบวนการอยู่ที่ 80.74 กรัม และมีความผันแปรของกระบวนการอยู่ที่ 0.21 ก่อให้เกิดความสูญเสียเฉพาะจากการควบคุมน้ำหนักของสบู่ก้อนเป็นมูลค่า 101,249 บาทต่อเดือน ซึ่งเป็นผลมาจากการปั๊มขึ้นรูปสบู่เป็นหลัก ในการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมาย จะต้องปรับให้อยู่ที่ 80.5 กรัม ถือเป็นค่าสูงสุดที่จะปรับลดลงได้คือ 0.24 กรัม โดยความผันแปรของกระบวนการนั้นยังคงเป็น 0.21 สามารถเปรียบเทียบมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 มูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ จากการปรับค่าเฉลี่ยน้ำหนักของสบู่ก้อนให้ตรงกับค่าเป้าหมาย (บาทต่อเดือน)

กระบวนการ	ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ	ความผันแปรของกระบวนการ	ค่าเฉลี่ยฯ ที่ลดลง	ต้นทุนความสูญเสียรวม	มูลค่าความสูญเสียที่ลดลง
ก่อนปรับปรุง	80.74	0.21	0.24	101,249	-60,751
หลังปรับปรุง	80.5	0.21		162,000	

จากตารางที่ 4.10 เป็นการปรับค่าเฉลี่ยน้ำหนักของสบู่ก้อนลงให้ตรงตามค่าเป้าหมาย คือ 80.5 กรัม โดยที่ความผันแปรของกระบวนการยังเป็น 0.21 พบว่าก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสีย 162,000 บาทต่อเดือน ซึ่งจะเห็นว่ามีความสูญเสียมากขึ้น เนื่องจากค่าเฉลี่ยของกระบวนการอยู่ที่ 80.74 กรัม ซึ่งมากกว่าขีดจำกัดกำหนดด้านบน (USL = 80.70 กรัม) และถ้าสบู่มีน้ำหนักมากกว่าขีดจำกัดกำหนดด้านบนผู้บริโภคยังให้การยอมรับ ซึ่งไม่ถือเป็นผลิตภัณฑ์บกพร่อง แต่ถ้าทำการ

ปรับลดค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงตามค่าเป้าหมาย โดยไม่มีการปรับลดความผันแปรของกระบวนการ จะทำให้มีสบู่ก้อนที่มีน้ำหนักต่ำกว่าข้อกำหนดของผู้บริโภคซึ่งถือเป็นผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เพิ่มมากขึ้น จึงนำมาสู่มูลค่าความสูญเสียจากการที่มีผลิตภัณฑ์ไม่เป็นไปตามขีดจำกัดกำหนด (Out of specification costs) ที่เพิ่มสูงขึ้น เช่น มูลค่าความสูญเสียจากการขึ้นรูปสบู่ใหม่ หรือมูลค่าความสูญเสียจากข้อร้องเรียนของผู้บริโภค แต่ข้อดีจากการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมายคือ จะทำให้ประหยัดต้นทุนวัตถุดิบ ซึ่งเป็นมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมายได้ (Out of target cost) ซึ่งจะเป็นประโยชน์กับกระบวนการผลิตที่มีต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตสูง

- พิจารณามูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ จากการปรับลดความผันแปรของกระบวนการ

ในการพิจารณามูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้จากการปรับลดความผันแปรของกระบวนการ มีหลักการว่า ต้องพยายามปรับลดความผันแปรของกระบวนการลง โดยให้มีมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้เท่ากับหรือใกล้เคียงกับมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้จากการปรับค่าเฉลี่ยให้ตรงกับค่าเป้าหมาย แต่จากการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมาย โดยที่ความผันแปรของกระบวนการยังคงเป็น 0.21 ไม่ได้ช่วยให้มูลค่าความสูญเสียจากกระบวนการผลิตลดลง แต่กลับเป็นการเพิ่มมูลค่าความสูญเสียมากขึ้น จึงไม่ควรนำมาเปรียบเทียบกับมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้จากการปรับลดความผันแปรของกระบวนการ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พิจารณามูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้จากการปรับลดความผันแปรของกระบวนการ โดยที่ค่าเฉลี่ยของกระบวนการไม่เปลี่ยนแปลง (μ = 80.74 กรัม) สามารถพิจารณามูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้จากการปรับลดความผันแปรของกระบวนการได้ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 มูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ จากการปรับลดความผันแปรของน้ำหนักสบู่ก้อน (บาทต่อเดือน)

กระบวนการ	ค่าเฉลี่ยฯ	ความผันแปรฯ	ความผันแปรฯ ที่ลดลง	มูลค่าความสูญเสียรวม	มูลค่าความสูญเสียที่ลดลง
ก่อนปรับปรุง	80.74	0.21	0	101,249	0
หลังปรับปรุง	80.74	0.19	0.02	48,798	52,451
หลังปรับปรุง	80.74	0.17	0.04	23,207	78,042
หลังปรับปรุง	80.74	0.15	0.06	8,536	92,713
หลังปรับปรุง	***80.74***	***0.13***	***0.08***	***2,593***	***98,656***

จากตารางที่ 4.11 เป็นการลองลดค่าความผันแปรของกระบวนการลง (Trial and Error) โดยที่ค่าเฉลี่ยของกระบวนการยังคงอยู่ที่ 80.74 กรัม พบว่าเมื่อกระบวนการมีความผันแปรลดลงเรื่อยๆ จะทำให้มูลค่าความสูญเสียจากการที่มีผลิตภัณฑ์บกพร่องในกระบวนการนั้นลดลง โดยที่ไม่ต้องทำการปรับลดค่าเฉลี่ยของกระบวนการ จะเห็นว่าเมื่อปรับลดความผันแปรของกระบวนการให้อยู่ที่ 0.13 (mean = 80.74 กรัม, σ = 0.13) คือการปรับลดความผันแปรของกระบวนการลงได้ 0.08 สามารถช่วยลดมูลค่าความสูญเสียได้ 98,656 บาทต่อเดือน ข้อสังเกตคือยิ่งปรับลดความผันแปรของกระบวนการลงได้มากขึ้น ก็จะช่วยให้มูลค่าความสูญเสียจากการปฏิเสธรุ่น และยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ลดลงได้มากขึ้น แต่มูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมายยังคงอยู่ เนื่องจากไม่มีการปรับลดค่าเฉลี่ยของกระบวนการ

นอกจากการพิจารณาเพียงการปรับลดความผันแปรของกระบวนการแล้ว ผู้วิจัยยังได้พิจารณาเปรียบเทียบเทียบกับการปรับลดในทั้ง 2 ด้าน คือ การที่ปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมาย (mean = 80.5 กรัม) และการลดค่าความผันแปรของกระบวนการลง สามารถพิจารณามูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 มูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้จากการปรับค่าเฉลี่ย และความผันแปรของน้ำหนักสบู่ก้อน (บาทต่อเดือน)

กระบวนการ	ค่าเฉลี่ยฯ	ความผันแปรฯ	ความผันแปรฯ ที่ลดลง	มูลค่าความสูญเสียรวม	มูลค่าความสูญเสียที่ลดลง
ก่อนปรับปรุง	80.74	0.21	0	101,249	0
หลังปรับปรุง	80.50	0.21	0	162,000	-60,751
หลังปรับปรุง	80.50	0.11	0.10	159,491	-58,242
หลังปรับปรุง	80.50	0.10	0.11	127,179	-25,930
หลังปรับปรุง	80.50	0.09	0.12	66,134	35,115
หลังปรับปรุง	80.50	0.08	0.13	28,666	72,583
หลังปรับปรุง	80.50	0.07	0.14	9,195	92,054
หลังปรับปรุง	***80.50***	***0.06***	***0.15***	***1,614***	***99,635***

จากตารางที่ 4.12 เป็นการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมาย และเป็นการลองลดความผันแปรของกระบวนการลง (Trial and Error) จะเห็นว่าเมื่อกระบวนการมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 80.5 กรัม และมีความผันแปรของกระบวนการที่ 0.06 จะสามารถลดมูลค่าความ

สูญเสียลงได้ 99,635 บาทต่อเดือน ซึ่งถือว่าใกล้เคียงกับมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ 98,656 บาทต่อเดือน จากการที่กระบวนการมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 80.74 กรัม และมีความผันแปรของกระบวนการที่ 0.13

- พิจารณาความยากง่าย และความคุ้มค่าในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

ในการเลือกแนวทางปรับปรุงแก้ไข จะต้องมีการพิจารณาถึงความยากง่ายและความคุ้มค่าในการดำเนินการเทียบกับมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ ซึ่งจะทำให้ไม่เกิดความสูญเปล่าในการดำเนินการตามวิธีที่ได้เลือกไว้ สามารถพิจารณาความยากง่าย และความคุ้มค่าในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ จากการปรับปรุงในทั้ง 2 ด้าน และการปรับปรุงเฉพาะด้านความผันแปรของกระบวนการ ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 การพิจารณาความยากง่าย และความคุ้มค่าในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการปั๊มขึ้นรูปสปู่ก้อน

แนวทางปรับปรุง	ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ	ความผันแปรของกระบวนการ	ค่าเฉลี่ยฯ ที่ลดลง	ความผันแปรฯ ที่ลดลง	มูลค่าความสูญเสียที่ลดลง
1. ปรับ σ	80.74	0.13	-	0.08	98,656
2. ปรับ μ และ σ	80.5	0.06	0.24	0.15	99,635

*หมายเหตุ มูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ มีหน่วยเป็น บาทต่อเดือน

ในการพิจารณาความยากง่าย และความคุ้มค่าในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการของโรงงานกรณีศึกษาดังตารางที่ 4.13 จะเห็นว่าถ้าทำการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมาย คือการปรับลดค่าเฉลี่ยของกระบวนการลง 0.24 กรัม จะต้องปรับลดความผันแปรของกระบวนการลง 0.15 จึงจะทำให้มีมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ใกล้เคียงกับการปรับเฉพาะความผันแปรของกระบวนการลง 0.08 ซึ่งจะเห็นว่าการดำเนินการตามแนวทางแรก โรงงานกรณีศึกษาจะดำเนินการเพียงปรับลดความผันแปรของกระบวนการ ในขณะที่การดำเนินการตามแนวทางที่ 2 นั้นเป็นแนวทางที่ยากกว่า ซึ่งโรงงานกรณีศึกษาจะต้องอาศัยความพยายามในการปรับปรุงจากทั้งด้านค่าเฉลี่ยและความผันแปรของกระบวนการ โดยจะเห็นว่าต้องลดความผันแปรของกระบวนการลง 0.15 ซึ่งมากกว่าการลดความผันแปรของกระบวนการตามแนวทางแรกอยู่ 0.07 ดังนั้นโรงงานกรณีศึกษาจะต้องพิจารณาว่าการปรับปรุงเฉพาะความผันแปร

ของกระบวนการ หรือการปรับปรุงจากทั้ง 2 ด้าน มีความยากง่ายต่างกันมากน้อยเพียงใด และคุ้มค่ากับเงินลงทุนที่เสียไปหรือไม่ ยกตัวอย่างเช่น การปรับปรุงเฉพาะความผันแปรที่เกิดจากเครื่องปั๊มขึ้นรูปสบู่ก้อน อาจจะต้องอาศัยการจัดทำมาตรฐานในการทำงานที่เข้มงวดมากขึ้น ต้องทำการตรวจเช็คสภาพของเครื่องจักรให้ได้ตามมาตรฐานการทำงานอยู่เสมอ อาจจะสามารถดำเนินการได้ง่ายและรวดเร็วกว่า การปรับปรุงจากทั้ง 2 ด้าน ซึ่งจะมีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการทดลองหาค่าปรับตั้งเครื่องจักรใหม่ นอกเหนือจากการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรให้เป็นไปตามมาตรฐาน ซึ่งการที่จะดำเนินการปรับปรุงตามแนวทางใดนั้น จะต้องขึ้นอยู่กับความพร้อมและศักยภาพของโรงงานกรณีศึกษาด้วย

อย่างไรก็ตามการพิจารณาแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการในโรงงานกรณีศึกษาที่ได้เสนอไว้นี้ เป็นเพียงแนวทางที่จำเพาะเจาะจง (Specific case) กับกรณีนี้เท่านั้น เพราะโดยส่วนใหญ่แล้วการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการนั้นมักจะดำเนินการได้ง่ายกว่าการปรับลดความผันแปรของกระบวนการ แต่เนื่องด้วยในกรณีนี้ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของสบู่ก้อนนั้นสูงกว่าขีดจำกัดกำหนดด้านบน (μ= 80.74 กรัม, USL = 80.70 กรัม) ซึ่งถือว่าไม่เป็นผลิตภัณฑ์บกพร่อง เพราะผู้บริโภคยังให้การยอมรับ และเมื่อทำการปรับเฉพาะค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมาย (T = 80.50 กรัม) โดยที่ความผันแปรของกระบวนการยังคงที่อยู่ที่ 0.21 จะทำให้มีโอกาสที่จะมีสบู่ที่มีน้ำหนักต่ำกว่าขีดจำกัดกำหนดด้านล่าง (LSL = 80.30 กรัม) เพิ่มมากขึ้น ซึ่งนำมาสู่มูลค่าความสูญเสียจากการขึ้นรูปสบู่ใหม่ หรือมูลค่าความสูญเสียจากข้อร้องเรียนของผู้บริโภคเมื่อมีสบู่ที่มีน้ำหนักต่ำกว่าข้อกำหนดหลุดรอดไปถึงผู้บริโภคได้

4.5 สรุปผลการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการกับโรงงานกรณีศึกษา

จากการเปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการผลิตสบู่ก้อน พบว่ากระบวนการขึ้นรูปสบู่ก้อน เป็นกระบวนการที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อกระบวนการผลิตมากที่สุด รองลงมาคือ กระบวนการผลิตสบู่เม็ด, กระบวนการผลิตสบู่เหลว และกระบวนการผสมเนื้อสบู่ ตามลำดับ ซึ่งกระบวนการขึ้นรูปสบู่ก้อนนั้น ก่อให้เกิดความสูญเสียทั้งด้านความพึงพอใจของผู้บริโภค ที่ให้ความสำคัญกับน้ำหนักของสบู่ก้อน และด้านมูลค่าความสูญเสียที่เป็นผลมาจากน้ำหนักของสบู่ก้อนไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้บริโภค ในส่วนของการควบคุมปริมาณกรดไขมันอิสระในสบู่เม็ด ความแข็งของสบู่ก้อน และความเป็นด่างในสบู่เหลว ซึ่งก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียรองลงมา ตามลำดับ แต่เป็นสิ่งที่ผู้บริโภคไม่ได้ให้ความสำคัญ ดังนั้นความสูญเสียที่มาจากการควบคุมน้ำหนักของสบู่ก้อน จึงมีความสำคัญที่ควรจะเร่งดำเนินการแก้ไขเป็นลำดับแรก โดยจะต้องเข้าไปปรับปรุงจากระยะห่างแม่พิมพ์ของเครื่องปั๊มสบู่ ซึ่งมีแนวทางแก้ไข 2 แนวทางคือ

การปรับลดเฉพาะความผันแปรของกระบวนการ หรือการปรับลดทั้งค่าเฉลี่ย และความผันแปรของกระบวนการ ซึ่งการเลือกดำเนินการตามแนวทางใดนั้น จะต้องขึ้นอยู่กับความพร้อม และศักยภาพของโรงงานกรณีศึกษา

ในส่วนของการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีลำดับความสำคัญรองลงมา อาจจะดำเนินการหลังจากที่ปรับปรุงจาก 4 พารามิเตอร์หลักแล้ว ซึ่งต้องขึ้นอยู่กับการพิจารณาของทีมปรับปรุงความสามารถของกระบวนการในโรงงานกรณีศึกษานั้นมีทรัพยากรทั้งด้านเงินทุนและกำลังคน เพียงพอที่จะดำเนินการปรับปรุงในทุกๆพารามิเตอร์ที่ก่อให้เกิดความสูญเสียในกระบวนการผลิตได้หรือไม่ สามารถพิจารณาผลสรุปของการประยุกต์ใช้วิธีเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการกับโรงงานกรณีศึกษาได้ดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ผลสรุปการประยุกต์ใช้วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ กับโรงงานกรณีศึกษา

ขั้นตอนดำเนินการ	วิธีการ	ผลการพิจารณา
1. เลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (FPP)	พิจารณาตามความวิกฤตเชิงเทคนิคเป็นหลัก	ลำดับความสำคัญของ FPP
		1. น้ำหนักสบู่ก้อน 2. กรดไขมันอิสระในสบู่ก้อน 3. ความแข็งของสบู่ก้อน 4. ความชื้นในสบู่ก้อน
2.1 จัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ	พิจารณาตามลำดับความสำคัญของ FPP	ลำดับความสำคัญของกระบวนการ
		1. การขึ้นรูปสบู่ก้อน 2. การผลิตสบู่เม็ด 3. การขึ้นรูปสบู่ก้อน 4. การผลิตสบู่เหลว
2.2 เลือกพารามิเตอร์ ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตสบู่	พิจารณาตามลำดับความสำคัญของ FPP และเลือก 53% ของปัญหา	พารามิเตอร์ที่ต้องดำเนินการปรับปรุง (PP)
		1.ระยะห่างแม่พิมพ์ของเครื่องปั๊มสบู่ (มีผลต่อน้ำหนักสบู่ก้อน) 2. ปริมาณกรดซิตริก (มีผลต่อ% FFA ในสบู่เม็ด) 3. อุณหภูมิน้ำเข้าออกเครื่อง Refiner (มีผลต่อความแข็งของสบู่ก้อน) 4. ปริมาณ Caustic Soda (มีผลต่อ %NaOH ในสบู่เหลว)

ตารางที่ 4.14 (ต่อ) ผลสรุปการประยุกต์ใช้วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ กับโรงงานกรณีศึกษา

ขั้นตอนดำเนินการ	วิธีการ	ผลการพิจารณา
4.แนวทางการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการขึ้นรูปสบู่ก้อน	พิจารณาจากความยากง่าย และความคุ้มค่า เปรียบเทียบกับ Cost Saving	แนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ
		1.ปรับลดเฉพาะความผันแปรของกระบวนการ 2.ปรับลดทั้งค่าเฉลี่ย และความผันแปรของกระบวนการ

ข้อสังเกตจากการประยุกต์ใช้วิธีเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการกับโรงงานกรณีศึกษา โดยเป็นการประเมินความสามารถของกระบวนการจากมูลค่าความสูญเสียทางตัวเงิน และความวิกฤติเชิงเทคนิค พบว่าให้ผลสอดคล้องกับการประเมินจากดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ ซึ่งพารามิเตอร์ที่มีดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการต่ำที่สุด คือ น้ำหนักของสบู่ก้อน (C_p = 0.32 และ C_{pk} = -0.06) ซึ่งก็ควรได้รับการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการเป็นลำดับแรก แต่อย่างไรก็ตามการพิจารณาการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการจากความวิกฤตเชิงเทคนิค และความวิกฤตเชิงต้นทุน จะช่วยให้ผู้ผลิตทราบถึงกระบวนการหรือพารามิเตอร์หลักที่นำมาสู่ความสูญเสียในการผลิตได้อย่างแท้จริง

บทที่ 5
การประเมินความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อพัฒนาวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ ในการนำไปประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไป โดยขั้นตอนสุดท้ายของงานวิจัยคือการประเมินความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ ซึ่งแบ่งขั้นตอนของการประเมินผลออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

1. การประเมินผลเชิงปริมาณ
2. การวิเคราะห์ผลการประเมิน
3. สรุปผลการประเมินความเป็นไปในการประยุกต์ใช้วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

5.1 การประเมินผลเชิงปริมาณ

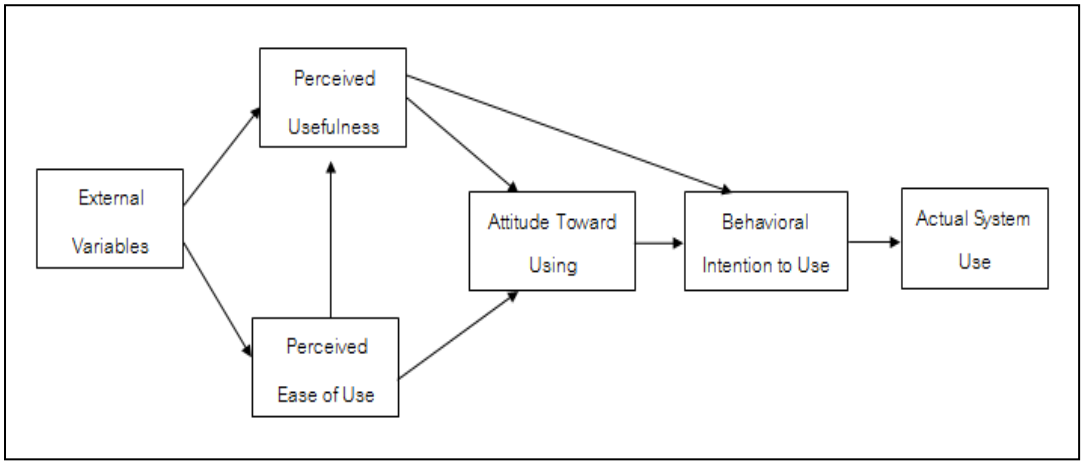
การประเมินผลในเชิงปริมาณ จะเป็นการประเมินถึงความพึงพอใจที่มีต่อวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการที่ได้ถูกพัฒนาขึ้น ซึ่งสามารถวัดออกมาได้ในเชิงตัวเลข (คะแนน) โดยจะเป็นการสำรวจความคิดเห็นจากผู้ที่มีความเชี่ยวชาญ หรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการควบคุมคุณภาพของกระบวนการ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

5.1.1 กลุ่มตัวอย่าง

การพิจารณากลุ่มตัวอย่างในการประเมินครั้งนี้อาศัยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบไม่อาศัยความน่าจะเป็น (Non-probability Sampling) ซึ่งเป็นการเลือกโดยไม่ใช้วิธีสุ่ม โดยผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นต่ออุตสาหกรรม 4 ประเภท คือ อุตสาหกรรมสบู่ อุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมกล้องถ่ายรูป และอุตสาหกรรมไม้สำเร็จรูป และประเมินผลความพึงพอใจที่มีต่อวิธีการที่ได้พัฒนขึ้นจากกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิตจำนวน 8 คน ได้แก่ ผู้จัดการฝ่ายวางแผนการผลิต ผู้จัดการส่วนประกันคุณภาพ หัวหน้าแผนกปรับปรุงคุณภาพ หัวหน้าแผนกควบคุมคุณภาพ วิศวกรควบคุมคุณภาพของกระบวนการเชิงสถิติ และวิศวกรควบคุมคุณภาพ

5.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบประเมินความพึงพอใจได้ถูกนำมาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล สำหรับประเมินความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้วิธีการที่ได้พัฒนาขึ้น โดยอาศัยแนวความคิดจากทฤษฎีของตัวแบบการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model: TAM) มาใช้ในการตั้งสมมติฐานสำหรับการพยากรณ์การยอมรับเทคโนโลยีใหม่ที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในองค์กร ซึ่งนำมาใช้เป็นกรอบในการประเมินผลในงานวิจัยนี้ กล่าวคือ ผู้วิจัยได้เปรียบวิธีที่พัฒนาขึ้นเป็นรูปแบบหนึ่งของเทคโนโลยี และประเมินว่าโรงงานอุตสาหกรรมจะให้การยอมรับในวิธีการดังกล่าวมากน้อยเพียงใด โดยมีประเด็นในการพิจารณาแสดงดังภาพที่ 5.1



ภาพที่ 5.1 ตัวแบบการยอมรับเทคโนโลยี (Davis et al., 1989)

ตัวแบบการยอมรับเทคโนโลยี ซึ่งใช้เป็นกรอบในการพิจารณาการยอมรับในเทคโนโลยีใหม่ มีปัจจัยที่ต้องนำมาพิจารณา ดังนี้

1. ตัวแปรภายนอก (External Variables) คือ ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจยอมรับเทคโนโลยีใหม่ ที่นอกเหนือไปจากวิธีการใช้งาน เช่น ความพร้อมขององค์กรที่จะรับเทคโนโลยีใหม่ หรือลักษณะของบุคคลที่จะนำเทคโนโลยีใหม่ไปปรับใช้

2. การรับรู้ถึงประโยชน์ที่ได้รับ (Perceived Usefulness) คือ ระดับความเชื่อมั่นของผู้ใช้งานว่าเมื่อนำเทคโนโลยีใหม่ไปประยุกต์ใช้ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

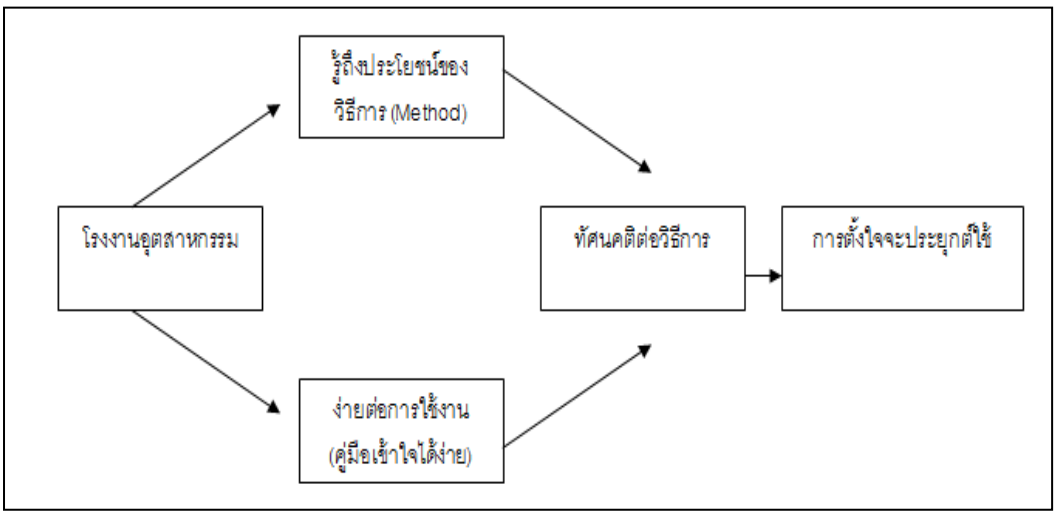
3. การรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use) คือ ระดับความเชื่อมั่นของผู้ใช้งาน ว่าเมื่อนำเทคโนโลยีใหม่ไปประยุกต์ใช้แล้ว ไม่ต้องการความพยายามในการใช้งาน หรือสามารถใช้งานได้ง่าย

4. ทัศนคติต่อการใช้ (Attitudes Toward Using) คือ ระดับความเชื่อมั่นของผู้ใช้งานที่มีต่อเทคโนโลยีใหม่ ว่ามีความเหมาะสมหรือสามารถนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านประโยชน์จากการใช้งาน และความง่ายต่อการใช้งาน

5. ความตั้งใจที่จะใช้ (Behavioral Intention to Use) คือ ความสนใจที่จะนำเอาเทคโนโลยีใหม่ไปใช้งาน ซึ่งจะต้องพิจารณาจากประโยชน์ของการนำไปใช้ร่วมกับทัศนคติที่มีต่อการนำเทคโนโลยีนั้นไปใช้ ว่ามีความเหมาะสมหรือมีโอกาสที่จะนำไปใช้ได้จริงหรือไม่

6. การนำไปใช้งานจริง (Actual System Use) คือ การยอมรับเทคโนโลยีใหม่ และนำไปใช้งานจริงในองค์กร

จากทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยีดังกล่าว สามารถที่จะใช้เป็นแนวทางในการประเมินความเป็นไปได้ที่จะนำวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการไปประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม โดยเป็นการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นผ่านแบบประเมิน ซึ่งจะเป็นเพียงการพยากรณ์ความเหมาะสมของวิธีการ ว่าสามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงมากน้อยเพียงใดจากการแสดงตัวอย่างการใช้งานผ่านกรณีศึกษา โดยไม่ได้นำวิธีการที่ถูกพัฒนาขึ้นนี้ไปใช้งานจริง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์แนวความคิดจากทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยีจากข้อ 2 – 5 มาพัฒนาเป็นคำถามสำหรับแบบประเมิน ซึ่งมีทั้งหมด 21 ข้อ (ตารางที่ 5.2) โดยแบ่งหัวข้อในการประเมินออกเป็น 4 ส่วนหลักๆ ดังภาพที่ 5.2



ภาพที่ 5.2 ตัวแบบการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

จากภาพที่ 5.2 สามารถพิจารณารูปแบบการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการได้ดังนี้

- ส่วนที่ 1: การประเมินการรับรู้ถึงประโยชน์ของวิธีการ (Perceived Usefulness) จะเป็นการประเมินในส่วนของวิธีการ (Method) ในการเปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการว่ามีประโยชน์ หรือมีความจำเป็นสำหรับองค์กรนั้นๆมากน้อยเพียงใด โดยมีหัวข้อในการประเมินสอดคล้องกับวิธีดำเนินการ คือ การพิจารณาพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิต, การพัฒนาสมการต้นทุนและความสูญเสีย, การจัดลำดับและเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย, การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและการเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ และแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

- ส่วนที่ 2: การประเมินการรับรู้ว่าวิธีการมีความง่ายต่อการนำไปใช้ (Perceived Ease of Use) ซึ่งจะประเมินในส่วนของคู่มือแสดงขั้นตอนการดำเนินการว่าง่ายหรือเหมาะสมต่อการนำไปใช้มากน้อยเพียงใด

- ส่วนที่ 3: การประเมินทัศนคติที่มีต่อวิธีการ (Attitudes Toward Using) ซึ่งจะเป็นการประเมินถึงคุณค่าของวิธีการ (Value) ว่ามีความเหมาะสมหรือเกิดความคุ้มค่าในการนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงมากน้อยเพียงใด

- ส่วนที่ 4: ความตั้งใจที่จะนำวิธีการไปใช้ (Behavioral Intention to Use) ซึ่งจะเป็นการประเมินถึงความสนใจที่มีต่อการนำวิธีการที่ได้ถูกพัฒนาขึ้น รวมไปถึงโอกาสหรือข้อจำกัดในการนำวิธีการดังกล่าวไปใช้งาน

การประเมินผลเชิงปริมาณในงานวิจัยนี้ มีเกณฑ์ในการพิจารณาคะแนนความพึงพอใจของผู้ตอบแบบประเมินในส่วนที่ 1 – 3 โดยอาศัยมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ของลิเคอร์ท (Likert Scale) ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ดังตารางที่ 5.1 และในส่วนที่ 4 จะเป็นการประเมินโดยมีให้เลือกจาก 2 คำตอบ คือ สนใจ และไม่สนใจ ซึ่งเป็นการวัดแบบสเกลนามกำหนด (Nominal Scale) และจะมีการให้เหตุผลประกอบของคำตอบ (แสดงความคิดเห็น) ซึ่งรายละเอียดของแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้น แสดงดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.1 เกณฑ์การประเมินความพึงพอใจที่มีต่อวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

ระดับความพึงพอใจ	ความหมายและคำอธิบาย
5	พึงพอใจมากที่สุด หรือมีความเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้มากที่สุด
4	พึงพอใจมาก หรือมีความเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้มาก
3	พึงพอใจปานกลาง หรือมีความเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้ปานกลาง
2	พึงพอใจน้อย หรือมีความเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้ได้น้อย
1	พึงพอใจน้อยที่สุด หรือมีความเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้น้อยที่สุด

ตารางที่ 5.2 แบบประเมินความพึงพอใจต่อวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
ส่วนที่ 1: ประโยชน์ของวิธีการ					
1.1 การพิจารณาพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิต					
1.1.1 การแบ่งประเภทของพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิต (FPP, IPP, PP) จะเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์สาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต					
1.1.2 การแบ่งประเภทของพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิต (FPP, IPP, PP) มีความจำเป็นต่อการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิต					
1.2 การพัฒนาสมการต้นทุนและความสูญเสีย					
1.2.1 องค์ประกอบของต้นทุนคุณภาพ มีความสอดคล้องกับการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากกระบวนการผลิตในโรงงานของท่าน					
1.2.2 สมการต้นทุนและความสูญเสียมีความถูกต้องในการใช้ประเมินมูลค่าความสูญเสียจากความสามารถของกระบวนการผลิต					

ตารางที่ 5.2 (ต่อ) แบบประเมินความพึงพอใจต่อวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
1.2 การพัฒนาสมการต้นทุนและความสูญเสีย					
1.2.3 สมการต้นทุนและความสูญเสีย สามารถใช้เป็นแนวทางในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากกระบวนการผลิตในโรงงานของท่าน					
1.3 การจัดลำดับและเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย					
1.3.1 การจัดลำดับความสำคัญและเลือกพารามิเตอร์ที่ควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย(FPP) จะช่วยให้ทราบถึงลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เป็นปัญหารุนแรงต่อกระบวนการผลิต ซึ่งควรที่จะได้รับการปรับปรุง					
1.3.2 การพิจารณาระดับวิกฤตเชิงเทคนิค และระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนของพารามิเตอร์ที่ควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย(FPP) มีความจำเป็นต่อการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิต					
1.4 การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและการเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ					
1.4.1 การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการจะช่วยให้สามารถพิจารณาเลือกปรับปรุงกระบวนการที่ก่อให้เกิดผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิตได้อย่างแท้จริง					
1.4.2 การพิจารณาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์แต่ละประเภทจะช่วยให้ทราบถึงรากเหง้าที่แท้จริงของปัญหา ที่นำมาสู่ความสูญเสียในกระบวนการผลิต					
1.4.3 การเลือกปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ จากความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์แต่ละประเภท จะทำให้เป็นการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการอย่างมีประสิทธิภาพ					

ตารางที่ 5.2 (ต่อ) แบบประเมินความพึงพอใจต่อวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
1.5 แนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ					
1.5.1 วิธีการพิจารณาเลือกแนวทางปรับปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ จะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิต					
1.5.2 วิธีการพิจารณาเลือกแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ จะช่วยให้เกิดความคุ้มค่าในการดำเนินการปรับปรุง					
ส่วนที่ 2: ความง่ายต่อการนำไปใช้ของคู่มือแสดงขั้นตอนดำเนินการ					
2.1 คู่มือแสดงขั้นตอนการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ มีความชัดเจนในการนำไปประยุกต์ใช้					
2.2 คู่มือแสดงขั้นตอนการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ มีความสอดคล้องในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการในโรงงานของท่าน					
2.3 คู่มือแสดงขั้นตอนการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ มีประโยชน์ต่อการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการในโรงงานของท่าน					
2.4 คู่มือแสดงขั้นตอนการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ มีความเหมาะสมใช้เป็นแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการในโรงงานของท่าน					
ส่วนที่ 3: ทัศนคติที่มีต่อวิธีการ					
3.1 วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ จะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตในโรงงานของท่านมากน้อยเพียงใด					

ตารางที่ 5.2 (ต่อ) แบบประเมินความพึงพอใจต่อวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
ส่วนที่ 3: ทัศนคติที่มีต่อวิธีการ					
3.2 วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ จะช่วยในการหาแนวทางที่เหมาะสมในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตในโรงงานของท่านมากน้อยเพียงใด					
3.3 วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ มีความเหมาะสมที่จะนำไปปรับใช้ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตในโรงงานของท่านมากน้อยเพียงใด					
3.4 วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ จะช่วยในการลดความสูญเสียจากกระบวนการผลิตในโรงงานของท่านมากน้อยเพียงใด					
ส่วนที่ 4: ความตั้งใจที่จะนำวิธีการไปใช้	**การพิจารณา**				
เป็นการประเมินความสนใจที่มีต่อวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการในการนำไปประยุกต์ใช้จริงและการให้ข้อเสนอแนะ	สนใจ เพราะ				
	ไม่สนใจ เพราะ				

5.2 การวิเคราะห์ผลการประเมิน

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลความพึงพอใจของบุคลากรที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการควบคุมคุณภาพของกระบวนการ จำนวน 8 คน ดังกล่าวไว้แล้วข้างต้น ผู้วิจัยได้นำมาวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้งานของวิธีที่ได้พัฒนาขึ้น โดยมีรายละเอียดของการวิเคราะห์ผลการประเมิน ดังนี้

5.2.1 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบประเมิน

ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการประยุกต์ใช้วิธีที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ สามารถแบ่งการวิเคราะห์ได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. การวิเคราะห์แบบประเมินความพึงพอใจในส่วนที่ 1 – 3

แบบประเมินความพึงพอใจในส่วนที่ 1 – 3 จะเป็นการประเมิน การรับรู้ถึงประโยชน์ของวิธีการ การรับรู้ว่าวิธีการมีความง่ายต่อการนำไปใช้ และทัศนคติที่มีต่อวิธีการ ตามลำดับ ซึ่งเป็นการประเมินผลโดยใช้แบบวัดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) แบบ 5 ระดับ โดยในการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น จะอาศัยการหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) มาใช้ในการแปลความหมายที่ได้จากการประเมิน และสามารถพิจารณาเกณฑ์การแปลความหมายจากค่าเฉลี่ยของผลการประเมินได้ดังตารางที่ 5.3 (บุญชม ศรีสะอาด, 2554: 121)

ตารางที่ 5.3 เกณฑ์การแปลความหมายของผลการประเมินความพึงพอใจ

ระดับคะแนน	ความหมายและคำอธิบาย
4.51 – 5.00	พึงพอใจมากที่สุด หรือมีความเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้มากที่สุด
3.51 – 4.50	พึงพอใจมาก หรือมีความเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้มาก
2.51 – 3.50	พึงพอใจปานกลาง หรือมีความเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้ปานกลาง
1.51 – 2.50	พึงพอใจน้อย หรือมีความเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้ได้น้อย
1.00 – 1.50	พึงพอใจน้อยที่สุด หรือมีความเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้น้อยที่สุด

นอกจากนั้นผู้วิจัยยังได้ทำการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือเพื่อวัดความน่าเชื่อถือในการนำไปใช้ประเมินผล โดยการหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบประเมิน โดยจะพิจารณาจากสัมประสิทธิ์แอลฟาตามวิธีของครอนบาค (Cronbach's Alpha) ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อ 5.2.2

2. การวิเคราะห์แบบประเมินในส่วนที่ 4

ในส่วนนี้จะเป็นการประเมินความตั้งใจที่จะนำวิธีการไปใช้ ซึ่งเป็นการวัดแบบสเกลนามกำหนด (Nominal Scale) โดยเป็นการเลือกตอบจาก 2 คำตอบ คือ สนใจ หรือไม่สนใจ โดยมีการแสดงความคิดเห็นสนับสนุนคำตอบ ในการประเมินผลนั้นจะอาศัยการวิเคราะห์จากค่าร้อยละ (Percentage)

5.2.2 การวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของแบบประเมิน

แบบประเมินความพึงพอใจในส่วนที่ 1 -3 นั้น เป็นเครื่องมือรวบรวมข้อมูลแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือในการนำเครื่องมือไปใช้ในการประเมิน จึงต้องมีการหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยในงานวิจัยนี้จะหาค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินตามวิธีของ Cronbach เรียกว่า สัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ซึ่งเป็นวิธีที่

ได้รับความนิยมมาก เนื่องจากเป็นการเก็บข้อมูลกลุ่มผู้ให้ข้อมูลเพียงครั้งเดียว (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2546: 449) สามารถคำนวณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น โดยอ้างอิงจาก บุญชม ศรีสะอาด (2554) ดังนี้

$$\alpha = \frac{k}{k-1}\left(1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right)$$

เมื่อ α = ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

k = จำนวนข้อของแบบประเมิน

$\sum S_i^2$ = ผลรวมของความแปรปรวนของแต่ละข้อ

S_t^2 = ความแปรปรวนของคะแนนรวม

ในการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของเครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน โดยวิธีของครอนบาค สามารถพิจารณาเกณฑ์ยอมรับของค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (Cronbach's Alpha) โดยอ้างอิงจาก Kline (1999) และ George and Mallery (2003) ดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 เกณฑ์ยอมรับของค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น Cronbach's Alpha

Cronbach's Alpha	Internal Consistency
$\alpha \geq 0.9$	Excellent
$0.9 > \alpha \geq 0.8$	Good
$0.8 > \alpha \geq 0.7$	Acceptable
$0.7 > \alpha \geq 0.6$	Questionable
$0.6 > \alpha \geq 0.5$	Poor
$0.5 > \alpha$	Unacceptable

ผลการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของแบบประเมิน ในส่วนของการรับรู้ถึงประโยชน์ของวิธีการ การรับรู้ว่าวิธีการมีความง่ายต่อการนำไปใช้ และทัศนคติที่มีต่อวิธีการ พิจารณาได้ดังตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 ผลการประเมินความเชื่อมั่นของแบบประเมิน

หัวข้อการประเมิน	จำนวนคำถาม	Cronbach's Alpha
ส่วนที่ 1: การรับรู้ถึงประโยชน์ของวิธีการ	12	0.9167
ส่วนที่ 2: การรับรู้ว่าวิธีการมีความง่ายต่อการนำไปใช้	4	0.8543
ส่วนที่ 3: ทัศนคติที่มีต่อวิธีการ	4	0.6923

จากการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของแบบประเมินดังตารางที่ 5.5 จะเห็นว่าแบบประเมินในส่วนของการรับรู้ถึงประโยชน์ของวิธีการ และการรับรู้ว่าวิธีการมีความง่ายต่อการนำไปใช้ มีความเหมาะสมและน่าเชื่อถือในระดับดีมาก และดี ในการใช้เป็นเครื่องมือรวบรวมข้อมูลสำหรับการประเมินในครั้งนี้ พิจารณาได้จากค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.9167 และ 0.8543 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.80 ในส่วนของแบบประเมินทัศนคติที่มีต่อวิธีการมีค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.6923 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่ายอมรับคือ 0.70 แต่ถือว่ามีความใกล้เคียงที่จะยอมรับได้ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นนั้นจะขึ้นอยู่กับความสอดคล้องของคำตอบด้วย เนื่องจากผู้ตอบแบบประเมินนั้นเห็นว่าวิธีการมีประโยชน์ในระดับพึงพอใจมาก แต่ยังมีความยุ่งยากในการนำไปใช้จึงเห็นว่าเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง จึงมีผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบประเมินในส่วนของทัศนคติที่มีต่อวิธีการจึงมีความน่าเชื่อถือและมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลในระดับปานกลาง

5.2.3 **ผลการประเมินการรับรู้ประโยชน์ของวิธีการ**

จากการสัมภาษณ์ข้อมูลและนำเสนอวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นกับโรงงานอุตสาหกรรมทั้ง 4 ประเภทที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น พบว่าโดยส่วนใหญ่แล้วในกระบวนการผลิตนั้นประกอบไปด้วยหลายกระบวนการ และมีความเกี่ยวข้องกับหลายพารามิเตอร์ ซึ่งสอดคล้องตามแนวคิดของวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้น สามารถพิจารณาผลการประเมินการรับรู้ประโยชน์ของวิธีการได้ดังตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการรับรู้ถึงประโยชน์ของวิธีการ

รายการประเมิน	ความถี่การประเมินในแต่ละระดับ					($\bar{X}$)	(SD)	ระดับความพึงพอใจ
ส่วนที่ 1: ประโยชน์ของวิธีการ	5	4	3	2	1			
1.1 การพิจารณาพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิต								
1.1.1 การแบ่งประเภทของพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิต (FPP, IPP, PP) จะเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์สาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต	6	2	-	-	-	4.75	0.46	มากที่สุด
1.1.2 การแบ่งประเภทของพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิต (FPP, IPP, PP) มีความจำเป็นต่อการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิต	3	5	-	-	-	4.38	0.52	มาก
ผลการประเมินโดยรวมในหัวข้อที่ 1.1	9	7	-	-	-	4.56		มากที่สุด
1.2 การพัฒนาสมการต้นทุนและความสูญเสีย								
1.2.1 องค์ประกอบของต้นทุนคุณภาพ มีความสอดคล้องกับการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากกระบวนการผลิตในโรงงานของท่าน	3	4	1	-	-	4.25	0.71	มาก
1.2.2 สมการต้นทุนและความสูญเสียมีความถูกต้องในการใช้ประเมินมูลค่าความสูญเสียจากความสามารถของกระบวนการผลิต	3	3	2	-	-	4.13	0.83	มาก
1.2.3 สมการต้นทุนและความสูญเสีย สามารถใช้เป็นแนวทางในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากกระบวนการผลิตในโรงงานของท่าน	2	3	3	-	-	3.88	0.83	มาก
ผลการประเมินโดยรวมในหัวข้อที่ 1.2	8	10	6	-	-	4.08		มาก

ตารางที่ 5.6 (ต่อ) ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการรับรู้ถึงประโยชน์ของวิธีการ

รายการประเมิน	ความถี่การประเมินในแต่ละระดับ					($\bar{X}$)	(SD)	ระดับความพึงพอใจ
ส่วนที่ 1: ประโยชน์ของวิธีการ	5	4	3	2	1			
1.3 การจัดลำดับและเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย								
1.3.1 การจัดลำดับความสำคัญและเลือกพารามิเตอร์ที่ควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย(FPP) จะช่วยให้ทราบถึงลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เป็นปัญหารุนแรงต่อกระบวนการผลิต ซึ่งควรที่จะได้รับการปรับปรุง	5	3	-	-	-	4.63	0.52	มากที่สุด
1.3.2 การพิจารณาระดับวิกฤตเชิงเทคนิค และระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนของพารามิเตอร์ที่ควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (FPP) มีความจำเป็นต่อการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิต	4	4	-	-	-	4.50	0.53	มาก
ผลการประเมินโดยรวมในหัวข้อที่ 1.3	9	7	-	-	-	4.56		มากที่สุด
1.4 การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและการเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ								
1.4.1 การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการจะช่วยให้สามารถพิจารณาเลือกปรับปรุงกระบวนการที่ก่อให้เกิดผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิตได้อย่างแท้จริง	4	2	2	-	-	4.25	0.89	มาก

ตารางที่ 5.6 (ต่อ) ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการรับรู้ถึงประโยชน์ของวิธีการ

รายการประเมิน	ความถี่การประเมินในแต่ละระดับ					($\bar{X}$)	(SD)	ระดับความพึงพอใจ
ส่วนที่ 1: ประโยชน์ของวิธีการ	5	4	3	2	1			
1.4.2 การพิจารณาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์แต่ละประเภท จะช่วยให้ทราบถึงรากเหง้าที่แท้จริงของปัญหา ที่นำมาสู่ความสูญเสียในกระบวนการผลิต	4	2	2	-	-	4.25	0.89	มาก
1.4.3 การเลือกปรับปรุงกระบวนการ จากความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์แต่ละประเภท (ควบคุมที่ FPP และ IPP, ปรับปรุงที่ PP) จะทำให้เป็นการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการอย่างมีประสิทธิภาพ	3	3	2	-	-	4.13	0.83	มาก
ผลการประเมินโดยรวมในหัวข้อที่ 1.4	11	7	6	-	-	4.21		มาก
1.5 แนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ								
1.5.1 วิธีการพิจารณาเลือกแนวทางปรับปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ จะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิต	3	5	-	-	-	4.38	0.52	มาก
1.5.2 วิธีการพิจารณาเลือกแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ จะช่วยให้เกิดความคุ้มค่าในการดำเนินการปรับปรุง	4	4	-	-	-	4.50	0.53	มาก
ผลการประเมินโดยรวมในหัวข้อที่ 1.5	7	9	-	-	-	4.44		มาก
ผลการประเมินโดยรวมต่อการรับรู้ถึงประโยชน์ของวิธีการ	44	40	12	-	-	4.33		**มาก**

ผลจากการประเมินการรับรู้ประโยชน์ของวิธีการดังตารางที่ 5.6 พบว่าโรงงานอุตสาหกรรมนั้นเล็งเห็นถึงประโยชน์ของวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ โดยขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อเลือกปรับปรุงกระบวนการเป็นทางเลือกให้มองปัญหาได้ครอบคลุมทั้งด้านต้นทุนการผลิต และคำนึงถึงความต้องการของผู้บริโภค ทำให้สามารถเลือกปรับปรุงกระบวนการได้จากสาเหตุหลักที่นำมาสู่ความสูญเสียในกระบวนการผลิต โดยมีผลการประเมินเฉลี่ยโดยรวม 4.33 คะแนน ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับพึงพอใจมาก และสามารถวิเคราะห์ผลการประเมินการรับรู้ถึงประโยชน์ของวิธีการ โดยมีรายละเอียดในแต่ละส่วนดังนี้

1. การพิจารณาพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิต

การพิจารณาพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิตโดยการแบ่งประเภทของพารามิเตอร์ออกเป็น พารามิเตอร์ที่ควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (FPP) พารามิเตอร์ที่ควบคุมคุณภาพของชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ระหว่างกระบวนการผลิต (IPP) และพารามิเตอร์ที่ควบคุมปัจจัยป้อนเข้าในกระบวนการผลิต (PP) ซึ่งผู้ประเมินเห็นว่ามีประโยชน์ต่อการวิเคราะห์สาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต และมีความจำเป็นต่อการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิต โดยมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งมีผลการประเมินเฉลี่ยโดยรวม 4.56 คะแนน

2. การพัฒนาสมการต้นทุนและความสูญเสีย

สมการต้นทุนและความสูญเสียเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินความสามารถของกระบวนการ ซึ่งสามารถใช้ในการบ่งชี้ถึงสาเหตุที่นำมาสู่ความสูญเสียต่อกระบวนการผลิตได้ สมการต้นทุนและความสูญเสียนี้ได้พัฒนาขึ้นจากองค์ประกอบของต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพที่เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรมโดยส่วนใหญ่ ซึ่งผู้ประเมินเห็นว่าสามารถใช้เป็นแนวทางในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากกระบวนการผลิตได้ โดยมีผลการประเมินเฉลี่ยโดยรวม 4.08 คะแนน ซึ่งถือว่ามีความพึงพอใจมาก

3. การจัดลำดับและเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย

การจัดลำดับความสำคัญและเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (FPP) จะมุ่งให้ความสำคัญกับ FPP ที่นำมาสู่ความสูญเสียต่อกระบวนการผลิต โดยผู้ประเมินนั้นเห็นว่าจะช่วยให้ทราบถึงลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เป็นปัญหารุนแรงต่อกระบวนการผลิต นอกจากนั้นการพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิค และความวิกฤตเชิงต้นทุนของ FPP ยังมี

ความจำเป็นต่อการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตที่ครอบคลุมทั้งปัญหาในด้านต้นทุนการผลิต และความพึงพอใจของผู้บริโภค โดยมีผลการประเมินเฉลี่ยโดยรวม 4.56 คะแนน ซึ่งถือว่ามีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด

4. การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และการเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

การเลือกปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ จะเป็นการพิจารณาจากกระบวนการที่มีความสัมพันธ์กับ FPP ที่นำมาสู่ความสูญเสียในกระบวนการผลิต ซึ่งเมื่อทราบถึงกระบวนการที่เป็นปัญหาหลักแล้ว จะต้องพิจารณาว่าต้องทำการควบคุม หรือดำเนินการปรับปรุงจากพารามิเตอร์ใด ซึ่งผู้ประเมินนั้นเห็นว่าการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการจะช่วยในการเลือกปรับปรุงกระบวนการที่ก่อให้เกิดผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิต และการพิจารณาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์แต่ละประเภท จะช่วยในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการจากรากเหง้าสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา โดยมีความพึงพอใจโดยรวมในระดับมาก ซึ่งมีผลการประเมินเฉลี่ยโดยรวม 4.21 คะแนน

5. แนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

การปรับปรุงความสามารถของกระบวนการสามารถดำเนินการได้ทั้ง การปรับลดความผันแปรของกระบวนการ การปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมายมากที่สุด รวมไปถึงการปรับปรุงจากทั้ง 2 ด้าน โดยในการพิจารณาแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการจะอาศัยดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ ร่วมกับการพิจารณาความยากง่าย และความคุ้มค่าในการดำเนินการระหว่าง การปรับลดความผันแปรและการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการ ซึ่งผู้ประเมินนั้นเห็นว่าวิธีการพิจารณาเลือกแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ จะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนปรับปรุงความสามารถของกระบวนการเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าในการดำเนินการ โดยมีความพึงพอใจโดยรวมในระดับมาก ซึ่งมีผลการประเมินเฉลี่ยโดยรวม 4.44 คะแนน

5.2.4 ผลการประเมินการรับรู้ว่าวิธีการมีความง่ายต่อการนำไปใช้

ในการประเมินการรับรู้ว่าวิธีการมีความง่ายต่อการนำไปใช้ จะเป็นการประเมินจากคู่มือแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน สามารถพิจารณาผลการประเมินความพึงพอใจได้ดังตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการรับรู้ว่าวิธีการมีความง่ายต่อการนำไปใช้

รายการประเมิน	ความถี่การประเมินในแต่ละระดับ					($\bar{X}$)	(SD)	ระดับความพึงพอใจ
ส่วนที่ 2: ความง่ายต่อการนำไปใช้ของคู่มือแสดงขั้นตอนดำเนินการ	5	4	3	2	1			
2.1 คู่มือแสดงขั้นตอนการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ มีความชัดเจนในการนำไปประยุกต์ใช้	4	3	1	-	-	4.38	0.74	มาก
2.2 คู่มือแสดงขั้นตอนการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ มีความสอดคล้องในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการในโรงงานของท่าน	2	6	-	-	-	4.25	0.46	มาก
2.3 คู่มือแสดงขั้นตอนการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ มีประโยชน์ต่อการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการในโรงงานของท่าน	2	6	-	-	-	4.25	0.46	มาก
2.4 คู่มือแสดงขั้นตอนการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ มีความเหมาะสมใช้เป็นแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการในโรงงานของท่าน	3	4	1	-	-	4.25	0.71	มาก
ผลการประเมินโดยรวมต่อการรับรู้ว่าวิธีการมีความง่ายต่อการนำไปใช้	11	19	2	-	-	4.28		**มาก**

จากตารางที่ 5.7 จะเป็นการแสดงผลการประเมินการรับรู้ถึงความง่ายต่อการใช้งานตามคู่มือในส่วนของ ขั้นตอนการเปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการมีความชัดเจนในการนำไปประยุกต์ใช้ ขั้นตอนการดำเนินการตามคู่มือมีความสอดคล้องกับการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการในโรงงานอุตสาหกรรมโดยส่วนใหญ่ รวมไปถึงประโยชน์และความเหมาะสมของคู่มือในการใช้เป็นแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิต โดยภาพรวมแล้วผู้ประเมินมีความพึงพอใจต่อคู่มือแสดงขั้นตอนการปรับปรุงความสามารถของหลายกระบวนการในระดับพึงพอใจมาก ซึ่งมีผลการประเมินเฉลี่ยโดยรวม 4.28 คะแนน

5.2.5 **ผลการประเมินทัศนคติที่มีต่อวิธีการ**

การประเมินทัศนคติที่มีต่อวิธีการ จะเป็นการประเมินถึงคุณค่าของวิธีการในการนำไปประยุกต์ใช้งาน โดยผู้ประเมินนั้นเห็นว่าวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นจะเป็นประโยชน์ ทั้งในส่วนของการหาแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ และการดำเนินการตามวิธีที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถที่จะช่วยลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต แต่การดำเนินการตามวิธีที่ได้พัฒนาขึ้นมีขั้นตอนรายละเอียดปลีกย่อยค่อนข้างมาก ซึ่งมีบางอุตสาหกรรมเห็นว่ามีความเหมาะสมในระดับปานกลางที่จะนำไปประยุกต์ใช้จริง จึงเป็นทำให้ผลการประเมินในส่วนทัศนคติที่มีต่อวิธีการจึงมีคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยโดยรวมต่ำกว่าการประเมินการรับรู้ประโยชน์และความง่ายของวิธีการ แต่อย่างไรก็ตามผู้ประเมินมีทัศนคติในระดับพึงพอใจมากต่อวิธีการที่พัฒนาขึ้น ซึ่งมีผลประเมินเฉลี่ยโดยรวม 4.25 คะแนน พิจารณาได้ดังตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 ผลการประเมินทัศนคติที่มีต่อวิธีการ

รายการประเมิน	ความถี่การประเมินในแต่ละระดับ					($\bar{X}$)	(SD)	ระดับความพึงพอใจ
ส่วนที่ 3: ทัศนคติที่มีต่อวิธีการ	5	4	3	2	1			
3.1 วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ จะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิต ในโรงงานของท่านมากน้อยเพียงใด	3	5	-	-	-	4.38	0.52	มาก
3.2 วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ จะช่วยในการหาแนวทางที่เหมาะสมในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตในโรงงานของท่านมากน้อยเพียงใด	4	3	1	-	-	4.38	0.74	มาก
3.3 วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ มีความเหมาะสมที่จะนำไปปรับใช้ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตในโรงงานของท่านมากน้อยเพียงใด	2	3	3	-	-	3.88	0.83	มาก
3.4 วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ จะช่วยในการลดความสูญเสียจากกระบวนการผลิตในโรงงานของท่านมากน้อยเพียงใด	3	5	-	-	-	4.38	0.52	มาก
ทัศนคติโดยรวมที่มีต่อวิธีการ	12	16	4	-	-	4.25		**มาก**

5.2.6 ผลการประเมินความตั้งใจที่จะนำวิธีการไปใช้

การประเมินความตั้งใจที่จะนำวิธีการไปใช้ จะประเมินจากความสนใจ โอกาส หรือข้อจำกัดต่างๆในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีผลต่อการนำวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นไปประยุกต์ใช้งาน จากการตอบแบบประเมินของบุคลากรจำนวน 8 คน ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมคุณภาพของกระบวนการในอุตสาหกรรมทั้ง 4 ประเภทดังกล่าวในข้างต้น ซึ่งผู้ประเมินทั้ง 8 คนเห็นว่าวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นมีความน่าสนใจในการนำไปใช้งานได้จริงคิดเป็นร้อยละ 100 พิจารณาได้ดังตารางที่ 5.9 อีกทั้งผู้ประเมินยังได้แสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมคือ วิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นนั้นมีความสอดคล้องกับการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ ซึ่งประกอบไปด้วยหลายกระบวนการผลิต และขั้นตอนการพิจารณานั้นมีการดำเนินงานที่เป็นระบบ ทั้งการจัดลำดับและเลือก FPP จะเป็นประโยชน์ต่อการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการโดยเฉพาะในกรณีที่มีพารามิเตอร์ที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก รวมไปถึงการพิจารณามูลค่าความสูญเสียทางตัวเงิน และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อความต้องการของผู้บริโภค จะช่วยให้โรงงานนั้นทราบถึงปัญหาที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิต

นอกจากนั้นการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ การเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุง และการพิจารณาแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ จะทำทราบถึงปัญหาหลักและแนวทางปรับปรุงที่เหมาะสม ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่ครอบคลุมทั้งด้านความพึงพอใจของผู้บริโภค และต้นทุนการผลิต อีกทั้งวิธีการดังกล่าวยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับกระบวนการที่ถูกควบคุมด้วยขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบสมมาตรและไม่สมมาตร รวมไปถึงกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว

ตารางที่ 5.9 ผลการประเมินความตั้งใจที่จะนำวิธีการไปใช้

ความสนที่จะนำวิธีการไปใช้	จำนวนผู้ประเมิน	ร้อยละ
สนใจ	8	100
ไม่สนใจ	-	
รวม	8	100

5.3 สรุปผลการประเมินความเป็นไปในการประยุกต์ใช้วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

ความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการกับโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไป จะอาศัยการประเมินจากความพึงพอใจของบุคลากรที่มีส่วน

เกี่ยวข้องในการควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิต โดยนำแนวคิดของทฤษฎีตัวแบบการยอมรับเทคโนโลยี (TAM) มาใช้เป็นกรอบในการประเมินในครั้งนี้ ซึ่งจากการประเมินในส่วนที่ 1-3 คือ การรับรู้ถึงประโยชน์ของวิธีการ การรับรู้ว่าคู่มือแสดงขั้นตอนการดำเนินการมีความง่ายต่อการนำไปใช้ และทัศนคติที่มีต่อวิธีการ พบว่าอยู่ในระดับความพึงพอใจมาก และในส่วนของความตั้งใจที่จะนำวิธีการไปใช้นั้น ผู้ตอบแบบประเมินทั้งหมด 8 คนให้ความเห็นว่า วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการมีความน่าสนใจที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการได้จริงคิดเป็นร้อยละ100 ซึ่งผู้ประเมินนั้นเห็นว่าวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นนั้นมีประโยชน์ในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของหลายกระบวนการ ซึ่งครอบคลุมทั้งปัญหาในด้านความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และต้นทุนการผลิต โดยมีขั้นตอนการดำเนินการที่เป็นระบบ สามารถที่ประยุกต์ใช้ได้ทั้งกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบสมมาตรและไม่สมมาตร รวมไปถึงกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว แต่ขั้นตอนในการดำเนินการนั้นมีรายละเอียดปลีกย่อยค่อนข้างมากจึงมีข้อจำกัดที่จะนำไปประยุกต์ใช้จริงในบางอุตสาหกรรม โดยรายละเอียดของการประเมินทั้งหมดพิจารณาได้ดังตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 สรุปผลการประเมินความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

หัวข้อประเมิน	ผลการประเมินโดยรวม	ระดับความพึงพอใจ
ส่วนที่ 1-3	($\bar{X}$)	
การรับรู้ประโยชน์ของวิธีการ	4.33	พึงพอใจมาก
การรับรู้ว่าวิธีการมีความง่ายในการนำไปใช้ (คู่มือ)	4.28	พึงพอใจมาก
ทัศนคติที่มีต่อวิธีการ	4.25	พึงพอใจมาก
ส่วนที่ 4	ผลการประเมิน	ร้อยละ
ความตั้งใจที่จะนำวิธีการไปใช้	สนใจ	100

บทที่ 6
สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลงานวิจัย

การปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตที่มีผลมาจากหลายกระบวนการ หรือมีความเกี่ยวข้องกับหลายพารามิเตอร์ อาจจะไม่สามารถที่จะดำเนินการปรับปรุงได้ครอบคลุมในทุกๆกระบวนการหรือทุกพารามิเตอร์ที่นำมาสู่ความสูญเสีย เนื่องด้วยข้อจำกัดด้านทรัพยากรต่างๆ ในการปรับปรุงนั้น ผู้ผลิตจึงควรที่จะเลือกปรับปรุงในกระบวนการหรือพารามิเตอร์ที่เป็นปัญหาวิกฤตก่อน ซึ่งในการเลือกปรับปรุงที่กระบวนกการใดนั้น โดยทั่วไปแล้วมักจะใช้ดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ เช่น C_{pk} มาเป็นตัวชี้วัด ซึ่งก็ให้ความสำคัญกับกระบวนการที่มีค่า C_{pk} ต่ำที่สุดก่อน ดังเช่น Singhal (1991),Chen et al. (2001) และ Chen et al. (2006) ที่ได้พัฒนาวิธีการในการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ โดยพิจารณาจากดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ และแสดงผลออกมาในรูปของแผนภูมิเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ แต่การพิจารณาเพียงดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการอาจจะไม่ได้แสดงให้เห็นถึงกระบวนการหรือพารามิเตอร์ที่เป็นปัญหาหลักซึ่งนำมาสู่ความสูญเสียในกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นไปได้ทั้งด้านความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และผู้ผลิตในส่วนของต้นทุนการผลิตที่ต้องเสียไปเมื่อเกิดผลิตภัณฑ์บกพร่องขึ้น งานวิจัยนี้จึงเป็นการพัฒนาวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ เพื่อใช้ในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการในโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไปที่ประกอบไปด้วยหลายกระบวนการผลิต และมีลักษณะข้อมูลเป็นข้อมูลผันแปร วิธีการนี้ได้พัฒนาขึ้นจากการประยุกต์ใช้แนวคิดจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมคุณภาพของกระบวนการเชิงสถิติ (Statistical Process Control) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการที่จะช่วยบ่งชี้ถึงสาเหตุหลักที่นำมาสู่ความสูญเสียในกระบวนการผลิตที่ครอบคลุมทั้งปัญหาในด้านความพึงพอใจของผู้บริโภค และด้านต้นทุนการผลิต โดยอาศัยการพิจารณาลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และการประเมินความสูญเสียเชิงต้นทุน ซึ่งเป็นมูลค่าความสูญเสียทางตัวเงินจากระดับความสามารถของกระบวนการมาใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา โดยในการดำเนินงานวิจัย ผู้วิจัยได้พัฒนาขั้นตอนซึ่งจัดทำเป็นคู่มือแนวทางสำหรับการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ รวมไปถึงการประเมินความเป็นไปได้ในการนำวิธีการที่พัฒนาขึ้นไปประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไป สามารถสรุปผลการดำเนินงานในแต่ละส่วน โดยมีรายละเอียดดังนี้

6.1.1 สรุปขั้นตอนการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

ในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่เป็นผลมาจากหลายกระบวนการผลิต จะเริ่มจากการจำแนกประเภทของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต เพื่อให้เห็นลำดับความสำคัญในการปรับปรุงจากพารามิเตอร์ที่นำมาสู่ความสูญเสียในกระบวนการผลิต ซึ่งแบ่งได้เป็น พารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (FPP) พารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในระหว่างกระบวนการ (IPP) และพารามิเตอร์ที่ควบคุมปัจจัยป้อนเข้าของกระบวนการ (PP) โดยพารามิเตอร์ที่เป็นปัจจัยสำคัญในการพิจารณาคือ FPP ซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญและถือเป็นปลายเหตุของปัญหา ในส่วนของ IPP และ PP นั้นถือเป็นสาเหตุที่นำมาสู่ปัญหา ซึ่งในการพิจารณาตามวิธีดังกล่าวจะช่วยให้เกิดการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการจากพารามิเตอร์ในระดับ FPP ไปสู่ PP โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการอย่างเป็นระบบแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

1. การเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการคัดกรองเอาเฉพาะ FPP ที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิตไปใช้ในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ และแสดงให้เห็นลำดับความสำคัญของปัญหาก่อนหลังที่ควรทำการปรับปรุง โดยจะอาศัยการพิจารณาตามความวิกฤตเชิงเทคนิค คือ ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ร่วมกับการพิจารณาตามความวิกฤตเชิงต้นทุน คือการประเมินความสูญเสียเชิงต้นทุน ซึ่งเป็นมูลค่าความสูญเสียทางตัวเงินจากระดับความสามารถของกระบวนการ โดยในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาสมการต้นทุนและความสูญเสียจากแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 (พิจารณาดังหัวข้อที่ 3.3.2.1- 3.3.3) เพื่อใช้ในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการ (ในระดับ IPP และ FPP) ซึ่งจะมุ่งพิจารณามูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนคุณภาพดังต่อไปนี้

- มูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ (Failure Cost) ซึ่งจะอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่นำมาซึ่งต้นทุนที่เสียไปกับผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เกิดขึ้น โดยจำแนกออกเป็น 2 ประเภท คือ
    - มูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวภายใน (Internal Failure Cost) จะเกิดขึ้นเมื่อผู้ผลิตปฏิเสธรุนของผลิตภัณฑ์ด้วยโอกาส (1-Pa) นำมาซึ่งมูลค่าความสูญเสียจากการปฏิเสธรุ่น (Cost of lot rejection: Cr) ซึ่งจะพิจารณาจากมูลค่าความ

สูญเสียในการทิ้งผลิตภัณฑ์บกพร่อง (Scrap cost) และมูลค่าความสูญเสียในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง (Rework cost)

- มูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวภายนอก (External Failure Cost) จะเกิดขึ้นเมื่อผู้ผลิตยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ด้วยโอกาส (Pa) ซึ่งอาจจะมีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดไปถึงผู้บริโภค นำมาซึ่งมูลค่าความสูญเสียจากการยอมรับรุ่น (Cost of Lot Acceptance: Ca) ที่เป็นผลมาจากข้อร้องเรียนของผู้บริโภค โดยจะพิจารณาจากมูลค่าความสูญเสียในการตรวจสอบซ้ำ (Rescreen cost) มูลค่าความสูญเสียจากค่าปรับ (Penalty cost) มูลค่าความสูญเสียจากการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ชิ้นใหม่ (Cost of product replacement) และมูลค่าความสูญเสียจากการจัดการกับผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภค

- มูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมาย (Out of Target Cost: C_{OT}) ในส่วนนี้ผู้วิจัยได้พิจารณาเพิ่มเติมจากต้นทุนคุณภาพ เพื่อให้เห็นความสูญเสียจากการผลิตที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเป้าหมาย โดยมุ่งพิจารณาที่มูลค่าความสูญเสียจากการใช้วัตถุดิบเกินค่าเป้าหมาย

หลังจากพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิค และความวิกฤตเชิงต้นทุนแล้ว จะเป็นการจัดลำดับและเลือก FPP โดยแบ่งการพิจารณาออกเป็น 3 วิธี ได้แก่ วิธีที่ 1 การพิจารณาตามความวิกฤตเชิงเทคนิค และความวิกฤตเชิงต้นทุน ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะกับกระบวนการที่ให้ความสำคัญจากทั้ง 2 ด้าน วิธีที่ 2 การพิจารณาตามความวิกฤตเชิงต้นทุนเป็นหลัก ซึ่งวิธีนี้จะเหมาะกับกระบวนการที่มีต้นทุนในการผลิตสูง และวิธีที่ 3 การพิจารณาตามความวิกฤตเชิงเทคนิค เป็นวิธีที่เหมาะกับกระบวนการที่ผู้บริโภคให้ความสนใจกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นสำคัญ

2. การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

ในขั้นตอนนี้จะนำแผนผังเมทริกซ์มาช่วยในการพิจารณาคะแนนความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ในกระบวนการ (IPP และ PP) กับ FPP ที่ผ่านการคัดกรอง เพื่อใช้ในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ในระดับ PP ไปทำการปรับปรุง โดยพิจารณาได้ 2 วิธีคือ วิธีที่ 1 การพิจารณาตามลำดับความสำคัญของ FPP ซึ่งจะเป็นการพิจารณาคะแนนความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในแต่ละกระบวนการกับ FPP โดยเรียงไปทีละพารามิเตอร์ ซึ่งพารามิเตอร์ในระดับ PP ของกระบวนการใดมีคะแนนความสัมพันธ์กับ FPP ที่เลือกสูงที่สุด จะทำให้กระบวนการ และพารามิเตอร์ในระดับ PP ตัวนั้น มีความสำคัญต่อการปรับปรุงเป็นลำดับแรก

และวิธีที่ 2 คือการพิจารณาตามคะแนนรวมความรุนแรงของกระบวนการ ซึ่งจะเป็นการพิจารณาที่ครอบคลุม FPP หลายตัวไปพร้อมกัน โดยกระบวนการใดมีคะแนนรวมความรุนแรงของกระบวนการ (P_i) มากที่สุด จะมีความสำคัญต่อการปรับปรุงเป็นลำดับแรก และการเลือกพารามิเตอร์ในระดับ PP ของกระบวนการนั้นจะเรียงตามคะแนนความรุนแรงของพารามิเตอร์ (Z_i) จากมากไปน้อย ซึ่งการที่จะเลือกพารามิเตอร์ไปทำการปรับปรุงได้มากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับการพิจารณาร่วมกันของทีมปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

3. การกำหนดแนวทางการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

ในขั้นตอนสุดท้ายนี้จะเป็นการพิจารณาแนวทางในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ จากกระบวนการหรือพารามิเตอร์ที่ได้รับการคัดเลือกแล้ว ซึ่งเป็นไปได้ทั้งด้านการปรับลดความผันแปร การปรับค่าเฉลี่ย หรือการดำเนินการในทั้ง 2 ด้าน โดยในการกำหนดแนวทางการปรับปรุงนั้น จะอาศัยการพิจารณาจากดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ ร่วมกับการพิจารณาความยากง่าย และความคุ้มค่าในการดำเนินการจาก 2 ด้านเทียบกับมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ ซึ่งถ้าพบว่ามีความคุ้มค่าในการดำเนินการในทั้ง 2 ด้าน ด้านใดที่สามารถดำเนินการได้ง่ายและรวดเร็วกว่าก็ควรเร่งดำเนินการก่อน แล้วจึงดำเนินการปรับปรุงในด้านที่เหลือต่อไป และถ้าพิจารณาแล้วพบว่าไม่คุ้มค่าในการดำเนินการพร้อมกันทั้ง 2 ด้าน ก็ควรจะเลือกเพียงด้านใดด้านหนึ่ง ซึ่งต้องเป็นด้านที่ให้ความคุ้มค่าหรือมีความง่ายต่อการปรับปรุง ในการพิจารณาแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการตามวิธีที่พัฒนาขึ้น แบ่งออกเป็น 2 แนวทางคือ แนวทางการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบสมมาตร และไม่สมมาตร และแนวทางการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว

วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ เป็นแนวทางหนึ่งที่จะเป็นประโยชน์ต่อการพิจารณาเลือกปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงกระบวนการ หรือพารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิต ทั้งในด้านความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และผู้ผลิตในส่วนของต้นทุนในการผลิต และจะทำให้มั่นใจได้ว่า กระบวนการหรือพารามิเตอร์ที่เป็นปัญหาวิกฤตนั้นจะได้รับการปรับปรุงก่อน อีกทั้งผลจากการพิจารณาแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการนั้นยังคำนึงถึงความคุ้มค่าในการดำเนินการ ซึ่งจะทำให้ผู้ผลิตนั้นสามารถเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุดโดยไม่เกิดความสูญเปล่าจากการดำเนินการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ แต่ขั้นตอนในการพิจารณาเพื่อให้ทราบถึงสาเหตุของปัญหา หรือแนวทางในการแก้ไขที่เหมาะสมที่สุดนั้นมีความ

ซับซ้อน ต้องอาศัยการพิจารณาร่วมกันเป็นทีม และใช้เวลาค่อนข้างมาก จึงอาจจะทำให้การดำเนินการปรับปรุงนั้นสามารถดำเนินการได้ช้ากว่าเมื่อเทียบกับการใช้ดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการมาเป็นตัวชี้วัด

อย่างไรก็ตามวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นเป็นแนวทางหนึ่งที่นำเสนอไว้เพื่อใช้ประโยชน์ในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของหลายกระบวนการ เพื่อให้ทราบถึงกระบวนการหรือพารามิเตอร์ที่นำมาสู่ความสูญเสียในกระบวนการผลิตได้อย่างแท้จริง ซึ่งโรงงานอุตสาหกรรมใดที่จะนำไปประยุกต์ใช้จะต้องพิจารณาว่ามีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งต้องขึ้นอยู่กับศักยภาพ และความพร้อมของโรงงานนั้นๆด้วย ดังเช่น ถ้าโรงงานใดมีข้อจำกัดในด้านเวลา การดำเนินการตามวิธีที่ได้พัฒนาขึ้นอาจจะส่งผลกระทบต่อการผลิตได้ เช่น ส่งผลให้การผลิตมีความล่าช้าไม่ทันต่อความต้องการของผู้บริโภค เป็นต้น

6.1.2 สรุปผลการประเมินความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

จากการพัฒนาวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ ผู้วิจัยได้นำไปประยุกต์ใช้ในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ กรณีศึกษาโรงงานผลิตสบู่ เพื่อเป็นตัวอย่างในการแสดงการใช้งานตามขั้นตอนที่ได้พัฒนาขึ้น โดยเป็นเพียงการสัมภาษณ์และรวบรวมข้อมูลการควบคุมคุณภาพของกระบวนการจากผู้ที่มีความเชี่ยวชาญมาประกอบการพิจารณาเท่านั้น ซึ่งไม่ได้นำวิธีการดังกล่าวไปใช้ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในโรงงานกรณีศึกษา ในส่วนของการประเมินความเป็นไปได้ในการนำวิธีการไปประยุกต์ใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไปนั้น ผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นต่ออุตสาหกรรม 4 ประเภท คือ อุตสาหกรรมผลิตสบู่ อุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมกล้องถ่ายรูป และอุตสาหกรรมไม้สำเร็จรูป และประเมินความพึงพอใจที่มีต่อวิธีการจากบุคลากรที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการควบคุมคุณภาพของกระบวนการจำนวน 8 คน โดยอาศัยทฤษฎีตัวแบบการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Aceptance Model: TAM) มาเป็นกรอบในการสร้างคำถามในแบบประเมิน ซึ่งแบ่งการประเมินออกเป็น 4 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การรับรู้ถึงประโยชน์ของวิธีการ ส่วนที่ 2 การรับรู้ว่าวิธีการมีความง่ายต่อการนำไปใช้ (ประเมินในส่วนของคู่มือ) ส่วนที่ 3 ทัศนคติที่มีต่อวิธีการ และส่วนที่ 4 ความตั้งใจที่จะนำวิธีการไปใช้งาน

ผลจากการประเมินพบว่าในส่วนที่ 1-3 นั้นอยู่ในระดับความพึงพอใจมาก และในส่วนของความตั้งใจที่จะนำวิธีการไปใช้งานนั้น ผู้ประเมินทั้งหมดเห็นว่าวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นมีความน่าสนใจที่จะนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงคิดเป็นร้อยละ 100 นอกจากนั้นยังมีการแสดงความคิดเห็น

เพิ่มเติมว่าเป็นวิธีการที่มีประโยชน์ที่จะนำไปใช้ในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ ซึ่งสอดคล้องกับการผลิตในโรงงานส่วนใหญ่ที่ประกอบไปด้วยหลายกระบวนการผลิต โดยเป็นวิธีที่มีขั้นตอนการดำเนินการที่เป็นระบบ สามารถที่จะชี้ให้เห็นปัญหาที่ครอบคลุมทั้งด้านความพึงพอใจของผู้บริโภค และด้านต้นทุนการผลิต อีกทั้งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ครอบคลุมทั้งกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบสมมาตร และไม่สมมาตร รวมถึงกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว แต่ด้วยขั้นตอนดำเนินการที่ค่อนข้างซับซ้อนจึงมีข้อจำกัดที่จะนำไปประยุกต์ใช้จริงในบางโรงงานอุตสาหกรรม

6.2 ข้อจำกัดในงานวิจัย

ในการนำวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นไปประยุกต์ใช้ในโรงงานกรณีศึกษานั้น เป็นเพียงการแสดงตัวอย่างการดำเนินการตามขั้นตอนที่ได้พัฒนาขึ้น และประเมินถึงประโยชน์และความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ ซึ่งไม่ได้นำไปใช้ปรับปรุงความสามารถของกระบวนการและวัดผลจริงในโรงงานกรณีศึกษา เนื่องด้วยข้อจำกัดในด้านการผลิตที่ต้องผลิตให้ทันต่อความต้องการของผู้บริโภค และโรงงานกรณีศึกษายังไม่มีความพร้อมที่จะทดลองใช้วิธีการที่ได้พัฒนาขึ้น ซึ่งต้องขึ้นอยู่กับความเห็นของผู้บริหาร ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นเพียงการนำเสนอขั้นตอนการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการในอุตสาหกรรมโดยทั่วไปที่ประกอบไปด้วยหลายกระบวนการผลิต หรือมีความเกี่ยวข้องกับหลายพารามิเตอร์ และประเมินผลความพึงพอใจต่อวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นกับโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไป เพื่อพยากรณ์ความเป็นไปได้ในการนำวิธีการดังกล่าวไปใช้งานจริง

6.3 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยมีดังนี้

1. วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ มีขั้นตอนในการพิจารณาทั้งหมด 3 ขั้นตอนหลัก และในแต่ละขั้นตอนนั้นมีรายละเอียดปลีกย่อย ซึ่งการนำไปประยุกต์ใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไปนั้นจะต้องอาศัยการพิจารณาร่วมกันเป็นทีม และอาจจะไม่จำเป็นต้องดำเนินการตามวิธีการที่พัฒนาขึ้นในทุกๆขั้นตอน โดยควรเลือกดำเนินการในขั้นตอนที่มีความสำคัญต่อการนำไปประยุกต์ใช้งาน ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตภัณฑ์ และความพร้อมของแต่ละโรงงาน

2. วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ มีการดำเนินการที่มีรายละเอียดปลีกย่อยหลายขั้นตอน ซึ่งอาจจะต้องอาศัยเวลาค่อนข้างมากในการพิจารณา ในการนำไปประยุกต์ใช้อาจจะต้องมีการพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อแสดงแนวทางที่เหมาะสม (Optimal Solution) ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ นอกเหนือจากการใช้ซอฟต์แวร์ในการคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการ ซึ่งจะช่วยให้เกิดความสะดวกและรวดเร็วในการดำเนินการมากยิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตามควรที่จะอาศัยการตัดสินใจจากทีมปรับปรุงคุณภาพร่วมด้วย

3. ในส่วนของการพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคของพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (FPP) งานวิจัยนี้ได้เสนอเกณฑ์ในการพิจารณาไว้สำหรับโรงงานที่ยังไม่มีเกณฑ์พิจารณาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ชัดเจน ซึ่งในกรณีที่โรงงานใดมีเกณฑ์พิจารณาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เป็นมาตรฐานภายในแล้ว ก็สามารถใช้เกณฑ์นั้นๆในการพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคของ FPP ได้

4. สมการต้นทุนและความสูญเสียต่อหน่วยที่เสนอไว้ในงานวิจัยนี้ อาจจะไม่สอดคล้องกับการคำนวณต้นทุนต่อหน่วยของทุกโรงงาน ดังนั้นในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการ ต้องมีการปรับการคำนวณต้นทุนต่อหน่วยให้สอดคล้องตามองค์ประกอบค่าใช้จ่ายของโรงงานนั้นๆ

5. สมการต้นทุนและความสูญเสีย (สมการหลัก) ที่เสนอไว้ในงานวิจัยนี้ ได้พัฒนาขึ้นจากการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงนับได้ (Attribute Sampling Plans) แต่จะอาศัยการประมาณโอกาสในการยอมรับรุ่น (Pa) และการประมาณสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องของรุ่น (p) ที่แตกต่างไปจากการใช้แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงผันแปร โดยสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องของรุ่นจากการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงนับ สามารถประมาณได้จากจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่พบจากการสุ่มตัวอย่าง (d) เทียบกับขนาดสิ่งตัวอย่าง (n) หรือ $p = \frac{d}{n}$ (Montgomery, 2005)

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

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

กัลยา วานิชย์บัญชา. การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2553.

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. หลักการการควบคุมคุณภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2550.

จามร หรูจิตตวิวัฒน์. การศึกษาผลกระทบของค่าพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิตที่มีต่อต้นทุนรวมและคุณภาพของสบู่ก้อน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554.

ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย .การควบคุมคุณภาพ (Quality Control). เอกสารประกอบคำสอน. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554. (อัดสำเนา)

ดนุชา คุณพนิจกิจ. การวิเคราะห์ต้นทุน. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.

นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ. การควบคุมคุณภาพ (Quality Control). กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553. (อัดสำเนา)

บุญชม ศรีสะอาด. การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น, 2554.

ประภาศักดิ์ จิรเศรษฐพงศ์. การพัฒนาคู่มือแนวทางสำหรับการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานอย่างมีประสิทธิผลในโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.

ศิรินทรา ทันอินทรอาจ และ นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ. การพัฒนาแนวทางสำหรับการจัดลำดับความสำคัญของพารามิเตอร์ ในการใช้แผนภูมิควบคุม. นิตยสาร For Quality Management 177 (2555): 26-29.

สุภารัตน์ ธาราสายทอง. การพัฒนาสูตรการคำนวณต้นทุนคุณภาพและการปรับปรุงต้นทุนคุณภาพ สำหรับอุตสาหกรรมพลาสติกประเภทฉีด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.

เสริมสุข แซ่ตั้ง. การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่องประเภทที่ 1 ในการทดสอบคุณภาพทางไฟฟ้าสำหรับหัวอ่าน HSA เพื่อให้ได้ต้นทุนคุณภาพต่ำสุด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

ภาษาอังกฤษ

Association Connecting Electronics Industries (IPC). ANSI/PC-9191: General guidelines for implementation of Statistical Process Control (SPC). IIlinois: Association Connecting Electronics Industries (IPC), 1999.

Chen, H. T. and Chen, K. S. Advanced multi-process performance analysis chart for an entire product with joint confidence regions. International Journal of Production Research 45: 9 (2007): 2141-2159.

Chen, K. S.; Haung, M. L. and Li, R. K. Process capability analysis for an entire product. International Journal of Production Research 39: 17 (2001): 4077-4087.

Chen, K. S. and Pearn, W. L. Capability indices for processes with asymmetric tolerances. Journal of the Chinese Institute of Engineers 24: 5 (2001): 559–568.

Chen, K. S.; Yu, K. T. and Sheu, S. H. Process capability monitoring chart with an application in the silicon-filler manufacturing process. International Journal of Production Economic 103 (2006): 565-571.

Davis, F. D.; Bagozzi, R. P. and Warshaw, P. R. User Acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. Management Science 35: 8 (1989): 982-1003.

George, D. and Mallery, P. SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference. 4th ed. Boston: Allyn & Bacon, 2003.

Grau, D. New Capability Indices for Non Normal Processes. Communications in Statistics-Theory and Methods 39: 16 (2010): 2913-2929.

Kane, V. E. Process capability indices. Journal of Quality Technology 18 (1986): 41-52.

Kline, P. The handbook of psychological testing. 2nd ed. London: Routledge, 1999.

Montgomery, D. C. Introduction to statistical process control. 5th ed. USA: John Wiley & Son, 2005.

Pearn, W. L.; Chang, Y.C. and Wu, C. W. Multi-process performance analysis chart based on process loss indices. International Journal of Systems Science 37: 7 (2006): 429-435.

Rojanarowan, N. and Jirasettapong, P. Prioritizing Processes and Selecting Parameters for Control Charts Implementation. Advanced Science Letters 14: 1 (2012): 310 - 315.

Singhal, S. C. Multi-process performance analysis chart (MPPAC) with capability zones. Quality Engineering 4 (1991): 75-81.

Sirikhumhom, S. and Rojanarowan, N. Development of Cost-Based Acceptance Sampling Plans for Multi-Stage Inspection Processes. International Conference of Business and Industrial Research, 2010.

Taguchi, G. Taguchi Methods Design of Experiments. vol. 4. Quality Engineering Series. USA: American Supplier Institute, 1993.

Wu, C. W.; Aslam, M. and Jun, C. H. Variables sampling inspection scheme for resubmitted lot based on the process capability index C_{pk}. European Journal of Operational Research 217 (2012): 560-566.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ตารางสำหรับการใช้งานแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9

ตารางที่ ก.1 อักษรรหัสสำหรับมาตรฐาน ANSI/ASQ Z1.9 (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550: 646)

ขนาดรุ่น (N)	**อักษรรหัส** (Code letter)				
	พิเศษ		**ทั่วไป**		
	S3	S4	I	II	III
2 – 8	B	B	B	B	C
9 – 15	B	B	B	B	D
16 – 25	B	B	B	C	E
26 – 50	B	B	C	D	F
51 – 90	B	B	D	E	G
91 – 150	B	C	E	F	H
151 – 280	B	D	F	G	I
281 – 500	C	E	G	H	J
501 – 1,200	C	E	G	I	J
1,201 – 3,200	E	G	I	K	L
3,201 – 10,000	F	H	J	L	M
10,001 – 35,000	G	I	K	M	N
35,001 – 150,000	H	J	L	N	P
150,001 – 500,000	H	K	M	P	P
มากกว่า 500,000	H	K	N	P	P

ตารางที่ ก.2 แผนการชักสิ่งตัวอย่างแบบปกติและเคร่งครัด (From II: วิธีการ M) โดยวิธีความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550: 655)

CL	n	AQL (แผนการแบบปกติ)											
		T	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.00	1.50	2.50	4.00	6.50	10.00
		M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	7.59	18.86	26.94	33.69
C	4							1.49	5.46	10.88	16.41	22.84	29.43
D	5	↓	↓	↓	↓	0.041	1.34	3.33	5.82	9.80	14.37	20.19	26.55
E	7		0.005	0.087	0.421	1.05	2.13	3.54	5.34	8.40	12.19	17.34	23.30
F	10	0.077	0.179	0.349	0.714	1.27	2.14	3.27	4.72	7.26	10.53	15.17	20.73
G	15	0.186	0.311	0.491	0.839	1.33	2.09	3.06	4.32	6.55	9.48	13.74	18.97
H	20	0.228	0.356	0.531	0.864	1.33	2.03	2.93	4.10	6.18	8.95	13.01	18.07
I	25	0.250	0.378	0.551	0.874	1.32	2.00	2.86	3.97	5.98	8.65	12.60	17.55
J	35	0.253	0.373	0.534	0.833	1.24	1.87	2.66	3.70	5.58	8.11	11.89	16.67
K	50	0.243	0.355	0.503	0.778	1.16	1.73	2.47	3.44	5.21	7.61	11.23	15.87
L	75	0.225	0.326	0.461	0.711	1.06	1.59	2.27	3.17	4.83	7.10	10.58	15.07
M	100	0.218	0.315	0.444	0.684	1.02	1.52	2.18	3.06	4.67	6.88	10.29	14.71
N	150	0.202	0.292	0.412	0.636	0.946	1.42	2.05	2.88	4.42	6.56	9.86	14.18
P	200	0.204	0.294	0.414	0.637	0.945	1.42	2.04	2.86	4.39	6.52	9.80	14.11
		0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.00	1.50	2.50	4.00	6.50	10.00	
		AQL (แผนการแบบเคร่งครัด)											

สำหรับกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว และขีดจำกัดกำหนดสองด้าน

CL: อักษรรหัส (Code letter)

n: ขนาดสิ่งตัวอย่าง

ค่า AQL อยู่ในรูปร้อยละของผลิตภัณฑ์บกพร่อง

T: แผนการแบบเคร่งครัด

↓ ให้ใช้แผนการแรกใต้ลูกศรทั้งขนาดสิ่งตัวอย่าง (n) และค่า M ถ้าขนาดสิ่งตัวอย่างเกินหรือเท่ากับขนาดของรุ่น (N) ให้ทำการตรวจสอบทุกชิ้น

ตารางที่ ก.3 แผนการชักสิ่งตัวอย่างแบบผ่อนคลาย (From II: วิธีการ M) โดยวิธีความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550: 656)

CL	n	AQL (แผนการแบบผ่อนคลาย)										
		0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.00	1.50	2.50	4.00	6.50	10.00
		M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	7.59	18.86	26.94	33.69	40.47
C	3							7.59	18.86	26.94	33.69	40.47
D	3							7.59	18.86	26.94	33.69	40.47
E	3					↓	↓	7.59	18.86	26.94	33.69	40.47
F	4			↓	↓	1.49	5.46	10.88	16.41	22.84	29.43	36.79
G	5	↓	↓	0.041	1.34	3.33	5.82	9.80	14.37	20.19	26.55	33.94
H	7	0.087	0.421	1.06	2.13	3.54	5.34	8.40	12.19	17.34	23.30	30.50
I	10	0.349	0.714	1.27	2.14	3.27	4.72	7.26	10.53	15.17	20.73	27.65
J	15	0.491	0.839	1.33	2.09	3.06	4.32	6.55	9.48	13.74	18.97	25.63
K	20	0.531	0.864	1.33	2.03	2.93	4.10	6.18	8.95	13.01	18.07	24.58
L	25	0.551	0.874	1.32	2.00	2.86	3.97	5.98	8.65	12.60	17.55	23.97
M	30	0.567	0.885	1.32	1.98	2.82	3.91	5.87	8.48	12.37	17.25	23.61
N	50	0.503	0.778	1.16	1.73	2.47	3.44	5.21	7.61	11.23	15.87	21.99
P	75	0.461	0.711	1.06	1.59	2.27	3.17	4.83	7.10	10.58	15.07	21.05

สำหรับกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว และขีดจำกัดกำหนดสองด้าน

CL: อักษรรหัส (Code letter)

n: ขนาดสิ่งตัวอย่าง

ค่า AQL อยู่ในรูปร้อยละของผลิตภัณฑ์บกพร่อง

↓ ให้ใช้แผนการแรกใต้ลูกศรทั้งขนาดสิ่งตัวอย่าง (n) และค่า M ถ้าขนาดสิ่งตัวอย่างเกินหรือเท่ากับขนาดของรุ่น (N) ให้ทำการตรวจสอบทุกชิ้น

ตารางที่ ก.4 ค่าประมาณร้อยละของผลิตภัณฑ์บกพร่องในรุ่น (วิธีการ SD) (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550: 658-666)

Q_U or Q_L	ขนาดสิ่งตัวอย่าง														
	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	50	75	100	150	200
0	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
.1	47.24	46.67	46.44	46.26	46.16	46.10	46.08	46.06	46.05	46.05	46.04	46.03	46.03	46.02	46.02
.2	44.46	43.33	42.90	42.54	42.35	42.24	42.19	42.16	42.15	42.13	42.11	42.10	42.09	42.09	42.08
.3	41.63	40.00	39.37	38.87	38.60	38.44	38.37	38.33	38.31	38.29	38.27	38.25	38.24	38.23	38.22
.31	41.35	39.67	39.02	38.50	38.23	38.06	37.99	37.95	37.93	37.91	37.89	37.87	37.86	37.85	37.84
.32	41.06	39.33	38.67	38.14	37.86	37.69	37.62	37.58	37.55	37.54	37.51	37.49	37.48	37.47	37.46
.33	40.77	39.00	38.32	37.78	37.49	37.31	37.24	37.20	37.18	37.16	37.13	37.11	37.10	37.09	37.08
.34	40.49	38.67	37.97	37.42	37.12	36.94	36.87	36.83	36.80	36.78	36.75	36.73	36.72	36.71	36.71
.35	40.20	38.33	37.62	37.06	36.75	36.57	36.49	36.45	36.43	36.41	36.38	36.36	36.35	36.34	36.33
.36	39.91	38.00	37.28	36.69	36.38	36.20	36.12	36.08	36.05	36.04	36.01	35.98	35.97	35.96	35.96
.37	39.62	37.67	36.93	36.33	36.02	35.83	35.75	35.71	35.68	35.66	35.63	35.61	35.60	35.59	35.58
.38	39.33	37.33	36.58	35.98	35.65	35.46	35.38	35.34	35.31	35.29	35.26	35.24	35.23	35.22	35.21
.39	39.03	37.00	36.23	35.62	35.29	35.10	35.02	34.97	34.94	34.93	34.89	34.87	34.86	34.85	34.84
.40	38.74	36.67	35.88	35.26	34.93	34.73	34.65	34.60	34.58	34.56	34.53	34.50	34.49	34.48	34.47
.41	38.45	36.33	35.54	34.90	34.57	34.37	34.28	34.24	34.21	34.19	34.16	34.13	34.12	34.11	34.11
.42	38.15	36.00	35.19	34.55	34.21	34.00	33.92	33.87	33.85	33.83	33.79	33.77	33.76	33.75	33.74
.43	37.85	35.67	34.85	34.19	33.85	33.64	33.56	33.51	33.48	33.46	33.43	33.40	33.39	33.38	33.38
.44	37.56	35.33	34.50	33.84	33.49	33.28	33.20	33.15	33.12	33.10	33.07	33.04	33.03	33.02	33.01
.45	37.26	35.00	34.16	33.49	33.13	32.92	32.84	32.79	32.76	32.74	32.71	32.68	32.67	32.66	32.65
.46	36.96	34.67	33.81	33.13	32.78	32.57	32.48	32.43	32.40	32.38	32.35	32.32	32.31	32.30	32.29
.47	36.66	34.33	33.47	32.78	32.42	32.21	32.12	32.07	32.04	32.02	31.99	31.96	31.95	31.94	31.93
.48	36.35	34.00	33.12	32.43	32.07	31.85	31.77	31.72	31.69	31.67	31.63	31.61	31.60	31.58	31.58
.49	36.05	33.67	32.78	32.08	31.72	31.50	31.41	31.36	31.33	31.31	31.28	31.25	31.24	31.23	31.22
.50	35.75	33.33	32.44	31.74	31.37	31.15	31.06	31.01	30.98	30.96	30.93	30.90	30.89	30.88	30.87
.51	35.44	33.00	32.10	31.39	31.02	30.80	30.71	30.66	30.63	30.61	30.57	30.55	30.54	30.53	30.52
.52	35.13	32.67	31.76	31.04	30.67	30.45	30.36	30.31	30.28	30.26	30.23	30.20	30.19	30.18	30.17
.53	34.82	32.33	31.42	30.70	30.32	30.10	30.01	29.96	29.93	29.91	29.88	29.85	29.84	29.83	29.82
.54	34.51	32.00	31.08	30.36	29.98	29.76	29.67	29.62	29.59	29.57	29.53	29.51	29.49	29.48	29.48
.55	34.20	31.67	30.74	30.01	29.64	29.41	29.32	29.27	29.24	29.22	29.19	29.16	29.15	29.14	29.13
.56	33.88	31.33	30.40	29.67	29.29	29.07	28.98	28.93	28.90	28.88	28.85	28.82	28.81	28.80	28.79
.57	33.57	31.00	30.06	29.33	28.95	28.73	28.64	28.59	28.56	28.54	28.51	28.48	28.47	28.46	28.45
.58	33.25	30.67	29.73	28.99	28.61	28.39	28.30	28.25	28.22	28.20	28.17	28.14	28.13	28.12	28.11
.59	32.93	30.33	29.39	28.66	28.28	28.05	27.96	27.92	27.89	27.87	27.83	27.81	27.79	27.78	27.78
.60	32.61	30.00	29.05	28.32	27.94	27.72	27.63	27.58	27.55	27.53	27.50	27.47	27.46	27.45	27.44
.61	32.28	29.67	28.72	27.98	27.60	27.39	27.30	27.25	27.22	27.20	27.16	27.14	27.13	27.11	27.11
.62	31.96	29.33	28.39	27.65	27.27	27.05	26.96	26.92	26.89	26.87	26.83	26.81	26.80	26.78	26.78
.63	31.63	29.00	28.05	27.32	26.94	26.72	26.63	26.59	26.56	26.54	26.50	26.48	26.47	26.46	26.45
.64	31.30	28.67	27.72	26.99	26.61	26.39	26.31	26.26	26.23	26.21	26.18	26.15	26.14	26.13	26.12
.65	30.97	28.33	27.39	26.66	26.28	26.07	25.98	25.93	25.90	25.88	25.85	25.83	25.82	25.81	25.80
.66	30.63	28.00	27.06	26.33	25.96	25.74	25.66	25.61	25.58	25.56	25.53	25.51	25.49	25.48	25.48
.67	30.30	27.67	26.73	26.00	25.63	25.42	25.33	25.29	25.26	25.24	25.21	25.19	25.17	25.16	25.16
.68	29.96	27.33	26.40	25.68	25.31	25.10	25.01	24.97	24.94	24.92	24.89	24.87	24.86	24.85	24.84
.69	29.61	27.00	26.07	25.35	24.99	24.78	24.70	24.65	24.62	24.60	24.57	24.55	24.54	24.53	24.52

ตารางที่ ก 4 (ต่อ) ค่าประมาณร้อยละของผลิตภัณฑ์บกพร่องในรุ่น (วิธีการ SD) (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550: 658-666)

Q_U or Q_L	ขนาดสิ่งตัวอย่าง														
	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	50	75	100	150	200
.70	29.27	26.67	25.74	25.03	24.67	24.46	24.38	24.33	24.31	24.29	24.26	24.24	24.23	24.22	24.21
.71	28.92	26.33	25.41	24.71	24.35	24.15	24.06	24.02	23.99	23.98	23.95	23.92	23.91	23.90	23.90
.72	28.57	26.00	25.09	24.39	24.03	23.83	23.75	23.71	23.68	23.67	23.64	23.61	23.60	23.59	23.59
.73	28.22	25.67	24.76	24.07	23.72	23.52	23.44	23.40	23.37	23.36	23.33	23.31	23.30	23.29	23.28
.74	27.86	25.33	24.44	23.75	23.41	23.21	23.13	23.09	23.07	23.05	23.02	23.00	22.99	22.98	22.98
.75	27.50	25.00	24.11	23.44	23.10	22.90	22.83	22.79	22.76	22.75	22.72	22.70	22.69	22.68	22.68
.76	27.13	24.67	23.79	23.12	22.79	22.60	22.52	22.48	22.46	22.44	22.42	22.40	22.39	22.38	22.38
.77	26.76	24.33	23.47	22.81	22.48	22.30	22.22	22.18	22.16	22.14	22.12	22.10	22.09	22.08	22.08
.78	26.39	24.00	23.15	22.50	22.18	21.99	21.92	21.89	21.86	21.85	21.82	21.80	21.78	21.79	21.78
.79	26.02	23.67	22.83	22.19	21.87	21.70	21.63	21.59	21.57	21.55	21.53	21.51	21.50	21.49	21.49
.80	25.64	23.33	22.51	21.88	21.57	21.40	21.33	21.29	21.27	21.26	21.23	21.22	21.21	21.20	21.20
.81	25.25	23.00	22.19	21.58	21.27	21.10	21.04	21.00	20.98	20.97	20.94	20.93	20.92	20.91	20.91
.82	24.86	22.67	21.87	21.27	20.98	20.81	20.75	20.71	20.69	20.68	20.65	20.64	20.63	20.62	20.62
.83	24.47	22.33	21.56	29.97	29.68	20.52	20.46	20.42	20.40	20.39	20.37	20.35	20.35	20.34	20.34
.84	24.07	22.00	21.24	20.67	20.39	20.23	20.17	20.14	20.12	20.11	20.09	20.07	20.06	20.06	20.05
.85	23.67	21.67	20.93	20.37	20.10	19.94	19.89	19.86	19.84	19.82	19.80	19.79	19.78	19.78	19.77
.86	23.26	21.33	20.62	20.07	19.81	19.66	19.60	19.57	19.56	19.54	19.53	19.51	19.51	19.50	19.50
.87	22.84	21.00	20.31	19.78	19.52	19.38	19.32	19.30	19.28	19.27	19.25	19.24	19.23	19.23	19.22
.88	22.42	20.67	20.00	19.48	19.23	19.10	19.05	19.02	19.00	18.99	18.98	18.96	18.96	18.95	18.95
.89	21.99	20.33	19.69	19.19	18.95	18.82	18.77	18.74	18.73	18.72	18.70	18.69	18.69	18.68	18.68
.90	21.55	20.00	19.38	18.90	18.67	18.54	18.50	18.47	18.46	18.45	18.43	18.42	18.42	18.41	18.41
.91	21.11	19.67	19.07	18.61	18.39	18.27	18.23	18.20	18.19	18.18	18.17	18.16	18.15	18.15	18.15
.92	20.66	19.33	18.77	18.33	18.11	18.00	17.96	17.94	17.92	17.92	17.90	17.89	17.89	17.89	17.88
.93	20.19	19.00	18.46	18.04	17.84	17.73	17.69	17.67	17.66	17.65	17.64	17.63	17.63	17.62	17.62
.94	19.73	18.67	18.16	17.76	17.56	17.46	17.43	17.41	17.40	17.39	17.38	17.37	17.37	17.37	17.36
.95	19.25	18.33	17.86	17.48	17.29	17.20	17.17	17.16	17.14	17.13	17.12	17.12	17.11	17.11	17.11
.96	18.75	18.00	17.55	17.20	17.03	16.94	16.90	16.89	16.88	16.88	16.87	16.86	16.86	16.86	16.86
.97	18.25	17.67	17.25	16.92	16.76	16.68	16.65	16.63	16.62	16.62	16.61	16.61	16.61	16.61	16.60
.98	17.74	17.33	16.96	16.65	16.49	16.42	16.39	16.38	16.37	16.37	16.36	16.36	16.36	16.36	16.36
.99	17.21	17.00	16.66	16.37	16.23	16.16	16.14	16.13	16.12	16.12	16.12	16.11	16.11	16.11	16.11
1.00	16.67	16.67	16.36	16.10	15.97	15.91	15.89	15.88	15.88	15.87	15.87	15.87	15.87	15.87	15.87
1.01	16.11	16.33	16.07	15.83	15.72	15.66	15.64	15.63	15.63	15.63	15.63	15.62	15.62	15.62	15.62
1.02	15.53	16.00	15.78	15.56	15.46	15.41	15.40	15.39	15.39	15.38	15.38	15.38	15.38	15.39	15.39
1.03	14.93	15.67	15.48	15.30	15.21	15.17	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15
1.04	14.31	15.33	15.19	15.03	14.96	14.92	14.91	14.91	14.91	14.91	14.91	14.91	14.91	14.91	14.91
1.05	13.66	15.00	14.91	14.77	14.71	14.68	14.67	14.67	14.67	14.67	14.68	14.68	14.68	14.68	14.68
1.06	12.98	14.67	14.62	14.51	14.46	14.44	14.44	14.44	14.44	14.44	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45
1.07	12.27	14.33	14.33	14.26	14.22	14.20	14.20	14.21	14.21	14.21	14.22	14.22	14.22	14.23	14.22
1.08	11.51	14.00	14.05	14.00	13.97	13.97	13.97	13.98	13.98	13.98	13.99	13.99	14.00	14.00	14.00
1.09	10.71	13.67	13.76	13.75	13.73	13.74	13.74	13.75	13.75	13.76	13.77	13.77	13.77	13.78	13.78

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ค่าประมาณร้อยละของผลิตภัณฑ์บกพร่องในรุ่น (วิธีการ SD) (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550: 658-666)

Q_U or Q_L	ขนาดสิ่งตัวอย่าง														
	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	50	75	100	150	200
1.10	9.84	13.33	13.48	13.49	13.50	13.51	13.52	13.52	13.53	13.54	13.54	13.55	13.55	13.56	13.56
1.11	8.89	13.00	13.20	13.25	13.26	13.28	13.29	13.30	13.31	13.31	13.32	13.33	13.34	13.34	13.34
1.12	7.82	12.67	12.93	13.00	13.03	13.05	13.07	13.08	13.09	13.10	13.11	13.12	13.12	13.13	13.13
1.13	6.60	12.33	12.65	12.75	12.80	12.83	12.85	12.86	12.87	12.88	12.89	12.90	12.91	12.91	12.92
1.14	5.08	12.00	12.37	12.51	12.57	12.61	12.63	12.65	12.66	12.67	12.68	12.69	12.70	12.70	12.71
1.15	2.87	11.67	12.10	12.27	12.34	12.39	12.42	12.44	12.45	12.46	12.47	12.48	12.49	12.49	12.50
1.16	0.00	11.33	11.83	12.03	12.12	12.18	12.21	12.22	12.24	12.25	12.26	12.28	12.28	12.29	12.29
1.17	0.00	11.00	11.56	11.79	11.90	11.96	12.00	12.02	12.03	12.04	12.06	12.07	12.08	12.09	12.09
1.18	0.00	10.67	11.29	11.56	11.68	11.75	11.79	11.81	11.82	11.84	11.85	11.87	11.88	11.88	11.89
1.19	0.00	10.33	11.02	11.33	11.46	11.54	11.58	11.61	11.62	11.63	11.65	11.67	11.68	11.69	11.69
1.20	0.00	10.00	10.76	11.10	11.24	11.34	11.38	11.41	11.42	11.43	11.46	11.47	11.48	11.49	11.49
1.21	0.00	9.67	10.50	10.87	11.03	11.13	11.18	11.21	11.22	11.24	11.26	11.28	11.29	11.30	11.30
1.22	0.00	9.33	10.23	10.65	10.82	10.93	10.98	11.01	11.03	11.04	11.07	11.09	11.09	11.10	11.11
1.23	0.00	9.00	9.97	10.42	10.61	10.73	10.78	10.81	10.84	10.85	10.88	10.90	10.91	10.92	10.92
1.24	0.00	8.67	9.72	10.20	10.41	10.53	10.59	10.62	10.64	10.66	10.69	10.71	10.72	10.73	10.73
1.25	0.00	8.33	9.46	9.98	10.21	10.34	10.40	10.43	10.46	10.47	10.50	10.52	10.53	10.54	10.55
1.26	0.00	8.00	9.21	9.77	10.00	10.15	10.21	10.25	10.27	10.29	10.32	10.34	10.35	10.36	10.37
1.27	0.00	7.67	8.96	9.55	9.81	9.96	10.02	10.06	10.09	10.10	10.13	10.16	10.17	10.18	10.19
1.28	0.00	7.33	8.71	9.34	9.61	9.77	9.84	9.88	9.90	9.92	9.95	9.98	9.99	10.00	10.01
1.29	0.00	7.00	8.46	9.13	9.42	9.58	9.66	9.70	9.72	9.74	9.78	9.80	9.82	9.83	9.83
1.30	0.00	6.67	8.21	8.93	9.22	9.40	9.48	9.52	9.55	9.57	9.60	9.63	9.64	9.65	9.66
1.31	0.00	6.33	7.97	8.72	9.03	9.22	9.30	9.34	9.37	9.39	9.43	9.46	9.47	9.48	9.49
1.32	0.00	6.00	7.73	8.52	8.85	9.04	9.12	9.17	9.20	9.22	9.26	9.29	9.30	9.31	9.32
1.33	0.00	5.67	7.49	8.32	8.66	8.86	8.95	9.00	9.03	9.05	9.09	9.12	9.13	9.15	9.15
1.34	0.00	5.33	7.25	8.12	8.48	8.69	8.78	8.83	8.86	8.88	8.92	8.95	8.97	8.98	8.99
1.35	0.00	5.00	7.02	7.92	8.30	8.52	8.61	8.66	8.69	8.72	8.76	8.79	8.81	8.82	8.83
1.36	0.00	4.67	6.79	7.73	8.12	8.35	8.44	8.50	8.53	8.55	8.60	8.63	8.65	8.66	8.67
1.37	0.00	4.33	6.56	7.54	7.95	8.18	8.28	8.33	8.37	8.39	8.44	8.47	8.49	8.50	8.51
1.38	0.00	4.00	6.33	7.35	7.77	8.01	8.12	8.17	8.21	8.24	8.28	8.31	8.33	8.35	8.36
1.39	0.00	3.67	6.10	7.17	7.60	7.85	7.96	8.01	8.05	8.08	8.12	8.16	8.18	8.19	8.20
1.40	0.00	3.33	5.88	6.98	7.44	7.69	7.80	7.86	7.90	7.92	7.97	8.01	8.02	8.04	8.05
1.41	0.00	3.00	5.66	6.80	7.27	7.53	7.64	7.70	7.74	7.77	7.82	7.86	7.87	7.89	7.90
1.42	0.00	2.67	5.44	6.62	7.10	7.37	7.49	7.55	7.59	7.62	7.67	7.71	7.73	7.74	7.75
1.43	0.00	2.33	5.23	6.45	6.94	7.22	7.34	7.40	7.44	7.47	7.52	7.56	7.58	7.60	7.61
1.44	0.00	2.00	5.02	6.27	6.78	7.07	7.19	7.26	7.30	7.33	7.38	7.42	7.44	7.46	7.47
1.45	0.00	1.67	4.81	6.10	6.63	6.92	7.04	7.11	7.15	7.18	7.24	7.28	7.30	7.32	7.32
1.46	0.00	1.33	4.60	5.93	6.47	6.77	6.90	6.97	7.01	7.04	7.10	7.14	7.16	7.18	7.19
1.47	0.00	1.00	4.39	5.77	6.32	6.63	6.75	6.83	6.87	6.90	6.96	7.00	7.02	7.04	7.05
1.48	0.00	0.67	4.19	5.60	6.17	6.48	6.61	6.69	6.73	6.77	6.82	6.86	6.88	6.90	6.91
1.49	0.00	0.33	3.99	5.44	6.02	6.34	6.48	6.55	6.60	6.63	6.69	6.73	6.75	6.77	6.78

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ค่าประมาณร้อยละของผลิตภัณฑ์บกพร่องในรุ่น (วิธีการ SD) (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550: 658-666)

Q_U or Q_L	ขนาดสิ่งตัวอย่าง														
	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	50	75	100	150	200
1.50	0.00	0.00	3.80	5.28	5.87	6.20	6.34	6.41	6.46	6.50	6.55	6.60	6.62	6.64	6.65
1.51	0.00	0.00	3.61	5.13	5.73	6.06	6.20	6.28	6.33	6.36	6.42	6.47	6.49	6.51	6.52
1.52	0.00	0.00	3.42	4.97	5.59	5.93	6.07	6.15	6.20	6.23	6.29	6.34	6.36	6.38	6.39
1.53	0.00	0.00	3.23	4.82	5.45	5.80	5.94	6.02	6.07	6.11	6.17	6.21	6.24	6.26	6.27
1.54	0.00	0.00	3.05	4.67	5.31	5.67	5.81	5.89	5.95	5.98	6.04	6.09	6.11	6.13	6.15
1.55	0.00	0.00	2.87	4.52	5.18	5.54	5.69	5.77	5.82	5.86	5.92	5.97	5.99	6.01	6.02
1.56	0.00	0.00	2.69	4.38	5.05	5.41	5.56	5.65	5.70	5.74	5.80	5.85	5.87	5.89	5.90
1.57	0.00	0.00	2.52	4.24	4.92	5.29	5.44	5.53	5.58	5.62	5.68	5.73	5.75	5.78	5.79
1.58	0.00	0.00	2.35	4.10	4.79	5.16	5.32	5.41	5.46	5.50	5.56	5.61	5.64	5.66	5.67
1.59	0.00	0.00	2.19	3.96	4.66	5.04	5.20	5.29	5.34	5.38	5.45	5.50	5.52	5.55	5.56
1.60	0.00	0.00	2.03	3.83	4.54	4.92	5.08	5.17	5.23	5.27	5.33	5.38	5.41	5.43	5.44
1.61	0.00	0.00	1.87	3.69	4.41	4.81	4.97	5.06	5.12	5.16	5.22	5.27	5.30	5.32	5.33
1.62	0.00	0.00	1.72	3.57	4.30	4.69	4.86	4.95	5.01	5.04	5.11	5.16	5.19	5.21	5.23
1.63	0.00	0.00	1.57	3.44	4.18	4.58	4.75	4.84	4.90	4.94	5.01	5.06	5.08	5.11	5.12
1.64	0.00	0.00	1.42	3.31	4.06	4.47	4.64	4.73	4.79	4.83	4.90	4.95	4.98	5.00	5.01
1.65	0.00	0.00	1.28	3.19	3.95	4.36	4.53	4.62	4.68	4.72	4.79	4.85	4.87	4.90	4.91
1.66	0.00	0.00	1.15	3.07	3.84	4.25	4.43	4.52	4.58	4.62	4.69	4.74	4.77	4.80	4.81
1.67	0.00	0.00	1.02	2.95	3.73	4.15	4.32	4.42	4.48	4.52	4.59	4.64	4.67	4.70	4.71
1.68	0.00	0.00	0.89	2.84	3.62	4.05	4.22	4.32	4.38	4.42	4.49	4.55	4.57	4.60	4.61
1.69	0.00	0.00	0.77	2.73	3.52	3.94	4.12	4.22	4.28	4.32	4.39	4.45	4.47	4.50	4.51
1.70	0.00	0.00	0.66	2.62	3.41	3.84	4.02	4.12	4.18	4.22	4.30	4.35	4.38	4.41	4.42
1.71	0.00	0.00	0.55	2.51	3.31	3.75	3.93	4.02	4.09	4.13	4.20	4.26	4.29	4.31	4.32
1.72	0.00	0.00	0.45	2.41	3.21	3.65	3.83	3.93	3.99	4.04	4.11	4.17	4.19	4.22	4.23
1.73	0.00	0.00	0.36	2.30	3.11	3.56	3.74	3.84	3.90	3.94	4.02	4.08	4.10	4.13	4.14
1.74	0.00	0.00	0.27	2.20	3.02	3.46	3.65	3.75	3.81	3.85	3.93	3.99	4.01	4.04	4.05
1.75	0.00	0.00	0.19	2.11	2.93	3.37	3.56	3.66	3.72	3.77	3.84	3.90	3.93	3.95	3.97
1.76	0.00	0.00	0.12	2.01	2.83	3.28	3.47	3.57	3.63	3.68	3.76	3.81	3.84	3.87	3.88
1.77	0.00	0.00	0.06	1.92	2.74	3.20	3.38	3.48	3.55	3.59	3.67	3.73	3.76	3.78	3.80
1.78	0.00	0.00	0.02	1.83	2.66	3.11	3.30	3.40	3.47	3.51	3.59	3.64	3.67	3.70	3.71
1.79	0.00	0.00	0.00	1.74	2.57	3.03	3.21	3.32	3.38	3.43	3.51	3.56	3.59	3.62	3.63
1.80	0.00	0.00	0.00	1.65	2.49	2.94	3.13	3.24	3.30	3.35	3.43	3.48	3.51	3.54	3.55
1.81	0.00	0.00	0.00	1.57	2.40	2.86	3.05	31.6	3.22	3.27	3.35	3.40	3.43	3.46	3.47
1.82	0.00	0.00	0.00	1.49	2.32	2.79	2.98	3.08	3.15	3.19	3.27	3.33	3.36	3.38	3.40
1.83	0.00	0.00	0.00	1.41	2.25	2.71	2.90	3.00	3.07	3.11	3.19	3.25	3.28	3.31	3.32
1.84	0.00	0.00	0.00	1.34	2.17	2.63	2.82	2.93	2.99	3.04	3.12	3.18	3.21	3.23	3.25
1.85	0.00	0.00	0.00	1.26	2.09	2.56	2.75	2.85	2.92	2.97	3.05	3.10	3.13	3.16	3.17
1.86	0.00	0.00	0.00	1.19	2.02	2.48	2.68	2.78	2.85	2.89	2.97	3.03	3.06	3.09	3.10
1.87	0.00	0.00	0.00	1.12	1.95	2.41	2.61	2.71	2.78	2.82	2.90	2.96	2.99	3.02	3.03
1.88	0.00	0.00	0.00	1.06	1.88	2.34	2.54	2.64	2.71	2.75	2.83	2.89	2.92	2.95	2.96
1.89	0.00	0.00	0.00	0.99	1.81	2.28	2.47	2.57	2.64	2.69	2.77	2.83	2.85	2.88	2.90

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ค่าประมาณร้อยละของผลิตภัณฑ์บกพร่องในรุ่น (วิธีการ SD) (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550: 658-666)

Q_U or Q_L	ขนาดสิ่งตัวอย่าง														
	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	50	75	100	150	200
1.90	0.00	0.00	0.00	0.93	1.75	2.21	2.40	2.51	2.57	2.62	2.70	2.76	2.79	2.82	2.83
1.91	0.00	0.00	0.00	0.87	1.68	2.14	2.34	2.44	2.51	2.56	2.63	2.69	2.72	2.75	2.77
1.92	0.00	0.00	0.00	0.81	1.62	2.08	2.27	2.38	2.45	2.49	2.57	2.63	2.66	2.69	2.70
1.93	0.00	0.00	0.00	0.76	1.56	2.02	2.21	2.32	2.38	2.43	2.51	2.57	2.60	2.63	2.64
1.94	0.00	0.00	0.00	0.70	1.50	1.96	2.15	2.25	2.32	2.37	2.45	2.51	2.54	2.56	2.58
1.95	0.00	0.00	0.00	0.65	1.44	1.90	2.09	2.19	2.26	2.31	2.39	2.45	2.48	2.50	2.52
1.96	0.00	0.00	0.00	0.60	1.38	1.84	2.03	2.14	2.20	2.25	2.33	2.39	2.42	2.44	2.46
1.97	0.00	0.00	0.00	0.56	1.33	1.78	1.97	2.08	2.14	2.19	2.27	2.33	2.36	2.39	2.40
1.98	10.00	0.00	0.00	0.51	1.27	1.73	1.92	2.02	2.09	2.13	2.21	2.27	2.30	2.33	2.34
1.99	10.00	0.00	0.00	0.47	1.22	1.67	1.86	1.97	2.03	2.08	2.16	2.22	2.25	2.27	2.29
2.00	0.00	0.00	0.00	0.43	1.17	1.62	1.81	1.91	1.98	2.03	2.10	2.16	2.19	2.22	2.23
2.01	0.00	0.00	0.00	0.39	1.12	1.57	1.76	1.86	1.93	1.97	2.05	2.11	2.14	2.17	2.18
2.02	0.00	0.00	0.00	0.36	1.07	1.52	1.71	1.81	1.87	1.92	2.00	2.06	2.09	2.11	2.13
2.03	0.00	0.00	0.00	0.32	1.03	1.47	1.66	1.76	1.82	1.87	1.95	2.01	2.04	2.06	2.08
2.04	0.00	0.00	0.00	0.29	0.98	1.42	1.61	1.71	1.77	1.82	1.90	1.96	1.99	2.01	2.03
2.05	0.00	0.00	0.00	0.26	0.94	1.37	1.56	1.66	1.73	1.77	1.85	1.91	1.94	1.96	1.98
2.06	0.00	0.00	0.00	0.23	0.90	1.33	1.51	1.61	1.68	1.72	1.80	1.86	1.89	1.92	1.93
2.07	0.00	0.00	0.00	0.21	0.86	1.28	1.47	1.57	1.63	1.68	1.76	1.81	1.84	1.87	1.88
2.08	0.00	0.00	0.00	0.18	0.82	1.24	1.42	1.52	1.59	1.63	1.71	1.77	1.79	1.82	1.84
2.09	0.00	0.00	0.00	0.16	0.78	1.20	1.38	1.48	1.54	1.59	1.66	1.72	1.75	1.78	1.79
2.10	0.00	0.00	0.00	0.14	0.74	1.16	1.34	1.44	1.50	1.54	1.62	1.68	1.71	1.73	1.75
2.11	0.00	0.00	0.00	0.12	0.71	1.12	1.30	1.39	1.46	1.50	1.58	1.63	1.66	1.69	1.70
2.12	0.00	0.00	0.00	0.10	0.67	1.08	1.26	1.35	1.42	1.46	1.54	1.59	1.62	1.65	1.66
2.13	0.00	0.00	0.00	0.08	0.64	1.04	1.22	1.31	1.38	1.42	1.50	1.55	1.58	1.61	1.62
2.14	0.00	0.00	0.00	0.07	0.61	1.00	1.18	1.28	1.34	1.38	1.46	1.51	1.54	1.57	1.58
2.15	0.00	0.00	0.00	0.06	0.58	0.97	1.14	1.24	1.30	1.34	1.42	1.47	1.50	1.53	1.54
2.16	0.00	0.00	0.00	0.05	0.55	0.93	1.10	1.20	1.26	1.30	1.38	1.43	1.46	1.49	1.50
2.17	0.00	0.00	0.00	0.04	0.52	0.90	1.07	1.16	1.22	1.27	1.34	1.40	1.42	1.45	1.46
2.18	0.00	0.00	0.00	0.03	0.49	0.87	1.03	1.13	1.19	1.23	1.30	1.36	1.39	1.41	1.42
2.19	0.00	10.00	0.00	0.02	0.46	0.83	1.00	1.09	1.15	1.20	1.27	1.32	1.35	1.38	1.39
2.20	0.000	0.000	0.000	0.015	0.437	0.803	0.968	1.160	1.120	1.160	1.233	1.287	1.314	1.340	1.352
2.21	0.000	0.000	0.000	0.010	0.413	0.772	0.936	1.028	1.087	1.128	1.199	1.253	1.279	1.305	1.318
2.22	0.000	0.000	0.000	0.006	0.389	0.734	0.905	0.996	1.054	1.095	1.166	1.219	1.245	1.271	1.284
2.23	0.000	0.000	0.000	0.003	0.366	0.715	0.874	0.965	1.023	1.063	1.134	1.186	1.212	1.238	1.250
2.24	0.000	0.000	0.000	0.002	0.345	0.687	0.845	0.935	0.992	1.032	1.102	1.154	1.180	1.205	1.218
2.25	0.000	0.000	0.000	0.001	0.324	0.660	0.816	0.905	0.962	1.002	1.071	1.123	1.148	1.173	1.186
2.26	0.000	0.000	0.000	0.000	0.304	0.634	0.789	0.876	0.933	0.972	1.041	1.092	1.117	1.142	1.155
2.27	0.000	0.000	0.000	0.000	0.285	0.609	0.762	0.848	0.904	0.943	1.011	1.062	1.087	1.112	1.124
2.28	0.000	0.000	0.000	0.000	0.267	0.585	0.735	0.821	0.876	0.915	0.982	1.033	1.058	1.082	1.095
2.29	0.000	0.000	0.000	0.000	0.250	0.561	0.710	0.794	0.849	0.887	0.954	1.004	1.029	1.053	1.065

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ค่าประมาณร้อยละของผลิตภัณฑ์บกพร่องในรุ่น (วิธีการ SD) (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550: 658-666)

Q_U or Q_L	ขนาดสิ่งตัวอย่าง														
	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	50	75	100	150	200
2.30	0.000	0.000	0.000	0.000	0.233	0.538	0.685	0.769	0.823	0.861	0.927	0.977	1.001	1.025	1.037
2.31	0.000	0.000	0.000	0.000	0.218	0.516	0.661	0.743	0.797	0.834	0.900	0.949	0.974	0.998	1.009
2.32	0.000	0.000	0.000	0.000	0.203	0.495	0.637	0.719	0.772	0.809	0.874	0.923	0.947	0.971	0.982
2.33	0.000	0.000	0.000	0.000	0.189	0.474	0.614	0.695	0.748	0.784	0.848	0.897	0.921	0.944	0.956
2.34	0.000	0.000	0.000	0.000	0.175	0.454	0.592	0.672	0.724	0.760	0.824	0.872	0.895	0.919	0.930
2.35	0.000	0.000	0.000	0.000	0.163	0.435	0.571	0.650	0.701	0.736	0.799	0.847	0.870	0.893	0.905
2.36	0.000	0.000	0.000	0.000	0.151	0.416	0.550	0.628	0.678	0.714	0.776	0.823	0.846	0.869	0.880
2.37	0.000	0.000	0.000	0.000	0.139	0.398	0.530	0.606	0.656	0.691	0.753	0.799	0.822	0.845	0.856
2.38	0.000	0.000	0.000	0.000	0.128	0.381	0.510	0.586	0.635	0.670	0.730	0.777	0.799	0.822	0.833
2.39	0.000	0.000	0.000	0.000	0.118	0.364	0.491	0.566	0.614	0.648	0.709	0.754	0.777	0.799	0.810
2.40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.109	0.348	0.473	0.546	0.594	0.628	0.687	0.732	0.755	0.777	0.787
2.41	0.000	0.000	0.000	0.000	0.100	0.332	0.455	0.527	0.575	0.608	0.667	0.711	0.733	0.755	0.766
2.42	0.000	0.000	0.000	0.000	0.091	0.317	0.437	0.509	0.555	0.588	0.646	0.691	0.712	0.734	0.744
2.43	0.000	0.000	0.000	0.000	0.083	0.302	0.421	0.491	0.537	0.569	0.627	0.670	0.692	0.713	0.724
2.44	0.000	0.000	0.000	0.000	0.076	0.288	0.404	0.474	0.519	0.551	0.608	0.651	0.672	0.693	0.703
2.45	0.000	0.000	0.000	0.000	0.069	0.275	0.389	0.457	0.501	0.533	0.589	0.632	0.653	0.673	0.684
2.46	0.000	0.000	0.000	0.000	0.063	0.262	0.373	0.440	0.484	0.516	0.571	0.613	0.634	0.654	0.664
2.47	0.000	0.000	0.000	0.000	0.057	0.249	0.359	0.425	0.468	0.499	0.553	0.595	0.615	0.636	0.646
2.48	0.000	0.000	0.000	0.000	0.051	0.237	0.345	0.409	0.452	0.482	0.536	0.577	0.597	0.617	0.627
2.49	0.000	0.000	0.000	0.000	0.046	0.226	0.331	0.394	0.436	0.466	0.519	0.560	0.580	0.600	0.609
2.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.041	0.214	0.317	0.380	0.421	0.451	0.503	0.543	0.563	0.582	0.592
2.51	0.000	0.000	0.000	0.000	0.037	0.204	0.305	0.366	0.407	0.436	0.487	0.527	0.546	0.565	0.575
2.52	0.000	0.000	0.000	0.000	0.033	0.193	0.292	0.352	0.392	0.421	0.472	0.511	0.530	0.549	0.559
2.53	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029	0.184	0.280	0.339	0.379	0.407	0.457	0.495	0.514	0.533	0.542
2.54	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026	0.174	0.268	0.326	0.365	0.393	0.442	0.480	0.499	0.517	0.527
2.55	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	0.165	0.257	0.314	0.352	0.379	0.428	0.465	0.484	0.502	0.511
2.56	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.156	0.246	0.302	0.340	0.366	0.414	0.451	0.469	0.487	0.496
2.57	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.148	0.236	0.291	0.327	0.354	0.401	0.437	0.455	0.473	0.482
2.58	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.140	0.226	0.279	0.316	0.341	0.388	0.424	0.441	0.459	0.468
2.59	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.133	0.216	0.269	0.304	0.330	0.375	0.410	0.428	0.445	0.454
2.60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.125	0.207	0.258	0.293	0.318	0.363	0.398	0.415	0.432	0.441
2.61	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.118	0.198	0.248	0.282	0.307	0.351	0.385	0.402	0.419	0.428
2.62	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.112	0.189	0.238	0.272	0.296	0.339	0.373	0.390	0.406	0.415
2.63	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.105	0.181	0.229	0.262	0.285	0.328	0.361	0.378	0.394	0.402
2.64	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.099	0.172	0.220	0.252	0.275	0.317	0.350	0.366	0.382	0.390
2.65	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.094	0.165	0.211	0.242	0.265	0.307	0.339	0.355	0.371	0.379
2.66	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.088	0.157	0.202	0.233	0.256	0.296	0.328	0.344	0.359	0.367
2.67	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.083	0.150	0.194	0.224	0.246	0.286	0.317	0.333	0.348	0.356
2.68	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.078	0.143	0.186	0.216	0.237	0.277	0.307	0.322	0.338	0.345
2.69	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.073	0.136	0.179	0.208	0.229	0.267	0.297	0.312	0.327	0.335

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ค่าประมาณร้อยละของผลิตภัณฑ์บกพร่องในรุ่น (วิธีการ SD) (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550: 658-666)

Q_U or Q_L	ขนาดสิ่งตัวอย่าง														
	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	50	75	100	150	200
2.70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.069	0.130	0.171	0.200	0.220	0.258	0.288	0.302	0.317	0.325
2.71	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.064	0.124	0.164	0.192	0.212	0.249	0.278	0.293	0.307	0.315
2.72	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.060	0.118	0.157	0.184	0.204	0.241	0.269	0.283	0.298	0.305
2.73	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.057	0.112	0.151	0.177	0.197	0.232	0.260	0.274	0.288	0.296
2.74	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.053	0.107	0.144	0.170	0.189	0.224	0.252	0.266	0.279	0.286
2.75	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.049	0.102	0.138	0.163	0.182	0.216	0.243	0.257	0.271	0.277
2.76	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.046	0.097	0.132	0.157	0.175	0.209	0.235	0.249	0.262	0.269
2.77	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.043	0.092	0.126	0.151	0.168	0.201	0.227	0.241	0.254	0.260
2.78	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.040	0.087	0.121	0.145	0.162	0.194	0.220	0.223	0.246	0.252
2.79	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.037	0.083	0.115	0.139	0.156	0.187	0.212	0.220	0.238	0.244
2.80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.035	0.079	0.110	0.133	0.150	0.181	0.205	0.218	0.230	0.237
2.81	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.032	0.075	0.105	0.128	0.144	0.174	0.198	0.211	0.223	0.229
2.82	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	0.071	0.101	0.122	0.138	0.168	0.192	0.204	0.216	0.222
2.83	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028	0.067	0.096	0.117	0.133	0.162	0.185	0.197	0.209	0.215
2.84	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026	0.064	0.092	0.112	0.128	0.156	0.179	0.190	0.202	0.208
2.85	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.060	0.088	0.108	0.122	0.150	0.173	0.184	0.195	0.201
2.86	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022	0.057	0.084	0.103	0.118	0.145	0.167	0.178	0.189	0.195
2.87	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.054	0.080	0.099	0.113	0.139	0.161	0.172	0.183	0.188
2.88	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.051	0.076	0.094	0.108	0.134	0.155	0.166	0.177	0.182
2.89	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.048	0.073	0.090	0.104	0.129	0.150	0.160	0.171	0.176
2.90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.046	0.069	0.087	0.100	0.125	0.145	0.155	0.165	0.171
2.91	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.043	0.066	0.083	0.096	0.120	0.140	0.150	0.160	0.165
2.92	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.041	0.063	0.079	0.092	0.115	0.135	0.145	0.155	0.160
2.93	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.038	0.060	0.076	0.088	0.111	0.130	0.140	0.149	0.154
2.94	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.036	0.057	0.072	0.084	0.107	0.125	0.135	0.144	0.149
2.95	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.034	0.054	0.069	0.081	0.103	0.121	0.130	0.140	0.144
2.96	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.032	0.051	0.066	0.077	0.099	0.117	0.126	0.135	0.140
2.97	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.030	0.049	0.063	0.074	0.095	0.112	0.121	0.130	0.135
2.98	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.028	0.046	0.060	0.071	0.091	0.108	0.117	0.126	0.130
2.99	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.027	0.044	0.057	0.068	0.088	0.104	0.113	0.122	0.126
3.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.025	0.042	0.055	0.065	0.084	0.101	0.109	0.118	0.122
3.01	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.024	0.040	0.052	0.062	0.081	0.097	0.105	0.113	0.118
3.02	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.022	0.038	0.050	0.059	0.078	0.093	0.101	0.110	0.114
3.03	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.021	0.036	0.048	0.057	0.075	0.090	0.098	0.106	0.110
3.04	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.019	0.034	0.045	0.054	0.072	0.087	0.094	0.102	0.106
3.05	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.018	0.032	0.043	0.052	0.069	0.083	0.091	0.099	0.103
3.06	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.017	0.030	0.041	0.050	0.066	0.080	0.088	0.095	0.099
3.07	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.016	0.029	0.039	0.047	0.064	0.077	0.085	0.092	0.096
3.08	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.015	0.027	0.037	0.045	0.061	0.074	0.081	0.089	0.092
3.09	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.014	0.026	0.036	0.043	0.059	0.072	0.079	0.086	0.089

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ค่าประมาณร้อยละของผลิตภัณฑ์บกพร่องในรุ่น (วิธีการ SD) (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550: 658-666)

Q_U or Q_L	ขนาดสิ่งตัวอย่าง														
	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	50	75	100	150	200
3.10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.013	0.024	0.034	0.041	0.056	0.069	0.076	0.083	0.086
3.11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.012	0.023	0.032	0.039	0.054	0.066	0.073	0.080	0.083
3.12	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.011	0.022	0.031	0.038	0.052	0.064	0.070	0.077	0.080
3.13	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.011	0.021	0.029	0.036	0.050	0.061	0.068	0.074	0.077
3.14	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.010	0.019	0.028	0.034	0.048	0.059	0.065	0.071	0.075
3.15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.009	0.018	0.026	0.033	0.046	0.057	0.063	0.069	0.072
3.16	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.009	0.017	0.025	0.031	0.044	0.055	0.060	0.066	0.069
3.17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.008	0.016	0.024	0.030	0.042	0.053	0.058	0.064	0.067
3.18	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.007	0.015	0.022	0.028	0.040	0.050	0.056	0.062	0.065
3.19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.007	0.015	0.021	0.027	0.038	0.049	0.054	0.059	0.062
3.20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.006	0.014	0.020	0.026	0.037	0.047	0.052	0.057	0.060
3.21	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.013	0.019	0.024	0.035	0.045	0.050	0.055	0.058
3.22	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.012	0.018	0.023	0.034	0.043	0.048	0.053	0.056
3.23	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.011	0.017	0.022	0.032	0.041	0.046	0.051	0.054
3.24	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.011	0.016	0.021	0.031	0.040	0.044	0.049	0.052
3.25	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.010	0.015	0.020	0.030	0.038	0.043	0.048	0.050
3.26	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.009	0.015	0.019	0.028	0.037	0.042	0.046	0.048
3.27	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.009	0.014	0.018	0.027	0.035	0.040	0.044	0.046
3.28	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.008	0.013	0.017	0.026	0.034	0.038	0.042	0.045
3.29	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.008	0.012	0.016	0.025	0.032	0.037	0.041	0.043
3.30	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.007	0.012	0.015	0.024	0.031	0.035	0.039	0.042
3.31	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.007	0.011	0.015	0.023	0.030	0.034	0.038	0.040
3.32	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.006	0.010	0.014	0.022	0.029	0.032	0.036	0.038
3.33	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.006	0.010	0.013	0.021	0.027	0.031	0.035	0.037
3.34	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.006	0.009	0.013	0.020	0.026	0.030	0.034	0.036
3.35	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.005	0.009	0.012	0.019	0.025	0.029	0.032	0.034
3.36	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.005	0.008	0.011	0.018	0.024	0.028	0.031	0.033
3.37	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.005	0.008	0.011	0.017	0.023	0.026	0.030	0.032
3.38	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004	0.007	0.010	0.016	0.022	0.025	0.029	0.031
3.39	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004	0.007	0.010	0.016	0.021	0.024	0.028	0.029
3.40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004	0.007	0.009	0.015	0.020	0.023	0.027	0.028
3.41	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.006	0.009	0.014	0.020	0.022	0.026	0.027
3.42	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.006	0.008	0.014	0.019	0.022	0.025	0.026
3.43	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.005	0.008	0.013	0.018	0.021	0.024	0.025
3.44	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.005	0.007	0.012	0.017	0.020	0.023	0.024
3.45	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.005	0.007	0.012	0.016	0.019	0.022	0.023
3.46	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.005	0.007	0.011	0.016	0.018	0.021	0.022
3.47	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.004	0.006	0.011	0.015	0.018	0.020	0.022
3.48	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.004	0.006	0.010	0.014	0.017	0.019	0.021
3.49	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.004	0.005	0.010	0.014	0.016	0.019	0.020

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ค่าประมาณร้อยละของผลิตภัณฑ์บกพร่องในรุ่น (วิธีการ SD) (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550: 658-666)

Q_U or Q_L	ขนาดสิ่งตัวอย่าง														
	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	50	75	100	150	200
3.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.003	0.005	0.009	0.013	0.015	0.018	0.019
3.51	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.003	0.005	0.009	0.013	0.015	0.017	0.018
3.52	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.003	0.005	0.008	0.012	0.014	0.016	0.018
3.53	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.004	0.008	0.011	0.014	0.016	0.017
3.54	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.004	0.008	0.011	0.013	0.015	0.016
3.55	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.004	0.007	0.011	0.012	0.015	0.016
3.56	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.004	0.007	0.010	0.012	0.014	0.015
3.57	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.006	0.010	0.011	0.013	0.014
3.58	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.006	0.009	0.011	0.013	0.014
3.59	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.006	0.009	0.010	0.012	0.013
3.60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.006	0.008	0.010	0.012	0.013
3.61	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.005	0.008	0.010	0.011	0.012
3.62	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.005	0.008	0.009	0.011	0.012
3.63	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.005	0.007	0.009	0.010	0.011
3.64	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.004	0.007	0.008	0.010	0.011
3.65	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.004	0.007	0.008	0.010	0.010
3.66	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.004	0.006	0.008	0.009	0.010
3.67	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.004	0.006	0.007	0.009	0.010
3.68	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.004	0.006	0.007	0.008	0.009
3.69	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.005	0.007	0.008	0.009
3.70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.005	0.006	0.008	0.008
3.71	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.003	0.005	0.006	0.007	0.008
3.72	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.003	0.005	0.006	0.007	0.008
3.73	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.003	0.005	0.006	0.007	0.007
3.74	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007
3.75	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.004	0.005	0.006	0.007
3.76	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.004	0.005	0.006	0.007
3.77	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.004	0.005	0.006	0.006
3.78	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.004	0.004	0.005	0.006
3.79	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006
3.80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006
3.81	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.005
3.82	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.005
3.83	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.004	0.005
3.84	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.003	0.003	0.004	0.005
3.85	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.003	0.004	0.004
3.86	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.004
3.87	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.004
3.88	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.003	0.004
3.89	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.003	0.004
3.90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.003	0.004

ตารางที่ ก.5 สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่แต่ละค่า Pa ของแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550: 669)

Pa	CL	AQL										
		0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.00	1.50	2.50	4.00	6.50	10.00
95.0									1.04	1.89	3.52	6.02
50.0	B								16.68	20.30	25.22	30.97
10.0									49.34	52.83	57.24	62.08
95.0							0.44	0.69	1.32	2.29	4.13	6.85
50.0	C						9.52	11.28	14.44	17.93	22.89	28.61
10.0							34.88	37.26	41.15	45.05	50.13	55.55
95.0						0.28	0.46	0.77	1.38	2.43	4.30	7.11
50.0	D					6.34	7.82	9.71	12.47	15.97	20.75	26.40
10.0						25.94	28.40	31.24	34.98	39.25	44.55	50.32
95.0				0.11	0.18	0.32	0.53	0.83	1.50	2.65	4.57	7.46
50.0	E			2.89	3.72	4.83	6.18	7.69	10.28	13.66	18.11	23.53
10.0				14.42	16.33	18.60	21.09	23.58	27.43	31.93	37.28	43.25
95.0			0.07	0.12	0.21	0.36	0.57	0.94	1.65	2.83	4.84	7.81
50.0	F		1.53	2.08	2.79	3.77	4.82	6.33	8.62	11.69	15.91	21.09
10.0			7.95	9.44	11.15	13.23	15.23	17.84	21.40	25.66	30.99	36.98
95.0		0.06	0.09	0.15	0.25	0.45	0.68	1.09	1.91	3.09	5.30	8.41
50.0	G	0.90	1.17	1.57	2.20	3.09	3.99	5.32	7.51	10.15	14.27	19.25
10.0		4.31	5.07	6.13	7.58	9.41	11.12	13.38	16.77	20.48	25.76	31.63
95.0		0.07	0.11	0.17	0.29	0.49	0.79	12.1	2.07	3.39	5.69	8.88
50.0	H	0.76	1.01	1.38	1.90	2.69	3.66	4.81	6.86	9.51	13.49	18.31
10.0		3.16	3.85	4.73	5.88	7.46	9.23	11.14	14.25	17.94	23.01	28.70
95.0		0.08	0.12	0.20	0.32	0.56	0.85	1.28	2.23	3.61	5.98	9.27
50.0	I	0.68	0.89	1.28	1.73	2.53	3.39	4.47	6.54	9.12	13.00	17.74
10.0		2.55	3.08	3.99	4.93	6.46	7.97	9.73	12.81	16.34	21.24	26.82
95.0		0.09	0.13	0.23	0.36	0.60	0.94	1.40	2.38	3.80	6.21	9.65
50.0	J	0.59	0.76	1.10	1.54	2.21	3.05	4.05	5.98	8.41	12.10	16.82
10.0		1.90	2.29	3.02	3.87	5.10	6.50	8.07	10.85	14.11	18.71	24.23
95.0		0.10	0.15	0.26	0.40	0.64	1.02	1.49	2.51	4.04	6.52	10.00
50.0	K	0.19	0.65	0.98	1.37	1.94	2.76	3.68	5.48	7.90	11.45	16.00
10.0		1.36	1.70	2.35	3.07	4.03	5.33	6.72	9.23	12.39	16.72	21.98
95.0		0.11	0.17	0.27	0.43	0.70	1.06	1.58	2.62	4.18	6.81	10.34
50.0	L	0.40	0.56	0.82	1.19	1.74	2.43	3.34	5.02	7.29	10.84	15.24
10.0		0.97	1.27	1.74	2.37	3.24	4.28	5.58	7.82	10.70	14.94	19.95

ตารางที่ ก.5 (ต่อ) สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่แต่ละค่า Pa ของแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550: 669)

Pa	CL	AQL										
		0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.00	1.50	2.50	4.00	6.50	10.00
95.0		0.12	0.18	0.29	0.47	0.74	1.12	1.66	2.73	4.31	6.97	10.51
50.0	M	0.37	0.51	0.77	1.12	1.64	2.31	3.18	4.80	7.00	10.45	14.75
10.0		0.80	1.05	1.50	2.06	2.86	3.81	5.01	7.11	9.84	13.89	18.73
95.0		0.13	0.19	0.31	0.48	0.77	1.18	1.73	2.82	4.41	7.07	10.80
50.0	N	0.32	0.46	0.69	1.00	1.48	2.14	2.96	4.49	6.59	9.90	14.28
10.0		0.62	0.85	1.21	1.68	2.36	3.26	4.34	6.26	8.78	12.58	17.44
95.0		0.143	0.210	0.344	0.534	0.84	1.25	1.86	3.00	4.66	7.40	11.22
50.0	P	0.321	0.445	0.683	1.000	1.48	2.08	2.96	4.48	6.58	9.88	14.27
10.0		0.571	0.763	1.116	1.567	2.22	3.02	4.12	5.98	8.45	12.19	16.98

CL: อักษรรหัส (Code letter)

ค่า Pa อยู่ในรูปร้อยละของโอกาสในการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์

ค่า AQL อยู่ในรูปร้อยละของผลิตภัณฑ์บกพร่อง

ภาคผนวก ข
คู่มือแนวทางสำหรับการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

คู่มือแนวทางสำหรับการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

คู่มือแนวทางสำหรับการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการนี้ ใช้การพิจารณามูลค่าความสูญเสียทางตัวเงิน และพารามิเตอร์ที่ควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์มาเป็นตัวกำหนดแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ เพื่อเป็นการแก้ปัญหาในกระบวนการหรือพารามิเตอร์ที่นำมาสู่ความสูญเสียในกระบวนการผลิต ทั้งด้านมูลค่าความสูญเสียทางตัวเงิน และความพึงพอใจของผู้บริโภค โดยในคู่มือนี้จะแสดงถึงขั้นตอน และวิธีการดำเนินการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

แนวทางที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นนี้จะสามารถใช้ในการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการที่มีลักษณะข้อมูลเป็นข้อมูลผันแปร (Variable data) หรือข้อมูลที่ได้จากการวัด ซึ่งต้องอยู่ภายใต้สมมติฐานดังต่อไปนี้

1. กระบวนการอยู่ในสภาวะควบคุม (In-control condition) คือ กระบวนการที่มีความผันแปรจากสาเหตธรรมชาติ (Common cause) ซึ่งความผันแปรจะเสถียรตลอดเวลา และสามารถคาดการณ์รูปแบบของความผันแปรของกระบวนการได้ หรือสังเกตได้จากข้อมูลของกระบวนการไม่ออกนอกการควบคุมของแผนภูมิควบคุม

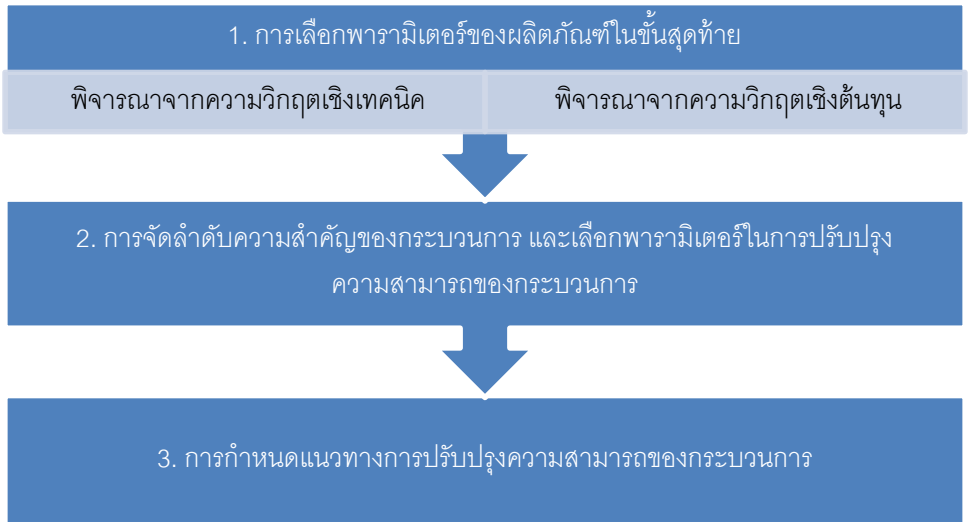
2. มีรูปแบบการกระจายข้อมูลแบบปกติ (Normal distribution) คือการที่ข้อมูลมีลักษณะการกระจายแบบระฆังคว่ำ ซึ่งจะมีการกระจายจากค่าเฉลี่ยออกไปทั้งสองด้านเท่าๆกัน

แนวทางปรับปรุงความสามารถของหลายกระบวนการนี้ มีขอบเขตในการใช้งานโดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับกระบวนการดังต่อไปนี้

- กระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบสมมาตร (Symmetric bilateral specifications)
- กระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบไม่สมมาตร (Asymmetric bilateral specifications)
- กระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว (Unilateral specification)

1. ขั้นตอนในการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

ขั้นตอนในการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการมีทั้งหมด 3 ขั้นตอนหลัก พิจารณาดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

ขั้นตอนในการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (FPP)

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการคัดกรองเอา FPP ที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นตัวแสดงถึงลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ และเป็นปัจจัยสำคัญที่นำมาใช้ในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ ในการคัดกรอง FPP จะพิจารณาจากความวิกฤตเชิงเทคนิค และความวิกฤตเชิงต้นทุน หลังจากนั้นจะทำการจัดลำดับและเลือก FPP โดยแบ่งออกเป็น 3 วิธีคือ การพิจารณาตามความวิกฤตเชิงเทคนิค และความวิกฤตเชิงต้นทุนที่มีความสำคัญเท่ากัน การพิจารณาตามความวิกฤตเชิงต้นทุนเป็นหลัก และการพิจารณาตามความวิกฤตเชิงเทคนิคเป็นหลักโดยมีรายละเอียดแสดงดังหัวข้อที่ 2

2. การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

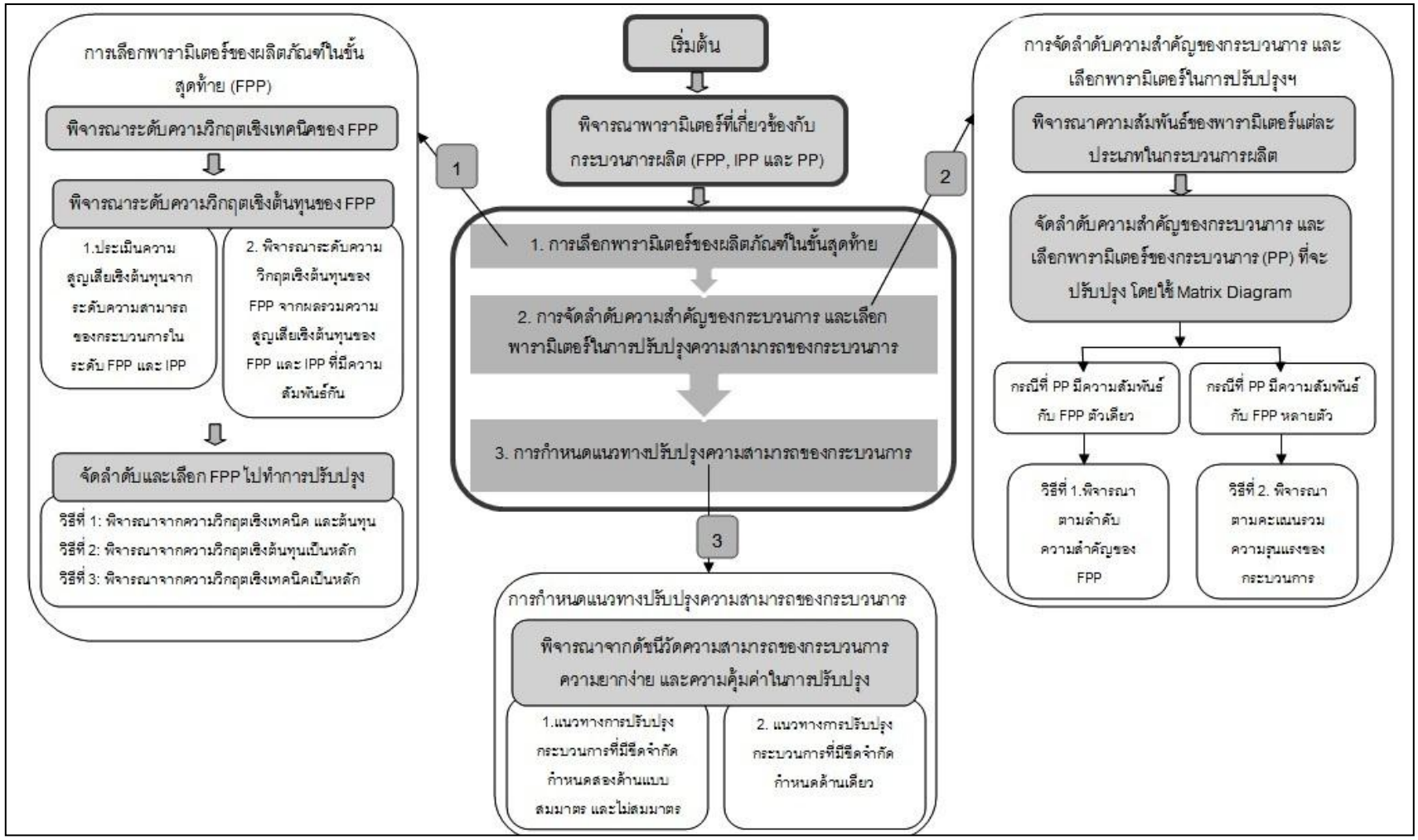
ในขั้นตอนนี้จะเป็นการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในระดับ PP ไปทำการปรับปรุง ซึ่งพารามิเตอร์ในระดับ PP นี้ถือเป็นรากเหง้าของปัญหา ในขั้นตอนนี้จะอาศัยแผนผังเมทริกซ์มาเป็นเครื่องมือในการพิจารณาคะแนนความรุนแรงของพารามิเตอร์ในแต่

ละกระบวนการ (IPP และ PP) กับ FPP และเลือกพารามิเตอร์ได้จากการพิจารณาคะแนนความรุนแรงตามลำดับความสำคัญของ FPP หรือพิจารณาตามคะแนนรวมความรุนแรงของกระบวนการ โดยมีรายละเอียดแสดงดังหัวข้อที่ 3

3. การกำหนดแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการพิจารณาถึงแนวทางในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการว่าสามารถดำเนินการได้ทั้ง การปรับค่าเฉลี่ย การปรับลดความผันแปรของกระบวนการ หรือการปรับปรุงได้ทั้ง 2 ด้าน โดยอาศัยการพิจารณาจากดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการร่วมกับการพิจารณาความยากง่าย และความคุ้มค่าในการดำเนินการ ซึ่งแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 แนวทางคือ แนวทางการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบสมมาตร และไม่สมมาตร และแนวทางการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว โดยมีรายละเอียดแสดงดังหัวข้อที่ 4

สามารถพิจารณาแผนภูมิแสดงขั้นตอนโดยสรุปในการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการตามวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นดังภาพที่ 2



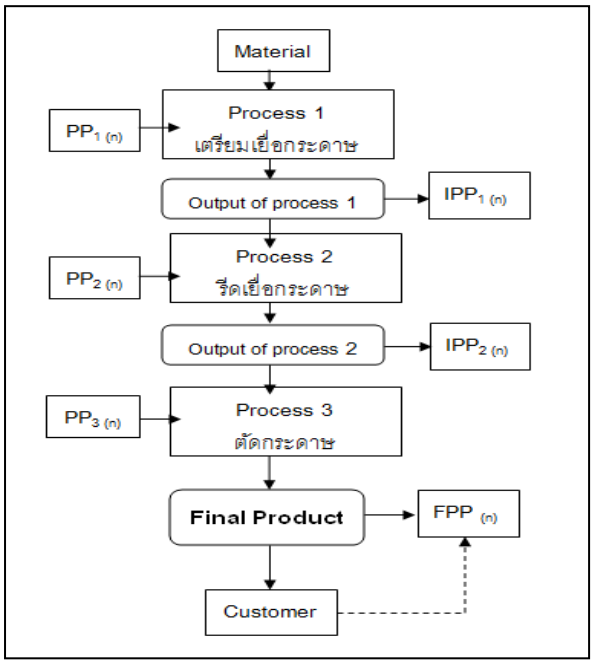
ภาพที่ 2 แผนภูมิแสดงขั้นตอนโดยสรุปในการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

2.การเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย

พารามิเตอร์สำหรับการควบคุมคุณภาพของกระบวนการเชิงสถิติ ตามมาตรฐาน IPC-9191 สามารถแบ่งออกได้ 3 ประเภท คือ

1. พารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (Final Product Parameter: FPP) คือ ลักษณะเชิงคุณภาพที่แสดงถึงสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเสร็จสิ้นแล้ว ที่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค
2. พารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิต (In-process Product Parameter: IPP) คือ ลักษณะเชิงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ หรือชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ที่อยู่ระหว่างการผลิตหรือการแปรรูป
3. พารามิเตอร์ของกระบวนการ (Process Parameter: PP) คือ ตัวแปรหรือปัจจัยป้อนเข้าของกระบวนการผลิต ที่มีผลต่อลักษณะเชิงคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ตัวอย่างในการพิจารณาประเภทของพารามิเตอร์ในการควบคุมคุณภาพของกระบวนการเชิงสถิติอธิบายดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การแบ่งประเภทพารามิเตอร์สำหรับการควบคุมคุณภาพของกระบวนการเชิงสถิติ

เมื่อพิจารณากระบวนการผลิตดังภาพที่ 3 ซึ่งประกอบไปด้วย 3 กระบวนการ จะสามารถจำแนกพารามิเตอร์ในการควบคุมคุณภาพของกระบวนการเชิงสถิติ ได้ดังนี้

- พารามิเตอร์ของกระบวนการ: PP

กระบวนการผลิตแต่ละกระบวนการจะมีพารามิเตอร์ควบคุมสิ่งที่ป้อนเข้าสู่กระบวนการ (Input Parameter) ซึ่งก็คือ PP โดยในแต่ละกระบวนการนั้นสามารถมี PP ได้หลายตัว ($PP_{1\ (n)}$, $PP_{2\ (n)}$, $PP_{3\ (n)}$) ในการอธิบายจะยกตัวอย่างกระบวนการผลิตแผ่นกระดาษ เช่น ในกระบวนการสุดท้ายคือ การตัด (Cutting) พารามิเตอร์ที่ต้องควบคุมเมื่อชิ้นงานจากกระบวนการที่ 2 ส่งมาคือ องศาของใบมีด และระยะห่างระหว่างใบมีด เป็นต้น โดยจะเห็นได้ว่า PP ของกระบวนการสุดท้ายนี้จะส่งผลถึงลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยตรง

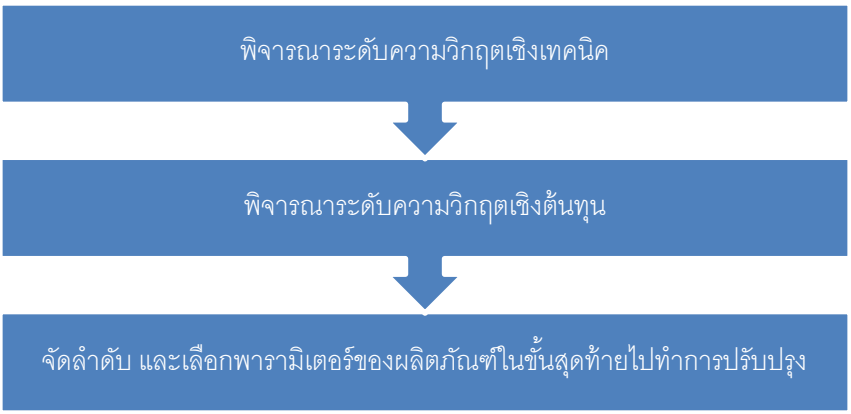
- พารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิต: IPP

เมื่อวัตถุดิบถูกป้อนเข้าสู่กระบวนการผลิตในแต่ละกระบวนการแล้ว จะต้องมีพารามิเตอร์ที่ควบคุมลักษณะคุณภาพของวัตถุดิบที่ถูกแปรรูปไปเป็นชิ้นงาน เพื่อจัดส่งไปยังกระบวนการต่อไป ซึ่งในแต่ละกระบวนการนั้นมี IPP ได้หลายตัว ($IPP_{1\ (n)}$, $IPP_{2\ (n)}$) โดยพิจาณาจากกระบวนการผลิตแผ่นกระดาษที่อยู่ในระหว่างขั้นตอนการผลิตก่อนที่จะถึงขั้นตอนสุดท้าย เช่น กระบวนการกดเยื่อกระดาษ (Press Part) พารามิเตอร์ที่ต้องควบคุมเมื่อได้ผลิตผลจากกระบวนการนี้คือ ความหนาของเยื่อกระดาษ เป็นต้น โดยความหนาของเยื่อกระดาษถือว่าเป็น IPP ตัวหนึ่ง ซึ่งจะส่งผลถึงลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย

- พารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย: FPP

ผลิตภัณฑ์จากกระบวนการสุดท้ายจะต้องมีการควบคุมให้มีคุณภาพเป็นไปตามความต้องการของผู้บริโภค โดยในแต่ละผลิตภัณฑ์ จะมี FPP ที่ต้องควบคุมได้หลายตัว ($FPP_{(n)}$) ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้บริโภค ยกตัวอย่างเช่น กระบวนการสุดท้ายของการผลิตกระดาษคือกระบวนการตัด (Cutting) พบว่ามีลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ต้องทำการควบคุมให้เป็นไปตามความต้องการของผู้บริโภค เช่น ขนาดกระดาษ, ความหนาของแผ่นกระดาษ, สีกระดาษ เป็นต้น

เมื่อจำแนกประเภทของพารามิเตอร์ในการควบคุมคุณภาพของกระบวนการเชิงสถิติแล้ว จะต้องการเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (FPP) ไปพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ โดยมีขั้นตอนแสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย

การเลือก FPP จะพิจารณาจาก 2 ปัจจัยคือ ความวิกฤตเชิงเทคนิค (Technical criticality) และความวิกฤตเชิงต้นทุน (Cost criticality) ซึ่งมีขั้นตอนในการเลือก FPP ในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิค แสดงดังหัวข้อที่ 2.1
2. การพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุน แสดงดังหัวข้อที่ 2.2
3. การจัดลำดับ และเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายไปทำการปรับปรุง แสดงดังหัวข้อที่ 2.3

2.1 การพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิค

การกำหนดระดับความวิกฤตเชิงเทคนิค (Technical criticality) ของ FPP จะพิจารณาจากผลของ FPP ที่มีต่อการทำงาน (Function) ความน่าเชื่อถือ (Reliability) หรือสรรมถนะของผลิตภัณฑ์ (Performance) ที่ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคเป็นหลัก ถ้าลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้บริโภค ก็อาจจะนำมาซึ่งความสูญเสียหรือเป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิตได้ การกำหนดระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 เกณฑ์ดังนี้

- ระดับความวิกฤตเชิงเทคนิค 5 ระดับ

การกำหนดระดับความวิกฤตเชิงเทคนิค สามารถพิจารณาจากลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค แบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ 1 = ต่ำ, 2 = ค่อนข้างต่ำ, 3 = ปานกลาง, 4 = ค่อนข้างสูง และ 5 = สูง โดยมีรายละเอียดในการพิจารณาดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระดับความวิกฤตในการพิจารณาความวิกฤตเชิงเทคนิคของ FPP

ระดับความวิกฤตเชิงเทคนิค	ความรุนแรงของความวิกฤตเชิงเทคนิค
5	มีความรุนแรงขั้นวิกฤต แสดงถึงลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้เลย ทั้งด้านการทำงานตามหน้าที่สมรรถนะ และความพึงพอใจ โดยไม่สามารถนำผลิตภัณฑ์นั้นไปใช้ได้
4	มีความรุนแรงมาก แสดงถึงลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ทั้งด้านการทำงานตามหน้าที่สมรรถนะ และความพึงพอใจ โดยจะส่งผลเสียรุนแรงต่อผู้บริโภคเมื่อนำไปใช้
3	มีความรุนแรงปานกลาง แสดงถึงลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่สามารถทำงานได้ตามหน้าที่ แต่สมรรถนะการทำงานยังไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้บริโภค
2	มีความรุนแรงน้อย แสดงถึงลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่สามารถทำงานได้ตามหน้าที่ สมรรถนะการทำงานเป็นไปตามข้อกำหนด แต่ยังไม่ดีเท่าที่ควร
1	มีความรุนแรงน้อยมาก แสดงถึงลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ในด้านการทำงานตามหน้าที่ และสมรรถนะ แต่อาจจะไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในด้านความพึงพอใจของผู้บริโภค เช่น ความสวยงาม แต่มีผลต่อหน้าที่ในการทำงานน้อยมาก

- ระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคจากการสังเกตลักษณะของผลิตภัณฑ์

เป็นการกำหนดระดับความวิกฤตเชิงเทคนิค จากเกณฑ์การพิจารณาระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภค โดยจะเป็นการประเมินจากการที่ผู้บริโภคสามารถสังเกตพบข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

1. CMP (Consumer Meaningful Parameter) คือ พารามิเตอร์ที่มีความรุนแรงขั้นวิกฤต ซึ่งส่งผลให้เกิดข้อบกพร่องที่ทำให้รูปลักษณ์ภายนอก (Appearance) ของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไปอย่างเห็นได้ชัด โดยผลิตภัณฑ์นั้นไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ ทั้งด้านการ

ทำงานได้ตามหน้าที่ (Function) และด้านสมรรถนะ (Performance) หรือมีโอกาสที่ทำให้เกิดอันตรายกับผู้บริโภคเมื่อนำไปใช้ และมีผลกระทบต่อการสั่งซื้อ

2. CNP (Consumer Noticeable Parameter) คือ พารามิเตอร์ที่มีความรุนแรงในระดับปานกลาง ซึ่งส่งผลให้เกิดข้อบกพร่องที่ทำให้รูปลักษณ์ภายนอก (Appearance) ของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไปจนสามารถสังเกตเห็นได้ แต่ผลิตภัณฑ์นั้นยังสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ (Function) แต่สมรรถนะ (Performance) การทำงานอาจไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งผู้บริโภคยังให้การยอมรับ และไม่มีผลต่อการสั่งซื้อ

3. STDP (Standard Parameter) คือ พารามิเตอร์ที่มีความรุนแรงในระดับต่ำ ซึ่งส่งผลให้เกิดข้อบกพร่องที่ทำให้รูปลักษณ์ภายนอก (Appearance) ของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไปเล็กน้อย โดยผลิตภัณฑ์ยังสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ตามข้อกำหนด ทั้งด้านการทำงานตามหน้าที่ (Function) และสมรรถนะ (Performance) ซึ่งไม่มีผลต่อการสั่งซื้อ

ในการเลือกเกณฑ์พิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคของ FPP นั้น อาจจะไม่ได้มีข้อกำหนดเป็นมาตรฐานตายตัว ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้ของแต่ละองค์กร ซึ่งจะต้องพิจารณาถึงความแตกต่างของกระบวนการผลิตในแต่ละองค์กร เช่น ลักษณะของผลิตภัณฑ์ หรือการควบคุมให้ได้ตามข้อกำหนดของผู้บริโภค สำหรับองค์กรที่มีเกณฑ์ในการพิจารณาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐานแล้ว ก็สามารถใช้เกณฑ์ขององค์กรนั้นๆ ในการพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคของ FPP ได้

2.2 การพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุน

การพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุน (Cost criticality) ของ FPP จะเป็นการพิจารณาความสูญเสียเชิงต้นทุน ซึ่งเป็นมูลค่าความสูญเสียทางตัวเงินที่เกิดจากระดับความสามารถของกระบวนการ โดยจะมุ่งพิจารณาไปที่มูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนคุณภาพ (Cost of Quality) ในประเภทต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ (Failure Costs) ซึ่งเป็นต้นทุนที่เกิดจากข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของผู้บริโภค และเพิ่มเติมในส่วนของมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมาย (Out of Target Cost) สามารถพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนของ FPP โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ประเมินความสูญเสียเชิงต้นทุนจากระดับความสามารถของกระบวนการ

ในการประเมินความสูญเสียเชิงต้นทุน จะประเมินจากมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการออกมาในรูปของตัวเงิน ซึ่งจะพิจารณาจากสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เป็นผลมาจากความสามารถของกระบวนการที่ควบคุมด้วยพารามิเตอร์ในระดับ FPP

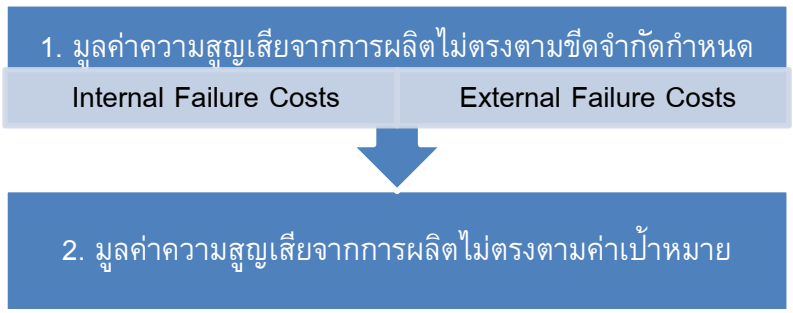
และ IPP ซึ่งจะทำให้ทราบมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป และมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากการผลิตในระหว่างกระบวนการ ตามลำดับ แสดงรายละเอียดดังหัวข้อที่ 2.2.1

2. พิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนของพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย

การพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนของ FPP เพื่อใช้พิจารณาร่วมกับระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคในการจัดลำดับและคัดเลือก FPP จะอาศัยการพิจารณามูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการในระดับ FPP และ IPP ที่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งมีแนวคิดว่ามูลค่าความสูญเสียในระดับ IPP จะส่งผลกระทบต่อมูลค่าความสูญเสียในระดับ FPP ที่มีความสัมพันธ์กัน แสดงรายละเอียดดังหัวข้อที่ 2.2.2

2.2.1 การประเมินความสูญเสียเชิงต้นทุน จากระดับความสามารถของกระบวนการ

การประเมินความสูญเสียเชิงต้นทุน ซึ่งเป็นมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากระดับความสามารถของกระบวนการ จะพิจารณาจากองค์ประกอบของต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ ที่เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรมโดยส่วนใหญ่ แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 องค์ประกอบของต้นทุนคุณภาพในการประเมินความสูญเสียเชิงต้นทุนจากระดับความสามารถของกระบวนการ

1. มูลค่าความสูญเสียจากการผลิตที่ไม่เป็นไปตามขีดจำกัดกำหนด (Out of specification costs) ซึ่งจะพิจารณาจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ ดังนี้

- ต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพภายใน (Internal Failure Costs) จะพิจารณาในส่วนของมูลค่าความสูญเสียจากผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ (Scrap cost) และมูลค่าความสูญเสียในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง (Rework cost)

- ต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพภายนอก (External Failure Costs) จะพิจารณาในส่วนของมูลค่าความสูญเสียในการตรวจสอบซ้ำ (Rescreen cost), มูลค่าความสูญเสียจากค่าปรับ (Penalty cost) และมูลค่าความสูญเสียในการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ใหม่ (Cost of product replacement)

2. มูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมาย (Out of target cost) ในส่วนนี้จะพิจารณาเพิ่มเติมจากมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ ซึ่งจะทำให้เห็นว่าเมื่อการผลิตมีความคลาดเคลื่อนไปจากค่าเป้าหมายของกระบวนการ จะก่อให้เกิดความสูญเสียมากน้อยเพียงใด และจะช่วยให้เห็นความสำคัญของการผลิตให้ตรงตามค่าเป้าหมาย เพื่อเป็นการลดความสูญเสียที่จะตามมา

2.2.1.1 การประเมินมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตที่ไม่เป็นไปตามขีดจำกัดกำหนด (Out of specification **costs)**

ในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตที่ไม่เป็นไปตามขีดจำกัดกำหนด จะอาศัยการตรวจหาข้อบกพร่องของผลิตผล (Output) ที่ได้จากกระบวนการนั้นๆ ซึ่งจะทำให้เกิดเป็นมูลค่าความสูญเสียขึ้นเมื่อตรวจพบผลิตภัณฑ์บกพร่อง โดยทั่วไปแล้วการตรวจสอบผลิตภัณฑ์จะต้องอาศัยแผนการสุ่มตัวอย่าง ซึ่งจากการสุ่มตัวอย่างจะทำให้ทราบสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่อง (p) ของแต่ละกระบวนการ และประเมินออกมาเป็นมูลค่าความสูญเสียได้

ในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด จะอาศัยการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 เพื่อประมาณสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่อง (p) ซึ่งเป็นคุณภาพของรุ่น โดยแผนการสุ่มตัวอย่าง ANSI/ASQ Z1.9 จะใช้เฉพาะการตรวจสอบเชิงเดี่ยว ซึ่งสามารถใช้ในการตรวจสอบคุณภาพรุ่นของผลิตภัณฑ์ได้ทั้งกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดแบบด้านเดียว และกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดแบบสองด้าน โดยในการตัดสินคุณภาพรุ่นจะอาศัยหลักการพิจารณาด้วย ฟอร์ม II หรือวิธีการ M

ในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการ โดยอาศัยการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 โดยวิธีการ M มีขั้นตอนการพิจารณาดังนี้

1. การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง

ในการออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 จะต้องกำหนดขนาดตัวอย่าง (n) ในการตรวจสอบ และสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องสูงสุด (Maximum percent defective: M) ที่ยอมให้เกิดในการสุ่มตัวอย่าง เพื่อใช้ในการตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ ซึ่งการกำหนดขนาดตัวอย่างนั้น จะพิจารณาจากอักษรรหัส (Code letter) ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดรุ่นของผลิตภัณฑ์ (N) และระดับการตรวจสอบ (โดยปกติแล้วจะเป็นการตรวจสอบแบบทั่วไประดับ II) ซึ่งอ้างอิงได้จากตารางที่ ก.1 ในภาคผนวก และการกำหนดค่า M จะพิจารณาจากขนาดตัวอย่างตามอักษรรหัส ร่วมกับพิกัดของคุณภาพที่ให้การยอมรับ (Acceptance Quality Limit: AQL) ซึ่งอ้างอิงได้จากตารางที่ ก.2 – ก.3 ในภาคผนวก

2. ดำเนินการสุ่มตัวอย่างตามแผนการสุ่มตัวอย่างที่ออกแบบไว้ ซึ่งมีสมมติฐานว่าไม่มีการสับเปลี่ยนระหว่างการตรวจสอบแบบผ่อนคลาย, แบบปกติ และแบบเคร่งครัด

3. การพิจารณารุ่นของผลิตภัณฑ์ นำข้อมูลที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างคือ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ไปประมาณสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่อง (p) ซึ่งถือเป็นคุณภาพของรุ่น โดยพิจารณาได้จากดัชนีคุณภาพ (Q_L, Q_U) จากค่า Q_Lและ Q_U สามารถประมาณสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่อง (p) ได้โดยอ้างอิงจากตารางที่ ก.4 ในภาคผนวก การคำนวณดัชนีคุณภาพสามารถพิจารณาได้ดังนี้

(กรณีที่ใช้ SD ประมาณความผันแปรของกระบวนการ)

$$Q_L = \frac{\bar{X}-LSL}{SD} \text{ และ } Q_U = \frac{USL-\bar{X}}{SD}$$

ในการตัดสินคุณภาพรุ่นจะพิจารณาจากสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่อง (p) เทียบกับค่า M โดยมีเกณฑ์ในการปฏิเสธรุ่นดังนี้

(กรณีขีดจำกัดกำหนดแบบด้านเดียว)

$\hat{p}_{LSL}$ หรือ $\hat{p}_{USL} > M$

(กรณีขีดจำกัดกำหนดแบบสองด้าน)

$\hat{p}_{LSL} + \hat{p}_{USL} > M$

4. ประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการซึ่งเป็นผลมาจากสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องของรุ่น (p) โดยอาศัยการคำนวณจากสมการต้นทุนและความสูญเสียของแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9

ในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการ คู่มือนี้ได้นำเสนอสมการต้นและความสูญเสียของแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 มาใช้ในการคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงตามขีดจำกัดข้อกำหนด และการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมาย ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมโดยทั่วไปที่มีการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยข้อมูลเชิงผันแปร ซึ่งอยู่ภายใต้สภาวะควบคุม (In – control Condition) และมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) สามารถพิจารณาการคำนวณได้ดังนี้

- สัญลักษณ์ในการคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนคุณภาพ

TC_i = มูลค่าความสูญเสียรวมที่กระบวนการ i (บาท/รุ่น)

Ca_i = มูลค่าความสูญเสียจากการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ที่กระบวนการ i (บาท/รุ่น)

Cr_i = มูลค่าความสูญเสียจากการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ที่กระบวนการ i (บาท/รุ่น)

$C_{OT\,i}$ = มูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมายที่กระบวนการ i (บาท/รุ่น)

$C_{S\,i}$ = มูลค่าความสูญเสียจากผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ที่กระบวนการ i (บาท/รุ่น)

$C_{RW\,i}$ = มูลค่าความสูญเสียในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องที่กระบวนการ i (บาท/รุ่น)

C_{RS} = มูลค่าความสูญเสียในการตรวจสอบซ้ำ (บาท/รุ่น)

C_{PC} = มูลค่าความสูญเสียจากค่าปรับ (บาท/รุ่น)

C_{PR} = มูลค่าความสูญเสียในการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ใหม่ (บาท/รุ่น)

C_{SC} = มูลค่าความสูญเสียจากผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภค (บาท/รุ่น)

C_{RWC} = มูลค่าความสูญเสียในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภค (บาท/รุ่น)

$C_{M\mu\,i}$ = มูลค่าความสูญเสียจากการใช้วัตถุดิบที่ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ i (บาท/รุ่น)

$C_{MT\,i}$ = มูลค่าความสูญเสียจากการใช้วัตถุดิบ เมื่อผลิตภัณฑ์ทุกชิ้นมีคุณภาพตรงตามค่าเป้าหมายของกระบวนการ i (บาท/รุ่น)

$C_{p\,i}$ = ต้นทุนผลิตภัณฑ์ที่กระบวนการ i (บาท/หน่วย)

C_P = ต้นทุนรวมของผลิตภัณฑ์ (บาท/หน่วย)

CS_i = มูลค่าเงินที่ได้จากการขายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถจำกัดได้ที่กระบวนการ i (บาท/หน่วย)

CS_C = มูลค่าเงินที่ได้จากการขายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ซึ่งหลุดไปถึงผู้บริโภค (บาท/หน่วย)

$c_{RW\,i}$ = ค่าแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องที่กระบวนการ i (บาท/หน่วย)

$c_{SD\,i}$ = ค่าทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่กระบวนการ i (บาท/หน่วย)

c_{RS} = ค่าตรวจสอบซ้ำ (บาท/หน่วย)

c_{PC} = ค่าปรับจากผู้บริโภค (บาท/หน่วย)

c_{PR} = ค่าเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ใหม่ (บาท/หน่วย)

c_{RWC} = ค่าแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภค (บาท/หน่วย)

c_{SDC} = ค่าทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภค (บาท/หน่วย)

$L_{D\,i}$ = ค่าแรงงานทางตรงที่กระบวนการ i (บาท/หน่วย)

$L_{ID\,i}$ = ค่าแรงงานทางอ้อมที่กระบวนการ i (บาท/หน่วย)

$M_{D\,i}$ = ค่าวัตถุดิบทางตรงที่กระบวนการ i (บาท/หน่วย)

$M_{ID\,i}$ = ค่าวัตถุดิบทางอ้อมที่กระบวนการ i (บาท/หน่วย)

$L_{DRW\,i}$ = ค่าแรงงานทางตรงในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องที่กระบวนการ i (บาท/หน่วย)

$M_{IDRW\,i}$ = ค่าวัตถุดิบทางอ้อมในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องที่กระบวนการ i (บาท/หน่วย)

$L_{DSD\,i}$ = ค่าแรงงานทางตรงในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่กระบวนการ i (บาท/หน่วย)

$MC_{SD\,i}$ = ค่าเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่กระบวนการ i (บาท/หน่วย)

L_{DRS} = ค่าแรงงานทางตรงในการตรวจสอบซ้ำ (บาท/หน่วย)

MC_{RS} = ค่าเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในการตรวจสอบซ้ำ (บาท/หน่วย)

D_{RS} = ค่าขนส่งผลิตภัณฑ์ในการตรวจสอบซ้ำ (บาท/หน่วย)

D_{PR} = ค่าจัดส่งผลิตภัณฑ์ใหม่ (บาท/หน่วย)

$mc_{SD\,i}$ = ราคาเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่กระบวนการ i (บาท)

$S_{SD\,i}$ = ราคาซากเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่กระบวนการ i (บาท)

mc_{RS} = ราคาเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในการตรวจสอบซ้ำ (บาท)

S_{RS} = ราคาซากเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในการตรวจสอบซ้ำ (บาท)

$Y_{SD\,i}$ = อายุการใช้งานเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่กระบวนการ i (ปี)

Yi = อายุการใช้งานเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในการตรวจสอบ (ปี)

M_i= ค่าวัตถุดิบในการผลิตที่กระบวนการ i (บาท/หน่วย)

N_i = ขนาดรุ่นของผลิตภัณฑ์ที่เข้าสู่กระบวนการ i (หน่วย/รุ่น)

N_C = ขนาดรุ่นของผลิตภัณฑ์ที่จัดส่งไปยังผู้บริโภค (หน่วย/รุ่น)

Pa_i = โอกาสในการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ที่กระบวนการ i

P_i = สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องทั้งหมดที่พบในกระบวนการ i

$P_i = P_{LSL\ i} + P_{USL\ i}$

$P_{LSL\ i}$ = สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่มีคุณภาพต่ำกว่าขีดจำกัดกำหนดด้านล่างที่พบในกระบวนการ i

$P_{USL\ i}$ = สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่มีคุณภาพเกินขีดจำกัดกำหนดด้านบนที่พบในกระบวนการ i

$P_{S\ i}$ = สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ที่พบในกระบวนการ i

$$P_{S\ i} = \frac{\text{สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องซึ่งมีลักษณะที่ไม่สามารถแก้ไขได้}}{\text{สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องทั้งหมดที่พบในกระบวนการ i}}$$

$P_{RW\ i}$ = สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถแก้ไขที่พบในกระบวนการ i

$$P_{RW\ i} = \frac{\text{สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องซึ่งมีลักษณะที่สามารถแก้ไขได้}}{\text{สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องทั้งหมดที่พบในกระบวนการ i}}$$

$P_{S\ i} + P_{RW\ i} = 1$

P_{PC} = สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภค

P_{Sn} = สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ที่กระบวนการสุดท้าย

P_{RWn} = สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถแก้ไขได้ที่กระบวนการสุดท้าย

μ_i = ค่าเฉลี่ยการผลิตที่กระบวนการ i (หน่วย)

T_i = ค่าเป้าหมายการผลิตที่กระบวนการ i (หน่วย)

V_{SDi} = ศักยภาพของเครื่องจักรในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่กระบวนการ i (หน่วย/เดือน)

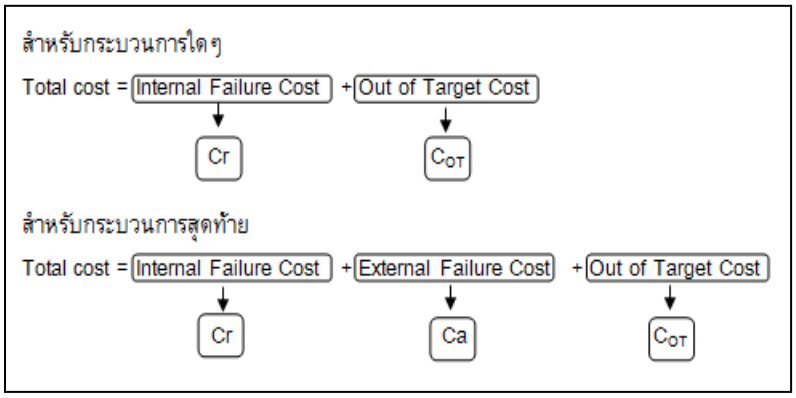
Vi = ศักยภาพของเครื่องจักรในการตรวจสอบ (หน่วย/เดือน)

**หมายเหตุ สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่อง (P) และโอกาสในการยอมรับรุ่น (Pa) เป็น Probability*

1. การคำนวณมูลค่าความสูญเสียรวม (Total Cost)

ในการพิจารณามูลค่าความสูญเสียรวมของแต่ละกระบวนการ จากการใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง ANSI/ASQ Z1.9 ในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จะมุ่งพิจารณามูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนคุณภาพดังต่อไปนี้

- มูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวภายใน (Internal Failure Costs) จะเกิดขึ้นเมื่อผู้ผลิตปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ด้วยโอกาส (1-Pa) นำมาซึ่งมูลค่าความสูญเสียจากการปฏิเสธรุ่น (Cost of Lot Rejection: Cr) ซึ่งเป็นผลมาจากมูลค่าความสูญเสียในการจัดการกับผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต
- มูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวภายนอก (External Failure Costs) จะเกิดขึ้นเมื่อผู้ผลิตยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ด้วยโอกาส (Pa) ซึ่งจะทำให้มีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดจากการสุ่มตัวอย่างไปถึงผู้บริโภคได้ นำมาซึ่งมูลค่าความสูญเสียจากการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ (Cost of Lot Acceptance: Ca) ซึ่งเป็นผลมาจากข้อร้องเรียนของผู้บริโภค (Customer complaints)
- มูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมาย (Out of target cost: C_{OT}) ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อที่ 2.2.1.2 สามารถพิจารณาการคำนวณมูลค่าความสูญเสียรวมได้ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 หลักการคำนวณมูลค่าความสูญเสียรวม

จากภาพที่ 6 พิจารณาการคำนวณมูลค่าความสูญเสียรวมได้ดังนี้

(สำหรับกระบวนการที่ i = 1, 2, 3,…,n-1)

$$TC_i = Cr_i + C_{OT\,i} \quad (1)$$

(สำหรับกระบวนที่ i = n หรือกระบวนการสุดท้าย)

$$TC_i = Cr_i + Ca_i + C_{OT\,i} \quad (2)$$

การคำนวณมูลค่าความสูญเสียรวมดังสมการที่ 1 และ 2 จะเป็นผลรวมจากต้นทุนความล้มเหลวภายใน (*หัวข้อที่ 2*) ต้นทุนความล้มเหลวภายนอก (*หัวข้อที่ 3*) และมูลค่าความสูญเสีย

จากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมาย (หัวข้อที่ 2.2.1.2) โดยในการคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ (*หัวข้อที่ 2 และ 3*) จะเป็นผลมาจากการปฏิเสธหรือยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ ซึ่งจะอาศัยโอกาสในการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ (Pa) มาใช้ในการคำนวณ โดยที่ Pa สามารถพิจารณาได้จากการ interpolation จากตารางที่ ก.5 ในภาคผนวก

2. *การคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวภายใน (Internal Failure Costs)*

มูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวภายใน เป็นความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับผู้ผลิตจากการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ สามารถคำนวณได้ดังนี้ (สำหรับกระบวนการที่ i = 1, 2, 3,…, n)

$$Cr_i = C_{S\,i} + C_{RW\,i} \qquad (3)$$

เมื่อผู้ผลิตปฏิเสธรุ่นด้วยโอกาส (1-Pa) จะทำให้เกิดมูลค่าความสูญเสียจากการปฏิเสธรุ่น ซึ่งเป็นผลมาจากมูลค่าความสูญเสียในการจัดการกับผลิตภัณฑ์บกพร่อง ดังนี้

1. มูลค่าความสูญเสียจากผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ (Scrap cost)

เป็นมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดผลิตภัณฑ์บกพร่องขึ้น ซึ่งผลิตภัณฑ์บกพร่องนั้นไม่สามารถนำไปแก้ไขได้ต้องทำการกำจัดทิ้ง โดยจะก่อให้เกิดความสูญเสียที่มาจากต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่ถูกทิ้งไป ซึ่งเป็นค่าจ้างแรงงานและค่าวัตถุดิบในการผลิตเป็นหลัก นอกจากนั้นในการกำจัดหรือทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ต้องทิ้งไปนั้น ผู้ผลิตยังมีค่าใช้จ่ายที่มาจากค่าแรงงานหรืออุปกรณ์ในการทำลาย ในการคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากการจัดการกับผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้สามารถแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1: ผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ถูกทิ้งนั้นต้องได้รับการทำลาย

$$C_{S\,i} = (1\text{-}Pa_i)(N_i \times P_i \times P_{S\,i})(C_{P\,i} + c_{SD\,i}) \qquad (4)$$

กรณีที่ 2: ผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ถูกทิ้งนั้นสามารถขายได้

$$C_{S\,i} = (1\text{-}Pa_i)(N_i \times P_i \times P_{S\,i})(C_{P\,i} - CS_i) \qquad (5)$$

การคำนวณต้นทุนต่อหน่วยในการคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้พิจารณาดังนี้

- ต้นทุนผลิตภัณฑ์ต่อหน่วย คำนวณได้จาก

$$C_{P\,i} = L_{D\,i} + M_{D\,i} + L_{ID\,i} + M_{ID\,i} \qquad (6)$$

- ค่าแรงงานทางตรงในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่อหน่วย คำนวณได้จาก

$L_{D\,i}$ = เวลาที่ใช้ในการทำงาน ($\frac{\text{ชม.}}{\text{หน่วย}}$) x จำนวนพนักงาน (คน) x ค่าแรงพนักงาน ($\frac{\text{บาท}}{\text{ชม.- คน}}$) (7)

*หมายเหตุ การคำนวณค่าแรงงานทางอ้อม ($L_{ID\,i}$) มีหลักการเช่นเดียวกับการคำนวณค่าแรงงานทางตรง ($L_{D\,i}$)

- ค่าทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วย คำนวณได้จาก

$$c_{SD\,i} = L_{DSD\,i} + MC_{SDi} \quad (8)$$

- ค่าแรงงานทางตรงในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วย คำนวณได้จาก

$L_{DSD\,i}$=เวลาที่ใช้ในการทำลาย ($\frac{\text{ชม.}}{\text{หน่วย}}$) x จำนวนพนักงาน (คน) x ค่าแรงพนักงาน ($\frac{\text{บาท}}{\text{ชม.- คน}}$) (9)

- ค่าเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วย คำนวณได้จาก

$$MC_{SD\,i} = \frac{mc_{SD\,i} - S_{SD\,i}}{12\ Y_{SD\,i}\ V_{SD\,i}} \quad (10)$$

2. มูลค่าความสูญเสียในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง (Rework cost)

เป็นมูลค่าความสูญเสียที่มาจากค่าแรงงาน และค่าวัตถุดิบในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องเป็นหลัก

$$C_{RW\,i} = (1\text{-}Pa_i)(N_i \times P_i \times P_{RW\,i})\,(c_{RW\,i}) \quad \textbf{(11)}$$

- ค่าแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วย คำนวณได้จาก

$$c_{RW\,i} = L_{DRW\,i} + M_{IDRWi} \quad (12)$$

- ค่าแรงงานทางตรงในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องต่อหน่วย คำนวณได้จาก

$L_{DRW\,i}$ = เวลาที่ใช้ในการแก้ไข ($\frac{\text{ชม.}}{\text{หน่วย}}$) x จำนวนพนักงาน (คน) x ค่าแรงพนักงาน ($\frac{\text{บาท}}{\text{ชม.-คน}}$) (13)

*หมายเหตุ ในบางอุตสาหกรรมอาจจะมีมูลค่าความสูญเสียในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เพิ่มขึ้นมาจากค่าแรงงานทางตรงและค่าวัตถุดิบทางอ้อมในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องก็ได้

ข้อสังเกต: เมื่อมีการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ ขนาดรุ่นของผลิตภัณฑ์ (N) ที่ส่งไปยังกระบวนการถัดไปหรือส่งไปยังผู้บริโภคจะมีการแทนที่ผลิตภัณฑ์บกพร่องด้วยผลิตภัณฑ์ดี

3. การคำนวณมูลค่าความสูยเสียจากต้นทุนความล้มเหลวภายนอก (External Failure Costs)

ต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพภายนอก เป็นมูลค่าความสูญเสียจากการที่มีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดไปถึงผู้บริโภค เมื่อผู้ผลิตยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์จากการสุ่มตรวจ การประเมินมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพภายนอก มีสมมติฐานว่า ผู้บริโภคจะทำการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่รับมาจากผู้ผลิตโดยการตรวจสอบ 100% โดยแนวคิดนี้จะเป็นการประเมินมูลค่าความสูญเสียที่เป็นไปได้มากที่สุด เมื่อมีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดไปถึงผู้บริโภค ซึ่งจะทำให้ผู้ผลิตตระหนักว่าควรจะต้องทำการผลิตให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพเป็นไปตามข้อกำหนดของผู้บริโภคมากที่สุด เพื่อเป็นการลดมูลค่าความสูญเสียที่จะตามมา

เมื่อผู้บริโภคตรวจรับผลิตภัณฑ์ทั้ง 100% จะทำให้พบผลิตภัณฑ์บกพร่องตามสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดจากการตรวจสอบของผู้ผลิตไปถึงยังผู้บริโภค (P_{PC}) ถือเป็นคุณภาพโดยเฉลี่ยของรุ่นที่ผู้บริโภครับเข้ามา (Incoming Quality) ซึ่งจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดนี้จะเป็นผลให้เกิดการร้องเรียนจากผู้บริโภค

- สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภค

เมื่อผู้ผลิตยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ด้วยโอกาส Pa อาจจะทำให้มีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดไป ถึงผู้บริโภคด้วยสัดส่วน P_{PC} ซึ่งสามารถคำนวณสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภคตามหลักการของคุณภาพรุ่นหลังการตรวจสอบ (Outgoing Quality) (Montgomery, 2005) ดังนี้

$$P_{PC} = Pa_i(P_i) \qquad (14)$$

เมื่อขนาดตัวอย่างน้อยกว่าขนาดรุ่นของผลิตภัณฑ์มาก ($n<<N$)

โดยที่ i = กระบวนการสุดท้าย (n)

- มูลค่าความสูญเสียจากการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์

  มูลค่าความสูญเสียจากการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ สามารถคำนวณได้ดังนี้

  (สำหรับกระบวนการที่ i = n หรือกระบวนการสุดท้าย)

$$Ca_i = C_{RS} + C_{PC} + C_{PR} + C_{SC} + C_{RWC} \qquad (15)$$

จากการที่ผู้ผลิตยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ด้วยโอกาส Pa จะทำให้มีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดไปถึงผู้บริโภคด้วยสัดส่วน P_{PC} นำมาสู่มูลค่าความสูญเสียจากการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ Ca ซึ่งเป็นผลมาจากมูลค่าความสูญเสียจากข้อร้องเรียนของผู้บริโภค (Customer complaints) ดังนี้

1. มูลค่าความสูญเสียจากการตรวจสอบซ้ำ (Rescreen cost)

เป็นมูลค่าความสูญเสียที่มาจากค่าแรงงาน, ค่าส่งกลับผลิตภัณฑ์ และค่าเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ซ้ำ ตามข้อร้องเรียนของผู้บริโภค เมื่อพบผลิตภัณฑ์ที่ส่งมอบไปแล้วมีคุณภาพไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

$$C_{RS} = P_{PC} \times N_C \times c_{RS} \quad (16)$$

- ค่าตรวจสอบผลิตภัณฑ์ซ้ำต่อหน่วย คำนวณได้จาก

$$c_{RS} = L_{DRS} + D_{RS} + MC_{RS} \quad (17)$$

- ค่าแรงงานทางตรงในการตรวจสอบซ้ำต่อหน่วย คำนวณได้จาก

$$L_{DRS} = \text{เวลาในการตรวจสอบซ้ำ}\left(\frac{\text{ชม.}}{\text{หน่วย}}\right) \times \text{จำนวนพนักงาน(คน)} \times \text{ค่าแรงพนักงาน}\left(\frac{\text{บาท}}{\text{ชม.—คน}}\right) \quad (18)$$

- ค่าเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ซ้ำต่อหน่วย คำนวณได้จาก

$$MC_{RS} = \frac{mc_{RS} - S_{RS}}{12\ Yi\ Vi} \quad (19)$$

2. มูลค่าความสูญเสียจากค่าปรับ (Penalty cost)

เป็นมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากผู้บริโภคเรียกปรับค่าเสียหาย เมื่อตรวจพบผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

$$C_{PC} = P_{PC} \times N_C \times c_{PC} \quad (20)$$

3. มูลค่าความสูญเสียในการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ใหม่ (Cost of product replacement)

เป็นมูลค่าความสูญเสียจากการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ชิ้นใหม่ให้กับผู้บริโภค เมื่อตรวจพบผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ซึ่งมูลค่าความสูญเสียนี้จะมาจากต้นทุนผลิตภัณฑ์รวม และค่าขนส่งผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนให้กับผู้บริโภค

$$C_{PR} = P_{PC} \times N_C \times c_{PR} \quad (21)$$

- ค่าเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ใหม่ต่อหน่วย คำนวณได้จาก

$$c_{PR} = C_P + D_{PR} \quad (22)$$

เมื่อมีผลิตภัณฑ์บกพร่องจากรุ่นหลุดรอดไปถึงผู้บริโภค ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าความสูญเสียให้กับผู้ผลิตในการจัดการกับผลิตภัณฑ์บกพร่องเหล่านั้น พิจารณาได้จาก Sirikhumhom and Rojanarowan (2010)

4. มูลค่าความสูญเสียจากผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภค (Scrap cost of defectives that are passed to the customer)

   กรณีที่ 1: ผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปยังผู้บริโภคที่ต้องได้รับทำลาย

$$C_{SC} = P_{PC} \times N_C \times P_{Sn} \times (C_P + c_{SDC}) \quad (23)$$

   กรณีที่ 2: ผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภคซึ่งสามารถนำไปขายได้

$$C_{SC} = P_{PC} \times N_C \times P_{Sn} \times (C_P + CS_C) \quad (24)$$

5. มูลค่าความสูญเสียในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภค (Rework cost of defectives that are passed to the customer)

$$C_{RWC} = P_{PC} \times N_C \times P_{RWn} \times c_{RWC} \quad (25)$$

2.2.1.2 การคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตที่ไม่ตรงตามค่าเป้าหมาย (Out of target cost)

การคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมายในคู่มือนี้ จะพิจารณามูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากต้นทุนวัตถุดับที่เสียไปเมื่อค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิตเบี่ยงเบนไปจากค่าเป้าหมาย

$$C_{OT\,i} = (\boldsymbol{\mu_i} - T_i)\, N_i\, M_i \quad (26)$$

ข้อสังเกตในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตที่ไม่ตรงตามค่าเป้าหมาย ซึ่งพิจารณาในส่วนของต้นทุนวัตถุดิบที่เสียไป เมื่อค่าเฉลี่ยของกระบวนการต่ำกว่าค่าเป้าหมาย จะทำให้เสียต้นทุนวัตถุดิบน้อยลง แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าจะเป็นผลดีต่อการผลิต เพราะอาจจะทำให้มีจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องสูงขึ้น ซึ่งก็จะส่งผลถึงมูลค่าความสูญเสียจากการแก้ไข (Rework

cost) มูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนผลิตภัณฑ์ที่เสียไปจากการทิ้งผลิตภัณฑ์บกพร่อง (Scrap cost) รวมไปถึงมูลค่าความสูญเสียจากข้อร้องเรียนเมื่อมีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดไปถึงผู้บริโภค

*สมการที่มีเลขกำกับเป็นตัวพิมพ์หนา คือสมการคำนวณมูลค่าความสูญเสียต่อรุ่น

2.2.2 การพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนของพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย

หลังจากการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากความสามารถของกระบวนการแล้ว จะต้องพิจารณาถึงระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนของ FPP เพื่อจะใช้ในจัดลำดับความสำคัญของ FPP

จากการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการซึ่งมีสมมติฐานว่า สามารถประเมินได้จากระดับ IPP และ FPP ซึ่งมูลค่าความสูญเสียที่ระดับ FPP อาจจะมีความสัมพันธ์กับความสามารถของกระบวนการที่ถูกควบคุมโดย IPP ดังนั้นจึงต้องมีการพิจารณาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ระหว่าง FPP กับ IPP โดยการพิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนของ FPP มีขั้นตอนดังนี้

1. พิจารณามูลค่าความสูญเสียของ FPP จากความสัมพันธ์ระหว่าง FPP กับ IPP

มูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากระดับความสามารถของกระบวนการในระดับ FPP เป็นผลมาจากความสามารถของกระบวนการที่ถูกควบคุมด้วยพารามิเตอร์ในระดับ IPP ที่มีความสัมพันธ์กัน โดยจะพิจารณามูลค่าความสูญเสียของ FPP จากผลรวมมูลค่าความสูญเสียของ FPP ใดๆ กับมูลค่าความสูญเสียจาก IPP ที่มีความสัมพันธ์กับ FPP นั้น

ในบางกรณี IPP หนึ่งตัวอาจจะมีความสัมพันธ์กับ FPP หลายตัว ยกตัวอย่างเช่น IPP1 มีความสัมพันธ์กับ FPP A และ FPP B ซึ่งมูลค่าความสูญเสียจาก IPP นั้นๆ อาจจะส่งผลต่อ FPP ในแต่ละตัวไม่เท่ากัน จึงได้นำเกณฑ์การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง IPP กับ FPP มาพิจารณาผลกระทบที่มีต่อ FPP ในแต่ละตัว โดยแบ่งระดับความสัมพันธ์ออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

0 = ไม่มีความสัมพันธ์กับ FPP

1 = มีความสัมพันธ์กับ FPP ในระดับเล็กน้อย

4= มีความสัมพันธ์กับ FPP ในระดับปานกลาง

9 = มีความสัมพันธ์กับ FPP ในระดับมาก

จากความเห็นของทีมปรับปรุงความสามารถของกระบวนการพบว่า IPP1 มีความสัมพันธ์กับ FPP A ในระดับ 9 และ IPP1 มีความสัมพันธ์กับ FPP B ในระดับ 1 จึงสามารถประมาณมูลค่าความสูญเสียจาก IPP1 (15,000 บาท) ที่ส่งผลกระทบต่อ FPP A และ FPP B ดังนี้

- มูลค่าความสูญเสียจาก IPP1 ที่ส่งผลกระทบต่อ FPP A

$$\text{มูลค่าความสูญเสีย} = \frac{\text{ระดับความสัมพันธ์กับ FPP A}}{\text{ระดับความสัมพันธ์กับ FPP A+ระดับความสัมพันธ์กับ FPP B}} \times 15{,}000 \text{ บาท}$$

$$\text{มูลค่าความสูญเสีย} = \frac{9}{9+1} \times 15{,}000 \text{ บาท}$$

มูลค่าความสูญเสีย = 0.9 x 15,000 บาท = 13,500 บาท

จะเห็นว่า IPP1 มีผลกระทบต่อ FPP A ถึง 90% ซึ่งมีมูลค่าความสูญเสียที่ส่งผลกระทบต่อ FPP A เท่ากับ 13,500 บาท

- มูลค่าความสูญเสียจาก IPP1 ที่ส่งผลกระทบต่อ FPP B

$$\text{มูลค่าความสูญเสีย} = \frac{\text{ระดับความสัมพันธ์กับ FPP B}}{\text{ระดับความสัมพันธ์กับ FPP A+ระดับความสัมพันธ์กับ FPP B}} \times 15{,}000 \text{ บาท}$$

$$\text{มูลค่าความสูญเสีย} = \frac{1}{9+1} \times 15{,}000 \text{ บาท}$$

มูลค่าความสูญเสีย = 0.1 x 15,000 บาท = 1,500 บาท

จะเห็นว่า IPP1 มีผลกระทบต่อ FPP B เพียง 10% ซึ่งมีมูลค่าความสูญเสียที่ส่งผลกระทบต่อ FPP B เท่ากับ 1,500 บาท

2. การเรียงลำดับ FPP ตามระดับความวิกฤตเชิงต้นทุน

หลักการพิจารณาลำดับความสำคัญของ FPP ซึ่งมีความสัมพันธ์กับ IPP ตามระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนคือ จะเรียงลำดับจาก FPP ที่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียสูงที่สุดไปสู่ FPP ที่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียต่ำที่สุด ซึ่งจากลำดับความสำคัญนี้จะต้องนำไปพิจารณาเพื่อคัดกรองเอาเฉพาะ FPP ที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิตซึ่งจะนำเสนอในหัวข้อที่ 2.3

2.3 การจัดลำดับ และเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายไปทำการปรับปรุง

ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการจะต้องมีการคัดกรองเฉพาะพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายที่ก่อให้เกิดผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิตไปพิจารณาปรับปรุง

ในขั้นตอนถัดไป (ขั้นตอนที่ 3) โดยจะเลือกตามลำดับความสำคัญของพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายจากความวิกฤตเชิงเทคนิคและความวิกฤตเชิงต้นทุน แบ่งออกเป็น 3 วิธี ดังนี้

- พิจารณาจากความวิกฤตเชิงเทคนิคและความวิฤติเชิงต้นทุน ซึ่งมีความสำคัญเท่ากัน
- พิจารณาจากความวิกฤตเชิงต้นทุนเป็นหลัก
- พิจารณาจากความวิกฤตเชิงเทคนิคเป็นหลัก

2.3.1 วิธีที่ 1 พิจารณาจากความวิกฤตเชิงเทคนิคและความวิฤติเชิงต้นทุน ซึ่งมีความสำคัญเท่ากัน

ในการพิจารณาลำดับและเลือก FPP โดยวิธีนี้จะเหมาะกับกระบวนการผลิตที่ต้องให้ความสำคัญกับเรื่องลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตามความต้องการของผู้บริโภค และมีต้นทุนในการผลิตสูง ซึ่งเป็นปัญหาที่มีความสำคัญเท่ากัน โดยมีหลักการดังนี้

1. พิจารณาระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนให้มีช่วงคะแนนความวิกฤตตามระดับความวิกฤตเชิงเทคนิค กล่าวคือ ถ้าเป็นการวิเคราะห์แบบละเอียดให้แบ่งช่วงคะแนนความวิกฤตเชิงต้นทุนออกเป็น 5 ระดับ และการวิเคราะห์จากลักษณะภายนอกของผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนไปให้แบ่งช่วงคะแนนความวิกฤตเชิงต้นทุนออกเป็น 3 ระดับ ทั้งนี้ก็เพื่อลดช่องว่าง (Gap) ของความแตกต่างระหว่างระดับความวิกฤตเชิงเทคนิค และระดับความวิกฤติเชิงต้นทุน

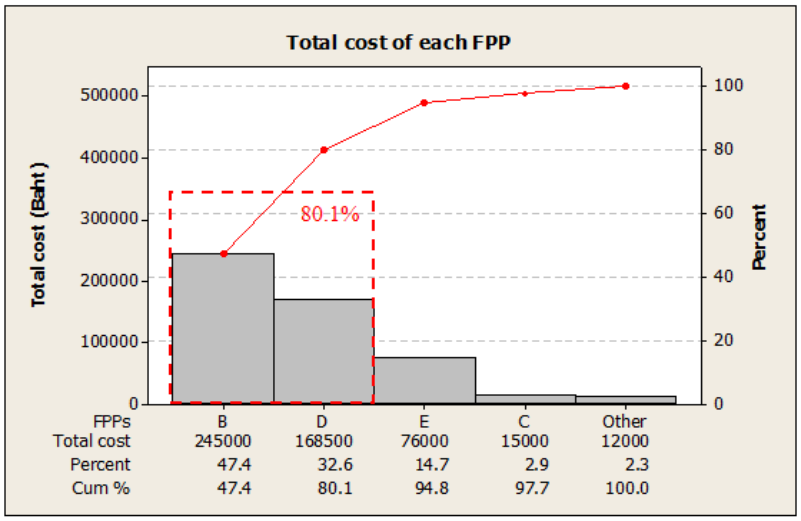
2. พิจารณาระดับความสำคัญของ FPP โดยเป็นผลรวมของระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคและระดับความวิกฤตเชิงต้นทุน

3. จัดลำดับความลำคัญของ FPP โดยเป็นการเรียงตามผลรวมของระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคและระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนจากมากไปน้อย

ข้อเสนอแนะ ในกรณีที่มี FPP หลายตัว ซึ่งอาจจะไม่สามารถนำไปพิจารณาในการเลือกปรับปรุงความสามารถของกระบวนการได้ทุกพารามิเตอร์ เนื่องจากข้อจำกัดด้านต่างๆ เช่น ทรัพยากรและเวลาในการดำเนินงาน ดังนั้นในการแก้ปัญหาสำหรับกระบวนการผลิตที่มี FPP จำนวนมาก อาจจะต้องอาศัยเครื่องมือการควบคุมคุณภาพทางสถิติ (QC Tools) มาใช้ในการกรอง FPP ที่ส่งผลต่อกระบวนการผลิต หลังจากทำการเรียงลำดับความสำคัญของ FPP แล้วอีกครั้งหนึ่ง เช่น ใช้แผนภาพพาเรโต (Pareto chart) หรือการพิจารณาจากทีมปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

2.3.2 วิธีที่ 2 พิจารณาจากความวิกฤตเชิงต้นทุนเป็นหลัก

การจัดลำดับ และเลือก FPP โดยวิธีนี้จะใช้มูลค่าความสูญเสียหรือต้นทุนรวม (Total cost) มาเป็นปัจจัยหลักในการพิจารณา ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะกับกระบวนการที่ก่อให้เกิดความสูญเสียเชิงต้นทุนสูง เช่น มีต้นทุนในการผลิตที่สูงมาก และก่อให้เกิดความสูญเสียที่มากกว่าด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามความต้องการของผู้บริโภค โดยจะเลือกเอา FPP ที่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียที่ 80% และ FPP ที่มีความวิกฤตอยู่ในระดับรุนแรงสูงสุด คือ ระดับ 5 หรือ ระดับ CMP ที่ไม่ได้อยู่ในส่วนของ 80% มาพิจารณาด้วย ยกตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์ A มี FPP ที่ควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 5 ประเภท คือ A, B, C, D และ E โดยมีต้นทุนรวม และระดับความวิกฤตเชิงเทคนิค คือ (12,000 บาท, STDP), (245,000 บาท, CMP), (15,000 บาท, CNP), (168,500 บาท, CNP) และ (76,000 บาท, CMP) ตามลำดับ พิจารณาการเลือก FPP ตามความวิกฤตเชิงต้นทุนเป็นหลัก ได้ดังแผนภาพพาเรโตในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การพิจารณาเลือก FPP จากความวิกฤตเชิงต้นทุนเป็นหลัก

จากภาพที่ 7 จะเห็นว่า B และ D เป็น FPP ที่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียที่ 80.1 % ในการผลิต ผลิตภัณฑ์ A นอกจากนั้นยังเลือก FPP ที่มีความวิกฤตเชิงเทคนิคในระดับ CMP มาร่วมพิจารณาด้วย คือ E ถึงแม้ว่าจะไม่ได้เป็น FPP ที่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียใน 80% ของกระบวนการผลิต แต่ก็มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีลำดับความสำคัญในการนำไปพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการคือ B, D และ E ตามลำดับ ซึ่งวิธีการนี้ จะเป็นการเลือก FPP ที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต ซึ่งครอบคลุมทั้งด้านต้นทุน และความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

2.3.3 วิธีที่ 3 พิจารณาจากความวิกฤตเชิงเทคนิคเป็นหลัก

การจัดลำดับ และเลือก FPP โดยวิธีนี้จะเหมาะกับกระบวนการผลิตที่ผู้ผลิตมุ่งให้ความสำคัญกับลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ต้องตรงตามข้อกำหนดของผู้บริโภคเป็นหลัก ซึ่งถ้ามีผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดหลุดไปถึงผู้บริโภค อาจจะทำให้เกิดมูลค่าความสูญเสียที่ตามมาเช่น มูลค่าความสูญเสียจากการตรวจสอบซ้ำ มูลค่าความสูญเสียจากค่าปรับ หรือแม้กระทั่งการระงับการสั่งซื้อ (Stop Order) ซึ่งอาจจะมีผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์ได้ ในการเลือก FPP จะพิจารณาตามระดับความวิกฤตเชิงเทคนิคจากสูงสุดไปต่ำสุด เช่น จากระดับ 5 ไปถึง 1 หรือ จาก CMP ไปถึง STDP โดยเรียงลำดับความสำคัญของ FPP ตามมูลค่าความสูญเสียในเชิงต้นทุนจากมากไปน้อยในแต่ละระดับของความวิกฤตเชิงเทคนิค และเลือก FPP ที่มีความวิกฤตเชิงเทคนิคในระดับสูงสุด (ระดับ 5 หรือ CMP) ไปพิจารณาทั้งหมด (100% Selected) ส่วนการเลือก FPP ที่มีความวิกฤตเชิงเทคนิคในระดับที่รองลงมานั้นขึ้นอยู่กับความเห็นของทีมปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ โดยมีหลักการพิจารณาแสดงดังภาพที่ 8

Priority	Technical Criticality	Cost Criticality	Selection
1	CMP	Max ↓ Min	100%
2	CNP	Max ↓ Min	X%
3	STDP	Max ↓ Min	X%

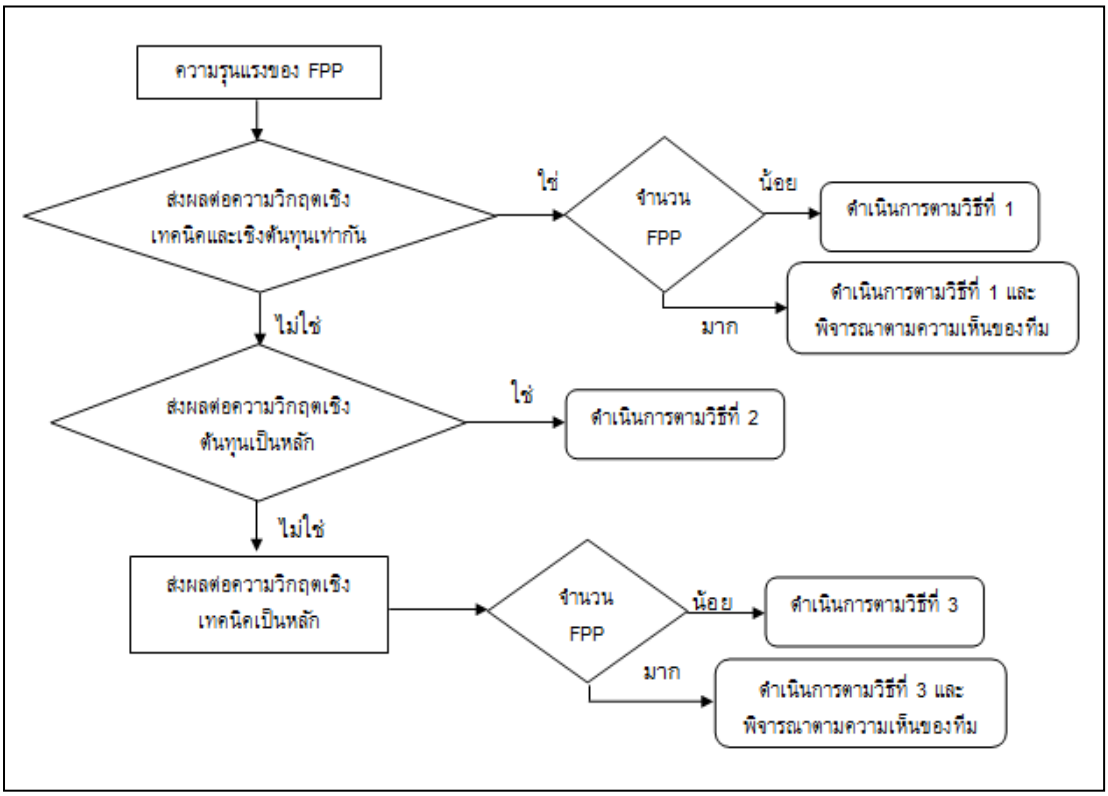
ภาพที่ 8 การพิจารณาเลือก FPP ตามความวิกฤตเชิงเทคนิคเป็นหลัก

จากตัวอย่างในการผลิตผลิตภัณฑ์ A ซึ่งอ้างอิงจากหัวข้อที่ 2.3.2 เมื่อพิจารณาเลือก FPP ตามวิธีที่ 3 พบว่า FPP ที่มีความวิกฤตเชิงเทคนิคในระดับ CMP จะถูกเลือกมาพิจารณาทั้งหมด คือ B และ E นอกจากนั้นยังเลือก FPP ที่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียเชิงต้นทุนที่ 91.8% ในระดับ CNP คือ D มาร่วมพิจารณาด้วย ซึ่งมีลำดับความลำคัญในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการคือ B, E และ D ตามลำดับ ข้อสังเกตคือ E เป็น FPP ที่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียเชิงต้นทุนน้อยกว่า D แต่มีความสำคัญมากกว่า เนื่องจาก E ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้มากกว่า D ซึ่งการเลือก FPP ตามวิธีที่ 3 จะทำให้เชื่อมั่นได้ว่า FPP ที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะได้รับการพิจารณาปรับปรุงก่อน

นอกจากนั้นยังไม่เป็นการมองข้ามที่จะปรับปรุงใน FPP ที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนในการผลิต แต่วิธีการดังกล่าวยังมีข้อเสียคือ ไม่เหมาะกับกระบวนการที่มี FPP ที่ควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นจำนวนมาก เพราะการเลือก FPP อาจจะไม่ครอบคลุมถึงพารามิเตอร์ที่มีความวิกฤตเชิงเทคนิคในระดับที่รองลงมา แต่มีมูลค่าความสูญเสียที่สูงกว่า ซึ่งปัญหาในด้านต้นทุนการผลิตอาจได้รับการปรับปรุงล่าช้า

อย่างไรก็ตามการเลือก FPP ไปใช้ในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการต้องเลือกให้เหมาะสมกับแต่ละกระบวนการผลิต และจำนวนของ FPP ที่เลือกนั้นต้องขึ้นอยู่กับศักยภาพและความพร้อมของแต่ละโรงงาน ซึ่งต้องอยู่ภายใต้พื้นฐานของการพิจารณาร่วมกันเป็นทีม

จากวิธีการจัดลำดับและเลือก FPP ที่ได้เสนอไปใน 3 วิธี สามารถสรุปเป็นข้อปฏิบัติในการนำไปประยุกต์ใช้ พิจารณาได้ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 แนวทางในการจัดลำดับและเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย

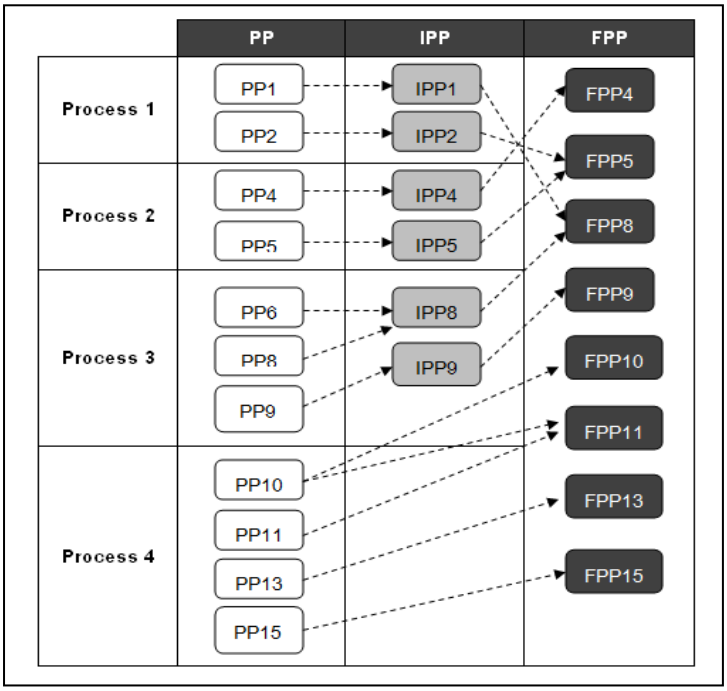
3. การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

เมื่อทำการคัดกรองเอาเฉพาะ FPP ที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิตแล้ว ในขั้นตอนนี้จะเป็นการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ ว่าต้องดำเนินการปรับปรุงในกระบวนการใดก่อน และเลือกพารามิเตอร์ที่เป็นรากเหง้าของปัญหา (PP) ไปทำการปรับปรุง โดยอาศัยแผนผังเมทริกซ์ (Matrix diagram) มาใช้ในการพิจารณาซึ่งมีขั้นตอนดังภาพที่ 10

ภาพที่ 10 ขั้นตอนการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

3.1 การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์แต่ละประเภทในกระบวนการผลิต

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการพิจารณาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในกระบวนการ (IPP และ PP) กับ FPP ที่ผ่านการคัดกรองแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้จะมีเฉพาะ IPP และ PP ที่ส่งผลกระทบต่อ FPP ซึ่งจะนำไปใช้ในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ของกระบวนการ (PP) ที่จะปรับปรุงโดยใช้ แผนผังเมทริกซ์ ซึ่งจะเห็นว่าการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์แต่ละประเภทในกระบวนการผลิต จะเป็นการพิจารณาจากปลายเหตุของปัญหาไปสู่รากเหง้าของปัญหา (จาก FPP ไปสู่ PP) ซึ่งในการที่จะได้มาถึงรากเหง้าของปัญหานั้นจะต้องอาศัยการพิจารณาร่วมกันของทีมปรับปรุงคุณภาพ เช่น การระดมสมอง (Brainstorm) หรือนำเครื่องมือควบคุมคุณภาพ (QC Tools) เช่น แผนภูมิแสดงสาเหตุและผล (Cause and effect diagram) มาช่วยในการพิจารณา ตัวอย่างในการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์แต่ละประเภท แสดงดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ตัวอย่างการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์แต่ละประเภท

จากภาพที่ 11 จะเป็นการคัดกรองเอาเฉพาะ IPP และ PP ที่มีความสัมพันธ์กับ FPP ไปใช้พิจารณาในแผนผังเมทริกซ์ ซึ่งจะเห็นว่า FPP ใดๆ อาจจะมีความเกี่ยวข้องหรือมีสาเหตุมาจากพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิต (IPP หรือ PP) ได้หลายตัว เช่น FPP11 เป็นปัญหาในการผลิตที่เกิดจากกระบวนการที่ 4 โดยเป็นผลมาจากการควบคุม PP10 และ PP11

3.2 การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ของกระบวนการที่จะปรับปรุง

แผนผังเมทริกซ์ถูกนำมาเป็นเครื่องมือในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและเลือกพารามิเตอร์ไปทำการปรับปรุง ซึ่งจะพิจารณาจากคะแนนรวมความรุนแรงของ IPP หรือ PP ในแต่ละกระบวนการที่มีความสัมพันธ์กับ FPP ที่ผ่านการคัดกรองแล้ว โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาความสัมพันธ์กับ FPP แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

0 = ไม่มีความสัมพันธ์กับ FPP

1 = มีความสัมพันธ์กับ FPP ในระดับเล็กน้อย

4 = มีความสัมพันธ์กับ FPP ในระดับปานกลาง

9 = มีความสัมพันธ์กับ FPP ในระดับมาก

การคำนวณคะแนนความรุนแรงของพารามิเตอร์ (IPP และ PP) ที่มีความสัมพันธ์กับ FPP พิจารณาได้ดังนี้

$$Z_i = \sum_{j=1}^{m} y_j x_{ij} \quad (27)$$

โดยที่ i = 1, 2, 3, …, n

j = 1, 2, 3, …, m

กำหนดให้ Z_i= คะแนนความรุนแรงของพารามิเตอร์ i

y_i = ระดับความรุนแรงของ FPP j

x_{ij}= ค่าความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ i กับ FPP j

ซึ่งคะแนนรวมความรุนแรงของแต่ละกระบวนการ (P_i) สามารถคำนวณได้จากผลรวมของ Z_i จากแต่ละพารามิเตอร์ (IPP และ PP) ดังนี้

$$P_i = \sum_{i=1}^{n} Z_i \quad (28)$$

โดยที่ i = 1, 2, 3,…, n

การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในระดับ PP ไปทำการปรับปรุง จากการพิจารณาความสัมพันธ์กับ FPP โดยใช้ แผนผังเมทริกซ์ มีขั้นตอนดังนี้ (พิจารณาดังภาพที่ 12)

1. นำ FPP ที่ได้จากการจัดลำดับความสำคัญและถูกเลือก บันทึกลงในส่วนที่ (1) โดยเรียงลำดับตามคะแนนความรุนแรงในส่วนที่ (2) ซึ่ง FPP ที่มีความสำคัญมากที่สุดจะมีคะแนนความรุนแรงเป็นค่าสูงสุดตามจำนวน FPP ที่นำมาพิจารณา และคะแนนความรุนแรงจะลดลงตามลำดับความสำคัญของ FPP

2. นำพารามิเตอร์ (IPP และ PP) ที่มีความสัมพันธ์กับ FPP บันทึกลงตามกระบวนการในส่วนที่ (3) และพิจารณาค่าความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในแต่ละกระบวนการกับ FPP ลงในส่วนที่ (4)

3. คำนวณคะแนนความรุนแรงของแต่ละพารามิเตอร์ (Z_i) ตามสมการที่ 27 ลงในส่วนที่ (5) เช่น คะแนนความรุนแรงของ PP10 คือ Z_{PP10} = (4x5) +(4x4) = 36 และคำนวณคะแนนรวมความ

รุนแรงของแต่ละกระบวนการตามสมการที่ 28 ลงในส่วนที่ (6) เช่น คะแนนรวมความรุนแรงของกระบวนการที่ 4 คือ $P_4 = 36 + 45 + 72 + 54 = 207$

แผนผังเมทริกซ์ในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ											
		พารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (1)								คะแนนรวม Zj (5)	คะแนนรวม Pi (6)
		FPP 13	FPP 4	FPP 15	FPP 11	FPP 10	FPP 5	FPP 9	FPP 8		
ระดับความรุนแรงของ FPP (2)		8	7	6	5	4	3	2	1		
กระบวนการ (3)		คะแนนความสัมพันธ์กับ FPP (4)									
1	PP1								1	1	8
	PP2						1			3	
	IPP1								1	1	
	IPP2						1			3	
2	PP4		9							63	150
	PP5						4			12	
	IPP4		9							63	
	IPP5						4			12	
3	PP6								1	1	25
	PP8								4	4	
	PP9							4		8	
	IPP8								4	4	
	IPP9							4		8	
4	PP10				4	4				36	207
	PP11				9					45	
	PP13	9								72	
	PP15			9						54	

ภาพที่ 12 ตัวอย่างแผนผังเมทริกซ์ในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

คะแนนความรุนแรงที่ได้จากแผนผังเมทริกซ์จะถูกนำไปใช้ในการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ และเลือกพารามิเตอร์ (PP) ไปทำการปรับปรุง โดยแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 วิธี ดังนี้

1. วิธีที่ 1: การพิจารณาตามลำดับความสำคัญของ FPP

วิธีนี้เป็นการพิจารณาโดยมุ่งไปที่พารามิเตอร์ของกระบวนการที่มีความสัมพันธ์สูงกับ FPP ที่มีความสำคัญมากที่สุดก่อน โดยจะเป็นการพิจารณาตามค่าความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในกระบวนการกับ FPP ไปทีละพารามิเตอร์ ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะกับกระบวนการที่ IPP หรือ PP มีความสัมพันธ์กับ FPP เพียงตัวเดียว ดังตัวอย่างในภาพที่ 12 จะเห็นว่า FPP13 เป็น FPP ที่มีระดับความสำคัญมากที่สุดซึ่งเป็นผลมาจาก PP13 ในกระบวนการที่ 4 โดยมีค่าความสัมพันธ์กับ

FPP13 ในระดับ 9 คิดเป็นคะแนนความรุนแรง (Z_{PP13}) ที่สูงที่สุดเท่ากับ 72 คะแนน ซึ่ง PP13 ถือเป็นสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตมากที่สุด เมื่อพิจารณาที่ FPP4 ซึ่งมีความสำคัญเป็นอันดับที่ 2 พบว่ามีความสัมพันธ์กับ IPP4 และมีผลสืบเนื่องมาจาก PP4 ในกระบวนการที่ 2 โดย PP4 มีค่าความสัมพันธ์กับ FPP4 ในระดับ 9 คิดเป็นคะแนนความรุนแรง (Z_{PP4}) เท่ากับ 63 คะแนน แสดงว่า PP4 เป็นสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตเป็นลำดับที่ 2 และการพิจารณาในทำนองเดียวกันพบว่า PP15 ในกระบวนการที่ 4 มีค่าความสัมพันธ์กับ FPP15 ในระดับ 9 คิดเป็นคะแนนความรุนแรง (Z_{PP15}) เท่ากับ 54 คะแนน ถือว่า PP15 เป็นสาเหตุของผลกระทบต่อกระบวนการผลิตเป็นลำดับที่ 3 โดยการพิจารณาจะทำตามหลักการนี้ไปเรื่อยๆ จนถึงพารามิเตอร์ที่มีคะแนนความสัมพันธ์กับ FPP ต่ำที่สุด

ผลจากการพิจารณาตามวิธีการดังกล่าวพบว่า กระบวนการที่ 4 มีความสำคัญในการปรับปรุงเป็นลำดับแรก รองลงมาคือกระบวนการที่ 2 (ยกตัวอย่างเฉพาะกระบวนการที่มีคะแนนความรุนแรง (Z_i) สูง) ในการเลือกพารามิเตอร์ของกระบวนการที่จะทำการปรับปรุง จะพิจารณาตาม PP ที่มีความสัมพันธ์กับ FPP จากมากไปน้อย คือ PP13, PP4, PP15, PP11, PP10 และ PP5 ตามลำดับ ซึ่งการพิจารณาตามวิธีการนี้มีข้อดีคือทำให้มั่นใจได้ว่าการจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการจะพิจารณาลงไปถึงสาเหตุหลักที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิตอย่างแท้จริง แต่ก็ยังมีข้อเสียสำหรับการพิจารณาในกระบวนการที่มีความเกี่ยวข้องกับ FPP หลายพารามิเตอร์ ซึ่งจะใช้เวลาค่อนข้างนาน และมีความยุ่งยากกว่าการพิจารณาที่คะแนนรวมความรุนแรงของกระบวนการ (P_i)

2. วิธีที่ 2: การพิจารณาตามคะแนนรวมความรุนแรงของกระบวนการ

วิธีการนี้เป็นการพิจารณาโดยยึดตามคะแนนรวมความรุนแรงของกระบวนการ (P_i) เป็นหลัก โดยเป็นการพิจารณาความสัมพันธ์ของ (IPP และ PP) กับ FPP หลายๆตัวไปพร้อมกัน ซึ่งกระบวนการใดมีคะแนนรวมความรุนแรง (P_i) สูงที่สุด ก็จะมีความสำคัญในการปรับปรุงเป็นลำดับแรก ดังเช่นตัวอย่าง พิจารณาตามส่วนที่ 6 ดังภาพที่ 12 พบว่ากระบวนการที่ 4 มีคะแนนรวมความรุนแรงของกระบวนการ (P_4) เท่ากับ 207 คะแนน ซึ่งถือว่าเป็นกระบวนการที่ก่อให้เกิดความสูญเสียต่อกระบวนการผลิตมากที่สุด รองลงมาคือ กระบวนการที่ 2 ซึ่งมีคะแนนรวมความรุนแรงของกระบวนการ (P_2) เท่ากับ 150 คะแนน

จากการคะแนนความรุนแรงของกระบวนการ (P_i) พบว่ากระบวนการที่ 4 มีความสำคัญในการดำเนินการปรับปรุงเป็นลำดับแรก (P_4 = 207 คะแนน) รองลงมาคือกระบวนการที่ 2 (P_2 = 150 คะแนน) และในการเลือกพารามิเตอร์ในระดับ PP ไปทำการปรับปรุงนั้นจะเริ่มจากใน

กระบวนการที่ 4 เป็นลำดับแรก โดยจะพิจารณาไปตามคะแนนความรุนแรงของพารามิเตอร์ (Z_i) ซึ่งจะเห็นว่า PP13 ควรได้รับการพิจารณาไปปรับปรุงเป็นลำดับแรก รองลงมาคือ PP15, PP11 และ PP10 ตามลำดับ แล้วจึงดำเนินการปรับปรุงในกระบวนการที่ 2 หรือกระบวนการอื่นๆ ตามคะแนน P_i โดยลำดับ ซึ่งวิธีการนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับกระบวนการที่มีความเกี่ยวข้องกับ FPP หลายตัว และในแต่ละกระบวนการมี IPP และ PP หลายตัวที่ต้องทำการพิจารณา ซึ่งทำให้การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว แต่ยังมีข้อเสีย คือ อาจจะทำให้พารามิเตอร์ในระดับ PP ที่มีความสัมพันธ์สูงกับ FPP ที่มีความสำคัญเป็นลำดับแรกได้รับการปรับปรุงล่าช้า ถ้ากระบวนการนั้นมีคะแนน P_i ต่ำ ซึ่งเป็นผลมาจากพารามิเตอร์ในกระบวนการนั้นมีความสัมพันธ์กับ FPP ไม่กี่ตัว

อย่างไรก็ตามการเลือกพารามิเตอร์ในแต่ละกระบวนการอาจจะอาศัยเครื่องมือคุณภาพทางสถิติ (QC Tools) เช่น แผนภาพพาเรโต มาช่วยในการคัดเลือกเฉพาะ PP ที่มีผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิตไปทำการปรับปรุงซึ่งจะทำการปรับปรุงในกี่พารามิเตอร์นั้น ต้องขึ้นอยู่กับศักยภาพ และความพร้อมของโรงงานนั้นๆ และจะประยุกต์ใช้วิธีใดต้องขึ้นอยู่กับสถาณการณ์ของแต่ละโรงงาน เช่น ถ้ามีจำนวนพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตจำนวนมาก วิธีที่ 2 ก็จะช่วยให้การพิจารณานั้นสามารถทำได้ง่าย และรวดเร็วยิ่งขึ้น

4. การกำหนดแนวทางในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

เมื่อทราบถึงกระบวนการ และพารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบต่อความสูญเสียทั้งในเชิงต้นทุนและความพึงพอใจของผู้บริโภคแล้ว จะต้องพิจารณาถึงแนวทางในการดำเนินการปรับปรุง ว่าต้องปรับลดความผันแปรของกระบวนการ หรือปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงค่าเป้าหมาย หรือดำเนินการในทั้ง 2 ด้าน โดยอาศัยการพิจารณาจากดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการร่วมกับความเป็นไปได้จากความยากง่าย และความคุ้มค่าในการดำเนินการปรับปรุงเมื่อเทียบกับมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ (Cost saving) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 แนวทางหลักๆ คือ

1. แนวทางการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบสมมาตร และไม่สมมาตร
2. แนวทางการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว

4.1 แนวทางการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบสมมาตร และไม่สมมาตร

ในการพิจารณาเลือกแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ สำหรับกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบสมมาตร และกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบไม่สมมาตร ซึ่งต้องอาศัยดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการเป็นตัวแปรหนึ่งที่นำมาพิจารณาร่วมกับความคุ้มค่าในการดำเนินการเทียบกับมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ สามารถพิจารณาได้จากแนวทางเดียวกันดังภาพที่ 13 แต่มีข้อสังเกตคือจะมีวิธีการคำนวณดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการแตกต่างกัน ซึ่งกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบสมมาตร จะใช้ค่า C_p และ C_{pk} ที่ใช้กันอยู่ทั่วไป แต่การคำนวณดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบ**ไม่สมมาตร** และเป็นกระบวนการที่ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ พิจารณาการคำนวณได้ดังนี้

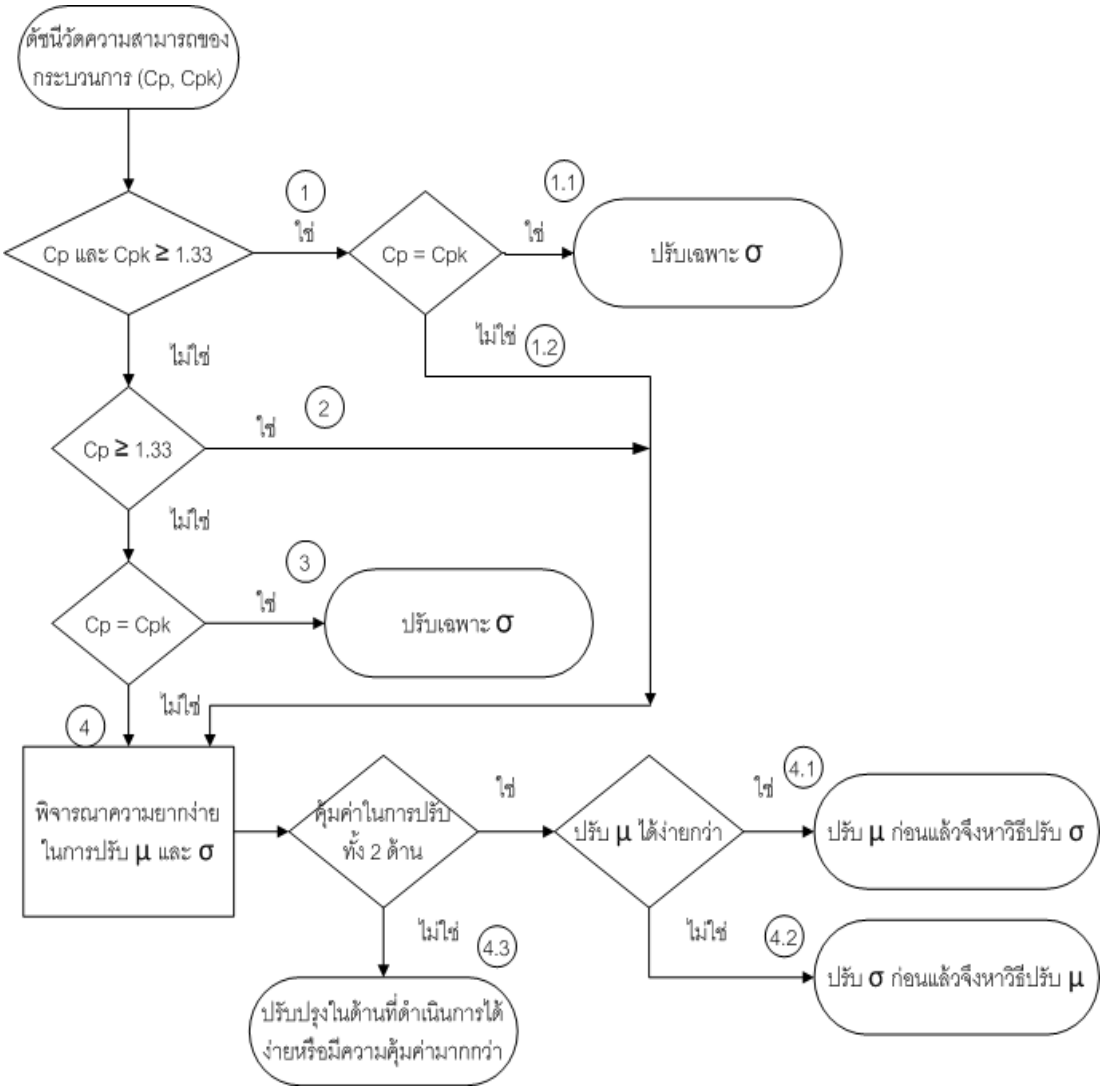
$$C_p'' = \frac{d^*}{3\sigma} \tag{29}$$

$$C_{pk}'' = \frac{d^* - F^*}{3\sigma} \tag{30}$$

โดยที่ $d^* = \min(d_U , d_L)$, $d_U = USL - T$ และ $d_L = T - LSL$, $T = Target$

$F^* = \max (d^*(\mu - T)/d_U , d^*(T- \mu)/d_L)$

ข้อสังเกตในการพิจารณาดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการคือ จะนำเฉพาะดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการในระยะสั้นมาพิจารณา (C_p และ C_{pk}) เนื่องจากในสมมติฐานของการเปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการในวิธีนี้ ต้องเป็นกระบวนการที่อยู่ในสภาวะควบคุม ซึ่งจะทำให้ค่าดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการในระยะสั้น มีค่าไม่แตกต่างจากดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการในระยะยาว (P_p และ P_{pk}) อย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ ค่า P_p ก็คือ C_p และค่า P_{pk} ก็คือ C_{pk}



ภาพที่13 แนวทางในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบสมมาตร และกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบไม่สมมาตร

จากภาพที่13 สามารถแบ่งแนวทางการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการได้ดังนี้

1. แนวทางที่ 1 เมื่อพิจารณาค่า C_p และ C_{pk} แล้วผ่านเกณฑ์การยอมรับที่ 1.33 ($\geq$ 1.33) แสดงว่ากระบวนการมีความสามารถทั้งด้านความผันแปรและค่าเฉลี่ยของกระบวนการ แต่กระบวนการที่เลือกมาปรับปรุงนั้นเป็นสาเหตุให้เกิดความสูญเสียในด้านต้นทุนการผลิต หรือความพึงพอใจของผู้บริโภค จึงควรดำเนินการปรับปรุงเพื่อให้ความสูญเสียจากกระบวนการผลิตลดลง โดยแบ่งออกเป็น 2 แนวทางคือ

1.1 เมื่อ C_p ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับ C_{pk} แสดงว่าค่าเฉลี่ยของกระบวนการนั้นตรงหรือใกล้เคียงกับค่าเป้าหมาย ซึ่งความสูญเสียที่เกิดขึ้นอาจจะยังมีผลมาจากความผันแปรของกระบวนการ จึงควรมุ่งปรับลดเฉพาะความผันแปรของกระบวนการ

1.2 เมื่อ C_p มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับ C_{pk} ($C_{pk} < C_p$) แสดงว่าค่าเฉลี่ยของกระบวนการเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย (Mean off target) ซึ่งความสูญเสียที่เกิดขึ้นอาจจะยังมีผลมาจากค่าเฉลี่ย และความผันแปรของกระบวนการ จึงควรดำเนินการตามแนวทางที่ 4

2. แนวทางที่ 2 เมื่อมีเฉพาะค่า C_p ที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับ ($C_{pk} < C_p$) แสดงว่าค่าเฉลี่ยของกระบวนเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย (Mean off target) ซึ่งความสูญเสียที่เกิดขึ้นอาจจะยังมีผลมาจากค่าเฉลี่ย และความผันแปรของกระบวนการ จึงควรดำเนินการตามแนวทางที่ 4

3. แนวทางที่ 3 เมื่อ C_p และ C_{pk} ไม่ผ่านเกณฑ์การยอมรับ โดยที่ C_p และ C_{pk} มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าค่าเฉลี่ยของกระบวนการนั้นตรงหรือใกล้เคียงกับค่าเป้าหมาย แต่ยังมีความผันแปรของกระบวนการอยู่ จึงควรมุ่งปรับลดเฉพาะความผันแปรของกระบวนการ

4. แนวทางที่ 4 เมื่อ C_p และ C_{pk} ไม่ผ่านเกณฑ์การยอมรับ และ C_p มีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับ C_{pk} จึงควรที่จะปรับปรุงทั้งความผันแปร และค่าเฉลี่ยของกระบวนการ โดยจะพิจารณาจากความยากง่าย และความคุ้มค่าในการดำเนินการเทียบกับ Cost saving แบ่งการพิจารณาออกเป็น 3 แนวทาง ดังนี้

4.1 เมื่อมีความคุ้มค่าที่จะดำเนินการปรับปรุงในทั้ง 2 ด้าน ถ้าพบว่าการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมาย (ค่าที่ดีที่สุดที่สามารถปรับได้) ซึ่งทำให้ลดมูลค่าความสูญเสียลงได้ที่ค่าๆหนึ่ง และสามารถดำเนินการได้ง่ายหรือรวดเร็วกว่าการปรับลดความผันแปรของกระบวนการที่มีมูลค่าความสูญเสียลดลงได้เท่ากับการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมาย ก็ควรที่จะดำเนินการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมายมากที่สุดก่อนแล้วจึงหาแนวทางในการปรับลดความผันแปรของกระบวนการ

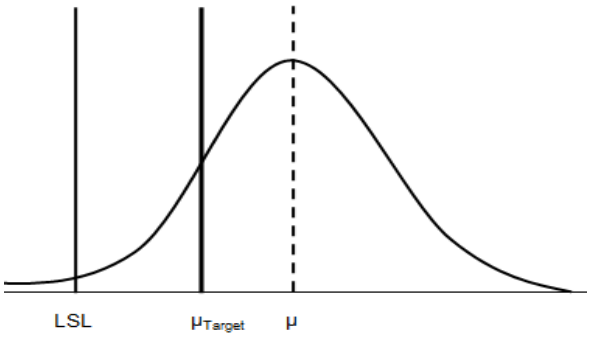
4.2 เมื่อมีความคุ้มค่าที่จะดำเนินการปรับปรุงในทั้ง 2 ด้าน ถ้าพบว่าการปรับลดความผันแปรของกระบวนการที่จะทำให้มีมูลค่าความสูญเสียลดลงได้เท่ากับการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมาย ซึ่งสามารถดำเนินการได้ง่ายหรือลดมูลค่าความสูญเสียลงได้

มากกว่า ก็ควรที่จะดำเนินการปรับลดความผันแปรของกระบวนการก่อน แล้วจึงหาแนวทางในการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมายมากที่สุด

4.3 เมื่อพบว่าไม่คุ้มค่าที่จะดำเนินการปรับปรุงในทั้ง 2 ด้าน ก็ควรเลือกปรับปรุงในด้านที่สามารถดำเนินการได้ง่ายหรือมีความคุ้มมากกว่า

4.2 แนวทางการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว

การกำหนดแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียวจะพิจารณาจากความยากง่ายในการปรับค่าเฉลี่ยหรือลดความผันแปรของกระบวนการ และความคุ้มค่าในการดำเนินการเทียบกับมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ แต่จะไม่นำดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการมาพิจารณาด้วย เนื่องจากกระบวนการที่มีขีดจำกีดกำหนดเพียงด้านเดียวจะมีดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Indices) เฉพาะ C_{pk} จึงไม่สามารถเปรียบเทียบความสามารถของการที่เป็นผลจากด้านความผันแปร ซึ่งประเมินด้วย C_p และค่าเฉลี่ยของกระบวนการ ซึ่งประเมินด้วย C_{pk}ได้ และถึงแม้ว่ากระบวนการที่ถูกเลือกมาปรับปรุงนั้นมีค่า C_{pk} ที่ผ่านเกณฑ์ยอมรับ แต่ก็นำมาซึ่งความสูญเสียในกระบวนการผลิต จึงควรที่จะทำการปรับปรุง ซึ่งสามารถพิจารณาแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการได้เช่นเดียวกับแนวทางที่ 4 ของกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านในภาพที่ 13 ข้อสังเกตคือ กระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียวจะไม่มีค่าเป้าหมายในการผลิต แต่ในกระบวนการผลิตจริงนั้นผู้ผลิตมักจะมีการกำหนดเป้าหมาย (Goal) ไว้สำหรับการผลิต โดยในงานวิจัยนี้จะเรียกเป้าหมายนั้นว่าค่าเฉลี่ยเป้าหมาย (Target Mean: μ_{Target}) ซึ่งจะใช้เป็นแนวทางในการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเฉลี่ยเป้าหมาย พิจารณาดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 การกำหนด Target mean สำหรับกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดด้านเดียว

4.3 ตัวอย่างในการพิจารณาเลือกแนวทางการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

การกำหนดแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ จะยกตัวอย่างเฉพาะกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดสองด้านแบบสมมาตร (กรณีอื่นก็มีหลักการพิจารณาเช่นเดียวกัน) ซึ่งมีข้อมูลประกอบการพิจารณาดังนี้

- ลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะถูกควบคุมโดยความหนา (มม.)
- ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ (μ) = 15.15 มม., ความผันแปร (σ) = 0.36
- USL = 16 มม., LSL = 14 มม. และ Target = 15 มม.
- C_p = 0.92 และ C_{pk} = 0.78
- มูลค่าความสูญเสียจากการควบคุมความหนาของผลิตภัณฑ์ 11,598 บาทต่อเดือน

สามารถพิจารณาแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการได้ดังภาพที่ 13 ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

4.3.1 พิจารณาดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ

จากค่า C_p= 0.92 และ C_{pk}= 0.78 แสดงถึงความสามารถของกระบวนการ ไม่ผ่านเกณฑ์ยอมรับ (1.33) ทั้งด้านความผันแปร และค่าเฉลี่ยของกระบวนการ จึงต้องพิจารณาความเป็นไปได้ในการปรับปรุงในทั้ง 2 ด้าน โดยพิจารณาจากความยากง่ายในการปรับลดความผันแปรของกระบวนการ หรือการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมายมากที่สุด และใช้ Cost saving เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ ซึ่ง Cost saving คำนวณได้จากผลต่างของมูลค่าความสูญเสียก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ

4.3.2 Cost saving จากการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการ

เมื่อทำการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการจาก 15.15 มม. ให้ตรงกับค่าเป้าหมาย (T = 15 มม.) ซึ่งเป็นค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ โดยที่ความผันแปรของกระบวนการไม่เปลี่ยนแปลง (μ = 15 มม., σ = 0.36) พบว่าการปรับลดค่าเฉลี่ยของกระบวนการลง 0.15 มม. สามารถลดมูลค่าความสูญเสียลงได้ 7,264 บาทต่อเดือน พิจารณาดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างการพิจารณามูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ จากการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมาย (บาทต่อเดือน)

กระบวนการ	ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ	ความผันแปรของกระบวนการ	ผลต่างของค่าเฉลี่ยฯ	มูลค่าความสูญเสียรวม	มูลค่าความสูญเสียที่ลดลง
ก่อนปรับปรุง	15.15	0.36	0.15	11,598	7,264
หลังปรับปรุง	15	0.36		4,334	

4.3.3 Cost saving จากการปรับลดความผันแปร

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการปรับลดความผันแปรของกระบวนการ โดยที่ค่าเฉลี่ยของกระบวนการไม่เปลี่ยนแปลง (μ = 15.15 มม.) โดยอาศัยการ Trial and error จนกว่าจะทำให้ Cost saving จากการปรับความผันแปรนั้นเท่ากับหรือใกล้เคียงกับ Cost saving จากการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมาย (Cost saving = 7,264 บาทต่อเดือน) ผลจากการปรับลดความผันแปรของกระบวนการแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตัวอย่างการพิจารณามูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ จากการปรับลดความผันแปรของกระบวนการ (บาทต่อเดือน)

กระบวนการ	ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ	ความผันแปรของกระบวนการ	ความผันแปรที่ลดลง	มูลค่าความสูญเสียรวม	มูลค่าความสูญเสียที่ลดลง
ก่อนปรับปรุง	15.15	0.36	0	11,598	0
หลังปรับปรุง	15.15	0.35	0.01	9,561	2,037
หลังปรับปรุง	15.15	0.34	0.02	7,808	3,790
หลังปรับปรุง	15.15	0.33	0.03	6,213	5,385
หลังปรับปรุง	15.15	0.32	0.04	4,988	6,610
หลังปรับปรุง	***15.15***	***0.31***	***0.05***	***4,050***	***7,548***
หลังปรับปรุง	15.15	0.30	0.06	3,282	8,316

จากตารางที่ 3 จะเห็นว่าในการลองลดค่าความผันแปรของกระบวนการลง 0.05 ซึ่งคือการที่กระบวนการมีความผันแปรที่ 0.31 จะทำให้มีมูลค่าความสูญเสียลดลง 7,548 บาทต่อเดือน ซึ่งถือว่ามีความใกล้เคียงกับการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมาย (7,264 บาทต่อเดือน)

4.3.4 พิจารณาความยากง่ายและความคุ้มค่าในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ

ในการเลือกแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ ผู้ผลิตจะต้องพิจารณาว่าการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวนการให้ตรงกับค่าเป้าหมาย (15 มม.) ต้องปรับลดค่าเฉลี่ยลง 0.15 มม. ซึ่งลดมูลค่าความสูญเสียลงได้ 7,264 บาทต่อเดือน สามารถที่จะดำเนินการได้ง่ายหรือมีความคุ้มค่า ในการปรับปรุงกระบวนการเพียงใด เมื่อเทียบกับการปรับลดความผันแปรของกระบวนการ

จาก 0.36 ให้เหลือ 0.31 ซึ่งลดมูลค่าความสูญเสียลงได้ 7,548 บาทต่อเดือน ซึ่งใกล้เคียงกัน แนวทางใดมีความง่ายหรือคุ้มค่ามากกว่า ก็ควรดำเนินการตามแนวทางนั้น หรือถ้าปรับลดความผันแปรให้ต่ำกว่า 0.31 ซึ่งยิ่งจะทำให้ มีมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ที่มากขึ้น มีความเป็นไปได้และไม่ยากนักที่จะปฏิบัติ ก็ควรจะดำเนินการปรับลดความผันแปรลง

อย่างไรก็ตามทีมปรับปรุงความสามารถของกระบวนการจะต้องพิจารณาถึงความคุ้มค่าในการดำเนินการ ถ้าคุ้มค่ากับการปรับปรุงในทั้ง 2 ด้านแล้ว ด้านใดที่สามารถดำเนินการได้ง่ายหรือรวดเร็วกว่าก็ควรที่จะเร่งดำเนินการในด้านนั้นก่อน แล้วจึงหาแนวทางการปรับปรุงในด้านที่เหลือต่อไป หรือเมื่อพิจารณาแล้วพบว่าไม่คุ้มค่ากับการที่จะดำเนินการปรับปรุงในทั้ง 2 ด้าน ก็ควรเลือกปรับปรุงในด้านที่สามารถดำเนินการได้ง่ายหรือมีความคุ้มค่ามากกว่า

ภาคผนวก ค
แบบประเมินความพึงพอใจต่อวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

แบบประเมินความพึงพอใจต่อวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

คำชี้แจงแบบประเมิน

แบบประเมินความพึงพอใจนี้ เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์เพื่อการพัฒนาวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ ของนิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยแบบประเมินนี้แบ่งออกเป็น 4 ส่วนคือ 1. การรับรู้ถึงประโยชน์ของวิธีการ 2. การรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งานตามคู่มือ 3. ทัศนคติที่มีต่อวิธีการ และ 4. ความสนใจที่มีต่อวิธีการหรือข้อเสนอแนะ จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเหมาะสม และความเป็นไปได้ในการนำวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการไปประยุกต์ใช้ได้จริงในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งผลจากแบบประเมินนี้จะเป็นเพียงความคิดเห็นของผู้ตอบแบบประเมินในการพยากรณ์ความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้วิธีการที่ได้ถูกพัฒนาขึ้น โดยไม่มีผลต่อการปฏิบัติงาน และข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบประเมินจะถูกปกปิดเป็นความลับ ทั้งนี้หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความร่วมมือจากท่านเป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

วิธีการตอบแบบประเมิน

ส่วนที่ 1 – ส่วนที่ 3: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างให้ตรงกับระดับความพึงพอใจของท่านตามความเป็นจริงมากที่สุด โดยแบ่งระดับความพึงพอใจออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ระดับความพึงพอใจ	ความหมาย
5	พึงพอใจมากที่สุด หรือมีความเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้มากที่สุด
4	พึงพอใจมาก หรือมีความเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้มาก
3	พึงพอใจปานกลาง หรือมีความเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้ปานกลาง
2	พึงพอใจน้อย หรือมีความเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้ได้น้อย
1	พึงพอใจน้อยที่สุด หรือมีความเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้น้อยที่สุด

ส่วนที่ 4: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างให้ตรงกับคำตอบของท่านตามความเป็นจริงมากที่สุด

แบบประเมินความพึงพอใจต่อวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ

ผู้ประเมิน.....

ตำแหน่ง.....วันที่ประเมิน...../...../.....

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
ส่วนที่ 1: ประโยชน์ของวิธีการ					
1.1 การพิจารณาพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิต					
1.1.1 การแบ่งประเภทของพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิต (FPP, IPP, PP) จะเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์สาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต					
1.1.2 การแบ่งประเภทของพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิต (FPP, IPP, PP) มีความจำเป็นต่อการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิต					
1.2 การพัฒนาสมการต้นทุนและความสูญเสีย					
1.2.1 องค์ประกอบของต้นทุนคุณภาพ มีความสอดคล้องกับการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากกระบวนการผลิตในโรงงานของท่าน					
1.2.2 สมการต้นทุนและความสูญเสียมีความถูกต้องในการใช้ประเมินมูลค่าความสูญเสียจากความสามารถของกระบวนการผลิต					
1.2.3 สมการต้นทุนและความสูญเสีย สามารถใช้เป็นแนวทางในการประเมินมูลค่าจากกระบวนการผลิตในโรงงานของท่าน					
1.3 การจัดลำดับและเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย					
1.3.1 การจัดลำดับความสำคัญของพารามิเตอร์ที่ควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย(FPP) จะช่วยให้ทราบถึงลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เป็นปัญหารุนแรงต่อกระบวนการผลิต ซึ่งควรที่จะได้รับการปรับปรุง					

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
1.3.2 การพิจารณาระดับวิกฤตเชิงเทคนิค และระดับความวิกฤตเชิงต้นทุนของพารามิเตอร์ที่ควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย(FPP) มีความจำเป็นต่อการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิต					
1.4 การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและการเลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิต					
1.4.1 การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการจะช่วยให้สามารถพิจารณาเลือกปรับปรุงกระบวนการที่ก่อให้เกิดผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการผลิตได้อย่างแท้จริง					
1.4.2 การพิจารณาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์แต่ละประเภทจะช่วยให้ทราบถึงรากเหง้าที่แท้จริงของปัญหา ที่นำมาสู่ความสูญเสียในกระบวนการผลิต					
1.4.3 การเลือกปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ จากความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์แต่ละประเภท (ควบคุมที่ FPP และ IPP, ปรับปรุงที่ PP) จะทำให้เป็นการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการอย่างมีประสิทธิภาพ					
1.5 แนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ					
1.5.1 วิธีการพิจารณาเลือกแนวทางปรับปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ จะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิต					
1.5.2 วิธีการพิจารณาเลือกแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ จะช่วยให้เกิดความคุ้มค่าในการดำเนินการปรับปรุง					
ส่วนที่ 2: ความง่ายต่อการนำไปใช้ของคู่มือแสดงขั้นตอนดำเนินการ					
2.1 คู่มือแสดงขั้นตอนการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ มีความชัดเจนในการนำไปประยุกต์ใช้					

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
2.2 คู่มือแสดงขั้นตอนการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ มีความสอดคล้องในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการในโรงงานของท่าน					
2.3 คู่มือแสดงขั้นตอนการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ มีประโยชน์ต่อการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการในโรงงานของท่าน					
2.4 คู่มือแสดงขั้นตอนการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ มีความเหมาะสมใช้เป็นแนวทางปรับปรุงความสามารถของกระบวนการในโรงงานของท่าน					
ส่วนที่ 3: **ทัศนคติที่มีต่อวิธีการ**					
3.1 วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ จะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตในโรงงานของท่านมากน้อยเพียงใด					
3.2 วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ จะช่วยในการหาแนวทางที่เหมาะสมในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตในโรงงานของท่านมากน้อยเพียงใด					
3.3 วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ มีความเหมาะสมที่จะนำไปปรับใช้ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตในโรงงานของท่านมากน้อยเพียงใด					
3.4 วิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการ จะช่วยในการลดความสูญเสียจากกระบวนการผลิตในโรงงานของท่านมากน้อยเพียงใด					

4. ความสนใจที่มีต่อวิธีการหรือข้อเสนอแนะ

ท่านคิดว่าวิธีการเปรียบเทียบความสามารถของหลายกระบวนการมีความน่าสนใจที่จะนำไปประยุกต์ใช้ได้ในโรงงานของท่านหรือไม่

☐ น่าสนใจ เพราะ

.....

.....

.....

.....

.....

☐ ไม่สนใจ เพราะ

.....

.....

.....

.....

.....

ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะเพิ่มเติม (ถ้ามี)

.....

.....

.....

.....

.....

" ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับความอนุเคราะห์ของท่านในการตอบแบบประเมิน "

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายอิสระ รักพวก เกิดเมื่อวันที่ 7 กันยายน พ.ศ. 2529 ที่จังหวัดยโสธร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จากภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสาตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2551 หลังจากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคปลาย ปีการศึกษา 2555